



T.C.

Ardahan Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı

Biyoteknoloji Bilim Dalı

**ARDAHAN YÖRESİNDE GELENEKSEL YÖNTEMLERLE
FERMENTE EDİLEN KIMI TURŞUSUNUN BAKTERİYEL VE
FUNGAL MİKROBİYOTASI İLE ANTİBAKTERİYEL VE
ANTİBİYOFİLM AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ**

Damla ADSIZ

Doç. Dr. Nurcan ERBİL

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2025

ARDAHAN YÖRESİNDE GELENEKSEL YÖNTEMLERLE FERMENTE EDİLEN
KIMI TURŞUSUNUN BAKTERİYEL VE FUNGAL MİKROBİYOTASI İLE
ANTİBAKTERİYEL VE ANTİBİYOFİLM AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ

Damla ADSIZ

Doç. Dr. Nurcan ERBİL

Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı
Biyoteknoloji Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2025

KABUL VE ONAY

Damla ADSIZ tarafından hazırlanan “Ardahan Yöresinde Geleneksel Yöntemlerle Fermente Edilen Kıymı Turşusunun Bakteriyel ve Fungal Mikrobiyotası ile Antibakteriyel ve Antibiyofilm Aktivitesinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma, 24.06.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Okan EŞTÜRK (Başkan)

Doç. Dr. Nurcan ERBİL (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YÜKSEL

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ŞENEL
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Ardahan Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / Ardahan Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

24/06/2025

Damla ADSIZ

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) *Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*
- (2) *Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*
- (3) *Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

** Tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.*

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, **Doç. Dr. Nurcan ERBİL** danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Damla ADSIZ

ÖN SÖZ

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, Ardahan yöresinde geleneksel olarak üretilen ve yöre halkı tarafından tüketilen Kımı turşusu ele alınmıştır. Bu çalışma kapsamında, yöre halkı tarafından “Kımı” olarak adlandırılan ve literatürde sistematik tür ismi ile alakalı netlik bulunmayan bu bitkinin sistematik tür teşhisi yapılmış ve literatüre kazandırılmıştır. Buna ek olarak Kımı (*Bunium cylindricum* (Boiss. & Hohem.) Drude) bitkisinden fermentasyon ortamı olarak peynir altı suyunun kullanıldığı ve fermentasyon ortamına sirke eklendiği iki farklı fermentasyon yöntemi ile iki farklı Kımı turşusu elde edilmiştir. Spontan fermentasyon ile elde edilen bu Kımı turşularının bakteriyel ve fungal mikrobiyotası METAGENOM analizleri ile tespit edilmiştir. Ayrıca Kımı turşularının farklı test bakterilerine karşı antibakteriyel ve antibiyofilm potansiyelleri araştırılmıştır. Bu çalışma hem Ardahan yöresine özgü geleneksel bir fermente gıda ürününe karşı farkındalık oluşturulması hem de peynir sanayisinin bir yan ürünü olarak ortaya çıkan peynir altı suyunun değerlendirilmesine yönelik bir alternatif oluşturması açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, iki farklı Kımı turşusunun literatürde ilk defa bakteriyel ve fungal mikrobiyotasının ortaya konulması ve karşılaştırılması açısından da özgün bir değere sahiptir.

Bu çalışma Ardahan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2023-2)ÖNP-Sağl-003 nolu proje ile desteklenmiştir.

Yüksek lisans tezimin her aşamasında emeği geçen ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Nurcan ERBİL’e, bitki örneklerinin sistematik teşhisinde desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ahmet İLÇİM’e, yüksek lisans ders döneminde destek aldığım Biyoteknoloji ABD’nin değerli hocalarına, bu süreçte emeği geçen Yasin METE’ye ve her zaman yanımda olan ve bugünlere gelmemde büyük emekleri bulunan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Damla ADSIZ

Ardahan 2025

ÖZET

ADSIZ, Damla. *Ardahan Yöresinde Geleneksel Yöntemlerle Fermente Edilen Kıymı Turşusunun Bakteriyel ve Fungal Mikrobiyotası ile Antibakteriyel ve Antibiyofilm Aktivitesinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ardahan, 2025.

Türkiye sahip olduğu jeolojik ve iklimsel özelliklerden dolayı oldukça geniş bir bitki florasına sahiptir. Bu bitkilerin önemli bir kısmı halk arasında gıda, çay ve baharat olarak veya çeşitli hastalıklara karşı şifa bulmak amacıyla kullanılabilmektedir. Ardahan yöresinde doğal olarak yetişen ve halk arasında “Kıymı” olarak bilinen bitki, genellikle turşu halinde tüketilmektedir. Kıymı turşusu Ardahan ilinde yöresel olarak üretilen ve tüketilen bir fermente gıda ürünü olup, bununla alakalı literatürde yeteri kadar çalışma mevcut değildir. Bu çalışmada, Ardahan’da doğal ortamından toplanan Kıymı bitkisi preslenerek kurutulmuş ve sonrasında sistematik tür teşhisi yapılmıştır. Ayrıca, çalışma kapsamında analizlerde kullanılmak üzere geleneksel yöntemlerle hem sirke ile fermente edilen (SKT) hem de peynir altı suyu kullanılarak fermente edilen (PASKT) iki farklı Kıymı turşusu üretilmiştir. Üretilen her iki Kıymı turşusunun antibakteriyel özellikleri minimum inhibisyon konsantrasyon (MIC), minimum bakterisidal konsantrasyon (MBC) ve maksimum tolere edilebilir konsantrasyon (MTC) yöntemleri ile tespit edilirken; antibiyofilm aktivitesi kristal viyole yöntemi ile belirlenmiştir. Üretilen Kıymı turşusu örneklerinin bakteriyel mikrobiyotası 16S METAGENOM analizleri ile, fungal mikrobiyotası ise ITS METAGENOM analizleri ile tespit edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde Kıymı adı ile bilinen bitkinin *Bunium cylindricum* (Boiss. & Hohem.) Drude olduğu saptanmıştır. Antibakteriyel aktivite sonuçlarına göre PASKT test bakterileri arasında en yüksek antibakteriyel aktiviteyi *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6538’a karşı sergilerken; SKT’ye karşı en duyarlı olan bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 olarak belirlenmiştir. PASKT’nin *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Bacillus licheniformis* ATCC 14580’te biyofilm oluşumunu daha yüksek oranda inhibe ettiği belirlenirken, SKT’nin ise *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 ve *Bacillus licheniformis* ATCC 14580’e karşı daha yüksek oranda antibiyofilm aktivite sergilediği tespit edilmiştir. 16S METAGENOM sonuçlarına göre PASKT’de baskın olan bakteri cinsi

Bacteroides (%23.12) iken SKT’de baskın olan bakteri cinsi ise *Latilactobacillus* (%29.86) olarak tespit edilmiştir. ITS METAGENOM sonuçlarına göre ise PASKT fungal mikrobiyotasında baskın olan cins *Dipodascus* (%87.51) iken, SKT fungal mikrobiyotasında baskın olan cins ise *Penicillium* (%16.6) olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada PASKT’nin üretilmesi esnasında fermantasyon ortamı olarak peynir altı suyu kullanılmıştır. Bu durum besin içeriği yönünden zengin, ancak atık olarak değerlendirilen ve çevre kirliliklerine neden olabilen peynir altı suyunun değerlendirilmesine yönelik bir alternatif oluşturma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, bu çalışma ile geleneksel bir ürün olan Kımı turşusuna karşı farkındalık oluşabilecektir.

Anahtar Sözcükler:

Ardahan, Kımı Turşusu, *Bunium Cylindricum*, Bakteriyel Mikrobiyota, Fungal Mikrobiyota, Antibakteriyel, Antibiyofilm

ABSTRACT

ADSIZ, Damla. *Determination of Bacterial and Fungal Microbiota and Antibacterial and Antibiofilm Activity of Kımı Pickles Fermented with Traditional Methods in Ardahan Region*, Master Thesis, Ardahan, 2025.

Türkiye has a very wide flora due to its geological and climatic characteristics. A significant number of these plants can be used as food, tea and spices or for healing against various diseases. The plant known as “Kımı”, which grows naturally in Ardahan region, is generally consumed as pickle. Kımı pickle is a fermented food product produced and consumed locally in Ardahan province and there are not enough studies in the literature about it. In this study, the Kımı plant collected from its natural environment in Ardahan was pressed and dried and then systematic species identification was made. In addition, two different Kımı pickles, both fermented with vinegar (SKT) and fermented with whey (PASKT), were produced with traditional methods to be used in the analysis. The antibacterial properties of both Kımı pickles were determined by minimum inhibitory concentration (MIC), minimum bactericidal concentration (MBC), and maximum tolerable concentration (MTC) methods and antibiofilm activity was determined by crystal violet method. The bacterial microbiota of the Kımı pickle samples were determined by 16S METAGENOM analysis and the fungal microbiota were determined by ITS METAGENOM analysis and compared. As a result, it was determined that the plant known as Kımı is *Bunium cylindricum* (Boiss. & Hohem.) Drude. According to the antibacterial activity results, PASKT exhibited the highest antibacterial activity against *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495, and *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 among the test bacteria, while *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 was the most sensitive to SKT. It was determined that PASKT inhibited biofilm formation at a higher rate against *Escherichia coli* ATCC 8739 and *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, while SKT exhibited higher antibiofilm activity against *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 and *Bacillus licheniformis* ATCC 14580. According to the 16S METAGENOM results, the dominant bacterial genus in the PASKT was *Bacteroides* (23.12%), while the dominant bacterial genus in the SKT was *Latilactobacillus* (29.86%). According to ITS METAGENOM results, *Dipodascus* was

the dominant genus (87.51%) in the PASKT fungal microbiota, while *Penicillium* was the dominant genus (16.6%) in the SKT fungal microbiota. In this study, whey was used as the fermentation medium during the production of PASKT. This has the potential to create an alternative for the utilization of whey, which is rich in nutrient content but is considered as waste and can cause environmental pollution. In addition, this study will raise awareness about Kımı pickles, a traditional product.

Keywords:

Ardahan, Kımı Pickle, *Bunium cylindricum*, Bacterial Microbiota, Fungal Microbiota, Antibacterial, Antibiofilm



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

PASKT	Peynir Altı Suyu Kullanılarak Fermente Edilen Kıymı Turşusu
SKT	Sirke Kullanılarak Fermente Edilen Kıymı Turşusu
PAS	Peynir Altı Suyu
g	Gram
L	Litre
LAB	Laktik Asit Bakterileri
mg	Miligram
mL	Mililitre
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
MIC	Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu
MBC	Minimum Bakterisidal Konsantrasyonu
MTC	Maksimum Tolere Edilebilir Konsantrasyon
EPS	Ekzopolisakkarit

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. <i>Bunium cylindricum</i> 'un yağ bileşenleri	4
Tablo 2. Fermente sebze ürünlerinde bulunan laktik asit bakterileri	8
Tablo 3. Laktik asit bakterileri tarafından üretilen başlıca bakteriyosinler	10
Tablo 4. Bağırsak mikrobiyal flora biyolojisi ve disbiyozisi	16
Tablo 5. Probiyotik mikroorganizmalar	18
Tablo 6. Kıymı turşusu örneklerinin MIC, MTC ve MBC sonuçları.....	43
Tablo 7. PASKT bakteriyel mikrobiyotası şube seviyesi taksonomisi	48
Tablo 8. PASKT bakteriyel mikrobiyotası aile seviyesi taksonomisi.....	48
Tablo 9. PASKT bakteriyel mikrobiyotası cins seviyesi taksonomisi.....	49
Tablo 10. SKT bakteriyel mikrobiyotası şube seviyesi taksonomisi	51
Tablo 11. SKT bakteriyel mikrobiyotası aile seviyesi taksonomisi.....	52
Tablo 12. SKT bakteriyel mikrobiyotası cins seviyesi taksonomisi	52
Tablo 13. PASKT fungal mikrobiyotası şube seviyesi taksonomisi.....	57
Tablo 14. PASKT fungal mikrobiyotası aile seviyesi taksonomisi	57
Tablo 15. PASKT fungal mikrobiyotası cins seviyesi taksonomisi.....	57
Tablo 16. SKT fungal mikrobiyotası şube seviyesi taksonomisi.....	58
Tablo 17. SKT fungal mikrobiyotası aile seviyesi taksonomisi	59
Tablo 18. SKT fungal mikrobiyotası cins seviyesi taksonomisi.....	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. LAB metabolik yolağı (Endo ve diğerleri, 2019).	7
Şekil 2. Kımı bitkisi (<i>Bunium cylindricum</i> (Boiss.& Hohem.) Drude).....	32
Şekil 3. Okuma kalitesi (Forward ve Reverse)	48
Şekil 4. PASKT bakteriyel mikrobiyota için Krona grafiğı.....	51
Şekil 5. SKT bakteriyel mikrobiyota için Krona grafiğı.....	55
Şekil 6. PASKT okuma kalitesi (Forward ve Reverse)	56
Şekil 7. SKT okuma kalitesi (Forward ve Reverse).....	57
Şekil 8. PASKT fungal mikrobiyota için Krona grafiğı	58
Şekil 9. SKT fungal mikrobiyota için Krona grafiğı	60

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1.PAS ile fermente edilen Kıymı turşusunun (PASKT) antibiyofilm etkisi	45
Grafik 2. Sirke ile fermente edilen Kıymı turşusunun (SKT) antibiyofilm etkisi	47



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	ii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖN SÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
GRAFİKLER DİZİNİ	xiii
İÇİNDEKİLER	xiv
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM.....	3
KİMİ BİTKİSİ (BUNİUM CYLİNDRİCUM (BOİSS. & HOHEM.) DRUDE)	3
1.1. TURŞUNUN TANIMI VE TARİHÇESİ	4
1.2. TURŞU ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAM MADDELER.....	5
1.3. TURŞUNUN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİSİ	5
1.4. TURŞU FERMANTESYONU	6
1.5. ANTİBAKTERİYEL ETKİ	10
1.5.1. Antibakteriyel Etki Mekanizmaları	11
1.6. BİYOFİLM YAPISI.....	12
1.6.1. Biyofilm Oluşumu	13
1.7. ANTİBİYOFİLM MEKANİZMASI	14
1.8. MİKROBİYATANIN ÖNEMİ.....	15
1.9. DİSBİYOSİZ	16
1.10. PROBİYOTİK MİKROORGANİZMALAR VE ÖNEMLERİ	18
1.11. FERMENTE GIDA ÜRÜNLERİNİN İNSAN MİKROBİYOTASI ÜZERİNE ETKİSİ	20
2. BÖLÜM.....	22
LİTERATÜR ÖZETİ	22

2.1. FERMENTE GIDA ÜRÜNLERİNİN MİKROBİYOTASI	22
2.2. FARKLI TURŞU ÖRNEKLERİNİN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ	25
2.3. FERMENTE GIDA ÜRÜNLERİNİN ANTİBİYOFİLM AKTİVİTESİ	29
3. BÖLÜM.....	32
MATERYAL METOD	32
3.1. KIMI BİTKİSİNİN TOPLANMASI	32
3.2. KIMI BİTKİSİNİN SİSTEMATİK TEŞHİSİ.....	32
3.3. KIMI TURŞUSU FERMANTASYONU	33
3.4. ANTİBAKTERİYEL AKTİVİTENİN BELİRLENMESİ.....	33
3.4.1. Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MIC).....	34
3.4.2. Maksimum Tolere Edilebilir Konsantrasyon (MTC).....	34
3.4.3. Minimum Bakterisidal Konsantrasyon (MBC)	34
3.5. ANTİBİYOFİLM AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ	35
3.6. BAKTERİYEL MİKROBİYOTA İÇİN 16S METAGENOM ANALİZLERİ.....	35
3.7. FUNGAL MİKROBİYOTA İÇİN ITS METAGENOM ANALİZLERİ	37
4. BÖLÜM.....	39
BULGULAR VE TARTIŞMA.....	39
4.1. KIMI TURŞUSUNUN ANTİBAKTERİYEL AKTİVİTESİ.....	39
4.2. KIMI TURŞUSUNUN ANTİBİYOFİLM AKTİVİTESİ.....	44
4.3. KIMI TURŞUSUNUN BAKTERİYEL MİKROBİYOTASI.....	47
4.4. KIMI TURŞUSUNUN FUNGAL MİKROBİYOTASI.....	56
SONUÇ.....	64
KAYNAKÇA	67
EKLER.....	85
EK 1. ORJİNALLİK RAPORU FORMU	85
EK 2. ETİK KURUL YA DA MUAFİYET İZNİ	86
ÖZ GEÇMİŞ.....	87

GİRİŞ

Turşu, farklı sebze ve meyvelerin, fermantasyon ortamındaki laktik asit bakterileri tarafından üretilen laktik asidin ve ortama eklenen tuzun etkisi ile dayanıklı hale getirildiği ve daha çok garnitür olarak tüketilen bir ürün olarak tanımlanabilmektedir. Turşu üretimi kısa sürede bozulmaya yatkın olan meyve ve sebzelerin uzun süre muhafazasına imkan sağlamakla birlikte; kendine has lezzet, aroma ve yapıya sahip bir fermente ürün olarak karşımıza çıkmaktadır (Mıdık ve diğerleri, 2020). Turşu üretimi esnasında ortama eklenen tuz konsantrasyonu oldukça önemlidir. Çünkü yüksek tuz konsantrasyonu, fermantasyon ortamında gelişmesi beklenen ve fermantasyonda önemli rol oynayan laktik asit bakterilerinin gelişmesini engellerken; düşük tuz konsantrasyonu ise fermantasyon ortamında bozulmaya neden olabilecek istenmeyen mikroorganizmaların gelişmesine müsaade edebilmektedir (Uylaşer ve Başoğlu, 1989). Buna göre laktik asit fermantasyonu ve tuz konsantrasyonu turşu üretiminde önem arz etmektedir.

Turşu fermantasyonu esnasında ham maddenin doğal mikroflorası içinde yer alan laktik asit bakterileri önemli bir role sahiptir ve laktik asit fermantasyonunu gerçekleştirmektedir. Böylece ham maddeden farklı karakteristiklere sahip yeni bir ürün oluşmaktadır (Hutkins, 2008). Birçok ülkede özellikle sebzelerin laktik asit fermantasyonu yoluyla fermente edilerek daha dayanıklı hale getirilmeleri ve böylece raf ömürlerinin arttırılması gün geçtikçe daha da önem kazanmaya başlamaktadır. Hatta bu işlem günümüzde muhafaza amacından çok çeşni elde etmek amacıyla yapılmaktadır. Günümüzde endüstriyel olarak fermente sebze üreten işletmeler nicel olarak artış göstermiş durumdadır. Ülkemiz hem sahip olduğu coğrafik koşullar hem de iklim koşulları nedeniyle birçok sebzenin üretimi için uygun olup, bu da fermente sebze ürün çeşitliliğini arttırabilmektedir. Bunların başında lahana, biber, fasulye, domates ve patlıcan yer almaktadır (Aktan ve diğerleri, 1999; Ova, 2002).

Laktik asit fermantasyonu sadece gıda ürünlerinin raf ömrünü arttırmakla kalmayıp, aynı zamanda istenmeyen mikroorganizmalar tarafından üretilen toksin oluşumu ve/veya gıda bozulmalarına karşı da gıdalarda bir koruma sağlanmakta ve fermantasyon ortamında patojen mikroorganizmaların gelişimi büyük oranda engellenmekte ve elde edilen fermente ürünün besinsel değerini arttırmaktadır

(Steinkraus, 1983). Ayrıca, turşu sahip olduğu asidik ortamdan dolayı önemli bir gıda zehirlenmesi etkeni olan *Clostridium botulinum* sporlarının germinasyonuna, gelişimine ve dolayısıyla toksin üretimine olanak tanımamaktadır (Acosta ve diğerleri, 2015). Turşunun fermantasyon sürecinde laktik asit bakterilerinin görev aldığı bilinmekte olup, yapılan bir çalışmada çalışılan turşu örneklerinde baskın bakteri türlerinin *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Leuconostoc* sp. ve *Streptococcus lactis* olduğu bildirilmiştir (Wang ve Li, 2017).

Literatürde Kımı turşusu ile ilgili oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Yangılar ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada toplam laktik asit bakteri sayısının peynir altı suyu eklenerek üretilen Kımı turşusu örneklerinde, peynir altı suyu eklenmeyen turşu örneğine göre daha yüksek düzeyde olduğu bildirilmiştir. Benzer bir şekilde protein ve kuru madde miktarlarının da peynir altı suyu ile üretilen turşu örneklerinde, peynir altı suyu içermeyenlere göre daha yüksek olduğu raporlanmıştır (Yangılar ve diğerleri, 2018).

1. BÖLÜM

KIMI BİTKİSİ (*Bunium cylindricum* (BOİSS. & HOHEM.) DRUDE)

Bunium cylindricum (Boiss. & Hohem.) Drude, Ardahan yöresinde “Kımı” adıyla bilinmektedir. Bu tür Apiaceae familyasına ait olan ve yaklaşık olarak 50 türe sahip olan *Bunium* cinsine aittir. Asya, Avrupa ve Kuzey Afrika'da doğal olarak yayılım göstermektedir (Adelifar ve Rezanejad, 2021). Kımı bitkisi Ardahan yöresinde Mayıs-Haziran ayları civarında yetismekte olup, yöre halkı tarafından farklı şekillerde tüketilebilmektedir. Çiğ olarak veya pişirilip salata şeklinde tüketimi söz konusu olsa da daha çok turşu olarak tüketilmektedir. Literatürde *Bunium cylindricum* bitkisi ve Kımı turşusu ile ilgili oldukça sınırlı sayıda çalışmanın mevcut olduğu görülmektedir. Aralarında Kımı bitkisinin de bulunduğu beş bitki türünün biyokimyasal içeriği ve antioksidan özelliklerinin çalışıldığı bir çalışmada, kullanılan bitki türleri arasında en yüksek askorbik asit içeriğinin Kımı bitkisinde tespit edildiği, antioksidan aktivitesinin ise ortalama düzeyde olduğu bildirilmiştir (Murathan, 2018).

Başka bir çalışmada ise *Bunium cylindricum*'un da aralarında bulunduğu bitkilerinin yağ bileşenleri karşılaştırılmış olup, çalışmada rapor edilen *Bunium cylindricum*'a ait yağ bileşenleri sonuçları Tablo1'de sunulmuştur. Bu verilere göre Miristisin ve β -felandren'nin yüzde alan bakımından en baskın bileşenler olduğu görülmektedir. Ayrıca, aynı çalışmada *Bunium cylindricum*'un antibakteriyel aktivitesini tespit etme yönünde analizler yapılmış ancak kullanılan test bakterilerine karşı herhangi bir antibakteriyel aktivite tespit edilmediği bildirilmiştir (Masoudi ve diğerleri, 2005).

Tablo 1. *Bunium cylindricum*'un yağ bileşenleri

Bileşen	RI	%	Bileşen	RI	%
α -thujen	931	0.2	(E)- β -ocimene	1050	0.7
α -pinen	939	10.7	β -karyofilen	1418	0.7
Sabinen	979	0.7	Germakren D	1480	1.7
β -pinen	980	15.6	Miristisin	1520	43.1
Mirsen	991	1.0	Germakren B	1556	0.5
α -phellandren	1005	1.2	Karyofilen oksit	1581	0.2
β -phellandren	1031	20.0			
(Z)- β -ocimene	1040	3.7	Total		100

Kaynak: (Masoudi ve diğerleri, 2005)

1.1. TURŞUNUN TANIMI VE TARİHÇESİ

Turşu ismi Farsça'da "ekşi/kekre" anlamına gelen "Turuş" kelimesinden türemiş olup, turşunun ilk olarak kim tarafından keşfedildiği ve ilk ne zaman ortaya çıktığı hakkındaki bilgiler net olarak bilinmemekle birlikte, tarihte birçok toplumun bu yöntemi kullandığına dair veriler mevcuttur. Örneğin; Hititlerin ve Çinlilerin taze sebzeler ve tuzlu su ile turşu ürettiklerine dair kaynaklar mevcut olmakla birlikte, ilk kez Mısırlıların salamura suyuna sirke koyarak turşu hazırladığı bildirilmektedir (Gürsoy, 2014). Turşu üretiminin tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Farklı bir kaynağa göre ise turşu üretiminin 4000 yıl önce Çin'de lahana, şalgam, turp, havuç ve Asya ve Uzak Doğu'ya has yerel sebzelerin fermentasyonu ile başlamış olabileceği rapor edilmiştir. Hıyarın 4000 yıl önce Hindistan'dan Orta Doğu'ya getirildiğine ve turşusunun ilk defa burada üretildiğine de inanılmaktadır. Yunan yazar Eupolis'e ait bir oyunda (M.Ö. 429-421) hıyar turşusuna ait ilk yazılı belgelere rastlanmaktadır. Yıllardır Mısır'da, evlerde ve küçük işletmelerde sebze turşularının üretildiği bilinmektedir. Yine Kore şiiirinde Uzak Doğu'da yaygın olarak tüketilen Kimchi'ye ait yazılı kayıtlara rastlanmıştır (Erkmen ve diğerleri, 2020).

Sağlıklı beslenme insan sağlığını etkileyen en önemli etkenler arasındadır. Bu yüzden insan sağlığı için faydalı ve fonksiyonel özelliklere sahip olan gıdalar son zamanlarda daha da ön plana çıkmaktadır (Zhang ve diğerleri, 2018; Wang ve diğerleri, 2019; Sağdıç ve diğerleri, 2020). Fermente gıdalar da sağlıklı olarak kabul edilen gıdalar arasında yerini almış olup, çok uzun yıllardan beri dünyanın farklı bölgelerinde insanlar tarafından sevilerek tüketilmektedir. Ayrıca bu ürünler, dünya gıda tüketiminin üçte birini oluşturan gıdalar arasındadır. Fermentasyon süresinde hem gıdanın raf ömrü uzamakta hem de üretilen lezzet bileşenleri sayesinde fermente ürün, tüketicileri duyuusal açıdan

etkilemektedir (Campbell-Platt, 2014; Demirgöl ve Sağdıç, 2018). Meyve ve/veya sebzelerin laktik asit fermantasyonu yolu ile muhafazasının sağlanması çok eski dönemlerden günümüze kadar uzanan gıda koruma yöntemlerinden biridir. Turşu ise laktik asit bakterilerinin (LAB) gerçekleştirdiği laktik asit fermantasyonu neticesinde üretilen bir fermente gıda ürünü olup, önemli fermente gıda ürünlerinin başında gelmektedir (Tokatlı ve diğerleri, 2012).

1.2. TURŞU ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAM MADDELER

Turşu fermantasyonu, gıdaların korunmasında kullanılan en eski yöntemlerinin başında gelmektedir (Nurul ve Asmah, 2012). Dünyanın farklı bölgelerinde farklı sebzelerin ham madde olarak kullanıldığı fermente sebze ürünleri üretilmektedir. En çok bilinen fermente sebze ürünleri arasında sauerkraut (Almanya ve İsviçre), kimchi (Kore), achar (Hindistan), tsukemono (Japonya) vb. yer almaktadır (Davison, 2018). Turşu; lahana, salatalık, havuç, yeşil domates, biber, patlıcan ve fasulye gibi sebzelerden üretilen geleneksel fermente bir üründür. Hatta ülkemizde farklı bölgelerinde mantardan kiraza kadar hemen hemen her türlü ürünün turşusu yapılmaktadır (Karadeniz, 2014).

1.3. TURŞUNUN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİSİ

Meyveler ve sebzeler içeriği ve miktarı değişmekle birlikte önemli miktarda fenolik maddeler, vitaminler, mineraller, antioksidan özellikte fitokimyasallar ve diyet lifleri gibi birçok gıda bileşenlerini bünyesinde bulundurabilmektedir. Bu bileşenler çoğunlukla fonksiyonel özellikte olmakta ve dolayısıyla bu gıdalar sağlıklı gıdalar olarak kabul edilmektedirler. Turşu yapımı esnasında ham madde olarak kullanılan meyve ve sebzelerinde bulunan bu bileşenler fermantasyon ortamına da geçmekte ve turşunun besinsel içeriğini önemli oranda etkilemektedir (Tokatlı ve diğerleri, 2012).

Şalgam, biber, turp, lahana, havuç ve zeytin gibi çeşitli birçok meyve ve sebzenin *Pediococcus pentosaceus*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus delbrueckii* gibi bakterilerce fermente edildiği ve fermantasyon sonucunda üretilen turşuların raf ömürlerinin uzadığı ve aroma karakteristiklerinin korunduğu bilinmektedir. Bu fermente ürünlerin sularının ise idrar söktürücü etkiye sahip olduğu, böbrek kumu ve taşının düşürülmesine ve vücuttaki toksinlerin atılmasına, kan çıbanı, ergenlik sivilceleri, apse, dolama ve egzama tedavisine,

bronşların ve akciğerin temizlenmesine yardımcı olduğu ve ayrıca göğsü yumuşatıcı etkisinin bulunduğu bildirilmektedir (Farnworth, 2008; Üçok ve Tosun, 2012; Akan ve diğerleri, 2013; Rai ve Bai, 2015).

