

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PİYASADA PROBİYOTİK OLARAK SATILAN GIDALARIN BAZI PROBİYOTİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Burcu İPEK

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Çağlar FIRAT

TEZ JÜRİ ÜYELERİ
Dr. Öğretim Üyesi Zeynep AKŞİT
Dr. Öğretim Üyesi Hacer MERAL AKTAŞ
Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Çağlar FIRAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ERZİNCAN, 2025

© 2025 [Burcu İPEK]. Tüm hakları saklıdır.

ÖZET

PIYASADA PROBİYOTİK OLARAK SATILAN GIDALARIN BAZI PROBİYOTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Burcu İPEK

Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Çağlar FIRAT

2025, 67 sayfa

Günümüzde sağlıklı yaşam ve bağışıklık sistemini güçlendirme arayışları, fonksiyonel gıdalara olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. Bu doğrultuda, probiyotik ürünler dünya genelinde hızla büyüyen bir pazar hâline gelmiştir. Son yıllarda süt, meyve-sebze ve tahıl bazlı probiyotik gıdalar piyasada artış göstermektedir. Bu çalışma kapsamında, ticari olarak temin edilen 19 farklı probiyotik gıda ürününden izole edilen toplam 29 bakteri ve 1 maya suşunun probiyotik özellikleri kapsamlı olarak değerlendirilmiştir. İzolatlar, başlıca *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp., *Heyndrickxia coagulans* ve *Bifidobacterium* spp. türlerine ait olup, canlı bakteri sayımları $2,69 \pm 0,12$ ile $8,19 \pm 0,59$ log kob/g veya kob/mL aralığında tespit edilmiştir. Bu değerler, ürünlerin çoğunluğunun probiyotik kriterleri karşıladığını göstermektedir. Yapılan gram boyama ve katalaz testleri sonucunda tüm izolatların Gram pozitif ve katalaz negatif olduğu belirlenmiş; bu da probiyotik bakterilere ait temel fenotipik özelliklerle uyumludur. Hemoliz testlerinde %90'dan fazla izolat non-hemolitik (γ -hemoliz) olarak sınıflandırılmış, yalnızca üç izolat kısmi hemoliz (α -hemoliz) göstermiştir. Bu durum, incelenen suşların güvenli kullanım açısından uygun olduğunu göstermektedir. Fonksiyonel testler sonucunda, izolatların %70'inin pepsin içeren mide ortamına yüksek tolerans gösterdiği, bazılarının ise %1 safra tuzu varlığında bile canlılığını koruduğu belirlenmiştir. Antibiyotik duyarlılık profilleri, eritromisin ve ampisiline karşı genel duyarlılık, aminoglikozid grubu antibiyotiklere karşı ise kısmi direnç göstermiştir. Genel olarak, ticari ürünlerden izole edilen suşlar fonksiyonel ve güvenlik açısından probiyotik kriterlerle uyumlu bulunmuş, ancak ticari ve terapötik kullanım için ek moleküler ve klinik doğrulama çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel gıda, probiyotik, izolat

ABSTRACT

EVALUATION OF SOME PROBIOTIC PROPERTIES OF FOODS SOLD AS PROBIOTICS IN THE MARKET

Burcu İPEK

**Master's Thesis, Erzincan Binali Yıldırım University, Institute of Science and
Technology,**

Department of Food Engineering

Advisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet Çağlar FIRAT

2025, 67 pages

Today, the pursuit of a healthy lifestyle and immune-boosting has significantly increased interest in functional foods. Consequently, probiotic products have become a rapidly growing market worldwide. In recent years, the market for dairy, fruit, vegetable, and grain-based probiotic foods has been increasing. In this study, a total of 29 bacterial and 1 yeast strains isolated from 19 different commercially available probiotic food products were comprehensively evaluated for their probiotic properties. The isolates primarily belonged to *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp., *Heyndrickxia coagulans*, and *Bifidobacterium* spp., and viable bacterial counts ranged from 2.69 ± 0.12 to 8.19 ± 0.59 log cfu/g or cfu/mL. These values indicate that the majority of the products meet probiotic criteria. Gram staining and catalase tests revealed that all isolates were Gram-positive and catalase-negative, consistent with the basic phenotypic characteristics of probiotic bacteria. In hemolysis tests, more than 90% of the isolates were classified as non-hemolytic (γ -hemolysis), while only three isolates exhibited partial hemolysis (α -hemolysis). This demonstrates that the examined strains are suitable for safe use. Functional tests revealed that 70% of the isolates exhibited high tolerance to pepsin-containing gastric media, while some maintained viability even in the presence of 1% bile salts. Antibiotic susceptibility profiles showed general susceptibility to erythromycin and ampicillin and partial resistance to aminoglycoside antibiotics. In general, strains isolated from commercial products met probiotic criteria in terms of function and safety; however, additional molecular and clinical validation studies are required for commercial and therapeutic use.

Keywords: Functional food, probiotic, isolate

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince, her aşamada bana yol gösteren, bilgi ve tecrübeleriyle destek olan danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Çağlar FIRAT’a...

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana göstermiş oldukları anlayış ve verdikleri destek için görev yaptığım Tunay Gıda San. A.Ş. yöneticilerine...

Her koşulda yanımda olan, sevgisiyle bana güç veren annem Semra İPEK’e; sabrı, anlayışı ve desteğiyle yolumu aydınlatan babam Harun İPEK’e; bana daima güven veren ve desteğini eksik etmeyen abim Buğra İPEK’e...

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Burcu İPEK

Eylül, 2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1.GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Fonksiyonel Gıda Tanımı ve Tarihçesi	4
2.1.1. Fonksiyonel gıda grupları.....	4
2.2. Probiyotiklerin Tanımı ve Tarihçesi.....	5
2.3. Probiyotik Olarak Kullanılan Mikroorganizmalar ve Özellikleri	6
2.3.1. <i>Lactobacillus</i> spp.....	7
2.3.2. <i>Bifidobacterium</i> spp.....	9
2.3.3. <i>Streptococcus</i> spp	10
2.3.4. <i>Bacillus</i> spp.	10
2.3.5. Mayalar.....	11
2.4. Probiyotik Mikroorganizmaların İnsan Sağlığına Faydaları	12
2.5. Probiyotik Gıda Pazarı.....	13
2.5.1. Ürüne göre değerlendirme	14
2.5.2. İçerik değerlendirmesi (Laktik asit bakterileri).....	14
2.6. Probiyotik Mikroorganizmaların İn Vitro Değerlendirme Kriterleri	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Dilüsyon hazırlama.....	18
3.2.2. MRS agarda gelişen muhtemel laktik asit bakteri sayımı	19
3.2.3. M17 agarda gelişen muhtemel laktik asit bakteri sayımı	19
3.2.4. Nutrient agar'da <i>Heyndrickxia coagulans</i> sayımı	20
3.2.5. Maya sayımı	20
3.3. Saf Kültürlerin Depolanması	20

3.4. Tanılama Testleri	21
3.4.1. Gram karakterinin belirlenmesi	21
3.4.2. Katalaz testi	22
3.5. Probiyotik Güvenlik Testleri	22
3.5.1. Mide ortamına dayanıklılık	22
3.5.2. Safra tuzlarına tolerans	23
3.5.3. Antibiyotik direnci.....	23
3.5.4. Hemolitik aktivite	24
3.5.5. Oto agregasyon testi	25
3.5.5. İstatiksel Analizler.....	25
4. BULGULAR	26
4.1. Mikroorganizma Sayım Sonuçları.....	26
4.1.1. Kefir ürünleri	27
4.1.2. Fermente süt ürünleri.....	30
4.1.3. Yoğurt ürünleri	31
4.1.4. Bitkisel ve katı ürünler	33
4.1.4. Diğer ürünler	35
4.2. Tanılama Testleri Bulgular.....	37
4.2.1. Gram karakterinin belirlenmesi	37
4.2.2. Katalaz testi	38
4.3. Probiyotik Güvenlik Testleri Bulgular	38
4.3.1. Mide ortamına dayanıklılık	38
4.3.2. Safra tuzlarına tolerans	43
4.3.3. Antibiyotik direnci.....	46
4.3.3.1. Genel antibiyotik duyarlılık profili.....	47
4.3.3.2. Ürünlere göre duyarlılık değerlendirilmesi	48
4.3.3.3. Direnç gözlemlenen antibiyotikler	49
4.3.4. Hemoliz testi.....	52
4.3.5. Oto agregasyon testi	53
5. SONUÇ.....	56
KAYNAKÇA	59
EKLER	68
Ek 1. Proje Destek Beyanı.....	68

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1. Ürün bazında küresel probiyotik pazarı dağılımı.....	14
Tablo 2. İncelenen ürünler ve içerikte beyan edilen mikroorganizmalar	17
Tablo 3. İzolatlar a ait ortalama mikrobiyal sayımlar (log kob/g, kob/mL).....	26
Tablo 4. Probiyotik kriteri karşılamayan canlı hücre sayım sonuçları (log kob/g, kob/mL)	36
Tablo 5. İzolatların mide ortamına % dayanıklılık durumları	39
Tablo 6. İzolatların safra ortamında % tolerans durumları.....	43
Tablo 7. İzolatların antibiyotik duyarlılık değerdendirilmesi	46
Tablo 8. İzolatların oto agregasyon değerdendirilmeleri (%)	54



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. <i>Bifidobacterium</i> izolasyonu için hazırlanan anaerob ortam	19
Şekil 2. -80 °C de depolanmak için hazırlanan mikroorganizma tüpleri	21
Şekil 3. CLSI Duyarlılık sınıfları değerlendirilmesi	24
Şekil 4. Sade Kefirden izole edilen mikroorganizma, MRS agarda görüntüsü.....	28
Şekil 5. Sade Kefirden izole edilen muhtemel <i>Lactobacillus acidophilus</i> suşu, mikroskop görüntüsü	28
Şekil 6. Sade kefirde izole edilerek modifiye MRS agarda geliştirilen muhtemel <i>Bifidobacterium</i> suşu, mikroskop görüntüsü	28
Şekil 7. Orman meyveli kefirde izole edilerek modifiye MRS agarda geliştirilen <i>Bifidobacterium</i> suşu olduğu düşünülen mikroorganizma, mikroskop görüntüsü	29
Şekil 8. Sade fermente süt ürününden izole edilen suş, MRS agarda görüntüsü	31
Şekil 9. Yoğurttan izole edilen mikroorganizma, m17 agar görüntüsü	32
Şekil 10. Yoğurttan izole edilen <i>Lactococcus</i> suşu olduğu düşünülen mikroorganizma, mikroskop görüntüsü.....	32
Şekil 11. Tahin helvasından izole edilen saf kültür, MRS agar görüntüsü	34
Şekil 12. Çaydan izole edilen <i>Heyndrickxia coagulans</i> suşu olduğu düşünülen mikroorganizma, mikroskop görüntüsü	35
Şekil 13. Kahveden izole edilen saf kültür, MRS agar görüntüsü.....	36
Şekil 14. Muhtemel suşlara göre ortalama sayım değerlerinin dağılımı (log kob/g veya kob/mL).....	37
Şekil 15-16. X Sade kefir örneği mide ortamı sonrası MRS agarda görüntüsü	40
Şekil 17. Organik turşu suyu örneğinden izole edilen muhtemel <i>Lactococcus</i> suşu, antibiyotik duyarlılık zon görüntüsü	48
Şekil 18. İzolatların MAR (Çoklu Antibiyotik Direnç) indeksleri.....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

GRAS	Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen (Generally Recognized as Safe)
kob / cfu	Koloni Oluşturan Birim / Colony Forming Unit
LAB	Laktik Asit Bakterisi
<i>L. acidophilus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>



1. GİRİŞ

Günden güne değişen yaşam koşulları ile birlikte tüketicilerin gıda sektörüne karşı beklentileri farklılıklar göstermektedir. Beslenme alışkanlıkları doğrultusunda sağlık için faydalı veya tedavi edici özelliğe sahip gıda ürünlerine olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Tüketiciler kaliteli bir yaşam sürdürebilmek için sağlık problemlerine çözüm arayışında olmakla birlikte hastalıklardan korunmak için de çeşitli arayışlarda bulunmaktadır. Bu durumla birlikte bilinçli tüketiciler fonksiyonel gıda tüketimine ilgi duymaya başlamışlardır.

Gıda sektöründe ürünlere fonksiyonel gıda tanımlaması çeşitli yöntemlerle sağlanmaktadır. Bunlardan biri de ürünlere kültür ilavesiyle probiyotik özellik kazandırılmasıdır. Son yıllarda çeşitli probiyotik bakteriler bazı hastalıkların tedavisinde ve önlenmesinde kullanılmaktadır.

Probiyotikler, yeterli miktarda alındıklarında konakçının (insan veya hayvan) sağlığı üzerinde faydalı etkiler sağlayan, canlı mikroorganizmalardır (FAO/WHO, 2002). Bu mikroorganizmalar genellikle *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Saccharomyces* türlerine ait olup, başta bağırsak sağlığı olmak üzere bağışıklık sistemi fonksiyonlarını destekleyici, enfeksiyonları önleyici ve bazı hastalıkların semptomlarını hafifletici roller üstlenebilirler. Isıl işlem, asidite ve sindirim enzimleri gibi zorlu çevresel koşullara dayanıklı yapıları sayesinde, spor oluşturan *Bacillus* türleri de bu mikroorganizmalara alternatif olarak kullanıma girmiştir (Elshaghabee vd., 2017).

Probiyotik terimi, Yunanca kökenli olup “pro” (önce) ve “bios” (yaşam) kelimelerinden türetilmiştir ve “yaşam için” anlamına gelmektedir (WHO, 2001). Probiyotiklerin temel etkisi, bağırsak mikrobiyotasının dengesini koruyarak ve düzenleyerek konakçı sağlığının sürdürülmesine katkı sağlamalarıdır. Bu canlı mikroorganizmalar, bağırsak florasında bulunan patojen (zararlı) mikroorganizmaların yerini alarak, yararlı bakterilerin baskın hale gelmesini teşvik eder. Böylece, bağışıklık sisteminin desteklenmesi, enfeksiyonların önlenmesi ve bazı metabolik süreçlerin (örneğin vitamin sentezi, kısa zincirli yağ asidi üretimi) düzenlenmesi gibi çeşitli fizyolojik faydalar sağlanabilir (Guarner, vd., 2014).

Eski zamanlardan beri geleneksel olarak üretilmekte olan probiyotik ürünler var olmakla birlikte probiyotik kavramının gördüğü yoğun ilgi ile yeni ticari ürünler geliştirilmeye başlanmıştır. Probiyotik içeceklerin çoğunluğunu süt orijinli olanlar oluştururken; insanlarda

görülen süt bileşenlerine karşı alerji, laktoz intoleransı gibi rahatsızlıklar sonucu probiyotik pazarında süt orijinli olmayan, genellikle meyve-sebze bazlı veya tahıl ürünlerinden elde edilen probiyotik gıda çalışmaları önem kazanmaktadır.

Tüketicilerin probiyotik ürünlere yönelik bilgi düzeyleri ve bu ürünleri tercih etme eğilimleri, fonksiyonel gıda pazarının gelişimini doğrudan etkilemektedir. Türkiye’de son yıllarda yapılan çeşitli araştırmalar, bu konuda farkındalığın artmakla birlikte hâlâ sınırlı düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, 2019 yılında İstanbul’da yapılan bir çalışmada, katılımcıların %64,5’inin “probiyotik” terimini bildiği ve %73,6’sının bu tür ürünleri tükettiği belirlenmiştir (Kağan vd., 2019). Bununla birlikte, İzmir’in Bornova ilçesinde yapılan bir saha araştırmasında, katılımcıların yalnızca %49’unun probiyotik ve prebiyotik kavramlarını doğru şekilde tanımlayabildiği rapor edilmiştir (Şengün vd., 2020). Bu bulgular, probiyotik teriminin toplum genelinde kısmen bilindiğini ancak bu bilginin derinliğinin ve doğru ürün tercihiyle ilişkilendirilmesinin yetersiz olduğunu göstermektedir.

Öte yandan, probiyotik terimi birçok ticari üründe pazarlama aracı olarak kullanılmakta; ancak bu ürünlerin gerçekten canlı ve yeterli miktarda probiyotik mikroorganizma içerip içermediği çoğu zaman bilimsel olarak doğrulanmamaktadır. Etiket bilgilerinde belirtilen türlerin gerçekten ürün içerisinde bulunup bulunmadığı, canlılıklarının raf ömrü boyunca korunup korunmadığı ve izole edilen mikroorganizmaların probiyotik özellik taşıyıp taşımadığı gibi hususlar, tüketici açısından olduğu kadar, halk sağlığı ve yasal düzenlemeler açısından da önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Türkiye pazarında ticari olarak tüketiciye sunulmakta olan probiyotik gıdalar etiket beyanları açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı, bu ürünlerde belirtilen probiyotik mikroorganizmaların gerçekten bulunup bulunmadığını, canlılık durumlarını, tür düzeyinde doğruluklarını ve potansiyel probiyotik özelliklerini araştırmak; böylece tüketiciye sunulan ürünlerin etiket doğruluğu ve mikrobiyolojik güvenilirliğini bilimsel verilerle ortaya koymaktır.

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin, hem tüketici bilincinin arttırılmasına hem de üretici firmaların etiketleme ve üretim süreçlerinde daha şeffaf ve bilimsel kriterlere dayalı uygulamalar benimsemelerine katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Son yıllarda dünya genelinde yapılan çalışmalarda, ticari olarak pazarlanan probiyotik ürünlerin etiket bilgilerinin güvenilirliği sıklıkla sorgulanmakta ve ürün içeriklerinin bilimsel yöntemlerle doğrulanması önerilmektedir. Örneğin, Çokşen ve arkadaşları (2020) tarafından Türkiye’de fermente süt ürünleri üzerine yapılan bir çalışmada, etiket bilgisiyle uyumlu mikroorganizma izolasyonunun yalnızca %62 oranında gerçekleştiği saptanmış; bu durum, üretici beyanlarının bilimsel gerçeklikle tam olarak örtüşmediğini göstermiştir. Benzer şekilde Yılmaz ve Akpınar (2018), ticari yoğurt ürünlerinden izole ettikleri bakterilerin büyük kısmının probiyotik tanımına uymadığını ve asit-safra toleranslarının yetersiz olduğunu bildirmiştir. Ancak bu tür çalışmaların çoğu yalnızca tür düzeyinde tanımlamayla sınırlı kalmış; isolatların fonksiyonel özellikleri, antibiyotik direnç profilleri ve sindirim koşullarına dayanıklılık gibi kapsamlı testlerle desteklenmemiştir.

Bu bağlamda, bu çalışma yalnızca mikrobiyolojik izolasyonla sınırlı kalmayıp; izole edilen mikroorganizmaların asit, safra tuzu ve sindirim enzimlerine karşı toleransı ile antibiyotik duyarlılık profilleri ve oto-agregasyon gibi çeşitli parametreler açısından kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi yönüyle literatüre katkı sağlamaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.1. Fonksiyonel Gıda Tanımı ve Tarihçesi

Fonksiyonel gıdalar, yalnızca temel beslenme ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp aynı zamanda fizyolojik fonksiyonları düzenleyen, hastalık riskini azaltan ve sağlığın korunmasına katkıda bulunan gıdalar olarak tanımlanmaktadır (Hasler, 2002). Bu gıdalar farmakolojik etkiye sahip ilaçlardan farklı olarak, düzenli tüketim sonucunda sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterirler (Diplock vd., 1999). Fonksiyonel gıda kavramı ilk kez 1980’li yıllarda Japonya’da ortaya çıkmış ve “Foods for Specified Health Use (FOSHU)” kavramı ile tanımlanmıştır (Arai, 1996). Daha sonra Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği ve diğer birçok ülkede farklı düzenlemelerle bilimsel ve endüstriyel alanda yaygınlaşmıştır (Roberfroid, 2000).

2.1.1. Fonksiyonel gıda grupları

Fonksiyonel gıdalar, içeriklerinde bulunan biyoaktif bileşenler ve sağlık üzerine etkileri dikkate alınarak farklı gruplara ayrılmaktadır. Bu gıdalar; probiyotikler, prebiyotikler, sinbiyotikler, zenginleştirilmiş gıdalar ve biyoaktif bileşik içeren gıdalar olmak üzere beş ana grup altında incelenmektedir (Roberfroid, 2000).

Probiyotikler, yeterli miktarda alındığında konak sağlığı üzerinde faydalı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2002 yılında yapılmış ve literatürde genel kabul görmüştür (WHO/FAO, 2002; Markowiak vd., 2017).

Probiyotiklerin en yaygın kullanıldığı ürünler arasında yoğurt, kefir, ayran ve fermente süt ürünleri yer almaktadır. Bu mikroorganizmalar özellikle bağırsak mikrobiyotasının düzenlenmesinde, bağışıklık sisteminin desteklenmesinde ve sindirim sağlığının korunmasında önemli rol oynamaktadır (Gültekin vd., 2017; Plaza vd., 2025).

Prebiyotikler, insan sindirim sistemi tarafından parçalanamayan ancak kalın bağırsakta bulunan yararlı bakteriler tarafından fermente edilebilen bileşenlerdir. Özellikle bifidobakterler ve laktobasillerin gelişimini destekleyerek bağırsak sağlığına katkıda

bulunurlar. İnülin, fruktooligosakkarit (FOS) ve galaktooligosakkarit (GOS), en çok araştırılmış prebiyotik bileşenler arasında yer almaktadır (Food and Wine, 2023).

Sinbiyotikler, probiyotik ve prebiyotik bileşenlerin bir arada bulunduğu ürünlerdir. Bu kombinasyon, probiyotik mikroorganizmaların gastrointestinal sistemde daha iyi tutunmasını sağlayarak etkilerinin güçlenmesine katkıda bulunmaktadır (Pandey vd., 2015; Swanson vd., 2020).

Zenginleştirilmiş gıdalar, üretim sürecinde besin öğeleri artırılarak veya eksiklikleri tamamlanarak fonksiyonel özellik kazandırılmış ürünlerdir. Kalsiyum ile zenginleştirilmiş süt, D vitamini ile desteklenmiş margarin veya omega-3 yağ asidi eklenmiş yumurta bu gruba örnek olarak gösterilebilir (Diplock vd., 1999).

Son olarak, biyoaktif bileşik içeren gıdalar, polifenoller, fitosteroller, izoflavonlar ve karotenoidler gibi doğal bileşenler bakımından zengin olup, antioksidan, antiinflamatuar ve kolesterol düşürücü etkiler gösterebilmektedir. Yeşil çay, soya ürünleri, tam tahıllar ve kırmızı meyveler bu kategoriye girmektedir (Liu, 2004).

