

T.C.  
EGE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü

**FARKLI FERMENTE ÜRÜNLERDEN İZOLE EDİLEN  
VE PROBİYOTİK ÖZELLİKLERİ BELİRLENEN  
LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN GIDA  
PATOJENLERİ ÜZERİNE İNHİBİSYON  
ETKİLERİNİN VE GIDA ENDÜSTRİSİNDE  
KULLANIM POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ**

Berna ÖZTÜRK

Danışman: Prof. Dr. İlkin ŞENGÜN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Gıda Mühendisliği Doktora Programı

İzmir  
2023



91180000251 numaralı Berna ÖZTÜRK tarafından doktora tezi olarak sunulan **“Farklı Fermente Ürünlerden İzole Edilen ve Probiyotik Özellikleri Belirlenen Laktik Asit Bakterilerinin Gıda Patojenleri Üzerine İnhibisyon Etkilerinin ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Potansiyellerinin Belirlenmesi”** başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 08.12.2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:**

**İmza**

|                     |         |       |
|---------------------|---------|-------|
| <b>Jüri Başkanı</b> | : ..... | ..... |
| <b>Raportör Üye</b> | : ..... | ..... |
| <b>Üye</b>          | : ..... | ..... |
| <b>Üye</b>          | : ..... | ..... |
| <b>Üye</b>          | : ..... | ..... |





**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ****ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum **“Farklı Fermente Ürünlerden İzole Edilen ve Probiyotik Özellikleri Belirlenen Laktik Asit Bakterilerinin Gıda Patojenleri Üzerine İnhibisyon Etkilerinin ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Potansiyellerinin Belirlenmesi”** başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

08/12/2023

Berna ÖZTÜRK



**ÖZET****FARKLI FERMENTE ÜRÜNLERDEN İZOLE EDİLEN VE  
PROBİYOTİK ÖZELLİKLERİ BELİRLENEN LAKTİK ASİT  
BAKTERİLERİNİN GIDA PATOJENLERİ ÜZERİNE İNHİBİSYON  
ETKİLERİNİN VE GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIM  
POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ**

ÖZTÜRK, Berna

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İlkin ŞENGÜN

Aralık 2023, 342 sayfa

Bu çalışmada, tarhana, turşu ve şalgam suyu kaynaklı toplam 388 adet laktik asit bakterileri (LAB)'den postbiyotiklerin eldesi, bu suşların bakteriyosin üretme potansiyellerinin belirlenmesi, bakteriyosin üretiminin optimizasyonu, bakteriyosinlerin saflaştırılması ve karakterize edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, üretilen postbiyotiklerin karakterize edilmesi ve farklı gıda gruplarında (marul, tavuk eti ve peynir) güvenilirlik ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, LAB'nin ürettiği hidrojen peroksit, ekzopolisakkarit ve diasetil miktarları incelenmiş ve bu değerlerin sırasıyla 0.001-2.476 µg/mL, 0.80-1060.10 µg/mL ve 6.26-112.69 ng/mL aralığında değiştiği belirlenmiştir. Çalışma kapsamında toplam 9 adet LAB'nin (*Pediococcus acidilactici* T34, *Enterococcus faecium* T49, *E. faecium* T53, *P. acidilactici* S1, *P. acidilactici* S7, *P. acidilactici* S8, *P. acidilactici* S14, *P. acidilactici* S119 ve *P. acidilactici* S129) bakteriyosin ürettiği tespit edilmiştir. Saflaştırılan bakteriyosinler *Listeria monocytogenes* üzerine antimikrobiyal aktivite göstermeleri, ısıya dirençli olmaları ve molekül ağırlıklarının 3.496-6.500 kDa aralığında (<10 kDa) bulunması nedeniyle sınıf II bakteriyosin olarak tanımlanmıştır.

Çalışmanın diğer aşamasında, postbiyotiklerin *in vitro* koşullarda gıda patojenleri (*Escherichia coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella*

Typhimurium ve *Staphylococcus aureus*) üzerine antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiş, minimum inhibisyon konsantrasyonu ve yüzde inhibisyon etkilerinin sırasıyla 31.25-500 µg/mL ve %3.24-96.66 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Patojenler üzerine en yüksek antimikrobiyal etkiyi gösteren postbiyotiklerin pH ve toplam asitlik değerleri sırasıyla 3.75-4.34 ve 1.78-2.30 g laktik asit/100 mL aralığında değişirken, toplam fenolik madde içeriği, DPPH ve ABTS<sup>+</sup> radikal indirgeme aktiviteleri sırasıyla 3497-4035 mg GAE/L, %25.03-54.94 ve %21.78-64.86 aralığında değişim göstermiştir. Ayrıca, seçilen postbiyotiklerin farklı gıda gruplarında patojenler üzerine etkilerini belirlemek amacıyla marul, tavuk eti ve peynir denemeleri gerçekleştirilmiştir. Marul ve tavuk eti örneklerine inoküle edilen *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayılarının postbiyotik uygulaması sonucu sırasıyla 0.74-1.97 ve 0.81-1.44 log kob/g, 0.21-1.36 ve 0.52-2.12 log kob/g, 0.50-2.40 ve 0.71-1.78 log kob/g aralığında azaldığı, üretimi yapılan peynir örneklerinde ise *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının sırasıyla 0.65-1.89, 0.39-1.27 ve 0.71-1.87 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir.

Çalışmanın son aşamasında, seçilen postbiyotiklerin gıda kalitesi üzerine etkileri mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve duyuşsal değerlendirmeler yapılarak belirlenmiştir. Postbiyotik uygulaması ile toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam psikrofilik aerobik bakteri, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae ve LAB sayıları marul örneklerinde sırasıyla 1.26-3.04, 1.17-3.19, 0.11-1.89, 0.96-3.17 ve 0.98-1.80 log kob/g aralığında, tavuk eti örneklerinde ise sırasıyla 1.24-3.17, 1.12-3.16, 0.80-4.10, 0.40-2.98 ve 1.19-3.25 log kob/g aralığında azaltılmış, postbiyotik kullanılarak üretilen peynir örneklerinde ise bu sayılar depolamanın 7. gününde tespit edilebilir limitin altına düşmüştür. Postbiyotiklerin gıda örneklerinin duyuşsal özelliklerini olumsuz yönde etkilemediği, özellikle peynirde genel beğeni açısından ürünü geliştirdiği belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, postbiyotiklerin gıda güvenilirliğini sağlamak ve gıda kalitesini arttırmak amacıyla kullanımlarının önemli derecede katkı sağladığını ortaya koymuştur.

**Anahtar sözcükler:** Laktik asit bakterileri, postbiyotik, bakteriyosin, gıda güvenirliliği, gıda kalitesi

**ABSTRACT****DETERMINATION OF THE INHIBITION EFFECTS LACTIC ACID BACTERIA WITH PROBIOTIC PROPERTIES, WHICH WERE ISOLATED FROM VARIOUS FERMENTED PRODUCTS, ON FOOD PATHOGENS AND POTENTIAL USE IN THE FOOD INDUSTRY**

ÖZTÜRK, Berna

PhD in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. İlkin ŞENGÜN

December 2023, 342 pages

In this study, it was aimed to obtain postbiotics from a total of 388 lactic acid bacteria (LAB) originating from tarhana, pickle and shalgam juice and to determine the bacteriocin production potential of these strains, to optimize bacteriocin production, to purify and characterize bacteriocins. Additionally, it was aimed to characterize the postbiotics and to determine their effects on safety and quality in different food groups (lettuce, chicken meat and cheese).

In the first stage of the study, the amounts of hydrogen peroxide, exopolysaccharide and diacetyl produced by LAB were examined and it was determined that these values were ranged between 0.001-2.476 µg/mL, 0.80-1060.10 µg/mL and 6.26-112.69 ng/mL, respectively. Within the scope of the study, a total of 9 LAB (*Pediococcus acidilactici* T34, *Enterococcus faecium* T49, *E. faecium* T53, *P. acidilactici* S1, *P. acidilactici* S7, *P. acidilactici* S8, *P. acidilactici* S14, *P. acidilactici* S119 and *P. acidilactici* S129 strains) were found to produce bacteriocins. Purified bacteriocins were defined as class II bacteriocins because they have antimicrobial activity against *Listeria monocytogenes*, they are heat resistant, and their molecular weights were in the range of 3.496-6.500 kDa (<10 kDa).

In the other stage of the study, the antimicrobial activities of postbiotics on food pathogens (*Escherichia coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella*

*Typhimurium* ve *Staphylococcus aureus*) were examined in *in vitro* conditions, and the minimum inhibition concentration and inhibition effects were found between 31.25-500 µg/mL and 3.24-96.66%, respectively. The pH and total acidic values of postbiotics that demonstrate the highest antimicrobial effects on pathogens varied between 3.75-4.34 and 1.78-2.30 g lactic acid/100 mL, respectively, while the total phenolic contents, DPPH and ABTS<sup>+</sup> radical scavenging activities were in the range of 3497-4035 mg GAE/L, 25.03-54.94% and 21.78-64.86%, respectively. Besides, to determine the effects of selected postbiotics on pathogens in different food groups, lettuce, poultry meat and cheese experiments were carried out. The counts of *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* and *S. Typhimurium* inoculated on lettuce and poultry meat samples decreased by postbiotic treatment in the range of 0.74-1.97 and 0.81-1.44 log CFU/g, 0.21-1.36 and 0.52-2.12 log CFU/g, 0.50-2.40 and 0.71-1.78 log CFU/g, respectively, and also it was determined that the counts of *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* and *S. aureus* inoculated on cheese samples decreased in the range of 0.65-1.89, 0.39-1.27 and 0.71-1.87 log CFU/g, respectively.

In the final stage of the study, the effects of selected postbiotics on food quality were determined by microbiological, physical, chemical and sensory evaluations. The counts of total mesophilic aerobic bacteria, total psychrophilic aerobic bacteria, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae and LAB were decreased by postbiotic treatment in the range of 1.26-3.04, 1.17-3.19, 0.11-1.89, 0.96-3.17 and 0.98-1.80 log CFU/g, respectively in lettuce samples, and 1.24-3.17, 1.12-3.16, 0.80-4.10, 0.40-2.98 and 1.19-3.25 log CFU/g, respectively in poultry meat, while these counts were under the detection limit in cheese samples on the 7th day of the storage. It was determined that postbiotics did not negatively affect the sensory properties of the food samples, and especially in cheese samples, they improved the product properties in terms of overall appreciation. The results obtained from this study revealed that the use of postbiotics makes a significant contribution to ensure food safety and improve food quality.

**Keywords:** Lactic acid bacteria, postbiotic, bacteriocin, food safety, food quality

## ÖNSÖZ

Son yıllarda gıdalarda koruyucu olarak kimyasal madde kullanımının sağlığa zararlı etkilerinin bulunması ve tüketiciler tarafından tercih edilmemesi, olumsuz etkileri olmayan, çevre dostu, daha güvenli ve yüksek antimikrobiyal etkiye sahip kaynakları araştırmanın gerekliliğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, gıda kaynaklı hastalıklara neden olan veya gıdalarda bozulma yapan mikroorganizmalar, laktik asit bakterileri (LAB)'nin ürettikleri organik asitler, hidrojen peroksit, diasetil, asetaldehit ve bakteriyosin gibi antimikrobiyal özellikteki metabolitlerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle, LAB'nin doğal süreçler sonucu ürettikleri metabolitlerin gıda güvenilirliği ve kalitesini sağlamaya yönelik kimyasal koruyuculara alternatif olarak kullanımı büyük önem kazanmaktadır. Bununla birlikte, LAB'nin ürettikleri antimikrobiyal bileşiklerden biri olan bakteriyosinlerin ısıya karşı stabil olmaları, yüksek sıcaklıkta işlem gören birçok gıda maddesinde kullanılabilirliklerini arttırmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılan izolatların tarafımızca daha önce gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında ülkemize özgü farklı geleneksel fermente gıdalardan izole edilmiş olması, bu izolatlar içerisinde farklı cins ve türe ait birçok suşun bulunması ve bu anlamda literatürde biyokoruma üzerine yürütülen çalışmalarda kullanılan suşlardan farklılık göstermesi, ayrıca kullanılan izolatların birçoğunun probiyotik özellikte olduğunun önceki çalışmalar kapsamında belirlenmiş olması, bu tez çalışmasının özgün değerini oluşturmaktadır. Dolayısıyla, bu tez çalışmasında önceki çalışmalar kapsamında tarhana, turşu ve şalgam suyu örneklerinden izole edilip probiyotik potansiyelleri değerlendirilen LAB materyal olarak kullanılmış ve ülkemizin önemli geleneksel ürünlerinin fermantasyonunda rol alan bu kültürlerin özellikleri detaylı olarak incelenmiştir.

Tez çalışması kapsamında söz konusu LAB'nin ürettikleri metabolitlerin tespit edilmesi, izolatların bakteriyosin üretme potansiyellerinin belirlenmesi, bakteriyosin üretiminin optimizasyonu, bakteriyosinlerin saflaştırılması ve ileri karakterizasyonunun yapılması amaçlanmıştır. Ayrıca, çalışma kapsamında elde edilen postbiyotiklerin kimyasal koruyuculara alternatif olarak marul, tavuk eti ve peynirin güvenlik ve kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte, kimyasal koruyuculara alternatif olarak biyolojik kaynaklardan elde edilen doğal koruyucuların kullanılması ve bu şekilde gıdaların güvenilirlik ve kalitesinin

sağlanması ile hem gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesi hem de gıda kalitesinin korunarak gıdaların bozulmasının önüne geçilmesi ve böylece gıda israfının azaltılması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında, ülkemize özgü fermente ürünlerden izole edilip tanılanan LAB'nin üretmiş oldukları metabolitlerin belirlenmesi, bu izolatların ürettiği yeni bir bakteriyosinin saflaştırılıp karakterize edildikten sonra gıda endüstrisine kazandırılması, antimikrobiyal aktivitesi yüksek metabolitlerin; marul, tavuk eti ve peynire inoküle edilen patojen mikroorganizmaları etkili şekilde elimine etmesi, gıdaların mikrobiyal yükünü azaltması ve böylece mikrobiyal açıdan daha güvenilir gıda eldesini sağlaması ve gıdaların duyuşal özelliklerini geliştirmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda tez çalışmasının hedefine ulaştığı düşünülmektedir.

Hem ülkemiz hem de uluslararası platformda öncelikli araştırma konularından olan gıda güvenilirliği, gıda kalitesi, yenilikçi gıda katkı maddeleri ve yeni ürün geliştirme temalarını içeren bu tez çalışması ile gıda endüstrisine önemli katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasının bir kısmı, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından desteklenmiştir (Proje No: FM-GAP-2022-23797).

Berna Öztürk, YÖK 100/2000 Doktora Burs Programı (Gıda Üretimi, İşleme ve Teknolojisi) ve TÜBİTAK 2211/A Yurt İçi Genel Doktora Burs Programı tarafından desteklenmiştir.

İZMİR

08/12/2023

Berna ÖZTÜRK



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| ÖZET .....                                             | vii |
| ABSTRACT .....                                         | ix  |
| ÖNSÖZ .....                                            | xi  |
| 1. GİRİŞ .....                                         | 1   |
| 2. GENEL BİLGİLER .....                                | 5   |
| 2.1 Biyokoruma .....                                   | 5   |
| 2.2 Laktik Asit Bakterileri .....                      | 5   |
| 2.2.1 Laktik asit bakterilerinin sınıflandırması ..... | 7   |
| 2.2.2 Laktik asit bakterilerinin fizyolojisi .....     | 20  |
| 2.3 Postbiyotikler .....                               | 24  |
| 2.3.1 Organik asitler .....                            | 26  |
| 2.3.2 Hidrojen peroksit .....                          | 27  |
| 2.3.3 Diasetil .....                                   | 28  |
| 2.3.4 Ekzopolisakkarit .....                           | 29  |
| 2.3.5 Karbondioksit .....                              | 30  |
| 2.3.6 Etanol .....                                     | 31  |
| 2.3.7 Reuterin .....                                   | 31  |

## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3.8 Bakteriyosin .....                                                             | 32  |
| 2.4 Postbiyotiklerin Biyokoruma Amacıyla Gıdalarda Kullanımı.....                    | 69  |
| 2.4.1 Postbiyotiklerin meyve ve sebzelerde kullanımı .....                           | 69  |
| 2.4.2 Postbiyotiklerin et ve et ürünlerinde kullanımı.....                           | 76  |
| 2.4.3 Postbiyotiklerin süt ve süt ürünlerinde kullanımı .....                        | 81  |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM .....                                                             | 85  |
| 3.1 Laktik Asit Bakteri İzolatları .....                                             | 85  |
| 3.2 Laktik Asit Bakterisi İzolatlarının Ürettiği Postbiyotiklerin Belirlenmesi ..... | 92  |
| 3.2.1 Hidrojen peroksit üretimi .....                                                | 92  |
| 3.2.2 Ekzopolisakkarit üretimi .....                                                 | 93  |
| 3.2.3 Diasetil üretimi.....                                                          | 94  |
| 3.2.4 Bakteriyosin üretimi ve saflaştırılması .....                                  | 95  |
| 3.3 Gıda Denemelerinde Kullanılan Postbiyotiklerin Hazırlığı.....                    | 99  |
| 3.4 Gıda Denemelerinde Kullanılan Patojenlerin Hazırlığı .....                       | 100 |
| 3.5 Marul Örneklerinin Hazırlığı .....                                               | 100 |
| 3.6 Tavuk Eti Örneklerinin Hazırlığı .....                                           | 101 |
| 3.7 Peynir Örneklerinin Hazırlığı.....                                               | 104 |

## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 3.8 Mikrobiyolojik Analizler .....                    | 105 |
| 3.8.1 <i>Escherichia coli</i> O157:H7 aranması .....  | 105 |
| 3.8.2 <i>Listeria monocytogenes</i> aranması .....    | 106 |
| 3.8.3 <i>Salmonella</i> spp. aranması .....           | 106 |
| 3.8.4 <i>Escherichia coli</i> O157:H7 sayımı .....    | 106 |
| 3.8.5 <i>Listeria monocytogenes</i> sayımı .....      | 106 |
| 3.8.6 <i>Salmonella</i> Typhimurium sayımı .....      | 106 |
| 3.8.7 <i>Staphylococcus aureus</i> sayımı .....       | 107 |
| 3.8.8 Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı .....   | 107 |
| 3.8.9 Toplam psikrofilik aerobik bakteri sayımı ..... | 107 |
| 3.8.10 <i>Pseudomonas</i> spp. sayımı .....           | 107 |
| 3.8.11 Enterobacteriaceae sayımı .....                | 107 |
| 3.8.12 Laktik asit bakterisi sayımı .....             | 108 |
| 3.8.13 Küf-maya sayımı .....                          | 108 |
| 3.8.14 Antimikrobiyal aktivite testleri .....         | 108 |
| 3.9 Fiziksel ve Kimyasal Analizler .....              | 110 |
| 3.9.1 pH ölçümü .....                                 | 110 |

## İÇİNDEKİLER (devam)

|                                                                                                | <u>Sayfa</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 3.9.2 Toplam asitlik analizi.....                                                              | 110          |
| 3.9.3 Renk özelliklerinin belirlenmesi .....                                                   | 110          |
| 3.9.4 Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi .....                                       | 110          |
| 3.9.5 DPPH radikal aktivite analizi.....                                                       | 111          |
| 3.9.6 ABTS <sup>+</sup> radikal aktivite analizi .....                                         | 111          |
| 3.10 Duyusal Değerlendirme .....                                                               | 112          |
| 3.11 İstatistiksel Değerlendirme .....                                                         | 112          |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                                                  | 113          |
| 4.1 Postbiyotik Üretimi.....                                                                   | 114          |
| 4.1.1 İzolatların hidrojen peroksit üretimi .....                                              | 114          |
| 4.1.2 İzolatların ekzopolisakkarit üretimi .....                                               | 123          |
| 4.1.3 İzolatların diasetil üretimi .....                                                       | 125          |
| 4.1.4 İzolatların bakteriyosin üretimi.....                                                    | 127          |
| 4.2 Postbiyotiklerin Antimikrobiyal Aktivitesi.....                                            | 163          |
| 4.2.1 Postbiyotiklerin minimum inhibisyon konsantrasyon değeri.....                            | 163          |
| 4.2.2 Postbiyotiklerin gıda patojenleri üzerine yüzde inhibisyon etkilerinin belirlenmesi..... | 178          |

## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.3 Patojenlerin postbiyotik varlığında canlılığı.....                                                  | 193 |
| 4.3 Gıda Uygulamalarında Kullanılan Postbiyotiklerin Karakterizasyonu .....                               | 203 |
| 4.4 Postbiyotiklerin Marul Örneklerine İnoküle Edilen Patojenler Üzerine Etkisinin Belirlenmesi .....     | 205 |
| 4.5 Postbiyotiklerin Tavuk Eti Örneklerine İnoküle Edilen Patojenler Üzerine Etkisinin Belirlenmesi ..... | 211 |
| 4.6 Postbiyotiklerin Peynir Örneklerine İnoküle Edilen Patojenler Üzerine Etkisinin Belirlenmesi .....    | 216 |
| 4.7 Postbiyotiklerin Marul Kalitesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi .....                                  | 220 |
| 4.7.1 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri .....                   | 220 |
| 4.7.2 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri .....             | 227 |
| 4.7.3 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin duyuşal özellikleri.....                           | 232 |
| 4.8 Postbiyotiklerin Tavuk Eti Kalitesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi .....                              | 238 |
| 4.8.1 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri .....               | 238 |
| 4.8.2 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri .....         | 245 |
| 4.8.3 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin duyuşal özellikleri ..                         | 250 |

## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.9 Postbiyotiklerin Peynir Kalitesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi.....                       | 256 |
| 4.9.1 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri .....       | 256 |
| 4.9.2 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri ..... | 261 |
| 4.9.3 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin duysal özellikleri .....               | 266 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                     | 270 |
| KAYNAKLAR DİZİNİ .....                                                                         | 279 |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                  | 326 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                 | 328 |
| EKLER.....                                                                                     | 335 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Şekil</u>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.1 Gıdalardan izole edilen laktik asit bakteri cinsleri içindeki türler arası 16S rRNA gen dizisi benzerliği aralığı (Dikey çizgi %97 benzerlik eşiği).....                                                                                                                                                                                                 | 6            |
| Şekil 2.2 Homolaktik fermentasyon (Glikoliz yolu) a: glikokinaz, b: fruktoz-1,6-difosfat aldolaz, c: laktat dehidrojenaz .....                                                                                                                                                                                                                                     | 21           |
| Şekil 2.3 Heterolaktik fermentasyon (Fosfoketolaz yolu) a: glikokinaz, b: fruktoz-1,6-difosfat aldolaz, c: laktat dehidrojenaz, d: glikoz-6-fosfat dehidrojenaz, e: 6-fosfoglukonat dehidrojenaz, f: fosfoketolaz, g: asetatakinaz, h: asetaldehit dehidrojenaz, i: alkol dehidrojenaz, j: pentoz izomeraz, k: ribulokinaz, l: transketolaz, m: transaldolaz ..... | 22           |
| Şekil 2.4 Galaktoz metabolizması (a) tagatoz-6 fosfat yolu, (b) Leloir yolu .....                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 23           |
| Şekil 2.5 Pirüvat metabolizması 1: laktat dehidrojenaz, 2: pirüvat-format liyaz, 3: piruvat dehidrojenaz, 4: pirüvat oksidaz, 5: alanin dehidrojenaz, 6: asetolaktat sentaz .....                                                                                                                                                                                  | 24           |
| Şekil 2.6 Bakteriyosin sınıflandırma şeması (Sınıf III'de yer alan bakteriyosinlerin yapıları henüz karakterize edilememiştir) .....                                                                                                                                                                                                                               | 37           |
| Şekil 2.7 Bakteriyosinlerin etki mekanizması (Man-PTS: mannoz fosfotransferaz sistemi).....                                                                                                                                                                                                                                                                        | 44           |
| Şekil 2.8 Box-Behnken tasarımı faktör dizayn noktaları.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 55           |
| Şekil 2.9 Bakteriyosin saflaştırılması ve karakterizasyonu .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 69           |
| Şekil 3.1 Hidrojen peroksit standart eğrisi .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 93           |
| Şekil 3.2 Ekzopolisakkarit standart eğrisi .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 94           |
| Şekil 3.3 Diasetil standart eğrisi .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 95           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

| <u>Şekil</u>                                                                                                                                                                                                                                                                               | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 3.4 Bovine gamma globulin standart eğrisi .....                                                                                                                                                                                                                                      | 97           |
| Şekil 3.5 Peynir üretimi .....                                                                                                                                                                                                                                                             | 104          |
| Şekil 3.6 Gallik asit standart eğrisi .....                                                                                                                                                                                                                                                | 111          |
| Şekil 4.1 <i>Pediococcus acidilactici</i> T34, <i>Enterococcus faecium</i> T49 ve <i>Enterococcus faecium</i> T53 kodlu izolatların <i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212 inoküle edilen petrilere oluşturdukları zon çapları 128                                                        |              |
| Şekil 4.2 S1 (1), S7 (2), S8 (3), S14 (4), S119 (5) ve S129 (6) kodlu izolatların indikatör mikroorganizmalar inoküle edilen petrilere oluşturdukları zon çapları (A: <i>Listeria monocytogenes</i> 49594, B: <i>Listeria monocytogenes</i> 13932, C: <i>Enterococcus faecalis</i> ) ..... | 129          |
| Şekil 4.3 <i>Pediococcus acidilactici</i> T34 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları ( <i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212 üzerine) .....                                                                                                                  | 130          |
| Şekil 4.4 <i>Pediococcus acidilactici</i> T34 suşu için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri (A: Sıcaklık-pH, B: Sıcaklık-süre, C: pH-süre).....                                                                                                                         | 132          |
| Şekil 4.5 <i>Enterococcus faecium</i> T49 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları ( <i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212 üzerine) .....                                                                                                                      | 133          |
| Şekil 4.6 <i>Enterococcus faecium</i> T49 suşu için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri (A: Sıcaklık-pH, B: Sıcaklık-süre, C: pH-süre).....                                                                                                                             | 135          |
| Şekil 4.7 <i>Enterococcus faecium</i> T53 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları ( <i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212 üzerine) .....                                                                                                                      | 136          |
| Şekil 4.8 <i>Enterococcus faecium</i> T53 suşu için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri (A: Sıcaklık-pH, B: Sıcaklık-süre, C: pH-süre).....                                                                                                                             | 138          |



## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

| <u>Şekil</u>                                                                                                                                                         | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.9 <i>Pediococcus acidilactici</i> S1 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları ( <i>Listeria monocytogenes</i> 13932 üzerine).....  | 139          |
| Şekil 4.10 <i>Pediococcus acidilactici</i> S1 suşu için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri (A: Sıcaklık-pH, B: Sıcaklık-süre, C: pH-süre) .....  | 141          |
| Şekil 4.11 <i>Pediococcus acidilactici</i> S7 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları ( <i>Listeria monocytogenes</i> 13932 üzerine)..... | 142          |
| Şekil 4.12 <i>Pediococcus acidilactici</i> S7 suşu için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri (A: Sıcaklık-pH, B: Sıcaklık-süre, C: pH-süre) .....  | 144          |
| Şekil 4.13 <i>Limosilactobacillus fermentum</i> T15 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı.....                                       | 194          |
| Şekil 4.14 <i>Weissella cibaria</i> T52 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı .....                                                  | 194          |
| Şekil 4.15 <i>Pediococcus pentasaceus</i> T87 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı.....                                             | 195          |
| Şekil 4.16 <i>Pediococcus acidilactici</i> T100 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı.....                                           | 196          |
| Şekil 4.17 <i>Pediococcus acidilactici</i> T115 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı.....                                           | 196          |
| Şekil 4.18 <i>Streptococcus thermophilus</i> T127 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı.....                                         | 197          |
| Şekil 4.19 <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> T139 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı.....                                    | 198          |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

### Şekil

### Sayfa

Şekil 4.20 *Lactiplantibacillus plantarum* P36 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı .....198

Şekil 4.21 *Lactiplantibacillus pentosus* P73 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı .....199

Şekil 4.22 *Pediococcus ethanolidurans* P84 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı .....199

Şekil 4.23 *Enterococcus faecalis* S95 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı .....200

Şekil 4.24 *Lacticaseibacillus paracasei* S97 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı .....201

Şekil 4.25 *Pediococcus acidilactici* S107 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı .....201

Şekil 4.26 *Enterococcus faecalis* S132 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı .....202

## ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>Çizelge</u>                                                                                                     | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 2.1 Homofermentatif özellik gösteren <i>Lactobacillus</i> türleri .....                                    | 10           |
| Çizelge 2.2 Heterofermentatif özellik gösteren <i>Lactobacillus</i> türleri .....                                  | 15           |
| Çizelge 2.3 Postbiyotiklerin biyoaktif etkileri üzerine yapılan <i>in vitro</i> ve <i>in vivo</i> çalışmalar ..... | 25           |
| Çizelge 2.4 Ticari olarak üretilen postbiyotikler .....                                                            | 26           |
| Çizelge 2.5 Laktik asit bakterilerinin ürettikleri bazı bakteriyosinler .....                                      | 32           |
| Çizelge 2.6 Bakteriyosin üreten bazı firmalar .....                                                                | 34           |
| Çizelge 2.7 Bakteriyosinler ve antibiyotikler arasındaki farklar (Perez et al., 2014; Nisa et al., 2023) .....     | 35           |
| Çizelge 2.8 Bakteriyosinlerin sınıflandırılması .....                                                              | 42           |
| Çizelge 2.9 Karbon kaynaklarının bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi .....                                      | 48           |
| Çizelge 2.10 Nitrojen kaynaklarının bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi .....                                   | 50           |
| Çizelge 2.11 Sürfaktanların bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi .....                                           | 52           |
| Çizelge 2.12 Bakteriyosin üretiminin optimizasyonu .....                                                           | 56           |
| Çizelge 2.13 Bakteriyosin saflaştırma aşamaları .....                                                              | 58           |
| Çizelge 2.14 Bakteriyosinlerin çeşitli faktörlere karşı stabiliteleri .....                                        | 63           |
| Çizelge 2.15 Bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğü .....                                                           | 66           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

| <u>Çizelge</u>                                                                                                               | <u>Sayfa</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 2.16 Postbiyotiklerin meyve ve sebze ürünlerinin güvenilirliği üzerine etkisi .....                                  | 72           |
| Çizelge 2.17 Postbiyotiklerin meyve ve sebze ürünlerinin kalitesi üzerine etkisi.                                            | 75           |
| Çizelge 2.18 Postbiyotiklerin et ve et ürünlerinin güvenilirliği üzerine etkisi .....                                        | 78           |
| Çizelge 2.19 Postbiyotiklerin et ve et ürünlerinin kalitesi üzerine etkisi.....                                              | 80           |
| Çizelge 2.20 Postbiyotiklerin süt ve süt ürünlerinin güvenilirliği üzerine etkisi...                                         | 83           |
| Çizelge 3.1 Tarhana örneklerinden izole edilen laktik asit bakterileri .....                                                 | 85           |
| Çizelge 3.2 Turşu örneklerinden izole edilen laktik asit bakterileri .....                                                   | 88           |
| Çizelge 3.3 Şalgam suyu örneklerinden izole edilen laktik asit bakterileri .....                                             | 90           |
| Çizelge 3.4 Bağımsız değişkenler ve faktörlerin alt ve üst sınır değerleri .....                                             | 96           |
| Çizelge 3.5 Marul ve tavuk eti örneklerine uygulanan postbiyotik formülasyonları .....                                       | 103          |
| Çizelge 3.6 Postbiyotik ilave edilen peynir örnekleri .....                                                                  | 104          |
| Çizelge 4.1 Tarhanadan izole edilen laktik asit bakterilerinin hidrojen peroksit, ekzopolisakkarit ve diasetil üretimi ..... | 116          |
| Çizelge 4.2 Turşudan izole edilen laktik asit bakterilerinin hidrojen peroksit, EPS ve diasetil üretimi.....                 | 119          |
| Çizelge 4.3 Şalgam suyundan izole edilen LAB izolatlarının hidrojen peroksit, EPS ve diasetil üretimi.....                   | 121          |

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

| <u>Çizelge</u>                                                                                                                            | <u>Sayfa</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 4.4 <i>Pediococcus acidilactici</i> T34'ün ürettiği bakteriyosin için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen sonuçlar.....  | 130          |
| Çizelge 4.5 <i>Pediococcus acidilactici</i> T34 suşunun bakteriyosin aktivitesi değerindeki değişime ait ANOVA tablosu .....              | 131          |
| Çizelge 4.6 <i>Enterococcus faecium</i> T49'un ürettiği bakteriyosin için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen sonuçlar.....      | 133          |
| Çizelge 4.7 <i>Enterococcus faecium</i> T49 suşunun bakteriyosin aktivitesi değerindeki değişime ait ANOVA tablosu .....                  | 134          |
| Çizelge 4.8 <i>Enterococcus faecium</i> T53'ün ürettiği bakteriyosin için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen sonuçlar.....      | 136          |
| Çizelge 4.9 <i>Enterococcus faecium</i> T53 suşunun bakteriyosin aktivitesi değerindeki değişime ait ANOVA tablosu .....                  | 137          |
| Çizelge 4.10 <i>Pediococcus acidilactici</i> S1'in ürettiği bakteriyosin için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen sonuçlar.....  | 139          |
| Çizelge 4.11 <i>Pediococcus acidilactici</i> S1 suşunun bakteriyosin aktivitesi değerindeki değişime ait ANOVA tablosu .....              | 140          |
| Çizelge 4.12 <i>Pediococcus acidilactici</i> S7'nin ürettiği bakteriyosin için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen sonuçlar..... | 142          |
| Çizelge 4.13 <i>Pediococcus acidilactici</i> S7 suşunun bakteriyosin aktivitesi değerindeki değişime ait ANOVA tablosu .....              | 143          |
| Çizelge 4.14 Bakteriyosin T34'ün saflaştırılması .....                                                                                    | 146          |
| Çizelge 4.15 Bakteriyosin T49'un saflaştırılması .....                                                                                    | 147          |

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

| <u>Çizelge</u>                                                                                                             | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 4.16 Bakteriyosin T53'ün saflaştırılması.....                                                                      | 148          |
| Çizelge 4.17 Bakteriyosin S1'in saflaştırılması.....                                                                       | 149          |
| Çizelge 4.18 Bakteriyosin S7'nin saflaştırılması.....                                                                      | 150          |
| Çizelge 4.19 Bakteriyosin S8'in saflaştırılması.....                                                                       | 151          |
| Çizelge 4.20 Bakteriyosin S14'ün saflaştırılması.....                                                                      | 152          |
| Çizelge 4.21 Bakteriyosin S119'un saflaştırılması.....                                                                     | 153          |
| Çizelge 4.22 Bakteriyosin S129'un saflaştırılması.....                                                                     | 154          |
| Çizelge 4.23 Saflaştırılan bakteriyosinin antimikrobiyal aktivitesi.....                                                   | 156          |
| Çizelge 4.24 Bakteriyosin aktivitesi üzerine pH, sıcaklık ve enzim uygulamalarının etkisi .....                            | 160          |
| Çizelge 4.25 Tarhana orijinli laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin antimikrobiyal aktivitesi .....     | 164          |
| Çizelge 4.26 Turşu orijinli laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin antimikrobiyal aktivitesi .....       | 169          |
| Çizelge 4.27 Şalgam suyu orijinli laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin antimikrobiyal aktivitesi ..... | 173          |
| Çizelge 4.28 Tarhana orijinli edilen laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin inhibisyon etkileri .....    | 179          |
| Çizelge 4.29 Turşu orijinli laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin inhibisyon etkileri .....             | 184          |

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

| <u>Çizelge</u>                                                                                                                                 | <u>Sayfa</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 4.30 Şalgam suyu orijinli laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin inhibisyon etkileri.....                            | 188          |
| Çizelge 4.31 Postbiyotiklerin bazı kimyasal ve biyoaktif özellikleri .....                                                                     | 204          |
| Çizelge 4.32 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince <i>Escherichia coli</i> O157:H7 sayıları (log kob/g).....     | 207          |
| Çizelge 4.33 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince <i>Listeria monocytogenes</i> sayıları (log kob/g) .....      | 208          |
| Çizelge 4.34 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince <i>Salmonella</i> Typhimurium sayıları (log kob/g) .....      | 209          |
| Çizelge 4.35 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince <i>Escherichia coli</i> O157:H7 sayıları (log kob/g)..... | 212          |
| Çizelge 4.36 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince <i>Listeria monocytogenes</i> sayıları (log kob/g).....   | 213          |
| Çizelge 4.37 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince <i>Salmonella</i> Typhimurium sayıları (log kob/g).....   | 214          |
| Çizelge 4.38 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince <i>Listeria monocytogenes</i> sayıları (log kob/g) .....     | 217          |
| Çizelge 4.39 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince <i>Salmonella</i> Typhimurium sayıları (log kob/g) .....     | 218          |
| Çizelge 4.40 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince <i>Staphylococcus aureus</i> sayıları (log kob/g).....       | 219          |

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

| <u>Çizelge</u>                                                                                                                                 | <u>Sayfa</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 4.41 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) .....   | 221          |
| Çizelge 4.42 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince toplam psikrofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) ..... | 222          |
| Çizelge 4.43 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince <i>Pseudomonas</i> spp. sayıları (log kob/g) .....            | 223          |
| Çizelge 4.44 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g).....                  | 224          |
| Çizelge 4.45 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince laktik asit bakteri sayıları (log kob/g) .....                | 225          |
| Çizelge 4.46 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince pH değerleri.....                                             | 228          |
| Çizelge 4.47 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince $L^*$ değerleri .....                                         | 229          |
| Çizelge 4.48 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince $a^*$ değerleri .....                                         | 230          |
| Çizelge 4.49 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince $b^*$ değerleri .....                                         | 231          |
| Çizelge 4.50 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince renk puanları .....                                           | 233          |
| Çizelge 4.51 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince koku puanları.....                                            | 234          |



## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

| <u>Çizelge</u>                                                                                                                                   | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 4.52 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince görünüm puanları.....                                           | 235          |
| Çizelge 4.53 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince doku puanları .....                                             | 236          |
| Çizelge 4.54 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince genel beğeni puanları.....                                      | 237          |
| Çizelge 4.55 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) ..... | 239          |
| Çizelge 4.56 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince toplam psikrofilik aerobik sayıları (log kob/g) .....       | 240          |
| Çizelge 4.57 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince <i>Pseudomonas</i> spp. sayıları (log kob/g) .....          | 241          |
| Çizelge 4.58 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g) .....               | 242          |
| Çizelge 4.59 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince LAB sayıları (log kob/g).....                               | 243          |
| Çizelge 4.60 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince pH değerleri .....                                          | 246          |
| Çizelge 4.61 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince $L^*$ değerleri .....                                       | 247          |
| Çizelge 4.62 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince $a^*$ değerleri .....                                       | 248          |

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

| <u>Çizelge</u>                                                                                                                                  | <u>Sayfa</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 4.63 Postbiyotikler ile işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince $b^*$ değerleri.....                                     | 249          |
| Çizelge 4.64 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince renk puanları.....                                         | 251          |
| Çizelge 4.65 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince koku puanları.....                                         | 252          |
| Çizelge 4.66 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince görünüm puanları .....                                     | 253          |
| Çizelge 4.67 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince doku puanları.....                                         | 254          |
| Çizelge 4.68 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince genel beğeni puanları .....                                | 255          |
| Çizelge 4.69 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) .....   | 257          |
| Çizelge 4.70 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince toplam psikrofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) ..... | 258          |
| Çizelge 4.71 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince <i>Pseudomonas</i> spp. sayıları (log kob/g) .....            | 258          |
| Çizelge 4.72 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g).....                  | 259          |
| Çizelge 4.73 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince laktik asit bakteri sayıları (log kob/g) .....                | 260          |

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

### Çizelge

### Sayfa

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 4.74 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince pH değerleri .....                                  | 262 |
| Çizelge 4.75 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince toplam asitlik değerleri (g laktik asit/100 g)..... | 263 |
| Çizelge 4.76 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince $L^*$ değerleri.....                                | 264 |
| Çizelge 4.77 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince $a^*$ değerleri.....                                | 264 |
| Çizelge 4.78 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince $b^*$ değerleri.....                                | 265 |
| Çizelge 4.79 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince renk puanları .....                                 | 266 |
| Çizelge 4.80 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince koku puanları .....                                 | 267 |
| Çizelge 4.81 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince görünüm puanları.....                               | 267 |
| Çizelge 4.82 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince doku puanları .....                                 | 268 |
| Çizelge 4.83 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince genel beğeni puanları.....                          | 269 |



## 1. GİRİŞ

Son yıllarda tüm dünyada mikrobiyal kaynaklı hastalık vakalarının artış göstermesi nedeniyle, gıda güvenilirliği küresel düzeyde önemli bir endişe haline gelmiştir. Dünya genelinde her yıl 33 milyon insan gıda kaynaklı hastalıklara maruz kalmakta, bu durum insan sağlığının yanı sıra ülke ekonomilerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Gıda kaynaklı mikrobiyal hastalıklardan özellikle bağışıklık sistemi zayıf olan ve risk grubu olarak tanımlanan hastalar, çocuklar, yaşlılar ve hamilelerin etkilendiği bildirilmektedir (WHO, 2022). Hastalıklarda rol alan gıdaların başında taze et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, meyve ve sebzeler gelmektedir. Ayrıca, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. ve *Staphylococcus aureus* gibi patojenlerin gıda kaynaklı hastalıklardan sorumlu mikroorganizmalar olarak ön plana çıktığı bildirilmektedir (CDC, 2023).

Gıda kaynaklı tehlikeleri en aza indirmek, üretim ve tedarik zinciri boyunca ürün kalitesini optimize etmek büyük önem taşımaktadır. Gıda endüstrisinde farklı gıda gruplarının muhafazası amacıyla pek çok kimyasal madde kullanılmaktadır. Ancak, son yıllarda tüketicilerin sağlıklı beslenme konusunda bilinçlenmesi ve kimyasal maddeler içeren gıdaların hastalıklardaki rolünün ortaya konulması ile birlikte tüm dünyada doğal antimikrobiyal etkileri bulunan katkıları içeren ürünleri tüketmeye yönelik eğilim artmıştır (İncili et al., 2022). Bu nedenle, laktik asit bakterileri (LAB)'nin doğal süreçler sonucu ürettikleri metabolitlerin gıda güvenilirliği ve kalitesini sağlamak amacıyla kimyasal koruyuculara alternatif olarak kullanımına yönelik yapılan çalışmalar büyük önem kazanmıştır.

Biyokoruma, gıdalarda güvenilirliği sağlamak ve raf ömrünü arttırmak üzere mikroorganizmaların ve/veya antimikrobiyal ürünlerinin kullanıldığı bir yöntemdir (Jo et al., 2021). Bu yöntem, gıdaların bozulması sebebiyle oluşan ekonomik kayıpların azaltılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesi, gıda zinciri boyunca patojen bulaşlarının engellenmesi, artan tüketici talepleri doğrultusunda besleyici değeri yüksek ve kaliteli gıdaların üretimi için uygulanan önemli bir tekniktir. Antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bilinen LAB ve/veya bu mikroorganizmaların ürettikleri metabolik ürünler biyokoruyucu maddeler olarak kabul edilmekte ve gıdaların doğal yolla korunmasını sağlayabilmektedirler. LAB'nin antimikrobiyal

etkisi, gıdaların pH değerini düşürerek mikrobiyal gelişmeyi engelleyen laktik asit üretiminden ve ayrıca hidrojen peroksit, diasetil, ekzopolisakkarit (EPS) ve bakteriyosin gibi çeşitli antimikrobiyal bileşiklerin üretiminden kaynaklanmaktadır (Moradi et al., 2021). Bu nedenle, gıda güvenilirliği ve kalitesini sağlamak için kimyasal koruyuculara alternatif olarak LAB'nin doğal süreçler sonucu ürettikleri postbiyotiklerin gıdalarda kullanımı büyük önem kazanmaktadır (Arrioja-Bretón et al., 2020).

Başta LAB ve *Bifidobacterium* spp. olmak üzere yararlı mikroorganizmaların ürettikleri enzimler, proteinler, aminoasitler, peptitler, vitaminler, kısa zincirli yağ asitleri, organik asitler, hidrojen peroksit, diasetil ve EPS gibi mikrobiyal metabolitler veya bir hücrenin bakteriyel lizisi sonucu inaktif hale gelmesiyle ortama salınan hücre yüzeyiyle ilişkili proteinler, hücre duvarına bağlı biyolojik yüzey aktif maddeler, teikoik asitler, peptidoglikan türevi muropeptitler, mikroorganizma yüzeyinde bulunan pili, fimbria ve flagella gibi yapılar postbiyotikler olarak tanımlanmaktadır (Aguilar-Toalá et al., 2018; Collado et al., 2019; Barros et al., 2020). Literatürde, postbiyotiklerin etkinliğini değerlendirmek amacıyla *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Streptococcus* gibi LAB yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, postbiyotiklerin antimikrobiyal, antienflamatuar, antikanserojenik, antihipertansif, antiproliferatif, antioksidan ve immünomodülatör gibi yararlı özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Rajoka et al., 2019; Cuevas-González et al., 2020; Lee et al., 2020).

Bakteriyosinler, ribozomal olarak sentezlenen peptit ya da protein yapısındaki antimikrobiyal bileşiklerdir. Etki spektrumları bazı türlerle sınırlı olup, daha çok Gram-pozitif mikroorganizmalar üzerine etkilidir ve genellikle üretici suşa yakın türlere karşı antimikrobiyal etki gösterirler. Bakteriyosinler duyarlı mikroorganizmalar üzerinde farklı etki mekanizmalarına sahiptir (Daba et al., 2022; Darbandi et al., 2022). Bakteriyosinlerin antimikrobiyal aktivitelerinin yanı sıra doğal olmaları, renksiz, tatsız ve kokusuz olmaları da ürün özellikleri açısından oldukça önemlidir. Peptit ve protein yapılarında olmaları ise, pankreas kaynaklı proteolitik enzimlerden ve mide salgılarından etkilenebildiklerini ve ayrıca insan vücudunda sindirilebileceklerini göstermektedir. Bununla birlikte, bazı bakteriyosinlerin ısı stabilitelerinin olması, yüksek sıcaklıkta işlem gören birçok

gıda maddesinde kullanılabilirliğini sağlamaktadır (Verma et al., 2022). Dolayısıyla, kimyasal koruyuculara alternatif olarak LAB'nin ürettikleri geniş antibakteriyel spektruma sahip yeni bakteriyosinlerin tespit edilmesi gıda endüstrisi açısından önem arz eden bir konudur.

Bu tez çalışması, LAB'nin ürettikleri postbiyotikler ile gıdaların güvenilirlik ve kalitesinin korunması ve böylece hem gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesi hem de gıda kalitesinin korunarak gıdaların bozulmasının önüne geçilmesi ve böylece gıda israfının azaltılması amacıyla planlanmıştır. Tez çalışması altı iş paketinden oluşmaktadır.

Tezin ilk aşamasında, tarafımızca daha önce gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında farklı geleneksel fermente gıdalardan (tarhana, turşu ve şalgam suyu) izole edilen LAB'nin (388 izolat) ürettikleri metabolitler (hidrojen peroksit, EPS ve diasetil) belirlenmiştir.

Tezin ikinci aşamasında, 388 izolatın bakteriyosin üretme potansiyelleri incelenmiş ve bakteriyosin ürettiği tespit edilen izolatların bakteriyosin üretme koşulları yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. Ardından, amonyum sülfat, diyaliz ve katı faz ekstraksiyonu yöntemleri kullanılarak bakteriyosinler saflaştırılmış ve bakteriyosin aktivitesi üzerine pH, sıcaklık ve enzim uygulamalarının etkisi tespit edilmiştir. Ayrıca, bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğü SDS-PAGE yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Tezin üçüncü aşamasında, LAB'nin ürettikleri metabolitlerin *in vitro* koşullarda gıda patojenleri (*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus*) üzerine antimikrobiyal aktiviteleri tespit edilmiştir. Ardından, en yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirlenen postbiyotiklerin (14 adet) patojenler varlığında canlı kalma süreleri incelenmiştir.

Tezin dördüncü aşamasında, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* üzerine en etkili postbiyotikler seçilmiş ve bu postbiyotiklerin karakterizasyonu amacıyla pH, toplam asitlik, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri incelenmiştir.

Tezin beşinci aşamasında, patojen inokülasyonu sonrası (*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus*) marul, tavuk eti ve peynir örnekleri seçilen postbiyotikler ile işlem görmüş ve 4°C’de depolanmıştır. Depolama süresince örneklerde patojen sayımları gerçekleştirilmiştir.

Tezin son aşamasında, seçilen postbiyotiklerin marul, tavuk eti ve peynir kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla, postbiyotikler ile işlem sonrası depolanan ürünlerde, 4°C’de gerçekleştirilen depolama süresince mikrobiyolojik [toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB), Enterobacteriaceae, *Pseudomonas* spp., LAB, küf-maya ve *S. aureus* sayımları)], fiziksel (renk analizi), kimyasal (pH analizi) ve duyuşsal analizler yapılmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

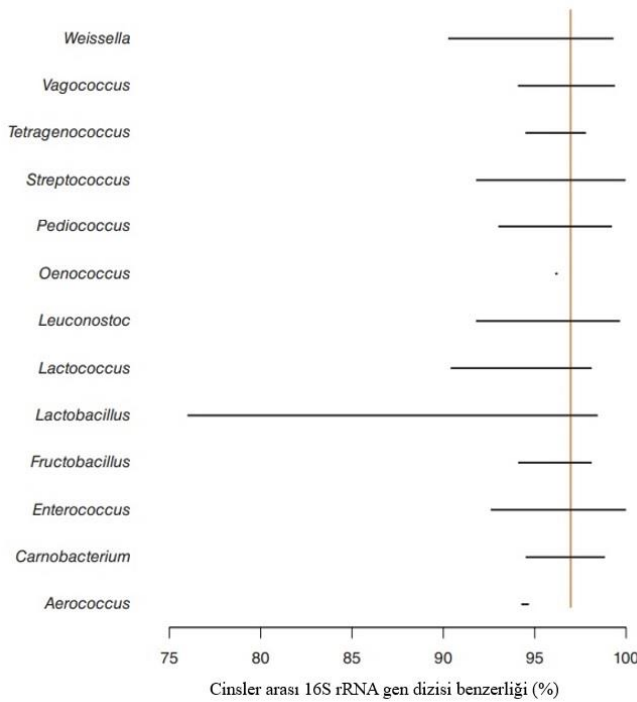
### 2.1 Biyokoruma

Son yıllarda gıdalarda koruyucu olarak kimyasal madde kullanımının sağlığa zararlı etkilerinin belirlenmesi nedeni ile tüketiciler tarafından tercih edilmemesi, sağlığa olumsuz etkileri olmayan, daha güvenli ve yüksek antimikrobiyal etkiye sahip kaynakları araştırmanın gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, gıdalarda gelişmesi istenmeyen mikroorganizmalara karşı “doğal koruyucu” maddeleri kullanma eğiliminin giderek arttığı gözlenmektedir. Biyokoruma, mikroorganizmaların ve/veya antimikrobiyal ürünlerinin, gıda güvenilirliğinin sağlanması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanımını ifade etmektedir (Reis et al., 2012; Akbar et al., 2016; Singh, 2018). Biyokoruma, gıdaların bozulması sebebiyle oluşan ekonomik kayıpların azaltılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesi, gıda zinciri boyunca mikrobiyal bulaşmanın engellenmesi ve artan tüketici talepleri doğrultusunda besleyici değeri yüksek ve kaliteli gıdaların üretimi amacıyla uygulanan önemli bir tekniktir. Antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bilinen LAB ve/veya bu mikroorganizmaların ürettikleri metabolik ürünler biyokoruyucu maddeler olarak kabul edilmekte ve gıdaların doğal yolla korunmasını sağlamaktadır (Moradi et al., 2021). Antimikrobiyal maddelerin en önemli üreticilerinden olan probiyotikler, vücuda yeterli miktarda alındığında konakçı sağlığı üzerinde fayda sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (FAO/WHO, 2002). LAB'nin ürettikleri organik asit, hidrojen peroksit, diasetil, etanol, aroma bileşikleri, bakteriyosin, EPS ve enzimler gibi metabolitler, gıdaların raf ömrünü uzatma, güvenilirliğini sağlama ve organoleptik özelliklerini iyileştirme gibi birtakım yararlı etkiler sağlamaktadır (Arrijo-Bretón et al., 2020; Ramos et al., 2020; İncili et al., 2021; İncili et al., 2022).

### 2.2 Laktik Asit Bakterileri

LAB; Lactobacillales takımına ait olan, Gram-pozitif, katalaz negatif, spor oluşturmeyen, aside toleranslı ve %55 mol G+C'den daha düşük bir DNA baz bileşimine sahip olmasıyla karakterize edilen bakterilerdir. Lactobacillales takımında Aerococcaceae, Carnobacteriaceae, Enterococcaceae, Lactobacillaceae,

Leuconostocaceae, Streptococcaceae familyaları ve gıda ile ilgili olarak *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Fructobacillus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* ve *Weissella* cinsleri yer almaktadır (Şekil 2.1) (Axelsson, 2004). Bununla birlikte, Zheng et al. (2020), korunmuş ikili amino asit kimliği, çekirdek genom filogeni, fizyolojik kriterler ve sınıfa özgü gen benzerliği nedeniyle, Lactobacillaceae ve Leuconostocaceae ailelerinin birleştirilmesini ve Lactobacillaceae familyası tanımının daha önce bu iki aileye dahil edilen tüm cinsleri içerecek şekilde yeniden düzenlenmesini önermiştir. Ayrıca araştırmacılar, *Lactobacillus* cinsinin *Acetilactobacillus*, *Agrilactobacillus*, *Amylolactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Bombilactobacillus*, *Companilactobacillus*, *Dellaglioia*, *Fructilactobacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Holzapfelia*, *Lacticaseibacillus*, *Lactobacillus*, *Latilactobacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Ligilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Liquorilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Paralactobacillus*, *Paucilactobacillus*, *Schleiferilactobacillus* ve *Secundilactobacillus* olmak üzere yirmi beş cins halinde yeniden sınıflandırılmasını önermişlerdir (Zheng et al., 2020).



**Şekil 2.1** Gıdalardan izole edilen laktik asit bakteri cinsleri içindeki türler arası 16S rRNA gen dizisi benzerliği aralığı (Dikey çizgi %97 benzerlik eşiği)

## 2.2.1 Laktik asit bakterilerinin sınıflandırması

### 2.2.1.1 Aerococcaceae

Aerococcaceae ailesi, Gram-pozitif, katalaz negatif, fakültatif anaerobik, hareketsiz, oval kok ya da kokobasillerden oluşan cinsleri içermektedir. Aerococcaceae ailesine ait mikroorganizmalar %6.5 NaCl varlığında gelişebilmektedir. Bu familyada *Abiotrophia*, *Aerococcus*, *Dolosicoccus*, *Eremococcus*, *Facklamia*, *Globicatella* ve *Ignavigranum* cinsleri yer almaktadır. Aerococcaceae familyasında yer alan LAB hava, bitkiler, toprak, deniz ve sıcakkanlı memeliler gibi çeşitli kaynaklardan izole edilmiştir (Lawson, 2014a).

#### - *Aerococcus*

*Aerococcus* ilk olarak havadan izole edilmiş ve *A. viridans* olarak isimlendirilmiştir (Williams et al., 1953). Sonraki çalışmalarda farklı kaynaklardan *Aerococcus* türleri izole edilmiş ve *A. christensenii*, *A. sanguinicola*, *A. suis*, *A. urinae*, *A. urinaeequi* ve *A. urinahominis* olmak üzere altı tür tanımlanmıştır. Bu bakteriler fakültatif anaerobik,  $\alpha$ -hemolitik ve vankomisine duyarlıdır. Kok şeklinde olan bu LAB'nin DNA'larında bulunan G+C içeriği %35-44 mol ağırlığındadır (Lawson, 2014b).

### 2.2.1.2 Carnobacteriaceae

Carnobacteriaceae ailesi, Gram-pozitif, spor oluşturmeyen, çubuk ya da koklardan oluşan cinsleri içermektedir. Genellikle fakültatif anaerobik özellik göstermelerine rağmen, bazı türleri aerobik ya da mikroaerofilik koşullarda gelişebilmektedir. Bu familyada *Alkalibacterium*, *Allofustis*, *Alloiococcus*, *Atopococcus*, *Atopostipes*, *Carnobacterium*, *Desemzia*, *Dolosigranulum*, *Isobaculum*, *Marinilactibacillus*, *Trichococcus*, *Atopobacter* ve *Granulicatella* cinsleri yer almaktadır. *Alloiococcus* cinsine ait bazı türler dışında katalaz negatif özellik göstermektedirler (Pikuta, 2014).

### - *Carnobacterium*

*Carnobacterium* ilk olarak bozulmuş sosisten izole edilmiş ve *C. divergens* olarak isimlendirilmiştir (Holzapfel and Gerber, 1983). Daha sonraki çalışmalarda *C. alterfunditum*, *C. funditum*, *C. gallinarum*, *C. inhibens*, *C. jeotgali*, *C. maltaromaticum*, *C. mobile*, *C. pleistocenium* ve *C. viridans* olmak üzere dokuz tür tanımlanmıştır. Bu bakteriler fakültatif anaerobik ve heterofermentatif özellik göstermektedir. Çubuk şeklinde olan *Carnobacterium* cinsi üyelerinin DNA'larında bulunan G+C içeriği %32-44 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler düşük sıcaklıklarda depolanan vakum paketlenmiş et ve et ürünleri ve süt ürünlerinden izole edilmiştir (Pikuta and Hoover, 2014).

#### 2.2.1.3 Enterococcaceae

Enterococcaceae ailesi, Gram-pozitif, katalaz negatif, oval kok ya da çubuklardan oluşan cinsleri içermektedir. Bu LAB fakültatif anaerobik, anaerobik ya da mikroaerofilik özellik gösterebilmektedir. Bu familyada *Catelicoccus*, *Enterococcus*, *Melissococcus*, *Pilibacter*, *Tetragenococcus* ve *Vagococcus* cinsleri yer almaktadır. Bu bakteriler fermente gıdalar, içme suyu, deniz suyu, bitkiler, hayvanlar ve insanların gastrointestinal yolları gibi çeşitli kaynaklardan elde edilmiştir (Švec and Franz, 2014a).

### - *Enterococcus*

*Enterococcus* cinsi ilk olarak Schleifer and Kilpper-Bälz (1984) tarafından *Streptococcus faecalis* ve *Streptococcus faecium*'un *E. faecalis* ve *E. faecium* olarak yeniden sınıflandırılması sonucu ortaya çıkmıştır. Daha sonraki çalışmalarda, *E. avium*, *E. canis*, *E. casseliflavus*, *E. durans*, *E. gallinarum*, *E. hirae*, *E. lactis*, *E. malodoratus* ve *E. mundtii* dahil olmak üzere kırk bir tür tanımlanmıştır. Homofermentatif özellik gösteren ve oval kok şeklinde olan bu LAB'nin DNA'larında bulunan G+C içeriği %32.5-44.9 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler toprak, su, bitki, et ve et ürünleri gibi çok çeşitli kaynaklardan izole edilmiştir (Švec and Franz, 2014b).

### - *Tetragenococcus*

*Tetragenococcus* cinsi ilk olarak Collins et al. (1990) tarafından *Pediococcus halophilus*'un *T. halophilus* olarak yeniden sınıflandırması sonucu ortaya çıkmıştır. Sonraki çalışmalarda *T. koreensis*, *T. muriaticus*, *T. osmophilus* ve *T. solitarius* olmak üzere dört tür tanımlanmıştır. Bu mikroorganizmalar yüksek tuz konsantrasyonu (>%18) ve yüksek pH değerlerinde (pH değeri 9'a kadar) gelişim gösterebilmektedir. *T. osmophilus* dışındaki diğer türler homofermentatif özellik göstermektedir. Bu LAB'nin DNA'larında bulunan G+C içeriği %34-38 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler fermente gıdalar ve konsantre meyve suları gibi kaynaklardan izole edilmiştir (Justé et al., 2014).

### - *Vagococcus*

*Vagococcus* cinsi ilk olarak Hashimoto et al. (1974) tarafından tavuk dışkılarından izole edilen hareketli kokların, Collins et al. (1989) tarafından *V. fluvialis* olarak isimlendirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Daha sonraki araştırmalarda *V. acidifermentans*, *V. carniphilus*, *V. elongatus*, *V. fessus*, *V. lutrae*, *V. penaei* ve *V. salmoninarium* olmak üzere yedi tür tanımlanmıştır. Fakültatif anaerobik özellik gösteren ve kok veya oval kok şeklinde olan bu LAB'nin DNA'larında bulunan G+C içeriği %34-44.5 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler tavuk dışkısı, deniz memelileri, balık ve nehir suyu gibi çeşitli kaynaklardan izole edilmiştir (Lawson, 2014c).

#### 2.2.1.4 Lactobacillaceae

Lactobacillaceae ailesi Gram-pozitif, katalaz negatif, kok ya da çubuklardan oluşan cinsleri içermektedir. Bu bakteriler fakültatif anaerobik ya da aerotolerant özellik gösterebilmektedir. Bu familyada *Acetilactobacillus*, *Agrilactobacillus*, *Amylolactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Bombilactobacillus*, *Companilactobacillus*, *Dellaglio*, *Fructilactobacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Holzapfel*, *Lacticaseibacillus*, *Lactobacillus*, *Latilactobacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Ligilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Liquorilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Paralactobacillus*,

*Paucilactobacillus*, *Schleiferilactobacillus*, *Secundilactobacillus*, *Paralactobacillus*, *Pediococcus*, *Fructobacillus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus* ve *Weissella* cinsleri yer almaktadır. Bu bakteriler çeşitli gıdalar, su, toprak, bitkiler, hayvanlar ve insanlar gibi çok çeşitli kaynaklardan izole edilmiştir (Zheng et al., 2020).

### - *Lactobacillus*

*Lactobacillus* cinsine ait LAB'nin cins isimleri değiştirilmiş ve yirmi beş farklı cins içerecek şekilde yeniden sınıflandırılmıştır. Yeni sınıflandırmaya göre homofermentatif ve heterofermentatif özellik gösteren *Lactobacillus* türleri Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de belirtilmektedir. Bu mikroorganizmalar çeşitli gıdalar, su, toprak, bitkiler, hayvanlar ve insanlar gibi çok çeşitli kaynaklardan izole edilmiştir (Pot et al., 2014; Zheng et al., 2020).

**Çizelge 2.1** Homofermentatif özellik gösteren *Lactobacillus* türleri

| Cins                 | Tür                       | % mol<br>G+C | Genom<br>büyüklüğü (Mbp) | 16s rRNA gen<br>erişim numarası |
|----------------------|---------------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------|
| <i>Lactobacillus</i> | <i>subsp. bulgaricus</i>  | 49.9         | 1.76                     | CR954253                        |
|                      | <i>subsp. delbrueckii</i> | 49.9         | 1.75                     | AY773949                        |
|                      | <i>subsp. indicus</i>     | 49.5         | 1.88                     | AY421720                        |
|                      | <i>subsp. jakobsenii</i>  | 50.3         | 1.75                     | ALPY00000000                    |
|                      | <i>subsp. lactis</i>      | 49.9         | 1.87                     | AY050173                        |
|                      | <i>subsp. sunkii</i>      | 50.1         | 2.00                     | AB641833                        |
|                      | <i>acetotolerans</i>      | 36.3         | 1.59                     | M58801                          |
|                      | <i>acidophilus</i>        | 34.6         | 1.95                     | AY773947                        |
|                      | <i>amyolyticus</i>        | 38.2         | 1.54                     | FR683095                        |
|                      | <i>amylovorus</i>         | 37.8         | 2.02                     | AY944408                        |
|                      | <i>apis</i>               | 36.9         | 1.70                     | KF386017                        |
|                      | <i>bombicola</i>          | 34.6         | 1.64                     | LK054485                        |
|                      | <i>colini</i>             | 35.6         | ND*                      | KU161105                        |
|                      | <i>crispatus</i>          | 36.6         | 2.06                     | AF257097                        |
|                      | <i>equicursoris</i>       | 47.7         | 2.05                     | AB290830                        |
|                      | <i>fornicalis</i>         | 37.0         | ND                       | Y18654                          |
|                      | <i>gallinarum</i>         | 36.5         | 1.94                     | AJ417737                        |
|                      | <i>gasseri</i>            | 35.3         | 1.89                     | AF519171                        |
|                      | <i>gigeriorum</i>         | 36.9         | 1.91                     | FR681899                        |

| Cins                        | Tür                                                  | % mol<br>G+C | Genom<br>büyüklüğü (Mbp) | 16s rRNA gen<br>erişim numarası |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------|
| <i>Lactobacillus</i>        | <i>hamsteri</i>                                      | 35.1         | 1.84                     | AJ306298                        |
|                             | <i>helsingborgensis</i>                              | 36.4         | 2.02                     | JX099553                        |
|                             | <i>helveticus</i>                                    | 36.8         | 1.83                     | AM113779                        |
|                             | <i>hominis</i>                                       | 35.2         | 1.93                     | FR681902                        |
|                             | <i>iners</i>                                         | 32.5         | 1.27                     | Y16329                          |
|                             | <i>intestinalis</i>                                  | 35.4         | 2.01                     | AJ306299                        |
|                             | <i>jensenii</i>                                      | 34.33        | 1.61                     | AF243176                        |
|                             | <i>johnsonii</i>                                     | 34.4         | 1.77                     | AJ002515                        |
|                             | <i>kalixensis</i>                                    | 36.1         | 2.08                     | AY253657                        |
|                             | <i>kefiranofaciens</i> subsp. <i>kefiranofaciens</i> | 37.2         | 2.26                     | AM113781                        |
|                             | <i>kefiranofaciens</i> subsp. <i>kefirgranum</i>     | 37.5         | 2.10                     | AM113782                        |
|                             | <i>kimbladii</i>                                     | 36.0         | 2.19                     | JX099549                        |
|                             | <i>kitasatonis</i>                                   | 37.5         | 1.91                     | AB107638                        |
|                             | <i>kullabergensis</i>                                | 35.8         | 2.12                     | JX099550                        |
|                             | <i>melliventris</i>                                  | 35.9         | 2.12                     | JX099551                        |
|                             | <i>mulieris</i>                                      | 34.2         | 1.66                     | MK775269                        |
|                             | <i>panisapium</i>                                    | 37.4         | 1.83                     | KX447147                        |
|                             | <i>paragasseri</i>                                   | 34.9         | 1.94                     | LC374363                        |
|                             | <i>pasteurii</i>                                     | 38.5         | 1.87                     | FR681901                        |
|                             | <i>porci</i>                                         | 51.5         | ND                       | MF346092                        |
| <i>Amylolactobacillus</i>   | <i>psittaci</i>                                      | 35.6         | 1.54                     | AJ272391                        |
|                             | <i>rodentium</i>                                     | 34.0         | 1.52                     | HQ851022                        |
| <i>Holzapfelia</i>          | <i>taiwanensis</i>                                   | 34.0         | 1.88                     | EU487512                        |
|                             | <i>ultunensis</i>                                    | 36.0         | 2.16                     | AY253660                        |
| <i>Bombilactobacillus</i>   | <i>xujianguonis</i>                                  | 38.8         | 2.22                     | MK294239                        |
|                             | <i>amylophilus</i>                                   | 43.6         | 1.56                     | M58806                          |
| <i>Bombilactobacillus</i>   | <i>amylotrophicus</i>                                | 43.5         | ND                       | AM236149                        |
| <i>Bombilactobacillus</i>   | <i>floricola</i>                                     | 34.5         | 1.29                     | AB523780                        |
|                             | <i>mellifer</i>                                      | 39.5         | 1.82                     | JX099543                        |
| <i>Bombilactobacillus</i>   | <i>bombi</i>                                         | 34.7         | 1.84                     | KJ078643                        |
|                             | <i>mellis</i>                                        | 36.4         | 1.81                     | JX099545                        |
| <i>Companilactobacillus</i> | <i>alimentarius</i>                                  | 35.4         | 2.34                     | M58804                          |
|                             | <i>allii</i>                                         | 35.3         | 2.51                     | NR_159082                       |
|                             | <i>baiquanensis</i>                                  | 34.4         | 2.24                     | MK110828                        |
|                             | <i>bobalius</i>                                      | 35.3         | 2.88                     | AY681134                        |
|                             | <i>crustorum</i>                                     | 35.0         | 2.22                     | AM285450                        |
|                             | <i>farciminis</i>                                    | 36.4         | 2.48                     | M58817                          |
|                             | <i>formosensis</i>                                   | 35.5         | 2.47                     | AB794060                        |

| Cins                           | Tür                      | % mol<br>G+C | Genom<br>büyüklüğü (Mbp) | 16s rRNA gen<br>erişim numarası |
|--------------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------|
| <i>Companilactobacillus</i>    | <i>furfuricola</i>       | 38.6         | 2.64                     | AB910349                        |
|                                | <i>futsaii</i>           | 35.6         | 2.53                     | HQ322270                        |
|                                | <i>ginsenosidimutans</i> | 36.7         | 2.59                     | HQ389549                        |
|                                | <i>halodurans</i>        | 35.8         | 2.84                     | MK968448                        |
|                                | <i>heilongjiangensis</i> | 37.5         | 2.79                     | JF411966                        |
|                                | <i>huachuanensis</i>     | 36.4         | 3.02                     | LC438522                        |
|                                | <i>hulinensis</i>        | 36.7         | 2.35                     | MK110830                        |
|                                | <i>insicii</i>           | 34.9         | 2.54                     | KP677494                        |
|                                | <i>jidongensis</i>       | 36.5         | 2.71                     | MK110829                        |
|                                | <i>kedongensis</i>       | 36.2         | 2.27                     | MK110817                        |
|                                | <i>keshanensis</i>       | 35.6         | 2.30                     | MK110816                        |
|                                | <i>kimchiensis</i>       | 35.5         | 2.70                     | HQ906500                        |
|                                | <i>kimchii</i>           | 35.1         | 2.74                     | AF183558                        |
|                                | <i>metriopterae</i>      | 32.8         | 1.50                     | LC190736                        |
|                                | <i>mindensis</i>         | 38.2         | 2.34                     | AJ313530                        |
|                                | <i>mishanensis</i>       | 36.6         | 2.47                     | MK110831                        |
|                                | <i>musae</i>             | 34.6         | 2.35                     | LC184607                        |
|                                | <i>nantensis</i>         | 36.2         | 2.91                     | AY690834                        |
|                                | <i>nodensis</i>          | 37.6         | 2.68                     | AB332024                        |
|                                | <i>nuruki</i>            | 34.2         | 2.58                     | MG786754                        |
|                                | <i>paralimentarius</i>   | 35.1         | 2.55                     | AB018528                        |
|                                | <i>salsicarnum</i>       | 36.6         | 2.43                     | MK968446                        |
|                                | <i>suantsaicola</i>      | 36.9         | 2.60                     | MH810311                        |
|                                | <i>tucceti</i>           | 34.1         | 2.17                     | AJ576006                        |
|                                | <i>versmoldensis</i>     | 38.3         | 2.37                     | AJ496791                        |
|                                | <i>zhachilii</i>         | 36.3         | 2.71                     | MH392835                        |
|                                | <i>zhongbaensis</i>      | 39.4         | 3.04                     | MK110832                        |
| <i>Lapidilactobacillus</i>     | <i>concavus</i>          | 43.3         | 1.90                     | AY683322                        |
|                                | <i>bayanensis</i>        | 40.1         | 2.43                     | MK110807                        |
|                                | <i>dextrinicus</i>       | 38.1         | 1.81                     | D87679                          |
| <i>Agrilactobacillus</i>       | <i>composti</i>          | 44.0         | 3.47                     | AB268118                        |
|                                | <i>yilanensis</i>        | 41.7         | 2.33                     | MK110806                        |
| <i>Schleiferilactobacillus</i> | <i>perolens</i>          | 49.1         | 3.31                     | Y19167                          |
|                                | <i>harbinensis</i>       | 53.8         | 3.14                     | AB196123                        |
|                                | <i>shenzhenensis</i>     | 56.3         | 3.27                     | JX523627                        |
| <i>Lacticaseibacillus</i>      | <i>casei</i>             | 46.5         | 2.83                     | AF469172                        |
|                                | <i>baoqingensis</i>      | 50.9         | 2.86                     | MK110840                        |
|                                | <i>brantae</i>           | 47.5         | 1.93                     | HQ022861                        |



| Cins                        | Tür                      |                            | % mol<br>G+C | Genom<br>büyükülüğü (Mbp) | 16s rRNA gen<br>erişim numarası |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------------|
| <i>Lactocaseibacillus</i>   | <i>camelliae</i>         |                            | 55.4         | 2.57                      | AB257864                        |
|                             | <i>chiayiensis</i>       |                            | 47.1         | 2.87                      | MF446960                        |
|                             | <i>hulanensis</i>        |                            | 52.7         | 2.36                      | LC436604                        |
|                             | <i>jixianensis</i>       |                            | 58.3         | 2.47                      | MK110836                        |
|                             | <i>manihotivorans</i>    |                            | 47.7         | 3.14                      | AF000162                        |
|                             | <i>nasuensis</i>         |                            | 57.0         | 2.28                      | AB608051                        |
|                             | <i>pantheris</i>         |                            | 52.9         | 2.55                      | AF413523                        |
|                             | <i>paracasei</i>         | subsp. <i>paracasei</i>    | 46.5         | 2.88                      | D79212                          |
|                             |                          | subsp. <i>tolerans</i>     | 46.4         | 2.38                      | AB181950                        |
|                             | <i>porcinae</i>          |                            | 47.2         | 2.84                      | HE616585                        |
|                             | <i>rhamnosus</i>         |                            | 46.7         | 2.95                      | D16552                          |
|                             | <i>saniviri</i>          |                            | 47.7         | 2.44                      | AB602569                        |
|                             | <i>sharpeae</i>          |                            | 53.4         | 2.45                      | M58831                          |
|                             | <i>songhuajiangensis</i> |                            | 52.7         | 2.61                      | HF679038                        |
|                             | <i>thailandensis</i>     |                            | 53.5         | 2.06                      | AB257863                        |
| <i>Paralactobacillus</i>    | <i>selangorensis</i>     |                            | 46.0         | 2.09                      | AF049745                        |
| <i>Latilactobacillus</i>    | <i>sakei</i>             | subsp. <i>carnosus</i>     | 41.0         | 1.99                      | AY204892                        |
|                             |                          | subsp. <i>sakei</i>        | 41.1         | 1.91                      | AM113784                        |
|                             | <i>curvatus</i>          |                            | 42.0         | 1.82                      | AM113777                        |
|                             | <i>fuchuensis</i>        |                            | 41.8         | 2.12                      | AB370875                        |
|                             | <i>graminis</i>          |                            | 40.3         | 1.84                      | AM113778                        |
| <i>Loigolactobacillus</i>   | <i>coryniformis</i>      | subsp. <i>coryniformis</i> | 42.9         | 2.71                      | M58813                          |
|                             |                          | subsp. <i>torquens</i>     | 42.9         | 2.78                      | AJ575741                        |
|                             | <i>backii</i>            |                            | 40.7         | 2.78                      | AB779648                        |
|                             | <i>bifermens</i>         |                            | 44.3         | 3.14                      | JN175330                        |
|                             | <i>iwatensis</i>         |                            | 40.6         | 2.62                      | AB773428                        |
|                             | <i>jiayinensis</i>       |                            | 42.6         | 3.04                      | MK110846                        |
|                             | <i>rennini</i>           |                            | 40.7         | 2.27                      | LC258150                        |
|                             | <i>zhaoyuanensis</i>     |                            | 42.7         | 2.70                      | MK110851                        |
| <i>Dellaglioia</i>          | <i>algida</i>            |                            | 36.0         | 1.59                      | AB033209                        |
| <i>Liquorilactobacillus</i> | <i>mali</i>              |                            | 36.1         | 2.59                      | M58824                          |
|                             | <i>aquaticus</i>         |                            | 37.4         | 2.41                      | DQ664203                        |
|                             | <i>cacaonum</i>          |                            | 33.9         | 1.92                      | AM905389                        |
|                             | <i>capillatus</i>        |                            | 37.6         | 2.24                      | AB365976                        |
|                             | <i>ghanensis</i>         |                            | 37.1         | 2.61                      | DQ523489                        |
|                             | <i>hordei</i>            |                            | 34.8         | 2.30                      | EU074850                        |
|                             | <i>nagelii</i>           |                            | 36.7         | 2.50                      | Y17500                          |
|                             | <i>oeni</i>              |                            | 37.3         | 2.12                      | AY681127                        |

| Cins                        | Tür                                            | % mol<br>G+C | Genom<br>büyüklüğü (Mbp) | 16s rRNA gen<br>erişim numarası |
|-----------------------------|------------------------------------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------|
| <i>Liquorilactobacillus</i> | <i>satsumensis</i>                             | 39.9         | 2.65                     | AB154519                        |
|                             | <i>sicerae</i>                                 | 37.5         | 2.49                     | HG794492                        |
|                             | <i>sucicola</i>                                | 38.5         | 2.46                     | AB433982                        |
|                             | <i>uvarum</i>                                  | 36.9         | 2.69                     | AY681126                        |
|                             | <i>vini</i>                                    | 37.5         | 2.24                     | AJ576009                        |
| <i>Ligilactobacillus</i>    | <i>salivarius</i>                              | 37.5         | 1.98                     | AF089108                        |
|                             | <i>acidipiscis</i>                             | 39.1         | 2.33                     | AB023836                        |
|                             | <i>agilis</i>                                  | 41.7         | 2.06                     | M58803                          |
|                             | <i>animalis</i>                                | 41.1         | 1.89                     | AB326350                        |
|                             | <i>apodemi</i>                                 | 38.6         | 2.10                     | AJ871178                        |
|                             | <i>araffinosus</i>                             | 38.1         | 1.48                     | AB289043                        |
|                             | <i>aviarius</i>                                | 40.1         | 1.68                     | M58808                          |
|                             | <i>ceti</i>                                    | 33.7         | 1.40                     | AM292799                        |
|                             | <i>equi</i>                                    | 39.0         | 2.30                     | AM292799                        |
|                             | <i>faecis</i>                                  | 41.1         | ND                       | AB812750                        |
|                             | <i>hayakitensis</i>                            | 34.1         | 1.70                     | AB267406                        |
|                             | <i>murinus</i>                                 | 40.1         | 2.20                     | AJ621554                        |
|                             | <i>pobuzihii</i>                               | 37.7         | 2.35                     | AB326358                        |
|                             | <i>ruminis</i>                                 | 43.4         | 2.01                     | AB326354                        |
|                             | <i>saerimneri</i>                              | 42.6         | 1.69                     | AY255802                        |
|                             | <i>salitolerans</i>                            | 41.7         | 2.30                     | LC127508                        |
| <i>Lactiplantibacillus</i>  | <i>plantarum</i> subsp. <i>plantarum</i>       | 44.2         | 3.45                     | AJ965482                        |
|                             | <i>plantarum</i> subsp. <i>argentoratensis</i> | 45.0         | 3.20                     | AJ640078                        |
|                             | <i>daoliensis</i>                              | 43.7         | 2.63                     | LC438516                        |
|                             | <i>daowaiensis</i>                             | 44.0         | 2.85                     | LC438517                        |
|                             | <i>dongliensis</i>                             | 44.7         | 3.11                     | LC438518                        |
|                             | <i>fabifermentans</i>                          | 45.0         | 3.28                     | AM905388                        |
|                             | <i>herbarum</i>                                | 43.5         | 2.90                     | NR_145899                       |
|                             | <i>modestisalitolerans</i>                     | 48.6         | 2.75                     | AB907192                        |
|                             | <i>mudanjiangensis</i>                         | 42.9         | 3.58                     | HF679037                        |
|                             | <i>nangangensis</i>                            | 44.3         | 2.90                     | LC438520                        |
|                             | <i>paraplantarum</i>                           | 43.7         | 3.40                     | AJ306297                        |
|                             | <i>pentosus</i>                                | 46.3         | 3.65                     | D79211                          |
|                             | <i>pingfangensis</i>                           | 44.2         | 2.90                     | LC438521                        |
|                             | <i>plajomi</i>                                 | 48.7         | 2.76                     | AB907190                        |
|                             | <i>songbeiensis</i>                            | 44.4         | 3.03                     | LC438523                        |
|                             | <i>xiangfangensis</i>                          | 45.1         | 2.99                     | HM443954                        |

\*ND: belirtilmemiştir.

Çizelge 2.2 Heterofermentatif özellik gösteren *Lactobacillus* türleri

| Cins                        | Tür                    | % mol G+C | Genom büyüklüğü (Mbp) | 16s rRNA gen erişim numarası |
|-----------------------------|------------------------|-----------|-----------------------|------------------------------|
| <i>Furfurilactobacillus</i> | <i>rossiae</i>         | 43.3      | 2.87                  | AJ564009                     |
|                             | <i>curtus</i>          | 43.0      | ND*                   | LC093898                     |
|                             | <i>siliginis</i>       | 44.1      | 2.07                  | AB370882                     |
| <i>Paucilactobacillus</i>   | <i>vaccinostercus</i>  | 43.9      | 2.57                  | AJ621556                     |
|                             | <i>hokkaidonensis</i>  | 38.1      | 2.33                  | AB721549                     |
|                             | <i>kaifaensis</i>      | 38.0      | 1.75                  | LC438525                     |
|                             | <i>nenjiangensis</i>   | 38.7      | 1.99                  | HF679039                     |
|                             | <i>oligofermentans</i> | 35.6      | 1.83                  | AY733084                     |
|                             | <i>suebicus</i>        | 39.0      | 2.65                  | AJ575744                     |
|                             | <i>wasatchensis</i>    | 39.8      | 1.90                  | NR_147709                    |
| <i>Limosilactobacillus</i>  | <i>fermentum</i>       | 52.4      | 1.90                  | JN175331                     |
|                             | <i>alvi</i>            | 42.7      | ND                    | NR_118032                    |
|                             | <i>antri</i>           | 51.1      | 2.24                  | AY253659                     |
|                             | <i>caviae</i>          | 37.7      | ND                    | KT343143                     |
|                             | <i>coleohominis</i>    | 41.1      | 1.72                  | AM113776                     |
|                             | <i>equigenerosi</i>    | 42.7      | 1.60                  | AB288050                     |
|                             | <i>frumenti</i>        | 42.6      | 1.73                  | AJ250074                     |
|                             | <i>gastricus</i>       | 41.6      | 1.85                  | AY253658                     |
|                             | <i>gorillae</i>        | 48.1      | 1.64                  | AB904716                     |
|                             | <i>ingluviei</i>       | 49.9      | 2.16                  | AF333975                     |
|                             | <i>mucosae</i>         | 46.4      | 2.25                  | AF126738                     |
|                             | <i>oris</i>            | 50.0      | 2.03                  | X94229                       |
|                             | <i>panis</i>           | 48.1      | 2.01                  | X94230                       |
|                             | <i>pontis</i>          | 43.5      | 1.67                  | X76329                       |
|                             | <i>reuteri</i>         | 38.6      | 1.94                  | AP007281                     |
|                             | <i>secaliphilus</i>    | 47.7      | 1.65                  | AM279150                     |
|                             | <i>vaginalis</i>       | 30.5      | 1.79                  | AF243177                     |
| <i>Secundilactobacillus</i> | <i>malefermentans</i>  | 41.0      | 2.05                  | AM113783                     |
|                             | <i>collinoides</i>     | 46.1      | 3.62                  | AB005893                     |
|                             | <i>kimchicus</i>       | 46.6      | 2.59                  | EU678893                     |
|                             | <i>mixtipabuli</i>     | 43.7      | 2.52                  | AB894863                     |
|                             | <i>odoratitofui</i>    | 44.3      | 2.76                  | AB365975                     |
|                             | <i>oryzae</i>          | 42.8      | 1.85                  | AB731660                     |
|                             | <i>paracollinoides</i> | 46.8      | 3.49                  | AJ786665                     |
|                             | <i>pentosiphilus</i>   | 44.9      | 2.63                  | LC085284                     |
|                             | <i>silagei</i>         | 44.9      | 2.66                  | AB786910                     |
|                             | <i>silagincola</i>     | 43.1      | 2.62                  | LC085283                     |
|                             | <i>similis</i>         | 47.0      | 3.49                  | AB282889                     |

| Cins                       | Tür                      | % mol G+C | Genom büyüklüğü<br>(Mbp) | 16s rRNA gen<br>erişim numarası |
|----------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------------|
| <i>Fructilactobacillus</i> | <i>fructivorans</i>      | 38.9      | 1.37                     | NR_036789                       |
|                            | <i>florum</i>            | 41.1      | 1.35                     | AB498045                        |
|                            | <i>ixorae</i>            | 47.8      | ND                       | LC094494                        |
|                            | <i>lindneri</i>          | 34.1      | 1.44                     | X95421                          |
|                            | <i>sanfranciscensis</i>  | 34.7      | 1.23                     | X76327                          |
|                            | <i>vespulae</i>          | 35.5      | ND                       | JX863367                        |
| <i>Levilactobacillus</i>   | <i>brevis</i>            | 46.0      | 2.47                     | M58810                          |
|                            | <i>acidifarinae</i>      | 51.5      | 2.92                     | AJ632158                        |
|                            | <i>bambusae</i>          | 46.3      | 1.97                     | KX400838                        |
|                            | <i>cerevisiae</i>        | 49.6      | 3.38                     | KT445896                        |
|                            | <i>fujinensis</i>        | 47.4      | 3.00                     | MK110865                        |
|                            | <i>fuyuanensis</i>       | 48.6      | 2.72                     | MK110862                        |
|                            | <i>hammesii</i>          | 49.4      | 2.82                     | AJ632219                        |
|                            | <i>huananensis</i>       | 47.5      | 2.29                     | MK110857                        |
|                            | <i>koreensis</i>         | 49.6      | 2.47                     | FJ904277                        |
|                            | <i>lindianensis</i>      | 49.2      | 2.33                     | MK110856                        |
|                            | <i>mulengensis</i>       | 50.3      | 3.11                     | MK110866                        |
|                            | <i>namurensis</i>        | 52.0      | 2.48                     | AM259119                        |
|                            | <i>parabrevis</i>        | 49.1      | 2.61                     | AM158249                        |
|                            | <i>paucivorans</i>       | 49.1      | 2.37                     | FN185731                        |
|                            | <i>senmaizukei</i>       | 48.6      | 2.22                     | AB297927                        |
|                            | <i>spicheri</i>          | 55.9      | 2.75                     | AJ534844                        |
|                            | <i>suantsaii</i>         | 51.1      | 2.43                     | MH730159                        |
|                            | <i>suantsaiihabitans</i> | 51.8      | 2.87                     | NH810313                        |
|                            | <i>tangyuanensis</i>     | 49.8      | 2.19                     | MK110859                        |
|                            | <i>tongjiangensis</i>    | 47.7      | 2.72                     | MK110863                        |
|                            | <i>yonginensis</i>       | 47.8      | 2.69                     | JN128640                        |
|                            | <i>zymae</i>             | 53.6      | 2.71                     | AJ632157                        |
| <i>Acetilactobacillus</i>  | <i>jinshanensis</i>      | 41.7      | 2.33                     | KT783533                        |
| <i>Apilactobacillus</i>    | <i>kunkei</i>            | 36.4      | 1.52                     | Y11374                          |
|                            | <i>apinorum</i>          | 34.9      | 1.36                     | JX099541                        |
|                            | <i>kosoi</i>             | 30.5      | 1.42                     | LC318484                        |
|                            | <i>micheneri</i>         | 30.3      | 1.46                     | KT833121                        |
|                            | <i>ozensis</i>           | 31.9      | 1.48                     | AB572588                        |
|                            | <i>quenuiae</i>          | 30.3      | 1.58                     | KX656667                        |
|                            | <i>timberlakei</i>       | 30.5      | 1.54                     | KX656650                        |
| <i>Lentilactobacillus</i>  | <i>buchneri</i>          | 44.4      | 2.45                     | AB205055                        |
|                            | <i>curieae</i>           | 39.8      | 2.10                     | JQ086550                        |
|                            | <i>diolivorans</i>       | 40.0      | 3.27                     | AF264701                        |

| Cins                       | Tür                   | % mol G+C | Genom büyüklüğü (Mbp) | 16s rRNA gen erişim numarası |
|----------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|------------------------------|
| <i>Lentilactobacillus</i>  | <i>farraginis</i>     | 42.1      | 2.86                  | AB262731                     |
|                            | <i>hilgardii</i>      | 39.6      | 2.60                  | M58821                       |
|                            | <i>kefiri</i>         | 41.7      | 2.23                  | AJ621553                     |
|                            | <i>kisonensis</i>     | 41.7      | 3.01                  | AB366388                     |
|                            | <i>otakiensis</i>     | 42.4      | 2.35                  | AB366386                     |
|                            | <i>parabuchneri</i>   | 43.5      | 2.61                  | AB205056                     |
|                            | <i>parafarraginis</i> | 45.2      | 3.08                  | AB262734                     |
|                            | <i>parakefiri</i>     | 42.6      | 4.91                  | AY026750                     |
|                            | <i>raoultii</i>       | 41.4      | 3.07                  | LT854294                     |
|                            | <i>rapi</i>           | 43.0      | 2.86                  | AB366389                     |
|                            | <i>senioris</i>       | 39.9      | 1.57                  | AB602570                     |
|                            | <i>sunkii</i>         | 42.1      | 2.69                  |                              |
| <i>Lapidilactobacillus</i> | <i>achengensis</i>    | 49.0      | 2.64                  | MK110810                     |
|                            | <i>gannanensis</i>    | 40.8      | 2.39                  | MK110813                     |
|                            | <i>mulanensis</i>     | 42.5      | 2.32                  | MK110808                     |
|                            | <i>wuchangensis</i>   | 41.7      | 2.53                  | MK110811                     |
| <i>Lacticaseibacillus</i>  | <i>daqingensis</i>    | 58.0      | 2.74                  | MK110842                     |
|                            | <i>hegangensis</i>    | 55.5      | 2.50                  | MK110833                     |
|                            | <i>suibinensis</i>    | 53.0      | 2.56                  | MK110834                     |
|                            | <i>yichunensis</i>    | 55.4      | 2.56                  | MK110845                     |
| <i>Loigolactobacillus</i>  | <i>binensis</i>       | 43.5      | 2.85                  | LC438524                     |
| <i>Lactiplantibacillus</i> | <i>garii</i>          | 48.3      | 2.97                  | MN81791                      |
| <i>Levilactobacillus</i>   | <i>angrenensis</i>    | 50.5      | 2.80                  | MK110858                     |
|                            | <i>enshiensis</i>     | 47.8      | 3.07                  | MN082021                     |

\*ND: belirtilmemiştir.

### - *Pediococcus*

*Pediococcus* cinsi ilk olarak 1884 yılında Balcke tarafından *P. cerevisiae* olarak isimlendirilmiş ve mikroorganizmanın gelecekte farklı bir tür olarak kabul edileceği beklentisiyle önerilmiştir. 1888 yılında Lindner biradan izole ettiği kok şeklinde olan mikroorganizmaları *P. acidilactici* ve *P. cerevisiae* olarak adlandırmıştır. 1903 yılında ise Claussen biradan mikroorganizma izole etmiş ve *P. cerevisiae* ismini reddederek bu bakteriyi *P. damnosus* olarak adlandırmıştır. Sonraki çalışmalarda, *P. acidilactici* ve *P. damnosus* türleri dışında *P. argentinicus*, *P. cellicola*, *P. claussenii*, *P. ethanolidurans*, *P. inopinatus*, *P. lolii*, *P. parvulus*, *P. pentosaceus*, *P. siamensis* ve *P. stilesii* olmak üzere on yeni tür tanımlanmıştır. Bu

bakteriler homofermentatif ve fakültatif anaerobik ya da mikro aerofilik özellik göstermektedir. DNA'larında bulunan G+C içeriği %37-42 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler alkollü içecekler de dahil olmak üzere fermente içecekler, fermente tahıl ürünleri, et ve süt ürünleri, hayvanlar ve insanların gastrointestinal sistemlerinden izole edilmiştir (Franz et al., 2014).

#### - *Fructobacillus*

*Fructobacillus* cinsi dört tane *Leuconostoc* türünün filogenetik, morfolojik ve biyokimyasal özelliklerine göre yeniden sınıflandırılması sonucu tanımlanmıştır. *F. durionis*, *F. ficulneus*, *F. fructosus* ve *F. pseudoficulneus* türlerinden sonra tanımlanan *F. tropaeoli* çiçekten izole edilmiştir. Bu bakteriler heterofermentatif ve aerobik özellik göstermektedir. Çubuk şeklinde olan bu LAB'nin DNA'larında bulunan G+C içeriği %34-44.5 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler bitkiler ve kakao da dahil olmak üzere çeşitli fermente gıdalardan izole edilmiştir (Endo and Dicks, 2014a).

#### - *Leuconostoc*

*Leuconostoc carnosum*, *L. citreum*, *L. gasicomitatum*, *L. gelidum*, *L. holzapfelii*, *L. inhae*, *L. kimchii*, *L. lactis*, *L. mesenteroides*, *L. palmae* ve *L. pseudomesenteroides* olmak üzere on bir tür tanımlanmıştır. Bu bakteriler heterofermentatif özellik göstermektedir. Çubuk şeklinde olan bu bakterilerin DNA'larında bulunan G+C içeriği %37-45 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler turşu ve zeytin gibi fermente bitkisel ürünler başta olmak üzere çiğ süt ve süt ürünleri ve et ürünlerinden izole edilmiştir (Björkroth et al., 2014a).

#### - *Oenococcus*

*Oenococcus* cinsi *O. oeni* ve *O. kitaharae* olmak üzere iki türden oluşmaktadır. İlk olarak *Leuconostoc oenos* olarak isimlendirilen *O. oeni*, 1995 yılında Dicks tarafından yeniden sınıflandırılmıştır. Şaraptan izole edilen *O. oeni* malolaktik fermentasyonda önemli rol oynamaktadır. *O. oeni* anaerobik, *O. kitaharae* ise fakültatif anaerobik özellik göstermektedir. Heterofermentatif özellik

gösteren ve küresel koklar şekline sahip olan bu bakterilerin DNA'larında bulunan G+C içeriği %38-43 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler şarap, meyve ve sebze sularından izole edilmiştir (Endo and Dicks, 2014b).

#### - *Weissella*

*Weissella* cinsi ilk olarak Collins et al. (1993) tarafından *Leuconostoc paramesenteroides*, *Lactobacillus viridescens*, *Lactobacillus confusus*, *Lactobacillus kandlei*, *Lactobacillus minor* ve *Lactobacillus halotolerans* türlerinin *W. paramesenteroides*, *W. viridescens*, *W. confusa*, *W. kandleri*, *W. minor* ve *W. halotolerans* olarak isimlendirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Sonraki çalışmalarda *W. beninensis*, *W. cibaria*, *W. fabaria*, *W. ghanensis*, *W. hellenica*, *W. koreensis*, *W. soli* ve *W. thailandensis* olmak üzere sekiz tür tanımlanmıştır. Bu mikroorganizmalar heterofermentatif ve fakültatif anaerobik özellik göstermektedir. Kısa çubuk şeklinde olan bu LAB'nin DNA'larında bulunan G+C içeriği %37-47 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler meyve ve sebze ürünleri ve et ürünlerinden izole edilmiştir (Björkroth et al., 2014b).

#### 2.2.1.5 Streptococcaceae

Streptococcaceae ailesi Gram-pozitif, katalaz negatif, fakültatif anaerobik özellik gösteren ve kok şeklinde olan cinsleri içermektedir. Bu familyada *Lactococcus*, *Lactovum* ve *Streptococcus* cinsleri yer almaktadır. Bu bakteriler fermente gıdalar, süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri gibi çeşitli kaynaklardan izole edilmiştir (Toit et al., 2014a).

#### - *Lactococcus*

*Lactococcus* cinsi ilk olarak Lister (1873) tarafından süttten izole edilmiş ve *Bacterium lactis* olarak adlandırılmıştır. Daha sonra 1909 yılında Löhnis tarafından fermente süt ürününden izole edilen bu bakteri *Streptococcus lactis* olarak yeniden isimlendirilmiştir. 1985 yılında ise Schleifer et al. tarafından bu tür *Lactococcus lactis* olarak tanımlanmıştır. *Lactococcus* cinsi *L. chungangensis*, *L. fujiensis*, *L. garvieae*, *L. lactis* (*L. lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *hordniae*, *L. lactis* subsp.

*cremoris* ve *L. lactis* subsp. *tructae*), *L. piscium*, *L. plantarum* ve *L. raffinolactis* olmak üzere yedi türden oluşmaktadır. Bu bakteriler mikroaerofilik ve homofermentatif özellik göstermektedir. Oval kok şeklinde olan *Lactococcus* türlerinin DNA'larında bulunan G+C içeriği %34.4-43 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler çiğ süt ve peynir ürünleri başta olmak üzere süt ürünleri, et ve et ürünleri gibi çeşitli kaynaklardan izole edilmiştir (Kim, 2014).

#### - *Streptococcus*

*Streptococcus* ilk olarak 1884 yılında Rosenbach tarafından iltihap yapan lezyonlardan izole edilmiş ve bu bakteri *S. pyogenes* olarak adlandırılmıştır. Sonraki çalışmalarda *S. canis*, *S. entericus*, *S. equi*, *S. infantis*, *S. mutans*, *S. pneumoniae*, *S. pyogenes*, *S. salivarius*, *S. sinensis* ve *S. thermophilus* dahil olmak üzere yetmiş yedi tür tanımlanmıştır. *Streptococcus* türleri fakültatif anaerobik ve homofermentatif özellik göstermektedir. Kok veya oval kok şeklinde olan bu bakterilerin DNA'larında bulunan G+C içeriği %33-46 mol ağırlığındadır. Bu bakteriler insan, fermente gıdalar, süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri gibi çeşitli kaynaklardan izole edilmiştir (Toit et al., 2014b).

### 2.2.2 Laktik asit bakterilerinin fizyolojisi

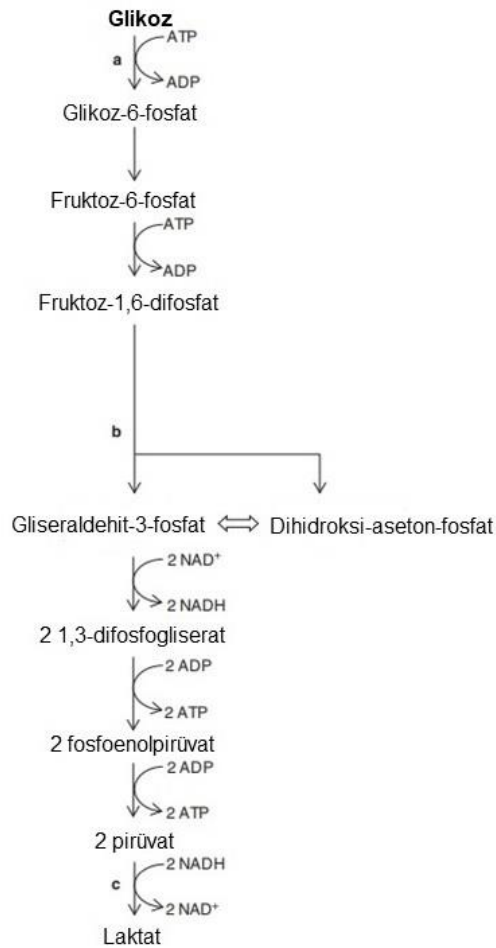
LAB, üreyebilmeleri için karbonhidratlar, amino asitler, vitaminler ve mineraller gibi besin elementlerine ihtiyaç duymakta ve farklı metabolik yollar kullanarak bu besin elementlerini metabolize etmektedir (Endo and Dicks, 2014c). LAB yaygın olarak karbonhidrat ve pirüvat metabolizmasını kullanmaktadır.

#### 2.2.2.1 Karbonhidrat metabolizması

LAB, glikozu fermente edebilmek için kullanılan metabolik yollara ve pentozları metabolize edebilme yeteneklerine göre zorunlu homofermentatif, fakültatif heterofermentatif ve zorunlu heterofermentatif olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Zorunlu homofermentatif özellik gösteren LAB, glikozu glikoliz yolunu (Embden-Meyerhof-Parnas) kullanarak fermente etmektedir (Şekil 2.2). Fakültatif heterofermentatif özellik gösteren LAB hem glikoliz hem de fosfoketolaz



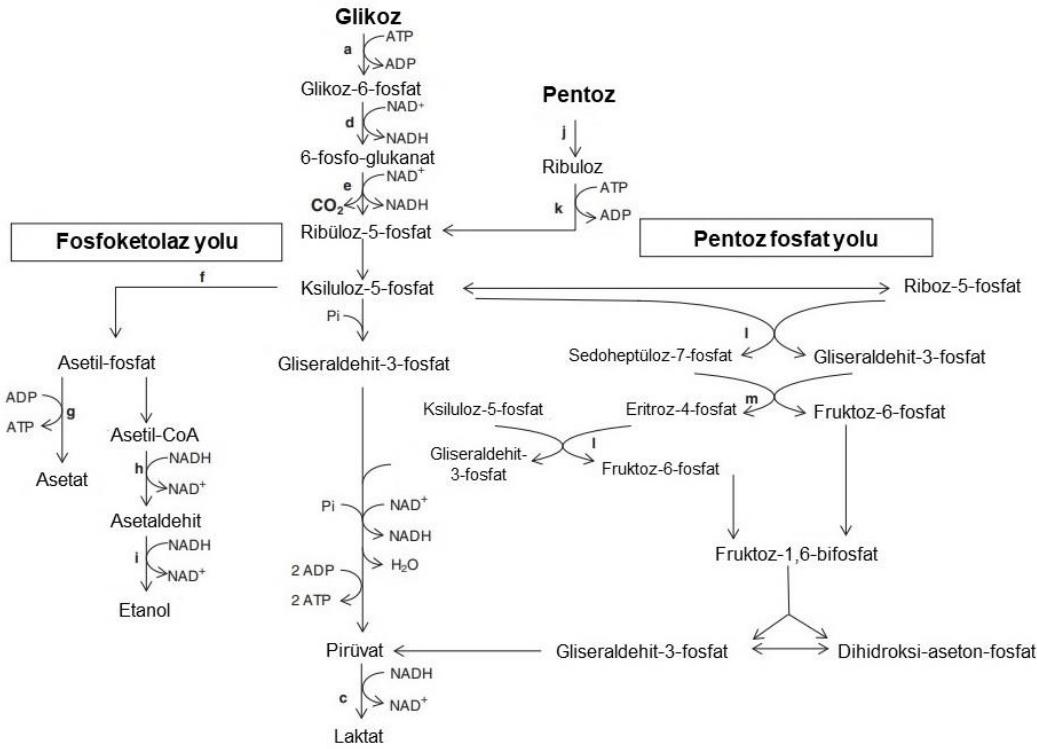
yolunu kullanarak karbonhidratları fermente etmektedir. Zorunlu heterofermentatif özellik gösteren LAB glikoz, pentoz ve diğer karbonhidratları fosfoketolaz yolunu kullanarak metabolize etmektedir (Şekil 2.3). Zorunlu homofermentatif LAB fruktoz 1,6-difosfat aldolaz enzimine, zorunlu heterofermentatif LAB fosfoketolaz enzimine sahiptir. Fakültatif heterofermentatif LAB ise her iki enzime sahip oldukları için her iki grubun da özelliklerini taşımaktadır (Khalid, 2011; Endo and Dicks, 2014c).



**Şekil 2.2** Homolaktik fermentasyon (Glikoliz yolu) a: glikokinaz, b: fruktoz-1,6-difosfat aldolaz, c: laktat dehidrojenaz

Lactobacillaceae familyasında yer alan bazı türler ve Enterococcaceae ve Streptococaceae familyasında yer alan bakteriler glikoliz yolunu kullanarak glikozdan laktik asit üretmektedir. Substrat düzeyinde fosforilasyon yoluyla bir molekül glikozdan iki molekül ATP üretilmektedir. Lactobacillaceae familyasında yer alan diğer türler ise glikozu fosfoketolaz yolunu kullanarak parçalamakta ve 1

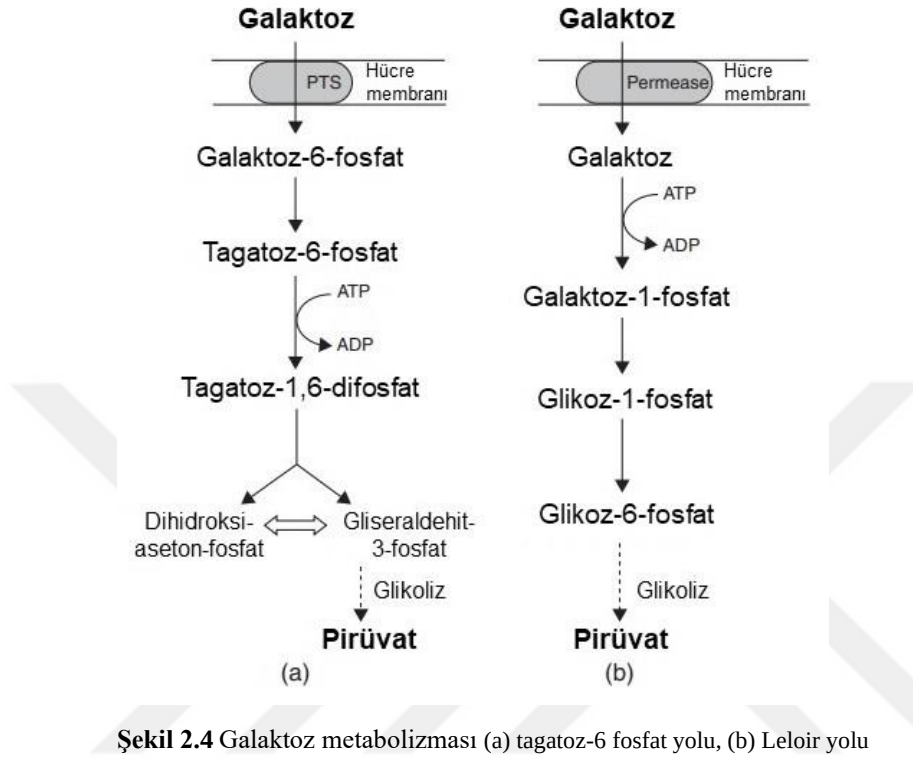
molekül glikozdan 1 molekül laktik asit,  $\text{CO}_2$  ve etanol üretmektedir. Carnobacteriaceae familyasına ait türler, glikozdan laktik asit, formik asit, asetik asit, etanol ve  $\text{CO}_2$  üretmektedir (Ishikawa et al., 2009). Aerococcaceae familyasına ait üyelerin kullandığı metabolik yol ise tam olarak tanımlanmamıştır (Endo and Dicks, 2014c).



**Şekil 2.3** Heterolaktik fermentasyon (Fosfoketolaz yolu) a: glikokinaz, b: fruktoz-1,6-difosfat aldolaz, c: laktat dehidrojenaz, d: glikoz-6-fosfat dehidrojenaz, e: 6-fosfoglukanat dehidrojenaz, f: fosfoketolaz, g: asetatkinaz, h: asetaldehit dehidrojenaz, i: alkol dehidrojenaz, j: pentoz izomeraz, k: ribulokinaz, l: transketolaz, m: transaldolaz

Fruktoz, galaktoz, mannoz, arabinoz, riboz ve ksiloz gibi karbonhidratları birçok LAB fermente edebilmektedir. Fruktoz ve mannozun metabolizması için glikoliz veya fosfoketolaz yolu kullanılmaktadır. Galaktoz, fosfotransferaz sistemi ve Leloir-glikoliz yolunun kombinasyonu olmak üzere iki farklı yolla metabolize edilebilmektedir (Şekil 2.4) (Bissett ve Anderson, 1973; Axelsson, 2004). Arabinoz, riboz ve ksiloz genellikle permeazlar yardımıyla hücre içine taşınmakta ve fosfoketolaz yoluyla metabolize edilmektedir. Bazı LAB ise pentozları pentoz fosfat yolunu kullanarak metabolize etmekte ve laktik asit üretmektedir. Pentoz fosfat yolundaki anahtar enzimler transketolaz ve transaldolazdır. Bazı LAB selebiyoz, laktoz, maltoz, melibiyoz ve sakaroz gibi disakkaritleri metabolize

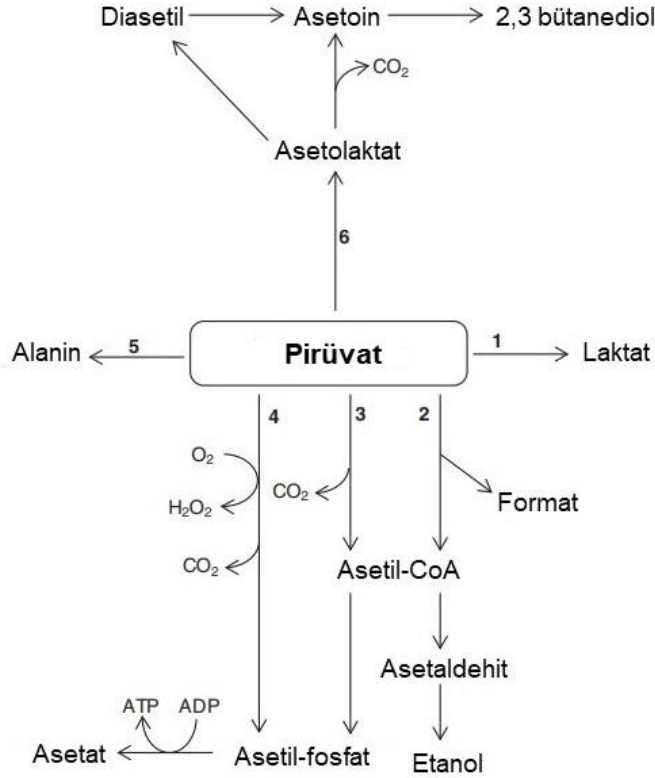
edebilme yeteneğine sahiptir. Bu karbonhidratlar, serbest şekerler ya da fosforile edilmiş olarak hücre içine taşınmakta ve daha sonra monosakkaritlere parçalanmaktadır (Axelsson, 2004; Endo and Dicks, 2014c).



Şekil 2.4 Galaktoz metabolizması (a) tagatoz-6 fosfat yolu, (b) Leloir yolu

### 2.2.2.2 Pirüvat metabolizması

Pirüvat hemen hemen tüm karbonhidrat fermentasyon yollarının ara ürünüdür ve genellikle laktik aside indirgenir. Diasetil-asetoin yolu, pirüvat format liyaz yolu, pirüvat dehidrojenaz yolu ve pirüvat oksidaz yolu olmak üzere dört ana yola sahiptir (Şekil 2.5). Diasetil-asetoin yolunda pirüvat sitrat metabolizması sonucu elde edilmektedir. Diasetil-asetoin yolu süt ürünlerinde bulunan LAB için önemli bir yoldur. *L. lactis* subsp. *lactis* bv. diacetylactis, diasetil ve asetoin üretmek için bu yolu kullanmaktadır (García-Quintáns et al., 2008). Pirüvat format liyaz yolunda laktat dehidrojenazın düşük aktivitesi nedeniyle pirüvat, pirüvat format liyaz tarafından formata dönüşmekte ve formatın yanı sıra asetat ve etanol üretilmektedir (Endo and Dicks, 2014c). Çoğu heterofermentatif LAB aerobik koşullar altında bu yolu kullanarak asetat ve CO<sub>2</sub> üretmektedir (Wagner et al., 2005). Pirüvat oksidaz yolu ile ise pirüvat, asetat, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'ye parçalanmaktadır (Goffin et al., 2006).



**Şekil 2.5** Pirüvat metabolizması 1: laktat dehidrojenaz, 2: pirüvat-format liyaz, 3: piruvat dehidrojenaz, 4: pirüvat oksidaz, 5: alanin dehidrojenaz, 6: asetolaktat sentaz

## 2.3 Postbiyotikler

Başta LAB ve *Bifidobacterium* spp. olmak üzere yararlı mikroorganizmaların ürettikleri enzimler, proteinler, aminoasitler, peptitler, vitaminler, kısa zincirli yağ asitleri, organik asitler, hidrojen peroksit, diasetil ve EPS gibi mikrobiyal metabolitler veya bir hücrenin bakteriyel lizisi sonucu inaktif hale gelmesiyle ortama salınan hücre yüzeyiyle ilişkili proteinler, hücre duvarına bağlı biyolojik yüzey aktif maddeler, teikoik asitler, peptidoglikan türevi muropeptitler, mikroorganizma yüzeyinde bulunan pili, fimbria ve flagella gibi yapılar postbiyotik olarak tanımlanmaktadır (Aguilar-Toalá et al., 2018; Collado et al., 2019; Barros et al., 2020). Suda çözünebilen postbiyotiklerin konakçı sağlığı üzerinde antimikrobiyal, antienflamatuvar, antiproliferatif, antioksidan ve immünomodülatör gibi birçok sağlığa yararlı etkileri bulunmaktadır (Çizelge 2.3). Ayrıca, postbiyotikler bağışıklık hücrelerini güçlendirmekte, tümör oluşumunu destekleyen tümör nekroz faktörü (TNF)- $\alpha$ 'yı baskılamakta, kalp hastalıkları riskini

azaltmakta, kolesterol birikimini önlemekte ve lipit konsantrasyonlarının azalmasını sağlamaktadır (Wegh et al., 2019; Cuevas-González et al., 2020).

**Çizelge 2.3** Postbiyotiklerin biyoaktif etkileri üzerine yapılan *in vitro* ve *in vivo* çalışmalar

| Üretici mikroorganizma                                                                                                                              | Postbiyotik                 | Çalışma ortamı                                                               | Biyoaktif etki              | Kaynaklar               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| <i>Lentilactobacillus buchneri</i><br>TCP016                                                                                                        | Ekzopolisakkarit            | <i>In vivo</i>                                                               | Karaciğer hasarını azaltıcı | Xu et al., 2019         |
| <i>Lactobacillus delbrueckii</i><br>OLL1073R-1                                                                                                      | Ekzopolisakkarit            | Bağırsak epitel hücre                                                        | Antivital                   | Kanmani et al., 2018    |
| <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i><br>GG                                                                                                           | Hücre içermeyen süpernatant | İnsan kolonik düz kas hücreleri                                              | Antienflamatuvar            | Cicenia et al., 2016    |
| <i>Lactiplantibacillus plantarum</i>                                                                                                                | Hücre içermeyen süpernatant | <i>In vitro</i>                                                              | Antimikrobiyal              | Kareem et al., 2014     |
| <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i><br>KF5                                                                                                          | Ekzopolisakkarit            | <i>In vitro</i>                                                              | Bağıışıklık uyarıcı         | Shao et al., 2014       |
| <i>Bifidobacterium</i> spp.,<br><i>Lactobacillus</i> spp.,<br><i>Lactococcus</i> spp.,<br><i>Streptococcus</i> spp.                                 | Hücre içermeyen süpernatant | <i>In vitro</i>                                                              | Antioksidan                 | Amaretti et al., 2013   |
| <i>Lactocaseibacillus paracasei</i><br>B21060                                                                                                       | Hücre içermeyen süpernatant | Kolon mukozası                                                               | Antienflamatuvar            | Tsilingiri et al., 2012 |
| <i>Lactiplantibacillus plantarum</i><br>K8                                                                                                          | Lipoteikoik asit            | İnsan monosit THP-1 hücreleri                                                | İmmünomodülatör             | Kim et al., 2011        |
| <i>Lactiplantibacillus plantarum</i><br>B21060                                                                                                      | Hücre içermeyen süpernatant | İnsan periferik kan monositlerinden dentritik hücreler                       | İmmünomodülatör             | Mileti et al., 2009     |
| <i>Lactobacillus acidophilus</i> ,<br><i>Levilactobacillus brevis</i> ,<br><i>Lactocaseibacillus casei</i> ,<br><i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i> | Hücre içermeyen süpernatant | HeLa, MCF7, U-87, Hep G2, U2OS, PANC-1, HT-29, WiDr, DLD-1 ve CX-1 hücreleri | Antiproliferatif            | Choi et al., 2006       |

Postbiyotik elde edebilmek için mikrobiyal metabolizmadan elde edilen ürünleri ve/veya metabolitleri içeren hücre içermeyen süpernatantlar hem sıvı hem de kuru (püskürterek kurutma ya da liyofilizasyon) formda hazırlanmaktadır (Nataraj et al., 2020). Postbiyotikler gıda uygulamalarında potansiyel bir biyokoruyucu ve detoksifikasyon ajanı olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, postbiyotikler güvenilir, toksik etki göstermeyen, uzun raf ömrüne sahip ve standardize edilebilmesi nedeniyle, farmasötik formülasyonlar ve/veya gıda takviyelerinde alternatif olarak kullanılmaktadır (Hernández-Granados and Franco-

Robles, 2020; Moradi et al., 2021). Ticari olarak üretilen postbiyotikler Çizelge 2.4'te gösterilmektedir.

**Çizelge 2.4** Ticari olarak üretilen postbiyotikler

| Ürün            | Üretici mikroorganizma                                                                                                                                              | Postbiyotik                    | Etki                                                                   | Şirket-Ülke                  |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Bactistatin®    | <i>Bacillus subtilis</i><br>VKPM V-2335                                                                                                                             | Hücre içermeyen süpernatant    | Bağırsak mikrobiyotasını düzenler.                                     | Kraft- Rusya                 |
| CytoFlora®      | <i>Lactobacillus</i> spp.,<br><i>Bifidobacterium</i> spp.,<br><i>Streptococcus</i> spp.                                                                             | Hücre duvarı bileşenleri       | Bağırsıklık sistemini düzenler.                                        | BioRay Inc.- ABD             |
| Del-Immune V®   | <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i> DV                                                                                                                              | Peptidoglikan ve DNA fragmenti | Mide-bağırsak rahatsızlıklarını önler.                                 | Pure Research Products-ABD   |
| Hylak® Forte    | <i>Escherichia coli</i> DSM 4087,<br><i>Enterococcus faecalis</i> DSM 4086,<br><i>Lactobacillus acidophilus</i> DSM 414,<br><i>Lactobacillus helveticus</i> DS 4183 | Hücre içermeyen süpernatant    | Bağırsak patojenlerine karşı antimikrobiyal etki gösterir.             | Ratiopharm/ Merckle- Almanya |
| Pro-Symbioflor® | <i>Enterococcus faecalis</i> DSM16440,<br><i>Escherichia coli</i> DSM 17252                                                                                         | Hücre içermeyen süpernatant    | Mide-bağırsak rahatsızlıklarını önler. Bağırsıklık sistemini düzenler. | SymbioPharm- Almanya         |

### 2.3.1 Organik asitler

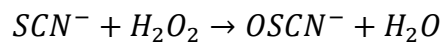
LAB karbonhidrat metabolizmasının son ürünü olarak laktik asit, asetik asit, propiyonik asit ve benzoik asit gibi çeşitli organik asitler üretmektedir. Organik asitler, gıdaların hidrojen iyon konsantrasyonunu değiştirerek mikrobiyal gelişimi kontrol etmekte ve bakteri, küf ve mayaların gelişmesini engellemek amacıyla gıda endüstrisinde koruyucu ajanlar olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Organik asitler gıdalara yaklaşık %1-2 oranında ilave edilmektedir. Laktik asit genellikle peynir, tereyağı, süt tozu içeren gıdalar, bira, ekmek hamuru, sığır, koyun ve kanatlı karkaslarında, asetik asit salata sosları ve mayonezde, propiyonik asit ise peynir, tereyağı, meyve suyu ve bazı taze meyvelerde koruyucu madde olarak kullanılmaktadır (Reis et al., 2012).

Organik asitler hücre membranından geçerek iyonlarına ayrılmakta ve hücre dışı ortamının sitoplazma ortamına göre daha düşük pH değerine sahip olması nedeniyle, sitoplazmik pH değerini düşürmektedir. pH değerinin düşmesi ile birlikte enzim ve proteinler denatüre olmakta ve hücrenin proton itici gücü bozulmaktadır. Böylelikle, hücre geçirgenliği artmakta ve membrandan besin elementlerinin aktif transportu engellenmektedir. Sonuç olarak, mikroorganizma canlılığını yitirmektedir (Stoyanova et al., 2012; Singh, 2018).

Literatürde LAB'nin organik asit üretiminin incelendiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Deatraksa et al. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, *W. cibaria* ve *W. confusa* suşlarının 8.75-32.30 g/L aralığında laktik asit ürettiği tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, doğal kaynaklardan (orman bitkisi çiçekleri, yaprakları, ekşi maya ve ekmek) izole edilen 12 adet izolatin (*L. lactis* 140/2, 57 ve 768/5; *E. faecium* 59-30 ve 41-2; *L. helveticus* 14, 3, 148/3 ve R; *S. thermophilus* 43; *L. reuteri* 3 ve 7) ürettiği laktik asit, sitrik asit ve benzoik asit miktarları sırasıyla 5.60-19.90 g/L, 0.30-3.34 g/L ve 0.20-1.80 mg/L aralığında belirlenmiştir (Salomskiene et al., 2019).

