



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



PROBİYOTİKLERLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ TURŞU ÜRETİMİ

Yüksek Lisans Tezi

Damla GÜNEY

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir
2022

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Probiyotiklerle Zenginleştirilmiş Turşu Üretimi

Damla GÜNEY

Danışman: Prof. Dr. İlkin ŞENGÜN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir

2022

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Probiyotiklerle Zenginleştirilmiş Turşu Üretimi” 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.

02/08/2022

Damla GÜNEY

ÖZET**Probiyotiklerle Zenginleştirilmiş Turşu Üretimi**

GÜNEY, Damla

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İlkin ŞENGÜN

Eylül 2022, 150 sayfa

Bu tez çalışmasında, turşu kaynaklı probiyotik özellikteki kültürlerle probiyotik içeriği zenginleştirilmiş turşu üretiminin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla potansiyel probiyotik türler olarak değerlendirilen endojen kültürler (*Lactiplantibacillus plantarum*, *Levilactobacillus brevis*, *Pediococcus parvulus* ve *Lentilactobacillus parabuchneri*) tek tek ve karışık kültür olarak turşulara (salatalık turşusu ve sauerkraut) ilave edilmiştir. Turşu örnekleri fermentasyon (0., 1., 3., 5., 7., ve 15. gün) ve depolama (1., 2., 3., 4., 5. ve 6. hafta) süresince mikrobiyolojik (probiyotik sayımı, küf ve maya sayımı), fiziksel ve kimyasal (pH, toplam asitlik, tuz, toplam fenolik miktarı, antioksidan aktivite, renk) ve duyuşal özellikler açısından incelenmiştir.

Üretimi gerçekleştirilen turşu örneklerinin tümünde fermentasyon süresince probiyotik sayısının >7 log KOB/g olduğu tespit edilmiştir. Salatalık turşusu örneklerinde pH değerleri 3,28-4,58, toplam asitlik miktarları 0,12-0,88 g laktik asit/100 ml, tuz miktarları %5,65-6,14, antioksidan aktivite değerleri %1,26-25,83 (%DPPH) ve %25,21-89,75 (%ABTS), fenolik madde miktarları 58,83-2164,83 mg GAE/L aralığında bulunmuştur. Sauerkraut örneklerinde ise pH değerleri 3,19-5,65, toplam asitlik miktarları laktik asit cinsinden 0,13-1,78 g/100 ml, tuz miktarları %2,33-2,63, antioksidan aktivite değerleri %0,60-87,95 (%DPPH) ve %50,53-87,52 (%ABTS), fenolik madde miktarları 204,67-3774,00 mg GAE/L aralığında tespit edilmiştir. Turşu örneklerinin duyuşal değerlendirme puanlarının orta ve orta üzeri seviyelerinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, probiyotik ilave edilen ürünlerin kontrol gruplarına (probiyotik ilavesi yapılmayan)

kıyasla renk, lezzet, tekstür ve genel kabul açısından daha yüksek puan aldıkları tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma kapsamında, yeterli miktarda canlı probiyotik hücre içeren ve duyuşal açıdan da tüketici tercihlerini karşılayabilecek özellikte turşu üretimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Probiyotik turşu, Fermentasyon, Salatalık turşusu, Sauerkraut, Laktik asit bakterisi



ABSTRACT**Production of Pickles Enriched with Probiotics**

GÜNEY, Damla

MSc in Food Eng.

Supervisor: Prof. Dr. İlkin ŞENGÜN

September 2022, 150 pages

In this thesis, it was aimed to produce pickles enriched with probiotics by adding pickle based cultures with probiotic properties. For this aim, the endogenous potential probiotic strains (*Lactiplantibacillus plantarum*, *Levilactobacillus brevis*, *Pediococcus parvulus* ve *Lentilactobacillus parabuchneri*) were used as a single and mixed cultures in pickle (cucumber and sauerkraut) production. Pickle samples were analyzed during fermentation (0th, 1st, 3rd, 5th, 7th and 15th days) and storage (1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th and 6th weeks) periods for microbiological (probiotic count, yeast and mold count) physical and chemical (pH, total acidity, salt, total phenolic content, antioxidant activity, color) and sensory properties.

The probiotic counts were found >7 log cfu/ml during fermentation in all pickle samples. The values of the cucumber pickles were found in the range of 3.28-4.58 for pH value, 0.12–0.88 g lactic acid/100 ml for total acidity, 5.65-6.14% for salt, 1.26-25.83% (DPPH%) and 25.21-89.75% (ABTS%) for antioxidant activity and 58.83-2164,83mg GAE/L for total phenolic content. On the other hand, the values of the sauerkraut samples were found in the range of 3.19-5.65 for pH value, 0.13–1.78 g lactic acid/100 ml for total acidity, 2.33-2.63% for salt, 0.60-87.95% (DPPH%) and 50.53-87.52 % (ABTS%) for antioxidant activity and 204.67-3774.00 mg GAE/L for total phenolic content. The sensory evaluation scores of pickle samples were in medium and medium-above levels. Besides, the samples enriched with probiotics were given higher scores than control groups (no probiotic addition) in terms of color, taste, texture and general acceptance. Consequently,

within the scope of this study, pickles containing sufficient live probiotic cells and meeting consumer preferences in terms of sensory properties were produced.