2.2. Probiyotiklerin Tanımı ve Tarihçesi

1908 yılında, Nobel ödüllü Rus araştırmacı Elie Metchnikoff ilk kez probiyotik özellik taşıyan mikroorganizmaların sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden bahsetmiştir (Tripathi vd., 2014). Dr. Metchnikoff yaptığı çalışmada, bir bakterinin, yaşlanma ve ölümlerinde önemli rol oynayan enterik patojenlerin ve tokseminin neden olduğu etkileri kontrol etmeye yardımcı olduğu sonucuna varmıştır (Espitia vd., 2016).

1965 yılında Lilly ve Stillwell tarafından ilk defa probiyotik tanımı kullanılmıştır. Daha sonra, terim 1973'te Fujii ve Cook tarafından kullanılmıştır ve farelerde *Staphylococcus aureus* enfeksiyonuna karşı koruma sağlayan kimyasalları ifade etmiştir. 1974'te ise bu terim, Parker tarafından daha geniş bir anlamda, mikroorganizmaların hayvan veya insan konakçı ile etkileşimlerine, yani "mikrobiyal proliferasyonu dengelemeye katkıda bulunan organizmalar ve maddelere" atıfta bulunmak için kullanılmıştır. Havenaar ve Huis in't Veld ise 1992 de insan veya hayvan doğal mikroflorasını iyileştirerek yararlı etki sağlayan canlı mikroorganizma kültürü olarak tanımlamıştır. Son olarak, 2013 yılında, Uluslararası Bilimsel

Probiyotikler ve Prebiyotikler Derneği toplantısında bilim adamları tarafından bazı düzeltmeler yapılarak probiyotik tanımı "yeterli miktarlarda alındığında konakçı sağlığına fayda sağlayan canlı mikroorganizmalar" olarak geliştirilmiştir. Bu tanım yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Espitia, Batista, Azeredo ve Otoni, 2016). Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ise probiyotikler yeterli düzeyde alındığında konakçı üzerinde yararlı etki sağlayan canlı mikroorganizmalardır (FAO/WHO 2001).

Fonksiyonel bir besin maddesi olarak probiyotikler; belirli miktarlarda tüketildiğinde konakçının sağlığına olumlu etki yapan mikrobiyolojik kaynaklı besinlerdir. Bu mikroorganizmalar; patojen içermeyen, toksik maddeler üretmeyen, mikroplar üzerinde antagonistik etki yapabilen, bağırsağa girip asit ve safra tuzlarına karşı bozulmadan kalarak bağırsağa canlı olarak ulaşan, bağırsak hücrelerine tutunabilen insan kaynaklı canlı organizmalardır. Probiyotikler, antimikrobiyal bileşikler oluştururlar, bağırsak mikroflorasını dengelerler ve depolama sırasında canlılıklarını korurlar (İsmailoğlu ve Yılmaz, 2019).

Günümüzdeki birçok probiyotik gıda; *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactococcus* ve *Streptococcus* ve diğer laktik asit bakterileri ile geliştirilmiştir (Azad vd., 2018). Amerika Birleşik Devletleri'nde insan tüketimi için kullanılmakta olan mikroorganizmalar, Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından tanımlanan GRAS (genellikle güvenli olarak kabul edilir) statüsüne sahip olmalıdır. Avrupa'da, Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) "nitelikli güvenlik varsayımı", QPS (Nitelikli Güvenlik Varsayımı) terimini başlatmıştır (Markowiak ve Śliżewska, 2017).

2.3. Probiyotik Olarak Kullanılan Mikroorganizmalar ve Özellikleri

Bir ürünün probiyotik olarak tanımlanabilmesi için, içeriğinde bulunan mikroorganizmaların belirli kriterleri karşılaması gerekmektedir. Bir mikroorganizmanın probiyotik olarak kabul edilebilmesi için; insan kökenli olması, patojenik veya toksik etki göstermemesi, mide asidi ve safra tuzlarına karşı dirençli olması, gastrointestinal sistemde hayatta kalabilmesi, bağırsak epitel hücrelerine tutunabilmesi, konakçının doğal mikrobiyotasına uyum sağlayarak sindirim sisteminde kolonize olabilmesi, antimikrobiyal maddeler (örneğin bakteriyosin) üretebilmesi, konakçı sağlığına ve çevreye olumlu etkiler göstermesi, ayrıca üretim ve depolama süreçlerinde canlılığını ve stabilitesini koruyabilmesi gerekir (Gülbandılar vd., 2017).

Geleneksel olarak, çeşitli probiyotik mikroorganizmalar yaygın şekilde kullanılmaktadır. Maya kaynaklı probiyotikler arasında en çok kullanılan suşlar *Saccharomyces cerevisiae* ve *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*'dir. Bakteri kökenli probiyotik mikroorganizmaların başlıcaları ise *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türlerinden oluşmaktadır (Markowiak ve Śliżewska, 2017).

Probiyotikler bağırsaktaki yararlı bakterilerin (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium* vb.) sayısını artırır, patojenik bakterileri (*Clostridium*s, *Bacteroides*) azaltır ve mikrobiyotanın doğal dengesinin korunmasına ve yenilenmesine yardımcı olurlar (Kalip ve Atak, 2018). Probiyotik suşlar, bağırsak yüzeyi ve mukusa tutunma ve epitel geçirgenliğini azaltma yetenekleri nedeniyle patojenlerle rekabet eder. Patojenlerin gelişimini engellemek için antimikrobiyal ürünler (bakteriyosin, hidrojen peroksit ve organik asitler gibi) üretirler ve bu ürünleri bağırsak ortamına salgılayarak antimikrobiyal etki gösterirler (Patel ve DuPount, 2015).

2.3.1. *Lactobacillus* spp.

Lactobacillus türü bakteriler, Lactobacillaceae familyasına ait olup LAB grubundandır. *Lactobacillus* spp.'ler anaerobik, Gram (+) bakterilerdir ve spor oluşturmazlar. Laktobasiller, bakteriyosinler ve hidrojen peroksit gibi birçok faydalı madde üreten, patojen olmayan bakterilerdir (Kaźmierczak vd., 2021).

Ancak literatürde nadir de olsa *Lactobacillus rhamnosus* kaynaklı infektif endokardit vakaları bildirilmektedir. Mackay ve arkadaşlarının 1999'da tanımladığı ilk vaka, probiyotik kullanımına bağlı gelişmiş endokarditi ortaya koymakta; benzer biçimde mekanik kalp kapağı olan hastalarda, diş işlemleri sonrasında veya immün yetmezliği olan bireylerde ve endoskopi sonrası süreçte *L. rhamnosus* endokarditi gelişimi tanımlanmıştır (Mackay vd., 1999)

2024 yılında yayımlanan kapsamlı bir derlemede, *Lactobacillus* türlerine bağlı 82 infektif endokardit olgusu vakası incelenmiş; olguların %17,3'ünde hastaların probiyotik kullanım öyküsü bulunduğu ve %16'sında protez kapak varlığı tespit edilmiştir. En sık tutulan kapak aort kapağı olup, klinik bulgular arasında ateş, embolik komplikasyonlar, sepsis ve kalp yetmezliği ön plana çıkmıştır. Tedavide sıklıkla beta-laktam ve aminoglikozid kombinasyonları kullanılmış, vakaların yarısından fazlasında cerrahi müdahale gerekmiştir.

Mortalite oranı %17,1 olarak bildirilmiş; protez kapakta gelişen IE ve şokla başvuru, mortalite açısından bağımsız risk faktörleri olarak belirlenmiştir (Leal vd., 2024).

Lactobacillus türleri, insan gastrointestinal sisteminde doğal olarak bulunan ve probiyotik özellikleriyle dikkat çeken en yaygın laktik asit bakterileri arasında yer almaktadır. Bu bakteriler, konakçı organizmanın mikrobiyal dengesini koruyarak sindirim sağlığını desteklemenin yanı sıra, çeşitli fizyolojik faydalar da sağlayabilmektedir. Özellikle *Limosilactobacillus reuteri*, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus* ve *Lactocaseibacillus casei* gibi türlerin bağışıklık sistemiyle etkileşimleri, patojen mikroorganizmalara karşı inhibisyon yetenekleri ve mukozal yapışma kapasiteleri ile probiyotik gıdalarda sıkça tercih edilen türlerdir (Jeong vd., 2022).

Özellikle *Lactiplantibacillus plantarum* 299v suşu, bağırsak mukozasına güçlü tutunma özelliği, antienflamatuar etkileri ve probiyotik fonksiyonları nedeniyle dikkat çekmektedir. *L. acidophilus*, düşük pH ve safra tuzlarına karşı gösterdiği yüksek tolerans sayesinde mide-bağırsak geçişini başarıyla tamamlayabilen etkin bir probiyotik olarak öne çıkmaktadır (Goossens vd., 2005).

Benzer şekilde, *L. casei* suşlarının antibiyotik kullanımına bağlı olarak bozulan bağırsak mikrobiyotasının yeniden düzenlenmesinde fayda sağladığı bildirilmektedir (Jacouton vd., 2017).

Lactobacillus acidophilus, yüzey tabaka proteinleri ve diğer hücre yüzeyi bileşenleri aracılığıyla bağışıklık sisteminin doğuştan gelen hücrelerini sitokin üretimi için uyarmaktadır. TS4Cre $\times$ APC^{lox468} fare modelinde yapılan bir çalışmada, *L. acidophilus* NCK 2025'in 5×10^8 kob dozunda ağız yoluyla verilmesinin, IL-10 ve IL-12 gibi anti-inflamatuar (iltihap karşıtı) sitokinlerin düzeyini artırdığı gösterilmiştir. Bu durum düzenleyici T hücrelerinin (Treg'ler) düzeyinde bir azalma ile birlikte gerçekleşmiştir. Treg hücreleri genellikle iltihabı baskılayarak polipoz ve kolorektal kanser gelişimine karşı koruyucu bir rol üstlenir. Ancak bu hücrelerin, kronik olarak proinflamatuar hücreler ve onların ürettiği sitokinlerle etkileşime girmesi, anti-inflamatuar özelliklerinde değişikliklere yol açabilir. Bu nedenle, tümör karşıtı ve tümör destekleyici bağışıklık yanıtları arasındaki dengenin,

lenfositler ile miyeloid hücreler arasındaki etkileşimlerle yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir (Khanzaie., 2012).

Bu türlerin probiyotik etkileri, ürettikleri organik asitler, bakteriyosinler ve hidrojen peroksit gibi antimikrobiyal bileşikler aracılığıyla gerçekleşmekte; bu maddeler, patojenlerin çoğalmasını engelleyerek konakçının mikrobiyal savunmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca birçok *Lactobacillus* suşunun GRAS statüsüne sahip olması, bu mikroorganizmaların gıda ve sağlık alanında güvenle kullanılmasına olanak tanımaktadır. Son yıllarda yapılan genomik ve fonksiyonel çalışmalar, bu türlerin probiyotik etki mekanizmalarının daha ayrıntılı olarak anlaşılmasına katkı sağlamıştır (Gänzle, 2015).

2.3.2. *Bifidobacterium* spp.

Bifidobacterium türleri ilk olarak 1899 yılında Tissier tarafından, emzirilen bir bebeğin dışkı örneğinden izole edilmiş ve başlangıçta *Bacillus bifidus* olarak adlandırılmış Gram-pozitif, hareketsiz mikroorganizmalardır (Buchanan, 2009).

Bifidobacterium cinsi, insan bağırsak mikrobiyotasında en yaygın olarak bulunan filumlardan biri olan *Actinobacteria* şubesine aittir ve bu filum, *Firmicutes* ve *Bacteroidetes* ile birlikte bağırsak mikrobiyotasının başlıca bileşenlerinden biridir (Hidalgo vd., 2017).

Actinobacteria filumu, özellikle anne sütüyle beslenen bebeklerin bağırsak mikrobiyotasında baskın olarak bulunurken, yetişkin bireylerde *Firmicutes* ve *Bacteroidetes* filumları daha belirgin şekilde gözlemlenmektedir. *Bifidobacterium* cinsine ait 45'ten fazla tür ve alt tür, yüksek guanin-sitozin (G+C) içeriğine sahip genomlarıyla karakterize edilmektedir. Bu cinse ait türler, insan gastrointestinal sisteminin doğal üyeleri olup, özellikle *B. adolescentis*, *B. angulatum*, *B. bifidum*, *B. breve*, *B. catenulatum*, *B. dentium*, *B. longum*, *B. pseudocatenulatum* ve *B. pseudolongum* türleri insan bağırsağında yaygın olarak bulunmaktadır (Tojo vd., 2014).

Bifidobacterium cinsine ait türler, yüksek düzeyde 16S rRNA gen dizisi benzerliği göstererek filogenetik açıdan tutarlı bir taksonomik birim oluşturmaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen genom dizileme çalışmaları, farklı *Bifidobacterium* türleri arasındaki filogenetik ilişkilerin daha net bir şekilde anlaşılmasına önemli ölçüde katkı sağlamıştır. 2002 yılında *Bifidobacterium longum* suşuna ait ilk bifidobakteriyel genom dizisi yayımlanmıştır (Schell

vd., 2002). Bu gelişmeyi takiben, kamuya açık veritabanlarında yer alan bifidobakteriyel genom sayısı hızla artmış ve günümüzde 50'den fazla tamamlanmış genom dizisi mevcuttur (Lugli vd., 2014). Bu kapsamda, farklı türlerin karşılaştırmalı genomik analizleri, *Bifidobacterium* cinsinin filogenetik yapısının ve evrimsel adaptasyon süreçlerinin daha derinlemesine anlaşılmasına olanak tanımıştır (Milani., 2014).

2.3.3. *Streptococcus* spp.

Patojen türleri de içeren bu cinsin temsilcisi bakteriler, küresel ya da oval morfolojiye sahip olup, hücre çapları 2 µm'ye kadar ulaşabilmektedir. Gram-pozitif özellik gösteren bu mikroorganizmalar, genellikle tekli, ikili veya zincirler hâlinde kok şeklinde dizilim sergilerler. Çoğunlukla hareketsizdirler. Fakültatif anaerob olmalarının yanı sıra, bazı türleri nadiren aerobik metabolizma gösterebilir. Türlerin büyük bir kısmı için optimal üreme sıcaklığı 30–37 °C aralığındadır (Şahin ve Başoğlu, 2014).

Streptococcus thermophilus türü, termofilik özellik gösteren ve gıda teknolojisinde özellikle yoğurt ile emmental peyniri üretiminde starter kültür olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Güncel sınıflamalarda bu tür *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* olarak adlandırılmaktadır. Optimal gelişme sıcaklığı 40–45°C arasında olan bu mikroorganizma, çoğunlukla 50°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gelişme göstermez. 20°C'nin altında ise gelişimi sınırlıdır. Bu tür, 4,0–4,5 pH aralığında aktivitesini sürdürebilme yeteneğine sahiptir. Hafif düzeyde proteolitik aktivitesi sayesinde, yoğurt üretiminde *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un gelişimini desteklemenin yanı sıra, peynir üretiminde olgunlaşma sürecine katkı sağlamaktadır (Şahin ve Başoğlu, 2014).

2.3.4. *Bacillus* spp.

Bacillus cinsi, Gram-pozitif, çubuk şeklinde, spor oluşturan ve aerobik ya da fakültatif anaerobik metabolizma yeteneğine sahip bakterileri kapsamaktadır. Genellikle toprak kaynaklı mikroorganizmalar olarak tanımlanan *Bacillus* türleri, bununla birlikte hava, su, insan ve hayvan bağırsakları ile sebzeler ve gıda maddeleri gibi çeşitli çevresel ve biyolojik ortamlardan da izole edilebilmektedir (Alou vd., 2015; Kotb, 2015). *Bacillus* spp., fenotipik ve genotipik özellikler bakımından oldukça heterojen bir grup oluşturmaktadır. Bu cinsin bazı türleri, insan veya hayvan konaklarında fırsatçı patojen olarak enfeksiyonlara yol açabilmekte

ya da toksin üretici olarak tanımlanabilmektedir. Ayrıca, *Bacillus* cinsi üyeleri, probiyotik potansiyeli açısından dikkate değer olan *Lactobacillus* spp. ile filogenetik açıdan yakın bir ilişki içerisindedir (Elshaghabee vd., 2017).

Bacillus türünden yaygın olarak kullanılan *Heyndrickxia coagulans* (eski adıyla *Bacillus coagulans*), ilk kez 1915 yılında Weinzirl tarafından tanımlanmış olup, hem sporülasyon yeteneği hem de probiyotik özellikleri nedeniyle dikkat çekmektedir. Taksonomik olarak Bacillaceae familyasına aittir. Spor formu sayesinde yüksek sıcaklık, asidik pH ve safra tuzlarına karşı direnç gösterir ve gıda endüstrisi ve sağlık uygulamaları açısından oldukça avantajlıdır (Weinzirl vd., 1915).

2.3.5. Mayalar

Tarihsel olarak maya, özellikle *Saccharomyces* cinsi, hayvan yemlerinde probiyotik ajan olarak kullanımlarıyla ilişkilendirilmiştir (Jakobsen ve Narvhus, 1996). Patojenik olmayan bir maya türü olan *Saccharomyces boulardii*, ilk olarak 1950'li yıllarda Indochina bölgesinde liçi meyvesinden izole edilmiş olup, o tarihten bu yana çeşitli ishal türlerinin hem önlenmesi hem de tedavisinde etkili bir biyoterapötik ajan olarak kullanılmaktadır (McFarland ve Bernasconi, 1993; Surawicz vd., 1989). *Saccharomyces cerevisiae* gibi kültür mayaları ile enterik patojenler, örneğin enteropatojenik *Escherichia coli*, *Shigella* ve *Salmonella* arasında spesifik antagonistik etkileşimlerin varlığı Gedek (1991) tarafından ortaya konmuştur. Ayrıca, *S. cerevisiae*'nin gastrointestinal sistemden geçiş sırasında canlılığını sürdürebildiği gösterilmiş olup, bu durum mayaların probiyotik potansiyelini daha da desteklemektedir (Gedek, 1991).

Mayalar, mantarların karakteristik özelliklerinden biri olan antibiyotiklere karşı doğal direnç göstermeleri nedeniyle, bu özellik probiyotik olarak kullanım açısından mayaları ön plana çıkarmaktadır. Antibiyotiklere dirençli *Lactobacillus* suşlarının probiyotik olarak kullanımında en önemli risk, direnç genlerinin patojenik bakterilere yatay gen transferi yoluyla aktarılabilme potansiyelidir. Ancak maya ile bakteriler arasında gen aktarımı son derece nadir gerçekleştiğinden, mayaların probiyotik ajan olarak kullanımı hem güvenli hem de önerilmeye değer bir seçenek olarak öne çıkmaktadır (Shruthi vd., 2022).

2.4. Probiyotik Mikroorganizmaların İnsan Sağlığına Faydaları

Probiyotikler, doğal bağırsak mikrobiyotasını güçlendirmek amacı ile gıdalarda kullanılmaktadır. Sağlık durumunu iyileştirmedeki etkinliği, temel olarak, bağırsak yolunun sert etkilerinin üstesinden gelerek canlı fonksiyonel bakteri sağlama yeteneğine bağlıdır (Silva vd., 2016).

Sağlık yararlarını artıran aktiviteye sahip probiyotik bakteriler, yoğurt, peynir, dondurma, süt tozu ve dondurulmuş tatlılar dahil olmak üzere bir dizi ürüne daha fazla eklenmektedir (Silva vd., 2016).

Laktobasiller ve bifidobakterler gibi bağırsak bakteri dengesini geliştirerek konakçıya fayda sağlayan canlı mikroorganizmalar, metabolik kararlılık, bağırsak hücre duvarlarına yapışma, antibiyotik direncini artırmadan ve patojenik olmadan, güvenli olma gibi çeşitli tipik özelliklere sahip olduklarından endüstri tarafından en çok kullanılan mikroorganizmalardır.

Bunun yanı sıra, bu bakteriler üründe aktif olmalı, üst sindirim sistemi boyunca hayatta kalabilmeli, mide suyuna, oksijene ve enzimlere direnç gösterebilmeli ve doğal bağırsak mikrobiyotasının bir parçası olarak tutunabilmeli ve konakçıya yapıştıktan sonra bağırsak sağlığına faydalı etkiler gösterebilmelidir (Rai vd., 2019; Silva vd., 2016).

Gıda ve İlaç İdaresi (FDA), probiyotik ürünlerin tüketim anında en az 10^6 kob/ml veya kob/g canlı hücre sayısına sahip olmasını önerir. Ancak ürünlerin üretim, depolama ve tüketim hacimleri dikkate alınarak 10^8 - 10^9 kob/ml veya kob/g canlı ve aktif probiyotik içeren bir ürünün faydalı etki göstermesi için günlük 100 ml veya 100 g tüketilmesi gerekir (Tripathi ve Giri, 2014).

Probiyotik içeren gıda tüketiminin birçok faydası vardır; en önemlileri bağışıklık sistemin uyarılması ve düzenlenmesi, bağırsak sistemi enfeksiyonlarına karşı koruyucu etki, immünoenflamatuvar hastalıkların önlenmesi (enflamatuvar bağırsak hastalıkları gibi), laktoz intoleransı semptomlarının azaltılması, kan kolesterolünün düşürülmesi ve kanserin önlenmesidir (Coşkun, 2006).

Probiyotiklerin en önemli fonksiyonlarından biri de kolesterolü düşürücü etkileridir. Hosono ve Tono 1995 yılında yaptıkları bir çalışmada fermente süt ürünlerinden laktik asit bakterileri izole etmiş ve bunların kolesterol düşürücü özelliklerini araştırmışlardır. Yapılan bu araştırmada *Enterococcus faecalis*, *Lactococcus lactis*, *Leuconoctoc mesenteroides*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus casei* türlerine ait suşlar kullanılmış ve bunlar arasında *Lactococcus lactis* spp. *lactis* biovar diacetylactis R-43 suşunun %33,91 oranında kolesterolü bağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Başka bir çalışmada ise aynı şekilde *Lactobacillus* türleri içeren probiyotik gıdaların kandaki kolesterol seviyesini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır (Alp ve Ertürkmen, 2017).

Japonya'da bifidobakteriler açısından süt tüketiminin yaygın olduğu bilinmektedir. Çocukları ishal gibi hastalıklardan koruması ile *B. bifidum*, rotavirüs ishali önlemek için başarıyla kullanılmaktadır. Mide ve kolon kanseri için radyasyon tedavisinin neden olduğu gıda alerjileri ve bağırsak hastalıklarının tedavisinde de probiyotik bakterilerin kullanılabileceği tespit edilmiştir. Sindirim sistemindeki patojenlere karşı probiyotik bakteriler; laktik asit, asetik asit gibi organik asitler, H₂O₂, CO₂ gibi metabolik ürünler, bakteriyosinler, diasetil ile bağışıklık ve bağışıklık dışı savunma mekanizmalarını güçlendirerek ve rekabet ederek savaşır (Turgut, 2006).