### 2.3.2 Hidrojen peroksit

Hidrojen peroksit, LAB gibi katalaz negatif mikroorganizmaların flavoprotein oksidaz ve nikotinamid adenin hidroksi dinükleotid (NADH) peroksidazların etkisiyle aerobik şartlarda ürettikleri bir maddedir. Hidrojen peroksit, DNA'da hasara neden olan süperoksit ve hidroksil radikalleri gibi bakterisidal serbest radikallerin oluşumunu sağlamaktadır. Ayrıca, hidrojen peroksit laktoperoksidaz-tiyosiyanat-sistemi ile birlikte kullanıldığında patojenler üzerinde bakterisidal etki göstermektedir. Laktoperoksidaz varlığında tiyosiyanatın ( $SCN^-$ ) hidrojen peroksit tarafından oksidasyonu sonucu hipotiyosiyanat ( $OSCN^-$ ) açığa çıkmakta ve  $OSCN^-$  hedef hücre membranında hasara neden olmaktadır (Welk et al., 2021). Hidrojen peroksit soğutulmuş çiğ süt ve yumurtada yaklaşık 25 ppm düzeyinde kullanılmaktadır.



LAB’nde katalaz enzimi bulunmadığı için  $H_2O_2$  molekülü ortamda birikmektedir. Biriken  $H_2O_2$  molekülü hedef hücrenin lipit membranı ve hücresel proteinlerini oksitlemektedir. Ayrıca, metabolik işlemlerde esansiyel olan enzimlerin sülfidril gruplarını oksitleyerek disülfid köprüleri oluşturmakta ve böylece mikroorganizmalara karşı antagonistik bir etki oluşturmaktadır. Güçlü bir oksitleyici bileşen olan hidrojen peroksit, bakteri, küf, maya ve virüsler üzerinde antimikrobiyal etkiye sahiptir (Galvez et al., 2014).

Literatürde LAB’nin hidrojen peroksit üretiminin incelendiği çalışmalar yer almaktadır. Salomskiene et al. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, doğal kaynaklardan (orman bitkisi çiçekleri, yaprakları, ekşi maya ve ekmek) izole edilen izolatların (*L. lactis* 140/2, 57 ve 768/5; *E. faecium* 59-30 ve 41-2; *L. helveticus* 14, 3, 148/3 ve R; *S. thermophilus* 43; *L. reuteri* 3 ve 7) ürettiği hidrojen peroksit miktarları 0.006-0.009 g/L aralığında tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, sofralık fermente zeytinlerden izole edilen LAB’nin (*L. plantarum*, *E. faecium* ve *L. brevis*) ürettikleri hidrojen peroksit miktarlarının 0.218-0.960  $\mu\text{g/mL}$  aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Kıvanç ve Erikçi, 2018). LAB’nin farklı miktarlarda hidrojen peroksit üretmeleri oksidoredüktaz aktivitelerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

### 2.3.3 Diasetil

*Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Streptococcus* tarafından üretilen diasetil, sitratın metabolize edilmesi sonucu meydana gelmektedir (Rincon-Delgadillo et al., 2012). Diasetil oluşumunda ilk olarak sitrat, permeaz enzimi ile hücre içine alınmakta ve sitrat liyaz enziminin etkisiyle asetat ve okzalasetata parçalanmaktadır. Oluşan okzalasetat ise okzalasetat dekarboksilaz enzimiyle pirüvata dönüştürülmekte ve ardından asetolaktat sentaz enziminin etkisiyle pirüvattan kararsız bir bileşik olan asetolaktat meydana gelmektedir. Asetolaktatın oksidatif dekarboksilasyonu sonucu ise diasetil oluşmaktadır. Endüstriyel öneme sahip bir özellik olan lezzet oluşumuna doğrudan katkıda bulunan diasetil, başta tereyağı olmak üzere taze peynirler ve kremanın karakteristik aroma maddesidir (Lew et al., 2013). Diasetil, Gram-negatif bakterilerde hücre bölünmesinde önemli rolü olan arjinin amino asidine



bağlanmakta ve ilgili proteinlerin kullanımını kısıtlayarak *Aeromonas hydrophila*, *Enterobacter aerogenes*, *E. coli*, *Pseudomonas* spp., *Salmonella* spp., *S. aureus* ve *Yersinia enterocolitica* gibi Gram-negatif bakterilere karşı inhibitif etki göstermektedir. Diasetil yaklaşık %0.1-0.25 oranında etki göstermektedir (Stoyanova et al., 2012; Akbar et al., 2016).

Sitrat metabolizması yoluyla diasetil üretimi bakteri cinsine ve üreme koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Lew et al. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. casei* BT 1268, *B. lactis* BB12, *B. longum* BL 8643, *L. rhamnosus* FTDC 8313 ve *L. gasseri* FTDC 8131 suşlarının sırasıyla 17.80, 4.63, 4.48, 8.13 ve 14.02 ng/mL diasetil ürettiği bildirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, sığır etinden izole edilen 5 farklı *Pediococcus* izolatının ürettiği diasetil miktarlarının inkübasyon süresine bağlı olarak 2-190 ng/mL arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Olaoye and Onilude, 2011). LAB'nin farklı miktarlarda diasetil üretmeleri sitratın hücre içine alımını kolaylaştıran spesifik taşıyıcıların farklılığından kaynaklanmaktadır (García-Quintans et al., 2008).

#### 2.3.4 Ekzopolisakkarit

Ekzopolisakkarit, *Leuconostoc* spp. ve *Weissella* spp. gibi LAB de dahil olmak üzere birçok mikroorganizma tarafından hücre içi, hücre duvarı ve hücre dışına sentezlenen, yüksek molekül ağırlığına sahip, geri dönüşebilen ve çevre dostu doğal polimer metabolitlerdir. Düz ya da dallanmış yapıya sahip olan EPS, monosakkaritlerin glikozidik bağ ile bağlanması sonucu oluşmaktadır. Kimyasal kompozisyonlarına bağlı olarak homopolisakkaritler (tek tip monosakkarit içeren) ve heteropolisakkaritler (farklı monosakkaritlerin yapısal olarak tekrar eden birimlerinden oluşan) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Dekstran *L. mesenteroides*'in ürettiği bir homopolisakkarittir. *L. bulgaricus*'un ürettiği bir heteropolisakkarit, glikoz, galaktoz ve ramnozun tekrar ünitelerinden oluşmaktadır (Lynch et al., 2018; Valerio et al., 2020).

Ekzopolisakkarit mikroorganizmaları kurumadan, fagositozdan, antibiyotiklerden, toksik metallerin nüfuz etmesinden ve faj etkisinden korumakta ve ısı, ışık, ses gibi stres ortamlarında bariyer görevi görmektedir (Kanmani et al.,

2011). Bununla birlikte, protein, fosfat gibi moleküllerin depolanmasını ve genetik bilginin korunmasını sağlamaktadır (Singh et al., 2011). Ekzopolisakkarit, biyofilm oluşumunu sağlayarak patojenlere karşı koruyucu etki göstermektedir. LAB'nin ürettikleri EPS, gıda teknolojisinde kıvam verici, stabilizatör, emülgatör, nem tutucu ve jelleştirme ajanı olarak kullanılmaktadır (Caggianiello et al., 2016; Bengoa et al., 2018). Gıda ürünlerine kazandırdığı teknolojik özelliklerin yanı sıra, ekzopolisakkarit antiülser, antitümör, antimutajenik, bağışıklık sistemini geliştirici, kolesterol düşürücü, kardiyovasküler ve gastrointestinal hastalıkları önleyici gibi sağlık üzerine olumlu etkiler göstermektedir (Mahapatra and Banerjee, 2013).

Literatürde LAB'nin ürettikleri EPS miktarlarını inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Kumari et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, peynirden izole edilen *W. cibaria* CH2 suşu farklı karbon kaynaklarını içeren besiyeri ortamında (glukoz ve sakkaroz) 20 ve 37°C'de geliştirilmiş ve EPS miktarlarının ortam koşullarına bağlı olarak 1300-13500 µg/mL arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, turşudan izole edilen LAB'nin (*L. plantarum*, *L. namurensis* ve *P. ethanolidurans*) ürettikleri EPS miktarlarının ortam koşullarına bağlı olarak 56.15-433.61 µg/mL aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Mıdık et al., 2020). Bu sonuçlar besiyeri bileşimi ve üreme koşullarının LAB'nin ürettiikleri EPS miktarını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır.

### 2.3.5 Karbondioksit

Karbondioksit, heterofermantatif LAB tarafından heksoz fermentasyonunun yan ürünü olarak üretilmektedir. Karbondioksit, enzimatik dekarboksilasyon ile anaerobik bir ortam oluşturarak, gelişmek için oksijene ihtiyaç duyan mikroorganizmalar üzerine etki etmektedir. Karbondioksitin etki mekanizması dekarboksilaz ve süksinat dehidrogenaz enzimlerini inhibe etmesi ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, hücre zarının çift katlı lipid tabakasında biriken karbondioksit, zar yapısının geçirgenliğini bozarak antimikrobiyal etki sağlamaktadır (Kırma, 2016). Karbondioksit, gıdalarda bozulma yapan mikroorganizmaların gelişimini engellediği için modifiye atmosfer paketlemede

temel bileşen olarak kullanılmaktadır. Gram-negatif bakteriler, Gram-pozitif bakterilere kıyasla karbondioksit karşı daha duyarlıdır (Gálvez et al., 2014).

### 2.3.6 Etanol

Etanol, heterofermantatif LAB tarafından fosfoketolaz yolu ile üretilmektedir. Membran bütünlüğünü bozarak hücre bileşenlerinin hücre dışına sızması, protein denatürasyonu ve zardaki lipid yapıyı bozarak zarın işlevini kaybetmesi gibi çeşitli etki mekanizmalarına sahiptir (Vieco-Saiz et al., 2019; Tüllük, 2021). Salomskiene et al. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, orman bitkisi çiçekleri ve yaprakları, ekşi maya ve ekmekten izole edilen suşların (*L. lactis* 140/2, 57 ve 768/5; *E. faecium* 59-30 ve 41-2; *L. helveticus* 14, 3, 148/3 ve R; *S. thermophilus* 43; *L. reuteri* 3 ve 7) ürettiği etanol miktarlarının %0.27-0.87 aralığında değişim gösterdiği ve en yüksek miktarda etanol üreten suşların *L. reuteri* 3 ve 7 olduğu tespit edilmiştir.

### 2.3.7 Reuterin

Reuterin, başta *L. reuterii* olmak üzere *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. collinoides* ve *L. coryniformis* gibi heterofermantatif LAB'nin gliserolü anaerobik koşullarda fermente etmesi sonucu oluşmaktadır (Dalié et al., 2010). Düşük molekül ağırlıklı, yüksek çözünürlükte ve nötral pH değerine sahip bir antimikrobiyal bileşiktir. Isıya, proteolitik ve lipolitik enzimlere dirençli olan reuterin, hedef mikroorganizma üzerine DNA replikasyonunu inhibe ederek etki göstermektedir (Stoyanova et al., 2012). Reuterin geniş bir aktivite spektrumuna sahiptir ve enteropatojen, küf, maya, protozoa ve virüslere karşı güçlü etki göstermektedir (Nes et al., 2011). *Aspergillus* ve *Fusarium*'un gelişmesini engellemesi nedeniyle gıdalarda mikotoksin oluşumunun önlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Vieco-Saiz et al., 2019). Bununla birlikte, reuterin *Candida albicans*, *Torulopsis glabrata*, *Saccharomyces cerevisiae* ve *Saccharomycopsis fibuligera* üzerine inhibisyon etkisi göstermektedir (Schnürer and Magnusson, 2005; Yang and Chang, 2010). Reuterin üretimi sadece gliserol bulunan ortamda gerçekleştiği için gıda muhafazasında kullanımı sınırlıdır.

### 2.3.8 Bakteriyosin

Bakteriyosinler ribozomal olarak sentezlenen ve antagonistik etkiye sahip olan antimikrobiyal peptitlerdir (Chikindas et al., 2018; Daba et al., 2022). Başta LAB olmak üzere *Bacillus* ve *Escherichia* gibi pek çok mikroorganizma bakteriyosin sentezlemektedir. Bakteriyosinlerin etki spektrumları bazı türlerle sınırlı olmakla birlikte, daha çok Gram-pozitif bakterilere karşı etkilidirler ve genellikle üretici suşa yakın türlere karşı antimikrobiyal etki gösterirler (Bangar et al., 2022; Darbandi et al., 2022). Çizelge 2.5'te LAB'nin ürettikleri bazı bakteriyosinler ve antagonistik etki gösterdiği mikroorganizmalar verilmiştir.

**Çizelge 2.5** Laktik asit bakterilerinin ürettikleri bazı bakteriyosinler

| Bakteriyosin         | Üretici mikroorganizma                     | Hedef mikroorganizma                                    | Kaynaklar                 |
|----------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------|
| Bakteriyosin GA15    | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> GA15  | <i>Listeria innocua</i>                                 | Daba et al., 2022         |
| Enterocin HDX-2      | <i>Enterococcus faecium</i> HDX-2          | <i>Listeria monocytogenes</i>                           | Du et al., 2022           |
| Bakteriyosin Y19-2   | <i>Lactobacillus sakei</i> Y19             | <i>Escherichia coli</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i> | Fu et al., 2022           |
| Enterocin ST20Kc     | <i>Enterococcus faecium</i> ST20Kc         | <i>Listeria monocytogenes</i>                           | Valledor et al., 2022     |
| Enterocin ST41Kc     | <i>Enterococcus faecium</i> ST41Kc         |                                                         |                           |
| Bakteriyosin RSQ04   | <i>Lactococcus lactis</i> CGMCC20699       | <i>Listeria monocytogenes</i>                           | Xiang et al., 2022        |
| Bakteriyosin XJS01   | <i>Lactobacillus salivarius</i> CGMCC2070  | <i>Staphylococcus aureus</i>                            | Li et al., 2021           |
| Plantacyclin B21AG   | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> A6    | <i>Listeria monocytogenes</i>                           | Parlindungan et al., 2021 |
| Bakteriyosin BM173   | <i>Lactobacillus crustorum</i> MN047       | <i>Escherichia coli</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i> | Qiao et al., 2021         |
| Bakteriyosin COE20   | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> COE20 | <i>Staphylococcus aureus</i>                            | Onwuakor et al., 2021     |
| Bakteriyosin ST110LD | <i>Leuconostoc citreum</i> ST110LD         | <i>Listeria monocytogenes</i>                           | Woo et al., 2021          |
| Bakteriyosin 1.0320  | <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i> 1.0320 | <i>Escherichia coli</i>                                 | Xu et al., 2021           |
| Bakteriyosin ZFM54   | <i>Lactocaseibacillus paracasei</i> ZFM54  | <i>Salmonella</i> Typhimurium                           | Ye et al., 2021           |
| Bakteriyosin MS1     | <i>Lactobacillus acidophilus</i> MS1       | <i>Bacillus cereus</i>                                  | Salman et al., 2020       |

| Bakteriyosin        | Üretici mikroorganizma                      | Hedef mikroorganizma                                     | Kaynaklar                   |
|---------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Bakteriyosin K10    | <i>Pediococcus acidilactici</i> K10         | <i>Salmonella</i> Typhimurium                            | Seo and Kang, 2020          |
| Bakteriyosin HW01   | <i>Pediococcus acidilactici</i> HW01        |                                                          |                             |
| Plantaricin P1053   | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> P1053  | <i>Staphylococcus aureus</i>                             | De Giani et al., 2019       |
| Pediocin ITV26      | <i>Pediococcus acidilactici</i> ITV26       | <i>Listeria innocua</i>                                  | García-Toledo et al., 2019  |
| Bakteriyosin DF01   | <i>Levilactobacillus brevis</i>             | <i>Escherichia coli</i> ve <i>Salmonella</i> Typhimurium | Kim et al., 2019            |
| Bakteriyosin ST16Pa | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> ST16Pa | <i>Listeria innocua</i>                                  | Sabo et al., 2019           |
| Bakteriyosin Cys2-2 | <i>Weissella confusa</i> Cys2-2             | <i>Salmonella enterica</i>                               | Tenea and Lara, 2019        |
| Bakteriyosin IN05   | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> IN05   | <i>Listeria monocytogenes</i>                            | Monafathia et al., 2018     |
| Acidocin            | <i>Lactobacillus acidophilus</i>            | <i>Bacillus cereus</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i>   | Abeer Mohammed et al., 2017 |
| Buchnericin LB      | <i>Lentilactobacillus buchneri</i>          | <i>Vibrio parahaemolyticus</i>                           | Mahdi et al., 2016          |
| Fermencin SD11      | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> SD11   | <i>Streptococcus mutans</i>                              | Wannun et al., 2016         |
| Bakteriyosin 2a     | <i>Lactobacillus sakei</i>                  | <i>Listeria monocytogenes</i>                            | Malheiros et al., 2015      |
| BacPPK34            | <i>Pediococcus pentosaceus</i> K34          | <i>Listeria monocytogenes</i>                            | Abrams et al., 2011         |

Bakteriyosin ilk olarak 1925 yılında Andre Gratia tarafından, *E. coli* V suşunun ürettiği ısıya dayanıklı bir madde olan Principle V'nin, *E. coli* F suşunun gelişmesini engellemesi sonucu keşfedilmiştir (Gratia, 1925). Bu bakteriyosin, *E. coli*'de bulunan Co1 plazmiti tarafından kodlanması nedeniyle 1948 yılında Gratia ve Fredericq tarafından “kolicin” olarak adlandırılmıştır. 1928 yılında ise Rogers ve Whittier, *L. lactis* tarafından üretilen bir maddenin *L. bulgaricus* üzerine inhibitör etki gösterdiğini saptamıştır (Rogers, 1928). Mattick ve Hirsch tarafından saflaştırılan bu madde “nisin” olarak adlandırılmıştır (Mattick and Hirsch, 1947). “Bakteriyosin” kelimesi ilk olarak Jacob et al. (1953) tarafından kullanılmıştır. 1969 yılında nisin, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından yasal bir gıda katkı maddesi olarak kabul edilmiştir (Cogan and Hill, 1993). E234 koduyla gıda katkı

maddeleri listesinde yer alan nisin, ilk olarak 1988 yılında ABD’de antibiyotiklerin gıdalarda kullanımının yasaklanmasıyla doğal koruyucu olarak kullanılmıştır. Günümüzde nisin altmıştan fazla ülkede gıda koruyucusu olarak kullanılmaktadır. Türk Gıda Kodeksi, Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği’ne (2013) göre nisinin, krema ve toz krema, işlenmiş yumurta ve yumurta ürünleri, tatlılar, peynir ve peynir ürünlerinde gıda türüne bağlı olarak 3 mg/kg-L ve 12.5 mg/kg-L arasında değişen miktarlarda kullanımına izin verilmektedir. Çeşitli ülkelerde nisinin gıdalarda kullanım limitleri değişkenlik göstermektedir. Buna göre, Avustralya, Birleşik Krallık ve Fransa’da, peynir, peynir tozu ve konserve gıdalar için herhangi bir limit bulunmamaktadır. Rusya’da diyet peynirler ve konserve sebzeler için kullanım limiti maksimum 8000 IU/g iken, Amerika’da pastörize süttten üretilen peynirlerde maksimum 10000 IU/g nisin kullanımına izin verilmektedir (Gharsallaoui et al., 2015).

Ticari olarak kullanılan Pediocin PA-1 ise (Microgard™, Alta™ 2341) *P. acidilactici*’nin ürettiği ve yemeye hazır gıdalarda kullanılan bir bakteriyosindir. Bu bakteriyosinin *L. monocytogenes*’in gelişmesini önemli ölçüde inhibe ettiği bildirilmiştir (Patel and Shah, 2014; Niamah, 2018). Ticari olarak bakteriyosin üreten firmalar Çizelge 2.6’da gösterilmektedir.

**Çizelge 2.6** Bakteriyosin üreten bazı firmalar

| Firma ismi                             | Ülke      | Bakteriyosin |
|----------------------------------------|-----------|--------------|
| MAYASAN® Biotech                       | Türkiye   | Nisin        |
| Chihon Biotechnology Co., Ltd.         | Çin       | Nisin        |
| Danisco A/S                            | Danimarka | Nisin        |
| DSM Food & Beverage                    | Hollanda  | Nisin        |
| Shandong Freda Biotechnology Co., Ltd. | Çin       | Nisin        |
| Sivelee B.V.                           | Hollanda  | Nisin        |
| Quest International                    | ABD       | Pediocin     |

Bakteriyosinlerin antimikrobiyal aktivitelerinin yanı sıra doğal, renksiz, tatsız ve kokusuz olmaları, farklı uygulamalarda kullanılabilirlikleri açısından oldukça önemlidir. Gıdaların korunmasında bakteriyosinlerin kullanımı, gıda kaynaklı

patojenlerin kontaminasyon riskinin azaltılması, gıdaların bozulmasından kaynaklanan ekonomik kayıpların azaltılması, gıdaların raf ömrünün uzatılması, gıdaların organoleptik özelliklerinin korunması, kimyasal koruyucuların kullanımının azaltılması, sanayi ve tüketici taleplerinin karşılanması gibi çeşitli yararlar sağlamaktadır (Katiyar and Jain, 2018). Bakteriyosinler peptit yapıya sahip olmaları nedeniyle proteolitik enzimler tarafından parçalanabilmekte ve insan vücudunda sindirilebilmektedir. Ayrıca, bazı bakteriyosinlerin ısı stabilitelerinin olması, yüksek sıcaklıkta işlem gören birçok gıda maddesinde kullanılabilirliğini sağlamaktadır (Verma et al., 2022).

Mikroorganizmalar kendi immün sistemlerini korumak ve diğer mikroorganizmaların antagonistik etkilerinden korunmak amacıyla bakteriyosin gibi çeşitli antimikrobiyal maddeler üretmektedir. Bakteriyosinlerin antibiyotik özellik göstermelerine rağmen, sentezlenme şekilleri, etki mekanizmaları, antimikrobiyal spektrumları, toksik etkileri, direnç mekanizmaları gibi özelliklerinin farklılık göstermesi nedeniyle antibiyotik olarak nitelendirilmesi yanlış bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Çizelge 2.7). Bakteriyosinler hızlı etki mekanizmaları sayesinde çok düşük konsantrasyonlarda bile bakterilerin hedef zarında gözenekler oluşturabilmektedir. Bu nedenle, bakterilerin bakteriyosinlere karşı direnç gelişimi antibiyotiklere kıyasla oldukça zordur. Ayrıca, bakteriyosinler protein yapıya sahip olmaları nedeniyle antibiyotiklerden farklılık göstermekte ve proteolitik enzimler tarafından kolaylıkla parçalanabilmektedir. Bakteriyosinleri antibiyotiklerden ayıran diğer önemli bir özellik ise ikincil metabolit olan antibiyotiklere kıyasla daha basit biyosentetik mekanizmaya sahip olan birincil metabolit yapılarıdır (Perez et al., 2014; Nisa et al., 2023).

**Çizelge 2.7** Bakteriyosinler ve antibiyotikler arasındaki farklar (Perez et al., 2014; Nisa et al., 2023)

| Özellik                | Bakteriyosin   | Antibiyotik        |
|------------------------|----------------|--------------------|
| Uygulama alanı         | Gıda/Klinik    | Klinik             |
| Sentez                 | Ribozomal      | Sekonder metabolit |
| Biyoaktivite spektrumu | Çoğunlukla dar | Çoğunlukla geniş   |
| Termal kararlılık      | Yüksek         | Düşük              |
| Aktif pH aralığı       | Geniş          | Dar                |

| Özellik                                      | Bakteriyosin                                              | Antibiyotik                      |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Direnç geliştiren hedef hücrenin mekanizması | Hücre zarı bileşimindeki değişiklikler yoluyla adaptasyon | Genetik olarak aktarılabilen gen |
| Etki mekanizması                             | Genellikle gözenek oluşumu                                | Hücre zarı inhibisyonu           |
| Proteolitik aktivite                         | Yüksek                                                    | Düşük                            |
| Saflaştırma                                  | Yüksek verim                                              | Düşük verim                      |

### **2.3.8.1 Bakteriyosinlerin sınıflandırılması**

Bakteriyosinler Archaea'lar, Gram-negatif bakteriler ve Gram-pozitif bakteriler tarafından üretilmektedir. *Halobacterium*'un ürettiği halocin ve *Sulfolobus*'un ürettiği sulfolobicin olmak üzere iki archeocin tanımlanmıştır (O'Connor and Shand, 2002; Nisa et al., 2023). Halocinler *Halobacterium* türlerine karşı antagonistik etki göstermektedir. 36 amino asitten oluşan kısa bir hidrofobik peptit olan halocin S8, tanımlanan ilk mikrohalocindir. *S. islandicus*'un ürettiği sulfolobicin, proteaza duyarlı ve ısıya dirençli bir archeocindir. Archeocinlerin sentezi besin elementlerinin azaldığı durağan fazda meydana gelmektedir (Riley and Wertz, 2002).

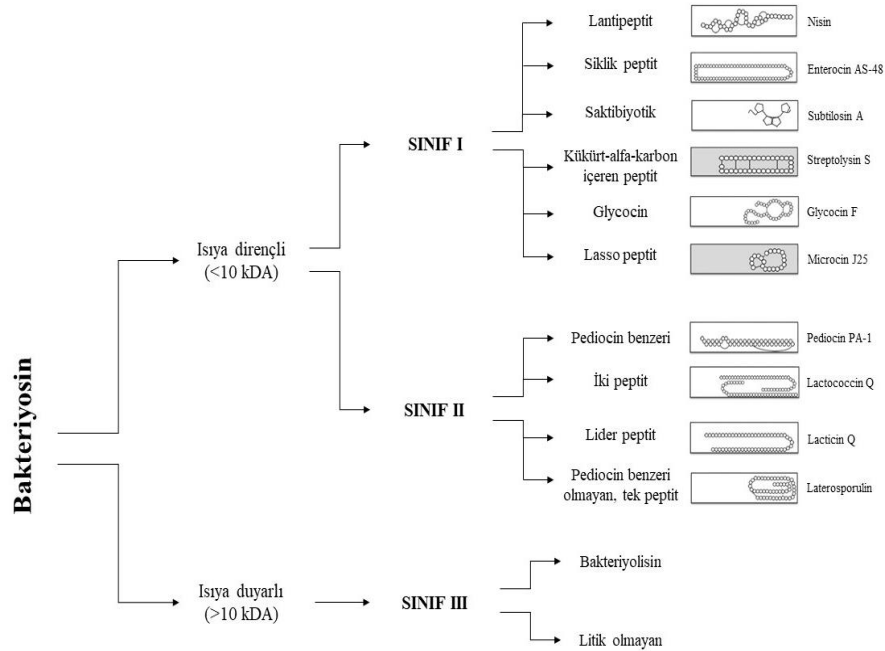
*E. coli*'nin ürettiği kolicin, 1925 yılında Andre Gratia tarafından keşfedilen ilk bakteriyosindir. Daha sonra araştırmacılar, bakteriyosin üretiminin *E. coli* ile sınırlı olmadığını ve *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia marcescens*, *E. cloacae* ve *P. aeruginosa* gibi Gram-negatif bakterilerin de bakteriyosin ürettiğini bildirmiştir (Güllüce et al., 2013). *E. coli*'nin ürettiği bakteriyosinler dışında diğer tüm Gram-negatif bakterilerin ürettikleri bakteriyosinler ısıya duyarlıdır (Cleveland et al., 2001). Bu durum Gram-negatif bakterilerin ürettikleri bakteriyosinlerin en büyük dezavantajını oluşturmakta ve geniş ölçekte uygulanmasını sınırlamaktadır. Bu nedenle, bilim dünyasında Gram-pozitif bakterilerin ürettikleri bakteriyosinler daha fazla dikkat çekmektedir (Balciunas et al., 2013).

Gram-pozitif bakterilerin ürettikleri bakteriyosinler, birincil yapıları, moleküler ağırlıkları, ısı duyarlılıkları, enzimatik duyarlılıkları, translasyon sonrası modifiye edilen amino asitlerin varlığı ve etki mekanizmaları esas alınarak



sınıflandırılmaktadır. Bu bakteriyosinler, ilk olarak 1993 yılında Klaenhammer tarafından dört sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, sınıf I bakteriyosinler translasyon sonrası modifiye edilmiş peptitleri, sınıf II bakteriyosinler translasyon sonrası modifiye edilmemiş peptitleri, sınıf III bakteriyosinler ısıya duyarlı modifiye edilmemiş büyük peptitleri (30 kDa'dan büyük), sınıf IV bakteriyosinler ise karbonhidrat veya lipit kısımları olan kompleks proteinleri içermektedir (Klaenhammer, 1993). Cotter et al. (2005) tarafından yapılan başka bir sınıflandırmada bakteriyosinler iki kategoriye ayrılmış ve lantionin içeren bakteriyosinler sınıf I bakteriyosinler (lantibiyotikler), lantionin içermeyen bakteriyosinler ise sınıf II bakteriyosinler olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, Cotter et al. (2005) tarafından, Klaenhammer (1993) tarafından yapılan sınıflandırmada sınıf III ve sınıf IV olarak belirtilen bakteriyosinlerin yüksek molekül ağırlığına sahip olmaları sebebiyle, bu sınıfların “bakteriyolisin” başlığı altında ayrı değerlendirilmesi gerektiği önerilmiştir.

En son güncellenen bakteriyosin sınıflandırma şeması Alvarez-Sieiro et al. (2016) tarafından önerilmiştir. Bu yeni sınıflandırmada Gram-negatif bakterilere de yer verilmiş ve bakteriyosinler, sınıf I, II ve III olmak üzere üç ana gruba ayrılmıştır (Şekil 2.6).



**Şekil 2.6** Bakteriyosin sınıflandırma şeması (Sınıf III'de yer alan bakteriyosinlerin yapıları henüz karakterize edilememiştir)

Sınıf I bakteriyosinler ısıya dirençli, 10 kDa'dan daha düşük moleküler ağırlığa sahip ve translasyon sonrası modifiye edilen peptitleri içermektedir (Çizelge 2.8). Sınıf I bakteriyosinler, lantibiyotikler veya lantipeptitler (grup Ia), halkasal veya siklik peptitler (grup Ib), saktibiyotikler veya saktipeptitler (grup Ic), lineer azol içeren peptitler (grup Id), glikolize edilmiş bakteriyosinler veya glycocinler (grup Ie) ve lasso peptitler (grup If) olmak üzere 6 alt gruba ayrılmaktadır (Alvarez-Sieiro et al., 2016; Choi et al., 2023).

Grup Ia bakteriyosinleri, lantionin ve beta metil lantionin gibi sıra dışı amino asitlere sahip olmaları nedeniyle “lantibiyotikler” ya da “lantipeptitler” olarak adlandırılmaktadır. Bu bakteriyosinler, lantionin ve metil lantionin gibi yaygın olmayan amino asitlerin yanı sıra dehidre amino asitleri (dehidroalanin ve dehidrobutirin) de içermektedir. Translasyon sonrası modifiye edilen enzimlere bağlı olarak dört farklı tipi bulunmasına rağmen, yalnızca iki tipi lantibiyotik olarak adlandırılmaktadır. Hidrofobik polipeptit yapıya ve net pozitif yüke sahip olan Tip 1 lantibiyotikler, hedef hücrenin membranında gözenek oluşturarak antibakteriyel etki göstermektedir. En yaygın bilinen Tip I lantibiyotik *L. lactis*'in ürettiği nisindir. Globüler peptit yapıya ve yüksüz/negatif yüke sahip olan Tip II lantibiyotikler, spesifik enzimleri inhibe ederek antibakteriyel etki gösterirler. Tip II lantibiyotikler arasında en yaygın olan bakteriyosin *L. lactis*'in ürettiği lacticin 3147'dir. Lantibiyotikler, lipit II molekülünün baktoprenol hidrokarbon zincirine bağlanarak, bakterilerde peptidoglikan sentezinin inhibe edilmesiyle hücre zarını ve hücre duvarını destabilize eden karmaşık yapılar oluştururlar (Alvarez-Sieiro et al., 2016; Dickman et al., 2019; Mercado and Olmos, 2022).

Grup Ib bakteriyosinler, N- ve C- terminal uçları bir peptit bağı ile bağlanan ve böylece halkasal bir molekül oluşturan translasyon sonrası modifiye edilmiş peptitleri içermektedir. Enterocin AS-48 (*E. faecalis*), carnocyclin A (*Carnobacterium maltaromaticum*) ve gassericin A (*L. gasseri*) bu grupta yer alan bakteriyosinlere örnektir. Bu grupta yer alan bakteriyosinler proton itici gücün bozulmasıyla hücre zarında gözenek oluşumuna neden olmaktadır (Alvarez-Sieiro et al., 2016).

Grup Ic bakteriyosinler, kükürt-alfa karbon içeren ve “saktibiyotikler” ya da “saktipeptitler” olarak adlandırılan peptitlerdir. Subtilosin A, thuricin CD ve thuricin H bu grupta yer alan bakteriyosinlerdir. Subtilosin A, *B. subtilis*’in ürettiği negatif yüklü dairesel bir saktipeptittir. 3S- $\alpha$  karbon bağlarına sahip olan bu bakteriyosin, çeşitli bakterilere karşı geniş spektrumlu aktivite gösterebilmektedir (Mathur et al., 2015). Thuricin CD, *B. thuringiensis*’in ürettiği *Clostridium difficile*’ye karşı güçlü antibakteriyel etkiye sahip, dar spektrumlu, iki bileşenli lineer bir saktibiyotiktir (Rea et al., 2010). Thuricin H ise, *B. thuringiensis*’in ürettiği 4S- $\alpha$  karbon bağı içeren bir saktipeptittir (Mathur et al., 2015).

Lineer azol peptitleri içeren grup Id bakteriyosinler, ATP bağımlı siklodehidrasyon ve flavin mononükleotid bağımlı dehidrojenasyon ile oluşan serin, sistein ve treonin türevli tiazol ve metiloksalo heterosiklik halkasal yapıların farklı kombinasyonlarını içermektedir. *S. pyogenes*’in ürettiği streptolysin bu grupta yer almaktadır. Bu grupta yer alan bakteriyosinlerin etki mekanizması henüz net olmamakla birlikte, bakteriyel bir enzim olan girazın inhibe edilmesiyle antibakteriyel etki gösterebileceği bildirilmiştir (Alvarez-Sieiro et al., 2016).

Grup Ie bakteriyosinler, glikolize edilmiş kalıntılar içermesi sebebiyle “glycocin” olarak adlandırılmaktadır. Tanımlanan ilk glycocin *L. plantarum* tarafından üretilen ve disülfid bağları ile bağlı iki alfa sarmalı içeren glycocin F’dir (Venugopal et al., 2011). Enterocin F4-9 ise bu grupta yer alan ve *E. faecium* tarafından üretilen diğer bir bakteriyosindir (Maky et al., 2015).

Grup If bakteriyosinler, amid bağı içermesi nedeniyle “lasso peptitler” olarak adlandırılmaktadır. Bu bakteriyosinler, antimikrobiyal aktivitelerinin yanı sıra antikanser ve antiviral etkiler göstermektedir (Maksimov et al., 2012). Karakterize edilen ilk lasso peptit *E. coli* tarafından üretilen microcin J25’tir. Bu bakteriyosin, reaktif oksijen türlerinin oluşumunu indükleyerek antibakteriyel etki göstermektedir (Alvarez-Sieiro et al., 2016).

Sınıf II bakteriyosinler, ısıya dirençli, 10 kDa’dan daha düşük moleküler ağırlığa sahip ve enzimatik olarak modifiye edilmemiş peptitleri içermektedir (Çizelge 2.8). Bu bakteriyosinler, yapısal özelliklerine göre dört alt gruba

ayrılmaktadır. Grup Ila pediocin benzeri bakteriyosinleri, grup I Ib iki peptit bakteriyosinleri, grup I Ic halkasal bakteriyosinleri, grup I Id ise diğer gruplara dahil olmayan lineer bakteriyosinleri içermektedir (Alvarez-Sieiro et al., 2016; Choi et al., 2023).

Özellikle *Listeria* spp.'ye karşı etkili olan ve geniş spektruma sahip olan grup I Ia bakteriyosinler, “pediocin benzeri bakteriyosinler” olarak da adlandırılmaktadır. Bu bakteriyosinler yüksek oranda korunmuş katyonik N- terminal bölgesi ve -YGNGV- amino asit dizisi içermektedir (Cui et al., 2012). Ayrıca grup I Ia bakteriyosinler, disülfid bağları ile bağlanmış iki sistein kalıntısı içermekte ve bu disülfid bağının hidrofobik etkileşimle değiştirilmesi aktivite üzerinde olumsuz etkiye neden olmamaktadır (Sit et al., 2012). Curvacin A (*L. curvatus*), divercin V41 (*C. divergens*), leucocin A-UAL 187 (*L. gelidum*), mesentericin Y105 (*L. mesenteroides*), pediocin PA-1 (*P. acilicaltici*) ve sakacin P (*L. sakei*) bu grupta yer alan bakteriyosinlere örnek olarak verilebilir. Çoğunlukla *Pediococcus* spp. tarafından üretilen bu bakteriyosinler, *Listeria* spp. dahil olmak üzere çeşitli Gram-pozitif bakterilere karşı güçlü inhibitör etki göstermektedir. Ayrıca, *B. coagulans* I4 tarafından üretilen coagulin, *C. piscicola* V1 tarafından üretilen piscicosin V1a ve V1b, *C. piscicola* LV17B tarafından üretilen carnobacteriocin BM1 ve BM2 bu grupta yer alan antimikrobiyal peptitlerdir (Choi et al., 2023). Bu bakteriyosinlerin etki mekanizmaları üç temel aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak bakteriyosin, şeker taşıyıcı mannoz fosfotransferaz sistemi reseptörlerine bağlanmakta, ardından sitoplazmik zara nüfuz etmekte ve son olarak gözenek oluşumuna neden olmaktadır (Diep et al., 2007).

Grup I Ib bakteriyosinler, iki farklı peptitten oluşan modifiye edilmemiş antimikrobiyal maddelerdir. Bu peptitler ayrı ayrı test edildiklerinde genellikle çok düşük antibakteriyel aktivite sergilemektedirler. *L. lactis* tarafından üretilen lactococcin G iki peptit varlığında antibakteriyel etki gösterebilmektedir. *S. thermophilus* tarafından üretilen termofilin 132'nin tek bir peptiti antibakteriyel etki gösterebilirken, iki peptit birlikte olduğunda sinerjistik etki göstermeleri nedeniyle aktivite artmaktadır. Enterocin X (*E. faecium*), enterocin NKR-5-3AZ (*E. faecalis*), lactacin F (*L. johnsonii*) ve lactococcin G (*L. lactis*) bu grupta yer alan

bakteriyosinlerdir. Peptitler, hedef mikroorganizmanın hücre zarının reseptörü ile etkileşime girerek zara nüfuz eden bir yapı oluştururlar (Rogne et al., 2008).

Grup IIc bakteriyosinler, N- ve C- terminal uçları kovalent bağ ile bağlı halkasal peptitlerdir. Lider peptitin parçalanmasına gerek kalmadan kolaylıkla sentezlenebilirler. Enterocin NKR-5-3B (*E. faecalis*), enterocin B (*E. faecium*), acidocin B (*L. acidophilus*), lactococcin B (*L. cremoris*), lactocyclacin Q (*Lactococcus* sp. QU12) ve leucocyclacin Q (*L. mesenteroides*) bu grupta yer alan bakteriyosinlere örnek olarak verilebilir (Acedo et al., 2015).

Grup IId bakteriyosinler, modifiye olmamış, lineer ve pediocin benzeri olmayan bakteriyosinleri içermektedir. İlk izole edilen bakteriyosin *L. lactis* tarafından üretilen lactococcin A olmakla birlikte, leucocin N (*L. pseudomesenteroides*) ve leucocin Q (*L. pseudomesenteroides*) bu grupta yer alan diğer bakteriyosinlerdir (Choi et al., 2023). *Propionibacterium* spp. tarafından üretilen bakteriyosinlerin çoğunluğu da bu gruba dahil edilmektedir (Heng et al., 2007).

Sınıf III bakteriyosinler, altmıştan fazla amino asit içeren (>10 kDa), ısıya duyarlı ve enzimatik olarak modifiye edilmemiş bakteriyosinlerdir (Çizelge 2.8). Bakteriyolisin olarak da adlandırılan bu bakteriyosinler 2 alt grupta değerlendirilmektedir (Choi et al., 2023). IIIa grubunda yer alan *L. helveticus* 1829 ve *S. staphylolyticus* tarafından üretilen helveticin V-1829 ve lysostaphin, hedef hücrenin parçalanmasına neden olan bakteriyolitik aktiviteye sahiptir. *S. zooepidemicus* tarafından üretilen zoocin A, D-alanil-L-alanin endopeptidazdır ve bu grup içerisinde en iyi karakterize edilen bakteriyolisindir. Bakteriyolisinler, hedef hücre duvarında bulunan peptidoglikan çapraz bağlarını parçalayarak *Streptococcus* spp.'ye karşı antimikrobiyal aktivite gösterirler. IIIb grubunda yer alan *L. helveticus* 481 ve *L. casei* tarafından üretilen helveticin J ve caseicin ise bakteriyolitik aktiviteye sahip olmayan bakteriyosinlerdir (Ge et al., 2019).

Çizelge 2.8 Bakteriyosinlerin sınıflandırılması

| Sınıf    | Alt sınıf                                                     | Alt grup | Özellikler                                                                                                                                                                                                               | Bakteriyosin-Üretici mikroorganizma                                                                                                                                                                                                                       | Kaynaklar                                                                           |
|----------|---------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Sınıf I  | Lantipeptitler                                                | Ia       | - 10 kDa'dan düşük moleküler ağırlığa sahip<br>- Isıya dirençli<br>- Translasyon sonrası modifiye edilmiş<br>- Lantionin ve metil lantionin içeren                                                                       | Nisin-<br><i>Lactococcus lactis</i><br>Lakticin 3147-<br><i>Lactococcus lactis</i>                                                                                                                                                                        | Malaczewska and Lukowska, 2021; Wu et al., 2022                                     |
|          | Siklik bakteriyosinler                                        | Ib       | - N- ve C- terminal uçları bir peptit bağı ile bağlanmış<br>- Halkasal bir molekül                                                                                                                                       | Carnocyclin A-<br><i>Carnobacterium maltaromaticum</i><br>Enterocin AS-48-<br><i>Enterococcus faecalis</i>                                                                                                                                                | Martin-Visscher et al., 2008; Grande Burgos et al., 2014                            |
|          | Saktipeptitler                                                | Ic       | - Kükürt-alfa karbon içeren peptitler ile donatılmış                                                                                                                                                                     | Subtilisin A-<br><i>Bacillus subtilis</i><br>Thuricin CD-<br><i>Bacillus thuringiensis</i>                                                                                                                                                                | Flühe et al., 2012; Mathur et al., 2017                                             |
|          | Lineer azol içeren peptitler                                  | Id       | - Tiazol ve metiloksazol heterosiklik halkasal yapıların farklı kombinasyonlarını içeren<br>- Lineer peptitler                                                                                                           | Streptolicin S-<br><i>Streptococcus pyogenes</i>                                                                                                                                                                                                          | Molloy et al., 2011                                                                 |
|          | Glycocinler                                                   | Ie       | - Glikolize edilmiş kalıntılara sahip                                                                                                                                                                                    | Glycocin F-<br><i>Lactiplantibacillus plantarum</i>                                                                                                                                                                                                       | Amso et al., 2018                                                                   |
| Sınıf II | Lasso peptitler                                               | If       | - Amid bağı içeren                                                                                                                                                                                                       | Microcin J25-<br><i>Escherichia coli</i><br>Capistruin-<br><i>Burkholderia thailandensis</i>                                                                                                                                                              | Braffman et al., 2019; Wang et al., 2020                                            |
|          | Pediocin benzeri bakteriyosinler                              | Ila      | - Yüksek oranda korunmuş N-terminal bölgesi ve -YGNGV-amino asit dizisi içeren<br>- En az bir bisülfid bağına sahip<br>- Post translasyon sonrası modifiye edilmemiş<br>- Özellikle <i>Listeria</i> spp.'ye karşı etkili | Enterocin A-<br><i>Enterococcus faecium</i><br>Pediocin PA-1-<br><i>Pediococcus acidilactici</i><br>Pediocin ACh-<br><i>Pediococcus acidilactici</i><br>Curvacin A-<br><i>Lactobacillus curvatus</i><br>Leucocin A-UAL 187-<br><i>Leuconostoc gelidum</i> | Mahdy et al., 2020; Fathizadeh et al., 2021; Heidari et al., 2022; Zhu et al., 2022 |
|          | İki peptit içeren bakteriyosinler                             | Iib      | - İki peptitin konjugasyonu                                                                                                                                                                                              | Lactococcin G-<br><i>Lactococcus lactis</i>                                                                                                                                                                                                               | Britton et al., 2020                                                                |
|          | Lider peptit içermeyen bakteriyosinler                        | Iic      | - N- ve C- uçları arasında kovalent bağ ile bağlı halkasal peptitler                                                                                                                                                     | Lactocyclicin Q-<br><i>Lactococcus</i> sp.                                                                                                                                                                                                                | Sawa et al., 2009                                                                   |
|          | Pediocin benzeri olmayan ve tek peptit içeren bakteriyosinler | Iid      | - Lineer peptitler                                                                                                                                                                                                       | Garvieacin Q-<br><i>Lactococcus garvieae</i>                                                                                                                                                                                                              | Tosukhowong et al., 2012                                                            |

| Sınıf     | Alt sınıf                              | Alt grup | Özellikler                                              | Bakteriyosin-<br>Üretici mikroorganizma          | Kaynaklar             |
|-----------|----------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|
| Sınıf III | Bakteriyolisin                         | IIIa     | - Bakteriyolitik<br>- Büyük ve hidrofilik polipeptitler | Zoocin A-<br><i>Streptococcus zooepidemicus</i>  | Chen et al.,<br>2008  |
|           | Bakteriyolitik olmayan bakteriyosinler | IIIb     | - Bakteriyolitik olmayan<br>- Büyük polipeptitler       | Helveticin J-<br><i>Lactobacillus helveticus</i> | Zhang et al.,<br>2013 |

### **2.3.8.2 Bakteriyosinlerin etki mekanizması**

Bakteriyosinler Gram-pozitif ve Gram-negatif bakteriler üzerinde farklı etki mekanizmalarına sahiptir. Gram-negatif bakteriler, bakteriyosinlerin hücre zarına ulaşmasını önleyen dış koruyucu zara sahip olmaları nedeniyle, Gram-pozitif bakterilere kıyasla daha dirençlidir. Bununla birlikte, bakteriyosinlerin kimyasal yapılarındaki farklılıklar, protein sentezi inhibisyonu, DNA replikasyonu, transkripsiyon inhibisyonu, hücre duvarı yapısının bütünlüğünün bozulması ve hücre zarında gözenek oluşumu gibi çeşitli etki mekanizmaları göstermelerine neden olmaktadır (Cavera et al., 2015).

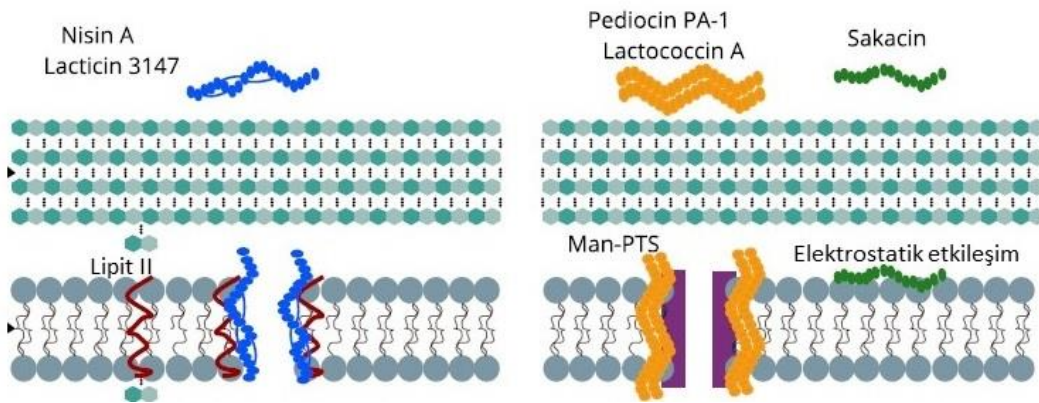
#### **- Gözenek oluşumu**

Pek çok bakteriyosin, hedef bakterilerin hücre zarı ile etkileşime girmelerini sağlayan fizikokimyasal ve yapısal özelliklere sahiptir. Bakteriyosinler hücrenin sitoplazmik zarına bağlanarak, hücre içerisine girip zarda gözenekler oluşturmaktadır (Şekil 2.7). Gözenek oluşumu, negatif yüklü bir bakteri yüzeyi ile katyonik peptitler arasındaki elektrostatik çekim kuvveti tarafından başlatılmaktadır (Nisa et al., 2023). Bakteriyosinler lipit II molekülüne ya da mannoz fosfotransferaz sistemi reseptörüne bağlanarak hücre zarında gözenek oluşturmaktadır (Gabrielsen et al., 2012). Gözenek oluşumu, proton itici gücün yok olmasına ya da bozulmasına neden olarak enerjinin tükenmesine ve hücre ölümüne yol açan hücre zarı geçirgenliğinin artmasına neden olmaktadır. Hücre zarı geçirgenliğinin artması düşük molekül ağırlığına sahip hücre bileşenlerinin hücre dışına sızmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte, iyonların, özellikle de hücre içi pH dengesinin korunmasında etkili olan potasyum iyonunun hücre dışına sızması, hücrede enerji tüketimine neden olmaktadır. Hücrede neden olan bu değişimler,

DNA ve RNA gibi hücre içi hayati önemi olan makro moleküllerin degradasyonuna ve bu moleküllerle birlikte protein ve peptidoglikan gibi biyolojik proseslerin inhibisyonuna yol açmaktadır (Galvez et al., 2014; Singh, 2018).

#### - Hücre duvarı sentezinin engellenmesi

Hücre duvarı; hücre morfolojisinin oluşması, hücre içi ozmotik basıncın düzenlenmesi ve hücresel bütünlüğünün sağlanması gibi önemli işlevlere sahiptir. Bakteriyosinler hücre duvarının önemli bir molekülü olan lipit II molekülü ile etkileşime girerek hücre duvarı sentezinin engellemesine neden olmaktadır (Şekil 2.7). Bununla birlikte, membrana bağlı peptidoglikan, lipit II molekülü ile bir kompleks oluşturarak hücre bölünmesini ve çoğalmasını zorlaştırmaktadır (Hasper et al., 2006; Nisa et al., 2023).



Şekil 2.7 Bakteriyosinlerin etki mekanizması (Man-PTS: mannoz fosfotransferaz sistemi)

#### 2.3.8.3 Bakteriyosin üretimi

Bakteriyosin üretimi, logaritmik fazda veya logaritmik fazın sonunda, biyokütle üretimi ile doğrusal orantılı olarak gerçekleşmektedir (da Costa et al., 2019). Bakteriyosinler, başlangıçta aktif olmayan peptitler olarak üretilmekte ve üretilen peptitlerin taşınması ve parçalanmasından sonra aktif bir forma dönüşmektedir (Darbandi et al., 2022). Bakteriyosin üretiminden sorumlu genler; aktif bakteriyosini kodlayan genler, bakteriyosinin hücre dışına aktarılmasından sorumlu genler, bakteriyosin direncini kodlayan genler ve translasyon sonrası modifikasyonda yer alan enzimleri kodlayan genlerdir. Bu genler, genellikle genom, plazmid veya diğer genetik materyallerde bulunan operon kümelerinde yer



almaktadır. Bakteriyosinlerin türüne bağlı olarak bakteriyosinin hücre dışına aktarılmasından sorumlu genler ve modifikasyondan sorumlu genler bakteriyosin biyosentez genine yakın konumlanmıştır (Kumariya et al., 2019). Operonların ekspresyonunun indüklenmesi için oto-indükleyici peptitlerin varlığı gerekmektedir. Ekspresyon genellikle iki bileşenli düzenleyici sistem tarafından, bazı durumlarda ise üç bileşenli düzenleyici sistem tarafından düzenlenmektedir (da Costa et al., 2019).

Hücre içinde sentezlenen bakteriyosinler aktivitelerini gösterebilmek için ABC taşıma sistemi ya da sec bağımlı lider dizisi içeren taşıyıcılar yardımıyla hücre dışına taşınmaktadır (Verma et al., 2022). Sınıf I ve sınıf II'ye dahil olan bakteriyosinlerin çoğu, hücre dışına ABC taşıma sistemi aracılığı ile taşınmaktadır. Bakteriyosinlerin salgılanmasına, özellikle glisin lider peptite sahip olan bakteriyosinlerde, ABC taşıma sistemi aracılık etmektedir. Enterocin P, sec bağımlı lider dizisi içeren taşıyıcılar aracılığıyla hücre dışına taşınmaktadır. Pediocin PA-1 ve lactococcin Z gibi birçok bakteriyosin için salgılama işlemi, bir ABC taşıyıcı protein (sırasıyla Ped C ve LczC) ve bir yardımcı taşıyıcı protein (sırasıyla PedD ve LczD) yardımıyla gerçekleştirilmektedir (Daba et al., 2022).

#### **- Bakteriyosin üretimini belirlemek amacıyla kullanılan yöntemler**

Yeni bakteriyosinlerin aranması sırasında genellikle çeşitli gıda ve gıda dışı matrislerden izole edilen yüzlerce bakteri izolatu taranmaktadır. Bakteriyosin üretimini belirlemek amacıyla ilk olarak izolatların inhibisyon etkileri değerlendirilmelidir. Bu amaçla, spot inokülasyon, disk difüzyon, agar difüzyon veya broth dilüsyon yöntemleri kullanılmaktadır. Tüm bu yöntemler indikatör suşun bakteriyosin içeren süpernatant ile reaksiyonu prensibine dayanmaktadır. Broth dilüsyon yöntemi dışındaki diğer tüm testlerde bakteriyosin içeren süpernatantların inhibisyon etkisi, berrak inhibisyon zonlarının ölçülmesiyle belirlenmektedir. Broth dilüsyon yönteminde ise, süpernatantların inhibisyon etkisi, indikatör suş ve bakteriyosin içeren süpernatantların bulunduğu kuyucukların bulanıklığı ölçülerek belirlenmektedir (Vijayakumar and Muriana 2015; Kaškonienė et al., 2017).

Polimeraz zincir reaksiyonu testi bakteriyosin kodlayan genlerin varlığının hızlı ve kolay bir şekilde tanımlanmasını sağlayan bir yöntemdir (Zou et al., 2018). Bu yöntemde, spesifik bir antimikrobiyal peptit, bu peptitin gen sekansına dayalı olarak taranabilir. Bununla birlikte, farklı bakteriyosin üreten bakteri suşları bakteriyosin ile ilgili farklı gen dizileri içermeleri nedeniyle bakteriyosin üreten her bir suş için ayrı primer çiftlerinin tasarlanması gerekmektedir (Wang et al., 2020).

#### **2.3.8.4 Bakteriyosin üretimine etki eden faktörler**

Bakteriyosinler genellikle logaritmik fazın sonlarına doğru üretilen ve durağan faza ulaşıldığında üretimi sona eren birincil metabolitlerdir. Bu durum, bakteriyosin üretiminin bakteriyel toplam biyokütleyle bağlı olabileceği anlamına gelmektedir (Powell et al., 2007). Bununla birlikte, suşa bağlı olarak bakteriyosin üretimi durağan faza ulaşıldığında da başlayabilmektedir (Lv et al., 2005; Al-Zahrani and Al-Zahrani, 2006). Üretici suş, ortam bileşimi (karbonhidrat ve nitrojen kaynakları, vb.) ve üreme koşulları (pH, sıcaklık, çalkalama vb.) gibi faktörler bakteriyosin üretimini etkilemektedir (Abbasili et al., 2017).

#### **- Ortam bileşiminin etkisi**

LAB'nin aktivasyonu amacıyla de Man Rogosa and Sharpe (MRS), Brain Heart Infusion, M17 ve Tryptone Soya Yeast Extract gibi farklı besi ortamları kullanılmaktadır. Bu ortamlar suşa bağlı olarak bakteriyosin üretimini teşvik edebilmektedir (Li et al., 2002). Ancak, hücre metabolizması için gerekli olan bazı temel moleküllerin yetersizliği, logaritmik üreme fazında oluşabilecek besin eksikliği, demir ve kalsiyum gibi temel minerallerin eksikliği vb. nedenlerden dolayı bazı suşlar için bu ortamlar bakteriyosin üretimi açısından yetersiz kalmakta ve bakteriyosin üretimini sağlayabilmek amacıyla ortama farklı karbon kaynakları, azot kaynakları ve sürfaktanlar gibi bileşenler ilave edilmektedir (Abbasiali et al., 2017). Bununla birlikte, bazı LAB stres koşullarında bakteriyosin üretebilmekte ve stres ortamı yaratabilmek amacıyla besi ortamına bazı bileşenler eklenmektedir. Örneğin; NaCl ve etanolün varlığı bazı bakteriyosinlerin üretimini inhibe ederken, bazı bakteriyosinler için uyarıcı etki gösterebilmektedir (Herranz et al., 2001). Bakteriyosin üretimini arttırabilmek amacıyla besi ortamına eklenen bileşenlerin

fazla miktarlarda kullanılması bakteriyosin üretiminin inhibisyonuna yol açabilmektedir (Pattnaik et al., 2005; Parlindungan et al., 2021). Tüm bu nedenler, bakteriyosin üretimi için besiyeri bileşiminin önemini ortaya koymaktadır.

Glikoz, fruktoz, galaktoz, maltoz, sakaroz, laktoz ve inülin gibi karbon kaynaklarının bakteriyosin aktivitesi üzerine etkilerinin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır (Çizelge 2.9). LAB'nin farklı karbon kaynaklarını metabolize etme yeteneği, enzimlerin spesifik aktivitelerine dayanmaktadır. LAB'ni geliştirmek amacıyla besiyerine eklenen karbon kaynakları hücre gelişimini teşvik edebilirken, ortamda yüksek oranda karbon kaynağı bulunması bakteriyel üreme ve bakteriyosin üretimi üzerinde baskılayıcı etki oluşturabilmektedir. Bu nedenle, bakteriyosin üretim miktarı farklı şeker türleri ve konsantrasyonlarına bağlı olarak değişebilmektedir (Pongtharangkul and Demirci, 2006; Peng et al., 2022). LAB için ana karbon kaynağı olan glikozun çoğunlukla bakteriyosin verimini arttırdığı bildirilmiştir (Malheiros et al., 2015; Parlindungan et al., 2021). Üreme hızının düşmesine neden olan ozmotik basınç nedeniyle şeker ilavesi bazı durumlarda bakteriyosin üretiminde azalmalara sebep olmaktadır (Dimov et al., 2008). Parlindungan et al. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. plantarum* tarafından üretilen bakteriyosin B21 aktivitesi üzerine farklı karbon kaynaklarının etkilerini belirlemek amacıyla MRS Broth besiyerine 20 g/L glikoz, fruktoz, sakaroz, laktoz ve maltoz eklenmiştir. Besiyerine glikoz, laktoz ve maltoz ilavesi ile bakteriyosin aktivitesinin 2 kat arttığı, fruktoz ve sakaroz ilavesinin ise bakteriyosin aktivitesini değiştirmediği tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *L. plantarum* ST202Ch tarafından üretilen BacST202Ch ve *L. plantarum* ST216Ch tarafından üretilen BacST216Ch aktivitesi üzerine farklı karbon kaynaklarının (20 g/L glikoz, fruktoz, laktoz, mannoz, maltoz ve sakaroz) etkileri incelenmiştir. En yüksek BacST202Ch aktivitesi besiyerine laktoz ve sakaroz ilave edildiğinde tespit edilmiştir. Bu durumun, laktoz ve sakarozun parçalanması ile BacST202Ch üretiminin eşzamanlı olmasından ve karbon katabolit baskısının ortadan kalkmasından kaynaklı olabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte, en yüksek BacST216Ch aktivitesi besi ortamına glikoz ilave edildiğinde belirlenmiştir (Todorov et al., 2010).

**Çizelge 2.9** Karbon kaynaklarının bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi

| Bakteriyosin            | Üretici mikroorganizma               | Besiyeri  | Karbon kaynağı                                                                                                 | Bakteriyosin üretimi                                                                                                                                                                                                                                        | Kaynaklar                   |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Bakteriyosin B21        | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | MRS Broth | Fruktoz<br>Sakaroz<br>Laktoz<br>Maltoz<br>Glikoz                                                               | %2 laktoz, maltoz ve glikoz ilavesi ile bakteriyosin aktivitesi arttırılmıştır. Diğer karbon kaynaklarının ilavesi bakteriyosin aktivitesini değiştirmemiştir.                                                                                              | Parlindungan et al., 2021   |
| Bakteriyosin ST16       | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | MRS Broth | İnülin                                                                                                         | %1 inülin ilavesi ile bakteriyosin aktivitesi azalmıştır.                                                                                                                                                                                                   | da Silva Sabo et al., 2015  |
| Pediocin                | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | MRS Broth | Fruktoz<br>Maltoz<br>Galaktoz<br>Sorbitol<br>Sakaroz<br>Dekstroz<br>Ramnoz<br>Laktoz                           | %2 dekstroz ilavesi ile en yüksek bakteriyosin aktivitesi elde edilirken, en düşük aktivite %2 sorbitol veya mannoz ilavesi sonucu elde edilmiştir.                                                                                                         | Neera et al., 2013          |
| Bakteriyosin E204       | <i>Enterococcus durans</i>           | MRS Broth | Glikoz (%2, 3 ve 4)                                                                                            | %2 glikoz ilavesi ile en yüksek bakteriyosin aktivitesi elde edilmiştir.                                                                                                                                                                                    | Khay et al., 2012           |
| Acidocin D20079         | <i>Lactobacillus acidophilus</i>     | M17 Broth | Laktoz<br>Glikoz<br>Sakaroz<br>Fruktoz<br>Maltoz<br>Galaktoz<br>Ksiloz<br>Arabinoz<br>Mannoz<br>Rafinoz        | %0.5 laktoz ilavesi bakteriyosin üretimini yaklaşık 7 kat arttırmıştır. %0.5 glikoz ilavesinin bakteriyosin üretimi üzerine etkisiz olduğu, diğer karbon kaynaklarının ilavesinin ise bakteriyosin üretimini azalttığı tespit edilmiştir.                   | Abo-Amer, 2011              |
| Bakteriyosin CWBI-B1430 | <i>Enterococcus faecium</i>          | M17 Broth | Arabinoz<br>Fruktoz<br>Galaktoz<br>Glikoz<br>Laktoz<br>Maltodekstrin<br>Maltoz<br>Rafinoz<br>Sakaroz<br>Ksiloz | %1 laktoz ilavesi ile en yüksek bakteriyosin aktivitesi elde edilirken, diğer tüm karbon kaynaklarının bakteriyosin aktivitesini oldukça azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte %1 rafinoz ilavesi sonucu bakteriyosin aktivitesi gözlemlenmemiştir. | Aguilar-Galvez et al., 2011 |
| Salivaricin CRL 1328    | <i>Lactobacillus salivarius</i>      | MRS Broth | Glikoz (%0.1 ve 2)<br>Laktoz (%0.1 ve 2)                                                                       | Glikoz ilavesi bakteriyosin üretimini arttırırken, laktoz ilavesi bakteriyosin üretimi üzerine etkisiz bulunmuştur.                                                                                                                                         | Juárez Tomás et al., 2010   |

Bakteriyosin üretimini arttırmak amacıyla kullanılan azot kaynakları arasında maya ekstraktı, sığır ekstraktı, pepton, malt filizi ve soya fasulyesi bulunmaktadır (Çizelge 2.10). Vitaminler, mineraller, amino asitler ve diğer kolay tüketilebilir azot kaynakları açısından zengin olan maya ekstraktının mikrobiyal gelişme üzerindeki uyarıcı etkisi nedeniyle bakteriyosin üretimini arttırıcı etkisi olduğu bildirilmiştir. Ancak, maya ekstraktının kullanımı, yüksek maliyeti nedeniyle büyük ölçekli bir fermentasyon işletmesi açısından ekonomik değildir. Peptitler, proteazlar ve serbest amino asitlerin karışımından oluşan, suda çözünür, ısıyla pıhtılaşmayan protein hidrolizatları olarak tanımlanan pepton, besi ortamlarında yaygın olarak kullanılan ve bakteriyosin üretiminin artmasına katkıda bulunan diğer önemli bir organik azot kaynağıdır (Davami et al., 2014). Besi ortamına azot kaynağı eklenmesi sonucu bakteriyosin üretiminin artmasının nedeninin, azot kaynaklarında bulunan peptitler ve mineraller ve vitaminler gibi üreme faktörlerinden kaynaklı olabileceği bildirilmiştir (Peng et al., 2022). Iyapparaj et al. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, *Lactobacillus* sp. MSU3IR tarafından üretilen bakteriyosin MSU3IR aktivitesi üzerine farklı azot kaynaklarının (amonyum asetat, amonyum klorür, amonyum nitrat, sodyum sülfat ve sodyum nitrat) etkileri incelenmiştir. En yüksek bakteriyosin üretimi amonyum asetat içeren besiyerinde, en düşük bakteriyosin aktivitesi ise sodyum nitrat içeren besiyerinde geliştirilen kültür tarafından elde edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, MRS Broth besiyeri %2.5 oranında süt tozu, kazein pepton, soya pepton ve peynir altı suyu proteini ile zenginleştirilmiş ve bu kaynakların *P. acidilactici* tarafından üretilen pediocin aktivitesi üzerine etkileri incelenmiştir. En yüksek bakteriyosin aktivitesi soya pepton ile zenginleştirilmiş besiyerinde geliştirilen kültür tarafından elde edilmiştir (Neera et al., 2013). Bu çalışmaların sonuçları, bakteriyosin aktivitesinin üretici suşa ve kullanılan azot kaynaklarına bağlı olarak değişim gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

**Çizelge 2.10** Nitrojen kaynaklarının bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi

| Bakteriyosin            | Üretici mikroorganizma               | Besiyeri  | Azot kaynağı                                                                                           | Bakteriyosin üretimi                                                                                                                                                                        | Kaynaklar                   |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Bakteriyosin B21        | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | MRS Broth | Proteaz pepton<br>Sığır ekstraktı<br>Maya ekstraktı                                                    | %2.5 proteaz pepton ve sığır ekstraktı ilavesi ile en yüksek bakteriyosin aktivitesi tespit edilmiştir. %2.5 maya ekstraktı ilavesi ile ise bakteriyosin aktivitesi azalmıştır.             | Parlindungan et al., 2021   |
| Bakteriyosin MSU3IR     | <i>Lactobacillus sp.</i>             | MRS Broth | Amonyum asetat<br>Amonyum klorür<br>Amonyum nitrat<br>Sodyum sülfat<br>Sodyum sitrat<br>Sodyum nitrat  | En yüksek bakteriyosin üretimi amonyum asetat varlığında, en düşük bakteriyosin üretimi sodyum nitrat varlığında tespit edilmiştir.                                                         | Iyapparaj et al., 2013      |
| Bakteriyosin E204       | <i>Enterococcus durans</i>           | MRS Broth | Tripton<br>Maya ekstraktı<br>Sığır ekstraktı                                                           | %2 tripton, %2 maya ekstraktı ve %3 maya ekstraktı ilavesi ile en yüksek bakteriyosin aktivitesi elde edilmiştir.                                                                           | Khay et al., 2012           |
| Bakteriyosin DF01       | <i>Levilactobacillus brevis</i>      | MRS Broth | Maya ekstraktı<br>(%1 ve %3)                                                                           | %1 maya ekstraktı ilavesi ile bakteriyosin üretimi artarken, %3 maya ilavesi sonucu bakteriyosin aktivitesi azalmıştır.                                                                     | Lee et al., 2012            |
| Acidocin D20079         | <i>Lactobacillus acidophilus</i>     | M17 Broth | Sığır ekstraktı<br>Maya ekstraktı<br>Tripton<br>Pepton<br>Proteaz pepton<br>Kazein                     | %1 maya ekstraktı ilavesi bakteriyosin üretimini etkilememiştir. Diğer nitrojen kaynaklarının ilavesi ise bakteriyosin aktivitesini azaltmıştır.                                            | Abo-Amer, 2011              |
| Bakteriyosin CWBI-B1430 | <i>Enterococcus faecium</i>          | M17 Broth | Sığır ekstraktı<br>Sığır peptonu<br>Kazein<br>Kazein pepton<br>Proteaz<br>Soy pepton<br>Maya ekstraktı | En yüksek bakteriyosin üretimi %1.5 sığır ekstraktı ilavesi ile elde edilmesine rağmen, nitrojen kaynağı ilavesinin bakteriyosin aktivitesi üzerine olumsuz etki gösterdiği belirlenmiştir. | Aguilar-Galvez et al., 2011 |

Tween 80, Tween 20, SDS ve EDTA gibi sürfaktanların bakteriyosin aktivitesi üzerine etkilerinin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır (Çizelge 2.11). Besi ortamlarına sürfaktanların eklenmesi, bazı LAB'nin üremesini hızlandırabilmekte ve bakteriyosin konsantrasyonu artabilmektedir. Ayrıca, sürfaktanlar indikatör suşun duyarlılığını arttırabilmekte ve proteinli bileşiklerle miseller oluşturarak bakteriyosinleri stabilize edebilmektedir. Bakteriyosin üretiminin arttırılmasını sağlayan en önemli yüzey aktif bileşenlerden biri olan Tween 80, bakteriyosin üretici suşun yüzey gerilimini değiştirerek bakteriyosinin hücre yüzeyinden salınmasını kolaylaştırmaktadır (Zendo et al., 2005). Kültür ortamına SDS eklenmesi, indikatör suşun hücre zarı geçirgenliğini arttırarak biyoaktivitenin artmasını sağlamaktadır (Naz and Rasool, 2013). Goyal et al. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, sürfaktanların (Tween80, Tween 20, Triton X-100, SDS ve üre) *L. lactis* tarafından üretilen bakteriyosin 63 aktivitesi üzerine etkileri incelenmiştir. %1 Tween 20 ve %1 Triton X-100 ilavesi ile bakteriyosin aktivitesi iki kat artarken, Tween 80, SDS ve ürenin bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *L. plantarum* tarafından üretilen bakteriyosin B21 aktivitesi üzerine sürfaktanların etkilerinin belirlenmesi amacıyla MRS Broth besiyerine Tween 20, Tween 40 ve Tween 80 ilave edilmiştir. En yüksek bakteriyosin aktivitesi 0.5 mL/L, 1 mL/L ve 1.5 mL/L Tween 80 ilave edilen besiyerinde geliştirilen kültürler tarafından tespit edilmiştir. 1 mL/L Tween 20 ve Tween 40 ilavesi ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir (Parlindungan et al., 2021). Bu çalışmaların sonuçları bakteriyosin aktivitesinin üretici suşa ve kullanılan sürfaktanlara bağlı olarak değişim gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

**Çizelge 2.11** Sürfaktanların bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi

| Bakteriyosin         | Üretici suş                          | Besiyeri     | Sürfaktanlar                                               | Bakteriyosin üretimi                                                                                                                                                         | Kaynaklar                 |
|----------------------|--------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Bakteriyosin GA15    | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | MRS<br>Broth | Tween 20<br>Tween 60<br>Tween 80<br>Triton X-100           | %1 Tween 80 ve Triton X-100 ilavesi ile bakteriyosin aktivitesi 2 kat artmış, ancak %1 Tween 20 ve Tween 60 ilavesi ile bakteriyosin aktivitesi azalmıştır.                  | Daba et al., 2022         |
| Bakteriyosin B21     | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | MRS<br>Broth | Tween 20<br>Tween 40<br>Tween 80                           | 0.5 mL/L, 1 mL/L ve 1.5 mL/L Tween 80 ile en yüksek bakteriyosin aktiviteleri tespit edilmiştir. 1 mL/L Tween 20 ve Tween 40 ilavesi ile bakteriyosin aktivitesi azalmıştır. | Parlindungan et al., 2021 |
| Bakteriyosin ST110LD | <i>Leuconostoc citreum</i>           | MRS<br>Broth | Tween 80<br>Tween 20<br>EDTA<br>SDS<br>Gliserol            | Kullanılan sürfaktanların bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi olmadığı tespit edilmiştir.                                                                                 | Woo et al., 2021          |
| Bakteriyosin ST16Pa  | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | MRS<br>Broth | Triton X-100<br>Tween 20<br>Tween 80<br>SDS<br>Üre<br>EDTA | En yüksek bakteriyosin aktivitesi %1 SDS ilavesi ile, en düşük bakteriyosin aktivitesi ise %1 Triton X-100 ilavesi ile elde edilmiştir.                                      | Sabo et al., 2019         |
| Bakteriyosin 63      | <i>Lactococcus lactis</i>            | MRS<br>Broth | Tween 80<br>Tween 20<br>Triton X-100<br>SDS<br>Üre         | Tween 20 ve Triton X-100 ilavesi ile bakteriyosin aktivitesi 2 kat artmış, diğer sürfaktanlar ise bakteriyosin aktivitesini etkilememiştir.                                  | Goyal et al., 2018        |
| Bakteriyosin E204    | <i>Enterococcus durans</i>           | MRS<br>Broth | Tween 80<br>(%0.1, 0.5 ve 1)                               | En yüksek bakteriyosin üretimi %0.5 Tween 80 ilavesi ile elde edilmiştir.                                                                                                    | Khay et al., 2012         |
| Sakacin A            | <i>Lactobacillus sakei</i>           | MRS<br>Broth | Tween 80                                                   | Tween 80 ilavesinin bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi olmadığı tespit edilmiştir.                                                                                       | Trinetta et al., 2008     |



### - Üreme koşullarının etkisi

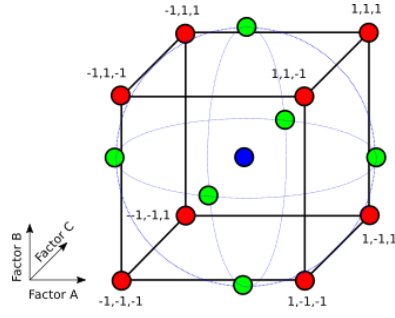
Bakteriyosin üretimi için sıcaklık ve besi ortamının pH değeri oldukça önemli parametrelerdir. LAB'nin metabolik aktivitesi sıcaklık ve pH değerinden önemli ölçüde etkilenmekte ve bu nedenle bakteriyosin aktivitesi sıcaklık ve pH değerine göre değişebilmektedir. Bazı LAB için bakteriyosin üretimi optimum olmayan üreme koşullarında artmaktadır (Rajaram et al., 2010; Abo-Amer, 2011). Bakteriyosin üretimi için optimum sıcaklık ve pH değerleri suşa ve kullanılan besiyerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Malheiros et al. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. sakei* tarafından üretilen bakteriyosin 2a aktivitesi üzerine farklı pH (4.5, 5, 5.5 ve 6) ve sıcaklık (25, 30, 37 ve 40°C) değerlerinin etkileri incelenmiştir. En yüksek bakteriyosin aktivitesi pH 5 ve 5.5 değerlerinde tespit edilmiş, pH 4.5 değerinde ise bakteriyosin üretiminin olmadığı belirlenmiştir. Bakteriyosin üretimi üzerine sıcaklığın etkisi değerlendirildiğinde ise, en yüksek bakteriyosin aktivitesi 25 ve 30°C değerlerinde tespit edilmiş, 37 ve 40°C değerlerinde ise bakteriyosin üretiminin olmadığı belirlenmiştir.

Bakteriyosin üretimi ortamdaki oksijen varlığından üretici suşa bağlı olarak pozitif ya da negatif yönde etkilenmektedir. da Silva Sabo et al. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, çalkalama işleminin *L. plantarum* tarafından üretilen bakteriyosin ST16 Pa aktivitesi üzerine etkisi incelemiş ve 100 rpm'de çalkalama ile bakteriyosin üretiminin arttığı tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, *L. mesenteroides* tarafından üretilen bakteriyosin 8293 aktivitesi üzerine çalkalama işleminin etkisini belirlemek amacıyla, kültür 100, 150, 200 ve 250 rpm'de çalkalanarak geliştirilmiş ve çalkalama işleminin bakteriyosin aktivitesini azalttığı tespit edilmiştir (Danial et al., 2016). Abbasiliasi et al. (2011) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, oksijen varlığının *L. paracasei* tarafından üretilen bakteriyosin LA07 üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla kültür hem aerobik/anaerobik koşullarda hem de çalkalama işlemine (100 ve 200 rpm) tabi tutularak aktifleştirilmiştir. Çalkalama işleminin bakteriyosin aktivitesini arttırdığı ve anaerobik koşullarda bakteriyosin üretiminin daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmaların sonuçları, oksijen varlığının bakteriyosin aktivitesini üretici suşa bağlı olarak önemli ölçüde değiştirebileceğini ortaya koymaktadır.

#### **2.3.8.4 Bakteriyosin üretiminin optimizasyonu**

Optimizasyon, bir üründen, bir süreçten ya da bir sistemden maksimum fayda elde edebilmek amacıyla performansın iyileştirilmesini ifade etmektedir. Optimizasyon, yüksek ürün verimi sağlaması ve ekonomik yükü azaltması açısından avantajlı bir uygulamadır. Mikroorganizmaların üreme koşullarının optimizasyonu ticari ölçekte yüksek performanslı bakteriyosin üretimi için kritik bir öneme sahiptir. Üreme koşullarının optimizasyonu sadece bakteriyosin üretimini artırmak için değil, aynı zamanda maliyetin düşürülmesi açısından da önemli bir faktördür. Bakteriyosin üretimi, inkübasyon sıcaklığı, inkübasyon süresi, besiyerinin pH değeri, karbon kaynağı ve nitrojen kaynağı gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Lahiri et al., 2021). Besiyerinin formülasyonu sadece bakteriyosin üretimini arttırmayı değil, aynı zamanda üretimi stabilize etmeyi de amaçlamaktadır. Üreme koşullarının veya ortam bileşiminin optimizasyonu ile yüksek üretim verimleri elde edilmektedir (Leroy et al., 2003).

Yanıt yüzeyi metodolojisi (RSM; Response Surface Methodology), 1951 yılında Box ve Wilson tarafından geliştirilen, farklı faktörler arasındaki etkileşimi ölçmek için kullanılan istatistiksel ve matematiksel yöntemlerin bir koleksiyonudur (Yolmeh and Jafari, 2017). Daha az deneyle istatistiksel olarak güvenilir sonuçlar sağlayan bu metodoloji, biyoüretim süreçlerinin geliştirilmesi ve optimizasyonu açısından oldukça faydalıdır. RSM, belirli faktörlerin neden olduğu yanıtların analizi prensibine dayanmaktadır. RSM, Box-Behnken tasarımı, merkezi kompozit tasarım (CCD), Dohlert tasarımı ve karışım yanıt yüzey metodolojisi olmak üzere temel olarak 4 gruba ayrılmaktadır (Olawoye, 2016). Box-Behnken tasarımı 1960 yılında Box ve Behnken tarafından geliştirilen, ikinci derece model parametrelerinin tahmininde kullanılan üç seviyeli çok etkenli bir tasarımdır (Yolmeh and Jafari, 2017). Bu tasarımda her bir faktör 3 düzeye (-1, 0, +1) sahiptir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Box-Behnken tasarımı faktör dizayn noktaları

Literatürde istatistiksel ve matematiksel tekniklerin birleştirilmiş bir yöntemi olan RSM kullanılarak bakteriyosin üretimi için LAB'nin üreme koşullarını optimize etmeye yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Çizelge 2.12). Salman et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. acidophilus* MS1 suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar belirlenmiş ve en yüksek bakteriyosin aktivitesi (2600 AU/mL) inkübasyon sıcaklığının 30°C, pH değerinin 6 ve inkübasyon süresinin 18 saat olduğu koşullarda tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *L. lactis* Gh1 suşunun 17.53 g/L soya pepton, 4 g/L fruktoz, 2.5 g/L NaCl ve 1.5 g/L Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> içeren besi ortamlarında optimum düzeyde bakteriyosin (695.96 AU/mL) ürettiği belirlenmiştir (Jawan et al., 2021). Qiao et al. (2020) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, *E. faecium* TJUQ1 suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği (816.87 AU/mL) koşullar 15.20 g/L sığır ekstraktı ve 1.93 g/L K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> içeren pH değeri 7.19'a ayarlanmış besi ortamı olarak tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *L. rhamnosus* L43 suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar tespit edilmiş ve en yüksek bakteriyosin aktivitesi (1680 AU/mL) besiyerine ilave edilen NaCl konsantrasyonunun %2, pH değerinin 7 ve inkübasyon süresinin 18 saat olduğu koşullarda belirlenmiştir (da Costa et al., 2019). Yapılan tüm bu çalışmalar, bakteriyosin üretiminin birçok faktöre bağlı olduğunu ve koşulların optimize edilmesiyle bakteriyosin aktivitesinin artabileceğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 2.12 Bakteriyosin üretiminin optimizasyonu

| İstatistiksel yöntem | Değişkenler                                                                     | Bakteriyosin             | Üretici mikroorganizma               | Hedef mikroorganizma                 | Maksimum bakteriyosin üretimi                                         | Kaynaklar               |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| RSM-<br>CCD          | Tween 80 (1-5 mL/L)<br>KCl (2-6 g/L)<br>Triamonyumsitrat (2-6 g/L)              | Bakteriyosin<br>GA15     | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | <i>Listeria innocua</i>              | 12800 AU/mL<br>(3 mL/L Tween80, 3 g/L KCl,<br>6 g/L triamonyumsitrat) | Daba et al., 2022       |
| RSM-<br>CCD          | Sıcaklık (28-32°C)<br>pH (5.5-5.5)<br>NaCl (%1.5-2.5)                           | Bakteriyosin<br>COE20    | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> | <i>Staphylococcus aureus</i>         | 11.62 mm<br>(31°C, pH 5.9, %1.9 NaCl)                                 | Onwuakor et al., 2021   |
| RSM-<br>CCD          | Sıcaklık (27-33°C)<br>pH (5.2-6.8)<br>NaCl (%1.2-2.8)                           | Bakteriyosin<br>MT186647 | <i>Lactococcus lactis</i>            | <i>Staphylococcus aureus</i>         | 12.31 mm<br>(30.5°C, pH 5.9, %1.94 NaCl)                              | Onwuakor et al., 2020   |
| RSM-<br>Box Behnken  | Sıcaklık (15, 30 ve 45°C)<br>pH (3, 6 ve 9)<br>Süre (4, 18 ve 32 saat)          | Bakteriyosin<br>MS1      | <i>Lactobacillus acidophilus</i>     | <i>Bacillus cereus</i>               | 2600 AU/mL<br>(30°C, pH 6, 18 saat)                                   | Salman et al., 2020     |
| RSM-<br>Doehlert     | Melas (20-50 g/L)<br>Sıcaklık (21.34-38.66°C)<br>Süre (5.13-32.87 saat)         | Nisin 2MT                | <i>Lactococcus lactis</i>            | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | 3600 AU/mL<br>(42.72 g/L melas, 28.40°C,<br>17.05 saat)               | Kaktcham et al., 2019   |
| RSM-<br>CCD          | Glikoz (4-7 g/L)<br>pH (4-8)<br>Sıcaklık (20-40°C)<br>Maya ekstraktı (4-16 g/L) | Bakteriyosin<br>IN05     | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | <i>Listeria monocytogenes</i>        | 3306 AU/mL<br>(5.5 g/L glikoz, pH 6, 30°C,<br>12 g/L maya ekstraktı)  | Monafathia et al., 2018 |

| İstatistiksel yöntem | Değişkenler                                                                            | Bakteriyosin          | Üretici mikroorganizma          | Hedef mikroorganizma          | Maksimum bakteriyosin üretimi                                       | Kaynaklar                           |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| RSM-Box Behnken      | pH (4-8)<br>Glikoz (1-10 g/L)<br>Sıcaklık (20-40°C)<br>Tween 20 (5.75-20 µL/mL)        | Bakteriyosin 2a       | <i>Lactobacillus sakei</i>      | <i>Listeria monocytogenes</i> | 12800 AU/mL<br>(pH 6.28, 5.5 g/L glikoz, 25°C, 10.5 µL/mL Tween 20) | Malheiros et al., 2015              |
| RSM-CCD              | Laktoz (2-18 g/L)<br>Sıcaklık (18-32°C)                                                | Bakteriyosin LPSO4    | <i>Enterococcus faecalis</i>    | <i>Listeria monocytogenes</i> | 640 AU/mL<br>(14.85 g/L laktoz, 25.59°C)                            | Hwanhlem et al., 2014               |
| RSM-CCD              | Pepton (%0-2)<br>Sakaro (0-4)<br>pH (3.5-7.5)<br>Sıcaklık (29.5-39.5°C)                | Bakteriyosin KC692718 | <i>Pediococcus pentasaceus</i>  | <i>Listeria monocytogenes</i> | 25600.34 AU/mL<br>(%1.03 pepton, %2.4 sakaroz, pH 5.5, 34.5°C)      | Suganthi and Mohanasrinivasan, 2014 |
| RSM-CCD              | Kazein pepton (%0.75-5.75)<br>Dekstroz (%0.25-5.25)<br>pH (3-11)<br>Sıcaklık (15-55°C) | Pediocin              | <i>Pediococcus acidilactici</i> | <i>Listeria monocytogenes</i> | 535 AU/mL<br>(%3.97 kazein pepton, %3.45 dekstroz, pH 7, 35°C)      | Neera et al., 2013                  |
| RSM-Box Behnken      | pH (5-9)<br>Süre (6-30 saat)<br>Sıcaklık (29.50-39.50°C)                               | Bakteriyosin LA-1     | <i>Lactocaseibacillus casei</i> | <i>Listeria monocytogenes</i> | 4652.15 AU/mL<br>(pH 7.19, 33.3°C, 22.2 saat)                       | Kumar et al., 2012                  |
| RSM-CCD              | Maya ekstraktı (5-15 g/L)<br>Glikoz (10-30 g/L)<br>pH (4.5-8.5)                        | Bakteriyosin DF01     | <i>Levilactobacillus brevis</i> | <i>Lactobacillus curvatus</i> | 1280 AU/mL<br>(14.56 g/L maya ekstraktı, 28.95 g/L glikoz, pH 6.8)  | Lee et al., 2012                    |

### 2.3.8.5 Bakteriyosinlerin saflaştırılması

Bakteriyosinlerin saflaştırılması amacıyla çözgen ekstraksiyonu, amonyum sülfat çöktürme, katı faz ekstraksiyonu, iyon değişim kromatografisi, jel filtrasyon kromatografisi ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Şekil 2.9). Bakteriyosin saflaştırılmasına yönelik yapılan bazı çalışmalar Çizelge 2.13'te gösterilmektedir.

**Çizelge 2.13** Bakteriyosin saflaştırma aşamaları

| Bakteriyosin          | Üretici mikroorganizma               | Saflaştırma aşamaları         | Verim (%) | Kaynaklar                   |
|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|
| Enterocin HDX-2       | <i>Enterococcus faecium</i>          | Amonyum sülfat çöktürme       | 83.76     | Du et al., 2022             |
|                       |                                      | Katı faz ekstraksiyonu        | 44.80     |                             |
|                       |                                      | Katyon değişim kromatografisi | 11.07     |                             |
|                       |                                      | RP-HPLC                       | 6.38      |                             |
| Bakteriyosin ZFM54    | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | Katyon değişim kromatografisi | 11.45     | Ye et al., 2021             |
|                       |                                      | Jel filtrasyon kromatografisi | 0.72      |                             |
|                       |                                      | HPLC                          | 0.51      |                             |
| Leucocin SM           | <i>Leuconostoc lactis</i>            | Amonyum sülfat çöktürme       | 87.50     | Lahiri et al., 2020         |
|                       |                                      | Jel filtrasyon kromatografisi | 43.75     |                             |
|                       |                                      | HPLC                          | 34.75     |                             |
| Bakteriyosin LF-BZ532 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> | Amonyum sülfat çöktürme       | 52.00     | Rasheed et al., 2020        |
|                       |                                      | Katyon değişim kromatografisi | 6.00      |                             |
|                       |                                      | HPLC                          | 0.85      |                             |
| Bakteriyosin MS1      | <i>Lactobacillus acidophilus</i>     | Amonyum sülfat çöktürme       | 42.20     | Salman et al., 2020         |
|                       |                                      | Katyon değişim kromatografisi | 2.10      |                             |
|                       |                                      | Jel filtrasyon kromatografisi | 1.10      |                             |
| Enterocin TJUQ1       | <i>Enterococcus faecium</i>          | Amonyum sülfat çöktürme       | 65.56     | Qiao et al., 2020           |
|                       |                                      | Ters faz kromatografisi       | 13.64     |                             |
|                       |                                      | Katyon değişim kromatografisi | 10.49     |                             |
| Pediocin ITV26        | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | Adsorpsiyon-desorpsiyon       | 29.05     | García-Toledo et al., 2019  |
|                       |                                      | Ultrafiltrasyon               | 1.30      |                             |
| Bakteriyosin ST16Pa   | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | Amonyum sülfat çöktürme       | 40.00     | Sabo et al., 2019           |
|                       |                                      | Katı faz ekstraksiyon         | 2.00      |                             |
| Bakteriyosin KT11     | <i>Enterococcus faecalis</i>         | Amonyum sülfat çöktürme       | 23.96     | Abanoz and Kunduhoglu, 2018 |
|                       |                                      | Diyaliz                       | 15.97     |                             |
| Bakteriyosin DY4-2    | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | Etil asetat ekstraktı         | 40.00     | Lv et al., 2018             |
|                       |                                      | Ultrafiltrasyon               | 16.00     |                             |
|                       |                                      | Jel filtrasyon kromatografisi | 4.80      |                             |
|                       |                                      | HPLC                          | 1.60      |                             |
| Bakteriyosin J23      | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | Amonyum sülfat çöktürme       | 48.00     | Zhang et al., 2018          |
|                       |                                      | Katyon değişim kromatografisi | 11.36     |                             |

| Bakteriyosin            | Üretici mikroorganizma          | Saflaştırma aşamaları       | Verim (%) | Kaynaklar            |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------|----------------------|
| Bakteriyosin<br>BK61    | <i>Enterococcus faecalis</i>    | Amonyum sülfat çöktürme     | 24.00     | Lim, 2015            |
|                         |                                 | Kasyon değişim kromatografi | 16.00     |                      |
|                         |                                 | Hidrofobik etkileşim        | 4.00      |                      |
|                         |                                 | kromatografi                | 2.00      |                      |
|                         |                                 | RP-HPLC                     |           |                      |
| Bakteriyosin<br>BK11    | <i>Levilactobacillus brevis</i> | Amonyum sülfat çöktürme     | 66.00     |                      |
|                         |                                 | Kasyon değişim kromatografi | 32.00     |                      |
|                         |                                 | Jel filtrasyon kromatografi | 24.00     |                      |
|                         |                                 | RP-FPLC                     | 6.00      |                      |
| Bakteriyosin<br>TLBFT06 | <i>Lactobacillus bulgaricus</i> | Amonyum sülfat çöktürme     | 80.00     | Mahmood et al., 2015 |
|                         |                                 | HPLC                        | 0.10      |                      |

### - Çözgen ekstraksiyonu

Çözgen ekstraksiyonu, etil asetat, etanol, metanol ve aseton gibi çözgenlerin yardımı ile proteinlerin hammaddeden ayrılması işlemidir (Gao et al., 2016). Ekstraksiyon aşamasında, proteinlerin çözünürlüğünün maksimum olduğu koşullarda proteinlerin çözgene geçmesi sağlanmaktadır. Bu yöntemde çözeltinin pH değerinin, izoelektrik noktaya ayarlanması ile bakteriyosinlerin çöktürülmesi sağlanmaktadır (Matak et al., 2015).

### - Amonyum sülfat çöktürme

Amonyum sülfat çöktürme yöntemi, protein yapısında değişikliğe neden olmadığı için bakteriyosin saflaştırılması amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Yi et al., 2016; Abeer Mohammed et al., 2017). Bu yöntemde yüksek tuz konsantrasyonu ile iyonik kuvvet artırılarak proteinlerin eldesi sağlanmaktadır. Amonyum sülfat, yüksek çözünürlüğe sahip, protein yapısını stabilize eden, proteinlerin çökmesini sağlayan ve proteinlerin genellikle iç kısımlarında yer alan hidrofobik bölgelerin etkileşime girmesini sağlayarak çözeltiden suyu absorbe eden inorganik bir tuzdur (Wingfield, 2016; Akyüz ve Bilek, 2018).

### - Diyaliz

Amonyum sülfat sudaki iyonik kuvveti arttırmakta ve bu nedenle tuzun ortamdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Ortamdaki tuzu uzaklaştırmak amacıyla diyaliz prosesi kullanılmakta ve böylece proteinler kısmi olarak saflaştırılmaktadır. Diyaliz, tuz ve istenmeyen diğer bileşiklerin gözenekli yarı geçirgen zardan difüzyon yoluyla ayrılmasını sağlayan bir tekniktir (Harcum, 2008).

### - Katı faz ekstraksiyonu

Katı faz ekstraksiyonu, tutucu maddeler içeren tek kullanımlık ekstraksiyon kolonuna bakteriyosin içeren çözeltinin eklenmesi ve istenmeyen bileşenlerin ortamdan uzaklaştırıldıktan sonra bakteriyosinlerin çözündürülerek elde edilmesi prensibine dayanmaktadır. Bakteriyosinlerin katı faz ekstraksiyonu ile saflaştırılmasında tutucu madde olarak oktadesil  $[(CH_2)_{17}CH_3]$  kullanılmaktadır (Haginaka, 2005). Bu yöntemde örnekler kolondan geçirilirken örnek molekülleri ile oktadesil arasında kimyasal bir etkileşim meydana gelmektedir. İlk olarak bakteriyosin tutucu maddeye bağlanmakta, ardından istenmeyen bileşenler uygun çözeltiler ile kolondan uzaklaştırılmaktadır. Daha sonra, bakteriyosin izopropil alkol ile çözündürülerek kolondan alınmaktadır (Yavuz ve Aksoy, 2006). Bu yöntemde aktif bileşikler ayrıştırabilmek için kullanılan izopropanol rotary evaporatör ile ortamdan uzaklaştırılmalıdır (Zou et al., 2018).

### - İyon değişim kromatografisi

Proteinler yapılarında yer alan amino asitlerin yan zincirlerine bağlı olarak fizyolojik pH değerlerinde katyonik ya da anyonik özellik göstermektedir. Proteinlerin net yükünün dengeye ulaştığı pH değerleri izoelektrik noktalarını ifade etmektedir. Belirli pH değerlerinde farklı proteinler farklı net yüke sahip oldukları için, iyon değişim kromatografisinde bakteriyosinler yük farklılıklarına göre safsızlıklarından ayrılmaktadır (Sheehan, 2008; Konak vd., 2014). Bu yöntem çoğunlukla anyon veya katyon değişim kromatografisi ile birlikte kullanılmaktadır. Bakteriyosinler genellikle negatif yük taşıdıkları için katyon değişim



kromatografisi anyon değişim kromatografisine kıyasla bakteriyosin saflaştırılması amacıyla daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Zou et al., 2018).

#### - Jel filtrasyon kromatografisi

Jel filtrasyon kromatografisi, Sephadex veya Sepharose gibi çeşitli jel kolonları kullanılarak bakteriyosinleri moleküler büyüklüklerine göre saflaştıran bir yöntemdir (Ibarguren et al., 2010; Hedhammar et al., 2013). Bu yöntemde ayırma işlemi, kolonda bulunan porlu jel matriks ve çözücü arasında meydana gelmektedir. Boyutları gözenek çapından küçük olan moleküller jele nüfuz ederek kolonda tutulmakta, büyük moleküller ise matriks tarafından tutulamadığı için kolondan ayrılmaktadır (Rosenberg, 2005; Zou et al., 2018).

#### - Yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC)

Peptitleri fizikokimyasal özelliklerine göre ayıran HPLC, bakteriyosinlerin saflaştırılması amacıyla kullanılan aşamaların son basamağıdır. Bu yöntemde karışımdaki çözünenlerin bir kolon içerisinden daha hızlı geçmelerini sağlamak amacıyla yüksek basınç uygulanmaktadır (Saraiva et al., 2014; Sahoo et al., 2015).

#### **2.3.8.6 Bakteriyosinlerin karakterizasyonu**

Bakteriyosinlerin karakterize edilebilmesi için saflaştırma proseslerinin verimli olması çok önemlidir. Bu amaçla, bakteriyosinlerin enzim, pH, sıcaklık gibi faktörlere karşı stabiliteleri, moleküler büyüklükleri ve amino asit dizilimleri belirlenmektedir.

Literatürde bakteriyosinlerin farklı enzim, pH, sıcaklık ve sürfaktan gibi faktörlere karşı stabilitelerinin incelendiği pek çok çalışma mevcuttur (Çizelge 2.14). Daba et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. plantarum* tarafından üretilen bakteriyosin GA15'in farklı enzim (proteinaz K,  $\alpha$ -kimotripsin, pepsin ve katalaz), pH (3-12), sıcaklık (40°C'de 15 ve 30 dakika, 60°C' 15 ve 30 dakika, 80°C' 15 ve 30 dakika, 100°C' 15 ve 30 dakika, 121°C 15 dakika) ve sürfaktan (Tween 20, Tween 60, Tween 80 ve Triton X-100) uygulamalarına karşı stabiliteleri incelenmiştir. Katalaz dışındaki diğer enzim uygulamalarında bakteriyosin

aktivitesi tespit edilememiştir. 40°C, 60°C ve 80°C sıcaklık uygulamalarında bakteriyosin aktivitesini korumuş, 100°C sıcaklık uygulamalarında bakteriyosin aktivitesi azalmış ve 121°C sıcaklık uygulamasında ise bakteriyosin aktivitesi belirlenememiştir. Bakteriyosin GA15 pH stabilitesi açısından değerlendirildiğinde, 7.5 ve altındaki pH değerlerinde bakteriyosin aktivitesini korumuş, 8-9.5 pH aralığında bakteriyosin aktivitesi azalmış ve 10-12 pH aralığında bakteriyosin aktivitesi gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte, Tween 80 ve Triton X-100 uygulamalarında bakteriyosin aktivitesi artış gösterirken, Tween 20 ve Tween 60 uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, *E. faecium* tarafından üretilen enterocin TJUQ1'in farklı enzim (tripsin, proteinaz K, papain, pepsin, amilaz ve lipaz), pH (3, 5, 7, 9 ve 11), sıcaklık (37°C'de 30 dakika, 60°C'de 30 dakika, 80°C'de 30 dakika, 100°C'de 30 dakika ve 121°C'de 15 dakika), çözügen (ethanol, kloroform, aseton, asetonitril ve benzen) ve sürfaktan (Tween 20, Tween 80, üre ve SDS) uygulamalarına karşı stabiliteyi incelenmiştir. Amilaz ve lipaz uygulamalarında bakteriyosin aktivitesini korurken, diğer enzim uygulamalarında bakteriyosin aktivitesi gözlemlenmemiştir. pH, sıcaklık, çözügen ve sürfaktan uygulamalarında ise bakteriyosin aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir (Qiao et al., 2020). Rasheed et al. (2020) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise, *L. fermentum* tarafından üretilen bakteriyosin LF-BZ532'nin farklı enzim (katalaz, proteinaz K, pepsin ve tripsin), pH (2, 4, 6, 8 ve 10) ve sıcaklık (37°C'de 1 saat, 50°C'de 30 dakika, 80°C'de 30 dakika, 100°C'de 30 dakika ve 121°C'de 20 dakika) uygulamalarında stabiliteyi incelenmiştir. Katalaz uygulaması ile bakteriyosin aktivitesini korurken, diğer enzim uygulamalarında bakteriyosin aktivitesi belirlenememiştir. pH 2 ve 4 değerlerinde bakteriyosin aktivitesinin arttığı, pH 6 değerinde bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, pH 8 değerinde bakteriyosin aktivitesinin azaldığı ve pH 10 değerinde ise bakteriyosin aktivitesinin olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, tüm sıcaklık uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Bu çalışmaların sonuçları, bakteriyosin stabilitesinin bakteriyosin çeşidine ve enzim, pH, sıcaklık, çözügen ve sürfaktan gibi birçok faktöre bağlı olarak değişim gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

**Çizelge 2.14** Bakteriyosinlerin çeşitli faktörlere karşı stabiliteleri

| Bakteriyosin             | Üretici mikroorganizma               | Hedef mikroorganizma                                    | Stabilite  |                                                                                                                                                                    | Kaynaklar             |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Bakteriyosin GA15        | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> JCM 1149           | Enzim      | Katalaz                                                                                                                                                            | Daba et al., 2022     |
|                          |                                      |                                                         | pH         | 3, 3.5, 4,4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9 ve 9.5                                                                                                            |                       |
|                          |                                      |                                                         | Sıcaklık   | 40°C, 60°C, 80°C ve 100°C’de 15 ve 30 dakika                                                                                                                       |                       |
| Enterocin HDX-2          | <i>Enterococcus faecium</i>          | <i>Listeria monocytogenes</i>                           | Sürfaktan  | Tween 20, Tween 60, Tween 80 ve Triton X-100                                                                                                                       | Du et al., 2022       |
|                          |                                      |                                                         | Enzim      | Tripsin, proteinaz K, $\alpha$ -amilaz, papain, lipaz, katalaz ve $\alpha$ -kimotripsin                                                                            |                       |
|                          |                                      |                                                         | pH         | 2, 4, 6, 8 ve 10                                                                                                                                                   |                       |
|                          |                                      |                                                         | Çözgen     | Metil alkol, etil alkol, propil alkol, bütanol, hekzan, kloroform ve aseton                                                                                        |                       |
|                          |                                      |                                                         | Sürfaktan  | Tween 20, Tween 80, SDS, üre, EDTA, Triton X-100                                                                                                                   |                       |
| Bakteriyosin PFC77       | <i>Lactococcus lactis</i>            | <i>Bacillus cereus</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i>  | Metal iyon | $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Ba}^{+2}$ , $\text{Mg}^{+2}$ , $\text{Zn}^{+2}$ , $\text{Cu}^{+2}$ , $\text{Fe}^{+2}$ , $\text{Mn}^{+2}$ ve $\text{Ca}^{+2}$ | Kaya and Simsek, 2020 |
|                          |                                      |                                                         | Enzim      | Katalaz, lizozim, $\alpha$ -amilaz ve lipaz                                                                                                                        |                       |
|                          |                                      |                                                         | pH         | 2-10                                                                                                                                                               |                       |
| Bakteriyosin PFC69       | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |                                                         | Sıcaklık   | 80°C, 90°C ve 100°C’de 5, 10 ve 15 dakika, 121°C’de 15 dakika                                                                                                      |                       |
| Bakteriyosin KLDS 1.0338 | <i>Lactocaseibacillus casei</i>      | <i>Escherichia coli</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i> | Enzim      | Papain, proteinaz K, $\alpha$ -kimotripsin ve $\alpha$ -amilaz                                                                                                     | Ma et al., 2020       |
|                          |                                      |                                                         | pH         | 2-12                                                                                                                                                               |                       |
|                          |                                      |                                                         | Sıcaklık   | 40°C , 60°C, 80°C ve 100°C’de 15 ve 30 dakika                                                                                                                      |                       |
|                          |                                      |                                                         | Çözgen     | Metanol, etanol, izopropanol, bütanol, triklorometan ve aseton                                                                                                     |                       |
|                          |                                      |                                                         | Sürfaktan  | Üre, SDS, EDTA, Tween 20, Tween 80 ve Triton X-100                                                                                                                 |                       |
|                          |                                      |                                                         | Metal iyon | $\text{Ca}^{+2}$ , $\text{Cu}^{+2}$ , $\text{Mg}^+$ , $\text{Fe}^{+2}$ , $\text{Zn}^+$ ve $\text{Mn}^{+2}$                                                         |                       |
|                          |                                      |                                                         | NaCl       | %2, 4, 6, 8, 10 ve 12                                                                                                                                              |                       |
| Bakteriyosin LF-BZ532    | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> | <i>Escherichia coli</i>                                 | Enzim      | Katalaz                                                                                                                                                            | Rasheed et al., 2020  |
|                          |                                      |                                                         | pH         | 2, 4, 6 ve 8                                                                                                                                                       |                       |
|                          |                                      |                                                         | Sıcaklık   | 37°C’de 1 saat, 50°C, 80°C ve 100°C’de 30 dakika ve 121°C’de 20 dakika                                                                                             |                       |

| Bakteriyosin       | Üretici mikroorganizma                 | Hedef mikroorganizma                 | Stabilite |                                                                          | Kaynaklar              |
|--------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Bakteriyosin LP5   | <i>Lactocaseibacillus paracasei</i>    | <i>Listeria monocytogenes</i>        | Enzim     | Katalaz, lipaz ve amilaz                                                 | Iseppi et al., 2019    |
| Bakteriyosin LP9   | <i>Levilactobacillus brevis</i>        |                                      | Sıcaklık  | 60°C, 80°C ve 100°C’de 30 dakika ve 121°C’de 15 dakika                   |                        |
| Bakteriyosin 2MT   | <i>Lactococcus lactis</i>              | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | Enzim     | Katalaz, tripsin, α-amilaz ve lipaz                                      | Kaktcham et al., 2019  |
|                    |                                        |                                      | pH        | 2-10                                                                     |                        |
|                    |                                        |                                      | Sıcaklık  | 100°C’de 30 dakika, 121°C’de 15 ve 30 dakika                             |                        |
|                    |                                        |                                      | Sürfaktan | SDS, Tween 80, Tween 20, üre                                             |                        |
| Bakteriyosin 607A  | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> | <i>Listeria monocytogenes</i>        | Sıcaklık  | 80°C ve 90°C’de 30 dakika                                                | Chen et al., 2018      |
| Bakteriyosin DY4-2 | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i>   | <i>Pseudomonas fluorescens</i>       | Enzim     | Proteaz                                                                  | Lv et al., 2018        |
|                    |                                        |                                      | pH        | 2.5, 3.5, 4.5 ve 5.5                                                     |                        |
|                    |                                        |                                      | Sıcaklık  | 50°C, 100°C ve 121°C’de 30 dakika                                        |                        |
| Fermencin SA715    | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>   | <i>Micrococcus luteus</i>            | Enzim     | Proteinaz K, lizozim, proteaz, katalaz, tripsin ve α-kimotripsin         | Wayah and Philip, 2018 |
|                    |                                        |                                      | pH        | 2-10                                                                     |                        |
|                    |                                        |                                      | Sıcaklık  | 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C ve 100°C’de 30 dakika                 |                        |
| Fermencin SD11     | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>   | <i>Streptococcus mutans</i>          | Enzim     | α-amilaz, katalaz ve lizozim                                             | Wannun et al., 2016    |
|                    |                                        |                                      | pH        | 3-7                                                                      |                        |
|                    |                                        |                                      | Sıcaklık  | 60°C ve 80°C’de 5, 10 ve 20 dakika                                       |                        |
| Bakteriyosin BK61  | <i>Enterococcus faecalis</i>           | <i>Helicobacter pylori</i>           | Enzim     | Proteinaz K, pepsin, tripsin, lizozim, katalaz, α-amilaz, lipaz          | Lim, 2015              |
|                    |                                        |                                      | pH        | 2-12                                                                     |                        |
|                    |                                        |                                      | Sıcaklık  | 100°C’de 10, 20 ve 30 dakika, 121°C’de 15 dakika                         |                        |
| Bakteriyosin BK11  | <i>Levilactobacillus brevis</i>        | <i>Helicobacter pylori</i>           | Enzim     | Proteaz, proteinaz K, pepsin, tripsin, lizozim, katalaz, α-amilaz, lipaz |                        |
|                    |                                        |                                      | pH        | 2-12                                                                     |                        |
|                    |                                        |                                      | Sıcaklık  | 100°C’de 10, 20 ve 30 dakika, 121°C’de 15 dakika                         |                        |

| Bakteriyosin       | Üretici mikroorganizma          | Hedef mikroorganizma          | Stabilite                            |                                                                                                                                 | Kaynaklar                         |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Bakteriyosin CN-25 | <i>Enterococcus faecium</i>     | <i>Listeria monocytogenes</i> | Enzim<br>pH<br>Sıcaklık              | Lipaz ve katalaz<br>2-12<br>60°C, 80°C ve 100°C'de 5 ve 30 dakika, 121°C'de 15 dakika                                           | Sonsa-Ard et al., 2015            |
| Bakteriyosin DT24  | <i>Levilactobacillus brevis</i> | <i>Escherichia coli</i>       | Enzim<br>pH<br>Sıcaklık              | $\alpha$ -amilaz, pepsin ve katalaz<br>2, 4, 6, 8 ve 10<br>30°C, 45°C, 60°C, 75°C ve 100°C'de 1 saat                            | Trivedi et al., 2013              |
| Bakteriyosin VJ13  | <i>Pediococcus pentosaceus</i>  | <i>Listeria monocytogenes</i> | Enzim<br>pH<br>Sıcaklık<br>Süpfaktan | Lipaz ve amilaz<br>2-8<br>25°C, 35°C, 45°C, 70°C, 90°C ve 100°C'de 1 saat<br>Triton X-100, Tween 80, Tween 20, SDS, üre ve EDTA | Vidhyasagar and Jeevaratnam, 2013 |

## - Moleküler kütle karakterizasyonu

Sodyum dodesil sülfat-poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) ve matriks destekli lazer desorpsiyon/iyonizasyon uçuş süresi kütle spektrometresi (MALDI-TOF-MS) yöntemleri bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğünü tespit etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Gao et al., 2015). Bakteriyosinlerin sınıflandırılması amacıyla moleküler büyüklüklerini tespit etmek büyük önem taşımaktadır. Literatürde bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğünün tespit edildiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Çizelge 2.15).

SDS-PAGE yönteminde proteinlerin yapısının düz zincir haline dönüştürülebilmesi ve proteinlerin negatif yükle yüklenebilmesi amacıyla SDS, disülfid bağlarını kırmak amacıyla merkaptotanol gibi indirgeyici ajanlar ve polimerizasyon için serbest radikallerinin oluşumu amacıyla amonyum persülfat kullanılmaktadır. Jel oluşumu, akrilamid ve akrilamid türevi N-N-metilen bis-akrilamidin polimerizasyonu sonucu meydana gelmekte ve örnekler bu jelde yürütülmektedir. Polimerizasyon için, akrilamid molekülleri yan yana bağlanarak düz zincir oluştururlar. Bis-akrilamid molekülleri, iki akrilamid molekülü arasında çapraz bağlar oluşturarak ağırsı yapı oluşumunu sağlamaktadır. Por büyüklüğü, akrilamid konsantrasyonuna bağlıdır. Alt ayırma jeli ise proteinleri molekül ağırlıklarına göre ayırmaktadır (Brunelle et al., 2014). MALDI-TOF-MS yöntemi ile geniş bir kütle aralığında yüksek hassasiyetle hızlı bir şekilde makromoleküllerin moleküler ağırlığı ve yapısal karakterizasyonu belirlenebilmektedir (Zendo et al., 2008; Mercado and Olmos, 2022).

**Çizelge 2.15** Bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğü

| Bakteriyosin       | Üretici mikroorganizma               | Yöntem                   | Moleküler büyüklük       | Kaynaklar         |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| Bakteriyosin GA15  | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | SDS-PAGE<br>MALDI-TOF-MS | 3.3-6.5 kDa<br>4.369 kDa | Daba et al., 2022 |
| Enterocin HDX-2    | <i>Enterococcus faecium</i>          | SDS-PAGE<br>MALDI-TOF-MS | 3.3-6.5 kDa<br>5.482 kDa | Du et al., 2022   |
| Bakteriyosin Y19-2 | <i>Lactocaseibacillus casei</i>      | SDS-PAGE                 | 20 kDa                   | Fu et al., 2022   |

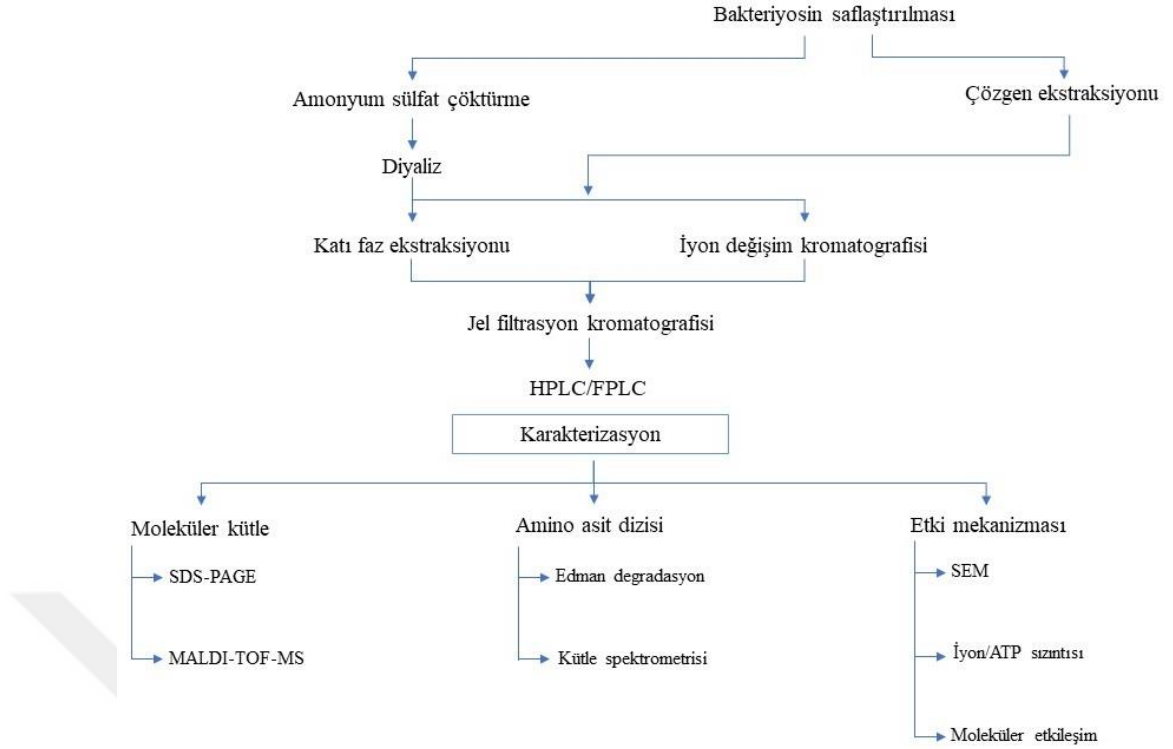
| Bakteriyosin             | Üretici mikroorganizma                   | Yöntem                   | Moleküler büyüklük       | Kaynaklar                   |
|--------------------------|------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Bakteriyosin CH3         | <i>Lactococcus lactis</i>                | SDS-PAGE                 | 3.5 kDa                  | Krishnamoorthi et al., 2022 |
| Bakteriyosin 1.0320      | <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i>      | SDS-PAGE                 | 1-3.3 kDa                | Xu et al., 2021             |
| Bakteriyosin ZFM54       | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i>     | MALDI-TOF-MS             | 1.143 kDa                | Ye et al., 2021             |
| Bakteriyosin KLDS 1.0338 | <i>Lactocaseibacillus casei</i>          | SDS-PAGE                 | 6.8 kDa                  | Ma et al., 2020             |
| Bakteriyosin SLG10       | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i>     | MALDI-TOF-MS             | 1.422 kDa                | Pei et al., 2020            |
| Enterocin TJUQ1          | <i>Enterococcus faecium</i>              | SDS-PAGE<br>MALDI-TOF-MS | 3.3-6.5 kDa<br>5.520 kDa | Qiao et al., 2020           |
| Bakteriyosin LF-BZ532    | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | MALDI-TOF-MS             | 1.105 kDa                | Rasheed et al., 2020        |
| Bakteriyosin 2MT         | <i>Lactococcus lactis</i>                | SDS-PAGE                 | 4.10 kDa                 | Kaktcham et al., 2019       |
| Bakteriyosin Cys2-2      | <i>Weissella confusa</i>                 | SDS-PAGE                 | 10 kDa                   | Tenea and Lara, 2019        |
| Bakteriyosin KT11        | <i>Enterococcus faecalis</i>             | SDS-PAGE                 | 3.5 kDa                  | Abanoz and Kunduhoglu, 2018 |
| Bakteriyosin 607A        | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i>   | MALDI-TOF-MS             | 4.623 kDa                | Chen et al., 2018           |
| Bakteriyosin KS400       | <i>Lactobacillus acidophilus</i>         | SDS-PAGE                 | ≈ 7.5 kDa                | Gaspar et al., 2018         |
| Bakteriyosin DY4-2       | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i>     | MALDI-TOF-MS             | 1.465 kDa                | Lv et al., 2018             |
| Fermencin SA715          | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | MALDI-TOF-MS             | 1.792 kDa                | Wayah and Philip, 2018      |
| Bakteriyosin J23         | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i>     | SDS-PAGE                 | ≈ 6.73 kDa               | Zhang et al., 2018          |
| Bakteriyosin HW01        | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | SDS-PAGE                 | ≈ 6 kDa                  | Ahn et al., 2017            |
| Fermencin SD11           | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | SDS-PAGE<br>MALDI-TOF-MS | 33 kDa<br>33.593 kDa     | Wannun et al., 2016         |
| Bakteriyosin LpU4        | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i>     | MALDI-TOF-MS             | 4.866 kDa                | Millioni et al., 2015       |
| Bakteriyosin FT259       | <i>Lactiplantibacillus paraplantarum</i> | SDS-PAGE                 | 3.900 kDa                | Winkelströter et al., 2015  |

| Bakteriyosin        | Üretici mikroorganizma          | Yöntem                   | Moleküler büyüklük    | Kaynaklar                         |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Caseicin TN2        | <i>Lactocaseibacillus casei</i> | SDS-PAGE<br>MALDI-TOF-MS | 5-10 kDa<br>6.352 kDa | Lü et al., 2014                   |
| Bakteriyosin DPTLB3 | <i>Levilactobacillus brevis</i> | SDS-PAGE                 | 54 kDa                | Banerjee et al., 2013             |
| Bakteriyosin DT24   | <i>Levilactobacillus brevis</i> | SDS-PAGE                 | ≈ 7 kDa               | Trivedi et al., 2013              |
| Bakteriyosin VJ13   | <i>Pediococcus pentosaceus</i>  | SDS-PAGE                 | 4 kDa                 | Vidhyasagar and Jeevaratnam, 2013 |

### - Amino asit dizisinin belirlenmesi

Edman degradasyon, sıvı kromatografi-elektrosprey iyonizasyon tandem kütle spektrometrisi (LC-ESI-MS) ve MALDI-TOF-MS yöntemleri amino asit dizisini belirlemek için yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Edman degradasyonu yönteminde sadece N-terminal amino asidi analiz edilmekte ve peptitin geri kalanı korunmaktadır. Ayrıca, bu yöntemde polipeptitlerin amino asit dizilimleri tam olarak tespit edilmektedir. Bununla birlikte, sınıf I bakteriyosinlerinde bulunan lantionin ve metil lantionin gibi modifiye edilmiş amino asitler bu yöntem kullanılarak tanılanamamaktadır (Lohans and Vederas, 2014). Edman degradasyon yöntemine alternatif olarak LC-ESI-MS ya da MALDI-TOF-MS yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde sekans tanılanması spesifik proteazlar kullanılarak peptit parçalanması yoluyla gerçekleştirilmektedir (Yates et al., 2009). LC-ESI-MS yöntemi oldukça hassas ve yüksek verim sağlayan bir yöntemdir (Zou et al., 2018).





**Şekil 2.9** Bakteriyosin saflaştırılması ve karakterizasyonu

## 2.4 Postbiyotiklerin Biyokoruma Amacıyla Gıdalarda Kullanımı

LAB gıdaların fermantasyonunda ve korunmasında yüzyıllardan beri kullanılmakta ve genel olarak güvenli kabul edilmektedir. Antimikrobiyal etkiye sahip olan LAB ve/veya bu mikroorganizmaların ürettiği metabolik ürünler, biyokoruyucu maddeler olarak değerlendirilmekte ve gıdaların doğal yollarla korunmasını sağlamaktadırlar. LAB'nin antimikrobiyal etkisi, gıdaların pH değerlerini düşürerek mikrobiyal gelişmeyi engelleyen laktik asit üretiminin yanı sıra hidrojen peroksit, diasetil, EPS ve bakteriyosin gibi çeşitli antimikrobiyal bileşiklerin üretiminden kaynaklanmaktadır (Moradi et al., 2021). Bu nedenle, gıda güvenilirliği ve kalitesini sağlamak amacıyla LAB'nin ürettikleri metabolitlerin kimyasal koruyuculara alternatif olarak kullanılması gıda endüstrisi açısından büyük önem kazanmaktadır (Arrijoja-Bretón et al., 2020).