Keywords: Probiotic pickle, Fermentation, Cucumber pickle, Sauerkraut, Lactic acid bacteria



ÖNSÖZ

Son yıllarda probiyotiklerin süt ürünlerinin yanı sıra laktoz içermeyen, vejetaryen, düşük kolesterolü ve yüksek besin içeriğine sahip ürünlerin üretiminde kullanılmasına yönelik olan tüketici talepleri artış göstermiştir. Özellikle laktik asit bakterileri (LAB) ve ürettikleri antimikrobiyal özellikteki maddelerin, fermente ürünlerin muhafazasında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Ülkemizde yaygın bir şekilde tüketilen ve meyve-sebze bazlı fermente bir gıda olan turşu, LAB açısından zengin bir mikrofloraya sahip olup, probiyotikler açısından da önemli doğal kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte literatürde, turşu kaynaklı probiyotiklerle zenginleştirilerek üretilen turşuların mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinin detaylı şekilde incelendiğı bir çalışmaya araştırmacıların bilgisi dahilinde rastlanılmamıştır. Bu nedenle yürütölen bu çalışmada, bir önceki çalışma kapsamında farklı turşulardan izole edilip probiyotik özellikleri belirlenen kültürlerin baskın flora olarak turşuya ilave edilmesiyle probiyotik içeriğı zenginleştirilmiş turşu üretiminin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, salatalık turşusu ve sauerkraut üretiminde kullanılmak üzere satın alınan sebzeler yıkama, soyma, dilimleme ve dezenfeksiyon işlemlerine tabi tutularak üretime hazır hale getirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, probiyotik kültürler (*Lactiplantibacillus (Lpb.) plantarum*, *Levilactobacillus (Lb.) brevis*, *Pediococcus (P.) parvulus* ve *Lentilactobacillus (L.) parabuchneri*) aktive edildikten sonra tek tek ve dörtlü kombinasyon şeklinde örneklere inoköle edilmiş ve farklı formölasyonlarda turşu üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu örneklerinde fermentasyon süresince probiyotik canlılığı ve ürün kalite özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü aşamasında ise, probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu örneklerinde depolama süresince probiyotik sayımlarının yanı sıra mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve duyuşal analizler gerçekleştirilmiştir.

İZMİR

Damla GÜNEY

02/08/2022



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
TABLolar DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Fermentasyon	3
2.2 Probiyotikler.....	4
2.2.1 Probiyotiklerin sağlık üzerine etkileri.....	7
2.3 Fermente Gıdaların Mikrobiyolojisi	10
2.3.2 Sebze fermentasyonlarında starter kültür olarak kullanılan laktik asit bakterileri	11
2.4 Fermente Bir Ürün Olarak Turşu ve Bu Konuda Yapılan Çalışmalar	14

2.4.1 Salatalık turşusu.....	20
2.4.2 Sauerkraut	22
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	23
3.1. Materyal.....	23
3.1.1. Turşu üretiminde kullanılacak sebzelerin hazırlanması	24
3.1.2. Probiyotik potansiyeli belirlenmiş kültürlerin aktivasyonu.....	24
3.1.3. Probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu üretimi	26
3.2. Mikrobiyolojik Analizler	28
3.2.1 Mikrobiyolojik analizler öncesi örnek hazırlığı	28
3.2.2. Probiyotik sayımı.....	29
3.2.3. Küf ve maya sayımı	29
3.3. Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	29
3.3.1. pH	29
3.3.2. Toplam asitlik	29
3.3.3. Tuz tayini	30
3.3.4. Antioksidan aktivite testleri	31
3.3.5. Toplam fenolik madde miktarı	32
3.3.6. Renk analizleri	32
3.4. Duyusal Değerlendirme	33

3.5. İstatistiksel Değerlendirme	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	34
4.1. Probiyotiklerle Zenginleştirilmiş Turşu Örneklerinin Mikrobiyolojik Özellikleri.....	34
4.1.1 Turşu örneklerinde probiyotik sayıları.....	34
4.1.2 Turşu örneklerinin maya sayıları	42
4.2 Turşu Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	53
4.2.1 Turşu örneklerinin pH değerleri.....	53
4.2.2 Turşu örneklerinin toplam asitlik değerleri.....	60
4.2.3 Turşu örneklerinin tuz değerleri.....	66
4.2.4 Turşu örneklerinin antioksidan aktivitesi.....	73
4.2.4.1 Turşu örneklerinin DPPH değerleri	73
4.2.4.2 Turşu örneklerinin ABTS+ radikali süpürme aktivitesi.....	81
4.1.5 Turşu örneklerinde toplam fenolik madde miktarı	86
4.2.6 Turşu örneklerinin renk değerleri	94
4.3 Duyusal Analiz Sonuçları	103
5. SONUÇ	115
KAYNAKLAR DİZİNİ	124
TEŞEKKÜR.....	149
ÖZGEÇMİŞ	150
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİŞekilSayfa

3.1 Probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu üretim akış şeması.....	46
4.1 Fermentasyon süresince salatalık turşusu örneklerinde probiyotik sayısı.....	52
4.2 Depolama süresince salatalık turşusu örneklerinde probiyotik sayısı.....	54
4.3 Fermentasyon süresince sauerkraut örneklerinde probiyotik sayısı.....	56
4.4 Depolama süresince sauerkraut örneklerinde probiyotik sayısı.....	58
4.5 Fermentasyon süresince salatalık turşusu örneklerinde maya sayısı.....	61
4.6 Depolama süresince salatalık turşusu örneklerinde maya sayısı.....	62
4.7 Fermentasyon süresince sauerkraut örneklerinde maya sayısı.....	64
4.8 Depolama süresince sauerkraut örneklerinde maya sayısı.....	65

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Probiyotik olarak tanımlanan mikroorganizmalar.....	23
2.2 Probiyotik suşların seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterler	24
2.3 Dünya genelinde bilinen geleneksel turşuların mikrobiyal florası.....	34
3.1 Çalışmada kullanılan kültürlerin probiyotik özellikleri.....	43
3.2 Probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu formülasyonları.....	45
3.3 Pozitif ve negatif kontrol gruplarına ait turşu formülasyonları.....	45
4.1 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince pH değeri	72
4.2 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince pH değeri.....	73
4.3 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince pH değeri.....	74
4.4 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince pH değeri.....	76
4.5 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince toplam asitlik değeri (g laktik asit/100 ml).. ..	78
4.6 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince toplam asitlik değeri (g laktik asit/100 ml).....	79
4.7 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince toplam asitlik değeri (g laktik asit/100 ml).....	80

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.8 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince toplam asitlik değeri (g laktik asit/100 ml)	81
4.9 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince %tuz miktarı.....	83
4.10 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince %tuz miktarı.....	84
4.11 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince %tuz miktarı	85
4.12 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince %tuz miktarı	86
4.13 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince DPPH değeri (%).....	90
4.14 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince DPPH değeri (%).....	91
4.15 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince DPPH değeri (%).....	93
4.16 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince DPPH değeri (%).....	94
4.17 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince ABTS ⁺ radikal süpürme aktivitesi değerleri (%).....	98
4.18 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince ABTS ⁺ radikal süpürme aktivitesi değerleri (%).....	99
4.19 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince ABTS ⁺ radikal süpürme aktivitesi değerleri (%).....	100
4.20 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince ABTS ⁺ radikal süpürme aktivitesi değerleri (%).....	101
4.21 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince fenolik madde miktarı (mg GAE/L).....	104

TABLÖLAR DİZİNİ (devam)TabloSayfa

4.22 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince fenolik madde miktarı (mg GAE/L)..	105
4.23 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince fenolik madde miktarı (mg GAE/L)...	107
4.24 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince fenolik madde miktarı (mg GAE/L)	108
4.25 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince renk analiz sonuçları.....	112
4.26 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince renk analiz sonuçları.....	115
4.27 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince renk analiz sonuçları.....	117
4.28 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince renk analiz sonuçları.....	119
4.29 Salatalık turşusuna ait duyusal analiz sonuçları.....	121
4.30 Sauerkrauta ait duyusal analiz sonuçları.....	126

1. GİRİŞ

Probiyotik gıdalar, çeşitli enzim, vitamin ve aroma bileşenleri içeren, kapsül, tablet veya toz haline getirilmiş diyet destekleyiciler veya probiyotik mikroorganizma içeren taşıyıcı gıdalar olarak tanımlanabilmektedir (Tükel, 2021). Probiyotik mikroorganizmalar, *Helicobacter pylori* enfeksiyonu, sindirim sistemi rahatsızlıkları, diyabet, alerjik reaksiyonlar, çeşitli kanser türleri üzerinde olumlu etki göstermekte ve bu nedenle diyet ile alımı gün geçtikçe popüler hale gelmektedir (Uymaz, 2009; Granato et al., 2019; Won et al., 2020; Kazemi et al., 2020).