Fermente lahanada S-metilmetiyonin adlı bir etken madde bulunmakta olup, bu etken madde midede tümör oluşumunu azaltıcı bir etkiye sahiptir. Hatta içerdiği izotiyasinler yoluyla meme, kolon, akciğer, ve karaciğer kanserlerine karşı önleyici etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Kusznierewicz ve diğerleri, 2008).

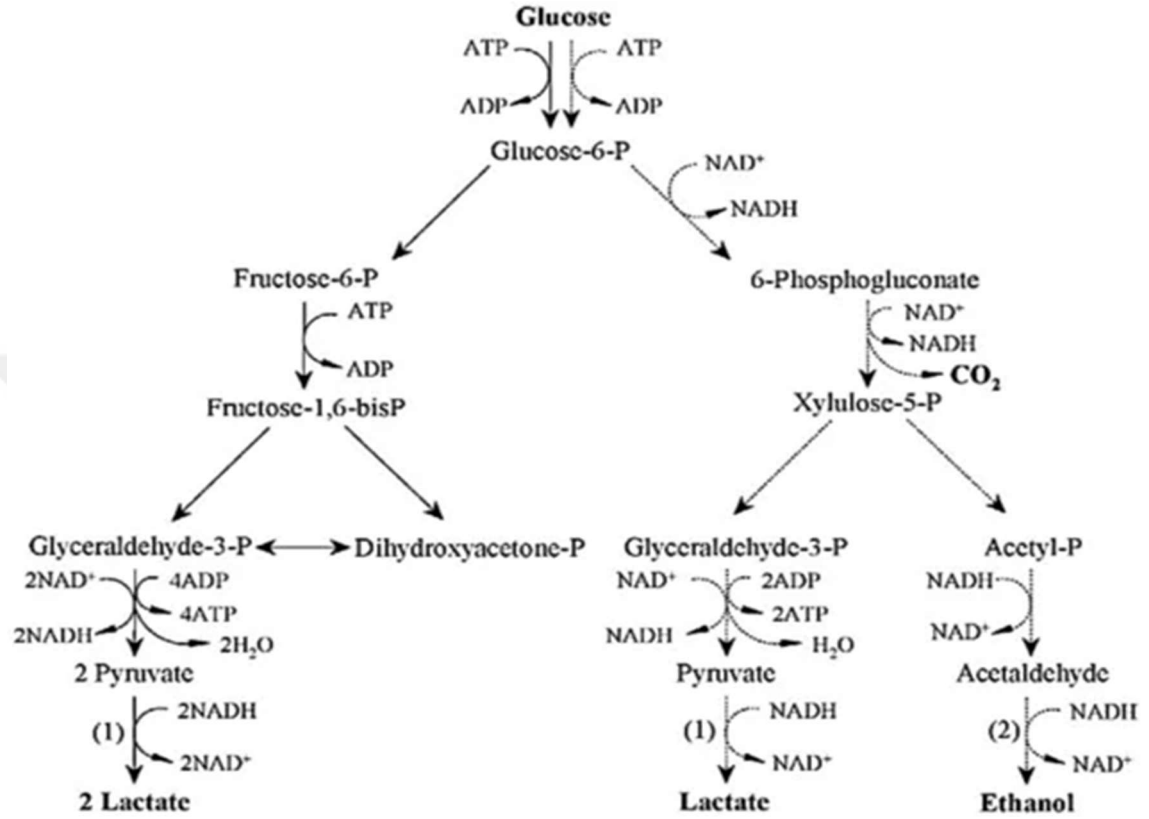
1.4. TURŞU FERMANTESYONU

Laktik asit bakterileri (LAB), gıda teknolojisi açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. LAB yoğurt, kıyma ve kefir gibi fermente süt ürünlerinin yanı sıra, salatalık turşusu, sauerkraut (Alman usulü lahana turşusu) ve salamura yeşil zeytin gibi fermente sebze ürünleri ile boza, ekmek, tarhana ve oğ (fermente bir tahıl ürünü) gibi tahıl bazlı gıdalarda, buna ek olarak şarap, balık sosu ve sucuk gibi birçok gıdanın üretimi, olgunlaştırılması ve raf ömrünün uzatılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Holzapfel ve Wood, 1995; Caplice ve Fitzgerald, 1999; Blandino ve diğerleri, 2003).

LAB olarak kabul edilen grupta yer alan bakteriler gram-pozitif, genel olarak spor oluşturmayan, kok veya basil şekilli hücrelerdir. Bu bakteriler karbonhidratların fermente edilmesi sonucunda ana son ürün olarak laktik asit üretirler (Axelsson, 2004). LAB tanımı, 1919 yılında Orla-Jensen tarafından ilk kez kayıt altına alınmış ve devam etmiştir (Champagne, 1994). *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Oenococcus* ve *Streptococcus* olmak üzere altı LAB cinsi gıda endüstrisi açısından ayrı bir öneme sahiptir. Çünkü bu cinsler patojen özellikte olmayıp, aynı zamanda fermente gıda ürünlerinin üretiminde starter kültür olarak kullanıma potansiyeline sahiptirler (Holzapfel, 2003; Moreno ve diğerleri, 2006).

Fonksiyonel bir solunum sistemine sahip olmayan LAB, enerji elde etmek için iki metabolik yol izler: homofermentatif ve heterofermentatif. Şekil 2’de gösterildiği gibi, ilk yol esas olarak laktik asit üretimine dayalı olarak glikolizle ilişkilidir. İkinci yol ise pentoz fosfat yolu olarak bilinen ve laktik asit üretiminin yanı sıra karbondioksit (CO₂) ile birlikte etanol veya asetat üretimi ile karakterize edilir (Salminen ve Von Wright, 2004). Homofermentatif LAB’lar, glikozu EMP (Embden Meyerhoff Parnas) yolunu kullanarak parçaladıktan sonra, %90 laktik asit ve %10 CO₂ oluşturlar. Heterofermentatif

LAB'lar ise glikozu HMP (Hekzozmonofosfat) yoluyla parçalayarak laktik asit üretirler ve bunun yanı sıra asetik asit, CO₂, ve etanol gibi yan ürünler de oluştururlar. LAB tarafından üretilen laktik asit miktarı, türe göre değişim gösterebilmektedir (Bulut, 2003; Etöz, 2006).



Şekil 1. LAB metabolik yolağı (Endo ve diğerleri, 2019).

Fermantasyon sürecinin temel amacı, NADH molekülünün NAD koenzimine dönüştürülerek glikoliz metabolizmasına yeniden kazandırılması ve oluşan pirüvat molekülünden laktik asit veya etanol gibi son ürünlerin meydana getirilmesidir. Glikoliz esnasında üretilen pirüvat molekülünün, farklı fermantasyon süreçleri neticesinde çeşitli son ürünlere dönüştüğü belirtilmiştir (Medina, 2019; Aslam ve diğerleri, 2020). Fermantasyon sürecinin sonunda ortaya çıkan yeni fermente besin, başlangıçtaki ana maddeye göre farklı özelliklere sahip olur. Bu farklılığın temel nedenleri arasında; kullanılan mikroorganizma türü, fermantasyonun gerçekleştiği çevresel koşullar, ana maddenin içeriğindeki besin öğeleri ve uygulanan fermantasyon yöntemi sayılabilir. Özellikle mikroorganizmalar, yeni fermente besinin tat, koku, renk ve dokusu gibi duyuşsal özelliklerinin oluşumunda önemli bir rol oynarlar (Ünsal ve Yıldırım, 2023).

Tablo 2. Fermente sebze ürünlerinde bulunan laktik asit bakterileri

Ürün	Mikroorganizma	Hammadde
Sauerkraut	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Lahana
	<i>Lactobacillus brevis</i>	
	<i>Lactobacillus plantarum</i>	
	<i>Lactobacillus curvatus</i>	
	<i>Lactobacillus sake</i>	
Turşu	<i>Pediococcus cerevisiae</i>	Salatalık
	<i>Lactobacillus plantarum</i>	
Zeytin	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Zeytin
	<i>Lactobacillus plantarum</i>	

Kaynak: (Caplice ve Fitzgerald, 1999)

Bazı fermente gıda ürünleri fermantasyondan hemen sonra taze olarak tüketime uygun değildir, çünkü çoğu zaman fermente ürünlerdeki bazı biyokimyasal değişikliklerin meydana gelebilmesi için zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayıdır ki olgunlaşma sürecinde karboksilik asitler, diasetil, esterler, aldehitler ve ketonlar da dahil olmak üzere aroma verici spesifik bileşiklerin oluşumu sayesinde ürünlerin duyu kalitesi artmakta ve stabilite sağlanabilmektedir. Tüm bu faktörler, gıda ürününün sağlık destekleyici özelliğine ve duyu çekiciliğine önem veren tüketicilerin, bu gıda ürünü tercih etmeleri yönünde teşvik edici olabilmektedir (Admassie, 2018; Śmiechowska ve diğerleri, 2018; Wu ve diğerleri, 2021).

Fermantasyon reaksiyonları, mikroorganizmaların kullanım şekline göre doğal fermantasyon, backslopping yöntemi ve kontrollü fermantasyon olmak üzere üç ana gruba ayrılır. Doğal (spontan) fermantasyonda herhangi bir starter kültür kullanılmazken, backslopping yönteminde bir önceki fermantasyon ürününden elde edilen ürünün bir kısmı kültür olarak kullanılır. Kontrollü fermantasyonda ise starter adı verilen özel mikroorganizma kültürleri kullanılır. Gıda endüstrisinde, standardizasyonu kolaylaştırması ve süreci hızlandırması nedeniyle starter kültür kullanımı daha yaygındır (Kim ve diğerleri, 2018; Oktay ve Özbaş, 2020; Voidarou ve diğerleri, 2020). Endüstriyel olarak üretilen fermente ürünlerde standardizasyonun sağlanamaması gibi dezavantajlardan dolayı doğal (spontan) fermantasyon ve backslopping yöntemleri pek tercih edilmemektedir. Bu şekilde başlatılan bir fermantasyonda, ilave edilen kültür miktarı her işlemde tutarlı olmadığından, fermantasyonun kontrollü bir süreç olarak değerlendirilmediği belirtilmektedir (Vinicius De Melo Pereira ve diğerleri, 2020). Endüstride en yaygın kullanılan fermantasyon yöntemi, ham maddeye starter kültür kullanılarak gerçekleştirilen fermantasyon yöntemidir. Starter kültür, kontrollü ve

güvenilir bir süreç sağlamak amacıyla kullanılır (Demirgöl ve Sağdıç, 2017). Çünkü starter kültürün kullanıldığı işlemler, diğer yöntemlere göre daha hızlı ve ürün açısından tutarlı bir fermantasyon süreci sunarken, aynı zamanda duyuşal olarak da arzu edilen özelliklere sahip ürünlerin elde edilmesini mümkün kılar (Vinicius De Melo Pereira ve diğerleri, 2020).

Doğal (spontan) fermantasyon tekniğı ile üretilen fermente gıdalar genellikle ham maddelerden ve ortamdan kaynaklanan mikrobiyota ile kendiliğinden fermente olarak üretilir (Hesseltine, 1965; Wood, 2012). Fermantasyon süreci mayalar, filamentli funguslar ve bakteriler olmak üzere çeşitli mikroorganizmalar tarafından yürütölmekte olup, bu süreçte proteinlerin, karbonhidratların ve lipidlerin bu mikroorganizmalar tarafından metabolize edilmesi söz konusudur. Fermantasyon sürecinde uygun substratlar ve mikroorganizma suşları tercih edilmektedir (Śmiechowska ve diğerleri, 2018).

LAB'lar fermantasyon ortamında küf gelişimine engel olabilmekte olup, bazıları ise funguslar tarafından üretilen mikotoksinlerle etkileşime girme potansiyeline sahiptir (Dalié ve diğerleri, 2010). Ayrıca, starter kültür olarak kullanılan LAB'lar farklı antimikrobiyal ajanlar üretebilme potansiyeline sahiptirler (Schnürer ve Magnusson, 2005).

Doğal antimikrobiyal bileşikler olarak bakteriyosinler, çeşitli bakteri türleri tarafından üretilir. Protein yapıda olan bu bileşikler, farklı enzimlere karşı hassasiyet gösterir ve genellikle yakın türler üzerinde inhibisyon etkisi yaratır. Antibiyotiklerle karşılaştırıldığında, bakteriyosinlerin etki spektrumu daha dardır (Kuleasan ve Çakmakçı, 2003; Yıldırım ve diğerleri, 2004; Uylaşer ve diğerleri, 2008). Gıdalardaki güvenlik ve kalite üzerinde etkili doğal bileşikler olarak bilinen bakteriyosinler, gıdaların fizikokimyasal yapısını değıştirmeden patojen ve bozulmaya yol açan mikroorganizmaları engeller (Settanni ve Corsetti, 2008). Günümüzde *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Carnobacterium* ve *Pediococcus* cinsince üretilen farklı bakteriyosinler tanımlanmıştır. Bunlardan bazıları Tabko 3'te verilmiştir (Gürsel, 1999; Kuleasan ve Çakmakçı, 2003; Ogunbanwo ve diğerleri, 2003).

Tablo 3. Laktik asit bakterileri tarafından üretilen başlıca bakteriyosinler

Bakteriyosin	Mikroorganizma
Acidoin	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Acidolin	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Acidophilin	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Lactacin B	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Lactocidin	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Amylovorin	<i>Lactobacillus amylovorus</i>
Brevicin	<i>Lactobacillus brevis</i>
Bulgarican	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>
Gassericin	<i>Lactobacillus gasseri</i>
Helveticin	<i>Lactobacillus helvelicus</i>
Lacticin	<i>Lactococcus lactis</i>
Nisin	<i>Lactococcus lactis</i>
Plantaricin	<i>Lactobacillus plantarum</i>
Reuterin	<i>Lactobacillus reuteri</i>
Sakacin	<i>Lactobacillus sakei</i>
Leucocin	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
Pediocin A	<i>Pediococcus cerevisiae</i>
Pediocin PA-1	<i>Pediococcus acidilactici</i>
Enterocin	<i>Enterococcus faecium</i>
Camobacteriocin	<i>Carnobacterium spp</i>

Kaynak: (Uylaşer ve diğerleri, 2008)

1.5. ANTİBAKTERİYEL ETKİ

Mikroorganizma ifadesi çıplak gözle görülmeyen, mikro boyutlu canlılar için kullanılan bir terimdir. Her ne kadar zararlı olarak bilinse de mikroorganizmaların büyük çoğunluğu sağlık açısından zararsız ve çevreye faydası bulunan canlılardır. Geriye kalan daha azınlıktaki bir kısmı ise patojenik özelliğe sahiptir. Antimikrobiyal aktivite, hastalık yapıcı mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerine olumsuz müdahaleye denilmektedir (Altınok, 2008). İnorganik elementlerden antibakteriyel özelliğe sahip gümüş, civa, bakır, çinko, kurşun, bizmut gibi elementlerle mikroorganizmalara karşı koruma sağlanabilmektedir. 1800’li yıllarda gümüşün antibakteriyel madde olarak ilk kez kullanımı, içme suyunun gümüş kaplarda muhafaza edilmesiyle başlamıştır. Günümüzde ise antibakteriyel element içeren, kararlı ve az miktarda kullanımı yeterli olan, toksik olmayan zeolitlerin antibakteriyel madde olarak kullanımı önem kazanmıştır (Ata, 2003). Gıda bozulmalarının önüne geçebilmek ve gıda ürününün raf ömrünü arttırmak amacıyla antibakteriyel özelliğe sahip çeşitli maddeler kullanılabilmektedir. Güvenilirlik bakımından sentetik antibakteriyel maddelere karşı şüphelerin artması nedeniyle, doğal

antibakteriyel madde kaynaklarına karşı ilgi artmış ve yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olmalarından dolayı bilim insanları tıbbi ve aromatik bitkiler üzerine odaklanmışlardır. Dünyanın farklı bölgelerinde yetişen ve tıbbi amaçlı olarak kullanılan farklı bitkilerin antibakteriyel özelliğe sahip olduğu çeşitli çalışmalar ile ortaya koyulmuştur (Rojas ve diğerleri, 2003; Salvat ve diğerleri, 2004; Mothana ve Lindequist, 2005). Bitkilerden elde edilen esansiyel yağlar da antimikrobiyal etki mekanizması bakımından ilgi görmektedir. Esansiyel yağların antimikrobiyal etkisi ise içerdikleri bileşenlerin çeşidine ve miktarına göre farklılaşabilmektedir (Toroğlu ve Çenet, 2006).

1.5.1. Antibakteriyel Etki Mekanizmaları

Araştırmacılar, doğal bileşiklerin hücrelerin biyokimyasal süreçlerini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebileceğini ve fizikokimyasal bütünlüklerini bozabileceğini belirtmektedirler. Terpenler özellikle bu konuda ilgi çekmektedir, çünkü bu bileşenler bakteri hücre duvarı ile etkileşime girerek hücre duvarı bütünlüğünü bozmaktadır. Terpenler hidrofobik özelliğe sahiptirler ve bu özellikleri sayesinde hücre duvarındaki lipidlerle etkileşime girmektedirler. Böylece lipidlerin bir araya toplanmasına ve sonuç olarak hücre zarı geçirgenliğinin artmasına neden olmaktadır. Bu durum, hücrenin fizikokimyasal yapısını bozar, proton hareketini, elektron akışını ve taşınımını aksatır ve hücre içeriğinin koagüle olmasına sebebiyet verir. Ayrıca, doğal bileşenler zincirleme reaksiyonlar yolu ile ilgili hedef bölgeyi etkileyebilir ve böylece hücrenin başka bir bölgesinde benzer şekilde hücre tahribatına sebebiyet verebilirler. Antimikrobiyal özellikteki bileşenlerin bir diğer etkisi ise bakteri hücre duvarında bulunan proteinler üzerinedir (Silva ve Fernandes Júnior, 2010; Erdoğan ve Everest, 2013).

Antimikrobiyal ajanlar, mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerini hedef alarak onları öldüren veya çoğalmasını durduran bileşiklerdir. Bu ajanlar, etki mekanizmasına göre sınıflandırıldığında 5 ana gruba toplanabilir:

1. Hücre Duvarı Sentezini Engelleyenler: Bu tür antimikrobiyal ajanlar, özellikle bakterilerin hücre duvarında yer alan peptidoglikan tabakasının sentezini baskılayarak bakteriyel hücrenin yapısal bütünlüğünü bozar. Hücre duvarı zarar gören bakteriler osmotik basınca direnç gösteremez ve parçalanarak ölürler. Bu gruptaki ilaçlardan en bilinen örnekler penisilin ve sefalosporin gibi beta-laktam antibiyotiklerdir.

2. Hücre Zarının Yapısını Bozanlar: Antimikrobiyal bazı ajanlar, mikroorganizmaların hücre zarını hedef alarak zarın geçirgenliğini artırır ve hücre içeriğinin hücre dışına sızmasına yol açarlar. Bu durum hücre ölümüne neden olur. Polimiksinler bu grupta yer alır ve genellikle gram-negatif bakterilere karşı etkilidir.

3. Protein Sentezini Engelleyenler: Bu gruptaki antimikrobiyal ajanlar, bakterilerin ribozomlarına bağlanarak protein sentezini durdurur. Bakteri ribozomları ile ökaryotik ribozomları arasındaki yapısal farklılık bu maddelerin seçici toksisitesini mümkün kılar. Tetrasiklin, eritromisin ve kloramfenikol bu mekanizma ile etki gösteren antibiyotiklerdir.

4. Nükleikasit Sentezini Bozanlar: Bu ajanlar, DNA ya da RNA'nın sentezlenmesini veya yapısal bütünlüğünü bozarak mikroorganizmanın genetik materyaline zarar verir. Rifampisin RNA sentezini engellerken, kinolonlar DNA giraz enzimini inhibe ederek DNA replikasyonunu önler.

5. Hücre Metabolizmasını Bozanlar: Bu maddeler mikroorganizmaların yaşamsal öneme sahip metabolik yollarına müdahale ederek etkilerini gösterir. Özellikle folik asit biyosentezinde görev alan enzimleri hedef alarak mikrobiyal büyümeyi durdururlar. Sülfonamidler ve trimetoprim bu gruptaki başlıca örneklerdir (Günalp, 1977).

1.6. BİYOFİLM YAPISI

Bir yüzeye tutunan mikroorganizmaların kendi oluşturdukları polimerik özellikte jelimsi bir yapı içinde oluşturduğu topluluğa biyofilm adı verilmektedir (Leone ve diğerleri, 2006). Bir başka ifadeyle biyofilm, bir yüzeye veya birbirine tutunmuş haldeki bakterinin organik bir polimer matriks içerisinde bulunmasıdır (Fujishige ve diğerleri, 2006). Biyofilm yapısının temel birimini mikrokoloniler oluşturmakta olup, bu mikrokoloniler içerisinde küfler, mayalar, algler, protozoanlar, virüsler ve bakteriler saf kültürler halinde bulunabildiği gibi karışık mikroorganizma toplulukları halinde de bulunabilirler. Hücre dışı polimerik maddeler (EPS) üretme potansiyeline sahip olan birçok mikroorganizmanın canlı veya cansız bir yüzeye tutunması sonucunda bir araya gelmesiyle ortaya çıkan bu yapı “mikroplar şehri” olarak da adlandırılabilir (Watnick ve Kolter, 2000; Lindsay ve Von Holy, 2006; Kumar ve diğerleri, 2011). Biyofilmin yapısı %97 oranında sudan oluşmaktadır. Su, biyofilm yapısı için oldukça önemli bir fonksiyona sahip olup, biyofilm içerisindeki kanalcıklar sayesinde heterojen

bir biçimde dağıtılır ve biyofilm matriksi içerisinde besinlerin hareketinden sorumludur. Biyofilm matriksinin diğer bileşenlerini ise %1-2 oranında ekzopolisakkaritler, %1-2'den daha az oranda proteinler ve glikoproteinler, %1'den daha az oranda DNA ve %1'den daha az oranda RNA, lipitler ve fosfolipitler oluşturmaktadır (Allison, 2003; Nazir ve diğerleri, 2019; Kannappan ve diğerleri, 2020).

1.6.1. Biyofilm Oluşumu

Mikroorganizmalar tarafından oluşturulan biyofilm tabakası çevresel etkilerden korunmak, besinlere ulaşılabilirliği arttırmak, diğer mikroorganizmalar ile işbirliği yapmak, birliktelik halinde hareket edebilmek, yeni ve farklı davranış şekilleri ve genetik özellikler meydana getirmek gibi nedenlerle oluşabilmektedir (Davey ve O'toole, 2000). Mikroorganizmalar, biyofilm oluşturdıklarında herhangi bir yüzeye bağlı kalmadan serbest halde barınan planktonik formlarına göre daha üstün hale geçerler. Çünkü biyofilmler, mikroorganizmaları zararlı olabilecek birçok çevresel etkilerden muhafaza ederler. Ayrıca, biyofilm oluşturmuş mikroorganizmanın fagosit edilmesi herhangi bir yüzeye bağlı olmadan serbest halde yaşayan bir mikroorganizmaya göre oldukça güçtür (Çiftçi, 2005; Gebreyohannes ve diğerleri, 2019). Bakteriyel patojenlerin, canlı veya cansız yüzeylerde biyofilm oluşturmaları beş ana basamak ile gerçekleşmektedir (Çalı ve diğerleri, 2018; Yin ve diğerleri, 2019). İlk basamak dönüşümlü tutunma basamağıdır. Burada organik ve inorganik moleküller yüzeye tutunur ve bunun akabinde planktonik bakteri hücreleri Van der Waals, asit-baz, hidrofobik ve elektrostatik kuvvetler gibi güçsüz etkileşimler ile yüzeye dönüşümlü şekilde yapışırlar. İkinci basamak dönüşümsüz tutunma (kolonizasyon) basamağıdır. Bu aşamada bakteri hücreleri ekzopolisakkaritler, lipopolisakkaritler, kollojen bağlayıcı proteinler, pili ve flagella gibi daha güçlü etkileşimler ile dönüşümsüz olarak yüzeye geri tutunurlar. Üçüncü basamak koloni oluşumu basamağıdır. Bu aşamada çok katmanlı bakteriler birikim ile çoğalır, EPS üretir ve salgılar. Dördüncü basamak kararlı bir üç boyutlu biyofilm topluluğunun oluşum basamağıdır. Bu basamakta biyofilm içindeki mikroorganizmalar tarafından kullanılacak besinlerin ve iletişimde kullanılacak olan sinyal moleküllerinin etkili bir biçimde iletimini sağlayacak olan su kanalları meydana getirilerek biyofilm yapısının olgunlaşması gerçekleştirilir. Beşinci basamak ise aktif dağılım basamağıdır. Bu basamakta bakteriler iç veya dış unsurlardan kaynaklı kümeler şeklinde ya da bireysel olarak ayrılır ve ayrılan

bu bakteriler başka yüzeylerde kolonize olurlar (Srey ve diğerleri, 2013; Çalı ve diğerleri, 2018).

1.7. ANTİBİYOFİLM MEKANİZMASI

Antimikrobiyal direnç günümüzde küresel bir problem haline gelmiş durumdadır. Birçok enfeksiyonda bakteriyel biyofilm oluşumu söz konusu olmakta olup, antimikrobiyal direncin oluşmasında bu biyofilm yapısı önemli bir rol üstlenmektedir. Bundan dolayıdır ki günümüzde antibiyofilm aktivitesine sahip yeni biyoaktif bileşiklere ihtiyaç duyulmaktadır (Türkmenoğlu, 2022). Özellikle hastane enfeksiyonlarında biyofilm önem arz etmekte ve bu enfeksiyonların tedavisinde sorun oluşturmaktadır. Bundan dolayı araştırmacılar son yıllarda, alternatif antibiyofilm ajanları araştırmaya odaklanmışlardır (Roy ve diğerleri, 2018). Antibiyofilm özellikteki peptit moleküllerinin sahip olduğu amino asit dizilimleri, onların katyonik, anyonik, amfipatik veya hidrofobik olma özelliklerini değiştirebilmektedir. Bundan dolayı peptit dizilerinin primer yapıları önem arz etmektedir. Antibiyofilm polipeptitler (ABP) genellikle hidrofobiktirler ve katyonik özelliğe sahiptirler (De La Fuente-Núñez ve diğerleri, 2015).

Biyofilm tabakalarının yıkımı oldukça zordur. Çünkü yapısında su, protein, polisakkarit, lipid ve e-DNA içeren EPS yapısı barındırmaktadır. Antibiyofilm özellikteki bileşikler özellikle ekstrasellüler matriks tabakasını hedef almakta iken, katyonik özellikteki ABP molekülleri ise hücre membranını hedef almaktadır (Sharma ve diğerleri, 2016). Biyofilm yapısını bozmak veya ortadan kaldırmak amacıyla kullanılan antimikrobiyal maddeler, EPS'ye nüfus etmelidir ve daha sonrasında bu maddenin mikrobiyal hücreye geçişinin sağlanması gerekmektedir (Akan ve Kınık, 2014; Akbas ve Cag, 2016). Antibiyofilm aktivitenin oluşmasında biyofilmi saran ortamın özellikleri oldukça önemlidir. Antibiyofilm özelliğindeki maddelerin aktiviteleri üzerinde ortamın sahip olduğu su sertliği, sıcaklık, pH ve ortamda diğer katkı maddelerinin var olması gibi çevresel faktörler ile etken madde konsantrasyonu, bu maddenin etki süresi, ortamda organik bileşiklerin varlığı, mikroorganizma türü ve gelişme evresi gibi faktörler de etki etmektedir (Araújo ve diğerleri, 2011).

Bitki uçucu yağları ve bunların yapılarında bulunan terpenler, terpenoidler, fenoller gibi bileşenler antimikrobiyal ve antibiyofilm aktivite sergileyebilmektedirler. Bitki uçucu yağları ve bileşenleri çeşitli bakteriler üzerinde farklı şekillerde etki

gösterebilmektedir. Hücre zarı yapısını bozma, hücre duvarı biyosentezini engelleme, reaktif oksijen ürünlerinin üretimi ve biyofilmin organizasyonunda rol alan genlerin düzenlenmesi bu etki mekanizmalarından bazılarıdır (Cardoso ve diğerleri, 2017; Zhao ve diğerleri, 2018; Alibi ve diğerleri, 2020).

Son yıllarda bakteriyel enfeksiyonlara karşı mevcut antibiyotiklerle uygulanan tedavi yöntemlerine alternatif olarak; biyofilm büyümesinin engellenmesi, biyofilm ayrışması veya biyofilm eradikasyonuna neden olan faktörler üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Bu faktörler, metal nanopartiküller, antibiyotikler, enzimler, asitler, sodyum tuzları, kitosan türevleri veya bitki özütlerini içermektedir (Taraszkiewicz ve diğerleri, 2013).