2.5. Probiyotik Gıda Pazarı

2024 yılında yapılan probiyotik gıda pazarının analiz edildiği bir çalışmada, 2023 yılı itibarıyla küresel probiyotik pazarının büyüklüğü 70,36 milyar ABD doları olarak hesaplanmıştır. Pazarın, 2024 yılında 74,36 milyar ABD dolarına ulaşması ve 2031 yılına kadar istikrarlı bir şekilde büyüyerek 121,64 milyar ABD doları seviyesine ulaşması öngörüldüğü belirtilmiştir. Bu büyümenin, 2024–2031 yılları arasındaki tahmin dönemi boyunca yıllık bileşik büyüme oranının (CAGR) %7,28 düzeyinde gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (Ashim, 2024).

Pazarın bu denli büyümesinde, bağırsak sağlığının genel sağlık ve yaşam kalitesi üzerindeki etkisine dair artan toplumsal farkındalık önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde tüketiciler, dengeli bir bağırsak mikrobiyotasının yalnızca sindirim sistemi üzerinde değil, aynı zamanda bağışıklık sistemi ve zihinsel sağlık üzerinde de olumlu etkileri olduğunun daha fazla bilincindedir. Bu farkındalık, probiyotik içeriği yüksek gıdalar ve takviyelere yönelik talebin

artmasına neden olmakta; özellikle sindirim sağlığını destekleyen ve gastrointestinal rahatsızlıkları önleyici ürünlerin pazardaki payını genişletmektedir.

2.5.1. Ürüne Göre Değerlendirme

Tablo 1. de görüldüğü gibi probiyotik ürünler ürün bazında değerlendirildiğinde, probiyotik pazarı üç ana segmentten oluşmaktadır: probiyotik yiyecek ve içecekler, gıda takviyeleri ve hayvan yemleridir. Bu segmentler arasında, probiyotik yiyecek ve içecekler kategorisi, 2023 yılı itibarıyla 46,10 milyar ABD doları piyasa değeriyle lider konumda yer almıştır (Ashim, 2024).

Yoğurt, fermente içecekler ve smoothie gibi probiyotik açısından zengin gıda ürünleri, tüketicilere günlük beslenme düzenlerine probiyotikleri kolay ve pratik bir şekilde dahil etme imkânı sunmaktadır. Özellikle bağırsak sağlığının desteklenmesi ve bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi gibi sağlık yararlarına ilişkin farkındalığın artması, fonksiyonel gıdalara yönelik tüketici talebinde belirgin bir yükselişe neden olmuştur.

Ayrıca, süt ürünleri içermeyen ve bitki bazlı alternatiflere yönelik inovasyonlar, sadece vegan veya laktoz intoleransı olan bireylerin değil, daha geniş bir tüketici kitlesinin de bu ürünlere yönelmesini sağlamaktadır. Bu durum, probiyotik yiyecek ve içecek segmentinin pazardaki baskın konumunu pekiştiren önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 1. Ürün Bazında Küresel Probiyotik Pazarı Dağılımı (Ashim, 2024)

Ürün Kategorisi	Pazar Değeri (Milyar USD)	Pazar Payı (%)	Açıklama
Probiyotik Yiyecek ve İçecekler	46,10	65.5%	Günlük tüketime uygun, fonksiyonel gıdalar (yoğurt, kefir, smoothie vb.)
Gıda Takviyeleri	18,00	25.6%	Kapsül, toz, sıvı formda takviye ürünler
Hayvan Yemi	6,26	8.9%	Evcil ve çiftlik hayvanları için özel yem takviyeleri
Toplam	70,36	100%	

2.5.2. İçerik Değerlendirmesi (Laktik Asit Bakterileri)

Probiyotik ürünlerde en yaygın kullanılan mikroorganizma gruplarından biri, *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türlerini de içeren laktik asit bakterileridir. Bu mikroorganizmalar, bağırsak mikrobiyotasının dengesini yeniden kurma ve sindirim sağlığını destekleme konusundaki

bilimsel olarak kanıtlanmış etkileri sayesinde hem araştırmacıların hem de tüketicilerin ilgisini çekmektedir (Ashim, 2024).

Laktik asit bakterileri, özellikle irritable bağırsak sendromu (IBS), kabızlık ve ishal gibi yaygın gastrointestinal rahatsızlıkların önlenmesi ve yönetiminde etkin rol oynamaktadır. Bu suşlara ilişkin yapılan çok sayıda klinik ve laboratuvar çalışması, söz konusu bakterilerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkilerini desteklemekte, böylece bu segmentteki ürünlerin güvenilirliğini artırmaktadır (Ashim, 2024).

Tüketici bilincinin artması ve bilimsel bulgularla desteklenen sağlık iddialarının çoğalması, bakteri bazlı probiyotik ürünlere olan talebi önemli ölçüde artırmakta; bu da bakteri segmentinin pazar içindeki genişlemesini hızlandıran temel dinamiklerden biri olarak öne çıkmaktadır (Ashim, 2024).

2.6. Probiyotik Mikroorganizmaların *in vitro* Değerlendirme Kriterleri

Probiyotik mikroorganizmaların fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesinde *in vitro* testler önemli bir yer tutmaktadır. Bu kapsamda, gastrointestinal sistem koşullarına adaptasyon yeteneklerinin yanı sıra, güvenlik açısından antibiyotiklere karşı duyarlılıklarının değerlendirilmesi temel kriterler arasında yer almaktadır (FAO/WHO, 2002).

Safra tuzlarına tolerans probiyotik bakterilerin bağırsak ortamında canlılıklarını sürdürebilmeleri için kritik bir özelliktir. Çünkü ince bağırsakta 0,3–0,5% oranında safra tuzları bulunmakta ve bu durum bakteri hücre zarının bütünlüğünü olumsuz etkileyebilmektedir. Probiyotik suşların safra tuzlarına karşı dirençli olması, intestinal kolonizasyon potansiyelinin bir göstergesi kabul edilmektedir (Begley vd., 2005).

Pepsin ve düşük pH'a tolerans da probiyotik bakterilerin mide ortamından geçiş sırasında canlılıklarını koruyabilmeleri için değerlendirilmektedir. Mide pH'sının 2–3 seviyelerine kadar düşebilmesi ve pepsin gibi proteolitik enzimlerin varlığı, probiyotiklerin hayatta kalmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle mide ortamını taklit eden *in vitro* testler ile probiyotik suşların asit ve pepsin direnci araştırılmaktadır (Charteris vd., 1998).

Antibiyotik duyarlılık testleri ise probiyotiklerin güvenlik değerlendirmesinde önem arz etmektedir. Probiyotik suşların, klinik açıdan kullanılan antibiyotiklere karşı duyarlılık

profilleri belirlenmekte ve özellikle antibiyotik direnç genlerinin yatay transfer potansiyeli incelenmektedir. Probiyotik mikroorganizmaların güvenli kabul edilebilmesi için, antibiyotiklere karşı doğal direnç gösterebileceği, ancak kazanılmış ve taşınabilir direnç genlerine sahip olmaması gerektiği vurgulanmaktadır (Gueimonde vd., 2013).

Boza, turşu, tarhana gibi geleneksel fermente gıdalardan 66 laktik asit bakterisi (LAB) izole edilen bir çalışmada, bu suşlardan 25 tanesi asit ve safra tuzu toleransı açısından değerlendirildikten sonra 10 suş (örneğin *Lactiplantibacillus plantarum* ES-3, *Pediococcus pentosaceus* N-1, *Enterococcus faecium* N-2) öne çıkmıştır. Bu suşlar %100 pH 3,0'da hayatta kalmış, %0,3 safra tuzuna %57–67 oranında tolerans göstermiş, güçlü epitel hücrelerine yapışma, yüksek EPS üretimi ve lizozim direnci gibi özellikler sergilemiştir (Yıldız vd., 2023)

2019 yılında yapılan bir çalışmada, Orta Toroslar'ın Tulum peynirinden izole edilen *Lactococcus lactis* ve *Lactococcus garvieae* suşlarında gerçekleştirilen çalışmalar, bu suşların asit ve safra tuzu direnci, asit (pH 2,0) ve pankreatik (pepsin içeren) ortamda canlı kalma, ayrıca antibiyotik duyarlılığının (ampisilin, kloramfenikol, eritromisin, vankomisin, kanamisin, gentamisin, tetrasiklin gibi) belirlenmesi yoluyla prototipik probiyotik aday olarak tanımlanabileceğini ortaya koymuştur; yalnızca *L. lactis* NTH7 penisilinde dirençli bulunmuştur (Kazancıgil vd., 2019)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Erzincan ilinde ticari olarak satışa sunulan ve aynı zamanda online alışveriş ile temin edilebilen probiyotik etiketli gıda ürünleri mikrobiyolojik olarak incelenmiş, izole edilen mikroorganizmaların morfolojik, biyokimyasal ve *in vitro* probiyotik özellikleri değerlendirilmiştir. Böylece, söz konusu ürünlerin içeriklerinin etiket bilgilerindeki beyanlarla uyumu araştırılmış ve tüketiciye sunulan bu ürünlerin gerçekten probiyotik potansiyel taşıyıp taşımadığı belirlenmiştir.

3.1. Materyal

Materyal olarak öncelikle ulusal marketlerde satılan ve etiketinde probiyotik olduğu belirtilen 19 farklı gıda ürünü kullanılmıştır. Halihazırda probiyotik olarak satılan gıdaların içerisinde fermente süt ürünleri, tahıl ürünleri, fermente sebze ürünleri, çikolatalar, çay, sakız gibi ürünler bulunmaktadır. Bu ürünler dışında uzaktan satış yapan satıcıların ürünleri de temin edilmiştir. Çalışmada 5 adet kefir, 2 adet yoğurt, 3 adet fermente süt ürünü, 2 adet reçel, 1 adet granola, 1 adet süzme peynir, 1 adet noodle, 1 adet helva, 1 adet yeşil çay, 1 adet turşu suyu ve 1 adet kahve incelenip değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan ürünlere ait bilgiler ve içerdikleri beyan edilen mikroorganizmalar Tablo 2’de verilmiştir. Mikroorganizmaların sayım ve izolasyonları son tüketim tarihleri geçmeden ancak bu tarihe yakın bir dönemde yapılmıştır. Fermente ürünlerin yanında sonradan probiyotik mikroorganizma katılan gıdalar da analizlere tabi tutulmuştur. Ürünlerin nevine göre maya veya bakteriler, ilgili besiyerleri kullanılarak izole edilmiş ve ileri analizlerde kullanılmak üzere uzun süreli saklama amacıyla nutrient agar ve gliserol içeren ortamlar hazırlanarak –80 °C’de depolanmıştır.

Tablo 2. İncelenen ürünler ve içerikte beyan edilen mikroorganizmalar

Örnek Kodu	Gıda Ürünü	Beyan edilen mikroorganizma
1	Orman meyveli kefir	<i>Bifidobacterium, Lactobacillus acidophilus</i>
2	İncirli Cevizli Buğdaylı %1,4 yağlı Probiyotikli Yoğurt	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>Lactis, L. lactis</i>
3	Probiyotikli yeşil çay açai-ananas	<i>Heyndrickxia coagulans</i>
4	Granola	<i>Heyndrickxia coagulans</i>
5	Organik probiyotik turşu suyu	Karışık Probiyotik Kültür

6	Probiyotikli sebzeli noodle	<i>Heyndrickxia coagulans</i>
7	Narlı, yeşil çaylı, probiyotikli %0,05 yağlı fermente süt ürünü	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>Lactis</i> , <i>L. lactis</i>
8	Probiyotik süzme peynir	<i>Lactobacillus acidophilus</i> (LA-5)
9	Probiyotik ve Prebiyotik Yeşil Kahve	<i>Heyndrickxia coagulans</i>
10	Elma, yulaflı fermente süt ürünü	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>Lactis</i> , <i>L. lactis</i>
11	Ananaslı kefir	<i>Bifidobacterium</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>
12	Ahududulu, yulaflı, cevizli probiyotikli laktozsuz homojenize %0,9 yağlı yoğurt	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>Lactis</i> , <i>L. lactis</i>
13	Sade fermente süt ürünü (İçilebilir yoğurt)	<i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i>
14	X sade kefir	Probiyotik kültür
15	Y sade kefir	Probiyotik kültür, <i>B. lactis</i>
16	Z sade kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.
17	Probiyotik karadut reçel	Laktik Asit Bakterisi
18	Probiyotik çilek reçel	Laktik Asit Bakterisi
19	Probiyotik tahin helva	Laktik Asit Bakterisi

Tablo 2. (Devamı)

3.2. Yöntem

3.2.1. Dilüsyon hazırlama

Seyreltme sıvısı olarak %0,85'lik sodyum klorür (NaCl) ve %0,1 pepton içeren steril fizyolojik çözelti kullanılmıştır. İlk seyreltme, 10 g katı veya 10 mL sıvı örneğin aseptik koşullar altında 90 mL fizyolojik tuzlu suya eklenmesiyle hazırlanmıştır. Hazırlanan desimal seyreltmeler, ilgili petri kaplarına aktarılmış ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur (Harrigan, 1998).

3.2.2. MRS agar'da gelişen muhtemel laktik asit bakteri sayısı

Muhtemel laktobasillerin tespiti için steril MRS (de Man, Rogosa, Sharpe) agar (Merck) yüzeyine yayma kültür yöntemi kullanılarak ekim yapılmış ve petri kapları anaerobik

koşullarda 2-3 gün süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyonun tamamlanmasının ardından mikroskopik inceleme gerçekleştirilmiş ve laktobasiller sayılmıştır. Besiyerinde gelişen farklı mikroskopik ve makroskopik özelliklere sahip koloniler saflaştırılarak ayrı koloni sayımları da yapılmıştır.

Bifidobacterium sayımı için ise MRS agar ortamına %0,05 (w/v) L-sistein hidroklorür ve %0,01 (w/v) mupirosin eklenerek, ardından 37°C'de 48-72 saat boyunca anaerobik inkübasyona bırakılmıştır (Liu, 2020). Anaerobik ortam için Merck Anaerocult A kullanılmıştır.



Şekil 1. *Bifidobacterium* izolasyonu için hazırlanan anaerob ortam.

3.2.3. M17 agar'da gelişen muhtemel laktik asit bakteri sayımı

Steril M17 agar (Oxoid) ortamına yayma kültür yöntemi ile yapılan ekimlerin ardından petri kapları, aerobik koşullarda 30–32°C sıcaklıkta 24 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun tamamlanmasını takiben, mikroskopik inceleme eşliğinde laktokokların sayımı gerçekleştirilmiş ve sonuçlar log kob/g (koloni oluşturan birim/gram) biriminde ifade edilmiştir. Daha sağlıklı bir izolasyon sağlamak amacıyla, besiyerinde gelişen suşların makroskopik ve mikroskopik özellikleri dikkate alınarak saflaştırma işlemleri uygulanmış ve bu saf kültürlerden ayrıca sayımlar yapılmıştır (Pichhardt, 2004).

3.2.4. Nutrient agar'da *Heyndrickxia coagulans* sayımı

Nutrient agar kullanılarak *Heyndrickxia coagulans* izolasyonu, örneklerin aseptik koşullarda alınması ve ön işleme tabi tutulmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ticari probiyotik gıda ürünlerinden yaklaşık 10 g veya 10 mL örnek alınmış, katı örnekler steril fizyolojik tuz çözeltisi (%0,85 NaCl) ile 1:10 oranında seyreltilerek homojenize edilmiştir. Bu türün türlerinin spor oluşturma özelliklerinden yararlanmak için, örnek süspansiyonları 80 °C'de 10 dakika ısı şokuna tabi tutulmuş ve hızla soğutulmuştur. Ardından seri dilüsyonlar hazırlanmış ve her dilüsyondan 0,1 mL alınarak Nutrient agar plaklarına yayma kültür yöntemi ile ekimi yapılmıştır. Plaklar ters çevrilmiş şekilde 37 °C'de 24–48 saat inkübe edilmiştir.

3.2.5. Maya sayımı

Maya sayımının yapılabilmesi için, Potato Dextrose Agar (PDA) (Merck) ortamı sterilize edildikten sonra uygun sıcaklığa soğutulmuş ve içerisine %10'luk steril laktik asit çözeltisi eklenerek ortam pH'sı 3,5'e düşürülmüştür. Asitlendirilmiş besiyeri, petri kaplarına dökülerek katılaşması beklenmiştir. Katı hale gelen ortamlara uygun desimal dilüsyonlardan yayma kültür yöntemi ile ekim yapılmış ve petri kapları oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda oluşan maya kolonileri mikroskopik muayene ile incelenmiş ve sayımları gerçekleştirilmiştir (Speck, 1984).

3.3. Saf Kültürlerin Depolanması

İzole edilen probiyotik mikroorganizmalar, ileri analizlerde kullanılmak üzere uzun süreli saklama amacıyla –80 °C'de depolanmıştır. Bu amaçla saflaştırılmış mikroorganizmalar, %50 (v/v) gliserol içeren steril sıvı besiyerine (broth) ilave edilmiştir.



Şekil 2. -80 °C’de depolanmak için hazırlanan mikroorganizma tüpleri.

3.4. Tanılama Testleri

İzole edilen bakteri suşlarının temel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla fenotipik tanılama testleri uygulanmıştır. Bu kapsamda Gram boyama, katalaz testi ve koloni morfolojisi gibi temel mikrobiyolojik testler gerçekleştirilmiştir.

3.4.1. Gram karakterinin belirlenmesi

Çalışmada kullanılan izolatların Gram karakterinin belirlenmesi amacıyla klasik Gram boyama yöntemi uygulanmıştır. Öncelikle, taze bakteri kültürlerinden alınan örnekler, temiz lamalar üzerine ince yayma şeklinde sürülmüş ve hava ile kurutulmuştur. Kuruyan preparatlar, alttan ısıtılarak fikse edilmiştir. Fiksasyonun ardından, yayma üzerine birincil boya olan kristal violet damlatılarak bir dakika bekletilmiş, ardından lam distile su ile yıkanmıştır (Sert, 2001).

İkinci aşamada, Gram iyot (iodin) çözeltisi uygulanarak bir dakika bekletilmiş ve tekrar distile su ile durulanmıştır. Üçüncü adımda, preparat üzerine %95’lik etanol (veya asetonalkol) çözeltisi damlatılarak yaklaşık 5–10 saniye süresince dekolorizasyon sağlanmış ve hemen ardından distile su ile yıkanmıştır. Son adımda, karşı boya olarak safranin uygulanmış, bir dakika bekletilmiş ve distile su ile durulandıktan sonra lamalar kurutularak mikroskop incelemesi için hazır hale getirilmiştir (Sert, 2001).

Boyama işleminin ardından preparatlar, 100× büyütme yağı daldırılmalı objektifle mikroskopta incelenmiştir. Gram-pozitif bakteriler mor-mavi renkte, Gram-negatif bakteriler ise pembe-kırmızı renkte gözlenmiştir. Gram boyama yöntemi, çalışmada yer alan probiyotik bakterilerin temel fenotipik sınıflandırması açısından kullanılmıştır (Sert, 2001).

3.4.2. Katalaz Testi

İzole edilen mikroorganizmaların katalaz enzim aktivitesini belirlemek amacıyla katalaz testi uygulanmıştır. Bu test kapsamında, temiz bir lam üzerine taze bakteri kültüründen bir koloni alınarak yerleştirilmiş ve üzerine %5 (v/v) hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisinden bir damla damlatılmıştır. Enzimatik reaksiyon sonucunda örnekte oksijen kabarcıkları (gaz çıkışı) gözlemlenmesi, ilgili mikroorganizmanın katalaz pozitif olduğunu göstermiştir. Kabarcık oluşmayan örnekler ise katalaz negatif olarak değerlendirilmiştir (MacFaddin, 2000).

3.5. Probiyotik ve Güvenlik Testleri

Çalışmada izole edilen mikroorganizmaların probiyotik potansiyellerini değerlendirmek amacıyla, gıdanın mikrobiyolojik yapısı göz önünde bulundurularak çeşitli fenotipik ve fizyolojik testler uygulanmıştır. Bu kapsamda; izolatların antibiyotik direnç profilleri belirlenmiş, antibiyotiklere duyarlılıkları disk difüzyon yöntemiyle değerlendirilmiştir. Olası patojenite durumlarını değerlendirmek amacıyla hemoliz aktiviteleri incelenmiştir. Probiyotiklerin gastrointestinal sistemde hayatta kalabilme yeteneklerini değerlendirmek üzere pepsin içeren sentetik mide ortamı ve safra tuzu tolerans testleri uygulanmıştır. Bu testler aracılığıyla, izolatların probiyotik olarak kullanılabilirliği yönünden ön değerlendirmeleri yapılmıştır.

3.5.1. Mide ortamına dayanıklılık

İzole edilen suşların mide ortamını geçerek ince bağırsağa ulaşabilme kapasitelerini değerlendirmek amacıyla *in vitro* mide sıvısı simülasyonu uygulanmıştır. Bu amaçla, aktif kültürlerden %1 oranında selektif besiyerine aşılama yapılmış ve 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda, 1 mL aktif kültür alınarak 12.000 rpm'de, 4°C'de 5 dakika santrifüjlenmiş ve üst faz uzaklaştırılmıştır. Elde edilen çökelti, pH 7,4'e ayarlanmış PBS

(fosfat tamponlu salin) ile iki kez yıkanmıştır. Daha sonra %0,5 (w/v) pepsin ve %0,5 (w/v) sodyum klorür (NaCl) içeren bir solüsyon hazırlanmış ve pH değeri hidroklorik asit (HCl) kullanılarak pH 2,0'ye ayarlanmıştır. Bu simülasyon ortamına, 10^8 kob/mL düzeyinde bakteri içeren kültür süspansiyonu eklenmiş ve karışım 6 saat boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda, bu çözeltiden alınan örneklerden uygun dilüsyonlar hazırlanarak ilgili selektif besiyerleri üzerine ekim yapılmış ve koloni sayımları gerçekleştirilmiştir. Sayım sonuçları doğrultusunda, her bir suşun mide koşullarına dayanıklılığı yüzde (%) geçiş oranı şeklinde hesaplanmıştır (Elçioğlu ve Kunduoğlu, 2014). % 80 ve üzeri dayanıklılık gösteren izolatlar pozitif olarak değerlendirilmiştir.