Süt ve ürünleri probiyotik mikroorganizmaların gelişebilmesi ve canlılığını sürdürebilmesi için uygun bir gıda matrisi olarak görülmektedir. Ancak vejetaryen beslenme şeklini tercih eden, laktoz intoleransı veya kolesterolü olan kişiler tarafından bu ürünler tüketilememektedir. Bu nedenle son yıllarda, probiyotiklerin süt ürünlerinin yanı sıra laktoz içermeyen, düşük kolesterolü ve yüksek besin içeriğine sahip ürünlerin üretiminde kullanımı artış göstermektedir (Martins et al., 2013; Alp ve Kuleaşan, 2019; Michalak et al., 2020). Süt ürünlerinin yanı sıra sebze ve meyvelerin de probiyotik mikroorganizmalar için iyi birer taşıyıcı olmaları, vitamin, mineral ve lif gibi maddelerce zengin içeriğe sahip olmaları, içeriğinde antioksidan özellikte maddeleri barındırmaları ve çeşitli kronik hastalıkları önlemede rol oynamaları, bu ürünlerin günlük diyetlerde tercih edilmesini sağlamaktadır.

Fermentasyon, mikroorganizmaların rol oynadığı doğal bir biyolojik işlem olarak uzun yıllardır gıdaların muhafazasında ve fonksiyonel gıdaların elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle laktik asit fermentasyonu, gıdaların güvenilirliğini, besin değerini, duyuşal özelliklerini ve raf ömrünü iyileştirmek/korumak amacıyla kullanılan etkin bir biyoteknolojik yöntem olarak bilinmektedir (Arslankoz, 2011; Marco et al., 2017; Li and Gänzle, 2020). Fermentasyon uygulamasıyla kısa sürede bozulabilen meyve ve sebze gibi gıdaların raf ömrünün uzatılmasının yanı sıra gıdaların kolay sindirilebilir hale getirilmesi ve besin değerinin arttırılması mümkün olmakta, aynı zamanda üretilen metabolitler

sayesinde fermente ürünlerin güvenilirliklerinin de arttığı gözlemlenmektedir (Martins et al., 2013; Alan, 2015; Profir et al., 2015; Devaki and Premavalli, 2019).

Probiyotik özellikteki LAB laktoz intoleransının hafifletilmesi, bağırsak florası üzerinde olumlu etki göstermesi, intestinal sistem enfeksiyonlarının engellenmesi, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi ve buna benzer klinik etkilerinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, meyve ve sebzelerin fermentasyonu sayesinde tüketicilere alerjen ve laktoz içermeyen, düşük kolesterolü ve probiyotik potansiyeli bulunan LAB'lerini yapısında barındıran ürün çeşidi sunulabilmektedir. Söz konusu LAB, organik asit (laktik asit ve asetik asit), hidrojen peroksit (H_2O_2), karbondioksit (CO_2), diasetil, etil alkol, reuterin, bakteriyosin gibi antimikrobiyal maddeleri üretme yeteneğine sahiptir ve üretilen bu metabolitlerden biyolojik koruyucu olarak yararlanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, asetik asit ve laktik asidin, ortam pH'sının düşürülmesinin yanı sıra patojen bakteriler üzerinde bakterisidal veya bakteriyostatik etki gösterdiği belirtilmektedir (Leroy and Vuyst, 2004; Rivera-espinoza and Gallardo-navarro, 2010; Demirci, 2013; Yu et al., 2013; Choi and Chang, 2015; Khan and Kang, 2016; Son et al., 2017a; de Melo Pereira et al., 2018; Başdoğan, 2020; Yi et al., 2020).

Probiyotik özellik gösteren birçok LAB'si, başta süt endüstrisi olmak üzere birçok fonksiyonel gıdanın geliştirilmesinde starter kültür olarak kullanılmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan starter kültürler arasında *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Bifidobacterium*, *Leuconostoc* ve *Lactococcus* cinsine ait türler bulunmaktadır (Xiong et al., 2014; Marco et al., 2017; Behera et al., 2020; Lee et al., 2020). Bu kapsamda, kullanılacak hammadde veya substratın çeşidine bağlı olarak uygun starter kültürün seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, farklı gıda gruplarının üretiminde kullanılacak hammaddeler için seçilen starter kültürlerin çeşit ve miktarı da farklılık göstermektedir.

Probiyotiklerin kullanımıyla üretilen fonksiyonel gıdalar arasında fermente süt ürünleri, meyve ve sebze, soya, bebek mamaları, et ve hububat gibi çeşitli gıdalar yer almakta ve böylece farklı gıda gruplarında ürün çeşitliliği oluşturulabilmektedir (Angelov et al., 2006; Mousavi et al., 2011; Şengün, 2011; Peres et al., 2012). Yoğurt, peynir, kefir, kıyma, kimçi, soya sosu, zeytin, sirke ve

turşu gibi gıdalar en popüler fermente ürünler arasındadır (Şengün, 2011; Marco et al., 2017; Soltan Dallal et al., 2017; Son et al., 2017b; Anagnostopoulos and Tsaltas, 2019). Meyve-sebze bazlı fermente ürünler arasında yer alan turşu, ülkemizde yaygın bir şekilde tüketilmektedir.