1.8. MİKROBİYATANIN ÖNEMİ

İnsan vücudunda yaklaşık 10^{14} kadar mikroorganizma bulunduğu tahmin edilmektedir ve bu mikroorganizmalar en fazla gastrointestinal sistemde bulunmakla birlikte vücudun farklı doku ve organlarında da kolonize olmuşlardır. Mikrobiyotayı oluşturan mikroorganizmaların arasında bakteriler daha baskın olmakla birlikte, virüsler, mantarlar ve birçok ökaryotik mikroorganizma da bu yapıya katkıda bulunmaktadır (Arumugam ve diğerleri, 2011). İnsan sindirim sisteminin her bölümünde farklı bir mikrobiyota yapısı bulunur. Yemek borusu, onikiparmak bağırsağı ve ince bağırsağın başlangıcı olan jejunum bölgesinde çoğunlukla *Streptococcus* cinsi bakteriler baskındır. Mide ise daha çok *Helicobacter* cinsi bakterilere ev sahipliği yapar. Bağırsak mikrobiyotasının yaklaşık %70'i kalın bağırsakta bulunur ve burada *Firmicutes* ve *Bacteroidetes* türleri çoğunluğu oluşturur (Jandhyala ve diğerleri, 2015). Yetişkin bireylerin bağırsak mikrobiyotası, binlerce farklı türden oluşan trilyonlarca mikroorganizmayı barındırmakta ve konağın genel sağlığı ile hastalık süreçlerinde önemli bir işlev üstlenmektedir. Bu mikroorganizmalar, insan bağırsaklarında yaşayan ve hem aralarındaki etkileşimler hem de konakçı ile olan etkileşimleriyle karmaşık bir topluluk meydana getiren bir yapı oluştururlar (Mitchell ve diğerleri, 2019). İnsan vücudu hem kendi genomunu hem de simbiyotik olarak yaşam sürdüğü mikroorganizmalara ait genomu bir arada barındıran karmaşık bir yapıya sahiptir. Mikrobiyota, insan vücudunun farklı bölgelerinde bulunan belirli türlerin tamamını kapsarken; mikrobiyom terimi, bu

kommensal, mutualist ya da patojenik olabilen mikroorganizmaların genetik materyalini tanımlamaktadır (Xu ve Knight, 2015).

Yaşam tarzı ve vücuda alınan çeşitli bileşikler gibi faktörler, bu mikroorganizma topluluklarını şekillendirir ve bu grupların sağlığımız üzerindeki etkileri bilinenin çok ötesindedir. Bu mikroorganizmalara ait yapıların ve insanla olan etkileşimlerinin anlaşılması hastalıkların tanı, tedavi ve seyrine önemli katkılar sunmaktadır (Bozok ve diğerleri, 2014).

1.9. DİSBIYOSİZ

Mikrobiyotadaki bakteriler, belirli bir denge içinde hem faydalı hem de zararlı türleri içerir. Bu denge bozulduğunda, yani faydalı bakteri oranı azaldığında, “mikrobiyal disbiyozis” olarak adlandırılan patolojik bir durum ortaya çıkar. Sağlıklı ve dengeli bir mikrobiyotaya ise “öbiyozis” denir (Whitman ve diğerleri, 1998). Faydalı bakteriler vitaminler, kısa zincirli yağ asitleri, konjuge linoleik asit, amino asitler, safra asitlerinin dönüşümü, sindirilemeyen besinlerin mayalanması ve parçalanması, bağışıklık sisteminin düzenlenmesi, amonyak üretimi ve toksinlerin atılması gibi çeşitli biyolojik ve kimyasal süreçlerde görev alırlar.

Mikrobiyota içerisinde faydalı ve zararlı mikroorganizmaların oranı bir denge içerisinde bulunmaktadır; ancak bu dengenin bozulması durumunda mikrobiyal disbiyozis denilen durum meydana gelebilmektedir. Mikrobiyal disbiyozis Tablo 4’te görüldüğü üzere insan vücudunda meydana gelen farklı hastalıklarla ilişkilendirilmiş durumdadır (Altuntaş ve Batman, 2017).

Tablo 4. Bağırsak mikrobiyal flora biyolojisi ve disbiyozisi

Mikrobiyal biyoloji	Mikrobiyal disbiyozis
Vitamin, kısa zincirli yağ asidi üretimi	Allerji
Amino asit sentezi	Enflamatuvar bağırsak hastalığı
Safra asit biyotransformasyonu	Kanser
Sindirilmeyen besinlerin fermentasyonu, hidrolizi	Obezite, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar
Konjuge linoleik asit üretimi	Lupus
İmmün sistem modülasyonu	Astım
Amonyak üre dönüşümü	Multipl skleroz
Detoksifikasyon	Çölyak

Kaynak: (Altuntaş ve Batman, 2017)

Enfeksiyon ve inflamasyon, beslenme alışkanlıkları ve ksenobiyotikler gibi faktörlerin yanı sıra genetik ve çevresel etmenler tarafından tetiklenebilen disbiyozis, doğal ve edinilmiş bağırsak bağışıklık fonksiyonlarında değişikliklere yol açarak mikrobiyal kolonizasyon nişini aktif bir şekilde etkileyebilir. Buna karşılık doğal ve edinilmiş bağışıklık sistemleri antimikrobiyal peptidlerin ve IgA antikollarının üretimi gibi mekanizmalarla bağırsak mikrobiyotasının kolonizasyon nişini düzenlemede kritik bir rol oynar. Disbiyozis, bağışıklıkla ilişkili birçok insan hastalığı ile bağlantılı bulunmuş olsa da bu durumun hastalıkların bir nedeni mi yoksa sonucu mu olduğu pek çok vakada kesinlik kazanmamıştır. Bununla birlikte, kişiye özel beslenme yaklaşımları ve metabolit temelli postbiyotik tedaviler, bu alanda ümit verici bir potansiyel sunmaktadır (Levy ve diğerleri, 2017).

Bağırsak mikrobiyotasındaki dengesizlik (disbiyozis) durumunda ortaya çıkan bilişsel ve davranışsal sorunların, nörodejeneratif hastalıkların gelişimini tetiklediği bildirilmektedir. Bağırsak mikrobiyotasının sağlıklı yapısının korunmasıyla bu tür hastalıkların seyrinin değiştirilebileceğine dair araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalardan birinde, Alzheimer ve Parkinson hastalıklarının ilerleyişinin beslenme takviyeleriyle yavaşlatılabileceği vurgulanmıştır (Lee ve Pan, 2017; Tseng ve Wu, 2019). Disbiyozisin sadece bilişsel ve davranışsal hastalıkları değil farklı enfeksiyon hastalıklarına da yatkınlığı arttırdığı ve bu hastalıkların oluşumunu tetiklediği bildirilmiştir. Örneğin Koronavirüs (COVID-19)'e yakalananların bağırsak mikrobiyotasının disbiyoz profiline daha yatkın olduğu gösterilmiştir (Kocaoğlu, 2022).

Mikrobiyotada bulunan bakterilerin oranı antibiyotik kullanımına bağlı olarak azalabilmekte olup, bu durumda ise patojen mikroorganizmalara karşı yeterince bariyer oluşturulamamakta ve sonuç olarak hastalıklar ortaya çıkabilmektedir. Bağırsak florasında genellikle düşük miktarda bulunan *Clostridium difficile*, geniş spektrumlu antibiyotiklerin kullanımıyla florada baskın hale gelmekte ve pseudomembranöz kolitin gelişimine yol açmaktadır (Bartlett, 2002). Antibiyotik kullanımına bağlı olarak bağırsak florasında meydana gelen disbiyozisin etkilerinin eski haline dönmesi birkaç hafta sürebilmektedir. Ancak bazı mikroorganizma gruplarının eski floraya geri dönüşünün mümkün olmadığı gözlemlenmiştir (Gosalbes ve diğerleri, 2016).

1.10. PROBİYOTİK MİKROORGANİZMALAR VE ÖNEMLERİ

Probiyotikler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2001 yılında “besinin bir parçası olarak yeterli miktarda tüketildiğinde bireyin sağlığı üzerinde olumlu etkide bulunan canlı mikroorganizma” olarak tanımlanmıştır (Michalak ve Chojnacka, 2016). Probiyotik terimi Yunanca “pros” ve “bios” kelimelerinden türetilmiş olup; konakçı üzerinde faydalı etkilere sahip olan, besin takviyesi olarak da kullanılabilme potansiyeline sahip olan, bağırsak hijyenini ve sistemini iyileştirme yönünde etki gösterebilen canlı mikroorganizmaları ifade etmektedir (Sezen, 2013). Bağırsak mikrobiyotasının probiyotik bakterilerle desteklenmesinin sağlık açısından yararları uzun zamandır bilinmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar daha iyi bir yaşam kalitesi için vücut direncini artırmanın, bağırsak sorunları ve hastalıklarla mücadele etmenin probiyotik kullanımıyla mümkün olduğunu klinik deneylerle kanıtlamıştır (Lourens-Hattingh ve Viljoen, 2001; Sullivan ve Nord, 2005). Probiyotik bakterilerin oranı, sağlıklı bir insanın bağırsak florasında zamanla sabitlenmektedir. Ancak, dengesiz beslenme, antibiyotik kullanımı, alkol kullanımı, stres, sinirsel yorgunluk, çeşitli hastalıklar ve bağırsak ameliyatları gibi bazı nedenlerden dolayı, bu bakterilerin oranında bir azalma meydana gelebilmektedir. Bu durum bağırsak mikroflorasında enterik bakterilerin baskın hale gelebilmesine ve enterik hastalıkların oluşmasına zemin oluşturabilmektedir (Kavas ve Kınık, 2000). Tablo 5’te probiyotik olarak kullanılma potansiyeline sahip mikroorganizmalar sıralanmıştır.

Tablo 5. Probiyotik mikroorganizmalar

Cins	Tür
<i>Akkermansia</i>	<i>Akkermansia muciniphila</i>
<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus clausii</i> , <i>Bacillus coagulans</i> , <i>Bacillus laterosporus</i> , <i>Bacillus lentus</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus polyfermenticus</i> , <i>Bacillus pumilus</i> , <i>Bacillus subtilis</i>
<i>Bacterioides</i>	<i>Bacterioides amylophilus</i> , <i>Bacterioides capillus</i> , <i>Bacterioides suis</i> , <i>Bacterioides uniformis</i> <i>Bacterioides ruminicola</i> ,
<i>Bifidobacterium</i>	<i>Bifidobacterium adolescentis</i> , <i>Bifidobacterium animalis</i> <i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Bifidobacterium breve</i> , <i>Bifidobacterium catenulatum</i> , <i>Bifidobacterium infantis</i> , <i>Bifidobacterium lactis</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Bifidobacterium thermophilum</i>
<i>Enterococcus</i>	<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Enterococcus faecium</i>
<i>Escherichia</i>	<i>Escherichia coli</i> Nissle 1917

Tablo 5 (Devam). Probiyotik mikroorganizmalar

<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus cellobiosus</i> , <i>Lactobacillus crispatus</i> <i>Lactobacillus curvatus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Lactobacillus gasseri</i> , <i>Lactobacillus johnsonii</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Lactobacillus salivarius</i>
<i>Lactococcus</i>	<i>Lactococcus lactis ssp. Lactis</i>
<i>Leuconostoc</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides ssp. Mesenteroides</i>
<i>Pediococcus</i>	<i>Pediococcus cerevisiae</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>Pediococcus pentosaceus</i>
<i>Peptostreptococcus</i>	<i>Peptostreptococcus productus</i>
<i>Propionibacterium</i>	<i>Propionibacterium jensenii</i> , <i>Propionibacterium</i> <i>shermanii</i> , <i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>Streptococcus intermedius</i> , <i>Streptococcus sanguis</i> <i>Streptococcus mitis</i> , <i>Streptococcus salivarius</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Streptococcus oralis</i>
Küfler	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus oryzae</i>
Mayalar	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Saccharomyces boulardii</i> , <i>Candida torulopsis</i>

Kaynak: (Collins ve diğerleri, 1998; Guarner ve diğerleri, 2008; Tannis, 2008; Uymaz, 2010; Erem ve diğerleri, 2013; Kerry ve diğerleri, 2018)

Probiyotik bakterilerin, enfeksiyonlar ve sindirim sistemi sorunları gibi çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde çok eski zamanlardan beri kullanıldığı bilinmektedir. Ancak, 20. yüzyılda antibiyotiklerin keşfi, bu geleneksel tedavi yöntemlerinin önemini azaltmıştır. Günümüzde ise enfeksiyon hastalıklarının tekrar artış göstermesi ve mikroorganizmaların antibiyotiklere karşı direnç geliştirmesi, probiyotikleri alternatif bir tedavi yöntemi olarak yeniden ön plana çıkarmıştır. Son 15 yıl içinde probiyotik bakteriler, ilaç ve gıda endüstrisinde tekrar kullanılmaya başlanmıştır (Dinçer ve diğerleri, 2010; Gülgör ve Özçelik, 2014).

Probiyotik bakterilerin büyümesini ve gelişimini destekleyen, aktivitelerini arttıran, aynı zamanda ince bağırsakta sindirilemeyen karbonhidrat türleri prebiyotik olarak adlandırılmaktadır. Hem probiyotik hem de prebiyotikleri bir arada içeren ürünlere ise “simbiyotik” denilmektedir (Pranckute ve diğerleri, 2014). Prebiyotikler, ince bağırsakta bulunan enzimler tarafından sindirilemeyen karbonhidratlardır. Doğal ve yapay olarak ikiye ayrılırlar. En bilinen prebiyotikler arasında dirençli nişasta, laktuloz, fruktooligosakkaritler, inülin, rafinoz, soya oligosakkaritleri, izomaltoligosakkaritler,

transgalaktooligosakkaritler (Bakır, 2012), mannoooligosakkaritler ve galaktooligosakkaritler yer alır (Rastall ve Maitin, 2002; Thea ve Glenn, 2004; Geier ve diğerleri, 2007). Prebiyotikler, bağırsak mikroflorasında bulunan mikroorganizmalar tarafından karbon kaynağı olarak kullanılabilirler. Bunun sonucunda bu mikroorganizmalar bütirik asit, asetik asit, laktik asit ve propiyonik asit gibi kısa zincirli yağ asitleri üretirler. Bu yağ asitleri, bağırsak pH'sını düşürerek mineral emilimini, özellikle de kalsiyum emilimini artırır. Fermantasyon sonucu oluşan bu bileşikler, aynı zamanda bağırsak epitel hücreleri için bir enerji kaynağı oluşturur (Özden, 2006; Bakır, 2012).

1.11. FERMENTE GIDA ÜRÜNLERİNİN İNSAN MİKROBİYOTASI ÜZERİNE ETKİSİ

Fermente gıda ürünleri hem içerisinde insan sağlığı için faydalı olan canlı mikroorganizmaları içermesi hem de fermantasyon metabolizması esnasında mikroorganizmalar tarafından üretilen birçok faydalı yan ürün bulundurması sebebiyle insan sağlığını destekleyici özelliktedir. İnsan sağlığı için birçok faydası bulunan fermente gıda ürünlerinin tüketimi, uzmanlar tarafından da önerilmektedir. Çeşitli araştırmalar, bazı fermente süt ürünlerinin antimikrobiyal, antimutajenik (Viljoen ve Lourens-Hattingh, 2001), antikanserojenik (Marteau ve diğerleri, 2001) ve antihipertansif (Lye ve diğerleri, 2009) özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak bu ürünler mineral metabolizmasını olumlu yönde etkilemekte, gıda alerjisi semptomlarını hafifletmekte ve kandaki kötü kolesterol düzeyini düşürmektedir (Sindhu ve Khetarpaul, 2003; Granato ve diğerleri, 2010).

Yoğurt tüketimi ile sindirim sistemi sağlığı arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Klinik çalışmalar, yeterli yoğurt tüketiminin laktoz intoleransı, ishal, kolon kanseri, inflamatuvar bağırsak hastalığı ve bazı bakteriyel enfeksiyonlar gibi gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının önlenmesine yardımcı olabileceğini göstermiştir (Mazahreh ve Ershidat, 2009; Shah, 2013).

Fermente gıdalar içerisinde probiyotik özellikte olan mikroorganizmalar bulunabilmektedir. Bu mikroorganizmaların yeterli miktarda vücuda alınması ile ürettikleri çeşitli metabolitler aracılığıyla psikolojik sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterebildiği bildirilmektedir. Bu faydalı mikroorganizmalar, “psikobiyotik” olarak

adlandırılmaktadır (Zhou ve diğ erleri, 2015). Psikobiyotiklerin, serotonin, dopamin ve γ -amino b tirik asit gibi n rotransmitter maddeleri  reterek duygusal durum  zerinde olumlu etkiler yarattığı ve anksiyete belirtilerini azalttığı bildirilmektedir (Berm dez-Humar n ve diğ erleri, 2019). Fermente gıdaların t ketiminin, beyin sağlığı ve stres seviyesi  zerinde etkileri olduğu, hafızayı g  lendirebileceği ve sinirsel hasarlara karėı koruyucu olabileceği d ğ n lmektedir (Marco ve diğ erleri, 2017).



2. BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. FERMENTE GIDA ÜRÜNLERİNİN MİKROBİYOTASI

Gıda mikrobiyolojisinde, geleneksel laboratuvar kültürleme yöntemlerinin gıdaların mikrobiyal topluluğunu eksiksiz bir şekilde ortaya koyamaması sorununa çözüm olarak, kültürden bağımsız moleküler yaklaşımlar geliştirilmiştir. Metagenomik analizler gibi kültürden bağımsız teknikler, mikroorganizmaları laboratuvar ortamında yetiştirmeye gerek kalmadan, doğrudan DNA izolasyonu yoluyla tanımlamayı mümkün kılmaktadır. Bu sayede, geleneksel yöntemlerle saptanamayan ve laboratuvar koşullarında kültürlenemeyen mikroorganizmaların varlığı da ortaya çıkarılabilmektedir (Aktepe ve Çakır, 2023b). Geleneksel kültür yöntemi uygulanmadan, mikroorganizmaların doğrudan numuneden DNA izolasyonu yolu ile tür tespitinin yapılması metagenomik analizler ile mümkün olmaktadır (Hardwick ve diğerleri, 2018; Cerit ve diğerleri, 2021). Bu analizler mikroorganizmaların genetik çeşitliliğinin belirlenmesi, popülasyon yapısının anlaşılması ve sonunda mikroorganizmaların ekolojik rollerinin ortaya konulması açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, yapılan birçok araştırma ile mikroorganizmaların metabolik aktivitelerinin yanı sıra, fonksiyonel özellikleri hakkında da faydalı bilgiler sağladığı bildirilmiştir (Bal ve diğerleri, 2022; Chen ve diğerleri, 2022; Aktepe ve Çakır, 2023a).

Geleneksel ve fermente gıdaların mikrobiyotasının belirlenmesi ve fermantasyon sürecinde hangi mikroorganizmaların hangi aşamalarda daha baskın olduğunun belirlenmesi bu alandaki en önemli araştırma konuları arasında yer almaktadır. Bu tür araştırmaların artması, bir yandan geleneksel gıdaların gelecek nesillere aktarılmasıyla ilgili daha fazla rapor üretirken, diğer yandan fermente gıda üretimi için yeni başlangıç kültürlerinin geliştirilmesinde önem taşımaktadır (Kergourlay ve diğerleri, 2015).

LAB'ın önemi uzun yıllardır bilinmekle birlikte, bu bakteriler üzerine yapılan çalışmaların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle fermente gıdaların endüstriyel ölçekli üretimlerinde efektif sonuçlar elde edebilmek için bu bakterilerin fermantasyondaki rollerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla metagenomik

analizler gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Son yıllarda metagenomik analizler daha da gelişmekte ve uygulama alanları daha da artmaktadır. Buna bağlı olarak LAB üzerine yapılan çalışmaların da daha çok genom odaklı hale geldiği görülmektedir. Bu sayede endüstriyel ölçekli üretimde tercih edilen mikroorganizma suşlarının gıda üretimindeki rolleri ve temel mekanizmaları aydınlatılabilmektedir (Ektik, 2022).

Farklı bölgelerden toplanan pirinç kepeği kullanılarak hazırlanan nukadokos (Japonya’da geleneksel olarak sebzeleri turşu yapmak için kullanılan, fermente edilmiş pirinç kepeği bazlı bir püre) üretim alanlarında, *Lactiplantibacillus plantarum*’un bolluğu genellikle fermantasyonun ilerlemesiyle birlikte artar ve sonunda bu tür mikrobiyotaya hakim olur (Ono ve diğerleri, 2014). *Lactobacillus*’un turşu kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek için *Lactobacillus* tarafından fermente edilen lahana turşuları incelenmiştir. Fermantasyon sonrasında kimyasal özellikler, lezzet bileşimi ve mikrobiyolojik özellikler incelenmiştir. Ayrıca, fermantasyon mekanizmasını açıklığa kavuşturmak için turşudaki mikrobiyal topluluk ve kimyasal bileşikler arasındaki ilişki analiz edilmiştir. On dört gün süresince fermente edilen turşularda toplamda seksen aroma bileşeni belirlenmiş olup *Lactobacillus* ile fermente edilen turşularda esterlerin daha yoğun olduğu gözlemlenmiştir. Baskın mikrobiyal filum olarak Firmicutes tespit edilmiş bu filum içerisinde en sık rastlanan mikroorganizmalar *Lactobacillus*, sınıflandırılmamış *Enterobacteriaceae*, *Pantoea* ve *Weissella* olarak saptanmıştır (Lin ve diğerleri, 2023).

Lahana turşusu, içerdiği mikroorganizmalar nedeniyle pek çok çalışmaya konu olmuştur. Önceki çalışmalarda heterofermentatif *Leuconostoc mesenteroides*, homofermentatif *Pediococcus pentosaceus*, fakültatif homofermentatif *Lactobacillus plantarum* ve heterofermentatif *Lactobacillus brevis*’in fermantasyondan sorumlu birincil mikroorganizmalar olduğu bildirilmiştir (Orillo ve diğerleri, 1969; Fleming ve diğerleri, 1988; Fan ve Hansen, 2012). Ayrıca, DNA parmak izi teknikleriyle yapılan incelemeler sonucunda, lahana turşusu fermantasyonunda *Leuconostoc fallax*, *Leuconostoc citreum*, *Leuconostoc argentinum*, *Lactobacillus coryniformis*, *Lactobacillus paraplantarum* ve *Weissella* sp. da dahil olmak üzere daha fazla LAB türü bulunduğu bildirilmiştir (Plengvidhya, Breidt, ve diğerleri, 2007; Plengvidhya, Breidt Jr, ve diğerleri, 2007).

Tarhana hamuru mikrobiyotasında baskın olan laktik asit bakterileri *Lactiplantibacillus plantarum*, *Companilactobacillus farciminis*, *Companilactobacillus*

alimentarius, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Pediococcus acidilactici*, *Streptococcus thermophilus*, *Leuconostoc pseudomesenteroides* ve *Weissella cibaria* iken; mayalar da *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida glabrata* ve *Candida humilis*'tir (Özdemir ve diğerleri, 2018).

Gıda patojeni olan mikroorganizmalar ile gıda bozulmalarına neden olan mikroorganizmaların gelişimini engellemek ve gıdada meydana gelen lipid oksidasyonunu yavaşlatmak amacıyla nitrit kullanımı yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu kullanımının yanı sıra, nitrit nitrozamin oluşumunda da önemli rol üstlenmektedir. Nitrozaminler kanserojenik, teratojenik ve mutajenik olmak gibi farklı özelliklere sahiptirler ve sucuk, sosis gibi gıda ürünlerinde belirli oranlarda bulunabilmektedirler. Asitleşme, lipoliz ve proteoliz gibi reaksiyonlar nedeniyle olgunlaşma aşamasında fermente sosislere nitrozamin oluşumu için uygun bir ortam oluşmaktadır. Ayrıca, bu ürünlerin tüketilmeden önce pişirilmesi de nitrozamin riskini önemli düzeyde arttırmaktadır. Nitrozamin oluşumunun engellenmesi amacıyla çeşitli stratejilerin geliştirilmesi söz konusu olmuştur. Bu fermente gıda ürünlerinde kullanılan nitrit miktarına ek olarak kalıntı nitrit miktarı da nitrozamin oluşumu bakımından öneme sahiptir. Fermente sosislere bakteriyel mikrobiyotanın önemli bir kısmını oluşturan LAB, nitriti parçalamakla kalmayıp aynı zamanda kalıntı nitrit miktarını da düşürmektedir (Şenol ve diğerleri).

Yapılan bir çalışmada, Konya'da bulunan üç farklı köyden elde edilen geleneksel ev yapımı yoğurt örneklerinin, üç ardışık geri besleme döngüsünden sonra metagenomik analizlerle bakteriyel çeşitliliğini ve yoğunluğunu incelemeyi hedeflenmiştir. Ayrıca, bu yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyu özellikleri araştırılmıştır. Yoğurtların fermantasyon hızı incelendiğinde, pH 4.6 değerine ulaşmak için en uzun sürenin 5.30 saat ile B yoğurdunda, en kısa sürenin ise 3.61 saat ile A örneğinin birinci geri beslemesinde olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak, tüm yoğurt örneklerinin asitlik, toplam katı madde, yağ, kül ve sinerezis değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamış ve A örneği, tüketicilerden en yüksek genel beğeni puanlarını almıştır. Üç ardışık geri besleme işleminden sonra yapılan mikrobiyolojik sayımlarda Streptokokların sayısı, Laktobasillerin sayısını aşmıştır. Metagenomik sonuçlara göre, örnekler arasında ortak olan baskın filumlar, bakteri dizilerinin %99'undan fazlasını oluşturan Firmicutes

(%97), Bacteriodata (%0,40-1,09) ve Proteobacteria (%0,23-1,01) olarak belirlenmiştir (Gölbaşı, 2023).

Boza, canlı mikroorganizmalar aracılığıyla fermantasyon yolu ile elde edilen sağlıklı bir içecektir. Bozayla ilgili yapılan bir çalışmada ham madde olarak kullanılan mısır unu, buğday unu ve mayşe ile fermantasyonunun 1, 3 ve 4. gününde elde edilen boza örneklerinin mikrobiyotası yeni nesil DNA dizileme yöntemi ve metagenomik analizler sonrasında belirlenmiştir. Cins düzeyindeki doğrudan analizler sonucu, mısır ve buğday ununda baskın olarak *Pleomorphobacterium* ve *Streptophyta* cinslerinin bulunduğu, bozanın 1. ve 3. gün ayrıca son üründe ve boza mayasında da *Pleomorphobacterium* ve *Streptophyta* cinslerinin olduğu bildirilmiştir. Ön zenginleştirme yapılan örneklerde ise mısır ununda *Klebsiella*, *Enterococcus* ve *Micromonospora*'nın buğday ununda ise *Pantoea* ve *Bacillus* cinslerinin baskın olduğu gözlemlenmiştir. Boza mayası, 1. ve 3. gün ile satışa sunulan ürünlerde en baskın bakterinin *Lactococcus* olduğu belirtilmiştir (Kavruk ve diğerleri, 2021).

2.2. FARKLI TURŞU ÖRNEKLERİNİN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ

Antimikrobiyal madde üretme potansiyelindeki hücreler, fermente gıdaların patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalara karşı korunmasında etkili bir unsur olup, gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından öneme sahiptir (Huang ve diğerleri, 2009). LAB, sadece patojenik mikroorganizmaların antagonistleri olarak değil aynı zamanda antimikrobiyal metabolit üreticileri olarak da çok fazla ilgi çekmiştir. Birkaç çalışma, LAB'ın patojenik mikroorganizmaların büyümesini patojen bağlanmasını rekabetçi bir şekilde inhibe etme, konak bağışıklık sistemini güçlendirme ve organik asitler, bakteriyosinler ve hidrojen peroksit gibi patojen büyümesini inhibe edici bileşikler üretme dahil olmak üzere birden fazla mekanizma yoluyla inhibe edebileceğini kanıtlamıştır (Zang ve diğerleri, 2020). Son 15 yıldır LAB organik asit, hidrojen peroksit, reuterin, diasetil, asetoin, antifungal peptitler ve bakteriyosinler gibi farklı antimikrobiyal ajanlar üretebilme kapasitesine ve böylece özellikle gıdalarda koruyucu olarak kullanım potansiyeline sahiptir (Holzapfel ve diğerleri, 1995; Magnusson ve Schnürer, 2001). Son yıllarda LAB, fermente gıda ürünlerinin üretimi esnasında farklı organik asitler ve antimikrobiyal bileşikler üretmesinden dolayı ilgi odağı haline gelmiş olup, aromatik bileşenler, şeker polimerleri, çeşitli vitaminler ve fonksiyonel enzimler ürettiği,

probiyotik özellikler gösterdiği ve gıda güvenliğini artırdığı bildirilmiştir (Leroy ve De Vuyst, 2004). LAB tarafından üretilen antimikrobiyal bileşikler konakçı üzerinde bağışıklık gücünü artırıcı, kanseri önleyici ve kolesterol seviyesini düşürücü olmak gibi farklı fizyolojik etkilere sahiptir. Buna ek olarak bağırsak mikrobiyotasında bulunmaları neticesinde de organik asitler üretebilmekte ve böylece bağırsak içeriğinin pH'sını dengeleyebilmekte ve laktoz intoleransı, kabızlık ve ishal gibi bağırsak problemlerini engelleyebilmektedirler (Kim ve diğerleri, 2000). Ayrıca, fermantasyon esnasında üretilen bu antimikrobiyal bileşikler gıdalarda hijyen uygulamaları için de yardımcı olarak kabul edilmektedir (Adams ve Nicolaides, 1997).