### 2.4.1 Postbiyotiklerin meyve ve sebzelerde kullanımı

Yüksek karbonhidrat içeriğine ve düşük pH değerine sahip olan meyve ve sebzeler, selüloz ve hemiselüloz gibi diyet lifleri açısından zengin kaynaklar olması

nedeniyle beslenme açısından oldukça önemli gıdalardır. Taze olarak tüketilen meyve ve sebzeler, genellikle açık alanda yetiştirilmekte ve toprak, lağım, sulama suyu, hayvanlar, personel gibi çeşitli kaynaklardan kontamine olabilmektedir (Praeger et al., 2018). Ayrıca, hasat sonrası hazırlık, yıkama ve dağıtım sırasında da bu ürünler farklı mikroorganizmalarla kontamine olabilmektedir (Machado-Moreira et al., 2019). Dolayısıyla, meyve ve sebzeler, gıda kaynaklı hastalıklara yol açan ve gıda bozulmalarına neden olan mikroorganizmaların önemli taşıyıcıları olarak kabul edilmektedir. Meyve ve sebzelerin tüketimiyle ilişkili hastalıklarda genellikle *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *Salmonella* türlerinin rol oynadığı bildirilmiştir (CDC, 2023). Bununla birlikte, taze meyve ve sebzelerde mikrobiyal bozulmaya genellikle küfler ve mayalar neden olmakta, *Erwinia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium* gibi bazı bakteri türleri de bozulmalara yol açmaktadır (Barth et al., 2009). *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Geotrichum*, *Penicillium* ve *Rhizopus* cinslerine ait çeşitli küfler ve *Candida*, *Hansenula*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces* ve *Torulopsis* cinslerine ait çeşitli mayalar meyve ve sebzelerde siyah çürüme, gri çürüme, pembe çürüme, yumuşak çürüme ve sap çürümesi gibi bozulmalara neden olmaktadır (Raybaudi-Massilia et al., 2009). Dolayısıyla, meyve ve sebze tüketimine bağlı hastalıkların önlenmesi ve bu ürünlerin raf ömrünün uzatılarak gıda israfının önüne geçilebilmesi için mikrobiyal güvenliğin ve kalitenin sağlanması gıda endüstrisinde önem arz etmektedir. Meyve ve sebzelerin daha güvenilir hale getirilmesi ve kalitesinin artırılması amacıyla klor (Netramai et al., 2016; Tan et al., 2020), hidrojen peroksit (Ergun and Dogan, 2018; Becker et al., 2020; Li et al., 2020), trisodyum fosfat (Oladunjoye et al., 2017), perasetik asit (Singh, 2018; Li et al., 2020), organik asitler (Poimenidou et al., 2016) ve ozon (Bridges et al., 2018; Sengun ve Kendirci, 2018) gibi birçok kimyasal ürün kullanılmaktadır. Klorlu bileşikler gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmasına karşın, klorlama işleminin meyve ve sebze yüzeyindeki mikroorganizmaları azaltmada sınırlı etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Deng et al., 2020). Ayrıca, hipokloröz asit, yıkama suyunda bulunan organik maddeler ile reaksiyona girerek klor buharları ve trihalometan gibi yan ürünler oluşturmakta, ciltte ve solunum sisteminde tahrişe neden olmaktadır (Praeger et al., 2018). Bu nedenle, meyve ve sebzelerin dekontaminasyonu amacıyla yaygın olarak kullanılan kimyasal maddelerin gösterdikleri toksik etki, tüketicilerde endişe yaratmaktadır. Dolayısıyla, son yıllarda gıdalarda koruyucu olarak kimyasal madde kullanımının

tüketiciler tarafından tercih edilmemesi, olumsuz etkileri olmayan, çevre dostu, daha güvenli ve yüksek antimikrobiyal etkiye sahip kaynakları araştırmanın gerekliliğini ortaya koymuştur.

Meyve ve sebzelerin güvenilirliğinin sağlanması amacıyla sentetik maddelere alternatif olarak doğal, geniş antimikrobiyal spektruma sahip, toksik etki göstermeyen ve genel olarak güvenli statüsünde bulunan LAB ve ürettikleri postbiyotiklerin kullanımına yönelik çalışmalar artış göstermiştir (Çizelge 2.16). Yi et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. pentosus* MS031 suşundan elde edilen postbiyotiklerin taze meyvelere (pitaya, papaya, kivi, ananas ve kavun) bulaştırılan *L. monocytogenes*, *S. typhi* ve *E. coli* (5 log kob/g) üzerine inaktivasyon etkisi incelenmiş ve 4°C’de 10 günlük depolamanın ardından *L. monocytogenes* sayısının yaklaşık 2 log azaldığı, *S. typhi* ve *E. coli* sayılarının ise tespit edilebilir limitin altına düştüğü belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, *L. monocytogenes* bulaştırılan ( $10^3$  kob/g) marul örnekleri 400 IU/mL nisin ile işlem gördükten sonra modifiye atmosferde paketlenmiştir. 10°C’de 6 günlük depolamanın ardından, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayılarının sırasıyla 1.8 ve 1.0 log kob/g azaldığı tespit edilmiştir (Oliveira et al., 2015). Bhatia et al. (2016) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, *S. aureus* bulaştırılan ( $10^6$  kob/mL) fuji elması örnekleri *L. acidophilus* LA343 tarafından üretilen bakteriyosin LA343 (100 µg/mL) ile işlem görmüş ve 25°C’de 20 günlük depolamanın ardından *S. aureus* sayısının kontrol örneğine kıyasla 2.1 log kob/g azaldığı belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *L. monocytogenes* ile inoküle edilen ( $10^6$  kob/mL) marul örnekleri, *L. lactis* suşu tarafından üretilen nisin ile hazırlanan yıkama sıvısı ile işlem görmüş ve 4°C’de 7 gün depolanmıştır. Depolama sonunda *L. monocytogenes* sayılarının 1.2-1.6 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Allende et al., 2007). Sonuç olarak, yapılan çalışmalar meyve ve sebzelerin güvenilirliğinin sağlanması amacıyla LAB’nin ürettikleri metabolitlerin kimyasal koruyuculara karşı iyi bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

**Çizelge 2.16** Postbiyotiklerin meyve ve sebze ürünlerinin güvenilirliği üzerine etkisi

| Postbiyotik                     | Üretici mikroorganizma                      | Gıda örnekleri                                                     | Uygulama koşulları                                | İncelenen ürün özellikleri                                                                                                                                                                                       | Kaynaklar                   |
|---------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Bakteriyosin içeren CFS (%10)   | <i>Pediococcus pentosaceus</i> IO1          | Pastörize portakal suyu, pastörize karpuz suyu                     | 25°C'de 72 saat depolama                          | Pastörize portakal suyu ve karpuz suyunun <i>Staphylococcus aureus</i> sayıları sırasıyla 1.42 ve 2.12 log kob/mL azalmıştır.                                                                                    | Adesina and Oluwafemi, 2022 |
| Pediocin içeren CFS (%10)       | <i>Pediococcus pentosaceus</i> DT016        | Marul                                                              | 5 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 7 gün depolama   | <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı 3.2 log kob/g azalmıştır.                                                                                                                                                   | Ramos et al., 2020          |
| Pediocin içeren CFS (%10)       | <i>Pediococcus pentosaceus</i> DT016        | Roka salatası                                                      | 5 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 9 gün depolama   | <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı 3.0 log kob/g azalmıştır.                                                                                                                                                   | Ramos et al., 2020          |
| Pediocin içeren CFS (%10)       | <i>Pediococcus pentosaceus</i> DT016        | Ispanak                                                            | 5 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 15 gün depolama  | <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı 2.5 log kob/g azalmıştır.                                                                                                                                                   | Ramos et al., 2020          |
| Pediocin içeren CFS (%10)       | <i>Pediococcus pentosaceus</i> DT016        | Maydanoz                                                           | 5 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 15 gün depolama  | Depolamanın 7. gününde <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı tespit edilebilir limitin altına düşmüştür. Depolamanın 15. gününde ise <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı 3.1 log kob/g olarak tespit edilmiştir. | Ramos et al., 2020          |
| CFS                             | <i>Lactiplantibacillus pentosus</i> MS031   | Taze kesilmiş meyve salatası (pitaya, papaya, kivi, ananas, kavun) | 10 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 10 gün depolama | Depolamanın sonunda <i>Listeria monocytogenes</i> sayısının yaklaşık 2 log kob/g azaldığı, <i>Escherichia coli</i> ve <i>Salmonella typhi</i> sayılarının tespit limitlerinin altına düştüğü tespit edilmiştir.  | Yi et al., 2020             |
| Bakteriyosin Cys5-4 (128 AU/mL) | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> Cys5-4 | Fermente chicha suyu                                               | 4°C'de 5 gün depolama                             | Bakteriyosin uygulaması ile <i>Escherichia coli</i> ve <i>Salmonella enterica</i> sayıları sırasıyla 3.54 ve 1.31 log kob/mL azalmıştır.                                                                         | Tenea and Barrigas, 2018    |

| Postbiyotik                     | Üretici mikroorganizma                                                  | Gıda örnekleri                                                      | Uygulama koşulları      | İncelenen ürün özellikleri                                                                                                                                                 | Kaynaklar                |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Bakteriyosin Cys5-4 (128 AU/mL) | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> Cys5-4                             | Fermente portakal suyu                                              | 25°C'de 5 gün depolama  | Bakteriyosin uygulaması ile <i>Escherichia coli</i> ve <i>Salmonella enterica</i> sayıları sırasıyla 3.63 ve 1.76 log kob/mL azalmıştır.                                   | Tenea and Barrigas, 2018 |
| Bakteriyosin LA343 (100 µg/mL)  | <i>Lactobacillus acidophilus</i> NCDC 343                               | Fuji elması                                                         | 25°C'de 20 gün depolama | <i>Staphylococcus aureus</i> sayısının 2.1 log kob/g azaldığı belirlenmiştir.                                                                                              | Bhatia et al., 2016      |
| CFS WK12 (%5),<br>CFS WK32 (%5) | <i>Lactobacillus brevis</i> WK12, <i>Leuconostoc mesenteroides</i> WK32 | Tüketime hazır yapraklı sebzeler (pancar, horoz ibiği çiçeği, turp) | 5 dakika yıkama işlemi  | WK12 ve WK32 uygulaması ile <i>Escherichia coli</i> O157:H7 ve <i>Listeria monocytogenes</i> sayıları sırasıyla 1.15 ve 1.22 log kob/g, 1.85 ve 1.40 log kob/g azalmıştır. | Lee et al., 2016         |
| Nisin (400 IU/mL)               | <i>Lactococcus lactis</i>                                               | MAP ile paketlenmiş marul örnekleri                                 | 10°C'de 6 gün depolama  | <i>Listeria monocytogenes</i> ve <i>Salmonella</i> Typhimurium sayılarının sırasıyla 1.8 ve 1.0 log kob/g azaldığı tespit edilmiştir.                                      | Oliveira et al., 2015    |

\*CFS: Hücre içermeyen süpernatant, MAP: Modifiye atmosfer paketlenme

Meyve ve sebzelerin kalitesinin korunarak bozulmalarının önüne geçilmesi ve böylece gıda israfının azaltılması oldukça önemli bir husustur. Bu amaçla, son yıllarda meyve ve sebzelerin kalitesinin ve raf ömrünün arttırılması amacıyla sentetik maddelere alternatif olarak doğal, geniş antimikrobiyal spektruma sahip, toksik etki göstermeyen antimikrobiyallerin kullanımına yönelik çalışmalar artış göstermiştir. Bununla birlikte, meyve ve sebzelerin mikrobiyal kalitesinin korunması ve raf ömrünün arttırılması amacıyla LAB'nin ürettikleri postbiyotiklerin kullanıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Çizelge 2.17). Ramos et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, marul, roka salatası, ıspanak ve maydanoz örnekleri *P. pentosaceus*'un ürettiği postbiyotikler (%10) ile 5 dakika yıkama işlemine tabi tutulmuş ve marul örnekleri 4°C'de 7 gün, roka salatası örnekleri 4°C'de 9 gün, ıspanak ve maydanoz örnekleri ise 4°C'de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda tüm örneklerin LAB sayıları 0.2 log kob/g azalırken, marul ve roka salatası örneklerinin TMAB sayılarının 0.5 log kob/g azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, postbiyotik uygulaması ile maydanoz örneklerinin TMAB sayıları 0.2 log kob/g azalırken, ıspanak örneklerinin TMAB sayılarında kontrol örneğine kıyasla farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, fuji elması örnekleri *L. acidophilus*'un ürettiği bakteriyosin LA343 (100 µg/mL) ile işlem görmüş ve örnekler 25°C'de 20 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda TMAB ve küf-maya sayıları sırasıyla 2.6 ve 3.4 log kob/g azalmıştır (Bhatia et al., 2016). Yapılan diğer bir çalışmada ise, tüketime hazır yapraklı sebzeler (kırmızı pancar, horoz ibiği çiçeği, turp) *L. brevis* WK12 (CFS WK12) ve *L. mesenteroides* WK32 (CFS WK32)'in ürettikleri postbiyotikler (%5) ile 5 dakika yıkama işlemine tabi tutulmuştur. CFS WK12 ve CFS WK32 uygulaması ile TMAB, koliform ve küf-maya sayıları sırasıyla 1.60 ve 1.03 log kob/g, 1.02 ve 1.13 log kob/g, 0.62 ve 0.79 log kob/g azalmıştır (Lee et al., 2016). Bu sonuçlar, postbiyotiklerin meyve ve sebzelerin doğal mikrobiyotası üzerine inhibisyon etkilerinin meyve ve sebze türlerine, kullanılan suşlara, postbiyotik konsantrasyonuna ve depolama süresine bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymaktadır.

**Çizelge 2.17** Postbiyotiklerin meyve ve sebze ürünlerinin kalitesi üzerine etkisi

| Postbiyotik                     | Üretici mikroorganizma                                                         | Gıda                                                                | Uygulama koşulları                                | İncelenen ürün özellikleri                                                                                                                                   | Kaynaklar           |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Pediocin içeren CFS (%10)       | <i>Pediococcus pentosaceus</i> DT016                                           | Marul                                                               | 5 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 7 gün depolama   | TMAB ve LAB sayıları sırasıyla yaklaşık 0.5 ve 0.2 log kob/g azalmıştır.                                                                                     | Ramos et al., 2020  |
| Pediocin içeren CFS (%10)       | <i>Pediococcus pentosaceus</i> DT016                                           | Roka salatası                                                       | 5 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 9 gün depolama   | TMAB ve LAB sayıları sırasıyla yaklaşık 0.5 ve 0.2 log kob/g azalmıştır.                                                                                     | Ramos et al., 2020  |
| Pediocin içeren CFS (%10)       | <i>Pediococcus pentosaceus</i> DT016                                           | Ispanak                                                             | 5 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 15 gün depolama  | Depolamanın sonunda TMAB sayısında kontrol örneğine kıyasla farklılık gözlemlenmemiştir. LAB sayıları ise yaklaşık 0.2 log kob/g azalmıştır.                 | Ramos et al., 2020  |
| Pediocin içeren CFS (%10)       | <i>Pediococcus pentosaceus</i> DT016                                           | Maydanoz                                                            | 5 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 15 gün depolama  | TMAB ve LAB sayıları yaklaşık 0.2 log kob/g azalmıştır.                                                                                                      | Ramos et al., 2020  |
| CFS                             | <i>Lactiplantibacillus pentosus</i> MS031                                      | Taze kesilmiş meyve salatası (pitaya, papaya, kivi, ananas, kavun)  | 10 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 10 gün depolama | Depolamanın sonunda TMAB sayısında kontrol örneğine kıyasla farklılık gözlemlenmemiştir.                                                                     | Yi et al., 2020     |
| Bakteriyosin LA343 (100 µg/mL)  | <i>Lactobacillus acidophilus</i> NCDC 343                                      | Fuji elması                                                         | 25°C'de 20 gün depolama                           | TMAB ve küf-maya sayıları sırasıyla 2.6 ve 3.4 log kob/g azalmıştır.                                                                                         | Bhatia et al., 2016 |
| CFS WK12 (%5),<br>CFS WK32 (%5) | <i>Levilactobacillus brevis</i> WK12,<br><i>Leuconostoc mesenteroides</i> WK32 | Tüketime hazır yapraklı sebzeler (pancar, horoz ibiği çiçeği, turp) | 5 dakika yıkama işlemi                            | WK12 ve WK32 uygulaması ile TMAB, koliform ve küf-maya sayıları sırasıyla 1.60 ve 1.03 log kob/g, 1.02 ve 1.13 log kob/g, 0.62 ve 0.79 log kob/g azalmıştır. | Lee et al., 2016    |

\*CFS: Hücre içermeyen süpernatant, TMAB: Toplam mezofilik aerobik bakteri, LAB: Laktik asit bakterisi

#### 2.4.2 Postbiyotiklerin et ve et ürünlerinde kullanımı

Et ve et ürünleri protein, yağ, esansiyel amino asitler, vitaminler, mineraller ve diğer fonksiyonel besin maddeleri açısından zengin kaynaklar olmasının yanı sıra sahip olduğu su aktivitesi ve pH değeri ile birçok mikroorganizmanın gelişimi için uygun bir ortam sunmaktadır (Ojha et al., 2015; Manea et al., 2017). Son yıllarda tüm Dünya’da artış gösteren gıda kaynaklı hastalık vakalarında et ve et ürünlerinin önemli bir yer tuttuğu ve bu ürün grubunda *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *Salmonella* spp. gibi patojenlerin hastalıklardan sorumlu mikroorganizmalar olarak ön plana çıktığı bildirilmektedir (CDC, 2023). Bununla birlikte, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Brochothrix*, *Enterobacter*, *Moraxella*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Serratia* ve LAB gibi çok sayıda mikroorganizma ette bozulmalara neden olmaktadır (Sperber, 2009). Taze etler soğukta depolandığı için, bu ürünlerde mikrobiyal bozulmadan sorumlu baskın grup psikrotrof bakterilerdir. Aerobik koşullarda etlerde genellikle yüzeyde yapışkanlık, renk değişimi, kötü koku ve tat oluşumu şeklinde bozulmalar meydana gelmektedir. Kısa jenerasyon süresine sahip olan *Pseudomonas* türleri parça etlerde glikozu ve amino asitleri kullanarak hızla çoğalmakta ve kötü koku oluşumuna neden olmaktadır. Vakum paketlenmiş etlerde psikrotrof fakültatif anaerobik ve anaerobik bakteriler bozulmalara yol açmaktadır. Vakum paketlenmiş sosislerde heterofermentatif LAB ekşime, CO<sub>2</sub> oluşumu, yüzeyde yapışkanlık ve yeşil renk oluşumuna neden olmaktadır. Modifiye atmosferde paketlenmiş etler ise özellikle fakültatif anaerobik *Brochothrix thermosphacta*’nın üremesi için uygun ortam oluşturmaktadır (Cervený et al., 2009). Bu nedenle, et ve et ürünlerindeki mikrobiyal gelişmeyi azaltmak amacıyla, klor, ozon (Kanaan, 2018), organik asit (Yeh et al., 2018), sodyum trifosfat, sodyum hipoklorit (Northcutt et al., 2007) ve perasetik asit (Bauermeister et al., 2008; Smith et al., 2015; Chaplot et al., 2019) gibi birçok antimikrobiyal özellikte kimyasal madde kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasal maddelerin güvenilirliği konusundaki tüketici endişelerinin artmasıyla birlikte et ve et ürünlerinde patojen mikroorganizmaların inaktivasyonunun sağlanmasında, toksik etki göstermeyen ve çevre dostu alternatif koruyucu maddelerin araştırılmasına yönelik araştırmalar önem kazanmaktadır.



Et ve et ürünlerinin güvenilirliğinin sağlanması amacıyla sentetik maddelere alternatif olarak LAB'nin ürettikleri postbiyotiklerin kullanımına yönelik çalışmalar artış göstermiştir (Çizelge 2.18). Smaoui et al. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada,  $10^6$  kob/g düzeyinde *L. monocytogenes* ile bulaştırılan tavuk göğsü ve kıyma örnekleri, *L. plantarum* TN635 tarafından üretilen BacTN635 bakteriyosini ile 500 AU/g-1000 AU/g düzeylerinde işlem görmüş ve depolamanın 7. saatinde örneklerin *L. monocytogenes* sayılarının tespit edilebilir limitin altına düştüğü belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, *L. plantarum* tarafından üretilen postbiyotiklerin dana eti yüzeyine inoküle edilen *S. Typhimurium* ve *L. monocytogenes* üzerine inhibitif etkisi incelenmiş ve 4°C'de 14 saatlik depolamanın ardından mikroorganizma sayılarının sırasıyla 3.74 ve 2.3 log kob/g azaldığı tespit edilmiştir (Arrioja-Bretón et al., 2020). Yapılan diğer bir çalışmada,  $10^5$  kob/mL düzeyinde *L. monocytogenes* inoküle edilen tüketime hazır dilimlenmiş Bologna sosisi örnekleri 25 µg/mL nisin ile işlem görmüş ve örnekler 4°C'de 7 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda nisin ile işlem gören örneklerdeki *L. monocytogenes* sayılarında kontrol örneğine kıyasla farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Churklam et al., 2020). Castro et al. (2017) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, *L. innocua* ( $10^9$  kob/mL) inoküle edilen tüketime hazır geleneksel Portekiz sosisi örnekleri *P. acidilactici* tarafından üretilen bakteriyosin bacHA-6111-2 (6400 AU/mL) ile işlem gördükten sonra vakum paketlenme yapılarak 4°C'de 60 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda *L. innocua* sayısının 2.5 log kob/g azaldığı tespit edilmiştir. Yapılan tüm bu çalışmalar, LAB'nin ürettikleri postbiyotiklerin et ve et ürünlerinin güvenilirliğinin sağlanmasında önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

**Çizelge 2.18** Postbiyotiklerin et ve et ürünlerinin güvenilirliği üzerine etkisi

| Postbiyotik                                                    | Üretici mikroorganizma                                                                                          | Gıda örnekleri                   | Uygulama koşulları                                 | İncelenen ürün özellikleri                                                                                                                                                                                                                    | Kaynaklar                                         |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Liyofilize CFS<br>(25, 50 ve 100 mg/g)                         | <i>Lactobacillus bulgaricus</i><br>EMCC 1102                                                                    | Hamsi filetosu                   | 6°C'de 15 gün depolama                             | 25, 50 ve 100 mg/g liyofilize CFS uygulamaları ile <i>Clostridium botulinum</i> sırasıyla depolamanın 6., 5. ve 4. günlerinde tespit edilebilir limitin altında tespit edilmiştir.                                                            | Hamad et al.,<br>2022                             |
| CFS PA (%10)<br>CFS LS (%10)                                   | <i>Pediococcus acidilactici</i> (PA),<br><i>Latilactobacillus sakei</i> +<br><i>Staphylococcus xylosus</i> (LS) | Tavuk but                        | 10 dakika daldırma işlemi<br>4°C'de 6 gün depolama | Depolamanın 6. gününde <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı CFS LS uygulaması ile 0.5 log kob/g azalırken, CFS PA uygulaması ile 0.4 log kob/g artmıştır. <i>Salmonella</i> Typhimurium sayıları ise 1.1-1.8 log kob/g aralığında azalmıştır. | İncili et al.,<br>2022                            |
| CFS (%10 ve %50)                                               | <i>Pediococcus acidilactici</i>                                                                                 | Vakum paketlenmiş<br>tavuk göğsü | 3 dakika daldırma işlemi<br>4°C'de 15 gün depolama | <i>Listeria monocytogenes</i> ve <i>Salmonella</i> Typhimurium sayıları sırasıyla 0.70-0.89 log kob/g ve 0.79-0.93log kob/g aralığında azalmıştır.                                                                                            | İncili et al.,<br>2021                            |
| CFS (%10)                                                      | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i><br>NRRL B-4496                                                             | Dana eti                         | 4°C'de 14 saat marinyasyon                         | <i>Listeria monocytogenes</i> ve <i>Salmonella</i> Typhimurium sayıları sırasıyla 3.74 ve 2.30 log kob/g azalmıştır.                                                                                                                          | Arriola-Bretón<br>et al., 2020                    |
| Nisin (25 µg/mL)                                               | <i>Lactococcus lactis</i>                                                                                       | Bologna sosisi                   | 4°C'de 7 gün depolama                              | Depolamanın sonunda <i>Listeria monocytogenes</i> sayısında kontrol örneğine kıyasla farklılık tespit edilmemiştir.                                                                                                                           | Churklam et<br>al., 2020                          |
| CFS (%10)                                                      | <i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i>                                                                             | Tavuk eti                        | 5 dakika yıkama işlemi<br>4°C'de 15 gün depolama   | Depolamanın 4. gününde <i>Clostridium perfringens</i> sayısı tespit edilebilir limitin altına düşmüştür.                                                                                                                                      | Hamad et al.,<br>2020                             |
| CFS ile zenginleştirilmiş<br>peynir altı suyu protein<br>filmi | <i>Lactobacillus sakei</i> NRRL B-<br>1917                                                                      | Dana eti                         | 5°C'de 5 gün depolama                              | <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı 1.40 logaritmik birim azalmıştır. Depolamanın 36. saatinde <i>Escherichia coli</i> sayısı tespit edilebilir limitin altında belirlenmiştir.                                                              | del Carmen<br>Beristain-<br>Bauza et al.,<br>2017 |
| Bakteriyosin TN635<br>(500 ve 1000 AU/g)                       | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i><br>TN635                                                                   | Tavuk göğsü,<br>Kıyma            | 4°C'de 24 saat depolama                            | Depolamanın 7. saatinde <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı tespit edilebilir limitin altında belirlenmiştir.                                                                                                                                | Smaoui et al.,<br>2014                            |

\*CFS: Hücre içermeyen süpernatant

Et ve et ürünlerinde biyokoruyucu olarak postbiyotiklerin kullanımı gıdaların raf ömrünü uzatabilmesi nedeniyle dikkat çekmektedir. Ancak, postbiyotiklerin et ve et ürünlerinin mikrobiyal kalitesi üzerindeki etkilerini araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Çizelge 2.19). İncili et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, tavuk budu örnekleri *P. acidilactici*'nin ürettiği postbiyotikler (%10) ile hazırlanan sıvılarda 10 dakika bekletilmiş ve 4°C'de 6 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda örneklerin TMAB sayıları 0.20 log kob/g artarken, TPAB ve LAB sayıları sırasıyla 0.10 ve 0.50 log kob/g azalmıştır. Ancak bu değişimlerin kontrol örneğine kıyasla istatistiksel açıdan farklılık göstermediği bildirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, tavuk göğsü örnekleri *P. acidilactici*'nin ürettiği postbiyotikler (%10 ve 50) ile hazırlanan sıvılarda 3 dakika bekletilmiş ve vakum paketlemenin ardından 4°C'de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda örneklerin TMAB ve TPAB sayılarında kontrol örneğine kıyasla farklılık olmadığı tespit edilirken, LAB sayılarının ise %10 ve %50 postbiyotik uygulaması ile sırasıyla 0.06 ve 0.77 log kob/g azaldığı belirlenmiştir (İncili et al., 2021). Yapılan başka bir çalışmada, kurdele balığı örnekleri *L. plantarum* SKD4 ve *P. stilesii* SKD11'in ürettikleri postbiyotikler (SKD4 ve SKD11) içerisinde 30 dakika bekletilmiş, ardından 4°C'de 120 gün ve 25°C'de 48 saat depolanmıştır. 4°C'de 120 gün depolamanın ardından örneklerin TMAB sayıları 3.58-3.62 log kob/g aralığında azalırken, 25°C'de 48 saat depolamanın ardından örneklerin TMAB sayılarının ise 3.62-4.64 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Jo et al., 2021). Smaoui et al. (2014) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, tavuk göğsü ve kıyma örnekleri *L. plantarum* tarafından üretilen bakteriyosin TN635 (500 ve 1000 AU/g) ile işlem görmüş ve 4°C'de 28 gün depolanmıştır. Depolamanın 14. gününde tavuk ve kıyma örneklerinin TMAB, TPAB ve Enterobacteriaceae sayıları sırasıyla 2.62-3.92 log kob/g, 2.30-3.71 log kob/g ve 1.91-2.22 log kob/g aralığında azalırken, depolamanın 21. ve 28. günlerinde örneklerin TMAB, TPAB ve Enterobacteriaceae sayılarının artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, postbiyotiklerin et ve et ürünlerinin doğal mikrobiyotası üzerine inhibisyon etkilerinin et çeşidine, kullanılan suşlara, postbiyotik konsantrasyonuna ve depolama koşullarına bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymaktadır.

**Çizelge 2.19** Postbiyotiklerin et ve et ürünlerinin kalitesi üzerine etkisi

| Postbiyotik                                                        | Üretici mikroorganizma                                                                                           | Gıda                                | Uygulama koşulları                                    | İncelenen ürün özellikleri                                                                                                                                                                      | Kaynaklar              |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| CFS PA (%10)<br>CFS LS (%10)                                       | <i>Pediococcus acidilactici</i> (PA),<br><i>Lactilactobacillus sakei</i> +<br><i>Staphylococcus xylosus</i> (LS) | Tavuk but                           | 10 dk daldırma işlemi<br>4°C'de 6 gün depolama        | Depolamanın 6. gününde TMAB, TPAB ve LAB sayılarında kontrol örneğine kıyasla farklılık tespit edilmemiştir.                                                                                    | İncili et al.,<br>2022 |
| CFS (%10 ve %50)                                                   | <i>Pediococcus acidilactici</i>                                                                                  | Vakum<br>paketlenmiş tavuk<br>göğsü | 3 dakika daldırma işlemi<br>4°C'de 15 gün depolama    | Depolamanın sonunda TMAB ve TPAB sayılarında kontrol örneğine kıyasla farklılık tespit edilmemiştir. LAB sayılarının %10 ve %50 CFS uygulaması ile sırasıyla 0.06 ve 0.77 log kob/g azalmıştır. | İncili et al.,<br>2021 |
| CFS SKD4<br>CFS SKD11                                              | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i><br>SKD4, <i>Pediococcus stilesii</i> SKD11                                  | Kurdele balığı                      | 30 dakika daldırma işlemi<br>4°C'de 120 gün depolama  | CFS SKD4 ve CFS SKD11 uygulaması ile TMAB sayıları sırasıyla 3.58 ve 3.82 log kob/g azalmıştır.                                                                                                 | Jo et al.,<br>2021     |
| CFS SKD4<br>CFS SKD11                                              | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i><br>SKD4, <i>Pediococcus stilesii</i> SKD11                                  | Kurdele balığı                      | 30 dakika daldırma işlemi<br>25°C'de 48 saat depolama | CFS SKD4 ve CFS SKD11 uygulaması ile TMAB sayıları sırasıyla 3.62 ve 4.64 log kob/g azalmıştır.                                                                                                 | Jo et al.,<br>2021     |
| Liyofilize CFS Ls-<br>BU2,<br>Liyofilize CFS LA<br>(10 ve 35 mg/g) | <i>Lactobacillus salivarius</i> Ls-BU2,<br><i>Lactobacillus acidophilus</i>                                      | Kıyma                               | 4°C'de 9 gün depolama                                 | CFS Ls-BU2 ve CFS LA uygulaması ile TPAB sayıları sırasıyla 1.03-2.0 log kob/g ve 1.0-1.5 log kob/g aralığında azalmıştır.                                                                      | Moradi et al., 2019    |
| Bakteriyosin TN635<br>(500 ve 1000 AU/g)                           | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i><br>TN635                                                                    | Kıyma                               | 4°C'de 28 gün depolama                                | Depolamanın 14. gününde TMAB, TPAB ve Enterobacteriaceae sayıları sırasıyla 2.62-3.92 log kob/g, 2.30-3.19 log kob/g ve 1.93-2.22 log kob/g aralığında azalmıştır.                              | Smaoui et al., 2014    |
| Bakteriyosin TN635<br>(500 ve 1000 AU/g)                           | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i><br>TN635                                                                    | Tavuk göğsü                         | 4°C'de 28 gün depolama                                | Depolamanın 14. gününde TMAB, TPAB ve Enterobacteriaceae sayıları sırasıyla 2.64-3.00 log kob/g, 2.32-3.71 log kob/g ve 1.91-2.21 log kob/g aralığında azalmıştır.                              | Smaoui et al., 2014    |

\*CFS: Hücre içermeyen süpernatant, TMAB: Toplam mezofilik aerobik bakteri, LAB: Laktik asit bakterisi

### 2.4.3 Postbiyotiklerin süt ve süt ürünlerinde kullanımı

Çiğ süt içerdiği protein, vitamin ve mineral gibi zengin besin maddelerinin yanı sıra, yüksek pH ve su aktivitesine sahip olması nedeniyle mikroorganizmaların gelişimi için uygun bir ortam sağlamaktadır (Lee et al., 2019; Shabbir et al., 2020). Süte uygulanan ısı işlemleri ile mikroorganizma inaktivasyonu sağlanmakta, ancak, çiğ sütün pastörizasyonu sırasında bazı *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bacillus* ve *Clostridium* türlerini de içeren termodürik bakteriler canlı kalabilmektedir. Ayrıca, pastörizasyon işleminden sonra koliform grubu bakteriler, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* ve *Pseudomonas* türleri canlı kalabilmektedir (Lu and Wang, 2017). Peynir ürünlerinde *Alcaligenes* ve *Pseudomonas* türleri sıklıkla yüzeyde yapışkanlık oluşumu ile birlikte pütür kokuya neden olmaktadır. Vakum paketlenmiş peynir ürünlerinde gaz oluşumu koliform grubu bakteriler, bazı *Leuconostoc* ve *Clostridium* türlerinin gelişimi sonucu meydana gelmektedir. Ayrıca, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Geotrichum*, *Monilia*, *Mucor* ve *Penicillium* cinslerine ait bazı türler peynirlerde küflenmelere neden olmaktadır (Ledenbach and Mashall, 2009; Lu and Wang, 2017). Bununla birlikte, peynirlerde *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* gibi patojen mikroorganizmaların hastalıklardan sorumlu mikroorganizmalar olarak ön plana çıktığı bildirilmektedir (CDC, 2023). Süt ve süt ürünlerinde mikroorganizmaların gelişimlerinin önlenmesi amacıyla sülfidler, benzoik asit veya tuzları, propiyonik asit, sorbik asit, laktik asit gibi sentetik katkı maddeleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Singh and Gandhi, 2015). Ancak son yıllarda, sentetik katkı maddelerinin gıdalarda kullanımı tüketiciler tarafından tercih edilmemekte ve bu durum süt ve süt ürünlerinde kullanılabilecek doğal antimikrobiyallerin araştırılmasına yönelik yapılan çalışmaların artmasına neden olmaktadır.

Süt ve süt ürünlerine patojen mikroorganizmaların buluşmasının önlenmesi veya gelişimlerinin engellenmesi amacıyla LAB'nin ürettikleri postbiyotiklerin kullanım potansiyeli çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Çizelge 2.20). Ribeiro et al. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, süte  $10^5$  kob/mL düzeyinde *L. monocytogenes* inoküle edilmiş ve kontamine süt kullanılarak taze peynir üretilmiştir. Üretilen peynir örneklerine 134, 268 ve 536 µg/g oranlarında *E. faecalis* tarafından üretilen kısmi saflaştırılmış enterocin L3B1K3 ilave edilmiş ve

peynirler 4°C’de 3 gün depolanmıştır. Depolamanın 3. gününde 134 ve 268 µg/g oranlarında enterocin ilave edilen örneklerin *L. monocytogenes* sayıları sırasıyla 1.0 ve 3.0 log kob/g azalırken, 536 µg/g enterocin ilave edilen örneğin *L. monocytogenes* sayısının tespit limitlerinin altında olduğu belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, süt örneklerine 5x10<sup>5</sup> kob/mL düzeyinde *B. cereus*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* inoküle edilmiştir. *B. cereus* inoküle edilen süt örneklerine *L. plantarum* PFC339 tarafından üretilen bakteriyosin PFC339 (100 AU/mL), *L. monocytogenes* inoküle edilen örneklere *E. faecalis* PFC340 tarafından üretilen bakteriyosin PFC340 (100 AU/mL), *S. aureus* inoküle edilen örneklere *L. lactis* PFC341 tarafından üretilen bakteriyosin PFC341 (100 AU/mL) ilave edilmiş ve örnekler 4°C’de 7 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda süt örneklerinin *B. cereus*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* sayılarının sırasıyla 1.5, 3.0 ve 2.0 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir (Kaya and Simsek, 2019). Yapılan başka bir çalışmada, *S. aureus* (5 log kob/mL) inoküle edilmiş süte nisin (100, 200, 300, 400 ve 500 IU/mL) ilave edilerek Minas peyniri üretilmiş ve 4°C’de 30 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda örneklerin *S. aureus* sayılarının kontrole kıyasla istatistiksel açıdan farklılık göstermediği belirlenmiştir (Felicio et al., 2015). Meng et al. (2021) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, *L. helveticus* tarafından üretilen bakteriyosin NX371 ile işlem gören Mozzarella peyniri örneklerine *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. Enteritidis* ve *S. aureus* (3 log kob/mL) inoküle edilmiş, 25 ve 35°C’de 7 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. Enteritidis* ve *S. aureus* sayılarının kontrol örneğine kıyasla yaklaşık 6.0-7.0 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar, LAB’nin ürettikleri postbiyotiklerin süt ve süt ürünlerinin güvenilirliğinin sağlanması amacıyla önemli bir potansiyele sahip olduğunu ve postbiyotiklerin inaktivasyon etkilerinin gıda çeşidi, kullanılan suş, patojen mikroorganizma, depolama süresi ve sıcaklığına bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymaktadır.

**Çizelge 2.20** Postbiyotiklerin süt ve süt ürünlerinin güvenilirliği üzerine etkisi

| Postbiyotik                                       | Üretici mikroorganizma                                                                                                 | Gıda örnekleri     | Uygulama koşulları                               | İncelenen ürün özellikleri                                                                                                                                                                                                                                                            | Kaynaklar             |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Bakteriyosin NX371                                | <i>Lactobacillus helveticus</i> NX371                                                                                  | Mozzarella peyniri | 25°C'de 7 gün depolama<br>35°C'de 7 gün depolama | Depolamanın sonunda <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella</i> Enteritidis ve <i>Staphylococcus aureus</i> sayıları kontrol örneğine kıyasla yaklaşık 7.0, 6.0, 6.0 ve 7.0 log kob/g azalmıştır.                                                     | Meng et al., 2021     |
| Bakteriyosin PFC339, PFC340 ve PFC341 (100 AU/mL) | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> PFC339<br><i>Enterococcus faecalis</i> PFC340<br><i>Lactococcus lactis</i> PFC341 | Pastörize süt      | 4°C'de 7 gün depolama                            | Depolamanın sonunda süt örneklerinin <i>Bacillus cereus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i> sayılarının sırasıyla 1.5, 3.0 ve 2.0 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir.                                                                              | Kaya and Simsek, 2019 |
| Bakteriyosin DM33                                 | <i>Enterococcus faecium</i> DM33                                                                                       | Taze peynir        | 4°C'de 9 gün depolama                            | Depolamanın sonunda <i>Listeria monocytogenes</i> sayısının tespit edilebilir limitin altına düştüğü tespit edilmiştir.                                                                                                                                                               | Aspri et al., 2017    |
| Enterocin L3B1K3 (134, 268 ve 536 µg/g)           | <i>Enterococcus faecalis</i> L3B1K3                                                                                    | Taze peynir        | 4°C'de 3 gün depolama                            | Depolamanın 3. gününde 134 ve 268 µg/g enterocin ilave edilen örneklerin <i>Listeria monocytogenes</i> sayıları sırasıyla 1.0 ve 3.0 log kob/g azalırken, 536 µg/g enterocin ilave edilen örneklerin <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı tespit edilebilir limitin altına düşmüştür. | Ribeiro et al., 2017  |
| Lacticin 481 (40000 AU/mg)                        | <i>Lactococcus lactis</i> L3A21M1                                                                                      | Pico peyniri       | 4°C'de 7 gün depolama                            | Bakteriyosin uygulaması ile <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı yaklaşık 3.0 log kob/g azalmıştır.                                                                                                                                                                                   | Ribeiro et al., 2016  |
| Nisin (0.25 ve 0.50 mg/L)                         | <i>Lactococcus lactis</i>                                                                                              | UHT süt            | 6°C'de 21 gün depolama                           | Nisin uygulaması ile <i>Bacillus cereus</i> sayısı yaklaşık 2 log kob/mL azalmıştır.                                                                                                                                                                                                  | Martinez et al., 2016 |
| Nisin (0.5 ve 1 mg/L)                             | <i>Lactococcus lactis</i>                                                                                              | UHT süt            | 6°C'de 21 gün depolama                           | Nisin uygulaması ile <i>Listeria monocytogenes</i> sayısı yaklaşık 1.5-3.0 log kob/mL aralığında azalmıştır                                                                                                                                                                           | Martinez et al., 2016 |
| Nisin (100, 200, 300, 400 ve 500 IU/mL)           | <i>Lactococcus lactis</i>                                                                                              | Minas peyniri      | 4°C'de 30 gün depolama                           | <i>Staphylococcus aureus</i> sayısının kontrole kıyasla istatistiksel açıdan farklılık göstermediği belirlenmiştir                                                                                                                                                                    | Felicio et al., 2015  |

Literatürde, süt ve süt ürünlerinin mikrobiyal kalitesi üzerine postbiyotiklerin etkilerinin incelendiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Verma et al. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, *P. pentosaceus* tarafından üretilen pediocin NCDC 273 (%10) çiğ manda sütüne ilave edilmiş ve örnekler 4°C’de 6 saat depolanmıştır. Depolamanın sonunda, örneklerin TMAB, *S. aureus*, LAB, Enterobacteriaceae ve küf-maya sayılarının sırasıyla yaklaşık 6.5, 7.5, 6.5, 7.0 ve 2.5 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, yüzeyine *Lactobacillus* sp. tarafından üretilen bakteriyosin 100 püskürtülen Camembert peyniri örnekleri 4°C’de 40 gün depolanmış ve örneklerin küf-maya sayılarının 0.66-1.63 log kob/g aralığında azaldığı belirlenmiştir (Khider and Elbanna, 2017). Bu sonuçlar, postbiyotiklerin süt ve süt ürünlerinin doğal mikrobiyotası üzerine inhibisyon etkilerinin ürün çeşidi, kullanılan suş ve depolama koşullarına bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, LAB’nin ürettikleri postbiyotiklerin süt ve süt ürünlerinde kullanımının kimyasal koruyucu maddelerin kullanımını azaltarak, tüketici taleplerinin karşılanmasına olanak sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Ancak, postbiyotiklerin süt ve süt ürünlerinin mikrobiyotası üzerine etkilerinin incelediği daha çok araştırma yapılması gerekmektedir.



### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1 Laktik Asit Bakteri İzolatları

Bu tez çalışmasında, tarafımızca daha önce geleneksel fermente ürünlerden (tarhana, turşu ve şalgam suyu) izole edilip moleküler düzeyde tanılanan ve probiyotik özellikleri detaylı analizlerle (düşük pH değerinde gelişim, safra tuzuna tolerans, fenol varlığında gelişim, farklı tuz konsantrasyonlarında gelişim, pepsin ve pankreatin varlığında gelişim, antibiyotiklere duyarlılık, hemolitik aktivite, antimikrobiyal aktivite, proteolitik enzim aktivitesi,  $\beta$ -galaktosidaz aktivitesi, otoagregasyon, BSH aktivitesi, antioksidan aktivite ve kısa zincirli yağ asidi üretimi) incelenen toplam 388 izolat, deney materyali olarak kullanılmıştır (Şengün, 2006; Sengun et al., 2009; Başdoğan, 2020; Atlama, 2021).

Şengün (2006) tarafından doktora tezi kapsamında farklı tarhana örneklerinden izole edilen ve yürütülen ileriki çalışmalar ile (Sengun et al., 2007) *E. faecium*, *L. casei*, *L. paraplantarum*, *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. citreum*, *L. pseudomesenteroides*, *L. fermentum*, *P. acidilactici*, *P. pentasaceus*, *S. thermophilus* ve *W. cibaria* olarak tanılanan 139 izolat ve tanılanmayan 13 izolat Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1** Tarhana örneklerinden izole edilen laktik asit bakterileri

| Kod | Mikroorganizma                  | Kod | Mikroorganizma                       |
|-----|---------------------------------|-----|--------------------------------------|
| T1  | <i>Enterococcus faecium</i>     | T77 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> |
| T2  | <i>Enterococcus faecium</i>     | T78 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> |
| T3  | <i>Pediococcus pentasaceus</i>  | T79 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> |
| T4  | <i>Lactobacillus bulgaricus</i> | T80 | <i>Weissella cibaria</i>             |
| T5  | <i>Pediococcus acidilactici</i> | T81 | <i>Weissella cibaria</i>             |
| T6  | <i>Pediococcus acidilactici</i> | T82 | <i>Weissella cibaria</i>             |
| T7  | <i>Pediococcus acidilactici</i> | T83 | <i>Weissella cibaria</i>             |
| T8  | <i>Pediococcus acidilactici</i> | T84 | <i>Weissella cibaria</i>             |
| T9  | <i>Enterococcus faecium</i>     | T85 | <i>Enterococcus faecium</i>          |
| T10 | <i>Enterococcus faecium</i>     | T86 | <i>Pediococcus pentasaceus</i>       |
| T11 | <i>Enterococcus faecium</i>     | T87 | <i>Pediococcus pentasaceus</i>       |

| Kod | Mikroorganizma                       | Kod  | Mikroorganizma                       |
|-----|--------------------------------------|------|--------------------------------------|
| T12 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T88  | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> |
| T13 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T89  | <i>Pediococcus pentasaceus</i>       |
| T14 | <i>Enterococcus faecium</i>          | T90  | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> |
| T15 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> | T91  | <i>Pediococcus pentasaceus</i>       |
| T16 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> | T92  | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T17 | <i>Pediococcus pentasaceus</i>       | T93  | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T18 | <i>Pediococcus pentasaceus</i>       | T94  | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T19 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> | T95  | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T20 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T96  | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T21 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> | T97  | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> |
| T22 | <i>Pediococcus pentasaceus</i>       | T98  | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T23 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T99  | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T24 | ND                                   | T100 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T25 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T101 | <i>Leuconostoc citreum</i>           |
| T26 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T102 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T27 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T103 | <i>Leuconostoc citreum</i>           |
| T28 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T104 | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> |
| T29 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T105 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T30 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T106 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T31 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T107 | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> |
| T32 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> | T108 | <i>Leuconostoc citreum</i>           |
| T33 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T109 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i> |
| T34 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T110 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T35 | <i>Enterococcus faecium</i>          | T111 | <i>Enterococcus faecium</i>          |
| T36 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T112 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T37 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T113 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T38 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T114 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T39 | <i>Enterococcus faecium</i>          | T115 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T40 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T116 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      |
| T41 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T117 | ND                                   |
| T42 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T118 | <i>Streptococcus thermophilus</i>    |
| T43 | <i>Enterococcus faecium</i>          | T119 | <i>Streptococcus thermophilus</i>    |
| T44 | <i>Pediococcus acidilactici</i>      | T120 | <i>Streptococcus thermophilus</i>    |

| Kod | Mikroorganizma                           | Kod  | Mikroorganizma                         |
|-----|------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| T45 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | T121 | <i>Enterococcus faecium</i>            |
| T46 | ND                                       | T122 | <i>Lactocaseibacillus casei</i>        |
| T47 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | T123 | <i>Streptococcus thermophilus</i>      |
| T48 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | T124 | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> |
| T49 | <i>Enterococcus faecium</i>              | T125 | ND                                     |
| T50 | <i>Enterococcus faecium</i>              | T126 | <i>Streptococcus thermophilus</i>      |
| T51 | <i>Enterococcus faecium</i>              | T127 | <i>Streptococcus thermophilus</i>      |
| T52 | <i>Weissella cibaria</i>                 | T128 | <i>Streptococcus thermophilus</i>      |
| T53 | <i>Enterococcus faecium</i>              | T129 | <i>Pediococcus pentasaceus</i>         |
| T54 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | T130 | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> |
| T55 | ND                                       | T131 | <i>Streptococcus thermophilus</i>      |
| T56 | <i>Pediococcus pentasaceus</i>           | T132 | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> |
| T57 | <i>Lactiplantibacillus paraplantarum</i> | T133 | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> |
| T58 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | T134 | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> |
| T59 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | T135 | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> |
| T60 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | T136 | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> |
| T61 | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i>   | T137 | ND                                     |
| T62 | <i>Streptococcus thermophilus</i>        | T138 | <i>Streptococcus thermophilus</i>      |
| T63 | <i>Enterococcus faecium</i>              | T139 | <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> |
| T64 | <i>Enterococcus faecium</i>              | T140 | <i>Streptococcus thermophilus</i>      |
| T65 | <i>Enterococcus faecium</i>              | T141 | ND                                     |
| T66 | <i>Enterococcus faecium</i>              | T142 | <i>Streptococcus thermophilus</i>      |
| T67 | <i>Enterococcus faecium</i>              | T143 | <i>Pediococcus pentasaceus</i>         |
| T68 | <i>Enterococcus faecium</i>              | T144 | ND                                     |
| T69 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | T145 | <i>Streptococcus thermophilus</i>      |
| T70 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | T146 | <i>Streptococcus thermophilus</i>      |
| T71 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | T147 | <i>Pediococcus acidilactici</i>        |
| T72 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | T148 | ND                                     |
| T73 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | T149 | ND                                     |
| T74 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | T150 | ND                                     |
| T75 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | T151 | ND                                     |
| T76 | <i>Limosilactobacillus fermentum</i>     | T152 | ND                                     |

\*ND: Tanılanmamıştır.

Ekibimizde yüksek lisans tezi (Başdoğan, 2020) olarak yürütülen çalışma kapsamında farklı turşu örneklerinden LAB izolasyonu yapılmış ve *L. pentosus*, *L. plantarum*, *L. buchneri*, *L. brevis*, *P. ethanolidurans* ve *P. parvulus* olarak tanılanan 17 izolat ve tanılanmayan 79 izolat Çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 3.2** Turşu örneklerinden izole edilen laktik asit bakterileri

| Kod | Mikroorganizma                       | Kod | Mikroorganizma                       |
|-----|--------------------------------------|-----|--------------------------------------|
| P1  | ND                                   | P49 | ND                                   |
| P2  | ND                                   | P50 | <i>Pediococcus parvulus</i>          |
| P3  | ND                                   | P51 | ND                                   |
| P4  | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | P52 | ND                                   |
| P5  | ND                                   | P53 | <i>Lactiplantibacillus pentosus</i>  |
| P6  | ND                                   | P54 | ND                                   |
| P7  | ND                                   | P55 | ND                                   |
| P8  | ND                                   | P56 | ND                                   |
| P9  | ND                                   | P57 | ND                                   |
| P10 | ND                                   | P58 | ND                                   |
| P11 | ND                                   | P59 | ND                                   |
| P12 | ND                                   | P60 | ND                                   |
| P13 | ND                                   | P61 | ND                                   |
| P14 | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | P62 | ND                                   |
| P15 | ND                                   | P63 | ND                                   |
| P16 | ND                                   | P64 | ND                                   |
| P17 | ND                                   | P65 | ND                                   |
| P18 | ND                                   | P66 | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> |
| P19 | ND                                   | P67 | ND                                   |
| P20 | ND                                   | P68 | ND                                   |
| P21 | ND                                   | P69 | ND                                   |
| P22 | ND                                   | P70 | ND                                   |

| Kod | Mikroorganizma                       | Kod | Mikroorganizma                      |
|-----|--------------------------------------|-----|-------------------------------------|
| P23 | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | P71 | ND                                  |
| P24 | ND                                   | P72 | ND                                  |
| P25 | ND                                   | P73 | <i>Lactiplantibacillus pentosus</i> |
| P26 | ND                                   | P74 | <i>Pediococcus parvulus</i>         |
| P27 | ND                                   | P75 | ND                                  |
| P28 | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | P76 | ND                                  |
| P29 | ND                                   | P77 | ND                                  |
| P30 | ND                                   | P78 | ND                                  |
| P31 | ND                                   | P79 | ND                                  |
| P32 | ND                                   | P80 | ND                                  |
| P33 | ND                                   | P81 | ND                                  |
| P34 | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | P82 | ND                                  |
| P35 | ND                                   | P83 | <i>Pediococcus ethanolidurans</i>   |
| P36 | <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> | P84 | <i>Pediococcus ethanolidurans</i>   |
| P37 | ND                                   | P85 | <i>Pediococcus ethanolidurans</i>   |
| P38 | ND                                   | P86 | ND                                  |
| P39 | ND                                   | P87 | <i>Lentilactobacillus buchneri</i>  |
| P40 | ND                                   | P88 | ND                                  |
| P41 | <i>Levilactobacillus brevis</i>      | P89 | <i>Pediococcus parvulus</i>         |
| P42 | ND                                   | P90 | ND                                  |
| P43 | ND                                   | P91 | ND                                  |
| P44 | ND                                   | P92 | ND                                  |
| P45 | ND                                   | P93 | ND                                  |
| P46 | ND                                   | P94 | ND                                  |
| P47 | ND                                   | P95 | ND                                  |
| P48 | ND                                   | P96 | ND                                  |

\*ND: Tanılanmamıştır.

Ekibimizin araştırma projesi olarak yürüttüğü çalışma kapsamında şalgam suyu örneklerinden LAB izolasyonu yapılmış ve *E. faecalis*, *L. paracasei*, *Lacticaseibacillus* sp., *Lactobacillus* sp. *L. buchneri*, *L. parafarraginis*, *L. brevis*, *Lentilactobacillus* sp. ve *P. acidilactici* olarak tanımlanan 135 izolat ve tanımlanmayan 5 izolat Çizelge 3.3'te verilmiştir.

**Çizelge 3.3** Şalgam suyu örneklerinden izole edilen laktik asit bakterileri

| Kod | Mikroorganizma                           | Kod | Mikroorganizma                      |
|-----|------------------------------------------|-----|-------------------------------------|
| S1  | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S71 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S2  | <i>Lentilactobacillus buchneri</i>       | S72 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S3  | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S73 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S4  | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S74 | <i>Lacticaseibacillus</i> sp.       |
| S5  | <i>Lentilactobacillus buchneri</i>       | S75 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S6  | <i>Lentilactobacillus buchneri</i>       | S76 | <i>Lactobacillus</i> sp.            |
| S7  | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S77 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S8  | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S78 | <i>Lacticaseibacillus</i> sp.       |
| S9  | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S79 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S10 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S80 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S11 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S81 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S12 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S82 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S13 | <i>Lentilactobacillus buchneri</i>       | S83 | <i>Levilactobacillus brevis</i>     |
| S14 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S84 | <i>Lacticaseibacillus paracasei</i> |
| S15 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S85 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S16 | <i>Lacticaseibacillus</i> sp.            | S86 | ND                                  |
| S17 | <i>Lacticaseibacillus</i> sp.            | S87 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S18 | <i>Lacticaseibacillus paracasei</i>      | S88 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S19 | <i>Lentilactobacillus parafarraginis</i> | S89 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S20 | <i>Lactobacillus</i> sp.                 | S90 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S21 | <i>Lacticaseibacillus paracasei</i>      | S91 | <i>Lactobacillus</i> sp.            |
| S22 | <i>Lacticaseibacillus</i> sp.            | S92 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |

| Kod | Mikroorganizma                           | Kod  | Mikroorganizma                     |
|-----|------------------------------------------|------|------------------------------------|
| S23 | <i>Enterococcus faecalis</i>             | S93  | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S24 | <i>Lactcaseibacillus</i> sp.             | S94  | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S25 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S95  | <i>Enterococcus faecalis</i>       |
| S26 | <i>Lentilactobacillus parafarraginis</i> | S96  | ND                                 |
| S27 | <i>Lactcaseibacillus</i> sp.             | S97  | <i>Lactcaseibacillus paracasei</i> |
| S28 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S98  | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S29 | <i>Lactcaseibacillus</i> sp.             | S99  | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S30 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S100 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S31 | <i>Lactcaseibacillus paracasei</i>       | S101 | ND                                 |
| S32 | <i>Lactcaseibacillus</i> sp.             | S102 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S33 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S103 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S34 | <i>Lentilactobacillus buchneri</i>       | S104 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S35 | ND                                       | S105 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S36 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S106 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S37 | <i>Levilactobacillus brevis</i>          | S107 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S38 | <i>Lactcaseibacillus</i> sp.             | S108 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S39 | <i>Lactcaseibacillus</i> sp.             | S109 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S40 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S110 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S41 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S111 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S42 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S112 | <i>Enterococcus faecalis</i>       |
| S43 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S113 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S44 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S114 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S45 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S115 | <i>Levilactobacillus brevis</i>    |
| S46 | <i>Lactcaseibacillus</i> sp.             | S116 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |
| S47 | <i>Lactcaseibacillus</i> sp.             | S117 | <i>Enterococcus faecalis</i>       |
| S48 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S118 | <i>Lactcaseibacillus</i> sp.       |
| S49 | <i>Lactcaseibacillus</i> sp.             | S119 | <i>Pediococcus acidilactici</i>    |

| Kod | Mikroorganizma                           | Kod  | Mikroorganizma                      |
|-----|------------------------------------------|------|-------------------------------------|
| S50 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S120 | <i>Lentilactobacillus</i> sp.       |
| S51 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.            | S121 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |
| S52 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S122 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |
| S53 | <i>Lentilactobacillus parafarraginis</i> | S123 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |
| S54 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S124 | <i>Lactocaseibacillus paracasei</i> |
| S55 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.            | S125 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |
| S56 | <i>Levilactobacillus brevis</i>          | S126 | <i>Enterococcus faecalis</i>        |
| S57 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S127 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |
| S58 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.            | S128 | <i>Enterococcus faecalis</i>        |
| S59 | <i>Lactobacillus</i> sp.                 | S129 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S60 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S130 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |
| S61 | <i>Lactocaseibacillus paracasei</i>      | S131 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |
| S62 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S132 | <i>Enterococcus faecalis</i>        |
| S63 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S133 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |
| S64 | <i>Lentilactobacillus parafarraginis</i> | S134 | <i>Enterococcus faecalis</i>        |
| S65 | <i>Pediococcus acidilactici</i>          | S135 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S66 | <i>Lactocaseibacillus paracasei</i>      | S136 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S67 | <i>Lactocaseibacillus paracasei</i>      | S137 | <i>Pediococcus acidilactici</i>     |
| S68 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.            | S138 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |
| S69 | ND                                       | S139 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |
| S70 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.            | S140 | <i>Lactocaseibacillus</i> sp.       |

\*ND: Tanılanmamıştır.

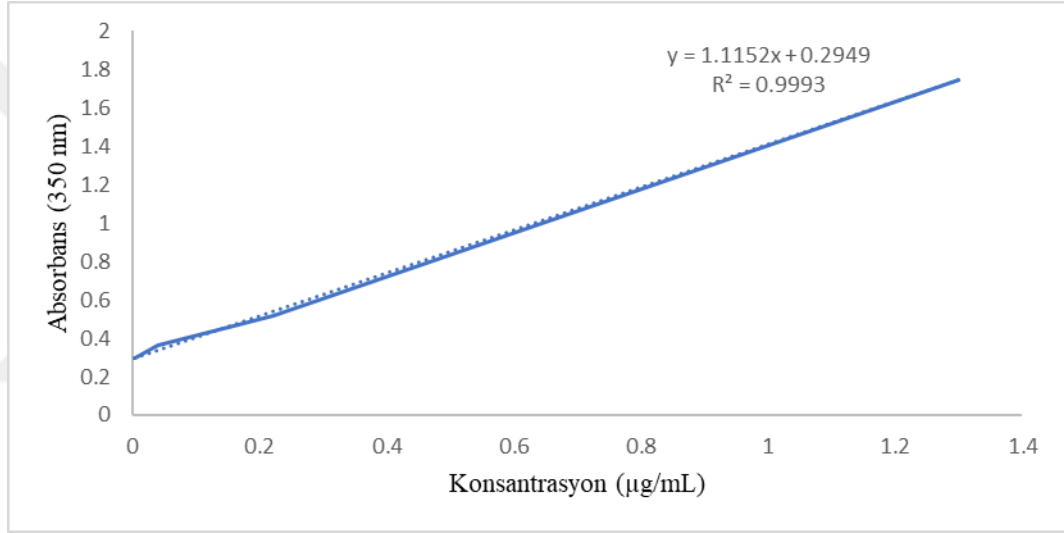
### 3.2 Laktik Asit Bakterisi İzolatlarının Ürettiği Postbiyotiklerin Belirlenmesi

#### 3.2.1 Hidrojen peroksit üretimi

İzolatların hidrojen peroksit üretim miktarlarını belirlemek amacıyla, kültürler de Man-Rogosa and Sharp Broth'da (MRS Broth, pH 6.2±0.2, Biolife 4017292, İtalya) 37°C'de 24 saat aktiveleştirildikten sonra Skim Milk Medium'a %2



oranında inoküle edilmiş ve 37°C'de 48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin ardından kültürler son hacim 30 mL olacak şekilde saf su ilave edilmiş ve 4000xg'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra hücre içermeyen süpernatant alınarak Whatman 42 filtre kağıdından karanlık bir ortamda süzölmüş ve süzölmüşten 8 mL alınarak üzerine sırasıyla 1 mL sülfirik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 1 mL amonyum molibdat [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>] ve 1 mL potasyum iyodür (KI) ilave edilmiştir. Absorbans mikropilaka okuyucuda (Thermo Science Multiskan GO, Japonya) 350 nm dalga boyunda ölçölmüştür. LAB'nin ürettiğı hidrojen peroksit miktarı standart hidrojen peroksit eğrisi (Şekil 3.1) kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar µg/mL cinsinden ifade edilmiştir (Kıvanç ve Erikçi, 2018).



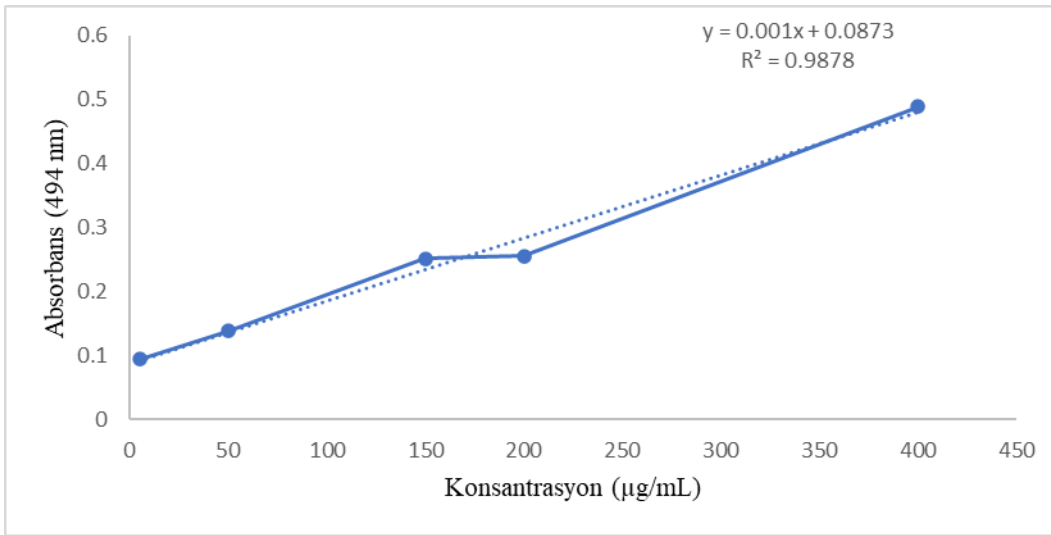
Şekil 3.1 Hidrojen peroksit standart eğrisi

### 3.2.2 Ekzopolisakkarit üretimi

İzolatların EPS üretim miktarlarını belirlemek amacıyla, MRS Broth'da 37°C'de 24 saat aktifleştirilen kültürler 6000xg'de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatanta 1:1 oranında soğuk etanol (%96-99, v/v) ilave edilip 4°C'de bir gece bekletilmiş ve ardından 6000xg'de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen pelet 10 mL saf suda çözöndürölmüş ve üzerine hacminin 2 katı kadar soğuk etanol ilave edildikten sonra 4°C'de bir gece bekletilmiştir. Ardından 6000xg'de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen pelet 5 mL saf suda çözöndürölmüş ve son hacimde %15 olacak şekilde %100'lük trikloroasetik asit eklenmiştir. 4°C'de 3-4 saat çalkalamanın ardından 6000xg'de 30 dakika santrifüj

edilmiştir. Elde edilen süpernatantın pH değeri 5M NaOH ile 7'ye ayarlanmış ve üzerine hacminin 5 katı kadar soğuk etanol ilave edildikten sonra 4°C'de bir gece bekletilmiştir. Son aşamada, 6000xg'de 30 dakika santrifüj işleminin sonunda çöken pelet (EPS) üzerine 5 mL saf su ilave edilmiştir (Pingitore et al., 2016).

EPS miktarı analizi fenol-sülfirik asit yöntemine göre yapılmıştır (DuBois et al., 1956). 96 kuyucuklu mikropalakalara 50 µL örnek, 150 µL %96'lık sülfirik asit ve 30 µL %5'lik fenol aktarılmış ve 5 dakika inkübe edilmiştir. Absorbans mikropalaka okuyucuda 494 nm dalga boyunda ölçülmüştür. EPS miktarı (µg/mL) standart glikoz eğrisi (Şekil 3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

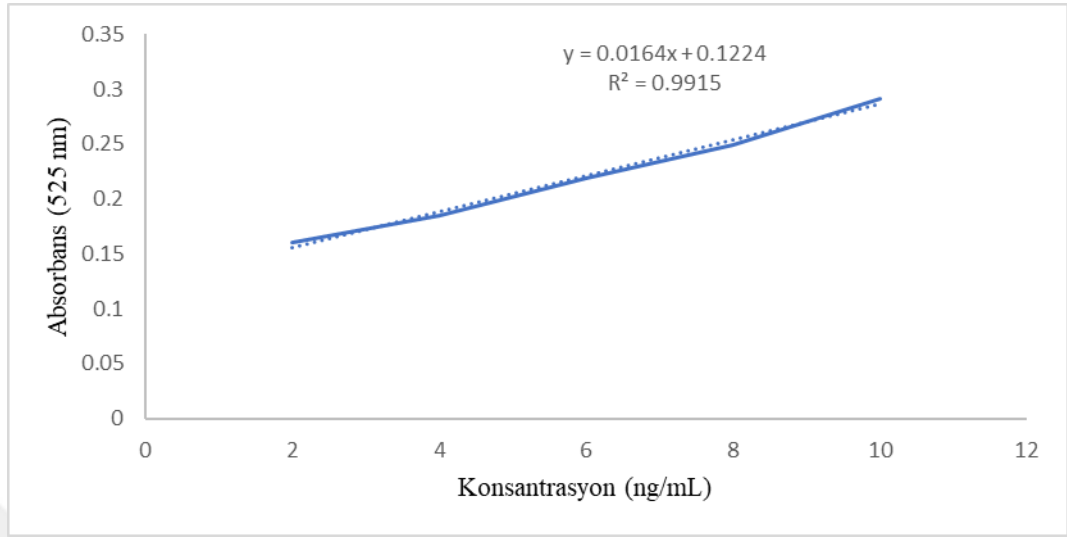


Şekil 3.2 Ekpopolisakkarit standart eğrisi

### 3.2.3 Diasetil üretimi

İzolaların diasetil üretim miktarlarını belirlemek amacıyla, kültürler MRS Broth'da 37°C'de 24 saat aktifleştirilmiş ve 2500xg'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen peletler peptonlu su (PW, pH 6.8±0.2, Oxoid CM0009, İngiltere) ile süspanse edildikten sonra 10 mL Skim Milk Medium'a %1 oranında inoküle edilmiş ve 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda 525 µL kültür üzerine 325 µL doymuş kreatin çözeltisi ve %3 NaOH ve %3.5 α-naftol içeren 150 µL çözelti eklenmiştir. Karışım oda sıcaklığında 1 saat bekletildikten sonra absorbans 525 nm'de ölçülmüştür. LAB'nin oluşturduğu

diasetil miktarı standart diasetil eğrisi (Şekil 3.3) kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar ng/mL cinsinden ifade edilmiştir (Lew et al., 2013).



Şekil 3.3 Diasetil standart eğrisi

### 3.2.4 Bakteriyosin üretimi ve saflaştırılması

#### 3.2.4.1 Laktik asit bakterilerinin antimikrobiyal etki spektrumlarının belirlenmesi

Tarhana, turşu ve şalgam suyu örneklerinden izole edilen LAB'nin antibakteriyel etkinliği agar difüzyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bakteriyosin üretiminin belirlenebilmesi amacıyla izolatlar aerobik/anaerobik ortamda ve inülin içeren/içermeyen MRS/M17 Broth'da (M17, pH 7.2±0.1, Merck 115029, Almanya) 37°C'de 24 saat geliştirilmiş ve 9660xg'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatantın pH değeri 5N NaOH kullanılarak 6'ya ayarlanmış ve ardından süpernatantlara 80°C'de 10 dakika ısıtıl işlem uygulanmıştır. Daha sonra süpernatantlar 0.22 µm por çaplı membran filtreden geçirilmiştir (Salman et al., 2020).

İndikatör bakteriler (*B. cereus* No 8, *B. subtilis* ATCC 6037, *E. faecalis* ATCC 29212, *E. coli* ATCC 10536, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *L. monocytogenes* ATCC 13932, *L. monocytogenes* ATCC 49594, *S. Typhimurium* ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 6538P) Brain Heart Infusion Broth'da (BHI, pH

7.4±0.2, Merck 110493, Almanya) geliştirilmiştir. MacFarland değerleri (DEN-1 Mc Farland Densitometer, Grantbio, Thermo Fisher, Scientific, İngiltere) 0.5'e ayarlanan indikatör bakteriler Plate Count Agar'a (PCA, pH 7.0±0.2, Merck 105463, Almanya) inoküle edilmiş ve petri kabına homojen şekilde dökülmüştür. Ardından, petrilerin üzerine 6 mm çaplı kuyucuklar açılmış ve 100 µL hücre içermeyen süpernatant kuyucuklara aktarılmıştır. 37°C'de 24 saat inkübasyonun ardından kuyucukların etrafında oluşan inhibisyon zonu incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir (Kaktcham et al., 2019).

### **3.2.4.2 Bakteriyosin aktivitesinin belirlenmesi**

Bakteriyosin aktivitesi “Denklem 1” kullanılarak AU/mL cinsinden hesaplanmıştır (Salman et al., 2020).

$$\frac{AU}{mL} = \frac{\text{berrak zon alanı} - \text{kuyucuk alanı}}{\text{örnek hacmi}}$$

Denklem 1

### **3.2.4.3 Bakteriyosin üretiminin optimizasyonu**

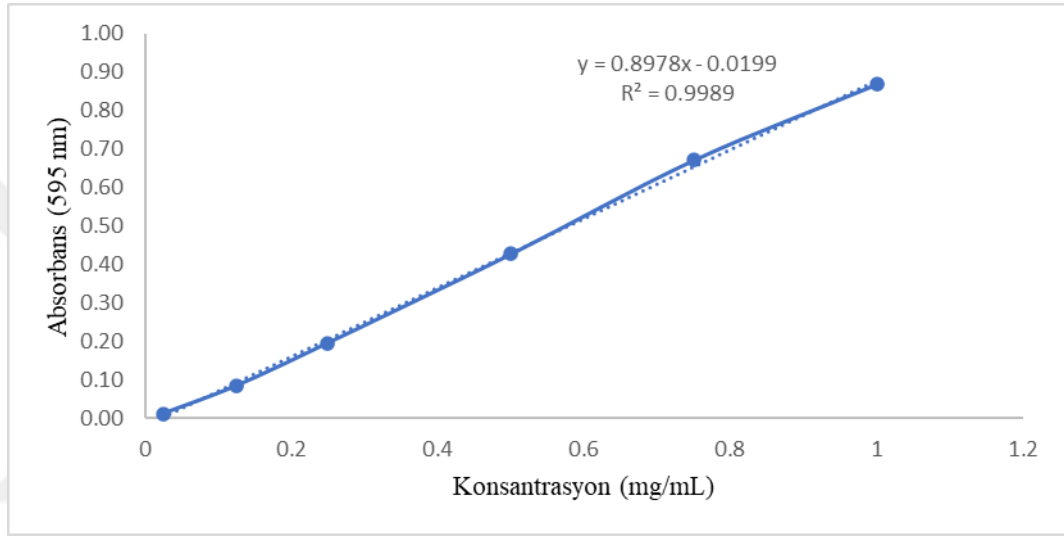
Bakteriyosin üretiminin optimizasyonu amacıyla Box-Behnken tasarımı uygulanmış ve izolatların bakteriyosin aktivitesi belirlenmiştir (Salman et al., 2020). Deneme desenindeki bağımsız değişkenler inkübasyon sıcaklığı (30, 36 ve 42°C), besiyeri pH değeri (4, 6 ve 8) ve inkübasyon süresi (18, 30 ve 42 saat) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.4).

**Çizelge 3.4** Bağımsız değişkenler ve faktörlerin alt ve üst sınır değerleri

| Bağımsız değişkenler | Değişkenlerin seviyeleri |          |             |
|----------------------|--------------------------|----------|-------------|
|                      | Düşük (-1)               | Orta (0) | Yüksek (+1) |
| Sıcaklık (°C)        | 30                       | 36       | 42          |
| Süre (saat)          | 18                       | 30       | 42          |
| Besiyeri pH değeri   | 4                        | 6        | 8           |

#### **3.2.4.4 Bakteriyosinlerin protein miktarlarının belirlenmesi**

Bakteriyosinlerin protein miktarları Bradford (1976) tarafından belirtilen yöntem kullanılarak tespit edilmiştir. 100 µL bakteriyosin üzerine 2 mL Bradford çözeltisi ilave edilmiş ve 15 dakika karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Sürenin sonunda absorbans 595 nm'de ölçülmüş, bakteriyosinlerin protein miktarı standart bovine gamma globulin standart eğrisi (Şekil 3.4) kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar mg/mL olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.4 Bovine gamma globulin standart eğrisi

#### **3.2.4.5 Bakteriyosinlerin kısmi saflaştırılması**

Bakteriyosinlerin kısmi saflaştırılması amacıyla, kültürler 500 mL besiyerine (MRS Broth/M17 Broth) %2 oranında inoküle edilmiş ve optimum bakteriyosin ürettiği koşullar altında inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda gelişen kültürler 9660xg'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatantın pH değeri 5N NaOH kullanılarak 6'ya ayarlanmış ve ardından süpernatantlara 80°C'de 10 dakika ısıtma işlemi uygulanmıştır. Steril bir erlen içerisine aktarılan süpernatantların üzerine son konsantrasyonu %60 olacak şekilde amonyum sülfat ilave edilmiş ve 4°C'de bir gece çalkalanmıştır. Sürenin sonunda örnekler 9660xg'de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra pelet 0.05 M sodyum fosfat tamponu (PBS, pH 7.0) içerisinde çözölmüştür (Salman et al., 2020). Amonyum sülfatın uzaklaştırılması amacıyla elde edilen çözelti diyaliz tüpünde (1

kDa, Spectra/Por 7 Dialysis Tubing 132104, Thermo Fisher Scientific, İngiltere) aynı tampona karşı gece boyunca diyaliz edilmiştir (Ek 1). Elde edilen örnekler vakum altında -30°C'de 15 saat kurutulmuştur (Liyolife liyofilizatör, Türkiye).

#### **3.2.4.6 Bakteriyosinlerin katı faz ekstraksiyonu yöntemi ile saflaştırılması**

Bakteriyosinlerin ileri düzeyde saflaştırılması amacıyla katı faz ekstraksiyonu yöntemi kullanılmıştır (Ek 1). Diyaliz işleminden sonra elde edilen diyalizattan bakteriyosinlerin geri kazanımı için Strata C18-E SPE (5g, 20 ml, Phenomenex, ABD) kolonları kullanılmıştır. Kolonlar, %30 etanol ile aktif hale getirilmiş ve alkol kalıntısının giderilmesi amacıyla PBS ile yıkanmıştır. Ardından bakteriyosin içeren diyalizat kolona yüklenmiş ve bakteriyosinler kolondan %70 izopropanol ve %0.1 trifloroasetik asit ile geri kazanılmıştır. İzopropanol rotari evaporatör kullanılarak ortamdan uzaklaştırılmıştır (Mills et al., 2011). Elde edilen örnekler vakum altında (Liyolife liyofilizatör, Türkiye) -30°C'de 15 saat kurutulmuştur (Ek 2).

#### **3.2.4.7 Bakteriyosin aktivitesi üzerine pH, sıcaklık ve enzim uygulamalarının etkisi**

Bakteriyosin aktivitesi üzerine farklı pH değerlerinin etkilerinin belirlenmesi amacıyla, bakteriyosinlerin pH değerleri 6N NaOH veya 6N HCl kullanılarak 2.0-11.0 arasında ayarlanmış ve 0.22 µm por çaplı membran filtreden geçirilen bakteriyosinler 4°C'de 24 saat bekletilmiştir. Sürenin sonunda bakteriyosinlerin antimikrobiyal aktiviteleri belirlenmiştir.

Bakteriyosin aktivitesi üzerine sıcaklık uygulamalarının etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla, bakteriyosinler 60, 80, 100°C'de 10, 20 ve 30 dakika, 121°C'de 15 dakika ısıtılma tabi tutulmuş ve antimikrobiyal aktivite değerleri belirlenmiştir.

Bakteriyosinlerin enzimlere karşı duyarlılığını belirlemek amacıyla α-kimotripsin, katalaz, pepsin, proteinaz K ve tripsin enzimleri kullanılmıştır. Bakteriyosinlere son konsantrasyon 1 mg/mL olacak şekilde enzimler ilave edilmiş

ve 37°C’de 2 saat bekletilmiştir. Enzim aktiviteleri, 100°C’de 3 dakika ısı uygulaması ile sonlandırılmış ve antimikrobiyal aktivite değerleri tespit edilmiştir.

pH, sıcaklık ve enzim uygulamalarında kontrol olarak işlem uygulanmamış bakteriyosinler kullanılmış ve aktiviteler “Denklem 2” kullanılarak hesaplanmıştır (Abanoz and Kunduhoglu, 2018).

$$\%Aktivite = \frac{\text{İşlem görmüş bakteriyosin}}{\text{İşlem görmemiş bakteriyosin}} * 100 \quad \text{Denklem 2}$$

### **3.2.4.8 Bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğünün tespiti**

Saflaştırılan bakteriyosinlerin moleküler büyüklükleri, trisin sodyum dodesil sülfat-poliakrilamit jel elektroforez (Trisin-SDS-PAGE) sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Plakalara öncelikle %15’lik ayırıcı jel (2300 µL saf su, 2500 µL 1.5 M Tris pH:8.9, 100 µL %10 SDS, 5000 µL %30 akrilamit/bisakrilamit, 100 µL %10 amonyum persülfat, 4 µL N’N’N’N’-Tetra-Metilendiamin-TEMED) dökülmüş ve ayırıcı jelin polimerizasyonu için 45 dakika bekletilmiştir. Ardından üzerine %5’lik yığma jel (1360 µL saf su, 250 µL 0.5 M Tris pH:6.8, 20 µL %10 SDS, 340 µL %30 akrilamit/bisakrilamit, 20 µL %10 amonyum persülfat, 2 µL TEMED) dökülmüş ve tarak yerleştirildikten sonra yığma jelin polimerizasyonu amacıyla 20 dakika bekletilmiştir. Daha sonra, plakalar elektroforez tankına yerleştirilmiş, elektrot tamponu ilave edilmiş ve tarak çıkarılmıştır. Saflaştırılan bakteriyosinle jel kuyucuklarına mikropipet aracılığıyla 10 µL olacak şekilde yüklenmiştir. Jel sistemine yığma jeldeki göç için 85 V, ayırıcı jeldeki göç için ise 110 V akım uygulanmıştır. Yaklaşık 2 saat ayırıcı jelde yürütülen örnekler jelin son kısmına ulaştığında sistem durdurulmuştur. Sistemden çıkarılan jel commasie brilliant blue boyama çözeltisinde 45 dakika bekletilmiştir. Ultra düşük aralıklı moleküler ağırlık marker (1.06–26.6 kDa, Sigma-Aldrich, ABD), protein standardı olarak kullanılmıştır (Abanoz and Kunduhoglu, 2018).

### **3.3 Gıda Denemelerinde Kullanılan Postbiyotiklerin Hazırlığı**

Postbiyotiklerin elde edilmesi amacıyla en yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirlenen *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. plantarum* P36, *L.*

*pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115, *P. ethanolidurans* P84, *P. pentasaceus* T87 ve *S. thermophilus* T127, MRS Broth'da 37°C'de 24 saat geliştirilmiş ve ardından 9660xg'de 15 dakika santrifüj (Hettich GmbH & Co. KG, 78532, Tufflingen, Almanya) edilmiştir. Daha sonra elde edilen süpernatant 0.22 µm'lık membran filtreden geçirilmiştir (Jo et al., 2021). Marul ve tavuk eti uygulamalarında kullanılan postbiyotikler %10 konsantrasyona kadar içme suyu ile seyreltilmiştir. Peynir örneklerine ise %5 oranında postbiyotik ilavesi yapılmıştır.

### 3.4 Gıda Denemelerinde Kullanılan Patojenlerin Hazırlığı

Postbiyotiklerin gıda örnekleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla marul ve tavuk eti örneklerine inoküle edilmek üzere *E. coli* O157:H7 (ATCC 43888 ve ATCC 43895), *L. monocytogenes* (ATCC 13932 ve ATCC 49594) ve *S. Typhimurium* (ATCC 13311 ve ATCC 14028), peynir örneklerine inoküle edilmek üzere ise *L. monocytogenes* (ATCC 13932 ve ATCC 49594), *S. Typhimurium* (ATCC 13311 ve ATCC 14028) ve *S. aureus* (9144 ve ATCC 6538P) kullanılmıştır. 50 ppm nalidiksik aside adapte edilen kültürler, 50 ppm nalidiksik asit içeren Tryptic Soya Broth besiyerine (TSB, pH 7.3±0.2, Merck 105459, Almanya) inoküle edilmiş ve 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Her bir patojene ait iki farklı suş, eşit hacimde karıştırıldıktan sonra 3000xg'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen peletler %0.85'lik steril salin çözeltisi ile iki kez yıkanmış ve en son elde edilen pelet %0.85'lik steril salin çözeltisi ile süspanse edildikten sonra inokülasyon kültürü ( $\approx 10^6$  kob/mL) olarak çalışmada kullanılmıştır.

### 3.5 Marul Örneklerinin Hazırlığı

Yerel bir marketten satın alınan marul örnekleri soğuk zincir ile Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, Gıda Mikrobiyolojisi araştırma laboratuvarına getirilmiş ve aynı gün analizlerde kullanılmıştır. Marul örneklerinin dış yaprakları ve sapları ayrılmış, kaba kirlerin uzaklaştırılması amacıyla çeşme suyunda yıkanmış ve fazla su sebze kurutucu yardımıyla uzaklaştırılıp yapraklar kurutulmuştur. Daha sonra, marul örnekleri aseptik şartlar altında steril bıçak yardımıyla 4x4 cm'lik parçalar halinde kesilmiştir.



İnokülasyon yapılan örneklerde inokülasyon öncesi patojen (*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium*) varlığı incelenmiş ve bu patojenleri içermediği tespit edilen marul örnekleri 25 gram olacak şekilde steril kavanozlara aktarılmıştır. Ardından kavanozlara 100 mL kültür ilave edilmiş ve oda sıcaklığında 20 dakika bekletilmiştir. Daha sonra patojen bulaştırılan marul örnekleri steril kavanozlara aktarılmış ve kavanozlar 4°C’de 24 saat bekletilmiştir. Sürenin sonunda marul örnekleri 100 mL postbiyotik içeren yıkama sıvılarında 5 ve 30 dakika bekletilmiştir (Çizelge 3.5). Süre sonunda örnekler steril filtre kağıdı üzerinde kurutulmuş ve plastik kaplara aktarılmıştır. Sadece içme suyu ile işlem gören ve işlem görmemiş marul örnekleri kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. 4°C’de 15 gün depolanan örneklerde, depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayımları yapılmıştır.

Postbiyotiklerin marul kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla marul örnekleri 400 gram olacak şekilde steril kavanozlara aktarılmış, ardından 1600 mL postbiyotik içeren yıkama sıvılarında 5 ve 30 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda örnekler steril filtre kağıdı üzerinde kurutulmuş ve plastik kaplara aktarılmıştır (Ek 3). Sadece içme suyu ile işlem gören ve işlem görmemiş marul örnekleri kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Marullar 4°C’de 15 gün depolanmış ve depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde örneklerde mikrobiyolojik (TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae, LAB ve küf-maya sayımı), fiziksel (renk), kimyasal (pH) ve duyu analizler yapılmıştır.

### 3.6 Tavuk Eti Örneklerinin Hazırlığı

Yerel bir marketten satın alınan tavuk göğsü filetoları soğuk zincir ile Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, Gıda Mikrobiyolojisi araştırma laboratuvarına getirilmiş ve aynı gün analizlerde kullanılmıştır. Et örnekleri aseptik şartlar altında steril bıçak yardımıyla 1 cm kalınlığında kesilmiştir.

İnokülasyon yapılacak örneklerde inokülasyon öncesi patojen (*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium*) varlığı incelenmiş ve bu patojenleri içermediği tespit edilen tavuk eti örnekleri 25 gram olacak şekilde steril

kavanozlara aktarılmıştır. Ardından spot inokülasyon yöntemi kullanılarak tavuk eti örneklerine 100 µL kültür inoküle edilmiş ve örnekler oda sıcaklığında 20 dakika bekletilmiştir. Daha sonra patojen bulaştırılan tavuk eti örnekleri 50 mL postbiyotik içeren yıkama sıvılarında 5 ve 30 dakika bekletilmiştir (Çizelge 3.5). Süre sonunda örnekler steril filtre kağıdı üzerinde kurutulmuş ve ardından steril kavanozlara aktarılmıştır. Sadece içme suyu ile işlem gören ve işlem görmemiş tavuk eti örnekleri kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Tavuk göğsü filetoları 4°C’de 7 gün depolanmış ve depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerde *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayımları yapılmıştır.

Postbiyotiklerin tavuk eti kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla tavuk eti örnekleri 400 gram olacak şekilde steril kavanozlara aktarılmış, ardından 800 mL postbiyotik içeren yıkama sıvılarında 5 ve 30 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda örnekler steril filtre kağıdı üzerinde kurutulmuş ve plastik kaplara aktarılmıştır (Ek 4). Sadece içme suyu ile işlem gören ve işlem görmemiş tavuk eti örnekleri kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Tavuk göğsü filetoları 4°C’de 7 gün depolanmış ve depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerde mikrobiyolojik (TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae ve LAB sayımı), fiziksel (renk), kimyasal (pH) ve duyusal analizler yapılmıştır.

**Çizelge 3.5 Marul ve tavuk eti örneklerine uygulanan postbiyotik formülasyonları**

[illegible]

### 3.7 Peynir Örneklerinin Hazırlığı

Peynir üretimi amacıyla yerel bir satıcıdan satın alınan pastörize süt (Sütaş) 32-34°C olacak şekilde ısıtılmıştır. Isıtılan pastörize süt üzerine 0.2 g/L  $\text{CaCl}_2$ , %2 NaCl, %5 postbiyotik (*E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. plantarum* P36, *P. ethanolidurans* P84 ve *P. pentasaceus* T87), 0.2 g/L rennet ilave edilmiş ve karıştırılmıştır (Çizelge 3.6). Daha sonra 32-34°C’de 60 dakika bekletilerek sütün pıhtılaşması sağlanmış ve pıhtı steril tülbent yardımıyla süzölmüştür. Ardından, pıhtı preslenmiş ve 7x7x7 cm<sup>3</sup> olacak şekilde kesilmiştir (Ek 3) (Şekil 3.5).

**Çizelge 3.6** Postbiyotik ilave edilen peynir örnekleri

| Postbiyotik (%)                          | P-S132 | P-S97 | P-P36 | P-P84 | P-T87 | P-K |
|------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-----|
| <i>Enterococcus faecalis</i> S132        | 5      |       |       |       |       |     |
| <i>Lactocaseibacillus paracasei</i> S97  |        | 5     |       |       |       |     |
| <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> P36 |        |       | 5     |       |       |     |
| <i>Pediococcus ethanolidurans</i> P84    |        |       |       | 5     |       |     |
| <i>Pediococcus pentasaceus</i> T87       |        |       |       |       | 5     |     |

Pastörize süt (32-34°C)

↓  
CaCl<sub>2</sub> (0.2 g/L)

↓  
NaCl (%2)

↓  
Süpernatant (%5)

↓  
Rennet (0.2 g/L)

↓  
Pıhtılaşma (60 dakika)

↓  
Pıhtı kesme

↓  
Süzme

↓  
Şekil verme

**Şekil 3.5** Peynir üretimi

Postbiyotik ilavesi ile üretilen peynirler 25 gram olacak şekilde hazırlanmış ve bu örnekler spot inokülasyon yöntemi ile 100 µL kültür (*L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus*) inoküle edilmiştir. Patojen bulaştırılan peynirler oda sıcaklığında 20 dakika bekletilmiştir. İşlem görmemiş peynir örnekleri kontrol grubu olarak değerlendirilmiş ve örnekler steril plastik kaplarda 4°C’de 30 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 4., 7., 10., 15., 21. ve 30. günlerinde örneklerde *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayımları yapılmıştır.

Postbiyotiklerin peynir kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla postbiyotik ilavesiyle üretilen peynirler steril plastik kaplarda 4°C’de 30 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 4., 7., 10., 15., 21. ve 30. günlerinde örneklerde mikrobiyolojik (TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae, LAB, *S. aureus* ve küf-maya sayımı), fiziksel (renk), kimyasal (pH ve toplam asitlik) ve duyu analizler yapılmıştır.

### 3.8 Mikrobiyolojik Analizler

#### - Mikrobiyolojik analizler öncesinde örnek hazırlığı

Mikrobiyolojik analiz aşamasında örnekler steril stomacher poşetlerine alınmış, örneğin 1. dilüsyonu %0.1 PW kullanılarak hazırlanmış ve Stomacher’da (Stomacher Lab Blender 400, Seward Medical, İngiltere) homojen hale getirilmiştir. Daha sonra elde edilen gıda homojenatının diğer dilüsyonları hazırlanmış ve uygun dilüsyonlardan petrilere paralel ekimler yapılmıştır.

#### 3.8.1 *Escherichia coli* O157:H7 aranması

25 g örneğe ön zenginleştirme amacıyla 225 mL tamponlanmış peptonlu su ve vancomycin supplementi (BioMerieux, 412498, Fransa) eklenmiş ve 41.5°C’de 16-24 saat inkübe edilmiştir. Ardından, zenginleştirme sıvısından 0.5 mL inokulum Vidas ECPT stribine (BioMerieux, 30122, Fransa) aktarılmış ve strip mini VIDAS cihazına (BioMerieux, Fransa) tanıtıldıktan sonra cihaza yerleştirilmiştir (ISO 16654, 2001).

### 3.8.2 *Listeria monocytogenes* aranması

225 mL ön zenginleştirme sıvısına (LMX sıvı besiyeri) 25 g örnek ve 500 µL LMX supplementi (BioMerieux, 42648, Fransa) ilave edilmiş ve 37°C’de 26-30 saat inkübe edilmiştir. Ardından, zenginleştirme besiyerinden 250 mL inokulum Vidas LMX sribine (BioMerieux, 30123, Fransa) aktarılmış ve strip mini VIDAS cihazına tanıtıldıktan sonra cihaza yerleştirilmiştir (ISO 11290-1, 2017).

### 3.8.3 *Salmonella* spp. aranması

25 g örneğe ön zenginleştirme amacıyla 225 mL tamponlanmış peptonlu su ve vancomycin supplementi (BioMerieux, 412498, Fransa) eklenmiş ve 41.5°C’de 18-24 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra 0.5 mL inokulum Vidas Up *Salmonella* sribine (SPT, BioMerieux, 30707, Fransa) aktarılmış ve strip mini VIDAS cihazına tanıtıldıktan sonra cihaza yerleştirilmiştir (ISO 6579-1, 2017).

### 3.8.4 *Escherichia coli* O157:H7 sayımı

*E. coli* O157:H7 sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan 50 ppm nalidiksik asit içeren Sorbitol MacConkey Agar’a (SMAC Agar, pH 7.3±0.2, Biolife 401669S2, İtalya) yayma plak yöntemine göre ekim yapılmış ve petriler 37°C’de 24 saat inkübe edilmiştir (Cho et al., 2016).

### 3.8.5 *Listeria monocytogenes* sayımı

*L. monocytogenes* sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan 50 ppm nalidiksik asit içeren ve PALCAM Selective Supplement (Biolife, İtalya) ilave edilmiş PALCAM Agar’a (PALCAM Agar, pH 7.3±0.2, Biolife 4016042, İtalya) yayma plak yöntemine göre ekim yapılmış ve petriler 30°C’de 48 saat inkübe edilmiştir (Rhoades et al., 2013).

### 3.8.6 *Salmonella* Typhimurium sayımı

*S. Typhimurium* sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan 50 ppm nalidiksik asit içeren Xylose Lysine Desoxycholate Agar’a (XLD Agar, pH 7.4±0.2, Biolife

4022082, İtalya) yayma plak yöntemine göre ekim yapılmış ve petriler 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir (Rhoades et al., 2013).

### 3.8.7 *Staphylococcus aureus* sayımı

*S. aureus* sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan 50 ppm nalidiksik asit içeren Egg Yolk Tellurite Emulsion (Biolife 423701, İtalya) ilave edilmiş Baird Parker Agar'a (BPA, pH 7.0±0.2, Biolife 4011162, İtalya) yayma plak yöntemine göre ekim yapılmış ve petriler 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir (FDA-BAM, 1998).

### 3.8.8 Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı

TMAB sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan dökme plak yöntemine göre PCA besiyerine ekim yapılmış ve petriler 35±2°C'de 48 saat inkübe edilmiştir (FDA-BAM, 2001a).

### 3.8.9 Toplam psikrofilik aerobik bakteri sayımı

TPAB sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan dökme plak yöntemine göre PCA besiyerine ekim yapılmış ve petriler 6.5±2°C'de 10 gün inkübe edilmiştir (FDA-BAM, 2001a).

### 3.8.10 *Pseudomonas* spp. sayımı

*Pseudomonas* spp. sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan yayma plak yöntemine göre Glutamate Starch Phenol Red Agar'a (GSP Agar, pH 7.1±0.2, Merck 110230, Almanya) ekim yapılmış ve petriler 30°C'de 48 saat inkübe edilmiştir (Hilbert et al., 2010).

### 3.8.11 Enterobacteriaceae sayımı

Enterobacteriaceae sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan dökme plak yöntemine göre Violet Red Bile Dextrose Agar'a (VRBD Agar, pH 7.4±0.2, Biolife 4021862, İtalya) ekim yapılmış ve petriler 35±2°C'de 24 saat inkübe edilmiştir (ISO, 21528-2 2017).

### 3.8.12 Laktik asit bakterisi sayımı

LAB sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan MRS Agar besiyerine dökme plak yöntemine göre ekim yapılmış ve petriler 30°C’de 3-5 gün inkübe edilmiştir (ISO15214, 1998).

### 3.8.13 Küf-maya sayımı

Küf-maya sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan %10 tartarik asit (Carlo Erba, 411125, Fransa) ile asitlendirilmiş Potato Dextrose Agar’a (PDA, pH 5.6±0.2, Conda 103021, İspanya) dökme plak yöntemine göre ekim yapılmış ve petriler 25°C’de 3-5 gün inkübe edilmiştir (FDA-BAM, 2001b).

### 3.8.14 Antimikrobiyal aktivite testleri

#### 3.8.14.1 Minimum inhibisyon konsantrasyon değeri

Postbiyotiklerin minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) değerlerinin belirlenmesi amacıyla test kültürü olarak *E. coli* O157:H7 ATCC 43888, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *L. monocytogenes* ATCC 13932, *L. monocytogenes* ATCC 49594, *S. Typhimurium* ATCC 13311, *S. Typhimurium* ATCC 14028, *S. aureus* 9144 ve *S. aureus* ATCC 6538P kullanılmıştır. Aktivasyon amacıyla kültürler TSB besiyerine aktarılmış ve 37°C’de 24 saat inkübe edilmiştir. Kültürlerin yoğunluğu Mc Farland standart bulanıklık derecesine göre 0.5 olacak şekilde ayarlandıktan sonra analizlerde kullanılmıştır.

Postbiyotiklerin MİK değerleri mikro dilüsyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Deng et al., 2014). Öncelikle, tüm kuyucuklara 100 µL Mueller Hinton Broth (MHB, pH 7.4±0.2, Merck 110293, Almanya) ilave edildikten sonra mikrop lakanın ilk sırasına 100 µL örnek ilave edilmiş ve bu karışımın 100 µL’si bir sonraki kuyucuğa aktarılmıştır. Bu şekilde aktarım yapılmak suretiyle seyreltme işlemi tamamlanmıştır. Daha sonra tüm kuyucuklara 10 µL test mikroorganizması ilave edilmiştir. Sadece kültür içeren kuyucuklar pozitif kontrol, sadece besiyeri ve örnek içeren kuyucuklar negatif kontrol olarak kullanılmıştır. Plakalar 37°C’de 18-24 saat inkübe edildikten sonra her bir kuyucuğa 20 µL %1’lik 2,3,5 trifenil



tetrazolyum klorit (Merck, Almanya) eklenmiş ve plakalar 37°C’de 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda kuyucuklarda oluşan renk değişimlerine göre postbiyotiklerin MİK değeri belirlenmiştir.

#### **3.8.14.2 Postbiyotiklerin *in vitro* koşullarda gıda patojenleri üzerine inhibisyon etkilerinin belirlenmesi**

Postbiyotiklerin inhibisyon etkilerini belirlemek amacıyla 100 µL hücre içermeyen süpernatant 96 kuyucuklu mikrolakalarda bulunan  $\approx 6$  log kob/mL düzeyinde 100 µL indikatör kültür (*E. coli* O157:H7 ATCC 43888, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *L. monocytogenes* ATCC 13932, *L. monocytogenes* ATCC 49594, *S. Typhimurium* ATCC 13311, *S. Typhimurium* ATCC 14028, *S. aureus* 9144 ve *S. aureus* ATCC 6538P) üzerine ilave edilmiş ve 37°C’de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra, mikrolaka okuyucu kullanılarak 600 nm’de okuma yapılmıştır. Sonuçlar %inhibisyon değeri olarak ifade edilmiştir (Choi et al., 2018).

#### **3.8.14.3 Postbiyotik varlığında patojenlerin canlılığı**

En yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip 14 farklı postbiyotik (*L. fermentum* T15, *W. cibaria* T52, *P. pentasaceus* T87, *P. acidilactici* T100, *P. acidilactici* T115, *S. thermophilus* T127, *L. pseudomesenteroides* T139, *E. faecalis* S95, *L. paracasei* S97, *P. acidilactici* S107, *E. faecalis* S132, *L. plantarum* P36, *L. pentosus* P73 ve *P. ethanolidurans* P84) seçilmiştir. 9 mL hücre içermeyen süpernatant ve 1 mL *E. coli* O157:H7 (ATCC 43888 ve ATCC 43895), *L. monocytogenes* (ATCC 13932 ve ATCC 49594), *S. Typhimurium* (ATCC 13311 ve ATCC 14028) ve *S. aureus* (9144 ve ATCC 6538P) kültürleri dört deney tüpüne ayrı ayrı aktararak homojenizasyon sağlanmıştır. İnoküle edilen örnekler 25°C’de 0, 30 ve 60 dakika, 2, 4, 8 ve 24 saat bekletilmiş ve ardından uygun dilüsyonlardan PCA besiyerine ekim yapılmıştır. Petriler 37°C’de 24 saat inkübe edilmiş ve sonuçlar log kob/mL olarak ifade edilmiştir.

### 3.9 Fiziksel ve Kimyasal Analizler

#### 3.9.1 pH ölçümü

Örneklerin pH değeri pH metre (Hanna HI2002-02, Romanya) kullanılarak belirlenmiştir (AOAC, 2007).

#### 3.9.2 Toplam asitlik analizi

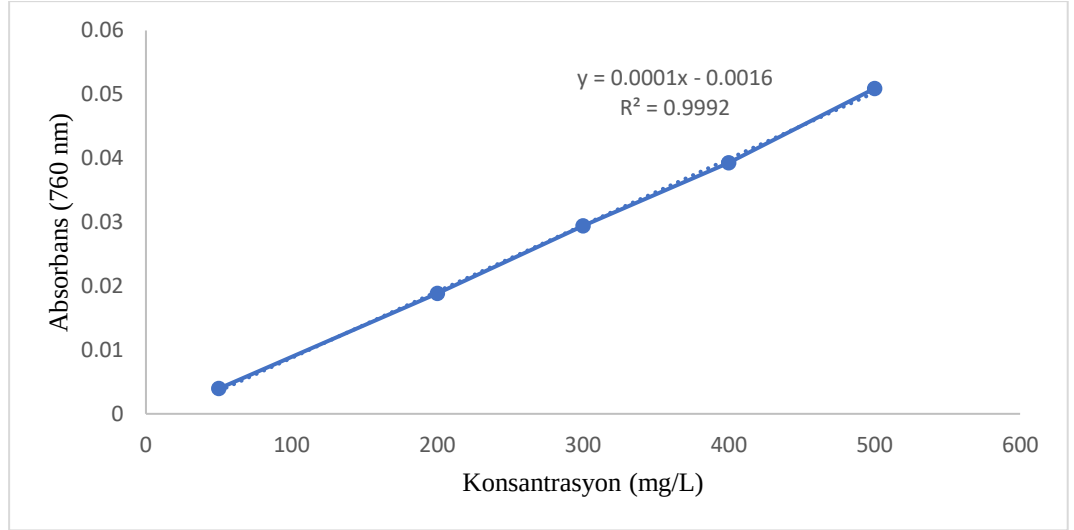
Örneklerin toplam asitlik değerlerinin belirlenmesinde titrimetrik yöntem kullanılmış ve sonuçlar g laktik asit/100 g olarak ifade edilmiştir (AOAC, 2007)

#### 3.9.3 Renk özelliklerinin belirlenmesi

Örneklerin renk özelliklerini ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) belirlemek amacıyla HunterLab Colorflex (CFLX 45–2 Model Colorimeter, HunterLab, Reston, ABD) renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazın beyaz ve siyah standart levhaları ile kalibre edilmesinin ardından örneklerin dış yüzey ve iç kesitlerinde renk ölçümleri yapılmıştır. Her örnek için sekiz ölçüm yapılmıştır (Kramer and Twigg, 1984).

#### 3.9.4 Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi

Gıda denemelerinde kullanılan postbiyotiklerin toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, 1 mL postbiyotik üzerine 5 mL %10'luk Folin-Ciocalteu (Merck 596470, Almanya) ve 75 mL saf su eklenmiş ve oda sıcaklığında 3 dakika bekletilmiştir. Elde edilen çözeltiye 10 mL doymuş sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 75 g/L, Horasan Boya ve Kimya Sanayi, Türkiye) çözeltisi eklenerek karışım saf su ile 100 mL'ye tamamlanmış, oda sıcaklığında ve karanlıkta 90 dakika bekletilmiştir. Absorbans 760 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis, ABD). Postbiyotiklerin toplam fenolik madde miktarları gallik asit standart eğrisi (Şekil 3.6) kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar gallik asit eşdeğeri (mg GAE/L) cinsinden ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2013).



Şekil 3.6 Gallik asit standart eğrisi

### 3.9.5 DPPH radikal aktivite analizi

Gıda denemelerinde kullanılan postbiyotiklerin DPPH radikal aktivite analizi Singh et al. (2002) tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. 0.1 mL postbiyotik üzerine metanolde çözündürülmüş 5 mL 0.1 mM DPPH (TCI 8201, ABD) çözeltisi eklenmiş ve karanlıkta 30 dakika bekletilmiştir. Absorbans 517 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Kontrol olarak saf su kullanılmış ve sonuçlar “Denklem 3” kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\%DPPH = \frac{Abs\ kontrol - Abs\ postbiyotik}{Abs\ kontrol} * 100$$

Denklem 3

### 3.9.6 ABTS<sup>+</sup> radikal aktivite analizi

Gıda denemelerinde kullanılan postbiyotiklerin ABTS<sup>+</sup> radikal aktivite analizi Re et al. (1999) tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Stok çözeltinin hazırlanması amacıyla, 38.4 mg ABTS (Sigma Aldrich 1003217953, ABD) ve 3.3 mg potasyum peroksidisülfat (K<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub>, Carlo Erba 473701, Fransa) çözeltisi sırasıyla 10 mL ve 5 mL saf suda çözündürüldükten sonra karıştırılmış ve karışım oda sıcaklığında 12-16 saat karanlıkta bekletilmiştir. Sürenin sonunda çalışma çözeltisinin hazırlanması amacıyla 1 mL stok çözelti üzerine 734 nm dalga boyundaki absorbans değeri 0.700±0.02 olacak şekilde etanol ilave edilmiştir. Ardından, 3 mL çalışma çözeltisi ile 300 µL postbiyotik

karıştırılarak karanlıkta 6 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda 734 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuş ve sonuçlar “Denklem 4” kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\%ABTS = \frac{Abs\ kontrol - Abs\ postbiyotik}{Abs\ kontrol} * 100 \quad \text{Denklem 4}$$

### 3.10 Duyusal Değerlendirme

Örneklerin duyusal değerlendirmeleri hedonik skala kullanılarak, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinden oluşan 20-35 yaşlarındaki 15 kişilik panel grubu ile gerçekleştirilmiştir. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü’nde bulunan Duyusal Değerlendirme Laboratuvarı’nda gerçekleştirilen paneller günde 2 oturum olacak şekilde 11:00-11:30 ve 14:30-15:00 saatleri arasında yürütülmüştür. Her oturumda örnekler panelistlere tek tek sunularak bağımsız olarak değerlendirilmeleri sağlanmıştır. Örneklerin duyusal değerlendirmeleri yalnızca görsel olarak yapılmış, örneklerde tadım yapılmamıştır. Duyusal değerlendirme kriterleri renk, koku, görünüm, doku ve genel beğeni olarak sıralanmaktadır (Ek 6) (Altuğ-Onoğur ve Elmacı, 2011).

### 3.11 İstatistiksel Değerlendirme

Çalışma kapsamında tüm denemeler üç tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları SPSS 20 paket programı kullanılarak tek yönlü ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma metotları ile  $P \leq 0.05$  önem seviyesinde değerlendirilmiştir (SPSS, 2011).

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması altı iş paketinden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Tez çalışmasının birinci aşamasında, önceki çalışmalar kapsamında farklı geleneksel fermente gıdalardan (tarhana, turşu ve şalgam suyu) izole edilip tanılanmış olan LAB (388 izolat), ürettikleri metabolitler (hidrojen peroksit, EPS ve diasetil) açısından incelenmiştir.

İkinci aşamada, izolatların bakteriyosin üretme potansiyelleri incelenmiş ve bakteriyosin ürettiği tespit edilen 9 izolatın bakteriyosin üretme koşulları yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. Ardından, amonyum sülfat çöktürme, diyaliz ve katı faz ekstraksiyonu yöntemleri kullanılarak bakteriyosinler saflaştırılmıştır. Saflaştırılan bakteriyosinlerin karakterize edilebilmesi amacıyla bakteriyosin aktivitesi üzerine pH, sıcaklık ve enzim uygulamalarının etkisi tespit edilmiş ve bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğü SDS-PAGE yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Üçüncü aşamada, LAB'nin ürettikleri postbiyotiklerin *in vitro* koşullarda gıda patojenleri üzerine antimikrobiyal aktiviteleri tespit edilmiştir. Ardından, en yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirlenen postbiyotiklerin (14 adet) patojenler (*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus*) varlığında canlı kalma süreleri incelenmiştir.

Çalışmanın dördüncü aşamasında, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* üzerine en etkili olan postbiyotikler seçilmiş ve seçilen postbiyotiklerin karakterizasyonu amacıyla pH, toplam asitlik, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri tespit edilmiştir.

Çalışmanın beşinci aşamasında, seçilen postbiyotiklerin patojen (*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus*) bulaştırılan marul, tavuk eti ve peynir örnekleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda, örneklerde patojen sayımları gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmasının son aşamasında, seçilen postbiyotiklerin marul, tavuk eti ve peynir kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla örneklerde mikrobiyolojik (TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae, LAB, küf-maya ve *S. aureus* sayımları), fiziksel (renk analizi), kimyasal (pH ve toplam asitlik analizi) ve duyuusal analizler yapılmıştır.

#### 4.1 Postbiyotik Üretimi

##### 4.1.1 İzolatların hidrojen peroksit üretimi

Hidrojen peroksit LAB tarafından flavoprotein oksidaz veya NADH peroksidaz ile katalizlenen reaksiyonda oksijenin doğrudan indirgenmesi sonucu üretilmektedir. Oksitleyici bir bileşik olan hidrojen peroksitin mikroorganizmalar üzerine inhibisyon etkisi, hedef hücrenin lipid membranı, hücresel proteinleri ve enzimlerin sülfidril gruplarını oksitleyerek disülfid köprüleri oluşturması ve ayrıca membran geçirgenliğini arttırması ile ilişkilendirilmektedir (Gálvez et al., 2014; Akbar et al., 2016; Singh, 2018).

Tez kapsamında, LAB kültürlerinin hidrojen peroksit üretme potansiyelleri incelenmiştir. Tarhanadan izole edilen 152 adet suşun ürettiği hidrojen peroksit miktarları belirlenmiş ve 92 adet izolatın ürettiği hidrojen peroksit miktarlarının 0.001-1.275 µg/mL aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). En yüksek miktarda hidrojen peroksit üreten suşların *P. acidilactici* T20 (1.275 µg/mL), *P. acidilactici* T6 (1.193 µg/mL) ve *P. acidilactici* T8 (0.958 µg/mL) olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, 60 adet suşun hidrojen peroksit üretmediği gözlemlenmiştir.

Turşudan izole edilen 67 adet suşun ürettiği hidrojen peroksit miktarlarının 0.002-1.537 µg/mL aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). *P. ethanolidurans* P83 (1.537 µg/mL) ve *P. parvulus* P74'ün (1.425 µg/mL) en yüksek miktarda hidrojen peroksit üreten suşlar olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, turşudan izole edilen 29 adet suşun hidrojen peroksit üretmediği tespit edilmiştir.

Şalgam suyundan izole edilen 88 izolatin ürettiği hidrojen peroksit miktarlarının ise 0.002-2.476 µg/mL arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). En yüksek miktarda hidrojen peroksitin *P. acidilactici* S135 (2.476 µg/mL), *L. buchneri* S2 (2.263 µg/mL) ve *E. faecalis* S132 (2.258 µg/mL) suşlarının ürettikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte, 52 suşun hidrojen peroksit üretmediği gözlemlenmiştir.