3.5.2. Safra tuzlarına tolerans

Safra tuzları, mikroorganizmaların gastrointestinal sistemdeki hayatta kalma ve çoğalma yeteneklerini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle, muhtemel probiyotik suşların seçilmesinde safra tuzlarına karşı tolerans düzeylerinin belirlenmesi kritik bir değerlendirmedir. Bu amaçla, izole edilen suşların safra tuzlarına dayanıklılığını test etmek için %0,3, %0,5 ve %1 oranlarında safra tuzu içeren MRS, M17 ve maya örneği için YPD broth ortamları hazırlanmıştır. Bakteriyel süspansiyonlar bu ortamlarda 37°C'de 6 saat boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda her örneğin hücre büyümesi ve canlılık düzeyi, 600 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Elde edilen OD₆₀₀ (optik yoğunluk) değerleri, safra içermeyen kontrol grubu ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Böylece, her suşun farklı safra konsantrasyonlarına karşı gösterdiği tolerans düzeyi, optik yoğunlukta meydana gelen değişim oranı üzerinden değerlendirilmiştir. Sonuçlar yüzde azalma ya da OD₆₀₀ düzeyinde sabitlik/zayıflama şeklinde ifade edilmiştir (Elçioğlu vd., 2014).

3.5.3. Antibiyotik direnci

İzolatların antibiyotik direnç profilleri, Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından önerilen altı farklı antibiyotiğe (ampisilin, vankomisin, gentamisin, kanamisin, streptomisin, eritromisin) karşı incelenmiştir. Bu amaçla, bakteri süspansiyonları steril pamuklu çubuk yardımıyla MRS veya M17 agara yayılmış ve antibiyotik diskleri besiyerine yerleştirilmiştir. 37°C'de 24 saatlik inkübasyonun ardından disklerin etrafında oluşan inhibisyon zonlarının çapları ölçülmüştür (Sarkar vd., 2020). İzolatların antibiyotik duyarlılık testleri, Ulusal Klinik

Laboratuvar Standartları Komitesi tarafından özetlenen standart prosedür izlenerek disk difüzyon tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir (CLSI M100). Her bir izolatın dirençli olduğu antibiyotikler belirlenmiş ve MAR indeksi, dirençli olunan antibiyotik sayısının test edilen toplam antibiyotik sayısına oranı alınarak hesaplanmıştır (Wayne, 2002).

CLSI Duyarlılık Sınıfları (Disk Difüzyon, mm)

Antibiyotik	Disk İçeriği	Duyarlı (S) $\geq$	Orta (I)	Dirençli (R) $\leq$
Kanamisin	30 μ g	18 mm	14–17 mm	13 mm
Streptomisin	10 μ g	15 mm	12–14 mm	11 mm
Gentamisin	10 μ g	15 mm	13–14 mm	12 mm
Vankomisin	30 μ g	15 mm	14 mm	14 mm
Eritromisin	15 μ g	23 mm	14–22 mm	13 mm
Ampisilin	10 μ g	17 mm	14–16 mm	13 mm

Şekil 3. CLSI Duyarlılık sınıfları değerlendirilmesi

3.5.4. Hemolitik aktivite

İzole edilen mikroorganizmaların hemolitik aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla %5 koyun kanı içeren kanlı agar besiyeri kullanılmıştır. Saf kültürlerden elde edilen taze koloniler steril öze yardımıyla kanlı agar yüzeyine çizilerek 37°C’de 24–48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon süresi sonunda kolonilerin etrafındaki zonlar incelenmiştir.

β -hemoliz: Koloni çevresinde tam şeffaf zon oluşumu,

α -hemoliz: Koloni çevresinde yeşilimsi renk değişimi,

γ -hemoliz (non-hemolitik): Herhangi bir zon oluşmaması.

Probiyotik mikroorganizmaların güvenilirlik kriterlerinden biri, hemolitik aktivite göstermemesidir (γ -hemolitik olması) (Maragkoudakis vd., 2006).

3.5.5. Oto Agregasyon Testi

Probiyotik izolatların hücre-hücre tutunma yeteneklerini değerlendirmek amacıyla, in vitro otoagregasyon testleri gerçekleştirilmiştir. Bu test, bakteriyel hücrelerin kendi aralarında kümelenme ve çökelme eğilimlerini ölçmekte ve potansiyel kolonizasyon yetenekleri hakkında öngöründe bulunulmasına olanak sağlamaktadır (Del Re ve ark., 2000; Collado et al., 2008). Kullanılan bakteriyel suşlar, önceden hazırlanmış MRS ve M17 sıvı besiyerinde 24 saat boyunca 37°C’de inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası kültürler $10.000 \times g$ ’de 10 dakika süreyle santrifüjlenmiş, süpernatant atılmış ve hücre pelletleri iki kez fosfat tamponlu salin (PBS, pH 7,2) ile yıkanmıştır. Yıkanmış hücreler tekrar PBS içinde süspanse edilmiş ve süspansiyonun optik yoğunluğu spektrofotometrede 600 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Collado vd., 2007).

Homojenleştirilen hücre süspansiyonları steril tüplere alınarak göre 37 °C’de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun başlangıcında (A_0) ve 4 saat sonunda (A_t), süspansiyonun üst kısmından örnek alınarak absorbans değeri 600 nm’de ölçülmüştür. Böylece süspansiyondaki bulanıklığın zamanla ne ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Otoagregasyon yüzdesi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Del Re vd., 2000):

$$\text{Oto-agregasyon (\%)} = (1 - (A_t/A_0)) \times 100$$

A_0 : Süspansiyonun başlangıçtaki optik yoğunluğu (OD_{600})

A_t : Belirli bir inkübasyon süresi (t) sonunda süpernatanın optik yoğunluğu (OD_{600})

3.5.6. İstatistik Analizler

Çalışmada SPSS for Windows ver 20. kullanılmıştır. Analizler tekerrürlü olarak yapılmış olup elde edilen verilerde gruplar arasındaki farklar One way ANOVA, gruplar arasındaki karşılaştırmalar ise Tukey testi ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada Türkiye piyasasından elde edilen 19 farklı probiyotik ürün incelenmek üzere temin edilmiştir. Bu ürünler kefir, fermente süt ürünleri, yoğurt, granola, çay, kahve, turşu suyu, noodle, peynir, helva ve reçel ürünlerinden oluşmaktadır. 5 kefir, 3 fermente süt ürünü, 2 yoğurt, 1 granola, 1 çay, 1 kahve, 1 organik turşu suyu, 1 noodle, 1 helva, 2 reçel ve 1 süzme peynir incelenmiştir. Bu incelemeler etikette beyan edilen bakteri türüne göre seçici besiyerinde inkübe edilerek sayımları yapılmıştır. Mikrobiyolojik ekimler paralel olarak ve ürünlerin son tüketim tarihi geçmeden yapılmıştır.

4.1. Mikroorganizma Sayım Sonuçları

Çalışmada probiyotik etiketli olarak piyasada satışa sunulan fermente ve fermente olmayan gıda ürünlerinden izole edilen mikroorganizmaların sayımları belirlenmiş olup, sonuçlar Tablo 3'te ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde sunulmuştur. Elde edilen sonuçlarda gruplar arasında ortalama sayımlar açısından bazı farklılıklar gözlenmiş olsa da, yapılan istatistiksel analizler sonucunda bu farklılıkların anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$)

Tablo 3. İzolatlara Ait Ortalama Mikrobiyal Sayımlar (log kob/g veya log kob/ml)

Kod	Ürün	Muhtemel Suş	Sayım
1	Orman meyveli kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	6,42 $\pm$ 0,45
2	Çay	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	4,84 $\pm$ 0,42
3	İncirli yoğurt	<i>Lactococcus</i> spp.	8,16 $\pm$ 0,13
4	Turşu suyu	<i>Lactococcus</i> spp.	3,2 $\pm$ 0,45
5	Turşu suyu	<i>Lactococcus</i> spp.	3,92 $\pm$ 0,08
6	Turşu suyu	<i>Lactococcus</i> spp.	3,38 $\pm$ 0,11
7	Turşu suyu	<i>Lactobacillus</i> spp.	6,53 $\pm$ 0,04
8	Turşu suyu	<i>Lactobacillus</i> spp.	5,76 $\pm$ 0,38
9	Granola	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	2,69 $\pm$ 0,12
10	X sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	6,96 $\pm$ 0,11
11	X sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	8,19 $\pm$ 0,59
12	X sade kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	6,77 $\pm$ 0,64
13	X sade kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	6,21 $\pm$ 0,05
14	X sade kefir	Maya	4,26 $\pm$ 0,17
15	Narlı-yeşil çaylı fermente süt ürünü	<i>Lactococcus</i> spp.	7,89 $\pm$ 0,08
16	Peynir	<i>Lactobacillus</i> spp.	7,72 $\pm$ 0,06
17	Noodle	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	6,00 $\pm$ 0,17
18	Elmalı-yulaflı fermente süt ürünü	<i>Lactococcus</i> spp.	7,96 $\pm$ 0,11
19	Kahve	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	6,32 $\pm$ 0,21

20	Ananas kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	6,49±0,20
21	Ananas kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	7,36±0,11
22	Sade fermente süt ürünü	<i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i>	7,06±0,11
23	Ananas kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	6,27±0,08
24	Sade fermente süt ürünü	<i>Lactobacillus</i> spp.	6,7±0,25
25	Orman meyveli kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	6,56±0,17
26	Y sade kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	6,7±0,03
27	Helva	<i>Lactobacillus</i> spp.	5,31±0,22
28	Z sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	6,31±0,25
29	Z sade kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	6,78±0,48
30	Ahududulu yoğurt	<i>Lactobacillus</i> spp.	7,11±0,18

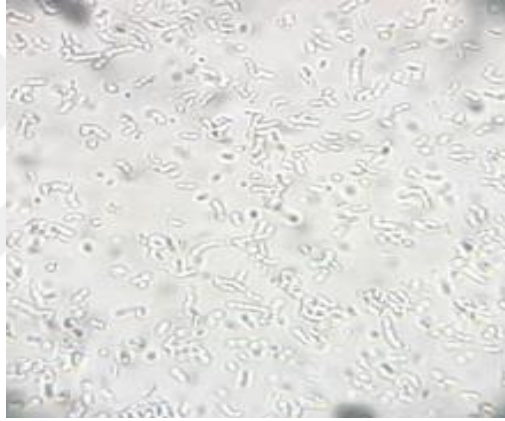
Tablo 3. (Devamı)

4.1.1. Kefir ürünleri

X sade kefir örneğinde, MRS agarda ($6,77 \pm 0,95$ log kob/mL) *Lactobacillus* spp., M17 agarda ($8,19 \pm 0,59$ log kob/mL) *Lactococcus* spp., ve PDA agarda ($4,65$ log kob/mL) mayalar gelişim göstermiştir. Bu durum, kefir kültürünün gerektirdiği mikrobiyal çeşitliliği karşıladığını göstermektedir. Aynı şekilde MRS agarda ananaslı kefir ($7,36 \pm 0,11$ log kob/mL) ve Orman Meyveli Kefir ($6,42 \pm 0,45$ log kob/mL) ürünleri de yüksek canlı laktik asit bakterisi içerikleriyle Türk Gıda Kodeksi mevzuatına uygundur. Y ve Z sade kefir ürünlerinde tespit edilen *Lactobacillus* spp. (muhtemel izolasyon) sayımları seviyeleri (sırasıyla $6,81 \pm 0,95$ ve $6,78 \pm 0,48$ kob/mL) yeterli olmakla birlikte, X sade kefir ile kıyaslandığında daha düşüktür. *Bifidobacterium* suşlarının izolasyonuna yönelik olarak modifiye edilmiş MRS agarda gerçekleştirilen sayımlarda; orman meyveli kefirde $6,56 \pm 0,16$ log kob/mL, X sade kefirde $6,45 \pm 0,58$ log kob/mL ve Y sade kefirde $6,70 \pm 0,03$ log kob/mL düzeyinde *Bifidobacterium* spp. (muhtemel izolasyon) belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre kefir ürünlerinde “raf ömrü süresince canlı ve aktif kültürlerin yeterli düzeyde bulunması” gerekliliği bulunmaktadır ve bu ürünler söz konusu koşulu sağlamaktadır.



Şekil 4. Sade kefirde izole edilen mikroorganizma, MRS agarda görüntüsü.



Şekil 5. Sade kefirde izole edilen muhtemel *Lactobacillus acidophilus* suşu, mikroskop görüntüsü.



Şekil 6. Sade kefirde izole edilerek modifiye MRS agarda geliştirilen muhtemel *Bifidobacterium* suşu, mikroskop görüntüsü.



Şekil 7. Orman meyveli kefirde izole edilerek modifiye MRS agarda geliştirilen muhtemel *Bifidobacterium* suşu, mikroskop görüntüsü.

Harmankaya ve Gülbaz (2019) meyve katkılı kefirlerde maya sayısının 4,00–5,00 log kob/mL arasında değiştiğini rapor etmiştir. Benzer şekilde, Öksüztepe ve ark. (2020) ticari kefir örneklerinde mikroorganizma yüklerinin Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği kriterlerine genel olarak uygun olduğunu belirtmiş, ancak maya sayılarında uygunluk oranlarının değişkenlik gösterdiğine dikkat çekmiştir.

Ünal ve Şengül (2020) tarafından incelenen altı ticari kefir örneğinde *Lactobacillus* spp. düzeyi 8,15–9,09 log kob/mL, *Lactococcus* spp. düzeyi 8,39–9,34 log kob/mL, maya-küf düzeyi ise 4,38–5,37 log kob/mL arasında bulunmuştur. Bu değerler, çalışmada tespit edilen X sade kefir örneği verileriyle uyumludur ve ürünün mikrobiyal kalitesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Alav ve Meral (2023) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise endüstriyel kefirlerin laktik asit bakteri sayıları 7,52 log kob/g civarında ölçülürken, geleneksel ev yapımı kefirlerde 6,99 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular, probiyotik bakteri yüklerinin üretim yöntemi ve ürüne göre değişebileceğine işaret etmektedir.

Güney, Altundağ ve Çolak (2025) tarafından farklı süt tiplerinden üretilen kefirlerin mikrobiyolojik yükleri *Lactobacillus* ve *Lactococcus* spp. için 5,86–8,15 log kob/mL aralığında değişmiş, maya sayıları ise 5,18–7,22 log kob/mL arasında bulunmuştur. Bu da

Çalışmadaki rnlerin literatürde bildirilen mikrobiyal düzeylerle uyumlu olduğunu desteklemektedir.

4.1.2. Fermente süt rnleri

Fermente süt ürünleri grubunda yüksek laktik asit bakteri yoğunluğu dikkat çekmiştir. Elmalı-yulaflı fermente süt ürünü rneğinde *Lactococcus* spp. $7,96\pm0,11$ log kob/mL, narlı-yeşil aylı fermente süt ürününde *Lactococcus* spp. $7,89\pm0,08$ log kob/mL olarak belirlenmiştir. Sade fermente süt ürünlerinde ise *Lactobacillus* spp. $7,06\pm0,11$ ve $6,70\pm0,25$ log kob/mL düzeyinde sayımlar elde edilmiştir.

Sade Fermente Süt ürünü etiketinde, yalnızca *Lacticaseibacillus rhamnosus* içerdiği beyan edilmiştir. Fakat mikrobiyolojik ekim sonucu iki farklı koloni izolasyonu yapılmış ve mikroskopik olarak incelenmiştir. rn tanımı aynı zamanda içilebilir yoğurt olarak belirtilmiş olup, içerisinde uzun ve kısa çubuklardan oluşan mikroorganizmalar gözlemlenmiştir. *Lacticaseibacillus rhamnosus* türünü ($7,06\pm0,1$ kob/mL) içermekte olup, yoğurt starter kültürlerinden olan *Lactobacillus bulgaricus* ($6,7\pm0,25$ log kob/mL)türleri olduğu düşünülen uzun çubuk bekteri de izole edilmiştir.

Canbulat (2010) tarafından yapılan yüksek lisans çalışmasında, *L. rhamnosus* ile fermente süt ürünlerinde canlı bakterilerde artış olduğu ve ürünün mikrobiyolojik özelliklerinin iyileştiği belirtilmiştir.

Öksüztepe ve ark. (2020) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, farklı aromalı fermente süt rnlerinde *Lactobacillus* ve *Lactococcus* türlerinin 7–8 log kob/mL aralığında bulunduğu ve ürünlerin tebliğ kriterlerini sağladığı bildirilmiştir. Ayrıca, nal ve şengül (2020) alışmalarında çeşitli fermente süt rnlerinde *Lactobacillus* spp. ve *Lactococcus* spp. canlı hücre yüklerinin 7,5–9 log kob/mL arasında değiştiğini rapor etmiştir. Bu veriler, çalışmadaki çeşnili fermente süt ürünlerinin mikrobiyal kalitesinin literatürle uyumlu olduğunu göstermektedir.



Şekil 8. Sade fermente süt ürününden izole edilen suş, MRS agarda görüntüsü.

Etikette içeriğinde en az 10^6 kob/g *Lactobacillus acidophilus* suşu bulunduğu beyan edilen süzme peynir örneğinde MRS agar üzerinde yapılan sayımlar sonucunda $7,72 \pm 0,06$ log kob/g düzeyinde *Lactobacillus* spp. (muhtemel izolasyon) tespit edilmiştir. Bu değer, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde probiyotik ürünler için belirtilen minimum canlı bakteri sayısı olan 10^6 kob/g düzeyinin üzerinde yer almakta ve ürünün potansiyel probiyotik özelliğini koruduğunu göstermektedir.

Benzer şekilde, Seyirt (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada, piyasada ticari olarak satılan probiyotik süzme peynir örneği incelenmiştir. Bu çalışmada, üründe bulunan *Lactobacillus* spp. düzeyi $3,2 \times 10^6$ kob/g olarak raporlanmıştır. Bu değer de ilgili düzenlemeler çerçevesinde probiyotik tanımı için gerekli olan canlı mikroorganizma düzeyini karşılamaktadır.

Her iki çalışma da, piyasada yer alan bazı ticari probiyotik süzme peynir ürünlerinin etiket beyanları ile mikrobiyolojik analiz sonuçları arasında tutarlılık olduğunu ve ürünlerin minimum probiyotik canlılık kriterlerini sağladığını göstermektedir. Ancak, bu tür ürünlerin probiyotik potansiyelini uzun süre koruyabilmesi için üretim, depolama ve dağıtım koşullarının sürekli olarak izlenmesi gerektiği de göz önünde bulundurulmalıdır.

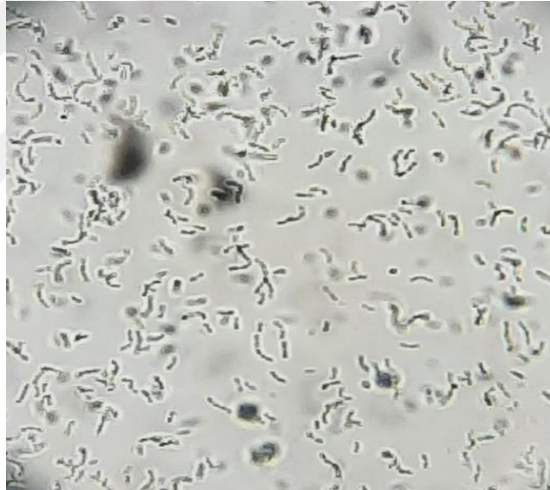
4.1.3. Yoğurt ürünleri

İncirli yoğurt örneğinde *Lactococcus* spp. $8,16 \pm 0,13$ log kob/g olarak bulunmuş olup bu değer çalışmada elde edilen en yüksek sayımlardan biridir. Ahududulu yoğurt örneğinde ise

Lactobacillus spp. $7,11 \pm 0,18$ log kob/g düzeyinde sayım elde edilmiştir. Bu bulgular, yoğurt ürünlerinin yoğun LAB varlığı ile karakterize olduğunu göstermektedir.



Şekil 9. İncirli yoğurttan izole edilen mikroorganizma, M17 agar görüntüsü.



Şekil 10. Yoğurttan izole edilen muhtemel *Lactococcus*, mikroskop görüntüsü.

Türkiye’de çeşnili yoğurtların mikrobiyolojik özelliklerini inceleyen akademik çalışmalar, bu tür ürünlerin yüksek canlı bakteri düzeyinde olduğunu desteklemektedir. Örneğin, Çakmakçı ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, muz marmelatı ile üretilen probiyotik yoğurtta *Lactobacillus acidophilus* sayısının depolamanın üçüncü gününde en yüksek 8,14 log kob/g olarak tespit edildiği rapor edilmiştir.

Kefir ve fermente süt ürünlerinde içerikte beyan edilen *Lactobacillus* ve *Lactococcus* suşlarının sayımı ürünün güvenilirliğini doğrulamıştır. Fakat *Bifidobacterium* suşlarının varolduğu beyan edilen yoğurt ve fermente süt ürünlerinde *Bifidobacterium* suşları izole

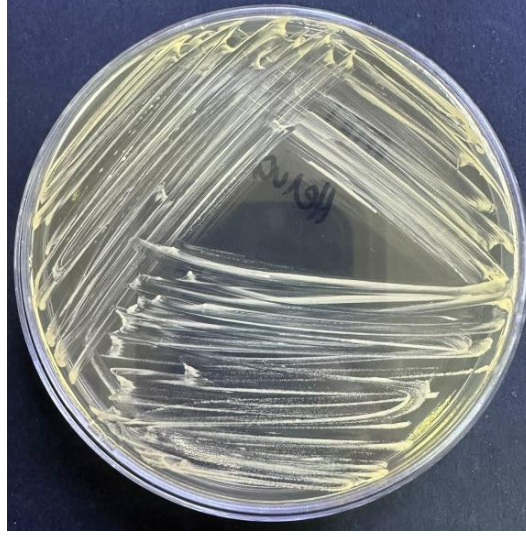
edilememiştir. Ancak bu ürünlerde muhtemel *Lactobacillus* ve *Lactococcus* suşlarının yeterli sayıda olduğu görülmüştür.

2020 yılında yapılan bir çalışmada *Bifidobacterium longum* ve *Bifidobacterium animalis* suşlarının fermente gıdalarda düşük sıcaklıklarda depolanmasının ve uzun süreli depolama koşullarının, bu bakterilerin laboratuvar ortamında yeniden kültüre alınmasını engelleyebileceği bildirilmiştir (Khaneghah vd., 2020). Bu bulgu, söz konusu suşların olumsuz çevresel koşullara maruz kaldıklarında "Canlı ama kültürlenemeyen (VBNC)" durumuna geçebildiklerini göstermektedir. VBNC durumundaki bakteriler canlılıklarını korusalar da, standart kültür yöntemleriyle tespit edilememekte ve bu durum, özellikle probiyotik içerikli gıdalarda mikroorganizma sayılarının olduğundan düşük değerlendirilmesine yol açmaktadır.