Lactobacillus türleri, turşu fermantasyonu ve olgunlaşma sürecinde de önemli bir rol üstlenmektedir. Bir çalışmada, geleneksel yöntemlerle üretilmiş turşulardan 22 farklı *Lactobacillus plantarum* suşu izole edilmiştir. Suşların genel inhibisyon aktiviteleri ile bakteriyosin ve bakteriyosin benzeri maddelere ait antimikrobiyal etkileri, agar difüzyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Tüm *Lactobacillus plantarum* suşlarının, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048'in çoğalmasını engellediği belirlenmiştir. Bununla birlikte, *Enterobacter cloacae* ATCC 13047D ve *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 türlerinin büyümesi, on altı farklı suş tarafından inhibe edilmiştir. Ancak *Lactobacillus plantarum* H8, Col8, K7, S7, K5 ve H9 suşları bu mikroorganizma üzerinde inhibisyon etkisi göstermemiştir. Özellikle *Lactobacillus plantarum* H3 ve H4 suşları, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048'e karşı 40 mm'lik inhibisyon çapı ile en yüksek antibakteriyel etkiyi göstermiştir. Öte yandan *Lactobacillus plantarum* K9, K20 ve H2 suşları, *Escherichia coli* ATCC 11229'a karşı sadece 13 mm'lik inhibisyon bölgesi ile en düşük antibakteriyel aktiviteye sahip olmuştur (Alan ve diğerleri, 2015).

Yapılan bir diğer çalışmada ise ülkemizin farklı illerinden toplanan 17 geleneksel turşu örneğinden LAB izole edilerek tanımlanmış ve elde edilen izolatların fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir. Analizler sonucunda 9 farklı türe ait 21 suş belirlenmiştir. Ardından bu 21 suşun potansiyel probiyotik özellikleri safra tuzlarına dirençleri ve düşük pH ortamında büyüme yetenekleri açısından değerlendirilmiş, *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* suşlarının yüksek canlılık gösterdiği saptanmıştır. Antibakteriyel aktivite bakımından oldukça güçlü bir etki sergiledikleri belirlenmiştir (İspirli ve Dertli, 2023).

Farklı bir araştırmada fermente etki gösteren 260 LAB izole elde edilmiştir. Elde edilen bu izolatların yiyecekler yoluyla bulaşabilen patojenlere karşı antimikrobiyal etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda pH 7 koşullarında 33 izolatın bakteriyosin aktivitesi sergilediği belirlenmiştir. 33 izolatın 7'si *Lactobacillus confusus*, 5'i *Lactobacillus casei*, 4'ü *Streptococcus lactis*, 4'ü *Leuconostos mesenteroides*, 3'ü *Lactabacillus brevis*, 3'ü *Pediococcus pentosaceus*, 3'ü *Lactabacillus buchneri*, 2'si *Lactobacillus kefir* ve 2'si *Lactobacillus delbrueckii* olarak tespit edilmiştir (Erikçi, 2004).

Üzümlerden elde edilen ürünlerin (örneğin üzüm suyu, üzüm turşusu, ev yapımı hardaliye ve ticari olarak üretilen hardaliye) antimikrobiyal etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada *Salmonella typhimurium* NRRL B4420, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P, *Bacillus cereus* ATCC 10876, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Lactobacillus rhamnosus* LGG, *Lactobacillus acidophilus* La-5 ve *Saccharomyces cerevisiae* NRRL Y-12632 test mikroorganizması olarak kullanılmıştır. Sonuçlara göre üzüm içeren örneklerin *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* ve *Bacillus cereus* 'a karşı 4.53-150 mg/mL aralığında minimum inhibisyon konsantrasyonuna (MIC) sahip olduğunu göstermiştir. En düşük MIC değeri olan 4.53 mg/mL, ev yapımı hardaliye için *Escherichia coli* 'ye karşı elde edilmiştir. Geleneksel üzüm turşularının MIC değerleri, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* 'ye karşı sırasıyla 4.69 mg/ mL ve 9.38 mg/mL olarak belirlenmiştir. Geleneksel üzüm turşuları ise 150 mg/mL'lik MIC değeri ile *Bacillus cereus* 'a karşı zayıf inhibitör etki göstermiştir (Gündüz ve diğerleri, 2019).

Farklı bir çalışmada ise toplamda 37 farklı gıda örneğinden 91 izolat elde edilmiş ve bunlardan 55'i Gram pozitif olarak belirlenmiş olup, morfolojik özellikleri *Pediococcus* cinsine benzerlik gösteren 13 izolatın katalaz ve oksidaz özellikleri analiz edilmiştir. İzolatların sağladığı laktik asit seviyeleri HPLC yöntemiyle, diasetil miktarı ise HS-GC/FID tekniği ile ölçülmüştür. Son aşamada ise 13 izolatın kimliklendirilmesi 16S rRNA yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Yapılan biyokimyasal testler sonucunda tüm izolatların negatif olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, B1, B2, F2, 8, 14, 17, 34, 40 ve 50 izolatların 50°C'de geliştiği belirlenirken, G3, AF1, AF2 ve 16 izolatlarının bu gelişimi göstermediği görülmüştür. Antimikrobiyal aktivite testleri kapsamında yapılan analizlerde, AF2 izolatının *Listeria monocytogenes* ATCC 7644'e karşı en güçlü antimikrobiyal etkiyi (34.5 mm) gösterdiği, buna karşın 16 izolatının *Escherichia coli*

ATCC 8339'ye karşı en düşük (13.5 mm) etkiyi gösterdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışmada 13 adet bakterinin gıda patojenleri üzerinde farklı konsantrasyonda antimikrobiyal etki gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, söz konusu antimikrobiyal etkinin temel kaynağının laktik asit üretiminin olduğunu ortaya koymuştur (Edilen, 2010).

Bir diğer çalışmada ise sirke ve yoğurt altı suyu kullanılarak üretilen turşuların fermantasyon sürecinde yer alan LAB'ın izolasyonu ve tanımlanması hedeflenmiştir. Aynı zamanda sirke ve yoğurt altı suyu ile sağlanan salamuraların mikrobiyal flora üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, iki farklı salamura ile turşular hazırlanarak aralıklı olarak (0, 7, 14, 21, 35, 49, 77 ve 105. günlerde) M17 ve MRS besiyerlerine ekimler yapılmış, mikrobiyolojik sayımlar gerçekleştirilmiş ve farklı morfolojik ayrışmaya sahip koloniler sağlanmıştır. Çalışma kapsamında toplamda 257 izolat elde edilmiştir. Ayrıca salamura ve kornişon örneklerinin her analizde tuz oranı, asitlik seviyesi ve pH değerleri takip edilmiştir. Laktik asit bakterisi özelliği taşımayan kültürler Gram boyama ve katalaz testleri ile ortadan kaldırılmıştır. İzolatların farklı sıcaklıklara, tuz sıcaklıklarına ve pH seviyelerine toleransı incelenmiş, ayrıca glikozdan gaz üretim kapasiteleri değerlendirilmiştir. Glikozdan gaz üreten 8 izolatın heterofermantatif özellik gösterdiği belirlenmiştir. İzolatların çoğunun 10°C'de geliştiği, ancak 45°C ve 50°C'de sadece az sayıda izolatın üreyebildiği tespit edilmiştir. pH 9.6 ortamında hiçbir izolatın gelişmediği, buna karşılık 4 izolatın pH 3, 25 izolatın ise pH 4.5 seviyesinde gelişebildiği gözlemlenmiştir. Tuz toleransı açısından, %10 tuz içeren modeller sadece 2 izolat gelişim gösterebilmiş, ancak %6.5 ve %2 tuz konsantrasyonlarında izolatlardan büyük bir kısmının üreyebildiği belirlenmiştir. Fenotipik özelliklere göre gruplandırılan izolatlardan seçilen özellikler API 50 CHL test kiti ile tanımlanmış ve 48 izolatın tür düzeyi belirlenmesi sağlanmıştır. Yapılan tanımlama sonucu 19 izolatın *Lactiplantibacillus pentosus*, 29 izolatın ise *Lactiplantibacillus plantarum* türü olarak belirlendiği bildirilmiştir. Sonuç olarak yoğurt altı suyu ve sirke kullanılarak iki farklı salamura yöntemi ile üretilen turşuların mikrobiyal florasının benzer olduğu saptanmıştır (Cebeci Avunca, 2022).

2.3. FERMENTE GIDA ÜRÜNLERİNİN ANTİBİYOFİLM AKTİVİTESİ

Daha önce yapılan bir çalışmada Türkiye’de geleneksel yöntemlerle üretilen fermente gıda ürünlerinden ve insan kaynaklı materyallerden izole edilen probiyotik özelliklere sahip suşlar incelenmiştir. İncelenen suşlar arasında *Lactobacillus sake* M17 (sakasin üreticisi), *Lactobacillus plantarum* M16 (plantarisin üreticisi), *Pediococcus acidilactici* M20 (pediosin üreticisi), *Pediococcus pentosaceus* M46 (bakteriyosin benzeri antimikrobiyal bileşik üreticisi), *Bifidobacterium bifidum* M24 (bifidosin B üreticisi) ve *Bifidobacterium longum* M23 (bifidosin A üreticisi) yer almaktadır. Çalışmada bu suşların *Salmonella typhimurium* üzerindeki biyofilm oluşumu ve olgun biyofilmlerin eradikasyonu üzerine olan etkinlikleri değerlendirilmiştir. Probiyotik suşların kültür filtratlarının *Salmonella typhimurium*’un hem doğal hem de dam ve seqA mutantlarında biyofilm oluşumunu tamamen engellediği belirlenmiştir. Aynı kültür filtratlarının olgun biyofilm yapılarına etkileri incelendiğinde ise özellikle uygulamanın ilk 6 saatinde biyofilmlerin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p<0.05$) eradike edildiği tespit edilmiştir. Antibiyofilm aktivitesinin kaynaklarını araştırmak amacıyla kültür filtratlarının nötralize edilmesi ve ardından proteinaz K muamelesi uygulanmasıyla deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucunda her iki işlem sonucunda da antibiyofilm aktivitesinin istatistiksel olarak anlamlı bir düzeyde azalma gösterdiği ($p<0.05$) gözlemlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, Türkiye kaynaklı probiyotik suşların sahip olduğu yüksek antibiyofilm aktivitesinin büyük ölçüde bu suşlar tarafından üretilen bakteriyosinlerden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (Göksel, 2021).

Bir çalışmada *Lactobacillus rhamnosus* ACS5’tan elde edilen liyofilize ekzopolisakkaritlerin (L-EPS) prebiyotik olarak kullanılabilirliğini belirlemek hedeflenmiş ve ayrıca antibiyofilm özellikleri incelenmiştir. Çalışmada, L-EPS’nin *Pediococcus acidilactici* 5008, *Lactobacillus rhamnosus* EDS4 ve *Saccharomyces cerevisiae* BD21 suşlarının gelişimine olumlu etkileri olduğu ve en yüksek gelişimi düzenleyici etkinin *Saccharomyces cerevisiae* BD21 suşunda ($10,26 \log \text{ kob/MI}$) gözlemlendiği saptanmıştır. Ayrıca, ACS5-L-EPS’nin *Listeria monocytogenes* ATCC 7644’e kıyasla *Escherichia coli* ATCC 11229’ye karşı daha yüksek biyofilm inhibisyon aktivitesine sahip olduğu görülmüştür. ACS5-postbiyotiği ise *Escherichia coli* ATCC 11229’ye karşı $\%20.3 \pm 11.17$, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644’e karşı ise $\%10.95 \pm 4.03$ oranında antibiyofilm aktivitesi sergilemiştir. Parabiyoitklerin ise *Escherichia coli*

ATCC 11229 ve *Listeria monocytogenes* ATCC 7644'in oluşturduğu biyofilmleri sırasıyla %27.75 ve %65.25 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir (Kocaoğlu, 2022).

Bir diğer çalışmada ise *Camelina sativa* L. Crantz (ketencik) tohumundan elde edilen yağ ekstraktlarının antimikrobiyal ve antibiyofilm aktiviteleri *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* CFAI, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Proteus vulgaris*, *Serratia marrescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, Alfa *Streptococcus haemolyticus*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus durans*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella kentucky*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella infantis*, *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter aerogenes*, *Pseudomonas fluorescens*, *Listeria innocua*, *Bacillus subtilis*'e karşı test edilmiştir. Sonuçlar neticesinde en yüksek antibiyofilm aktivite *Salmonella infantis*'e karşı tespit edilmiştir. Buna karşın test maddesinin hiçbir konsantrasyonunda *Bacillus subtilis*'e karşı antibiyofilm aktivite tespit edilememiştir (lgen, 2019).

Kuşburnu sirkesi ve propolis ekstraktının *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* O157:H7 zerine antibakteriyel ve antibiyofilm etkisinin incelendiği bir başka çalışmada da kuşburnu sirkesi ve propolis etanol özütü sardalya balığı örneklerine uygulanmış ve balık örneklerinin depolama sürecinde bozulmaya neden olabilecek *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* O157:H7'ye karşı antimikrobiyal etkisi ve buna bağlı olarak balığın depolama sürecindeki koruyucu etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde kuşburnu sirkesi ve propolis ekstraktının hem ayrı ayrı hem de birlikte uygulandığında, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* O157:H7'ye karşı hem antibakteriyel hem de antibiyofilm aktivite sergilediği ve buna bağlı olarak sardalya balığının raf ömrünü uzatabileceği bildirilmiştir (Gaş, 2024).

Kımı turşusu ise Ardahan yöresinde geleneksel yöntemlerle üretilen ve yöre halkı tarafından tüketilen fermente bir üründür. Fermente gıda ürünlerinin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri her geçen gün çok daha iyi anlaşılmakta ve insan mikrobiyotasını destekler nitelikte olduğu bilimsel çalışmalar ile de desteklenmektedir. Bu çalışmada, geleneksel yöntemler ile üretilen iki farklı Kımı turşusu kullanılmıştır. Bunlardan ilki klasik turşu yapımında olduğu gibi fermentasyon ortamına sirke eklenmesi ile elde edilen Kımı turşusu, ikincisi ise peynir altı suyunun fermentasyon ortamı olarak kullanılmasıyla üretilen Kımı turşusudur. Her iki Kımı turşusu da geleneksel yöntemlerle ve herhangi bir starter kültür kullanılmadan üretilen ürünler olduğu için sahip oldukları

mikrobiyota bilinmemekte ve oldukça farklı mikroorganizma cins ve türlerine ev sahipliği yapabilmektedirler. Bunun içindir ki her iki Kıymı turşusu örneğinin bakteriyel mikrobiyotasının ortaya konulabilmesi için 16S METAGENOM analizleri, fungal mikrobiyotasının ortaya konulabilmesi için ise ITS METAGENOM analizleri yapılmıştır. Dolayısıyla klasik kültür yöntemlerinin aksine, tüm bakteriyel ve fungal mikrobiyotanın anlaşılması sağlanmıştır. Ayrıca, bu turşu örneklerinin test mikroorganizmalarına karşı antibakteriyel (MIC, MTC, MBC) ve antibiyofilm aktiviteleri belirlemiş ve karşılaştırılmıştır.



3. BÖLÜM

MATERYAL METOD

3.1. KIMI BİTKİSİNİN TOPLANMASI

Çalışma kapsamında Kimi turşusu fermantasyonunda kullanılacak olan bitki örnekleri Mayıs-Haziran 2023 sezonunda bitki çiçeklenmeden Ardahan ili Damal ilçesi Ata mahallesi civarından (41°21'28"N 42°49'34"E) toplanmıştır. Bitkinin sistematik teşhisi için toplanan örnekler ise yine aynı mevkiden olmak üzere bitki çiçeklenmesinin gerçekleştiği dönem olan Temmuz 2023 sezonunda toplanmıştır.



Şekil 2. Kimi bitkisi (*Bunium cylindricum* (Boiss.& Hohem.) Drude)

3.2. KIMI BİTKİSİNİN SİSTEMATİK TEŞHİSİ

Kimi bitkisini sistematik teşhisi için toplanan 5 adet çiçekli bitki sistematik teşhiste kullanılmak üzere preslenerek kurutulmuştur. Bu bitkilerin tür tayinleri Davis'in "Flora of Turkey and The East Aegean Island" eserinden yararlanılarak Prof. Dr. Ahmet İLÇİM tarafından yapılmıştır (Davis ve diğerleri, 1988)

3.3. KIMI TURŞUSU FERMANTASYONU

Bu çalışmada Ardahan yöresinde geleneksel olarak üretilen ve tüketilen 2 farklı Kıımı turşusu fermente edilmiştir. Bunlardan ilki geleneksel turşu fermantasyonu yönteminde olduğu gibi fermantasyon ortamına sirke eklenmesi ile elde edilen Kıımı turşusudur (SKT). Bu yöntemle turşu fermantasyonunu sağlamak için, Kıımı turşusu fermantasyonu için toplanan bitki örnekleri toz ve kirlerden arındırıldıktan sonra yıkanmış ve sonrasında bitkinin rengi değişene kadar sıcak su ile muamele edilmiştir. Soğumaya bırakılan Kıımı bitkileri daha sonra 2 litrelik cam kavanoz içerisine yerleştirilmiş ve üzerine 200 mL doğal fermente elma sirkesi ve 75 gr kaya tuzu eklenmiştir. Daha sonra bitkinin üzerine çıkacak kadar daha önceden kaynatılmış soğutulmuş su ilave edilmiş ve kavanozun kapağı sıkıca kapatılarak oda sıcaklığında ve direkt ışık almayan bir ortamda fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon süresi 30-45 gün devam ettirilmiştir.

Çalışmada kullanılacak olan ikinci Kıımı turşusu ise peynir altı suyunun (PAS) fermantasyon ortamı olarak kullanıldığı Kıımı turşusudur (PASKT). Bu yöntemle hazırlanan Kıımı turşusu için ise temizlenmiş, yıkanmış ve rengi değişene kadar sıcak su ile muamele edilmiş Kıımı bitkileri soğuduktan sonra 2 litrelik cam kavanoz içerisine yerleştirilmiştir. Üzerine 75 gr kaya tuzu ilave edildikten sonra önceden kaynatılmış ve soğutulmuş olan PAS, Kıımı bitkisinin üzerine çıkana kadar ilave edilmiştir. Daha sonra kavanozun kapağı sıkıca kapatılarak oda sıcaklığında, direkt ışık almayan bir yerde, 30-45 gün boyunca fermantasyona bırakılmıştır.

3.4. ANTİBAKTERİYEL AKTİVİTENİN BELİRLENMESİ

Antibakteriyel ve antibiyofilm aktivite analizlerinde kullanılmak üzere PASKT ve SKT örneklerinin her birinden ayrı ayrı 15 mL turşu suyu ve 4.15 g Kıımı bitkisi turşusundan alınarak bir Ultra-Turrax homojenizatör (DAIHAN HG-15A®) ile homojenize edilmiştir. Homojenatlar daha sonra 5000 rpm’de 10 dk santrifüj edilmiş (SL 16R, Thermo Scientific, Germany) ve süpernatant toplanmıştır. Elde edilen süpernatantlar 0.22 µm mikrofiltreden geçirilerek steril edilmiş ve analizlerde kullanılmıştır.

3.4.1. Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MIC)

SKT ve PASKT'nin minimum inhibisyon konsantrasyonu (MIC), broth mikrodilüsyon metodu ile (Abbasoğlu ve diğerleri, 1995; Uysal, 2011) test bakterilerine karşı çalışılmıştır. Test bakterisi olarak *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (American Type Culture Collection, Manassas, VA) kullanılmıştır. 96 kuyucuklu siteril mikropalakaların her bir kuyucuğuna 100 µL Muller Hinton Broth (MHB) (Merck, Germany) eklenmiştir. İlk kuyucuğa 100 µL örnek eklenmiş ve dilüe edilmiştir. Daha sonra McFarland 0.5 standardına göre ayarlanmış 16 saatlik bakteri kültürlerinin her birinden 100 µL alınarak kuyucuklara eklenmiş ve mikropalakalar 37 °C'de 18 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra her bir kuyucuğa %0.5 2,3,5-tripheniltetrazolium chloride (TTC) çözeltisinden 20 µL eklenmiş ve 37 °C'de 30 dk yeniden inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında renk değişiminin gözlenmediği ilk kuyucuk MIC olarak belirlenmiştir.

3.4.2. Maksimum Tolere Edilebilir Konsantrasyon (MTC)

Bakteri gelişimi üzerine etki göstermeyen SKT ve PASKT'nin en yüksek madde konsantrasyonu ise maksimum tolere edilebilir konsantrasyon (MTC) olarak değerlendirilmiştir (Erkmen, 2016).

3.4.3. Minimum Bakterisidal Konsantrasyon (MBC)

Kıymı turşusu örneklerinin minimum bakterisidal konsantrasyonunu (MBC) belirlenmek için, MIC değerinin başladığı kuyucuktan başlayarak bakteri gelişiminin gözlenmediği kuyucukların her birinden 10 µL örnek alınarak Muller Hinton Agar besiyerine ekim yapılmış ve 37 °C'de 24-48 saat inkübasyona bırakılmıştır. % 99 bakteri inhibisyonunu sağlayan en yüksek ekstrakt konsantrasyonu MBC olarak belirlenmiştir (Erkmen, 2016).

3.5. ANTİBİYOFİLM AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ

Kıymı turşusu örneklerinin antibiyofilm aktivitesi kristal viyole yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Test bakterisi olarak *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (American Type Culture Collection, Manassas, VA) kullanılmış olup, 16 saatlik kültüre alınmış test bakterilerinin her biri McFarland 0.5 standardına göre ayarlanmıştır. Besiyeri olarak LB Broth kullanılmıştır. 96 kuyucuklu siteril mikropalakaların her bir kuyucuğuna 100 µL LB Broth (Merck, Germany) eklenmiş ve ilk kuyucuklara 100 µL Kıymı turşusu örneğinden eklenerek dilüe edilmiştir. Daha sonra herbir kuyucuğa 10 µL bakteri kültürü eklenerek 37 °C’de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında kuyucuklar boşaltılmış ve 2-3 kez distile su ile yıkanmıştır. Mikropalakalar kurumaya bırakılmış ve kuruduktan sonra kuyucukların içerisinde %95’lik metanolden 130 µL eklenmiş ve fiksasyon için 15 dk inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda kuyucukların içerisindeki metanol boşaltılıp, mikropalakalar kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra kuyucukların içerisine %0.1’lik kristal viyole çözeltisinden 125 µL eklenmiş ve 10 dk beklenmiştir. Mikropalakalar daha sonra 2-3 kez distile su ile yıkanmış ve kurumaya bırakılmıştır. Kuyucukların içerisine Gram (+) bakteriler için %33’lük glasiyel asetik asitten, Gram (-)’ler için ise %95’lik etanolden 200 µL eklenerek 15 dk beklenmiştir. Çözünen boyayı içeren mikropalakaların 600 nm’de spektrofotometrik olarak ölçümü yapılmıştır (Chaieb ve diğerleri, 2011).

3.6. BAKTERİYEL MİKROBİYOTA İÇİN 16S METAGENOM ANALİZLERİ

Kıymı turşusu örneklerinin bakteriyel mikrobiyotasını belirlemek amacıyla, örneklerden DNA izolasyonunun gerçekleştirilebilmesi amacıyla EurX GeneMATRIX Tissue & Bacterial DNA Pürifikasyon kiti kullanılmıştır. DNA miktarını tespit etmek amacıyla floresan temelli çift zincirli Picogreen boyası kullanılmış ve işlem Victor 3 florometre cihazında gerçekleştirilmiştir.

Bakteriyel mikrobiyotanın tespiti için Forward (5'-TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGCCTACGGGNGGCWGCAG) ve Reverse (5'-GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGGACTACHVGGGTATCTA

ATCC) primerler (Klindworth ve diğerleri, 2013) kullanılarak, bakteriyel 16S rRNA geninin V3 ve V4 bölgeleri çoğaltılmıştır. Bu primer çifti yaklaşık 460 bazlık bir bölgeyi çoğaltmaktadır. PCR koşulları şu şekildedir:

- 1) 95 ° C’de 3 dakika
- 2) Takip eden 25 döngü için
 - 95 ° C’de 30 saniye
 - 55 ° C’de 30 saniye
 - 72 ° C’de 30 saniye
- 3) 72 ° C’de 5 dakika
- 4) Sıcaklık 4°C’ye düşürülüp PCR tamamlanmıştır

AMPure XP (Beckman Coulter) manyetik boncuklar, PCR ürün temizliği için kullanılmış olup, serbest primerler ve primer dimerlerin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Bu işlem için ilk önce her örneğe AMPure XP manyetik boncuktan 20 µL eklenmiş ve manyetik stand ile hedeflenen PCR ürünlerinin manyetik boncuklara tutunması sağlanmıştır. Daha sonra kontaminasyonu önlemek amacıyla manyetik boncuk ekli örnekler 200 µL %80’lik etil alkol ile iki defa yıkanmıştır. Elde edilen saf PCR ürünü, 50 µL 10 mM pH 8.5 Tris solüsyonunda muhafaza edilmiştir.

PCR ürünlerine, farklı örneklerin yeni nesil dizileme okuması esnasında ayırt edilebilmesi ve tek okumada birden fazla örneğin sonuç verebilmesi amacıyla “indeks barkod” özelliği gösteren özel baz dizileri ve yeni nesil dizileme cihazında PCR ürünlerinin özel oligo bağlanma bölgelerine tutunabilmesini mümkün kılan “adaptör” dizileri eklenmiştir. Bu işlemler esnasında Nextera XT indeks kiti kullanılmış olup, kısa PCR koşullarında her örneğe iki indeks barkod bölgesi bağlanmıştır. PCR koşulları ise şu şekildedir:

- 1) 95 ° C’de 3 dakika
- 2) Takip eden 8 döngü için
 - 95 ° C’de 30 saniye
 - 55 ° C’de 30 saniye
 - 72 ° C’de 30 saniye
- 3) 72 ° C’de 5 dakika
- 4) Sıcaklık 4°C’ye düşürülüp PCR tamamlanmıştır

PCR ürün temizliği ikinci kez uygulanmış olup, bunun için AMPure XP (Beckman Coulter) manyetik boncuklar kullanılmış ve serbest primerler ile primer dimerler uzaklaştırılmıştır. İlk aşamada her örneğe 56 µL AMPure XP manyetik boncuk eklenmiş ve manyetik stand ile hedeflenen PCR ürünlerinin manyetik boncuklara tutunması sağlanmıştır. Kontaminasyonu önlemek amacıyla manyetik boncuk ekli örnekler 200 µL %80'lik etil alkol ile iki defa yıkanmıştır. Elde edilen saf PCR ürünü, 25 µL 10 Mm pH 8.5 Tris solüsyonunda muhafaza edilmiştir.

Illumina Novaseq 6000 (Illumina Corp., San Diego, CA, USA) cihazında kütüphane miktar tayininin daha hassas bir şekilde tespiti için, Real Time PCR tekniği ile oluşturulmuş olan kütüphanelerin kantifikasyonu yapılmıştır. Eşit oranda temsili sağlamak amacıyla, kütüphaneler birleştirilmeden önce manyetik boncuklar sayesinde normalizasyon aşaması gerçekleştirilmiştir. Illumina Novaseq cihazında okuma görüntülerinin işlenmesi Novaseq Control Software programıyla sağlanmış olup, bazların tayin edilmesi ise Real Time Analysis (v1.18) programı ile gerçekleştirilmiştir. Baz okumalar bcl2fastq (v1.8.4) programıyla FASTQ formatına çevrilmiştir. Spesifik olmayan adaptör dizilerini okuma sonuçlarından çıkartmak amacıyla Scythe (v0.994 BETA) ve Sickle programları kullanılmıştır. Daha sonra örneklerin referans dizilere göre hizalanması, taksonomik olarak sınıflandırılması, operasyonel taksonomik birim tespiti ve türlerin benzerliklerine göre gruplandırılması işlemleri biyoinformatik analizlerle gerçekleştirilmiştir.

3.7. FUNGAL MİKROBİYOTA İÇİN ITS METAGENOM ANALİZLERİ

Kıymı turşusu örneklerinin fungal mikrobiyotasını belirlemek amacıyla, EurX GeneMATRIX Plant & Fungi DNA izolasyon kiti (Polonya) kullanılarak örneklerden DNA izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen DNA örneklerinin miktarı ve saflığı spektrofotometrik ölçümler ile (Thermo Scientific Nanodrop 2000, USA) kontrol edilmiştir. Daha sonra ITS gen bölgesinin amplifikasyonu amacıyla ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') ve ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') primerleri kullanılarak PCR işlemi gerçekleştirilmiştir (Kyrathec Thermocyclers, Seoul, Korea). PCR koşulları ise şu şekildedir:

- 1) 95°C'de 5 dakika
- 2) Takip eden 40 döngü için

-95°C’de 45 saniye

-57°C’de 45 saniye

-72°C’de 60 saniye

3) 72°C’de 5 dakika

4) Sıcaklık 4°C’ye düşürölüp PCR tamamlanmıştır

Elde edilen amplifikasyon ürünleri 1xTAE tampon ile hazırlanan %1.5 agaroz jelde 90 dakika 100 volt akımda elektroforezle yürütölmiş ve ethidium bromide boyası kullanılarak UV altında görüntölennmiştir. Bu işlemle yaklaşık 700 bazlık bir bölge çoğaltılmış ve tek aşamalı bir PCR işlemi uygulanmıştır. PCR işlemi esnasında Solis Biodyne (Estonya) FIREPol® DNA Polymerase Taq polimeraz enzimi kullanılmıştır.