Suşlar hidrojen peroksit üretebilme yetenekleri açısından değerlendirildiğinde, üç gıda grubundan da izole edilen *Pediococcus* türlerinin en yüksek miktarda hidrojen peroksit ürettiği tespit edilmiştir. Gupta and Sharma (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, Chuli'den (Himalaya bölgesinin geleneksel bir kayısı ürünü) izole edilen *P. acidilactici*'nin 0.61 mg/mL hidrojen peroksit ürettiği bildirilmiştir. Bu sonuç, bizim sonuçlarımıza kıyasla oldukça yüksektir. Yapılan başka bir çalışmada, farklı kaynaklardan (ekşi maya, ekmek, orman bitkisi çiçekleri ve yaprakları) izole edilen suşların (*E. faecium* 59-30 ve 41-2, *L. helveticus* 14, 3, 148/3 ve R; *L. lactis* 140/2, 57 ve 768/5; *L. reuteri* 3 ve 7; *S. thermophilus* 43) ürettiği hidrojen peroksit miktarları 6.0-9.0 µg/mL aralığında tespit edilmiştir (Salomskiene et al., 2019). Enitan et al. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı sıcaklık, süre, pH değeri, karbon ve nitrojen kaynağı uygulamalarının çığ ve fermente süt ürünlerinden izole edilen LAB'nin (*L. casei*, *L. bulgaricus*, *L. lactis* ve *S. thermophilus*) ürettikleri hidrojen peroksit miktarları üzerine etkileri incelenmiştir. LAB'nin ürettiği hidrojen peroksit miktarlarının ortam koşullarına bağlı olarak 0.0189-0.6517 µg/mL aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. En yüksek hidrojen peroksit miktarının 37°C'de 48 saat geliştirilen *S. thermophilus* tarafından üretildiği tespit edilmiştir. Kıvanç ve Erikçi (2018) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, sofralık fermente zeytinlerden izole edilen LAB'nin (*E. faecium*, *L. plantarum* ve *L. brevis*) ürettikleri hidrojen peroksit miktarlarının 0.218-0.960 µg/mL arasında değişim gösterdiği saptanmış ve en yüksek hidrojen peroksitin *L. brevis* BZ4 suşu tarafından üretildiği bildirilmiştir. Bu sonuçlar, tarafımızca yürütülen tez çalışmasından elde edilen sonuçlara benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, LAB'nin farklı miktarlarda hidrojen peroksit üretmelerinin oksidoredüktaz aktivitelerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Çizelge 4.1** Tarhanadan izole edilen laktik asit bakterilerinin hidrojen peroksit, ekzopolisakkarit ve diasetil üretimi

| İzolat<br>kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(µg/mL) | EPS<br>(µg/mL) | Diasetil<br>(ng/mL) | İzolat<br>kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(µg/mL) | EPS<br>(µg/mL) | Diasetil<br>(ng/mL) |
|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------------|
| T1             | 0.004                                    | 121.20         | 36.85               | T77            | 0.118                                    | 430.20         | 26.82               |
| T2             | 0.004                                    | 49.50          | 40.01               | T78            | 0.086                                    | 335.20         | 11.71               |
| T3             | -                                        | 132.20         | 17.65               | T79            | 0.425                                    | 372.20         | 18.31               |
| T4             | 0.066                                    | 65.60          | 83.60               | T80            | 0.362                                    | 406.80         | 7.98                |
| T5             | 0.258                                    | 56.20          | 27.39               | T81            | -                                        | 1060.10        | 9.60                |
| T6             | 1.193                                    | 113.50         | 16.88               | T82            | -                                        | 471.50         | 16.00               |
| T7             | 0.458                                    | 81.00          | 33.77               | T83            | -                                        | 920.70         | 33.35               |
| T8             | 0.958                                    | 117.80         | 15.91               | T84            | -                                        | 404.30         | 29.56               |
| T9             | 0.095                                    | 115.50         | 31.89               | T85            | 0.028                                    | 392.90         | 43.17               |
| T10            | 0.229                                    | 202.70         | 85.46               | T86            | 0.028                                    | 611.20         | 46.96               |
| T11            | 0.083                                    | 155.20         | 54.50               | T87            | 0.015                                    | 110.60         | 21.09               |
| T12            | 0.163                                    | 133.20         | 22.74               | T88            | 0.034                                    | 566.10         | 53.67               |
| T13            | -                                        | 100.80         | 40.98               | T89            | 0.033                                    | 556.20         | 50.92               |
| T14            | 0.033                                    | 138.20         | 44.99               | T90            | -                                        | 134.60         | 24.90               |
| T15            | -                                        | 39.10          | 43.07               | T91            | -                                        | 235.80         | 11.88               |
| T16            | -                                        | 105.40         | 11.20               | T92            | 0.027                                    | 306.20         | 65.74               |
| T17            | 0.159                                    | 132.10         | 92.33               | T93            | 0.015                                    | 322.90         | 15.42               |
| T18            | 0.007                                    | 86.00          | 53.81               | T94            | 0.025                                    | 844.60         | 46.20               |
| T19            | 0.292                                    | 38.10          | 10.52               | T95            | 0.063                                    | 338.70         | 27.71               |
| T20            | 1.275                                    | -              | 20.74               | T96            | 0.031                                    | 497.30         | 18.85               |
| T21            | 0.547                                    | 174.60         | 11.99               | T97            | 0.631                                    | 188.30         | 39.64               |
| T22            | 0.002                                    | 139.40         | 45.15               | T98            | 0.205                                    | 942.70         | 19.60               |
| T23            | 0.168                                    | 160.50         | 53.45               | T99            | -                                        | 284.30         | 21.55               |
| T24            | 0.390                                    | 336.10         | 56.52               | T100           | -                                        | 314.70         | 13.15               |
| T25            | 0.001                                    | 99.30          | 26.99               | T101           | -                                        | 314.40         | 33.65               |



| İzolat<br>kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(µg/mL) | EPS<br>(µg/mL) | Diasetil<br>(ng/mL) | İzolat<br>kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(µg/mL) | EPS<br>(µg/mL) | Diasetil<br>(ng/mL) |
|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------------|
| T26            | 0.421                                    | 205.00         | 24.40               | T102           | -                                        | 373.90         | 13.13               |
| T27            | 0.110                                    | 280.60         | 59.73               | T103           | -                                        | 275.50         | 55.54               |
| T28            | 0.513                                    | 54.90          | 45.94               | T104           | -                                        | 399.80         | 58.21               |
| T29            | 0.016                                    | 211.10         | 24.62               | T105           | -                                        | 273.50         | 26.26               |
| T30            | 0.008                                    | 276.40         | 17.95               | T106           | 0.410                                    | 269.40         | 26.84               |
| T31            | -                                        | 229.50         | 27.30               | T107           | -                                        | 195.00         | 73.88               |
| T32            | -                                        | 513.70         | 9.94                | T108           | 0.083                                    | 283.40         | 75.13               |
| T33            | -                                        | 243.50         | 20.33               | T109           | -                                        | 229.80         | 56.14               |
| T34            | -                                        | 311.60         | 55.09               | T110           | -                                        | 115.10         | 78.64               |
| T35            | -                                        | 393.50         | 35.49               | T111           | 0.020                                    | 9.60           | 34.54               |
| T36            | -                                        | 165.50         | 74.99               | T112           | 0.068                                    | 15.50          | 96.82               |
| T37            | 0.031                                    | 107.00         | 83.13               | T113           | -                                        | 8.20           | 64.65               |
| T38            | 0.069                                    | 231.20         | 51.98               | T114           | -                                        | 114.40         | 11.20               |
| T39            | -                                        | 167.80         | 67.55               | T115           | 0.066                                    | 173.70         | 19.15               |
| T40            | 0.012                                    | 244.70         | 85.35               | T116           | -                                        | 105.50         | 99.20               |
| T41            | -                                        | 265.10         | 43.76               | T117           | -                                        | 215.40         | 46.18               |
| T42            | 0.015                                    | 64.10          | 81.96               | T118           | 0.648                                    | 125.70         | 16.30               |
| T43            | 0.126                                    | 89.40          | 38.01               | T119           | -                                        | 298.80         | 13.43               |
| T44            | -                                        | 155.80         | 84.53               | T120           | 0.018                                    | 333.30         | 12.21               |
| T45            | -                                        | 359.00         | 12.50               | T121           | 0.045                                    | 493.80         | 103.74              |
| T46            | 0.064                                    | 259.50         | 64.41               | T122           | -                                        | 406.50         | 31.20               |
| T47            | -                                        | 356.10         | 27.82               | T123           | 0.028                                    | 337.40         | 21.77               |
| T48            | 0.052                                    | 360.90         | 88.40               | T124           | 0.003                                    | 174.70         | 35.25               |
| T49            | 0.250                                    | 119.90         | 87.88               | T125           | 0.021                                    | 369.30         | 30.63               |
| T50            | 0.193                                    | 148.60         | 59.29               | T126           | 0.038                                    | 294.30         | 18.82               |
| T51            | -                                        | 90.70          | 82.13               | T127           | 0.013                                    | 156.00         | 75.54               |
| T52            | 0.006                                    | 379.00         | 17.46               | T128           | 0.022                                    | 311.30         | 92.84               |

| İzolat<br>kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(µg/mL) | EPS<br>(µg/mL) | Diasetil<br>(ng/mL) | İzolat<br>kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(µg/mL) | EPS<br>(µg/mL) | Diasetil<br>(ng/mL) |
|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------------|
| T53            | -                                        | 581.00         | 97.93               | T129           | -                                        | 419.80         | 8.36                |
| T54            | 0.207                                    | 342.10         | 22.27               | T130           | -                                        | 227.60         | 26.36               |
| T55            | 0.003                                    | 525.90         | 46.81               | T131           | -                                        | 419.80         | 31.88               |
| T56            | -                                        | 496.50         | 77.00               | T132           | -                                        | 205.90         | 6.26                |
| T57            | 0.205                                    | 586.00         | 74.87               | T133           | -                                        | 347.80         | 38.85               |
| T58            | -                                        | 532.30         | 52.11               | T134           | -                                        | 283.80         | 10.43               |
| T59            | -                                        | 489.50         | 14.99               | T135           | 0.128                                    | 430.80         | 50.93               |
| T60            | -                                        | 452.50         | 11.31               | T136           | -                                        | 187.40         | 28.90               |
| T61            | 0.164                                    | 222.20         | 14.29               | T137           | 0.883                                    | 309.60         | 27.37               |
| T62            | -                                        | 119.00         | 29.03               | T138           | 0.009                                    | 459.90         | 18.82               |
| T63            | 0.008                                    | 475.00         | 67.62               | T139           | -                                        | 514.30         | 44.05               |
| T64            | 0.017                                    | 576.90         | 62.13               | T140           | -                                        | 616.40         | 23.32               |
| T65            | 0.018                                    | 437.30         | 33.09               | T141           | 0.029                                    | 427.80         | 33.11               |
| T66            | -                                        | 427.30         | 80.59               | T142           | 0.030                                    | 330.80         | 49.84               |
| T67            | -                                        | 641.00         | 28.41               | T143           | 0.070                                    | 125.10         | 11.70               |
| T68            | -                                        | 0.80           | 93.30               | T144           | 0.197                                    | 210.50         | 28.02               |
| T69            | 0.032                                    | 453.90         | 7.33                | T145           | 0.039                                    | 226.40         | 35.27               |
| T70            | 0.068                                    | 328.30         | 8.36                | T146           | 0.009                                    | 206.30         | 85.82               |
| T71            | -                                        | 604.70         | 62.04               | T147           | -                                        | 248.00         | 37.10               |
| T72            | -                                        | 491.30         | 38.68               | T148           | 0.109                                    | 134.50         | 29.52               |
| T73            | 0.016                                    | 473.10         | 28.52               | T149           | -                                        | 313.00         | 32.32               |
| T74            | 0.020                                    | 182.30         | 37.45               | T150           | 0.551                                    | 453.00         | 33.45               |
| T75            | 0.445                                    | 429.80         | 25.47               | T151           | 0.060                                    | 220.50         | 105.74              |
| T76            | 0.010                                    | 482.90         | 48.38               | T152           | 0.054                                    | 391.80         | 42.48               |

**Çizelge 4.2** Turşudan izole edilen laktik asit bakterilerinin hidrojen peroksit, EPS ve diasetil üretimi

| İzolat<br>kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(µg/mL) | EPS<br>(µg/mL) | Diasetil<br>(ng/mL) | İzolat<br>kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(µg/mL) | EPS<br>(µg/mL) | Diasetil<br>(ng/mL) |
|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------------|
| P1             | -                                        | 215.40         | 16.07               | P49            | -                                        | 146.80         | 10.05               |
| P2             | 0.037                                    | 225.90         | 13.14               | P50            | -                                        | 153.40         | 18.71               |
| P3             | 0.009                                    | 212.50         | 13.89               | P51            | -                                        | 166.20         | 19.50               |
| P4             | 0.013                                    | 196.10         | 14.99               | P52            | -                                        | 135.80         | 13.06               |
| P5             | 0.049                                    | 200.00         | 23.54               | P53            | -                                        | 122.30         | 15.88               |
| P6             | 0.069                                    | 140.50         | 22.91               | P54            | 0.004                                    | 125.60         | 20.25               |
| P7             | 0.040                                    | 162.30         | 15.35               | P55            | 0.049                                    | 128.10         | 17.30               |
| P8             | 0.015                                    | 172.10         | 14.63               | P56            | 0.053                                    | 146.70         | 18.13               |
| P9             | 0.021                                    | 241.70         | 16.90               | P57            | -                                        | 197.80         | 15.81               |
| P10            | 0.020                                    | 211.30         | 14.45               | P58            | -                                        | 164.40         | 23.77               |
| P11            | 0.013                                    | 209.40         | 14.46               | P59            | 0.004                                    | 110.00         | 24.26               |
| P12            | 0.005                                    | 161.80         | 11.75               | P60            | -                                        | 112.10         | 7.84                |
| P13            | 0.034                                    | 155.50         | 16.48               | P61            | -                                        | 117.00         | 9.91                |
| P14            | 0.005                                    | 87.50          | 31.60               | P62            | -                                        | 145.90         | 14.17               |
| P15            | 0.049                                    | 101.30         | 26.71               | P63            | 1.082                                    | 180.30         | 20.88               |
| P16            | 0.072                                    | 127.80         | 24.14               | P64            | -                                        | 145.10         | 40.17               |
| P17            | 0.007                                    | 119.20         | 14.38               | P65            | -                                        | 201.80         | 7.37                |
| P18            | 0.047                                    | 109.40         | 16.30               | P66            | 0.057                                    | 178.50         | 15.15               |
| P19            | 0.041                                    | 132.90         | 16.46               | P67            | -                                        | 75.20          | 27.79               |
| P20            | -                                        | 138.40         | 16.05               | P68            | -                                        | 183.20         | 15.40               |
| P21            | 0.011                                    | 124.20         | 30.02               | P69            | 0.035                                    | 171.80         | 14.18               |
| P22            | 0.051                                    | 154.30         | 23.08               | P70            | -                                        | 150.60         | 17.60               |
| P23            | 0.019                                    | 96.70          | 15.33               | P71            | 0.013                                    | 158.70         | 19.25               |
| P24            | 0.036                                    | 163.50         | 14.47               | P72            | -                                        | 106.70         | 17.55               |
| P25            | 0.010                                    | 181.10         | 30.35               | P73            | 0.028                                    | 110.30         | 25.03               |

| <b>İzolat kodu</b> | <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (µg/mL)</b> | <b>EPS (µg/mL)</b> | <b>Diasetil (ng/mL)</b> | <b>İzolat kodu</b> | <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (µg/mL)</b> | <b>EPS (µg/mL)</b> | <b>Diasetil (ng/mL)</b> |
|--------------------|-------------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| <b>P26</b>         | 0.048                                     | 169.10             | 10.07                   | <b>P74</b>         | 1.425                                     | 130.80             | 12.43                   |
| <b>P27</b>         | 0.017                                     | 151.10             | 37.25                   | <b>P75</b>         | 0.017                                     | 204.70             | 14.05                   |
| <b>P28</b>         | -                                         | 177.30             | 17.74                   | <b>P76</b>         | 0.024                                     | 258.50             | 38.71                   |
| <b>P29</b>         | 0.004                                     | 142.60             | 20.16                   | <b>P77</b>         | 0.049                                     | 196.30             | 15.02                   |
| <b>P30</b>         | 0.071                                     | 176.60             | 22.48                   | <b>P78</b>         | 0.094                                     | 132.60             | 21.38                   |
| <b>P31</b>         | -                                         | 225.20             | 10.26                   | <b>P79</b>         | -                                         | 197.00             | 32.52                   |
| <b>P32</b>         | 0.076                                     | 143.10             | 13.84                   | <b>P80</b>         | 0.014                                     | 192.90             | 12.17                   |
| <b>P33</b>         | -                                         | 135.70             | 28.35                   | <b>P81</b>         | 1.246                                     | 194.80             | 10.40                   |
| <b>P34</b>         | 0.002                                     | 160.10             | 28.31                   | <b>P82</b>         | 0.038                                     | 198.40             | 7.62                    |
| <b>P35</b>         | 0.002                                     | 166.20             | 16.96                   | <b>P83</b>         | 1.537                                     | 169.40             | 24.99                   |
| <b>P36</b>         | 0.049                                     | 142.20             | 16.38                   | <b>P84</b>         | 0.079                                     | 185.40             | 13.57                   |
| <b>P37</b>         | 0.034                                     | 189.00             | 18.52                   | <b>P85</b>         | 0.005                                     | 136.20             | 16.73                   |
| <b>P38</b>         | -                                         | 116.00             | 22.83                   | <b>P86</b>         | 0.166                                     | 312.80             | 21.99                   |
| <b>P39</b>         | 0.023                                     | 104.40             | 14.90                   | <b>P87</b>         | 0.091                                     | 176.00             | 14.22                   |
| <b>P40</b>         | 0.030                                     | 161.70             | 10.68                   | <b>P88</b>         | -                                         | 443.90             | 15.41                   |
| <b>P41</b>         | 0.023                                     | 120.80             | 11.51                   | <b>P89</b>         | -                                         | 247.60             | 45.55                   |
| <b>P42</b>         | 0.005                                     | 213.70             | 10.59                   | <b>P90</b>         | -                                         | 276.80             | 25.43                   |
| <b>P43</b>         | 0.005                                     | 189.50             | 19.20                   | <b>P91</b>         | -                                         | 319.30             | 14.97                   |
| <b>P44</b>         | 0.056                                     | 203.50             | 13.94                   | <b>P92</b>         | -                                         | 254.50             | 18.57                   |
| <b>P45</b>         | 0.025                                     | -                  | 14.86                   | <b>P93</b>         | 1.063                                     | 162.70             | 19.45                   |
| <b>P46</b>         | 0.048                                     | 301.10             | 11.13                   | <b>P94</b>         | -                                         | 220.60             | 23.11                   |
| <b>P47</b>         | 0.014                                     | 251.30             | 12.21                   | <b>P95</b>         | 0.058                                     | 314.20             | 30.94                   |
| <b>P48</b>         | 0.071                                     | 274.60             | 12.55                   | <b>P96</b>         | 0.045                                     | 136.20             | 11.86                   |

**Çizelge 4.3** Şalgam suyundan izole edilen LAB izolatlarının hidrojen peroksit, EPS ve diasetil üretimi

| İzolat<br>kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(µg/mL) | EPS<br>(µg/mL) | Diasetil<br>(ng/mL) | İzolat<br>kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(µg/mL) | EPS<br>(µg/mL) | Diasetil<br>(ng/mL) |
|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------------|
| S1             | 0.003                                    | 76.80          | 69.26               | S71            | 0.046                                    | 238.30         | 37.87               |
| S2             | 2.263                                    | 127.00         | 89.99               | S72            | -                                        | 195.80         | 40.60               |
| S3             | -                                        | 2.40           | 55.12               | S73            | 0.051                                    | 192.90         | 38.12               |
| S4             | 0.352                                    | 190.70         | 23.10               | S74            | 0.040                                    | 178.90         | 36.74               |
| S5             | 0.424                                    | 216.80         | 99.71               | S75            | 0.018                                    | 166.30         | 31.59               |
| S6             | 0.052                                    | 247.50         | 105.30              | S76            | 0.013                                    | 198.10         | 10.52               |
| S7             | -                                        | 218.70         | 84.03               | S77            | 0.036                                    | 257.50         | 34.09               |
| S8             | 0.054                                    | 1.20           | 81.57               | S78            | 0.078                                    | 168.60         | 82.99               |
| S9             | 0.008                                    | -              | 40.51               | S79            | 0.006                                    | 337.80         | 21.27               |
| S10            | 0.010                                    | 307.50         | 23.52               | S80            | 0.048                                    | 182.50         | 39.25               |
| S11            | 0.117                                    | 239.20         | 88.49               | S81            | -                                        | 181.00         | 22.95               |
| S12            | 0.054                                    | 274.10         | 65.01               | S82            | -                                        | 177.40         | 26.07               |
| S13            | -                                        | 238.30         | 61.82               | S83            | 0.016                                    | 192.00         | 47.79               |
| S14            | -                                        | 123.20         | 34.28               | S84            | 0.065                                    | 187.50         | 103.77              |
| S15            | 0.076                                    | 238.30         | 81.01               | S85            | -                                        | 889.60         | 20.86               |
| S16            | -                                        | 36.60          | 28.10               | S86            | 0.043                                    | 800.90         | 96.73               |
| S17            | -                                        | 200.10         | 90.33               | S87            | 0.025                                    | 324.10         | 34.59               |
| S18            | -                                        | 127.70         | 31.43               | S88            | 0.037                                    | 325.90         | 23.14               |
| S19            | -                                        | 13.90          | 86.62               | S89            | 0.002                                    | 464.10         | 20.19               |
| S20            | -                                        | 185.20         | 30.43               | S90            | 0.023                                    | 381.50         | 58.00               |
| S21            | -                                        | -              | 13.43               | S91            | 0.069                                    | 287.60         | 22.15               |
| S22            | -                                        | 306.70         | 18.87               | S92            | 0.073                                    | 476.30         | 43.90               |
| S23            | 0.153                                    | 23.90          | 20.62               | S93            | -                                        | 297.90         | 67.57               |
| S24            | 0.018                                    | 171.90         | 100.39              | S94            | 0.046                                    | 373.80         | 96.60               |
| S25            | -                                        | 48.50          | 92.94               | S95            | 0.031                                    | 281.40         | 101.52              |

| <b>İzolat</b> | <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b> | <b>EPS</b>     | <b>Diasetil</b> | <b>İzolat</b> | <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b> | <b>EPS</b>     | <b>Diasetil</b> |
|---------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>kodu</b>   | <b>(µg/mL)</b>                    | <b>(µg/mL)</b> | <b>(ng/mL)</b>  | <b>kodu</b>   | <b>(µg/mL)</b>                    | <b>(µg/mL)</b> | <b>(ng/mL)</b>  |
| <b>S26</b>    | -                                 | 38.60          | 91.98           | <b>S96</b>    | 0.057                             | 328.10         | 37.30           |
| <b>S27</b>    | 0.008                             | 149.30         | 71.59           | <b>S97</b>    | -                                 | 486.40         | 105.62          |
| <b>S28</b>    | -                                 | 71.30          | 80.05           | <b>S98</b>    | 0.015                             | 310.80         | 107.28          |
| <b>S29</b>    | 0.068                             | 109.40         | 70.14           | <b>S99</b>    | 0.007                             | 318.20         | 78.51           |
| <b>S30</b>    | 0.018                             | 145.50         | 25.87           | <b>S100</b>   | 0.039                             | 524.10         | 75.66           |
| <b>S31</b>    | -                                 | 76.80          | 87.36           | <b>S101</b>   | 0.027                             | 510.90         | 84.18           |
| <b>S32</b>    | -                                 | 98.00          | 68.96           | <b>S102</b>   | 0.023                             | 278.80         | 105.64          |
| <b>S33</b>    | 0.046                             | 83.70          | 52.21           | <b>S103</b>   | -                                 | 277.70         | 45.73           |
| <b>S34</b>    | -                                 | 106.50         | 93.88           | <b>S104</b>   | -                                 | 472.30         | 38.31           |
| <b>S35</b>    | 0.031                             | 37.30          | 47.71           | <b>S105</b>   | -                                 | 229.00         | 85.63           |
| <b>S36</b>    | 0.040                             | 52.00          | 81.15           | <b>S106</b>   | -                                 | 353.50         | 49.76           |
| <b>S37</b>    | -                                 | 121.50         | 56.27           | <b>S107</b>   | -                                 | 450.60         | 46.23           |
| <b>S38</b>    | -                                 | 71.40          | 78.60           | <b>S108</b>   | -                                 | 395.40         | 49.71           |
| <b>S39</b>    | -                                 | 121.30         | 16.00           | <b>S109</b>   | -                                 | 341.40         | 54.95           |
| <b>S40</b>    | 0.013                             | 59.20          | 36.05           | <b>S110</b>   | -                                 | 215.30         | 58.89           |
| <b>S41</b>    | -                                 | 66.60          | 74.05           | <b>S111</b>   | -                                 | 737.90         | 63.73           |
| <b>S42</b>    | 0.002                             | 175.60         | 54.48           | <b>S112</b>   | -                                 | 688.60         | 94.01           |
| <b>S43</b>    | -                                 | 165.00         | 31.20           | <b>S113</b>   | -                                 | 510.80         | 23.03           |
| <b>S44</b>    | -                                 | 140.60         | 29.47           | <b>S114</b>   | -                                 | 513.90         | 36.95           |
| <b>S45</b>    | -                                 | 276.40         | 112.69          | <b>S115</b>   | -                                 | 1038.70        | 52.72           |
| <b>S46</b>    | 0.003                             | 126.70         | 16.87           | <b>S116</b>   | -                                 | 375.60         | 72.02           |
| <b>S47</b>    | -                                 | 61.10          | 40.78           | <b>S117</b>   | 1.155                             | 109.10         | 110.04          |
| <b>S48</b>    | 0.002                             | 505.50         | 77.10           | <b>S118</b>   | 0.045                             | 45.00          | 68.51           |
| <b>S49</b>    | 0.079                             | 178.50         | 34.13           | <b>S119</b>   | 0.071                             | 151.20         | 70.46           |
| <b>S50</b>    | 0.027                             | 46.20          | 48.31           | <b>S120</b>   | 0.050                             | 225.80         | 80.93           |
| <b>S51</b>    | -                                 | 234.30         | 16.74           | <b>S121</b>   | 0.056                             | 246.90         | 66.17           |
| <b>S52</b>    | 0.069                             | 453.20         | 47.98           | <b>S122</b>   | 0.008                             | 250.40         | 55.12           |

| İzolat kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (µg/mL) | EPS (µg/mL) | Diasetil (ng/mL) | İzolat kodu | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (µg/mL) | EPS (µg/mL) | Diasetil (ng/mL) |
|-------------|---------------------------------------|-------------|------------------|-------------|---------------------------------------|-------------|------------------|
| S53         | -                                     | 364.10      | 40.61            | S123        | 0.014                                 | 191.80      | 38.49            |
| S54         | -                                     | 278.80      | 28.90            | S124        | 0.022                                 | 149.40      | 67.35            |
| S55         | 0.050                                 | 226.40      | 38.59            | S125        | -                                     | 255.10      | 17.92            |
| S56         | 0.277                                 | 244.00      | 44.91            | S126        | 0.007                                 | 351.80      | 100.92           |
| S57         | 0.042                                 | 252.60      | 34.47            | S127        | 0.274                                 | 321.60      | 54.58            |
| S58         | -                                     | 180.60      | 78.51            | S128        | 0.064                                 | 223.40      | 69.49            |
| S59         | -                                     | 166.30      | 43.01            | S129        | -                                     | 271.60      | 87.19            |
| S60         | 0.068                                 | 280.90      | 30.87            | S130        | 1.565                                 | 118.00      | 90.72            |
| S61         | 0.012                                 | 266.60      | 54.11            | S131        | 0.147                                 | 163.80      | 100.84           |
| S62         | -                                     | 320.70      | 79.79            | S132        | 2.258                                 | 127.00      | 104.66           |
| S63         | -                                     | 241.30      | 34.23            | S133        | 0.071                                 | 176.80      | 69.13            |
| S64         | -                                     | 267.70      | 33.01            | S134        | 0.047                                 | 187.60      | 92.37            |
| S65         | 0.046                                 | 271.90      | 45.55            | S135        | 2.476                                 | 195.60      | 49.93            |
| S66         | 0.049                                 | 351.20      | 48.16            | S136        | 0.259                                 | 117.60      | 44.65            |
| S67         | 0.035                                 | 203.40      | 89.07            | S137        | -                                     | 162.50      | 96.30            |
| S68         | -                                     | 93.50       | 23.27            | S138        | 1.460                                 | 272.40      | 31.49            |
| S69         | -                                     | 420.20      | 59.37            | S139        | 0.069                                 | 225.00      | 63.63            |
| S70         | 0.020                                 | 228.80      | 60.24            | S140        | 1.971                                 | 607.90      | 68.88            |

#### 4.1.2 İzolatların ekzopolisakkarit üretimi

Ekzopolisakkarit, mikroorganizmalar tarafından üretilen yüksek molekül ağırlığına sahip, geri dönüşebilen ve çevre dostu doğal biyopolimerlerdir. Hücreyi kurumaya, ozmotik strese ve toksik bileşiklere karşı korumada rol oynayan EPS, katı yüzeylere yapışmayı sağlayarak biyofilm oluşumuna olanak sağlamaktadır (Pingitore et al., 2016). Ayrıca, EPS gıda teknolojisinde emülgatör, jelleştirme ajanı, stabilizatör ve nem tutucu olarak kullanılmaktadır (Caggianiello et al., 2016; Bengoa et al., 2018). Ürünlere kazandırdığı teknolojik özelliklerin yanı sıra,

başıklık sistemini geliştirici, kolesterolü düşürücü, antiülser, antitümör ve antimutajenik etki gibi sağlık üzerine olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir (Mahapatra and Banerjee, 2013).

Bu tez kapsamında, tarhana, turşu ve şalgam suyundan izole edilen suşların EPS üretme potansiyelleri incelenmiştir. Tarhana kaynaklı LAB suşlarının ürettikleri EPS miktarlarının 0.80-1060.10 µg/mL aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). En yüksek miktarda EPS'nin *W. cibaria* T81 (1060.10 µg/mL), *P. acidilactici* T98 (942.70 µg/mL), *W. cibaria* T83 (920.70 µg/mL) ve *P. acidilactici* T94 (844.60 µg/mL) suşlarının ürettikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte, *P. acidilactici* T20 suşunun EPS üretmediği belirlenirken, en az miktarda EPS, *E. faecium* T68 (0.80 µg/mL) tarafından üretilmiştir.

Turşudan izole edilen suşların ürettiği EPS miktarlarının 75.20-443.90 µg/mL aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). En yüksek miktarda EPS, P88 (443.90 µg/mL), P91 (319.30 µg/mL), P95 (314.20 µg/mL) ve P86 (312.80 µg/mL) suşları tarafından üretilmiştir. Bununla birlikte, en düşük EPS P67 suşu (75.20 µg/mL) tarafından üretilirken, P45 suşunun EPS üretmediği tespit edilmiştir.

Şalgam suyundan izole edilen suşların ürettiği EPS miktarlarının 1.20-1038.70 µg/mL arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). En yüksek miktarda EPS üreten suşlar, *L. brevis* S115 (1038.70 µg/mL) ve *P. acidilactici* S85 (889.60 µg/mL) olarak tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, en düşük EPS'nin *P. acidilactici* S8 (1.20 µg/mL) tarafından üretildiği, *P. acidilactici* S9 ve *L. paracasei* S21 suşlarının ise EPS üretmediği gözlemlenmiştir.

Tarhana, turşu ve şalgam suyu örneklerinden izole edilen suşların EPS üretimi genel olarak değerlendirildiğinde, en yüksek EPS'nin tarhanadan izole edilen *W. cibaria* T81'in ürettiği tespit edilmiştir. Valerio et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, buğday irmiğinden izole edilen *W. cibaria* suşlarının ürettiği EPS miktarları 510-18560 µg/mL aralığında belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, peynirden izole edilen *W. cibaria* CH2 suşu farklı karbon kaynakları içeren besiyeri ortamlarında (glikoz ve sakkaroz) 20 ve 37°C'de geliştirilmiş ve EPS üretim miktarlarının ortam koşullarına bağlı olarak 1300-13500 µg/mL



aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Kumari et al., 2020). Yapılan bu çalışmalar, aynı türe ait farklı suşların ürettiği EPS miktarlarının farklılık gösterebileceğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde bu tez çalışmasında, tarhanadan izole edilen *P. acidilactici* T98 ve T94 suşları yüksek miktarlarda EPS üretirken, *P. acidilactici* T20 suşunun EPS üretmediği tespit edilmiştir.

Besiyeri bileşimi, besiyeri pH değeri ve inkübasyon koşulları EPS miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Yu et al. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, kimchiden izole edilen *W. cibaria* 27 suşunun ürettiği EPS miktarının (82 µg/mL) besi ortamına %2 sakaroz ilavesi ile yaklaşık 100 kat arttığı (9838 µg/mL) tespit edilmiştir. Zehir Şentürk et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, besiyeri pH değeri (4, 5, 6 ve 7) karbon kaynakları (%2 fruktoz, laktoz, maltoz ve sakaroz), inkübasyon sıcaklığı (20, 30 ve 37°C) ve süresinin (24, 36 ve 48 saat) tarhanadan izole edilen 6 farklı *L. plantarum* suşunun ürettiği EPS miktarları üzerine etkileri incelenmiş ve EPS miktarlarının suşa ve ortam koşullarına bağlı olarak yaklaşık 50-2000 µg/mL aralığında değiştiği bildirilmiştir. Mıdık et al. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada, besiyeri pH değeri (5, 6 ve 7), karbon kaynağı (glukoz, fruktoz ve laktoz), nitrojen kaynağı (sodyum nitrat, amonyum sülfat ve pepton), mineral kaynağı (kalsiyum karbonat ve demir klorür), inkübasyon sıcaklığı (20, 30 ve 37°C) ve süresinin (48, 72 ve 120 saat) turşudan izole edilen LAB (*L. plantarum*, *L. namurensis* ve *P. ethanolidurans*) tarafından üretilen EPS miktarları üzerine etkileri incelenmiş ve EPS miktarlarının ortam koşullarına bağlı olarak 56.15-515.48 µg/mL aralığında değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, EPS üretimi için optimum ortam koşullarının her suş için özel olarak belirlenmesinin önemini ortaya koymaktadır.

#### 4.1.3 İzolatların diasetil üretimi

Diasetil, LAB tarafından sitrat metabolizmasının bir sonucu olarak üretilen uçucu bir üründür. Süt ürünlerinde lezzet oluşumuna doğrudan katkı sağlaması nedeniyle endüstriyel öneme sahiptir (Domingos-Lopes et al., 2017; Albayrak and Duran, 2021). Bununla birlikte, diasetil molekülünün Gram-negatif bakterilerde arjinin amino asidine bağlanarak, ilgili proteinlerin kullanımını kısıtladığı bildirilmektedir (Akbar et al., 2016).

Tez kapsamında, tarhana, turşu ve şalgam suyundan izole edilen suşların diasetil üretme potansiyelleri incelenmiştir. Tarhanadan izole edilen suşların ürettiği diasetil miktarlarının 6.26-105.74 ng/mL aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). En yüksek diasetil miktarının T151 suşu (105.74 ng/mL) tarafından üretildiği tespit edilmiş, bu suşun ardından *E. faecium* T121 (103.74 ng/mL), *P. acidilactici* T116 (99.20 ng/mL), *E. faecium* T53 (97.93 ng/mL) ve *P. acidilactici* T112 (96.82 ng/mL) suşlarının yüksek miktarda diasetil ürettiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, *L. pseudomesenteroides* T132 (6.26 ng/mL) ve *L. fermentum* T69 (7.33 ng/mL) suşlarının en düşük seviyede diasetil üreten suşlar olduğu belirlenmiştir.

Turşudan izole edilen suşların 7.37-45.55 ng/mL aralığında diasetil ürettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). En yüksek miktarda diasetil üreten suşun *P. parvulus* P89 (45.55 ng/mL) olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, P65 (7.37 ng/mL), P82 (7.62 ng/mL) ve P60 (7.84 ng/mL) suşlarının düşük miktarda diasetil ürettiği tespit edilmiştir.

Şalgam suyundan izole edilen LAB'nin ürettikleri diasetil miktarlarının ise 10.52-112.69 ng/mL arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). En yüksek miktarda diasetil üreten suşların *P. acidilactici* S45 (112.69 ng/mL), *E. faecalis* S117 (110.04 ng/mL), *P. acidilactici* S98 (107.28 ng/mL), *L. paracasei* S97 (105.62 ng/mL), *L. buchneri* S6 (105.30 ng/mL) ve *P. acidilactici* S137 (104.66 ng/mL) olduğu tespit edilmiştir. En düşük miktarda diasetilin 10.52 ng/mL ile *Lactobacillus* sp. tarafından üretildiği saptanmıştır.

Tarhana, turşu ve şalgam suyundan izole edilen suşların ürettiği diasetil miktarları genel olarak değerlendirildiğinde, *Enterococcus* ve *Pediococcus* türlerine ait suşların yüksek miktarda diasetil ürettiği görülmektedir. Çalışmamızın sonuçlarının aksine, Salomskiene et al. (2019), doğal kaynaklardan (ekşi maya, ekmek, orman bitkisi çiçekleri ve yaprakları) izole edilen *E. faecium* suşlarının diasetil üretmediğini bildirmiştir. Bununla birlikte, Albayrak and Duran (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, beyaz peynirden izole edilen *E. durans*, *E. faecalis* ve *E. faecium* izolatlarının yüksek miktarda diasetil üreticisi oldukları belirtilmiştir. Olaoye and Onilude (2011) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, sığır etinden

izole edilen 5 farklı *P. acidilactici* ve *P. pentosaceus* suşunun ürettiği diasetil miktarlarının inkübasyon süresine (6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 ve 48 saat) bağlı olarak 2-190 ng/mL arasında değiştiği belirlenmiş ve en yüksek seviyede diasetil *P. pentosaceus* INT01 suşu tarafından 18 saat inkübasyon süresi ile elde edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, Malezya Üniversitesi kültür koleksiyonundan temin edilen *L. casei*, *B. lactis*, *B. longum*, *L. rhamnosus* ve *L. gasseri* suşlarının sırasıyla 17.80, 4.63, 4.48, 8.13 ve 14.02 ng/mL diasetil ürettiği bildirilmiştir (Lew et al., 2013). Kondrotiene et al. (2018) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, inek ve keçi sütünden izole edilen *L. lactis* suşlarının diasetil üretmediği tespit edilmiştir. Deatraksa et al. (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada, Plaa Som Fug (Tayland'a özgü geleneksel fermente balık)'dan izole edilen *W. cibaria* ve *W. confusa* suşlarının diasetil üretmedikleri tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında ise tarhanadan izole edilen *W. cibaria* suşlarının 7.98-33.35 ng/mL aralığında diasetil ürettikleri belirlenmiştir. Tüm bu çalışmaların sonuçları, diasetil üretiminin suş ve ortam koşullarına bağlı olarak değiştiğini ortaya koymaktadır.

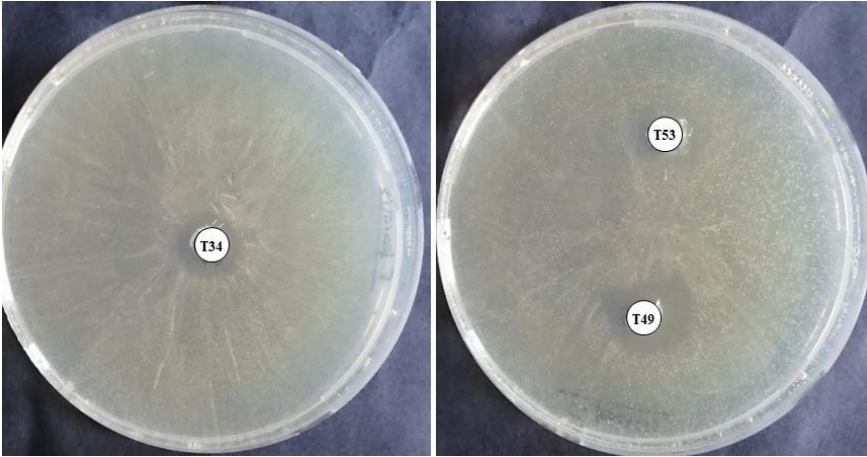
#### 4.1.4 İzolatların bakteriyosin üretimi

Bakteriyosinler, mikroorganizmalar tarafından ribozomal olarak sentezlenen peptit ya da protein yapısındaki bileşiklerdir. Etki spektrumları bazı türlerle sınırlı olan ve daha çok Gram-pozitif mikroorganizmalar üzerinde etkili olan bakteriyosinler, genellikle üretici suşa yakın türlere karşı antimikrobiyal etki göstermektedir (Gálvez et al., 2014; Singh, 2018). Bakteriyosinlerin antimikrobiyal aktivitelerinin yanı sıra doğal, renksiz, tatsız ve kokusuz olmaları da ürün özellikleri açısından oldukça önemlidir. Ayrıca, bazı bakteriyosinlerin ısı stabiliteilerinin olması, yüksek sıcaklıkta işlem gören birçok gıda maddesinde kullanılabilirliğini sağlamaktadır. Dolayısıyla, kimyasal koruyuculara alternatif olarak LAB tarafından sentezlenen yeni bakteriyosinlerin tespit edilmesi gıda endüstrisi açısından önem arz eden bir konudur.

Bu tez çalışmasında, tarhana, turşu ve şalgam suyundan izole edilen 388 adet izolatin bakteriyosin üretme potansiyelleri incelenmiştir. Bu kapsamda, izolatlar inülin içeren/içermeyen iki farklı besiyeri (MRS ve M17 Broth) kullanılarak aerobik/anaerobik koşullarda geliştirilmiş ve izolatların bakteriyosin üretme

potansiyelleri agar difüzyon yöntemi kullanılarak *B. cereus* No 8, *B. subtilis* ATCC 6037, *E. faecalis* ATCC 29212, *E. coli* ATCC 10536, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *L. monocytogenes* ATCC 49594, *L. monocytogenes* ATCC 13932, *S. Typhimurium* ATCC 13311 ve *S. aureus* ATCC 6538P üzerinde belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, tarhanadan izole edilen üç farklı suşun bakteriyosin ürettiği tespit edilmiştir. M17 Broth'da aerobik koşullarda geliştirilen *P. acidilactici* T34 suşunun *E. faecalis* ATCC 29212 inoküle edilen besiyerinde 10 mm berrak zon oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1). Bununla birlikte, MRS Broth'da geliştirilen *E. faecium* T49 ve *E. faecium* T53 suşlarının *E. faecalis* ATCC 29212 inoküle edilen petrilerde sırasıyla 12 mm ve 10 mm berrak zon oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

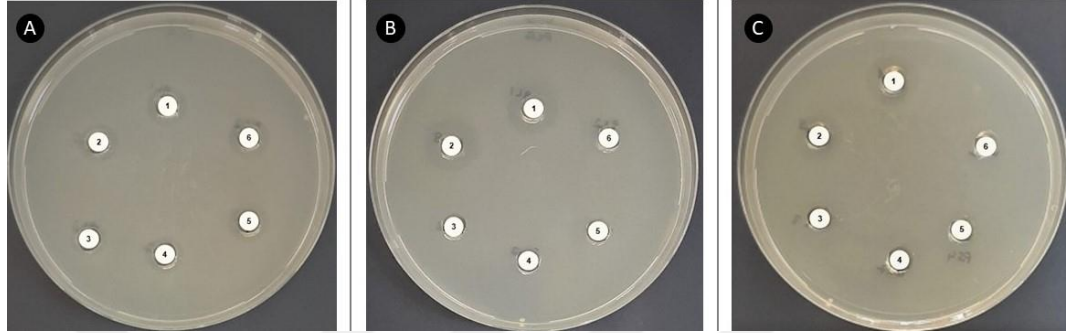


**Şekil 4.1** *Pediococcus acidilactici* T34, *Enterococcus faecium* T49 ve *Enterococcus faecium* T53 kodlu izolatların *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 inoküle edilen petrilerde oluşturdukları zon çapları

Bu tez kapsamında, şalgam suyundan izole edilen 6 farklı suşun bakteriyosin ürettiği tespit edilmiştir. M17 Broth'da aerobik koşullarda geliştirilen *P. acidilactici* S1 suşunun *E. faecalis* ATCC 29212 üzerine 10 mm, *L. monocytogenes* 13932 üzerine 13 mm ve *L. monocytogenes* 49594 üzerine 11 mm berrak zon oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Bununla birlikte, M17 Broth'da aerobik koşullarda geliştirilen *P. acidilactici* S7 suşunun *E. faecalis* ATCC 29212 üzerine 10 mm, *L. monocytogenes* 13932 üzerine 12 mm ve *L. monocytogenes* 49594 üzerine 11 mm berrak zon oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Ayrıca, M17 Broth'da aerobik koşullarda geliştirilen *P. acidilactici* S8, *P. acidilactici* S14, *P. acidilactici* S119 ve

*P. acidilactici* S129 suşlarının *L. monocytogenes* 49594 üzerine sırasıyla 10, 9, 8 ve 9 mm berrak zon oluşturduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.2).

Turşudan izole edilen LAB suşlarının bakteriyosin üretimine rastlanılmamıştır.



**Şekil 4.2** S1 (1), S7 (2), S8 (3), S14 (4), S119 (5) ve S129 (6) kodlu izolatların indikatör mikroorganizmalar inoküle edilen petrilerde oluşturdukları zon çapları (A: *Listeria monocytogenes* 49594, B: *Listeria monocytogenes* 13932, C: *Enterococcus faecalis*)

#### **4.1.4.1 Bakteriyosin üretiminin optimizasyonu**

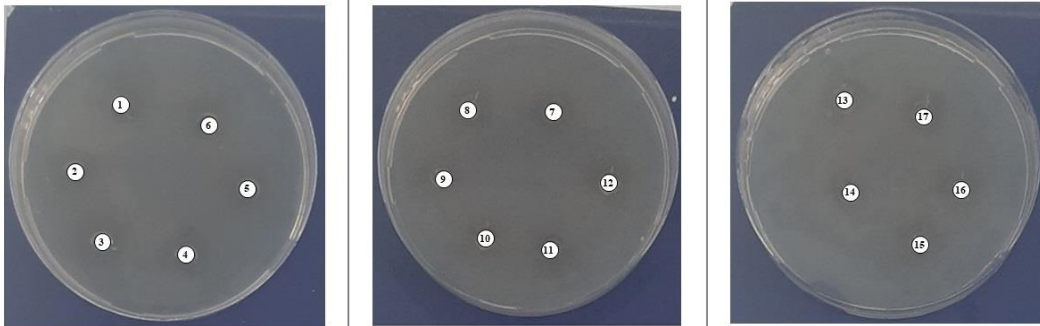
Bakteriyosin üretimi ve aktivitesi ortam koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle, bu tez kapsamında bakteriyosin ürettiği tespit edilen 9 izolatın bakteriyosin üretme koşulları yanıt yüzey yöntemi kullanılarak Box-Behnken deneme desenine göre optimize edilmiştir. Farklı denemeler ile sıcaklık (30-42°C), besiyeri pH değeri (4-8) ve inkübasyon süresinin (18-42 saat) bakteriyosin aktivitesi (AU/mL) üzerine etkileri belirlenmiştir.

#### **- *Pediococcus acidilactici* T34 suşunun bakteriyosin üretiminin optimizasyonu**

Çalışmanın bu aşamasında, *P. acidilactici* T34 suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar *E. faecalis* ATCC 29212 üzerinde incelenmiştir. Box-Behnken ile sağlanan deneme desenine göre elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4'te gösterilmiştir (Şekil 4.3). En yüksek bakteriyosin aktivitesi inkübasyon sıcaklığının 36°C, pH değerinin 6, inkübasyon süresinin 30 saat olduğu koşullarda tespit edilmiştir (Deneme 3 ve 16).

**Çizelge 4.4** *Pediococcus acidilactici* T34'ün ürettiği bakteriyosin için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen sonuçlar

| Deneme No | Sıcaklık (°C) | pH | Süre (saat) | Zon çapı (mm) | Bakteriyosin aktivitesi (AU/mL) |
|-----------|---------------|----|-------------|---------------|---------------------------------|
| 1         | 42            | 6  | 18          | 9             | 353.43                          |
| 2         | 42            | 4  | 30          | 8.5           | 284.71                          |
| 3         | 36            | 6  | 30          | 13            | 1044.58                         |
| 4         | 36            | 4  | 18          | 8.5           | 284.71                          |
| 5         | 42            | 8  | 30          | 9.5           | 426.08                          |
| 6         | 30            | 8  | 30          | 10            | 502.66                          |
| 7         | 36            | 4  | 42          | 10            | 502.66                          |
| 8         | 36            | 6  | 30          | 12            | 848.23                          |
| 9         | 30            | 6  | 18          | 9.5           | 426.08                          |
| 10        | 36            | 8  | 18          | 10            | 502.66                          |
| 11        | 30            | 6  | 42          | 11            | 667.59                          |
| 12        | 42            | 6  | 42          | 11            | 667.59                          |
| 13        | 36            | 8  | 42          | 10            | 502.66                          |
| 14        | 30            | 4  | 30          | 9.5           | 426.08                          |
| 15        | 36            | 6  | 30          | 12.5          | 944.44                          |
| 16        | 36            | 6  | 30          | 13            | 1044.58                         |
| 17        | 36            | 6  | 30          | 12            | 848.23                          |



**Şekil 4.3** *Pediococcus acidilactici* T34 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları (*Enterococcus faecalis* ATCC 29212 üzerine)

Box-Behnken deneme deseni ile sağlanan yanıtlar kullanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.5). Varyans analizi sonuçları modelin anlamlı ( $P<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.  $R^2$  (0.9464) ve düzeltilmiş  $R^2$  değerleri (0.8774) modelin anlamlı olduğuna dair kanıt sağlamıştır. Uyum eksikliği değerinin 0.05'ten yüksek olması modelin geçerliliğini göstermektedir. İstatistiksel sonuçlara göre, inkübasyon süresinin bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte bakteriyosin aktivitesi üzerine inkübasyon sıcaklığının ve besiyeri pH değerinin etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.5** *Pediococcus acidilactici* T34 suşunun bakteriyosin aktivitesi değerindeki değişime ait ANOVA tablosu

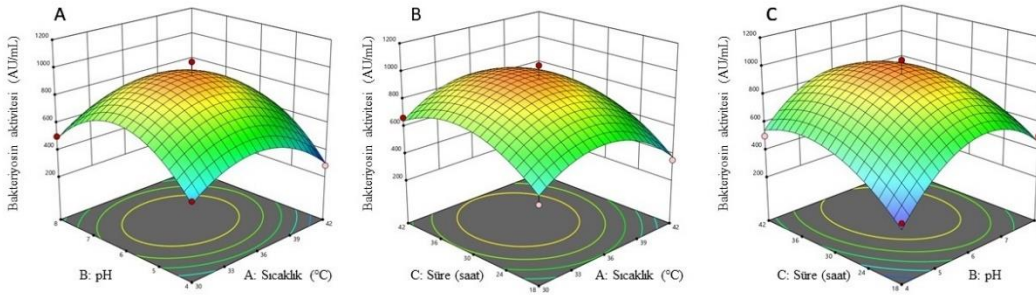
| Faktör         | Kareler toplamı | df | Ortalama kare | F değeri | P değeri |              |
|----------------|-----------------|----|---------------|----------|----------|--------------|
| Model          | 9.788E+05       | 9  | 1.088E+05     | 13.73    | 0.0011   | Önemli       |
| A-Sıcaklık     | 10556.04        | 1  | 10556.04      | 1.33     | 0.2862   |              |
| B-pH           | 23751.10        | 1  | 23751.10      | 3.00     | 0.1270   |              |
| C-Süre         | 74810.99        | 1  | 74810.99      | 9.44     | 0.0180   |              |
| AB             | 1049.44         | 1  | 1049.44       | 0.1325   | 0.7266   |              |
| AC             | 1319.51         | 1  | 1319.51       | 0.1666   | 0.6954   |              |
| BC             | 11875.55        | 1  | 11875.55      | 1.50     | 0.2604   |              |
| A <sup>2</sup> | 2.185E+05       | 1  | 2.185E+05     | 27.59    | 0.0012   |              |
| B <sup>2</sup> | 4.002E+05       | 1  | 4.002E+05     | 50.52    | 0.0002   |              |
| C <sup>2</sup> | 1.512E+05       | 1  | 1.512E+05     | 19.09    | 0.0033   |              |
| Kalıntı        | 55452.27        | 7  | 7921.75       |          |          |              |
| Uyum eksikliği | 16895.86        | 3  | 5631.95       | 0.5843   | 0.6564   | Önemli değil |
| Hata           | 38556.41        | 4  | 9639.10       |          |          |              |

Bakteriyosin aktivitesi için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.4'te gösterilmektedir. Bakteriyosin üretimi için optimum koşulların inkübasyon sıcaklığının 35.6°C, pH değerinin 6.1, inkübasyon süresinin

32.9 saat olduğu tespit edilmiştir (960.74 AU/mL). Üreme koşullarının optimizasyonu sonucu *P. acidilactici* T34 suşunun bakteriyosin aktivitesi 1.91 kat arttırılmıştır. 3 faktörlü sistem için ikinci dereceden polinom modelinin ikinci dereceden çoklu regresyon analizi aşağıdaki denklemle sonuçlanmıştır:

*Bakteriyosin aktivitesi*

$$= -11246.61394 + 433.90887 * \text{sıcaklık} + 971.70487 * \text{pH} \\ + 91.56781 * \text{zaman} + 1.34979 * (\text{sıcaklık} * \text{pH}) + 0.252257 \\ * (\text{sıcaklık} * \text{zaman}) - 2.27031 * (\text{pH} * \text{zaman}) - 6.32819 \\ * \text{sıcaklık}^2 - 77.07869 * \text{pH}^2 - 1.31614 * \text{zaman}^2$$

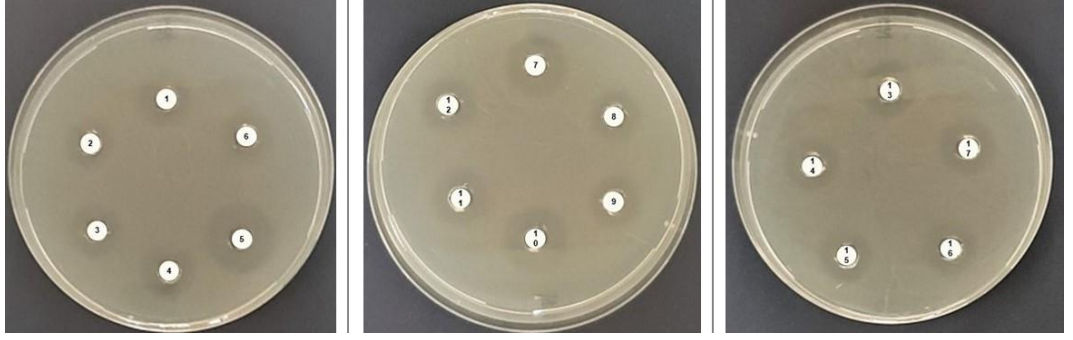


**Şekil 4.4** *Pediococcus acidilactici* T34 suşu için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri (A: Sıcaklık-pH, B: Sıcaklık-süre, C: pH-süre)

#### **- *Enterococcus faecium* T49 suşunun bakteriyosin üretiminin optimizasyonu**

Tez çalışmasının bu aşamasında, *E. faecium* T49 suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar *E. faecalis* ATCC 29212 üzerinde belirlenmiştir. Box-Behnken ile sağlanan deneme desenine göre elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da gösterilmiştir (Şekil 4.5). En yüksek bakteriyosin aktivitesi inkübasyon sıcaklığının 36°C, pH değerinin 8, inkübasyon süresinin 18 saat olduğu koşullarda tespit edilmiştir (Deneme 5).





**Şekil 4.5** *Enterococcus faecium* T49 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları (*Enterococcus faecalis* ATCC 29212 üzerine)

**Çizelge 4.6** *Enterococcus faecium* T49'un ürettiği bakteriyosin için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen sonuçlar

| Deneme No | Sıcaklık (°C) | pH | Süre (saat) | Zon çapı (mm) | Bakteriyosin aktivitesi (AU/mL) |
|-----------|---------------|----|-------------|---------------|---------------------------------|
| 1         | 30            | 6  | 18          | 13            | 1044.58                         |
| 2         | 30            | 4  | 30          | 11.5          | 755.95                          |
| 3         | 36            | 4  | 42          | 12.5          | 944.4                           |
| 4         | 36            | 6  | 30          | 13            | 1044.58                         |
| 5         | 36            | 8  | 18          | 20            | 2858.85                         |
| 6         | 36            | 4  | 18          | 12            | 848.23                          |
| 7         | 42            | 6  | 18          | 16            | 1727.88                         |
| 8         | 42            | 4  | 30          | 12            | 848.23                          |
| 9         | 30            | 6  | 42          | 11.5          | 755.95                          |
| 10        | 42            | 8  | 30          | 18.5          | 2405.28                         |
| 11        | 36            | 6  | 30          | 14            | 1256.64                         |
| 12        | 36            | 6  | 30          | 14            | 1256.64                         |
| 13        | 42            | 6  | 42          | 14            | 1256.64                         |
| 14        | 30            | 8  | 30          | 13.5          | 1148.65                         |
| 15        | 36            | 8  | 42          | 14            | 1256.64                         |
| 16        | 36            | 6  | 30          | 13            | 1044.58                         |
| 17        | 36            | 6  | 30          | 14            | 1256.64                         |

Box-Behnken deneme deseni ile sağlanan yanıtlar kullanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.7). Varyans analizi sonuçları modelin anlamlı ( $P<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.  $R^2$  (0.9586) ve düzeltilmiş  $R^2$  değerleri (0.9055) modelin anlamlı olduğuna dair kanıt sağlamıştır. Uyum eksikliği değerinin 0.05'ten yüksek olması modelin geçerliliğini göstermektedir. İstatistiksel sonuçlara göre inkübasyon sıcaklığı, besiyeri pH değeri ve inkübasyon süresinin bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte bakteriyosin aktivitesi üzerine inkübasyon sıcaklığı ve süresinin birlikte etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.7** *Enterococcus faecium* T49 suşunun bakteriyosin aktivitesi değerindeki değişime ait ANOVA tablosu

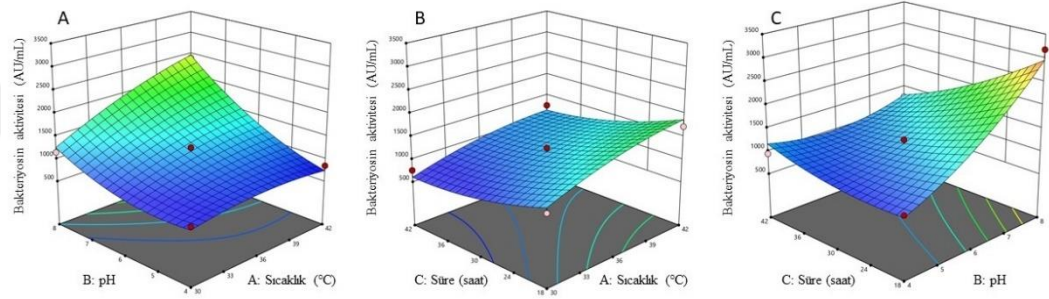
| Faktör         | Kareler toplamı | df | Ortalama kare | F değeri | P değeri |              |
|----------------|-----------------|----|---------------|----------|----------|--------------|
| Model          | 6.036E+06       | 9  | 6.707E+05     | 18.03    | 0.0005   | Önemli       |
| A-Sıcaklık     | 8.019E+05       | 1  | 8.019E+05     | 21.56    | 0.0024   |              |
| B-pH           | 2.639E+06       | 1  | 2.639E+06     | 70.94    | <0.0001  |              |
| C-Süre         | 8.371E+05       | 1  | 8.371E+05     | 22.51    | 0.0021   |              |
| AB             | 3.389E+05       | 1  | 3.389E+05     | 9.11     | 0.0194   |              |
| AC             | 8336.60         | 1  | 8336.60       | 0.2241   | 0.6503   |              |
| BC             | 1.021E+06       | 1  | 1.021E+06     | 27.44    | 0.0012   |              |
| A <sup>2</sup> | 62448.01        | 1  | 62448.01      | 1.68     | 0.2362   |              |
| B <sup>2</sup> | 2.415E+05       | 1  | 2.415E+05     | 6.49     | 0.0382   |              |
| C <sup>2</sup> | 90035.50        | 1  | 90035.50      | 2.42     | 0.1637   |              |
| Kalıntı        | 2.604E+05       | 7  | 37195.80      |          |          |              |
| Uyum eksikliği | 2.604E+05       | 3  | 68802.41      | 5.10     | 0.0747   | Önemli değil |
| Hata           | 53963.33        | 4  | 13490.83      |          |          |              |

Bakteriyosin aktivitesi için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.6'da gösterilmektedir. Yanıt yüzey yöntemi bakteriyosin üretimi (3421.58 AU/mL) için optimum koşulların 41.57°C sıcaklık, 7.99 pH değeri ve

18.37 saat inkübasyon süresi olduğunu ortaya koymuştur. Üreme koşullarının optimizasyonu sonucu *E. faecium* T49 suşunun bakteriyosin aktivitesi 4.03 kat arttırılmıştır. 3 faktörlü sistem için ikinci dereceden polinom modelinin ikinci dereceden çoklu regresyon analizi aşağıdaki denklemle sonuçlanmıştır:

*Bakteriyosin aktivitesi*

$$= -2190.46181 + 169.81537 * \text{sıcaklık} - 673.20413 * \text{pH} \\ + 61.21656 * \text{zaman} + 24.25729 * (\text{sıcaklık} * \text{pH}) - 0.634062 \\ * (\text{sıcaklık} * \text{zaman}) - 21.04615 * (\text{pH} * \text{zaman}) - 3.38290 \\ * \text{sıcaklık}^2 + 59.87394 * \text{pH}^2 + 1.01549 * \text{zaman}^2$$



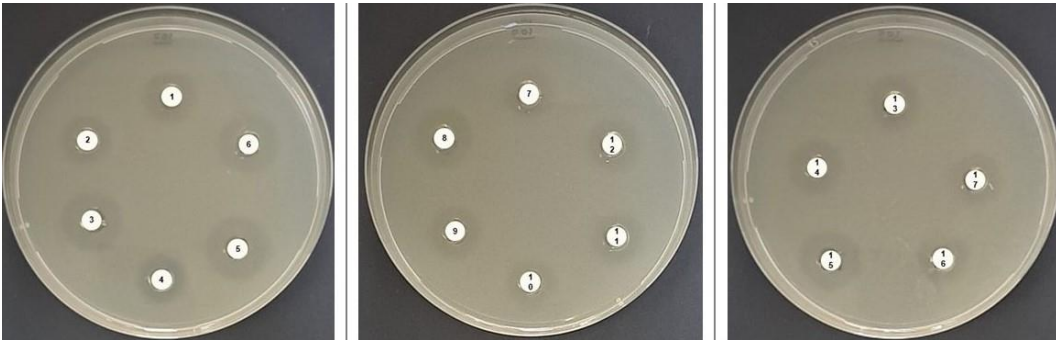
**Şekil 4.6** *Enterococcus faecium* T49 suşu için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri (A: Sıcaklık-pH, B: Sıcaklık-süre, C: pH-süre)

#### **- *Enterococcus faecium* T53 suşunun bakteriyosin üretiminin optimizasyonu**

Çalışmanın bu aşamasında, *E. faecium* T53 suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar *E. faecalis* ATCC 29212 üzerinde belirlenmiştir. Box-Behnken ile sağlanan deneme desenine göre elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8’de gösterilmiştir (Şekil 4.7). En yüksek bakteriyosin aktivitesi inkübasyon sıcaklığının 30°C, pH değerinin 8, inkübasyon süresinin 30 saat olduğu koşullarda tespit edilmiştir (Deneme 3).

**Çizelge 4.8** *Enterococcus faecium* T53'ün ürettiği bakteriyosin için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen sonuçlar

| Deneme No | Sıcaklık (°C) | pH | Süre (saat) | Zon çapı (mm) | Bakteriyosin aktivitesi (AU/mL) |
|-----------|---------------|----|-------------|---------------|---------------------------------|
| 1         | 36            | 6  | 30          | 13            | 1044.58                         |
| 2         | 42            | 4  | 30          | 12            | 848.23                          |
| 3         | 30            | 8  | 30          | 17            | 1987.06                         |
| 4         | 36            | 4  | 42          | 10            | 502.66                          |
| 5         | 36            | 8  | 42          | 16            | 1727.88                         |
| 6         | 36            | 6  | 30          | 14            | 1256.64                         |
| 7         | 30            | 6  | 42          | 12            | 848.23                          |
| 8         | 42            | 8  | 30          | 14            | 1256.64                         |
| 9         | 36            | 6  | 30          | 13            | 1044.58                         |
| 10        | 30            | 4  | 30          | 11            | 667.59                          |
| 11        | 42            | 6  | 18          | 10            | 502.66                          |
| 12        | 36            | 6  | 30          | 13            | 1044.58                         |
| 13        | 30            | 6  | 18          | 10            | 502.66                          |
| 14        | 36            | 6  | 30          | 13            | 1044.58                         |
| 15        | 36            | 8  | 18          | 14            | 1256.64                         |
| 16        | 42            | 6  | 42          | 10            | 502.66                          |
| 17        | 36            | 4  | 18          | 10            | 502.66                          |



**Şekil 4.7** *Enterococcus faecium* T53 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları (*Enterococcus faecalis* ATCC 29212 üzerine)

Box-Behnken deneme deseni ile sağlanan yanıtlar kullanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.9). Varyans analizi sonuçları modelin anlamlı ( $P<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.  $R^2$  ve düzeltilmiş  $R^2$  değerlerinin sırasıyla 0.9835 ve 0.9622 olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler modelin anlamlı olduğuna dair kanıt sağlamıştır. Uyum eksikliği değerinin 0.05'ten yüksek olması modelin geçerliliğini göstermektedir. İnkübasyon sıcaklığı, besiyeri pH değeri ve inkübasyon süresinin bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte, bakteriyosin aktivitesi üzerine inkübasyon sıcaklığı ve süresinin birlikte etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.9** *Enterococcus faecium* T53 suşunun bakteriyosin aktivitesi değerindeki değişime ait ANOVA tablosu

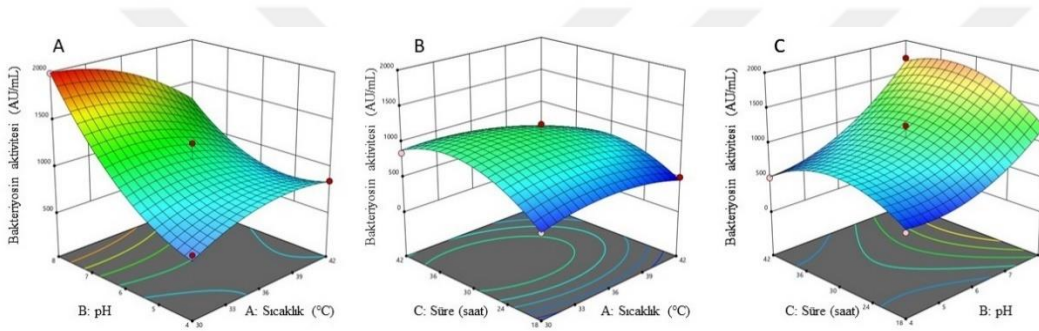
| Faktör         | Kareler toplamı | df | Ortalama kare | F değeri | P değeri |              |
|----------------|-----------------|----|---------------|----------|----------|--------------|
| Model          | 3.039E+06       | 9  | 3.377E+05     | 46.30    | <0.0001  | Önemli       |
| A-Sıcaklık     | 1.002E+05       | 1  | 1.002E+05     | 13.74    | 0.0076   |              |
| B-pH           | 1.718E+06       | 1  | 1.718E+06     | 235.51   | <0.0001  |              |
| C-Süre         | 83397.32        | 1  | 83397.32      | 11.43    | 0.0117   |              |
| AB             | 2.075E+05       | 1  | 2.075E+05     | 28.45    | 0.0011   |              |
| AC             | 29854.66        | 1  | 29854.66      | 4.09     | 0.0827   |              |
| BC             | 55516.78        | 1  | 55516.78      | 7.61     | 0.0281   |              |
| A <sup>2</sup> | 98254.91        | 1  | 98254.91      | 13.47    | 0.0080   |              |
| B <sup>2</sup> | 2.752E+05       | 1  | 2.752E+05     | 37.73    | 0.0005   |              |
| C <sup>2</sup> | 5.017E+05       | 1  | 5.017E+05     | 68.78    | <0.0001  |              |
| Kalıntı        | 51057.61        | 7  | 7293.94       |          |          |              |
| Uyum eksikliği | 15082.05        | 3  | 5027.35       | 0.5590   | 0.6698   | Önemli değil |
| Hata           | 35975.55        | 4  | 8993.89       |          |          |              |

Bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.8'de gösterilmektedir. Yanıt yüzey yöntemi bakteriyosin üretimi (2030.05 AU/mL) için

optimum koşulların 30.24°C sıcaklık, 7.97 pH değeri ve 37.28 saat inkübasyon süresi olduğunu ortaya koymuştur. Üreme koşullarının optimizasyonu sonucu T53 kodlu izolatın bakteriyosin aktivitesinin 3.95 kat artırıldığı belirlenmiştir. 3 faktörlü sistem için ikinci dereceden polinom modelinin ikinci dereceden çoklu regresyon analizi aşağıdaki denklemle sonuçlanmıştır:

#### Bakteriyosin aktivitesi

$$\begin{aligned}
 &= -9754.88081 + 436.75575 * \text{sıcaklık} + 0.781750 * \text{pH} \\
 &+ 166.07708 * \text{zaman} - 18.98042 * (\text{sıcaklık} * \text{pH}) - 1.19990 \\
 &* (\text{sıcaklık} * \text{zaman}) + 4.90875 * (\text{pH} * \text{zaman}) - 4.24333 \\
 &* \text{sıcaklık}^2 + 63.91194 * \text{pH}^2 - 2.39708 * \text{zaman}^2
 \end{aligned}$$



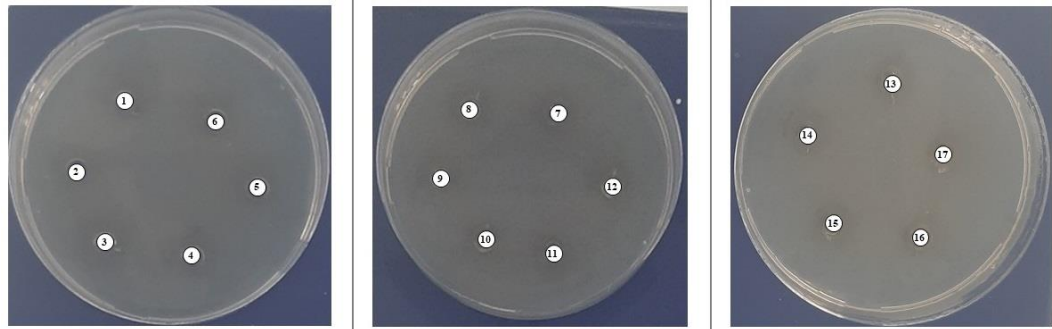
**Şekil 4.8** *Enterococcus faecium* T53 suşu için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri (A: Sıcaklık-pH, B: Sıcaklık-süre, C: pH-süre)

#### **- *Pediococcus acidilactici* S1 suşunun bakteriyosin üretiminin optimizasyonu**

Çalışmanın bu aşamasında, *P. acidilactici* S1 suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar *L. monocytogenes* 13932 üzerinde tespit edilmiştir. *P. acidilactici* S1 suşunun *L. monocytogenes* 13932'ye karşı gösterdiği en yüksek bakteriyosin aktivitesi inkübasyon sıcaklığının 42°C, pH değerinin 6, inkübasyon süresinin 18 saat olduğu koşullarda tespit belirlenmiştir (Deneme 3) (Çizelge 4.10). *P. acidilactici* S1 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.10** *Pediococcus acidilactici* S1'in ürettiği bakteriyosin için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen sonuçlar

| Deneme No | Sıcaklık (°C) | pH | Süre (saat) | Zon çapı (mm) | Bakteriyosin aktivitesi (AU/mL) |
|-----------|---------------|----|-------------|---------------|---------------------------------|
| 1         | 36            | 8  | 42          | 11.5          | 755.95                          |
| 2         | 36            | 4  | 42          | 9.5           | 426.08                          |
| 3         | 42            | 6  | 18          | 14            | 1256.64                         |
| 4         | 36            | 6  | 30          | 13.5          | 1148.65                         |
| 5         | 36            | 6  | 30          | 13            | 1044.58                         |
| 6         | 36            | 6  | 30          | 13.5          | 1148.65                         |
| 7         | 42            | 4  | 30          | 10.5          | 583.16                          |
| 8         | 36            | 6  | 30          | 13            | 1044.58                         |
| 9         | 36            | 8  | 18          | 10.5          | 583.16                          |
| 10        | 36            | 4  | 18          | 9.5           | 426.08                          |
| 11        | 30            | 8  | 30          | 11            | 667.59                          |
| 12        | 30            | 6  | 18          | 11.5          | 755.95                          |
| 13        | 36            | 6  | 30          | 13.5          | 1148.65                         |
| 14        | 42            | 6  | 42          | 13.5          | 1148.65                         |
| 15        | 30            | 6  | 42          | 12.5          | 944.44                          |
| 16        | 42            | 8  | 30          | 12.5          | 944.44                          |
| 17        | 30            | 4  | 30          | 10            | 502.66                          |



**Şekil 4.9** *Pediococcus acidilactici* S1 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları (*Listeria monocytogenes* 13932 üzerine)

Box-Behnken deneme deseni ile sağlanan yanıtlar kullanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.11). Varyans analizi sonuçları modelin anlamlı ( $P<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.  $R^2$  ve düzeltilmiş  $R^2$  değerlerinin sırasıyla 0.9772 ve 0.9479 olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler modelin anlamlı olduğuna dair kanıt sağlamıştır. Uyum eksikliği değerinin 0.05'ten yüksek olması modelin geçerliliğini göstermektedir. İnkübasyon sıcaklığı ve besiyeri pH değerinin bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte bakteriyosin aktivitesi üzerine inkübasyon süresinin etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.11** *Pediococcus acidilactici* S1 suşunun bakteriyosin aktivitesi değerindeki değişime ait ANOVA tablosu

| Faktör         | Kareler toplamı | df | Ortalama kare | F değeri | P değeri |              |
|----------------|-----------------|----|---------------|----------|----------|--------------|
| Model          | 1.259E+06       | 9  | 1.399E+05     | 33.37    | <0.0001  | Önemli       |
| A-Sıcaklık     | 1.410E+05       | 1  | 1.410E+05     | 33.64    | 0.0007   |              |
| B-pH           | 1.283E+05       | 1  | 1.283E+05     | 30.60    | 0.0009   |              |
| C-Süre         | 8019.48         | 1  | 8019.48       | 1.91     | 0.2092   |              |
| AB             | 9638.33         | 1  | 9638.33       | 2.30     | 0.1733   |              |
| AC             | 21975.10        | 1  | 21975.10      | 5.24     | 0.0559   |              |
| BC             | 7464.10         | 1  | 7464.10       | 1.78     | 0.2239   |              |
| A <sup>2</sup> | 2231.53         | 1  | 2231.53       | 0.5322   | 0.4894   |              |
| B <sup>2</sup> | 8.739E+05       | 1  | 8.739E+05     | 208.41   | <0.0001  |              |
| C <sup>2</sup> | 45211.91        | 1  | 45211.91      | 10.78    | 0.0134   |              |
| Kalıntı        | 29352.90        | 7  | 4139.27       |          |          |              |
| Uyum eksikliği | 16356.22        | 3  | 5452.07       | 1.68     | 0.3078   | Önemli değil |
| Hata           | 12996.08        | 4  | 3249.17       |          |          |              |

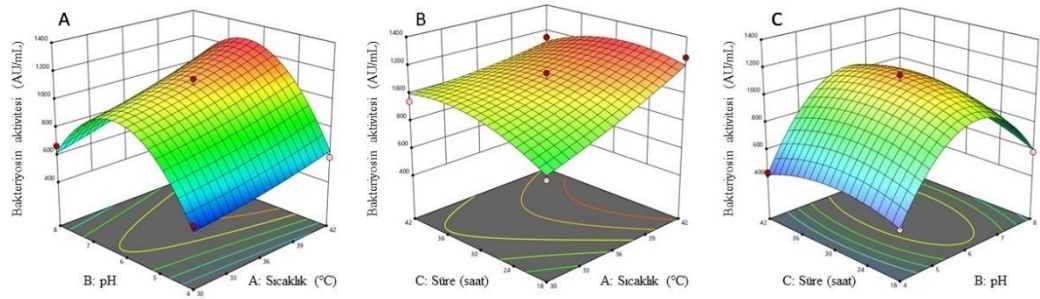
Bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.10'da gösterilmektedir. Yanıt yüzey yöntemi bakteriyosin üretimi (1278.78 AU/mL) için optimum koşulların 41.91°C sıcaklık, 6.43 pH değeri ve 27.37 saat inkübasyon



süresi olduğunu ortaya koymuştur. Üreme koşullarının optimizasyonu sonucu T53 kodlu izolatın bakteriyosin aktivitesinin 1.22 kat arttırıldığı belirlenmiştir. 3 faktörlü sistem için ikinci dereceden polinom modelinin ikinci dereceden çoklu regresyon analizi aşağıdaki denklemle sonuçlanmıştır:

*Bakteriyosin aktivitesi*

$$= -3972.09925 - 17.57321 * \text{sıcaklık} + 1228.80613 * \text{pH} \\ + 72.07552 * \text{zaman} + 4.09062 * (\text{sıcaklık} * \text{pH}) - 1.02944 \\ * (\text{sıcaklık} * \text{zaman}) + 1.79991 * (\text{pH} * \text{zaman}) + 0.639486 \\ * \text{sıcaklık}^2 - 113.89525 * \text{pH}^2 - 0.719608 * \text{zaman}^2$$



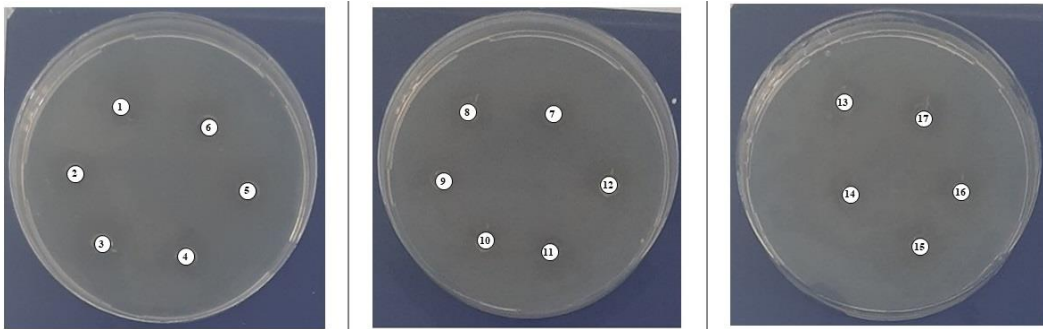
**Şekil 4.10** *Pediococcus acidilactici* S1 suşu için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri (A: Sıcaklık-pH, B: Sıcaklık-süre, C: pH-süre)

#### **- *Pediococcus acidilactici* S7 suşunun bakteriyosin üretiminin optimizasyonu**

Çalışmanın bu aşamasında, *P. acidilactici* S7 suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar *L. monocytogenes* 13932 üzerinde incelenmiştir. *P. acidilactici* S7 suşunun *L. monocytogenes* 13932 karşı gösterdiği en yüksek bakteriyosin aktivitesi inkübasyon sıcaklığının 36°C, pH değerinin 8, inkübasyon süresinin 42 saat olduğu koşullarda belirlenmiştir (Deneme 12) (Çizelge 4.12). *P. acidilactici* S1 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları Şekil 4.11’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.12** *Pediococcus acidilactici* S7'nin ürettiği bakteriyosin için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen sonuçlar

| Deneme No | Sıcaklık (°C) | pH | Süre (saat) | Zon çapı (mm) | Bakteriyosin aktivitesi (AU/mL) |
|-----------|---------------|----|-------------|---------------|---------------------------------|
| 1         | 36            | 4  | 18          | 9             | 353.43                          |
| 2         | 30            | 4  | 30          | 8.5           | 284.71                          |
| 3         | 42            | 4  | 30          | 8.5           | 284.71                          |
| 4         | 42            | 8  | 30          | 10            | 502.66                          |
| 5         | 36            | 4  | 42          | 10            | 502.66                          |
| 6         | 36            | 6  | 30          | 11.5          | 755.95                          |
| 7         | 42            | 6  | 42          | 12.5          | 944.44                          |
| 8         | 42            | 6  | 18          | 9             | 353.43                          |
| 9         | 36            | 6  | 30          | 11            | 667.59                          |
| 10        | 36            | 8  | 18          | 9             | 353.43                          |
| 11        | 30            | 6  | 42          | 10.5          | 583.16                          |
| 12        | 36            | 8  | 42          | 13            | 1044.58                         |
| 13        | 30            | 8  | 30          | 9.5           | 426.08                          |
| 14        | 30            | 6  | 18          | 9             | 353.43                          |
| 15        | 36            | 6  | 30          | 11.5          | 755.95                          |
| 16        | 36            | 6  | 30          | 11.5          | 755.95                          |
| 17        | 30            | 6  | 30          | 12            | 848.23                          |



**Şekil 4.11** *Pediococcus acidilactici* S7 suşu için Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen zon çapları (*Listeria monocytogenes* 13932 üzerine)

Box-Behnken deneme deseni ile sağlanan yanıtlar kullanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.13). Varyans analizi sonuçları modelin anlamlı ( $P<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.  $R^2$  ve düzeltilmiş  $R^2$  değerlerinin sırasıyla 0.9672 ve 0.9251 olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler modelin anlamlı olduğuna dair kanıt sağlamıştır. Uyum eksikliği değerinin 0.05'ten yüksek olması modelin geçerliliğini göstermektedir. Besiyeri pH değeri ve inkübasyon süresinin bakteriyosin aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte bakteriyosin aktivitesi üzerine inkübasyon sıcaklığının etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.13** *Pediococcus acidilactici* S7 suşunun bakteriyosin aktivitesi değerindeki değişime ait ANOVA tablosu

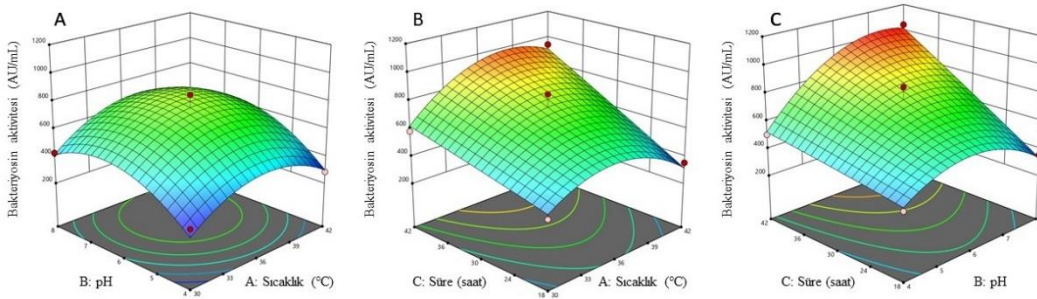
| Faktör         | Kareler toplamı | df | Ortalama kare | F değeri | P değeri |              |
|----------------|-----------------|----|---------------|----------|----------|--------------|
| Model          | 9.054E+05       | 9  | 1.006E+05     | 22.96    | 0.0002   | Önemli       |
| A-Sıcaklık     | 23965.17        | 1  | 23965.17      | 5.47     | 0.0519   |              |
| B-pH           | 1.015E+05       | 1  | 1.015E+05     | 23.17    | 0.0019   |              |
| C-Süre         | 3.449E+05       | 1  | 3.449E+05     | 78.73    | <0.0001  |              |
| AB             | 1466.12         | 1  | 1466.12       | 0.3346   | 0.5811   |              |
| AC             | 32630.81        | 1  | 32630.81      | 7.45     | 0.0294   |              |
| BC             | 73419.32        | 1  | 73419.32      | 16.76    | 0.0046   |              |
| A <sup>2</sup> | 1.577E+05       | 1  | 1.577E+05     | 36.00    | 0.0005   |              |
| B <sup>2</sup> | 1.498E+05       | 1  | 1.498E+05     | 34.20    | 0.0006   |              |
| C <sup>2</sup> | 87.82           | 1  | 87.82         | 0.02     | 0.8914   |              |
| Kalıntı        | 30667.84        | 7  | 4381.12       |          |          |              |
| Uyum eksikliği | 14347.82        | 3  | 4782.61       | 1.17     | 0.4246   | Önemli değil |
| Hata           | 16320.01        | 4  | 4080.00       |          |          |              |

Bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.12'de gösterilmektedir. Yanıt yüzey yöntemi bakteriyosin üretimi (1069.40 AU/mL) için optimum koşulların 38.55°C sıcaklık, 7.38 pH değeri ve 41.85 saat inkübasyon

süresi olduğunu ortaya koymuştur. Üreme koşullarının optimizasyonu sonucu S7 kodlu izolatın bakteriyosin aktivitesinin 1.26 kat artırıldığı belirlenmiştir. 3 faktörlü sistem için ikinci dereceden polinom modelinin ikinci dereceden çoklu regresyon analizi aşağıdaki denklemle sonuçlanmıştır:

*Bakteriyosin aktivitesi*

$$= -6407.40975 + 349.02025 * \text{sıcaklık} + 395.46850 * \text{pH} \\ - 59.82375 * \text{zaman} + 1.59542 * (\text{sıcaklık} * \text{pH}) + 1.25444 \\ * (\text{sıcaklık} * \text{zaman}) + 5.64500 * (\text{pH} * \text{zaman}) - 5.37644 \\ * \text{sıcaklık}^2 - 47.16050 * \text{pH}^2 - 0.031715 * \text{zaman}^2$$



**Şekil 4.12** *Pediococcus acidilactici* S7 suşu için bağımsız değişkenlere dayalı 3D yanıt yüzey grafikleri (A: Sıcaklık-pH, B: Sıcaklık-süre, C: pH-süre)

**- *Pediococcus acidilactici* S8, *Pediococcus acidilactici* S14, *Pediococcus acidilactici* S119 ve *Pediococcus acidilactici* S129 suşlarının bakteriyosin üretiminin optimizasyonu**

Çalışmanın bu aşamasında, *P. acidilactici* S8, *P. acidilactici* S14, *P. acidilactici* S119 ve *P. acidilactici* S129 suşlarının optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar *L. monocytogenes* 49594 üzerinde incelenmiştir. Bu suşlar için Box-Behnken deneme deseninin, optimum düzeyde bakteriyosin üreten koşulları belirlemek amacıyla uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, bu suşların ürettiği bakteriyosinlerin saflaştırılması ve karakterizasyonu aşamalarında, maksimum düzeyde bakteriyosin ürettiği ortam koşulları (36°C, pH:6, 30 saat) kullanılmıştır.

Literatürde farklı istatistiksel yöntemler kullanılarak bakteriyosin üretimi için LAB'nin üreme koşullarını optimize etmeye yönelik çeşitli çalışmalar

bulunmaktadır. Daba et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. plantarum* suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar RSM-CCD yöntemi ile belirlenmiş ve en yüksek bakteriyosin aktivitesi (12800 AU/mL), besiyerine ilave edilen Tween 80, potasyum klorür ve triamonyum sitrat konsantrasyonlarının sırasıyla 3 mL/L, 3 g/L ve 6 g/L olduğu koşullarda tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, *L. acidophilus* suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar RSM-Box-Behnken yöntemi ile belirlenmiş ve en yüksek bakteriyosin aktivitesi (2600 AU/mL), inkübasyon sıcaklığının 30°C, pH değerinin 6 ve inkübasyon süresinin 18 saat olduğu koşullarda tespit edilmiştir (Salman et al., 2020). Jawan et al. (2021) tarafından yapılan başka bir çalışmada, *L. lactis* Gh1'in optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar RSM-ANN yöntemi ile belirlenmiş ve 17.53 g/L soya pepton, 4 g/L fruktoz, 2.5 g/L NaCl ve 1.5 g/L Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> içeren besiyerlerinde optimum düzeyde bakteriyosin (695.96 AU/mL) üretildiği bildirilmiştir. Kaktcham et al. (2019) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, *L. lactis* 2MT suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar RSM-Doehlert yöntemi ile belirlenmiş ve en yüksek bakteriyosin aktivitesi (3600 AU/mL), inkübasyon sıcaklığının 28.4°C, inkübasyon süresinin 17.05 saat ve besiyerine ilave edilen melas konsantrasyonunun 42.72 g/L olduğu koşullarda belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, *L. rhamnosus* L43 suşunun optimum düzeyde bakteriyosin ürettiği koşullar tespit edilmiş ve en yüksek bakteriyosin aktivitesi (1680 AU/mL), besiyerine ilave edilen NaCl konsantrasyonunun %2, pH değerinin 7 ve inkübasyon süresinin 18 saat olduğu koşullarda belirlenmiştir (da Costa et al., 2019). Monafathia et al. (2018) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, RSM-CCD yöntemi ile *L. plantarum* IN05 suşunun optimum düzeyde bakteriyosin (816.87 AU/mL) ürettiği koşullar 15.20 g/L sığır ekstraktı ve 1.93 g/L K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> içeren ve pH değeri 7.19'a ayarlanmış besi ortamı olarak tespit edilmiştir. Yapılan tüm bu çalışmalar, bakteriyosin üretiminin birçok faktöre bağlı olduğunu ve koşulların optimize edilmesiyle bakteriyosin üretiminin arttırılabileceğini ortaya koymaktadır.

#### **4.1.4.2 Bakteriyosinlerin saflaştırılması**

Bu tez çalışması kapsamında, 9 farklı suşun ürettikleri bakteriyosinler amonyum sülfat çöktürme, diyaliz ve katı faz ekstraksiyonu olmak üzere üç aşama kullanılarak saflaştırılmıştır.

*P. acidilactici* T34 suşunun ürettiği bakteriyosin T34'ün amonyum sülfat çöktürme ile saflaştırılması sonucu spesifik aktivitenin 3.95 kat arttığı ve bakteriyosin aktivitesinin %33.08 geri kazanım verimi ile 1044.58 AU/mL'den 1727.88 AU/mL'ye yükseldiği tespit edilmiştir. İkinci aşama olarak kullanılan diyaliz sonucu spesifik aktivitenin 6.29 kat arttığı, bakteriyosin aktivitesinin ise %7.61 geri kazanım verimi ile 1987.06 AU/mL olduğu belirlenmiştir. Katı faz ekstraksiyonu sonucu ise bakteriyosin aktivitesinin %2.74 geri kazanım verimi ile 2858.85 AU/mL olduğu tespit edilmiştir. Üç aşamalı saflaştırma sonucunda bakteriyosin T34'ün spesifik aktivitesinin 12.36 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

**Çizelge 4.14** Bakteriyosin T34'ün saflaştırılması

| Saflaştırma aşamaları       | Hacim (mL) | Protein (mg/mL) | Toplam protein (mg) | Aktivite (AU/mL) | Toplam aktivite (AU) | Spesifik aktivite (AU/mg) | Saflaştırma faktörü | Geri kazanım (%) |
|-----------------------------|------------|-----------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Hücre içermeyen süpernatant | 500        | 0.86            | 430                 | 1044.58          | 522290               | 1214.63                   | 1                   | 100              |
| Amonyum sülfat çöktürme     | 100        | 0.36            | 36                  | 1727.88          | 172788               | 4799.67                   | 3.95                | 33.08            |
| Diyaliz                     | 20         | 0.26            | 5.2                 | 1987.06          | 39741.20             | 7642.54                   | 6.29                | 7.61             |
| Katı faz ekstraksiyonu      | 5          | 0.19            | 0.95                | 2858.85          | 14294.25             | 15015.00                  | 12.36               | 2.74             |

\* Toplam protein (mg): Bradford yöntemi ile belirlenen protein miktarı x toplam hacim

Toplam aktivite (AU): Aktivite x toplam hacim

Spesifik aktivite (AU/mg): Toplam aktivite / toplam protein

Saflaştırma faktörü: Saflaştırma aşamasının spesifik aktivitesi / ham preparatın spesifik aktivitesi

Geri kazanım (%): Saflaştırma aşamasının toplam aktivitesi / ham preparatın toplam aktivitesi x 100

*E. faecium* T49 suşunun ürettiği bakteriyosin T49'un amonyum sülfat çöktürme, diyaliz ve katı faz ekstraksiyonu ile saflaştırılması sonucu spesifik aktivitenin sırasıyla 2.17, 3.34 ve 5.54 kat arttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, bakteriyosin aktivitesinin sırasıyla %27.09, %6.47 ve %1.90 geri kazanım verimi ile 3872.01, 4626.00 ve 5442.81 AU/mL olduğu tespit edilmiştir. Üç aşamalı saflaştırma sonucunda bakteriyosin T49'un spesifik aktivitesinin 5.54 kat arttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.15).

**Çizelge 4.15** Bakteriyosin T49'un saflaştırılması

| Saflaştırma aşamaları       | Hacim (mL) | Protein (mg/mL) | Toplam protein (mg) | Aktivite (AU/mL) | Toplam aktivite (AU) | Spesifik aktivite (AU/mg) | Saflaştırma faktörü | Geri kazanım (%) |
|-----------------------------|------------|-----------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Hücre içermeyen süpernatant | 500        | 0.64            | 320                 | 2858.85          | 1429425              | 4466.95                   | 1                   | 100              |
| Amonyum sülfat çöktürme     | 100        | 0.40            | 40                  | 3872.01          | 387201               | 9680.03                   | 2.17                | 27.09            |
| Diyaliz                     | 20         | 0.31            | 6.2                 | 4626.00          | 92520                | 14922.58                  | 3.34                | 6.47             |
| Katı faz ekstraksiyonu      | 5          | 0.22            | 1.1                 | 5442.81          | 27214.05             | 24740.05                  | 5.54                | 1.90             |

\* Toplam protein (mg): Bradford yöntemi ile belirlenen protein miktarı x toplam hacim

Toplam aktivite (AU): Aktivite x toplam hacim

Spesifik aktivite (AU/mg): Toplam aktivite / toplam protein

Saflaştırma faktörü: Saflaştırma aşamasının spesifik aktivitesi / ham preparatın spesifik aktivitesi

Geri kazanım (%): Saflaştırma aşamasının toplam aktivitesi / ham preparatın toplam aktivitesi x 100

*E. faecium* T53 suşunun ürettiği bakteriyosin T53'ün amonyum sülfat çöktürme ile saflaştırılması sonucu spesifik aktivitenin 3.20 kat arttığı ve bakteriyosin aktivitesinin %32.02 geri kazanım verimi ile 1987.06 AU/mL'den 3180.86 AU/mL'ye yükseldiği belirlenmiştir. İkinci aşama olarak kullanılan diyaliz sonucu spesifik aktivitenin 5.52 kat arttığı, bakteriyosin aktivitesinin ise %3.90 geri kazanım verimi ile 3872.01 AU/mL olduğu tespit edilmiştir. Katı faz ekstraksiyonu sonucu ise bakteriyosin aktivitesinin %2.53 geri kazanım verimi ile 5026.55 AU/mL olduğu belirlenmiştir. Üç aşamalı saflaştırma sonucunda bakteriyosin T53'ün spesifik aktivitesinin 8.60 kat arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.16).

**Çizelge 4.16** Bakteriyosin T53'ün saflaştırılması

| Saflaştırma aşamaları       | Hacim (mL) | Protein (mg/mL) | Toplam protein (mg) | Aktivite (AU/mL) | Toplam aktivite (AU) | Spesifik aktivite (AU/mg) | Saflaştırma faktörü | Geri kazanım (%) |
|-----------------------------|------------|-----------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Hücre içermeyen süpernatant | 500        | 0.68            | 340                 | 1987.06          | 993530               | 2922.15                   | 1                   | 100              |
| Amonyum sülfat çöktürme     | 100        | 0.34            | 34                  | 3180.86          | 318086               | 9355.47                   | 3.20                | 32.02            |
| Diyaliz                     | 10         | 0.24            | 2.4                 | 3872.01          | 38720.1              | 16133.38                  | 5.52                | 3.90             |
| Katı faz ekstraksiyonu      | 5          | 0.20            | 1                   | 5026.55          | 25132.75             | 25132.75                  | 8.60                | 2.53             |

\* Toplam protein (mg): Bradford yöntemi ile belirlenen protein miktarı x toplam hacim

Toplam aktivite (AU): Aktivite x toplam hacim

Spesifik aktivite (AU/mg): Toplam aktivite / toplam protein

Saflaştırma faktörü: Saflaştırma aşamasının spesifik aktivitesi / ham preparatın spesifik aktivitesi

Geri kazanım (%): Saflaştırma aşamasının toplam aktivitesi / ham preparatın toplam aktivitesi x 100

*P. acidilactici* S1 suşunun ürettiği bakteriyosin S1'in amonyum sülfat çöktürme, diyaliz ve katı faz ekstraksiyonu ile saflaştırılması sonucu spesifik aktivitenin sırasıyla 5.91, 7.79 ve 11.47 kat arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bakteriyosin aktivitesinin sırasıyla %38.52, %4.74 ve %3.12 geri kazanım verimi ile 2858.85, 3518.58 ve 4626.00 AU/mL olduğu belirlenmiştir. Üç aşamalı saflaştırma sonucunda bakteriyosin S1'in spesifik aktivitesinin 11.47 kat arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.17).



**Çizelge 4.17** Bakteriyosin S1'in saflaştırılması

| Saflaştırma aşamaları       | Hacim (mL) | Protein (mg/mL) | Toplam protein (mg) | Aktivite (AU/mL) | Toplam aktivite (AU) | Spesifik aktivite (AU/mg) | Saflaştırma faktörü | Geri kazanım (%) |
|-----------------------------|------------|-----------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Hücre içermeyen süpernatant | 500        | 0.92            | 460                 | 1484.40          | 742200               | 1613.48                   | 1                   | 100              |
| Amonyum sülfat çöktürme     | 100        | 0.30            | 30                  | 2858.85          | 285885               | 9529.50                   | 5.91                | 38.52            |
| Diyaliz                     | 10         | 0.28            | 2.8                 | 3518.58          | 35185.8              | 12566.38                  | 7.79                | 4.74             |
| Katı faz ekstraksiyonu      | 5          | 0.25            | 1.25                | 4626.00          | 23130                | 18504.00                  | 11.47               | 3.12             |

\* Toplam protein (mg): Bradford yöntemi ile belirlenen protein miktarı x toplam hacim

Toplam aktivite (AU): Aktivite x toplam hacim

Spesifik aktivite (AU/mg): Toplam aktivite / toplam protein

Saflaştırma faktörü: Saflaştırma aşamasının spesifik aktivitesi / ham preparatın spesifik aktivitesi

Geri kazanım (%): Saflaştırma aşamasının toplam aktivitesi / ham preparatın toplam aktivitesi x 100

*P. acidilactici* S7 suşunun ürettiği bakteriyosin S7'nin amonyum sülfat çöktürme ile saflaştırılması sonucu spesifik aktivitenin 4.26 kat arttığı ve bakteriyosin aktivitesinin %40.74 geri kazanım verimi ile 848.23 AU/mL'den 1727.88 AU/mL'ye yükseldiği tespit edilmiştir. İkinci aşama olarak kullanılan diyaliz sonucu spesifik aktivitenin 9.35 kat arttığı, bakteriyosin aktivitesinin ise %6.02 geri kazanım verimi ile 2552.54 AU/mL olduğu belirlenmiştir. Katı faz ekstraksiyonu sonucu ise bakteriyosin aktivitesinin %4.15 geri kazanım verimi ile 3518.58 AU/mL olduğu tespit edilmiştir. Üç aşamalı saflaştırma sonucunda bakteriyosin S7'nin spesifik aktivitesinin 21.68 kat arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.18).

**Çizelge 4.18** Bakteriyosin S7'nin saflaştırılması

| Saflaştırma aşamaları       | Hacim (mL) | Protein (mg/mL) | Toplam protein (mg) | Aktivite (AU/mL) | Toplam aktivite (AU) | Spesifik aktivite (AU/mg) | Saflaştırma faktörü | Geri kazanım (%) |
|-----------------------------|------------|-----------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Hücre içermeyen süpernatant | 500        | 1.15            | 575                 | 848.23           | 424115               | 737.59                    | 1                   | 100              |
| Amonyum sülfat çöktürme     | 100        | 0.55            | 55                  | 1727.88          | 172788               | 3141.60                   | 4.26                | 40.74            |
| Diyaliz                     | 10         | 0.37            | 3.7                 | 2552.54          | 25525.4              | 6898.76                   | 9.35                | 6.02             |
| Katı faz ekstraksiyonu      | 5          | 0.22            | 1.1                 | 3518.58          | 17592.9              | 15993.55                  | 21.68               | 4.15             |

\* Toplam protein (mg): Bradford yöntemi ile belirlenen protein miktarı x toplam hacim

Toplam aktivite (AU): Aktivite x toplam hacim

Spesifik aktivite (AU/mg): Toplam aktivite / toplam protein

Saflaştırma faktörü: Saflaştırma aşamasının spesifik aktivitesi / ham preparatın spesifik aktivitesi

Geri kazanım (%): Saflaştırma aşamasının toplam aktivitesi / ham preparatın toplam aktivitesi x 100

*P. acidilactici* S8 suşunun ürettiği bakteriyosin S8'in amonyum sülfat çöktürme, diyaliz ve katı faz ekstraksiyonu ile saflaştırılması sonucu spesifik aktivitenin sırasıyla 5.49, 18.42 ve 25.25 kat arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bakteriyosin aktivitesinin sırasıyla %51.77, %7.65 ve %4.76 geri kazanım verimi ile 1727.88, 2552.54 ve 3180.86 AU/mL olduğu belirlenmiştir. Üç aşamalı saflaştırma sonucunda bakteriyosin S1'in spesifik aktivitesinin 25.25 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

**Çizelge 4.19** Bakteriyosin S8'in saflaştırılması

| Saflaştırma aşamaları       | Hacim (mL) | Protein (mg/mL) | Toplam protein (mg) | Aktivite (AU/mL) | Toplam aktivite (AU) | Spesifik aktivite (AU/mg) | Saflaştırma faktörü | Geri kazanım (%) |
|-----------------------------|------------|-----------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Hücre içermeyen süpernatant | 500        | 1.06            | 530                 | 667.59           | 333795               | 629.80                    | 1                   | 100              |
| Amonyum sülfat çöktürme     | 100        | 0.50            | 50                  | 1727.88          | 172788               | 3455.76                   | 5.49                | 51.77            |
| Diyaliz                     | 10         | 0.22            | 2.2                 | 2552.54          | 25525.4              | 11602.46                  | 18.42               | 7.65             |
| Katı faz ekstraksiyonu      | 5          | 0.20            | 1                   | 3180.86          | 15904.3              | 15904.30                  | 25.25               | 4.76             |

\* Toplam protein (mg): Bradford yöntemi ile belirlenen protein miktarı x toplam hacim

Toplam aktivite (AU): Aktivite x toplam hacim

Spesifik aktivite (AU/mg): Toplam aktivite / toplam protein

Saflaştırma faktörü: Saflaştırma aşamasının spesifik aktivitesi / ham preparatın spesifik aktivitesi

Geri kazanım (%): Saflaştırma aşamasının toplam aktivitesi / ham preparatın toplam aktivitesi x 100

*P. acidilactici* S14 suşunun ürettiği bakteriyosin S14'ün amonyum sülfat çöktürme ile saflaştırılması sonucu spesifik aktivitenin 4.60 kat arttığı ve bakteriyosin aktivitesinin %37.65 geri kazanım verimi ile 667.59 AU/mL'den 1256.64 AU/mL'ye yükseldiği tespit edilmiştir. İkinci aşama olarak kullanılan diyaliz sonucu spesifik aktivitenin 5.43 kat arttığı, bakteriyosin aktivitesinin ise %4.45 geri kazanım verimi ile 1484.40 AU/mL olduğu belirlenmiştir. Katı faz ekstraksiyonu sonucu ise bakteriyosin aktivitesinin %2.98 geri kazanım verimi ile 1987.06 AU/mL olduğu tespit edilmiştir. Üç aşamalı saflaştırma sonucunda bakteriyosin S14'ün spesifik aktivitesinin 21.83 kat arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.20).

**Çizelge 4.20** Bakteriyosin S14'ün saflaştırılması

| Saflaştırma aşamaları       | Hacim (mL) | Protein (mg/mL) | Toplam protein (mg) | Aktivite (AU/mL) | Toplam aktivite (AU) | Spesifik aktivite (AU/mg) | Saflaştırma faktörü | Geri kazanım (%) |
|-----------------------------|------------|-----------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Hücre içermeyen süpernatant | 500        | 1.10            | 550                 | 667.59           | 333795               | 606.90                    | 1                   | 100              |
| Amonyum sülfat çöktürme     | 100        | 0.45            | 45                  | 1256.64          | 125664               | 2792.53                   | 4.60                | 37.65            |
| Diyaliz                     | 10         | 0.29            | 2.9                 | 1484.40          | 14844                | 5118.62                   | 8.43                | 4.45             |
| Katı faz ekstraksiyonu      | 5          | 0.15            | 0.75                | 1987.06          | 9935.3               | 13247.07                  | 21.83               | 2.98             |

\* Toplam protein (mg): Bradford yöntemi ile belirlenen protein miktarı x toplam hacim

Toplam aktivite (AU): Aktivite x toplam hacim

Spesifik aktivite (AU/mg): Toplam aktivite / toplam protein

Saflaştırma faktörü: Saflaştırma aşamasının spesifik aktivitesi / ham preparatın spesifik aktivitesi

Geri kazanım (%): Saflaştırma aşamasının toplam aktivitesi / ham preparatın toplam aktivitesi x 100

*P. acidilactici* S119 suşunun ürettiği bakteriyosin S119'un amonyum sülfat çöktürme, diyaliz ve katı faz ekstraksiyonu ile saflaştırılması sonucu spesifik aktivitenin sırasıyla 5.14, 11.92 ve 31.34 kat arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bakteriyosin aktivitesinin sırasıyla %50.00, %6.88 ve %3.95 geri kazanım verimi ile 1256.64, 1727.88 ve 1987.06 AU/mL olduğu belirlenmiştir. Üç aşamalı saflaştırma sonucunda bakteriyosin S119'un spesifik aktivitesinin 31.34 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.21).

**Çizelge 4.21** Bakteriyosin S119'un saflaştırılması

| Saflaştırma aşamaları       | Hacim (mL) | Protein (mg/mL) | Toplam protein (mg) | Aktivite (AU/mL) | Toplam aktivite (AU) | Spesifik aktivite (AU/mg) | Saflaştırma faktörü | Geri kazanım (%) |
|-----------------------------|------------|-----------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Hücre içermeyen süpernatant | 500        | 1.11            | 555                 | 502.66           | 251330               | 452.85                    | 1                   | 100              |
| Amonyum sülfat çöktürme     | 100        | 0.54            | 54                  | 1256.64          | 125664               | 2327.11                   | 5.14                | 50.00            |
| Diyaliz                     | 10         | 0.32            | 3.2                 | 1727.88          | 17278.8              | 5399.63                   | 11.92               | 6.88             |
| Katı faz ekstraksiyonu      | 5          | 0.14            | 0.7                 | 1987.06          | 9935.3               | 14193.29                  | 31.34               | 3.95             |

\* Toplam protein (mg): Bradford yöntemi ile belirlenen protein miktarı x toplam hacim

Toplam aktivite (AU): Aktivite x toplam hacim

Spesifik aktivite (AU/mg): Toplam aktivite / toplam protein

Saflaştırma faktörü: Saflaştırma aşamasının spesifik aktivitesi / ham preparatın spesifik aktivitesi

Geri kazanım (%): Saflaştırma aşamasının toplam aktivitesi / ham preparatın toplam aktivitesi x 100

*P. acidilactici* S129 suşunun ürettiği bakteriyosin S129'un amonyum sülfat çöktürme ile saflaştırılması sonucu spesifik aktivitenin 4.59 kat arttığı ve bakteriyosin aktivitesinin %44.47 geri kazanım verimi ile 667.59 AU/mL'den 1484.40 AU/mL'ye yükseldiği tespit edilmiştir. İkinci aşama olarak kullanılan diyaliz sonucu spesifik aktivitenin 10.73 kat arttığı, bakteriyosin aktivitesinin ise %6.78 geri kazanım verimi ile 2261.95 AU/mL olduğu belirlenmiştir. Katı faz ekstraksiyonu sonucu ise bakteriyosin aktivitesinin %4.77 geri kazanım verimi ile 3180.86 AU/mL olduğu tespit edilmiştir. Üç aşamalı saflaştırma sonucunda bakteriyosin S129'un spesifik aktivitesinin 28.29 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

**Çizelge 4.22** Bakteriyosin S129'un saflaştırılması

| Saflaştırma aşamaları       | Hacim (mL) | Protein (mg/mL) | Toplam protein (mg) | Aktivite (AU/mL) | Toplam aktivite (AU) | Spesifik aktivite (AU/mg) | Saflaştırma faktörü | Geri kazanım (%) |
|-----------------------------|------------|-----------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Hücre içermeyen süpernatant | 500        | 0.95            | 475                 | 667.59           | 333795               | 702.73                    | 1                   | 100              |
| Amonyum sülfat çöktürme     | 100        | 0.46            | 46                  | 1484.40          | 148440               | 3226.96                   | 4.59                | 44.47            |
| Diyaliz                     | 10         | 0.30            | 3                   | 2261.95          | 22619.5              | 7539.83                   | 10.73               | 6.78             |
| Katı faz ekstraksiyonu      | 5          | 0.16            | 0.8                 | 3180.86          | 15904.3              | 19880.38                  | 28.29               | 4.77             |

\* Toplam protein (mg): Bradford yöntemi ile belirlenen protein miktarı x toplam hacim

Toplam aktivite (AU): Aktivite x toplam hacim

Spesifik aktivite (AU/mg): Toplam aktivite / toplam protein

Saflaştırma faktörü: Saflaştırma aşamasının spesifik aktivitesi / ham preparatın spesifik aktivitesi

Geri kazanım (%): Saflaştırma aşamasının toplam aktivitesi / ham preparatın toplam aktivitesi x 100

Literatürde bakteriyosinlerin saflaştırılması amacıyla çözgen ekstraksiyonu, amonyum sülfat çöktürme, katı faz ekstraksiyonu, iyon değişim kromatografisi, jel filtrasyon kromatografisi ve HPLC gibi yöntemlerin kullanıldığı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Du et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, *E. faecium* suşunun ürettiği enterocin HDX-2'nin saflaştırılması amacıyla amonyum sülfat çöktürme, katı faz ekstraksiyonu, katyon değişim kromatografi ve RP-HPLC yöntemleri kullanılmış, spesifik aktivitenin sırasıyla 9.79, 42.06, 51.17 ve 56.61 kat arttığı ve dört aşamalı saflaştırma sonucu enterocin HDX-2'nin %6.38 geri kazanım verimi ile elde edildiği bildirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *E. faecium* suşunun ürettiği enterocin TJUQ1 amonyum sülfat çöktürme, ters faz kromatografi ve katyon değişim kromatografi yöntemleri kullanılarak saflaştırılmış, spesifik aktivitenin sırasıyla 4.46, 16.73 ve 35.89 kat arttığı ve üç aşamalı saflaştırma sonucu enterocin TJUQ1'in %10.49 geri kazanım verimi ile elde edildiği tespit edilmiştir (Qiao et al., 2020). Abanoz and Kunduhoglu (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada, amonyum sülfat çöktürme ve diyaliz yöntemleri kullanılarak saflaştırılan bakteriyosin KT11 (*E. faecalis*)'in spesifik aktivitesinin sırasıyla 25.87 ve 26.31 kat arttığı ve iki aşamalı saflaştırma sonucu bakteriyosin KT11'in %15.97 geri kazanım verimi ile elde edildiği bildirilmiştir. Lim (2015) tarafından yapılan

diğer bir çalışmada, *E. faecalis* suşunun ürettiği bakteriyosin BK61 amonyum sülfat çöktürme, katyon değişim kromatografi, hidrofobik etkileşim kromatografi ve RP-HPLC ve *L. brevis* suşunun ürettiği bakteriyosin BK11 amonyum sülfat çöktürme, katyon değişim kromatografi, jel filtrasyon kromatografi ve RP-HPLC yöntemleri kullanılarak saflaştırılmıştır. Bakteriyosin BK61'in spesifik aktivitesinin sırasıyla 32.5, 391.4, 1780.9 ve 12367.1 kat arttığı ve dört aşamalı saflaştırma sonucu %2 geri kazanım verimi ile elde edildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, bakteriyosin BK11'in spesifik aktivitesinin sırasıyla 24.3, 496.1, 1312.8 ve 3137.3 kat arttığı ve dört aşamalı saflaştırma sonucu %6 geri kazanım verimi ile elde edildiği belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *P. acidilactici* suşunun ürettiği pediocin ITV26 adsorpsiyon-desorpsiyon ve ultrafiltrasyon yöntemleri kullanılarak saflaştırılmış, spesifik aktivitenin adsorpsiyon-desorpsiyon yöntemi ile 1.57 kat arttığı ve ultrafiltrasyon yöntemi ile 0.64 kat azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, pediocin ITV26'nın iki aşamalı saflaştırma sonucu %1.30 geri kazanım verimi ile elde edildiği bildirilmiştir (García-Toledo et al., 2019). Yapılan diğer bir çalışmada, bakteriyosin ST16Pa (*L. plantarum*) amonyum sülfat çöktürme ve katı faz ekstraksiyonu yöntemleri kullanılarak saflaştırılmış, spesifik aktivitenin 1, 2 ve 13.71 kat arttığı ve bakteriyosin ST16Pa'nın üç aşamalı saflaştırma sonucu %2 geri kazanım verimi ile elde edildiği belirlenmiştir (Sabo et al., 2019). Lahiri et al. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada, *L. lactis* suşunun ürettiği leucocin SM amonyum sülfat çöktürme, jel filtrasyon kromatografi ve HPLC yöntemleri kullanılarak saflaştırılmış, spesifik aktivitenin sırasıyla 83, 551 ve 4999 kat arttığı ve leucocin SM'nin üç aşamalı saflaştırma sonucu %34.75 geri kazanım verimi elde edildiği bildirilmiştir. Yapılan tüm bu çalışmalar, bakteriyosin saflaştırılması sonucu elde edilen verimin bakteriyosin üreten suşa ve kullanılan yönteme bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Geri kazanım veriminin düşük olması, saflaştırma aşamalarında bakteriyosin kaybının fazla olduğu anlamına gelmektedir. Verimi arttırmak amacıyla besiyeri pH değeri, inkübasyon sıcaklığı ve süresi gibi faktörlerin optimize edilmesi büyük önem taşımaktadır.

#### **4.1.4.3 Saflaştırılan bakteriyosinin antimikrobiyal aktivitesi**

Çalışmanın bu aşamasında, saflaştırılan bakteriyosinlerin *B. cereus* No 8, *B. subtilis* ATCC 6037, *E. faecalis* ATCC 29212, *E. coli* ATCC 10536, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *L. monocytogenes* ATCC 13932, *L. monocytogenes* ATCC 49594, *S. Typhimurium* ATCC 13311 ve *S. aureus* ATCC 6538P üzerine antimikrobiyal aktivitesi agar difüzyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Saflaştırılan bakteriyosinlerin *E. faecalis* ATCC 29212, *L. monocytogenes* ATCC 13932 ve *L. monocytogenes* ATCC 49594 üzerine antimikrobiyal aktivitesinin sırasıyla 15-27, 10-25 ve 10-21 mm aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.23). Bakteriyosinlerin saflaştırılması ile antimikrobiyal aktivitelerinin arttığı görülmektedir. Bununla birlikte, saflaştırılan bakteriyosinlerin *B. cereus* No 8, *B. subtilis* ATCC 6037, *E. coli* ATCC 10536, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *S. Typhimurium* ATCC 13311 ve *S. aureus* ATCC 6538P kültürlerine karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olmadıkları tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.23** Saflaştırılan bakteriyosinin antimikrobiyal aktivitesi

| Bakteriyosinler | Antimikrobiyal aktivite (mm) |                                     |                                     |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                 | <i>Enterococcus faecalis</i> | <i>Listeria monocytogenes</i> 13932 | <i>Listeria monocytogenes</i> 49594 |
| T34             | 20                           | 10                                  | 10                                  |
| T49             | 27                           | 12                                  | 13                                  |
| T53             | 26                           | 12                                  | 12                                  |
| S1              | 22                           | 25                                  | 21                                  |
| S7              | 20                           | 22                                  | 18                                  |
| S8              | 17                           | 15                                  | 21                                  |
| S14             | 16                           | 12                                  | 17                                  |
| S119            | 15                           | 11                                  | 17                                  |
| S129            | 19                           | 13                                  | 21                                  |

#### **4.1.4.4 Bakteriyosin aktivitesi üzerine pH, sıcaklık ve enzim uygulamalarının etkisi**

Tez çalışmasının bu aşamasında, saflaştırılan bakteriyosinlerin karakterize edilebilmesi amacıyla pH (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ve 11), sıcaklık (60°C’de 10, 20



ve 30 dakika, 80°C’de 10, 20 ve 30 dakika, 100°C’de 10, 20 ve 30 dakika, 121°C’de 15 dakika) ve enzim ( $\alpha$ -kimotripsin, katalaz, pepsin, proteinaz K ve tripsin) uygulamalarına karşı stabiliteleri incelenmiştir (Çizelge 4.24).

*P. acidilactici* T34 suşunun ürettiği bakteriyosin T34’ün pH 6, 7 ve 8 değerlerinde aktivitesini koruduğu, daha asidik veya bazik pH değerlerinde ise aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Bakteriyosin T34 sıcaklık stabilitesi açısından incelendiğinde, 60°C’de 10, 20 ve 30 dakika, 80°C’de 10 ve 20 dakika uygulamalarında bakteriyosin aktivitesini korurken, 80°C’de 30 dakika ve 100°C’de 10 dakika uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin %90’ın üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte,  $\alpha$ -kimotripsin uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu ve katalaz, pepsin ve proteinaz K uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiş, tripsin uygulaması ile bakteriyosin aktivitesi gözlemlenmemiştir.

*E. faecium* T49 suşunun ürettiği bakteriyosin T49’un pH 6, 7 ve 8 değerlerinde aktivitesini koruduğu, daha asidik veya bazik pH değerlerinde ise aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, 60°C’de 10, 20 ve 30 dakika, 80°C’de 10, 20 ve 30 dakika, 100°C’de 10 dakika uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin korunduğu gözlemlenmiştir. Bakteriyosin T49 enzim stabilitesi açısından incelendiğinde,  $\alpha$ -kimotripsin ve katalaz uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu belirlenmiş, pepsin, proteinaz K ve tripsin uygulaması sonucu bakteriyosin aktivitesi gözlemlenmemiştir.

*E. faecium* T53 suşunun ürettiği bakteriyosin T53’ün pH 6, 7 ve 8 değerlerinde aktivitesinin korunduğu, daha asidik veya bazik pH değerlerinde ise aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Bakteriyosin T53 sıcaklık stabilitesi açısından incelendiğinde, 60°C’de 10, 20 ve 30 dakika, 80°C’de 10 ve 20 dakika uygulamalarında bakteriyosin aktivitesini korurken, diğer sıcaklık uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte,  $\alpha$ -kimotripsin uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu ve katalaz, pepsin ve proteinaz K uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiş, tripsin uygulaması sonucu bakteriyosin aktivitesi gözlemlenmemiştir.

*P. acidilactici* S1 suşunun ürettiği bakteriyosin S1'in pH 6 ve 7 değerlerinde aktivitesini koruduğu, daha asidik veya bazik pH değerlerinde aktivitesinin azaldığı, pH 11 değerinde ise aktivitesini kaybettiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, 60°C'de 10, 20 ve 30 dakika ve 80°C'de 10 dakika uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, diğer sıcaklık uygulamalarında ise bakteriyosin aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Bakteriyosin S1 enzim stabilitesi açısından incelendiğinde, pepsin uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu ve katalaz uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiş,  $\alpha$ -kimotripsin, proteinaz K ve tripsin uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin kaybedildiği tespit edilmiştir.

*P. acidilactici* S7 suşunun ürettiği bakteriyosin S7'nin pH 6 ve 7 değerlerinde aktivitesinin korunduğu, daha asidik veya bazik pH değerlerinde aktivitesinin azaldığı, pH 11 değerinde ise aktivitesini kaybettiği tespit edilmiştir. Bakteriyosin S7 sıcaklık stabilitesi açısından incelendiğinde, 60°C'de 10, 20 ve 30 dakika ve 80°C'de 10 dakika uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, diğer sıcaklık uygulamalarında ise bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, pepsin uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu ve katalaz uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiş,  $\alpha$ -kimotripsin, proteinaz K ve tripsin uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin kaybedildiği tespit edilmiştir.

*P. acidilactici* S8 suşunun ürettiği bakteriyosin S8'in pH 6 ve 7 değerlerinde aktivitesini koruduğu, pH 4, 5, 8 ve 9 değerlerinde aktivitesinin azaldığı belirlenirken, pH 2, 3, 10 ve 11 değerlerinde bakteriyosin aktivitesinin kaybedildiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, 60°C'de 10, 20 ve 30 dakika, 80°C'de 10 dakika uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, 80°C'de 20 ve 30 dakika, 100°C'de 10, 20 ve 30 dakika uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiş, 121°C'de 15 dakika uygulamasında ise bakteriyosin aktivitesinin kaybedildiği tespit edilmiştir. Bakteriyosin S8 enzim stabilitesi açısından incelendiğinde,  $\alpha$ -kimotripsin uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, katalaz, pepsin ve tripsin uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenirken, proteinaz K uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin kaybedildiği tespit edilmiştir.

*P. acidilactici* S14 suşunun ürettiği bakteriyosin S14'ün pH 6 ve 7 değerlerinde aktivitesini koruduğu, pH 4, 5, 8 ve 9 değerlerinde aktivitesinin azaldığı, pH 2, 3, 10 ve 11 değerlerinde ise bakteriyosin aktivitesinin bulunmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, 60°C'de 10, 20 ve 30 dakika, 80°C'de 10 ve 20 dakika uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, 80°C'de 30 dakika, 100°C'de 10, 20 ve 30 dakika, 121°C'de 15 dakika uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Bakteriyosin S14 enzim stabilitesi açısından incelendiğinde, tripsin uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, katalaz ve pepsin uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı belirlenmiş,  $\alpha$ -kimotripsin ve proteinaz K uygulamaları ile bakteriyosinin aktivitesini kaybettiği tespit edilmiştir.

*P. acidilactici* S119 suşunun ürettiği bakteriyosin S119'un pH 6 ve 7 değerlerinde aktivitesini koruduğu, daha asidik veya bazik pH değerlerinde aktivitesinin azaldığı, pH 11 değerinde ise aktivitesini kaybettiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, 60°C'de 10, 20 ve 30 dakika ve 80°C'de 10 dakika uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, diğer sıcaklık uygulamalarında ise bakteriyosin aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Bakteriyosin S1 enzim stabilitesi açısından incelendiğinde, pepsin uygulaması ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu ve katalaz ve tripsin uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı,  $\alpha$ -kimotripsin ve proteinaz K uygulamaları ile bakteriyosinin aktivitesini kaybettiği tespit edilmiştir.

*P. acidilactici* S129 suşunun ürettiği bakteriyosin S129'un pH 6 ve 7 değerlerinde aktivitesini koruduğu, pH 4, 5, 8, 9 ve 10 değerlerinde aktivitesinin azaldığı, pH 2, 3 ve 11 değerlerinde ise bakteriyosin aktivitesinin olmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, 60°C'de 10, 20 ve 30 dakika, 80°C'de 10 dakika uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, 80°C'de 20 ve 30 dakika, 100°C'de 10 dakika uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı, 100°C'de 20 ve 30 dakika ve 121°C'de 15 dakika uygulamasında ise bakteriyosin aktivitesinin olmadığı tespit edilmiştir. Bakteriyosin S129 enzim stabilitesi açısından incelendiğinde, katalaz ve pepsin uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı,  $\alpha$ -kimotripsin, proteinaz K ve tripsin uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin kaybedildiği gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.24** Bakteriyosin aktivitesi üzerine pH, sıcaklık ve enzim uygulamalarının etkisi

| Uygulama              | % Aktivite |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       | T34        | T49  | T53  | S1   | S7   | S8   | S14  | S119 | S129 |
| <b>pH</b>             |            |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Kontrol               | 100        | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 2                     | 15.2       | 28.9 | 25.9 | 28.7 | 33.6 | -    | -    | 31.6 | -    |
| 3                     | 21.1       | 51.9 | 33.6 | 28.7 | 33.6 | -    | -    | 31.6 | -    |
| 4                     | 40.8       | 69.5 | 42.7 | 57.1 | 41.7 | 29.1 | 42.7 | 43.8 | 31.6 |
| 5                     | 90.4       | 79.1 | 63.2 | 84.7 | 50.2 | 88.3 | 75.3 | 56.6 | 56.6 |
| 6                     | 100        | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 7                     | 100        | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 8                     | 100        | 100  | 100  | 57.1 | 68.8 | 66.5 | 100  | 70.3 | 56.6 |
| 9                     | 40.8       | 69.5 | 52.6 | 39.3 | 59.3 | 37.7 | 63.8 | 43.8 | 43.8 |
| 10                    | 21.1       | 60.4 | 33.6 | 28.7 | 25.9 | -    | -    | 31.6 | 31.6 |
| 11                    | 15.2       | 51.9 | 25.9 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| <b>Sıcaklık</b>       |            |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Kontrol               | 100        | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 60°C 10 dk            | 100        | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 60°C 20 dk            | 100        | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 60°C 30 dk            | 100        | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 80°C 10 dk            | 100        | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 80°C 20 dk            | 100        | 100  | 100  | 84.7 | 68.8 | 88.3 | 100  | 84.8 | 41.7 |
| 80°C 30 dk            | 90.4       | 100  | 63.2 | 70.3 | 59.3 | 66.5 | 63.8 | 84.8 | 43.8 |
| 100°C 10 dk           | 90.4       | 100  | 63.2 | 70.3 | 59.3 | 66.5 | 63.8 | 84.8 | 43.8 |
| 100°C 20 dk           | 79.2       | 79.1 | 52.6 | 57.1 | 41.7 | 46.8 | 52.9 | 70.3 | -    |
| 100°C 30 dk           | 79.2       | 79.1 | 42.7 | 45.0 | 41.7 | 29.1 | 42.7 | 56.6 | -    |
| 121°C 15 dk           | 40.8       | 69.5 | 25.9 | 28.7 | 33.6 | -    | 32.9 | 31.6 | -    |
| <b>Enzim</b>          |            |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Kontrol               | 100        | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| $\alpha$ -kimotripsin | 100        | 100  | 100  | -    | -    | 100  | -    | -    | -    |
| Katalaz               | 63.9       | 100  | 63.2 | 84.7 | 78.7 | 88.3 | 75.3 | 84.8 | 84.8 |
| Pepsin                | 79.2       | -    | 87.0 | 100  | 100  | 66.5 | 87.4 | 100  | 41.7 |
| Proteinaz K           | 63.9       | -    | 63.2 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Tripsin               | -          | -    | -    | -    | -    | 66.5 | 100  | 84.8 | -    |

Saflaştırılan bakteriyosinlerin pH, sıcaklık ve enzim uygulamalarına karşı stabiliteleri genel olarak değerlendirildiğinde, tüm bakteriyosinlerin pH 6 ve 7 değerlerinde aktivitesini koruduğu, pH 5 ve 8 değerlerinde ise aktivitenin %50'nin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, tüm bakteriyosinlerin 60°C'de 10, 20 ve 30 dakika ve 80°C'de 10 dakika uygulamaları sonucu aktivitelerinin koruduğu, bakteriyosin T129 dışında diğer bakteriyosinlerin 80°C'de 20 ve 30 dakika ve 100°C'de 10 dakika uygulamaları ile aktivitenin %50'nin üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Bakteriyosinlerin ısı stabilitelerinin olması yüksek sıcaklıkta işlem gören birçok gıda maddesinde kullanılabilirliğini sağlamaktadır. Saflaştırılan bakteriyosinler enzim stabiliteleri açısından incelendiğinde, bakteriyosin T34, bakteriyosin T49, bakteriyosin T53 ve bakteriyosin S8'in  $\alpha$ -kimotripsin uygulaması ile aktivitesini koruduğu, diğer bakteriyosinlerin ise aktivitesini kaybettiği gözlemlenmiştir. Katalaz uygulaması ile bakteriyosin T49'un aktivitesini koruduğu, diğer bakteriyosinlerin aktivitelerinin %60'ın üzerinde olduğu belirlenmiştir. Pepsin uygulaması ile bakteriyosin S1, bakteriyosin S7 ve bakteriyosin S119'un aktivitesinin korunduğu tespit edilirken, bakteriyosin T49'un aktivitesini kaybettiği gözlemlenmiştir. Bakteriyosin T34 ve bakteriyosin T53 hariç diğer bakteriyosinlerin proteinaz K uygulaması ile aktivitesini kaybettiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, tripsin uygulaması ile bakteriyosin S14'ün aktivitesini koruduğu, bakteriyosin S8 ve bakteriyosin S119'un ise aktivitesinin %60'ın üzerinde olduğu gözlemlenmiştir.

Literatürde bakteriyosinlerin farklı pH, sıcaklık ve enzim gibi çeşitli faktörlere karşı stabilitelerinin incelendiği pek çok çalışma bulunmaktadır. Du et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, *E. faecium* suşunun ürettiği enterocin HDX-2'nin farklı pH (2, 4, 6, 8 ve 10), sıcaklık (60°C, 80°C ve 100°C'de 30 dakika ve 121°C'de 121 dakika) ve enzim ( $\alpha$ -amilaz,  $\alpha$ -kimotripsin, katalaz, lipaz, papain, pepsin, proteinaz K ve tripsin) uygulamalarına karşı stabiliteleri incelenmiştir. pH 4 değerinde bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, diğer pH değerlerinde ise bakteriyosin aktivitesinin %80'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, tüm sıcaklık uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin %90'ın üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bakteriyosin HDX-2 enzim stabilitesi açısından incelendiğinde,  $\alpha$ -amilaz, katalaz ve lipaz uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, papain, proteinaz K ve tripsin uygulamaları ile

bakteriyosin aktivitesinin %25'in altında olduğu, pepsin uygulaması ile bakteriyosinin aktivitesini kaybettiği tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *E. faecium* suşunun ürettiği enterocin TJUQ1'in farklı pH (3, 5, 7, 9 ve 11), sıcaklık (37°C'de 30 dakika, 60°C'de 30 dakika, 80°C'de 30 dakika, 100°C'de 30 dakika ve 121°C'de 15 dakika) ve enzim (amilaz, lipaz, papain, pepsin, proteinaz K ve tripsin) uygulamalarına karşı stabiliteleri incelenmiştir. pH ve sıcaklık uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, amilaz ve lipaz uygulamalarında bakteriyosin aktivitesini korurken, diğer enzim uygulamalarında bakteriyosinin aktivitesini kaybettiği gözlemlenmiştir (Qiao et al., 2020). Kaya and Simsek (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada, *P. acidilactici* suşunun ürettiği bakteriyosin PFC69'un farklı pH (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ve 11), sıcaklık (80°C'de 5, 10 ve 15 dakika, 90°C'de 5, 10 ve 15 dakika ve 121°C'de 15 dakika) ve enzim ( $\alpha$ -amilaz,  $\alpha$ -kimotripsin, katalaz, lipaz, lizozim, pepsin, proteinaz K ve tripsin) uygulamalarına karşı stabiliteleri incelenmiştir. pH 2, 3 ve 4 değerlerinde bakteriyosin aktivitesinin azaldığı, pH 5, 6 ve 7 değerlerinde bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, pH 8, 9 ve 10 değerlerinde ise bakteriyosin aktivitesinin azaldığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, pH 11 değerinde bakteriyosin aktivitesi olmadığı tespit edilmiştir. Bakteriyosin PFC69 ısı stabilitesi açısından incelendiğinde, tüm sıcaklık uygulamalarında bakteriyosin aktivitesinin korunduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte,  $\alpha$ -amilaz, katalaz, lipaz ve lizozim uygulamaları ile bakteriyosin aktivitesinin korunduğu, diğer enzim uygulamaları ile ise bakteriyosin aktivitesinin kaybedildiği tespit edilmiştir. Elde edilen tüm bu sonuçlar, bakteriyosin stabilitesinin bakteriyosin çeşidine ve pH, sıcaklık, enzim uygulamaları gibi birçok faktöre bağlı olarak değişim gösterebileceğini ortaya koymuştur.