Dolayısıyla, *Bifidobacterium* türlerinin izole edilemediği durumlarda bu fizyolojik durumun göz önünde bulundurulması, sonuçların daha doğru yorumlanması açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, bu tür canlı ancak kültürlenemeyen hücrelerin varlığını tespit edebilmek adına kültür bağımsız yöntemlerin kullanılması, probiyotiklerin canlılık potansiyelinin değerlendirilmesinde tamamlayıcı bir yaklaşım olarak önerilmektedir.

4.1.4. Bitkisel ve katı ürünler

Bitkisel ve katı ürünlerde mikrobiyal çeşitlilik mevcut olmakla birlikte sayım değerleri süt ürünlerine kıyasla daha sınırlı düzeylerde bulunmuştur. Badem-vanilya granola ürününde tespit edilen *Heyndrickxia coagulans* (muhtemel izolasyon) düzeyi $2,69 \pm 0,12$ log kob/g olup, probiyotik etki gösterebilmesi için önerilen alt sınır olan 10^6 kob/g'nin altında kalmaktadır. Benzer şekilde helva örneğinde ise beyan edilen LAB MRS agarda $5,32 \pm 0,22$ log kob/g düzeyinde tespit edilmiştir. Bu ürünler, mikrobiyal çeşitlilik açısından anlamlı bulgular sunmakla birlikte, sayım değerleri süt ürünlerine göre daha düşük kalmıştır.



Şekil 11. Tahin helvasından izole edilen saf kültür çizimi, MRS agar görüntüsü.

Laktik asit bakterilerinin canlılığı, taşıyıcı gıda matrisinde birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler arasında ürünün su aktivitesi, pH değeri, oksijen varlığı, ısı işlem ve depolama süresi önemli rol oynamaktadır (Tripathi ve Giri, 2014). Özellikle tahin helvası gibi düşük nemli ve yüksek yağ içerikli ürünlerde, probiyotik canlılığının sürdürülebilirliği zayıf olabilmektedir (Kruk vd., 2024). Ayrıca, raf ömrü boyunca sıcaklık dalgalanmaları ve oksijen maruziyeti, bakteriyel canlılığı daha da azaltmış olabileceğinden örnekte canlı mikroorganizma sayısı stabil kalamayabilir (Corcoran vd., 2004; Gänzle vd., 2008).

Süt bazlı fermentasyon içermeyen bu ürünlerde, probiyotik mikroorganizma varlığı sınırlıdır. Buna karşın, Türkiye’de yürütülen bazı çalışmalar süt içermeyen veya alternatif taşıyıcılarla geliştirilen fonksiyonel ürünlerin uygun koşullarda üretildiğinde probiyotik özellik gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Örneğin, İriçağıl (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, mikrokapsülasyon yöntemi ile geliştirilen süt içermeyen probiyotik bar ürünlerinde *Lactobacillus* türlerinin 90 gün boyunca 6-7 log kob/g seviyelerinde stabil kaldığı bildirilmiştir.

İncelenen probiyotik noodle örneğinde ise muhtemel *Heyndrickxia coagulans* suşuna ait mikroorganizma yükü $6,00 \pm 0,17$ log kob/g olarak belirlenmiş olup, bu değer probiyotik mikroorganizmalar için önerilen minimum canlı hücre yoğunluğu limitini karşılamaktadır.

4.1.5. Diğer ürünler

Yeşil çay açai-ananas ($4,84 \pm 0,42$ log kob/mL) ürünlerinde de *Heyndrickxia coagulans* izolatları (muhtemel izolasyon) saptanmış, ancak bu değerler de probiyotik beyanı için yeterli düzeye ulaşamamıştır.



Şekil 12. Çaydan izole edilen *Heyndrickxia coagulans* suşu olduğu düşülen mikroorganizma, mikroskop görüntüsü.

Yeşil Kahve ($6,32 \pm 0,21$ log kob/mL) örneğinde de *Heyndrickxia coagulans* (muhtemel izolasyon) sayımı yapılmış ve değer sınırda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu değer, probiyotik beyan taşıyan bir ürün için genel olarak yeterli kabul edilse de, ürün kahve formatında olup süt bazlı fermente ürünler kategorisinde değerlendirilmemektedir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde bu tür ürünlere yönelik doğrudan bir sınıflandırma bulunmamaktadır. Ancak mikrobiyolojik açıdan değerlendirildiğinde, ürün uygun koşullarda hazırlandığını göstermektedir.



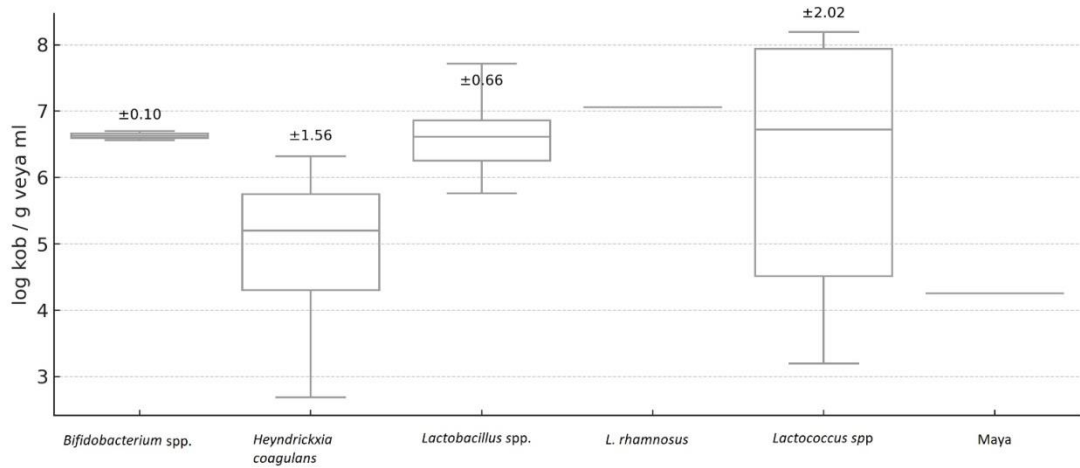
Şekil 13. Kahveden izole edilen saf kültür, MRS agarda görüntüsü.

Karadut reçeli ve çilek reçeli ürünlerinde etiket bilgilerinde en az 10^6 kob/g düzeyinde laktik asit bakterisi (LAB) bulunduğu beyan edilmesine rağmen yapılan analizlerde herhangi bir canlı mikroorganizma varlığına rastlanmamıştır. Bu bulgu, söz konusu ürünlerde etiket beyanı ile gerçek mikrobiyal içerik arasında uyumsuzluk olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Probiyotik kriteri karşılamayan canlı hücre sayım sonuçları (log kob/g, log kob/mL)

Ürün	Sayım Sonucu	Muhtemel İzolasyon
Yeşil Çay Acai-Ananas	4,84±0,41	<i>Heyndrickxia coagulans</i>
Tahin Helva	5,31±0,21	<i>Lactobacillus</i> spp.
Karadut Reçeli	<2	-
Çilek Reçeli	<2	-

Reçel gibi yüksek şeker içeriğine sahip ürünlerde, su aktivitesinin (a_w) düşük olması mikrobiyal gelişim için elverişsiz bir ortam oluşturmaktadır. Bu durum, yüksek şeker içerikli ürünlerin mikroorganizma stabilitesi ve raf ömrü üzerine ayrıntılı çalışmalar gerektiğini ortaya koymaktadır.



Suş

şekil 14. Muhtemel suşlara göre ortalama sayım değerlerinin dağılımı (log kob/g veya log kob/mL)

şekil 14'te çalışmada izole edilen farklı mikroorganizma gruplarının ortalama sayım değerlerini göstermektedir. Görüldüğü zere *Lactococcus* spp. rneklerinde sayım değerlerinin geniş bir aralıktaki dağılım gösterdiği, bazı örneklerde yüksek düzeyde iken bazılarında daha düşük seviyelerde kaldığı tespit edilmiştir. *Lactobacillus* spp. için değerlerin daha homojen bir dağılım sergilediği, *Bifidobacterium* spp.'de ise nispeten dar bir aralıktaki ve benzer düzeylerde yoğunlaşma olduğu dikkati çekmektedir. *Heyndrickxia coagulans*'ın sayım dağılımı diğer türlere kıyasla daha düşük ortalama seviyelerde bulunmuştur. Tek rneklerle temsil edilen *Lactobacillus* spp. (*L. rhamnosus*) ve maya izolasyonlarında ise değerler tekil ölçüm düzeyinde sınırlı kalmıştır. Genel olarak grafik, fermente süt ürünlerinde yoğunlukla izole edilen *Lactobacillus* spp. ve *Lactococcus* spp. türlerinin sayım bakımından ne çıktığını, bitkisel veya farklı matrislerden izole edilen türlerin ise daha sınırlı düzeylerde bulunduğunu ortaya koymaktadır.

4.2. Tanılama Testleri Bulgular

4.2.1. Gram karakterinin belirlenmesi

İzole edilen suşların Gram karakter tayini, klasik Gram boyama yöntemi ile gerçekleştirilmiş ve tüm izolatların Gram pozitif morfoloji sergilediği gözlemlenmiştir. Bu bulgu, Türkiye'de farklı fermente süt ürünleri (rneğin yoğurt, kefir) ve geleneksel gıdalardan izole edilen laktik

asit bakterilerine (LAB) yönelik çalışmalarda bildirilen yaygın sonuçlarla uyum göstermektedir. Yerel yoğurt ve ev yapımı ürünlerden izole edilen *Lactobacillus* türlerinin Gram pozitif olduğu literatürde sıklıkla rapor edilmiştir (Avcı vd., 2015). Kefir ve diğer fermente süt ürünleri üzerine yapılan derleme ve özgün araştırmalar da bu ürünlerin baskın mikroflorasını Gram pozitif laktik asit bakterilerinin oluşturduğunu göstermektedir (Tomar vd., 2017).

4.2.2. Katalaz testi

Bu çalışmada incelenen probiyotik ürünlerden izole edilen tüm bakterilerin, H₂O₂ (hidrojen peroksit) ile gerçekleştirilen katalaz testi sonucunda katalaz negatif oldukları belirlenmiştir. Katalaz testi, izolat üzerine birkaç damla %5'lik H₂O₂ çözeltisi damlatılarak yapılmış; kabarcık (oksijen salınımı) gözlemlenmeyen izolatlar katalaz negatif olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgu, laktik asit bakterilerinin en karakteristik özelliklerinden birinin katalaz enzimi üretmemeleri olduğu bilgisiyle uyumludur (Çakır, 2003).

Türkiye'de yapılan birçok çalışmada da benzer şekilde, yoğurt, peynir ve kefir gibi geleneksel fermente süt ürünlerinden izole edilen *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus* ve *Streptococcus* türlerinin katalaz negatif oldukları rapor edilmiştir (Avcı vd., 2015). Katalaz enziminin bulunmaması, LAB'nin oksidatif strese karşı savunma mekanizmalarının sınırlı olduğunu, ancak mikroaerofilik veya anaerobik koşullarda daha iyi gelişebildiklerini göstermektedir. Bu özellik, aynı zamanda probiyotik bakterilerin bağırsak ortamına adaptasyonunu kolaylaştıran bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Çakır, 2003).

Benzer şekilde, Türkiye'de yapılan çalışmalarda da yoğurt, kefir ve peynirden izole edilen *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türlerinin tamamının Gram pozitif ve katalaz negatif olduğu bildirilmiştir (Çakır, 2003; Avcı vd., 2015).

4.3. Probiyotik Güvenlik Testleri Bulgular

4.3.1. Mide ortamına dayanıklılık

Bu çalışmada, farklı fermente ve geleneksel gıda ürünlerinden izole edilen toplam 30 muhtemel probiyotik mikroorganizma suşunun, *in vitro* koşullarda mide ortamı simülasyonu ile pepsin içeren düşük pH (pH 2,0) ortamda hayatta kalma oranları değerlendirilmiştir.

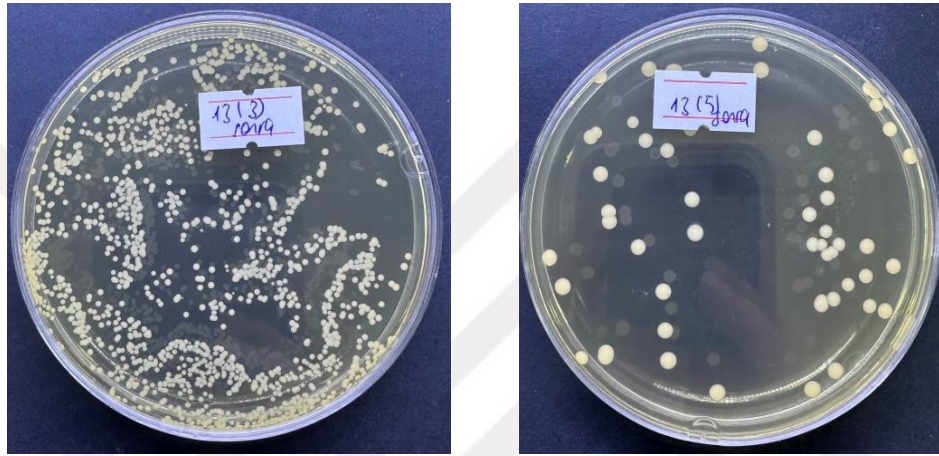
Suşların mide koşullarına dayanıklılıkları, %0,3 pepsin içeren ve pH 2,0'ye ayarlanmış simülasyon ortamında 6 saatlik inkübasyon sonrası koloni sayımları ile belirlenmiştir. Bu veriler doğrultusunda dayanıklılık sınıflandırması, %40 altında olanlar için “+”, %40–80 arası için “++” ve %80'in üzerinde olanlar için “+++” şeklinde yapılmıştır. Buna göre, örneklerin %23,3'ü düşük düzeyde (+), %6,7'si orta düzeyde (++) , %70'i ise yüksek düzeyde (+++) dayanıklılık göstermiştir.

Tablo 5. İzolatların mide ortamına % dayanıklılık durumları

Kod	Ürün	Muhtemel Suş	Mide Ortamı Dayanıklılık (%)
1	Orman meyveli kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	23,40
2	Çay	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	93,40
3	İncirli yoğurt	<i>Lactococcus</i> spp.	82,55
4	Turşu	<i>Lactococcus</i> spp.	30,0
5	Turşu	<i>Lactococcus</i> spp.	20,0
6	Turşu	<i>Lactococcus</i> spp.	88,75
7	Turşu	<i>Lactobacillus</i> spp.	85,80
8	Turşu	<i>Lactobacillus</i> spp.	94,60
9	Granola	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	95,0
10	X sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	83,24
11	X sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	63,70
12	Y sade kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	36,50
13	X sade kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	96,84
14	X sade kefir	Maya	22,35
15	Narlı-yeşil çaylı fermente süt ürünü	<i>Lactococcus</i> spp.	44,20
16	Peynir	<i>Lactobacillus</i> spp.	81,50
17	Noodle	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	90,40
18	Elmalı fermente süt ürünü	<i>Lactococcus</i> spp.	88,25
19	Kahve	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	95,60
20	Ananas kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	24,0
21	Ananas kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	84,90
22	Sade fermente süt ürünü	<i>Lactobacillus</i> spp.	86,35
23	Ananas kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	38,30
24	Sade fermente süt ürünü	<i>Lactobacillus</i> spp.	88,20
25	Orman meyveli kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	90,76
26	Y sade kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	80,40
27	Helva	<i>Lactobacillus</i> spp.	86,65
28	Z sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	85,80
29	Z sade kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	91,25
30	Ahududulu yoğurt	<i>Lactobacillus</i> spp.	87,60

Elde edilen bu bulgular, fermente süt ürünleri ve bazı geleneksel gıdaların, mide ortamına dirençli probiyotik mikroorganizmalar için zengin bir kaynak olabileceğini göstermektedir.

rn bazında değerlendirildiğinde, özellikle fermente süt ürünleri (kefir, yoğurt, peynir) ile turşu örneklerinde yüksek dayanıklılık oranlarının baskın olduğu görülmüştür. Bu bulgu, geleneksel fermente gıdaların probiyotik mikroorganizmalarının mide koşullarına karşı daha dirençli olduğunu ortaya koymaktadır. *Heyndrickxia coagulans* içeren çay, granola, makarna ve kahve örneklerinde de yüksek dayanıklılık gözlenmiştir.



Şekil15-16. X sade kefir rneği mide ortamı sonrası MRS agarda görüntüsü.

Lactococcus spp. içeren bazı ürünlerde düşük (+) veya orta (++) düzeyde dayanıklılık tespit edilmesi, bu türler arasında mide koşullarına karşı farklı tolerans mekanizmalarının bulunduğunu göstermektedir. Buna karşın, *Bifidobacterium* spp. içeren kefir örneklerinde dayanıklılığın yüksek (+++) seviyede olduğu belirlenmiştir. Bu durum, *Bifidobacterium* türlerinin mide ortamında daha stabil bir yaşam kapasitesine sahip olabileceğini işaret etmektedir. Öte yandan maya içeren tek örnekten düşük dayanıklılık (+) saptanmış, bu da kefirde izole edilen bu mayanın probiyotik potansiyelinin düşük olduğunu göstermiştir. Bahsedilen üründen izole edilen bakterilere de testler yapıldığı için mayanın probiyotik özelliği bir önem arz etmemektedir.

Ticari olarak satışa sunulan probiyotik gıdaların önemli bir kısmının mide ortamına karşı yüksek düzeyde dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir. Ancak bazı ürünlerde düşük ya da orta seviyelerde dayanıklılık tespit edilmesi, kullanılan mikroorganizma türleri, fermentasyon

koşulları veya ürün formülasyonuna bağlı farklılıkların probiyotik etkinlik üzerinde belirleyici olduğunu düşündürmektedir.

Literatürde, probiyotik mikroorganizmaların en temel özelliklerinden biri olarak mide asidi ve pepsin gibi sindirim enzimlerine karşı direnç gösterme yetenekleri ön plana çıkmaktadır (Charteris ve ark., 1998). FAO/WHO (2002) kriterlerine göre, bir suşun probiyotik kabul edilebilmesi için gastrointestinal geçişte hayatta kalabilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada %80'in üzerinde geçiş oranına sahip olan 20 suş, bu kritere uygunluk göstermiştir.

Elçioğlu ve Kunduoğlu (2014), benzer bir test protokolü uygulayarak, mide ortamını taklit eden koşullarda yüksek canlı kalım gösteren suşların potansiyel probiyotik adaylar olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda da benzer bulgular elde edilmiş olup, çeşitli gıda ürünlerinden izole edilen mikroorganizmaların mide koşullarına dayanıklılık düzeylerinin oldukça değişken olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, gıda matriksinin ve mikrobiyal tür çeşitliliğinin probiyotik potansiyel üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Corcoran ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. rhamnosus* GG suşunun pH 2,0'deki simüle mide suyunda 90 dakika süresince hayatta kalımının, 19,4 mM glikoz varlığında yaklaşık 6 log birim arttığı rapor edilmiştir. Aynı çalışmada, glikozun koruyucu etkisinin, glikoliz yoluyla F₀F₁-ATPaz enzimine sağladığı ATP üretiminden kaynaklandığı ve bunun da mide geçişi sırasında proton atılımını destekleyerek canlı kalımı artırdığı belirtilmiştir. Ayrıca, bu koruyucu etkinin yalnızca glikoz varlığına bağlı olduğu, DCCD gibi ATPaz inhibitörlerinin ya da GAPDH inhibitörlerinin kullanımı ile canlı kalımın ciddi oranda azaldığı da gösterilmiştir (Corcoran et al., 2005).

Bu literatür verileriyle uyumlu şekilde, yürütülen bu çalışmada gıda kaynaklarından izole edilen muhtemel *Lactocaseibacillus rhamnosus* suşunun da %80'in üzerinde hayatta kalım göstererek pepsin içeren asidik mide ortamına karşı yüksek düzeyde dayanıklılık sergilediği belirlenmiştir. Bu sonuç, söz konusu suşun mide geçişini başarıyla tamamlayabilecek ve potansiyel probiyotik özellik taşıyabilecek düzeyde dirençli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu bulgu, *L. rhamnosus* GG gibi referans suşlarda bildirilen yüksek asit dayanıklılığı ile örtüşmektedir.

Başdoğan ve Şengün (2022), yaptıkları çalışmada farklı turşu örneklerinden izole edilen bakteriyel suşların gastrointestinal sistemde karşılaşılabilecekleri başlıca enzimatik stres

faktörlerinden olan pepsin ve pankreatin varlığında canlılıklarını sürdürebilme kapasiteleri *in vitro* koşullarda değerlendirilmiştir. Pepsin içeren ortamda yapılan değerlendirmelerde, 4 saatlik inkübasyon süresi sonunda toplam 30 izolatın canlılığını koruyabildiği belirlenmiştir. İzolatlardan biri başlangıçtaki 6,30 log kob/mL düzeyinden 7,22 log kob/mL'ye ulaşarak %14,6'lık artış göstermiş ve pepsin varlığında en yüksek gelişim oranını sergileyen suş olmuştur. Bu durum, izolatın mide ortamındaki protein sindirim enzimlerine karşı yüksek adaptasyon kabiliyeti gösterdiğine işaret etmektedir. Öte yandan, diğer bir izolat %19,8'lik azalma ile pepsin varlığında en fazla canlılık kaybı gösteren suş olarak belirlenmiştir. Bu farklılık, suşlar arasındaki genetik ve fizyolojik çeşitliliğin, enzimatik stres faktörlerine direnç üzerinde belirleyici olabileceğini düşündürmektedir. Çalışmada turşulardan izole edilen toplam 21 LAB suşundan 17'sinin pepsin varlığında 4 saatlik inkübasyon sonrasında 6 log kob/mL'nin üzerinde canlılık sergilediği; ancak 4 suşun canlılığını tamamen kaybettiği belirtilmiştir (Başdoğan ve Şengün,2022).

Benzer şekilde, Oral (2015) tarafından OZH serisi *Lactobacillus* suşları ile yapılan bir başka çalışmada, farklı pH seviyelerinde pepsin varlığında canlılık düzeyleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, *Latilactobacillus sakei* OZH3 suşu pH 2,0'de 1. saat sonunda canlılığını yalnızca %14 oranında koruyabilmiş, 2. saatten itibaren ise tamamen canlılığını kaybetmiştir. Bu durum, pH 2,0 gibi yüksek asidik koşullarda bu suşun ciddi düzeyde duyarlılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ancak aynı suş, pH 3,0 seviyesinde daha dirençli bir profil sergilemiş ve 1., 2. ve 3. saatler sonunda sırasıyla %96,5, %93 ve %87 oranlarında canlı kalmayı başarmıştır. Nötr pH (7,4) koşullarında ise 3 saatlik inkübasyonun sonunda bile canlılık oranı %96,5 seviyesinde kalmıştır. Bu bulgular, düşük pH değerlerinin canlılık üzerinde belirleyici bir faktör olduğunu açıkça göstermektedir.