MAGBIO "HighPrep™ PCR Clean-up System" (AC-60005) saflaştırma kiti kullanılarak elde edilen tek bantlı örnekler için saflaştırma yapılmıştır olup, bu işlem ilgili kit prosedürü basamaklarına uyularak gerçekleştirilmiştir. Sanger dizilemesi için ABI 3730XL Sanger dizileme cihazı (Applied Biosystems, Foster City, CA, ABD) ve BigDye Terminator v3.1 Döngü Dizileme 5 Kiti (Applied Biosystems, Foster City, CA, ABD) kullanılmıştır. Bir konsensüs dizisi oluşturmak amacıyla elde edilen okumalar birleştirilmiştir. Bu işlemi gerçekleştirmek için BioEdit yazılımında CAP contig assembly algoritması kullanılmıştır.

4. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında Ardahan ili Damal ilçesinden toplanan bitki örneklerinin sistematik tür teşhisi yapılmıştır. Yapılan tür teşhisi sonucunda Ardahan yöresinde Kıımı olarak bilinen bitkinin *Bunium cylindricum* (Boiss. & Hohen.) Drude olduğu tespit edilmiştir. Ardahan yöresinde geleneksel olarak turşu veya farklı şekillerde tüketilen bu bitkinin sistematik tür teşhisinin yapılması ve literatüre kazandırılması önem arz etmektedir. Çünkü farklı kaynaklarda Kıımı adı ile farklı türlerin verildiğine rastlanılmış olup, bu durum bir karmaşaya neden olabilmektedir. Yapılan bu çalışma ile Ardahan yöresinde yöresel olarak Kıımı adı verilen bitkinin *Bunium cylindricum* (Boiss. & Hohen.) Drude olduğu netlik kazanmıştır. Ayrıca Kıımı bitkisi bazı zehirli bitkilerle de morfolojik olarak benzerlik göstermektedir. Yapılan sistematik teşhis ile bu karışıklığın kısmen önüne geçilebilecektir.

Ardahan yöresinde doğal ortamından toplanan Kıımı (*Bunium cylindricum* (Boiss. & Hohen.) Drude) bitkisi kullanılarak sirke ile fermente edilen Kıımı turşusu (SKT) ve peynir altı suyu ile fermente edilen Kıımı turşusu (PASKT) olmak üzere iki farklı Kıımı turşusu elde edilmiş ve elde edilen bu turşu örnekleri analizlerde kullanılmıştır.

4.1. KIMI TURŞUSUNUN ANTİBAKTERİYEL AKTİVİTESİ

PASKT'nin antibakteriyel aktivitesi değerlendirildiğinde, test bakterileri arasında en yüksek antibakteriyel etkinin *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6538'a karşı (MIC: 25 µL/mL) sergilendiği belirlenmiştir. PASKT'nin minimum bakterisidal konsantrasyon (MBC) değerleri de MIC ile paralellik göstermekte olup, *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6538'un MBC değerleri 25 µL/mL olarak belirlenmiştir. *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048'in PASKT'ye karşı diğer test bakterilerine göre daha az duyarlı olduğu tespit edilmiş olup, MIC ve MBC değerlerinin yine paralellik gösterdiği görülmektedir (50 µL/mL). *Escherichia coli* ATCC 8739'de ise *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048'de olduğu gibi

MIC değeri 50 µL/mL olarak belirlenmiştir; ancak bu test bakterisinin MBC değeri belirlenememiştir. Bu durum *Escherichia coli* ATCC 8739'nin PASKT için MBC değerinin çalışmada kullanılan en yüksek madde konsantrasyonu olan 50 µL/mL'den daha büyük bir konsantrasyon olduğu kanısını uyandırmaktadır. PASKT'nin kullanılan dozlarının test bakterileri arasında *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633'ye karşı ise herhangi bir antibakteriyel aktivite göstermediği belirlenmiştir. Ayrıca, *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048'in diğer test bakterilerine oranla MTC değerlerinin daha yüksek olduğu ve nispeten daha yüksek konsantrasyonda PASKT madde miktarını tolere edebildikleri görülmektedir (Tablo 6).

SKT'nin antibakteriyel aktivite değerleri incelendiğinde ise test bakterileri arasında en duyarlı olanının 12.5 µL/mL MIC değeri ile *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, bunu takiben ise 25 µL/mL MIC değeri ile *Bacillus licheniformis* ATCC 14580 ve *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 olduğu belirlenmiştir. SKT'nin *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 üzerine sergilediği MBC değeri, MIC değeri ile paralellik göstermekte olup 12.5 µL/mL olarak tespit edilmiştir. *Bacillus licheniformis* ATCC 14580 ve *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495'nin MBC değerleri ise MIC değerlerinden daha yüksek bir konsantrasyonda belirlenmiştir. *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048'in SKT'ye karşı nispeten daha az duyarlı olduğu tespit edilmekle birlikte, MBC değerleri tespit edilememiştir. Benzer bir şekilde SKT'nin kullanılan dozlarının *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633'ye karşı herhangi bir antibakteriyel aktivite göstermediği belirlenmiştir. *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048'in yine diğer test bakterilerine oranla MTC değerlerinin daha yüksek olduğu ve tolere edebildikleri SKT madde konsantrasyonunun nispeten daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 6).

PASKT ve SKT antibakteriyel etki bakımından karşılaştırıldığında, her iki Kıymı turşusu örneğinin de test bakterilerine karşı benzer oranlarda antibakteriyel aktiviteye sahip oldukları görülmektedir.

Turşu örneklerinin antimikrobiyal aktivitesi ile alakalı çalışmalara literatürde rastlanılmış olmakla birlikte, Kıymı turşusunun biyolojik aktivitelerinin çalışıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak Kıymı bitkisinin (*Bunium cylindricum*) uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmada *Bunium cylindricum*'un da aralarında bulunduğu bazı bitkilerin uçucu yağlarının

antimikrobiyal aktivitesi çalışılmıştır. Ancak *Bunium cylindricum* uçucu yağında test bakterilerine karşı herhangi bir antibakteriyel aktivite gözlenmemiştir (Masoudi ve diğerleri, 2005).

Farklı turşu örnekleri fermantasyon sonrasında mikroorganizma faaliyetleri sonucunda içerisinde bakteriyosinler, organik asitler vb. sekonder metabolitler olduğu için antimikrobiyal ve antibiyofilm gibi biyolojik aktivite sergileme potansiyeline sahip olabilmektedir. Hatta turşu örnekleri içerisinde gelişen ve fermantasyon sürecini yöneten mikroorganizmaların da farklı mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki oluşturmaları söz konusu olabilmektedir. Örneğin turşu örneklerinden izole edilen *Lactobacillus* spp. türlerinin *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *Salmonella* spp.'ya karşı antibakteriyel aktivite sergilediği bildirilmiştir (Hussein ve diğerleri, 2025).

Yapılan bir çalışmada turp turşusunda 2,6-dihidroksiasetofenon (DHAP), 4-hidroksibenzaldehit (HBA) ve 4-hidroksifenetil alkol (4-HPEA) tespit edilmiştir. Bunlardan DHAP, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* ve *Canidia albicans*'a karşı iyi düzeyde antimikrobiyal aktivite göstermiştir (MIC: 0,25 mg/mL, 0,06 mg/mL ve 0,03 mg/mL, sırasıyla). HBA ise *Escherichia coli* ve *Canidia albicans*'a karşı antimikrobiyal aktivite sergilerken (MIC: 1,25 mg/mL ve 0,32 mg/mL, sırasıyla) *Bacillus subtilis*'e karşı herhangi bir aktivite göstermemiştir (Li ve diğerleri, 2020).

Farklı bir çalışmada ise Çin'in Yunnan eyaletinde yaşayan De'ang etnik grubunun geleneksel olarak tükettiği fermente bir ürün olan De'ang çay turşusundan 26 laktik asit bakterisi izole edilmiş olup, bunlardan 24'ü *Lactobacillus plantarum*, biri *Enterococcus casseliflavus* ve biri ise *Lactobacillus acidophilus* türlerine ait olarak belirlenmiştir. Bu suşların *Salmonella typhimurium* ve *Escherichia coli* test bakterilerine karşı antagonistik etkisi araştırılmış ve tüm izolatların *Salmonella typhimurium* ve *Escherichia coli*'ye karşı 3 mm'den büyük inhibisyon zonları oluşturarak antimikrobiyal etki gösterdiği belirlenmiştir. Test edilen 18 suştan 11'i *Salmonella typhimurium* üzerinde 6 mm'den büyük inhibisyon zonları ile daha yüksek düzeyde antimikrobiyal aktivite sergilemiştir. Özellikle *Lactobacillus plantarum* STDA5 ve ST suşları, *Escherichia coli* üzerinde daha belirgin bir baskılayıcı etki ortaya koymuştur. Öte yandan, sadece 8 suşın *Shigella flexneri*'nin çoğalmasını engellediği gözlemlenmiştir. Bu suşlar arasında *Lactobacillus plantarum* STDA3 ve STDA5, *Shigella flexneri*'ye karşı en güçlü antimikrobiyal etkiyi gösterdiği bildirilmiştir (Cao ve diğerleri, 2019).

Başka bir çalışmada Himachal Pradesh'in kırsal ve kentsel bölgelerinden elde edilen geleneksel turşu örneklerinden toplamda 15 adet laktik asit bakterisi elde edilmiştir. LAB izolatlarının antibakteriyal potansiyeli, agar kuyu difüzyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* ile *Shigella dysenteriae*'ye karşı geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivite sergiledikleri gözlemlenmiştir. Çoğu izolat, bu patojen mikroorganizmaların büyümesini inhibe etmiştir. Özellikle tüm izolatların *Escherichia coli* ve *Bacillus cereus*'a karşı etkin olduğu belirlenmiştir. *Lactobacillus plantarum* (PKL-21) suşu hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakterilere karşı en geniş inhibitör etkiyi göstermiştir. *Bacillus cereus*'a karşı 16.36 mm, *Escherichia coli*'ye karşı 13.1 mm, *Shigella dysenteriae*'ye karşı 12.86 mm ve *Staphylococcus aureus*'a karşı 8.3 mm çapında inhibisyon zonları oluşturdukları kaydedilmiştir (Monika ve diğerleri, 2017). Benzer bir şekilde, Çin turşusundan izole edilen *Lactobacillus plantarum* AR113 ve *Lactobacillus paracasei* AR340 suşlarının β -hemolitik Streptokoklar ve *Staphylococcus aureus* üzerinde anlamlı antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Jia ve diğerleri, 2021).

Yapılan farklı bir çalışmada ise geleneksel turşu örneklerinden izole edilen ve genotipik analizler sonucunda 9 farklı türe ait olduğu belirlenen 21 adet laktik asit bakterisi suşu tanımlanmıştır. Yapılan testler sonucunda *Levilactobacillus brevis* ve *Lactiplantibacillus plantarum* suşları probiyotik potansiyelleriyle öne çıkmıştır. Ayrıca, izolatların antibakteriyel aktiviteleri *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* suşlarına karşı test edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre tüm turşu izolatları test edilen patojen mikroorganizmalara karşı güçlü antibakteriyel etki göstermiştir (İspirli ve Dertli, 2023).

Tablo 6. Kıymı turşusu örneklerinin MIC, MTC ve MBC sonuçları

			MIC (µL/mL)		MTC (µL/mL)		MBC (µL/mL)	
			PASKT	SKT	PASKT	SKT	PASKT	SKT
<i>Bacillus licheniformis</i>	ATCC		25	25	12.5	12.5	25	50
14580								
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATCC		25	25	12.5	12.5	25	50
33495								
<i>Bacillus subtilis</i>	subsp.		-	-	-	-	-	-
<i>spizizenii</i>	ATCC 6633							
<i>Enterobacter aerogenes</i>	ATCC		50	50	25	25	50	-
13048								
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 8739		50	50	25	25	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC		25	12.5	12.5	6.25	25	12.5
6538								

4.2. KIMI TURŞUSUNUN ANTİBİYOFİLM AKTİVİTESİ

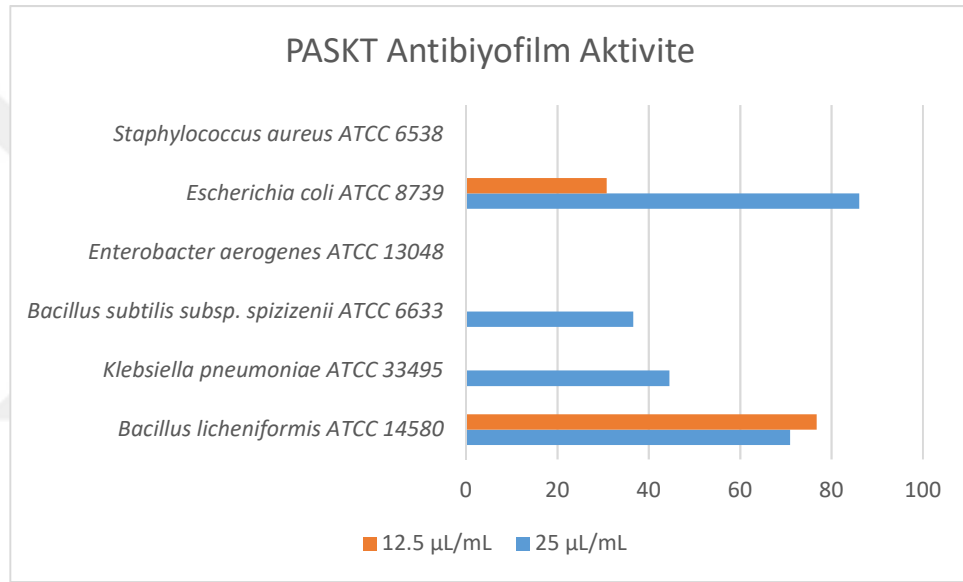
Doğal ortamda birçok bakteri, biyofilm yapılarını oluşturarak yaşamını sürdürür. Biyofilm, sağlık alanında önemli bir sorun teşkil etmektedir; çünkü hem pek çok enfeksiyon türüyle ilişkilidir hem de antibiyotiklere karşı geliştirdikleri direnç ve bağışıklık sistemine karşı gösterdikleri direnç nedeniyle tedavileri oldukça güçtür. Biyofilm kaynaklı enfeksiyonların kontrol altına alınması hem bu yapıların karmaşık doğası hem de artan antibiyotik direnci nedeniyle zorluk arz eder. Bu tür enfeksiyonları önleyebilmek adına, bakterilerin yüzeylere tutunarak koloni oluşturmalarının engellenmesi büyük önem taşır (Srinivasan ve diğerleri, 2021).

Biyofilm oluşumu hem sağlık açısından hem de gıda sanayisi açısından oldukça öneme sahiptir. Biyofilm oluşumu önemli düzeyde ekonomik kayıplara da yol açabilmektedir. Örneğin, endüstride metal yüzeylerde gelişen sülfür indirgeyen ve oksitleyen bakteri türleri tarafından oluşturulan biyofilm yapıları korozyona yol açabilmektedirler. Ayrıca, gıda örneklerinde meydana gelen biyofilm yapıları gıdaların bozulmalarına ve gıdanın patojen bakterilerle kontaminasyonuna neden olabilmektedir. Bu gibi durumlar ise tüketicilerde gıda kaynaklı enfeksiyon hastalıklarının meydana gelmesine, gıdaların raf ömürlerinin kısılmasına ve buna bağlı olarak ekonomik kayıpların artmasına sebebiyet verebilmektedir. Buna karşın insan bağırsak epiteline tutunan bakteriler tarafından meydana getirilen biyofilm yapıları ise gıda kaynaklı patojenlere karşı koruyucu bir rol üstlenebilmektedir (De Beer ve diğerleri, 1994).

Biyofilm, içerisinde bulunan mikroorganizmaları nem, ısı, pH değişiklikleri ve UV maruziyeti gibi çeşitli olumsuz koşulların oluşturacağı zararlara karşı korumaktadır. Buna ek olarak biyofilm içerisinde besinlerin depolanması ve atıkların uzaklaştırılması daha kolay olacağından, bu durum biyofilm içerisinde bulunan mikroorganizmalar için avantaj oluşturmaktadır. Ayrıca, mikroorganizmaların ekzopolisakkarit matriks içerisinde ve kümeler halinde bulunmaları sonucunda fagosite edilmeleri güçleşmekte ve hümmoral immün sistem bileşenlerinin bakterilere ulaşmaları engellenmiş olmaktadır (Çiftçi, 2005). Dolayısıyla bakterilerin biyofilm yapısı içerisinde daha korunaklı ve dirençli bir hale gelmeleri insan ve hayvan sağlığını olumsuz yönde etkileyecek bir hal alabilmektedir. Bundan dolayı son yıllarda bilim insanları biyofilm yapısını inhibe etmeye yönelik çalışmalara odaklanmış durumdadır. Antibiyofilm özelliğe sahip çeşitli

etken maddeler mevcuttur. Bazı antimikrobiyal peptitler, örneğin defensinler ya da mevcut biyofilm inhibitörleri, biyofilm matrisine etki etme konusunda önemli ve geniş kapsamlı roller üstlenmektedirler (Lewis, 2001).

Bu çalışmada antibakteriyel aktivite analizlerinde kullanılan aynı test bakterilerine karşı, her iki Kıymı turşusu örneğinin de antibiyofilm aktiviteleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde, PASKT'nin *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Bacillus licheniformis* ATCC 14580'te biyofilm oluşumunu daha yüksek oranda inhibe ettiği belirlenirken, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 ve *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048'e karşı antibiyofilm aktivite tespit edilememiştir (Grafik 1).



Grafik 1. PAS ile fermente edilen Kıymı turşusunun (PASKT) antibiyofilm etkisi

SKT'nin antibiyofilm aktivite analiz sonuçlarına bakıldığında ise test bakterilerine karşı nispeten daha yüksek oranda antibiyofilm aktivite sergilendiği görülmektedir. SKT'nin 25 µL/mL madde miktarında *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495, *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048 ve *Escherichia coli* ATCC 8739'e karşı daha yüksek oranda antibiyofilm etki gösterdiği tespit edilirken, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 ve *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633'ye karşı antibiyofilm aktivite tespit edilememiştir (Grafik 2).

Literatürde Kıymı turşusunun antibiyofilm aktivitesi ile alakalı herhangi bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bununla birlikte farklı turşu örneklerinin antibiyofilm aktivitesi ile alakalı da sınırlı sayıda çalışmaya rastlanılmıştır. Bundan dolayı yapılan bu

çalışma literatürdeki eksiklikleri doldurma potansiyeline sahip olması açısından önem arz etmektedir.

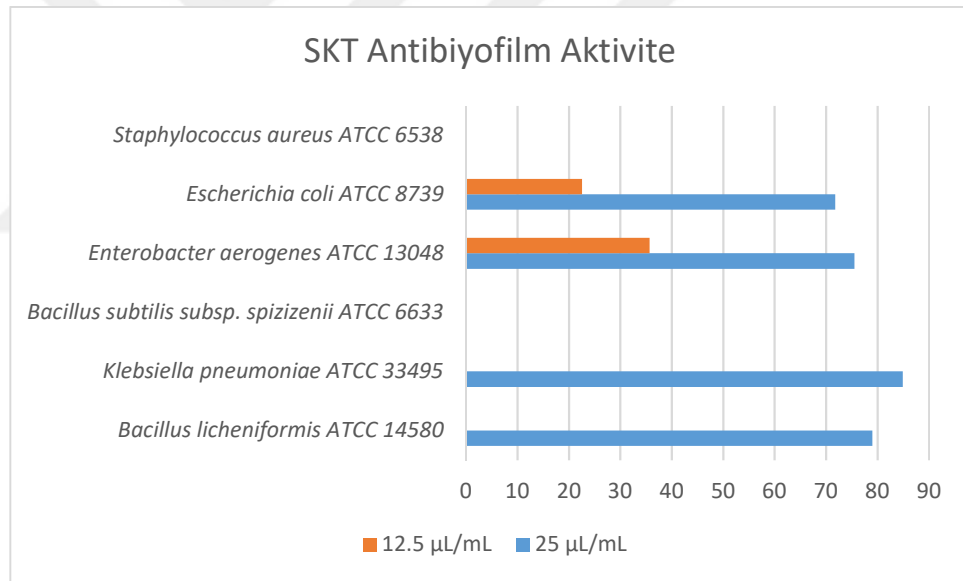
Yapılan bir çalışmada Çin turşusundan izole edilen *Lactobacillus plantarum* AR113 ve *Lactobacillus paracasei* AR340'nin oral enfeksiyonlara neden olan bazı patojenlerin biyofilm oluşumunu engelleme etkisi gözlemlenmiştir. *Lactobacillus plantarum* AR113 suşuna ait hücrelerden arındırılmış ve nötralize edilmiş süpernatant, konsantrasyon arttıkça β -hemolitik streptokoklara karşı belirgin bir anti-adhezyon etkisi göstermiştir (%45.2-71.1). Bu etki, *Staphylococcus aureus* üzerinde daha düşük seviyede olmakla birlikte (%15.4-52.6) yine de anlamlı bulunmuştur. Öte yandan, *Lactobacillus paracasei* AR340 suşu özellikle *Staphylococcus aureus* üzerinde konsantrasyona bağlı olarak daha güçlü antibiyofilm aktivitesi (%30.7-65.9) sergilemiş, bunu β -hemolitik streptokoklara karşı elde edilen sonuçlar (%20.3-56,8) takip etmiştir (Jia ve diğerleri, 2021).

Farklı fermente gıda ürünleri, fermentasyon sürecinde rol alan mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri neticesinde oluşan bakteriyosinler, organik asitler ve farklı metabolitler sayesinde istenmeyen mikroorganizmaların oluşturacağı ve onları daha dirençli kılan biyofilm yapılarını inhibe etme potansiyeline sahip olabilmektedirler. Buna ek olarak fermentasyon sürecinde rol alan canlı mikroorganizmaların da istenmeyen mikroorganizmalar üzerinde antibiyofilm aktiviteye sahip olabildikleri bildirilmiştir. Bir çalışmada yeşil zeytin turşusu ve karışık turşu örneklerinden izole edilen *Lactobacillus plantarum* KR3'un *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *Salmonella* spp.'ya karşı antibiyofilm aktivite sergilediği belirtilmiştir. Bu test bakterileri arasında en yüksek antibiyofilm aktivitenin %83.50 ile *Escherichia coli*'ye karşı sergilendiği bildirilmiştir (Hussein ve diğerleri, 2025). Tarafımızca yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde *Escherichia coli*'ye karşı PASKT'nin %80'nin üzerinde (Grafik 1), SKT'nin ise %70'in üzerinde antibiyofilm aktivite sergilediği görülmektedir (Grafik 2). Böylece çalışmamızdan elde edilen sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Staphylococcus aureus'un biyofilm formunda uzun süre canlı kalabilmesi, özellikle tıbbi cihazların kontaminasyonuna neden olarak ciddi ve yaşamı tehdit eden enfeksiyonların gelişmesine yol açabilmektedir. Ancak laktik asit bakterileri *Staphylococcus aureus*'un çoğalmasını engelleyici potansiyel göstermektedir. Bir çalışmada fermente sebzelerden izole edilen LAB suşlarının seçilmesi ve *Staphylococcus*

aureus üzerindeki inhibitör etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Sichuan turşularından toplam 45 LAB izolatı elde edilmiş ve bunlar arasında *Lactiplantibacillus plantarum* LR-14 suşunun hücresiz süpernatantı (CFS) *Staphylococcus aureus*'a karşı en yüksek inhibisyon aktivitesini sergilemiştir. Ayrıca hem planktonik hem de biyofilm oluşturan *Staphylococcus aureus* hücrelerinde LR-14'ün CFS uygulaması sonucunda morfolojik bozulmalar ve yapısal hasarlar gözlemlenmiştir (Yang ve diğerleri, 2022). Ancak tarafımızca yapılan antibiyofilm analizleri sonucunda ise bu çalışmadan farklı olarak ne PASKT'de ne de SKT'de *Staphylococcus aureus*'a karşı antibiyofilm aktivite tespit edilememiştir.

Başka bir çalışmada ise turşu örneklerinden izole edilen 54 farklı *Lactobacillus* suşu incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda *Lactobacillus plantarum* K41 suşunun, in vitro ortamda *Streptococcus mutans*'ın büyümesini, ekzopolisakkarit (EPS) üretimini ve biyofilm oluşumunu güçlü şekilde inhibe ettiği belirlenmiştir (Zhang ve diğerleri, 2020).



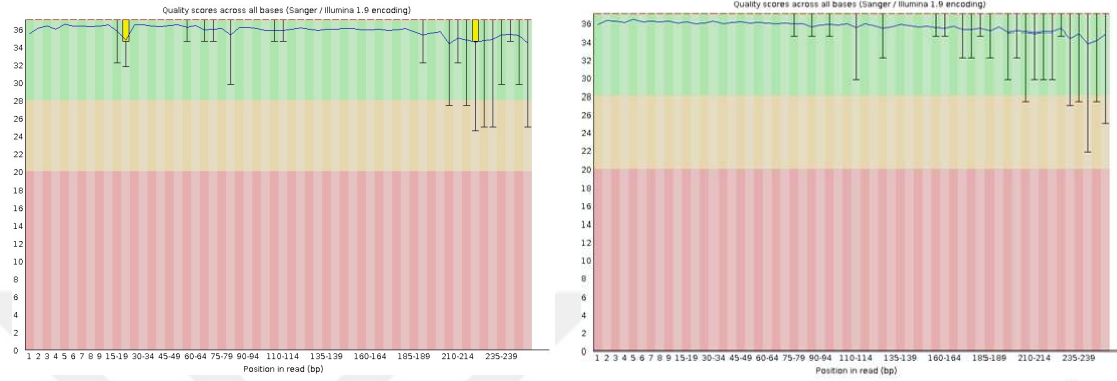
Grafik 2. Sirke ile fermente edilen Kımı turşusunun (SKT) antibiyofilm etkisi

4.3. KIMI TURŞUSUNUN BAKTERİYEL MİKROBİYOTASI

Türk mutfağında geleneksel olarak üretilen fermente turşular; lahana, salatalık, havuç, pancar, biber, şalgam, patlıcan ve fasulye gibi çeşitli sebzelerin kullanımıyla hazırlanmaktadır. Fermantasyon süreci boyunca en yaygın olarak gözlemlenen mikroorganizmalar arasında ise *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*,

Leuconostoc mesenteroides, ve *Pediococcus pentosaceus* türleri yer almaktadır (Çetin, 2011; Irkin ve Songun, 2012).

Çalışma kapsamında fermente edilen PASKT ve SKT olmak üzere iki Kıyma turşusu örneğinin bakteriyel mikrobiyotasını tespit etmek amacıyla 16S METAGENOM analizleri yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Okuma kalitesi (Forward ve Reverse)

16S METAGENOM analizleri sonucunda PASKT bakteriyel mikrobiyotası içerisinde 3 bakteriyel şube tespit edilmiş olup, bunlardan yüzde alan olarak en baskın olanı ise %52.96 ile Pseudomonadota olarak belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. PASKT bakteriyel mikrobiyotası şube seviyesi taksonomisi

Pseudomonadota	%52.96
Bacteroidota	%29.97
Bacillota	%17.07

PASKT aile seviyesi taksonomisinde yüzde alan olarak en baskın olan bakteriyel ailelerin sırasıyla Bacteroidaceae, Moraxellaceae ve Lactobacillaceae olduğu tespit edilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. PASKT bakteriyel mikrobiyotası aile seviyesi taksonomisi

Bacteroidaceae	%23.12
Moraxellaceae	%21.79
Lactobacillaceae	%10.24
Arcobacteraceae	%9.89
Oceanospirillaceae	%8.29
Paracoccaceae	%4.14
Crocinitomicaceae	%2.22

Tablo 8 (Devam). PASKT bakteriyel mikrobiyotası aile seviyesi taksonomisi

Flavobacteriaceae	%2.02
Diğer*	%18.29

*'Diğer' Bölümü %2.00 değerinin altında kalan değerlerin toplanmasıyla oluşturulmuştur.