Uzun yıllardan beri tüketilen ve tüm dünyada popüler bir fermente gıda olan turşunun, ağırlıklı olarak LAB'nin oluşturduğu zengin bir mikrofloraya sahip olduğu ve bu yararlı mikroorganizmaların konakçıya aktarılmasında iyi bir taşıyıcı özellik gösterdiği bilinmektedir (Adewumi and Science, 2018; Aljahani, 2020). Fermentasyonda baskın flora oluşturan LAB'lerinin bu ürünlerin muhafazasında önemli rol oynadığı bilinmektedir (Tamminen et al., 2004; Başdoğan, 2020; Rao et al., 2020). Ayrıca LAB'lerinin üretmiş oldukları aroma bileşenleri sayesinde fermentasyon sonucu elde edilen ürünlere özgü tat, koku ve doku oluşumunu sağlamaktadır. Bununla birlikte, LAB'lerinin rol oynadığı laktik asit fermentasyonu sonucunda elde edilen turşuların besin içeriğinin korunmasının yanı sıra besinsel değerine katkıda bulunulduğu da bilinmektedir. Yürütülen bu tez çalışmasında, bir önceki proje kapsamında farklı turşulardan izole edilen ve potansiyel probiyotik özellikleri detaylı analizlerle belirlenen turşu kaynaklı endojen kültürlerin [*Lactiplantibacillus (Lpb.) plantarum*, *Levilactobacillus (Lb.) brevis*, *Pediococcus (P.) parvulus* ve *Lentilactobacillus (L.) parabuchneri*] starter kültür olarak kullanımıyla “probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu” üretiminin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Fermentasyon

Fermentasyon işlemi mikroorganizmaların rol aldığı biyolojik bir işlem olmakla birlikte eski zamanlardan beri uygulanan bir gıda üretim ve koruma yöntemi olarak bilinmektedir. Fermentasyon sayesinde esansiyel aminoasit ve vitaminlerin sentezi ile besin değerinin arttırılması da mümkün olabilmektedir. Fermentasyon uygulamasının aynı zamanda besin maddelerinin sindirilebilirliğini arttırdığı, çiğ besinlerde bulunan fitat, tanen, polifenoller gibi istenmeyen maddelerin detoksifikasyon ve yıkımın da rol oynadığı bilinmektedir (Şengün,

2011; Yıldız, 2011). Fermentasyonun ürüne kattığı olumlu etkilerin yanı sıra bu uygulama sonucunda açığa çıkan organik asitler ve kısa zincirli yağ asitleri (KZYA) gibi son ürünlerin de gastrointestinal sistemde önemli ölçüde rol oynayarak tüketici sağlığı üzerinde olumlu etkiler sağladığı yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Sadeghi et al., 2019; Chugh and Kamal-Eldin, 2020).

Özellikle, laktik asit fermentasyonu, gıdaların güvenilirliğini, besin değerini, duyuusal özelliklerini ve raf ömrünü iyileştirmek/korumak amacıyla kullanılan bir biyoteknolojik yöntem olarak bilinmektedir (Arslankoz, 2011; Marco et al., 2017; Ly et al., 2018; Li and Gänzle, 2020). Fermentasyon işlemi, doğal mikroflora ile gerçekleştirileceği gibi fermentasyon öncesinde ortama ilave edilen starter kültürler ile de kontrollü bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Doğal olarak hammaddede var olan mikroorganizmalarla gerçekleştirilen spontan fermentasyonun yanı sıra starter kültür kullanımıyla gerçekleştirilen fermentasyon işlemi, standart ve yüksek kalitede ürünlerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Martins et al., 2013; Angmo et al., 2016). Fermentasyonda rol alan LAB'leri sayesinde fermente süt, et, sebze ve hububat ürünleri gibi farklı gıda gruplarında ürün çeşitliliği sağlanmaktadır (Şengün, 2011; Marco et al., 2017; Soltan Dallal et al., 2017; Son et al., 2017; Anagnostopoulos and Tsaltas, 2019). Laktik asit fermentasyonunda rol oynayan LAB'leri arasında *Lpb. plantarum*, *Lactocaseibacillus (Lcb). casei*, *Lcb. paracasei*, *Lb. brevis* ve *L. bulgaricus* yer almaktadır. Ayrıca farklı fermente ürünlerin üretiminde *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Saccharomyces* ve *Bacillus* türlerinin de starter kültür olarak kullanıldığı bildirilmektedir (Roobab et al., 2020).

2.2 Probiyotikler

Probiyotikler Dünya Sağlık Örgütü tarafından, “yeterli miktarda alındığında kişinin sağlığı üzerinde olumlu etki gösteren canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmaktadır (FAO/WHO, 2002). Yunanca kökenli olan “Probiyotik” kelimesinin “yaşam için/ ömür boyu” anlamına geldiği bilinmektedir. Ayrıca bu kelimenin canlı ve patojen olmayan, konakçıya fayda sağlayan mikroorganizmalar için kullanıldığı da bildirilmektedir (Markowiak and Slizewska, 2017).