#### **4.1.4.5 Bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğü**

Saflaştırılmış bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğünü belirlemek amacıyla Trisin SDS-PAGE yöntemi kullanılmıştır. Bakteriyosin T34 (*P. acidilactici* T34), bakteriyosin T49 (*E. faecium* T49), bakteriyosin T53 (*E. faecium* T53), bakteriyosin S1 (*P. acidilactici* S1), bakteriyosin S7 (*P. acidilactici* S7), bakteriyosin S8 (*P. acidilactici* S8), bakteriyosin S14 (*P. acidilactici* S14), bakteriyosin S119 (*P. acidilactici* S119) ve bakteriyosin S129 (*P. acidilactici* S129)'un moleküler

ağırlıklarının 3.496-6.500 kDa aralığında olduğu tespit edilmiştir (Ek 7). Elde edilen sonuçlar, bakteriyosinlerin *L. monocytogenes* üzerine antimikrobiyal aktiviteye sahip olmaları, ısıya karşı dirençli olmaları ve 10 kDa'dan düşük moleküler kütleyle sahip olmaları nedeniyle sınıf II bakteriyosin olarak sınıflandırılabilirliğini ortaya koymuştur.

Literatürde SDS-PAGE yöntemi kullanılarak bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğünün incelendiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Tarafımızca yürütülen çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, Qiao et al. (2020) ve Du et al. (2022), *E. faecium* TJUQ1 ve *E. faecium* HDX-2 suşlarının ürettikleri bakteriyosin TJUQ1 ve bakteriyosin HDX-2'nin moleküler büyüklüğünün 3.3-6.5 kDa aralığında olduğunu bildirmiştir. Ahn et al. (2017) tarafından yapılan başka bir çalışmada, *P. acidilactici* suşunun ürettiği bakteriyosin HW01'in moleküler büyüklüğünün yaklaşık 6 kDa olduğu belirtilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise, *P. pentosaceus* suşunun ürettiği bakteriyosin VJ13'ün moleküler büyüklüğünün 4 kDa olduğu bildirilmiştir (Vidhyasagar and Jeevaratnam, 2013).

## 4.2 Postbiyotiklerin Antimikrobiyal Aktivitesi

### 4.2.1 Postbiyotiklerin minimum inhibisyon konsantrasyon değeri

LAB patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkiye sahip organik asitler, hidrojen peroksit, diasetil, EPS, karbondioksit ve bakteriyosin gibi birçok postbiyotik üretmektedir. Bu tez çalışmasında, tarhana, turşu ve şalgam suyundan izole edilen LAB'nin ürettikleri postbiyotiklerin patojen mikroorganizmalara (*E. coli* O157:H7 43888 ve 43895; *L. monocytogenes* 13932 ve 49594; *S. Typhimurium* 13311 ve 14028; *S. aureus* 9144 ve ATCC 6538P) karşı antimikrobiyal aktiviteleri Broth dilüsyon yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir.

Tarhanadan izole edilen LAB'nin ürettikleri postbiyotiklerin MİK değerlerinin kullanılan test kültürüne bağlı olarak 31.25 ve 500 µg/mL aralığında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.25). *L. pseudomesenteroides* T133 kaynaklı postbiyotiğin 32.25 µg/mL MİK değeri ile *S. aureus*'a karşı en etkili postbiyotik olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, *L. plantarum* T90 suşundan elde edilen

postbiyotikğin tüm patojenlere karşı 62.50 µg/mL MİK değeri ile oldukça etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, *E. faecium* T35 ve *P. acidilactici* T113 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin tüm patojenlere karşı en etkisiz postbiyotikler olduğu belirlenmiştir. *P. acidilactici* T6, *E. faecium* T10, *P. acidilactici* T12, *L. fermentum* T16, *P. pentasaceus* T17, *L. fermentum* T45, *E. faecium* T51, *W. cibaria* T82 ve *E. faecium* T121 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin, test kültürü olarak kullanılan *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* türlerinin farklı suşlarına karşı gösterdiği antimikrobiyal aktivitelerinin farklı olduğu gözlemlenmiştir. Gram-negatif patojenlerin postbiyotiklere karşı Gram-pozitif olanlara kıyasla daha dirençli olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.25** Tarhana orijinli laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin antimikrobiyal aktivitesi

| Suşlar | Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (µg/mL) |        |                               |        |                               |        |                              |        |
|--------|-------------------------------------------|--------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|------------------------------|--------|
|        | <i>Escherichia coli</i>                   |        | <i>Listeria monocytogenes</i> |        | <i>Salmonella Typhimurium</i> |        | <i>Staphylococcus aureus</i> |        |
|        | 43888                                     | 43895  | 13932                         | 49594  | 13311                         | 14028  | 9144                         | 6538P  |
| T1     | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T2     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T3     | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T4     | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T5     | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T6     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T7     | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T8     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T9     | 500.00                                    | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T10    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T11    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 500.00                        | 500.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T12    | 500.00                                    | 500.00 | 250.00                        | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 500.00                       | 500.00 |
| T13    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T14    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T15    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T16    | 250.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T17    | 500.00                                    | 500.00 | 250.00                        | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 125.00                       | 125.00 |



|     |        |        |       |       |        |        |        |
|-----|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| T26 | 125.00 | 125.00 | 62.50 | 62.50 | 125.00 | 125.00 | 62.50  |
| T27 | 125.00 | 125.00 | 62.50 | 62.50 | 125.00 | 125.00 | 62.50  |
| T28 | 125.00 | 125.00 | 62.50 | 62.50 | 125.00 | 125.00 | 62.50  |
| T29 | 125.00 | 125.00 | 62.50 | 62.50 | 125.00 | 125.00 | 62.50  |
| T30 | 125.00 | 125.00 | 62.50 | 62.50 | 125.00 | 125.00 | 125.00 |
| T31 | 125.00 | 125.00 | 62.50 | 62.50 | 125.00 | 125.00 | 62.50  |
| T32 | 125.00 | 125.00 | 62.50 | 62.50 | 125.00 | 125.00 | 62.50  |
| T33 | 62.50  | 62.50  | 62.50 | 62.50 | 125.00 | 125.00 | 62.50  |

| Suşlar | Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (µg/mL) |        |                               |        |                               |        |                              |        |
|--------|-------------------------------------------|--------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|------------------------------|--------|
|        | <i>Escherichia coli</i>                   |        | <i>Listeria monocytogenes</i> |        | <i>Salmonella Typhimurium</i> |        | <i>Staphylococcus aureus</i> |        |
|        | 43888                                     | 43895  | 13932                         | 49594  | 13311                         | 14028  | 9144                         | 6538P  |
| T50    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T51    | 250.00                                    | 250.00 | 125.00                        | 250.00 | 125.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T52    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T53    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T54    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T55    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T56    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T57    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T58    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T59    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T60    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T61    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T62    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T63    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T64    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T65    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T66    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T67    | 125.00                                    | 250.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T68    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T69    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T70    | 125.00                                    | 125.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T71    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T72    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T73    | 250.00                                    | 250.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T74    | 250.00                                    | 250.00 | 125.00                        | 125.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T75    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T76    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T77    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T78    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T79    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T80    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T81    | 250.00                                    | 250.00 | 125.00                        | 125.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |

|     |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T90 | 62.50  | 62.50  | 62.50  | 62.50  | 62.50  | 62.50  | 62.50  |
| T91 | 125.00 | 125.00 | 250.00 | 250.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 |
| T92 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 |
| T93 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 |
| T94 | 125.00 | 125.00 | 62.50  | 62.50  | 125.00 | 125.00 | 125.00 |
| T95 | 125.00 | 125.00 | 62.50  | 62.50  | 125.00 | 125.00 | 125.00 |
| T96 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 | 125.00 |
| T97 | 250.00 | 250.00 | 125.00 | 125.00 | 250.00 | 250.00 | 125.00 |

| Suşlar | Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (µg/mL) |        |                               |        |                               |        |                              |        |
|--------|-------------------------------------------|--------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|------------------------------|--------|
|        | <i>Escherichia coli</i>                   |        | <i>Listeria monocytogenes</i> |        | <i>Salmonella Typhimurium</i> |        | <i>Staphylococcus aureus</i> |        |
|        | 43888                                     | 43895  | 13932                         | 49594  | 43888                         | 43895  | 13932                        | 49594  |
| T114   | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T115   | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T116   | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T117   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T118   | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T119   | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T120   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T121   | 125.00                                    | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T122   | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T123   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T124   | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T125   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T126   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T127   | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 62.50                        | 62.50  |
| T128   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T129   | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T130   | 250.00                                    | 250.00 | 125.00                        | 125.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T131   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T132   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T133   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.0  | 31.25                        | 31.25  |
| T134   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.0  | 62.50                        | 62.50  |
| T135   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.0  | 62.50                        | 62.50  |
| T136   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.0  | 62.50                        | 62.50  |
| T137   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.0  | 62.50                        | 62.50  |
| T138   | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T139   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T140   | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T141   | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                       | 250.00 |
| T142   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T143   | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| T144   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| T145   | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |



[illegible]



| Suşlar | Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (µg/mL) |        |                               |        |                               |        |                              |        |
|--------|-------------------------------------------|--------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|------------------------------|--------|
|        | <i>Escherichia coli</i>                   |        | <i>Listeria monocytogenes</i> |        | <i>Salmonella Typhimurium</i> |        | <i>Staphylococcus aureus</i> |        |
|        | 43888                                     | 43895  | 13932                         | 49594  | 13311                         | 14028  | 9144                         | 6538P  |
| P71    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P72    | 500.00                                    | 500.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 500.00                       | 500.00 |
| P73    | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 62.50                        | 62.50  |
| P74    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P75    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P76    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 62.50                        | 62.50  |
| P77    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| P78    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P79    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P80    | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 62.50                        | 62.50  |
| P81    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| P82    | 250.00                                    | 250.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P83    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P84    | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 62.50                        | 62.50  |
| P85    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P86    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P87    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P88    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| P89    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| P90    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| P91    | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 62.50                        | 62.50  |
| P92    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| P93    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P94    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| P95    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| P96    | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 31.25                        | 31.25  |

Şalgam suyundan izole edilen LAB'den elde edilen postbiyotiklerin MİK değerlerinin kullanılan test kültürüne bağlı olarak 31.25 ve 500 µg/mL aralığında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.27). *L. paracasei* S97 suşunun ürettiği postbiyotik tüm patojenlere karşı en etkili postbiyotik olduğu tespit edilmiştir.



Ayrıca, *E. faecalis* S95, *P. acidilactici* S107 ve *E. faecalis* S132 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin tüm patojenlere karşı 62.50 µg/mL MİK değeri ile oldukça etkili oldukları gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, *L. buchneri* S6, *P. acidilactici* S12, S70, S101, *P. acidilactici* S108, *P. acidilactici* S113, *P. acidilactici* S114, *L. brevis* S115, *P. acidilactici* S116, *E. faecalis* S117, *Lacticaseibacillus* sp. S118, *Lacticaseibacillus* sp. S121, *Lacticaseibacillus* sp. S122, *Lacticaseibacillus* sp. S123, *L. paracasei* S124, *Lacticaseibacillus* sp. S127, *E. faecalis* S128, *P. acidilactici* S129, *P. acidilactici* S135, *P. acidilactici* S136, *P. acidilactici* S137, *Lacticaseibacillus* sp. S138, *Lactobacillus* sp. 139, *Lacticaseibacillus* sp. S140 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin tüm patojenlere karşı en etkisiz postbiyotikler olduğu belirlenmiştir. *P. acidilactici* S11, *L. buchneri* S13, *Lacticaseibacillus* sp. S17, *P. acidilactici* S81, *P. acidilactici* S89 ve *Lacticaseibacillus* sp. S125 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin, test kültürü olarak kullanılan *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* türlerinin farklı suşlarına karşı gösterdiği antimikrobiyal aktivitelerinin farklı olduğu gözlemlenmiştir. Gram-pozitif patojenlerin postbiyotiklere karşı Gram-negatiflere kıyasla genellikle daha duyarlı oldukları görülmektedir.

**Çizelge 4.27** Şalgam suyu orijinli laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin antimikrobiyal aktivitesi

| Suşlar | Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (µg/mL) |        |                               |        |                               |        |                              |        |
|--------|-------------------------------------------|--------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|------------------------------|--------|
|        | <i>Escherichia coli</i>                   |        | <i>Listeria monocytogenes</i> |        | <i>Salmonella Typhimurium</i> |        | <i>Staphylococcus aureus</i> |        |
|        | 43888                                     | 43895  | 13932                         | 49594  | 13311                         | 14028  | 9144                         | 6538P  |
| S1     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S2     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S3     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S4     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S5     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S6     | 500.00                                    | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 500.00                       | 500.00 |
| S7     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S8     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S9     | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S10    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S11    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |

| Suşlar | Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (µg/mL) |        |                               |        |                               |        |                              |        |
|--------|-------------------------------------------|--------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|------------------------------|--------|
|        | <i>Escherichia coli</i>                   |        | <i>Listeria monocytogenes</i> |        | <i>Salmonella Typhimurium</i> |        | <i>Staphylococcus aureus</i> |        |
|        | 43888                                     | 43895  | 13932                         | 49594  | 13311                         | 14028  | 9144                         | 6538P  |
| S12    | 500.00                                    | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 500.00                       | 500.00 |
| S13    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 125.00 | 62.50                         | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S14    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S15    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S16    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S17    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 62.50  | 62.50                        | 62.50  |
| S18    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S19    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S20    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S21    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S22    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S23    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S24    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S25    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S26    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S27    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S28    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S29    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S30    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S31    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S32    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S33    | 62.50                                     | 62.50  | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S34    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S35    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S36    | 125.00                                    | 125.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S37    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S38    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S39    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S40    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S41    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S42    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S43    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 250.00                        | 250.00 | 62.50                        | 62.50  |

| Suşlar | Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (µg/mL) |        |                               |        |                               |        |                              |        |
|--------|-------------------------------------------|--------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|------------------------------|--------|
|        | <i>Escherichia coli</i>                   |        | <i>Listeria monocytogenes</i> |        | <i>Salmonella Typhimurium</i> |        | <i>Staphylococcus aureus</i> |        |
|        | 43888                                     | 43895  | 13932                         | 49594  | 13311                         | 14028  | 9144                         | 6538P  |
| S44    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S45    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S46    | 500.00                                    | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 250.00                       | 250.00 |
| S47    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S48    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S49    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S50    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S51    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S52    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S53    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S54    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S55    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S56    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S57    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S58    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S59    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S60    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S61    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S62    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S63    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S64    | 250.00                                    | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S65    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S66    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S67    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S68    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S69    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 62.50  | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S70    | 500.00                                    | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 500.00                       | 500.00 |
| S71    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 62.50                        | 62.50  |
| S72    | 125.00                                    | 125.00 | 62.50                         | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S73    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 125.00                       | 125.00 |
| S74    | 500.00                                    | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 500.00                        | 500.00 | 250.00                       | 250.00 |
| S75    | 125.00                                    | 125.00 | 125.00                        | 125.00 | 250.00                        | 250.00 | 125.00                       | 125.00 |

[illegible]



Tarhana, turşu ve şalgam suyundan izole edilen LAB'den elde edilen postbiyotiklerin antimikrobiyal aktiviteleri genel olarak değerlendirildiğine, *L. paracasei* S97 suşundan elde edilen postbiyotiğin tüm patojen mikroorganizmalara karşı en etkili postbiyotik olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Gram-pozitif patojenlerin postbiyotiklere karşı Gram-negatiflere kıyasla genellikle daha duyarlı olduğu görülmüştür.

Postbiyotiklerin antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenebilmesi amacıyla disk difüzyon, agar difüzyon ve Broth dilüsyon olmak üzere çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bununla birlikte, postbiyotiklerin antimikrobiyal aktivitelerinin Broth dilüsyon yöntemi kullanılarak araştırıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Hamad et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. fermentum*, *L. lactis*, *L. rhamnosus* ve *P. acidilactici* suşlarının ürettikleri postbiyotiklerin *C. perfringens*'e karşı MİK değerlerinin 6.25-12.50 µg/mL aralığında olduğu bildirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *L. casei* ve *L. rhamnosus*'dan elde edilen postbiyotiklerin *P. aeruginosa*'ya karşı MİK değerlerinin 62.50 µg/mL olduğu tespit edilmiştir (Aminnezhad et al., 2015). Bu sonuçlar, postbiyotiklerin antimikrobiyal aktivitelerinin kullanılan suş ve test kültürüne bağlı olarak önemli ölçüde değişebileceğini ortaya koymaktadır.

#### 4.2.2 Postbiyotiklerin gıda patojenleri üzerine yüzde inhibisyon etkilerinin belirlenmesi

Tez çalışmasının bu aşamasında, tarhana, turşu ve şalgam suyundan izole edilen LAB'nin ürettikleri postbiyotiklerin patojen mikroorganizmalara (*E. coli* O157:H7 43888 ve 43895; *L. monocytogenes* 13932 ve 49594; *S. Typhimurium* 13311 ve 14028; *S. aureus* 9144 ve 6538P) karşı inhibisyon etkileri tespit edilmiştir. Bu amaçla, 100 µL postbiyotik ve  $\approx 6$  log kob/mL düzeyinde 100 µL indikatör mikroorganizma karıştırılmış ve karışım 37°C'de 24 saat inkübe edildikten sonra postbiyotiklerin inhibisyon etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla 600 nm'de absorbans ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Tarhanadan izole edilen suşlardan elde edilen postbiyotiklerin *E. coli* O157:H7 ATCC 43888, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *L. monocytogenes* ATCC

13932, *L. monocytogenes* ATCC 49594, *S. Typhimurium* ATCC 13311, *S. Typhimurium* ATCC 14028, *S. aureus* 9144 ve *S. aureus* ATCC 6538P üzerine inhibisyon etkileri sırasıyla %59.17-94.77, %57.60-94.31, %60.28-94.57, %62.03-94.49, %65.12-94.44, %59.61-92.24, %60.14-95.66 ve %62.14-96.66 aralığında tespit edilmiştir (Çizelge 4.28). *P. pentasaceus* T87, *P. acidilactici* T115, *L. pseudomesenteroides* T124, *S. thermophilus* T127, *L. pseudomesenteroides* T133, *L. pseudomesenteroides* T135, *L. pseudomesenteroides* T139, *S. thermophilus* T142 ve *P. pentasaceus* T143 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin test kültürü olarak kullanılan tüm patojen mikroorganizmalara karşı %90'ın üzerinde inhibisyon etkisine sahip olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.28** Tarhana orijinli edilen laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin inhibisyon etkileri

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 13311                         | 14028 | 9144                         | 6538P |
| T1     | 90.37                   | 90.80 | 90.93                         | 89.96 | 89.28                         | 85.39 | 88.55                        | 90.80 |
| T2     | 90.03                   | 83.99 | 86.05                         | 92.78 | 88.81                         | 81.31 | 93.42                        | 93.86 |
| T3     | 93.39                   | 89.67 | 82.39                         | 93.75 | 92.44                         | 87.02 | 92.57                        | 91.68 |
| T4     | 92.13                   | 79.87 | 91.03                         | 94.49 | 91.38                         | 86.24 | 90.49                        | 91.50 |
| T5     | 94.09                   | 87.79 | 82.78                         | 93.96 | 92.32                         | 84.54 | 93.39                        | 93.83 |
| T6     | 88.26                   | 84.79 | 84.09                         | 91.27 | 89.46                         | 82.34 | 91.14                        | 92.16 |
| T7     | 90.31                   | 80.14 | 83.03                         | 92.16 | 84.26                         | 80.00 | 92.24                        | 93.30 |
| T8     | 84.38                   | 66.38 | 77.33                         | 90.80 | 76.04                         | 67.33 | 73.72                        | 70.93 |
| T9     | 82.38                   | 71.88 | 86.05                         | 93.62 | 84.34                         | 76.91 | 90.41                        | 91.41 |
| T10    | 59.17                   | 57.25 | 88.81                         | 93.55 | 74.86                         | 59.61 | 78.54                        | 75.91 |
| T11    | 75.97                   | 65.95 | 80.25                         | 83.63 | 72.58                         | 63.17 | 76.93                        | 78.16 |
| T12    | 86.23                   | 84.97 | 87.03                         | 88.48 | 89.51                         | 86.42 | 83.57                        | 84.36 |
| T13    | 86.18                   | 82.99 | 88.42                         | 89.93 | 87.27                         | 84.61 | 83.14                        | 81.30 |
| T14    | 72.85                   | 73.92 | 79.06                         | 86.04 | 66.25                         | 63.08 | 83.64                        | 84.43 |
| T15    | 92.66                   | 87.44 | 82.54                         | 93.58 | 91.46                         | 86.56 | 94.30                        | 93.53 |
| T16    | 92.97                   | 86.64 | 86.03                         | 93.72 | 91.90                         | 86.32 | 92.96                        | 93.45 |
| T17    | 89.90                   | 84.12 | 85.42                         | 93.98 | 86.87                         | 82.21 | 90.20                        | 91.20 |
| T18    | 80.27                   | 79.70 | 85.48                         | 93.11 | 85.29                         | 79.12 | 90.53                        | 90.99 |

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 13311                         | 14028 | 9144                         | 6538P |
| T19    | 88.66                   | 60.24 | 91.02                         | 90.43 | 85.08                         | 79.14 | 72.51                        | 69.03 |
| T20    | 92.65                   | 82.26 | 91.48                         | 87.59 | 90.60                         | 82.80 | 92.47                        | 92.88 |
| T21    | 92.61                   | 83.93 | 90.73                         | 85.03 | 90.29                         | 85.04 | 91.83                        | 92.48 |
| T22    | 84.89                   | 69.15 | 90.30                         | 82.76 | 71.84                         | 65.72 | 89.28                        | 90.25 |
| T23    | 92.62                   | 84.14 | 88.83                         | 85.00 | 90.02                         | 88.07 | 90.09                        | 91.08 |
| T24    | 92.06                   | 83.69 | 93.27                         | 87.70 | 88.39                         | 85.05 | 91.44                        | 91.82 |
| T25    | 89.56                   | 79.72 | 91.65                         | 85.23 | 89.11                         | 84.33 | 91.27                        | 92.30 |
| T26    | 91.84                   | 85.86 | 91.65                         | 86.66 | 89.93                         | 84.29 | 93.62                        | 92.76 |
| T27    | 92.08                   | 86.15 | 90.25                         | 84.19 | 89.87                         | 84.83 | 90.08                        | 91.72 |
| T28    | 91.75                   | 84.60 | 93.21                         | 87.60 | 89.23                         | 85.92 | 92.38                        | 92.86 |
| T29    | 92.67                   | 84.62 | 92.13                         | 88.45 | 90.42                         | 87.21 | 91.96                        | 92.23 |
| T30    | 93.68                   | 87.25 | 92.93                         | 91.19 | 92.36                         | 89.38 | 92.72                        | 93.14 |
| T31    | 92.63                   | 85.40 | 93.76                         | 91.80 | 89.49                         | 83.43 | 91.92                        | 92.23 |
| T32    | 91.61                   | 82.16 | 93.06                         | 87.12 | 88.40                         | 83.97 | 93.05                        | 93.49 |
| T33    | 91.90                   | 84.40 | 89.94                         | 83.94 | 89.18                         | 87.48 | 90.47                        | 92.12 |
| T34    | 91.16                   | 82.95 | 91.38                         | 86.12 | 88.46                         | 85.64 | 92.19                        | 93.25 |
| T35    | 86.69                   | 73.55 | 87.68                         | 83.74 | 78.70                         | 68.28 | 85.07                        | 86.56 |
| T36    | 91.81                   | 81.01 | 89.61                         | 83.03 | 87.99                         | 86.04 | 90.92                        | 91.94 |
| T37    | 90.72                   | 78.00 | 92.48                         | 86.13 | 88.54                         | 83.84 | 91.09                        | 92.24 |
| T38    | 91.12                   | 81.70 | 92.44                         | 85.89 | 87.93                         | 83.88 | 92.30                        | 90.75 |
| T39    | 90.45                   | 81.77 | 91.00                         | 85.96 | 86.43                         | 79.96 | 91.07                        | 92.10 |
| T40    | 93.56                   | 83.91 | 86.93                         | 84.90 | 91.12                         | 89.06 | 92.69                        | 93.30 |
| T41    | 92.91                   | 85.41 | 87.61                         | 86.36 | 91.57                         | 87.91 | 92.81                        | 93.24 |
| T42    | 93.54                   | 86.76 | 91.27                         | 91.11 | 93.19                         | 85.82 | 93.07                        | 93.41 |
| T43    | 84.37                   | 79.68 | 88.51                         | 87.42 | 77.46                         | 80.23 | 86.59                        | 87.47 |
| T44    | 88.00                   | 81.21 | 88.54                         | 86.30 | 85.68                         | 85.82 | 91.71                        | 92.76 |
| T45    | 81.32                   | 76.40 | 82.39                         | 84.37 | 73.19                         | 80.10 | 80.60                        | 81.94 |
| T46    | 78.38                   | 76.84 | 83.88                         | 85.98 | 74.96                         | 81.60 | 89.06                        | 87.41 |
| T47    | 86.76                   | 81.35 | 89.41                         | 87.09 | 83.66                         | 86.89 | 84.18                        | 85.64 |
| T48    | 88.37                   | 86.35 | 88.57                         | 87.21 | 87.39                         | 89.95 | 90.97                        | 91.99 |
| T49    | 85.95                   | 79.21 | 87.27                         | 85.99 | 76.29                         | 79.47 | 77.76                        | 78.36 |
| T50    | 75.74                   | 73.64 | 88.52                         | 88.83 | 82.06                         | 84.73 | 86.20                        | 86.42 |



| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 13311                         | 14028 | 9144                         | 6538P |
| T51    | 87.25                   | 81.81 | 85.97                         | 84.00 | 76.82                         | 81.11 | 87.96                        | 89.54 |
| T52    | 87.39                   | 83.88 | 92.24                         | 89.17 | 85.06                         | 87.21 | 93.66                        | 93.85 |
| T53    | 81.68                   | 78.30 | 90.86                         | 85.11 | 75.66                         | 80.42 | 86.48                        | 86.71 |
| T54    | 89.27                   | 85.05 | 93.62                         | 94.08 | 89.70                         | 84.50 | 92.06                        | 92.46 |
| T55    | 84.25                   | 80.72 | 89.28                         | 88.10 | 77.45                         | 81.50 | 91.07                        | 89.48 |
| T56    | 86.07                   | 82.68 | 91.41                         | 90.87 | 86.70                         | 85.51 | 91.30                        | 91.93 |
| T57    | 89.65                   | 87.34 | 87.30                         | 87.24 | 89.18                         | 88.82 | 90.96                        | 90.67 |
| T58    | 88.25                   | 84.51 | 87.24                         | 86.59 | 84.88                         | 88.78 | 92.08                        | 92.74 |
| T59    | 84.69                   | 80.68 | 87.49                         | 85.17 | 82.85                         | 85.59 | 90.07                        | 88.45 |
| T60    | 83.83                   | 80.20 | 91.08                         | 83.37 | 82.52                         | 84.65 | 88.46                        | 87.31 |
| T61    | 88.08                   | 83.53 | 91.93                         | 87.39 | 87.73                         | 85.02 | 89.03                        | 90.64 |
| T62    | 79.93                   | 75.01 | 87.90                         | 79.10 | 76.66                         | 81.39 | 87.65                        | 89.86 |
| T63    | 88.79                   | 86.54 | 88.41                         | 85.24 | 86.70                         | 88.75 | 87.36                        | 88.46 |
| T64    | 80.44                   | 80.97 | 84.00                         | 82.69 | 78.60                         | 81.81 | 88.97                        | 90.58 |
| T65    | 85.70                   | 83.14 | 89.74                         | 89.15 | 84.12                         | 85.72 | 89.26                        | 90.88 |
| T66    | 91.86                   | 89.35 | 94.01                         | 93.85 | 88.88                         | 84.73 | 91.49                        | 92.52 |
| T67    | 90.54                   | 89.09 | 91.24                         | 91.94 | 84.59                         | 82.86 | 87.24                        | 88.79 |
| T68    | 89.99                   | 83.92 | 90.76                         | 90.44 | 85.74                         | 82.29 | 90.05                        | 91.04 |
| T69    | 90.62                   | 83.98 | 87.65                         | 90.28 | 86.24                         | 88.85 | 86.47                        | 88.00 |
| T70    | 84.40                   | 81.63 | 87.03                         | 86.37 | 78.59                         | 82.26 | 79.74                        | 77.14 |
| T71    | 87.69                   | 81.32 | 90.74                         | 89.19 | 79.62                         | 81.61 | 85.12                        | 86.61 |
| T72    | 89.99                   | 84.65 | 89.81                         | 88.88 | 77.76                         | 83.77 | 79.20                        | 75.93 |
| T73    | 84.01                   | 79.65 | 85.10                         | 84.46 | 79.13                         | 77.12 | 68.02                        | 69.61 |
| T74    | 84.19                   | 80.64 | 85.16                         | 85.21 | 77.17                         | 79.76 | 82.26                        | 83.66 |
| T75    | 87.94                   | 83.60 | 90.46                         | 88.03 | 78.95                         | 81.24 | 66.41                        | 68.60 |
| T76    | 85.84                   | 81.12 | 86.69                         | 87.74 | 76.28                         | 80.40 | 85.43                        | 86.92 |
| T77    | 86.07                   | 83.40 | 87.65                         | 90.20 | 79.91                         | 81.81 | 66.13                        | 67.66 |
| T78    | 86.73                   | 81.09 | 87.97                         | 89.05 | 81.71                         | 74.70 | 67.27                        | 62.31 |
| T79    | 81.98                   | 78.55 | 85.22                         | 82.89 | 69.70                         | 73.82 | 60.14                        | 62.14 |
| T80    | 77.52                   | 70.42 | 83.22                         | 79.56 | 65.12                         | 71.37 | 67.85                        | 64.88 |
| T81    | 83.84                   | 76.70 | 84.73                         | 85.87 | 69.17                         | 79.90 | 79.88                        | 81.86 |
| T82    | 84.36                   | 80.99 | 88.72                         | 90.11 | 72.44                         | 81.07 | 87.74                        | 88.66 |

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 13311                         | 14028 | 9144                         | 6538P |
| T83    | 89.20                   | 80.39 | 92.03                         | 92.90 | 78.78                         | 83.46 | 83.49                        | 81.66 |
| T84    | 88.33                   | 82.92 | 91.45                         | 90.79 | 82.38                         | 83.16 | 82.70                        | 84.76 |
| T85    | 91.43                   | 83.50 | 90.90                         | 90.98 | 90.09                         | 90.47 | 90.69                        | 91.70 |
| T86    | 80.69                   | 77.79 | 85.91                         | 85.57 | 78.63                         | 80.88 | 83.85                        | 84.64 |
| T87    | 90.83                   | 90.86 | 91.52                         | 90.91 | 90.95                         | 90.28 | 90.06                        | 91.05 |
| T88    | 89.72                   | 83.64 | 89.34                         | 90.02 | 87.70                         | 88.16 | 91.54                        | 92.57 |
| T89    | 78.99                   | 77.65 | 88.11                         | 86.47 | 75.74                         | 76.90 | 84.75                        | 85.57 |
| T90    | 82.07                   | 78.44 | 83.70                         | 85.71 | 79.29                         | 75.99 | 83.17                        | 85.25 |
| T91    | 90.20                   | 87.11 | 91.91                         | 90.56 | 89.68                         | 84.27 | 92.35                        | 88.12 |
| T92    | 64.97                   | 57.60 | 60.28                         | 62.03 | 59.31                         | 55.72 | 71.86                        | 66.59 |
| T93    | 68.28                   | 71.52 | 79.52                         | 73.98 | 76.42                         | 72.11 | 70.35                        | 72.67 |
| T94    | 84.37                   | 86.51 | 89.40                         | 85.77 | 86.28                         | 82.88 | 87.58                        | 88.82 |
| T95    | 87.63                   | 85.82 | 92.40                         | 89.42 | 88.23                         | 86.44 | 90.75                        | 91.76 |
| T96    | 86.29                   | 84.11 | 87.99                         | 87.09 | 85.70                         | 82.07 | 88.60                        | 90.19 |
| T97    | 84.23                   | 79.05 | 84.47                         | 86.52 | 79.33                         | 78.79 | 87.55                        | 89.76 |
| T98    | 90.22                   | 87.92 | 88.19                         | 90.25 | 87.84                         | 87.46 | 88.39                        | 89.98 |
| T99    | 88.88                   | 83.73 | 90.92                         | 91.54 | 81.57                         | 79.41 | 87.42                        | 88.98 |
| T100   | 91.89                   | 90.37 | 92.47                         | 90.17 | 91.19                         | 90.97 | 92.06                        | 92.46 |
| T101   | 87.81                   | 90.60 | 88.93                         | 87.71 | 87.68                         | 82.24 | 89.93                        | 90.92 |
| T102   | 82.43                   | 78.06 | 93.00                         | 92.03 | 85.21                         | 75.29 | 72.77                        | 67.99 |
| T103   | 85.64                   | 85.13 | 90.34                         | 90.09 | 87.62                         | 85.11 | 89.34                        | 90.95 |
| T104   | 88.13                   | 78.41 | 91.85                         | 91.17 | 82.93                         | 81.17 | 92.01                        | 90.45 |
| T105   | 86.36                   | 81.29 | 89.74                         | 86.73 | 86.33                         | 84.97 | 89.98                        | 90.97 |
| T106   | 77.06                   | 77.10 | 89.40                         | 85.52 | 79.66                         | 77.17 | 84.02                        | 85.47 |
| T107   | 86.59                   | 85.79 | 82.88                         | 80.62 | 83.90                         | 82.21 | 83.24                        | 85.98 |
| T108   | 81.11                   | 75.13 | 87.52                         | 85.39 | 81.40                         | 78.40 | 86.96                        | 85.24 |
| T109   | 87.06                   | 81.12 | 88.23                         | 88.03 | 83.99                         | 83.46 | 91.75                        | 90.18 |
| T110   | 75.30                   | 71.05 | 76.59                         | 76.73 | 77.12                         | 74.14 | 72.71                        | 68.58 |
| T111   | 86.38                   | 78.17 | 85.85                         | 85.34 | 81.42                         | 83.10 | 88.08                        | 86.39 |
| T112   | 81.36                   | 72.67 | 79.55                         | 77.11 | 80.03                         | 76.58 | 82.16                        | 83.55 |
| T113   | 66.46                   | 75.27 | 83.56                         | 78.17 | 75.95                         | 68.74 | 81.61                        | 83.64 |
| T114   | 82.19                   | 82.88 | 84.89                         | 86.51 | 77.78                         | 75.75 | 70.62                        | 66.42 |

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 13311                         | 14028 | 9144                         | 6538P |
| T115   | 94.29                   | 93.09 | 94.28                         | 92.67 | 90.72                         | 90.33 | 93.29                        | 92.23 |
| T116   | 86.61                   | 83.61 | 88.44                         | 83.83 | 85.54                         | 80.78 | 91.74                        | 89.52 |
| T117   | 92.84                   | 91.51 | 90.31                         | 90.57 | 91.39                         | 89.96 | 92.65                        | 93.28 |
| T118   | 92.68                   | 90.92 | 88.03                         | 87.34 | 89.53                         | 87.31 | 87.81                        | 88.73 |
| T119   | 89.38                   | 89.76 | 89.14                         | 86.32 | 85.89                         | 86.30 | 88.85                        | 87.19 |
| T120   | 92.98                   | 90.98 | 89.34                         | 88.82 | 89.80                         | 90.27 | 91.96                        | 92.62 |
| T121   | 93.69                   | 91.27 | 89.07                         | 91.35 | 90.99                         | 91.99 | 93.17                        | 93.74 |
| T122   | 93.53                   | 89.46 | 90.75                         | 89.66 | 86.79                         | 91.85 | 87.25                        | 88.80 |
| T123   | 94.18                   | 92.81 | 88.35                         | 89.11 | 90.12                         | 91.35 | 93.23                        | 93.99 |
| T124   | 91.24                   | 90.78 | 90.28                         | 91.22 | 90.57                         | 91.11 | 90.68                        | 91.72 |
| T125   | 93.51                   | 92.92 | 89.11                         | 89.68 | 93.63                         | 92.24 | 92.66                        | 91.12 |
| T126   | 94.48                   | 94.28 | 90.96                         | 93.31 | 93.57                         | 89.06 | 83.69                        | 85.13 |
| T127   | 90.77                   | 90.05 | 93.53                         | 93.97 | 92.62                         | 91.88 | 93.16                        | 93.60 |
| T128   | 92.82                   | 90.60 | 91.74                         | 88.97 | 91.70                         | 90.23 | 92.93                        | 93.36 |
| T129   | 93.55                   | 92.32 | 90.75                         | 89.43 | 90.46                         | 90.81 | 90.91                        | 92.58 |
| T130   | 92.19                   | 91.44 | 88.87                         | 88.53 | 90.45                         | 89.24 | 90.43                        | 91.43 |
| T131   | 93.63                   | 91.06 | 89.22                         | 89.38 | 90.32                         | 89.46 | 91.95                        | 90.39 |
| T132   | 93.76                   | 91.67 | 91.74                         | 89.19 | 91.07                         | 89.54 | 91.64                        | 92.68 |
| T133   | 93.89                   | 92.07 | 91.37                         | 90.48 | 91.48                         | 91.75 | 95.66                        | 96.66 |
| T134   | 93.65                   | 91.52 | 90.41                         | 89.31 | 91.03                         | 90.78 | 92.26                        | 90.71 |
| T135   | 94.02                   | 92.85 | 92.76                         | 93.21 | 91.51                         | 90.11 | 93.63                        | 93.55 |
| T136   | 93.51                   | 91.40 | 90.62                         | 89.19 | 92.53                         | 89.58 | 92.57                        | 91.72 |
| T137   | 93.29                   | 91.19 | 90.27                         | 90.05 | 90.72                         | 89.64 | 92.77                        | 91.24 |
| T138   | 93.51                   | 91.30 | 92.62                         | 92.86 | 93.00                         | 89.78 | 87.19                        | 88.09 |
| T139   | 94.75                   | 94.31 | 94.57                         | 94.44 | 91.44                         | 90.76 | 93.12                        | 93.69 |
| T140   | 90.11                   | 87.86 | 92.28                         | 89.86 | 87.71                         | 84.36 | 94.23                        | 93.54 |
| T141   | 92.63                   | 87.46 | 93.05                         | 93.09 | 87.24                         | 85.92 | 76.72                        | 78.59 |
| T142   | 92.48                   | 91.70 | 92.15                         | 92.01 | 90.78                         | 90.03 | 92.27                        | 91.26 |
| T143   | 93.28                   | 90.89 | 93.97                         | 92.92 | 91.94                         | 91.29 | 92.33                        | 92.88 |
| T144   | 93.26                   | 91.44 | 92.15                         | 89.34 | 89.98                         | 91.44 | 90.21                        | 91.21 |
| T145   | 93.22                   | 90.81 | 92.43                         | 91.33 | 92.12                         | 89.33 | 92.44                        | 91.12 |
| T146   | 90.67                   | 88.84 | 92.01                         | 87.83 | 88.02                         | 87.79 | 91.48                        | 89.90 |

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |                               |                               |                              |       |       |       |       |
|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> | <i>Listeria monocytogenes</i> | <i>Salmonella Typhimurium</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |       |       |       |
|        | 43888                   | 43895                         | 13932                         | 49594                        | 13311 | 14028 | 9144  | 6538P |
| T147   | 92.88                   | 90.83                         | 92.88                         | 89.51                        | 90.54 | 89.34 | 92.54 | 93.21 |
| T148   | 92.08                   | 88.73                         | 93.16                         | 91.51                        | 90.02 | 88.07 | 93.60 | 93.63 |
| T149   | 86.87                   | 82.94                         | 89.70                         | 89.46                        | 81.88 | 78.69 | 80.16 | 76.92 |
| T150   | 88.03                   | 84.76                         | 90.75                         | 88.77                        | 84.32 | 76.31 | 84.19 | 85.65 |
| T151   | 87.21                   | 86.24                         | 89.83                         | 86.09                        | 88.80 | 87.85 | 90.76 | 88.51 |
| T152   | 93.11                   | 90.72                         | 92.18                         | 91.98                        | 89.57 | 88.31 | 91.27 | 89.54 |

Turşudan izole edilen suşların ürettikleri postbiyotiklerin *E. coli* O157:H7 ATCC 43888, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *L. monocytogenes* ATCC 13932, *L. monocytogenes* ATCC 49594, *S. Typhimurium* ATCC 13311, *S. Typhimurium* ATCC 14028, *S. aureus* 9144 ve *S. aureus* ATCC 6538P üzerine inhibisyon etkileri sırasıyla %43.51-94.01, %32.16-93.09, %34.66-95.29, %28.85-95.57, %39.01-94.69, %41.00-96.07, %38.13-95.61 ve %40.01-95.16 aralığında tespit edilmiştir (Çizelge 4.29). P11, *L. plantarum* P36, P37, P63, P64, *L. pentosus* P73, *P. ethanolidurans* P84, P91 ve P96 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin test kültürü olarak kullanılan tüm patojen mikroorganizmalara karşı %90'ın üzerinde inhibisyon etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Antimikrobiyal aktivite testinde patojen mikroorganizmalara karşı en etkisiz olduğu tespit edilen P2, *L. plantarum* P4, P6 ve P7 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin, tüm patojen bakterilere karşı %50'nin altında inhibisyon etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.29** Turşu orijinli laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin inhibisyon etkileri

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |                               |                               |                              |       |       |       |       |
|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> | <i>Listeria monocytogenes</i> | <i>Salmonella Typhimurium</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |       |       |       |
|        | 43888                   | 43895                         | 13932                         | 49594                        | 12023 | 13311 | 9144  | 6538P |
| P1     | 94.01                   | 90.90                         | 91.13                         | 89.36                        | 94.35 | 92.21 | 94.58 | 91.62 |
| P2     | 45.77                   | 42.08                         | 44.56                         | 41.16                        | 47.05 | 49.37 | 49.34 | 47.71 |
| P3     | 90.58                   | 88.72                         | 93.60                         | 91.67                        | 94.59 | 90.86 | 94.83 | 93.25 |
| P4     | 47.14                   | 45.56                         | 41.53                         | 40.45                        | 49.13 | 49.89 | 46.91 | 47.37 |

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 12023                         | 13311 | 9144                         | 6538P |
| P5     | 89.93                   | 86.84 | 82.95                         | 82.66 | 93.19                         | 88.04 | 86.05                        | 81.24 |
| P6     | 48.64                   | 49.61 | 44.43                         | 48.34 | 48.01                         | 49.53 | 49.64                        | 47.37 |
| P7     | 45.67                   | 49.98 | 42.60                         | 45.57 | 43.99                         | 42.94 | 48.76                        | 49.08 |
| P8     | 86.45                   | 80.96 | 92.27                         | 83.67 | 91.04                         | 86.18 | 94.17                        | 88.64 |
| P9     | 46.87                   | 49.41 | 42.98                         | 48.28 | 50.34                         | 50.91 | 50.45                        | 46.45 |
| P10    | 91.77                   | 84.17 | 87.92                         | 86.05 | 91.80                         | 89.77 | 92.29                        | 89.70 |
| P11    | 93.05                   | 91.61 | 95.29                         | 95.57 | 96.07                         | 94.07 | 95.54                        | 95.02 |
| P12    | 86.10                   | 76.39 | 68.01                         | 73.00 | 93.49                         | 59.02 | 89.28                        | 69.48 |
| P13    | 49.06                   | 48.87 | 47.95                         | 51.80 | 62.24                         | 45.08 | 45.11                        | 45.11 |
| P14    | 50.74                   | 48.59 | 53.43                         | 61.15 | 57.26                         | 71.03 | 46.49                        | 46.49 |
| P15    | 45.96                   | 47.54 | 44.30                         | 49.36 | 50.33                         | 49.76 | 50.73                        | 49.73 |
| P16    | 47.09                   | 46.75 | 50.60                         | 49.81 | 54.09                         | 46.85 | 47.49                        | 47.49 |
| P17    | 42.90                   | 45.89 | 68.13                         | 45.95 | 60.13                         | 42.19 | 45.75                        | 45.75 |
| P18    | 46.38                   | 47.99 | 44.64                         | 46.35 | 49.96                         | 45.87 | 47.45                        | 50.45 |
| P19    | 48.73                   | 47.70 | 45.77                         | 51.30 | 52.88                         | 42.95 | 45.19                        | 45.19 |
| P20    | 49.82                   | 50.52 | 46.63                         | 52.66 | 54.74                         | 46.40 | 47.70                        | 47.70 |
| P21    | 57.84                   | 53.70 | 70.19                         | 62.75 | 41.00                         | 39.01 | 38.13                        | 38.13 |
| P22    | 44.38                   | 45.72 | 43.22                         | 49.49 | 51.76                         | 46.85 | 46.74                        | 46.74 |
| P23    | 49.58                   | 46.62 | 44.92                         | 54.66 | 55.13                         | 51.71 | 43.83                        | 43.83 |
| P24    | 49.09                   | 46.36 | 53.75                         | 54.27 | 66.37                         | 63.31 | 46.13                        | 46.13 |
| P25    | 93.20                   | 92.32 | 94.34                         | 95.12 | 95.93                         | 93.51 | 95.12                        | 94.89 |
| P26    | 90.63                   | 87.17 | 94.59                         | 92.96 | 95.49                         | 93.64 | 95.23                        | 93.52 |
| P27    | 89.34                   | 85.60 | 94.36                         | 92.22 | 95.03                         | 89.69 | 94.09                        | 92.26 |
| P28    | 89.16                   | 85.77 | 94.11                         | 92.54 | 95.28                         | 88.08 | 94.94                        | 94.65 |
| P29    | 88.65                   | 84.71 | 93.59                         | 91.90 | 95.11                         | 87.82 | 95.08                        | 94.71 |
| P30    | 92.75                   | 90.45 | 85.60                         | 83.15 | 94.75                         | 92.25 | 95.60                        | 91.88 |
| P31    | 89.82                   | 86.46 | 94.04                         | 93.21 | 94.68                         | 91.44 | 95.20                        | 94.76 |
| P32    | 88.31                   | 87.56 | 94.66                         | 92.64 | 95.65                         | 91.78 | 95.60                        | 94.56 |
| P33    | 89.87                   | 84.80 | 94.54                         | 92.54 | 95.04                         | 89.26 | 95.60                        | 95.16 |
| P34    | 89.86                   | 87.25 | 94.22                         | 92.08 | 94.76                         | 91.40 | 95.24                        | 95.04 |
| P35    | 93.07                   | 88.18 | 85.91                         | 85.39 | 93.82                         | 93.20 | 95.37                        | 88.04 |
| P36    | 93.24                   | 91.92 | 95.06                         | 95.07 | 95.52                         | 94.69 | 95.40                        | 94.88 |

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 12023                         | 13311 | 9144                         | 6538P |
| P37    | 92.28                   | 90.05 | 94.65                         | 93.77 | 95.18                         | 92.41 | 95.11                        | 94.75 |
| P38    | 90.82                   | 85.75 | 94.39                         | 91.93 | 95.09                         | 92.30 | 95.48                        | 94.49 |
| P39    | 89.20                   | 88.69 | 94.42                         | 91.98 | 95.17                         | 92.93 | 95.28                        | 93.14 |
| P40    | 89.68                   | 88.57 | 92.95                         | 90.80 | 95.11                         | 91.85 | 95.20                        | 93.48 |
| P41    | 47.76                   | 51.82 | 40.23                         | 45.13 | 53.11                         | 55.34 | 57.40                        | 40.01 |
| P42    | 88.34                   | 86.25 | 91.91                         | 89.66 | 95.05                         | 90.53 | 95.22                        | 90.95 |
| P43    | 91.95                   | 81.94 | 86.95                         | 87.45 | 93.82                         | 87.99 | 95.25                        | 88.62 |
| P44    | 89.95                   | 89.13 | 89.16                         | 83.43 | 95.13                         | 91.79 | 95.61                        | 93.06 |
| P45    | 46.22                   | 42.53 | 34.66                         | 28.85 | 51.83                         | 54.55 | 58.05                        | 53.62 |
| P46    | 46.85                   | 44.16 | 40.48                         | 47.94 | 56.83                         | 55.02 | 58.04                        | 53.53 |
| P47    | 43.51                   | 40.01 | 37.04                         | 55.87 | 49.38                         | 54.33 | 45.91                        | 44.48 |
| P48    | 90.33                   | 88.28 | 87.30                         | 83.28 | 95.44                         | 89.45 | 95.34                        | 94.06 |
| P49    | 89.03                   | 82.91 | 87.30                         | 89.40 | 95.07                         | 85.94 | 95.47                        | 93.05 |
| P50    | 88.32                   | 86.14 | 93.69                         | 82.12 | 95.01                         | 91.25 | 94.99                        | 92.28 |
| P51    | 90.31                   | 87.55 | 86.64                         | 85.77 | 95.67                         | 90.89 | 95.01                        | 90.44 |
| P52    | 92.09                   | 93.09 | 89.91                         | 90.18 | 94.10                         | 93.29 | 94.66                        | 92.18 |
| P53    | 80.63                   | 74.84 | 90.78                         | 87.57 | 81.43                         | 76.54 | 91.66                        | 89.70 |
| P54    | 50.13                   | 32.16 | 85.73                         | 81.10 | 69.08                         | 51.31 | 58.54                        | 58.54 |
| P55    | 58.89                   | 63.66 | 90.77                         | 85.66 | 63.01                         | 73.24 | 80.28                        | 78.32 |
| P56    | 84.31                   | 79.13 | 91.26                         | 89.13 | 82.01                         | 83.99 | 86.56                        | 87.28 |
| P57    | 46.46                   | 50.91 | 59.32                         | 53.48 | 45.91                         | 47.85 | 62.83                        | 59.56 |
| P58    | 90.50                   | 85.89 | 90.44                         | 88.74 | 86.77                         | 85.69 | 91.28                        | 92.59 |
| P59    | 87.54                   | 85.51 | 89.97                         | 89.75 | 84.80                         | 86.08 | 92.16                        | 90.85 |
| P60    | 89.58                   | 89.59 | 86.96                         | 88.30 | 93.68                         | 90.72 | 90.32                        | 91.63 |
| P61    | 89.85                   | 91.96 | 89.68                         | 86.24 | 93.74                         | 90.50 | 90.07                        | 91.38 |
| P62    | 88.59                   | 89.46 | 88.59                         | 86.54 | 92.73                         | 90.53 | 91.84                        | 92.49 |
| P63    | 93.28                   | 91.21 | 93.21                         | 90.01 | 91.08                         | 91.45 | 92.83                        | 93.23 |
| P64    | 92.05                   | 91.85 | 93.23                         | 92.94 | 92.86                         | 92.56 | 92.83                        | 91.99 |
| P65    | 90.75                   | 90.54 | 90.34                         | 88.30 | 93.43                         | 89.64 | 91.80                        | 92.78 |
| P66    | 89.75                   | 87.88 | 94.63                         | 93.46 | 94.38                         | 92.45 | 94.03                        | 93.51 |
| P67    | 89.70                   | 85.38 | 92.09                         | 89.71 | 93.33                         | 90.58 | 92.68                        | 93.08 |
| P68    | 89.32                   | 64.18 | 92.86                         | 90.08 | 94.16                         | 91.15 | 69.22                        | 66.61 |

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 12023                         | 13311 | 9144                         | 6538P |
| P69    | 90.43                   | 90.40 | 89.07                         | 88.88 | 93.95                         | 88.52 | 91.35                        | 92.66 |
| P70    | 89.54                   | 91.85 | 94.44                         | 93.46 | 94.01                         | 91.68 | 94.05                        | 94.45 |
| P71    | 91.23                   | 93.53 | 94.67                         | 94.54 | 90.23                         | 89.11 | 94.03                        | 94.48 |
| P72    | 92.11                   | 91.18 | 93.97                         | 94.47 | 92.99                         | 92.29 | 91.07                        | 89.76 |
| P73    | 90.13                   | 91.23 | 94.45                         | 94.14 | 93.42                         | 93.28 | 94.18                        | 94.37 |
| P74    | 89.45                   | 89.48 | 87.90                         | 87.62 | 93.23                         | 89.43 | 92.72                        | 93.37 |
| P75    | 85.05                   | 87.20 | 93.50                         | 91.37 | 93.18                         | 89.76 | 93.83                        | 94.16 |
| P76    | 88.88                   | 88.09 | 89.99                         | 86.09 | 92.56                         | 92.37 | 92.45                        | 93.10 |
| P77    | 88.17                   | 88.27 | 89.85                         | 86.76 | 92.79                         | 89.01 | 92.63                        | 92.96 |
| P78    | 87.87                   | 90.18 | 90.94                         | 85.76 | 92.59                         | 89.88 | 93.13                        | 92.35 |
| P79    | 85.51                   | 88.22 | 94.02                         | 94.17 | 93.87                         | 89.36 | 94.02                        | 94.54 |
| P80    | 87.89                   | 84.51 | 87.05                         | 85.37 | 92.66                         | 87.47 | 91.57                        | 92.10 |
| P81    | 89.02                   | 88.63 | 88.62                         | 86.24 | 92.32                         | 89.15 | 92.30                        | 92.95 |
| P82    | 91.13                   | 86.45 | 93.88                         | 89.79 | 93.13                         | 92.00 | 93.32                        | 93.77 |
| P83    | 87.68                   | 90.04 | 90.71                         | 86.40 | 93.02                         | 91.09 | 90.61                        | 91.91 |
| P84    | 91.63                   | 92.92 | 92.61                         | 92.94 | 92.89                         | 91.67 | 93.11                        | 92.66 |
| P85    | 89.90                   | 92.49 | 91.89                         | 91.34 | 94.59                         | 92.90 | 91.44                        | 90.46 |
| P86    | 88.71                   | 87.01 | 88.33                         | 85.96 | 92.57                         | 91.07 | 92.08                        | 90.13 |
| P87    | 86.18                   | 80.65 | 89.20                         | 86.88 | 87.18                         | 79.05 | 73.70                        | 76.31 |
| P88    | 89.03                   | 87.36 | 88.65                         | 87.20 | 93.28                         | 87.86 | 91.70                        | 92.35 |
| P89    | 88.90                   | 86.84 | 87.26                         | 86.55 | 93.09                         | 87.82 | 90.79                        | 92.09 |
| P90    | 88.86                   | 87.53 | 91.09                         | 86.23 | 92.66                         | 88.93 | 90.43                        | 91.73 |
| P91    | 91.28                   | 92.24 | 90.27                         | 90.29 | 93.23                         | 91.63 | 91.30                        | 91.95 |
| P92    | 89.87                   | 87.56 | 86.92                         | 86.23 | 93.69                         | 87.79 | 92.00                        | 92.65 |
| P93    | 89.76                   | 86.54 | 87.13                         | 85.91 | 93.00                         | 88.46 | 89.78                        | 91.09 |
| P94    | 89.51                   | 87.22 | 88.41                         | 87.16 | 93.34                         | 88.50 | 92.26                        | 93.04 |
| P95    | 86.15                   | 86.38 | 89.23                         | 87.88 | 92.19                         | 87.29 | 89.26                        | 87.30 |
| P96    | 91.41                   | 91.36 | 92.41                         | 90.99 | 93.31                         | 92.07 | 92.68                        | 93.14 |

Şalgam suyundan izole edilen suşlardan elde edilen postbiyotiklerin *E. coli* O157:H7 ATCC 43888, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *L. monocytogenes* ATCC 13932, *L. monocytogenes* ATCC 49594, *S. Typhimurium* ATCC 13311, *S. Typhimurium* ATCC 14028, *S. aureus* 9144 ve *S. aureus* ATCC 6538P üzerine inhibisyon etkileri sırasıyla %16.40-94.93, %3.24-94.12, %24.06-95.56, %16.91-95.69, %20.53-95.15, %20.08-94.24, %34.40-95.73 ve %5.44-95.45 aralığında tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). *E. faecalis* S95, *L. paracasei* S97, *P. acidilactici* S107 ve *E. faecalis* S132 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin test kültürü olarak kullanılan tüm patojen mikroorganizmalara karşı %90'ın üzerinde inhibisyon etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Antimikrobiyal aktivite testinde patojen mikroorganizmalara karşı en etkisiz olduğu tespit edilen *Lacticaseibacillus* sp. S70 ve *Lacticaseibacillus* sp. S118 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin, tüm patojen bakterilere karşı %50'nin altında inhibisyon etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.30** Şalgam suyu orijinli laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotiklerin inhibisyon etkileri

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |                               |                               |                              |       |       |       |       |
|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> | <i>Listeria monocytogenes</i> | <i>Salmonella Typhimurium</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |       |       |       |
|        | 43888                   | 43895                         | 13932                         | 49594                        | 12023 | 13311 | 9144  | 6538P |
| S1     | 88.44                   | 81.05                         | 94.11                         | 91.86                        | 86.26 | 84.09 | 87.67 | 90.58 |
| S2     | 92.62                   | 88.06                         | 89.43                         | 83.82                        | 91.96 | 88.70 | 90.07 | 92.91 |
| S3     | 86.63                   | 79.46                         | 87.69                         | 85.16                        | 85.48 | 83.35 | 83.00 | 86.68 |
| S4     | 93.11                   | 91.31                         | 85.86                         | 83.72                        | 92.50 | 88.76 | 91.44 | 92.33 |
| S5     | 89.15                   | 87.85                         | 86.18                         | 86.79                        | 89.50 | 80.71 | 89.03 | 91.26 |
| S6     | 79.25                   | 45.43                         | 81.80                         | 81.61                        | 79.52 | 66.89 | 64.02 | 66.39 |
| S7     | 90.14                   | 86.35                         | 85.74                         | 84.31                        | 91.41 | 83.60 | 91.15 | 92.69 |
| S8     | 89.92                   | 86.32                         | 86.09                         | 85.64                        | 91.00 | 85.37 | 88.79 | 91.03 |
| S9     | 92.57                   | 82.89                         | 86.64                         | 86.61                        | 92.19 | 84.72 | 87.50 | 89.78 |
| S10    | 90.74                   | 84.70                         | 89.63                         | 88.46                        | 91.73 | 84.00 | 90.24 | 92.43 |
| S11    | 82.22                   | 72.36                         | 87.99                         | 88.78                        | 83.19 | 78.53 | 76.81 | 75.00 |
| S12    | 83.31                   | 64.64                         | 92.60                         | 91.92                        | 74.96 | 77.67 | 58.22 | 62.03 |
| S13    | 89.99                   | 85.53                         | 93.77                         | 91.73                        | 88.75 | 88.32 | 87.52 | 90.43 |
| S14    | 88.24                   | 85.08                         | 89.07                         | 84.88                        | 85.44 | 85.50 | 87.56 | 89.21 |
| S15    | 90.42                   | 87.62                         | 87.29                         | 86.44                        | 90.49 | 86.84 | 88.21 | 91.73 |



| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 12023                         | 13311 | 9144                         | 6538P |
| S16    | 89.45                   | 89.20 | 88.69                         | 84.05 | 88.23                         | 85.41 | 88.72                        | 90.96 |
| S17    | 91.41                   | 89.51 | 88.61                         | 84.85 | 89.95                         | 83.86 | 88.66                        | 93.43 |
| S18    | 85.87                   | 77.05 | 81.58                         | 80.98 | 86.02                         | 78.41 | 77.62                        | 82.11 |
| S19    | 84.27                   | 77.91 | 87.41                         | 84.78 | 88.22                         | 78.42 | 80.77                        | 84.53 |
| S20    | 87.07                   | 78.23 | 82.05                         | 83.11 | 88.96                         | 77.82 | 74.75                        | 78.69 |
| S21    | 87.91                   | 83.21 | 76.11                         | 76.29 | 80.32                         | 80.66 | 81.04                        | 83.52 |
| S22    | 89.04                   | 84.08 | 82.32                         | 81.67 | 89.89                         | 88.82 | 90.07                        | 92.28 |
| S23    | 83.56                   | 88.25 | 87.23                         | 82.76 | 88.25                         | 83.64 | 88.10                        | 91.00 |
| S24    | 92.97                   | 89.03 | 92.60                         | 89.90 | 89.01                         | 84.74 | 87.05                        | 90.61 |
| S25    | 83.68                   | 65.01 | 89.58                         | 89.74 | 79.30                         | 76.48 | 67.79                        | 70.67 |
| S26    | 89.93                   | 79.98 | 87.99                         | 85.94 | 89.46                         | 83.09 | 91.63                        | 93.15 |
| S27    | 89.54                   | 85.07 | 86.21                         | 85.78 | 89.67                         | 80.07 | 89.85                        | 92.06 |
| S28    | 88.77                   | 82.81 | 87.23                         | 86.31 | 89.07                         | 80.78 | 93.00                        | 94.48 |
| S29    | 85.71                   | 82.15 | 83.26                         | 81.90 | 82.75                         | 78.97 | 84.22                        | 86.60 |
| S30    | 88.35                   | 79.97 | 89.85                         | 88.05 | 88.68                         | 82.00 | 87.16                        | 89.46 |
| S31    | 89.10                   | 80.42 | 89.93                         | 85.92 | 85.42                         | 84.42 | 90.05                        | 91.63 |
| S32    | 86.45                   | 83.65 | 91.16                         | 84.04 | 86.69                         | 82.21 | 86.09                        | 88.41 |
| S33    | 85.19                   | 72.49 | 78.65                         | 75.09 | 75.43                         | 72.10 | 80.20                        | 83.34 |
| S34    | 85.55                   | 79.57 | 86.92                         | 80.46 | 82.06                         | 78.31 | 87.31                        | 88.97 |
| S35    | 88.55                   | 84.18 | 90.11                         | 86.95 | 87.10                         | 84.71 | 88.93                        | 90.54 |
| S36    | 86.57                   | 80.16 | 93.44                         | 91.55 | 87.38                         | 83.91 | 91.31                        | 92.84 |
| S37    | 66.24                   | 61.73 | 86.24                         | 75.35 | 58.52                         | 52.97 | 63.39                        | 67.68 |
| S38    | 62.54                   | 60.84 | 86.07                         | 67.93 | 64.38                         | 65.47 | 64.19                        | 67.82 |
| S39    | 61.92                   | 58.23 | 79.30                         | 69.64 | 56.80                         | 55.29 | 60.45                        | 65.46 |
| S40    | 68.42                   | 52.55 | 81.95                         | 67.83 | 56.71                         | 59.88 | 49.56                        | 55.54 |
| S41    | 75.93                   | 52.77 | 89.33                         | 80.61 | 73.00                         | 64.59 | 54.34                        | 59.54 |
| S42    | 37.66                   | 40.77 | 61.35                         | 53.11 | 51.94                         | 51.77 | 49.70                        | 52.51 |
| S43    | 81.32                   | 47.53 | 85.21                         | 80.49 | 79.31                         | 74.75 | 61.55                        | 64.63 |
| S44    | 71.96                   | 60.06 | 79.77                         | 75.40 | 69.12                         | 63.06 | 64.38                        | 67.37 |
| S45    | 86.19                   | 63.65 | 88.31                         | 83.83 | 78.07                         | 78.05 | 63.71                        | 67.35 |
| S46    | 87.46                   | 63.38 | 87.28                         | 82.93 | 84.64                         | 86.90 | 49.98                        | 53.41 |
| S47    | 57.02                   | 67.42 | 74.37                         | 66.83 | 66.10                         | 69.92 | 70.82                        | 73.62 |

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 12023                         | 13311 | 9144                         | 6538P |
| S48    | 85.68                   | 66.42 | 90.77                         | 89.01 | 69.58                         | 71.66 | 53.98                        | 56.66 |
| S49    | 82.79                   | 79.49 | 89.54                         | 85.53 | 77.10                         | 82.52 | 80.87                        | 83.35 |
| S50    | 72.91                   | 48.97 | 87.88                         | 73.90 | 64.15                         | 65.62 | 52.31                        | 55.67 |
| S51    | 62.69                   | 49.72 | 76.84                         | 65.26 | 52.10                         | 54.84 | 53.10                        | 55.81 |
| S52    | 65.43                   | 48.13 | 75.04                         | 63.71 | 54.82                         | 55.43 | 52.05                        | 55.42 |
| S53    | 58.64                   | 58.61 | 76.10                         | 64.55 | 52.40                         | 54.10 | 64.08                        | 66.45 |
| S54    | 75.49                   | 73.30 | 83.77                         | 81.94 | 80.24                         | 79.59 | 86.21                        | 89.16 |
| S55    | 59.06                   | 40.16 | 76.10                         | 67.47 | 50.27                         | 51.37 | 47.80                        | 51.30 |
| S56    | 79.98                   | 42.12 | 82.95                         | 79.05 | 75.03                         | 73.23 | 56.94                        | 59.53 |
| S57    | 44.40                   | 32.50 | 54.03                         | 49.66 | 39.38                         | 40.10 | 40.55                        | 43.65 |
| S58    | 73.52                   | 59.93 | 88.36                         | 78.11 | 65.56                         | 72.01 | 73.07                        | 75.79 |
| S59    | 52.33                   | 42.06 | 73.01                         | 67.13 | 54.82                         | 56.11 | 46.15                        | 49.71 |
| S60    | 81.98                   | 70.20 | 88.28                         | 86.46 | 75.97                         | 79.27 | 55.01                        | 57.66 |
| S61    | 56.11                   | 45.72 | 75.77                         | 64.74 | 60.91                         | 55.63 | 44.06                        | 48.31 |
| S62    | 67.84                   | 32.19 | 77.69                         | 69.31 | 75.12                         | 74.60 | 44.76                        | 48.98 |
| S63    | 63.81                   | 42.35 | 86.70                         | 75.34 | 74.69                         | 68.61 | 54.88                        | 58.17 |
| S64    | 75.83                   | 44.63 | 85.23                         | 77.32 | 72.69                         | 68.33 | 54.58                        | 57.87 |
| S65    | 74.06                   | 50.24 | 89.85                         | 74.87 | 64.81                         | 63.92 | 53.70                        | 57.66 |
| S66    | 68.72                   | 40.12 | 86.75                         | 73.09 | 63.47                         | 58.50 | 46.60                        | 50.77 |
| S67    | 79.02                   | 52.27 | 87.23                         | 81.47 | 69.19                         | 65.88 | 62.72                        | 65.76 |
| S68    | 43.26                   | 25.65 | 55.36                         | 47.93 | 32.78                         | 32.49 | 36.19                        | 40.05 |
| S69    | 79.66                   | 69.47 | 89.72                         | 78.36 | 77.16                         | 77.23 | 83.42                        | 86.46 |
| S70    | 25.47                   | 20.84 | 40.51                         | 31.16 | 20.08                         | 26.88 | 34.58                        | 30.27 |
| S71    | 82.45                   | 69.39 | 84.73                         | 81.61 | 81.25                         | 82.07 | 63.71                        | 66.09 |
| S72    | 81.09                   | 64.58 | 88.17                         | 82.28 | 65.80                         | 69.66 | 51.20                        | 54.60 |
| S73    | 89.64                   | 73.29 | 91.72                         | 92.52 | 81.10                         | 82.70 | 82.31                        | 85.39 |
| S74    | 77.79                   | 62.18 | 65.71                         | 73.77 | 68.19                         | 67.15 | 77.96                        | 81.17 |
| S75    | 87.45                   | 71.07 | 84.12                         | 85.03 | 77.76                         | 76.64 | 83.48                        | 85.89 |
| S76    | 85.64                   | 71.22 | 88.13                         | 85.80 | 75.00                         | 70.74 | 86.87                        | 87.91 |
| S77    | 87.40                   | 79.59 | 85.03                         | 88.08 | 84.67                         | 81.74 | 85.92                        | 88.25 |
| S78    | 83.26                   | 54.21 | 89.20                         | 79.40 | 66.70                         | 69.36 | 77.14                        | 80.37 |
| S79    | 86.80                   | 67.92 | 88.68                         | 86.49 | 79.62                         | 75.76 | 88.95                        | 91.19 |

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 12023                         | 13311 | 9144                         | 6538P |
| S80    | 89.35                   | 68.00 | 89.62                         | 86.64 | 81.83                         | 73.63 | 82.62                        | 85.05 |
| S81    | 90.17                   | 75.77 | 87.69                         | 87.18 | 84.10                         | 78.88 | 87.85                        | 90.12 |
| S82    | 88.16                   | 74.04 | 85.86                         | 87.03 | 82.96                         | 78.15 | 88.77                        | 90.38 |
| S83    | 87.11                   | 75.77 | 84.92                         | 85.65 | 78.09                         | 77.22 | 87.54                        | 89.82 |
| S84    | 89.80                   | 72.48 | 89.98                         | 89.21 | 87.60                         | 79.88 | 80.61                        | 83.74 |
| S85    | 85.25                   | 68.74 | 85.49                         | 86.62 | 70.78                         | 73.72 | 88.28                        | 89.90 |
| S86    | 84.73                   | 61.72 | 83.14                         | 85.39 | 70.11                         | 63.37 | 85.20                        | 87.55 |
| S87    | 86.44                   | 60.39 | 86.08                         | 85.39 | 79.53                         | 71.50 | 87.95                        | 90.22 |
| S88    | 80.67                   | 64.91 | 84.94                         | 82.37 | 64.04                         | 64.93 | 83.33                        | 85.74 |
| S89    | 89.58                   | 65.65 | 86.85                         | 87.96 | 84.78                         | 78.57 | 87.55                        | 89.23 |
| S90    | 86.43                   | 55.89 | 88.89                         | 85.89 | 66.63                         | 70.85 | 87.34                        | 89.63 |
| S91    | 85.34                   | 68.75 | 87.61                         | 86.50 | 79.25                         | 67.29 | 67.25                        | 70.15 |
| S92    | 84.58                   | 57.94 | 88.72                         | 84.36 | 69.52                         | 69.87 | 81.27                        | 84.38 |
| S93    | 91.60                   | 73.92 | 89.90                         | 89.18 | 85.80                         | 81.63 | 86.93                        | 88.60 |
| S94    | 90.23                   | 72.27 | 90.30                         | 88.60 | 84.21                         | 81.29 | 79.48                        | 81.37 |
| S95    | 94.49                   | 93.24 | 93.30                         | 93.87 | 94.12                         | 91.76 | 94.21                        | 93.98 |
| S96    | 91.98                   | 85.72 | 88.09                         | 89.42 | 90.75                         | 92.60 | 94.06                        | 92.48 |
| S97    | 94.68                   | 93.94 | 90.26                         | 90.09 | 93.12                         | 92.54 | 95.73                        | 92.87 |
| S98    | 93.65                   | 88.41 | 87.34                         | 89.03 | 94.23                         | 90.55 | 95.58                        | 93.73 |
| S99    | 92.87                   | 87.16 | 86.75                         | 87.62 | 93.24                         | 89.74 | 94.99                        | 91.94 |
| S100   | 93.06                   | 87.66 | 86.98                         | 87.36 | 93.54                         | 91.27 | 95.28                        | 92.47 |
| S101   | 92.75                   | 85.56 | 87.48                         | 88.60 | 92.80                         | 90.61 | 94.33                        | 93.79 |
| S102   | 92.38                   | 88.79 | 87.21                         | 87.16 | 93.74                         | 90.31 | 89.81                        | 91.60 |
| S103   | 93.61                   | 86.63 | 87.15                         | 89.64 | 92.05                         | 90.42 | 95.20                        | 92.12 |
| S104   | 91.82                   | 86.96 | 88.83                         | 86.86 | 91.48                         | 90.27 | 93.02                        | 93.45 |
| S105   | 92.21                   | 85.20 | 89.85                         | 90.52 | 91.71                         | 89.91 | 92.65                        | 91.84 |
| S106   | 94.47                   | 90.92 | 91.02                         | 90.86 | 89.36                         | 90.88 | 94.08                        | 91.71 |
| S107   | 93.48                   | 92.04 | 93.15                         | 91.40 | 90.01                         | 90.97 | 92.95                        | 92.88 |
| S108   | 91.12                   | 85.23 | 90.27                         | 89.06 | 89.51                         | 88.06 | 93.70                        | 92.14 |
| S109   | 92.41                   | 86.79 | 88.72                         | 88.12 | 91.16                         | 90.50 | 93.21                        | 92.38 |
| S110   | 89.91                   | 85.46 | 88.70                         | 86.62 | 88.63                         | 88.92 | 92.99                        | 91.76 |
| S111   | 91.49                   | 87.68 | 89.60                         | 88.99 | 90.69                         | 89.05 | 92.79                        | 91.01 |

| Suşlar | İnhibisyon Etkisi (%)   |       |                               |       |                               |       |                              |       |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|        | <i>Escherichia coli</i> |       | <i>Listeria monocytogenes</i> |       | <i>Salmonella Typhimurium</i> |       | <i>Staphylococcus aureus</i> |       |
|        | 43888                   | 43895 | 13932                         | 49594 | 12023                         | 13311 | 9144                         | 6538P |
| S112   | 91.51                   | 81.64 | 88.40                         | 88.00 | 89.87                         | 90.28 | 94.04                        | 91.19 |
| S113   | 92.52                   | 89.15 | 88.91                         | 88.80 | 92.94                         | 89.35 | 94.44                        | 94.40 |
| S114   | 91.39                   | 82.78 | 91.21                         | 88.72 | 91.96                         | 89.75 | 94.15                        | 92.23 |
| S115   | 92.63                   | 86.23 | 88.80                         | 88.39 | 90.50                         | 87.84 | 94.80                        | 92.27 |
| S116   | 91.99                   | 86.41 | 92.57                         | 89.92 | 90.09                         | 91.46 | 94.58                        | 93.46 |
| S117   | 58.99                   | 14.97 | 68.59                         | 40.80 | 69.91                         | 47.86 | 64.90                        | 17.91 |
| S118   | 16.40                   | 3.24  | 27.30                         | 16.91 | 33.54                         | 20.53 | 35.02                        | 5.44  |
| S119   | 93.68                   | 76.83 | 95.56                         | 95.73 | 94.11                         | 95.15 | 95.66                        | 85.44 |
| S120   | 90.20                   | 92.22 | 89.08                         | 92.60 | 92.16                         | 91.70 | 94.03                        | 91.13 |
| S121   | 70.21                   | 77.47 | 76.93                         | 67.49 | 56.35                         | 73.69 | 82.21                        | 81.20 |
| S122   | 86.59                   | 89.86 | 84.78                         | 85.25 | 86.99                         | 87.43 | 93.15                        | 83.32 |
| S123   | 87.48                   | 89.82 | 92.37                         | 89.28 | 92.53                         | 91.00 | 92.93                        | 92.61 |
| S124   | 92.42                   | 88.79 | 91.94                         | 94.76 | 88.61                         | 88.18 | 94.37                        | 91.43 |
| S125   | 92.68                   | 93.60 | 88.59                         | 93.52 | 94.06                         | 94.63 | 95.26                        | 92.86 |
| S126   | 85.52                   | 84.39 | 85.65                         | 88.45 | 87.58                         | 88.89 | 90.73                        | 87.91 |
| S127   | 79.14                   | 83.94 | 84.35                         | 77.05 | 78.17                         | 84.04 | 83.92                        | 81.19 |
| S128   | 88.14                   | 83.51 | 91.13                         | 89.72 | 82.61                         | 85.14 | 93.44                        | 83.16 |
| S129   | 90.07                   | 89.86 | 89.98                         | 90.80 | 88.59                         | 90.50 | 90.22                        | 90.46 |
| S130   | 23.46                   | 12.61 | 24.06                         | 31.92 | 30.21                         | 29.44 | 34.40                        | 16.90 |
| S131   | 79.41                   | 85.42 | 82.44                         | 83.21 | 76.99                         | 82.60 | 86.35                        | 83.32 |
| S132   | 91.08                   | 93.22 | 93.42                         | 92.73 | 90.01                         | 92.89 | 94.17                        | 92.44 |
| S133   | 94.93                   | 94.12 | 95.23                         | 95.69 | 89.24                         | 90.29 | 95.03                        | 95.45 |
| S134   | 90.26                   | 88.33 | 90.56                         | 93.59 | 92.07                         | 93.70 | 94.16                        | 93.59 |
| S135   | 71.98                   | 81.76 | 82.61                         | 77.23 | 85.48                         | 82.10 | 93.66                        | 77.15 |
| S136   | 89.72                   | 69.84 | 88.09                         | 94.23 | 91.77                         | 93.76 | 95.24                        | 35.52 |
| S137   | 91.17                   | 82.53 | 88.01                         | 90.48 | 87.54                         | 90.59 | 95.21                        | 82.54 |
| S138   | 68.88                   | 59.04 | 85.53                         | 87.50 | 84.76                         | 82.09 | 91.46                        | 48.23 |
| S139   | 90.69                   | 89.26 | 88.32                         | 92.81 | 91.32                         | 94.20 | 93.58                        | 89.77 |
| S140   | 69.51                   | 74.03 | 74.58                         | 82.22 | 73.12                         | 65.30 | 62.15                        | 67.15 |

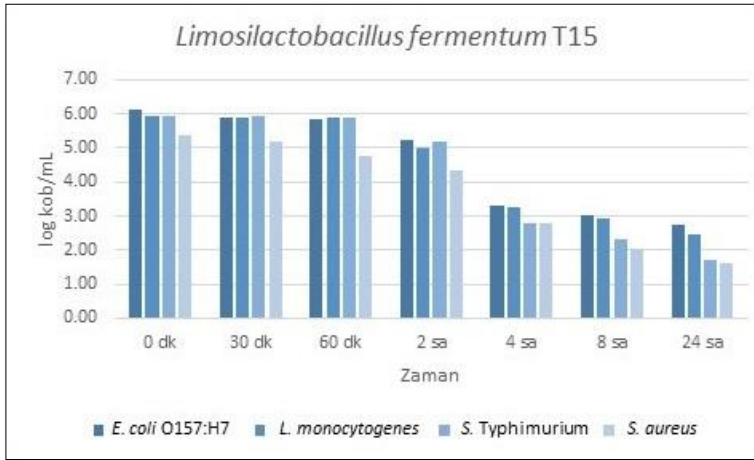
Tarhana, turşu ve şalgam suyundan izole edilen LAB'den elde edilen postbiyotiklerin inhibisyon etkileri genel olarak değerlendirildiğinde, *P. pentasaceus* T87, *P. acidilactici* T115, *L. pseudomesenteroides* T124, *S. thermophilus* T127, *L. pseudomesenteroides* T133, *L. pseudomesenteroides* T135, *L. pseudomesenteroides* T139, *S. thermophilus* T142, *P. pentasaceus* T143, *L. plantarum* P36, P37, P63, P64, *L. pentosus* P73, *P. ethanolidurans* P84, P91, P96, *E. faecalis* S95, *L. paracasei* S97, *P. acidilactici* S107 ve *E. faecalis* S132 suşlarından elde edilen postbiyotiklerin test kültürü olarak kullanılan tüm patojen mikroorganizmalara karşı %90'ın üzerinde inhibisyon etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Wang et al. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. plantarum* suşunun ürettiği postbiyotiklerin *P. putida*, *P. fluorescens* ve *Microbacterium* sp.'ye karşı %90'ın üzerinde inhibisyon etki gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, postbiyotiklerin inhibisyon etkilerinin kullanılan suş ve test kültürüne bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymaktadır.

#### 4.2.3 Patojenlerin postbiyotik varlığında canlılığı

Tez çalışmasının bu aşamasında, en yüksek antimikrobiyal aktivite ve inhibisyon yüzdesine sahip 14 adet postbiyotik (*L. fermentum* T15, *W. cibaria* T52, *P. pentasaceus* T87, *P. acidilactici* T100, *P. acidilactici* T115, *S. thermophilus* T127, *L. pseudomesenteroides* T139, *L. plantarum* P36, *L. pentosus* P73, *P. ethanolidurans* P84, *E. faecalis* S95, *L. paracasei* S97, *P. acidilactici* S107 ve *E. faecalis* S132) seçilmiş ve patojen mikroorganizmaların (*E. coli* O157:H7 43888 ve 43895; *L. monocytogenes* 13932 ve 49594; *S. Typhimurium* 13311 ve 14028; *S. aureus* 9144 ve 6538P) postbiyotik varlığında canlı kalma süreleri belirlenmiştir. Bu amaçla, 9 mL postbiyotik üzerine 1 mL her bir patojene ait iki farklı suş karıştırılarak elde edilen karışık kültür ilave edilmiş ve 25°C'de bekletilmiştir. 0, 30 ve 60. dakika, 2, 4, 8 ve 24. saatlerde patojen sayımları gerçekleştirilerek patojenlerin postbiyotik varlığında canlı kalma süreleri tespit edilmiştir.

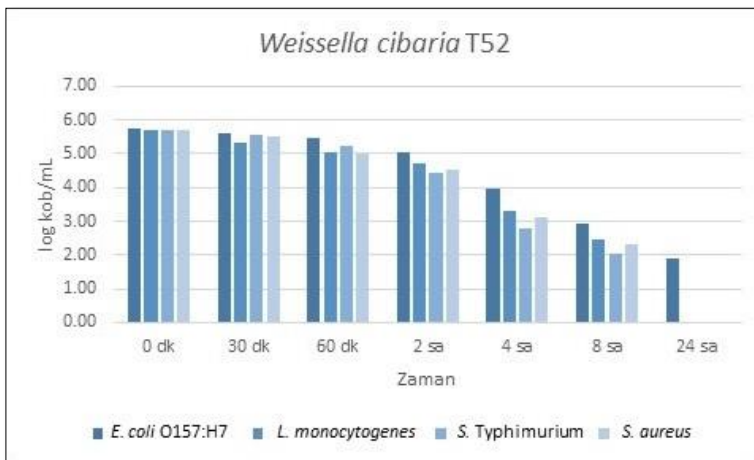
*L. fermentum* T15 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 24. saatin sonunda sırasıyla 3.37, 3.44, 4.25, 3.76 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.13). Bununla birlikte, *L. fermentum* T15 suşundan elde edilen postbiyotiklere

karşı en hassas mikroorganizmanın *S. Typhimurium*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir.



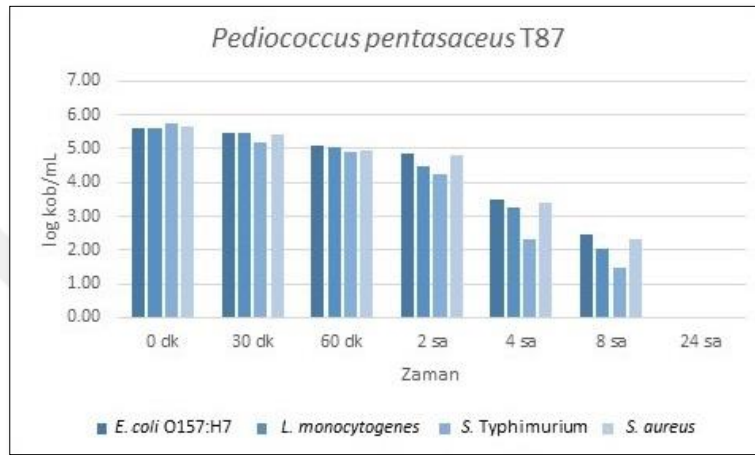
**Şekil 4.13** *Limosilactobacillus fermentum* T15 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

*W. cibaria* T52 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 24. saatin sonunda tespit edilebilir seviyenin altına düştüğü, *E. coli* O157:H7 sayısının ise 3.87 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 8. saatin sonunda *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının sırasıyla 2.82, 3.22, 3.67 ve 3.42 log kob/mL azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.14). *W. cibaria* T52 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın *S. Typhimurium*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir.



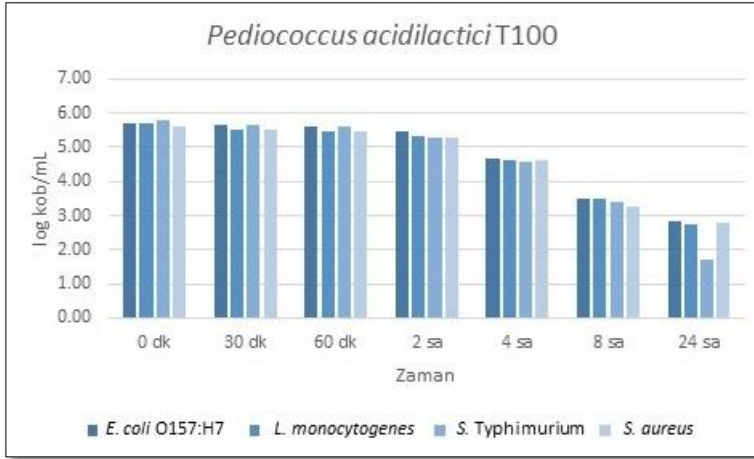
**Şekil 4.14** *Weissella cibaria* T52 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

*P. pentasaceus* T87 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 24. saatin sonunda tespit edilebilir seviyenin altına düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.15). Bununla birlikte, patojen sayılarının 8 saat sonra sırasıyla 3.14, 3.59, 4.32 ve 3.36 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir. *P. pentasaceus* T87 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın *S. Typhimurium*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir.



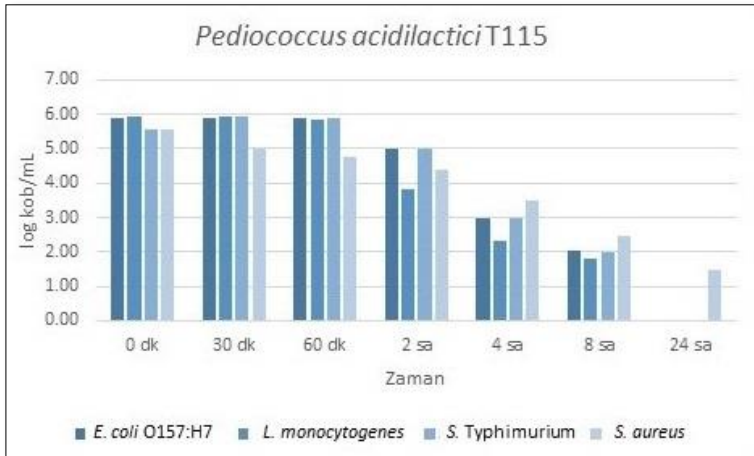
Şekil 4.15 *Pediococcus pentasaceus* T87 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

*P. acidilactici* T100 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 24. saatin sonunda sırasıyla 2.85, 2.96 4.09 ve 2.83 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.16). *P. acidilactici* T100 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın *S. Typhimurium*, en dirençli mikroorganizmaların ise *E. coli* O157:H7 ve *S. aureus* olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4.16** *Pediococcus acidilactici* T100 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

*P. acidilactici* T115 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayılarının 24. saatin sonunda tespit edilebilir seviyenin altına düştüğü belirlenirken, *S. aureus* sayısının 4.10 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.17). Bununla birlikte, 8. saatin sonunda *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının sırasıyla 3.84, 4.18, 3.34 ve 3.10 log kob/mL azaldığı belirlenmiştir. *P. acidilactici* T115 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın *L. monocytogenes*, en dirençli mikroorganizmanın ise *S. aureus* olduğu belirlenmiştir.

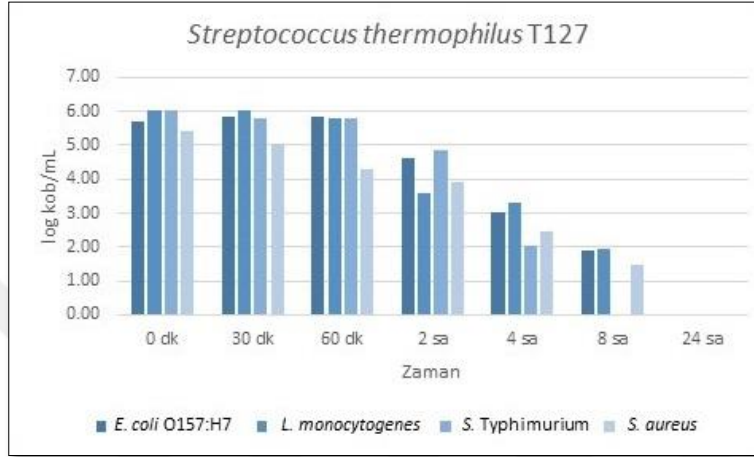


**Şekil 4.17** *Pediococcus acidilactici* T115 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

*S. thermophilus* T127 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, tüm patojen mikroorganizmaların sayılarının 24. saatin sonunda tespit edilebilir

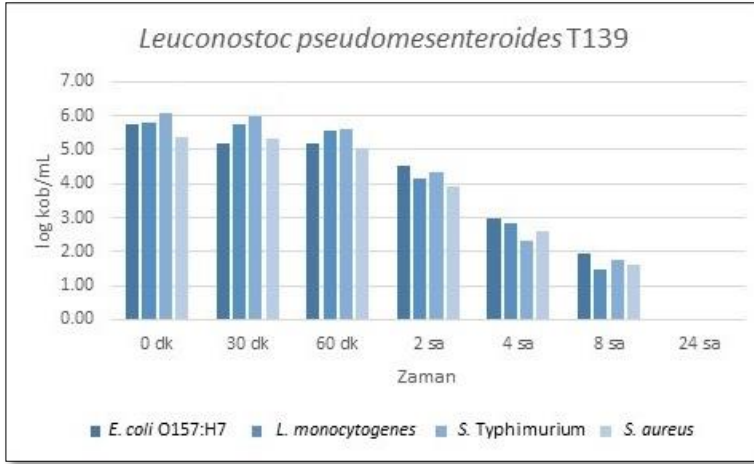


seviyenin altına düştüğü belirlenmiştir. Bununla birlikte, 8. saatin sonunda *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* sayılarının 3.81, 4.10 ve 3.98 log kob/mL azaldığı, *S. Typhimurium* sayısının ise tespit edilebilir seviyenin altına düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.18). *S. thermophilus* T127 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın *S. Typhimurium*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir.



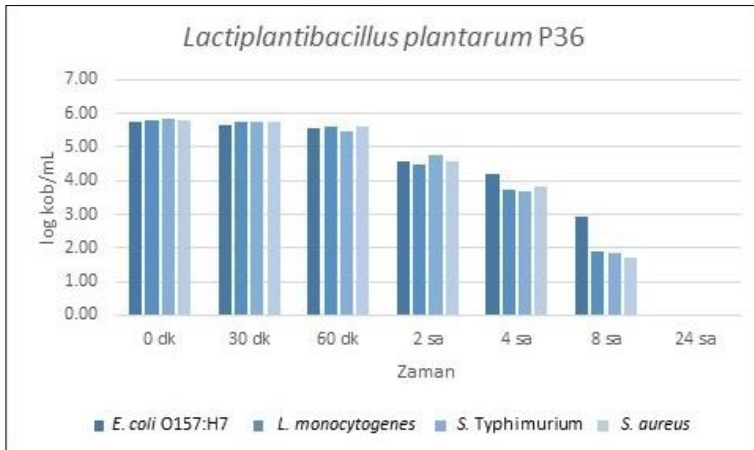
**Şekil 4.18** *Streptococcus thermophilus* T127 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

*L. pseudomesenteroides* T139 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, tüm patojen mikroorganizmaların sayıları 24. saatin sonunda tespit edilebilir seviyenin altına düşmüştür. Bununla birlikte, 8. saatin sonunda *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 3.81, 4.34, 4.32 ve 3.78 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.19). *L. pseudomesenteroides* T139 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmaların *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4.19** *Leuconostoc pseudomesenteroides* T139 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

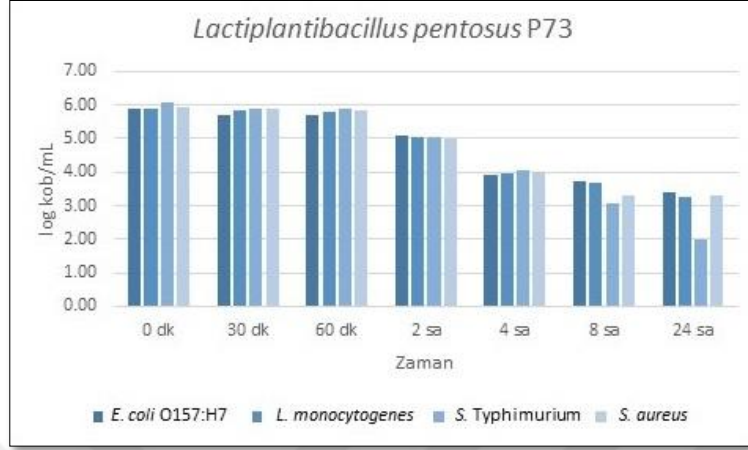
*L. plantarum* P36 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, patojenlerin sayılarının 24. saatin sonunda tespit edilebilir limitin altına düştüğü belirlenmiştir. Bununla birlikte, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 8. saatin sonunda sırasıyla 2.82, 3.91, 4.00 ve 4.09 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.20). *L. plantarum* P36 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmaların *S. aureus*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4.20** *Lactiplantibacillus plantarum* P36 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

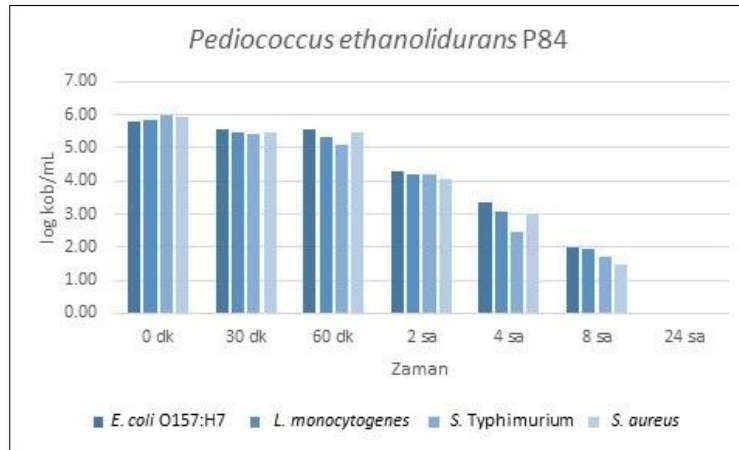
*L. pentosus* P73 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 24. saatin sonunda sırasıyla 2.49, 2.67, 4.06 ve 2.64 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir

(Şekil 4.21). *L. pentosus* P73 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın *S. Typhimurium*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir.



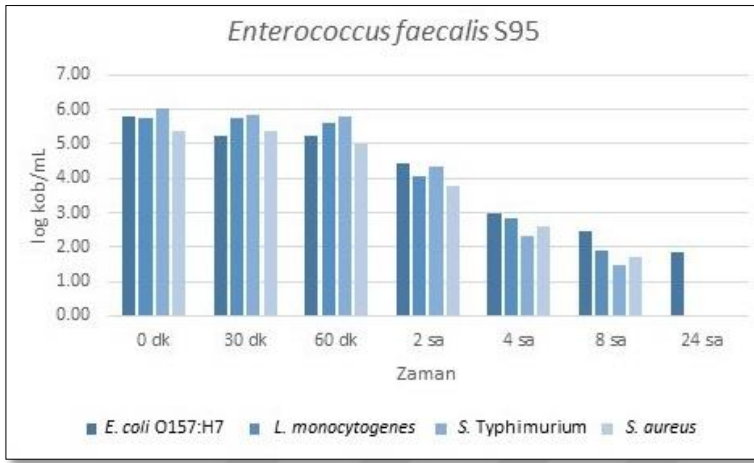
Şekil 4.21 *Lactiplantibacillus pentosus* P73 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

*P. ethanolidurans* P84 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, tüm patojen mikroorganizmaların sayılarının 24. saatin sonunda tespit edilebilir seviyenin altına düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.22). Bununla birlikte, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 8. saatin sonunda sırasıyla 3.78, 3.91, 4.31 ve 4.50 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir. *P. ethanolidurans* P84 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın *S. aureus*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir.



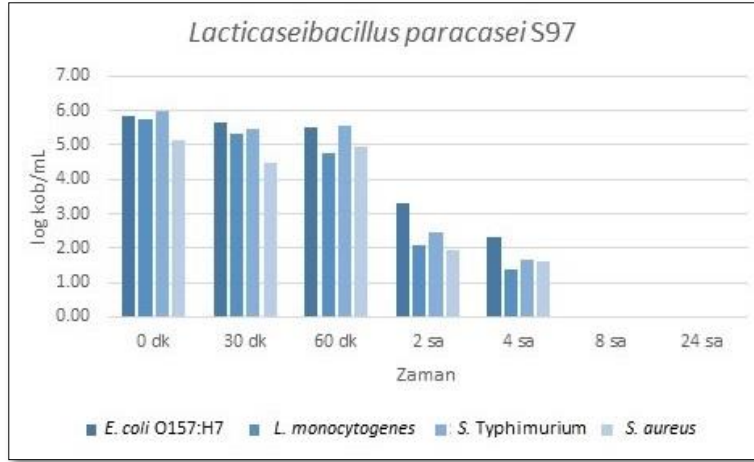
Şekil 4.22 *Pediococcus ethanolidurans* P84 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

*E. faecalis* S95 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 24. saatin sonunda tespit edilebilir seviyenin altına düştüğü, *E. coli* O157:H7 sayısının ise 3.94 log kob/mL azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, 8. saatin sonunda patojen mikroorganizmaların sayılarının sırasıyla 3.31, 3.85, 4.56 ve 3.68 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.23). *E. faecalis* S95 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın *S. Typhimurium*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir.



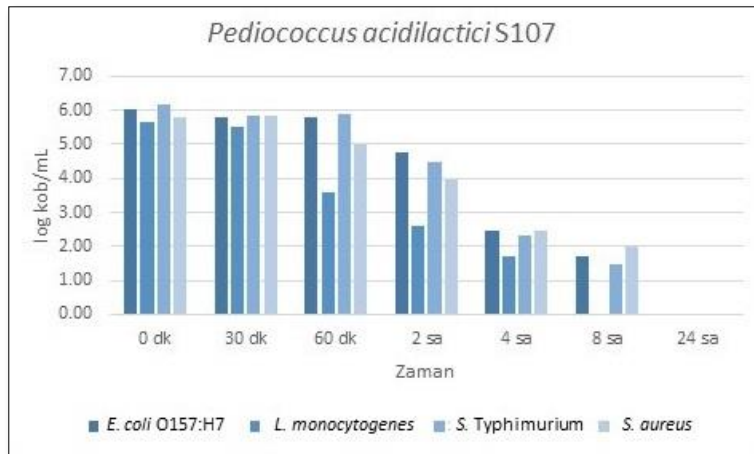
**Şekil 4.23** *Enterococcus faecalis* S95 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

*L. paracasei* S97 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, patojen mikroorganizmaların sayılarının 8. saatin sonunda tespit edilebilir limitin altında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 4. saat sonunda 3.53, 4.35, 4.35 ve 3.55 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.24). *L. paracasei* S97 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmaların *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4.24** *Lactocaseibacillus paracasei* S97 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

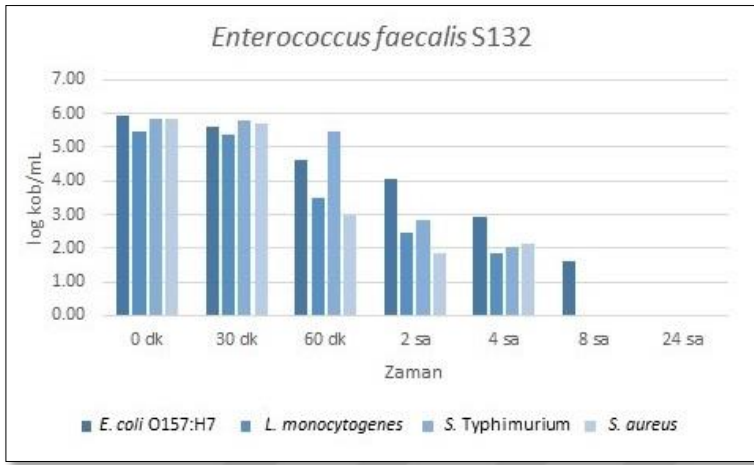
*P. acidilactici* S107 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, tüm patojen mikroorganizmaların sayılarının 24. saatin sonunda tespit edilebilir seviyenin altında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, 8. saatin sonunda *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının sırasıyla 4.32, 4.71 ve 3.78 log kob/mL azaldığı gözlemlenirken, *L. monocytogenes* sayısının tespit edilebilir limitin altında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.25). *P. acidilactici* S107 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın *L. monocytogenes*, en dirençli mikroorganizmanın ise *S. aureus* olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4.25** *Pediococcus acidilactici* S107 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

*E. faecalis* S132 suşundan elde edilen postbiyotiklerin varlığında, tüm patojen mikroorganizmaların sayılarının 24. saatin sonunda tespit edilebilir seviyenin

altında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, 8. saatin sonunda *E. coli* O157:H7 sayısının 4.32 log kob/mL azaldığı gözlemlenirken, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının tespit edilebilir limitin altında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının 4. saat sonunda 2.97, 3.61, 3.80 ve 3.74 log kob/mL azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.26). *E. faecalis* S132 suşundan elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın *L. monocytogenes*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.26 *Enterococcus faecalis* S132 suşundan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlılığı

Seçilen 14 adet suştan elde edilen postbiyotikler varlığında patojenlerin canlı kalma durumu genel olarak değerlendirildiğinde, patojen mikroorganizmalar üzerine en etkili postbiyotiklerin sırasıyla *L. paracasei* S97 ve *E. faecalis* S132'den elde edildiği tespit edilmiştir. Postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın genellikle *S. Typhimurium*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçtan farklı olarak, *L. plantarum* P36 ve *P. ethanolidurans* P84'ten elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizma *S. aureus*, *P. acidilactici* T115, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* S107 ve *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizma *L. monocytogenes* olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, *P. acidilactici* T115 ve *P. acidilactici* S107'den elde edilen postbiyotiklere karşı en dirençli mikroorganizmanın *S. aureus* olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar değerlendirilerek, bu tez çalışmasının bir sonraki aşaması olan marul, tavuk eti ve

peynir uygulamalarında kullanılacak olan postbiyotikler seçilmiştir. Kullanılan tüm patojen mikroorganizmalara karşı en etkili olduğu tespit edilen *L. paracasei* S97 ve *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler üç gıda grubunda da kullanılmak üzere seçilmiştir. Bununla birlikte, diğer postbiyotiklerin seçiminde gıda uygulamalarında kullanılacak olan patojen mikroorganizmalar (marul ve tavuk eti uygulamalarında *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium*; peynir uygulamalarında *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus*) göz önüne alınmıştır. Bu nedenle, marul ve tavuk eti uygulamalarında kullanılmak üzere *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* üzerine etkili olduğu tespit edilen *P. acidilactici* T115, *S. thermophilus* T127 ve *L. pseudomesenteroides* T139'dan elde edilen postbiyotikler seçilirken, peynir uygulamalarında kullanılmak üzere *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* üzerine etkili olduğu belirlenen *P. pentasaceus* T87, *L. plantarum* P36 ve *P. ethanolidurans* P84'ten elde edilen postbiyotikler seçilmiştir.

#### 4.3 Gıda Uygulamalarında Kullanılan Postbiyotiklerin Karakterizasyonu

Gıda uygulamalarında kullanılmak üzere seçilen 8 farklı postbiyotiğin (*P. pentasaceus* T87, *P. acidilactici* T115, *S. thermophilus* T127, *L. pseudomesenteroides* T139, *L. plantarum* P36, *P. ethanolidurans* P84, *L. paracasei* S97 ve *E. faecalis* S132) karakterize edilebilmesi amacıyla pH, toplam asitlik, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri tespit edilmiştir.

Postbiyotiklerin pH ve toplam asitlik değerlerinin sırasıyla 3.75-4.34 ve 1.78-2.30 g laktik asit/100 mL aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). En yüksek toplam asitlik, aynı zamanda en düşük pH değerine sahip olan *L. plantarum* P36 suşunun ürettiği postbiyotiklerde elde edilmiştir ( $P < 0.05$ ). Ren et al. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, çeşitli fermente gıdalardan izole edilen *L. paracasei*, *L. plantarum* ve *L. pentosus* suşlarından elde edilen postbiyotiklerin pH değerlerinin 3.67-3.92 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *W. cibaria* ve *L. rhamnosus* suşlarından elde edilen postbiyotiklerin toplam asitlik değerlerinin sırasıyla 1.26 ve 1.72 g laktik asit/100 mL olduğu bildirilmiştir (Yu et al., 2019).

**Çizelge 4.31** Postbiyotiklerin bazı kimyasal ve biyoaktif özellikleri

| Postbiyotikler | pH                     | Toplam asitlik<br>(g laktik asit/100 mL) | Toplam fenolik madde<br>(mg GAE/L) | DPPH<br>(%)             | ABTS<br>(%)             |
|----------------|------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| T87            | 4.03±0.03 <sup>d</sup> | 1.91±0.05 <sup>bc</sup>                  | 3497±104.92 <sup>a</sup>           | 25.03±0.80 <sup>a</sup> | 24.91±2.36 <sup>a</sup> |
| T115           | 4.08±0.01 <sup>e</sup> | 1.87±0.04 <sup>b</sup>                   | 3608±27.68 <sup>ab</sup>           | 30.42±2.94 <sup>a</sup> | 21.78±1.81 <sup>a</sup> |
| T127           | 4.34±0.01 <sup>f</sup> | 1.78±0.03 <sup>a</sup>                   | 3865±72.54 <sup>c</sup>            | 37.76±2.62 <sup>b</sup> | 29.89±3.63 <sup>b</sup> |
| T139           | 4.09±0.01 <sup>e</sup> | 1.83±0.04 <sup>ab</sup>                  | 3549±15.50 <sup>ab</sup>           | 30.91±2.00 <sup>a</sup> | 31.41±0.85 <sup>b</sup> |
| P36            | 3.75±0.01 <sup>a</sup> | 2.30±0.04 <sup>e</sup>                   | 3795±56.08 <sup>c</sup>            | 31.14±2.75 <sup>a</sup> | 41.15±1.22 <sup>c</sup> |
| P84            | 3.83±0.01 <sup>b</sup> | 2.07±0.03 <sup>d</sup>                   | 3835±76.97 <sup>c</sup>            | 31.26±0.28 <sup>a</sup> | 42.28±1.95 <sup>c</sup> |
| S97            | 3.96±0.01 <sup>c</sup> | 2.09±0.08 <sup>d</sup>                   | 4035±126.52 <sup>d</sup>           | 54.94±5.65 <sup>c</sup> | 64.86±3.25 <sup>e</sup> |
| S132           | 4.03±0.01 <sup>d</sup> | 1.98±0.04 <sup>c</sup>                   | 3663±17.69 <sup>b</sup>            | 38.25±5.12 <sup>b</sup> | 56.76±0.60 <sup>d</sup> |

\*Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) ortalama değerler arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Postbiyotikler yüksek miktarda fenolik madde içermesi nedeniyle sağlık üzerine olumlu etkiler sağlamaktadır. Çalışmanın bu aşamasında, gıda uygulamalarında kullanılmak üzere seçilen postbiyotiklerin toplam fenolik madde içeriği incelemiş ve 3497-4035 mg GAE/L aralığında tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). *L. paracasei* S97’den elde edilen postbiyotiklerin en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu belirlenirken ( $P<0.05$ ), en düşük toplam fenolik madde içeriği *P. pentasaceus* T87’den elde edilen postbiyotiklerde tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Literatürde postbiyotiklerin toplam fenolik içeriğinin incelendiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. İncili et al. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, MRS besiyeri kullanılarak aktifleştirilen *P. acidilactici* (Bactoform™ B-LC-20; Chr. Hansen) suşunun ürettiği postbiyotiklerin toplam fenolik madde içeriğinin 2336.11 mg GAE/L olduğu bildirilmiştir. Aynı araştırmacılar tarafından yapılan başka bir çalışmada, TSB ortamında aktifleştirilen *P. acidilactici*’den elde edilen postbiyotiğin toplam fenolik madde içeriğinin 2952.78 mg GAE/L olduğu belirlenmiştir (İncili et al., 2022). Tarafımızca yürütülen bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar literatür verileri ile kıyaslandığında, incelediğimiz postbiyotiklerin fenolik madde içeriğinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, postbiyotiklerin antioksidan aktiviteleri DPPH ve ABTS<sup>+</sup> radikal indirgeme olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak belirlenmiş ve



postbiyotiklerin radikalleri indirgeme aktivitesi “%” cinsinden verilmiştir. Postbiyotiklerin DPPH radikalini %25.03-54.94 aralığında inhibe ettiği, ABTS<sup>+</sup> radikal aktivitelerinin ise %21.78-64.86 aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). Toplam fenolik madde içeriğine benzer şekilde, en yüksek DPPH ve ABTS<sup>+</sup> radikal indirgeme aktivitesi *L. paracasei* S97’nin ürettiği postbiyotikler tarafından elde edilmiştir ( $P<0.05$ ). Hamad et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. fermentum*, *L. lactis*, *L. rhamnosus* ve *P. acidilactici*’den elde edilen postbiyotiklerin IC50 değerlerinin (DPPH radikalının %50’sini indirmek için gerekli konsantrasyon) sırasıyla 16.00, 39.38, 46.59 ve 37.45 µg/mL olduğu tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *P. acidilactici* suşunun ürettiği postbiyotiğin DPPH radikal indirgeme aktivitesinin 1428.91 mg TEAC/L olduğu belirlenmiştir (İncili et al., 2022). Tarafımızca yapılan bu tez çalışmasından elde edilen antioksidan aktivite sonuçları ile literatürde yer alan veriler farklı birimlerde olduğu için karşılaştırma yapılamamıştır. Meira et al. (2012), LAB ve ürettikleri postbiyotiklerin antioksidan aktivitelerinin vücutta reaktif oksijen türlerinin neden olduğu oksidatif hasarı azaltabileceğini belirtmişlerdir.

Postbiyotiklerin pH değerleri, toplam asitlik değerleri, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri genel olarak değerlendirildiğinde, pH ve toplam asitlik değerleri arasında negatif bir korelasyon, toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivite değerleri arasında ise pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, *L. plantarum* P36 suşunun ürettiği postbiyotiklerin en düşük pH ve en yüksek toplam asitlik değerine, *L. paracasei* S97 suşunun ürettiği postbiyotiklerin ise en yüksek toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

#### **4.4 Postbiyotiklerin Marul Örneklerine İnoküle Edilen Patojenler Üzerine Etkisinin Belirlenmesi**

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği’nde “yıkamış, doğrama ve paketleme işleminden geçmiş, ayrı ayrı veya karıştırılmış çiğ sebzeler ile dondurulmuş veya kurutulmuş sebzeler” için *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *Salmonella* türleri gıda güvenirliliği kriteri olarak belirtilmektedir. Bu nedenle, bu tez çalışması kapsamında, marul örneklerine

inoküle edilmek üzere *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* kullanılmıştır. Bu kapsamda, patojen bulaştırılan marul örnekleri *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115 ve *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 5 ve 30 dakika bekletilmiş ve plastik kaplarda 4°C'de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde örneklerde *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayımları yapılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, marul örneklerine *E. coli* O157:H7 karışık kültürü ( $5.77 \pm 0.03$  log kob/mL) inoküle edilmiş ve örneklerin başlangıç *E. coli* O157:H7 sayısı  $5.47 \pm 0.21$  log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde örneklerin *E. coli* O157:H7 sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 0.84-1.70, 1.05-1.80, 1.06-1.55, 0.74-1.92, 0.75-1.97 ve 0.83-1.85 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.32). *E. coli* O157:H7 sayısında en fazla azalma ( $1.97$  log kob/g), depolamanın 12. gününde *L. pseudomesenteroides* T139'dan elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören T139-30 örneğinde gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, depolamanın sonunda *E. coli* O157:H7 sayısında en fazla azalma T139-30 örneğinde tespit edilmiş, ancak bu azalmanın *E. faecalis* S132 ve *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örneklerden istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiştir ( $P > 0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresince *E. coli* O157:H7 sayısında en az azalma *P. acidilactici* T115'ten elde edilen postbiyotikler ile 5 dakika işlem gören T115-5 örneğinde gözlemlenmiştir. Depolama süresi arttıkça örneklerin *E. coli* O157:H7 sayısının artış gösterdiği tespit edilmiştir ( $P < 0.05$ ).