Benzer şekilde, *Lactiplantibacillus plantarum* OZH8 suşu da pH 2,0 koşullarında pepsin varlığında 1. saatte %37 oranında canlılığını sürdürse de, 2. saat sonunda tamamen canlılığını kaybetmiştir. Buna karşın, pH 3,0 ortamında bu suşun 1. saatte %97, 3. saatte ise %96 oranında canlı kalabildiği, kontrol koşullarında (pH 7,4) ise bu oranın %98 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, *L. plantarum* OZH8 suşunun hafif asidik koşullara oldukça dirençli, ancak daha düşük pH seviyelerine karşı sınırlı tolerans gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Latilactobacillus sakei OZH9 suşu ise pH 2,0 pepsin koşullarında yalnızca 1 saat içerisinde tamamen canlılığını kaybetmiş ve bu yönüyle en duyarlı suşlardan biri olmuştur. pH 3,0 koşullarında ise 1. saat sonunda canlılık oranı %46,5'e düşmüş, 3. saat sonunda bu oran %35'e

kadar gerilemiştir. Nötr pH koşullarında ise OZH9 suşunun 3 saat sonunda canlılık oranı %91 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, suşun düşük pH koşullarına karşı yüksek düzeyde hassas olduğunu, ancak fizyolojik pH'a yakın ortamlarda canlılığını büyük oranda koruyabildiğini göstermektedir.

Tüm bu bulgular, pepsin varlığında canlılık düzeylerinin hem pH'a hem de suş türüne özgü olarak önemli ölçüde değişebildiğini ortaya koymaktadır. Özellikle pH 3,0'un altındaki asidik koşullarda canlılık oranlarında hızlı düşüşler gözlemlenmiş, buna karşın daha nötr ortamlarda suşlar canlılıklarını büyük oranda sürdürebilmiştir. Bu durum, probiyotik olarak değerlendirilecek mikroorganizmaların sadece tür düzeyinde değil, aynı zamanda suş düzeyinde de değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamakta ve mide geçişinde karşılaşılabilecek düşük pH koşullarına dayanıklılığın, probiyotik etkinlik açısından temel bir kriter olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır.

4.3.2. Safra tuzlarına tolerans

Bu çalışmada izole edilen 30 farklı suşun, %0,3, %0,5 ve %1 oranlarında safra tuzu içeren ortamlarda hayatta kalma ve gelişme kapasiteleri, 600 nm'de optik yoğunluk (OD) ölçümleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda her bir suş için safra tuzuna karşı tolerans yüzdesi hesaplanmış ve direnç düzeyleri karşılaştırılmıştır.

Çalışmada farklı gıda ürünlerinden izole edilen mikroorganizmaların safra tuzu toleransı incelenmiş ve elde edilen bulgular Tablo 6'da sunulmuştur. Genel olarak tüm mikroorganizmaların artan safra tuzu konsantrasyonlarına karşı canlılık oranlarında azalma gözlenmiştir. Bununla birlikte bu azalışın şiddeti türlere göre farklılık göstermektedir.

Tablo 6. İzolatların safra ortamında % tolerans durumları

% Tolerans					
Kod	Ürün	Muhtemel Suş	% 0,3 Safra Ortamı	% 0,5 Safra Ortamı	% 1 Safra Ortamı
1	Orman meyveli kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	88,65	69,50	58,16
		<i>Heyndrickxia</i>			
2	Çay	<i>coagulans</i>	102,18	84,72	73,58
3	İncirli yoğurt	<i>Lactococcus</i> spp.	48,11	41,37	25,95
4	Turşu	<i>Lactococcus</i> spp.	61,95	22,98	14,34
5	Turşu	<i>Lactococcus</i> spp.	36,21	33,33	26,44
6	Turşu	<i>Lactococcus</i> spp.	73,02	67,91	61,86
7	Turşu	<i>Lactobacillus</i> spp.	68,32	64,91	59,32

8	Turşu	<i>Lactobacillus</i> spp.	94,97	91,34	77,32
9	Granola	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	55,58	8,79	5,94
10	X sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	68,81	35,31	24,92
11	X sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	69,51	65,91	64,10
12	X sade kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	77,07	68,78	57,57
13	X sade kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	78,95	72,48	51,66
14	X sade kefir (maya)	Maya	98,47	87,49	85,96
15	Narlı-yeşil çaylı fermente süt ürünü	<i>Lactococcus</i> spp.	37,06	29,40	26,65
16	Peynir	<i>Lactobacillus</i> spp.	63,24	61,33	60,45
17	Makarna	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	99,26	91,77	69,30
18	Elma-yulaflı fermente süt ürünü	<i>Lactococcus</i> spp.	56,55	19,66	7,07
19	Kahve	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	42,41	40,34	27,28
20	Ananas kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	50,25	37,56	34,77
21	Ananas kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	98,41	80,34	71,63
22	Sade fermente süt ürünü	<i>Lactobacillus</i> spp.	97,83	90,39	71,04
23	Ananas kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	98,29	95,99	86,27
24	Sade fermente süt ürünü	<i>Lactobacillus</i> spp.	60,85	40,26	21,15
25	Orman meyveli kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	99,62	89,37	87,83
26	Y sade kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	85,47	73,29	70,78
27	Helva	<i>Lactobacillus</i> spp.	94,75	93,66	88,69
28	Z sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	97,42	87,54	81,45
29	Z sade kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	84,75	79,33	61,47
30	Ahududulu yoğurt	<i>Lactobacillus</i> spp.	82,65	80,37	78,94

Tablo 6. (Devamı)

Lactobacillus spp. ve *Bifidobacterium* spp. içeren ürünler, yüksek safra toleransları ile dikkat çekmiştir. Özellikle ananas kefir (Kod 23), orman meyveli kefir (Kod 25), helva (Kod 27) ve z sade kefir (Kod 28) örneklerinde %1 safra ortamında sırasıyla %86,26, %87,82, %88,69 ve %81,45 oranlarında canlılığın korunduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, söz konusu mikroorganizmaların safra ortamına karşı dirençli yapıları sayesinde gastrointestinal geçiş sırasında canlılıklarını sürdürebilme potansiyeline işaret etmektedir.

Lactococcus spp. içeren ürünlerde ise safra toleransının daha düşük olduğu gözlenmiştir. Özellikle turşu (Kod 4) örneğinde %0,3 safra ortamında %61,94 olan oran, %1 safra ortamında %14,33'e kadar düşmüştür. Benzer şekilde, elma-yulaflı fermente süt ürünü (Kod

18) %0,3 safra ortamında %56,55 düzeyinde canlılık gösterirken, %1 safra ortamında bu oran %7,06'ya kadar gerilemiştir. Bu sonuçlar, *Lactococcus* türlerinin yüksek safra tuzu koşullarına karşı sınırlı bir dayanıklılığa sahip olduğunu göstermektedir.

Heyndrickxia coagulans ile ilişkilendirilebilecek ürünler arasında yer alan çay (Kod 2), granola (Kod 9), makarna (Kod 17) ve kahve (Kod 19) örneklerinde yüksek düzeyde safra toleransı gözlenmiştir. Örneğin, makarna (Kod 17) %0,3 safra ortamında %99,25 oranında canlılık sergilemiştir. Bu değerler *Heyndrickxia coagulans* suşlarının safra ortamında hayatta kalabilme düzeylerinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

Sade kefir izolatlarında ise farklı düzeylerde tolerans profilleri ortaya çıkmıştır. Y sade kefir (Kod 26) %1 safra ortamında %70,77 oranında canlılığını korurken, x sade kefir varyantlarından biri (Kod 10) %24,91 oranıyla daha düşük tolerans sergilemiştir. Özellikle z sade kefir (Kod 28) ise %1 safra ortamında %81,45 oranıyla yüksek düzeyde dayanıklılık göstermiştir.

Çalışmadan elde edilen veriler, farklı mikroorganizma türlerinin safra tuzlarına karşı değişen tolerans seviyelerine sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Probiyotik potansiyeli açısından değerlendirildiğinde *Heyndrickxia coagulans*, *Lactobacillus* spp. ve *Bifidobacterium* spp. yüksek dayanıklılıklarıyla öne çıkarken, *Lactococcus* spp. daha düşük düzeyde direnç göstermiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmada elde edilen suşların önemli bir kısmı safra tuzuna karşı orta ve yüksek düzeyde tolerans sergilemiş olup, bu özellikleriyle probiyotik potansiyel taşıdıkları söylenebilir. Özellikle %1 safra ortamında %80'in üzerinde tolerans gösteren suşlar, gastrointestinal sistemde hayatta kalabilme açısından önemli adaylar olarak değerlendirilmektedir.

Safra tuzları, ince bağırsakta lipid sindiriminde görev alan yüzey aktif maddeler olup bakteriyel hücre zarını bozarak hücre bütünlüğünü tehdit edebilir (Begley ve ark., 2005). Bu nedenle, bir suşun probiyotik olarak değerlendirilebilmesi için safra tuzlarına karşı belirli bir düzeyde tolerans göstermesi beklenmektedir (FAO/WHO, 2002).

Başdoğan ve Şengün (2022) tarafından lahanaya turşusundan izole edilen *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* türlerinin %0,3 safra tuzu ortamında %80'in üzerinde

hayatta kaldıkları bildirilmiştir. Bu durum, çalışmamızda turşu örneklerinden elde edilen bazı izolatların yüksek tolerans göstermesiyle paralellik arz etmektedir.

Oral (2015) yaptığı çalışmada, *Latilactobacillus sakei* OZH3, *L. plantarum* OZH8 ve *L. sakei* OZH9 suşlarının safra tuzlarına karşı dayanıklılığı değerlendirilmiş ve 4 saatlik inkübasyon sonunda bu suşların yüksek oranda canlılıklarını korudukları tespit edilmiştir. Özellikle OZH3 suşunun %0,3'lük safra ortamında %89,5, %0,5'lik ortamda %87,2 ve %1'lik safra ortamında %82,5 oranında canlılık gösterdiği belirtilmiştir. Benzer şekilde, OZH8 suşu sırasıyla %88,5, %85,3 ve %81 oranlarında canlılığını sürdürürken; OZH9 suşu ise %88,3, %85 ve %81,3 oranlarında canlılık göstermiştir.

Bu sonuçlar, çalışmamızda elde edilen bazı yüksek toleranslı izolatlarla benzerlik göstermektedir. Örneğin, çalışmamızda Kod 14 (x sade kefir, maya), Kod 23 muhtemel *Lactobacillus* spp. (ananas kefir) ve Kod 27 muhtemel *Lactobacillus* spp. (helva) örneklerinden izole edilen mikroorganizmalar, %1'lik safra tuzu ortamında sırasıyla %87,49, %95,99 ve %93,66 gibi yüksek tolerans oranları ile dikkat çekmiştir. Bu oranlar, literatürde bildirilen OZH suşlarının tolerans düzeyleri ile benzer ya da daha yüksek olup bu izolatların gastrointestinal sistemde hayatta kalma potansiyelini desteklemektedir.

4.3.3. Antibiyotik direnci

Bu çalışmada, farklı fermente gıda ürünlerinden izole edilen 29 probiyotik bakteri suşunun altı farklı antibiyotiğe (kanamisin, streptomisin, gentamisin, vankomisin, eritromisin ve ampisilin) karşı antibiyotik duyarlılıkları disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Duyarlılık değerlendirmesi, CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) kriterleri ve literatürde yer alan referans zon çapı aralıklarına göre duyarlı (S), orta derecede duyarlı (I) ve dirençli (R) olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 7. İzolatların antibiyotik duyarlılık değerlendirmesi

Kod	Kanamisin	Streptomisin	Gentamisin	Vankomisin	Eritromisin	Ampisilin
1	I	S	S	S	I	S
2	S	S	S	S	S	S
3	I	S	S	S	S	S
4	R	S	S	S	I	S
5	I	I	S	S	S	S
6	S	R	S	S	S	S
7	R	R	S	S	I	S

8	S	I	S	S	I	S
9	I	I	S	S	S	S
10	S	S	S	S	S	S
11	S	S	S	S	S	I
12	R	I	I	S	S	S
13	I	S	S	S	S	S
15	S	S	S	S	S	S
16	R	S	S	S	S	S
17	S	S	S	S	S	S
18	I	S	S	S	S	S
19	S	S	S	S	S	S
20	S	I	S	S	S	S
21	I	S	I	S	S	S
22	S	S	S	S	S	S
23	I	S	S	S	S	S
24	S	S	S	S	S	S
25	S	S	S	S	S	S
26	S	S	S	S	S	S
27	S	S	S	S	S	S
28	I	S	S	S	I	S
29	I	S	S	S	I	S
30	I	S	S	S	I	S

Tablo 7. (Devamı)

4.3.3.1. Genel antibiyotik duyarlılık profili

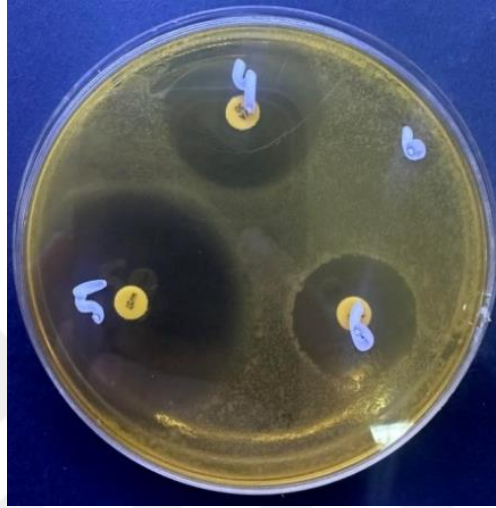
Gentamisin ve kanamisin antibiyotiklerine karşı mikroorganizmaların çoğunun orta derecede duyarlı olduğu belirlenmiştir. Özellikle örnek 19 muhtemel *Heyndrickxia coagulans* (kahve ürünü), 26 muhtemel *Bifidobacterium* spp. (Y sade kefir) ve 27 muhtemel *Lactobacillus* spp. (helva) izolatlarında gentamisin zon çapı 23 mm ve üzeri olarak ölçülmüş, bu durum bu izolatların yüksek duyarlılığa sahip olduğunu göstermektedir.

Vankomisin antibiyotiğine karşı ise tüm izolatlarda duyarlılık gözlemlenmiştir. Özellikle 2 numaralı izolat muhtemel *Heyndrickxia coagulans* (çay ürünü) ve 27 numaralı izolat muhtemel *Lactobacillus* spp. (helva), sırasıyla 36,4 mm ve 37,08 mm zon çaplarıyla yüksek duyarlılık göstermiştir.

Eritromisin ve ampisilin antibiyotikleri, izolatlar arasında en geniş zon çaplarının gözlemlendiği antibiyotiklerdir. Özellikle 6 numaralı izolat muhtemel *Lactococcus* spp. (turşu), 15 numaralı izolat muhtemel *Lactococcus* spp. (narlı-yeşil çaylı fermente süt ürünü), 18 numaralı izolat muhtemel *Lactococcus* spp. (elma-yulaflı fermente süt ürünü) ve 27

numaralı izolat muhtemel *Lactobacillus* spp. (helva) bu antibiyotiklere karşı 38 mm üzerinde zon çapı göstermiştir. Bu bulgular, söz konusu suşların bu antibiyotiklere karşı duyarlı olduğunu göstermektedir.

Streptomisin antibiyotiği ise en düşük zon çapı değerlerinin gözlemlendiği antibiyotiklerden biri olup, bazı izolatlar muhtemel *Lactobacillus* spp. ve *Lactococcus* spp. (kod; 6, 7, 12, 4 ve 29) bu antibiyotiğe karşı orta duyarlılık hatta dirençli profil göstermiştir.



Şekil 17. Organik turşu suyu örneğinden izole edilen muhtemel *Lactococcus* suşu, antibiyotik zon görünümü.

4.3.3.2. Ürünlere göre duyarlılık değerlendirmesi

Sade kefir kaynaklı izolatlar (özellikle “x sade kefir” ve “z sade kefir”) farklı antibiyotiklere karşı değişken duyarlılık profilleri sergilemiştir. Örneğin, x sade kefir kaynaklı 10 numaralı izolat (muhtemel *Lactococcus* spp.) vankomisin ve eritromisin antibiyotiklerine karşı yüksek düzeyde duyarlılık gözlenmiştir. Buna karşın 12 numaralı izolat (muhtemel *Lactobacillus* spp.), gentamisin (14,45 mm) ve streptomisin (13,36 mm) karşısında düşük zon çapı ile dirençli olarak değerlendirilmiştir.

Turşu kaynaklı izolatlar (muhtemel *Lactobacillus* spp. ve *Lactococcus* spp.) genellikle düşük düzeyde zon çapı değerlerine sahiptir; bu durum özellikle streptomisin antibiyotiği için dirençli veya orta derecede duyarlı profillerin yaygın olduğunu göstermektedir.

Helva (muhtemel *Lactobacillus* spp.), çay (muhtemel *Heyndrickxia coagulans*), makarna (muhtemel *Heyndrickxia coagulans*), kahve (muhtemel *Heyndrickxia coagulans*) ve elma-

yulaflı fermente süt ürünü (muhtemel *Lactococcus* spp.) gibi ürünlerden izole edilen bakteriler, genel olarak daha yüksek antibiyotik duyarlılık profilleri sergilemiştir. Özellikle helva ve çay izolatları (muhtemel *Lactobacillus* spp. ve *Heyndrickxia coagulans*), test edilen tüm antibiyotiklere karşı 22 mm üzerinde zon çapları ile yüksek duyarlılık göstermiştir.

4.3.3.3. Direnç gözlemlenen antibiyotikler

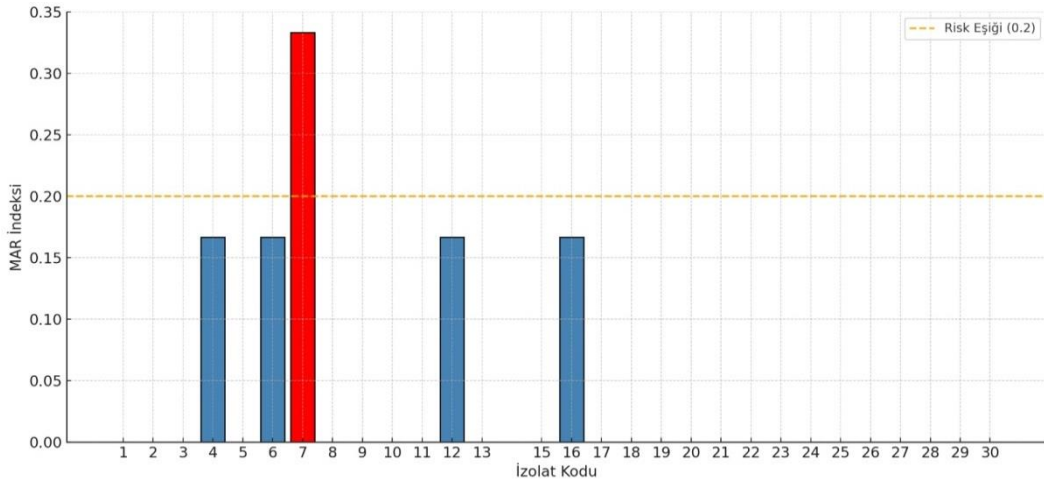
Çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, bazı antibiyotiklere karşı belirgin direnç profilleri gözlemlenmiştir. Özellikle kanamisin ve streptomisin antibiyotikleri bu açıdan dikkat çekmektedir.

Kanamisin antibiyotiğine karşı direnç gösteren izolatlar incelendiğinde, bu grubun farklı ürünlerden elde edilen suşları içerdiği belirlenmiştir. Turşu kaynaklı bir *Lactococcus* spp. (Kod 4) ve bir *Lactobacillus* spp. (Kod 7) izolatı, kanamisine karşı dirençli bulunmuştur. Ayrıca X sade kefir örneklerinden izole edilen *Lactobacillus* spp. (Kod 12) suşu da direnç göstermiştir. Bunun yanında peynir örneğinden elde edilen *Lactobacillus* spp. (Kod 16) kanamisin karşısında dirençli olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgular, kanamisin direncinin türler arasında heterojen bir dağılım sergilediğini ve özellikle *Lactobacillus* spp. izolatlarında gözlenebildiğini ortaya koymaktadır.

Streptomisin antibiyotiğine karşı ise 6 numaralı (muhtemel *Lactococcus* spp.) izolat (10,71 mm), 7 numaralı (muhtemel *Lactobacillus* spp.) izolat (11,76 mm) gibi düşük zon çapı değerleri elde edilmiştir. Bu değerler, literatürde bildirilen eşik değerlerin altında olup bu izolatların streptomisine karşı dirençli olduğunu göstermektedir.

Eritromisin için yalnızca az sayıda izolatin dirençli olduğu saptanmıştır. Gentamisin, vankomisin ve ampisilin için direnç gözlemlenmemiştir. Genel olarak direnç oranlarının düşük olduğu, test edilen izolatların büyük kısmının probiyotik potansiyel açısından güvenli kabul edilebilecek bir antibiyotik duyarlılık profiline sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu veriler, probiyotik potansiyeli taşıyan izolatların antibiyotik dirençlilik açısından ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini, özellikle dirençli suşların genetik düzeyde incelenerek direnç genlerinin mobil olup olmadığının belirlenmesinin önem taşıdığını göstermektedir.



Şekil 18. İzolatların MAR (Çoklu Antibiyotik Direnç) indeksleri

İzolatların antibiyotiklere karşı zon çapı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,01$). Özellikle kanamisin, gentamisin ve vankomisin antibiyotikleri açısından suş grupları arasında anlamlı düzeyde farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). Ayrıca, suşlar arasında antibiyotiklere karşı duyarlılık oranları da farklılık göstermiştir. *Bifidobacterium* spp. ve *Lactocaseibacillus* spp. izolatlarının tüm test edilen antibiyotiklere karşı tamamen duyarlı oldukları tespit edilmiştir. Buna karşın, *Lactobacillus* spp. izolatlarında belirgin şekilde daha düşük düzeyde duyarlılık gözlenmiş olup bu farklılık istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$).