Probiyotik mikroorganizmaların konakçının vücudundaki etkileri arasında bağırsak pH değerini değiştirmek, antimikrobiyal metabolitler üreterek patojen bakterilerin gelişimini engellemek, bağlanma bölgeleri ve besin maddeleri için patojen bakterilerle rekabet ortamı oluşturmak ve immunmodulator hücreleri uyarmak yer almaktadır. Probiyotik mikroorganizmaların faydalı etkiler gösterebilmeleri için gıdada en az 10^6 KOB/g-ml bulunmaları ve vücuda alındığında canlı kalarak kolonize olmaları gerekmektedir (Anandharaj et al., 2015; Angmo et al., 2016; Angelin and Kavitha, 2020).

LAB arasında *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* ve *Bifidobacterium* spp. bilinen probiyotik mikroorganizmaların başında gelmektedir. 'Genel Olarak Güvenli Olarak Kabul Edilen' (GRAS) statüsüne sahip LAB, özellikle süt endüstrisinde uzun süredir güvenli bir şekilde kullanılmakla birlikte, insan sağlığı üzerinde çeşitli faydalı etkiler gösteren probiyotik özellikleri sayesinde de son yıllarda araştırmaların odak noktası haline gelmiştir (Vinderola et al., 2017; Boricha et al., 2019). Probiyotik özellik gösterdiği belirlenen mikroorganizmalar Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Probiyotik olarak tanımlanan mikroorganizmalar (Erkmen, 2010; Şengün ve Kılıç, 2019, Zheng et al., 2020; Tükel, 2021)

Lactobacillus	Bifidobacterium	Streptococcus	Diğer bakteriler	Mayalar
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>S. cremoris</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>S.</i>
<i>L. bulgaricus</i>	<i>B. animalis</i>	<i>S.</i>	<i>Toyoi Bacillus</i>	<i>boulardii</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>diacetylactis</i>	<i>coagulans</i>	<i>S.</i>
<i>L. delbrueckii</i>	<i>B. breve</i>	<i>S. intermedius</i>	<i>Bacillus laterosporus</i>	<i>cerevisiae</i>
<i>L. gasseri</i>	<i>B. catemulatum</i>	<i>S. mitis</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	
<i>L. johnsonii</i>	<i>B. infantis</i>	<i>S. oralis</i>	<i>Echerichia coli</i> Nisse	
<i>L. helveticus</i>	<i>B. lactis</i>	<i>S. salivarius</i>	<i>Enterococcus</i>	
<i>L. lactis</i>	<i>B. longum</i>	<i>S. sanguis</i>	<i>faecium</i>	
<i>Lcb. casei</i>	<i>B.</i>	<i>S.</i>	<i>Enterococcus</i>	
<i>Lcb. paracasei</i>	<i>thermophilum</i>	<i>thermophilus</i>	<i>faecalis</i>	
<i>Lcb. rhamnosus</i>				

<i>Lpb. plantarum</i>	<i>Bacteroides</i>
<i>Latilactobacillus</i>	<i>uniformis</i>
<i>curvatus</i>	<i>Peptostreptococcus</i>
<i>Latilactobacillus</i>	<i>productus</i>
<i>sakei Lb. brevis</i>	<i>Akkermansia</i>
<i>Limosilactobacillus</i>	<i>muciniphila</i>
<i>fermentum</i>	<i>Pediococcus</i>
<i>Limosilactobacillus</i>	<i>acidilactici</i>
<i>reuteri</i>	<i>Pediococcus</i>
	<i>pentosaceus</i>
	<i>Lactococcus lactis</i>
	<i>Propionibacterium</i>
	<i>jensenii</i>
	<i>Propionibacterium</i>
	<i>freudenreichii</i>

Bir mikroorganizmanın probiyotik olarak değerlendirilebilmesi için belirli özelliklere sahip olması gerekmektedir. İnsanların tüketimine yönelik hazırlanan ürünlerde kullanılan mikroorganizmaların orijini belli, patojen olmayan, toksik etki göstermeyen ve antibiyotik direnci olmayan, mide asidi ve safra tuzlarına karşı direnç gösteren, bağırsak mukoza yüzeyine tutunabilme ve gastrointestinal sistemde canlılığını sürdürebilme özelliklerine sahip tanımlanmış güvenilir suşlar olması gerekmektedir. Bu özelliklerin yanı sıra, probiyotiklerin antimikrobiyal bileşikler üretmesi, bazı enzim ve vitaminlerin sentezi sayesinde metabolik etki göstermesi ve bağışıklık sistemine olumlu yönde katkı sağlaması da önemlidir (Bilginer ve Çetin, 2019; Angelin and Kavitha, 2020; Marques et al., 2022). Probiyotik olarak seçilen suşun teknolojik özelliklerinin de probiyotik ürün üretimine uygun olması gerekmektedir. Büyük ölçekte üretime uygun, istenmeyen aroma bileşiklerini üretmeyen ve fajlara karşı dirençli suşlar probiyotik ürünlerin üretiminde tercih edilmektedir (Beganović et al., 2014; Şengün ve Kutlu, 2019; Angelin and Kavitha, 2020). Probiyotik suşların seçiminde önem taşıyan kriterler Tablo 2.2’de yer almaktadır.