**Çizelge 4.32** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince *Escherichia coli* O157:H7 sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Escherichia coli</i> O157:H7 sayıları (log kob/g) |                            |                             |                           |                           |                            |
|----------|------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                                               | 3. gün                     | 6. gün                      | 9. gün                    | 12. gün                   | 15. gün                    |
| S132-5   | 3.88±0.09 <sup>ab,A</sup>                            | 4.25±0.19 <sup>abc,B</sup> | 4.72±0.06 <sup>bc,C</sup>   | 5.27±0.17 <sup>cd,D</sup> | 5.63±0.15 <sup>e,E</sup>  | 5.76±0.11 <sup>e,E</sup>   |
| S132-30  | 3.80±0.10 <sup>a,A</sup>                             | 4.14±0.16 <sup>a,B</sup>   | 4.61±0.11 <sup>ab,C</sup>   | 5.10±0.19 <sup>bc,D</sup> | 5.04±0.15 <sup>ab,D</sup> | 5.25±0.14 <sup>ab,D</sup>  |
| S97-5    | 4.34±0.11 <sup>de,A</sup>                            | 4.49±0.28 <sup>cd,A</sup>  | 4.91±0.13 <sup>de,B</sup>   | 5.03±0.12 <sup>bc,B</sup> | 5.51±0.21 <sup>de,C</sup> | 5.62±0.17 <sup>de,C</sup>  |
| S97-30   | 4.23±0.15 <sup>cd,A</sup>                            | 4.54±0.21 <sup>d,B</sup>   | 4.48±0.14 <sup>a,AB</sup>   | 4.56±0.22 <sup>a,B</sup>  | 5.36±0.22 <sup>cd,C</sup> | 5.48±0.19 <sup>cd,C</sup>  |
| T139-5   | 4.11±0.11 <sup>c,A</sup>                             | 4.41±0.25 <sup>bcd,B</sup> | 4.97±0.08 <sup>e,C</sup>    | 5.73±0.05 <sup>e,E</sup>  | 5.21±0.15 <sup>bc,D</sup> | 5.41±0.09 <sup>bc,D</sup>  |
| T139-30  | 3.98±0.10 <sup>b,A</sup>                             | 4.17±0.19 <sup>ab,A</sup>  | 4.93±0.09 <sup>e,B</sup>    | 4.88±0.24 <sup>b,B</sup>  | 4.96±0.21 <sup>a,B</sup>  | 5.22±0.12 <sup>a,C</sup>   |
| T115-5   | 4.66±0.13 <sup>f,A</sup>                             | 4.89±0.09 <sup>e,B</sup>   | 4.75±0.11 <sup>bcd,AB</sup> | 5.74±0.11 <sup>e,C</sup>  | 6.18±0.12 <sup>f,D</sup>  | 6.24±0.09 <sup>g,D</sup>   |
| T115-30  | 4.39±0.07 <sup>e,A</sup>                             | 4.63±0.14 <sup>de,B</sup>  | 4.66±0.08 <sup>bc,B</sup>   | 5.40±0.21 <sup>d,C</sup>  | 5.98±0.06 <sup>f,D</sup>  | 6.06±0.05 <sup>f,D</sup>   |
| T127-5   | 4.14±0.09 <sup>c,A</sup>                             | 4.82±0.10 <sup>e,B</sup>   | 4.82±0.12 <sup>cde,B</sup>  | 5.39±0.23 <sup>d,C</sup>  | 5.73±0.11 <sup>e,D</sup>  | 5.80±0.09 <sup>e,D</sup>   |
| T127-30  | 4.13±0.03 <sup>c,A</sup>                             | 4.82±0.17 <sup>e,B</sup>   | 4.72±0.18 <sup>bc,B</sup>   | 4.61±0.28 <sup>a,B</sup>  | 5.13±0.19 <sup>ab,C</sup> | 5.31±0.17 <sup>abc,C</sup> |
| S-5      | 5.26±0.03 <sup>g,A</sup>                             | 5.78±0.09 <sup>f,B</sup>   | 5.97±0.08 <sup>f,C</sup>    | 6.36±0.05 <sup>f,D</sup>  | 6.72±0.07 <sup>g,E</sup>  | 6.84±0.07 <sup>h,F</sup>   |
| S-30     | 5.23±0.04 <sup>g,A</sup>                             | 5.60±0.10 <sup>f,B</sup>   | 5.86±0.06 <sup>f,C</sup>    | 6.30±0.05 <sup>f,D</sup>  | 6.59±0.10 <sup>g,E</sup>  | 6.75±0.06 <sup>h,F</sup>   |
| K        | 5.50±0.06 <sup>h,A</sup>                             | 5.94±0.05 <sup>g,B</sup>   | 6.03±0.12 <sup>g,B</sup>    | 6.48±0.16 <sup>f,C</sup>  | 6.93±0.09 <sup>h,D</sup>  | 7.07±0.07 <sup>i,D</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h, i) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın diğer aşamasında, marul örneklerine *L. monocytogenes* karışık kültürü ( $5.46\pm0.12$  log kob/mL) inoküle edilmiş ve marul örneklerinin başlangıç *L. monocytogenes* sayısının  $4.59\pm0.17$  log kob/g olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde örneklerin *L. monocytogenes* sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 0.39-1.31, 0.38-1.36, 0.21-0.97, 0.42-1.03, 0.40-0.98 ve 0.48-1.05 log kob/g aralığında azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.33). Depolamanın 9., 12. ve 15. günlerinde *L. monocytogenes* sayılarında en fazla azalma, *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören T127-30 örneğinde tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Depolama süresince, postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örneklerin *L. monocytogenes* sayılarının 5 dakika işlem gören örneklere kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresince *L. monocytogenes* sayısında en az azalma *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler ile 5 dakika işlem gören S97-5 örneğinde tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.33** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince *Listeria monocytogenes* sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Listeria monocytogenes</i> sayıları (log kob/g) |                           |                            |                           |                           |                           |
|----------|----------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                             | 3. gün                    | 6. gün                     | 9. gün                    | 12. gün                   | 15. gün                   |
| S132-5   | 4.05±0.12 <sup>e,B</sup>                           | 4.10±0.11 <sup>cd,B</sup> | 4.23±0.03 <sup>e,C</sup>   | 3.91±0.08 <sup>bc,A</sup> | 4.02±0.06 <sup>c,AB</sup> | 4.07±0.06 <sup>c,B</sup>  |
| S132-30  | 3.83±0.09 <sup>d,AB</sup>                          | 3.86±0.09 <sup>b,AB</sup> | 4.00±0.10 <sup>d,B</sup>   | 3.76±0.14 <sup>ab,A</sup> | 3.86±0.11 <sup>b,AB</sup> | 3.93±0.09 <sup>b,AB</sup> |
| S97-5    | 4.30±0.08 <sup>f,AB</sup>                          | 4.30±0.08 <sup>d,B</sup>  | 4.39±0.04 <sup>f,B</sup>   | 4.26±0.05 <sup>e,A</sup>  | 4.28±0.03 <sup>d,A</sup>  | 4.31±0.03 <sup>d,AB</sup> |
| S97-30   | 3.49±0.11 <sup>ab,A</sup>                          | 4.21±0.08 <sup>d,C</sup>  | 4.18±0.08 <sup>e,C</sup>   | 4.04±0.08 <sup>cd,B</sup> | 4.09±0.05 <sup>c,BC</sup> | 4.13±0.05 <sup>c,BC</sup> |
| T139-5   | 3.79±0.12 <sup>cd,A</sup>                          | 3.93±0.07 <sup>bc,B</sup> | 3.90±0.07 <sup>cd,B</sup>  | 4.24±0.02 <sup>e,D</sup>  | 4.25±0.01 <sup>d,D</sup>  | 4.29±0.02 <sup>d,D</sup>  |
| T139-30  | 3.49±0.14 <sup>ab,A</sup>                          | 3.44±0.28 <sup>a,A</sup>  | 3.77±0.08 <sup>bc,B</sup>  | 4.10±0.10 <sup>d,C</sup>  | 4.11±0.09 <sup>c,C</sup>  | 4.14±0.09 <sup>c,C</sup>  |
| T115-5   | 3.84±0.13 <sup>d,AB</sup>                          | 3.76±0.24 <sup>b,A</sup>  | 3.96±0.08 <sup>d,BC</sup>  | 4.03±0.05 <sup>cd,C</sup> | 4.05±0.03 <sup>c,C</sup>  | 4.07±0.03 <sup>c,C</sup>  |
| T115-30  | 3.63±0.10 <sup>bc,B</sup>                          | 3.32±0.20 <sup>a,A</sup>  | 3.63±0.12 <sup>a,B</sup>   | 3.85±0.05 <sup>b,C</sup>  | 3.89±0.05 <sup>b,C</sup>  | 3.93±0.05 <sup>b,C</sup>  |
| T127-5   | 3.79±0.14 <sup>cd,B</sup>                          | 3.88±0.09 <sup>bc,C</sup> | 3.96±0.04 <sup>d,C</sup>   | 4.01±0.08 <sup>cd,C</sup> | 4.02±0.05 <sup>c,C</sup>  | 4.06±0.06 <sup>c,C</sup>  |
| T127-30  | 3.38±0.19 <sup>a,A</sup>                           | 3.35±0.21 <sup>a,A</sup>  | 3.76±0.09 <sup>ab,BC</sup> | 3.65±0.19 <sup>a,B</sup>  | 3.70±0.10 <sup>a,BC</sup> | 3.74±0.09 <sup>a,BC</sup> |
| S-5      | 4.25±0.05 <sup>f,A</sup>                           | 4.67±0.11 <sup>e,B</sup>  | 4.73±0.06 <sup>i,B</sup>   | 4.94±0.06 <sup>g,C</sup>  | 4.93±0.10 <sup>f,C</sup>  | 4.95±0.08 <sup>f,C</sup>  |
| S-30     | 4.21±0.06 <sup>ef,A</sup>                          | 4.67±0.10 <sup>e,C</sup>  | 4.49±0.08 <sup>fg,B</sup>  | 4.79±0.11 <sup>f,CD</sup> | 4.84±0.07 <sup>f,DE</sup> | 4.92±0.06 <sup>f,E</sup>  |
| K        | 4.69±0.11 <sup>g,A</sup>                           | 4.68±0.09 <sup>e,A</sup>  | 4.60±0.22 <sup>gh,A</sup>  | 4.68±0.10 <sup>f,A</sup>  | 4.68±0.10 <sup>e,A</sup>  | 4.79±0.06 <sup>e,A</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h, i) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın son aşamasında, marul örnekleri *S. Typhimurium* karışık kültürü ( $5.57\pm0.02$  log kob/mL) inoküle edilmiş ve marul örneklerinin başlangıç *S. Typhimurium* sayısı  $4.78\pm0.12$  log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde örneklerin *S. Typhimurium* sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 0.67-1.56, 0.50-1.84, 0.76-2.40, 1.45-2.25, 0.66-1.88 ve 0.69-1.93 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Depolama süresince *S. Typhimurium* sayısında en fazla azalma *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S132-30 örneğinde gözlemlenmiştir. Birinci gün hariç depolamanın diğer tüm günlerinde *S. Typhimurium* sayısında en az azalma *P. acidilactici* T115'ten elde edilen postbiyotikler ile 5 dakika işlem gören T115-5 örneğinde tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Depolamanın 15. gününde tüm örneklerin *S. Typhimurium* sayılarının depolamanın birinci gününe kıyasla artış gösterdiği gözlemlenmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.34** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince *Salmonella* Typhimurium sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Salmonella</i> Typhimurium sayıları (log kob/g) |                            |                          |                            |                            |                            |
|----------|----------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                                             | 3. gün                     | 6. gün                   | 9. gün                     | 12. gün                    | 15. gün                    |
| S132-5   | 4.14±0.08 <sup>cd,A</sup>                          | 4.41±0.17 <sup>de,B</sup>  | 4.86±0.06 <sup>d,C</sup> | 4.46±0.18 <sup>cd,B</sup>  | 4.77±0.13 <sup>cd,C</sup>  | 4.80±0.16 <sup>bc,C</sup>  |
| S132-30  | 3.34±0.24 <sup>a,A</sup>                           | 3.47±0.22 <sup>a,A</sup>   | 3.57±0.20 <sup>a,A</sup> | 3.95±0.04 <sup>a,B</sup>   | 4.45±0.12 <sup>a,C</sup>   | 4.46±0.21 <sup>a,C</sup>   |
| S97-5    | 3.89±0.04 <sup>b,A</sup>                           | 4.12±0.18 <sup>bc,AB</sup> | 4.61±0.11 <sup>c,C</sup> | 4.33±0.23 <sup>bc,B</sup>  | 4.64±0.15 <sup>abc,C</sup> | 4.68±0.18 <sup>abc,C</sup> |
| S97-30   | 3.82±0.04 <sup>b,A</sup>                           | 4.10±0.14 <sup>bc,B</sup>  | 4.48±0.13 <sup>c,C</sup> | 4.01±0.19 <sup>a,AB</sup>  | 4.60±0.18 <sup>abc,C</sup> | 4.65±0.14 <sup>ab,C</sup>  |
| T139-5   | 4.28±0.06 <sup>d,A</sup>                           | 4.51±0.10 <sup>e,A</sup>   | 4.81±0.07 <sup>d,B</sup> | 4.40±0.31 <sup>bcd,A</sup> | 4.89±0.07 <sup>d,B</sup>   | 4.92±0.10 <sup>c,B</sup>   |
| T139-30  | 4.25±0.02 <sup>d,A</sup>                           | 4.27±0.12 <sup>cd,A</sup>  | 4.58±0.09 <sup>c,B</sup> | 4.15±0.27 <sup>ab,A</sup>  | 4.57±0.21 <sup>abc,B</sup> | 4.61±0.28 <sup>ab,B</sup>  |
| T115-5   | 4.08±0.10 <sup>c,A</sup>                           | 4.81±0.06 <sup>f,B</sup>   | 5.21±0.09 <sup>e,C</sup> | 4.75±0.10 <sup>e,B</sup>   | 5.67±0.12 <sup>f,D</sup>   | 5.70±0.22 <sup>e,D</sup>   |
| T115-30  | 3.84±0.06 <sup>b,A</sup>                           | 4.43±0.21 <sup>de,B</sup>  | 4.94±0.07 <sup>d,C</sup> | 4.59±0.10 <sup>cde,B</sup> | 5.26±0.18 <sup>e,D</sup>   | 5.29±0.15 <sup>d,D</sup>   |
| T127-5   | 3.86±0.13 <sup>b,A</sup>                           | 4.13±0.04 <sup>bc,B</sup>  | 4.20±0.14 <sup>b,B</sup> | 4.67±0.07 <sup>de,C</sup>  | 4.72±0.11 <sup>bcd,C</sup> | 4.74±0.16 <sup>bc,C</sup>  |
| T127-30  | 3.78±0.07 <sup>b,A</sup>                           | 4.00±0.14 <sup>b,A</sup>   | 4.04±0.29 <sup>b,A</sup> | 4.49±0.23 <sup>cde,B</sup> | 4.53±0.16 <sup>ab,B</sup>  | 4.58±0.23 <sup>ab,B</sup>  |
| S-5      | 4.70±0.12 <sup>e,A</sup>                           | 5.28±0.03 <sup>g,B</sup>   | 5.74±0.07 <sup>f,C</sup> | 6.02±0.07 <sup>f,D</sup>   | 6.20±0.06 <sup>g,E</sup>   | 6.33±0.02 <sup>f,F</sup>   |
| S-30     | 4.55±0.08 <sup>e,A</sup>                           | 5.20±0.03 <sup>g,B</sup>   | 5.97±0.05 <sup>g,C</sup> | 5.96±0.10 <sup>f,C</sup>   | 6.19±0.04 <sup>g,D</sup>   | 6.28±0.03 <sup>f,D</sup>   |
| K        | 4.90±0.08 <sup>f,A</sup>                           | 5.31±0.04 <sup>g,B</sup>   | 5.97±0.05 <sup>g,C</sup> | 6.20±0.03 <sup>f,D</sup>   | 6.33±0.03 <sup>g,E</sup>   | 6.39±0.03 <sup>f,E</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, uygulanan işleme karşı en hassas mikroorganizmanın *S. Typhimurium* olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun, postbiyotikler varlığında patojenlerin hayatta kalma durumunun incelendiği yöntemden elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmektedir. Marul örneklerine inoküle edilen *S. Typhimurium* üzerine en etkili olan postbiyotiklerin (*E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotik) yüksek miktarda hidrojen peroksit (2.258 µg/mL) içerdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.3). Bununla birlikte, *S. Typhimurium* üzerine daha az etkili olduğu tespit edilen *L. paracasei* S97 ve *L. pseudomesenteroides* T139 suşlarının ürettikleri postbiyotiklerin hidrojen peroksit içermediği belirlenmiştir (Çizelge 4.1 ve 4.3). Bu nedenle, *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotiğin marul örneklerine inoküle edilen *S. Typhimurium* üzerine inaktivasyon etkisi yüksek miktarda hidrojen peroksit üretimi ile ilişkilendirilebilir. Marul örneklerine inoküle edilen *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* üzerine en az etkili olan postbiyotiklerin (*P. acidilactici* T115'ten elde edilen postbiyotik) diğer postbiyotiklere kıyasla daha az diasetil içerdiği ve

daha düşük antioksidan aktiviteye sahip olduğu gözlemlenmiş (Çizelge 4.3), ve bu durum hem üretilen diasetilin hem de antioksidan aktivitenin *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* üzerine inaktivasyon etkisini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, genel olarak postbiyotikler ile 30 dakika işlem süresinin 5 dakika işlem süresine kıyasla patojen mikroorganizmalara karşı daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Literatürde postbiyotiklerin meyve ve sebze ürünleri üzerine inaktivasyon etkilerini araştıran çalışmalar bulunmaktadır. Ramos et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. monocytogenes* ( $\approx 6$  log kob/mL) bulaştırılan marul, roka salatası, ıspanak ve maydanoz örnekleri *P. pentosaceus* DT016 suşundan elde edilen postbiyotikler kullanılarak hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 5 dakika bekletilmiş ve marul örnekleri 4°C’de 7 gün, roka salatası örnekleri 4°C’de 9 gün, ıspanak ve maydanoz örnekleri 4°C’de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda marul, roka salatası ve ıspanak örneklerinin *L. monocytogenes* sayılarının sırasıyla 3.2, 3.0 ve 2.5 log kob/g azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, depolamanın 7. gününde maydanoz örneklerinin *L. monocytogenes* sayılarının tespit edilebilir limitin altında olduğu belirlenmiş, depolamanın 15. gününde ise *L. monocytogenes* sayılarının artarak 3.1 log kob/g seviyesine yükseldiği tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *L. monocytogenes*, *S. typhi* ve *E. coli* inoküle edilen (6 log kob/mL) taze kesilmiş meyve salatası (pitaya, papaya, kivi, ananas ve kavun) *L. pentosus* MS031 suşundan elde edilen postbiyotikler ile 10 dakika muamele edilmiş ve 4°C’de 10 günlük depolamanın ardından *L. monocytogenes* sayılarının yaklaşık 2 log azaldığı, *S. typhi* ve *E. coli* sayılarının ise tespit edilebilir limitin altına düştüğü belirlenmiştir (Yi et al., 2020). Lee et al. (2016) tarafından yapılan başka bir çalışmada, *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* ( $\approx 7$  log kob/mL) bulaştırılan tüketime hazır yapraklı sebzeler (pancar, horoz ibiği çiçeği ve turp) *L. brevis* WK12 ve *L. mesenteroides* WK32’den elde edilen postbiyotikler kullanılarak hazırlanan yıkama sıvılarında (%5) 5 dakika bekletilmiştir. 24 saatlik depolamanın ardından *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* sayılarının sırasıyla 1.15-1.22 ve 1.40-1.85 log kob/g azaldığı tespit edilmiştir. Elde edilen tüm bu sonuçlar, postbiyotiklerin meyve ve sebzelerin inaktivasyon etkilerinin meyve ve sebze türlerine, kullanılan suşa, postbiyotik konsantrasyonuna ve depolama süresine bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, yapılan çalışmalar meyve ve sebzelerin güvenilirliğinin

sağlanması amacıyla postbiyotiklerin kimyasal koruyuculara karşı iyi bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

#### 4.5 Postbiyotiklerin Tavuk Eti Örneklerine İnoküle Edilen Patojenler Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'nde "çiğ kanatlı eti ve hazırlanmış kanatlı eti karışımları" için *Salmonella* spp. gıda güvenirliliği kriteri olarak belirtilmektedir. Bununla birlikte, CDC raporlarında et kaynaklı hastalık vakalarında *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *Salmonella* türlerinin hastalıklardan sorumlu mikroorganizmalar olarak ön plana çıktığı bildirilmektedir. Bu nedenle, bu tez çalışması kapsamında, tavuk eti örneklerine inoküle edilmek üzere *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* kullanılmıştır. Bu kapsamda, patojen bulaştırılan tavuk göğsü filetoları *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115 ve *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 5 ve 30 dakika bekletilmiş ve cam kavanozlarda 4°C'de 7 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerde *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayımları yapılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, tavuk eti örneklerine *E. coli* O157:H7 karışık kültürü ( $6.39 \pm 0.22$  log kob/mL) inoküle edilmiş ve tavuk eti örneklerinin başlangıç *E. coli* O157:H7 sayısının  $5.34 \pm 0.34$  log kob/g olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerin *E. coli* O157:H7 sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 0.82-1.01, 0.81-1.06, 0.90-1.29 ve 1.16-1.44 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.35). Depolamanın 1., 3. ve 7. günlerinde *E. coli* O157:H7 üzerine postbiyotiklerin inaktivasyon etkileri arasında anlamlı bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $P > 0.05$ ). Depolamanın 5. gününde *E. coli* O157:H7 sayısında en fazla azalma, *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S97-30 örneğinde tespit edilmiş, ancak bu örnek ile *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S132-30 örneği arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı gözlemlenmiştir ( $P > 0.05$ ). Depolama süresi arttıkça, özellikle depolamanın 5. gününden sonra postbiyotik uygulanan örneklerin *E. coli* O157:H7 sayısı azalırken ( $P < 0.05$ ), işlem

görmeyen ve sadece su ile işlem gören örneklerin *E. coli* O157:H7 sayıları istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Bununla birlikte, postbiyotikler ile işlem gören örneklerin en düşük sayıları depolamanın 7. gününde gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.35** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince *Escherichia coli* O157:H7 sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Escherichia coli</i> O157:H7 sayıları (log kob/g) |                           |                            |                          |
|----------|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                                               | 3. gün                    | 5. gün                     | 7. gün                   |
| S132-5   | 4.22±0.20 <sup>a,B</sup>                             | 4.15±0.17 <sup>a,B</sup>  | 3.86±0.17 <sup>ab,A</sup>  | 3.72±0.13 <sup>a,A</sup> |
| S132-30  | 4.19±0.21 <sup>a,B</sup>                             | 4.17±0.14 <sup>a,B</sup>  | 3.76±0.14 <sup>a,A</sup>   | 3.63±0.15 <sup>a,A</sup> |
| S97-5    | 4.11±0.17 <sup>a,B</sup>                             | 3.96±0.15 <sup>a,B</sup>  | 4.07±0.14 <sup>bc,B</sup>  | 3.70±0.11 <sup>a,A</sup> |
| S97-30   | 4.03±0.07 <sup>a,C</sup>                             | 3.92±0.11 <sup>a,BC</sup> | 3.73±0.23 <sup>a,AB</sup>  | 3.59±0.18 <sup>a,A</sup> |
| T139-5   | 4.20±0.15 <sup>a,B</sup>                             | 4.10±0.19 <sup>a,B</sup>  | 4.12±0.08 <sup>c,B</sup>   | 3.62±0.30 <sup>a,A</sup> |
| T139-30  | 4.06±0.09 <sup>a,A</sup>                             | 3.94±0.22 <sup>a,A</sup>  | 4.04±0.15 <sup>bc,A</sup>  | 3.72±0.34 <sup>a,A</sup> |
| T115-5   | 4.12±0.15 <sup>a,B</sup>                             | 4.06±0.10 <sup>a,AB</sup> | 4.03±0.12 <sup>bc,AB</sup> | 3.87±0.11 <sup>a,A</sup> |
| T115-30  | 4.11±0.11 <sup>a,B</sup>                             | 3.99±0.20 <sup>a,AB</sup> | 3.89±0.10 <sup>abc,A</sup> | 3.86±0.06 <sup>a,A</sup> |
| T127-5   | 4.19±0.24 <sup>a,B</sup>                             | 4.16±0.16 <sup>a,B</sup>  | 4.06±0.20 <sup>bc,B</sup>  | 3.72±0.13 <sup>a,A</sup> |
| T127-30  | 4.10±0.23 <sup>a,B</sup>                             | 4.08±0.12 <sup>a,B</sup>  | 3.84±0.22 <sup>ab,AB</sup> | 3.65±0.15 <sup>a,A</sup> |
| S-5      | 4.99±0.12 <sup>b,A</sup>                             | 4.89±0.13 <sup>b,A</sup>  | 4.98±0.05 <sup>d,A</sup>   | 5.01±0.09 <sup>b,A</sup> |
| S-30     | 4.92±0.14 <sup>b,A</sup>                             | 4.86±0.14 <sup>b,A</sup>  | 4.96±0.09 <sup>d,A</sup>   | 4.93±0.09 <sup>b,A</sup> |
| K        | 5.04±0.05 <sup>b,A</sup>                             | 4.98±0.10 <sup>b,A</sup>  | 5.02±0.06 <sup>d,A</sup>   | 5.03±0.07 <sup>b,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, tavuk eti örneklerine *L. monocytogenes* karışık kültürü ( $5.95\pm0.07$  log kob/mL) inoküle edilmiş ve tavuk eti örneklerinin başlangıç *L. monocytogenes* sayısının  $4.81\pm0.13$  log kob/g olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerin *L. monocytogenes* sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 0.81-1.39, 1.54-2.12, 0.65-1.15 ve 0.52-1.11 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). *L. monocytogenes* sayısında en fazla azalma (2.12 log kob/g), *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S97-30 örneğinde depolamanın 3. gününde gözlemlenmiştir. Depolamanın 5. gününde tüm örneklerin *L. monocytogenes* sayılarının depolamanın birinci gününe kıyasla arttığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ).



**Çizelge 4.36** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince *Listeria monocytogenes* sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Listeria monocytogenes</i> sayıları (log kob/g) |                           |                           |                            |
|----------|----------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                                             | 3. gün                    | 5. gün                    | 7. gün                     |
| S132-5   | 3.93±0.15 <sup>b,A</sup>                           | 3.99±0.20 <sup>b,A</sup>  | 4.86±0.14 <sup>ab,B</sup> | 4.95±0.06 <sup>bc,B</sup>  |
| S132-30  | 4.00±0.07 <sup>bc,A</sup>                          | 3.95±0.10 <sup>b,A</sup>  | 4.64±0.13 <sup>a,B</sup>  | 4.81±0.10 <sup>abc,C</sup> |
| S97-5    | 4.14±0.09 <sup>c,A</sup>                           | 4.10±0.10 <sup>b,A</sup>  | 5.13±0.14 <sup>cd,B</sup> | 5.23±0.07 <sup>d,B</sup>   |
| S97-30   | 4.13±0.07 <sup>c,B</sup>                           | 3.52±0.18 <sup>a,A</sup>  | 4.64±0.14 <sup>a,C</sup>  | 4.77±0.09 <sup>ab,C</sup>  |
| T139-5   | 4.09±0.06 <sup>c,A</sup>                           | 4.03±0.17 <sup>b,A</sup>  | 4.79±0.16 <sup>ab,B</sup> | 4.79±0.17 <sup>ab,B</sup>  |
| T139-30  | 3.56±0.14 <sup>a,A</sup>                           | 4.07±0.07 <sup>b,B</sup>  | 4.65±0.10 <sup>a,C</sup>  | 4.64±0.14 <sup>a,C</sup>   |
| T115-5   | 4.10±0.05 <sup>c,A</sup>                           | 4.07±0.07 <sup>b,A</sup>  | 4.97±0.09 <sup>bc,B</sup> | 4.97±0.11 <sup>bc,B</sup>  |
| T115-30  | 3.90±0.09 <sup>b,A</sup>                           | 3.85±0.16 <sup>b,A</sup>  | 4.83±0.11 <sup>ab,B</sup> | 4.83±0.13 <sup>abc,B</sup> |
| T127-5   | 3.88±0.08 <sup>b,A</sup>                           | 3.91±0.10 <sup>b,A</sup>  | 4.92±0.07 <sup>bc,B</sup> | 4.98±0.07 <sup>c,B</sup>   |
| T127-30  | 3.60±0.11 <sup>a,A</sup>                           | 3.53±0.22 <sup>a,A</sup>  | 4.63±0.15 <sup>a,B</sup>  | 4.78±0.13 <sup>ab,B</sup>  |
| S-5      | 4.87±0.11 <sup>d,A</sup>                           | 5.39±0.26 <sup>cd,B</sup> | 5.37±0.33 <sup>e,B</sup>  | 5.52±0.18 <sup>e,B</sup>   |
| S-30     | 4.85±0.07 <sup>d,A</sup>                           | 5.29±0.31 <sup>c,B</sup>  | 5.35±0.21 <sup>de,B</sup> | 5.39±0.15 <sup>de,B</sup>  |
| K        | 4.95±0.18 <sup>d,A</sup>                           | 5.64±0.18 <sup>d,B</sup>  | 5.78±0.05 <sup>f,B</sup>  | 5.75±0.09 <sup>f,B</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, postbiyotiklerin tavuk eti örneklerine inoküle edilen *S. Typhimurium*'a ( $6.41\pm0.33$  log kob/mL) karşı inaktivasyon etkileri belirlenmiştir. Depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde tavuk eti örneklerinin *S. Typhimurium* sayıları ( $4.90\pm0.17$  log kob/g) postbiyotik uygulamasından sonra 0.82-1.59, 0.86-1.69, 0.81-1.78 ve 0.71-1.29 log kob/g aralığında azalmıştır (Çizelge 4.37). Depolamanın 1. ve 3. günlerinde *S. Typhimurium* sayısında en fazla azalma S97-30 örneğinde (*L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örnek), depolamanın 5. ve 7. günlerinde en fazla azalma ise T115-30 örneğinde (*P. acidilactici* T115'ten elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören) gözlemlenmiştir. Ayrıca, depolama süresi arttıkça tüm örneklerde *S. Typhimurium* sayıları da artış göstermiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.37** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince *Salmonella* Typhimurium sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Salmonella</i> Typhimurium sayıları (log kob/g) |                          |                           |                          |
|----------|----------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                                             | 3. gün                   | 5. gün                    | 7. gün                   |
| S132-5   | 4.03±0.09 <sup>e,A</sup>                           | 4.00±0.05 <sup>c,A</sup> | 4.04±0.08 <sup>c,A</sup>  | 4.15±0.06 <sup>b,B</sup> |
| S132-30  | 3.71±0.11 <sup>bc,A</sup>                          | 3.64±0.14 <sup>b,A</sup> | 3.67±0.17 <sup>b,A</sup>  | 4.05±0.04 <sup>b,B</sup> |
| S97-5    | 3.97±0.07 <sup>e,A</sup>                           | 3.92±0.07 <sup>c,A</sup> | 4.09±0.05 <sup>c,B</sup>  | 4.38±0.02 <sup>c,C</sup> |
| S97-30   | 3.26±0.14 <sup>a,A</sup>                           | 3.17±0.09 <sup>a,A</sup> | 3.95±0.03 <sup>c,B</sup>  | 4.34±0.07 <sup>c,C</sup> |
| T139-5   | 3.92±0.11 <sup>de,A</sup>                          | 3.90±0.07 <sup>c,A</sup> | 4.11±0.08 <sup>c,B</sup>  | 4.39±0.04 <sup>c,C</sup> |
| T139-30  | 3.68±0.08 <sup>b,A</sup>                           | 3.65±0.09 <sup>b,A</sup> | 3.72±0.17 <sup>b,A</sup>  | 4.37±0.06 <sup>c,B</sup> |
| T115-5   | 3.96±0.05 <sup>e,A</sup>                           | 3.93±0.05 <sup>c,A</sup> | 3.95±0.04 <sup>c,A</sup>  | 4.10±0.05 <sup>b,B</sup> |
| T115-30  | 3.73±0.19 <sup>bc,B</sup>                          | 3.72±0.17 <sup>b,B</sup> | 3.14±0.20 <sup>a,A</sup>  | 3.81±0.14 <sup>a,B</sup> |
| T127-5   | 3.86±0.18 <sup>cde,AB</sup>                        | 3.74±0.14 <sup>b,A</sup> | 3.99±0.05 <sup>c,B</sup>  | 4.37±0.09 <sup>c,C</sup> |
| T127-30  | 3.75±0.11 <sup>bcd,A</sup>                         | 3.68±0.11 <sup>b,A</sup> | 3.94±0.06 <sup>c,B</sup>  | 4.35±0.06 <sup>c,C</sup> |
| S-5      | 4.84±0.05 <sup>f,A</sup>                           | 4.78±0.17 <sup>d,A</sup> | 4.94±0.05 <sup>d,AB</sup> | 5.02±0.07 <sup>d,B</sup> |
| S-30     | 4.80±0.11 <sup>f,A</sup>                           | 4.74±0.07 <sup>d,A</sup> | 4.86±0.10 <sup>d,AB</sup> | 5.01±0.11 <sup>d,B</sup> |
| K        | 4.85±0.11 <sup>f,A</sup>                           | 4.86±0.06 <sup>d,A</sup> | 4.92±0.11 <sup>d,A</sup>  | 5.10±0.10 <sup>d,B</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, depolama süresi arttıkça tüm örneklerde *S. Typhimurium* sayılarının artış gösterdiği ( $P<0.05$ ) ve bu sonucun, *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* inoküle edilmiş örneklerden farklı olduğu gözlemlenmiştir. *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* sayılarında en fazla azalma sırasıyla 1.44 log kob/g (depolamanın 7. günü) ve 2.12 log kob/g (depolamanın 3. günü) olarak *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S97-30 örneğinde gözlemlenmiştir. *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotik, en yüksek toplam asitlik, toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteye sahip olmakla birlikte (Çizelge 4.31), aynı zamanda diğer postbiyotiklere kıyasla daha fazla EPS ve diasetil içermektedir (Çizelge 4.3). Dolayısıyla, *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotiğin tavuk örneklerine inoküle edilen *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* üzerine inaktivasyon etkisi, postbiyotikte bulunan asitlik, biyoaktif bileşikler ve diğer metabolitler ile açıklanabilir. *S. Typhimurium* inoküle edilen marul örneklerinden elde edilen sonuçlara benzer şekilde, *S. Typhimurium* sayısında en fazla azalma 1.78 log kob/g

(depolamanın 5. günü) olarak *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S132-30 örneğinde gözlemlenmiştir. *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotiğin tavuk örneklerine inoküle edilen *S. Typhimurium* üzerine inaktivasyon etkisi yüksek miktarda hidrojen peroksit üretimi ile ilişkilendirilebilir. Elde edilen sonuçlar, postbiyotiklerin inaktivasyon etkilerinin tavuk etine inoküle edilen test patojenlerine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur.

Literatürde postbiyotiklerin tavuk eti üzerine inaktivasyon etkilerini araştıran oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. İncili et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* ( $\approx 5$  log kob/mL) bulaştırılan tavuk eti örnekleri *P. acidilactici*'den elde edilen postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 10 dakika bekletilmiş ve 4°C'de 4 günlük depolamanın ardından *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayılarının sırasıyla 1.2 ve 1.7 log kob/g azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, depolamanın 6. gününde tavuk eti örneklerinin *L. monocytogenes* sayısı 0.4 log kob/g artarken, *S. Typhimurium* sayılarının 1.8 log kob/g azaldığı belirlenmiştir. Bu sonuç, tarafımızca yürütülen çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, kullanılan test kültürüne bağlı olarak postbiyotiklerin inaktivasyon etkilerinin değişebileceğini göstermektedir. Yapılan başka bir çalışmada, *P. acidilactici*'den elde edilen postbiyotiklerin (%10 ve %50) vakumla paketlenmiş tavuk eti örneklerine (5.28 ve 5.32 log kob/g) inoküle edilen *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium*'a karşı inaktivasyon etkileri araştırılmıştır. Depolamanın 15. gününde örneklerin *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayılarının sırasıyla 0.70-0.89 ve 0.79-0.93 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (İncili et al., 2021). Hamad et al. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada, tavuk eti örneklerine inoküle edilen *C. perfringens* sayılarının (3.53 log kob/g) *L. rhamnosus*'dan elde edilen postbiyotik (%10) ile depolamanın 4. gününde tespit edilebilir limitin altına düştüğü belirlenmiştir. Arrioja-Bretón et al. (2020), sığır eti örneklerine inoküle edilen *L. monocytogenes* (5.44 log kob/g) ve *S. Typhimurium* (5.87 log kob/g) sayılarının, *L. plantarum*'dan elde edilen konsantre postbiyotikler ile 4°C'de 14 saat marine edilmesiyle sırasıyla 3.74 ve 2.30 log kob/g azaldığını bildirmiştir. Elde edilen tüm bu sonuçlar, postbiyotiklerin inaktivasyon etkilerinin üretici suş, postbiyotik konsantrasyonu, et türü ve kullanılan test kültürlerine bağlı olarak değişim gösterdiğini ortaya koymuştur.

Depolama koşulları et ürünlerinin mikrobiyolojik güvenilirliğini etkileyen önemli bir faktördür. Tarafımızca yürütülen çalışmanın sonuçları incelendiğinde, test kültürlerinin depolama koşullarından farklı şekilde etkilendiği görülmektedir. *L. monocytogenes*, postbiyotiklere karşı en dirençli test kültürü olarak belirlenmiş ve soğuk depolama sırasında sayılarının arttığı gözlemlenmiştir. Elde edilen bu sonuç, *L. monocytogenes*'in psikrotrof karakteristiğiyle ilişkilendirilebilir. Çalışmamızın sonuçlarına benzer şekilde, İncili et al. (2021; 2022), *P. acidilactici*'den elde edilen postbiyotikler ile muamele edilen tavuk eti örneklerinin *L. monocytogenes* sayılarının arttığını bildirmiştir.

#### 4.6 Postbiyotiklerin Peynir Örneklerine İnoküle Edilen Patojenler Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'nde “peynir (eritme peynir hariç diğer tüm peynirler)” için *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. ve koagülaz pozitif *Staphylococcus* türleri gıda güvenirliliği kriteri olarak belirtilmektedir. Bu nedenle, bu tez çalışması kapsamında, peynir örneklerine inoküle edilmek üzere *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* kullanılmıştır. Bu kapsamda, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. plantarum* P36, *P. ethanolidurans* P84 ve *P. pentasaceus* T87'den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynirlere patojen mikroorganizmalar inoküle edilmiş ve steril plastik kaplarda 4°C'de 30 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 4., 7., 10., 15., 21. ve 30. günlerinde örneklerde *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayımları yapılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, postbiyotik kullanılarak üretilen peynir örneklerine *L. monocytogenes* karışık kültürü ( $5.94 \pm 0.08$  log kob/mL) inoküle edilmiştir. Depolamanın 1., 4., 7., 10., 15., 21. ve 30. günlerinde peynir örneklerinin *L. monocytogenes* sayılarının kontrol örneğine kıyasla 1.00-1.17, 1.12-1.49, 1.21-1.56, 0.79-1.29, 0.65-1.11, 0.75-1.87 ve 0.81-1.89 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). *L. monocytogenes* sayısında en fazla azalma (1.89 log kob/g), depolamanın 30. gününde *L. plantarum* P36'dan elde edilen postbiyotik kullanılarak üretilen peynir örneğinde gözlemlenmiş, ancak bu azalmanın *P. ethanolidurans* P84'ten elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir

örneğinden istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Depolama süresi arttıkça, özellikle depolamanın 7. gününden sonra *L. monocytogenes* sayılarının istatistiksel açıdan anlamlı bir şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.38** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince *Listeria monocytogenes* sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Listeria monocytogenes</i> sayıları (log kob/g) |                           |                           |                          |                           |                           |                          |
|----------|----------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                                             | 4. gün                    | 7. gün                    | 10. gün                  | 15. gün                   | 21. gün                   | 30. gün                  |
| P-S132   | 3.87±0.06 <sup>ab,A</sup>                          | 3.75±0.12 <sup>bc,A</sup> | 4.08±0.06 <sup>c,B</sup>  | 4.67±0.15 <sup>b,C</sup> | 5.01±0.10 <sup>c,D</sup>  | 5.71±0.17 <sup>c,E</sup>  | 5.85±0.11 <sup>c,E</sup> |
| P-S97    | 3.79±0.13 <sup>a,A</sup>                           | 3.67±0.19 <sup>ab,A</sup> | 3.99±0.09 <sup>bc,B</sup> | 4.36±0.04 <sup>a,C</sup> | 4.81±0.15 <sup>bc,D</sup> | 5.65±0.14 <sup>c,E</sup>  | 5.81±0.09 <sup>c,E</sup> |
| P-P36    | 3.96±0.08 <sup>b,B</sup>                           | 3.73±0.10 <sup>bc,A</sup> | 3.95±0.06 <sup>b,B</sup>  | 4.17±0.22 <sup>a,C</sup> | 4.61±0.21 <sup>ab,D</sup> | 4.59±0.11 <sup>a,D</sup>  | 4.77±0.08 <sup>a,D</sup> |
| P-P84    | 3.96±0.07 <sup>b,B</sup>                           | 3.53±0.15 <sup>a,A</sup>  | 3.73±0.09 <sup>a,AB</sup> | 4.24±0.29 <sup>a,C</sup> | 4.55±0.19 <sup>a,D</sup>  | 4.65±0.18 <sup>a,DE</sup> | 4.81±0.11 <sup>a,E</sup> |
| P-T87    | 3.81±0.11 <sup>a,A</sup>                           | 3.90±0.09 <sup>c,A</sup>  | 4.08±0.06 <sup>c,B</sup>  | 4.21±0.17 <sup>a,B</sup> | 4.56±0.07 <sup>a,C</sup>  | 4.88±0.12 <sup>b,D</sup>  | 4.99±0.04 <sup>b,D</sup> |
| P-K      | 4.96±0.06 <sup>c,A</sup>                           | 5.02±0.07 <sup>d,A</sup>  | 5.29±0.04 <sup>d,B</sup>  | 5.46±0.11 <sup>c,C</sup> | 5.66±0.10 <sup>d,D</sup>  | 6.46±0.05 <sup>d,E</sup>  | 6.66±0.10 <sup>d,F</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerine *S. Typhimurium* karışık kültürü ( $5.88\pm0.09$  log kob/mL) edilmiştir. Depolamanın 1., 4., 7., 10., 15., 21. ve 30. günlerinde peynir örneklerinin *S. Typhimurium* sayılarının kontrol örneğine kıyasla 0.79-0.91, 1.03-1.27, 0.75-1.10, 0.39-1.01, 0.92-1.26, 0.81-1.21 ve 0.74-1.22 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.39). Depolama süresince, *S. Typhimurium* sayısında en fazla azalma, *L. plantarum* P36'dan elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneğinde gözlemlenmiş, ancak depolamanın 15. gününden sonra bu azalmanın *P. ethanolidurans* P84'ten elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneğinden istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Örneklerin *S. Typhimurium* sayılarının depolamanın 10. gününe kadar artış gösterdiği, depolamanın 15. gününden sonra ise belirgin bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.39** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince *Salmonella* Typhimurium sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Salmonella</i> Typhimurium sayıları (log kob/g) |                           |                           |                           |                           |                           |                           |
|----------|----------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                             | 4. gün                    | 7. gün                    | 10. gün                   | 15. gün                   | 21. gün                   | 30. gün                   |
| P-S132   | 4.11±0.08 <sup>b,A</sup>                           | 4.38±0.05 <sup>bc,B</sup> | 4.56±0.21 <sup>b,C</sup>  | 4.77±0.12 <sup>c,D</sup>  | 4.45±0.11 <sup>b,BC</sup> | 4.09±0.08 <sup>c,A</sup>  | 4.02±0.08 <sup>c,A</sup>  |
| P-S97    | 4.09±0.04 <sup>b,A</sup>                           | 4.23±0.05 <sup>a,AB</sup> | 4.24±0.18 <sup>a,AB</sup> | 4.42±0.23 <sup>b,BC</sup> | 4.46±0.17 <sup>b,C</sup>  | 4.18±0.07 <sup>c,A</sup>  | 4.13±0.08 <sup>c,A</sup>  |
| P-P36    | 3.99±0.05 <sup>a,C</sup>                           | 4.19±0.07 <sup>a,D</sup>  | 4.21±0.03 <sup>a,D</sup>  | 4.15±0.10 <sup>a,D</sup>  | 4.12±0.11 <sup>a,D</sup>  | 3.78±0.09 <sup>a,B</sup>  | 3.65±0.10 <sup>a,A</sup>  |
| P-P84    | 4.04±0.04 <sup>ab,B</sup>                          | 4.43±0.07 <sup>c,C</sup>  | 4.44±0.13 <sup>ab,C</sup> | 4.61±0.09 <sup>bc,D</sup> | 4.33±0.20 <sup>ab,C</sup> | 3.87±0.05 <sup>ab,A</sup> | 3.76±0.07 <sup>ab,A</sup> |
| P-T87    | 4.06±0.06 <sup>ab,A</sup>                          | 4.30±0.05 <sup>ab,B</sup> | 4.38±0.27 <sup>ab,B</sup> | 4.46±0.24 <sup>b,B</sup>  | 4.41±0.13 <sup>b,B</sup>  | 3.96±0.09 <sup>b,A</sup>  | 3.89±0.09 <sup>b,A</sup>  |
| P-K      | 4.90±0.05 <sup>c,A</sup>                           | 5.46±0.13 <sup>d,D</sup>  | 5.31±0.24 <sup>c,CD</sup> | 5.16±0.13 <sup>d,BC</sup> | 5.38±0.11 <sup>c,D</sup>  | 4.99±0.05 <sup>d,AB</sup> | 4.87±0.07 <sup>d,A</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın son aşamasında, postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerine *S. aureus* karışık kültürü ( $5.93\pm 0.12$  log kob/mL) inoküle edilmiştir. Depolamanın 1., 4., 7., 10., 15., 21. ve 30. günlerinde peynir örneklerinin *S. aureus* sayılarının kontrol örneğine kıyasla 0.89-1.01, 1.30-1.87, 1.23-1.67, 1.17-1.57, 1.20-1.43, 0.71-1.14 ve 0.82-1.14 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.40). Depolamanın birinci gününde postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin *S. aureus* sayılarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ). Depolamanın sonunda *S. aureus* sayısında en fazla azalma, *L. plantarum* P36'dan elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneğinde gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, depolama süresince *S. aureus* sayısında en az azalmanın *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile üretilen peynir örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Örneklerin *S. aureus* sayılarının depolamanın 15. gününe kadar azaldığı, depolamanın 21. gününden sonra ise arttığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.40** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince *Staphylococcus aureus* sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Staphylococcus aureus</i> sayıları (log kob/g) |                           |                           |                           |                            |                            |                           |
|----------|---------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                            | 4. gün                    | 7. gün                    | 10. gün                   | 15. gün                    | 21. gün                    | 30. gün                   |
| P-S132   | 3.95±0.10 <sup>a,C</sup>                          | 3.98±0.06 <sup>c,C</sup>  | 3.94±0.07 <sup>b,C</sup>  | 3.78±0.10 <sup>b,B</sup>  | 3.43±0.07 <sup>c,A</sup>   | 3.88±0.10 <sup>c,BC</sup>  | 3.96±0.08 <sup>c,C</sup>  |
| P-S97    | 3.89±0.13 <sup>a,E</sup>                          | 3.41±0.11 <sup>a,AB</sup> | 3.53±0.10 <sup>a,BC</sup> | 3.46±0.12 <sup>a,B</sup>  | 3.31±0.06 <sup>abc,A</sup> | 3.61±0.07 <sup>ab,CD</sup> | 3.75±0.05 <sup>ab,D</sup> |
| P-P36    | 3.95±0.03 <sup>a,D</sup>                          | 3.48±0.13 <sup>a,BC</sup> | 3.51±0.11 <sup>a,BC</sup> | 3.38±0.19 <sup>a,B</sup>  | 3.20±0.05 <sup>a,A</sup>   | 3.45±0.11 <sup>a,B</sup>   | 3.64±0.07 <sup>a,C</sup>  |
| P-P84    | 3.90±0.05 <sup>a,C</sup>                          | 3.49±0.17 <sup>a,A</sup>  | 3.50±0.15 <sup>a,A</sup>  | 3.42±0.18 <sup>a,A</sup>  | 3.35±0.07 <sup>bc,A</sup>  | 3.55±0.11 <sup>a,AB</sup>  | 3.71±0.07 <sup>ab,B</sup> |
| P-T87    | 3.83±0.10 <sup>a,C</sup>                          | 3.72±0.14 <sup>b,BC</sup> | 3.65±0.16 <sup>a,BC</sup> | 3.59±0.18 <sup>ab,B</sup> | 3.26±0.07 <sup>ab,A</sup>  | 3.76±0.13 <sup>bc,BC</sup> | 3.81±0.11 <sup>b,C</sup>  |
| P-K      | 4.84±0.08 <sup>b,B</sup>                          | 5.28±0.03 <sup>d,C</sup>  | 5.17±0.05 <sup>c,C</sup>  | 4.95±0.05 <sup>c,B</sup>  | 4.63±0.18 <sup>d,A</sup>   | 4.59±0.22 <sup>d,A</sup>   | 4.78±0.15 <sup>d,AB</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, depolama süresince *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarında en fazla azalma *L. plantarum* P36'dan elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinde gözlemlenmiş, ancak bu azalmanın *P. ethanolidurans* P84'ten elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı gözlemlenmiştir ( $P>0.05$ ). *L. plantarum* P36'dan elde edilen postbiyotiklerin peynir örneklerine inoküle edilen patojenler üzerine inaktivasyon etkisi, düşük pH değeri ve yüksek toplam asitlik içeriği ile ilişkilendirilebilir (Çizelge 4.31). Bununla birlikte, *L. plantarum* P36 ve *P. ethanolidurans* P84'ten elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin patojen sayıları arasında istatistiksel olarak fark bulunmaması, bu postbiyotiklerin pH ve toplam asitlik değerleri, biyoaktif özellikleri ve metabolit üretimlerinin benzerlik göstermesi ile ilişki olabilir (Çizelge 4.2 ve 4.31).

Literatürde postbiyotik olarak bakteriyosinlerin peynir üzerine inaktivasyon etkilerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, *L. monocytogenes* inoküle edilen (5 log kob/mL) süt kullanılarak taze peynir üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen peynir örneklerine 134, 268 ve 536 µg/g oranlarında *E. faecalis* suşunun ürettiği kısmi saflaştırılmış enterocin L3B1K3 ilave edilmiştir. 4°C'de 3 gün depolamanın ardından 134 ve 268 µg/g oranlarında enterocin ilave edilen örneklerin *L. monocytogenes* sayıları sırasıyla 1.0 ve 3.0 log kob/g azalırken,

536 µg/g enterocin ilave edilen örneğin *L. monocytogenes* sayısının tespit limitlerinin altında olduğu tespit edilmiştir (Ribeiro et al., 2017). Felicio et al. (2015) tarafından yapılan başka bir çalışmada, *S. aureus* (5 log kob/mL) inoküle edilmiş süte nisin (100, 200, 300, 400 ve 500 IU/mL) ilave edilerek Minas peyniri üretilmiş ve 4°C’de 30 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda örneklerin *S. aureus* sayılarının kontrol örneğine kıyasla istatistiksel açıdan farklılık göstermediği belirlenmiştir (Felicio et al., 2015). Bu çalışmadan elde edilen sonuç, nisinin Minas peynirine inoküle edilen *S. aureus* üzerine etkisiz olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, bu çalışmanın aksine tarafımızca yürütülen tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, postbiyotiklerin peynir örneklerine inoküle edilen *S. aureus* üzerine etkili olduğunu göstermiştir. Yapılan başka bir çalışmada, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. Enteritidis* ve *S. aureus* (3 log kob/mL) inoküle edilen Mozzarella peyniri örneklerine *L. helveticus* suşunun ürettiği bakteriyosin NX371 ilave edilmiştir. 25 ve 35°C’de 7 gün depolamanın sonunda *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. Enteritidis* ve *S. aureus* sayılarının kontrol örneğine kıyasla yaklaşık 6.0-7.0 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Meng et al., 2021). Elde edilen bu sonuç, tarafımızca yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçtan oldukça yüksektir. Tüm bu sonuçlar, postbiyotiklerin inaktivasyon etkilerinin üretici suş, patojen mikroorganizma, depolama süresi ve sıcaklığına bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymuştur.

#### **4.7 Postbiyotiklerin Marul Kalitesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi**

##### **4.7.1 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri**

Bu tez çalışması kapsamında marul örnekleri *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115 ve *S. thermophilus* T127’den elde edilen postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 5 ve 30 dakika bekletilmiş ve steril plastik kaplarda 4°C’de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde örneklerde TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae, LAB ve küf-maya sayımları yapılmıştır.



Çalışmanın ilk aşamasında, marul örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla TMAB sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde örneklerin TMAB sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.98-2.61, 1.26-2.48, 1.98-3.04, 1.93-2.89, 1.93-2.69 ve 1.92-2.57 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.41). TMAB sayısında en fazla azalma (3.04 log kob/g), depolamanın 6. gününde *L. pseudomesenteroides* T139'dan elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören T139-30 örneğinde gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, depolamanın sonunda *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139 ve *P. acidilactici* T115'ten elde edilen postbiyotikler ile işlem gören örneklerin TMAB sayılarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Depolama süresince, postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örneklerin TMAB sayılarının 5 dakika işlem gören örneklere kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte depolama süresi arttıkça örneklerin TMAB sayılarının artış gösterdiği gözlemlenmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.41** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) |                            |                              |                            |                            |                           |
|----------|-------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                                | 3. gün                     | 6. gün                       | 9. gün                     | 12. gün                    | 15. gün                   |
| S132-5   | 3.54±0.03 <sup>e,A</sup>                              | 4.28±0.09 <sup>d,B</sup>   | 4.15±0.15 <sup>e,B</sup>     | 4.14±0.08 <sup>d,B</sup>   | 4.19±0.08 <sup>ef,B</sup>  | 4.26±0.07 <sup>ef,B</sup> |
| S132-30  | 3.35±0.12 <sup>cd,A</sup>                             | 3.39±0.17 <sup>b,AB</sup>  | 3.42±0.16 <sup>bc,AB</sup>   | 3.57±0.09 <sup>b,BC</sup>  | 3.71±0.07 <sup>bc,C</sup>  | 3.92±0.09 <sup>bc,D</sup> |
| S97-5    | 3.49±0.05 <sup>e,A</sup>                              | 4.10±0.06 <sup>d,C</sup>   | 3.86±0.13 <sup>d,B</sup>     | 3.90±0.15 <sup>c,B</sup>   | 3.98±0.09 <sup>d,BC</sup>  | 4.07±0.10 <sup>cd,C</sup> |
| S97-30   | 3.21±0.12 <sup>bc,A</sup>                             | 3.56±0.08 <sup>bc,BC</sup> | 3.31±0.27 <sup>abc,AB</sup>  | 3.27±0.20 <sup>a,AB</sup>  | 3.51±0.19 <sup>a,BC</sup>  | 3.71±0.17 <sup>a,C</sup>  |
| T139-5   | 3.24±0.12 <sup>bc,A</sup>                             | 4.06±0.06 <sup>d,C</sup>   | 3.48±0.24 <sup>c,B</sup>     | 4.23±0.04 <sup>d,CD</sup>  | 4.27±0.05 <sup>f,D</sup>   | 4.35±0.08 <sup>f,D</sup>  |
| T139-30  | 2.91±0.16 <sup>a,A</sup>                              | 3.70±0.15 <sup>c,C</sup>   | 3.09±0.18 <sup>a,A</sup>     | 3.38±0.15 <sup>a,B</sup>   | 3.53±0.21 <sup>ab,BC</sup> | 3.72±0.18 <sup>a,C</sup>  |
| T115-5   | 3.14±0.07 <sup>b,A</sup>                              | 3.57±0.23 <sup>bc,B</sup>  | 4.05±0.10 <sup>de,C</sup>    | 4.03±0.12 <sup>cd,C</sup>  | 4.07±0.11 <sup>de,C</sup>  | 4.13±0.11 <sup>de,C</sup> |
| T115-30  | 2.90±0.10 <sup>a,A</sup>                              | 3.09±0.36 <sup>a,AB</sup>  | 3.26±0.19 <sup>abc,ABC</sup> | 3.37±0.26 <sup>a,BCD</sup> | 3.55±0.25 <sup>ab,CD</sup> | 3.70±0.23 <sup>a,D</sup>  |
| T127-5   | 3.48±0.12 <sup>de,A</sup>                             | 4.19±0.13 <sup>d,C</sup>   | 3.85±0.12 <sup>d,B</sup>     | 4.02±0.12 <sup>cd,C</sup>  | 4.07±0.07 <sup>de,C</sup>  | 4.12±0.08 <sup>de,C</sup> |
| T127-30  | 3.26±0.06 <sup>bc,A</sup>                             | 3.67±0.20 <sup>c,BC</sup>  | 3.19±0.18 <sup>ab,A</sup>    | 3.66±0.12 <sup>b,B</sup>   | 3.78±0.10 <sup>c,BC</sup>  | 3.88±0.10 <sup>ab,C</sup> |
| S-5      | 5.26±0.05 <sup>f,A</sup>                              | 5.44±0.20 <sup>e,B</sup>   | 6.02±0.06 <sup>f,C</sup>     | 6.02±0.08 <sup>e,C</sup>   | 6.02±0.10 <sup>gh,C</sup>  | 6.05±0.03 <sup>g,C</sup>  |
| S-30     | 5.12±0.09 <sup>f,A</sup>                              | 5.36±0.18 <sup>e,B</sup>   | 5.98±0.07 <sup>f,C</sup>     | 6.01±0.07 <sup>e,C</sup>   | 6.00±0.04 <sup>g,C</sup>   | 6.05±0.03 <sup>g,C</sup>  |
| K        | 5.52±0.03 <sup>g,A</sup>                              | 5.54±0.05 <sup>e,A</sup>   | 6.13±0.06 <sup>f,B</sup>     | 6.16±0.04 <sup>e,B</sup>   | 6.20±0.06 <sup>h,BC</sup>  | 6.27±0.05 <sup>h,C</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında marul örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla TPAB sayımları yapılmıştır. Depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde örneklerin TPAB sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.75-2.90, 1.55-2.28, 1.69-3.19, 1.67-2.94, 1.17-2.55 ve 1.20-2.16 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). TPAB sayısında en fazla azalma (3.19 log kob/g), depolamanın 6. gününde *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler ile işlem gören S97-30 örneğinde gözlemlenmiştir. Depolamanın sonunda TPAB sayılarında en fazla azalma *L. pseudomesenteroides* T139'dan elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören T139-30 örneğinde tespit edilmiş, ancak bu azalmanın *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örnekten istatistiksel açıdan farklı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Depolama süresince, postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örneklerin TPAB sayılarının 5 dakika işlem gören örneklerle kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresine paralel olarak örneklerin TPAB sayılarının artış gösterdiği belirlenmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.42** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince toplam psikrofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Toplam psikrofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) |                           |                           |                           |                           |                           |
|----------|---------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                                  | 3. gün                    | 6. gün                    | 9. gün                    | 12. gün                   | 15. gün                   |
| S132-5   | 3.18±0.09 <sup>e,A</sup>                                | 4.93±0.08 <sup>e,B</sup>  | 5.35±0.08 <sup>cd,C</sup> | 5.04±0.06 <sup>d,B</sup>  | 5.77±0.21 <sup>bc,D</sup> | 5.91±0.16 <sup>cd,D</sup> |
| S132-30  | 2.03±0.19 <sup>a,A</sup>                                | 4.45±0.17 <sup>b,B</sup>  | 4.75±0.20 <sup>b,C</sup>  | 4.33±0.18 <sup>a,B</sup>  | 5.15±0.19 <sup>a,D</sup>  | 5.54±0.08 <sup>ab,E</sup> |
| S97-5    | 2.95±0.15 <sup>e,A</sup>                                | 4.67±0.17 <sup>cd,B</sup> | 4.62±0.24 <sup>b,B</sup>  | 5.08±0.08 <sup>d,C</sup>  | 5.76±0.19 <sup>bc,D</sup> | 5.90±0.14 <sup>cd,D</sup> |
| S97-30   | 2.36±0.14 <sup>c,A</sup>                                | 4.26±0.13 <sup>a,B</sup>  | 4.04±0.28 <sup>a,B</sup>  | 4.84±0.16 <sup>bc,C</sup> | 5.52±0.12 <sup>b,D</sup>  | 5.73±0.08 <sup>bc,D</sup> |
| T139-5   | 2.27±0.21 <sup>bc,A</sup>                               | 4.99±0.05 <sup>e,B</sup>  | 5.55±0.06 <sup>d,C</sup>  | 5.56±0.07 <sup>e,C</sup>  | 5.60±0.21 <sup>b,CD</sup> | 5.79±0.14 <sup>c,D</sup>  |
| T139-30  | 2.06±0.13 <sup>ab,A</sup>                               | 4.58±0.09 <sup>bc,B</sup> | 5.15±0.09 <sup>c,C</sup>  | 5.20±0.07 <sup>d,C</sup>  | 5.06±0.14 <sup>a,C</sup>  | 5.50±0.05 <sup>a,D</sup>  |
| T115-5   | 3.06±0.11 <sup>e,A</sup>                                | 4.93±0.07 <sup>d,B</sup>  | 5.23±0.15 <sup>c,C</sup>  | 5.60±0.03 <sup>e,D</sup>  | 6.44±0.04 <sup>e,E</sup>  | 6.46±0.02 <sup>e,E</sup>  |
| T115-30  | 2.23±0.24 <sup>abc,A</sup>                              | 4.44±0.16 <sup>b,B</sup>  | 4.83±0.11 <sup>b,C</sup>  | 5.12±0.08 <sup>d,D</sup>  | 6.05±0.10 <sup>d,E</sup>  | 6.09±0.11 <sup>d,E</sup>  |
| T127-5   | 3.15±0.06 <sup>e,A</sup>                                | 4.84±0.13 <sup>de,C</sup> | 4.59±0.23 <sup>b,B</sup>  | 4.82±0.22 <sup>b,C</sup>  | 6.00±0.06 <sup>cd,D</sup> | 6.05±0.07 <sup>d,D</sup>  |
| T127-30  | 2.72±0.13 <sup>d,A</sup>                                | 4.67±0.09 <sup>cd,C</sup> | 4.11±0.18 <sup>a,B</sup>  | 4.78±0.14 <sup>b,C</sup>  | 5.73±0.13 <sup>b,D</sup>  | 5.79±0.13 <sup>c,D</sup>  |
| S-5      | 4.76±0.19 <sup>fg,A</sup>                               | 6.92±0.12 <sup>g,B</sup>  | 6.97±0.12 <sup>e,B</sup>  | 7.16±0.23 <sup>f,B</sup>  | 7.65±0.15 <sup>f,C</sup>  | 7.68±0.25 <sup>f,C</sup>  |
| S-30     | 4.55±0.09 <sup>f,A</sup>                                | 6.76±0.10 <sup>g,B</sup>  | 6.87±0.12 <sup>e,B</sup>  | 7.15±0.18 <sup>f,C</sup>  | 7.58±0.26 <sup>f,D</sup>  | 7.61±0.20 <sup>f,D</sup>  |
| K        | 4.93±0.10 <sup>g,A</sup>                                | 6.54±0.05 <sup>f,A</sup>  | 7.23±0.06 <sup>f,C</sup>  | 7.27±0.18 <sup>f,C</sup>  | 7.61±0.06 <sup>f,D</sup>  | 7.66±0.22 <sup>f,D</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, marul örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla *Pseudomonas* spp. sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde örneklerin *Pseudomonas* spp. sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 0.92-1.63, 1.21-1.89, 0.11-1.15, 0.49-1.83, 0.50-1.80 ve 0.58-1.87 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.43). Depolama süresince *Pseudomonas* spp. sayısında en fazla azalma *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S132-30 örneğinde gözlemlenmiştir. Postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örneklerin *Pseudomonas* spp. sayılarının 5 dakika işlem gören örneklere kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin *Pseudomonas* spp. sayılarının artış gösterdiği belirlenmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.43** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince *Pseudomonas* spp. sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Pseudomonas</i> spp. sayıları (log kob/g) |                           |                           |                           |                             |                           |
|----------|----------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                       | 3. gün                    | 6. gün                    | 9. gün                    | 12. gün                     | 15. gün                   |
| S132-5   | 3.87±0.04 <sup>d,A</sup>                     | 4.22±0.04 <sup>b,B</sup>  | 5.24±0.06 <sup>c,C</sup>  | 5.62±0.10 <sup>d,D</sup>  | 5.72±0.05 <sup>d,E</sup>    | 5.84±0.09 <sup>cd,F</sup> |
| S132-30  | 3.31±0.20 <sup>a,A</sup>                     | 4.02±0.05 <sup>a,B</sup>  | 4.72±0.16 <sup>a,C</sup>  | 4.77±0.14 <sup>a,C</sup>  | 4.83±0.08 <sup>a,C</sup>    | 4.87±0.05 <sup>a,C</sup>  |
| S97-5    | 3.79±0.09 <sup>cd,A</sup>                    | 4.65±0.05 <sup>de,B</sup> | 5.15±0.03 <sup>c,C</sup>  | 6.00±0.11 <sup>ef,D</sup> | 6.05±0.05 <sup>fg,h,D</sup> | 6.07±0.04 <sup>ef,D</sup> |
| S97-30   | 3.71±0.07 <sup>bc,A</sup>                    | 4.59±0.02 <sup>d,B</sup>  | 4.93±0.07 <sup>b,C</sup>  | 5.86±0.06 <sup>e,D</sup>  | 5.87±0.05 <sup>e,D</sup>    | 5.93±0.06 <sup>d,D</sup>  |
| T139-5   | 3.57±0.09 <sup>b,A</sup>                     | 4.62±0.02 <sup>de,B</sup> | 5.76±0.09 <sup>de,C</sup> | 6.04±0.08 <sup>ef,D</sup> | 6.06±0.07 <sup>gh,D</sup>   | 6.10±0.08 <sup>f,D</sup>  |
| T139-30  | 3.33±0.06 <sup>a,A</sup>                     | 4.27±0.07 <sup>b,B</sup>  | 5.68±0.14 <sup>d,DE</sup> | 5.37±0.24 <sup>c,C</sup>  | 5.47±0.16 <sup>c,CD</sup>   | 5.78±0.12 <sup>c,E</sup>  |
| T115-5   | 3.90±0.07 <sup>de,A</sup>                    | 4.45±0.05 <sup>c,B</sup>  | 5.25±0.06 <sup>c,C</sup>  | 6.11±0.03 <sup>f,D</sup>  | 6.13±0.05 <sup>h,D</sup>    | 6.16±0.05 <sup>f,D</sup>  |
| T115-30  | 3.34±0.14 <sup>a,A</sup>                     | 4.24±0.04 <sup>b,B</sup>  | 4.73±0.19 <sup>a,C</sup>  | 5.89±0.07 <sup>e,D</sup>  | 5.93±0.05 <sup>efg,D</sup>  | 5.96±0.05 <sup>de,D</sup> |
| T127-5   | 4.02±0.07 <sup>e,A</sup>                     | 4.70±0.02 <sup>e,B</sup>  | 5.69±0.07 <sup>d,C</sup>  | 5.86±0.11 <sup>e,D</sup>  | 5.90±0.09 <sup>ef,D</sup>   | 5.94±0.09 <sup>de,D</sup> |
| T127-30  | 3.62±0.10 <sup>b,A</sup>                     | 4.41±0.03 <sup>c,B</sup>  | 4.72±0.24 <sup>a,C</sup>  | 4.97±0.11 <sup>b,D</sup>  | 5.14±0.16 <sup>b,DE</sup>   | 5.22±0.18 <sup>b,E</sup>  |
| S-5      | 4.88±0.05 <sup>g,A</sup>                     | 5.83±0.08 <sup>g,B</sup>  | 5.91±0.10 <sup>e,B</sup>  | 6.38±0.10 <sup>g,C</sup>  | 6.49±0.06 <sup>ij,CD</sup>  | 6.56±0.07 <sup>g,D</sup>  |
| S-30     | 4.65±0.12 <sup>f,A</sup>                     | 5.65±0.13 <sup>f,B</sup>  | 5.72±0.05 <sup>de,B</sup> | 6.31±0.19 <sup>g,C</sup>  | 6.38±0.16 <sup>i,C</sup>    | 6.51±0.11 <sup>g,C</sup>  |
| K        | 4.94±0.08 <sup>g,A</sup>                     | 5.91±0.05 <sup>g,B</sup>  | 5.87±0.16 <sup>de,B</sup> | 6.60±0.09 <sup>h,C</sup>  | 6.63±0.11 <sup>j,C</sup>    | 6.74±0.07 <sup>h,C</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, marul örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla Enterobacteriaceae sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde örneklerin Enterobacteriaceae

sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.35-2.31, 0.96-2.21, 1.32-3.17, 1.07-2.68, 1.12-2.37 ve 1.10-2.43 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.44). Enterobacteriaceae sayısında en fazla azalma (3.17 log kob/g), depolamanın 6. gününde *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören T127-30 örneğinde gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, depolamanın sonunda Enterobacteriaceae sayılarında en fazla azalma *P. acidilactici* T115'ten elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören T115-30 örneğinde belirlenmiştir. Depolama süresince, postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örneklerin Enterobacteriaceae sayılarının 5 dakika işlem gören örneklere kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir ( $P>0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin Enterobacteriaceae sayılarının arttığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.44** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g) |                           |                          |                           |                           |                           |
|----------|-----------------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                  | 3. gün                    | 6. gün                   | 9. gün                    | 12. gün                   | 15. gün                   |
| S132-5   | 2.67±0.10 <sup>c,A</sup>                | 2.92±0.08 <sup>e,B</sup>  | 2.69±0.07 <sup>d,A</sup> | 3.21±0.15 <sup>d,C</sup>  | 3.54±0.09 <sup>d,D</sup>  | 3.67±0.08 <sup>e,D</sup>  |
| S132-30  | 2.05±0.16 <sup>a,A</sup>                | 2.68±0.08 <sup>cd,C</sup> | 2.26±0.17 <sup>c,A</sup> | 2.91±0.08 <sup>c,D</sup>  | 3.13±0.14 <sup>bc,E</sup> | 3.31±0.16 <sup>c,E</sup>  |
| S97-5    | 2.60±0.13 <sup>c,A</sup>                | 2.80±0.11 <sup>de,A</sup> | 2.58±0.17 <sup>d,A</sup> | 2.77±0.11 <sup>b,A</sup>  | 3.15±0.20 <sup>c,B</sup>  | 3.54±0.09 <sup>d,C</sup>  |
| S97-30   | 2.24±0.23 <sup>ab,A</sup>               | 2.48±0.25 <sup>bc,B</sup> | 2.03±0.16 <sup>b,A</sup> | 2.53±0.09 <sup>a,B</sup>  | 2.92±0.04 <sup>a,C</sup>  | 3.09±0.03 <sup>ab,C</sup> |
| T139-5   | 2.76±0.09 <sup>cd,A</sup>               | 2.93±0.06 <sup>e,B</sup>  | 3.17±0.04 <sup>e,C</sup> | 3.97±0.06 <sup>e,D</sup>  | 4.15±0.07 <sup>f,E</sup>  | 4.34±0.05 <sup>h,F</sup>  |
| T139-30  | 2.03±0.28 <sup>a,A</sup>                | 2.80±0.15 <sup>de,C</sup> | 2.35±0.10 <sup>c,B</sup> | 3.94±0.06 <sup>e,D</sup>  | 3.98±0.04 <sup>e,D</sup>  | 4.02±0.04 <sup>f,D</sup>  |
| T115-5   | 2.99±0.06 <sup>de,A</sup>               | 3.39±0.25 <sup>f,B</sup>  | 3.01±0.21 <sup>e,A</sup> | 4.14±0.05 <sup>fg,C</sup> | 4.17±0.04 <sup>f,C</sup>  | 4.21±0.09 <sup>g,C</sup>  |
| T115-30  | 2.36±0.14 <sup>b,AB</sup>               | 2.44±0.18 <sup>b,B</sup>  | 2.22±0.16 <sup>c,A</sup> | 2.54±0.08 <sup>a,B</sup>  | 2.99±0.05 <sup>ab,C</sup> | 3.01±0.09 <sup>a,C</sup>  |
| T127-5   | 2.93±0.07 <sup>de,A</sup>               | 3.19±0.12 <sup>f,B</sup>  | 3.66±0.11 <sup>f,C</sup> | 4.09±0.07 <sup>f,D</sup>  | 4.15±0.06 <sup>f,DE</sup> | 4.22±0.06 <sup>g,E</sup>  |
| T127-30  | 2.19±0.25 <sup>ab,B</sup>               | 2.14±0.15 <sup>a,B</sup>  | 1.81±0.16 <sup>a,A</sup> | 2.86±0.11 <sup>bc,C</sup> | 2.98±0.04 <sup>a,CD</sup> | 3.17±0.06 <sup>ab,D</sup> |
| S-5      | 3.31±0.08 <sup>f,A</sup>                | 4.22±0.07 <sup>h,B</sup>  | 4.28±0.04 <sup>h,B</sup> | 4.40±0.05 <sup>h,C</sup>  | 4.80±0.13 <sup>h,D</sup>  | 4.96±0.05 <sup>j,E</sup>  |
| S-30     | 3.11±0.08 <sup>ef,A</sup>               | 3.79±0.12 <sup>g,B</sup>  | 3.95±0.05 <sup>g,C</sup> | 4.22±0.08 <sup>g,D</sup>  | 4.53±0.13 <sup>g,E</sup>  | 4.76±0.10 <sup>i,F</sup>  |
| K        | 4.34±0.03 <sup>g,A</sup>                | 4.35±0.09 <sup>h,A</sup>  | 4.98±0.05 <sup>i,B</sup> | 5.21±0.08 <sup>i,C</sup>  | 5.29±0.06 <sup>i,C</sup>  | 5.44±0.03 <sup>k,D</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, marul örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla LAB sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1. ve 3. günlerinde postbiyotik ile işlem gören örneklerin LAB sayılarının tespit

edilebilir limitin altında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, S97-30, T139-5, T139-30, T115-30, T127-5 ve T127-30 örneklerinin LAB sayılarının depolamanın 6. gününde, T139-30 ve T115-30 örneklerinin LAB sayılarının depolamanın 9. gününde tespit edilebilir limitin altında olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 15. gününde örneklerin LAB sayılarının kontrol örneğine kıyasla 0.98-1.80 log kob/g aralığında azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.45).

**Çizelge 4.45** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince laktik asit bakteri sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Laktik asit bakteri sayıları (log kob/g) |                           |                            |                           |                           |                           |
|----------|------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                   | 3. gün                    | 6. gün                     | 9. gün                    | 12. gün                   | 15. gün                   |
| S132-5   | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | 1.63±0.25 <sup>d,B</sup>   | 2.44±0.10 <sup>gh,C</sup> | 2.72±0.17 <sup>d,D</sup>  | 2.86±0.13 <sup>d,D</sup>  |
| S132-30  | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | 1.15±0.17 <sup>b,B</sup>   | 2.05±0.12 <sup>ef,C</sup> | 2.45±0.19 <sup>c,D</sup>  | 2.76±0.13 <sup>cd,E</sup> |
| S97-5    | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | 1.42±0.15 <sup>c,B</sup>   | 1.85±0.27 <sup>de,C</sup> | 2.52±0.10 <sup>cd,D</sup> | 2.75±0.15 <sup>cd,E</sup> |
| S97-30   | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>       | 1.44±0.36 <sup>c,B</sup>  | 1.87±0.13 <sup>a,C</sup>  | 2.04±0.10 <sup>a,C</sup>  |
| T139-5   | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>       | 1.68±0.29 <sup>cd,B</sup> | 2.59±0.17 <sup>cd,C</sup> | 2.63±0.15 <sup>c,C</sup>  |
| T139-30  | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>       | <1.00 <sup>a,A</sup>      | 2.16±0.16 <sup>b,B</sup>  | 2.29±0.15 <sup>b,C</sup>  |
| T115-5   | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | 1.62±0.11 <sup>d,B</sup>   | 2.24±0.13 <sup>fg,C</sup> | 2.51±0.22 <sup>cd,D</sup> | 2.54±0.19 <sup>c,D</sup>  |
| T115-30  | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>       | <1.00 <sup>a,A</sup>      | 1.91±0.16 <sup>ab,B</sup> | 2.08±0.14 <sup>ab,C</sup> |
| T127-5   | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>       | 1.54±0.07 <sup>c,B</sup>  | 1.99±0.14 <sup>ab,C</sup> | 2.14±0.09 <sup>ab,D</sup> |
| T127-30  | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>       | 1.15±0.17 <sup>b,B</sup>  | 1.91±0.17 <sup>ab,C</sup> | 2.05±0.12 <sup>a,C</sup>  |
| S-5      | 2.64±0.09 <sup>c,A</sup>                 | 2.75±0.12 <sup>c,AB</sup> | 2.77±0.11 <sup>ef,AB</sup> | 2.88±0.13 <sup>i,B</sup>  | 3.62±0.15 <sup>f,C</sup>  | 3.74±0.13 <sup>f,C</sup>  |
| S-30     | 2.28±0.21 <sup>b,A</sup>                 | 2.59±0.21 <sup>b,AB</sup> | 2.61±0.17 <sup>e,B</sup>   | 2.62±0.16 <sup>h,B</sup>  | 3.27±0.24 <sup>e,C</sup>  | 3.49±0.23 <sup>e,C</sup>  |
| K        | 2.73±0.10 <sup>c,A</sup>                 | 2.90±0.07 <sup>d,B</sup>  | 2.93±0.06 <sup>f,B</sup>   | 2.95±0.07 <sup>i,B</sup>  | 3.59±0.14 <sup>f,C</sup>  | 3.84±0.09 <sup>f,D</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h, i) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın son aşamasında, marul örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla küf-maya sayımları gerçekleştirilmiş ve depolama süresince örneklerin küf-maya sayılarının tespit edilebilir limitin altında olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören marul örneklerinin TMAB, TPAB, Enterobacteriaceae, *Pseudomonas* spp. ve LAB sayılarının 5 dakika işlem gören örneklere kıyasla daha

düşük olduğu gözlemlenmiştir ( $P>0.05$ ). Depolamanın sonunda TMAB sayılarında en fazla azalma, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139 ve *P. acidilactici* T115'ten elde edilen postbiyotikler ile işlem gören örneklerde gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, TPAB ve *Pseudomonas* spp. sayılarında en fazla azalma *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile işlem gören S132-30 örneğinde gözlemlenmiştir. *E. faecalis* S132-30'dan elde edilen postbiyotikler, *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotiklerden sonra en yüksek toplam asitlik ve toplam fenolik madde içeriğine sahiptir (Çizelge 4.31), ancak *E. faecalis* S132-30'dan elde edilen postbiyotiklerden farklı olarak *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler hidrojen peroksit içermemektedir (Çizelge 4.3). Bu nedenle, *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotiklerin TPAB ve *Pseudomonas* spp. üzerine inaktivasyon etkisi, postbiyotikte bulunan asitlik, biyoaktif bileşikler ve başta hidrojen peroksit olmak üzere içerdiği metabolitler ile ilişkilendirilebilir. Elde edilen sonuçlar, postbiyotiklerin inaktivasyon etkilerinin mikroorganizma türüne bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur.

Literatürde, meyve ve sebzelerin mikrobiyal kalitesinin korunması ve raf ömrünün arttırılması amacıyla postbiyotiklerin kullanıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Ramos et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, marul, roka salatası, ıspanak ve maydanoz örnekleri *P. pentosaceus* suşunun ürettiği postbiyotikler (%10) ile 5 dakika yıkama işlemine tabi tutulmuş ve marul örnekleri 4°C'de 7 gün, roka salatası örnekleri 4°C'de 9 gün, ıspanak ve maydanoz örnekleri 4°C'de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda tüm örneklerin LAB sayıları 0.2 log kob/g azalırken, marul ve roka salatası örneklerinin TMAB sayıları 0.5 log kob/g azalma göstermiştir. Bununla birlikte, postbiyotik uygulaması ile maydanoz örneklerinin TMAB sayıları 0.2 log kob/g azalırken, ıspanak örneklerinin TMAB sayılarında kontrol örneğine kıyasla farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, tarafımızca yürütülen çalışma ile kıyaslandığında, postbiyotiklerin doğal mikrobiyota üzerine etkilerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Yapılan başka bir çalışmada, tüketime hazır yapraklı sebzeler (kırmızı pancar, horoz ibiği çiçeği, turp) *L. brevis* WK12 ve *L. mesenteroides* WK32'den elde edilen postbiyotikler (%5) ile hazırlanan yıkama sıvılarında 5 dakika bekletilmiştir. 24 saatlik depolamanın ardından örneklerin TMAB, koliform ve küf-maya sayılarının 1.03-1.60, 1.02-1.13 ve 0.62-0.79 log kob/g aralığında

azaldığı tespit edilmiştir (Lee et al., 2016). Bhatia et al. (2016) tarafından yapılan başka bir çalışmada, fuji elması örnekleri *L. acidophilus* suşunun ürettiği bakteriyosin LA343 (100 µg/mL) ile işlem görmüş ve örnekler 25°C’de 20 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda örneklerin TMAB ve küf-maya sayılarının sırasıyla 2.6 ve 3.4 log kob/g azaldığı belirlenmiştir. Elde edilen tüm bu sonuçlar, postbiyotiklerin meyve ve sebzelerin doğal mikrobiyotası üzerine inhibisyon etkilerinin meyve ve sebze türlerine, kullanılan üretici suşa, postbiyotik konsantrasyonuna, depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymuştur.

#### **4.7.2 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri**

Tez çalışmasının bu aşamasında, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115 ve *S. thermophilus* T127’den elde edilen postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 5 ve 30 dakika bekletilen marul örneklerinin 4°C’de 15 gün depolama süresince pH ve renk değerleri incelenmiştir.

##### **4.7.2.1 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin pH değerleri**

Postbiyotik ile işlem gören marul örneklerinin depolama süresince pH değerleri 5.41-5.80 aralığında belirlenirken, kontrol örneklerinin (S-5, S-30 ve K) pH değerleri 5.59-5.91 aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4.46). Depolama süresince postbiyotik ile işlem gören marul örneklerinin pH değerlerinin kontrol örneklerine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Ayrıca, postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örneklerin pH değerlerinin 5 dakika işlem gören örneklere kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin pH değerlerinin arttığı tespit edilmiş ( $P<0.05$ ) ve bu durumun depolama sırasında endojen mikroorganizmaların çoğalmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Literatürde postbiyotikler ile işlem gören marul örneklerinin pH değerlerinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

**Çizelge 4.46** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince pH değerleri

| Örnekler | pH değerleri              |                           |                           |                           |                            |                           |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                    | 3. gün                    | 6. gün                    | 9. gün                    | 12. gün                    | 15. gün                   |
| S132-5   | 5.55±0.02 <sup>d,A</sup>  | 5.59±0.04 <sup>de,B</sup> | 5.70±0.02 <sup>e,C</sup>  | 5.74±0.02 <sup>e,D</sup>  | 5.77±0.02 <sup>d,DE</sup>  | 5.80±0.02 <sup>f,E</sup>  |
| S132-30  | 5.50±0.02 <sup>c,A</sup>  | 5.51±0.05 <sup>bc,A</sup> | 5.64±0.02 <sup>d,B</sup>  | 5.63±0.02 <sup>bc,B</sup> | 5.65±0.01 <sup>a,B</sup>   | 5.67±0.01 <sup>ab,B</sup> |
| S97-5    | 5.58±0.02 <sup>de,A</sup> | 5.60±0.04 <sup>ef,A</sup> | 5.66±0.02 <sup>d,B</sup>  | 5.76±0.01 <sup>ef,C</sup> | 5.78±0.02 <sup>d,C</sup>   | 5.80±0.01 <sup>f,C</sup>  |
| S97-30   | 5.49±0.02 <sup>c,A</sup>  | 5.54±0.04 <sup>cd,B</sup> | 5.57±0.05 <sup>c,B</sup>  | 5.62±0.01 <sup>ab,C</sup> | 5.66±0.01 <sup>ab,CD</sup> | 5.68±0.01 <sup>bc,D</sup> |
| T139-5   | 5.52±0.01 <sup>c,A</sup>  | 5.54±0.02 <sup>cd,A</sup> | 5.62±0.02 <sup>d,B</sup>  | 5.70±0.02 <sup>d,C</sup>  | 5.74±0.02 <sup>c,D</sup>   | 5.76±0.02 <sup>de,D</sup> |
| T139-30  | 5.43±0.02 <sup>ab,A</sup> | 5.44±0.02 <sup>a,A</sup>  | 5.50±0.01 <sup>a,B</sup>  | 5.61±0.01 <sup>ab,C</sup> | 5.65±0.02 <sup>a,D</sup>   | 5.66±0.01 <sup>ab,D</sup> |
| T115-5   | 5.50±0.03 <sup>c,A</sup>  | 5.51±0.01 <sup>bc,A</sup> | 5.56±0.02 <sup>bc,B</sup> | 5.66±0.04 <sup>c,C</sup>  | 5.68±0.02 <sup>b,CD</sup>  | 5.70±0.02 <sup>c,D</sup>  |
| T115-30  | 5.45±0.01 <sup>b,A</sup>  | 5.48±0.03 <sup>b,A</sup>  | 5.52±0.02 <sup>ab,B</sup> | 5.60±0.02 <sup>a,C</sup>  | 5.65±0.01 <sup>a,D</sup>   | 5.67±0.01 <sup>ab,D</sup> |
| T127-5   | 5.55±0.02 <sup>d,A</sup>  | 5.57±0.02 <sup>de,A</sup> | 5.65±0.03 <sup>d,B</sup>  | 5.74±0.02 <sup>e,C</sup>  | 5.77±0.02 <sup>d,CD</sup>  | 5.78±0.02 <sup>ef,D</sup> |
| T127-30  | 5.41±0.02 <sup>a,A</sup>  | 5.49±0.03 <sup>b,B</sup>  | 5.54±0.01 <sup>bc,C</sup> | 5.60±0.02 <sup>ab,D</sup> | 5.64±0.01 <sup>a,E</sup>   | 5.65±0.01 <sup>a,E</sup>  |
| S-5      | 5.59±0.01 <sup>e,A</sup>  | 5.64±0.02 <sup>fg,B</sup> | 5.65±0.04 <sup>d,B</sup>  | 5.70±0.02 <sup>d,C</sup>  | 5.74±0.02 <sup>c,D</sup>   | 5.76±0.02 <sup>d,D</sup>  |
| S-30     | 5.60±0.02 <sup>e,A</sup>  | 5.68±0.02 <sup>gh,B</sup> | 5.71±0.01 <sup>e,C</sup>  | 5.77±0.01 <sup>f,D</sup>  | 5.82±0.01 <sup>e,E</sup>   | 5.83±0.01 <sup>g,E</sup>  |
| K        | 5.70±0.04 <sup>f,A</sup>  | 5.71±0.02 <sup>h,A</sup>  | 5.76±0.05 <sup>f,B</sup>  | 5.84±0.02 <sup>g,C</sup>  | 5.88±0.02 <sup>f,CD</sup>  | 5.91±0.01 <sup>h,D</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

#### **4.7.2.2 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin renk özellikleri**

Bu tez çalışması kapsamında, postbiyotikler ile işlem gören marul örneklerinin önemli bir kalite kriteri olan renk özellikleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) incelenmiştir. Postbiyotik ile işlem gören marul örneklerinin depolama süresince  $L^*$  değerleri 41.72-51.81 aralığında değişim gösterirken, kontrol örneklerinin  $L^*$  değerleri 43.19-55.46 aralığında tespit edilmiştir (Çizelge 4.47). Depolama süresi arttıkça örneklerin  $L^*$  değerlerinin arttığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte, postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örneklerin  $L^*$  değerlerinin 5 dakika işlem gören örneklere kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir ( $P<0.05$ ).



**Çizelge 4.47** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince  $L^*$  değerleri

| Örnekler | $L^*$ değerleri            |                             |                             |                             |                             |                            |
|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                     | 3. gün                      | 6. gün                      | 9. gün                      | 12. gün                     | 15. gün                    |
| S132-5   | 47.00±1.28 <sup>d,A</sup>  | 48.44±1.87 <sup>cd,B</sup>  | 49.46±0.85 <sup>e,BC</sup>  | 49.86±0.58 <sup>ef,C</sup>  | 50.05±0.36 <sup>ef,C</sup>  | 50.29±0.69 <sup>de,C</sup> |
| S132-30  | 44.79±1.52 <sup>c,A</sup>  | 45.56±1.86 <sup>a,AB</sup>  | 45.16±0.72 <sup>a,AB</sup>  | 45.62±0.46 <sup>a,AB</sup>  | 46.29±0.56 <sup>a,BC</sup>  | 47.08±0.73 <sup>a,C</sup>  |
| S97-5    | 48.23±0.60 <sup>ef,A</sup> | 51.42±1.00 <sup>f,C</sup>   | 50.13±0.63 <sup>ef,B</sup>  | 50.47±0.56 <sup>f,B</sup>   | 51.01±1.11 <sup>g,BC</sup>  | 51.81±1.04 <sup>g,C</sup>  |
| S97-30   | 45.75±1.01 <sup>c,A</sup>  | 46.18±3.15 <sup>ab,A</sup>  | 47.40±1.83 <sup>c,AB</sup>  | 48.41±0.55 <sup>d,BC</sup>  | 49.50±0.35 <sup>e,CD</sup>  | 50.14±0.61 <sup>d,D</sup>  |
| T139-5   | 47.32±0.26 <sup>de,A</sup> | 47.57±1.62 <sup>bc,AB</sup> | 48.30±0.62 <sup>d,B</sup>   | 49.32±0.58 <sup>e,C</sup>   | 50.22±0.53 <sup>ef,D</sup>  | 50.96±0.54 <sup>ef,D</sup> |
| T139-30  | 41.72±1.09 <sup>a,A</sup>  | 44.91±0.90 <sup>a,B</sup>   | 45.88±1.51 <sup>ab,BC</sup> | 47.02±1.16 <sup>b,CD</sup>  | 47.71±1.34 <sup>bc,D</sup>  | 49.03±0.96 <sup>c,E</sup>  |
| T115-5   | 44.91±1.40 <sup>c,A</sup>  | 46.15±2.41 <sup>ab,B</sup>  | 46.20±0.48 <sup>b,B</sup>   | 47.34±0.35 <sup>bc,BC</sup> | 48.40±0.71 <sup>cd,CD</sup> | 49.26±0.35 <sup>c,D</sup>  |
| T115-30  | 43.10±0.70 <sup>b,A</sup>  | 45.46±0.47 <sup>a,B</sup>   | 45.54±0.59 <sup>ab,B</sup>  | 46.16±0.23 <sup>a,C</sup>   | 47.09±0.25 <sup>b,D</sup>   | 48.09±0.49 <sup>b,E</sup>  |
| T127-5   | 48.74±0.059 <sup>f,A</sup> | 48.35±0.53 <sup>cd,A</sup>  | 49.29±0.55 <sup>e,B</sup>   | 50.36±0.41 <sup>f,C</sup>   | 50.68±0.41 <sup>fg,C</sup>  | 51.61±0.34 <sup>fg,D</sup> |
| T127-30  | 44.67±1.49 <sup>c,A</sup>  | 44.90±0.96 <sup>a,AB</sup>  | 45.83±0.87 <sup>ab,B</sup>  | 47.77±0.88 <sup>c,C</sup>   | 48.72±0.86 <sup>d,C</sup>   | 50.04±0.48 <sup>d,D</sup>  |
| S-5      | 47.17±0.58 <sup>de,A</sup> | 51.44±0.81 <sup>f,C</sup>   | 50.77±0.53 <sup>f,B</sup>   | 51.40±0.65 <sup>g,C</sup>   | 52.91±0.36 <sup>h,D</sup>   | 53.59±0.66 <sup>h,E</sup>  |
| S-30     | 43.19±0.65 <sup>b,A</sup>  | 50.55±0.83 <sup>ef,B</sup>  | 50.52±0.65 <sup>f,B</sup>   | 51.84±0.44 <sup>g,C</sup>   | 52.99±0.54 <sup>h,D</sup>   | 53.91±0.61 <sup>h,E</sup>  |
| K        | 45.32±1.19 <sup>c,A</sup>  | 49.43±1.10 <sup>de,B</sup>  | 52.22±0.33 <sup>g,C</sup>   | 53.71±0.24 <sup>h,D</sup>   | 54.42±0.98 <sup>i,D</sup>   | 55.46±1.20 <sup>i,E</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h, i) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Postbiyotik ile işlem gören marul örneklerinin depolama süresince  $a^*$  değerleri -9.47 ve -6.61 aralığında değişim gösterirken, kontrol örneklerinin  $a^*$  değerleri -8.96 ve -7.03 aralığında tespit edilmiştir (Çizelge 4.48). Depolama süresince genellikle postbiyotik uygulaması ile marul örneklerinin yeşil renginin korunduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.48** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince  $a^*$  değerleri

| Örnekler | $a^*$ değerleri              |                               |                              |                               |                              |                             |
|----------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|          | 1. gün                       | 3. gün                        | 6. gün                       | 9. gün                        | 12. gün                      | 15. gün                     |
| S132-5   | -9.22±0.98 <sup>abc,A</sup>  | -8.28±0.88 <sup>b,AB</sup>    | -8.19±0.67 <sup>abc,B</sup>  | -8.19±0.29 <sup>abcd,B</sup>  | -8.43±0.76 <sup>a,AB</sup>   | -8.81±1.40 <sup>a,AB</sup>  |
| S132-30  | -8.31±0.90 <sup>cd,AB</sup>  | -7.80±0.60 <sup>bcd,B</sup>   | -8.26±0.82 <sup>ab,AB</sup>  | -8.68±0.20 <sup>a,A</sup>     | -8.57±0.56 <sup>a,A</sup>    | -8.53±0.31 <sup>ab,A</sup>  |
| S97-5    | -8.41±0.70 <sup>bcd,A</sup>  | -7.49±0.06 <sup>cdef,B</sup>  | -7.44±0.58 <sup>de,B</sup>   | -7.82±0.15 <sup>de,B</sup>    | -7.49±0.53 <sup>bc,B</sup>   | -8.40±0.11 <sup>ab,A</sup>  |
| S97-30   | -8.77±0.76 <sup>abcd,A</sup> | -7.23±0.56 <sup>def,B</sup>   | -8.08±0.68 <sup>abcd,A</sup> | -8.51±0.38 <sup>abc,A</sup>   | -8.40±1.01 <sup>a,A</sup>    | -8.06±0.17 <sup>bc,A</sup>  |
| T139-5   | -8.94±1.14 <sup>abcd,A</sup> | -6.91±0.67 <sup>f,C</sup>     | -6.61±0.36 <sup>f,C</sup>    | -7.91±0.80 <sup>cde,B</sup>   | -8.40±0.84 <sup>a,AB</sup>   | -8.02±0.19 <sup>bc,B</sup>  |
| T139-30  | -8.37±0.97 <sup>bcd,A</sup>  | -7.18±0.69 <sup>def,B</sup>   | -8.12±0.40 <sup>abc,A</sup>  | -8.02±0.32 <sup>cde,A</sup>   | -7.85±0.68 <sup>abc,AB</sup> | -7.86±0.63 <sup>bc,AB</sup> |
| T115-5   | -8.34±1.21 <sup>bcd,AB</sup> | -7.98±0.20 <sup>bc,AB</sup>   | -7.54±0.45 <sup>cde,B</sup>  | -8.04±0.85 <sup>cde,AB</sup>  | -8.34±0.65 <sup>a,AB</sup>   | -8.43±0.49 <sup>ab,A</sup>  |
| T115-30  | -9.47±1.01 <sup>a,A</sup>    | -9.45±0.64 <sup>a,A</sup>     | -8.08±0.12 <sup>abcd,B</sup> | -8.41±0.85 <sup>abcd,B</sup>  | -8.46±0.47 <sup>a,B</sup>    | -8.42±0.93 <sup>ab,B</sup>  |
| T127-5   | -9.34±0.56 <sup>ab,A</sup>   | -7.72±0.44 <sup>bcde,BC</sup> | -7.74±0.53 <sup>bcd,BC</sup> | -8.08±0.69 <sup>bcde,BC</sup> | -7.54±0.37 <sup>bc,C</sup>   | -8.24±0.41 <sup>abc,B</sup> |
| T127-30  | -8.14±0.69 <sup>d,A</sup>    | -8.35±0.52 <sup>b,A</sup>     | -8.16±0.68 <sup>abc,A</sup>  | -8.66±0.61 <sup>ab,A</sup>    | -8.20±0.71 <sup>ab,A</sup>   | -7.98±0.81 <sup>bc,A</sup>  |
| S-5      | -8.96±0.63 <sup>abcd,A</sup> | -7.78±0.58 <sup>bcd,B</sup>   | -7.03±0.31 <sup>ef,D</sup>   | -7.49±0.28 <sup>e,BCD</sup>   | -7.18±0.54 <sup>c,CD</sup>   | -7.58±0.46 <sup>c,BC</sup>  |
| S-30     | -8.72±0.90 <sup>abcd,A</sup> | -7.04±0.73 <sup>ef,C</sup>    | -8.47±0.63 <sup>a,AB</sup>   | -8.78±0.15 <sup>a,A</sup>     | -8.03±0.55 <sup>ab,B</sup>   | -7.96±0.44 <sup>bc,B</sup>  |
| K        | -8.30±0.17 <sup>cd,A</sup>   | -7.57±0.93 <sup>cdef,A</sup>  | -7.70±0.85 <sup>bcd,A</sup>  | -8.03±0.45 <sup>cde,A</sup>   | -8.12±0.79 <sup>ab,A</sup>   | -8.23±0.55 <sup>abc,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Postbiyotik ile işlem gören marul örneklerinin depolama süresince  $b^*$  değerleri 26.01-31.83 aralığında değişirken, kontrol örneklerinin  $b^*$  değerlerinin 27.51-31.05 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.49). Depolamanın başında ve sonunda örneklerin  $b^*$  değerlerinin istatistiksel açıdan farklı olmadığı görülmektedir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.49** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince  $b^*$  değerleri

| Örnekler | $b^*$ değerleri            |                              |                               |                              |                               |                            |
|----------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                     | 3. gün                       | 6. gün                        | 9. gün                       | 12. gün                       | 15. gün                    |
| S132-5   | 29.22±2.59 <sup>a,B</sup>  | 28.60±2.83 <sup>abcd,B</sup> | 26.36±1.59 <sup>ab,A</sup>    | 27.74±0.23 <sup>ab,AB</sup>  | 28.37±1.03 <sup>ab,AB</sup>   | 28.25±2.25 <sup>a,AB</sup> |
| S132-30  | 28.24±2.77 <sup>a,AB</sup> | 26.26±2.22 <sup>a,A</sup>    | 28.80±3.05 <sup>bcd,B</sup>   | 28.34±1.14 <sup>abc,AB</sup> | 28.43±0.81 <sup>ab,AB</sup>   | 28.73±1.40 <sup>a,B</sup>  |
| S97-5    | 30.39±2.53 <sup>a,A</sup>  | 27.64±0.34 <sup>abc,A</sup>  | 28.28±2.29 <sup>abcd,A</sup>  | 29.62±3.37 <sup>bc,A</sup>   | 29.75±3.51 <sup>abc,A</sup>   | 29.33±3.42 <sup>a,A</sup>  |
| S97-30   | 28.47±2.16 <sup>a,AB</sup> | 27.15±2.20 <sup>ab,A</sup>   | 28.18±2.83 <sup>abcd,AB</sup> | 29.58±0.69 <sup>bc,B</sup>   | 29.77±0.77 <sup>abc,B</sup>   | 29.52±0.54 <sup>a,B</sup>  |
| T139-5   | 29.74±3.49 <sup>a,C</sup>  | 27.20±2.88 <sup>ab,AB</sup>  | 26.01±1.89 <sup>a,A</sup>     | 27.08±0.56 <sup>a,AB</sup>   | 27.55±0.41 <sup>a,AB</sup>    | 28.50±0.85 <sup>a,BC</sup> |
| T139-30  | 29.30±3.42 <sup>a,BC</sup> | 26.09±2.68 <sup>a,A</sup>    | 27.39±0.40 <sup>abc,AB</sup>  | 28.18±0.50 <sup>ab,BC</sup>  | 29.56±0.49 <sup>abc,C</sup>   | 29.52±0.79 <sup>a,C</sup>  |
| T115-5   | 29.83±4.73 <sup>a,A</sup>  | 29.55±0.70 <sup>bcd,A</sup>  | 30.15±1.77 <sup>d,A</sup>     | 30.21±1.34 <sup>cd,A</sup>   | 29.58±0.69 <sup>abc,A</sup>   | 28.65±1.51 <sup>a,A</sup>  |
| T115-30  | 29.98±3.14 <sup>a,AB</sup> | 31.13±2.25 <sup>d,B</sup>    | 28.18±0.50 <sup>abcd,A</sup>  | 28.70±1.00 <sup>abc,A</sup>  | 30.25±1.75 <sup>bc,AB</sup>   | 29.95±2.54 <sup>a,AB</sup> |
| T127-5   | 28.45±1.19 <sup>a,AB</sup> | 29.32±1.89 <sup>bcd,B</sup>  | 28.59±2.14 <sup>abcd,AB</sup> | 28.60±1.57 <sup>abc,AB</sup> | 27.41±1.21 <sup>a,A</sup>     | 30.01±1.91 <sup>a,B</sup>  |
| T127-30  | 31.18±3.58 <sup>a,A</sup>  | 29.41±1.76 <sup>bcd,A</sup>  | 30.30±3.00 <sup>d,A</sup>     | 31.83±2.24 <sup>d,A</sup>    | 31.73±3.04 <sup>c,A</sup>     | 30.60±2.19 <sup>a,A</sup>  |
| S-5      | 31.05±2.80 <sup>a,C</sup>  | 30.22±2.41 <sup>cd,BC</sup>  | 28.50±1.61 <sup>abcd,AB</sup> | 27.51±1.67 <sup>a,A</sup>    | 29.61±2.65 <sup>abc,ABC</sup> | 30.49±1.96 <sup>a,BC</sup> |
| S-30     | 29.46±3.28 <sup>a,A</sup>  | 29.64±3.56 <sup>bcd,A</sup>  | 29.44±2.58 <sup>cd,A</sup>    | 29.05±3.05 <sup>abc,A</sup>  | 30.26±3.62 <sup>bc,A</sup>    | 29.44±4.07 <sup>a,A</sup>  |
| K        | 28.48±0.95 <sup>a,A</sup>  | 28.56±3.54 <sup>abcd,A</sup> | 28.92±3.44 <sup>bcd,A</sup>   | 29.64±1.56 <sup>bc,A</sup>   | 29.38±1.78 <sup>abc,A</sup>   | 29.62±3.90 <sup>a,A</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Genel olarak değerlendirildiğinde, marul örneklerinde depolama süresi arttıkça örneklerin  $L^*$  değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, depolamanın başında ve sonunda marul örneklerinin  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin istatistiksel açıdan farklı olmadığı belirlenmiştir. Depolamanın sonunda  $a^*$  değerlerinin farklılık göstermemesi ( $P>0.05$ ), postbiyotik uygulaması ile marul örneklerinin yeşil renginin korunduğunu ifade etmektedir. Ramos et al. (2020), *P. pentosaceus* suşunun ürettiği postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 5 dakika bekletilen marul örneklerinin  $a^*$  değerlerinin depolama süresince istatistiksel açıdan farklılık göstermediğini belirtmiştir. Wang et al. (2021) tarafından yapılan başka bir çalışmada, asetik asit (%1) ve laktik asit (%1) ile işlem gören marul örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin sırasıyla 50.53-53.27, (-)19.22-(-)19.60 ve 35.29-36.89 aralığında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, asetik asit ve laktik asit uygulaması ile marul örneklerinin yeşil renginin korunduğu

bildirilmiştir. Bu çalışmaların sonuçları, tarafımızca yürütülen çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

#### 4.7.3 Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin duyusal özellikleri

Bu tez çalışması kapsamında, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115 ve *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile işlem gören marul örnekleri depolama süresince 15 panelist tarafından renk, koku, görünüm, doku ve genel beğeni açısından değerlendirilmiştir.

Postbiyotikler ile işlem gören marul örneklerinin depolama süresince renk puanlarının 6.88-8.75 aralığında olduğu belirlenirken, kontrol örneklerinin renk puanlarının 6.69-8.80 aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.50). Depolamanın 1., 3., 6. ve 9. günlerinde marul örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri (Çizelge 47-49) arasında önemli farklılıklar gözlemlenmesine rağmen ( $P<0.05$ ), bu farklılıklar duyusal açıdan renk puanlarını etkilememiştir ( $P>0.05$ ). Depolama süresi arttıkça örneklerin renk açısından tercih puanlarının azaldığı ( $P<0.05$ ) ve depolamanın sonunda renk puanlarının 6.69-7.19 aralığında olduğu tespit edilmiştir. T115-5 örneği depolamanın sonunda renk açısından en yüksek puana sahip olmasına rağmen, söz konusu farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.50** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince renk puanları

| Örnekler | Renk puanları             |                           |                           |                           |                             |                           |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                    | 3. gün                    | 6. gün                    | 9. gün                    | 12. gün                     | 15. gün                   |
| S132-5   | 8.69±0.46 <sup>a,D</sup>  | 8.51±0.37 <sup>a,CD</sup> | 8.44±0.54 <sup>a,CD</sup> | 8.13±0.41 <sup>a,C</sup>  | 7.65±0.40 <sup>bc,B</sup>   | 7.16±0.38 <sup>b,A</sup>  |
| S132-30  | 8.75±0.38 <sup>a,D</sup>  | 8.63±0.43 <sup>a,D</sup>  | 8.45±0.26 <sup>a,D</sup>  | 8.05±0.26 <sup>a,C</sup>  | 7.45±0.26 <sup>abc,B</sup>  | 6.95±0.26 <sup>ab,A</sup> |
| S97-5    | 8.50±0.46 <sup>a,D</sup>  | 8.45±0.41 <sup>a,CD</sup> | 8.43±0.40 <sup>a,CD</sup> | 8.01±0.37 <sup>a,C</sup>  | 7.50±0.41 <sup>abc,B</sup>  | 7.04±0.42 <sup>ab,A</sup> |
| S97-30   | 8.44±0.73 <sup>a,D</sup>  | 8.39±0.32 <sup>a,CD</sup> | 8.39±0.29 <sup>a,CD</sup> | 8.00±0.28 <sup>a,C</sup>  | 7.43±0.23 <sup>abc,B</sup>  | 6.93±0.21 <sup>ab,A</sup> |
| T139-5   | 8.73±0.40 <sup>a,D</sup>  | 8.70±0.27 <sup>a,D</sup>  | 8.63±0.33 <sup>a,D</sup>  | 8.25±0.35 <sup>a,C</sup>  | 7.75±0.35 <sup>c,B</sup>    | 7.10±0.49 <sup>ab,A</sup> |
| T139-30  | 8.31±0.70 <sup>a,C</sup>  | 8.30±0.39 <sup>a,C</sup>  | 8.28±0.58 <sup>a,C</sup>  | 7.90±0.58 <sup>a,BC</sup> | 7.36±0.51 <sup>abc,AB</sup> | 6.88±0.51 <sup>ab,A</sup> |
| T115-5   | 8.69±0.38 <sup>a,D</sup>  | 8.60±0.37 <sup>a,D</sup>  | 8.50±0.46 <sup>a,CD</sup> | 8.14±0.42 <sup>a,C</sup>  | 7.64±0.42 <sup>abc,B</sup>  | 7.19±0.41 <sup>b,A</sup>  |
| T115-30  | 8.64±0.42 <sup>a,D</sup>  | 8.58±0.34 <sup>a,D</sup>  | 8.56±0.33 <sup>a,D</sup>  | 8.18±0.35 <sup>a,C</sup>  | 7.60±0.36 <sup>abc,B</sup>  | 7.11±0.38 <sup>b,A</sup>  |
| T127-5   | 8.54±0.72 <sup>a,CD</sup> | 8.59±0.45 <sup>a,D</sup>  | 8.50±0.32 <sup>a,CD</sup> | 8.11±0.30 <sup>a,C</sup>  | 7.54±0.30 <sup>abc,B</sup>  | 7.04±0.27 <sup>ab,A</sup> |
| T127-30  | 8.50±0.60 <sup>a,D</sup>  | 8.30±0.43 <sup>a,CD</sup> | 8.33±0.41 <sup>a,CD</sup> | 8.00±0.37 <sup>a,C</sup>  | 7.50±0.38 <sup>abc,B</sup>  | 7.00±0.35 <sup>ab,A</sup> |
| S-5      | 8.80±0.32 <sup>a,E</sup>  | 8.68±0.23 <sup>a,DE</sup> | 8.43±0.35 <sup>a,D</sup>  | 8.05±0.32 <sup>a,C</sup>  | 7.44±0.28 <sup>abc,B</sup>  | 6.83±0.23 <sup>ab,A</sup> |
| S-30     | 8.44±0.59 <sup>a,D</sup>  | 8.38±0.45 <sup>a,CD</sup> | 8.34±0.34 <sup>a,CD</sup> | 7.99±0.29 <sup>a,C</sup>  | 7.24±0.27 <sup>a,B</sup>    | 6.69±0.29 <sup>a,A</sup>  |
| K        | 8.78±0.38 <sup>a,E</sup>  | 8.54±0.28 <sup>a,DE</sup> | 8.33±0.20 <sup>a,D</sup>  | 7.96±0.15 <sup>a,C</sup>  | 7.31±0.22 <sup>ab,B</sup>   | 6.84±0.21 <sup>ab,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince postbiyotikler ile işlem gören marul örneklerinin koku puanlarının 6.75-8.78 aralığında olduğu tespit edilirken, kontrol örneklerinin koku puanlarının 6.60-8.83 aralığında değişmiştir (Çizelge 4.51). Depolamanın 1., 3. ve 9. günlerinde marul örneklerinin koku puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ). Depolama süresi arttıkça örneklerin koku puanlarının azaldığı görülmektedir ( $P<0.05$ ). Depolamanın sonunda koku açısından en yüksek puana sahip olan örnek T115-5 olmasına karşın, söz konusu farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.51** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince koku puanları

| Örnekler | Koku puanları            |                             |                          |                          |                             |                           |
|----------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                   | 3. gün                      | 6. gün                   | 9. gün                   | 12. gün                     | 15. gün                   |
| S132-5   | 8.78±0.36 <sup>a,E</sup> | 8.61±0.41 <sup>bc,DE</sup>  | 8.40±0.30 <sup>a,D</sup> | 7.99±0.27 <sup>a,C</sup> | 7.54±0.21 <sup>d,B</sup>    | 6.95±0.26 <sup>b,A</sup>  |
| S132-30  | 8.61±0.42 <sup>a,D</sup> | 8.48±0.33 <sup>abc,D</sup>  | 8.28±0.42 <sup>a,D</sup> | 7.85±0.20 <sup>a,C</sup> | 7.45±0.35 <sup>bcd,B</sup>  | 6.75±0.37 <sup>ab,A</sup> |
| S97-5    | 8.64±0.48 <sup>a,E</sup> | 8.49±0.24 <sup>abc,DE</sup> | 8.31±0.26 <sup>a,D</sup> | 7.94±0.24 <sup>a,C</sup> | 7.33±0.26 <sup>abcd,B</sup> | 6.93±0.21 <sup>ab,A</sup> |
| S97-30   | 8.45±0.39 <sup>a,D</sup> | 8.36±0.34 <sup>abc,D</sup>  | 8.21±0.20 <sup>a,D</sup> | 7.86±0.34 <sup>a,C</sup> | 7.24±0.23 <sup>abcd,B</sup> | 6.86±0.18 <sup>ab,A</sup> |
| T139-5   | 8.64±0.43 <sup>a,C</sup> | 8.41±0.31 <sup>abc,C</sup>  | 8.20±0.50 <sup>a,C</sup> | 7.76±0.43 <sup>a,B</sup> | 7.16±0.39 <sup>ab,A</sup>   | 6.88±0.45 <sup>ab,A</sup> |
| T139-30  | 8.66±0.37 <sup>a,D</sup> | 8.59±0.28 <sup>bc,D</sup>   | 8.39±0.32 <sup>a,D</sup> | 7.89±0.40 <sup>a,C</sup> | 7.41±0.33 <sup>bcd,B</sup>  | 6.90±0.35 <sup>ab,A</sup> |
| T115-5   | 8.69±0.37 <sup>a,D</sup> | 8.56±0.26 <sup>bc,D</sup>   | 8.53±0.29 <sup>a,D</sup> | 8.10±0.29 <sup>a,C</sup> | 7.48±0.21 <sup>cd,B</sup>   | 7.03±0.30 <sup>b,A</sup>  |
| T115-30  | 8.71±0.37 <sup>a,C</sup> | 8.53±0.31 <sup>abc,C</sup>  | 8.38±0.44 <sup>a,C</sup> | 7.95±0.43 <sup>a,B</sup> | 7.25±0.36 <sup>abcd,A</sup> | 6.99±0.30 <sup>b,A</sup>  |
| T127-5   | 8.74±0.32 <sup>a,E</sup> | 8.63±0.32 <sup>bc,DE</sup>  | 8.44±0.24 <sup>a,D</sup> | 8.08±0.25 <sup>a,C</sup> | 7.40±0.19 <sup>abcd,B</sup> | 6.98±0.19 <sup>b,A</sup>  |
| T127-30  | 8.64±0.49 <sup>a,E</sup> | 8.21±0.33 <sup>a,D</sup>    | 8.28±0.30 <sup>a,D</sup> | 7.76±0.33 <sup>a,C</sup> | 7.31±0.21 <sup>abcd,B</sup> | 6.89±0.27 <sup>ab,A</sup> |
| S-5      | 8.83±0.27 <sup>a,E</sup> | 8.68±0.19 <sup>c,E</sup>    | 8.21±0.25 <sup>a,D</sup> | 7.91±0.20 <sup>a,C</sup> | 7.33±0.15 <sup>abcd,B</sup> | 6.85±0.26 <sup>ab,A</sup> |
| S-30     | 8.53±0.48 <sup>a,E</sup> | 8.28±0.31 <sup>ab,DE</sup>  | 8.15±0.20 <sup>a,D</sup> | 7.75±0.21 <sup>a,C</sup> | 7.10±0.15 <sup>a,B</sup>    | 6.60±0.21 <sup>a,A</sup>  |
| K        | 8.73±0.35 <sup>a,F</sup> | 8.46±0.20 <sup>abc,E</sup>  | 8.23±0.23 <sup>a,D</sup> | 7.86±0.18 <sup>a,C</sup> | 7.19±0.20 <sup>abc,B</sup>  | 6.75±0.18 <sup>ab,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince postbiyotikler ile işlem gören marul örneklerinin görünüm puanlarının 6.69-8.66 aralığında olduğu belirlenirken, kontrol örneklerinin görünüm puanlarının 6.44-8.78 arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.52). Depolama süresi arttıkça örneklerin görünüm puanlarının azaldığı belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Depolamanın sonunda görünüm açısından en yüksek puana sahip olan örnek T115-5 olmasına karşın, söz konusu farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.52** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince görünüm puanları

| Örnekler | Görünüm puanları           |                             |                             |                            |                          |                           |
|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                     | 3. gün                      | 6. gün                      | 9. gün                     | 12. gün                  | 15. gün                   |
| S132-5   | 8.65±0.32 <sup>bc,E</sup>  | 8.41±0.42 <sup>bc,DE</sup>  | 8.26±0.19 <sup>abc,CD</sup> | 7.96±0.31 <sup>bc,C</sup>  | 7.40±0.18 <sup>a,B</sup> | 6.88±0.38 <sup>ab,A</sup> |
| S132-30  | 8.49±0.35 <sup>abc,D</sup> | 8.38±0.34 <sup>abc,D</sup>  | 8.15±0.37 <sup>ab,D</sup>   | 7.74±0.28 <sup>abc,C</sup> | 7.33±0.35 <sup>a,B</sup> | 6.69±0.43 <sup>ab,A</sup> |
| S97-5    | 8.51±0.43 <sup>abc,C</sup> | 8.39±0.26 <sup>abc,C</sup>  | 8.21±0.25 <sup>abc,C</sup>  | 7.80±0.29 <sup>abc,B</sup> | 7.20±0.34 <sup>a,A</sup> | 6.85±0.56 <sup>ab,A</sup> |
| S97-30   | 8.21±0.22 <sup>a,D</sup>   | 8.26±0.23 <sup>abc,D</sup>  | 8.13±0.18 <sup>ab,D</sup>   | 7.70±0.29 <sup>abc,C</sup> | 7.11±0.16 <sup>a,B</sup> | 6.75±0.42 <sup>ab,A</sup> |
| T139-5   | 8.61±0.41 <sup>abc,D</sup> | 8.36±0.23 <sup>abc,CD</sup> | 8.09±0.40 <sup>ab,C</sup>   | 7.59±0.42 <sup>a,B</sup>   | 7.15±0.29 <sup>a,A</sup> | 6.91±0.49 <sup>ab,A</sup> |
| T139-30  | 8.53±0.31 <sup>abc,E</sup> | 8.36±0.29 <sup>abc,DE</sup> | 8.16±0.35 <sup>ab,CD</sup>  | 7.96±0.22 <sup>bc,C</sup>  | 7.28±0.28 <sup>a,B</sup> | 6.85±0.44 <sup>ab,A</sup> |
| T115-5   | 8.61±0.35 <sup>abc,D</sup> | 8.46±0.30 <sup>bc,D</sup>   | 8.46±0.30 <sup>c,D</sup>    | 7.98±0.23 <sup>bc,C</sup>  | 7.41±0.71 <sup>a,B</sup> | 7.00±0.33 <sup>b,A</sup>  |
| T115-30  | 8.56±0.40 <sup>abc,D</sup> | 8.30±0.26 <sup>abc,CD</sup> | 8.14±0.23 <sup>ab,BC</sup>  | 7.79±0.24 <sup>abc,B</sup> | 6.99±0.54 <sup>a,A</sup> | 6.90±0.37 <sup>ab,A</sup> |
| T127-5   | 8.66±0.39 <sup>bc,C</sup>  | 8.45±0.38 <sup>bc,C</sup>   | 8.39±0.28 <sup>abc,C</sup>  | 8.01±0.20 <sup>c,B</sup>   | 7.26±0.46 <sup>a,A</sup> | 6.94±0.25 <sup>b,A</sup>  |
| T127-30  | 8.39±0.49 <sup>abc,C</sup> | 8.06±0.30 <sup>a,BC</sup>   | 8.11±0.27 <sup>ab,C</sup>   | 7.68±0.24 <sup>ab,B</sup>  | 7.18±0.45 <sup>a,A</sup> | 6.79±0.53 <sup>ab,A</sup> |
| S-5      | 8.76±0.28 <sup>c,D</sup>   | 8.56±0.33 <sup>c,D</sup>    | 8.06±0.16 <sup>a,C</sup>    | 7.81±0.38 <sup>abc,C</sup> | 7.16±0.35 <sup>a,B</sup> | 6.61±0.49 <sup>ab,A</sup> |
| S-30     | 8.33±0.44 <sup>ab,D</sup>  | 8.16±0.30 <sup>ab,D</sup>   | 8.05±0.20 <sup>a,D</sup>    | 7.59±0.22 <sup>a,C</sup>   | 6.96±0.15 <sup>a,B</sup> | 6.44±0.32 <sup>a,A</sup>  |
| K        | 8.78±0.33 <sup>c,F</sup>   | 8.43±0.20 <sup>bc,E</sup>   | 8.14±0.18 <sup>ab,D</sup>   | 7.79±0.20 <sup>abc,C</sup> | 7.11±0.24 <sup>a,B</sup> | 6.70±0.21 <sup>ab,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince postbiyotikler ile işlem gören marul örneklerinin doku puanları 6.35-8.70 aralığında değişirken, kontrol örneklerinin doku puanlarının 6.06-8.80 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.53). Depolamanın 1., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde marul örneklerinin doku puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Depolama süresi arttıkça örneklerin doku puanlarının azaldığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Depolamanın sonunda doku açısından en yüksek puana sahip olan örnek T115-5 olmasına karşın, söz konusu farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.53** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince doku puanları

| Örnekler | Doku puanları            |                            |                           |                          |                           |                          |
|----------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                   | 3. gün                     | 6. gün                    | 9. gün                   | 12. gün                   | 15. gün                  |
| S132-5   | 8.70±0.34 <sup>a,C</sup> | 8.44±0.45 <sup>ab,C</sup>  | 8.21±0.29 <sup>a,C</sup>  | 7.58±0.79 <sup>a,B</sup> | 6.91±0.60 <sup>a,A</sup>  | 6.45±0.64 <sup>a,A</sup> |
| S132-30  | 8.54±0.39 <sup>a,C</sup> | 8.39±0.42 <sup>ab,C</sup>  | 8.13±0.41 <sup>a,C</sup>  | 7.23±0.65 <sup>a,B</sup> | 6.70±0.75 <sup>a,AB</sup> | 6.39±0.73 <sup>a,A</sup> |
| S97-5    | 8.63±0.43 <sup>a,C</sup> | 8.41±0.38 <sup>ab,C</sup>  | 8.14±0.42 <sup>a,BC</sup> | 7.56±0.68 <sup>a,B</sup> | 6.96±0.43 <sup>a,A</sup>  | 6.50±0.90 <sup>a,A</sup> |
| S97-30   | 8.45±0.39 <sup>a,C</sup> | 8.29±0.35 <sup>ab,C</sup>  | 8.03±0.37 <sup>a,C</sup>  | 7.34±0.71 <sup>a,B</sup> | 6.75±0.44 <sup>a,A</sup>  | 6.35±0.71 <sup>a,A</sup> |
| T139-5   | 8.64±0.43 <sup>a,C</sup> | 8.39±0.32 <sup>ab,C</sup>  | 8.03±0.53 <sup>a,C</sup>  | 7.40±0.66 <sup>a,B</sup> | 6.94±0.31 <sup>a,AB</sup> | 6.46±1.01 <sup>a,A</sup> |
| T139-30  | 8.56±0.35 <sup>a,C</sup> | 8.39±0.34 <sup>ab,C</sup>  | 8.10±0.45 <sup>a,BC</sup> | 7.54±0.79 <sup>a,B</sup> | 6.86±0.70 <sup>a,A</sup>  | 6.40±1.06 <sup>a,A</sup> |
| T115-5   | 8.64±0.37 <sup>a,C</sup> | 8.49±0.34 <sup>ab,C</sup>  | 8.39±0.42 <sup>a,C</sup>  | 7.69±0.74 <sup>a,B</sup> | 7.20±0.83 <sup>a,AB</sup> | 6.73±0.79 <sup>a,A</sup> |
| T115-30  | 8.59±0.42 <sup>a,C</sup> | 8.33±0.38 <sup>ab,C</sup>  | 8.06±0.32 <sup>a,C</sup>  | 7.40±0.75 <sup>a,B</sup> | 6.73±0.65 <sup>a,A</sup>  | 6.54±0.79 <sup>a,A</sup> |
| T127-5   | 8.69±0.41 <sup>a,C</sup> | 8.48±0.41 <sup>ab,C</sup>  | 8.33±0.41 <sup>a,C</sup>  | 7.65±0.73 <sup>a,B</sup> | 7.05±0.57 <sup>a,A</sup>  | 6.55±0.75 <sup>a,A</sup> |
| T127-30  | 8.41±0.51 <sup>a,C</sup> | 8.14±0.44 <sup>a,C</sup>   | 8.05±0.41 <sup>a,C</sup>  | 7.30±0.68 <sup>a,B</sup> | 6.88±0.64 <sup>a,AB</sup> | 6.46±0.82 <sup>a,A</sup> |
| S-5      | 8.79±0.29 <sup>a,D</sup> | 8.61±0.36 <sup>b,D</sup>   | 8.00±0.28 <sup>a,C</sup>  | 7.59±0.70 <sup>a,C</sup> | 6.94±0.61 <sup>a,B</sup>  | 6.39±0.60 <sup>a,A</sup> |
| S-30     | 8.36±0.44 <sup>a,D</sup> | 8.20±0.39 <sup>ab,D</sup>  | 7.98±0.36 <sup>a,D</sup>  | 7.28±0.58 <sup>a,C</sup> | 6.81±0.26 <sup>a,B</sup>  | 6.06±0.57 <sup>a,A</sup> |
| K        | 8.80±0.34 <sup>a,D</sup> | 8.49±0.29 <sup>ab,CD</sup> | 8.05±0.28 <sup>a,C</sup>  | 7.33±0.70 <sup>a,B</sup> | 6.79±0.45 <sup>a,A</sup>  | 6.38±0.73 <sup>a,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince postbiyotikler ile işlem gören marul örneklerinin genel beğeni puanları 6.64-8.61 aralığında değişirken, kontrol örneklerinin genel beğeni puanlarının 6.38-8.68 aralığında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.54). Depolamanın 1., 3., 9., 12. ve 15. günlerinde marul örneklerinin genel beğeni puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ). T115-5 örneği depolamanın sonunda genel beğeni açısından en yüksek puana sahip olmasına rağmen, söz konusu farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).