Elde edilen antibiyotik direnç sonuçları, ilgili izolatların probiyotik potansiyelini tamamen ortadan kaldırmaz. Mathur ve Singh (2005), *Leuconostoc* türlerinde ve bazı *Lactobacillus* suşlarında vankomisine, bazı türlerde ise nalidiksik aside karşı doğal direnç rapor edilmiştir. Bununla birlikte, özellikle antibiyotiklerle düzenli olarak karşılaşılacak habitatlarda (örneğin insan ve hayvan bağırsakları, süt bezi) kazanılmış dirençlerin de ortaya çıkabildiği bildirilmiştir. Bu durum, patojenik, potansiyel patojenik ve kommensal LAB arasında net bir sınır olmadığını ve aynı direnç genlerinin (örn. *tet(M)*, *ermAM*, *cat*, *str*, *sat*) farklı türlerde görülebildiğini ortaya koymaktadır.

Afyonkarahisar’da yapılan bir çalışmada (Erdoğan ve Bostancı, 2020), kefirde izole edilen LAB suşlarının çeşitli antibiyotiklere karşı farklı düzeylerde duyarlılık gösterdiği bildirilmiştir; özellikle eritromisin ve ampisilin antibiyotiklerine karşı duyarlılığın yüksek

olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma ile paralel olarak, bizim çalışmamızda da eritromisin ve ampisilin zon çapları genellikle yüksek düzeydedir.

2022 yılına Akay tarafından yapılan bir tez çalışmasında ev yapımı kefirde izole edilen enterokok suşlarının gentamisin ve kanamisin gibi aminoglikozid antibiyotiklerine karşı daha düşük düzeyde duyarlılık gösterdiği ifade edilmiştir. Bu durum, bizim çalışmamızda da özellikle turşu ve sade kefir kaynaklı bazı izolatlarda gözlemlenmiştir.

Liv vd., (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Çin'in farklı bölgelerinden elde edilen laktik asit bakteri izolatlarında fenotipik ve genotipik antimikrobiyal direnç özellikleri araştırılmıştır. *Lactobacillus bulgaricus*, *Lacticaseibacillus casei*, *L. rhamnosus*, *L. paracasei*, *Lactobacillus acidophilus* ve *Streptococcus thermophilus* türleri çeşitli antibiyotiklere karşı test edilmiş ve yüksek düzeyde içsel direnç saptanmıştır. Ayrıca *tetM*, *strA*, *strB*, *sul1*, *sul2*, *aac(6')-aph(2')*, *aph(3')-II* ve *aph(3')-III* gibi direnç genleri tanımlanmış; bazıları bu türlerde ilk kez rapor edilmiştir.

Demir vd., (2018) tarafından yürütülen çalışmada, farklı fermente gıdalardan izole edilen laktik asit bakterilerinin (LAB) antibiyotik direnç profilleri değerlendirilmiştir. Özellikle vankomisine karşı doğal direnç gösteren türlerde MİK (minimum inhibisyon konsantrasyonu) belirlemesine gerek duyulmadığı vurgulanmıştır. Çalışma, gıda kaynaklı LAB suşlarında gözlenen kazanılmış antibiyotik direnç genlerinin (örneğin *tet(M)* ve *erm(B)*) potansiyel yatay gen transferi açısından önemli bir risk faktörü oluşturabileceğine dikkat çekmiştir. Bu durum, gıdalarda kullanılacak probiyotik bakterilerin antibiyotik duyarlılık profillerinin hem fenotipik hem de genotipik olarak titizlikle incelenmesini gerekli kılmaktadır.

Oral (2015) yaptığı çalışmada en yüksek direnç profilini kanamisin antibiyotiğine karşı gözlemlemiş; Oral'ın çalışmasında 7 suş bu antibiyotiğe gösterdiği yüksek direnç nedeniyle elenirken, bu çalışmada da bazı izolatlar (örneğin İzolat 12, İzolat 7) düşük zon çaplarıyla benzer direnç eğilimi göstermiştir.

Bu çalışmada olduğu gibi Oral (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da ampisilin ve eritromisin antibiyotiklerine karşı genel olarak yüksek düzeyde duyarlılık gözlemlenmiştir. Oral'ın çalışmasında sadece bir suş ampisiline dirençli bulunurken, bu çalışmadaki izolatların çoğunluğu bu antibiyotiğe duyarlılık göstermiştir (zon çapı > 25 mm). Benzer şekilde, eritromisin duyarlılığı da iki çalışmada benzer sonuçlar vermiştir.

Vankomisin antibiyotiği açısından değerlendirildiğinde, Oral'ın çalışmasında MİK değerleri bazı suşlarda yüksek bulunmasına rağmen dirençli suş rapor edilmemiştir. Bu çalışmada ise bazı izolatlar (İzolat 1, 4 ve 7) düşük zon çapları ile vankomisine karşı dirençli olarak değerlendirilmiştir. Bu fark, kullanılan yöntemler arasındaki hassasiyet farkından veya suş bazlı genetik farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir.

4.3.4. Hemoliz testi

Bu çalışmada farklı fermente gıda ürünlerinden izole edilen 30 adet muhtemel probiyotik bakteri suşunun hemolitik aktiviteleri değerlendirilmiştir. İzolatlar, koyun kanlı agar ortamında inkübasyona tabi tutularak hemoliz profilleri gözlemlenmiştir.

Yapılan testler sonucunda, toplam 30 izolatın 27'sinde γ -hemoliz (hemoliz yok), 3 izolatında ise α -hemoliz (kısmi hemoliz) gözlemlenmiştir. β -hemoliz (tam hemoliz) gösteren hiçbir izolat bulunmamıştır. α -hemoliz gözlenen izolatlar; (muhtemel *Lactococcus* suşları) İzolat 4 (turşu), İzolat 11 (x sade kefir), İzolat 22 (muhtemel *Lactocaseibacillus rhamnosus*) (sade fermente süt ürünü) olarak belirlenmiştir. Geriye kalan tüm suşlar non-hemolitik olup, potansiyel probiyotik güvenliği açısından olumlu değerlendirilmiştir. Literatürde laktik asit bakterilerinin büyük çoğunluğunun non-hemolitik olduğu bildirilmekle birlikte, bazı çalışmalarda α -hemoliz gözlemlenmiştir. Örneğin, *Lactobacillus paraplantarum* suşlarının bir kısmında α -hemoliz rapor edilmiştir (Aleksandravičiūtė ve ark., 2023).

Benzer şekilde, Marroki ve Bousmaha-Marroki (2014) tarafından yürütülen bir çalışmada, Cezayir keçi sütünden izole edilen 19 *Lactobacillus* suşu hemoliz yönünden değerlendirilmiş, büyük çoğunluğunun hemoliz göstermediği (gama hemoliz) raporlanmıştır. Ancak dikkat çekici olarak, LbMA9 ve LbMF24 kodlu iki suşun, koyun kanlı agarda inkübasyonu takiben alfa hemoliz aktivitesi sergilediği bildirilmiştir (Marroki & Bousmaha-Marroki, 2014). Bu bulgular, çalışmamızda elde edilen sonuçlarla uyumludur. Özellikle gıda kökenli laktik asit bakterilerinde alfa hemoliz gözleminin literatürde nadir olmakla birlikte, bazı suşlarda bu özelliğin ortaya çıkabileceği anlaşılmaktadır.

Bu bulgular, probiyotik mikroorganizmaların güvenliğini değerlendirme kriterleri açısından değerlendirildiğinde oldukça önemlidir. Zira hemoliz kapasitesi, bir mikroorganizmanın patojenite potansiyelini belirlemede temel parametrelerden biridir. γ -hemolizli suşlar, EFSA

(2021) ve FAO/WHO (2002) tarafından probiyotik kullanım için güvenli olarak kabul edilmektedir.

Oral (2015) tarafından yürütülen bir çalışmada, farklı gıda kaynaklarından izole edilen 13 adet LAB suşunun hemolitik aktiviteleri değerlendirilmiştir. Çalışmada tüm isolatlar koyun kanlı agar besiyerinde test edilmiş ve sonuç olarak hiçbir suşta ne α -hemoliz ne de β -hemoliz gözlenmemiştir. Bu suşların tamamının γ -hemolizli olduğu rapor edilmiştir. Bu bulgu, çalışmada test edilen tüm isolatların potansiyel olarak güvenli probiyotik adayları olabileceğini göstermektedir.

4.3.5. Oto Agregasyon Testi

Bu çalışmada, farklı fermente gıda ürünlerinden izole edilen 30 potansiyel probiyotik bakterinin oto-agregasyon kapasiteleri değerlendirilmiş olup, elde edilen bulgular Tablo 8’de verilmiştir. Oto-agregasyon, bakterilerin kendi aralarında kümelenme eğilimlerini ifade eder ve mukozal yüzeylere yapışma kapasiteleriyle doğrudan ilişkilidir. Bu özellik, özellikle gastrointestinal sistemde tutunma, kolonizasyon ve konakçı ile etkileşim gibi probiyotik etkilerin etkinliği açısından kritik bir parametre olarak kabul edilmektedir.

İsolatların oto-agregasyon oranları %15,94 ile %56,71 arasında değişkenlik göstermiştir. Bu durum, farklı isolatların yüzey özellikleri, hücre duvarı bileşenleri ve çevresel koşullara adaptasyon mekanizmalarının çeşitliliğine işaret etmektedir. Oto-agregasyon kapasitesi en yüksek olan izolat, z sade kefir örneğinden elde edilen *Lactococcus* spp. suşu olup, %56,71’lik bir oran göstermiştir. Bu suşu sırasıyla çay örneğinden izole edilen *Heyndrickxia coagulans* (%56,66) ve incirli yoğurt örneğinden izole edilen bir başka *Lactococcus* spp. suşu (%53,44) takip etmiştir. Bu yüksek oranlar, söz konusu suşların mukozal yüzeylere daha etkin tutunabileceğini ve bu sayede probiyotik fonksiyonlarını daha etkili bir şekilde yerine getirebileceğini düşündürmektedir.

Öte yandan, en düşük oto-agregasyon kapasitesi %15,94 ile turşu örneğinden izole edilen bir *Lactococcus* spp. suşuna ait olup, bu değer söz konusu izolatin konakçı yüzeylerine tutunma potansiyelinin sınırlı olabileceğine işaret etmektedir. Düşük oto-agregasyon kapasitesi, bazı durumlarda geçici kolonizasyon veya düşük mukozal etkileşim ile sonuçlanabilir, bu nedenle bu tür suşlar için ileri düzey fonksiyonel testlerin yapılması önem arz etmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, izolatların tür düzeyinde karşılaştırılmasında *Heyndrickxia coagulans* suşlarının, ortalama olarak daha yüksek oto-agregasyon oranlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, bu türün yüzey proteinleri veya hücre duvarı yapılarının oto-agregasyon sürecini destekleyici nitelikte olabileceğini göstermektedir. *Lactococcus* spp. suşları da geniş bir aralıkta değişen (%15–56) oto-agregasyon değerleri ile heterojen bir dağılım sergilemiş, bu da aynı tür içindeki genetik çeşitliliğin etkisini ortaya koymuştur. *Lactobacillus* spp. ve *Bifidobacterium* spp. suşlarının ise genellikle orta düzeyde oto-agregasyon kapasitesine sahip oldukları gözlenmiştir.

Tablo 8. İzolatların oto agregasyon değerlendirilmeleri (%)

Kod	Ürün	Muhtemel Suş	% Oto Agregasyon
1	Orman meyveli kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	32,55
2	Çay	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	56,66
3	İncirli yoğurt	<i>Lactococcus</i> spp.	53,44
4	Turşu	<i>Lactococcus</i> spp.	36,05
5	Turşu	<i>Lactococcus</i> spp.	26,91
6	Turşu	<i>Lactococcus</i> spp.	15,94
7	Turşu	<i>Lactobacillus</i> spp.	25,34
8	Turşu	<i>Lactobacillus</i> spp.	19,80
9	Granola	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	43,48
10	X sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	38,07
11	X sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	23,31
12	X sade kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	23,12
13	X sade kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	26,61
14	X sade kefir	Maya	17,82
15	Narlı-yeşil çay fermente süt ürünü	<i>Lactococcus</i> spp.	24,31
16	Peynir	<i>Lactobacillus</i> spp.	37,33
17	Makarna	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	25,45
18	Elmalı fermente süt ürünü	<i>Lactococcus</i> spp.	29,23
19	Kahve	<i>Heyndrickxia coagulans</i>	27,47
20	Ananas kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	29,08
21	Ananas kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	21,34
22	Sade fermente süt ürünü	<i>Lactobacillus</i> spp.	27,87
23	Ananas kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	39,17
24	Sade fermente süt ürünü	<i>Lactobacillus</i> spp.	24,73
25	Orman meyveli kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	41,23
26	Y sade kefir	<i>Bifidobacterium</i> spp.	19,09
27	Helva	<i>Lactobacillus</i> spp.	29,38
28	Z sade kefir	<i>Lactococcus</i> spp.	56,71
29	Z sade kefir	<i>Lactobacillus</i> spp.	33,98
30	Ahududulu yoğurt	<i>Lactobacillus</i> spp.	33,52

Bu veriler, seçilen izolatların probiyotik potansiyellerinin değerlendirilmesinde oto-agregasyonun önemli bir ön tarama parametresi olduğunu ve özellikle yüksek oto-agregasyon kapasitesi gösteren suşların, gastrointestinal sistemde kalıcılık ve etkinlik açısından avantajlı olabileceğini göstermektedir.

Abdulla ve arkadaşları (2014), süt ürünlerinden izole ettikleri *Lactobacillus* suşlarında oto-agregasyon oranlarının %15,8 ile %63,1 arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu aralık, çalışmamızdaki alt ve orta düzeydeki suşların performanslarıyla paralellik göstermektedir. Benzer şekilde, başka bir çalışmada farklı *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* suşlarının oto-agregasyon değerlerinin %41,8 ile %92,3 arasında olduğu ve en yüksek oranların *L. reuteri* gibi suşlarda görüldüğü rapor edilmiştir (Lee vd., 2024).

Diğer taraftan, vajinal kaynaklı *Lactiplantibacillus plantarum* CMPG5300 suşu 5 saatlik inkübasyon sonunda yaklaşık %67 oto-agregasyon sergilemiş ve bu da çalışmamızdaki orta-yüksek düzeydeki suşlarla karşılaştırılabilir düzeydedir (Malik vd., 2013). Bu durum, inkübasyon süresi arttıkça oto-agregasyon oranlarının yükseldiğini ve bu parametrenin değerlendirilmesinde inkübasyon süresinin önemini vurgulamaktadır.

Krausova ve arkadaşları (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, bebek dışkısı ve hayvan kaynaklı örneklerden izole edilen potansiyel probiyotik suşların oto-agregasyon, adezyon kapasitesi ve hidrofobiklik özellikleri değerlendirilmiştir. Söz konusu çalışmada oto-agregasyon oranlarının %21,7 ile %69,7 arasında değiştiği, en yüksek değer *Bifidobacterium pseudolongum* suşuna ait olduğu bildirilmiştir. Aynı şekilde bu çalışmada da S3A olarak adlandırılan *B. pseudolongum* suşu %69,7'lik oto-agregasyon oranıyla en yüksek değeri göstermiştir. Bu durum, söz konusu izolatın mukozal yüzeylere adezyon potansiyelinin yüksek olabileceğini ve probiyotik özellikler açısından öne çıkan bir aday olduğunu göstermektedir.

Öte yandan, *Bifidobacterium* cinsine ait suşların da genellikle orta düzeyde oto-agregasyon gösterdiği, ancak mukozal tutunma yeteneklerinin başka faktörlerle (örneğin eksopolisakkarit üretimi) desteklenerek arttığı bildirilmektedir (Del Re et al., 2000). Bu doğrultuda, çalışmamızda yer alan *Bifidobacterium* spp. izolatlarının %19,09 ve %41,23 gibi değerler göstermesi, literatürde belirtilen ortalamalara uygunluk arz etmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, ticari olarak temin edilen 19 farklı probiyotik gıda ürünü analiz edilerek toplam 30 izolat elde edilmiş ve bu izolatların bazı probiyotik özellikleri incelenmiştir. İzolatlar, ağırlıklı olarak muhtemel *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp., *Heyndrickxia coagulans* ve *Bifidobacterium* spp. türlerinden oluşmuştur. İzolatların sayım sonuçları, 6–8 log kob/mL veya kob/g aralığında yoğunluk göstermiştir. Bu değerler, özellikle *Lactobacillus* ve *Lactococcus* türlerinin birçok üründe yüksek sayılara ulaşarak probiyotik potansiyeli açısından dikkate değer olduğunu göstermektedir. *Heyndrickxia coagulans* ve *Bifidobacterium* spp. izolatlarının da ürün bazlı farklılıklar göstermekle birlikte anlamlı düzeyde varlık sergilediği belirlenmiştir. Genel olarak, elde edilen bulgular incelenen ürünlerin önemli miktarda canlı mikroorganizma içerdiğini ve probiyotik özellik açısından değerlendirilebilecek düzeyde mikrobiyal yoğunluk sağladığını ortaya koymaktadır.

Yapılan analizler sonucunda incelenen iki adet probiyotik reçel numunesinde, ürün etiketinde LAB varlığı beyan edilmesine rağmen, laboratuvar sonuçlarında bu mikroorganizmaların tespit edilemediği gözlemlenmiştir. Bu durum, üretim süreçlerinde kullanılan probiyotik mikroorganizmaların canlılıklarını koruyamadığı ya da raf ömrü sonuna kadar hayatta kalamadıkları ihtimalini gündeme getirmektedir.

İzolatların Gram boyama ve katalaz testleri sonucunda tamamının Gram pozitif ve katalaz negatif olduğu belirlenmiştir, bu da probiyotik bakteriler için beklenen özelliklerle uyumludur. Güvenlik açısından yapılan hemoliz testlerinde ise izolatların %90'ından fazlası γ -hemoliz (hemoliz yok) göstermiş, sadece üç izolat (muhtemel *Lactococcus* spp.) kısmi hemoliz (α -hemoliz) yapmış olup β -hemoliz gözlenmemiştir. Bu durum, incelenen suşların probiyotik kullanım için güvenli olduğunu desteklemektedir.

Fonksiyonel probiyotik özellikler açısından ise, izolatların %70'i mide ortamında yüksek tolerans göstermiştir. Özellikle kefir ve fermente süt ürünlerinden elde edilen bazı suşlar, mide asidi simülasyonu ortamına dayanıklılıklarıyla dikkat çekmiştir. Safra tuzu toleransında da benzer şekilde, ananas kefir (Kod 23-muhtemel *Lactococcus* spp.), x sade kefir- maya (Kod 14) ve sade fermente süt ürünü (Kod 22-muhtemel *Lactobacillus* spp.) izolatları %90'ın üzerinde gelişim göstererek yüksek dayanıklılık sergilemiştir. Orta düzey toleranslı izolatlar ve düşük tolerans gösterenler ise safra tuzu konsantrasyonuna bağlı olarak belirgin farklılıklar

göstermiştir. Bu bulgular, izolatların gastrointestinal ortamda hayatta kalma potansiyelini ortaya koymaktadır.

Antibiyotik duyarlılık testlerinde, izolatların genel olarak eritromisin ve ampisilin gibi antibiyotiklere duyarlı olduğu; ancak streptomisin ve kanamisin gibi aminoglikozid grubuna karşı direnç veya daha düşük duyarlılık sergiledikleri gözlenmiştir. Ürün bazlı değerlendirmelerde çay, helva, elma-yulaflı fermente süt ürünü ve ananas kefir kaynaklı izolatların (muhtemel *Heyndrickxia coagulans*, *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp.) antibiyotik duyarlılığı açısından avantajlı profillere sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, mobil direnç genlerinin varlığı açısından ileri moleküler analizlerin yapılması önerilmektedir.

Oto-agregasyon oranları %15,94 ile %56,71 arasında değişmiş olup, en yüksek oto-agregasyon oranı %56,71 ile z sade kefirde izole edilen *Lactococcus* spp. suşunda saptanmıştır. Bu özellik, söz konusu suşların mukozal yüzeylere tutunma ve kolonizasyon potansiyelinin yüksek olabileceğini göstermektedir. Yüksek oto-agregasyon oranlarına sahip diğer izolatlar arasında *Heyndrickxia coagulans* ve başka *Lactococcus* spp. suşları da yer almaktadır.

Sonuç olarak, ticari probiyotik gıdalardan izole edilen bakteriler, hem mikrobiyal yoğunluk hem de fonksiyonel özellikler açısından farklılıklar göstermekle birlikte, çoğunlukla probiyotik kriterlere uygun nitelikler sergilemiştir. Fermente süt ürünleri, yüksek probiyotik canlılık ve fonksiyonel dayanıklılıkları nedeniyle öncelikli olarak değerlendirilebilir. İlerleyen çalışmalarda, bu izolatların genetik ve moleküler düzeyde karakterizasyonunun yapılması, güvenliklerinin detaylıca incelenmesi ve probiyotik etkinliklerinin *in vivo* koşullarda doğrulanması önerilmektedir. Ayrıca, raf ömrü boyunca canlılıklarının ve fonksiyonel özelliklerinin korunması üzerine teknolojik çalışmaların yapılması, ticari probiyotik ürünlerin kalitesinin artırılması açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada incelenen 30 izolatın büyük çoğunluğu mide asidi ve safra tuzlarına karşı yüksek düzeyde tolerans göstermiş, antibiyotik duyarlılık profilleri açısından güvenli bulunmuş ve γ -hemoliz sergilemiştir. Ayrıca pek çok izolat orta-yüksek otoagregasyon kapasitesi ile öne çıkmıştır. Elde edilen bulgular, özellikle kefir çeşitleri, çay, yoğurt, turşu,

helva, peynir, makarna, granola ve kahve kaynaklı bazı izolatların probiyotik potansiyel taşıdığını ortaya koymuştur.