Tablo 2.2 Probiyotik suşların seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterler (Markowiak and Slizewska, 2017; Şengün ve Kutlu, 2019; Öztürk, 2022)

KRİTER	ÖZELLİKLER
Güvenlik Kriterleri	¶ Sağlıklı bireylerin gastrointestinal sisteminden izole edilmiş olması
	¶ Kesin tanısal tanımlamanın yapılmış olması (fenotip ve genotip özellikleri)
	¶ Bulaşıcı hastalık taşınaması, patojen özellikte ve toksik olmaması
	¶ Kullanım için kullanım tarihinin uygun olması
	¶ Antibiyotik direncinden sorumlu genlerin olmaması
Fonksiyonel Kriterler	¶ Bağırsak mikrobiyotasında rekabet gücü olması
	¶ Metabolik aktiviteyi sürdürme ve canlı kalabilme yeteneği
	¶ Safra tuzlarına ve enzimlere karşı dirençli olması
	¶ Mide ortamında düşük pH'ya dirençli olması
	¶ Patojenlere karşı antagonistik aktivite gösterebilmesi (örneğin, <i>H. pylori</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Clostridium difficile</i>).
	¶ Endojenik bağırsak mikrobiyotası tarafından üretilen bakteriyosinlere ve asitlere karşı dirençli olması
	¶ Gastrointestinal sistemde canlı kalabilmesi ve kolonize olabilme yeteneği
Teknolojik Kriterler	¶ Kültürlerin büyük ölçekte üretime uygun ve yüksek verimli olması
	¶ Probiyotik ürünlerin hazırlanması ve dağıtımı sırasında canlı ve stabil kalabilmesi (dondurma, dondurarak kurutma vb.)
	¶ Üretilen son üründe depolama boyunca canlı kalabilmesi
	¶ Son ürünlerin arzu edilen duyuşal özelliklerinin elde edilmesi ve istenmeyen özelliklere yol açmaması
	¶ Genetik stabilite göstermesi
	¶ Bakteriyofajlara karşı dirençli olması

2.2.1 Probiyotiklerin sağlık üzerine etkileri

Probiyotik mikroorganizmaların insan sağlığı üzerindeki etkileri belirlenmiş ve vücudun bağışıklığını artırarak (immünomodülasyon) kişi sağlığı üzerinde birçok olumlu etki gösterdiği tespit edilmiştir. Probiyotiklerin çeşitli biyoaktif bileşikler içeren farklı mekanizmalar sayesinde bağırsak florasını iyileştirme gibi

çeşitli sağlık etkileri sağladığı bilinmektedir. Yapılan klinik çalışmalar, probiyotiklerin irritabl bağırsak sendromu, gastrointestinal bozukluklar, *H. pylori* enfeksiyonunun önlenmesi, serum kolesterol seviyesinde ve kan basıncında azalma, diyare insidansının ve süresinin önlenmesi ve azaltılması, inflamatuvar bağırsak hastalığı gibi birçok gastrointestinal hastalık ve alerjik hastalıklar üzerinde olumlu etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, yapılan diğer araştırmalar, obezite, insülin direnci sendromu, tip-2 diyabet, yağlı karaciğer hastalığı, periodontal hastalıklar gibi sağlık sorunlarının tedavisinde probiyotik mikroorganizmaların etkin bir rol oynadığını göstermektedir. Farklı kanser türlerinde ve kanser kaynaklı vücutta oluşan yan etkilerin tedavisinde de probiyotik mikroorganizma kullanımının faydaları olduğu bildirilmektedir (Markowiak and Slizewska, 2017; Chugh and Kamal-Eldin, 2020; Sengun and Guney, 2021).

Probiyotikler, üretmiş oldukları metabolitler sayesinde ortam pH değerini değiştirmekte ve bazı patojenlerin gelişiminde gereken oksijenin kullanılabilirliğini sınırlandırarak patojenlerin inhibisyonu için bağırsakta rekabetçi bir ortam yaratmaktadır. Ayrıca, probiyotik suşlar tarafından üretilen metabolitlerin sağlık üzerinde önemli etkileri olduğu bildirilmektedir. Bağışıklık sistemi için önemli olarak bilinen bu metabolitlerin başında bakteriyosin ve ekzopolisakkaritler (EPS) yer almaktadır. Probiyotikler tarafından üretilen bakteriyosin, bağırsakta bulunan zararlı mikroorganizmaların inhibisyonunda etkin bir rol oynamaktadır. Üretilen EPS'nin ise bağışıklık sisteminde uyarıcı, antioksidan ve antitümör aktivite sağlayan, kolesterol düşürücü ve mutajenik ajanları inhibe etme veya bağlamada etkili olduğu bildirilmektedir (James and Wang, 2019; Novik and Savich, 2020; Sengun and Guney, 2021; Ashaolu and Fernández-Tomé, 2021).