**Çizelge 4.54** Postbiyotiklerle işlem görmüş marul örneklerinin depolama süresince genel beğeni puanları

| Örnekler | Genel beğeni puanları    |                           |                            |                          |                           |                          |
|----------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                   | 3. gün                    | 6. gün                     | 9. gün                   | 12. gün                   | 15. gün                  |
| S132-5   | 8.61±0.41 <sup>a,D</sup> | 8.35±0.48 <sup>a,D</sup>  | 8.20±0.28 <sup>ab,CD</sup> | 7.86±0.46 <sup>a,C</sup> | 7.34±0.35 <sup>a,B</sup>  | 6.81±0.48 <sup>a,A</sup> |
| S132-30  | 8.45±0.43 <sup>a,C</sup> | 8.28±0.44 <sup>a,C</sup>  | 8.08±0.42 <sup>ab,C</sup>  | 7.64±0.38 <sup>a,B</sup> | 7.26±0.44 <sup>a,B</sup>  | 6.64±0.48 <sup>a,A</sup> |
| S97-5    | 8.48±0.49 <sup>a,C</sup> | 8.35±0.33 <sup>a,C</sup>  | 8.15±0.31 <sup>ab,C</sup>  | 7.70±0.41 <sup>a,B</sup> | 7.14±0.42 <sup>a,A</sup>  | 6.79±0.63 <sup>a,A</sup> |
| S97-30   | 8.16±0.31 <sup>a,D</sup> | 8.19±0.33 <sup>a,D</sup>  | 8.05±0.25 <sup>ab,D</sup>  | 7.60±0.34 <sup>a,C</sup> | 7.05±0.27 <sup>a,B</sup>  | 6.69±0.49 <sup>a,A</sup> |
| T139-5   | 8.51±0.52 <sup>a,C</sup> | 8.30±0.33 <sup>a,C</sup>  | 8.05±0.42 <sup>ab,C</sup>  | 7.51±0.47 <sup>a,B</sup> | 7.09±0.37 <sup>a,AB</sup> | 6.86±0.56 <sup>a,A</sup> |
| T139-30  | 8.46±0.45 <sup>a,D</sup> | 8.29±0.40 <sup>a,CD</sup> | 8.11±0.40 <sup>ab,CD</sup> | 7.86±0.38 <sup>a,C</sup> | 7.21±0.39 <sup>a,B</sup>  | 6.78±0.53 <sup>a,A</sup> |
| T115-5   | 8.53±0.50 <sup>a,C</sup> | 8.40±0.40 <sup>a,BC</sup> | 8.40±0.36 <sup>b,BC</sup>  | 7.88±0.38 <sup>a,B</sup> | 7.35±0.76 <sup>a,A</sup>  | 6.93±0.47 <sup>a,A</sup> |
| T115-30  | 8.48±0.50 <sup>a,C</sup> | 8.23±0.36 <sup>a,C</sup>  | 8.06±0.32 <sup>ab,BC</sup> | 7.69±0.36 <sup>a,B</sup> | 6.93±0.57 <sup>a,A</sup>  | 6.84±0.48 <sup>a,A</sup> |
| T127-5   | 8.60±0.50 <sup>a,C</sup> | 8.39±0.46 <sup>a,C</sup>  | 8.33±0.35 <sup>ab,BC</sup> | 7.91±0.38 <sup>a,B</sup> | 7.19±0.50 <sup>a,A</sup>  | 6.88±0.40 <sup>a,A</sup> |
| T127-30  | 8.31±0.59 <sup>a,C</sup> | 8.05±0.38 <sup>a,BC</sup> | 8.04±0.32 <sup>ab,BC</sup> | 7.60±0.34 <sup>a,B</sup> | 7.11±0.51 <sup>a,A</sup>  | 6.74±0.59 <sup>a,A</sup> |
| S-5      | 8.68±0.46 <sup>a,D</sup> | 8.50±0.44 <sup>a,D</sup>  | 8.00±0.19 <sup>a,C</sup>   | 7.74±0.47 <sup>a,C</sup> | 7.10±0.37 <sup>a,B</sup>  | 6.54±0.54 <sup>a,A</sup> |
| S-30     | 8.25±0.51 <sup>a,D</sup> | 8.09±0.38 <sup>a,D</sup>  | 8.00±0.23 <sup>a,D</sup>   | 7.51±0.33 <sup>a,C</sup> | 6.90±0.22 <sup>a,B</sup>  | 6.38±0.35 <sup>a,A</sup> |
| K        | 8.64±0.50 <sup>a,E</sup> | 8.35±0.33 <sup>a,DE</sup> | 8.08±0.23 <sup>ab,D</sup>  | 7.71±0.37 <sup>a,C</sup> | 7.05±0.32 <sup>a,B</sup>  | 6.64±0.32 <sup>a,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Elde edilen bu sonuçlar, duyuşal özellikler açısından depolama süresi arttıkça örneklerin tercih puanlarının azaldığını göstermiştir. Bununla birlikte, depolama süresince tüm örneklerin renk, koku, görünüm, doku ve genel beğeni açısından oldukça yüksek puanlar aldıkları tespit edilmiştir. Bununla birlikte, T115-5 örneği depolamanın sonunda renk, koku, görünüm, doku ve genel beğeni açısından en yüksek puana sahip olmasına rağmen, söz konusu farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Literatürde postbiyotikler ile işlem gören marul örneklerinin duyuşal özelliklerinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

## 4.8 Postbiyotiklerin Tavuk Eti Kalitesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

### 4.8.1 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri

Bu tez çalışması kapsamında, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115 ve *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında 5 ve 30 dakika bekletilen tavuk eti örnekleri steril kavanozlarda 4°C'de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerde TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae ve LAB sayımları yapılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, tavuk eti örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla TMAB sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerin TMAB sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.27-2.55, 1.70-3.17, 1.63-2.58 ve 1.24-1.87 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.55). TMAB sayılarında en fazla azalma (3.17 log kob/g), depolamanın 3. gününde *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S97-30 örneğinde gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, depolamanın 5. ve 7. günlerinde TMAB sayılarında en fazla azalma *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S132-30 örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresi arttıkça örneklerin TMAB sayılarının arttığı belirlenmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.55** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) |                           |                          |                           |
|----------|-------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                                | 3. gün                    | 5. gün                   | 7. gün                    |
| S132-5   | 3.42±0.12 <sup>c,A</sup>                              | 3.77±0.13 <sup>b,B</sup>  | 5.17±0.05 <sup>d,C</sup> | 5.50±0.11 <sup>cd,D</sup> |
| S132-30  | 3.25±0.15 <sup>c,A</sup>                              | 3.68±0.09 <sup>b,B</sup>  | 4.22±0.21 <sup>a,C</sup> | 4.91±0.19 <sup>a,D</sup>  |
| S97-5    | 3.80±0.07 <sup>de,A</sup>                             | 3.77±0.13 <sup>b,A</sup>  | 5.10±0.06 <sup>d,B</sup> | 5.54±0.12 <sup>d,C</sup>  |
| S97-30   | 3.31±0.15 <sup>c,A</sup>                              | 3.31±0.16 <sup>a,A</sup>  | 4.89±0.07 <sup>c,B</sup> | 5.48±0.14 <sup>cd,C</sup> |
| T139-5   | 3.21±0.19 <sup>c,A</sup>                              | 4.68±0.09 <sup>ef,B</sup> | 4.92±0.08 <sup>c,C</sup> | 5.07±0.16 <sup>ab,C</sup> |
| T139-30  | 2.62±0.30 <sup>a,A</sup>                              | 4.11±0.14 <sup>c,B</sup>  | 4.88±0.09 <sup>c,C</sup> | 5.02±0.12 <sup>a,C</sup>  |
| T115-5   | 3.90±0.06 <sup>e,A</sup>                              | 4.78±0.09 <sup>f,B</sup>  | 4.84±0.09 <sup>c,B</sup> | 5.35±0.17 <sup>cd,C</sup> |
| T115-30  | 3.68±0.14 <sup>d,A</sup>                              | 4.54±0.18 <sup>de,B</sup> | 4.54±0.16 <sup>b,B</sup> | 5.27±0.07 <sup>bc,C</sup> |
| T127-5   | 3.27±0.17 <sup>c,A</sup>                              | 4.49±0.22 <sup>de,B</sup> | 4.90±0.04 <sup>c,C</sup> | 5.42±0.28 <sup>cd,D</sup> |
| T127-30  | 2.99±0.09 <sup>b,A</sup>                              | 4.47±0.13 <sup>d,B</sup>  | 4.78±0.09 <sup>c,C</sup> | 5.28±0.15 <sup>bc,D</sup> |
| S-5      | 4.95±0.09 <sup>f,A</sup>                              | 6.13±0.12 <sup>g,B</sup>  | 6.88±0.07 <sup>f,D</sup> | 6.66±0.07 <sup>f,C</sup>  |
| S-30     | 4.83±0.07 <sup>f,A</sup>                              | 6.30±0.09 <sup>gh,B</sup> | 6.39±0.17 <sup>e,B</sup> | 6.27±0.21 <sup>e,B</sup>  |
| K        | 5.17±0.07 <sup>g,A</sup>                              | 6.48±0.06 <sup>h,B</sup>  | 6.80±0.08 <sup>f,C</sup> | 6.78±0.07 <sup>f,C</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, tavuk eti örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla TPAB sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerin TPAB sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.50-3.16, 1.12-2.04, 2.06-2.66 ve 1.59-2.52 log kob/g aralığında azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.56). TPAB sayılarında en fazla azalma (3.16 log kob/g), depolamanın birinci gününde *P. acidilactici* T115'ten elde edilen postbiyotikler ile işlem gören T115-30 örneğinde gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, depolamanın 3., 5. ve 7. günlerinde TPAB sayılarında en fazla azalma *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S132-30 örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örneklerin TPAB sayılarının 5 dakika işlem gören örneklerle kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, TMAB sayılarına benzer şekilde depolama süresi arttıkça örneklerin TPAB sayılarının arttığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.56** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince toplam psikrofilik aerobik sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Toplam psikrofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) |                           |                           |                          |
|----------|---------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                                                  | 3. gün                    | 5. gün                    | 7. gün                   |
| S132-5   | 4.82±0.09 <sup>g,A</sup>                                | 5.20±0.09 <sup>bc,B</sup> | 5.74±0.09 <sup>c,C</sup>  | 6.71±0.05 <sup>c,D</sup> |
| S132-30  | 4.21±0.05 <sup>c,A</sup>                                | 4.97±0.10 <sup>a,B</sup>  | 5.57±0.07 <sup>a,C</sup>  | 5.96±0.06 <sup>a,D</sup> |
| S97-5    | 4.52±0.08 <sup>e,A</sup>                                | 5.57±0.07 <sup>fg,B</sup> | 5.69±0.08 <sup>bc,C</sup> | 6.88±0.09 <sup>d,D</sup> |
| S97-30   | 3.82±0.08 <sup>b,A</sup>                                | 5.48±0.07 <sup>ef,B</sup> | 5.63±0.04 <sup>ab,C</sup> | 6.45±0.08 <sup>b,D</sup> |
| T139-5   | 4.77±0.12 <sup>fg,A</sup>                               | 5.41±0.13 <sup>de,B</sup> | 6.17±0.05 <sup>f,C</sup>  | 6.61±0.10 <sup>c,D</sup> |
| T139-30  | 3.89±0.08 <sup>b,A</sup>                                | 5.13±0.12 <sup>b,B</sup>  | 6.06±0.05 <sup>de,C</sup> | 6.02±0.18 <sup>a,C</sup> |
| T115-5   | 4.39±0.05 <sup>d,A</sup>                                | 5.89±0.07 <sup>h,B</sup>  | 6.11±0.07 <sup>ef,C</sup> | 6.66±0.12 <sup>c,D</sup> |
| T115-30  | 3.16±0.07 <sup>a,A</sup>                                | 5.31±0.19 <sup>cd,B</sup> | 6.01±0.04 <sup>d,C</sup>  | 6.35±0.25 <sup>b,D</sup> |
| T127-5   | 4.68±0.08 <sup>f,A</sup>                                | 5.81±0.06 <sup>h,B</sup>  | 6.16±0.06 <sup>f,C</sup>  | 6.89±0.06 <sup>d,D</sup> |
| T127-30  | 4.12±0.11 <sup>c,A</sup>                                | 5.66±0.13 <sup>g,B</sup>  | 6.01±0.03 <sup>de,C</sup> | 6.64±0.06 <sup>c,D</sup> |
| S-5      | 6.14±0.08 <sup>i,A</sup>                                | 6.80±0.04 <sup>i,B</sup>  | 8.04±0.07 <sup>h,C</sup>  | 8.32±0.07 <sup>f,D</sup> |
| S-30     | 5.88±0.05 <sup>h,A</sup>                                | 6.73±0.03 <sup>i,B</sup>  | 7.90±0.07 <sup>g,C</sup>  | 7.94±0.12 <sup>e,C</sup> |
| K        | 6.32±0.13 <sup>j,A</sup>                                | 7.01±0.05 <sup>i,B</sup>  | 8.23±0.06 <sup>i,C</sup>  | 8.48±0.09 <sup>g,D</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, tavuk eti örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla *Pseudomonas* spp. sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerin *Pseudomonas* spp. sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.06-1.79, 0.80-1.31, 1.72-2.64 ve 2.46-4.10 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.57). Depolama süresince *Pseudomonas* spp. sayısında en fazla azalma (4.10 log kob/g), depolamanın 7. gününde *P. acidilactici* T115'ten elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören T115-30 örneğinde gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin *Pseudomonas* spp. sayılarının artış gösterdiği tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.57** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince *Pseudomonas* spp. sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Pseudomonas</i> spp. sayıları (log kob/g) |                           |                          |                           |
|----------|----------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                       | 3. gün                    | 5. gün                   | 7. gün                    |
| S132-5   | 3.15±0.09 <sup>fg,A</sup>                    | 3.73±0.03 <sup>d,B</sup>  | 4.44±0.04 <sup>e,C</sup> | 4.63±0.07 <sup>f,D</sup>  |
| S132-30  | 2.79±0.08 <sup>cd,A</sup>                    | 3.59±0.06 <sup>bc,B</sup> | 3.75±0.07 <sup>b,C</sup> | 3.72±0.09 <sup>c,C</sup>  |
| S97-5    | 3.10±0.10 <sup>f,A</sup>                     | 3.89±0.03 <sup>e,C</sup>  | 4.41±0.08 <sup>e,B</sup> | 3.87±0.07 <sup>d,C</sup>  |
| S97-30   | 2.42±0.15 <sup>a,A</sup>                     | 3.41±0.11 <sup>a,B</sup>  | 3.62±0.10 <sup>e,C</sup> | 3.42±0.07 <sup>b,B</sup>  |
| T139-5   | 3.02±0.05 <sup>ef,A</sup>                    | 3.72±0.04 <sup>d,B</sup>  | 4.28±0.05 <sup>d,C</sup> | 4.73±0.05 <sup>f,D</sup>  |
| T139-30  | 2.84±0.05 <sup>de,A</sup>                    | 3.69±0.16 <sup>cd,B</sup> | 3.55±0.17 <sup>a,B</sup> | 4.19±0.12 <sup>e,C</sup>  |
| T115-5   | 3.01±0.10 <sup>ef,A</sup>                    | 3.87±0.03 <sup>e,C</sup>  | 4.07±0.04 <sup>c,D</sup> | 3.74±0.07 <sup>cd,B</sup> |
| T115-30  | 2.69±0.19 <sup>bcd,A</sup>                   | 3.73±0.04 <sup>d,C</sup>  | 3.52±0.06 <sup>a,C</sup> | 3.09±0.21 <sup>a,B</sup>  |
| T127-5   | 2.61±0.12 <sup>bc,A</sup>                    | 3.92±0.04 <sup>e,B</sup>  | 4.21±0.03 <sup>d,C</sup> | 4.16±0.03 <sup>e,C</sup>  |
| T127-30  | 2.58±0.24 <sup>ab,A</sup>                    | 3.49±0.06 <sup>ab,B</sup> | 3.58±0.11 <sup>a,B</sup> | 4.08±0.04 <sup>e,C</sup>  |
| S-5      | 3.38±0.04 <sup>h,A</sup>                     | 4.11±0.09 <sup>f,B</sup>  | 5.71±0.08 <sup>g,C</sup> | 7.00±0.06 <sup>h,D</sup>  |
| S-30     | 3.32±0.05 <sup>gh,A</sup>                    | 4.29±0.08 <sup>g,B</sup>  | 5.49±0.13 <sup>f,C</sup> | 6.41±0.08 <sup>g,D</sup>  |
| K        | 4.21±0.15 <sup>i,A</sup>                     | 4.72±0.06 <sup>h,B</sup>  | 6.16±0.07 <sup>h,C</sup> | 7.19±0.09 <sup>i,D</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h, i) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, tavuk eti örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla Enterobacteriaceae sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerin Enterobacteriaceae sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 0.69-1.72, 0.40-1.84, 1.74-2.82 ve 1.89-2.98 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.58). Enterobacteriaceae sayısında en fazla azalma (2.98 log kob/g), depolamanın 7. gününde *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören T127-30 örneğinde gözlemlenmiş, ancak bu örnek ile *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile 5 dakika işlem gören T127-5 ve *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S132-30 örneklerinin Enterobacteriaceae sayıları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.58** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g) |                             |                            |                            |
|----------|-----------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                                  | 3. gün                      | 5. gün                     | 7. gün                     |
| S132-5   | 3.16±0.15 <sup>d,A</sup>                | 3.13±0.10 <sup>b,A</sup>    | 3.65±0.10 <sup>de,B</sup>  | 4.02±0.04 <sup>f,C</sup>   |
| S132-30  | 2.24±0.15 <sup>a,A</sup>                | 2.19±0.08 <sup>a,A</sup>    | 2.91±0.06 <sup>ab,B</sup>  | 3.14±0.12 <sup>abc,C</sup> |
| S97-5    | 3.23±0.19 <sup>d,A</sup>                | 3.54±0.21 <sup>cdef,A</sup> | 3.55±0.32 <sup>de,A</sup>  | 3.58±0.13 <sup>d,A</sup>   |
| S97-30   | 2.61±0.09 <sup>bc,A</sup>               | 3.43±0.14 <sup>cd,B</sup>   | 3.43±0.29 <sup>cde,B</sup> | 3.53±0.34 <sup>d,B</sup>   |
| T139-5   | 2.75±0.20 <sup>c,A</sup>                | 3.63±0.08 <sup>def,B</sup>  | 3.72±0.15 <sup>e,B</sup>   | 3.83±0.15 <sup>ef,B</sup>  |
| T139-30  | 2.74±0.12 <sup>c,A</sup>                | 3.51±0.10 <sup>cd,C</sup>   | 3.55±0.12 <sup>de,C</sup>  | 3.17±0.14 <sup>bc,B</sup>  |
| T115-5   | 2.81±0.15 <sup>c,A</sup>                | 3.44±0.09 <sup>cd,B</sup>   | 3.38±0.30 <sup>cd,B</sup>  | 3.61±0.11 <sup>de,B</sup>  |
| T115-30  | 2.77±0.11 <sup>c,A</sup>                | 3.34±0.23 <sup>c,C</sup>    | 3.16±0.13 <sup>bc,B</sup>  | 3.30±0.16 <sup>c,B</sup>   |
| T127-5   | 2.54±0.09 <sup>b,A</sup>                | 3.08±0.13 <sup>b,B</sup>    | 2.87±0.34 <sup>a,B</sup>   | 3.03±0.18 <sup>ab,B</sup>  |
| T127-30  | 2.20±0.15 <sup>a,A</sup>                | 2.33±0.22 <sup>a,A</sup>    | 2.64±0.13 <sup>a,B</sup>   | 2.93±0.16 <sup>a,C</sup>   |
| S-5      | 3.94±0.03 <sup>e,B</sup>                | 3.73±0.05 <sup>f,A</sup>    | 5.09±0.05 <sup>f,C</sup>   | 5.16±0.07 <sup>g,C</sup>   |
| S-30     | 3.84±0.02 <sup>e,B</sup>                | 3.68±0.06 <sup>ef,A</sup>   | 5.13±0.08 <sup>f,C</sup>   | 5.31±0.03 <sup>g,D</sup>   |
| K        | 3.92±0.03 <sup>e,A</sup>                | 4.03±0.03 <sup>g,B</sup>    | 5.46±0.05 <sup>g,C</sup>   | 5.91±0.05 <sup>h,D</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın son aşamasında, tavuk eti örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla LAB sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerin LAB sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.19-1.78, 2.28-2.78, 2.48-3.25 ve 1.97-2.95 log kob/g aralığında azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.59). LAB sayılarında en fazla azalma (3.25 log kob/g), depolamanın 5. gününde *L. paracasei* S97’den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S97-30 örneğinde gözlemlenmiş, ancak bu örnek ile *P. acidilactici* T115’ten elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören T115-30 örneğinin LAB sayıları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin LAB sayısının artış gösterdiği gözlemlenmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.59** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince LAB sayıları (log kob/g)

| Örnekler | LAB sayıları (log kob/g) |                           |                          |                           |
|----------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                   | 3. gün                    | 5. gün                   | 7. gün                    |
| S132-5   | 2.00±0.09 <sup>d,A</sup> | 2.50±0.04 <sup>de,B</sup> | 2.91±0.07 <sup>d,C</sup> | 3.38±0.06 <sup>d,D</sup>  |
| S132-30  | 1.60±0.09 <sup>a,A</sup> | 2.44±0.05 <sup>d,B</sup>  | 2.81±0.03 <sup>c,C</sup> | 2.79±0.07 <sup>b,C</sup>  |
| S97-5    | 2.03±0.06 <sup>d,A</sup> | 2.53±0.06 <sup>e,B</sup>  | 2.94±0.03 <sup>d,C</sup> | 3.18±0.11 <sup>c,D</sup>  |
| S97-30   | 1.89±0.10 <sup>c,A</sup> | 2.13±0.07 <sup>a,B</sup>  | 2.30±0.07 <sup>a,C</sup> | 2.69±0.07 <sup>ab,D</sup> |
| T139-5   | 2.05±0.05 <sup>d,A</sup> | 2.35±0.04 <sup>c,B</sup>  | 2.64±0.04 <sup>b,C</sup> | 3.57±0.04 <sup>e,D</sup>  |
| T139-30  | 1.89±0.05 <sup>c,A</sup> | 2.26±0.04 <sup>b,B</sup>  | 2.65±0.08 <sup>b,C</sup> | 3.32±0.04 <sup>d,D</sup>  |
| T115-5   | 2.19±0.06 <sup>e,A</sup> | 2.29±0.07 <sup>bc,B</sup> | 2.35±0.05 <sup>a,B</sup> | 3.17±0.05 <sup>c,C</sup>  |
| T115-30  | 1.78±0.06 <sup>b,A</sup> | 2.14±0.06 <sup>a,B</sup>  | 2.36±0.08 <sup>a,C</sup> | 2.60±0.09 <sup>a,D</sup>  |
| T127-5   | 1.88±0.07 <sup>c,A</sup> | 2.63±0.04 <sup>f,B</sup>  | 3.07±0.03 <sup>e,C</sup> | 3.32±0.05 <sup>d,D</sup>  |
| T127-30  | 1.73±0.10 <sup>a,A</sup> | 2.46±0.05 <sup>de,B</sup> | 2.68±0.04 <sup>b,C</sup> | 3.17±0.05 <sup>c,D</sup>  |
| S-5      | 2.77±0.04 <sup>g,A</sup> | 3.51±0.04 <sup>g,B</sup>  | 4.00±0.06 <sup>f,C</sup> | 5.21±0.08 <sup>f,D</sup>  |
| S-30     | 2.50±0.05 <sup>f,A</sup> | 3.71±0.04 <sup>h,B</sup>  | 4.20±0.04 <sup>g,C</sup> | 5.18±0.04 <sup>f,D</sup>  |
| K        | 3.38±0.06 <sup>h,A</sup> | 4.91±0.05 <sup>i,B</sup>  | 5.55±0.09 <sup>h,C</sup> | 5.55±0.10 <sup>g,C</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h, i) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, depolama süresi arttıkça tüm örneklerin TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae ve LAB sayılarının arttığı görülmüştür ( $P<0.05$ ). Depolama süresince TMAB ve TPAB sayılarında en fazla azalma *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören S132-30 örneğinde gözlemlenmiştir. *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler diğer örneklerle kıyasla oldukça yüksek miktarda hidrojen peroksit içermektedir (Çizelge 4.3). Bu nedenle, bu postbiyotiklerin TMAB ve TPAB üzerine inaktivasyon etkisi yüksek miktarda hidrojen peroksit üretimi ile ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte, elde edilen sonuçlar, postbiyotiklerin tavuk örneklerinin doğal mikrobiyotası üzerine inaktivasyon etkilerinin mikroorganizma türüne bağlı olarak değişim gösterdiğini ortaya koymuştur.

Literatürde postbiyotiklerin tavuk etinin mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkilerini inceleyen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. İncili et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, *P. acidilactici* suşunun ürettiği postbiyotikler ile

hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 10 dakika bekletilen tavuk budu örnekleri 4°C’de 6 gün depolanmış ve depolamanın sonunda örneklerin TMAB sayıları kontrol örneğine kıyasla 0.20 log kob/g artarken, TPAB ve LAB sayıları ise sırasıyla 0.10 ve 0.50 log kob/g azalmıştır. Yapılan başka bir çalışmada, *P. acidilactici* suşunun ürettiği postbiyotikler (%10 ve 50) ile hazırlanan yıkama sıvılarında 3 dakika bekletilen tavuk göğsü filetoları vakum paketlemenin ardından 4°C’de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda örneklerin TMAB, TPAB ve LAB sayılarının kontrol örneğine kıyasla 0.68-0.80, 0.85-1.38 ve 0.06-0.08 log kob/g aralığında azaldığı belirlenmiştir (İncili et al., 2021). Bu çalışmalardan elde edilen azalma seviyeleri tarafımızca yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlara kıyasla oldukça düşüktür. Yapılan başka bir çalışmada, *L. plantarum* SKD4 ve *P. stilesii* SKD11 suşlarının ürettikleri postbiyotikler (SKD4 ve SKD11) içerisinde 30 dakika bekletilen kurdele balığı örnekleri 4°C’de 120 gün ve 25°C’de 48 saat depolanmıştır. 4°C’de 120 gün ve 25°C’de 48 saat depolamanın ardından örneklerin TMAB sayılarının sırasıyla 3.58-3.62 ve 3.62-4.64 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Jo et al., 2021). Elde edilen bu sonuçlar, postbiyotiklerin et ürünlerinin doğal mikrobiyotası üzerine etkilerinin et türüne, üretici suşa, postbiyotik konsantrasyonuna, depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymuştur.

Literatürde postbiyotiklerin Enterobacteriaceae ve *Pseudomonas* türleri üzerine inaktivasyon etkilerini araştıran başka bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bununla birlikte, koruk suyu (Sengun et al., 2020), elma sirkesi, limon suyu (Lythou et al., 2017), biberiye ekstraktı ve karanfil ekstraktı kombinasyonu (Zhang et al., 2016), nar suyu (Lythou et al., 2016) gibi çeşitli doğal antimikrobiyal içerikli ürünlerin tavuk etinin doğal mikrobiyotası üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar mevcuttur. Gram-negatif psikrofilik bakteriler, özellikle *Pseudomonas* türleri, soğuk koşullar altında aerobik olarak depolanan et ve et ürünlerinin bozulmasından sorumlu olan ana mikroorganizmalardır. Bu çalışmada, işlem görmemiş kontrol örneğinde en baskın mikrobiyotanın TPAB ve *Pseudomonas* spp. olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, elde edilen sonuçlar postbiyotik uygulaması ile bu mikroorganizmaların sayılarının etkili bir şekilde azaltıldığını ortaya koymuştur.



#### 4.8.2 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Tez çalışmasının bu aşamasında, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115 ve *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 5 ve 30 dakika bekletilen tavuk eti örneklerinin 4°C'de 7 gün depolama süresince pH ve renk değerleri incelenmiştir.

##### 4.8.2.1 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin pH değerleri

Tavuk etinin pH değeri etin renk kalitesini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Bu tez çalışmasında, postbiyotik ile işlem gören tavuk eti örneklerinin depolama süresince pH değerleri 5.61-6.06 aralığında belirlenirken, kontrol örneklerinin (S-5, S-30 ve K) pH değerlerinin 5.79-6.17 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.60). Depolama süresince postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin pH değerlerinin kontrol örneklerine kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Ayrıca, postbiyotikler ile 30 dakika işlem gören örneklerin pH değerlerinin 5 dakika işlem gören örneklere kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Depolama süresi arttıkça örneklerin pH değerlerinin arttığı tespit edilmiş ( $P<0.05$ ) ve bu durum depolama sırasında endojen mikroorganizmaların çoğalması ile ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte, İncili et al. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, tavuk göğsü filetoları *P. acidilactici*'den elde edilen postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%10 ve %50) 3 dakika bekletilmiş ve tarafımızca yürütülen çalışmanın aksine 15 günlük depolama süresince örneklerin pH değerlerindeki farklılığın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bildirilmiştir. Çalışmaların sonuçları arasındaki farklılık postbiyotiklerin türü ve uygulanan tedavi süresi ile ilişkilendirilebilir.

**Çizelge 4.60** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince pH değerleri

| Örnekler | pH değerleri              |                            |                           |                           |
|----------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                    | 3. gün                     | 5. gün                    | 7. gün                    |
| S132-5   | 5.75±0.01 <sup>e,A</sup>  | 5.84±0.04 <sup>ef,B</sup>  | 5.95±0.02 <sup>f,C</sup>  | 6.04±0.02 <sup>cd,D</sup> |
| S132-30  | 5.70±0.02 <sup>cd,A</sup> | 5.75±0.04 <sup>bc,B</sup>  | 5.88±0.02 <sup>cd,C</sup> | 5.92±0.03 <sup>ab,C</sup> |
| S97-5    | 5.78±0.02 <sup>fg,A</sup> | 5.85±0.04 <sup>f,B</sup>   | 5.91±0.02 <sup>de,C</sup> | 6.06±0.01 <sup>d,D</sup>  |
| S97-30   | 5.69±0.02 <sup>c,A</sup>  | 5.78±0.05 <sup>cd,B</sup>  | 5.81±0.06 <sup>b,B</sup>  | 5.92±0.01 <sup>ab,C</sup> |
| T139-5   | 5.72±0.01 <sup>d,A</sup>  | 5.79±0.02 <sup>cde,B</sup> | 5.87±0.02 <sup>cd,C</sup> | 6.02±0.01 <sup>c,D</sup>  |
| T139-30  | 5.63±0.01 <sup>ab,A</sup> | 5.68±0.02 <sup>a,B</sup>   | 5.75±0.01 <sup>a,C</sup>  | 5.91±0.01 <sup>a,D</sup>  |
| T115-5   | 5.70±0.03 <sup>cd,A</sup> | 5.77±0.03 <sup>bc,B</sup>  | 5.85±0.04 <sup>c,C</sup>  | 6.03±0.02 <sup>c,D</sup>  |
| T115-30  | 5.65±0.01 <sup>b,A</sup>  | 5.72±0.03 <sup>ab,B</sup>  | 5.77±0.02 <sup>ab,C</sup> | 5.92±0.02 <sup>ab,D</sup> |
| T127-5   | 5.75±0.02 <sup>ef,A</sup> | 5.83±0.02 <sup>def,B</sup> | 5.89±0.01 <sup>cd,C</sup> | 6.06±0.02 <sup>d,D</sup>  |
| T127-30  | 5.61±0.02 <sup>a,A</sup>  | 5.69±0.03 <sup>a,B</sup>   | 5.79±0.01 <sup>b,C</sup>  | 5.90±0.02 <sup>a,D</sup>  |
| S-5      | 5.79±0.01 <sup>g,A</sup>  | 5.84±0.01 <sup>ef,B</sup>  | 5.88±0.01 <sup>cd,C</sup> | 5.94±0.01 <sup>b,D</sup>  |
| S-30     | 5.80±0.02 <sup>g,A</sup>  | 5.91±0.02 <sup>g,B</sup>   | 5.94±0.02 <sup>ef,C</sup> | 6.02±0.01 <sup>c,D</sup>  |
| K        | 5.88±0.02 <sup>h,A</sup>  | 5.90±0.01 <sup>g,A</sup>   | 6.00±0.03 <sup>g,B</sup>  | 6.17±0.03 <sup>e,C</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

#### **4.8.2.2 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin renk özellikleri**

Bu tez çalışması kapsamında, postbiyotik uygulamasının tavuk etinin renk özellikleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) üzerine etkisi incelenmiştir. Postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin depolama süresince  $L^*$  değerleri 52.48-60.68 aralığında değişirken, kontrol örneklerinin  $L^*$  değerlerinin 55.82-64.35 aralığında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.61). Depolama süresi arttıkça örneklerin  $L^*$  değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.61** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince  $L^*$  değerleri

| Örnekler | $L^*$ değerleri             |                            |                             |                            |
|----------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                      | 3. gün                     | 5. gün                      | 7. gün                     |
| S132-5   | 58.84±1.05 <sup>a,C</sup>   | 54.81±0.65 <sup>a,B</sup>  | 55.09±0.39 <sup>c,B</sup>   | 53.11±0.30 <sup>a,A</sup>  |
| S132-30  | 59.32±0.70 <sup>ab,C</sup>  | 54.93±1.20 <sup>a,B</sup>  | 54.21±1.03 <sup>bc,AB</sup> | 53.23±1.24 <sup>a,A</sup>  |
| S97-5    | 60.36±0.87 <sup>cd,C</sup>  | 56.21±1.86 <sup>bc,B</sup> | 56.69±0.46 <sup>de,B</sup>  | 54.42±1.19 <sup>ab,A</sup> |
| S97-30   | 60.04±0.71 <sup>bc,C</sup>  | 56.94±0.92 <sup>c,B</sup>  | 55.58±0.93 <sup>cd,A</sup>  | 55.78±0.98 <sup>cd,A</sup> |
| T139-5   | 59.96±0.91 <sup>bc,C</sup>  | 56.71±0.77 <sup>c,B</sup>  | 53.61±1.97 <sup>ab,A</sup>  | 54.11±0.87 <sup>ab,A</sup> |
| T139-30  | 60.64±0.70 <sup>cd,D</sup>  | 56.34±1.29 <sup>c,C</sup>  | 52.48±1.19 <sup>a,A</sup>   | 54.83±1.39 <sup>bc,B</sup> |
| T115-5   | 60.68±1.29 <sup>cd,C</sup>  | 56.27±1.05 <sup>bc,B</sup> | 53.30±1.55 <sup>ab,A</sup>  | 53.12±1.48 <sup>a,A</sup>  |
| T115-30  | 60.46±0.83 <sup>cd,C</sup>  | 56.62±0.95 <sup>c,B</sup>  | 54.44±1.96 <sup>bc,A</sup>  | 54.17±1.58 <sup>ab,A</sup> |
| T127-5   | 60.17±1.24 <sup>bcd,C</sup> | 57.18±1.20 <sup>c,B</sup>  | 54.67±1.66 <sup>bc,A</sup>  | 53.69±2.01 <sup>ab,A</sup> |
| T127-30  | 60.14±0.72 <sup>bcd,C</sup> | 55.15±1.10 <sup>ab,B</sup> | 53.46±1.58 <sup>ab,A</sup>  | 53.93±0.89 <sup>ab,A</sup> |
| S-5      | 62.02±1.23 <sup>e,C</sup>   | 61.15±0.80 <sup>e,C</sup>  | 58.12±0.94 <sup>f,B</sup>   | 56.35±0.86 <sup>d,A</sup>  |
| S-30     | 64.35±0.91 <sup>f,D</sup>   | 62.46±0.70 <sup>f,C</sup>  | 60.25±0.67 <sup>g,B</sup>   | 58.13±0.78 <sup>e,A</sup>  |
| K        | 61.11±0.30 <sup>de,D</sup>  | 59.04±0.86 <sup>d,C</sup>  | 57.74±0.74 <sup>ef,B</sup>  | 55.82±0.35 <sup>cd,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin depolama süresince  $a^*$  değerlerinin 2.56 ve 5.43 aralığında olduğu belirlenirken, kontrol örneklerinin  $a^*$  değerlerinin 4.73 ve 6.83 aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.62). Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin  $a^*$  değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

**Çizelge 4.62** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince  $a^*$  değerleri

| Örnekler | $a^*$ değerleri             |                            |                            |                             |
|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|          | 1. gün                      | 3. gün                     | 5. gün                     | 7. gün                      |
| S132-5   | 4.53±0.45 <sup>a,C</sup>    | 3.66±0.18 <sup>a,B</sup>   | 3.92±0.58 <sup>bc,B</sup>  | 3.19±0.28 <sup>abc,A</sup>  |
| S132-30  | 4.61±0.62 <sup>ab,C</sup>   | 4.26±0.55 <sup>bc,BC</sup> | 3.89±0.72 <sup>bc,B</sup>  | 2.75±0.43 <sup>a,A</sup>    |
| S97-5    | 5.43±0.20 <sup>cd,C</sup>   | 4.59±0.45 <sup>bcd,B</sup> | 4.18±0.80 <sup>c,AB</sup>  | 3.78±0.65 <sup>d,A</sup>    |
| S97-30   | 5.10±0.51 <sup>bcd,B</sup>  | 4.72±0.51 <sup>cd,B</sup>  | 2.56±0.28 <sup>a,A</sup>   | 3.02±0.55 <sup>abc,A</sup>  |
| T139-5   | 5.20±0.58 <sup>cd,B</sup>   | 4.89±0.72 <sup>d,B</sup>   | 2.82±0.78 <sup>a,A</sup>   | 3.45±0.55 <sup>cd,A</sup>   |
| T139-30  | 5.41±0.52 <sup>cd,C</sup>   | 4.48±0.24 <sup>bcd,B</sup> | 3.47±0.19 <sup>b,A</sup>   | 3.20±0.34 <sup>abc,A</sup>  |
| T115-5   | 5.25±0.67 <sup>cd,D</sup>   | 4.56±0.28 <sup>bcd,C</sup> | 2.64±0.27 <sup>a,A</sup>   | 3.31±0.65 <sup>bcd,B</sup>  |
| T115-30  | 5.52±0.63 <sup>d,C</sup>    | 4.15±0.30 <sup>b,B</sup>   | 3.50±0.13 <sup>b,A</sup>   | 3.12±0.58 <sup>abc,A</sup>  |
| T127-5   | 4.87±0.60 <sup>abc,BC</sup> | 4.50±0.13 <sup>bcd,B</sup> | 5.33±1.02 <sup>de,C</sup>  | 2.90±0.12 <sup>ab,A</sup>   |
| T127-30  | 5.13±0.52 <sup>bcd,C</sup>  | 4.14±0.32 <sup>b,B</sup>   | 3.63±0.08 <sup>bc,A</sup>  | 3.28±0.53 <sup>abcd,A</sup> |
| S-5      | 5.68±0.37 <sup>de,C</sup>   | 5.48±0.89 <sup>e,BC</sup>  | 5.01±0.49 <sup>d,AB</sup>  | 4.73±0.36 <sup>e,A</sup>    |
| S-30     | 6.14±0.41 <sup>e,B</sup>    | 5.55±0.50 <sup>e,A</sup>   | 5.71±0.47 <sup>ef,AB</sup> | 5.39±0.44 <sup>f,A</sup>    |
| K        | 6.83±0.25 <sup>f,C</sup>    | 6.32±0.29 <sup>f,B</sup>   | 6.21±0.03 <sup>f,B</sup>   | 5.75±0.35 <sup>f,A</sup>    |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin depolama süresince  $b^*$  değerleri 12.65-21.58 aralığında değişim gösterirken, kontrol örneklerinin  $b^*$  değerlerinin 11.74-22.29 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.63). Depolama süresi arttıkça örneklerin  $b^*$  değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.63** Postbiyotikler ile işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince  $b^*$  değerleri

| Örnekler | $b^*$ değerleri             |                            |                            |                            |
|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                      | 3. gün                     | 5. gün                     | 7. gün                     |
| S132-5   | 19.95±0.58 <sup>de,D</sup>  | 18.12±0.54 <sup>cd,C</sup> | 16.31±0.62 <sup>cd,B</sup> | 15.21±0.64 <sup>de,A</sup> |
| S132-30  | 19.71±0.47 <sup>cd,D</sup>  | 16.96±0.28 <sup>b,C</sup>  | 15.89±0.66 <sup>bc,B</sup> | 12.81±0.78 <sup>c,A</sup>  |
| S97-5    | 20.58±0.61 <sup>ef,D</sup>  | 18.08±0.47 <sup>c,C</sup>  | 17.04±0.23 <sup>e,B</sup>  | 15.63±0.44 <sup>ef,A</sup> |
| S97-30   | 19.16±1.15 <sup>bc,D</sup>  | 17.07±0.60 <sup>b,C</sup>  | 15.85±0.49 <sup>bc,B</sup> | 12.65±0.50 <sup>bc,A</sup> |
| T139-5   | 20.99±0.44 <sup>fg,D</sup>  | 18.70±0.55 <sup>de,C</sup> | 16.84±0.38 <sup>de,B</sup> | 15.89±0.54 <sup>f,A</sup>  |
| T139-30  | 19.84±0.53 <sup>cd,D</sup>  | 17.72±0.65 <sup>c,C</sup>  | 15.87±0.66 <sup>bc,B</sup> | 14.85±0.53 <sup>d,A</sup>  |
| T115-5   | 19.96±0.55 <sup>de,D</sup>  | 17.76±0.46 <sup>c,C</sup>  | 15.91±0.68 <sup>bc,B</sup> | 15.21±0.30 <sup>de,A</sup> |
| T115-30  | 19.00±0.71 <sup>b,C</sup>   | 16.99±0.52 <sup>b,B</sup>  | 15.42±0.35 <sup>b,A</sup>  | 14.94±0.36 <sup>d,A</sup>  |
| T127-5   | 21.58±0.41 <sup>abc,D</sup> | 18.97±0.74 <sup>e,C</sup>  | 17.74±0.40 <sup>fg,B</sup> | 16.98±0.61 <sup>g,A</sup>  |
| T127-30  | 20.32±0.43 <sup>g,C</sup>   | 18.22±0.79 <sup>cd,B</sup> | 17.17±0.70 <sup>ef,A</sup> | 16.86±0.70 <sup>g,A</sup>  |
| S-5      | 18.55±0.78 <sup>b,D</sup>   | 17.14±0.24 <sup>b,C</sup>  | 15.33±0.34 <sup>b,B</sup>  | 12.14±0.91 <sup>ab,A</sup> |
| S-30     | 16.78±0.46 <sup>a,B</sup>   | 16.02±0.55 <sup>a,B</sup>  | 12.32±1.20 <sup>a,A</sup>  | 11.74±0.80 <sup>a,A</sup>  |
| K        | 22.29±0.87 <sup>h,D</sup>   | 19.11±0.63 <sup>e,C</sup>  | 17.88±0.53 <sup>g,B</sup>  | 17.02±0.66 <sup>g,A</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g, h) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Genel olarak değerlendirildiğinde, postbiyotik uygulanan tavuk eti örneklerinin  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinin depolama süresince kontrol örneklerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, postbiyotikler ile işlem gören örneklerin  $b^*$  değerlerinin su ile işlem gören kontrol örneklerine (S-5 ve S-30) kıyasla daha yüksek, işlem görmemiş kontrol örneğine (K) kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, depolama süresince örneklerin açıklık ( $L^*$ ), kırmızılık ( $a^*$ ) ve sarılık ( $b^*$ ) değerlerinin önemli ölçüde azaldığını göstermiştir ( $P<0.05$ ). Depolama süresince örneklerin  $L^*$  değerlerinde görülen azalma, kırmızı oksimiyoglobinin metmiyoglobine oksidasyonu ile ilişkilendirilebilir (Ebadi et al., 2019). Tarafımızca yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçların aksine İncili et al. (2021), *P. acidilactici*'den elde edilen postbiyotik ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%50) 3 dakika bekletilen tavuk göğsü filetoalarının  $L^*$  değerlerinin (49.35-58.51) depolama süresince önemli ölçüde

arttığını bildirmiştir. Tavuk eti düşük pH değerlerinde miyoglobinin metmiyoglobine dönüşmesi nedeniyle kırmızılık ve sarılık görünümüne sahip olmaktadır (Page et al., 2001). Dolayısıyla, depolamanın sonunda örneklerin  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde gözlenen düşüş, örneklerin pH değerlerinin artmasıyla açıklanabilir (Çizelge 4.60). Chai and Sheen (2021) tarafından yapılan başka bir çalışmada, allil izotiyosiyanat ve asetik asit ile işlem gören kıyılmış tavuk etlerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin sırasıyla 60.90-60.96, 4.64-4.68 ve 8.42-8.50 aralığında olduğu belirlenmiştir. Elde edilen tüm bu sonuçlar, et türü, pH değeri, kullanılan antimikrobiyal madde ve işlem süresi gibi çeşitli faktörlerin örneklerin renk değerlerinde farklılıklara neden olabileceğini ortaya koymuştur.

#### 4.8.3 Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin duyuşal özellikleri

Çalışma kapsamında, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115 ve *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örnekleri depolama süresince 15 panelist tarafından renk, koku, görünüm, doku ve genel beğeni açısından değerlendirilmiştir.

Postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin depolama süresince renk puanlarının 5.38-8.63 aralığında olduğu tespit edilirken, kontrol örneklerinin renk puanlarının 4.50-8.38 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.64). Depolamanın 1. ve 3. günlerinde tavuk eti örneklerinin  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri (Çizelge 62-63) arasında önemli farklılıklar gözlemlenmesine rağmen, bu farklılıkların duyuşal açıdan renk puanlarını etkilemediği tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ). Depolama süresi arttıkça örneklerin renk açısından tercih puanlarının azaldığı ( $P<0.05$ ) ve depolamanın sonunda renk puanlarının 5.38-6.13 aralığında olduğu belirlenmiştir. Depolamanın sonunda renk açısından en çok beğenilen örnekler S132-30 ve T139-30 olarak tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.64** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince renk puanları

| Örnekler | Renk puanları            |                           |                             |                            |
|----------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                   | 3. gün                    | 5. gün                      | 7. gün                     |
| S132-5   | 8.63±0.52 <sup>a,C</sup> | 7.63±1.06 <sup>a,B</sup>  | 6.75±0.71 <sup>bc,A</sup>   | 6.00±0.53 <sup>cd,A</sup>  |
| S132-30  | 8.13±0.99 <sup>a,C</sup> | 7.75±1.04 <sup>a,BC</sup> | 6.88±0.83 <sup>c,AB</sup>   | 6.13±0.83 <sup>d,A</sup>   |
| S97-5    | 8.50±0.76 <sup>a,D</sup> | 7.63±0.52 <sup>a,C</sup>  | 6.63±0.92 <sup>bc,B</sup>   | 5.63±0.52 <sup>cd,A</sup>  |
| S97-30   | 7.88±1.13 <sup>a,B</sup> | 7.50±0.93 <sup>a,B</sup>  | 6.88±1.25 <sup>c,AB</sup>   | 6.00±0.76 <sup>cd,A</sup>  |
| T139-5   | 8.38±0.52 <sup>a,B</sup> | 7.63±1.06 <sup>a,B</sup>  | 6.38±1.06 <sup>abc,A</sup>  | 5.50±0.76 <sup>bcd,A</sup> |
| T139-30  | 7.63±1.06 <sup>a,B</sup> | 7.38±1.19 <sup>a,B</sup>  | 6.88±0.83 <sup>c,AB</sup>   | 6.13±0.35 <sup>d,A</sup>   |
| T115-5   | 8.38±0.92 <sup>a,C</sup> | 7.63±1.06 <sup>a,C</sup>  | 6.50±0.93 <sup>abc,B</sup>  | 5.38±0.52 <sup>bc,A</sup>  |
| T115-30  | 7.63±1.06 <sup>a,C</sup> | 6.88±0.64 <sup>a,BC</sup> | 6.63±0.74 <sup>bc,B</sup>   | 5.63±0.74 <sup>cd,A</sup>  |
| T127-5   | 8.38±0.92 <sup>a,C</sup> | 7.75±0.71 <sup>a,C</sup>  | 6.25±0.71 <sup>abc,B</sup>  | 5.38±0.52 <sup>bc,A</sup>  |
| T127-30  | 7.75±1.28 <sup>a,C</sup> | 7.13±0.83 <sup>a,BC</sup> | 6.38±0.74 <sup>abc,AB</sup> | 5.50±0.53 <sup>bcd,A</sup> |
| S-5      | 7.88±0.99 <sup>a,B</sup> | 7.13±0.64 <sup>a,B</sup>  | 5.63±0.74 <sup>a,A</sup>    | 4.88±0.64 <sup>ab,A</sup>  |
| S-30     | 7.63±0.92 <sup>a,C</sup> | 7.13±0.64 <sup>a,C</sup>  | 5.88±0.64 <sup>ab,B</sup>   | 4.63±0.52 <sup>a,A</sup>   |
| K        | 8.38±0.92 <sup>a,D</sup> | 7.63±0.52 <sup>a,C</sup>  | 5.63±0.52 <sup>a,B</sup>    | 4.50±0.53 <sup>a,A</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin koku puanları 5.13-8.38 aralığında değişirken, kontrol örneklerinin koku puanlarının 4.13-8.38 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.65). Depolamanın birinci gününde tavuk eti örneklerinin koku puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin koku puanlarının azaldığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Depolamanın sonunda koku açısından en yüksek puana sahip olan örnek S132-30 olmasına karşın, söz konusu farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.65** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince koku puanları

| Örnekler | Koku puanları            |                            |                             |                          |
|----------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                   | 3. gün                     | 5. gün                      | 7. gün                   |
| S132-5   | 8.38±0.74 <sup>a,D</sup> | 7.13±1.13 <sup>bc,C</sup>  | 6.13±0.64 <sup>cde,B</sup>  | 5.25±0.46 <sup>b,A</sup> |
| S132-30  | 8.13±0.83 <sup>a,C</sup> | 7.50±1.07 <sup>c,C</sup>   | 6.50±0.53 <sup>e,B</sup>    | 5.50±0.76 <sup>b,A</sup> |
| S97-5    | 8.25±0.71 <sup>a,D</sup> | 7.00±0.76 <sup>abc,C</sup> | 5.88±0.83 <sup>bcde,B</sup> | 5.13±0.35 <sup>b,A</sup> |
| S97-30   | 7.88±0.83 <sup>a,C</sup> | 7.38±0.92 <sup>c,C</sup>   | 6.38±0.92 <sup>de,B</sup>   | 5.25±0.46 <sup>b,A</sup> |
| T139-5   | 8.13±0.64 <sup>a,C</sup> | 7.25±0.71 <sup>bc,B</sup>  | 5.75±0.71 <sup>bcde,A</sup> | 5.13±0.64 <sup>b,A</sup> |
| T139-30  | 7.38±0.74 <sup>a,C</sup> | 7.13±0.99 <sup>bc,C</sup>  | 6.38±0.52 <sup>de,B</sup>   | 5.38±0.52 <sup>b,A</sup> |
| T115-5   | 8.13±0.83 <sup>a,D</sup> | 7.13±0.64 <sup>bc,C</sup>  | 5.88±0.64 <sup>bcde,B</sup> | 5.13±0.35 <sup>b,A</sup> |
| T115-30  | 7.50±0.93 <sup>a,D</sup> | 6.75±0.71 <sup>abc,C</sup> | 6.00±0.53 <sup>cde,B</sup>  | 5.25±0.71 <sup>b,A</sup> |
| T127-5   | 8.13±0.83 <sup>a,B</sup> | 7.38±0.74 <sup>c,B</sup>   | 5.63±0.92 <sup>bcd,A</sup>  | 5.13±0.35 <sup>b,A</sup> |
| T127-30  | 7.63±1.19 <sup>a,B</sup> | 7.00±0.76 <sup>abc,B</sup> | 6.13±0.64 <sup>cde,A</sup>  | 5.38±0.52 <sup>b,A</sup> |
| S-5      | 7.75±1.04 <sup>a,D</sup> | 6.13±0.64 <sup>a,C</sup>   | 5.13±0.83 <sup>b,B</sup>    | 4.13±0.64 <sup>a,A</sup> |
| S-30     | 7.50±0.93 <sup>a,D</sup> | 6.38±0.74 <sup>ab,C</sup>  | 5.38±0.74 <sup>bc,B</sup>   | 4.38±0.52 <sup>a,A</sup> |
| K        | 8.38±0.74 <sup>a,C</sup> | 6.13±0.83 <sup>a,B</sup>   | 4.25±0.71 <sup>a,A</sup>    | 4.13±0.64 <sup>a,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin görünüm puanları 5.25-8.38 aralığında belirlenirken, kontrol örneklerinin görünüm puanlarının 4.63-7.88 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.66). Depolama süresi arttıkça örneklerin görünüm puanlarının azaldığı belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Depolamanın sonunda görünüm açısından en çok beğenilen örnekler S132-30 ve T139-30 olarak tespit edilmiştir.



**Çizelge 4.66** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince görünüm puanları

| Örnekler | Görünüm puanları          |                             |                            |                            |
|----------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                    | 3. gün                      | 5. gün                     | 7. gün                     |
| S132-5   | 8.38±0.52 <sup>b,D</sup>  | 7.25±0.71 <sup>abc,C</sup>  | 6.63±0.52 <sup>c,B</sup>   | 5.88±0.64 <sup>cd,A</sup>  |
| S132-30  | 8.13±0.83 <sup>ab,B</sup> | 7.63±0.92 <sup>c,B</sup>    | 6.50±0.53 <sup>c,A</sup>   | 6.00±0.76 <sup>d,A</sup>   |
| S97-5    | 8.25±0.71 <sup>b,D</sup>  | 7.38±0.52 <sup>abc,C</sup>  | 6.38±1.06 <sup>bc,B</sup>  | 5.50±0.53 <sup>cd,A</sup>  |
| S97-30   | 8.00±0.53 <sup>ab,C</sup> | 7.25±0.46 <sup>abc,B</sup>  | 6.88±0.99 <sup>c,B</sup>   | 5.88±0.64 <sup>cd,A</sup>  |
| T139-5   | 8.13±0.64 <sup>ab,B</sup> | 7.50±0.93 <sup>bc,B</sup>   | 6.13±0.83 <sup>abc,A</sup> | 5.38±0.52 <sup>bcd,A</sup> |
| T139-30  | 7.88±0.83 <sup>ab,C</sup> | 7.13±0.99 <sup>abc,BC</sup> | 6.75±0.71 <sup>c,AB</sup>  | 6.00±0.53 <sup>d,A</sup>   |
| T115-5   | 8.13±0.83 <sup>ab,C</sup> | 7.38±0.92 <sup>abc,C</sup>  | 6.38±0.74 <sup>bc,B</sup>  | 5.25±0.46 <sup>bc,A</sup>  |
| T115-30  | 7.63±0.74 <sup>ab,C</sup> | 7.00±0.53 <sup>abc,BC</sup> | 6.38±0.74 <sup>bc,B</sup>  | 5.50±0.53 <sup>cd,A</sup>  |
| T127-5   | 8.13±0.83 <sup>ab,D</sup> | 7.38±0.52 <sup>abc,C</sup>  | 6.13±0.64 <sup>abc,B</sup> | 5.25±0.46 <sup>bc,A</sup>  |
| T127-30  | 7.75±0.71 <sup>ab,C</sup> | 7.25±0.71 <sup>abc,C</sup>  | 6.50±0.53 <sup>c,B</sup>   | 5.38±0.52 <sup>bcd,A</sup> |
| S-5      | 7.63±0.52 <sup>ab,D</sup> | 6.75±0.46 <sup>ab,C</sup>   | 5.38±0.52 <sup>a,B</sup>   | 4.88±0.35 <sup>ab,A</sup>  |
| S-30     | 7.38±0.52 <sup>a,C</sup>  | 6.88±0.83 <sup>abc,C</sup>  | 5.63±0.52 <sup>ab,B</sup>  | 4.63±0.52 <sup>a,A</sup>   |
| K        | 7.88±0.83 <sup>ab,D</sup> | 6.63±0.52 <sup>a,C</sup>    | 5.38±0.74 <sup>a,B</sup>   | 4.63±0.52 <sup>a,A</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin doku puanlarının 5.44-8.44 aralığında olduğu belirlenirken, kontrol örneklerinin doku puanlarının 4.63-8.31 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.67). Depolamanın 1. ve 3. günlerinde tavuk eti örneklerinin doku puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin doku puanlarının azaldığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Depolamanın sonunda doku açısından en beğenilen örneğin S132-30 olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.67** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince doku puanları

| Örnekler | Doku puanları            |                           |                            |                            |
|----------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                   | 3. gün                    | 5. gün                     | 7. gün                     |
| S132-5   | 8.38±0.52 <sup>a,C</sup> | 7.69±0.88 <sup>a,B</sup>  | 6.69±0.59 <sup>cd,A</sup>  | 6.06±0.56 <sup>cd,A</sup>  |
| S132-30  | 8.19±0.75 <sup>a,B</sup> | 7.56±0.90 <sup>a,B</sup>  | 6.75±0.71 <sup>cd,A</sup>  | 6.19±0.75 <sup>d,A</sup>   |
| S97-5    | 8.44±0.82 <sup>a,D</sup> | 7.63±0.58 <sup>a,C</sup>  | 6.81±0.59 <sup>d,B</sup>   | 5.56±0.50 <sup>bcd,A</sup> |
| S97-30   | 8.00±0.93 <sup>a,C</sup> | 7.69±0.53 <sup>a,BC</sup> | 6.94±1.02 <sup>d,B</sup>   | 5.94±0.68 <sup>cd,A</sup>  |
| T139-5   | 8.31±0.59 <sup>a,C</sup> | 7.69±0.65 <sup>a,C</sup>  | 6.50±0.93 <sup>cd,B</sup>  | 5.44±0.62 <sup>bc,A</sup>  |
| T139-30  | 7.81±0.84 <sup>a,C</sup> | 7.50±1.07 <sup>a,BC</sup> | 6.81±0.75 <sup>d,AB</sup>  | 6.06±0.18 <sup>cd,A</sup>  |
| T115-5   | 8.19±0.92 <sup>a,C</sup> | 7.56±0.98 <sup>a,C</sup>  | 6.56±0.90 <sup>cd,B</sup>  | 5.56±0.56 <sup>bcd,A</sup> |
| T115-30  | 7.81±0.84 <sup>a,C</sup> | 7.19±0.37 <sup>a,BC</sup> | 6.69±0.70 <sup>cd,B</sup>  | 5.69±0.70 <sup>cd,A</sup>  |
| T127-5   | 8.19±0.92 <sup>a,C</sup> | 7.69±0.59 <sup>a,C</sup>  | 6.38±0.52 <sup>bcd,B</sup> | 5.56±0.50 <sup>bcd,A</sup> |
| T127-30  | 8.00±0.93 <sup>a,D</sup> | 7.19±0.53 <sup>a,C</sup>  | 6.44±0.73 <sup>bcd,B</sup> | 5.50±0.60 <sup>bc,A</sup>  |
| S-5      | 7.88±0.64 <sup>a,D</sup> | 7.06±0.56 <sup>a,C</sup>  | 5.69±0.70 <sup>ab,B</sup>  | 4.94±0.56 <sup>ab,A</sup>  |
| S-30     | 7.56±0.90 <sup>a,C</sup> | 7.13±0.64 <sup>a,C</sup>  | 5.94±0.68 <sup>abc,B</sup> | 4.69±0.59 <sup>a,A</sup>   |
| K        | 8.31±0.96 <sup>a,D</sup> | 7.56±0.50 <sup>a,C</sup>  | 5.56±0.50 <sup>a,B</sup>   | 4.63±0.58 <sup>a,A</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin genel beğeni puanları 5.31-8.50 aralığında tespit edilirken, kontrol örneklerinin genel beğeni puanlarının 4.44-8.25 aralığında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.68). Depolamanın 1. ve 3. günlerinde tavuk eti örneklerinin genel beğeni puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin genel beğeni puanlarının azaldığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Depolamanın sonunda genel beğeni açısından en beğenilen örneğin T139-30 olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.68** Postbiyotiklerle işlem görmüş tavuk eti örneklerinin depolama süresince genel beğeni puanları

| Örnekler | Genel beğeni puanları    |                           |                            |                            |
|----------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                   | 3. gün                    | 5. gün                     | 7. gün                     |
| S132-5   | 8.50±0.53 <sup>a,D</sup> | 7.56±0.98 <sup>a,C</sup>  | 6.69±0.46 <sup>c,B</sup>   | 5.94±0.50 <sup>cde,A</sup> |
| S132-30  | 8.19±0.53 <sup>a,C</sup> | 7.94±0.78 <sup>a,C</sup>  | 6.81±0.65 <sup>c,B</sup>   | 6.06±0.78 <sup>de,A</sup>  |
| S97-5    | 8.38±0.74 <sup>a,C</sup> | 7.69±0.46 <sup>a,C</sup>  | 6.44±0.90 <sup>bc,B</sup>  | 5.56±0.50 <sup>cde,A</sup> |
| S97-30   | 8.00±0.93 <sup>a,C</sup> | 7.63±0.74 <sup>a,BC</sup> | 6.81±1.19 <sup>c,AB</sup>  | 6.13±0.64 <sup>e,A</sup>   |
| T139-5   | 8.19±0.37 <sup>a,B</sup> | 7.56±0.98 <sup>a,B</sup>  | 6.38±0.95 <sup>abc,A</sup> | 5.63±0.69 <sup>cde,A</sup> |
| T139-30  | 7.69±1.03 <sup>a,B</sup> | 7.44±1.12 <sup>a,B</sup>  | 6.56±0.50 <sup>bc,A</sup>  | 6.19±0.37 <sup>e,A</sup>   |
| T115-5   | 8.31±0.88 <sup>a,C</sup> | 7.69±0.80 <sup>a,C</sup>  | 6.38±0.74 <sup>abc,B</sup> | 5.44±0.50 <sup>cd,A</sup>  |
| T115-30  | 7.81±0.84 <sup>a,C</sup> | 7.06±0.56 <sup>a,B</sup>  | 6.56±0.62 <sup>bc,B</sup>  | 5.81±0.59 <sup>cde,A</sup> |
| T127-5   | 8.25±0.89 <sup>a,C</sup> | 7.69±0.70 <sup>a,C</sup>  | 6.19±0.65 <sup>abc,B</sup> | 5.31±0.46 <sup>bc,A</sup>  |
| T127-30  | 7.88±1.13 <sup>a,B</sup> | 7.31±0.59 <sup>a,B</sup>  | 6.44±0.73 <sup>bc,A</sup>  | 5.69±0.59 <sup>cde,A</sup> |
| S-5      | 8.06±0.68 <sup>a,D</sup> | 7.13±0.44 <sup>a,C</sup>  | 5.56±0.62 <sup>a,B</sup>   | 4.81±0.53 <sup>ab,A</sup>  |
| S-30     | 7.75±0.71 <sup>a,C</sup> | 7.19±0.65 <sup>a,C</sup>  | 5.81±0.65 <sup>ab,B</sup>  | 4.56±0.50 <sup>a,A</sup>   |
| K        | 8.25±0.89 <sup>a,D</sup> | 7.50±0.46 <sup>a,C</sup>  | 5.56±0.50 <sup>a,B</sup>   | 4.44±0.50 <sup>a,A</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Elde edilen bu sonuçlar, duyuşal özellikler açısından depolama süresi arttıkça örneklerin tercih puanlarının azaldığını göstermiştir. Bununla birlikte, depolama süresince tüm örneklerin renk, koku, görünüm, doku ve genel beğeni açısından ortanın üzerinde puan ( $>5.00$ ) alarak oldukça beğenildikleri belirlenmiştir. Depolamanın sonunda tüm duyuşal özellikler açısından en beğenilen örneklerin S132-30 ve T139-30 olduğu gözlemlenmiştir. Literatürde postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin duyuşal özelliklerinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bununla birlikte, araştırmacılar laktik asit, sodyum laktat, karvakrol, timol, koruk suyu ve nar suyu gibi birçok antimikrobiyal etkili ürünün tavuk etinin duyuşal özelliklerini geliştirdiğini bildirmiştir (Smaoui et al., 2012; Lytjou et al., 2017; Karam et al., 2019; Sengun et al., 2019).

## 4.9 Postbiyotiklerin Peynir Kalitesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

### 4.9.1 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri

Bu tez çalışması kapsamında, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. plantarum* P36, *P. ethanolidurans* P84 ve *P. pentasaceus* T87 suşlarının ürettikleri postbiyotikler kullanılarak üretilen peynirler steril plastik kaplarda 4°C’de 30 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 4., 7., 10., 15., 21. ve 30. günlerinde örneklerde TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae, LAB, küf-maya ve *S. aureus* sayımları yapılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, peynir örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla TMAB sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 4. ve 7. günlerinde postbiyotikler ile işlem gören örneklerin TMAB sayıları tespit edilebilir limitin altında bulunmuştur. Bununla birlikte, depolamanın 10., 15., 21. ve 30. günlerinde örneklerin TMAB sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.99-2.94, 2.00-2.65, 2.05-2.96 ve 2.53-3.23 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.69). Depolama süresince TMAB sayısında en fazla azalma *E. faecalis* S132’den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneğinde (P-S132) gözlemlenmiş, ancak bu örnek ile *L. paracasei* S97’den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen P-S97 örneğinin TMAB sayıları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin TMAB sayılarının artış gösterdiği gözlemlenmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.69** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) |                          |                          |                           |                           |                           |                          |
|----------|-------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                                                | 4. gün                   | 7. gün                   | 10. gün                   | 15. gün                   | 21. gün                   | 30. gün                  |
| P-S132   | <1.00 <sup>a,A</sup>                                  | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 1.27±0.20 <sup>a,B</sup>  | 1.60±0.09 <sup>a,C</sup>  | 2.03±0.12 <sup>a,D</sup>  | 2.17±0.09 <sup>a,D</sup> |
| P-S97    | <1.00 <sup>a,A</sup>                                  | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 1.84±0.10 <sup>b,B</sup>  | 1.97±0.10 <sup>b,B</sup>  | 1.99±0.20 <sup>a,B</sup>  | 2.31±0.09 <sup>a,C</sup> |
| P-P36    | <1.00 <sup>a,A</sup>                                  | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 2.22±0.09 <sup>d,B</sup>  | 2.25±0.25 <sup>c,B</sup>  | 2.90±0.06 <sup>c,C</sup>  | 2.87±0.02 <sup>c,C</sup> |
| P-P84    | <1.00 <sup>a,A</sup>                                  | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 1.98±0.16 <sup>bc,B</sup> | 2.25±0.13 <sup>c,C</sup>  | 2.83±0.03 <sup>bc,E</sup> | 2.63±0.06 <sup>b,D</sup> |
| P-T87    | <1.00 <sup>a,A</sup>                                  | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 2.14±0.09 <sup>cd,B</sup> | 2.18±0.10 <sup>bc,B</sup> | 2.64±0.03 <sup>b,C</sup>  | 2.78±0.17 <sup>c,D</sup> |
| P-K      | 1.86±0.15 <sup>b,A</sup>                              | 2.01±0.16 <sup>b,A</sup> | 2.42±0.34 <sup>b,B</sup> | 4.21±0.05 <sup>e,C</sup>  | 4.25±0.13 <sup>d,C</sup>  | 4.95±0.28 <sup>d,D</sup>  | 5.40±0.08 <sup>d,E</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, peynir örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla TPAB sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 4. ve 7. günlerinde postbiyotikler ile işlem gören örneklerin TPAB sayılarının tespit edilebilir limitin altında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, depolamanın 10., 15., 21. ve 30. günlerinde örneklerin TPAB sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.07-2.51, 1.08-1.70, 1.22-1.77 ve 1.50-1.96 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.70). TMAB sayılarına benzer şekilde, depolama süresince TPAB sayılarında en fazla azalma, *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler ve *E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinde (P-S97 ve P-S132) gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça örneklerin TPAB sayılarının arttığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.70** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince toplam psikrofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Toplam psikrofilik aerobik bakteri sayıları (log kob/g) |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|----------|---------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                                                  | 4. gün                   | 7. gün                   | 10. gün                  | 15. gün                  | 21. gün                  | 30. gün                  |
| P-S132   | <1.00 <sup>a,A</sup>                                    | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 1.19±0.24 <sup>a,B</sup> | 3.21±0.10 <sup>b,C</sup> | 3.28±0.09 <sup>a,C</sup> | 3.59±0.06 <sup>a,D</sup> |
| P-S97    | <1.00 <sup>a,A</sup>                                    | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 1.19±0.24 <sup>a,B</sup> | 3.01±0.09 <sup>a,C</sup> | 3.19±0.06 <sup>a,D</sup> | 3.54±0.12 <sup>a,E</sup> |
| P-P36    | <1.00 <sup>a,A</sup>                                    | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 2.44±0.13 <sup>b,B</sup> | 3.63±0.08 <sup>d,C</sup> | 3.74±0.06 <sup>c,D</sup> | 4.00±0.04 <sup>c,E</sup> |
| P-P84    | <1.00 <sup>a,A</sup>                                    | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 2.56±0.10 <sup>b,B</sup> | 3.57±0.09 <sup>d,C</sup> | 3.68±0.07 <sup>c,D</sup> | 3.91±0.07 <sup>c,E</sup> |
| P-T87    | <1.00 <sup>a,A</sup>                                    | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 2.63±0.15 <sup>b,B</sup> | 3.41±0.09 <sup>c,C</sup> | 3.51±0.07 <sup>b,C</sup> | 3.77±0.08 <sup>b,D</sup> |
| P-K      | <1.00 <sup>a,A</sup>                                    | 1.87±0.03 <sup>b,B</sup> | 2.79±0.04 <sup>b,C</sup> | 3.70±0.12 <sup>c,D</sup> | 4.71±0.11 <sup>e,E</sup> | 4.96±0.06 <sup>d,F</sup> | 5.50±0.07 <sup>d,G</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F, G) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, peynir örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla *Pseudomonas* spp. sayımları yapılmıştır. Depolamanın 1., 4., 7. ve 10. günlerinde postbiyotikler ile işlem gören örneklerin *Pseudomonas* spp. sayılarının tespit edilebilir limitin altında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, depolamanın sonunda örneklerin (P-S132, P-S97, P-P36, P-P84 ve P-T87) *Pseudomonas* spp. sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.93, 1.83, 2.13, 1.10 ve 2.04 log kob/g azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.71).

**Çizelge 4.71** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince *Pseudomonas* spp. sayıları (log kob/g)

| Örnekler | <i>Pseudomonas</i> spp. sayıları (log kob/g) |                      |                          |                          |                          |                           |                           |
|----------|----------------------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                                       | 4. gün               | 7. gün                   | 10. gün                  | 15. gün                  | 21. gün                   | 30. gün                   |
| P-S132   | <2.00 <sup>a,A</sup>                         | <2.00 <sup>a,A</sup> | <2.00 <sup>a,A</sup>     | <2.00 <sup>a,A</sup>     | <2.00 <sup>a,A</sup>     | 2.58±0.41 <sup>bc,B</sup> | 3.10±0.12 <sup>bc,C</sup> |
| P-S97    | <2.00 <sup>a,A</sup>                         | <2.00 <sup>a,A</sup> | <2.00 <sup>a,A</sup>     | <2.00 <sup>a,A</sup>     | <2.00 <sup>a,A</sup>     | 2.87±0.20 <sup>c,B</sup>  | 3.20±0.09 <sup>c,C</sup>  |
| P-P36    | <2.00 <sup>a,A</sup>                         | <2.00 <sup>a,A</sup> | <2.00 <sup>a,A</sup>     | <2.00 <sup>a,A</sup>     | <2.00 <sup>a,A</sup>     | 2.15±0.30 <sup>a,B</sup>  | 2.90±0.23 <sup>a,C</sup>  |
| P-P84    | <2.00 <sup>a,A</sup>                         | <2.00 <sup>a,A</sup> | <2.00 <sup>a,A</sup>     | <2.00 <sup>a,A</sup>     | 2.52±0.17 <sup>b,B</sup> | 3.54±0.08 <sup>d,C</sup>  | 3.93±0.06 <sup>d,D</sup>  |
| P-T87    | <2.00 <sup>a,A</sup>                         | <2.00 <sup>a,A</sup> | <2.00 <sup>a,A</sup>     | <2.00 <sup>a,A</sup>     | <2.00 <sup>a,A</sup>     | 2.33±0.29 <sup>ab,B</sup> | 2.99±0.11 <sup>ab,C</sup> |
| P-K      | <2.00 <sup>a,A</sup>                         | <2.00 <sup>a,A</sup> | 2.27±0.20 <sup>b,B</sup> | 3.60±0.09 <sup>b,C</sup> | 4.54±0.16 <sup>c,D</sup> | 4.83±0.06 <sup>e,E</sup>  | 5.03±0.06 <sup>e,F</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, peynir örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla Enterobacteriaceae sayımları gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 4., 7. ve 10. günlerinde postbiyotikler ile işlem gören örneklerin Enterobacteriaceae sayıları tespit edilebilir limitin altında bulunmuştur. Ayrıca, depolamanın sonunda P-S132, P-S97 ve P-T87 örneklerinin Enterobacteriaceae sayılarının tespit edilebilir limitin altında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.72). Depolamanın sonunda P-P36 ve P-P84 örneklerinin Enterobacteriaceae sayılarının kontrol örneğine kıyasla sırasıyla 1.05 ve 1.19 log kob/g azaldığı belirlenmiştir.

**Çizelge 4.72** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g) |                      |                          |                          |                           |                          |                          |
|----------|-----------------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                                  | 4. gün               | 7. gün                   | 10. gün                  | 15. gün                   | 21. gün                  | 30. gün                  |
| P-S132   | <1.00 <sup>a,A</sup>                    | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     |
| P-S97    | <1.00 <sup>a,A</sup>                    | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     |
| P-P36    | <1.00 <sup>a,A</sup>                    | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 1.65±0.06 <sup>c,B</sup>  | 1.66±0.13 <sup>c,B</sup> | 1.68±0.28 <sup>b,B</sup> |
| P-P84    | <1.00 <sup>a,A</sup>                    | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | 1.35±0.09 <sup>b,BC</sup> | 1.23±0.29 <sup>b,B</sup> | 1.54±0.40 <sup>b,C</sup> |
| P-T87    | <1.00 <sup>a,A</sup>                    | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     |
| P-K      | <1.00 <sup>a,A</sup>                    | <1.00 <sup>a,A</sup> | 1.12±0.24 <sup>b,B</sup> | 2.42±0.13 <sup>b,C</sup> | 2.58±0.05 <sup>d,D</sup>  | 2.60±0.05 <sup>d,D</sup> | 2.73±0.04 <sup>c,D</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın sonraki aşamasında, peynir örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla LAB sayımları yapılmıştır. Depolama süresince P-S132, P-S97, P-P36 ve P-P84 örneklerinin LAB sayıları tespit edilebilir limitin altında bulunmuştur. Bununla birlikte, depolamanın sonunda *P. pentasaceus* T87'den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneğinin LAB sayılarının kontrol örneğine kıyasla 1.12 log kob/g azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.73).

**Çizelge 4.73** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince laktik asit bakteri sayıları (log kob/g)

| Örnekler | Laktik asit bakteri sayıları (log kob/g) |                      |                      |                          |                          |                           |                          |
|----------|------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                                   | 4. gün               | 7. gün               | 10. gün                  | 15. gün                  | 21. gün                   | 30. gün                  |
| P-S132   | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>     |
| P-S97    | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>     |
| P-P36    | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>     |
| P-P84    | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>     | <1.00 <sup>a,A</sup>      | <1.00 <sup>a,A</sup>     |
| P-T87    | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup> | 1.38±0.29 <sup>b,C</sup> | 1.15±0.17 <sup>b,B</sup> | 1.23±0.15 <sup>b,BC</sup> | 1.62±0.11 <sup>b,D</sup> |
| P-K      | <1.00 <sup>a,A</sup>                     | <1.00 <sup>a,A</sup> | <1.00 <sup>a,A</sup> | 1.84±0.10 <sup>c,B</sup> | 2.15±0.17 <sup>c,C</sup> | 2.62±0.07 <sup>c,D</sup>  | 2.74±0.04 <sup>c,E</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın son aşamasında, peynir örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla küf-maya ve *S. aureus* sayımları gerçekleştirilmiş ve depolama süresince örneklerin küf-maya ve *S. aureus* sayılarının tespit edilebilir limitin altında olduğu belirlenmiştir. Khider and Elbanna (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, *Lactobacillus* sp. suşunun ürettiği bakteriyosin 100 uygulanan Camembert peyniri örnekleri 4°C’de 40 gün depolanmış ve örneklerin küf-maya sayılarının 0.66-1.63 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, depolamanın 7. gününde postbiyotikler ile üretilen peynir örneklerinin TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae ve LAB sayılarının tespit edilebilir limitin altında olduğu belirlenmiştir. Depolama süresince TMAB ve TPAB sayılarında en fazla azalma, *E. faecalis* S132 ve *L. paracasei* S97’den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinde gözlemlenmiştir. *E. faecalis* S132’den elde edilen postbiyotiklerin peynir örneklerinin doğal mikrobiyotası üzerine inaktivasyon etkisi yüksek miktarda hidrojen peroksit üretimi ile ilişkilendirilebilir. Bunun yanı sıra, *L. paracasei* S97’den elde edilen postbiyotik, hidrojen peroksit içermemesine rağmen, yüksek miktarda EPS ve diasetil içermektedir (Çizelge 4.3). Bununla birlikte, bu postbiyotiğin yüksek miktarda toplam asitlik, toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). Dolayısıyla, *L. paracasei* S97’den elde edilen postbiyotiğin inaktivasyon etkisinin



*E. faecalis* S132'den elde edilen postbiyotiklerden farklı olarak hidrojen peroksitten kaynaklı olmadığı, bununla birlikte inaktivasyon etkinin postbiyotiğin yüksek asitlik, biyoaktif bileşikler, EPS ve diasetil içeriğinden kaynaklı olabileceği söylenebilir. Elde edilen sonuçlar, postbiyotiklerin inaktivasyon etkilerinin mikroorganizma türüne bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymuştur.

Literatürde, postbiyotikler kullanılarak üretilen peynirlerin doğal mikrobiyotası üzerine etkilerinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Tarafımızca yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar, postbiyotiklerin, peynir üretiminde kimyasal koruyucu maddelerin kullanımını azaltarak tüketici taleplerinin karşılanmasına olanak sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Ancak, postbiyotiklerin peynirin mikrobiyotası üzerine etkilerinin incelediği daha çok araştırma yapılması gerekmektedir.

#### **4.9.2 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri**

Bu tez çalışması kapsamında, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. plantarum* P36, *P. ethanolidurans* P84 ve *P. pentasaceus* T87 suşlarının ürettikleri postbiyotikler kullanılarak üretilen peynirler steril plastik kaplarda 4°C'de 30 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 4., 7., 10., 15., 21. ve 30. günlerinde örneklerin pH, toplam asitlik ve renk değerleri incelenmiştir.

##### **4.9.2.1 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin pH değerleri**

Postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin pH değerleri depolama süresince 4.71-4.93 aralığında değişirken, kontrol örneğinin pH değerlerinin 5.05-5.22 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.74). Depolama süresince postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin pH değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte, depolama süresi arttıkça postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin pH değerleri azalırken, kontrol örneğinin pH değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Literatürde postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin pH değerlerinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bununla birlikte,

çeşitli çalışmalarda probiyotik mikroorganizma kullanılarak üretilen peynir örneklerinin pH değerlerinin 4.28-4.63 (*L. acidophilus* LA5), 6.90-7.07 (*L. lactis* ve *L. garvieae* aljinat bazlı yenilebilir kaplama), 5.42-6.52 (*L. lactis* L54) aralığında olduğu bildirilmiştir (Torabi et al., 2021; Silva et al., 2022; Aktas et al., 2023). Peynir örneklerine uygulanan antimikrobiyallerin farklı olması nedeniyle, bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile tarafımızca yürütülen çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlar kıyaslanamamıştır.

**Çizelge 4.74** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince pH değerleri

| Örnekler | pH değerleri             |                           |                           |                           |                            |                            |                           |
|----------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                   | 4. gün                    | 7. gün                    | 10. gün                   | 15. gün                    | 21. gün                    | 30. gün                   |
| P-S132   | 4.88±0.02 <sup>a,C</sup> | 4.85±0.02 <sup>b,B</sup>  | 4.86±0.01 <sup>b,BC</sup> | 4.88±0.01 <sup>c,C</sup>  | 4.82±0.02 <sup>b,A</sup>   | 4.82±0.01 <sup>b,A</sup>   | 4.81±0.01 <sup>b,A</sup>  |
| P-S97    | 4.88±0.02 <sup>a,D</sup> | 4.86±0.01 <sup>b,C</sup>  | 4.84±0.01 <sup>b,BC</sup> | 4.81±0.02 <sup>b,A</sup>  | 4.83±0.01 <sup>bc,B</sup>  | 4.83±0.01 <sup>bc,B</sup>  | 4.83±0.01 <sup>c,B</sup>  |
| P-P36    | 4.89±0.02 <sup>a,E</sup> | 4.82±0.02 <sup>a,D</sup>  | 4.79±0.01 <sup>a,C</sup>  | 4.74±0.02 <sup>a,B</sup>  | 4.71±0.01 <sup>a,A</sup>   | 4.71±0.02 <sup>a,A</sup>   | 4.71±0.02 <sup>a,A</sup>  |
| P-P84    | 4.87±0.02 <sup>a,C</sup> | 4.84±0.01 <sup>ab,B</sup> | 4.84±0.01 <sup>b,B</sup>  | 4.81±0.01 <sup>b,A</sup>  | 4.82±0.01 <sup>b,A</sup>   | 4.81±0.01 <sup>b,A</sup>   | 4.81±0.01 <sup>b,A</sup>  |
| P-T87    | 4.93±0.02 <sup>b,D</sup> | 4.85±0.02 <sup>b,BC</sup> | 4.86±0.01 <sup>b,C</sup>  | 4.82±0.02 <sup>b,A</sup>  | 4.84±0.02 <sup>c,ABC</sup> | 4.84±0.01 <sup>c,ABC</sup> | 4.83±0.01 <sup>c,AB</sup> |
| P-K      | 5.05±0.04 <sup>c,A</sup> | 5.16±0.03 <sup>c,B</sup>  | 5.22±0.02 <sup>c,C</sup>  | 5.18±0.02 <sup>d,BC</sup> | 5.18±0.01 <sup>d,C</sup>   | 5.21±0.01 <sup>d,C</sup>   | 5.21±0.01 <sup>d,C</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

#### **4.9.2.2 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin toplam asitlik değerleri**

Postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin toplam asitlik değerlerinin depolama süresince 0.86-1.67 g laktik asit/100 g aralığında olduğu, kontrol örneğinin toplam asitlik değerlerinin ise 0.47-0.81 g laktik asit/100 g aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.75). Depolama süresince postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin toplam asitlik değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Literatürde postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin pH değerlerinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bununla birlikte, çeşitli çalışmalarda probiyotik mikroorganizma kullanılarak üretilen peynir örneklerinin toplam asitlik değerlerinin 0.59-1.09 g laktik asit/100g (*Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., *S.*

*thermophilus*), 0.75-0.96 g laktik asit/100 g (*L. acidophilus* LA5), 0.48-0.63 g laktik asit/100 g (*L. lactis* ve *L. garvieae* aljinat bazlı yenilebilir kaplama) aralığında olduğu belirtilmiştir (Bekele et al., 2019; Torabi et al., 2021; Silva et al., 2022).

**Çizelge 4.75** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince toplam asitlik değerleri (g laktik asit/100 g)

| Örnekler | Toplam asitlik değerleri (g laktik asit/100 g) |                           |                           |                          |                           |                           |                          |
|----------|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                                         | 4. gün                    | 7. gün                    | 10. gün                  | 15. gün                   | 21. gün                   | 30. gün                  |
| P-S132   | 0.97±0.03 <sup>c,A</sup>                       | 1.17±0.01 <sup>b,C</sup>  | 1.67±0.03 <sup>e,E</sup>  | 1.26±0.02 <sup>d,D</sup> | 1.04±0.02 <sup>c,B</sup>  | 1.01±0.03 <sup>c,AB</sup> | 0.97±0.03 <sup>c,A</sup> |
| P-S97    | 1.08±0.02 <sup>d,B</sup>                       | 1.54±0.02 <sup>d,D</sup>  | 1.35±0.03 <sup>d,C</sup>  | 1.58±0.04 <sup>f,D</sup> | 1.02±0.11 <sup>c,AB</sup> | 1.00±0.09 <sup>c,AB</sup> | 0.95±0.04 <sup>c,A</sup> |
| P-P36    | 1.18±0.07 <sup>e,B</sup>                       | 1.53±0.03 <sup>d,E</sup>  | 1.24±0.02 <sup>c,C</sup>  | 1.35±0.02 <sup>e,D</sup> | 0.87±0.04 <sup>b,A</sup>  | 0.86±0.04 <sup>b,A</sup>  | 0.87±0.02 <sup>b,A</sup> |
| P-P84    | 0.96±0.06 <sup>c,A</sup>                       | 1.14±0.02 <sup>b,D</sup>  | 1.13±0.01 <sup>b,CD</sup> | 0.93±0.08 <sup>b,A</sup> | 1.08±0.03 <sup>c,BC</sup> | 1.04±0.02 <sup>c,B</sup>  | 1.05±0.01 <sup>d,B</sup> |
| P-T87    | 0.90±0.05 <sup>b,A</sup>                       | 1.38±0.02 <sup>c,D</sup>  | 1.12±0.01 <sup>b,B</sup>  | 1.18±0.03 <sup>c,C</sup> | 0.90±0.03 <sup>b,A</sup>  | 0.89±0.02 <sup>b,A</sup>  | 0.88±0.03 <sup>b,A</sup> |
| P-K      | 0.47±0.03 <sup>a,A</sup>                       | 0.77±0.01 <sup>a,CD</sup> | 0.81±0.02 <sup>a,D</sup>  | 0.75±0.03 <sup>a,C</sup> | 0.70±0.02 <sup>a,B</sup>  | 0.69±0.03 <sup>a,B</sup>  | 0.71±0.03 <sup>a,B</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

#### **4.9.2.3 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin renk özellikleri**

Bu tez çalışması kapsamında, postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla renk özellikleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) incelenmiştir. Postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin depolama süresince  $L^*$  değerleri 79.02-88.39 aralığında tespit edilirken, kontrol örneğinin  $L^*$  değerlerinin 81.09-88.73 aralığında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.76). Depolamanın 4., 15., 21., ve 30. günlerinde örneklerin  $L^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ( $P>0.05$ ). Depolama süresi arttıkça örneklerin  $L^*$  değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.76** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince  $L^*$  değerleri

| Örnekler | $L^*$ değerleri             |                            |                             |                             |                            |                            |                           |
|----------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                      | 4. gün                     | 7. gün                      | 10. gün                     | 15. gün                    | 21. gün                    | 30. gün                   |
| P-S132   | 85.99±2.59 <sup>a,C</sup>   | 84.39±3.28 <sup>a,BC</sup> | 81.69±2.38 <sup>a,AB</sup>  | 80.61±1.52 <sup>a,A</sup>   | 80.40±3.28 <sup>a,A</sup>  | 80.62±2.76 <sup>a,A</sup>  | 79.15±4.34 <sup>a,A</sup> |
| P-S97    | 87.72±1.35 <sup>abc,C</sup> | 84.33±2.23 <sup>a,B</sup>  | 83.07±0.94 <sup>ab,B</sup>  | 82.81±2.23 <sup>ab,B</sup>  | 79.65±3.42 <sup>a,A</sup>  | 79.66±2.83 <sup>a,A</sup>  | 79.02±3.73 <sup>a,A</sup> |
| P-P36    | 88.39±1.42 <sup>bc,C</sup>  | 83.85±1.45 <sup>a,B</sup>  | 83.72±1.41 <sup>b,B</sup>   | 82.72±1.32 <sup>ab,B</sup>  | 80.63±0.98 <sup>a,A</sup>  | 80.19±1.59 <sup>a,A</sup>  | 79.92±0.88 <sup>a,A</sup> |
| P-P84    | 87.51±1.93 <sup>abc,D</sup> | 84.68±1.44 <sup>a,C</sup>  | 83.24±1.86 <sup>ab,BC</sup> | 82.75±0.68 <sup>ab,B</sup>  | 81.55±1.57 <sup>a,AB</sup> | 81.27±1.54 <sup>a,AB</sup> | 79.98±2.93 <sup>a,A</sup> |
| P-T87    | 86.72±1.42 <sup>ab,D</sup>  | 84.59±1.57 <sup>a,C</sup>  | 82.35±1.51 <sup>ab,B</sup>  | 81.04±2.77 <sup>ab,AB</sup> | 80.09±1.42 <sup>a,A</sup>  | 79.86±1.02 <sup>a,A</sup>  | 79.59±0.78 <sup>a,A</sup> |
| P-K      | 88.73±0.65 <sup>c,D</sup>   | 85.07±2.88 <sup>a,C</sup>  | 83.83±0.86 <sup>b,BC</sup>  | 82.89±2.61 <sup>b,AB</sup>  | 82.09±1.06 <sup>a,AB</sup> | 81.26±1.50 <sup>a,A</sup>  | 81.09±1.60 <sup>a,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin depolama süresince  $a^*$  değerleri -0.60 ve 0.20 aralığında belirlenirken, kontrol örneğinin  $a^*$  değerlerinin -0.86 ve -0.35 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.77). Depolamanın sonunda, *E. faecalis* S132 ve *L. plantarum* P36'dan elde edilen postbiyotikler ile üretilen peynir örneklerinin  $a^*$  değerleri artarken ( $P<0.05$ ), diğer örneklerin  $a^*$  değerlerinin depolamanın başında ve sonunda istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.77** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince  $a^*$  değerleri

| Örnekler | $a^*$ değerleri           |                            |                            |                            |                           |                           |                           |
|----------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                    | 4. gün                     | 7. gün                     | 10. gün                    | 15. gün                   | 21. gün                   | 30. gün                   |
| P-S132   | 0.05±0.13 <sup>c,A</sup>  | 0.09±0.09 <sup>b,AB</sup>  | 0.11±0.09 <sup>c,AB</sup>  | 0.17±0.06 <sup>d,B</sup>   | 0.15±0.03 <sup>b,B</sup>  | 0.14±0.02 <sup>bc,B</sup> | 0.15±0.04 <sup>bc,B</sup> |
| P-S97    | 0.11±0.03 <sup>c,B</sup>  | -0.60±0.19 <sup>a,A</sup>  | 0.07±0.06 <sup>c,B</sup>   | 0.13±0.03 <sup>cd,B</sup>  | 0.12±0.05 <sup>b,B</sup>  | 0.11±0.03 <sup>b,B</sup>  | 0.10±0.05 <sup>b,B</sup>  |
| P-P36    | -0.02±0.04 <sup>b,A</sup> | -0.04±0.07 <sup>b,A</sup>  | 0.06±0.04 <sup>c,B</sup>   | 0.11±0.04 <sup>bc,C</sup>  | 0.16±0.07 <sup>b,D</sup>  | 0.17±0.04 <sup>c,D</sup>  | 0.20±0.02 <sup>c,D</sup>  |
| P-P84    | 0.12±0.05 <sup>c,B</sup>  | -0.01±0.13 <sup>b,A</sup>  | -0.02±0.04 <sup>b,A</sup>  | 0.15±0.03 <sup>cd,B</sup>  | 0.10±0.13 <sup>b,B</sup>  | 0.10±0.08 <sup>b,B</sup>  | 0.10±0.13 <sup>b,B</sup>  |
| P-T87    | 0.08±0.06 <sup>c,B</sup>  | -0.14±0.13 <sup>b,A</sup>  | 0.05±0.04 <sup>bc,B</sup>  | 0.08±0.07 <sup>b,B</sup>   | 0.10±0.05 <sup>b,B</sup>  | 0.09±0.04 <sup>b,B</sup>  | 0.12±0.06 <sup>b,B</sup>  |
| P-K      | -0.86±0.03 <sup>a,A</sup> | -0.86±0.53 <sup>a,AB</sup> | -0.62±0.13 <sup>a,BC</sup> | -0.41±0.04 <sup>a,CD</sup> | -0.35±0.08 <sup>a,D</sup> | -0.35±0.08 <sup>a,D</sup> | -0.35±0.08 <sup>a,D</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Postbiyotik kullanılarak üretilen peynir örneklerinin depolama süresince  $b^*$  değerleri 8.13-10.94 aralığında değişim gösterirken, kontrol örneğinin  $b^*$  değerlerinin 8.34-10.20 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.78). *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneği dışında diğer tüm örneklerin depolamanın sonunda  $b^*$  değerlerinin depolamanın başına kıyasla azaldığı belirlenmiştir ( $P<0.05$ ).

**Çizelge 4.78** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince  $b^*$  değerleri

| Örnekler | $b^*$ değerleri            |                            |                            |                           |                            |                           |                            |
|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                     | 4. gün                     | 7. gün                     | 10. gün                   | 15. gün                    | 21. gün                   | 30. gün                    |
| P-S132   | 10.62±0.39 <sup>e,C</sup>  | 9.73±0.29 <sup>b,B</sup>   | 10.94±1.53 <sup>c,C</sup>  | 8.13±0.96 <sup>a,A</sup>  | 9.37±0.39 <sup>bc,B</sup>  | 9.37±0.41 <sup>b,B</sup>  | 9.22±0.41 <sup>bc,B</sup>  |
| P-S97    | 8.32±0.36 <sup>a,A</sup>   | 8.56±0.75 <sup>a,A</sup>   | 9.89±0.85 <sup>b,B</sup>   | 8.74±0.38 <sup>ab,A</sup> | 9.72±0.82 <sup>c,B</sup>   | 9.54±0.76 <sup>b,B</sup>  | 9.58±0.80 <sup>c,B</sup>   |
| P-P36    | 10.00±0.25 <sup>bc,B</sup> | 10.11±0.87 <sup>b,B</sup>  | 9.37±0.94 <sup>ab,A</sup>  | 9.21±0.39 <sup>bc,A</sup> | 9.28±0.28 <sup>bc,A</sup>  | 8.88±0.69 <sup>ab,A</sup> | 9.13±0.23 <sup>bc,A</sup>  |
| P-P84    | 10.52±0.16 <sup>de,D</sup> | 10.13±0.68 <sup>b,CD</sup> | 8.49±0.33 <sup>b,A</sup>   | 9.79±0.30 <sup>c,BC</sup> | 9.43±0.75 <sup>bc,B</sup>  | 9.38±0.68 <sup>b,B</sup>  | 9.29±0.68 <sup>bc,B</sup>  |
| P-T87    | 9.74±0.43 <sup>b,CD</sup>  | 9.99±0.64 <sup>b,D</sup>   | 9.14±0.17 <sup>ab,BC</sup> | 8.99±0.60 <sup>b,AB</sup> | 8.84±0.26 <sup>ab,AB</sup> | 8.41±1.20 <sup>a,A</sup>  | 8.71±0.29 <sup>ab,AB</sup> |
| P-K      | 10.20±0.33 <sup>cd,B</sup> | 10.18±0.32 <sup>b,B</sup>  | 8.77±0.31 <sup>a,A</sup>   | 8.34±0.75 <sup>a,A</sup>  | 8.41±0.71 <sup>a,A</sup>   | 8.41±0.64 <sup>a,A</sup>  | 8.34±0.64 <sup>a,A</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Peynir örneklerinin renk özellikleri genel olarak değerlendirildiğinde, depolama süresi arttıkça örneklerin  $L^*$  değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Tarafımızca yürütülen çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, Pinto et al. (2011) nisin (100 ve 500 IU/mL) kullanılarak üretilen peynir örneklerinin  $L^*$  değerlerinin 79.5-85.5 aralığında olduğunu ve bu değerlerin depolama süresine paralel olarak azaldığını bildirmiştir. Depolamanın sonunda, *E. faecalis* S132 ve *L. plantarum* P36'dan elde edilen postbiyotikler ile üretilen peynir örneklerinin  $a^*$  değerlerinin arttığı, diğer örneklerin  $a^*$  değerlerinin depolama süresince istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir. *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneği dışında diğer tüm örneklerin depolama sonunda  $b^*$  değerlerinin, depolama başına kıyasla azaldığı belirlenmiştir. Tarafımızca yürütülen çalışmanın sonuçlarının aksine, Pinto et al. (2011), nisin (100 ve 500 IU/mL) kullanılarak üretilen peynir örneklerinin  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin sırasıyla 2.3-

3.9 ve 19.0-28.0 aralığında olduğunu ve depolama süresine paralel olarak arttığını belirtmiştir.

#### 4.9.3 Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin duyuşal özellikleri

Bu tez çalışması kapsamında, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. plantarum* P36, *P. ethanolidurans* P84 ve *P. pentasaceus* T87'den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örnekleri, depolama süresince 15 panelist tarafından renk, koku, görünüm, doku ve genel beğeni açısından değerlendirilmiştir.

Depolama süresince peynir örneklerinin renk puanlarının 7.25-8.45 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.79). Depolamanın 21. ve 30. günlerinde peynir örneklerinin  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri (Çizelge 77-78) arasında önemli farklılıklar gözlemlenmesine rağmen, bu farklılıkların duyuşal açıdan renk puanlarını etkilemediği belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Elde edilen bu sonuçlar, tüm örneklerin depolama süresince renk açısından yüksek puan alarak oldukça beğenildiklerini göstermiştir.

**Çizelge 4.79** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince renk puanları

| Örnekler | Renk puanları               |                           |                            |                           |                            |                          |                          |
|----------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
|          | 1. gün                      | 4. gün                    | 7. gün                     | 10. gün                   | 15. gün                    | 21. gün                  | 30. gün                  |
| P-S132   | 7.90±0.85 <sup>abc,BC</sup> | 7.95±0.94 <sup>a,BC</sup> | 7.95±0.94 <sup>ab,BC</sup> | 8.35±0.67 <sup>b,C</sup>  | 7.40±0.68 <sup>ab,AB</sup> | 7.30±0.73 <sup>a,A</sup> | 7.35±0.81 <sup>a,A</sup> |
| P-S97    | 8.25±0.79 <sup>c,C</sup>    | 8.05±0.83 <sup>a,C</sup>  | 7.95±0.89 <sup>ab,BC</sup> | 8.40±0.50 <sup>b,C</sup>  | 7.55±0.51 <sup>ab,AB</sup> | 7.45±0.51 <sup>a,A</sup> | 7.45±0.51 <sup>a,A</sup> |
| P-P36    | 8.00±0.86 <sup>bc,C</sup>   | 8.00±0.79 <sup>a,C</sup>  | 7.50±1.00 <sup>a,AB</sup>  | 7.85±0.81 <sup>a,BC</sup> | 7.30±0.47 <sup>a,A</sup>   | 7.25±0.44 <sup>a,A</sup> | 7.25±0.55 <sup>a,A</sup> |
| P-P84    | 7.60±0.99 <sup>ab,AB</sup>  | 7.95±0.76 <sup>a,BC</sup> | 8.10±0.85 <sup>bc,C</sup>  | 8.25±0.64 <sup>ab,C</sup> | 7.45±0.51 <sup>ab,A</sup>  | 7.35±0.49 <sup>a,A</sup> | 7.40±0.60 <sup>a,A</sup> |
| P-T87    | 7.30±0.92 <sup>a,A</sup>    | 7.55±0.89 <sup>a,AB</sup> | 8.25±0.72 <sup>bc,C</sup>  | 7.90±0.64 <sup>a,BC</sup> | 7.30±0.47 <sup>a,A</sup>   | 7.20±0.52 <sup>a,A</sup> | 7.25±0.64 <sup>a,A</sup> |
| P-K      | 7.35±1.09 <sup>a,A</sup>    | 7.80±0.83 <sup>a,A</sup>  | 8.60±0.50 <sup>c,B</sup>   | 8.45±0.69 <sup>b,B</sup>  | 7.75±0.44 <sup>b,A</sup>   | 7.55±0.51 <sup>a,A</sup> | 7.45±0.51 <sup>a,A</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince peynir örneklerinin koku puanlarının 6.75-8.20 aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 80). Depolamanın 10., 15., 21. ve 30. günlerinde peynir örneklerinin koku puanları arasında istatistiksel açıdan

önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Peynir örneklerinin koku puanlarının depolamanın 10. gününe kadar arttığı, 15. günden sonra azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, tüm örneklerin depolama süresince koku açısından yüksek puan alarak oldukça beğenildiklerini göstermiştir.

**Çizelge 4.80** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince koku puanları

| Örnekler | Koku puanları              |                            |                           |                          |                           |                            |                            |
|----------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                     | 4. gün                     | 7. gün                    | 10. gün                  | 15. gün                   | 21. gün                    | 30. gün                    |
| P-S132   | 7.50±0.69 <sup>b,A</sup>   | 7.35±0.75 <sup>b,A</sup>   | 7.50±0.76 <sup>ab,A</sup> | 8.20±0.70 <sup>a,B</sup> | 7.45±0.51 <sup>a,A</sup>  | 7.40±0.50 <sup>a,A</sup>   | 7.35±0.67 <sup>a,A</sup>   |
| P-S97    | 7.00±0.79 <sup>ab,A</sup>  | 7.20±0.70 <sup>ab,AB</sup> | 7.85±0.75 <sup>b,CD</sup> | 8.15±0.75 <sup>a,D</sup> | 7.50±0.51 <sup>a,BC</sup> | 7.40±0.60 <sup>a,ABC</sup> | 7.45±0.76 <sup>a,ABC</sup> |
| P-P36    | 7.00±0.79 <sup>ab,A</sup>  | 7.25±0.79 <sup>ab,AB</sup> | 7.20±0.83 <sup>a,AB</sup> | 7.90±0.72 <sup>a,C</sup> | 7.60±0.60 <sup>a,BC</sup> | 7.50±0.51 <sup>a,BC</sup>  | 7.55±0.76 <sup>a,BC</sup>  |
| P-P84    | 7.20±0.70 <sup>ab,AB</sup> | 6.95±0.76 <sup>ab,A</sup>  | 7.75±0.72 <sup>b,CD</sup> | 8.00±0.46 <sup>a,D</sup> | 7.45±0.51 <sup>a,BC</sup> | 7.35±0.49 <sup>a,ABC</sup> | 7.35±0.75 <sup>a,ABC</sup> |
| P-T87    | 6.95±0.76 <sup>a,A</sup>   | 7.15±0.67 <sup>ab,AB</sup> | 7.70±0.66 <sup>b,CD</sup> | 8.05±0.69 <sup>a,D</sup> | 7.55±0.51 <sup>a,BC</sup> | 7.40±0.50 <sup>a,BC</sup>  | 7.50±0.76 <sup>a,BC</sup>  |
| P-K      | 7.15±0.67 <sup>ab,AB</sup> | 6.75±0.79 <sup>a,A</sup>   | 7.80±0.77 <sup>b,CD</sup> | 8.05±0.76 <sup>a,D</sup> | 7.60±0.50 <sup>a,BC</sup> | 7.35±0.49 <sup>a,B</sup>   | 7.30±0.73 <sup>a,B</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince peynir örneklerinin görünüm puanlarının 6.65-8.15 aralığında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.81). Depolamanın 15., 21. ve 30. günlerinde peynir örneklerinin görünüm puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.81** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince görünüm puanları

| Örnekler | Görünüm puanları          |                           |                            |                           |                            |                           |                           |
|----------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                    | 4. gün                    | 7. gün                     | 10. gün                   | 15. gün                    | 21. gün                   | 30. gün                   |
| P-S132   | 7.35±0.67 <sup>b,A</sup>  | 7.45±0.76 <sup>ab,A</sup> | 7.60±0.82 <sup>b,A</sup>   | 7.60±0.82 <sup>bc,A</sup> | 7.30±0.47 <sup>a,A</sup>   | 7.20±0.52 <sup>a,A</sup>  | 7.15±0.67 <sup>a,A</sup>  |
| P-S97    | 7.10±0.79 <sup>ab,A</sup> | 7.75±0.79 <sup>b,B</sup>  | 7.55±0.83 <sup>b,AB</sup>  | 7.80±0.52 <sup>bc,B</sup> | 7.50±0.61 <sup>a,AB</sup>  | 7.40±0.68 <sup>a,AB</sup> | 7.45±0.51 <sup>a,AB</sup> |
| P-P36    | 7.40±0.68 <sup>b,A</sup>  | 7.50±0.51 <sup>ab,A</sup> | 7.05±0.76 <sup>a,A</sup>   | 7.10±0.72 <sup>a,A</sup>  | 7.40±0.50 <sup>a,A</sup>   | 7.25±0.55 <sup>a,A</sup>  | 7.30±0.66 <sup>a,A</sup>  |
| P-P84    | 7.10±0.72 <sup>ab,A</sup> | 7.10±0.72 <sup>a,A</sup>  | 7.90±0.79 <sup>bc,B</sup>  | 7.40±0.75 <sup>ab,A</sup> | 7.30±0.47 <sup>a,A</sup>   | 7.25±0.55 <sup>a,A</sup>  | 7.25±0.55 <sup>a,A</sup>  |
| P-T87    | 7.00±0.79 <sup>ab,A</sup> | 7.10±0.79 <sup>a,AB</sup> | 7.55±0.76 <sup>ab,BC</sup> | 7.65±0.67 <sup>bc,C</sup> | 7.30±0.73 <sup>a,ABC</sup> | 7.15±0.67 <sup>a,AB</sup> | 7.05±0.69 <sup>a,AB</sup> |
| P-K      | 6.65±0.59 <sup>a,A</sup>  | 7.20±0.62 <sup>a,B</sup>  | 8.15±0.81 <sup>c,C</sup>   | 8.00±0.65 <sup>c,C</sup>  | 7.40±0.50 <sup>a,B</sup>   | 7.20±0.62 <sup>a,B</sup>  | 7.00±0.73 <sup>a,AB</sup> |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince peynir örneklerinin doku puanlarının 6.35-8.15 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.82). Depolamanın 15. gününde peynir örneklerinin doku puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Depolamanın sonunda postbiyotikler ilave edilerek üretilen peynir örneklerinin doku puanlarının kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir ( $P<0.05$ ). Depolamanın sonunda doku açısından en yüksek puana sahip olan örnek P-S97 olmasına karşın, söz konusu farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.82** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince doku puanları

| Örnekler | Doku puanları             |                              |                           |                            |                            |                           |                            |
|----------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|          | 1. gün                    | 4. gün                       | 7. gün                    | 10. gün                    | 15. gün                    | 21. gün                   | 30. gün                    |
| P-S132   | 7.15±0.59 <sup>b,AB</sup> | 7.00±0.65 <sup>ab,A</sup>    | 8.05±0.83 <sup>b,C</sup>  | 7.95±0.60 <sup>b,C</sup>   | 7.50±0.51 <sup>a,B</sup>   | 7.25±0.44 <sup>b,AB</sup> | 7.45±0.51 <sup>b,B</sup>   |
| P-S97    | 7.05±0.69 <sup>b,A</sup>  | 7.75±0.64 <sup>c,C</sup>     | 7.75±0.79 <sup>ab,C</sup> | 7.85±0.75 <sup>b,C</sup>   | 7.55±0.51 <sup>a,BC</sup>  | 7.25±0.64 <sup>b,AB</sup> | 7.60±0.68 <sup>b,BC</sup>  |
| P-P36    | 7.25±0.72 <sup>b,A</sup>  | 6.90±0.45 <sup>a,A</sup>     | 7.35±0.81 <sup>a,A</sup>  | 7.20±0.77 <sup>a,A</sup>   | 7.30±0.57 <sup>a,A</sup>   | 6.95±0.60 <sup>ab,A</sup> | 7.35±0.59 <sup>b,A</sup>   |
| P-P84    | 7.10±0.72 <sup>b,AB</sup> | 7.40±0.88 <sup>bc,B</sup>    | 7.90±0.79 <sup>ab,C</sup> | 7.50±0.69 <sup>ab,BC</sup> | 7.15±0.67 <sup>a,AB</sup>  | 6.85±0.49 <sup>a,A</sup>  | 7.35±0.59 <sup>b,B</sup>   |
| P-T87    | 6.95±0.83 <sup>b,A</sup>  | 7.35±0.67 <sup>abc,ABC</sup> | 7.75±0.85 <sup>ab,C</sup> | 7.65±0.67 <sup>ab,BC</sup> | 7.30±0.73 <sup>a,ABC</sup> | 7.00±0.65 <sup>ab,A</sup> | 7.20±0.77 <sup>ab,AB</sup> |
| P-K      | 6.35±0.49 <sup>a,A</sup>  | 7.15±0.67 <sup>ab,B</sup>    | 8.15±0.88 <sup>b,C</sup>  | 7.95±0.76 <sup>b,C</sup>   | 7.35±0.59 <sup>a,B</sup>   | 7.15±0.49 <sup>ab,B</sup> | 6.90±0.72 <sup>a,B</sup>   |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Depolama süresince peynir örneklerinin genel beğeni puanlarının 6.40-8.00 aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.83). Depolamanın 4. gününde peynir örneklerinin genel beğeni puanları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Depolamanın sonunda postbiyotikler ilave edilerek üretilen peynir örneklerinin genel beğeni puanlarının kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir ( $P<0.05$ ).



**Çizelge 4.83** Postbiyotiklerle işlem görmüş peynir örneklerinin depolama süresince genel beğeni puanları

| Örnekler | Genel beğeni puanları       |                           |                            |                            |                            |                            |                           |
|----------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|          | 1. gün                      | 4. gün                    | 7. gün                     | 10. gün                    | 15. gün                    | 21. gün                    | 30. gün                   |
| P-S132   | 7.60±0.75 <sup>d,BC</sup>   | 7.25±0.85 <sup>a,AB</sup> | 7.85±0.75 <sup>b,C</sup>   | 7.95±0.69 <sup>ab,C</sup>  | 7.35±0.49 <sup>b,AB</sup>  | 7.10±0.55 <sup>c,A</sup>   | 7.05±0.76 <sup>b,A</sup>  |
| P-S97    | 7.00±0.65 <sup>bc,A</sup>   | 7.60±0.75 <sup>a,BC</sup> | 7.70±0.80 <sup>ab,BC</sup> | 8.00±0.73 <sup>b,C</sup>   | 7.40±0.60 <sup>b,AB</sup>  | 7.00±0.56 <sup>bc,A</sup>  | 7.05±0.69 <sup>b,A</sup>  |
| P-P36    | 7.05±0.69 <sup>bc,A</sup>   | 7.05±0.89 <sup>a,A</sup>  | 7.20±0.89 <sup>a,AB</sup>  | 7.60±0.68 <sup>ab,B</sup>  | 7.20±0.70 <sup>ab,AB</sup> | 6.75±0.64 <sup>abc,A</sup> | 6.80±0.77 <sup>ab,A</sup> |
| P-P84    | 7.20±0.77 <sup>cd,ABC</sup> | 7.40±0.68 <sup>a,BC</sup> | 7.90±0.85 <sup>b,D</sup>   | 7.65±0.67 <sup>ab,CD</sup> | 7.15±0.59 <sup>ab,AB</sup> | 6.85±0.49 <sup>abc,A</sup> | 6.90±0.72 <sup>b,A</sup>  |
| P-T87    | 6.65±0.67 <sup>ab,A</sup>   | 7.60±0.82 <sup>a,B</sup>  | 7.70±0.80 <sup>ab,B</sup>  | 7.50±0.69 <sup>a,B</sup>   | 7.00±0.65 <sup>ab,A</sup>  | 6.70±0.57 <sup>ab,A</sup>  | 6.75±0.72 <sup>ab,A</sup> |
| P-K      | 6.45±0.51 <sup>a,A</sup>    | 7.05±0.69 <sup>a,B</sup>  | 7.65±0.67 <sup>ab,C</sup>  | 7.50±0.69 <sup>a,C</sup>   | 6.80±0.70 <sup>a,AB</sup>  | 6.50±0.51 <sup>a,A</sup>   | 6.40±0.50 <sup>a,A</sup>  |

\* Farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri, farklı büyük harfler (A, B, C) depolama süresi arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Elde edilen bu sonuçlar, depolama süresince tüm örneklerin renk, koku, görünüm, doku ve genel beğeni açısından yüksek puanlar aldıklarını ortaya koymuştur. Aktas et al. (2023), *L. lactis* L54 suşunun ürettiği nisin beyaz peynirin duyu özelliklerini geliştirdiğini bildirmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda, gıdalarda koruyucu olarak kimyasal madde kullanımının sağlığa zararlı etkilerinin bulunması ve tüketiciler tarafından tercih edilmemesi, olumsuz etkileri olmayan, çevre dostu, daha güvenli ve yüksek antimikrobiyal etkiye sahip kaynakları araştırmanın gerekliliğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, gıdalarda gıda kaynaklı hastalıklara neden olan veya bozulma yapan mikroorganizmalar, LAB'nin ürettikleri organik asitler, diasetil, hidrojen peroksit, EPS ve bakteriyosin gibi antimikrobiyal özellikteki postbiyotiklerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle, LAB'nin doğal süreçler sonucu ürettikleri postbiyotiklerin gıda güvenilirliği ve kalitesini sağlamaya yönelik kimyasal koruyuculara alternatif olarak kullanımı büyük önem kazanmaktadır. Bununla birlikte, LAB'nin ürettiği antimikrobiyal bileşiklerden biri olan bakteriyosinlerin ısıya karşı stabil olmaları, yüksek sıcaklıkta işlem gören birçok gıda maddesinde kullanılabilirliklerini arttırmaktadır.

Bu tez çalışmasında, tarafımızca yürütülen önceki çalışmalar kapsamında tarhana, turşu ve şalgam suyu örneklerinden izole edilip probiyotik potansiyelleri değerlendirilen LAB materyal olarak kullanılmış ve ülkemizin önemli geleneksel ürünlerinin fermantasyonunda rol alan bu kültürlerin özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışmada, söz konusu LAB'nin ürettikleri postbiyotikler tespit edilmiş, izolatların bakteriyosin üretme potansiyelleri belirlenmiş, elde edilen bakteriyosinler saflaştırılmış ve ileri karakterizasyonu yapılmıştır. Ayrıca, çalışma kapsamında elde edilen postbiyotiklerin kimyasal koruyuculara alternatif olarak marul, tavuk eti ve peynirin güvenilirliği ve kalitesi üzerine etkileri belirlenmiştir. Tez çalışması 6 iş paketinden oluşmaktadır.

**Çalışmanın ilk aşamasında,** ekibimizin önceki çalışmaları kapsamında farklı geleneksel fermente gıdalardan (tarhana, turşu ve şalgam suyu) izole edilen LAB (toplam 388 izolat), ürettikleri metabolitler (hidrojen peroksit, EPS ve diasetil) açısından incelenmiştir. Tarhana orijinli 92 adet suşun ürettiği hidrojen peroksit miktarlarının 0.001-1.275 µg/mL aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek miktarda hidrojen peroksit üreten suşların *P. acidilactici* T20 (1.275 µg/mL), *P. acidilactici* T6 (1.193 µg/mL) ve *P. acidilactici* T8 (0.958

$\mu\text{g/mL}$ ) olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, 60 adet suşun hidrojen peroksit üretmediği gözlemlenmiştir. Turşu orijinli 67 adet suşun ürettiği hidrojen peroksit miktarlarının  $0.002\text{-}1.537 \mu\text{g/mL}$  aralığında olduğu belirlenmiştir. *P. ethanolidurans* P83 ( $1.537 \mu\text{g/mL}$ ) ve *P. parvulus* P74'ün ( $1.425 \mu\text{g/mL}$ ) en yüksek miktarda hidrojen peroksit üreten suşlar olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, turşu orijinli 29 adet suşun hidrojen peroksit üretmediği tespit edilmiştir. Şalgam suyundan izole edilen 88 suşun ürettiği hidrojen peroksit miktarlarının ise  $0.002\text{-}2.476 \mu\text{g/mL}$  aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek miktarda hidrojen peroksitin *P. acidilactici* S135 ( $2.476 \mu\text{g/mL}$ ), *L. buchneri* S2 ( $2.263 \mu\text{g/mL}$ ) ve *E. faecalis* S132 ( $2.258 \mu\text{g/mL}$ ) tarafından üretildiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 52 suşun hidrojen peroksit üretmediği gözlemlenmiştir. Tüm suşlar hidrojen peroksit üretebilme yetenekleri açısından değerlendirildiğinde, üç gıda grubundan da izole edilen *Pediococcus* türlerinin en yüksek miktarda hidrojen peroksit ürettiği görülmektedir.

Tarhana orijinli LAB'nin ürettikleri EPS miktarlarının  $0.80\text{-}1060.10 \mu\text{g/mL}$  aralığında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek miktarda EPS, *W. cibaria* T81 ( $1060.10 \mu\text{g/mL}$ ), *P. acidilactici* T98 ( $942.70 \mu\text{g/mL}$ ), *W. cibaria* T83 ( $920.70 \mu\text{g/mL}$ ) ve *P. acidilactici* T94 ( $844.60 \mu\text{g/mL}$ ) tarafından üretilmiştir. Bununla birlikte, *P. acidilactici* T20 suşunun EPS üretmediği gözlemlenmiştir. Turşu orijinli LAB'nin ürettiği EPS miktarlarının  $75.20\text{-}443.90 \mu\text{g/mL}$  aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek miktarda EPS, P88 ( $443.90 \mu\text{g/mL}$ ), P91 ( $319.30 \mu\text{g/mL}$ ), P95 ( $314.20 \mu\text{g/mL}$ ) ve P86 ( $312.80 \mu\text{g/mL}$ ) suşları tarafından üretilmiştir. Bununla birlikte, P45 suşunun EPS üretmediği tespit edilmiştir. Şalgam suyu kaynaklı LAB'nin ürettiği EPS miktarlarının  $1.20\text{-}1038.70 \mu\text{g/mL}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek miktarda EPS üreten suşlar *L. brevis* S115 ( $1038.70 \mu\text{g/mL}$ ) ve *P. acidilactici* S85 ( $889.60 \mu\text{g/mL}$ ) olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, *P. acidilactici* S9 ve *L. paracasei* S21 suşlarının ise EPS üretmediği gözlemlenmiştir. Tarhana, turşu ve şalgam suyu örneklerinden izole edilen LAB EPS üretimi açısından genel olarak değerlendirildiğinde, en yüksek EPS üretiminin tarhana orijinli *W. cibaria* T81 tarafından sağlandığı tespit edilmiştir.

Tarhana orijinli LAB'nin ürettiği diasetil miktarlarının 6.26-105.74 ng/mL aralığında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek diasetil miktarının T151 suşu (105.74 ng/mL) tarafından üretildiği belirlenmiş, bu suşun ardından *E. faecium* T121 (103.74 ng/mL), *P. acidilactici* T116 (99.20 ng/mL), *E. faecium* T53 (97.93 ng/mL) ve *P. acidilactici* T112 (96.82 ng/mL) suşlarının yüksek miktarda diasetil ürettiği gözlemlenmiştir. Turşu kaynaklı LAB'nin 7.37-45.55 ng/mL aralığında diasetil ürettiği tespit edilmiştir. En yüksek miktarda diasetil üreten suşun *P. parvulus* P89 (45.55 ng/mL) olduğu saptanmıştır. Şalgam suyu orijinli LAB tarafından üretilen diasetil miktarlarının ise 10.52-112.69 ng/mL arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek miktarda diasetil üreten suşların *P. acidilactici* S45 (112.69 ng/mL), *E. faecalis* S117 (110.04 ng/mL), *P. acidilactici* S98 (107.28 ng/mL), *L. paracasei* S97 (105.62 ng/mL), *L. buchneri* S6 (105.30 ng/mL) ve *P. acidilactici* S137 (104.66 ng/mL) olduğu belirlenmiştir. Tarhana, turşu ve şalgam suyu kaynaklı suşların ürettiği diasetil miktarları genel olarak değerlendirildiğinde, *Enterococcus* ve *Pediococcus* türlerine ait suşların yüksek miktarda diasetil ürettiği görülmektedir.

**Çalışmanın ikinci aşamasında,** izolatların bakteriyosin üretme potansiyelleri agar difüzyon yöntemi kullanılarak incelenmiş ve bakteriyosin ürettiği tespit edilen 9 suşun (*P. acidilactici* T34, *E. faecium* T49, *E. faecium* T53, *P. acidilactici* S1, *P. acidilactici* S7, *P. acidilactici* S8, *P. acidilactici* S14, *P. acidilactici* S119 ve *P. acidilactici* S129) bakteriyosin üretme koşulları yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. Üreme koşullarının optimizasyonu sonucu *P. acidilactici* T34, *E. faecium* T49, *E. faecium* T53, *P. acidilactici* S1 ve *P. acidilactici* S7 suşlarının bakteriyosin aktivitelerinin sırasıyla 1.91, 4.03, 3.95, 1.22 ve 1.26 kat arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, *P. acidilactici* S8, *P. acidilactici* S14, *P. acidilactici* S119 ve *P. acidilactici* S129 suşları için Box-Behnken deneme deseninin optimum düzeyde bakteriyosin üreten koşulları belirlemek amacıyla uygun olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, bu suşların ürettiği bakteriyosinlerin saflaştırılması ve karakterizasyonu aşamalarında maksimum düzeyde bakteriyosin üretilen ortam koşulları (36°C, pH:6, 30 saat) kullanılmıştır. Ardından, optimum koşullarda geliştirilen bakteriyosinler amonyum sülfat çöktürme, diyaliz ve katı faz ekstraksiyonu yöntemleri kullanılarak saflaştırılmıştır. Üç aşamalı saflaştırma sonucunda, bakteriyosin T34, bakteriyosin T49,

bakteriyosin T53, bakteriyosin S1, bakteriyosin S7, bakteriyosin S8, bakteriyosin S14, bakteriyosin S119 ve bakteriyosin S129'un spesifik aktivitelerinin sırasıyla 12.36, 5.54, 8.60, 11.47, 21.68, 25.25, 21.83, 31.34 ve 28.29 kat arttığı tespit edilmiştir. Saflaştırılan bakteriyosinlerin karakterize edilebilmesi amacıyla bakteriyosin aktivitesi üzerine pH (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ve 11), sıcaklık (60°C'de 10, 20 ve 30 dakika, 80°C'de 10, 20 ve 30 dakika, 100°C'de 10, 20 ve 30 dakika, 121°C'de 15 dakika) ve enzim ( $\alpha$ -kimotripsin, katalaz, pepsin, proteinaz K ve tripsin) uygulamalarının etkisi incelenmiş ve bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğü SDS-PAGE yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Saflaştırılan bakteriyosinlerin moleküler ağırlıklarının 3.496-6.500 kDa aralığında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, bakteriyosinlerin *L. monocytogenes* üzerine antimikrobiyal aktiviteye sahip olmaları, ısıya karşı dirençli olmaları ve 10 kDa'dan düşük moleküler kütleyle sahip olmaları nedeniyle sınıf II bakteriyosin olarak sınıflandırılabilceğini ortaya koymuştur.

**Çalışmanın üçüncü aşamasında,** LAB'nin ürettikleri postbiyotiklerin *in vitro* koşullarda gıda patojenleri (*E. coli* O157:H7 43888 ve 43895; *L. monocytogenes* 13932 ve 49594; *S. Typhimurium* 13311 ve 14028; *S. aureus* 9144 ve ATCC 6538P) üzerine antimikrobiyal aktiviteleri tespit edilmiştir. Postbiyotiklerin MİK değerlerinin kullanılan test kültürüne bağlı olarak 31.25 ve 500  $\mu\text{g/mL}$  aralığında değiştiği belirlenmiştir. Tarhana, turşu ve şalgam suyu kaynaklı LAB'nin ürettikleri postbiyotiklerin antimikrobiyal aktiviteleri genel olarak değerlendirildiğine, *L. paracasei* S97 suşundan elde edilen postbiyotiklerin tüm patojen mikroorganizmalara karşı en etkili örnek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, postbiyotiklerin patojenlere karşı inhibisyon etkilerinin %3.24-96.66 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Gram-pozitif patojenlerin postbiyotiklere karşı Gram-negatiflere kıyasla genellikle daha duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Ardından, en yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirlenen postbiyotiklerin (*L. fermentum* T15, *W. cibaria* T52, *P. pentasaceus* T87, *P. acidilactici* T100, *P. acidilactici* T115, *S. thermophilus* T127, *L. pseudomesenteroides* T139, *L. plantarum* P36, *L. pentosus* P73, *P. ethanolidurans* P84, *E. faecalis* S95, *L. paracasei* S97, *P. acidilactici* S107 ve *E. faecalis* S132) patojenler varlığında canlı kalma süreleri incelenmiştir. Patojen mikroorganizmalar üzerine en etkili postbiyotiklerin sırasıyla *L. paracasei* S97 ve *E. faecalis* S132'den

elde edildiği tespit edilmiştir. Postbiyotiklere karşı en hassas mikroorganizmanın genellikle *S. Typhimurium*, en dirençli mikroorganizmanın ise *E. coli* O157:H7 olduğu belirlenmiştir.

**Çalışmanın dördüncü aşamasında,** *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* üzerine en etkili postbiyotikler (*P. pentasaceus* T87, *P. acidilactici* T115, *S. thermophilus* T127, *L. pseudomesenteroides* T139, *L. plantarum* P36, *P. ethanolidurans* P84, *L. paracasei* S97 ve *E. faecalis* S132) seçilmiş ve seçilen postbiyotiklerin karakterizasyonu amacıyla pH, toplam asitlik, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri tespit edilmiştir. Postbiyotiklerin pH ve toplam asitlik değerlerinin sırasıyla 3.75-4.34 ve 1.78-2.30 g laktik asit/100 mL aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek toplam asitlik, aynı zamanda en düşük pH değerine sahip olan *L. plantarum* P36 tarafından üretilen postbiyotik tarafından elde edilmiştir ( $P<0.05$ ). Postbiyotiklerin toplam fenolik madde içeriği 3497-4035 mg GAE/L aralığında tespit edilmiş ve *L. paracasei* S97'den elde edilen postbiyotiklerin en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Bununla birlikte, postbiyotiklerin DPPH radikalini %25.03-54.94 aralığında inhibe ettiği, ABTS<sup>+</sup> radikal aktivitesinin ise %21.78-64.86 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Postbiyotiklerin toplam fenolik madde içeriğine benzer şekilde, en yüksek DPPH ve ABTS<sup>+</sup> radikal indirgeme aktivitesi *L. paracasei* S97'nin ürettiği postbiyotikler tarafından elde edilmiştir ( $P<0.05$ ). Postbiyotiklerin pH değerleri, toplam asitlik değerleri, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri genel olarak değerlendirildiğinde, pH ve toplam asitlik değerleri arasında negatif bir korelasyon, toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivite değerleri arasında ise pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir.