KAYNAKÇA

- Akay Yüce, M. (2022). *Kefir tanelerinden izole edilen bazı mikroorganizmaların probiyotik özelliklerinin in vitro karakterizasyonu*. (Yüksek lisans tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 729191)
- Alav, N., & Meral, R. (2023). Bazı Fermente Ürünlerde Gastrointestinal Sindirim Koşulları Öncesi ve Sonrası Laktik Asit Bakteri Miktarının Belirlenmesi. *YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(3), 1001-1011.
- Aleksandravičiūtė, A., Šipailienė, A., & Sabaitytė, A. (2023). Probiotic potential and safety of lactic acid bacteria isolated from Lithuanian fermented food. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1213370.
- Alou, M. T., Rathored, J., Khelaifia, S., Michelle, C., Brah, S., Diallo, B. A., vd. (2015). *Bacillus rubiinfantis* sp. nov. strain mt2T, a new bacterial species isolated from human gut. *New Microbes New Infec*, 8, 51-60.
- Alp D, Ertürkmen P, 2017, Probiyotik Olarak Kullanılan *Lactobacillus* spp. Suşlarının Kolesterol Düşürücü Etkileri ve Olası Mekanizmalar. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 108–113.
- Arai, S. (1996). Studies on functional foods in Japan state of the art. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 60(1), 9–15.
- Ashim, L. (2024). Probiyotikler Pazar Büyüklüğü, Payı, Büyüme ve Endüstri Analizi, Ürüne Göre (Probiyotik Yiyecek ve İçecekler, Gıda Takviyeleri, Hayvan Yemi), İçeriğe Göre (Bakteri, Maya), Son Kullanıma Göre (İnsan Probiyotikleri, Hayvan Probiyotikleri), Dağıtım Kanalına Göre, ve Bölgesel Analiz, 2024–2031. (Sürüm: Aralık 2024, Sayfa: 120).
- Avcı, G. A., Avcı, E., Emniyet, A. A., Özçelik, B. (2015). Determination of fundamental probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from Turkish local yogurt. *Hittite Journal of Science and Engineerin*, 2(2), 181-185.
- Azad, M. A. K., Sarker, M., Li, T., & Yin, J. (2018). Probiotic species in the modulation of gut microbiota: An overview. *BioMed Research International*, Article 9478630.
- Başdoğan, M. G., & Şengün, İ. (2022). Probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from sauerkraut. *Biological Diversity and Conservation*, 15(1), 38–49.
- Begley, M., Gahan, C. G., & Hill, C. (2005). The interaction between bacteria and bile. *FEMS Microbiology Reviews*, 29(4), 625–651.

- Buchanan, R. E. (2009). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, ed. N. E. Gibbons. New York: Springer.
- Canbulat, Z. (2010). *Lactobacillus rhamnosus* kültürü ile probiyotik yoğurt üretimi. (Yüksek lisans tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 340077)
- Charteris, W. P., Kelly, P. M., Morelli, L., & Collins, J. K. (1998). Development and application of an in vitro methodology to determine the transit tolerance of potentially probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* species in the upper human gastrointestinal tract. *Journal of Applied Microbiology*, 84(5), 759–768.
- Collado, M. C., Meriluoto, J., & Salminen, S. (2007). Role of commercial probiotic strains against human pathogen adhesion to intestinal mucus. *Letters in Applied Microbiology*, 45(4), 454–460.
- Collado, M. C., Surono, I., Meriluoto, J., & Salminen, S. (2008). Indigenous Dadih lactic acid bacteria: cell-surface properties and interactions with pathogens. *Journal of Food Science*, 73(3), M121–M126.
- Corcoran, B. M., Stanton, C., Fitzgerald, G. F., & Ross, R. P. (2005). Survival of probiotic lactobacilli in acidic environments is enhanced in the presence of metabolizable sugars. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(6), 3060–3067.
- Coşkun T. 2006. Probiyotikler, Prebiyotikler ve Sinbiyotikle. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 49 (2), 128-148.
- Çakır, İ. (2003). *Determination of some probiotic properties on Lactobacilli and Bifidobacteria*. (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çakır, İ., Dertli, E., & Sağdıç, O. (2019). Evaluation of probiotic potential of *Lactococcus lactis* and *Lactococcus garvieae* strains isolated from traditional Turkish Tulum cheese. *Annals of Microbiology*, 69(14), 1529–1540.
- Çakmakçı, S., Çetin, B., Turgut, T., Gürses, M., & Erdoğan, A. (2012). Probiotic properties, sensory qualities, and storage stability of probiotic banana yogurts. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 36(3), 231–237.
- Çıray Z. (2015). *Piyasada satılan ticari kefirlerin mikrobiyal kalitesinin değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 454157)
- Çokşen, R., Karakuş, B., & Özdemir, D. (2020). Evaluation Of The Label Accuracy And Probiotic Properties Of Commercial Probiotic Dairy Products In Turkey. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 8(5), 1150–1157.

- Del Re, B., Sgorbati, B., Miglioli, M., & Palenzona, D. (2000). Adhesion, Autoaggregation And Hydrophobicity Of 13 Strains Of Bifidobacterium Longum. *Letters in Applied Microbiology*, 31(6), 438–442.
- Demir, E., Başığit Kılıç, G., & Uşan, E. (2018). Farklı Gıdalardan İzole Edilen Laktik Asit Bakterileri'nin Antibiyotik Direnç Profilleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 197204.
- Diplock, A. T., Aggett, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B., & Roberfroid, M. B. (1999). Scientific Concepts Of Functional Foods In Europe: Consensus Document. *British Journal of Nutrition*, 81, S1–S27.
- EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA). (2021). *Scientific and regulatory framework for the use of probiotics in food and food supplements in the EU*. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy.
- Elçioğlu, O., & Kunduhoglu, B. (2014). Probiotic Characteristics Of Natural Lactobacilli Isolated From Traditional Kargı Tulum Cheese. *Italian Journal of Food Science*, 26, 31–40.
- Elshagabee, F. M. F., Rokana, N., Gulhane, R. D., Sharma, C., & Panwar, H. (2017). Bacillus As Potential Probiotics: Status, Concerns, and Future Perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1490.
- Erdoğan S., Bostancı B. 2020. Farklı Fermente Süt Ürünlerinden İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi. *GIDA Dergisi*, 45(1), 72-80.
- Espitia, P. J. P., Batista, R. A., Azeredo, H. M. C., & Otoni, C. G. (2016). Probiotics and their potential applications in active edible films and coatings. *Food Research International*, 90, 42–52.
- FAO/WHO. (2001). *Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria*. Report of a joint FAO/WHO expert consultation, Córdoba, Argentina, October 1–4, 2001.
- FAO/WHO. (2002). *Guidelines for the evaluation of probiotics in food: Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food*. London, Ontario, Canada.
- Food and Wine. (2023). Prebiotics vs probiotics: What's the difference? *Food & Wine*. <https://www.foodandwine.com/prebiotics-vs-probiotics-11768561>
- Gedek, B. R. (1991). Regulierung der darmflora u"ber die nahrung. *Zentralblatt fur hygiene und umweltmedizin*, 191, 277–301.

- Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary Modulation Of The Human Colonic Microbiota: Introducing The Concept Of Prebiotics. *Journal of Nutrition*, 125(6), 1401–1412.
- Goossens, D., Jonkers, D., Russel, M., Thijs, A., van den Bogaard, A., Stobberingh, E., Stockbrügger, R. (2005). Survival Of The Probiotic, L. Plantarum 299v And Its Effects On The Faecal Bacterial Flora, With And Without Gastric Acid İnhibition. *Dig. Liver Dis*, 37, 44–50.
- GTBD. (2018). *Fonksiyonel Gıda Nedir?* Gıda Takviyesi ve Beslenme Derneği.
- Gueimonde, M., Sánchez, B., de Los Reyes-Gavilán, C. G., & Margolles, A. (2013). Antibiotic Resistance İn Probiotic Bacteria. *Frontiers in Microbiology*, 4, 202.
- Gänzle, M. G. (2015). Lactic Metabolism Revisited: Metabolism Of Lactic Acid Bacteria İn Food Fermentations And Food Spoilage. *Current Opinion in Food Science*, 2, 106–117.
- Gülbandılar, A., Okur M., Dönmez M., (2017). Fonksiyonel Gıda Olarak Kullanılan Probiyotikler Ve Özellikleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(1), 44-47.
- Gültekin, H., & Yalçın, H. (2017). Probiyotiklerin sağlık üzerine etkileri. *Gıda ve Sağlık Dergisi*, 3(2), 45–52.
- Güney, M., Altundağ, H., & Çolak, Ş. (2025). Microbiological changes of kefir traditionally produced from different milks according to storage time. Karabük Üniversitesi. *Front Life Sci RT*, 6(1), 9-14.
- Harmankaya, M., & Gülbaz, S. (2019). Microbiological, Chemical and Sensory Characteristics of Kefir Prepared with Various Fruit Additives. *Van Veterinary Journal*, 30(1), 13-18.
- Harrigan, W.F. 1998. *Laboratory Methods in Food Microbiology*, Academic Press, San Diego, USA.
- Hasler CM. 2002. Functional foods: benefits, concerns and challenges a position paper from the American Council on Science and Health. *J Nutr* 13, 37723781.
- Hidalgo-Cantabrana, C.; Delgado, S.; Ruiz, L.; Ruas-Madiedo, P.; Sánchez, B.; Margolles, A. (2017). Bifidobacteria and their healthpromoting effects. *Microbiol. Spectr.*, 5(3).
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., vd. (2014). 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), 506–514.
- Inácio, J., & Clemente, A. (2012). Cryopreservation: Current challenges and new advances. In M. Katayama (Ed.), *Current frontiers in cryopreservation* (ss. 1–32).

- ISO. (2013). *Microbiology of the food chain. Horizontal method for the enumeration of microorganisms Part 1: Colony count at 30°C by the pour plate technique*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- İriçagıl, Z. (2024). *Mikroenkapsüle Probiyotikler İle Probiyotik Bar Geliştirilmesi*. (Yüksek lisans tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 896705)
- İsmailoğlu, Ö. & Yılmaz H. Ö. (2019). Probiyotik Kullanımının Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkisi. *Sağlık Bilimleri ve Araştırma Dergisi*, 1, 38-56.
- Jacouton, E.; Chain, F., Sokol, H., Langella, P., Bermúdez-Humarán, L.G. (2017). Probiotic strain *Lactobacillus casei* BL23 prevents colitis-associated colorectal cancer. *Front. Immunol*, 8, 1553.
- Jakobsen, M., & Narvhus, J. (1996). Yeasts and their beneficial and negative effects on the quality of dairy products. *International Dairy Journal*, 6, 755–768.
- Jeong, J.-J., Park, H. J., Cha, M. G., Park, E., Won, S.-M., Ganesan, R., Gupta, H., Gebru, Y. A., Sharma, S. P. ve Lee, S. B., 2022, The *Lactobacillus* as a probiotic: focusing on liver diseases, *Microorganisms*, 10 (2), 288.
- Kağan, D.A. & Özlü, T. & Yurttaş, H. (2019). Yetişkin Bireylerin Probiyotik Gıdaları Bilme ve Tüketme Durumları Üzerine Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 556-563.
- KaźmierczakSiedlecka, K., Roviello, G., Catalano, M., & Polom, K. (2021). Gut Microbiota Modulation In The Context Of Immunerelated Aspects Of *Lactobacillus* Spp. And *Bifidobacterium* Spp. In Gastrointestinal Cancers. *Nutrients*, 13(8), 2674.
- Khazaie, K., Zadeh, M., Khan, M.W., Bere, P., Gounari, F., Dennis, K., Blatner, N.R., Owen, J.L., Klaenhammer, T.R., Mohamadzadeh, M. (2012). Abating Colon Cancer Polyposis By *Lactobacillus Acidophilus* Deficient In Lipoteichoic Acid. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 109, 10462–10467.
- Krausova, G., Hyrslova, I., & Hynstova, I. (2019). In Vitro Evaluation Of Adhesion Capacity, Hydrophobicity, And Auto-Aggregation Of Newly Isolated Potential Probiotic Strains. *Dairy Research Institute, Ltd*.
- Kruk, M., Lalowski, P., Hoffmann, M., Trzaskowska, M., & Jaworska, D. (2024). Probiotic Bacteria Survival And Shelf Life Of High Fibre Plant Snack Model Study. *Plant Foods for Human Nutrition*, 79, 586–593.
- Leal, J. M., et al. (2024). Infective Endocarditis by *Lactobacillus* Species. A Narrative Review. *Antibiotics*, 13(1), 53.

- Lee, J., Jo, J., Wan, J., Seo, H., Han, S.-W., & Shin, Y.-J. (2024). In vitro evaluation of probiotic properties and anti-pathogenic effects of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains as potential probiotics. *Foods*, 13, 2301.
- Li, Y., Li, L., Kromann, S., Chen, M., Shi, L., & Meng, H. (2019). Antibiotic Resistance Of *Lactobacillus* Spp. And *Streptococcus Thermophilus* Isolated From Chinese Fermented Milk Products. *Foodborne Pathogens and Disease*, 16(3), 221–228.
- Liu, R. H. (2004). Potential Synergy Of Phytochemicals In Cancer Prevention: Mechanism Of Action. *The Journal of Nutrition*, 134(12), 3479–3485.
- Liu, W., Chen, M., Duo, L., Wang, J., Guo, S., Sun, H. vd. (2020). Characterization Of Potentially Probiotic Lactic Acid Bacteria And *Bifidobacteria* Isolated From Human Colostrum. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 4013–4025.
- Lugli GA, Milani C, Turroni F, Duranti S, Ferrario C, Viappiani A, Mancabelli L, Mangifesta M, Taminiau B, Delcenserie V, van Sinderen D, Ventura M. (2014). Investigation Of The Evolutionary Development Of The Genus *Bifidobacterium* By Comparative Genomics. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(20), 6383–6394.
- Mackay, A. D., Taylor, M. B., Kibbler, C. C., & Hamilton-Miller, J. M. T. (1999). *Lactobacillus* Endocarditis Caused By A Probiotic Organism. *Clinical Microbiology and Infection*, 5(5), 290–292.
- Malik, S., Petrova, M. I., Claes, I. J. J., Verhoeven, T. L. A., Busschaert, P., Vaneechoutte, M., Lievens, B., Lambrichts, I., Siezen, R. J., Balzarini, J., Vanderleyden, J., & Lebeer, S. (2013). The Highly Autoaggregative And Adhesive Phenotype Of The Vaginal *Lactobacillus Plantarum* Strain CMPG5300 Is Sortase Dependent. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(14), 4576–4585.
- Maragkoudakis, P.A., Zoumpopoulou, G., Miaris, C., Kalantzopoulos, G., Pot, B. and Tsakalidou, E. (2006). Probiotic Potential Of *Lactobacillus* Strains Isolated From Dairy Products. *Int. Dairy J.* 16, 189-199.
- Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2017). Effects Of Probiotics, Prebiotics, And Synbiotics On Human Health. *Nutrients*, 9(9), 1021.
- Marroki, A., & Bousmaha-Marroki, L. (2014). *Lactobacilli* Isolated From Algerian Goat's Milk As Adjunct Culture In Dairy Products. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57(5), 410–420.
- Mathur, S., & Singh, R. (2005). Antibiotic Resistance In Food Lactic Acid Bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 105(3), Review 281–295.

- McFarland, L. V., & Bernasconi, P. (1993). *Saccharomyces Boulardii*: A Review Of An Innovative Biotherapeutic Agent. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 6(3), 157–171.
- Milani C, Lugli GA, Duranti S, Turrone F, Bottacini F, Mangifesta M, Sanchez B, Viappiani A, Mancabelli L, Taminiau B, Delcenserie V, Barrangou R, Margolles A, van Sinderen D, Ventura M. (2014). Genomic Encyclopedia Of Type Strains Of The Genus *Bifidobacterium*. *Applied Environmental Microbiology* 80, 6290– 6302.
- Oral H. (2015). *Farklı Kaynaklardan İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Bazı Probiyotik Özelliklerinin Belirlenmesi*. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 392705)
- Öksüztepe, N., Yılmaz, F., & Kaya, M. (2020). Ticari Kefirlerin Bazı Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. *MAE Vet. Fak. Dergisi*, 5(2), 40-47.
- Pandey, K. R., Naik, S. R., & Vakil, B. V. (2015). Probiotics, Prebiotics And Synbiotics A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7577–7587.
- Patel, R., & DuPont, H. L. (2015). New Approaches For Bacteriotherapy: Prebiotics, New-Generation Probiotics, And Synbiotics. *Clinical Infectious Diseases*, 60, 108–121.
- PazosRojas, L. A., CuellarSánchez, A., RomeroCerón, A. L., RiveraUrbalejo, A., Van Dillewijn, P., LunaVital, D. A., MuñozRojas, J., MoralesGarcía, Y. E., & BustillosCristales, M. d. R. (2024). The Viable but NonCulturable (VBNC) State, a Poorly Explored Aspect of Beneficial Bacteria. *Microorganisms*, 12(1), 39.
- Pichhardt, K., (2004). Gıda mikrobiyolojisi. *Gıda Endüstrisi için Temel Esaslar ve Uygulamalar*. Çevirenler: Y. Sekin, N. Karagözlü. Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Plaza-Diaz, J., Ruiz-Ojeda, F. J., Gil-Campos, M., Gil, A. (2019). Mechanisms of action of probiotics. *Advances in Nutrition* 10, 49–66.
- R., Saxelin, M., Collins, K., Mogensen, G., Birkeland, S.-E., & Mattila-Sandholm, T. (1998). Demonstration of safety of probiotics a review. *International Journal of Food Microbiology*, 44(1-2), 93–106.
- Radovanović, M., Kekić, D., Gajić, I., Kabić, J., Jovićević, M., Kekić, N., Opavski, N., & Ranin, L. (2023). Potential Influence Of Antimicrobial Resistance Gene Content In Probiotic Bacteria On The Gut Resistome Ecosystems. *Frontiers in Nutrition*, 10.
- Rai, A.K., Pandey, A. and Sahoo, D. (2019). Biotechnological Potential of Yeasts in Functional Food Industry. *Trends in Food Science and Technology*, 83, 129-137.
- Roberfroid, M. B. (2000). Concepts And Strategy Of Functional Food Science: The European Perspective. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6), 1660S–1664S.

- Rodrigues, R. M., vd. (2012). Cryopreservation Of Probiotic Bacteria. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 3(3), 23–27.
- 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. (1998). Demonstration Of Safety Of Probiotics A review. *International Journal of Food Microbiology*, 44(1–2), 93–106.
- Sarkar, S. L., Hossain, M. I., Monika, S. A., Sanyal, S. K., Roy, P. C., Hossain, M. A., vd. (2020). Probiotic Potential Of *Pediococcus Acidilactici* And *Enterococcus Faecium* Isolated From Indigenous Yogurt And Raw Goat Milk. *Microbiology and Biotechnology Letters*, 48(3), 276–286.
- Schell MA, Karmirantzou M, Snel B, Vilanova D, Berger B, Pessi G, Zwahlen MC, Desiere F, Bork P, Delley M, Pridmore RD, Arigoni F. (2002). The Genome Sequence Of *Bifidobacterium Longum* Reflects Its Adaptation To The Human Gastrointestinal Tract. *Proc Natl Acad Sci USA* 99, 14422–14427.
- Sert, S. (2001). *Gıda Mikrobiyolojisi Uygulama Kitabı*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Seyirt S. (2022). *Ankara Da Satışa Sunulan Probiyotik Gıdalardan İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Antibiyotik Dirençlilik Düzeyinin Belirlenmesi*. (Yüksek lisans tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi’nden edinilmiştir. (Tez No. 734697)
- Shruthi, B., Deepa, N., Somashekaraiah, R., Adithi, G., Divyashree, S. ve Sreenivasa, M.Y. (2022). Exploring Biotechnological And Functional Characteristics Of Probiotic Yeasts: A Review. *Biotechnology Reports*, 34, 1-11.
- Silva, A.C.C., Silva, N.A., Pereira, M.C.S. and Vassimon, H.S. (2016) Alimentos Contendo Ingredientes Funcionais Em Sua Formulação: Revisão De Artigos Publicados Em Revistas Brasileiras. *Revista Conexão ciêNcia*, 11, 133-144.
- Silva, B.V., Barreira, J.C.M. and Oliveira, M.B.P.P. (2016). Natural Phytochemicals and Probiotics as Bioactive Ingredients for Functional Foods: Extraction, Biochemistry and Protected-Delivery Technologies. *Trends in Food Science and Technology*, 50, 144-158.
- Speck, M. L.(1984). *Compendium of Methods for The Microbiological Examination of Foods*. American Puplic Healt Association, Washington.
- Swanson, K. S., Gibson, G. R., Hutkins, R., Reimer, R. A., Reid, G., Verbeke, K., & Scott, K. P. (2020). The International Scientific Association For Probiotics And Prebiotics

- (ISAPP) Consensus Statement On The Definition And Scope Of Synbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 17, 687–701.
- Şahin, İ., Başoğlu F. (2014). *Gıda Mikrobiyolojisi*.
- Şengün, İ.Y. & Kırmızıgül, A. & Özaydın, İ. & Yarım, H. (2020). Tüketicilerin Probiyotik ve Prebiyotik Gıdalara Yönelik Bilgi Düzeyleri ve Tüketim Durumlarının Belirlenmesi: İzmir/Bornova Örneği. *The Journal Of Food*, 45(1), 103-114.
- Tojo, R., Suárez, A., Clemente, M.G., de los Reyes-Gavilán, C.G., Margolles, A., Gueimonde, M., Ruas-Madiedo, P. (2014). Intestinal Microbiota In Health And Disease: Role Of Bifidobacteria In Gut Homeostasis. *World J. Gastroenterol*, 20, 15163–15176.
- Tomar, O., Çağlar, A., Akarca, G. (2017). Kefir Ve Sağlık Açısından Önemi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 834-853.
- Tripathi, M. K., Giri, S. K. (2014). Probiotic Functional Foods: Survival Of Probiotics During Processing And Storage. *Journal of Functional Foods*, 9, 225-241.
- Turgut T. (2006). *Bazı Probiyotik Bakterilerin Dondurma Üretiminde Kullanım İmkânı*. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Tünay Akbörü. (2019). *Farklı Ticari Kültürler Ve Dane İle Üretilen Kefirlerin Özelliklerinin Karşılaştırılması*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 592436)
- Ünal, F., & Kalyas , A., Kaçan Z., Şengül M., Ürkek B. (2020). Ticari Kefirlerin Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *Gıda Teknolojisi Dergisi*, 45(3), 555-563.
- Wayne, P. A. (2002). *Performance Standards For Antimicrobial Disk Susceptibility Testing (12th Ed.)*. National Committee for Clinical Laboratory Standards. Villanova, PA.
- Weinzirl, J. (1915). The Thermal Death-Point Of Bacillus Coagulans. *Journal of Infectious Diseases*, 17(2), 323–334.
- Yildiz, S., Dertli, E., & Sağdıç, O. (2023). Isolation And Characterization Of Lactic Acid Bacteria From Traditional Turkish Fermented Foods: Evaluation Of Probiotic Properties. *International Journal of Food Microbiology*, 386, 110026.
- Yılmaz, B., & Akpınar, R. (2018). Assessment Of Probiotic Properties Of Bacterial Strains Isolated From Commercially Available Yogurts. *The Journal of Food*, 43(6), 1067–1076.

EKLER

Ek 1. Proje Destek Beyanı

Bu çalışma Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2024-945 kodlu proje ile desteklenmiştir.