Tablo 9. PASKT bakteriyel mikrobiyotası cins seviyesi taksonomisi

<i>Bacteroides</i>	%23.12
<i>Psychrobacter</i>	%21.79
<i>Arcobacter</i>	%9.89
<i>Marinospirillum</i>	%5.85
<i>Pediococcus</i>	%2.68
<i>Lactiplantibacillus</i>	%2.67
<i>Marinomonas</i>	%2.44
<i>Brumimicrobium</i>	%2.22
<i>Pseudorhodobacter</i>	%2.02
Diğer*	%27.33

*'Diğer' Bölümü %2.00 değerinin altında kalan değerlerin toplanmasıyla oluşturulmuştur.

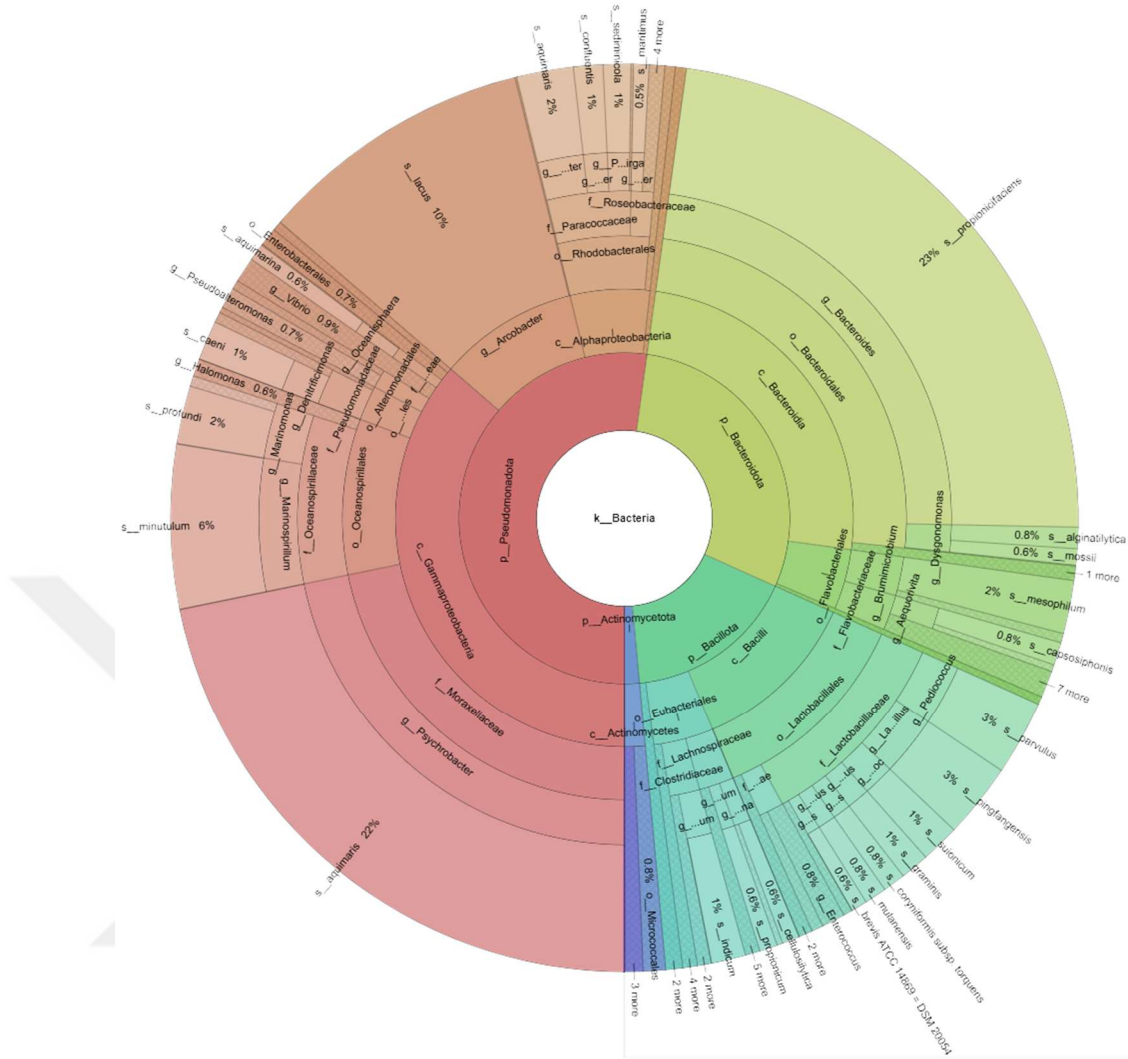
PASKT bakteriyel mikrobiyotası içerisinde toplamda 117 cins tespit edilmiş olup (Şekil 4), bunlar içerisinde yüzde alan olarak %2'nin üzerinde olan cinsler Tablo 9'da verilmiştir. *Bacteroides* ve *Psychrobacter* bakteri cinslerinin %20'den fazla yüzde alanına sahip olan en baskın cinsler olduğu görülmektedir. LAB olarak kabul edilen *Pediococcus*'un %2.68 ile beşinci, *Lactiplantibacillus*'un ise %2.67 ile altıncı en baskın cins olduğu belirlenmiştir. Yapılan farklı bir çalışmada yeşil zeytin turşusu ve karışık turşu örneklerinden laktik asit bakterilerinin izole edildiği; bunlardan karışık turşudan izole edilen türün *Lactiplantibacillus pentosus* MP7, yeşil zeytin turşusundan izole edilen türün ise *Lactocaseibacillus paracasei* GOP8 olduğu bildirilmiştir (Hussein ve diğerleri, 2025).

Yapılan bir çalışmada Çin'in Yunnan eyaletinde yaşayan De'ang etnik grubunun geleneksel olarak tükettiği fermente bir ürün olan De'ang çay turşusundan izole edilen laktik asit bakterisi suşlarının probiyotik potansiyeli araştırılmıştır. De'ang turşu çayından izole edilen 26 laktik asit bakteri suşunun kimliklendirilmesi, 16S rRNA gen dizisi analizi temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu suşlardan 24'ü *Lactobacillus plantarum*, biri

Enterococcus casseliflavus ve biri ise *Lactobacillus acidophilus* türlerine ait olarak belirlenmiştir (Cao ve diğerleri, 2019).

Farklı bir çalışmada Dakka'da bir sokak lezzeti olan turşu örnekleri kullanılmış olup, Dakka şehri sokaklarında toplanan farklı türlerde toplam 30 turşu örneği çalışılmıştır. Bu turşu örneklerinden bakteri izolasyonu yapılmış ve turşu örneklerinden elde edilen 50 izolatın %18'i *Enterococcus faecalis* (6) ve *Enterococcus faecium* (3) dahil olmak üzere laktik asit bakterileri olarak tanımlanmıştır. Geri kalanında ise *Staphylococcus aureus* (18), *Escherichia coli* (11), *Klebsiella* spp.(5), *Salmonella* (3), *Shigella* (3) ve *Pseudomonas aeruginosa*'yı (1) içerdiği tespit edilmiştir (Banik ve diğerleri, 2023). Probiyotik olarak faydalı etkilere ve antimikrobiyal etkilere sahip olabilmelerine rağmen *Enterococcus faecalis* ve *Enterococcus faecium* patojenik hale gelebilmekte ve tüketildiğinde sağlığa zararlı olabilen antibiyotik direnci gösterebilmektedirler (Ike, 2017).

Başka bir çalışmada Himachal Pradesh'in kırsal ve kentsel bölgelerinden elde edilen geleneksel turşu örneklerinden toplamda 15 adet laktik asit bakterisi elde edilmiştir. Bu izolatlar morfolojik analizler, biyokimyasal analizler ve 16S rDNA dizi analizleri doğrultusunda *Enterococcus faecalis* (7 izolat), *Lactobacillus plantarum* (3 izolat), *Pediococcus pentosaceus* (2 izolat), *Leuconostoc mesenteroides* (1 izolat), *Lactococcus lactis* (1 izolat) ve *Enterococcus sp.* (1 izolat) olarak tanımlanmıştır (Monika ve diğerleri, 2017).



Şekil 4. PASKT bakteriyel mikrobiyota için Krona grafiği

SKT'nin bakteriyel mikrobiyotası içerisinde ise yüzde alan olarak en baskın olan şubenin %91.33 ile Bacillota olduğu tespit edilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. SKT bakteriyel mikrobiyotası şube seviyesi taksonomisi

Bacillota	%91.33
Pseudomonadota	%7.94
Diğer*	%0.73

*'Diğer' Bölümü %2.00 değerinin altında kalan değerlerin toplanmasıyla oluşturulmuştur.

Tablo 11. SKT bakteriyel mikrobiyotası aile seviyesi taksonomisi

Lactobacillaceae	%66.24
Streptococcaceae	%24.0
Moraxellaceae	%3.8
Enterobacteriaceae	%3.12
Diğer*	%2.85

*'Diğer' Bölümü %2.00 değerinin altında kalan değerlerin toplanmasıyla oluşturulmuştur.

SKT bakteriyel mikrobiyotası içerisinde en baskın olan ailenin %66.24 ile Lactobacillaceae olduğu tespit edilirken, bunu takiben ise %24 ile Streptococcaceae belirlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 12. SKT bakteriyel mikrobiyotası cins seviyesi taksonomisi

<i>Latilactobacillus</i>	%29.86
<i>Lactococcus</i>	%23.92
<i>Leuconostoc</i>	%22.17
<i>Lactiplantibacillus</i>	%7.74
<i>Levilactobacillus</i>	%4.2
<i>Acinetobacter</i>	%3.02
<i>Weissella</i>	%2.1
Diğer*	%7.0

*'Diğer' Bölümü %2.00 değerinin altında kalan değerlerin toplanmasıyla oluşturulmuştur.

SKT bakteriyel mikrobiyotası içerisinde toplamda 69 cins tespit edilmiş olup (Şekil 5), bunlar içerisinde yüzde alan olarak %2'nin üzerinde olan cinsler Tablo 12'de verilmiştir. *Latilactobacillus*, *Lactococcus* ve *Leuconostoc* bakteri cinslerinin %20'den fazla yüzde alana sahip olan en baskın cinsler olduğu tespit edilmiştir. LAB olarak kabul edilen *Latilactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Lactiplantibacillus*, *Levilactobacillus* ve *Weissella* cinslerinin en baskın cinsler arasında bulunduğu görülmektedir.

PASKT ile SKT bakteriyel mikrobiyotası karşılaştırıldığında, SKT bakteriyel mikrobiyotasının en baskın cinslerini büyük oranda laktik asit bakterilerinin oluşturduğu göze çarpmaktadır. Yapılan bir çalışmada da sebze turşusu örneklerinin mikrobiyal çeşitliliklerinde meydana gelen değişimler fermantasyonun 4., 31. ve 79. günlerinde olmak üzere üç farklı zamanda değerlendirilmiştir. 4. günde mikrobiyal topluluk içinde *Lactobacillus* cinsinin baskın olduğu belirlenmiş olup, 31. günde

Lactobacillus türleri baskınlığını korurken *Pediococcus* cinsinin göreceli bolluğu artış göstermiştir. 79. günde ise mikrobiyal popülasyonda *Lactobacillus* türlerinin yerini *Enterobacter* türleri almıştır (Liu ve diğerleri, 2022). Diğer bir çalışmada, İran'ın çeşitli bölgelerinden toplamda 70 turşu örneği toplanarak değerlendirilmiştir. Bu örneklerden izole edilen bakterilerin *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei*, ve *Leuconostoc mesenteroides* olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu turşu örneklerinde en baskın LAB türü, çoğunlukla izole edilen *Lactobacillus plantarum* olarak belirlenmiştir. Toplam 114 LAB izolatu arasında 7 suşun probiyotik potansiyel taşıdığı tespit edilmiştir. Bu suşların 6'sı *Lactobacillus plantarum* olarak tanımlanırken bir suşun ise biyokimyasal testlerle tür düzeyinde tanımlanması mümkün olmamıştır (Dallal ve diğerleri, 2017). Bitki kaynaklı mikrobiyotaya ile doğal olarak fermente edilen geleneksel bir Japon patlıcan turşusu olan shibazuke örneklerinin kullanıldığı bir çalışmada da *Lactiplantibacillus plantarum* türünün baskın olduğu gözlemlenmiştir (Sawada ve Yamada, 2024).

Geleneksel bir fermente sebze ürünü olan turşu, Çin'in Sichuan Eyaleti'nde yaygın olarak tüketilen bir gıdadır. Sichuan bölgesinin altı farklı yöresinden toplanan toplam 36 turşu örneği aracılığıyla, bu ürünlerde baskın olan laktik asit bakterisi türlerinin çeşitliliği incelenmiştir. Analiz edilen örneklerdeki LAB yoğunluğu, 3.90 ile 8.40 log cfu mL⁻¹ arasında değişmiştir. MRS agar ortamında izole edilen ve Gram pozitif ile katalaz-negatif özellikler gösteren 185 potansiyel LAB suşu, fizyolojik analizler, 16S rRNA gen sekanslaması ve multipleks PCR testleri kullanarak tür seviyesinde tanımlanmıştır. *Enterococcus thailandicus* (2 suş), *Lactobacillus alimentarius* (16 suş), *Lactobacillus brevis* (24 suş), *Lactobacillus paracasei* (9 suş), *Lactobacillus plantarum* (81 suş), *Lactobacillus pentosus* (38 suş), *Lactobacillus sakei* (8 suş), *Lactobacillus spicheri* (1 suş), *Leuconostoc lactis* (1 suş) ve *Pediococcus ethanolidurans* (5 suş). *Lactobacillus plantarum* türünün örneklerin çoğunda izole edilerek Sichuan turşularında en baskın LAB türü olduğunu belirtmiştir (Jie ve diğerleri, 2012).

Yapılan bir araştırmada, 88 farklı kimchi örneğinin fermentasyon sürecindeki bakteri topluluklarının bileşimi analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, tuz konsantrasyonunun mikrobiyal kompozisyonu şekillendiren temel etken olduğunu ortaya koymuştur. İncelenen bakteriler arasında, *Leuconostoc* türlerinin düşük tuz seviyelerinde daha iyi gelişim gösterdiği, buna karşılık *Lactobacillus* ve *Weissella* türlerinin ise daha

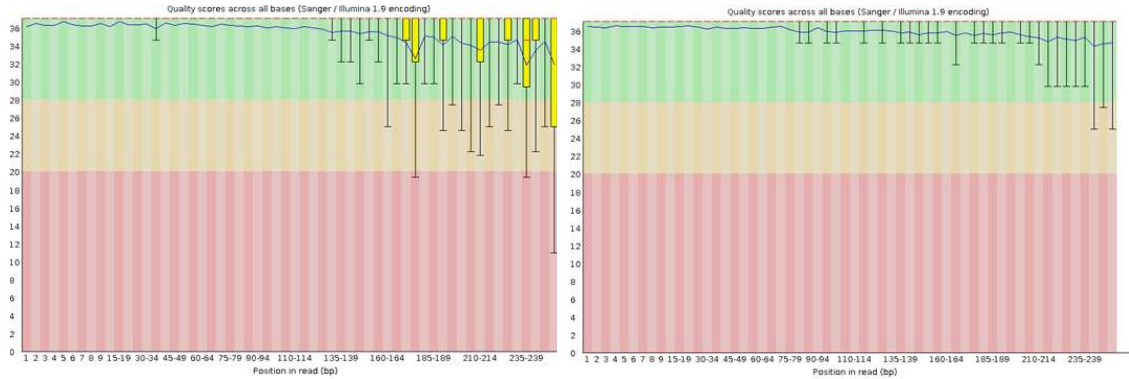
yüksek tuz konsantrasyonlarında daha etkin şekilde çoğaldığı belirlenmiştir (Lee ve diğerleri, 2017). Tarafımızca yapılan çalışmada da özellikle SKT örneğinin bakteriyel mikrobiyotası içerisinde *Leuconostoc*, *Lactobacillus* ve *Weissella* cinslerinin en baskın cinsler arasında olduğu görülmektedir (Tablo 12, Şekil 5).

Nukazuke olarak adlandırılan sebze turşularının hazırlandığı fermente pirinç kepeği yatağı, yani nukadoko, oldukça karmaşık bir mikrobiyal yapıya sahiptir. Bu ortam ile turşu yapılan sebzelerin mikrobiyotası arasındaki yoğun etkileşim, her iki ürünün özelliklerini hem belirlemekte hem de yönlendirmektedir. Bu ilişkiyi araştırmak amacıyla çeşitli sebzelerin turşuya dönüştürülmesi sürecinde hem nukadoko hem de nukazuke mikrobiyotasındaki değişimler gözlemlenmiştir. Bazı laktik asit türleri başlangıçta ne taze sebzelerde ne de pirinç kepeğinde saptanabilmiş olmasına rağmen, süreç sonunda hem nukadoko hem de nukazuke mikrobiyotasında baskın hale gelmiştir. Özellikle *Lactiplantibacillus plantarum* türü hem turşu sebze kombinasyonlarında ve nukadoko örneklerinde hakim mikroorganizma olarak tespit edilmiştir. Diğer bazı LAB türlerinin ise yalnızca belirli sebzelere özgü olarak transkolonizasyon gösterdiği belirlenmiştir. Her bir nukadoko örneğinde *Staphylococcus xylosus* türüne rastlanmış, ancak nukazuke örneklerinde bu bakteriye rastlanmamıştır. Sonuç olarak sebzeye bağlı bazı farklılıklar olmakla birlikte hem nukadoko hem de nukazuke’de LAB türlerinin baskın olduğu benzer temel bir mikrobiyal yapı gelişmiştir (Sugiura ve diğerleri, 2024).

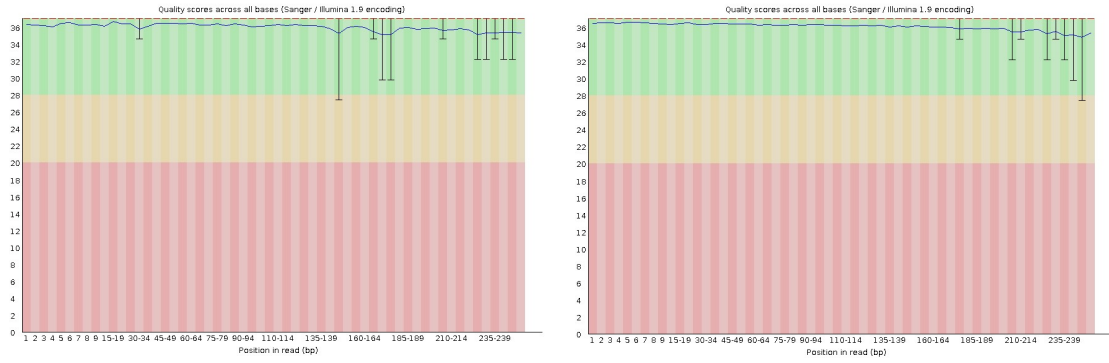
Turşu fermantasyonunda en yaygın olarak karşılaşılan mikroorganizmalardan biri olan laktik asit bakterileri, aynı zamanda taze biberlerin doğal mikrobiyotasının bir parçasıdır ve bu nedenle doğal fermantasyon süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada *Capsicum annuum* var. *annuum* L. türüne ait “Golden Greek” olarak bilinen Üçburun biberinden LAB izolasyonunun gerçekleştirilmesi ve endüstriyel ölçekte iki farklı turşu üretim tekniğinin karşılaştırılması hedeflenmiştir. Araştırma kapsamında Üçburun biber örneklerinden toplam aerobik mezofilik mikroorganizma (TAMM), maya, küf ve LAB sayıları değerlendirilmiştir. Her bir analiz 15 ile 300 koloni içeren özel olarak seyretilmiş plakalar üzerinden gerçekleştirilmiş ve sonuçlar gram başına koloni oluşturan birim (CFU/g) cinsinden sunulmuştur. Verilere göre TAMM sayıları $1,4 \times 10^5$ ile $6,1 \times 10^5$ CFU/g, maya sayıları $5,1 \times 10^5$ ile $7,4 \times 10^5$ CFU/g arasında değişirken LAB sayılarının örnekleme bağılı olarak $1,1 \times 10^3$ ile $3,6 \times 10^3$ CFU/g arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca taze Üçburun biber örneklerinde küf gelişim oldukça düşük seviyede olduğu ve 10 CFU/g altında kaldığı bildirilmiştir (Nalbant ve Ersoy Omeroglu, 2024).

4.4. KIMI TURŞUSUNUN FUNGAL MİKROBİYOTASI

Çalışma kapsamında fermente edilen PASKT ve SKT olmak üzere iki Kımı turşusu örneğinin fungal mikrobiyotasını tespit etmek amacıyla ITS METAGENOM analizleri yapılmıştır (Şekil 6, 7).



Şekil 6. PASKT okuma kalitesi (Forward ve Reverse)



Şekil 7. SKT okuma kalitesi (Forward ve Reverse)

Tablo 13. PASKT fungal mikrobiyotası şube seviyesi taksonomisi

Ascomycota	%96.76
Fungi; Belirlenemeyen_1	%3.24

PASKT fungal mikrobiyotasında yüzde alan olarak en baskın olan şubenin %96.76 ile Ascomycota olduğu tespit edilirken, %3.24 oranında tespit edilen diğer şube tanımlanamamıştır (Tablo 13).

Tablo 14. PASKT fungal mikrobiyotası aile seviyesi taksonomisi

Dipodascaceae	%87.55
Bilinmeyen_1	%3.82
Belirlenemeyen_1	%3.1
Aspergillaceae	%2.33
Diğer*	%3.2

*'Diğer' Bölümü %2.00 değerinin altında kalan değerlerin toplanmasıyla oluşturulmuştur.

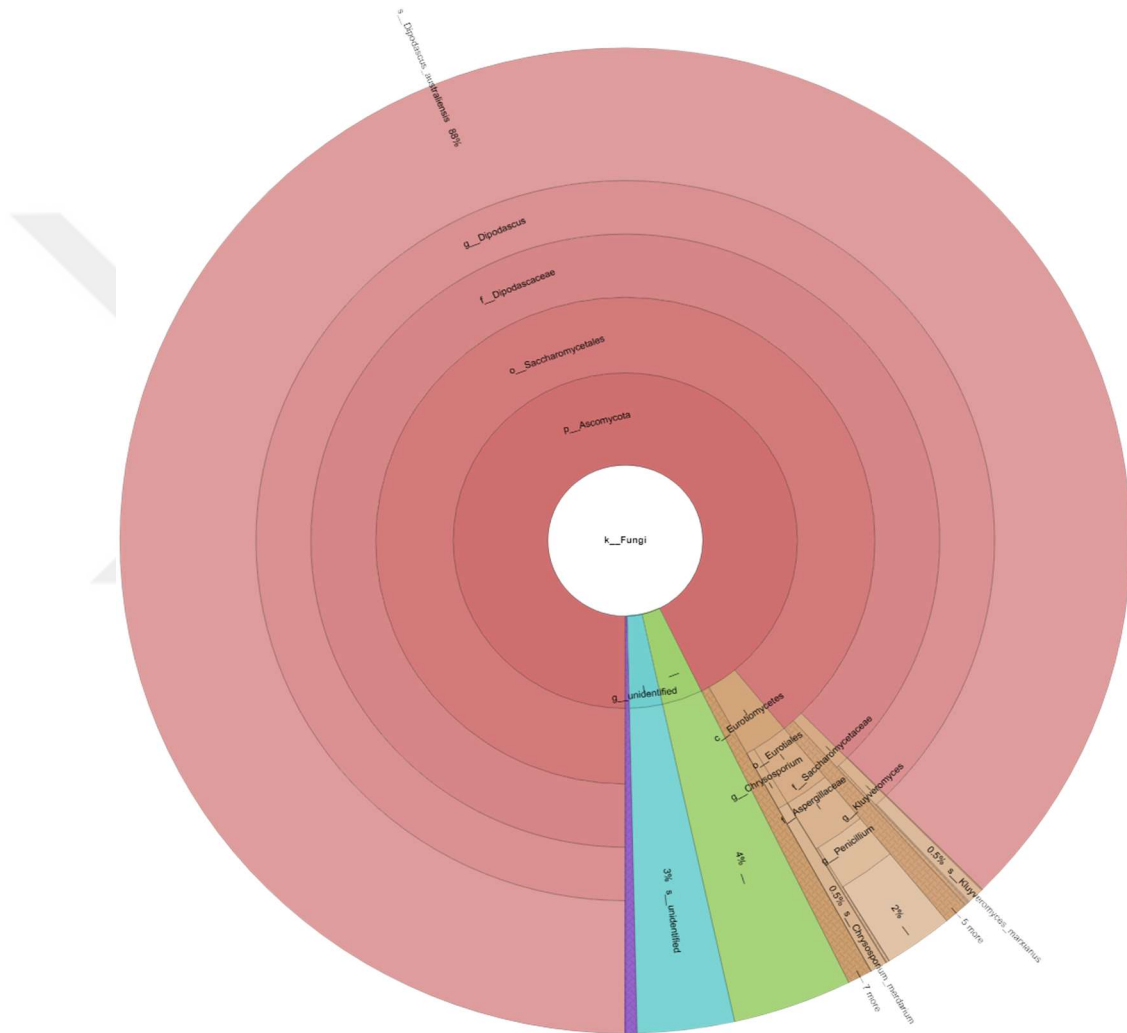
Tablo 14'te görüldüğü üzere PASKT fungal mikrobiyotasında yüzde alan olarak en baskın olan aile %87.55 ile Dipodascaceae olarak tespit edilmiş olup, tabloda %2'nin üzerinde değere sahip olan ailelere yer verilmiştir.

Tablo 15. PASKT fungal mikrobiyotası cins seviyesi taksonomisi

Dipodascus	%87.51
Bilinmeyen_1	%3.82
Belirlenemeyen_1	%3.1
Penicillium	%2.23
Diğer*	%3.33

*'Diğer' Bölümü %2.00 değerinin altında kalan değerlerin toplanmasıyla oluşturulmuştur.

PASKT fungal mikrobiyotası içerisinde toplamda 61 cins tespit edilmiş olup (Şekil 8), bunlardan %2'nin üzerinde değere sahip olan cinsler Tablo 15'te sunulmuştur. %87.51'lik değer ile *Dipodascus*'un en baskın cins olduğu tespit edilmiştir. Ancak, %3.82 ve %3.1 değerleri ile ikinci ve üçüncü sırada yer alan cinsler tespit edilememiştir. Bunları takiben ise *Penicillium* cinsinin %2.23 en baskın cinsler arasında yer aldığı görülmektedir.



Şekil 8. PASKT fungal mikrobiyota için Krona grafiği

Tablo 16. SKT fungal mikrobiyotası şube seviyesi taksonomisi

Ascomycota	%55.85
Fungi; Belirlenemeyen_1	%35.77
Fungi; Bilinmeyen_1	%8.38

SKT fungal mikrobiyotasında yüzde alan olarak en baskın olan şubenin %55.85 ile Ascomycota olduğu tespit edilirken, %35.77 ve %8.38 oranında tespit edilen diğer iki şube tanımlanamamıştır (Tablo 16).

Tablo 17. SKT fungal mikrobiyotası aile seviyesi taksonomisi

Belirlenemeyen_1	%34.36
Aspergillaceae	%17.06
Saccharomycetaceae	%15.34
Bilinmeyen_1	%8.05
Dipodascaceae	%6.02
Debaryomycetaceae	%4.68
Diğer*	%14.5

*'Diğer' Bölümü %2.00 değerinin altında kalan değerlerin toplanmasıyla oluşturulmuştur.

SKT fungal mikrobiyotası içerisinde aile taksonomisi içerisinde %34.36 ile en baskın olarak tespit edilen aile tanımlanamamıştır. Bunu takiben %17.06 ile Aspergillaceae ve %15.34 ile Saccharomycetaceae ikinci ve üçüncü sırada yer almaktadır (Tablo 17).

Tablo 18. SKT fungal mikrobiyotası cins seviyesi taksonomisi

Belirlenemeyen_1	%34.36
<i>Penicillium</i>	%16.6
<i>Kluyveromyces</i>	%13.36
Bilinmeyen_1	%8.05
<i>Dipodascus</i>	%5.97
<i>Debaryomyces</i>	%4.24
Diğer*	%17.43

*'Diğer' Bölümü %2.00 değerinin altında kalan değerlerin toplanmasıyla oluşturulmuştur.

SKT fungal mikrobiyotası içerisinde toplamda 179 cins tespit edilmiş olup (Şekil 9), bunlardan %2'nin üzerinde değere sahip olan cinsler Tablo 18'de sunulmuştur. %34.36 ile en baskın olarak belirlenen cins, tespit edilememiştir. Bunu takiben %16.6 ile *Penicillium* ve %13.36 ile *Kluyveromyces* en baskın cinsler olarak belirlenmiştir.

Saccharomyces (%0.021), *Trichosporon* (%0.047) ve *Zygosaccharomyces* (%0.002). SKT örneğinin fungal mikrobiyotasında ise *Candida* (%1.646), *Debaryomyces* (%4.24), *Geotrichum* (%0.01), *Hanseniaspora* (%0.046), *Hyphopichia* (%0.429), *Issatchenkia* (%0.099), *Kazachstania* (%0.004), *Kluyveromyces* (%13.36), *Pichia* (%0.074), *Rhodotorula* (%0.218), *Saccharomyces* (%0.689), *Torulaspora* (%1.187) ve *Trichosporon* (%0.388) tespit edilmiştir.