**Çalışmanın beşinci aşamasında,** marul ve tavuk eti örneklerine inoküle edilmek üzere *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* kullanılmıştır. Bu kapsamda, patojen bulaştırılan marul ve tavuk eti örnekleri *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115 ve *S. thermophilus* T127'den elde edilen postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 5 ve 30 dakika bekletilmiştir. Marul örnekleri plastik kaplarda 4°C'de 15 gün depolanmış, depolamanın 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerinde

örneklerde patojen sayımları yapılmıştır. Tavuk eti örnekleri 4°C’de 7 gün depolanmış, depolamanın 1., 3., 5. ve 7. günlerinde örneklerde patojen sayımları gerçekleştirilmiştir. Marul örneklerine inoküle edilen *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayılarının sırasıyla 0.74-1.97, 0.21-1.36 ve 0.50-2.40 log kob/g aralığında azaldığı ve uygulanan işleme karşı en hassas mikroorganizmanın *S. Typhimurium* olduğu tespit edilmiştir. Tavuk eti örneklerine inoküle edilen *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayılarının sırasıyla 0.81-1.44, 0.52-2.12 ve 0.71-1.78 log kob/g aralığında azaldığı belirlenmiştir. Depolama süresi arttıkça tüm örneklerin *S. Typhimurium* sayılarının artış gösterdiği ( $P<0.05$ ) ve bu sonucun, *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* inoküle edilmiş örneklerden farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Peynir örneklerine inoküle edilmek üzere *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* kullanılmıştır. Bu çalışmada, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. plantarum* P36, *P. ethanolidurans* P84 ve *P. pentasaceus* T87’den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynirlere patojen mikroorganizmalar inoküle edilmiş ve steril plastik kaplarda 4°C’de 30 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 4., 7., 10., 15., 21. ve 30. günlerinde örneklerde patojen sayımları yapılmıştır. Peynir örneklerine inoküle edilen *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarının sırasıyla 0.65-1.89, 0.39-1.27 ve 0.71-1.87 log kob/g aralığında azaldığı tespit edilmiştir. Elde edilen tüm bu sonuçlar, meyve-sebze ürünlerinin, et ürünlerinin ve süt ürünlerinin güvenilirliğinin sağlanması amacıyla postbiyotiklerin kimyasal koruyuculara karşı iyi bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

**Çalışmanın son aşamasında,** marul ve tavuk eti örnekleri *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. pseudomesenteroides* T139, *P. acidilactici* T115 ve *S. thermophilus* T127’den elde edilen postbiyotikler ile hazırlanan yıkama sıvılarında (%10) 5 ve 30 dakika bekletilmiş, marul örnekleri steril plastik kaplarda 4°C’de 15 gün ve tavuk eti örnekleri 4°C’de 7 gün depolanmıştır. Depolama süresince örneklerde mikrobiyolojik (TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae ve LAB sayımları), fiziksel (renk analizi), kimyasal (pH ve toplam asitlik analizi) ve duyu analizler yapılmıştır. Marul örneklerinin TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp. ve Enterobacteriaceae sayılarının sırasıyla 1.26-3.04, 1.17-3.19, 0.11-1.89 ve 0.96-3.17 log kob/g azaldığı tespit edilirken, LAB sayılarının depolamanın 15. gününde 0.98-1.80 log kob/g aralığında azaldığı belirlenmiştir. Postbiyotikler ile

işlem gören marul örneklerinin depolama süresince pH değerlerinin kontrol örneklerine kıyasla daha düşük ve 5.41-5.80 aralığında olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Postbiyotikler ile işlem gören marul örneklerinin depolama süresince  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin sırasıyla 41.72-51.81, (-)9.47-(-)6.61 ve 27.51-31.05 aralığında belirlenmiştir. Marul örneklerinin renk özellikleri genel olarak değerlendirildiğinde, depolama süresi arttıkça örneklerin  $L^*$  değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, depolamanın başında ve sonunda marul örneklerinin  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin istatistiksel açıdan farklı olmadığı belirlenmiştir. Tavuk eti örneklerinin TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae ve LAB sayılarının sırasıyla 1.24-3.17, 1.12-3.16, 0.80-4.10, 0.40-2.98 ve 1.19-3.25 log kob/g azaldığı tespit edilmiştir. Postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin pH değerlerinin kontrol örneklerine kıyasla daha düşük ve 5.61-6.06 aralığında olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Postbiyotikler ile işlem gören tavuk eti örneklerinin depolama süresince  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin sırasıyla 52.48-60.68, 2.56-5.43 ve 12.65-21.58 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Tavuk eti örneklerinin renk özellikleri genel olarak değerlendirildiğinde, postbiyotik uygulanan örneklerin  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinin depolama süresince kontrol örneklerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, postbiyotikler ile işlem gören örneklerin  $b^*$  değerlerinin su ile işlem gören kontrol örneklerine (S-5 ve S-30) kıyasla daha yüksek, işlem görmemiş kontrol örneğine (K) kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, *E. faecalis* S132, *L. paracasei* S97, *L. plantarum* P36, *P. ethanolidurans* P84 ve *P. pentasaceus* T87'den elde edilen postbiyotikler kullanılarak üretilen peynirler steril plastik kaplarda 4°C'de 30 gün depolanmıştır. Depolama süresince mikrobiyolojik (TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae, LAB, *S. aureus* ve küf-maya sayımları), fiziksel (renk analizi), kimyasal (pH ve toplam asitlik analizi) ve duyu analizleri yapılmıştır. Depolamanın 7. gününde postbiyotikler ile üretilen peynir örneklerinin TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae ve LAB sayılarının tespit edilebilir limitin altında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, depolama süresince örneklerin *S. aureus* ve küf-maya sayılarının tespit edilebilir limitin altında olduğu tespit edilmiştir. Postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin pH ve toplam asitlik değerlerinin sırasıyla 4.71-4.93 ve 0.86-1.67 g laktik asit/100 g aralığında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin sırasıyla 79.02-88.39, (-)0.60-



0.20 ve 8.13-10.94 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, marul, tavuk eti ve peynir örneklerinin depolama süresince renk, koku, görünüm, doku ve genel beğeni açısından yüksek puanlar aldıkları görülmektedir. Elde edilen tüm bu sonuçlar, postbiyotiklerin marul, tavuk eti ve peynir örneklerinde kimyasal koruyucu maddelere alternatif olarak tüketiciler taleplerinin karşılanmasına olanak sağlayabileceğini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında, yıllar içerisinde ekibimiz tarafından yürütülen çalışmalar neticesinde elde edilen ve bir nevi hazine niteliğindeki izolatların, başta bakteriyosin olmak üzere antimikrobiyal etkili farklı metabolitleri üretme potansiyelleri olduğu tespit edilmiştir. 9 adet izolat tarafından bakteriyosin retilendiğinin tespiti ve üretilen bakteriyosinlerin karakterizasyonu bu çalışmanın çıktılarından biridir. Elde edilen postbiyotiklerin marul, tavuk eti ve peynire inoküle edilen patojen mikroorganizmaları etkili bir şekilde elimine ettiğinin belirlenmesi çalışmanın diğer önemli çıktısını oluşturmaktadır. Bu kapsamda, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *S. aureus* sayılarında en fazla azalma sırasıyla 1.97 log kob/g (T139-30 ile işlem gören marul rneği), 2.12 log kob/g (S97-30 ile işlem gören tavuk eti rneği), 2.40 log kob/g (S132-30 ile işlem gören marul rneği) ve 1.87 log kob/g (P36 kullanılarak üretilen peynir rneği) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, kullanılan postbiyotiklerin marul, tavuk eti ve peynir örneklerinin mikrobiyal yükünü önemli ölçüde azalttığı belirlenmiş, marul ve tavuk eti rneklerinin TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae ve LAB sayılarında en fazla azalma sırasıyla 3.17 log kob/g (S97-30 ile işlem gören tavuk eti rneği), 3.19 log kob/g (S97-30 ile işlem gören marul rneği), 4.10 log kob/g (T115-30 ile işlem gören tavuk eti rneği), 3.17 log kob/g (T127-30 ile işlem gören marul rneği) ve 3.25 log kob/g (S97-30 ile işlem gören tavuk eti rneği) olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, postbiyotikler kullanılarak üretilen peynir rneklerinin TMAB, TPAB, *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae ve LAB sayıları depolamanın 7. gününden itibaren tespit edilebilir limitin altına dşmştir. Elde edilen bu sonuçların, benzer konularda çalışan araştırmacılara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Elde edilen veriler doğrultusunda, kimyasal koruyuculara alternatif olarak gıda endüstrisinde kullanılabilecek, gıda kaynaklı hastalıklara neden olan ve gıdalarda bozulma yapan mikroorganizmalar üzerinde inaktivasyon etkiye sahip, gıda, tüketici ve çevre için güvenilir yenilikçi bir gıda katkı maddesi geliştirilmesine imkân sağlanmıştır. Böylelikle, tüketicilerin sağlıklı ürün tüketmeye yönelik beklentileri belli ölçüde karşılanabileceği ve ülke ekonomisine katkı sağlanabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, postbiyotiklerin gıda güvenliği ve kalitesi üzerine etkilerinin incelediği daha çok araştırma yapılması gerekmektedir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında elde edilen ve saflaştırılan bakteriyosinlerin gıdalarda kullanımına yönelik çalışmalar yapılması önem arz etmektedir.



## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abanoz, H.S. and Kunduhoglu, B.,** 2018, Antimicrobial activity of a bacteriocin produced by *Enterococcus faecalis* KT11 against some pathogens and antibiotic-resistant bacteria, *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(5):1064 pp.
- Abbasiliasi, S., Tan, J.S., Ibrahim, T.A.T., Bashokouh, F., Ramakrishnan, N.R., Mustafa, S. and Ariff, A.B.,** 2017, Fermentation factors influencing the production of bacteriocins by lactic acid bacteria: a review, *Rsc Advances*, 7(47):29395-29420 pp.
- Abeer Mohammed, A.B., Al-Saman, M.A. and Tayel, A.A.,** 2017, Antibacterial activity of fusion from biosynthesized acidocin/silver nanoparticles and its application for eggshell decontamination, *Journal of Basic Microbiology*, 57(9):744-751 pp.
- Abo-Amer, A.E.,** 2011, Optimization of bacteriocin production by *Lactobacillus acidophilus* AA11, a strain isolated from Egyptian cheese, *Annals of Microbiology*, 61:445-452 pp.
- Abrams, D., Barbosa, J., Albano, H., Silva, J., Gibbs, P.A. and Teixeira, P.,** 2011, Characterization of bacPPK34 a bacteriocin produced by *Pediococcus pentosaceus* strain K34 isolated from “Alheira”, *Food Control*, 22(6):940-946 pp.
- Acedo, J.Z., van Belkum, M.J., Lohans, C.T., McKay, R.T., Miskolzie, M. and Vederas, J.C.,** 2015, Solution structure of acidocin B, a circular bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus* M46, *Applied and Environmental Microbiology*, 81(8):2910-2918 pp.
- Adesina, I.A. and Oluwafemi, Y.D.,** 2022, Antibacterial Activity of cell-free culture supernatant of bacteriocinogenic *Pediococcus pentosaceus* IO1 against *Staphylococcus aureus* inoculated in fruit juices, *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 9:130-136 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Aguilar-Galvez, A., Guillermo, S., Dubois-Dauphin, R., Campos, D. and Thonart, P.**, 2011, The influence of growth conditions on enterocin-like production by *Enterococcus faecium* CWBI-B1430 and *Enterococcus mundtii* CWBI-B1431 isolates from artisanal Peruvian cheeses, *Annals of Microbiology*, 61(4):955-964 pp.
- Aguilar-Toalá, J.E., Garcia-Varela, R., Garcia, H.S., Mata-Haro, V., González-Córdova, A.F., Vallejo-Cordoba, B. and Hernández-Mendoza, A.**, 2018, Postbiotics: An evolving term within the functional foods field, *Trends in Food Science & Technology*, 75:105-114 pp.
- Ahn, H., Kim, J. and Kim, W.J.**, 2017, Isolation and characterization of bacteriocin-producing *Pediococcus acidilactici* HW01 from malt and its potential to control beer spoilage lactic acid bacteria, *Food Control*, 80:59-66 pp.
- Akbar, A., Ali, I. and Anal, A.K.**, 2016, Industrial perspectives of lactic acid bacteria for biopreservation and food safety, *Journal Animal and Plant Sciences*, 26:938-948 pp.
- Aktas, H.M., Erdoğan, A. and Çetin, B.**, 2023, Bacteriocin characterization of autochthonous *Lactococcus lactis* L54 and its application as starter culture for Beyaz cheese, *Food Bioscience*, 53:102739.
- Akyüz, A. ve Bilek, S.E.**, 2018, Protein çöktürme yöntemlerinin karşılaştırılması, *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(2):83-92 s.
- Albayrak, Ç.B. and Duran, M.**, 2021, Isolation and characterization of aroma producing lactic acid bacteria from artisanal white cheese for multifunctional properties, *LWT-Food Science and Technology*, 150:112053.
- Allende, A., Martínez, B., Selma, V., Gil, M.I., Suárez, J.E. and Rodríguez, A.**, 2007, Growth and bacteriocin production by lactic acid bacteria in vegetable broth and their effectiveness at reducing *Listeria monocytogenes* *in vitro* and in fresh-cut lettuce, *Food Microbiology*, 24(7-8):759-766 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Altug-Onoğur, T. ve Elmaci, Y.**, 2005, Gıdalarda duyuusal değerlendirme, Sidas Medya, İzmir, 135 s.
- Alvarez-Sieiro, P., Montalbán-López, M., Mu, D. and Kuipers, O.P.**, 2016, Bacteriocins of lactic acid bacteria: extending the family, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100:2939-2951 pp.
- Al-Zahrani, S.H. and Al-Zahrani, F.S.**, 2006, Production of bacteriocin (s) by four lactic acid bacteria isolated from raw milk on organic waste, *World Applied Sciences Journal*, 1(2):135-143 pp.
- Amaretti, A., Di Nunzio, M., Pompei, A., Raimondi, S., Rossi, M. and Bordoni, A.**, 2013, Antioxidant properties of potentially probiotic bacteria: *in vitro* and *in vivo* activities, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97:809-817 pp.
- Aminnezhad, S., Kermanshahi, R.K. and Ranjbar, R.**, 2015, Evaluation of synergistic interactions between cell-free supernatant of *Lactobacillus* strains and amikacin and genetamicin against *Pseudomonas aeruginosa*, *Jundishapur Journal of Microbiology*, 8(4):e16592.
- Amso, Z., Bisset, S.W., Yang, S.H., Harris, P.W., Wright, T.H., Navo, C.D., Patchett, M.L., Norris, G.E. and Brimble, M.A.**, 2018, Total chemical synthesis of glycocin F and analogues: S-glycosylation confers improved antimicrobial activity, *Chemical Science*, 9(6):1686-1691 pp.
- AOAC**, 2007, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18th edition, AOAC International, USA, 326 p.
- Arrioja-Bretón, D., Mani-López, E., Palou, E. and López-Malo, A.**, 2020, Antimicrobial activity and storage stability of cell-free supernatants from lactic acid bacteria and their applications with fresh beef, *Food Control*, 115:107286.
- Aspri, M., O'Connor, P.M., Field, D., Cotter, P.D., Ross, P., Hill, C. and Papademas, P.**, 2017, Application of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* isolated from donkey milk, in the bio-control of *Listeria monocytogenes* in fresh whey cheese, *International Dairy Journal*, 73:1-9 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Atlama, K.**, 2021, Tarhanadan izole edilen laktik asit bakterilerinin probiyotik potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 145 s.
- Axelsson, L.**, 2004, Lactic acid bacteria: classification and physiology, *Food Science and Technology*, 139:1-66 pp.
- Balciunas, E.M., Martinez, F.A.C., Todorov, S.D., de Melo Franco, B.D.G., Converti, A. and de Souza Oliveira, R.P.**, 2013, Novel biotechnological applications of bacteriocins: a review, *Food Control*, 32(1):134-142 pp.
- Balcke, J.**, 1884, Über fauligen Geruch des Bieres, *Wochenschrift Brauerei* 1:257.
- Banerjee, S.P., Dora, K.C. and Chowdhury, S.**, 2013, Detection, partial purification and characterization of bacteriocin produced by *Lactobacillus brevis* FPTLB3 isolated from freshwater fish: Bacteriocin from *Lb. brevis* FPTLB3, *Journal of Food Science and Technology*, 50:17-25 pp.
- Bangar, S.P., Chaudhary, V., Singh, T.P. and Özogul, F.**, 2022, Retrospecting the concept and industrial significance of LAB bacteriocins, *Food Bioscience*, 46:101607.
- Barros, C.P., Guimaraes, J.T., Esmerino, E.A., Duarte, M.C.K., Silva, M.C., Silva, R., Ferreira, B.M., Sant'Ana, A.S., Freitas, M.Q. and Cruz, A.G.**, 2020, Paraprobiotics and postbiotics: Concepts and potential applications in dairy products, *Current Opinion in Food Science*, 32:1-8 pp.
- Barth, M., Hankinson, T.R., Zhuang, H. and Breidt, F.**, 2009, Microbiological spoilage of fruits and vegetables, Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages, W.H. Sperber and M.P. Doyle (Ed.) Springer, 135-183 pp.
- Başdoğan, M.G.**, 2020, Geleneksel olarak üretilen turşulardan izole edilen laktik asit bakterilerinin probiyotik potansiyelinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı., 97 s.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bauermeister, L.J., Bowers, J.W.J., Townsend, J.C. and McKee, S.R.,** 2008, The microbial and quality properties of poultry carcasses treated with peracetic acid as an antimicrobial treatment, *Poultry Science*, 87(11):2390-2398 pp.
- Becker, B., Dabisch-Ruthe, M. and Pfannebecker, J.,** 2020, Inactivation of murine norovirus on fruit and vegetable surfaces by vapor phase hydrogen peroxide, *Journal of Food Protection*, 83(1):45-51 pp.
- Bekele, B., Hansen, E.B., Eshetu, M., Ipsen, R. and Hailu, Y.,** 2019, Effect of starter cultures on properties of soft white cheese made from camel (*Camelus dromedarius*) milk, *Journal of Dairy Science*, 102(2):1108-1115 pp.
- Bengoa, A.A., Llamas, M.G., Iraporda, C., Dueñas, M.T., Abraham, A.G. and Garrote, G.L.,** 2018, Impact of growth temperature on exopolysaccharide production and probiotic properties of *Lactobacillus paracasei* strains isolated from kefir grains, *Food Microbiology*, 69:212-218 pp.
- Bhatia, A., Rani, P. and Kaur, C.,** 2016, Application of bacteriocin from *Lactobacillus acidophilus* for shelf life enhancement of fuji apples, *International Journal of Scientific Engineering Research*, 7(10):775-792 pp.
- Bissett, D.L. and Anderson, R.L.,** 1973, Lactose and D-galactose metabolism in *Staphylococcus aureus*: pathway of D-galactose 6- phosphate degradation, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 52:641–647 pp.
- Björkroth, J., Dicks, L.M., Endo, A. and Holzapfel, W.,** 2014a, The genus *Leuconostoc*, Lactic acid bacteria: Biodiversity and taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 391-404 pp.
- Björkroth, J., Dicks, L.M. and Endo, A.,** 2014b, The genus *Weissella*, Lactic acid bacteria: Biodiversity and Taxonomy, 417-428 pp.
- Bradford, M.M.,** 1976, A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical Biochemistry*, 72(1-2):248-254 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Braffman, N.R., Piscotta, F.J., Hauver, J., Campbell, E.A., Link, A.J. and Darst, S.A.**, 2019, Structural mechanism of transcription inhibition by lasso peptides microcin J25 and capistruin, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(4):1273-1278 pp.
- Bridges, D.F., Rane, B. and Wu, V.C.**, 2018, The effectiveness of closed-circulation gaseous chlorine dioxide or ozone treatment against bacterial pathogens on produce, *Food Control*, 91:261-267 pp.
- Britton, A.P., van der Ende, S.R., van Belkum, M.J. and Martin-Visscher, L.A.**, 2020, The membrane topology of immunity proteins for the two-peptide bacteriocins carnobacteriocin XY, lactococcin G, and lactococcin MN shows structural diversity, *Microbiology Open*, 9(1):e00957.
- Brunelle, J.L. and Green, R.**, 2014, One-dimensional SDS-polyacrylamide gel electrophoresis (1D SDS-PAGE). In *Methods in enzymology*, Academic Press, 151-159 pp.
- Caggianiello, G., Kleerebezem, M. and Spano, G.**, 2016, Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria: from health-promoting benefits to stress tolerance mechanisms, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100:3877-3886 pp.
- Castro, S.M., Kolomeytseva, M., Casquete, R., Silva, J., Queirós, R., Saraiva, J.A. and Teixeira, P.**, 2017, Biopreservation strategies in combination with mild high pressure treatments in traditional Portuguese ready-to-eat meat sausage, *Food Bioscience*, 19:65-72 pp.
- Cavera, V.L., Arthur, T.D., Kashtanov, D. and Chikindas, M.L.**, 2015, Bacteriocins and their position in the next wave of conventional antibiotics, *International Journal of Antimicrobial Agents*, 46(5):494-501 pp.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention)**, 2023. "List of Multistate Foodborne Outbreak Notices", <https://www.cdc.gov/foodsafety/outbreaks/lists/outbreaks-list.html> (Erişim tarihi: 31 Ağustos 2023)



## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cemeroğlu, B.S.**, 2013, Gıda Analizleri, 480 pp.
- Cervený, J., Meyer, J.D. and Hall, P.A.**, 2009, Microbiological spoilage of meat and poultry products. Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages, W.H. Sperber and M.P. Doyle (Ed.) Springer, 69-86 pp.
- Chai, H.E. and Sheen, S.**, 2021, Effect of high pressure processing, allyl isothiocyanate, and acetic acid stresses on *Salmonella* survivals, storage, and appearance color in raw ground chicken meat, *Food Control*, 123:107784 pp.
- Chaplot, S., Yadav, B., Jeon, B., Roopesh, M.S.**, 2019, Atmospheric cold plasma and peracetic acid-based hurdle intervention to reduce *Salmonella* on raw poultry meat, *Journal of Food Protection*, 82(5):878-888 pp.
- Chen, Y.S., Wu, H.C., Kuo, C.Y., Chen, Y.W., Ho, S. and Yanagida, F.**, 2018, Leucocin C-607, a novel bacteriocin from the multiple-bacteriocin-producing *Leuconostoc pseudomesenteroides* 607 isolated from persimmon, *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 10:148-156 pp.
- Chen, Y., Simmonds, R.S., Sloan, G.L. and Timkovich, R.**, 2008, The metal binding site of zoocin A, *JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 13:855-860 pp.
- Chikindas, M.L., Weeks, R., Drider, D., Chistyakov, V.A. and Dicks, L.M.**, 2018, Functions and emerging applications of bacteriocins, *Current Opinion in Biotechnology*, 49:23-28 pp.
- Cho, T.J., Kim, N.H., Kim, S.A., Song, J.H. and Rhee, M.S.**, 2016, Survival of foodborne pathogens (*Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, and *Vibrio parahaemolyticus*) in raw ready-to-eat crab marinated in soy sauce, *International Journal of Food Microbiology*, 238:50-55 pp.
- Choi, G.H., Holzapfel, W.H. and Todorov, S.D.**, 2023, Diversity of the bacteriocins, their classification and potential applications in combat of antibiotic resistant and clinically relevant pathogens, *Critical Reviews in Microbiology*, 49(5):578-597 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Choi, S.S., Kim, Y., Han, K.S., You, S., Oh, S. and Kim, S.H.**, 2006, Effects of *Lactobacillus* strains on cancer cell proliferation and oxidative stress *in vitro*, *Letters in Applied Microbiology*, 42(5):452-458 pp.
- Churklam, W., Chaturongakul, S., Ngamwongsatit, B. and Aunpad, R.**, 2020, The mechanisms of action of carvacrol and its synergism with nisin against *Listeria monocytogenes* on sliced bologna sausage, *Food Control*, 108:106864.
- Cicenia, A., Santangelo, F., Gambardella, L., Pallotta, L., Iebba, V., Scirocco, A., Marignani, M., Tellan, G., Carabotii, M., Corazziari, E.S., Schippa, S. and Severi, C.**, 2016, Protective role of postbiotic mediators secreted by *Lactobacillus rhamnosus* GG versus lipopolysaccharide-induced damage in human colonic smooth muscle cells, *Journal of Clinical Gastroenterology*, 50:140-144 pp.
- Claussen, N.H.**, 1903, Études sur les bacteries dites sarcines et sur les maladies quelles provoquent dans le bière, *C.R. Trav. Lab. Carlsberg*, 6:64–83 pp.
- Cleveland, J., Montville, T.J., Nes, I.F. and Chikindas, M.L.**, 2001, Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation, *International Journal of Food Microbiology*, 71(1):1-20 pp.
- Cogan, T.M. and Hill, C.**, 1993, Cheese starter cultures, Physics and Microbiology. Editör: Fox, P. F. Fox. London: Chapman & Hall.
- Collado, M.C., Vinderola, G. and Salminen, S.**, 2019, Postbiotics: facts and open questions. A position paper on the need for a consensus definition, *Beneficial Microbes*, 10(7):711-719 pp.
- Collins, M.D., Samelis, J., Metaxopoulos, J. and Wallbanks, S.**, 1993, Taxonomic studies on some leuconostoc-like organisms from fermented sausages: description of a new genus *Weissella* for the *Leuconostoc paramesenteroides* group of species, *Journal of Applied Microbiology*, 75(6):595-603 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Collins, M.D., Williams, A.M. and Wallbanks, S.,** 1990, The phylogeny of *Aerococcus* and *Pediococcus* as determined by 16S rRNA sequence analysis: description of *Tetragenococcus* gen. nov, *FEMS Microbiology Letters*, 70(3):255-262.
- Collins, M.D., Ash, C., Farrow, J.A.E., Wallbanks, S. and Williams, A.M.,** 1989, 16S Ribosomal ribonucleic acid sequence analyses of Lactococci and related taxa. Description of *Vagococcus fluvialis* gen. nov., sp. nov, *Journal of Applied Bacteriology*, 67:453–460 pp.
- Cuevas-González, P.F., Liceaga, A.M. and Aguilar-Toalá, J.E.,** 2020, Postbiotics and paraprobiotics: From concepts to applications, *Food Research International*, 136:109502.
- Cui, Y., Zhang, C., Wang, Y., Shi, J., Zhang, L., Ding, Z., Qu, X. and Cui, H.,** 2012, Class IIa bacteriocins: diversity and new developments, *International Journal of Molecular Sciences*, 13(12):16668-16707 pp.
- da Costa, R.J., Voloski, F.L., Mondadori, R.G., Duval, E.H. and Fiorentini, Â.M.,** 2019, Preservation of meat products with bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from meat, *Journal of Food Quality*, 2019:1-12 pp.
- da Silva Sabo, S., Converti, A., Todorov, S.D., Domínguez, J.M. and de Souza Oliveira, R.P.,** 2015, Effect of inulin on growth and bacteriocin production by *Lactobacillus plantarum* in stationary and shaken cultures, *International Journal of Food Science & Technology*, 50(4):864-870 pp.
- Daba, G.M., Elnahas, M.O. and Elkhateeb, W.A.,** 2022, Beyond biopreservatives, bacteriocins biotechnological applications: History, current status, and promising potentials, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 39:102248.
- Dalié, D.K.D., Deschamps, A.M. and Richard-Forget, F.,** 2010, Lactic acid bacteria-Potential for control of mould growth and mycotoxins: A review, *Food Control*, 21(4):370-380 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Danial, E.N., Al-Zahrani, S.H.M. and Al-Mahmoudi, Z.A.H.M.,** 2016, Enhancement of novel extracellular bacteriocin production by media optimization using LAB isolate from meat, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(12):20-27 pp.
- Darbandi, A., Asadi, A., Mahdizade Ari, M., Ohadi, E., Talebi, M., Halaj Zadeh, M., Emamie, A.D., Ghanavati, R. and Kakanj, M.,** 2022, Bacteriocins: Properties and potential use as antimicrobials, *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 36(1):e24093.
- Davami, F., Baldi, L., Rajendra, Y. and Wurm, F.M.,** 2014, Peptone supplementation of culture medium has variable effects on the productivity of CHO cells, *International Journal of Molecular and Cellular Medicine*, 3(3):146 p.
- Deatraksa, J., Sunthornthummas, S., Rangsiruji, A., Sarawaneeyaruk, S., Suwannasai, N. and Pringsulaka, O.,** 2018, Isolation of folate-producing *Weissella* spp. from Thai fermented fish (Plaas Som Fug), *LWT-Food Science and Technology*, 89:388-391 pp.
- De Giani, A., Bovio, F., Forcella, M., Fusi, P., Sello, G. and Di Gennaro, P.,** 2019, Identification of a bacteriocin-like compound from *Lactobacillus plantarum* with antimicrobial activity and effects on normal and cancerogenic human intestinal cells, *AMB Express*, 9(1):1-11 pp.
- del Carmen Beristain-Bauza, S., Mani-López, E., Palou, E. and López-Malo, A.,** 2017, Antimicrobial activity of whey protein films supplemented with *Lactobacillus sakei* cell-free supernatant on fresh beef, *Food Microbiology*, 62:207-211 pp.
- Deng, L.Z., Mujumdar, A.S., Pan, Z., Vidyarthi, S.K., Xu, J., Zielinska, M. and Xiao, H.W.,** 2020, Emerging chemical and physical disinfection technologies of fruits and vegetables: a comprehensive review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(15):2481-2508 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Dickman, R., Mitchell, S.A., Figueiredo, A.M., Hansen, D.F. and Tabor, A.B.,** 2019, Molecular recognition of lipid II by lantibiotics: synthesis and conformational studies of analogues of nisin and mutacin rings A and B, *The Journal of Organic Chemistry*, 84(18):11493-11512 pp.
- Dicks, L.M.T., Dellaglio, F. and Collins, M.D.,** 1995, Proposal to reclassify *Leuconostoc oenos* as *Oenococcus oeni* [corrig.] gen. nov., comb. Nov, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 45(2):395-397 pp.
- Dicks, L.M.T.,** 1995, Relatedness of *Leuconostoc* species of the *Leuconostoc* sensu stricto line of descent, *Leuconostoc oenos* and *Weissella paramesenteroides* revealed by numerical analysis of total soluble cell protein patterns, *Systematic and Applied Microbiology*, 18:99-102 pp.
- Diep, D.B., Skaugen, M., Salehian, Z., Holo, H. and Nes, I.F.,** 2007, Common mechanisms of target cell recognition and immunity for class II bacteriocins, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(7):2384-2389 pp.
- Dimov, S., Peykov, S., Raykova, D. and Ivanova, P.,** 2008, Influence of diverse sugars on BLIS production by three different *Enterococcus* strains, *Trakia Journal of Sciences*, 6(1):54-59 pp.
- Domingos-Lopes, M.F.P., Stanton, C., Ross, P.R., Dapkevicius, M.L.E. and Silva, C.C.G.,** 2017, Genetic diversity, safety and technological characterization of lactic acid bacteria isolated from artisanal Pico cheese, *Food Microbiology*, 63:178-190 pp.
- Du, R., Ping, W. and Ge, J.,** 2022, Purification, characterization and mechanism of action of enterocin HDX-2, a novel class IIa bacteriocin produced by *Enterococcus faecium* HDX-2, *LWT-Food Science and Technology*, 153:112451.
- DuBois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.T. and Smith, F.,** 1956, Colorimetric method for determination of sugars and related substances, *Analytical Chemistry*, 28(3):350-356 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ebadi, Z., Khodanazary, A., Hosseini, S.M. and Zanguee, N.,** 2019, The shelf life extension of refrigerated *Nemipterus japonicus* fillets by chitosan coating incorporated with propolis extract, *International Journal of Biological Macromolecules*, 139:94-102 pp.
- Endo, A. and Dicks, L.M.,** 2014a, The genus *Fructobacillus*, Lactic acid bacteria: biodiversity and taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 381-389 pp.
- Endo, A. and Dicks, L.M.,** 2014b, The genus *Oenococcus*, Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 405-415 pp.
- Endo, A. and Dicks, L.M.,** 2014c, Physiology of the LAB, Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 13-30 pp.
- Enitan, A., Adeyemo, J. and Ogunbanwo, S.T.,** 2011, Influence of growth conditions and nutritional requirements on the production of hydrogen peroxide by lactic acid bacteria, *African Journal of Microbiology Research*, 5(15):2059-2066 pp.
- Ergun, M. and Dogan, E.,** 2018, Use of hydrogen peroxide, citric acid and sodium hypochlorite as sanitizer for minimally processed table grapes, *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 33(1):58-65 pp.
- FAO/WHO,** 2002. “Guidelines for the evaluation of probiotics in food”. [https://www.who.int/foodsafety/fs\\_management/en/probiotic\\_guidelines.pdf](https://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf) (Erişim tarihi: 24 Şubat 2021)
- Fathizadeh, H., Saffari, M., Esmaili, D., Moniri, R. and Mahabadi, J.A.,** 2021, Anticancer effect of enterocin A-colicin E1 fusion peptide on the gastric cancer cell, *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 13(5):1443-1451 pp.
- FDA-BAM,** 1998. “Chapter 12: “*Staphylococcus aureus*”, <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-12-staphylococcus-aureus> (Erişim tarihi: 01 Mart 2021)

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- FDA-BAM,** 2001a. “Aerobic plate count”.  
<https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm063346.htm> (Erişim tarihi: 25 Temmuz 2017)
- Felicio, B.A., Pinto, M.S., Oliveira, F.S., Lempk, M.W., Pires, A.C.S. and Lelis, C.A.,** 2015, Effects of nisin on *Staphylococcus aureus* count and physicochemical properties of Minas Frescal cheese, *Journal of Dairy Science*, 98(7):4364-4369 pp.
- Flühe, L., Knappe, T.A., Gattner, M.J., Schäfer, A., Burghaus, O., Linne, U. and Marahiel, M.A.,** 2012, The radical SAM enzyme AlbA catalyzes thioether bond formation in subtilisin A, *Nature Chemical Biology*, 8(4):350-357 pp.
- Franz, C.M., Endo, A., Abriouel, H., Reenen, C.A.V., Gálvez, A. and Dicks, L.M.,** 2014, The genus *Pediococcus*, Lactic acid bacteria: Biodiversity and taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 359-376 pp.
- Fu, Y., Zhao, D., Wang, L., Jiang, G. and Liu, X.,** 2022, A broad-spectrum novel bacteriocin produced by *Lactobacillus sakei* in Nanjing Steamed Roast Duck: Purification, antimicrobial characteristics, and antibacterial mechanisms, *Food Bioscience*, 50:101995.
- Gabrielsen, C., Brede, D.A., Hernández, P.E., Nes, I.F. and Diep, D.B.,** 2012, The maltose ABC transporter in *Lactococcus lactis* facilitates high-level sensitivity to the circular bacteriocin garvicin ML, *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 56(6):2908-2915 pp.
- Galvez, A., López, R.L., Pulido, R.P. and Burgos, M.J.G.,** 2014, Natural antimicrobials for food biopreservation, Food Biopreservation, New York: Springer.
- Gao, Y., Li, B., Li, D. and Zhang, L.,** 2016, Purification and characteristics of a novel bacteriocin produced by *Enterococcus faecalis* L11 isolated from Chinese traditional fermented cucumber, *Biotechnology Letters*, 38:871-876 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gao, Y., Li, D., Liu, S. and Zhang, L.,** 2015, Garviecin LG34, a novel bacteriocin produced by *Lactococcus garvieae* isolated from traditional Chinese fermented cucumber, *Food Control*, 50:896-900 pp.
- García-Quintans, N., Blancato, V.S., Repizo, G.D., Magni, C. and López, P.,** 2008, Citrate metabolism and aroma compound production in lactic acid bacteria.
- García-Toledo, J.A., Torrestiana-Sánchez, B., Martínez-Sánchez, C.E., Tejero-Andrade, J.M., García-Bórquez, A. and Mendoza-García, P.G.,** 2019, Nanoencapsulation of a bacteriocin from *Pediococcus acidilactici* ITV26 by microfluidization, *Food and Bioprocess Technology*, 12(1):88-97 pp.
- Gaspar, C., Donders, G.G., Palmeira-de-Oliveira, R., Queiroz, J.A., Tomaz, C., Martinez-de-Oliveira, J. and Palmeira-de-Oliveira, A.,** 2018, Bacteriocin production of the probiotic *Lactobacillus acidophilus* KS400, *Amb Express*, 8:1-8 pp.
- Ge, J., Kang, J. and Ping, W.,** 2019, Effect of acetic acid on bacteriocin production by gram-positive, 1341-1348 pp.
- Gharsallaoui, A., Oulahal, N., Joly, C. and Degraeve, P.,** 2015., Nisin as a Food Preservative: Part 1: Physicochemical Properties, Antimicrobial Activity, and Main Uses, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(8):1262-1274 pp.
- Goffin, P., Muscariello, L., Lorquet, F. Stukkens, A., Prozzi, D., Sacco, M., Kleerebezem, M. and Hols, P.,** 2006, Involvement of pyruvate oxidase activity and acetate production in the survival of *Lactobacillus plantarum* during the stationary phase of aerobic growth, *Applied and Environmental Microbiology*, 72:7933–7940 pp.
- Goyal, C., Malik, R.K. and Pradhan, D.,** 2018, Purification and characterization of a broad spectrum bacteriocin produced by a selected *Lactococcus lactis* strain 63 isolated from Indian dairy products, *Journal of Food Science and Technology*, 55:3683-3692 pp.



## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Grande Burgos, M.J., Perez Pulido, R., Lopez Aguayo, M.D.C., Gálvez, A. and Lucas, R.,** 2014, The cyclic antibacterial peptide enterocin AS-48: isolation, mode of action, and possible food applications, *International Journal of Molecular Sciences*, 15(12):22706-22727 pp.
- Gratia, A.,** 1925, Sur un remarquable exemple d'antagonisme entre deux souches de coilbacille, *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie Filliales*, 93:1040-1041 pp.
- Gupta, A. and Sharma, N.,** 2017, Characterization of potential probiotic lactic acid bacteria-*Pediococcus acidilactici* Ch-2 isolated from Chuli-A traditional apricot product of Himalayan region for the production of novel bioactive compounds with special therapeutic properties, *Journal of Food: Microbiology, Safety and Hygiene*, 2(1):119 pp.
- Güllüce, M., Karadayı, M. and Barış, Ö.,** 2013, Bacteriocins: promising natural antimicrobials, *Local Environment*, 3(6):1016-1027 pp.
- Haginaka, J.,** 2005, Selectivity of affinity media in solid-phase extraction of analytes, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 24(5):407-415 pp.
- Hamad, G.M., Abdelmotilib, N.M., Darwish, A.M. and Zeitoun, A.M.,** 2020, Commercial probiotic cell-free supernatants for inhibition of *Clostridium perfringens* poultry meat infection in Egypt, *Anaerobe*, 62:102181.
- Hamad, G., Ombarak, R.A., Eskander, M., Mehany, T., Anees, F.R., Elfayoumy, R.A., Omar, S.A., Lorenzo, J.M. and Abou-Alella, S.A.E.,** 2022, Detection and inhibition of *Clostridium botulinum* in some Egyptian fish products by probiotics cell-free supernatants as bio-preservation agents, *LWT-Food Science and Technology*, 163:113603.
- Harcum, S.,** 2008, Purification of protein solutions. In Biologically inspired textiles, Woodhead Publishing, 26-43 pp.
- Hashimoto, H., Noborisaka, R. and Yanagawa, R.,** 1974, Distribution of motile streptococci in faeces of man and animals and in river and sea water, *Japanese Journal of Bacteriology*, 29, 387-393 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hasper, H.E., Kramer, N.E., Smith, J.L., Hillman, J.D., Zachariah, C., Kuipers, O.P., Kruijff, B.D. and Breukink, E.,** 2006, An alternative bactericidal mechanism of action for lantibiotic peptides that target lipid II, *Science*, 313(5793):1636-1637 pp.
- Hedhammar, M., Karlström, A.E. and Hober, S.,** 2006, Chromatographic methods for protein purification, *Stockholm: Royal Institute of Technology*, 1-31 pp.
- Heidari, Z., Ghasemi, M.F. and Modiri, L.,** 2022, Antimicrobial activity of bacteriocin produced by a new *Latilactobacillus curvatus* sp. LAB-3H isolated from traditional yogurt, *Archives of Microbiology*, 204(1):101 pp.
- Heng, N.C., Wescombe, P.A., Burton, J.P., Jack, R.W. and Tagg, J.R.,** 2007, The diversity of bacteriocins in Gram-positive bacteria. In *Bacteriocins: ecology and evolution*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 45-92 pp.
- Hernández-Granados, M.J. and Franco-Robles, E.,** 2020, Postbiotics in human health: Possible new functional ingredients, *Food Research International*, 137:109660.
- Herranz, C., Casaus, P., Mukhopadhyay, S., Martinez, J.M., Rodriguez, J.M., Nes, I.F., Hernandez, P.E. and Cintas, L.M.,** 2001, *Enterococcus faecium* P21: a strain occurring naturally in dry-fermented sausages producing the class II bacteriocins enterocin A and enterocin B, *Food Microbiology*, 18(2):115-131 pp.
- Hilbert, F., Scherwitzel, M. Paulsen, P. and Szostak, M.P.,** 2010, Survival of *Campylobacter jejuni* under conditions of atmospheric oxygen tension with the support of *Pseudomonas* spp., *Applied and environmental microbiology*, 76(17):5911–5917 pp.
- Holzappel, W.H. and Gerber, E.S.,** 1983, *Lactobacillus divergens* sp. nov. a new heterofermentative *Lactobacillus* species producing L(+)-lactate, *Systematic and Applied Microbiology*, 4:522–534 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hwanhlem, N., Chobert, J.M. and Aran, H.,** 2014, Bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from mangrove forests in southern Thailand as potential bio-control agents in food: Isolation, screening and optimization, *Food Control*, 41:202-211 pp.
- Ibarguren, C., Audisio, M.C., Torres, E.M.F. and Apella, M.C.,** 2010, Silicates characterization as potential bacteriocin-carriers, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1):197-202 pp.
- Iseppi, R., Messi, P., Camellini, S. and Sabia, C.,** 2019, Bacteriocin activity of *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus paracasei* ssp. *Paracasei*, *Journal of Medical Microbiology*, 68(9):1359-1366 pp.
- Ishikawa, M., Tanasupawat, S., Nakajima, K., Kanamori, H., Ishizaki, S., Kodama, K., Okamoto-Kainuma, A., Koizumi, Y., Yamamoto, Y. and Yamasato, K.,** 2009, *Alkalibacterium thalassium* sp. nov., *Alkalibacterium pelagium* sp. nov., *Alkalibacterium putridalgicola* sp. nov. and *Alkalibacterium kapii* sp. nov., slightly halophilic and alkaliphilic marine lactic acid bacteria isolated from marine organisms and salted foods collected in Japan and Thailand, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 59(5):1215-1226 pp.
- ISO 15214,** 1998. “ISO 15214:1998 International organization for standardization, microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria-colony count technique at 30°C”, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15214:ed-1:v1:en> (Erişim tarihi: 1 Şubat 2021)
- ISO 16654,** 2001. “ISO 16654:2001 Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the detection of *Escherichia coli* O157”, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:16654:ed-1:v1:en> (Erişim tarihi: 1 Mart 2021)

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

**ISO 21528-2**, 2017. “ISO 21528-2:2017 Microbiology of the food chain -- Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae - Part 2: Colony-count technique”, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21528:-2:ed-2:v1:en> (Erişim tarihi: 1 Mart 2021)

**ISO 11290-1**, 2017. “ISO 11290-1:2017 Microbiology of the food chain -- Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* and of *Listeria* spp. -- Part 1: Detection method”. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11290:-1:ed-2:v1:en> (Erişim tarihi: 1 Mart 2021)

**ISO 6579-1**, 2017. “ISO 6579-1:2017 Microbiology of the food chain -- Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* -- Part 1: Detection of *Salmonella* spp.”. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:6579:-1:ed-1:v1:en> (Erişim tarihi: 1 Mart 2021)

**Iyapparaj, P., Maruthiah, T., Ramasubburayan, R., Prakash, S., Kumar, C., Immanuel, G. and Palavesam, A.**, 2013, Optimization of bacteriocin production by *Lactobacillus* sp. MSU3IR against shrimp bacterial pathogens, *Aquatic Biosystems*, 9(1):1-10 pp.

**İncili, G.K., Karatepe, P., Akgöl, M., Güngören, A., Koluman, A., İlhak, O.İ., Kanmaz, H., Kaya, B. and Hayaloğlu, A.A.**, 2022, Characterization of lactic acid bacteria postbiotics, evaluation *in-vitro* antibacterial effect, microbial and chemical quality on chicken drumsticks, *Food Microbiology*, 104:104001.

**İncili, G.K., Karatepe, P., Akgöl, M., Kaya, B., Kanmaz, H. and Hayaloğlu, A.A.**, 2021, Characterization of *Pediococcus acidilactici* postbiotic and impact of postbiotic-fortified chitosan coating on the microbial and chemical quality of chicken breast fillets, *International Journal of Biological Macromolecules*, 184:429-437 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jawan, R., Abbasiliasi, S., Tan, J.S., Kapri, M.R., Mustafa, S., Halim, M. and Ariff, A.B.,** 2021, Evaluation of the estimation capability of response surface methodology and artificial neural network for the optimization of bacteriocin-like inhibitory substances production by *Lactococcus lactis* Gh1, *Microorganisms*, 9(3):579 pp.
- Jo, D.M., Park, S.K., Khan, F., Kang, M.G., Lee, J.H. and Kim, Y.M.,** 2021, An approach to extend the shelf life of ribbonfish fillet using lactic acid bacteria cell-free culture supernatant, *Food Control*, 123:107731.
- Juárez Tomás, M.S., Bru, E., Wiese, B. and Nader-Macías, M.E.F.,** 2010, Optimization of low-cost culture media for the production of biomass and bacteriocin by a Urogenital *Lactobacillus salivarius* strain, *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 2:2-11 pp.
- Justé, A., Lievens, B., Rediers, H. and Willems, K.A.,** 2014, The genus *Tetragenococcus*, Lactic acid bacteria: biodiversity and taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 213-227 pp.
- Kaktcham, P.M., Kouam, E.M.F., Tientcheu, M.L.T., Temgoua, J.B., Wachter, C., Ngoufack, F.Z. and de Lourdes Pérez-Chabela, M.,** 2019, Nisin-producing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 2MT isolated from freshwater Nile tilapia in Cameroon: Bacteriocin screening, characterization, and optimization in a low-cost medium, *LWT-Food Science and Technology*, 107:272-279 pp.
- Kanaan, M.H.,** 2018, Antibacterial effect of ozonated water against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contaminating chicken meat in Wasit Province, Iraq, *Veterinary World*, 11(10):1445 pp.
- Kanmani, P., Albarracin, L., Kobayashi, H., Iida, H., Komatsu, R., Kober, A.H., Ikeda-Ohtsubo, W., Suda, Y., Aso, H., Makino, S., Kano, H., Saito, T., Villena, J. and Kitazawa, H.,** 2018, Exopolysaccharides from *Lactobacillus delbrueckii* OLL1073R-1 modulate innate antiviral immune response in porcine intestinal epithelial cells, *Molecular Immunology*, 93:253-265 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kanmani, P., Yuvaraj, N., Paari, K.A., Pattukumar, V. and Arul, V.,** 2011, Production and purification of a novel exopolysaccharide from lactic acid bacterium *Streptococcus phocae* PI80 and its functional characteristics activity *in vitro*, *Bioresource Technology*, 102(7):4827-4833 pp.
- Karam, L., Roustom, R., Abiad, M.G., El-Obeid, T. and Savvaidis, I.N.,** 2019, Combined effects of thymol, carvacrol and packaging on the shelf-life of marinated chicken, *International Journal of Food Microbiology*, 291:42-47 pp.
- Kareem, K.Y., Hooi Ling, F., Teck Chwen, L., May Foong, O. and Anjas Asmara, S.,** 2014, Inhibitory activity of postbiotic produced by strains of *Lactobacillus plantarum* using reconstituted media supplemented with inulin, *Gut Pathogens*, 6(1):1-7 pp.
- Kaškonienė, V., Stankevičius, M., Bimbraitė-Survilienė, K., Naujokaitytė, G., Šernienė, L., Mulkytė, K., Malakauskas, M. and Maruška, A.,** 2017, Current state of purification, isolation and analysis of bacteriocins produced by lactic acid bacteria, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101:1323-1335 pp.
- Katiyar, V. and Jain, A.K.,** 2018, Biopreservation: Novel Technique Augmenting Shelf Life. Thomas LV, Clarkson MR and Delves-Broughton J (2000). Nisin. In: Natural Food Antimicrobial Systems. Naidu AS (ed.). CRC Press, Boca-Raton, FL., 463-524 pp.
- Kaya, H.I. and Simsek, O.,** 2019, Characterization of pathogen-specific bacteriocins from lactic acid bacteria and their application within cocktail against pathogens in milk, *LWT-Food Science and Technology*, 115:108464.
- Kaya, H.I. and Simsek, Ö.,** 2020, Characterization of *Pediococcus acidilactici* PFC69 and *Lactococcus lactis* PFC77 bacteriocins and their antimicrobial activities in tarhana fermentation, *Microorganisms*, 8(7):1083 pp.
- Khalid, K.,** 2011, An overview of lactic acid bacteria, *International Journal of Biosciences*, 1(3):1-13 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Khay, E.O., Castro, L.M.P., Bernárdez, P.F., Senhaji, N.S., Idaomar, M. and Abrini, J.,** 2012, Growth of *Enterococcus durans* E204 producing bacteriocin-like substance in MRS Broth: Description of the growth and quantification of the bacteriocin-like substance, *African Journal of Biotechnology*, 11(3):659-665 pp.
- Khider, M. and Elbanna, K.,** 2017, Extending the shelf life of Camembert cheese via controlling over-ripening by bacteriocin of newly lactic acid bacterial isolate LAB100, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 6:88-98 pp.
- Kırma, İ.,** 2016, Gıda kaynaklı laktik asit bakterileri kullanılarak ekzopolisakkarit üretimi, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 105 s.
- Kıvanç, M. ve Erikçi, Ş.Y.,** 2018, Sofralık fermente zeytinlerden (*Olea europaea* L.) izole edilen laktik asit bakterilerinin antimikrobiyal aktivitesinin ve bazı metabolik özelliklerinin belirlenmesi, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 7(1):41-51 s.
- Kim, H.G., Lee, S.Y., Kim, N.R., Lee, H.Y., Ko, M.Y., Jung, B.J., Kim, C.M., Lee, J.M., Park, J.H., Han, S.H. and Chung, D.K.,** 2011, *Lactobacillus plantarum* lipoteichoic acid down-regulated *Shigella flexneri* peptidoglycan-induced inflammation, *Molecular Immunology*, 48(4):382-391 pp.
- Kim, N.N., Kim, W.J. and Kang, S.S.,** 2019, Anti-biofilm effect of crude bacteriocin derived from *Lactobacillus brevis* DF01 on *Escherichia coli* and *Salmonella Typhimurium*, *Food Control*, 98:274-280 pp.
- Kim, W.,** 2014, The genus *Lactococcus*, Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 429-443 pp.
- Klaenhammer, T.R.,** 1993, Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria, *FEMS Microbiology Reviews*, 12(1-3):39-85 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Konak, Ü.İ., Turhan, İ. ve Certel, M.,** 2014, Proteinlerin kromatografik yöntemlerle saflaştırılması, *Akademik Gıda*, 12(2):79-87 s.
- Kondrotiene, K., Kasnauskyte, N., Serniene, L., Gölz, G., Alter, T., Kaskoniene, V., Maruska, A.S. and Malakauskas, M.,** 2018, Characterization and application of newly isolated nisin producing *Lactococcus lactis* strains for control of *Listeria monocytogenes* growth in fresh cheese, *LWT-Food Science and Technology*, 87:507-514 pp.
- Kramer, A. and Twigg, B.A.,** 1984, Quality Control for the Food Industry (Vol.1), Wesport: The Avi Publishing Company.
- Krishnamoorthi, R., Srinivash, M., Mahalingam, P.U., Malaikozhundan, B., Suganya, P. and Gurushankar, K.,** 2022, Antimicrobial, anti-biofilm, antioxidant and cytotoxic effects of bacteriocin by *Lactococcus lactis* strain CH3 isolated from fermented dairy products- An *in vitro* and *in silico* approach, *International Journal of Biological Macromolecules*, 220:291-306 pp.
- Kumar, M., Jain, A.K., Ghosh, M. and Ganguli, A.,** 2012, Statistical optimization of physical parameters for enhanced bacteriocin production by *L. casei*, *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 17:606-616 pp.
- Kumari, M., Kumar, R., Singh, D., Bhatt, S. and Gupta, M.,** 2020, Physiological and genomic characterization of an exopolysaccharide producing *Weissella cibaria* CH2 from cheese of the western Himalayas, *Food Bioscience*, 35:100570.
- Kumariya, R., Garsa, A.K., Rajput, Y.S., Sood, S.K., Akhtar, N. and Patel, S.,** 2019, Bacteriocins: Classification, synthesis, mechanism of action and resistance development in food spoilage causing bacteria, *Microbial Pathogenesis*, 128:171-177 pp.
- Lahiri, D., Chakraborti, S., Jasu, A., Nag, M., Dutta, B., Dash, S. and Ray, R.R.,** 2020, Production and purification of bacteriocin from *Leuconostoc lactis* SM 2 strain, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 30:101845.



## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lahiri, D., Nag, M., Dutta, B., Sarkar, T. and Ray, R.R.,** 2021, Artificial neural network and response surface methodology-mediated optimization of bacteriocin production by rhizobium leguminosarum, *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45:1509-1517 pp.
- Lawson, P.A.,** 2014a, The family Aerococcaceae, In *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy*, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Libraray, 71-74 pp.
- Lawson, P.A.,** 2014b, The genus *Aerococcus*, *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy*, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 81-90 pp.
- Lawson, P.A.,** 2014c, The genus *Vagococcus*, *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy*, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 229-237 pp.
- Ledenbach, L.H. and Marshall, R.T.,** 2009, Microbiological spoilage of dairy products. *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages*, W.H. Sperber and M.P. Doyle (Ed.) Springer, 41-67 pp.
- Lee, K.J., Park, H.W., Choi, E.J. and Chun, H.H.,** 2016, Effects of CFSs produced by lactic acid bacteria in combination with grape seed extract on the microbial quality of ready-to-eat baby leaf vegetables, *Cogent Food & Agriculture*, 2(1):1268742.
- Lee, J., Lee, J.E., Kim, S., Kang, D. and Yoo, H.M.,** 2020, Evaluating cell death using cell-free supernatant of probiotics in three-dimensional spheroid cultures of colorectal cancer cells, *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, 160:e61285.
- Lee, S.H.I., Cappato, L.P., Guimarães, J.T., Balthazar, C.F., Rocha, R.S., Franco, L.T., da Cruz, A.G., Corassin, C.H. and de Oliveira, C.A.F.,** 2019, *Listeria monocytogenes* in milk: occurrence and recent advances in methods for inactivation, *Beverages*, 5(1):14 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lee, Y.M., Kim, J.S. and Kim, W.J.**, 2012, Optimization for the maximum bacteriocin production of *Lactobacillus brevis* DF01 using response surface methodology, *Food Science and Biotechnology*, 21:653-659 pp.
- Leroy, F., Moreno, M.F. and De Vuyst, L.**, 2003, *Enterococcus faecium* RZS C5, an interesting bacteriocin producer to be used as a co-culture in food fermentation, *International Journal of Food Microbiology*, 88(2-3):235-240 pp.
- Lew, L.C., Gan, C.Y. and Liong, M.T.**, 2013, Dermal bioactives from lactobacilli and bifidobacterial, *Annals of Microbiology*, 63(3):1047-1055 pp.
- Li, C., Bai, J., Cai, Z. and Ouyang, F.**, 2002, Optimization of a cultural medium for bacteriocin production by *Lactococcus lactis* using response surface methodology, *Journal of Biotechnology*, 93(1):27-34 pp.
- Li, H.W., Xiang, Y.Z., Zhang, M., Jiang, Y.H., Zhang, Y., Liu, Y.Y., Lin, L.B. and Zhang, Q.L.**, 2021, A novel bacteriocin from *Lactobacillus salivarius* against *Staphylococcus aureus*: Isolation, purification, identification, antibacterial and antibiofilm activity, *LWT-Food Science and Technology*, 140:110826.
- Li, K., Chiu, Y.C., Jiang, W., Jones, L., Etienne, X. and Shen, C.**, 2020, Comparing the efficacy of two triple-wash procedures with sodium hypochlorite, a lactic-citric acid blend, and a mix of peroxyacetic acid and hydrogen peroxide to inactivate *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and surrogate *Enterococcus faecium* on cucumbers and tomatoes, *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4:19 pp.
- Lim, E.S.**, 2015, Purification and characterization of two bacteriocins from *Lactobacillus brevis* BK11 and *Enterococcus faecalis* BK61 showing anti-*Helicobacter pylori* activity, *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 58(5):703-714 pp.
- Lindner, P.**, 1888, Die Sarcina-Organismen der Gährungsgewerbe. Inaug. Diss. der Friedrich Wilhelms Universität, *Zentralbl Bakteriöl Parasitenkd Infektionskr Hygiene*, 4:427–429 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lister, J.**, 1873, A further contribution to the natural history of bacteria and the germ theory of fermentative changes, *Quarterly Journal of Microscopical Science*, 13:380-408 pp.
- Lohans, C.T. and Vederas, J.C.**, 2014, Structural characterization of thioether-bridged bacteriocins, *The Journal of Antibiotics*, 67(1):23-30 pp.
- Löhnis, F.**, 1909, Die benennung der milchsaurebakterien. Zentralbl. Bakteriol. Parasitenkd, *Infektionskr Hygiene*, 22:553–555 pp.
- Lu, M. and Wang, N.S.**, 2017, Spoilage of milk and dairy products. In The microbiological quality of food, A. Bevilacqua, M. R. Corbo and M. Sinigaglia (Ed.), Woodhead Publishing, 151-178 pp.
- Lü, X., Hu, P., Dang, Y. and Liu, B.**, 2014, Purification and partial characterization of a novel bacteriocin produced by *Lactobacillus casei* TN-2 isolated from fermented camel milk (Shubat) of Xinjiang Uygur Autonomous region, China, *Food Control*, 43:276-283 pp.
- Lv, W., Zhang, X. and Cong, W.**, 2005, Modelling the production of nisin by *Lactococcus lactis* in fed-batch culture, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 68:322-326 pp.
- Lv, X., Ma, H., Sun, M., Lin, Y., Bai, F., Li, J. and Zhang, B.**, 2018, A novel bacteriocin DY4-2 produced by *Lactobacillus plantarum* from cutlassfish and its application as bio-preservative for the control of *Pseudomonas fluorescens* in fresh turbot (*Scophthalmus maximus*) fillets, *Food Control*, 89:22-31 pp.
- Lynch, K.M., Zannini, E., Coffey, A. and Arendt, E.K.**, 2018, Lactic acid bacteria exopolysaccharides in foods and beverages: Isolation, properties, characterization, and health benefits, *Annual Review of Food Science and Technology*, 9:155-176 pp.
- Lytou, A., Panagou, E.Z., Nychas, G.J.E.**, 2016, Development of a predictive model for the growth kinetics of aerobic microbial population on pomegranate marinated chicken breast fillets under isothermal and dynamic temperature conditions, *Food Microbiology*, 55:25-31 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lytou, A.E., Panagou, E.Z. and Nychas, G.J.E.,** 2017, Effect of different marinating conditions on the evolution of spoilage microbiota and metabolomic profile of chicken breast fillets, *Food Microbiology*, 66:141-149 pp.
- Ma, J., Yu, W., Hou, J., Han, X., Shao, H. and Liu, Y.,** 2020, Characterization and production optimization of a broad-spectrum bacteriocin produced by *Lactobacillus casei* KLDS 1.0338 and its application in soybean milk biopreservation, *International Journal of Food Properties*, 23(1):677-692 pp.
- Machado-Moreira, B., Richards, K., Brennan, F., Abram, F. and Burgess, C.M.,** 2019, Microbial contamination of fresh produce: what, where, and how, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6):1727-1750 pp.
- Mahapatra, S. and Banerjee, D.,** 2013, Fungal exopolysaccharide: production, composition and applications, *Microbiology Insights*, 6, MBI-S10957.
- Mahdi, L., Al Mathkhury, H.J.F., Sana'a, A.K., Rasool, K.H., Zwain, L., Salman, I.M.A., Mahdi, N.Z., Kaabi, S.A.G. and Mahmood, N.N.,** 2017, Antibacterial activity of *Lactobacillus buchneri* bacteriocin against *Vibrio parahaemolyticus*, *Current Applied Science and Technology*, 17(1):81-86 pp.
- Mahdy, E.N.D., Al-Zahrani, S.H.M. and Al-Mahmoudi, Z.A.H.M.,** 2020, Partial purification, characterization and antibacterial activity of bacteriocin from *Leuconostoc mesenteroides*, *International Journal of Life Science and Pharma Research*, 10(3):6-13 pp.
- Mahmood, T., Masud, T., Ali, S., Abbasi, K.S. and Liaquat, M.,** 2015, Optimization and partial characterization of bacteriocin produced by *Lactobacillus bulgaricus* TLBFT06 isolated from Dahi, *Pakistan Journal Pharmaceutical Science*, 28(2):549-555 pp.
- Maksimov, M.O., Pan, S.J. and Link, A.J.,** 2012, Lasso peptides: structure, function, biosynthesis, and engineering, *Natural Product Reports*, 29(9):996-1006 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Maky, M.A., Ishibashi, N., Zendo, T., Perez, R.H., Doud, J.R., Karmi, M. and Sonomoto, K.,** 2015, Enterocin F4-9, a novel O-linked glycosylated bacteriocin, *Applied and Environmental Microbiology*, 81(14):4819-4826 pp.
- Małaczewska, J. and Kaczorek-Łukowska, E.,** 2021, Nisin-A lantibiotic with immunomodulatory properties: A review, *Peptides*, 137:170479.
- Malheiros, P.S., Sant'Anna, V., Todorov, S.D. and Franco, B.D.,** 2015, Optimization of growth and bacteriocin production by *Lactobacillus sakei* subsp. *sakei*2a, *Brazilian Journal of Microbiology*, 46:825-834 pp.
- Manea, L., Buruleanu, L., Rustad, T., Manea, I. and Barascu, E.,** 2017, Overview on the microbiological quality of some meat products with impact on the food safety and health of people, In 2017 E-Health and Bioengineering Conference (EHB), 105-108 pp.
- Martinez, R.C.R., Alvarenga, V.O., Thomazini, M., Fávoro-Trindade, C.S. and de Souza Sant'Ana, A.,** 2016, Assessment of the inhibitory effect of free and encapsulated commercial nisin (Nisaplin®), tested alone and in combination, on *Listeria monocytogenes* and *Bacillus cereus* in refrigerated milk, *LWT-Food Science and Technology*, 68:67-75 pp.
- Martin-Visscher, L.A., van Belkum, M.J., Garneau-Tsodikova, S., Whittall, R.M., Zheng, J., McMullen, L.M. and Vederas, J.C.,** 2008, Isolation and characterization of carnocyclin A, a novel circular bacteriocin produced by *Carnobacterium maltaromaticum* UAL307, *Applied and Environmental Microbiology*, 74(15):4756-4763 pp.
- Matak, K.E., Tahergorabi, R. and Jaczynski, J.,** 2015, A review: Protein isolates recovered by isoelectric solubilization/precipitation processing from muscle food by-products as a component of nutraceutical foods, *Food Research International*, 77:697-703 pp.
- Mathur, H., C Rea, M., D Cotter, P., Hill, C. and Paul Ross, R.,** 2015, The sactibiotic subclass of bacteriocins: an update, *Current Protein and Peptide Science*, 16(6):549-558 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mathur, H., Fallico, V., O'Connor, P.M., Rea, M.C., Cotter, P.D., Hill, C. and Ross, R.P.**, 2017, Insights into the mode of action of the bacteriocin thuricin CD, *Frontiers in Microbiology*, 8:696 pp.
- Mattick, A.T.R. and Hirsch, A.**, 1947, Further observations on an inhibitory substance (nisin) from lactic streptococci, *Lancet*, 5:5-8 pp.
- Meira, S.M.M., Helfer, V.E., Velho, R.V., Lopes, F.C. and Brandelli, A.**, 2012, Probiotic potential of *Lactobacillus* spp. isolated from Brazilian regional ovine cheese, *Journal of Dairy Research*, 79(1):119-127 pp.
- Meng, F., Zhu, X., Zhao, H., Nie, T., Lu, F., Lu, Z. and Lu, Y.**, 2021, A class III bacteriocin with broad-spectrum antibacterial activity from *Lactobacillus acidophilus* NX2-6 and its preservation in milk and cheese, *Food Control*, 121:107597.
- Mercado, V. and Olmos, J.**, 2022, Bacteriocin production by *Bacillus* species: Isolation, characterization, and application, *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 14(6):1151-1169 pp.
- Mıdık, F., Tokaht, M., Elmacı, S.B. and Özçelik, F.**, 2020, Influence of different culture conditions on exopolysaccharide production by indigenous lactic acid bacteria isolated from pickles, *Archives of Microbiology*, 202(4):875-885 pp.
- Mileti, E., Matteoli, G., Iliev, I.D. and Rescigno, M.**, 2009, Comparison of the immunomodulatory properties of three probiotic strains of *Lactobacilli* using complex culture systems: prediction for *in vivo* efficacy, *PloS one*, 4(9):e7056.
- Milioni, C., Martínez, B., Degl'Innocenti, S., Turchi, B., Fratini, F., Cerri, D. and Fischetti, R.**, 2015, A novel bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* LpU4 as a valuable candidate for biopreservation in artisanal raw milk cheese, *Dairy Science & Technology*, 954:479-494 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mills, S., Serrano, L.M., Griffin, C., O'Connor, M.P., Schaad, G., Bruining, C., Hill, C., Ross, R.P. and Meijer, W.C.,** 2011, Inhibitory activity of *Lactobacillus plantarum* LMG p-26358 against *Listeria innocua* when used as an adjunct starter in the manufacture of cheese, *Microbial Cell Factories*, 10(1):7 pp.
- Molloy, E.M., Cotter, P.D., Hill, C., Mitchell, D.A. and Ross, R.P.,** 2011, Streptolysin S-like virulence factors: the continuing sagA, *Nature Reviews Microbiology*, 9(9):670-681 pp.
- Monafathia, N.R.M.,** 2018, Optimization of bacteriocin production from *Lactobacillus plantarum* IN05 by using response surface methodology, *Pakistan Journal of Biotechnology*, 15(3):785-791 pp.
- Moradi, M., Molaei, R. and Guimarães, J.T.,** 2021, A review on preparation and chemical analysis of postbiotics from lactic acid bacteria, *Enzyme and Microbial Technology*, 143:109722.
- Moradi, M., Tajik, H., Mardani, K. and Ezati, P.,** 2019, Efficacy of lyophilized cell-free supernatant of *Lactobacillus salivarius* (Ls-BU2) on *Escherichia coli* and shelf life of ground beef, In *Veterinary Research Forum* (Vol. 10, No. 3, p. 193). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.
- Nataraj, B.H., Ali, S.A., Behare, P.V. and Yadav, H.,** 2020, Postbiotics-parabiotics: The new horizons in microbial biotherapy and functional foods, *Microbial Cell Factories*, 19(1):1-22 pp.
- Naz, S.A. and Rasool, S.A.,** 2013, Isolation, production and characterization of bacteriocins produced by strains from indigenous environments, *Pakistan Journal of Botany*, 45:261-267 pp.
- Neera, P.M.M., Ramana, K.V. and Bawa, A.S.,** 2013, Statistical optimization of bacteriocin production by *Pediococcus acidilactici* in a simple food-grade medium, *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(2):179-187 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nes, I.F., Kjos, M. and Diep, D.B.**, 2011, Antimicrobial components of lactic acid bacteria. Lactic acid bacteria-microbiological and functional aspects.
- Netramai, S., Kijchavengkul, T., Sakulchuthathip, V. and Rubino, M.**, 2016, Antimicrobial efficacy of gaseous chlorine dioxide against *Salmonella enterica* Typhimurium on grape tomato (*Lycopersicon esculentum*), *International Journal of Food Science & Technology*, 51(10):2225-2232 pp.
- Niamah, A.K.**, 2018, Structure, mode of action and application of pediocin natural antimicrobial food preservative: A review, *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 31(1):59-69 pp.
- Nisa, M., Dar, R.A., Fomda, B.A. and Nazir, R.**, 2023, Combating food spoilage and pathogenic microbes via bacteriocins: A natural and eco-friendly substitute to antibiotics, *Food Control*, 109710.
- Northcutt, J., Smith, D., Ingram, K.D., Hinton J.A. and Musgrove, M.**, 2007, Recovery of bacteria from broiler carcasses after spray washing with acidified electrolyzed water or sodium hypochlorite solutions, *Poultry Science*, 86(10):2239-2244 pp.
- O'connor, E. and Shand, R.F.**, 2002, Halocins and sulfolobocins: the emerging story of archaeal protein and peptide antibiotics, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 28(1):23-31 pp.
- Ojha, K.S., Kerry, J.P., Duffy, G., Beresford, T. and Tiwari, B.K.**, 2015, Technological advances for enhancing quality and safety of fermented meat products, *Trends in Food Science & Technology*, 44(1):105-116 pp.
- Oladunjoye, A.O., Singh, S. and Ijabadeniyi, O.A.**, 2017, Trisodium phosphate enhanced phage lysis of *Listeria monocytogenes* growth on fresh-cut produce, *LWT-Food Science and Technology*, 86:312-317 pp.
- Olaoye, O.A. and Onilude, A.A.**, 2011, Quantitative estimation of antimicrobials produced by lactic acid bacteria isolated from Nigerian beef, *International Food Research Journal*, 18(3):1104-1110 pp.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Olawoye, B.**, 2016, A comprehensive handout on central composite design (Ccd). NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods.
- Oliveira, M., Abadias, M., Colás-Medà, P., Usall, J. and Viñas, I.**, 2015, Biopreservative methods to control the growth of foodborne pathogens on fresh-cut lettuce, *International Journal of Food Microbiology*, 214:4-11 pp.
- Onwuakor C.E., Ogbulie J.N., Braide Wesley, O.T.E., Nwokafor Chibuzo, V. and Uchendu, C.E.**, 2021, Optimization of bacteriocin production by *Lactobacillus fermentum* strain COE20 from fermenting *Pentaclethra macrophylla* benth using response surface methodology, *American Journal of Food Science and Technology*, 9(2):30-37 pp.
- Onwuakor, C.E., Ogbulie, J.N., Braide, W., Ogbulie, T.E., Nwokafor, C.V. and Uchendu, C.E.**, 2020, Optimization of culture conditions for enhanced bacteriocin production by *Lactococcus lactis* MT186647 using response surface methodology, *American Journal of Microbiological Research*, 8(4):110-116 pp.
- Page, J.K., Wulf, D.M. and Schwotzer, T.R.**, 2001, A survey of beef muscle color and pH, *Journal of Animal Science*, 79(3):678-687 pp.
- Parlindungan, E., Dekiwadia, C. and Jones, O.A.**, 2021, Factors that influence growth and bacteriocin production in *Lactiplantibacillus plantarum* B21, *Process Biochemistry*, 107:18-26 pp.
- Patel, A. and Shah, N.**, 2014, Current scenario of antimicrobial compounds produced by food grade bacteria in relation to enhance food safety and quality, *Journal of Innovative Biology*, 1(4):189-194 pp.
- Pattnaik, P., Grover, S. and Batish, V.K.**, 2005, Effect of environmental factors on production of lichenin, a chromosomally encoded bacteriocin-like compound produced by *Bacillus licheniformis* 26L-10/3RA, *Microbiological Research*, 160(2):213-218 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pei, J., Jin, W., Abd El-Aty, A.M., Baranenko, D.A., Gou, X., Zhang, H., Geng, J., Jiang, L., Chen, D. and Yue, T.,** 2020, Isolation, purification, and structural identification of a new bacteriocin made by *Lactobacillus plantarum* found in conventional kombucha, *Food Control*, 110:106923.
- Peng, Z., Xiong, T., Huang, T., Xu, X., Fan, P., Qiao, B. and Xie, M.,** 2022, Factors affecting production and effectiveness, performance improvement and mechanisms of action of bacteriocins as food preservative, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-14 pp.
- Perez, R.H., Zendo, T. and Sonomoto, K.,** 2014, Novel bacteriocins from lactic acid bacteria (LAB): various structures and applications, *Microbial Cell Factories*, 13(1):1-13 pp.
- Pikuta, E.V.,** 2014, The family Carnobacteriaceae, Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 107-108 pp.
- Pikuta, E.V. and Hoover, R.B.,** 2014, The genus *Carnobacterium*, Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 109-123 pp.
- Pingitore, E.V., Pessione, A., Fontana, C., Mazzoli, R. and Pessione, E.,** 2016, Comparative proteomic analyses for elucidating metabolic changes during EPS production under different fermentation temperatures by *Lactobacillus plantarum* Q823, *International Journal of Food Microbiology*, 238:96-102 pp.
- Pinto, M.S., de Carvalho, A.F., dos Santos Pires, A.C., Souza, A.A.C., da Silva, P. H.F., Sobral, D., de Paula, J.C.J. and de Lima Santos, A.,** 2011, The effects of nisin on *Staphylococcus aureus* count and the physicochemical properties of Traditional Minas Serro cheese, *International Dairy Journal*, 21(2):90-96 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Poimenidou, S.V., Chrysadaku, M., Tzakoniati, A., Bikouli, V.C., Nychas, G.J. and Skandamis, P.N.**, 2016, Variability of *Listeria monocytogenes* strains in biofilm formation on stainless steel and polystyrene materials and resistance to peracetic acid and quaternary ammonium compounds, *International Journal of Food Microbiology*, 237:164-171 pp.
- Pongtharangkul, T. and Demirci, A.**, 2006, Evaluation of culture medium for nisin production in a repeated-batch biofilm reactor, *Biotechnology Progress*, 22(1):217-224 pp.
- Pot, B., Felis, G.E., Bruyne, K.D., Tsakalidou, E., Papadimitriou, K., Leisner, J. and Vandamme, P.**, 2014, The genus *Lactobacillus*, Lactic acid bacteria: biodiversity and taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 249-353 pp.
- Powell, J.E., Witthuhn, R.C., Todorov, S.D. and Dicks, L.M.T.**, 2007, Characterization of bacteriocin ST8KF produced by a kefir isolate *Lactobacillus plantarum* ST8KF, *International Dairy Journal*, 17(3):190-198 pp.
- Praeger, U., Herppich, W.B. and Hassenberg, K.**, 2018, Aqueous chlorine dioxide treatment of horticultural produce: Effects on microbial safety and produce quality—A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(2):318-333 pp.
- Qiao, X., Du, R., Wang, Y., Han, Y. and Zhou, Z.**, 2020, Isolation, characterization and fermentation optimization of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium*, *Waste and Biomass Valorization*, 11:3173-3181 pp.
- Qiao, Z., Chen, J., Zhou, Q., Wang, X., Shan, Y., Yi, Y., Liu, B., Zhou, Y. and Lü, X.**, 2021, Purification, characterization, and mode of action of a novel bacteriocin BM173 from *Lactobacillus crustorum* MN047 and its effect on biofilm formation of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, *Journal of Dairy Science*, 104(2):1474-1483 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rajaram, G., Manivasagan, P., Thilagavathi, B. and Saravanakumar, A.,** 2010, Purification and characterization of a bacteriocin produced by *Lactobacillus lactis* isolated from marine environment, *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2(2):138-144 pp.
- Rajoka, M.S.R., Zhao, H., Mehwish, H.M., Li, N., Lu, Y., Lian, Z., Shao, D., Jin, M., Li, Q., Zhao, L. and Shi, J.,** 2019, Anti-tumor potential of cell free culture supernatant of *Lactobacillus rhamnosus* strains isolated from human breast milk, *Food Research International*, 123:286-297 pp.
- Ramos, B., Brandão, T.R., Teixeira, P. and Silva, C.L.,** 2020, Biopreservation approaches to reduce *Listeria monocytogenes* in fresh vegetables, *Food Microbiology*, 85:103282.
- Rasheed, H.A., Tuoheti, T., Zhang, Y., Azi, F., Tekliye, M. and Dong, M.,** 2020, Purification and partial characterization of a novel bacteriocin produced by bacteriocinogenic *Lactobacillus fermentum* BZ532 isolated from Chinese fermented cereal beverage (Bozai), *LWT-Food Science and Technology*, 124:109113.
- Raybaudi-Massilia, R.M., Mosqueda-Melgar, J., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O.,** 2009, Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(3):157-180 pp.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C.,** 1999, Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free Radical Biology and Medicine*, 26:1231-1237 pp.
- Rea, M.C., Sit, C.S., Clayton, E., O'Connor, P.M., Whittal, R.M., Zheng, J., Vederas, J.C., Ross R.P. and Hill, C.,** 2010, Thuricin CD, a posttranslationally modified bacteriocin with a narrow spectrum of activity against *Clostridium difficile*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(20):9352-9357 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Reis, J.A., Paula, A.T., Casarotti, S.N. and Penna, A.L.B.,** 2012, Lactic acid bacteria antimicrobial compounds: characteristics and applications, *Food Engineering Reviews*, 4:124-140 pp.
- Ren, D., Zhu, J., Gong, S., Liu, H. and Yu, H.,** 2018, Antimicrobial characteristics of lactic acid bacteria isolated from homemade fermented foods, *BioMed Research International*, 5416725.
- Rhoades, J., Gialagkolidou, K., Gogou, M., Mavridou, O., Blatsiotis, N., Ritzoulis, C. and Likotrafiti, E.,** 2013, Oregano essential oil as an antimicrobial additive to detergent for hand washing and food contact surface cleaning, *Journal of Applied Microbiology*, 115(4):987-994 pp.
- Ribeiro, S.C., O'Connor, P.M., Ross, R.P., Stanton, C. and Silva, C.C.,** 2016, An anti-listerial *Lactococcus lactis* strain isolated from Azorean Pico cheese produces lacticin 481, *International Dairy Journal*, 63:18-28 pp.
- Ribeiro, S.C., Ross, R.P., Stanton, C. and Silva, C.C.,** 2017, Characterization and application of antilisterial enterocins on model fresh cheese, *Journal of Food Protection*, 80(8):1303-1316 pp.
- Riley, M.A. and Wertz, J.E.,** 2002, Bacteriocins: evolution, ecology, and application, *Annual Reviews in Microbiology*, 56(1):117-137 pp.
- Rincon-Delgadillo, M.I., Lopez-Hernandez, A., Wijaya, I. and Rankin, S.A.,** 2012, Diacetyl levels and volatile profiles of commercial starter distillates and selected dairy foods, *Journal of Dairy Science*, 95(3):1128-1139 pp.
- Rogers, L.,** 1928, The inhibiting effect of *Streptococcus lactis* on *Lactobacillus bulgaricus*, *Journal of Bacteriology*, 16(5):321-325 pp.
- Rogne, P., Fimland, G., Nissen-Meyer, J. and Kristiansen, P.E.,** 2008, Three-dimensional structure of the two peptides that constitute the two-peptide bacteriocin lactococcin G. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics*, 1784(3):543-554 pp.
- Rosenbach, F.J.,** 1884, Microorganismen bei den Wund-Infektions-Krankheiten des Menschen. Wiesbaden: J.F. Bergmann, 1-122 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rosenberg, I.M.**, 2005, Gel Filtration Chromatography. Protein Analysis and Purification (Benchtop Techniques), Birkhäuser, 326-338 pp.
- Sabo, S.S., Converti, A., Ichiwaki, S. and Oliveira, R.P.**, 2019, Bacteriocin production by *Lactobacillus plantarum* ST16Pa in supplemented whey powder formulations, *Journal of Dairy Science*, 102(1):87-99 pp.
- Sahoo, T.K., Jena, P.K., Patel, A.K. and Seshadri, S.**, 2015, Purification and molecular characterization of the novel highly potent bacteriocin TSU4 produced by *Lactobacillus animalis* TSU4, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 177:90-104 pp.
- Salman, M., Shahid, M., Sahar, T., Naheed, S., Arif, M., Iqbal, M. and Nazir, A.**, 2020, Development of regression model for bacteriocin production from local isolate of *Lactobacillus acidophilus* MS1 using Box-Behnken design, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24:101542.
- Salomskiene, J., Jonkuvienė, D., Macionienė, I., Abraitienė, A., Zeime, J., Repeckienė, J. and Vaiciulytė-Funk, L.**, 2019, Differences in the occurrence and efficiency of antimicrobial compounds produced by lactic acid bacteria, *European Food Research and Technology*, 245(3):569-579 pp.
- Saraiva, M.A.F., Nes, I.F., Baracat-Pereira, M.C., de Queiroz, M.V., Mantovani, H.A.C. and de Moraes, C.E.A.**, 2014, Purification and characterization of a bacteriocin produced by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* PD6, *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 6:79-87 pp.
- Sawa, N., Zendo, T., Kiyofuji, J., Fujita, K., Himeno, K., Nakayama, J. and Sonomoto, K.**, 2009, Identification and characterization of lactocyclacin Q, a novel cyclic bacteriocin produced by *Lactococcus* sp. strain QU 12, *Applied and Environmental Microbiology*, 75(6):1552-1558 pp.
- Schleifer, K.H. and Kilpper-Bälz, R.**, 1984, Transfer of *Streptococcus faecalis* and *Streptococcus faecium* to the genus *Enterococcus* nom. rev. as *Enterococcus faecalis* comb. nov. and *Enterococcus faecium* comb. Nov, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 34(1):31-34 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Schleifer, K.H., Kraus, J., Dvorak, C., Kilpper-Bälz, R., Collins, M.D. and Fischer, W.,** 1985, Transfer of *Streptococcus lactis* and related streptococci to the genus *Lactococcus* gen. nov, *Systematical Applied Microbiology*, 6:183–195 pp.
- Schnürer, J. and Magnusson, J.,** 2005, Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives, *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3):70-78 pp.
- Sengun, I.Y., Goztepe, E. and Ozturk, B.,** 2019, Efficiency of marination liquids prepared with koruk (*Vitis vinifera* L.) on safety and some quality attributes of poultry meat, *LWT-Food Science and Technology*, 113:108317.
- Sengun, I.Y., Kilic, G. and Ozturk, B.,** 2020, The effects of koruk products used as marination liquids against foodborne pathogens (*Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Typhimurium) inoculated on poultry meat, *LWT-Food Science and Technology*, 133:110148.
- Sengun, I.Y., Nielsen, D.S., Karapinar, M. and Jakobsen, M.,** 2009, Identification of lactic acid bacteria isolated from Tarhana, a traditional Turkish fermented food, *International Journal of Food Microbiology*, 135(2):105-111 pp.
- Sengun, I.Y. and Kendirci, P.,** 2018, Potential of ozonated water at different temperatures to improve safety and shelf-life of fresh cut lettuce, *Ozone: Science & Engineering*, 40(3):216-227 pp.
- Seo, H.J. and Kang, S.S.,** 2020, Inhibitory effect of bacteriocin produced by *Pediococcus acidilactici* on the biofilm formation of *Salmonella* Typhimurium, *Food Control*, 117:107361.
- Shabbir, M.A., Ahmed, H., Maan, A.A., Rehman, A., Afraz, M.T., Iqbal, M.W., Khan, I.M., Amir, R.M., Shraf, W.A., Khan, M.R. and Aadil, R.M.,** 2020, Effect of non-thermal processing techniques on pathogenic and spoilage microorganisms of milk and milk products, *Food Science and Technology*, 41:279-294 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shao, L.I., Wu, Z., Zhang, H., Chen, W., Ai, L. and Guo, B.,** 2014, Partial characterization and immunostimulatory activity of exopolysaccharides from *Lactobacillus rhamnosus* KF5, *Carbohydrate Polymers*, 107:51-56 pp.
- Sheehan, D.,** 2008, Ion-Exchange Chromatography. Molecular Biomethods Handbook, 711-718 pp.
- Singh, R.P., Chidambara Murthy, K.N. and Jayaprakasha, G.K.,** 2002, Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using *in vitro* models, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1):81-86 pp.
- Silva, S.P., Ribeiro, S.C., Teixeira, J.A. and Silva, C.C.,** 2022, Application of an alginate-based edible coating with bacteriocin-producing *Lactococcus* strains in fresh cheese preservation, *LWT-Food Science and Technology*, 153:112486.
- Singh, P. and Gandhi, N.,** 2015, Milk preservatives and adulterants: processing, regulatory and safety issues, *Food Reviews International*, 31(3):236-261 pp.
- Singh, R.P., Shukla, M.K., Mishra, A., Kumari, P., Reddy, C.R.K. and Jha, B.,** 2011, Isolation and characterization of exopolysaccharides from seaweed associated bacteria *Bacillus licheniformis*, *Carbohydrate Polymers*, 84(3):1019-1026 pp.
- Singh, V.P.,** 2018, Recent approaches in food bio-preservation-a review, *Open Veterinary Journal*, 8(1):104-111 pp.
- Sit, C.S., Lohans, C.T., van Belkum, M.J., Campbell, C.D., Miskolzie, M. and Vederas, J.C.,** 2012, Substitution of a Conserved Disulfide in the Type IIa Bacteriocin, Leucocin A, with L-Leucine and L-Serine Residues: Effects on Activity and Three-Dimensional Structure, *ChemBioChem*, 13(1):35-38 pp.



## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Smaoui, S., Elleuch, L., Ben Salah, R., Najah, S., Chakchouk-Mtibaa, A., Sellem, I., Besbes, S. and Mellouli, L.,** 2014, Efficient role of BacTN635 on the safety properties, sensory attributes, and texture profile of raw minced meat beef and chicken breast, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(2):218-225 pp.
- Smaoui, S., Hlima, H.B. and Ghorbel, R.,** 2012, The effect of sodium lactate and lactic acid combinations on the microbial, sensory, and chemical attributes of marinated chicken thigh, *Poultry Science*, 91(6):1473-1481 pp.
- Smith, J., Corkran, S., McKee, S.R., Bilgili, S.F. and Singh, M.,** 2015, Evaluation of post-chill applications of antimicrobials against *Campylobacter jejuni* on poultry carcasses, *Journal of Applied Poultry Research*, 24(4):451-456 pp.
- Sonsa-Ard, N., Rodtong, S., Chikindas, M.L. and Yongsawatdigul, J.,** 2015, Characterization of bacteriocin produced by *Enterococcus faecium* CN-25 isolated from traditionally Thai fermented fish roe, *Food Control*, 54:308-316 pp.
- Sperber, W.H.,** 2009, Microbiological spoilage of acidified specialty products. Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages, W.H. Sperber and M.P. Doyle (Ed.) Springer, 285-299 pp.
- SPSS,** 2011, Statistical Package, SPSS for Windows, Ver. 20.0, Chicago.
- Stoyanova, L.G., Ustyugova, E.A. and Netrusov, A.I.,** 2012, Antibacterial metabolites of lactic acid bacteria: their diversity and properties, *Applied Biochemistry and Microbiology*, 48:229-243 pp.
- Suganthi, V. and Mohanasrinivasan, V.,** 2015, Optimization studies for enhanced bacteriocin production by *Pediococcus pentosaceus* KC692718 using response surface methodology, *Journal of Food Science and Technology*, 52:3773-3783 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Švec, P. and Franz, C.M.**, 2014a, The family Enterococcaceae, Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 171-173 pp.
- Švec, P. and Franz, C.M.**, 2014b, The genus *Enterococcus*, Lactic acid bacteria: biodiversity and taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 175-211 pp.
- Şengün, İ.Y.**, 2006, Ege bölgesinin bazı yörelerinde yapılan geleneksel tarhana ve bileşenlerinin bakteri florasının tanımlanması, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 212 s.
- Tan, J.N., Hwang, C.A., Huang, L., Wu, V.C. and Hsiao, H.I.**, 2020, In situ generation of chlorine dioxide for decontamination of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and pathogenic *Escherichia coli* on cantaloupes, mung beans, and alfalfa seeds, *Journal of Food Protection*, 83(2):287-294 pp.
- Tenea, G.N. and Barrigas, A.**, 2018, The efficacy of bacteriocin-containing cell-free supernatant from *Lactobacillus plantarum* Cys5-4 to control pathogenic bacteria growth in artisanal beverages, *International Food Research Journal*, 25(5):2031-2037 pp.
- Tenea, G.N. and Lara, M.I.**, 2019, Antimicrobial compounds produced by *Weissella confusa* Cys2-2 strain inhibit Gram-negative bacteria growth, *CyTA-Journal of Food*, 17(1):105-111 pp.
- Todorov, S.D., Ho, P., Vaz-Velho, M. and Dicks, L.M.T.**, 2010, Characterization of bacteriocins produced by two strains of *Lactobacillus plantarum* isolated from Beloura and Chouriço, traditional pork products from Portugal, *Meat Science*, 84(3):334-343 pp.
- Toit, M.D., Huch, M., Cho, G.S. and Franz, C.M.**, 2014a, The family Streptococcaceae, Lactic acid bacteria: biodiversity and taxonomy, W.H. Holzapfel and B.J.B. Wood (Ed.) Wiley Online Library, 445-446 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Toit, M.D., Huch, M., Cho, G.S. and Franz, C.M.,** 2014b, The genus *Streptococcus*, Lactic acid bacteria: biodiversity and taxonomy, 457-505 pp.
- Torabi, F., Jooyandeh, H. and Noshad, M.,** 2021, Evaluation of physicochemical, rheological, microstructural, and microbial characteristics of synbiotic ultrafiltrated white cheese treated with transglutaminase, *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6):e15572.
- Tosukhowong, A., Zendo, T., Visessanguan, W., Roytrakul, S., Pumpuang, L., Jaresitthikunchai, J. and Sonomoto, K.,** 2012, Garvieacin Q, a novel class II bacteriocin from *Lactococcus garvieae* BCC 43578, *Applied and Environmental Microbiology*, 78(5):1619-1623 pp.
- Trinetta, V., Rollini, M. and Manzoni, M.,** 2008, Development of a low cost culture medium for sakacin A production by *L. sakei*, *Process Biochemistry*, 43(11):1275-1280 pp.
- Trivedi, D., Jena, P.K., Patel, J.K. and Seshadri, S.,** 2013, Partial purification and characterization of a bacteriocin DT24 produced by probiotic vaginal *Lactobacillus brevis* DT24 and determination of its anti-uropathogenic *Escherichia coli* potential, *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 5:142-151 pp.
- Tsilingiri, K., Barbosa, T., Penna, G., Caprioli, F., Sonzogni, A., Viale, G. and Rescigno, M.,** 2012, Probiotic and postbiotic activity in health and disease: comparison on a novel polarised ex-vivo organ culture model, *Gut*, 61(7):1007-1015 pp.
- Tüllük, Ş.,** 2021, Ekşi hamurlardan izole edilen *Lactobacillus brevis* ve *Lactobacillus plantarum*'un antimikrobiyal etkilerinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 76 s.
- Türk Gıda Kodeksi,** 2011. "Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği". <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-6.htm> (Erişim tarihi: 25.08.2021)

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Türk Gıda Kodeksi**, 2013. “Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği”.  
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130630-4.htm> (Erişim tarihi: 20 Ocak 2021)
- Valerio, F., Bavaro, A.R., Di Biase, M., Lonigro, S.L., Logrieco, A.F. and Lavermicocca, P.**, 2020, Effect of amaranth and quinoa flours on exopolysaccharide production and protein profile of liquid sourdough fermented by *Weissella cibaria* and *Lactobacillus plantarum*, *Frontiers in Microbiology*, 11:967 pp.
- Valledor, S.J.D., Dioso, C.M., Bucheli, J.E.V., Park, Y.J., Suh, D.H., Jung, E.S., Kim, B., Holzapfel, W.H. and Todorov, S.D.**, 2022, Characterization and safety evaluation of two beneficial, enterocin-producing *Enterococcus faecium* strains isolated from kimchi, a Korean fermented cabbage, *Food Microbiology*, 102:103886.
- Venugopal, H., Edwards, P.J., Schwalbe, M., Claridge, J.K., Libich, D.S., Stepper, J., Loo, T., Patchett, M.L., Norris, G.E. and Pascal, S.M.**, 2011, Structural, dynamic, and chemical characterization of a novel S-glycosylated bacteriocin, *Biochemistry*, 50(14):2748-2755 pp.
- Verma, D.K., Thakur, M., Singh, S., Tripathy, S., Gupta, A.K., Baranwal, D., Patel, A.R., Shah, N., Utama, G.L., Niamah, A.K., Chavez-Gonzalez, M.L., Gallegos, C.F., Aguilar, C.N. and Srivastav, P.P.**, 2022, Bacteriocins as antimicrobial and preservative agents in food: Biosynthesis, separation and application, *Food Bioscience*, 46:101594.
- Verma, S.K., Sood, S.K., Saini, R.K. and Saini, N.**, 2017, Pediocin PA-1 containing fermented cheese whey reduces total viable count of raw buffalo (*Bubalis bubalus*) milk, *LWT-Food Science and Technology*, 83:193-200 pp.
- Vidhyasagar, V. and Jeevaratnam, K.**, 2013, Bacteriocin activity against various pathogens produced by *Pediococcus pentosaceus* VJ13 isolated from Idly batter, *Biomedical Chromatography*, 27(11):1497-1502 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Vieco-Saiz, N., Belguesmia, Y., Raspoet, R., Auclair, E., Gancel, F., Kempf, I. and Drider, D.,** 2019, Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production, *Frontiers in Microbiology*, 10:57 pp.
- Vijayakumar, P.P. and Muriana, P.M.,** 2015, A microplate growth inhibition assay for screening bacteriocins against *Listeria monocytogenes* to differentiate their mode-of-action, *Biomolecules*, 5(2):1178-1194 pp.
- Wagner, N., Tran, Q.H., Richter, H., Selzer, P.M. and Unden, G.,** 2005, Pyruvate fermentation by *Oenococcus oeni* and *Leuconostoc mesenteroides* and role of pyruvate dehydrogenase in anaerobic fermentation, *Applied Environmental Microbiology*, 71:4966–4971 pp.
- Wang, G., Song, Q., Huang, S., Wang, Y., Cai, S., Yu, H., Ding, X., Zheng, X. and Zhang, J.,** 2020, Effect of antimicrobial peptide microcin J25 on growth performance, immune regulation, and intestinal microbiota in broiler chickens challenged with *Escherichia coli* and *Salmonella*, *Animals*, 10(2):345 pp.
- Wang, J., Su, Y., Gu, L., Chang, C., Xu, L., Yang, Y. and Li, J.,** 2021, The inhibition of cell-free supernatants of several lactic acid bacteria on the selected psychrophilic spoilage bacteria in liquid whole egg, *Food Control*, 123:107753.
- Wannun, P., Piwat, S. and Teanpaisan, R.,** 2016, Purification, characterization, and optimum conditions of fermencin SD11, a bacteriocin produced by human orally *Lactobacillus fermentum* SD11, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 179:572-582 pp.
- Wayah, S.B. and Philip, K.,** 2018, Characterization, yield optimization, scale up and biopreservative potential of fermencin SA715, a novel bacteriocin from *Lactobacillus fermentum* GA715 of goat milk origin, *Microbial Cell Factories*, 17(1):1-18 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wegh, C.A., Geerlings, S.Y., Knol, J., Roeselers, G. and Belzer, C.,** 2019, Postbiotics and their potential applications in early life nutrition and beyond, *International Journal of Molecular Sciences*, 20(19):4673 pp.
- Welk, A., Patjek, S., Gärtner, M., Baguhl, R., Schwahn, C. and Below, H.,** 2021, Antibacterial and antiplaque efficacy of a lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen-peroxide-system-containing lozenge, *BMC Microbiology*, 21:1-12 pp.
- WHO,** 2022. "Food Safety". <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety> (Accessed 9 July 2023)
- Williams, R.E.O., Hirsch, A. and Cowan, S.T.,** 1953, *Aerococcus*, a new bacterial genus, *Microbiology*, 8(3):475-480 pp.
- Wingfield, P.T.,** 2016, Protein precipitation using ammonium sulfate, *Current Protocols in Protein Science*, 84(1).
- Winkelströter, L.K., Tulini, F.L. and De Martinis, E.C.,** 2015, Identification of the bacteriocin produced by cheese isolate *Lactobacillus paraplantarum* FT259 and its potential influence on *Listeria monocytogenes* biofilm formation, *LWT-Food Science and Technology*, 64(2):586-592 pp.
- Woo, C., Jung, S., Fugaban, J.I.I., Bucheli, J.E.V., Holzapfel, W.H. and Todorov, S.D.,** 2021, Bacteriocin production by *Leuconostoc citreum* ST110LD isolated from organic farm soil, a promising biopreservative, *Journal of Applied Microbiology*, 131(3):1226-1239 pp.
- Wu, J., Zang, M., Wang, S., Zhao, B., Bai, J., Xu, C., Shi, Y. and Qiao, X.,** 2022, Nisin: From a structural and meat preservation perspective, *Food Microbiology*, 104207.
- Xiang, Y.Z., Wu, G., Zhang, Y.P., Yang, L.Y., Zhang, Y.M., Zhao, Z.S., Deng, X.Y. and Zhang, Q.L.,** 2022, Inhibitory effect of a new bacteriocin RSQ04 purified from *Lactococcus lactis* on *Listeria monocytogenes* and its application on model food systems, *LWT-Food Science and Technology*, 164:113626.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Xu, C., Fu, Y., Liu, F., Liu, Z., Ma, J., Jiang, R. and Hou, J.,** 2021, Purification and antimicrobial mechanism of a novel bacteriocin produced by *Lactobacillus rhamnosus* 1.0320, *LWT-Food Science and Technology*, 137:110338.
- Xu, R., Aruhan, Xiu, L., Sheng, S., Liang, Y., Zhang, H., Liu, Y., Tong, H., Du, R. and Wang, X.,** 2019, Exopolysaccharides from *Lactobacillus buchneri* TCP016 attenuate LPS-and d-GalN-induced liver injury by modulating the gut microbiota, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(42):11627-11637 pp.
- Yang, E.J. and Chang, H.C.,** 2010, Purification of a new antifungal compound produced by *Lactobacillus plantarum* AF1 isolated from kimchi, *International Journal of Food Microbiology*, 139(1-2):56-63 pp.
- Yates, J.R., Ruse, C.I. and Nakorchevsky, A.,** 2009, Proteomics by mass spectrometry: approaches, advances, and applications, *Annual Review of Biomedical Engineering*, 11:49-79 pp.
- Yavuz, O. ve Aksoy, A.,** 2006, Örnek hazırlamada katı faz ekstraksiyonu metodu, *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 20(3):259-269 pp.
- Ye, P., Wang, J., Liu, M., Li, P. and Gu, Q.,** 2021, Purification and characterization of a novel bacteriocin from *Lactobacillus paracasei* ZFM54, *LWT-Food Science and Technology*, 143:111125.
- Yeh, Y., De Moura, F.H., Van Den Broek, K. and De Mello, A.S.,** 2018, Effect of ultraviolet light, organic acids, and bacteriophage on *Salmonella* populations in ground beef, *Meat Science*, 139:44-48 pp.
- Yi, L., Dang, Y., Wu, J., Zhang, L., Liu, X., Liu, B., Zhou Y. ve Lu, X.,** 2016, Purification and characterization of a novel bacteriocin produced by *Lactobacillus crustorum* MN047 isolated from koumiss from Xinjiang, China, *Journal of Dairy Science*, 99(9):7002-7015 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yi, L., Qi, T., Ma, J. and Zeng, K.,** 2020, Genome and metabolites analysis reveal insights into control of foodborne pathogens in fresh-cut fruits by *Lactobacillus pentosus* MS031 isolated from Chinese Sichuan Paocai, *Postharvest Biology and Technology*, 164:111150.
- Yolmeh, M. and Jafari, S.M.,** 2017, Applications of response surface methodology in the food industry processes, *Food and Bioprocess Technology*, 10(3):413-433 pp.
- Yu, H.S., Lee, N.K., Choi, A.J., Choe, J.S., Bae, C.H. and Paik, H.D.,** 2019, Antagonistic and antioxidant effect of probiotic *Weissella cibaria* JW15, *Food Science and Biotechnology*, 28:851-855 pp.
- Yu, Y.J., Chen, Z., Chen, P.T. and Ng, I.S.,** 2018, Production, characterization and antibacterial activity of exopolysaccharide from a newly isolated *Weissella cibaria* under sucrose effect, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 126(6):769-777 pp.
- Zehir Şentürk, D., Dertli, E., Erten, H. and Şimşek, Ö.,** 2020, Structural and technological characterization of ropy exopolysaccharides produced by *Lactobacillus plantarum* strains isolated from Tarhana, *Food Science and Biotechnology*, 29(1):121-129 pp.
- Zendo, T., Eunggruttanagorn, N., Fujioka, S., Tashiro, Y., Nomura, K., Sera, Y., Kobayashi, G., Nakayama, J., Ishizaki, A. and Sonomoto, K.,** 2005, Identification and production of a bacteriocin from *Enterococcus mundtii* QU 2 isolated from soybean, *Journal of Applied Microbiology*, 99(5):1181-1190 pp.
- Zendo, T., Nakayama, J., Fujita, K. and Sonomoto, K.,** 2008, Bacteriocin detection by liquid chromatography/mass spectrometry for rapid identification, *Journal of Applied Microbiology*, 104(2):499-507 pp.
- Zhang, H., Wu, J., Guo, X.,** 2016, Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality, *Food Science and Human Wellness*, 5(1):39-48 pp.



## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Zhang, J., Yang, Y., Yang, H., Bu, Y., Yi, H., Zhang, L., Han, X. and Ai, L.,** 2018, Purification and partial characterization of bacteriocin Lac-B23, a novel bacteriocin production by *Lactobacillus plantarum* J23, isolated from Chinese traditional fermented milk, *Frontiers in Microbiology*, 9:2165.
- Zhang, T., Pan, Y., Li, B., Ou, J., Zhang, J., Chen, Y., Peng, X. and Chen, L.,** 2013, Molecular cloning and antimicrobial activity of enterolysin A and helveticin J of bacteriolysins from metagenome of Chinese traditional fermented foods, *Food Control*, 31(2):499-507 pp.
- Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C.M., Harris, H.M., Mattarelli, P., O'Toole, P.W., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J., Watanabe, K., Wuyts, S., Felis, G.E., Ganzle, M.G. and Lebeer, S.,** 2020, A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of Lactobacillaceae and Leuconostocaceae, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(4):2782-2858 pp.
- Zhu, L., Zeng, J., Wang, C. and Wang, J.,** 2022, Structural basis of pore formation in the mannose phosphotransferase system by pediocin PA-1, *Applied and Environmental Microbiology*, 88(3):e01992-21.
- Zou, J., Jiang, H., Cheng, H., Fang, J. and Huang, G.,** 2018, Strategies for screening, purification and characterization of bacteriocins, *International Journal of Biological Macromolecules*, 117:781-789 pp.

## TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim hayatım boyunca çok değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, desteklerini hiç esirgemeyen, doktor unvanı alma gururunu yaşamamda büyük katkısı olan saygıdeğer tez danışmanım Prof. Dr. İlkin ŞENGÜN'e emeği, özverisi ve sevgisi için sonsuz teşekkür ederim.

Tezin tüm aşamalarını titizlikle takip eden tez izleme komitesi hocalarım Prof. Dr. Duygu KIŞLA ve Doç. Dr. Nükhet Nilüfer DEMİREL ZORBA'ya değerli görüşleri ve katkılarından dolayı çok teşekkür ederim. Doktora savunma sınavımda değerli görüşlerini benimle paylaşan hocalarım Prof. Dr. Figen KOREL ve Prof. Dr. Hüsniye Tansel YALÇIN'a çok teşekkür ederim.

Tez analizlerim süresince desteklerini hiç esirgemeyen değerli arkadaşlarım Dr. Gülден KILIÇ, Yük. Müh. Kıvanç ATLAMA, Yük. Müh. Ayça AKYÜZ ve Yük. Müh. İdil Tekin'e çok teşekkür ederim. Ayrıca, bakteriyosinlerin moleküler büyüklüğünü belirlemek amacıyla destek aldığım, Doç. Dr. Burcu KAPLAN TÜRKÖZ ve Yük. Müh. Bahar BAKAR'a bilgi ve destekleri için çok teşekkür ederim.

Birçok duyguyu bir arada yaşadığım doktora eğitimim boyunca ve hayatımın her anında hep yanımda olan çok değerli arkadaşlarım Büşra Zümrüt ÖCAL, Rabiya Dilara ALTAŞ ve Ramazan İŞLER'e çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca aldığım tüm kararlarımda her zaman yanımda olan, desteklerini hiç esirgemeyen, bana her konuda güvenen çok değerli ailem; babam Adnan ÖZTÜRK, annem Meryem ÖZTÜRK, ablam Şenay DEĞİRMENCİ ve ağabeyim Tuncay ÖZTÜRK'e sonsuz teşekkür ederim. Varlıklarıyla güç bulduğum, ilham kaynaklarım, gizli kahramanlarım Mert DEĞİRMENCİ ve Doruk DEĞİRMENCİ'ye çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının bir kısmı Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından desteklenmiştir (Proje No: FM-GAP-2022-

23797). Desteklerinden dolayı Ege Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Doktora eğitim hayatım süresince, YÖK 100/2000 Doktora Burs Programı (Gıda Üretimi, İşleme ve Teknolojisi) ve TÜBİTAK 2211/A Yurt İçi Genel Doktora Burs Programı tarafından burs almaya hak kazandım. Maddi desteklerinden dolayı Yüksek Öğrenim Kurulu ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na çok teşekkür ederim.

Aralık, 2023

Berna ÖZTÜRK



## ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı: Berna ÖZTÜRK

## EĞİTİM DURUMU

| Derece        | Bölüm/Program                          | Üniversite          | Yıl               |
|---------------|----------------------------------------|---------------------|-------------------|
| Lisans        | Gıda Mühendisliği                      | Ankara Üniversitesi | 2011-2016         |
| Yüksek Lisans | Gıda Mühendisliği/Gıda Mikrobiyolojisi | Ege Üniversitesi    | 2016-2018         |
| Doktora       | Gıda Mühendisliği/Gıda Mikrobiyolojisi | Ege Üniversitesi    | 2018-devam ediyor |

### 1) Yüksek Lisans Tezi

- Koruk suyu ve kurutulmuş koruk posası ile hazırlanan marinasyon sıvılarının ete bulaştırılan *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Listeria monocytogenes* üzerine inaktivasyon etkisi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir, 117 sayfa, Ağustos 2018. Tez Danışmanı: Prof. Dr. İlkin ŞENGÜN

### 2) Eserler Listesi

## MAKALELER

### a) SCI, SCI-Expanded tarafından taranan dergilerde yayınlanmış özgün araştırma makalesi

- Ozturk, B., Sengun, I.Y. 2019. Inactivation effect of marination liquids prepared with koruk juice and dried koruk pomace on *Salmonella* typhimurium, *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* inoculated on meat. *International Journal of Food Microbiology*, 304, 32-38. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.05.013.

- **Sengun, I.Y., Goztepe, E., Ozturk, B. 2019.** Efficiency of marination liquids prepared with koruk (*Vitis vinifera* L.) on safety and some quality attributes of poultry meat. *LWT-Food Science and Technology*, 113, 108317, doi: 10.1016/j.lwt.2019.108317.
  
- **Sengun, I.Y., Kilic, G., Ozturk, B. 2020.** Screening physicochemical, microbiological and bioactive properties of fruit vinegars produced from various raw materials. *Food Science and Biotechnology*, 29(3): 401-408. doi: 10.1007/s10068-019-00678-6.
  
- **Sengun, I.Y., Kilic, G., Ozturk, B. 2020.** The effects of koruk products used as marination liquids against foodborne pathogens (*Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Typhimurium). *LWT-Food Science and Technology*, 133, 110148. doi: 10.1016/j.lwt.2020.110148.
  
- **Sengun, I.Y., Yucel, E., Ozturk, B., Kilic, G. 2021.** Chemical compositions, total phenolic contents, antimicrobial and antioxidant activities of the extract and essential oil of *Thymbra spicata* L. growing wild in Turkey. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 386-393. doi: 10.1007/s11694-020-00639-2.
  
- **Sengun, I.Y., Yildiz-Turp, G., Cicek, S.N., Avci, T. Ozturk, B., Kilic, G. 2021.** Assessment of the effect of marination with organic fruit vinegars on safety and quality of beef. *International Journal of Food Microbiology*, 336, 108904. doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108904.
  
- **Kilic, G., Ozturk, B., Kirmizigul Peker, A., Sengun, I.Y. 2023.** Antimicrobial effect of dried koruk (*Vitis vinifera* L.) pomace against food-borne pathogens inoculated in kofte. *Food Science and Technology International*, doi.org/10.1177/10820132231195142.

**b) SCI, SCI-Expanded dışında, diğer uluslararası alan indekslerince taranan dergilerde yayımlanmış özgün araştırma makalesi**

- Sengun, I.Y., Yucel, E., Ozturk, B., Kilic, G. 2018. Fatty acid composition, total phenolic content, antioxidant capacity and antimicrobial activity of *Nigella sativa* L. (Black cumin) seed oil. *International Journal of Environmental Research and Technology (IJERAT)*, 1(2): 1-5.

- Sengun, I.Y., Yucel, E., Ozturk, B., Kilic, G. 2020. Haşhaş (*Papaver somniferum*) çeşitlerinin tohum yağlarının yağ asidi kompozisyonu, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri, *GIDA*, 45(5) 954-962. doi: 10.15237/gida.GD20061.

- Sengun, I.Y., Yucel, E., Kilic, G., Ozturk, B. 2021. Kabak ve kayısı çekirdeği yağlarının yağ asidi kompozisyonu, biyoaktif özelliklerinin belirlenmesi, *GIDA*, 46(3), 608-620. doi: 10.15237/gida.GD21024.

- Ozturk, B., Sengun, I.Y. 2021. Bioactive, physicochemical and antimicrobial properties of koruk (unripe grape, *Vitis vinifera* L.) products, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(8), 1537-1544. doi: 10.24925/turjaf.v9i8.1537-1544.4450.

- Sengun, I., Yucel, E., Kılıc, G., Ozturk, B. 2021. Screening chemical composition and bioactive properties of *Mentha x piperita* L. essential oil and extract. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(12), 2238-2245. doi: 10.24925/turjaf.v9i12.2238-2245.4541.

**c) SCI, SCI-Expanded dışında, diğer uluslararası alan indekslerince taranan dergilerde yayımlanmış derleme**

- Şengün, İ.Y., Öztürk, B. 2018. Bitkisel kaynaklı bazı doğal antimikrobiyaller, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi C- Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 7(2), 256-276. doi: 10.18036/aubtdc.407806.

- Şengün, İ.Y., Kırmızıgül, A., Kılıç, G., Öztürk, B. 2020. Gıda işletmelerinde COVID-19 salgınına yönelik alınması gereken önlemler ve etkin dezenfeksiyon uygulamaları. *GIDA*, 45(4): 646-664. doi: 10.15237/gida.GD20075.

### **BİLİMSEL TOPLANTILAR (BİLDİRİLER)**

#### **a) Uluslararası bilimsel toplantıda sözlü olarak sunulan ve tam metin / özet olarak yayımlanan bildiri**

- Sengun, I.Y., Kiliç, G., Ozturk, B. 2018. Antimicrobial properties of fruit vinegars produced in Turkey. International Agricultural Science Congress. 9-12 May 2018, 336 p., Van/Turkey. *Özet*
- Sengun, I.Y., Ozturk, B. 2018. Plant based compounds with antimicrobial properties, International Agricultural Science Congress. 9-12 May 2018, 340 p., Van/Turkey. *Özet*
- Sengun, I.Y., Yucel, E., Ozturk, B., Kilic, G. 2018. Fatty acid composition, total phenolic content, antioxidant capacity and antimicrobial activity of *Nigella sativa* L. (black cumin) seed oil. International Plant and Science Technology Congress. 7-10 October 2018, 8 p., Bodrum-Mugla/Turkey. *Özet*
- Sengun, I.Y., Yucel, E., Ozturk, B., Kilic, G. 2019. *Hypericum perforatum* L. as natural antioxidant and antimicrobial agents. 1th International Congress on Sustainable Agriculture and Technology, 1-3 April 2019, 253-263.pp., Gaziantep University, Gaziantep, Turkey. *Tam metin*
- Turp, G., Şengün, İ.Y., Özçetin, B., Durmuş, F., Atalı, A., Gargı, A., Öztürk, B. 2019. Tüketime hazır ön pişirme uygulanmış hindi küplerinin marinasyonunda farklı oranlarda kefir kullanımının ürünün kalite özellikleri üzerine etkileri. 5th International Poultry Meat Congress, 24-28 April 2019, 266-273 pp., Antalya, Turkey. *Tam metin*
- Ozturk, B., Sengun, I.Y. 2019. Total phenolic contents, antioxidant and antimicrobial activities of koruk (Unripe Grape, *Vitis vinefera* L.) products.

International Conference on Agronomy and Food Science & Technology, 20-21 June 2019., 177 pp., İstanbul, Turkey. *Özet*

- **Kilic, G., Ozturk, B., Atlama, K., Yahsi, Y., Sengun, I.Y. 2021.** Microbial ecology of cocoa and coffee fermentation. 7th International Mardin Artuklu Scientific Researches Conference, 10-12 December 2021, Mardin, Turkey. *Tam metin*

**b) Uluslararası bilimsel toplantıda sunulan ve tam metin / özet olarak yayımlanan poster bildirisi**

- **Şengün, İ.Y., Öztürk, B., Şentürk, Ş. 2017.** The use of essential oils in incubator disinfection. 1st International Congress on Medicinal and Aromatic Plants –Natural and Healthy Life, 9 -12 May 2017, Konya/Turkey. 1333 p. *Özet*

- **Sengun, I.Y., Ozturk, B., Atlama, K., Kirmizigul, A., Yilmaz, B. 2018.** Total phenolic contents, antioxidant and antibacterial activities of orange juice supplemented with probiotic (*Lactobacillus rhamnosus*) and nettle (*Urtica dioica* L.). International Symposium of Medicinal and Aromatic Plants. 2-4 October 2018, Cesme-Izmir/Turkey. 320 p. *Özet*

- **Sengun, I.Y., Yucel, E., Kilic, G., Ozturk, B. 2019.** Antimicrobial activities of *Salvia sclarea* L. and *Salvia aethiopis* L. essential oils. International Conference on Agronomy and Food Science & Technology, 20-21 June 2019., 99-106 pp., İstanbul, Turkey. *Tam metin*

- **Sengun, I.Y., Gargi, A., Ozturk, B. 2019.** Prebiotic effect of onion on the survival of various probiotics inoculated in Koruk (Unripe Grape) Juice, 10<sup>th</sup> Probiotics, Prebiotics & New Foods, Nutraceuticals and Botanicals for Nutrition & Human and Microbiota Health, 8-10 September 2019, Rome/Italy, 138 p. *Özet*



**c) Ulusal bilimsel toplantıda sözlü olarak sunulan ve tam metin / özet olarak yayımlanan bildiri**

- Şengün, İ.Y., Ersin, Y., Öztürk, B., Kılıç, G. 2020. Haşhaş (*Papaver somniferum*) çeşitlerinin tohum yağlarının toplam fenolik madde miktarı, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri, Türkiye 13. Gıda Kongresi, 21-23 Ekim 2020, Çanakkale/Türkiye, 70 s. *Özet*

**3) Projelerde Yaptığı Görevler**

**TUBİTAK Tarafından Desteklenen Projeler:**

- Koruk ürünlerinin (koruk suyu ve kurutulmuş koruk posası) et teknolojisinde ürün güvenilirliğini arttırma ve sağlıklı ürün formülasyonu geliştirme amacıyla kullanımı. TÜBİTAK 1001 Projesi, Proje No: 117O937, **Bursiyer**, 2018-2021.

**Üniversite Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince (BAP) Desteklenen Projeler:**

- Geleneksel fermente ürünlerimizden tarhana, turşu ve şalgam suyundan izole edilen laktik asit bakterilerinin ürettiği metabolitlerin gıda patojenleri üzerine inhibitif etkilerinin ve gıda endüstrisinde kullanım potansiyellerinin belirlenmesi. Ege Üniversitesi, Genel Araştırma Projesi, Proje No: FM-GAP-2022-23797, **Araştırmacı**, 2022-2023.

- Probiyotik laktik asit bakterisi ve mayaların şalgam suyundan izolasyonu, tanılanması, bu izolatların ve farklı bir hammadde olarak tarhananın kullanımı ile probiyotik şalgam suyu üretimi. Ege Üniversitesi, Çok Disiplinli Öncelikli Alan Araştırma Projesi, Proje No: FOA-2020-21427, **Araştırmacı**, 2020-2022.

**4) Kazandığı Burslar**

**YÖK'ten alınan burslar**

- 100/2000 YÖK Doktora Bursu, Gıda Üretimi, İşleme ve Teknolojisi, 2018-2022.

**TÜBİTAK'tan alınan burslar**

- TÜBİTAK 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı, 2019-2023.

**5) Verilen Dersler**

| Akademik Yıl | Dönem | Dersin Adı (Uygulama)        | Haftalık Saati |
|--------------|-------|------------------------------|----------------|
| 2018-2019    | Güz   | Gıda Mikrobiyolojisi         | 4              |
|              |       | Enstrümental Gıda Analizleri | 2              |
|              | Bahar | Genel Mikrobiyoloji          | 4              |
|              |       | Topluma Hizmet Uygulamaları  | 2              |
| 2019-2020    | Güz   | Gıda Mikrobiyolojisi         | 8              |
|              | Bahar | Genel Mikrobiyoloji          | 8              |
| 2020-2021    | Güz   | Gıda Mikrobiyolojisi         | 4              |
|              | Bahar | Genel Mikrobiyoloji          | 4              |
| 2021-2022    | Güz   | Gıda Mikrobiyolojisi         | 4              |
|              |       | Biyoteknoloji                | 4              |
|              |       | Gıda Kalite Sağlama          | 4              |
|              | Bahar | Fizik                        | 4              |

## EKLER

### Ek 1. Bakteriyosin üretimi ve saflaştırılması



Süpernatant



Amonyum  
sülfat çöktürme



Santrifüj



Diyaliz



Kati faz  
ekstraksiyonu

**Ek 2. Saflaştırılan bakteriyosinlerin liyofilize formları**

T34



T49



T53



S1



S7



S8



S14



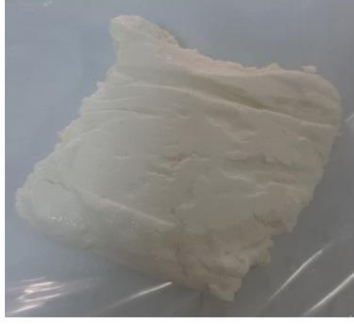
S119



S129

**Ek 3. Marul örneklerinin hazırlığı**

**Ek 4. Tavuk eti örneklerinin hazırlığı**

**Ek 5. Peynir üretimi**

P-S132



P-S97



P-P36



P-P84



P-T87



P-K

## Ek 6. Duyusal değerlendirme formu

### Puanlama Testi-Hedonik Skala

#### LÜTFEN BU DÖKÜMANI DİKKATLİCE OKUMAK İÇİN ZAMAN AYIRINIZ

Sizi Prof. Dr. İlkin ŞENGÜN tarafından yürütülen “Farklı fermente ürünlerden izole edilen ve probiyotik özellikleri belirlenen laktik asit bakterilerinin gıda patojenleri üzerine inhibisyon etkilerinin ve gıda endüstrisinde kullanım potansiyellerinin belirlenmesi” başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu araştırmaya katılıp katılmama kararını vermeden önce, araştırmanın neden ve nasıl yapılacağını bilmeniz gerekmektedir. Bu nedenle bu formun okunup anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Eğer anlayamadığınız ve sizin için açık olmayan şeyler varsa, ya da daha fazla bilgi isterseniz bize sorunuz.

Bu çalışmaya katılmak tamamen **gönüllülük** esasına dayanmaktadır. Çalışmaya **katılmama** veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan **çıkma** hakkında sahipsiniz. **Çalışmayı yanıtlamanız, araştırmaya katılım için onam verdiğiniz** biçiminde yorumlanacaktır. Size verilen **formlardaki** soruları yanıtlarken kimsenin baskısı veya telkini altında olmayın. Bu formlardan elde edilecek kişisel bilgiler tamamen gizli tutulacak ve yalnızca araştırma amacı ile kullanılacaktır.

**Panelistin Adı-Soyadı:**

**Ürün:**

**Örnek Kodu: 514**

**Açıklama:** Lütfen size sunulan şalgam suyunu aşağıda verilen kriterler açısından değerlendirip 9-1 skalası kullanarak puanlayınız. Varsa örneğe dair yorumlarınızı da yazınız. Teşekkürler.

9 = Aşırı beğendim; 8 = Çok beğendim; 7 = Orta derecede beğendim; 6 = Biraz beğendim; 5 = Ne beğendim ne beğenmedim; 4 = Pek beğenmedim; 3 = Orta derecede beğenmedim; 2 = Beğenmedim; 1 = Hiç beğenmedim

|                     | Beğeni Puanı | Yorum |
|---------------------|--------------|-------|
| <b>Renk</b>         |              |       |
| <b>Koku</b>         |              |       |
| <b>Görünüm</b>      |              |       |
| <b>Doku</b>         |              |       |
| <b>Genel Beğeni</b> |              |       |



**Ek 7. Bakteriyosinlerin jel elektroforez görüntüleri**