Zhacai, yüzyıllardır Çin mutfağında tüketilen geleneksel bir fermente sebze ürünü olarak bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada 90 günlük doğal fermantasyon süreci boyunca fermente edilen Zhacai kullanılmıştır. Zhacai'nin fungal mikrobiyotası araştırılmış ve fungal mikrobiyota içerisinde en baskın şubelerin Ascomycota ve Basidiomycota olduğu belirlenmiştir. Fermantasyon süreci boyunca, Ascomycota'nın bolluğunda belirgin bir artış (%30.10'dan %69.94'e), buna karşılık Basidiomycota'nın bolluğunda ise kayda değer bir azalma (%76.73'ten %26.25'e) gözlemlenmiştir. Cins düzeyinde yapılan analizler, halofilik maya türlerinden *Debaryomyces*'in göreceli bolluğunun %0.20'den %61.35'e yükseldiğini ve Zhacai fungal mikrobiyotasında baskın hale geldiğini ortaya koymuştur. Ayrıca *Papiliotrema*, *Cryptococcus*, *Leucosporidium*, *Plectosphaerella* ve *Alternaria* cinsleri tüm fermantasyon sürecince tespit edilmiş ancak bu türlerin göreceli bolluklarında zamanla azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Öte yandan, *Sporiobolus* ve *Sporobolomyces* cinslerine ait türlerin göreceli bollukları, 60 ila 90 günlük fermantasyon sürecinde sırasıyla %0.31, %0.44 ve %0.57'den %3.86, %3.25 ve %1.97'ye kadar artış göstermiştir. Genel olarak *Debaryomyces hansenii* en baskın maya türü olarak saptanmış ve fermente Zhacai örneklerinde mikrobiyal topluluğun %60'ına kadarını temsil etmiştir. Buna ek olarak *Sterigmatomyces halophilus*, *Sporiobolus* sp. ve *Sporobolomyces oryicola* da fermantasyonun ilerleyen aşamalarında belirgin hale gelen halofilik maya türleri arasında yer almıştır (Zhang ve diğerleri, 2021). Benzer bir şekilde tarafımızca yapılan çalışmada da hem PASKT hem de SKT örneklerinin fungal mikrobiyotasında Ascomycota'nın baskın şube olduğu görülmektedir (Tablo 13 ve 16). Yine benzer şekilde *Debaryomyces* cinsi SKT örneğinin fungal mikrobiyotasında %4.24 ile en baskın cinsler arasında yer almaktadır (Tablo 18). Bu cinse ait olan *Debaryomyces hansenii*'nin de %3 oranında SKT fungal mikrobiyotası içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 9).

Farklı bir çalışmada geleneksel çömlek kaplarda salamura yöntemiyle fermente edilen turplarda mikrobiyal çeşitlilik ve tat profilleri incelenmiştir. Fermantasyonun 31.gününde, funguslara ait toplam 67 operasyonel taksonomik birim tespit edilmiştir. Filum düzeyindeki sınıflandırmada Ascomycota en baskın şube olarak belirlenmiştir. Sınıf düzeyinde ise Saccharomycetes, %98.14 oranındaki göreceli bolluğuyla en yaygın sınıf olmuştur. Cins düzeyindeki analizlerde, göreceli bolluğu %0.1'in üzerinde olan 10 farklı cins saptanmıştır. Bu cinsler arasında *Pichia*, *Candida*, *Blumeria*, *Issatchenkia* ve *Incertaedis* yer almıştır. Tanımlanan cinsler arasında, *Pichia* %96.23'lük göreceli bolluğuyla açık ara en baskın mantar cinsi olarak öne çıkmıştır (Rao ve diğerleri, 2020). Ascomycota'nın baskın şube olarak tespit edildiği çalışmamızda da benzer bir şekilde SKT örneğinin fungal mikrobiyotasında *Pichia* (%0.074), *Candida* (%1.645), *Blumeria* (%0.011) ve *Issatchenkia* (%0.099) tespit edilirken, PASKT örneğinin fungal mikrobiyotasında ise *Candida* (%0.269) ve *Issatchenkia* (%0.006) belirlenmiştir.

Çin'in Yunnan bölgesine ait Rubing süt peyniri ve Guangdong kökenli Yan-cai sebze turşusu kendiliğinden gelişen fermantasyon süreçleriyle oluşan yerel ürünlerdir. Bu ürünlerin fungal mikrobiyotasını incelemek amacıyla hem kültüre dayalı hem de kültürden bağımsız yöntemler kullanılmıştır. Özellikle 16S rRNA geninin ITS (internal transcribed spacer) bölgesine yönelik yüksek verimli dizileme teknikleri aracılığı ile yapılan analizler, mikrobiyal çeşitliliğin detaylı bir şekilde belirlenmesini sağlamıştır. Yan-cai örneklerinde tespit edilen mikrobiyal topluluklar fungal düzeyde cins seviyesinde incelenmiştir. Her iki Yan-cai örneğinde fungal mikrobiyotanın bileşimi incelendiğinde *Kazachstania* cinsinin baskın fungus grubu olduğu görülmüştür. Bu türün toplam fungal topluluğu sırasıyla %64 ve %85 olarak belirlenmiştir. Taro sapı içeren Y1 numunesinde ise *Pichia* (%20), *Candida* (%7.4) ve *Wickerhamomyces* (%6.7) türleri öne çıkan diğer dominant fungus cinsleri arasında yer almıştır. Beyaz turp örneği Y3 ise fungal topluluk içinde *Xylaria* cinslerine ait türlerin %12 oranında bulunarak belirgin bir baskınlık gösterdiği rapor edilmiştir (Liu ve diğerleri, 2018).

Farklı bir çalışmada evsel kökenli 12 ve endüstriyel kökenli 10 olmak üzere toplam 22 farklı turşu örneği incelenerek mikrobiyal çeşitliliğin belirlenmesi amaçlanmıştır. Illumina MiSeq sekanslama yöntemi ile yapılan analizler sonucunda, Firmicutes ve Ascomycota filumlarının örneklerde baskın mikrobiyal filumlar olduğu belirlenmiştir. (An ve diğerleri, 2021). Tarafımızca yapılan çalışmada da benzer bir şekilde hem

PASSKT hem de SKT örneklerinde baskın fungal filumun Ascomycota olduğu görülmektedir.

Literatürdeki çalışmaların %90'ı, laktik ve asetik asit üretimi bağlamında bakteriyel fermantasyon süreçlerine odaklanmıştır (John ve diğerleri, 2007). Bununla birlikte *Mucor*, *Monilia* ve *Rhizopus* gibi küf türleri de turşu üretiminde rol oynamaktadır. Bu türler arasında en iyi bilinenlerden biri olan *Rhizopus oryzae* ile diğer *Rhizopus* türleri, yetiştirme koşullarına bağlı olarak laktik asit, etanol ve fumarik asit kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir (Hesseltine, 1965).



SONUÇ

Sonuç olarak, bu çalışmada Ardahan yöresinde geleneksel olarak Kımı adıyla bilinen ve tür ismi ile alakalı literatürde bir netlik bulunmayan bu bitki, Ardahan yöresinden doğal ortamından toplanarak sistematik tür teşhisi yapılmış ve sonuç olarak bu bitkinin *Bunium cylindricum* (Boiss.& Hohem.) Drude olduğu tespit edilmiştir. Kımı bitkisi (*Bunium cylindricum* (Boiss.& Hohem.) Drude) bazı zehirli bitkiler ile morfolojik olarak oldukça benzerlik göstermekte olup, doğru bitki toplanmadığında insanlarda önemli zehirlenmelere sebebiyet verebilme potansiyeline sahiptir. Dolayısıyla bu bitkinin sistematik tür teşhisinin yapılması hem literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır hem de zehirli türlerle ayırt edilebilirliğine katkı sunacaktır.

Çalışma kapsamında spontan fermantasyon yolu ile iki farklı Kımı turşusu elde edilmiştir. Bunlardan ilki Kımı bitkisi (*Bunium cylindricum* (Boiss.& Hohem.) Drude) kullanılarak peynir altı suyunun fermantasyon ortamı olarak kullanıldığı Kımı turşusudur (PASKT). PASKT'nin üretilmesi esnasında peynir üretimi sonucunda bir yan ürün olarak ortaya çıkan peynir altı suyunun kullanılması özellikle önem arz etmektedir. Çünkü dünya çapında her yıl geleneksel ve endüstriyel olarak üretilen peynirlerden önemli miktarda peynir altı suyu açığa çıkmakta ve maalesef bunun önemli bir kısmı atık olarak değerlendirilmekte ve önemli derecede çevre kirliliğine yol açabilmektedir. Dolayısıyla dünyada peynir altı suyunun değerlendirilmesine yönelik farklı alternatif arayışları söz konusudur. Bu çalışmada ise peynir altı suyunun turşu üretiminde fermantasyon ortamı olarak kullanılması atık bir ürün olan peynir altı suyunun değerlendirilmesine yönelik bir alternatif olma potansiyeline sahiptir.

Çalışma kapsamında üretilen ikinci Kımı turşusu olan SKT ise klasik turşularda olduğu gibi fermantasyon ortamına sirke ilave edilerek geleneksel yöntemler ile fermente edilmiştir. Bu iki Kımı turşusu fermantasyonunda da starter kültür kullanılmamış olup, ham maddeden kaynaklı mikrobiyal flora ile spontan fermantasyon gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla her iki Kımı turşusunda gelişen bakteriyel ve fungal mikrobiyotanın farklılık göstermesi muhtemel bir durum olarak düşünülmektedir. Fermente ürünlerin hem içerisinde gelişen ve mikrobiyotayı oluşturan canlı mikroorganizmalar içermesi hem de bu mikroorganizmaların fermantasyon sürecinde ürettikleri ve fermantasyon ortamına

saldıkları metabolitlerden kaynaklı olarak oldukça sağlıklı oldukları birçok bilimsel çalışma ile kanıtlanmış durumdadır.

Özellikle spontan fermentasyon ile üretilen fermente ürünler oldukça zengin bir mikrobiyotaya sahip olabilmekteyken, birçok çalışmada kullanılan klasik izolasyon ve kültür yöntemleri bu zengin mikrobiyotayı tanımlamakta çoğu zaman yetersiz kalmakta ve daha çok LAB gibi spesifik bakterilerin tanımlanmasına odaklanmaktadırlar. Bu çalışmada yeni nesil dizileme yöntemlerinden biri olan METAGENOM analizleri tercih edilmiş olup, böylece sadece spesifik mikroorganizmalara odaklanmadan hem bakteriyel hem de fungal mikrobiyotayı oluşturan mikroorganizmalar daha geniş bir skalada ortaya konulmuştur. 16S METAGENOM sonuçlarına göre PASKT’de baskın olan bakteri cinsi *Bacteroides* (%23.12) iken SKT’de baskın olan bakteri cinsi ise *Latilactobacillus* (%29.86) olarak tespit edilmiştir. ITS METAGENOM sonuçlarına göre ise PASKT fungal mikrobiyotasında baskın olan cins *Dipodascus* (%87.51) iken, SKT fungal mikrobiyotasında baskın olan cins ise *Penicillium* (%16.6) olarak belirlenmiştir. Bu çalışma fermente bir gıda örneği olan Kımı turşusunun bakteriyel ve fungal tüm mikrobiyotasının ortaya koyulması, iki farklı yöntem ile üretilen Kımı turşularının mikrobiyotası arasındaki benzerlik ve farklılıkların karşılaştırılması ve literatüre kazandırılması açısından önem arz etmektedir.

Ayrıca, çalışma kapsamında üretilen her iki Kımı turşusu örneğinin antibakteriyel ve antibiyofilm özellikleri de test bakterilerine karşı test edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Antibakteriyel aktivite sonuçlarına göre PASKT test bakterileri arasında en yüksek antibakteriyel aktiviteyi *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6538’a karşı sergilerken; SKT’ye karşı en duyarlı olan bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 olarak belirlenmiştir. PASKT’nin *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Bacillus licheniformis* ATCC 14580’te biyofilm oluşumunu daha yüksek oranda inhibe ettiği belirlenirken, SKT’nin ise *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495 ve *Bacillus licheniformis* ATCC 14580’e karşı daha yüksek oranda antibiyofilm aktivite sergilediği tespit edilmiştir.

Dolayısıyla bu çalışma kapsamında iki farklı yöntem ile üretilen Kımı turşusunun (PASKT ve SKT) bakteriyel ve fungal mikrobiyotası, antibakteriyel ve antibiyofilm özelliklerinin tespit edilmesi hem bu fermente gıda ürününe karşı farkındalığın

arttırılması, hem de tüketici sağlığı yönünden öneminin anlaşılması ve literatüre kazandırılması açısından öneme sahiptir.



KAYNAKÇA

- Abbasoğlu, U., Tosun, F. ve Aydınöğlu, A. (1995). Antimicrobial activity of *Gonocytisus angulus* (L.) Spach. *FABAD J Pharm Sci*, 20, 125-127.
- Acosta, O. G., Vermeylen, F. M., Noel, C. ve Padilla-Zakour, O. I. (2015). Modeling the effects of process conditions on the accumulated lethality values of thermally processed pickled carrots. *Food Control*, 51, 390-396.
- Adams, M. R. ve Nicolaides, L. (1997). Review of the sensitivity of different foodborne pathogens to fermentation. *Food Control*, 8 (5-6), 227-239.
- Adelifar, N. ve Rezanejad, F. (2021). A comparative study of essential oil constituents, total phenolics and antioxidant capacity of the different organs of four species of the genus *bunium*. *Flavour and Fragrance Journal*, 36 (3), 384-394.
- Admassie, M. (2018). A review on food fermentation and the biotechnology of lactic acid bacteria. *World Journal of Food Science Technology*, 2 (1), 19-24.
- Akan, E. ve Kınık, Ö. (2014). Biyofilm Oluşum Mekanizması ve Biyofilmlerin Gıda Güvenliğine Etkisi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (14).
- Akan, S., Veziroğlu, S., Özgün, Ö. ve Ellialtıoğlu, Ş. (2013). Turp (*Raphanus sativus* L.) Sebzesinin Fonksiyonel Gıda Olarak Değerlendirilmesi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 23 (3), 289-295.
- Akbas, M. Y. ve Cag, S. (2016). Use of organic acids for prevention and removal of *Bacillus subtilis* biofilms on food contact surfaces. *Food Science Technology International*, 22 (7), 587-597.
- Aktan, N., Kalkan, H. ve Yücel, U. (1999). Turşu Teknolojisi, Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu Yayınları.
- Aktepe, Y. ve Çakır, İ. (2023a). Gıda Mikrobiyolojisinde Metagenomik Yaklaşımlar. *Gıda Dergisi*, 48 (6), 1230-1243.
- Aktepe, Y. ve Çakır, İ. (2023b). Metagenomic Approaches in Food Microbiology.
- Alan, Y., Erbil, N. ve Digrak, M. (2015). Determination of Metabolic and Antimicrobial Activities of *Lactobacillus plantarum* Strains Isolated From Traditional Fermented Pickles. *Selcuk Univ Nat Appl Sci*, 4, 63-72.

- Alibi, S., Selma, W. B., Ramos-Vivas, J., Smach, M. A., Touati, R., Boukadida, J., . . . Mansour, H. B. (2020). Anti-oxidant, antibacterial, anti-biofilm, and anti-quorum sensing activities of four essential oils against multidrug-resistant bacterial clinical isolates. *Current Research in Translational Medicine*, 68 (2), 59-66.
- Allison, D. G. (2003). The Biofilm Matrix. *Biofouling*, 19 (2), 139-150.
- Altınok, U. B. (2008). *Tekstil Yüzeylerinin Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması*. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Altuntaş, Y. ve Batman, A. (2017). Mikrobiyota ve Metabolik Sendrom. *Türk Kardiyoloji Derneği Arşivi*, 45 (3).
- An, F., Sun, H., Wu, J., Zhao, C., Li, T., Huang, H., . . . Wu, R. (2021). Investigating the Core Microbiota and Its Influencing Factors in Traditional Chinese Pickles. *Food Research International*, 147, 110543.
- Araújo, P., Lemos, M., Mergulhão, F., Melo, L. ve Simões, M. (2011). Antimicrobial Resistance to Disinfectants in Biofilms. *Science against microbial pathogens: communicating current research technological advances*, 3, 826-834.
- Arumugam, M., Raes, J., Pelletier, E., Le Paslier, D., Yamada, T., Mende, D. R., . . . Batto, J.-M. (2011). Enterotypes of the Human Gut Microbiome. *Nature*, 473 (7346), 174-180.
- Aslam, H., Green, J., Jacka, F. N., Collier, F., Berk, M., Pasco, J. ve Dawson, S. L. (2020). Fermented foods, the gut and mental health: a mechanistic overview with implications for depression and anxiety. *Nutritional Neuroscience*, 23 (9), 659-671.
- Ata, U. H. (2003). Antibakteriyel Klinoptilolit. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Axelsson, L. (2004). Lactic acid bacteria: classification and physiology. *Food Science Technology-New York-Marcel Dekker-*, 139, 1-66.
- Bakır, B. O. (2012). Prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotiklere genel bakış. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 40 (2), 178-182.
- Bal, D., Balcı, B., Yılmaz, A., Polat, G. ve Arıcan, E. (2022). Balıkesir/Antandros Antik Kenti kazısı toprak örneklerinin metagenomik analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (1), 1-12.

- Banik, A., Anjum, H., Habib, H., Abony, M., Begum, A. ve Ahmed, Z. (2023). Characterization of lactic acid bacteria isolated from street pickles of Dhaka, Bangladesh. *Heliyon*, 9 (6).
- Bartlett, J. G. (2002). Antibiotic-associated diarrhea. *New England Journal of Medicine*, 346 (5), 334-339.
- Bermúdez-Humarán, L. G., Salinas, E., Ortiz, G. G., Ramirez-Jirano, L. J., Morales, J. A. ve Bitzer-Quintero, O. K. (2019). From probiotics to psychobiotics: live beneficial bacteria which act on the brain-gut axis. *Nutrients*, 11 (4), 890.
- Bhalla, T. C. (2016). Yeasts in fermented foods and beverages *Fermented Foods, Part I*. (s. 1-33): CRC Press.
- Blandino, A., Al-Aseeri, M., Pandiella, S., Cantero, D. ve Webb, C. (2003). Cereal-based fermented foods and beverages. *Food research international*, 36 (6), 527-543.
- Bozok, T., Şimşek, T., Kömür, S. ve Ulu, A. (2014). Normal mikrobiyal floranın insan sağlığı üzerine etkisi ve insan mikrobiyom projesi. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 23 (3), 420-426.
- Bulut, Ç. (2003). *Isolation and molecular characterization of lactic acid bacteria from cheese*: Izmir Institute of Technology (Turkey).
- Campbell-Platt, G. (2014). Fermented foods| Origins and Applications.
- Cao, Z., Pan, H., Li, S., Shi, C., Wang, S., Wang, F., . . . Lin, Q. (2019). In vitro evaluation of probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from Yunnan De'ang pickled tea. *Probiotics Antimicrobial Proteins*, 11, 103-112.
- Caplice, E. ve Fitzgerald, G. F. (1999). Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 50 (1-2), 131-149.
- Cardoso, N. N., Alviano, C. S., Blank, A. F., Arrigoni-Blank, M. d. F., Romanos, M. T. V., Cunha, M. M., . . . Alviano, D. S. (2017). Anti-cryptococcal activity of ethanol crude extract and hexane fraction from *Ocimum basilicum* var. *Maria bonita*: mechanisms of action and synergism with amphotericin B and *Ocimum basilicum* essential oil. *Pharmaceutical Biology*, 55 (1), 1380-1388.
- Cebeci Avunca, S. (2022). Yoğurt altı suyu ve sirke ile üretilen fermente salatalık turşularında bulunan laktik asit bakterilerinin tanımlanması= Identification of lactic acid bacteria in fermented cornichon pickles produced with acid whey and vinegar.

- Cerit, Z., Baloğlu, M. C. ve Yılmaz, R. (2021). Beyaz Peynir Mikrobiyotasında KültüromikVE Shotgun METAGENOMİK Teknolojilerin Değerlendirilmesi. *Gıda Dergisi*, 46 (3), 566-582.
- Chaieb, K., Kouidhi, B., Jrah, H., Mahdouani, K. ve Bakhrouf, A. (2011). Antibacterial activity of Thymoquinone, an active principle of *Nigella sativa* and its potency to prevent bacterial biofilm formation. *BMC complementary alternative medicine*, 11, 1-6.
- Champagne, C. P. (1994). The lactic acid bacteria: Edited by EL Foo, HG Griffin, R. Möllby and CG Hedén. Horizon Scientific Press, Norfolk, UK. 192 pp. Price: US \$40.00. ISBN: 1 898486 00 X: Elsevier.
- Chen, G., Bai, R., Zhang, Y., Zhao, B. ve Xiao, Y. (2022). Application of metagenomics to biological wastewater treatment. *Science of The Total Environment*, 807, 150737.
- Collins, J., Thornton, G. ve Sullivan, G. (1998). Selection of probiotic strains for human applications.
- Çalı, A., Çelik, C., Tutar, U. ve Bakıcı, M. Z. (2018). Hastanede yatan hastalardan izole edilen mikroorganizmaların biyofilm formasyon aktiviteleri. *Kocaeli Tıp Dergisi*, 7 (3), 82-88.
- Çetin, B. (2011). Production of probiotic mixed pickles (Tursu) and microbiological properties. *African Journal of Biotechnology*, 10 (66), 14926-14931.
- Çiftçi, Z. (2005). Kronik tonsillitte biofilmin rolü. *TC Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi KBB Kliniği, Uzmanlık Tezi*, 69.
- Dalié, D., Deschamps, A. ve Richard-Forget, F. (2010). Lactic acid bacteria–Potential for control of mould growth and mycotoxins: A review. *Food Control*, 21 (4), 370-380.
- Dallal, M. S., Zamaniahari, S., Davoodabadi, A., Hosseini, M. ve Rajabi, Z. (2017). Identification and characterization of probiotic lactic acid bacteria isolated from traditional persian pickled vegetables. *GMS hygiene infection control*, 12, Doc15.
- Davey, M. E. ve O'toole, G. A. (2000). Microbial biofilms: from ecology to molecular genetics. *Microbiology Molecular Biology Reviews*, 64 (4), 847-867.
- Davis, P., Tan, K. ve Mill, R. (1988). Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement 1) 10: 164–165: Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- Davison, J. (2018). *Pickles: A global history*: Reaktion Books.

- De Beer, D., Srinivasan, R. ve Stewart, P. S. (1994). Direct measurement of chlorine penetration into biofilms during disinfection. *Applied Environmental Microbiology*, 60 (12), 4339-4344.
- De La Fuente-Núñez, C., Reffuveille, F., Mansour, S. C., Reckseidler-Zenteno, S. L., Hernández, D., Brackman, G., . . . Hancock, R. E. (2015). D-enantiomeric peptides that eradicate wild-type and multidrug-resistant biofilms and protect against lethal *Pseudomonas aeruginosa* infections. *Chemistry Biology*, 22 (2), 196-205.
- Demirgöl, F. ve Sağdıç, O. (2017). Laktik starter kültür üretim teknolojisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7 (11), 27-37.
- Demirgöl, F. ve Sağdıç, O. (2018). Fermente süt ürünlerinin insan sağlığına etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (13), 45-53.
- Dinçer, E., Kıvanç, M. ve Karaca, H. (2010). Biyokoruyucu olarak laktik asit bakterileri ve bakteriyosinler. *Gıda Dergisi*, 35 (1), 55-62.
- Ektik, N. T. (2022). *Klasik (olgunlaştırılmış) beyaz peynir üretiminin farklı aşamalarından laktik asit bakterilerinin izolasyonu, identifikasyonu ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi*. Balıkesir University (Turkey).
- Endo, A., Tanizawa, Y. ve Arita, M. (2019). Isolation and identification of lactic acid bacteria from environmental samples. *Lactic Acid Bacteria: Methods Protocols*, 3-13.
- Erdoğan, A. E. ve Everest, A. (2013). Antimikrobiyal ajan olarak bitki bileşenleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* (2), 27-32.
- Erem, F., Küçükçetin, A. ve Certel, M. (2013). *Bacillus* türlerinin probiyotik olarak değerlendirilmesi. *Gıda Dergisi*, 38 (4), 247-254.
- Erikçi, Ş. Y. (2004). *Fermente Ürünlerinden İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu, Tanımlanması Ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Araştırılması*. Anadolu University (Turkey).
- Erkmen, O. (2016). Laboratory techniques in microbiology. *Nobel Academic Publishing Education Consultancy, Ankara*.
- Erkmen, O., Erten, H. ve Sağlam, H. (2020). *Fermente Ürünler Teknolojisi ve Mikrobiyolojisi*.

- Etöz, D. (2006). Kefirden izole edilen maya ve bakterilerin bazı patojen mikroorganizmalar üzerine inhibitör etkisi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye*, 33, 39-44.
- Fan, L. ve Hansen, L. T. (2012). Fermentation and biopreservation of plant-based foods with lactic acid bacteria. *Handbook of Plantbased Fermented Food Beverage Technology, second ed. CRC Press, Boca Raton, USA*, 35-48.
- Farnworth, E. R. T. (2008). *Handbook of fermented functional foods*: CRC press.
- Fleming, H., McFeeters, R. ve Humphries, E. G. (1988). A fermentor for study of sauerkraut fermentation. *Biotechnology Bioengineering*, 31 (3), 189-197.
- Fujishige, N. A., Kapadia, N. N. ve Hirsch, A. M. (2006). A feeling for the micro-organism: structure on a small scale. Biofilms on plant roots. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 150 (1), 79-88.
- Gaş, E. (2024). *Kuşburnu Sirkesi ve Propolis Ekstraktının Gıda Patojenleri Üzerine Antimikrobiyal Etkisinin Araştırılması ve Sardalya (Sardina Pilchardus) Balığında Koruyuculuğunun İncelenmesi*. Marmara Üniversitesi (Turkey).
- Gebreyohannes, G., Nyerere, A., Bii, C. ve Sbhatu, D. B. (2019). Challenges of intervention, treatment, and antibiotic resistance of biofilm-forming microorganisms. *Heliyon*, 5 (8).
- Geier, M. S., Butler, R. N. ve Howarth, G. S. (2007). Inflammatory bowel disease: current insights into pathogenesis and new therapeutic options; probiotics, prebiotics and synbiotics. *International Journal of Food Microbiology*, 115 (1), 1-11.
- Gosalbes, M. J., Vázquez-Castellanos, J. F., Angebault, C., Woerther, P.-L., Ruppé, E., Ferrús, M. L., . . . Moya, A. (2016). Carriage of enterobacteria producing extended-spectrum β -lactamases and composition of the gut microbiota in an Amerindian community. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*, 60 (1), 507-514.
- Göksel, Ş. (2021). *Laktik Asit Bakterilerinin Salmonella Biyofilmi Üzerine İnhibisyon Etkisi*. Ankara Üniversitesi (Turkey).
- Gölbaşı, G. (2023). Geri Besleme (Back-Slopping) Yolu ile Üretilen Yoğurtlarda Mikrobiyata Değişiminin ve Yoğurt Karakteristiklerinin İzlenmesi.
- Granato, D., Branco, G. F., Cruz, A. G., Faria, J. d. A. F. ve Shah, N. P. (2010). Probiotic dairy products as functional foods. *Comprehensive Reviews in Food Science Food Safety*, 9 (5), 455-470.

- Guarner, F., Khan, A., Garisch, J., Eliakim, R., Gangl, A., Thomson, A., . . . Le Mair, T. (2008). Probiotics and Prebiotics. World Gastroenterology Organisation Practice Guideline 1-18. *World Gastroenterology Organisation*, 555, 53202-53823.
- Gülgör, G. ve Özçelik, F. (2014). Bakteriyosin üreten laktik asit bakterilerinin probiyotik amaçlı kullanımı. *Akademik Gıda*, 12 (1), 63-68.
- Günalp, A. (1977). Antibiyotiklerin Etkisi ve Direnç Meydana Geliş Mekanizmaları. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 11 (4), 577-589.
- Gündüz, G. T., Korkmaz, A., Solak, E. ve Sözbir, H. D. (2019). Antimicrobial, antioxidant activities and total phenolic contents of the traditional turkish beverages produced by using grapes. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science Technology*, 7, 119-125.
- Gürsel, A. (1999). Laktik ve propiyonik asit bakterileri tarafından üretilen bakteriyosinler ve süt teknolojisi alanındaki uygulamaları. *Gıda Dergisi*, 24 (6).
- Gürsoy, D. (2014). Deniz Gürsoy'un gastronomi tarihi. *İstanbul: Oğlak Yayıncılık*.
- Hardwick, S. A., Chen, W. Y., Wong, T., Kanakamedala, B. S., Deveson, I. W., Ongley, S. E., . . . Nielsen, L. K. (2018). Synthetic microbe communities provide internal reference standards for metagenome sequencing and analysis. *Nature Communications*, 9 (1), 3096.
- Hesseltine, C. W. (1965). A millennium of fungi, food, and fermentation. *Mycologia*, 57 (2), 149-197.
- Holzapfel, W. (2003). Enterococci in foods. Functional and safety aspects. *International Journal of Food Microbiology*, 88, 103-346.
- Holzapfel, W., Geisen, R. ve Schillinger, U. (1995). Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *International journal of food microbiology*, 24 (3), 343-362.
- Holzapfel, W. ve Wood, B. (1995). Lactic acid bacteria in contemporary perspective *The genera of lactic acid bacteria*. (s. 1-6): Springer.
- Huang, Y., Luo, Y., Zhai, Z., Zhang, H., Yang, C., Tian, H., . . . Hao, Y. (2009). Characterization and application of an anti-Listeria bacteriocin produced by *Pediococcus pentosaceus* 05-10 isolated from Sichuan Pickle, a traditionally fermented vegetable product from China. *Food Control*, 20 (11), 1030-1035.

- Hussein, A. O., Khalil, K., Zaini, N. A. M., Al Atya, A. K. ve Aqma, W. S. (2025). Antimicrobial activity of *Lactobacillus* spp. isolated from fermented foods and their inhibitory effect against foodborne pathogens. *PeerJ*, 13, e18541.
- Hutkins, R. W. (2008). *Microbiology and technology of fermented foods*: John Wiley & Sons.
- Ike, Y. (2017). Pathogenicity of enterococci. *Nihon Saikingaku Zasshi. Japanese Journal of Bacteriology*, 72 (2), 189-211.
- Irkin, R. ve Songun, G. E. (2012). Applications of probiotic bacteria to the vegetable pickle products. *Sci. Rev. Chem. Commun*, 2 (4), 562-567.
- İspirli, H. ve Dertli, E. (2023). Geleneksel Yollarla Üretilmiş Turşu Örneklerinden Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu, Moleküler Yöntemler Kullanılarak Tanımlanması ve Bazı Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi. *Gıda Dergisi*, 48 (2), 360-380.
- Jandhyala, S. M., Talukdar, R., Subramanyam, C., Vuyyuru, H., Sasikala, M. ve Reddy, D. N. (2015). Role of the normal gut microbiota. *World Journal of Gastroenterology: WJG*, 21 (29), 8787.
- Jia, G., Liu, X., Zhi, A., Li, J., Wu, Y. ve Zhang, Y. (2021). Characterization and Selection of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus paracasei* for prevention of oral bacterial infections from Chinese pickle. *AMB Express*, 11 (1), 84.
- Jie, Y., Wa, G., Manjun, Q., Zhihong, S., Weihong, W., Wenjun, L., . . . Na, B. (2012). Identification and characterization of lactic acid bacteria isolated from traditional pickles in Sichuan, China. *The Journal of General Applied Microbiology*, 58 (3), 163-172.
- John, R. P., Nampoothiri, K. M. ve Pandey, A. (2007). Fermentative production of lactic acid from biomass: an overview on process developments and future perspectives. *Applied Microbiology Biotechnology*, 74, 524-534.
- Kannappan, A., Durgadevi, R., Srinivasan, R., Lagoa, R. J. L., Packiavathy, I. A. S. V., Pandian, S. K. ve Veera Ravi, A. (2020). 2-Hydroxy-4-methoxybenzaldehyde from *Hemidesmus indicus* is antagonistic to *Staphylococcus epidermidis* biofilm formation. *Biofouling*, 36 (5), 549-563.
- Karadeniz, C. B. (2014). Sürdürülebilir Turizm Bağlamında Sakin Şehir Perşembe. *Journal of International Social Research*, 7 (29).
- Kavas, G. ve Kınık, Ö. (2000). Probiyotikler. *Gıda Dergisi*, 4 (6).

- Kavruk, M., Yurt, M. N. Z., Taşbaşı, B. B., Acar, E. E., Soyuçok, A., Altunbaş, O., . . . Sudağdan, M. (2021). Boza Mikrobiyotasının Fermantasyon Sürecindeki Değişimi. *Kocatepe Veterinary Journal*, 14 (2), 238-246.
- Kergourlay, G., Taminiau, B., Daube, G. ve Vergès, M.-C. C. (2015). Metagenomic insights into the dynamics of microbial communities in food. *International Journal of Food Microbiology*, 213, 31-39.
- Kerry, R. G., Patra, J. K., Gouda, S., Park, Y., Shin, H.-S., Das, G. ve analysis, d. (2018). Benefaction of probiotics for human health: A review. *Journal of Food*, 26 (3), 927-939.
- Kim, D.-H., Jeong, D., Song, K.-Y. ve Seo, K.-H. (2018). Comparison of traditional and backslopping methods for kefir fermentation based on physicochemical and microbiological characteristics. *Lwt*, 97, 503-507.
- Kim, J., Chun, J. ve Han, H.-U. (2000). *Leuconostoc kimchii* sp. nov., a new species from kimchi. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, 50 (5), 1915-1919.
- Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M. ve Glöckner, F. O. (2013). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Research*, 41 (1), e1-e1.
- Kocaoğlu, A. (2022). *Lactobacillus rhamnosus ACS5 bakterisinden elde edilen ekzopolisakkaritlerin prebiyotik ve antibiyofilm aktiviteleri*. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kuleasan, H. ve Çakmakçı, M. L. (2003). Bakteriyosinlerin özellikleri, gıda mikrobiyolojisinde kullanım alanları ve ileri dönemlerdeki kullanım potansiyelleri. *Gıda Dergisi*, 28 (2).
- Kumar, M. A., Anandapandian, K. T. K., Parthiban, K. ve technology. (2011). Production and characterization of exopolysaccharides (EPS) from biofilm forming marine bacterium. *Brazilian Archives of Biology*, 54, 259-265.
- Kusznierewicz, B., Śmiechowska, A., Bartoszek, A. ve Namieśnik, J. (2008). The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. *Food Chemistry*, 108 (3), 853-861.

- Lee, C. ve Pan, T. (2017). The prevention of Alzheimer's disease and Parkinson's disease by *Monascus purpureus* NTU 568-fermented compounds. *Alzheimers Dis Parkinsonism*, 7 (342), 2161-0460.1000342.
- Lee, M., Song, J. H., Jung, M. Y., Lee, S. H. ve Chang, J. Y. (2017). Large-scale targeted metagenomics analysis of bacterial ecological changes in 88 kimchi samples during fermentation. *Food Microbiology*, 66, 173-183.
- Leone, S., Molinaro, A., Alfieri, F., Cafaro, V., Lanzetta, R., Di Donato, A. ve Parrilli, M. (2006). The biofilm matrix of *Pseudomonas* sp. OX1 grown on phenol is mainly constituted by alginate oligosaccharides. *Carbohydrate Research*, 341 (14), 2456-2461.
- Leroy, F. ve De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science Technology*, 15 (2), 67-78.
- Levy, M., Kolodziejczyk, A. A., Thaïss, C. A. ve Elinav, E. (2017). Dysbiosis and the immune system. *Nature Reviews Immunology*, 17 (4), 219-232.
- Lewis, K. (2001). Riddle of biofilm resistance. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*, 45 (4), 999-1007.
- Li, J., Huang, S.-Y., Deng, Q., Li, G., Su, G., Liu, J. ve Wang, H.-M. D. (2020). Extraction and characterization of phenolic compounds with antioxidant and antimicrobial activities from pickled radish. *Food Chemical Toxicology*, 136, 111050.
- Lin, X., Bakyrbay, S., Liu, L., Tang, X. ve Liu, Y. (2023). Microbiota succession and chemical composition involved in lactic acid bacteria-fermented pickles. *Fermentation*, 9 (4), 330.
- Lindsay, D. ve Von Holy, A. (2006). Bacterial biofilms within the clinical setting: what healthcare professionals should know. *Journal of Hospital Infection*, 64 (4), 313-325.
- Liu, L., Tao, Y., Li, Y., Deng, X., Liu, G., Yao, Y., . . . Peng, Q. (2022). Isolation and characterization of bacteria that produce quorum sensing molecules during the fermentation and deterioration of pickles. *International journal of food microbiology*, 379, 109869.
- Liu, X., Kuda, T., Takahashi, H. ve Kimura, B. (2018). Bacterial and fungal microbiota of spontaneously fermented Chinese products, Rubing milk cake and Yan-cai vegetable pickles. *Food Microbiology*, 72, 106-111.

- Lourens-Hattingh, A. ve Viljoen, B. C. (2001). Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, 11 (1-2), 1-17.
- Lye, H.-S., Kuan, C.-Y., Ewe, J.-A., Fung, W.-Y. ve Liong, M.-T. (2009). The improvement of hypertension by probiotics: effects on cholesterol, diabetes, renin, and phytoestrogens. *International Journal of Molecular Sciences*, 10 (9), 3755-3775.
- Magnusson, J. ve Schnürer, J. (2001). *Lactobacillus coryniformis* subsp. *coryniformis* strain Si3 produces a broad-spectrum proteinaceous antifungal compound. *Applied Environmental Microbiology*, 67 (1), 1-5.
- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., . . . Pihlanto, A. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94-102.
- Marteau, P. R., de Vrese, M., Cellier, C. J. ve Schrezenmeir, J. (2001). Protection from gastrointestinal diseases with the use of probiotics. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73 (2), 430s-436s.
- Masoudi, S., Monfared, A., Rustaiyan, A. ve Chalabian, F. (2005). Composition and antibacterial activity of the essential oils of *Semenovia dichotoma* (Boiss.) Manden., *Johreniopsis seseloides* (CA Mey) M. Pimen and *Bunium cylindricum* (Boiss. et Hohen.) Drude., Three Umbelliferae herbs growing wild in Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 17 (6), 691-694.
- Mazahreh, A. S. ve Ershidat, O. T. M. (2009). The benefits of lactic acid bacteria in yogurt on the gastrointestinal function and health. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8 (9), 1404-1410.
- Medina, R. (2019). *Fermentation Technology: Scientific e-Resources*.
- Michalak, I. ve Chojnacka, K. (2016). Functional fermented food and feed from seaweed. *Fermented Foods, Part I: Biochemistry Biotechnology*, 246.
- Mitchell, C. M., Davy, B. M., Hulver, M. W., Neilson, A. P., Bennett, B. J. ve Davy, K. P. (2019). Does exercise alter gut microbial composition? A systematic review. *Medicine Science in Sports Exercise*, 51 (1), 160-167.
- Monika, Savitri, Kumar, V., Kumari, A., Angmo, K. ve Bhalla, T. C. (2017). Isolation and characterization of lactic acid bacteria from traditional pickles of Himachal Pradesh, India. *Journal of Food Science Technology*, 54, 1945-1952.

- Moreno, M. F., Sarantinopoulos, P., Tsakalidou, E. ve De Vuyst, L. (2006). The role and application of enterococci in food and health. *International Journal of Food Microbiology*, 106 (1), 1-24.
- Mothana, R. A. ve Lindequist, U. (2005). Antimicrobial activity of some medicinal plants of the island Soqotra. *Journal of Ethnopharmacology*, 96 (1-2), 177-181.
- Murathan, Z. T. (2018). Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi ekolojik koşullarında yetişen bazı tıbbi bitkilerin biyokimyasal içeriği ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (2), 51-60.
- Nalbant, A. ve Ersoy Omeroglu, E. (2024). Lactic Acid Bacteria Isolation from Üçburun Peppers and Comparison of the Different Production Process for Pickled Pepper. *Fermentation*, 10 (4), 196.
- Nazir, R., Zaffar, M. R. ve Amin, I. (2019). Bacterial biofilms: the remarkable heterogeneous biological communities and nitrogen fixing microorganisms in lakes. *Freshwater microbiology*, 307-340.
- Nurul, S. ve Asmah, R. (2012). Evaluation of antioxidant properties in fresh and pickled papaya. *International Food Research Journal*, 19 (3), 1117-1124.
- Ogunbanwo, S., Sanni, A. ve Onilude, A. (2003). Characterization of bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* F1 and *Lactobacillus brevis* OG1. *African Journal of Biotechnology*, 2 (8), 219-227.
- Oktay, B. A. ve Özbaş, Z. Y. (2020). Fermente Gıdaların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Gıda Dergisi*, 45 (6), 1215-1226.
- Ono, H., Nishio, S., Tsurii, J., Kawamoto, T., Sonomoto, K. ve Nakayama, J. (2014). Monitoring of the microbiota profile in nukadoko, a naturally fermented rice bran bed for pickling vegetables. *Journal of Bioscience Bioengineering*, 118 (5), 520-525.
- Orillo, C., Sison, E., Luis, M. ve Pederson, C. (1969). Fermentation of Philippine vegetable blends. *Applied Microbiology*, 17 (1), 10-13.
- Ova, G. (2002). Hıyar Tursularında Duyusal Kalite Karakteristiklerinin İrdelenmesi. *Gıda Dergisi*, 27 (4).
- Özdemir, N., Yazıcı, G., Şimşek, Ö., Özkal, S. G. ve Çon, A. H. (2018). The effect of lactic acid bacteria and yeast usage on aroma development during tarhana fermentation. *Food Bioscience*, 26, 30-37.

- Özden, A. (2006). Sağlıklı yaşam için yararlı dost bakteriler. *Türk Gastroentoloji Vakfı Yayınları, Ankara*.
- Plengvidhya, V., Breidt, F., Jr., Lu, Z. ve Fleming, H. P. (2007). DNA fingerprinting of lactic acid bacteria in sauerkraut fermentations. *Appl Environ Microbiol*, 73 (23), 7697-7702.
- Plengvidhya, V., Breidt Jr, F., Lu, Z. ve Fleming, H. P. (2007). DNA fingerprinting of lactic acid bacteria in sauerkraut fermentations. *Journal of Applied Environmental Microbiology* 73 (23), 7697-7702.
- Pranckute, R., Kaunietis, A., Kuisiene, N. ve Citavicius, D. (2014). Development of synbiotics with inulin, palatinose, α -cyclodextrin and probiotic bacteria. *Pol J Microbiol*, 63 (1), 33-41.
- Rai, V. R. ve Bai, J. A. (2015). *Beneficial microbes in fermented and functional foods*: CRC Press Boca Raton, FL.
- Rao, Y., Tao, Y., Chen, X., She, X., Qian, Y., Li, Y., . . . Liu, L. (2020). The characteristics and correlation of the microbial communities and flavors in traditionally pickled radishes. *Lwt*, 118, 108804.
- Rastall, R. A. ve Maitin, V. (2002). Prebiotics and synbiotics: towards the next generation. *Current Opinion in Biotechnology*, 13 (5), 490-496.
- Rojas, R., Bustamante, B., Bauer, J., Fernández, I., Albán, J. ve Lock, O. (2003). Antimicrobial activity of selected Peruvian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 88 (2-3), 199-204.
- Roy, R., Tiwari, M., Donelli, G. ve Tiwari, V. (2018). Strategies for combating bacterial biofilms: A focus on anti-biofilm agents and their mechanisms of action. *Virulence*, 9 (1), 522-554.
- Sağdıç, O., Karasu, S. ve Goktas, H. (2020). Piyasada satılan ticari propolis örneklerinin biyoaktif bileşenlerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (19), 19-31.
- Salminen, S. ve Von Wright, A. (2004). *Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects*: CRC press.

- Salvat, A., Antonacci, L., Fortunato, R., Suarez, E. ve Godoy, H. (2004). Antimicrobial activity in methanolic extracts of several plant species from northern Argentina. *Phytomedicine*, 11 (2-3), 230-234.
- Sawada, K. ve Yamada, T. (2024). Influence of the initial microbiota on eggplant shibazuke pickle and eggplant juice fermentation. *Microbiology Spectrum*, 12 (8), e00464-00424.
- Schnürer, J. ve Magnusson, J. (2005). Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. *Trends in Food Science Technology*, 16 (1-3), 70-78.
- Settanni, L. ve Corsetti, A. (2008). Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation. *International Journal of Food Microbiology*, 121 (2), 123-138.
- Sezen, A. G. (2013). Prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotiklerin insan ve hayvan sağlığı üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8 (3), 248-258.
- Shah, N. P. (2013). Health benefits of yogurt and fermented milks. *Manufacturing Yogurt Fermented Milks*, 433-450.
- Sharma, A., Gupta, P., Kumar, R. ve Bhardwaj, A. (2016). dPABBs: a novel in silico approach for predicting and designing anti-biofilm peptides. *Scientific reports*, 6 (1), 21839.
- Silva, N. ve Fernandes Júnior, A. (2010). Biological properties of medicinal plants: a review of their antimicrobial activity. *Journal of Venomous Animals Toxins Including Tropical Diseases*, 16, 402-413.
- Sindhu, S. C. ve Khetarpaul, N. (2003). Effect of feeding probiotic fermented indigenous food mixture on serum cholesterol levels in mice. *Nutrition Research*, 23 (8), 1071-1080.
- Śmiechowska, M., Jakubowski, M. ve Dmowski, P. (2018). Nowe trendy na rynku niskoalkoholowych napojów fermentowanych. *Kosmos*, 67 (3), 575-582.
- Srey, S., Jahid, I. K. ve Ha, S.-D. (2013). Biofilm formation in food industries: A food safety concern. *Food Control*, 31 (2), 572-585.
- Srinivasan, R., Santhakumari, S., Poonguzhali, P., Geetha, M., Dyavaiah, M. ve Xiangmin, L. (2021). Bacterial biofilm inhibition: A focused review on recent therapeutic strategies for combating the biofilm mediated infections. *Frontiers in Microbiology*, 12, 676458.

- Steinkraus, K. H. (1983). Lactic acid fermentation in the production of foods from vegetables, cereals and legumes. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 49, 337-348.
- Sugiura, S., Ikeda, M., Nakamura, Y., Mishima, R., Morishita, M., Nakayama, J. ve Health. (2024). Impact of vegetables on the microbiota of the rice bran pickling bed Nukadoko. *Bioscience of Microbiota, Food*, 43 (4), 359-366.
- Sullivan, Å. ve Nord, C. (2005). Probiotics and gastrointestinal diseases. *Journal of internal Medicine*, 257 (1), 78-92.
- Şenol, B., Olasupo, N. ve Arici, M. Bazı Geleneksel Fermente Afrika Gıdalarının Bacillus Çeşitliliği ve Bunların Probiyotik Özellikleri.
- Tamang, J. P., Thapa, N., Tamang, B., Rai, A., Chettri, R. ve beverages. (2015). Microorganisms in fermented foods and beverages. *Health Benefits of Fermented Foods*, 7, 1-10.
- Tamang, J. P., Watanabe, K. ve Holzapfel, W. H. (2016). Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages. *Frontiers in Microbiology*, 7, 377.
- Tannis, A. (2008). How you can use probiotics to fight cholesterol, cancer, subbugs, digestive complaints and more: HarperCollins Publishers Ltd., Toronto, Ontario, Canada.
- Taraszkiewicz, A., Fila, G., Grinholc, M. ve Nakonieczna, J. (2013). Innovative strategies to overcome biofilm resistance. *BioMed Research International*, 2013 (1), 150653.
- Thea, S. ve Glenn, R. (2004). Prebiotics. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*, 18, 287-298.
- Tokatlı, M., Dursun, D., Arslankoz, N., Şanlıbaba, P. ve Özçelik, F. (2012). Turşu üretiminde laktik asit bakterilerinin önemi. *Akademik Gıda*, 10 (1), 70-76.
- Toroğlu, S. ve Çenet, M. (2006). Tedavi amaçlı kullanılan bazı bitkilerin kullanım alanları ve antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi için kullanılan metodlar. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9 (2), 12-20.
- Tseng, C.-H. ve Wu, C.-Y. (2019). The gut microbiome in obesity. *Journal of the Formosan Medical Association*, 118, S3-S9.
- Türkmenoğlu, İ. (2022). *Liken Özütlelerinin Staphylococcus Aureus Quorum Sensing Mekanizması ve Biyofilm Formu Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi*. Marmara Üniversitesi (Turkey).
- Uylaşer, V. ve Başoğlu, F. (1989). Turşularda Görülen Bozulmalar ve Önleme Çareleri. *Bursa*, 1, 4-6.

- Uylaşer, V., Yönel, S. P. ve Savaş, E. (2008). Doğal Antimikrobiyal Bir Bileşik: Bakteriyosin. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (10).
- Uymaz, B. (2010). Probiyotikler ve Kullanım Alanları. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 16 (1).
- Uysal, N. E. (2011). Taraxacum farinosum Hausskn. et Bornm. ve Taraxacum mirabile Wagenitz ekstraktlarının antibakteriyal aktivitelerinin belirlenmesi.
- Üçok, E. F. ve Tosun, H. (2012). Şalgam suyu üretimi ve fonksiyonel özellikleri. *Celal Bayar University Journal of Science*, 8 (1), 17-26.
- Ülgen, H. (2019). Türkiye’de yetiştirilen ketencik bitkisinin [*Camelina sativa* (L.) crantz] antioksidan, antimikrobiyal, antifungal, antibiyofilm özelliklerinin ve tohum morfolojisinin araştırılması. Bartın University (Turkey).
- Ünsal, S. ve Yıldırım, İ. G. (2023). Besinler İlacımız Olabilir Mi? Fermente Besinler ve Sağlık İlişkisi. *Yüksek İhtisas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4 (3), 103-108.
- Viljoen, B. ve Lourens-Hattingh, A. (2001). Yogurt as Probiotic Carrier Food. Review. *International Dairy Journal*, 11, 1-7.
- Vinicius De Melo Pereira, G., De Carvalho Neto, D. P., Junqueira, A. C. D. O., Karp, S. G., Letti, L. A., Magalhães Júnior, A. I. ve Soccol, C. R. (2020). A review of selection criteria for starter culture development in the food fermentation industry. *Food Reviews International*, 36 (2), 135-167.
- Voidarou, C., Antoniadou, M., Rozos, G., Tzora, A., Skoufos, I., Varzakas, T., . . . Bezirtzoglou, E. (2020). Fermentative foods: Microbiology, biochemistry, potential human health benefits and public health issues. *Foods*, 10 (1), 69.
- Wang, D. ve Li, X. (2017). Identification of dominant microorganisms in pickle juice. 7th International Conference on Education, Management, Information and Mechanical Engineering (EMIM 2017). Atlantis Press. Retrieved from
- Wang, L., Guo, H., Liu, X., Jiang, G., Li, C., Li, X. ve Li, Y. (2019). Roles of Lentinula edodes as the pork lean meat replacer in production of the sausage. *Meat Science*, 156, 44-51.
- Watnick, P. ve Kolter, R. (2000). Biofilm, city of microbes. *Journal of Bacteriology*, 182 (10), 2675-2679.
- Whitman, W. B., Coleman, D. C. ve Wiebe, W. J. (1998). Prokaryotes: the unseen majority. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95 (12), 6578-6583.

- Wood, B. J. (2012). *Microbiology of fermented foods*: Springer Science & Business Media.
- Wu, Q., Zhu, Y., Fang, C., Wijffels, R. H. ve Xu, Y. (2021). Can we control microbiota in spontaneous food fermentation?–Chinese liquor as a case example. *Trends in Food Science Technology*, 110, 321-331.
- Xu, Z. ve Knight, R. (2015). Dietary effects on human gut microbiome diversity. *British Journal of Nutrition*, 113 (S1), S1-S5.
- Yang, S., Liu, L., Wang, J., Guo, S., Liu, G., Chen, X., . . . Rao, Y. (2022). Antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* and genome features of *Lactiplantibacillus plantarum* LR-14 from Sichuan pickles. *Archives of Microbiology*, 204 (10), 637.
- Yangılar, F., Yıldız, P. O. ve Kızılkaya, P. Ç. (2018). Determination of Microbiological, Chemical, Physical and Sensory Properties of Pickles Produced from Organic Kımı Plant Using Whey at Different Concentrations During Storage. *Erzincan University Journal of Science Technology*, 11 (1), 11-22.
- Yıldırım, İ., Uzunlu, S., Altınayak, R. ve Tarcan, N. (2004). Antalya İlinde Bulunan Bazı Otellerin Kullanma ve İçme Sularının Mikrobiyolojik Açıdan Değerlendirilmesi. “Türkiye 8. Gıda Kongresi”, 26-28 Mayıs, Uludağ Üniv. Zir. Fak. Gıda Müh. Bölümü, Poster Bildiri (38).
- Yin, W., Wang, Y., Liu, L. ve He, J. (2019). Biofilms: the microbial “protective clothing” in extreme environments. *International Journal of Molecular Sciences*, 20 (14), 3423.
- Zang, J., Xu, Y., Xia, W. ve Regenstein, J. M. (2020). Quality, functionality, and microbiology of fermented fish: a review. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, 60 (7), 1228-1242.
- Zhang, C., Zhang, J. ve Liu, D. (2021). Biochemical changes and microbial community dynamics during spontaneous fermentation of Zhacai, a traditional pickled mustard tuber from China. *International Journal of Food Microbiology*, 347, 109199.
- Zhang, G., Lu, M., Liu, R., Tian, Y., Vu, V. H., Li, Y., . . . Sun, Q. (2020). Inhibition of *Streptococcus mutans* biofilm formation and virulence by *Lactobacillus plantarum* K41 isolated from traditional Sichuan pickles. *Frontiers in Microbiology*, 11, 532283.

- Zhang, N., Ju, Z. ve Zuo, T. (2018). Time for food: The impact of diet on gut microbiota and human health. *Nutritional Neuroscience*, 51, 80-85.
- Zhao, X., Liu, Z., Liu, Z., Meng, R., Shi, C., Chen, X., . . . Guo, N. (2018). Phenotype and RNA-seq-Based transcriptome profiling of *Staphylococcus aureus* biofilms in response to tea tree oil. *Microbial Pathogenesis*, 123, 304-313.
- Zhou, L., Foster, J. A. ve treatment. (2015). Psychobiotics and the gut–brain axis: in the pursuit of happiness. *Neuropsychiatric Disease*, 715-723.



EKLER

EK 1. ORJİNALLİK RAPORU FORMU



**ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

**ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA**

Tarih: 24/06/2025

Tez Başlığı: Ardaahan Yöresinde Geleneksel Yöntemlerle Fermente Edilen Kıymı Turşusunun Bakteriyel ve Fungal Mikrobiyotası ile Antibakteriyel ve Antibiyofilm Aktivitesinin Belirlenmesi

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 108 sayfalık kısmına ilişkin, 24/06/2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %14 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- ☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç
- 2- ☒ Kaynakça hariç
- 3- ☒ Alıntılar hariç/dahil
- 4- ☒ 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nde belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

24/06/2025

Adı Soyadı: Damla ADSIZ
Öğrenci No: 2200100003
Ana Bilim Dalı: Biyoteknoloji
Programı: Biyoteknoloji
Statüsü: ☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR

Doç.Dr. Nurcan ERBİL

EK 2. ETİK KURUL YA DA MUAFİYET İZİNİ

ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU

ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 24/06/2025

Tez Başlığı: Ardahan Yöresinde Geleneksel Yöntemlerle Fermente Edilen Kıymı Turşusunun Bakteriyel ve Fungal Mikrobiyotası ile Antibakteriyel ve Antibiyofilm Aktivitesinin Belirlenmesi

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır,
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir.
4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, mülakat, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir.

Tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kurul/Komisyon'dan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

24/06/2025

Adı Soyadı: Damla ADSIZ
 Öğrenci No: 2200100003
 Ana Bilim Dalı: Biyoteknoloji
 Programı: Biyoteknoloji
 Statüsü: ☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI

Doç. Dr. Nurcan ERBİL

Detaylı Bilgi: <https://www.ardahan.edu.tr>

Telefon: Faks: E-

posta:

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Damla ADSIZ

Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi, Biyoloji Öğretmenliği Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Ardahan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri : Ardahan Yöresinde Geleneksel Yöntemlerle Fermente Edilen Kıyma Turşusunun Bakteriyel ve Fungal Mikrobiyotası ile Antibakteriyel ve Antibiyofilm Aktivitesinin Belirlenmesi. BAP Destekli (ARÜ), Yüksek Lisans Projesi, Proje No:2023-2)ÖNP-Sağl-003, Araştırmacı. (19.985,76 TL), 22.12.2023-Devam Ediyor.

İş Deneyimi

Stajlar : Buca Fen Lisesi Stajyer Öğretmen

Projeler :

*Ardahan Yöresinde Geleneksel Yöntemlerle Fermente Edilen Kıyma Turşusunun Bakteriyel ve Fungal Mikrobiyotası ile Antibakteriyel ve Antibiyofilm Aktivitesinin Belirlenmesi. BAP Destekli (ARÜ), Yüksek Lisans Projesi, Proje No:2023-2)ÖNP-Sağl-003, Araştırmacı. (19.985,76 TL), 22.12.2023-Devam Ediyor.

*Bitkilerin Toprak pH Dengesine Göre Gelişimi. TÜBİTAK (4006), Danışman, 2025.

*Farklı Ortamlarda Küf Gelişimi. TÜBİTAK (4006), Danışman, 2025.

Çalıştığı Kurumlar : Milli Eğitim Bakanlığı, Ardahan Yunus Emre Anadolu
Lisesi

İletişim

E-Posta Adresi :

Tarih

Jüri Tarihi : 24.06.2025