Süt ve süt ürünlerinin tüketimi ile probiyotiklerin vücuda alındığı ve sağlığa olan faydalarından yararlanıldığı düşünülmekte iken, zaman içerisinde bu ürünlerin yüksek kolesterol içeriği ve alerjik süt proteinlerinin varlığı, özellikle laktoz intoleransı olan kişilerin bu ürünleri tercih etmesinde sınırlayıcı etkenler olarak ortaya çıkmıştır (Panghal et al., 2018). Dünya nüfusunun toplam %75'inin laktoz intoleransı semptomlarına sahip olduğu düşünüldüğünde, söz konusu durumun ne derece önemli olduğu görülmektedir (Guney and Gungormusler, 2021). Laktaz enzimini yeteri kadar sentezleyemeyen bu bireyler, süt tüketimini sınırlandırmak

veya tamamen durdurmak zorunda kalmaktadır. Aksi halde laktozun sindirilemediği bu durum sonucunda, bağırsakta bulunan mikroorganizmalar tarafından emilemeyen laktozun fermente edilmesi nedeniyle sindirim bozuklukları oluşmakta, hidrojen, CO₂ ve metan gibi gazların ve kısa zincirli yağ asitlerinin (KZYA) gastrointestinal kanalda oluşumu ve diyare gibi rahatsızlıklar meydana gelmektedir (Martins et al., 2013; Panghal et al., 2018; Akal ve Yetişemeyen, 2020). Probiyotikler, laktoz sindirimine yardımcı olarak ince bağırsakta β -galaktosidaz salınımına yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla probiyotik tüketiminin laktoz intoleransının şiddetini azaltabileceği belirtilmekte, ancak bu etkinin üründeki hücre sayısına ve mevcut laktoz miktarına bağlı olduğu da vurgulanmaktadır (Tripathi and Giri, 2014; Angelin and Kavitha, 2020; Chugh and Kamal-Eldin, 2020).

Gastrointestinal ve diğer etkilerinin yanı sıra probiyotik tüketiminin kişinin ağız sağlığına olumlu katkı sağladığı da bilinmektedir. Diş çürüğü, periodontal hastalıklar ve çeşitli ağız enfeksiyonlarının önlenmesinde ve tedavisinde probiyotiklerin etkili olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Diş çürüğü oluşumuna *Streptococcus sobrinus* ve laktobasiller ile birlikte *Streptococcus mutans*'ın yol açtığı bilinmektedir. Diş çürüğünün engellenmesi için kullanılan en yaygın probiyotik türlerinin *S. mutans*'a karşı test edilen bazı bifidobakteriler ve laktobasiller olduğu görülmektedir. Yapılan araştırmalar, *Lpb. plantarum* ve *Lcb. casei*'nin ağız sağlığında yararlı bir rol oynadığını göstermektedir. Probiyotikler tarafından sentezlenen antibakteriyel maddelerden laktik asidin ortam pH değerini düşürerek mikrobiyal gelişmeyi engelleyebildiği, H₂O₂'nin bakteriyel DNA sentezini inhibe edebildiği ve bakteriyosinin diğer bakterilerin gelişimini engellemede rol oynadığı tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalarda, *L. reuteri* ve *Lpb. plantarum* tarafından üretilen bakteriyosinin (Reutericin ve Plantaricin) *S. mutans* gelişimini engellediği tespit edilmiştir. Aynı zamanda, probiyotik mikroorganizmaların ağız boşluğunda oluşturdukları biyofilm sayesinde ağız hastalıklarına karşı koruyucu bir tabaka oluşturdukları ve böylece patojenlerin ağız dokularına yerleşmesini engelledikleri belirlenmiştir (Maden ve Altun, 2012; Lopez-Medina et al., 2015; Köymen ve Kazak, 2019; Jamkhande et al., 2021).

2.3 Fermente Gıdaların Mikrobiyolojisi

Dünya genelinde çeşitli fermente gıdaların üretimi gerçekleştirilmekte ve bu ürünler günlük beslenmede oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Gıdaların fermente edilmesi ile kolay bozulabilen ürünlerin daha uzun süreyle muhafaza edilebilmesi, daha güvenli ürün eldesi, istenmeyen maddelerin çığ ürünlerden uzaklaştırılması, gıdanın besin değerinin artması ve kolay sindirilebilir hale getirilmesi gibi farklı avantajlar sağlanabilmektedir (Macori and Cotter, 2018; Voidarou et al., 2020).

Fermentasyonda rol oynayan çeşitli mikroorganizmaların başında LAB gelmektedir. Laktik asit fermentasyonuna ek olarak alkol fermentasyonu, propiyonik asit fermentasyonu, çeşitli bakteri ve küflerin gerçekleştirdiği fermentasyon sonucunda da farklı fermente ürünler üretilebilmektedir. Laktik asit fermentasyonunun gerçekleştiği ürünlerde rol alan LAB'leri, substrat olarak ortamda bulunan karbonhidratı kullanmakta ve laktik asit üretimi gerçekleştirmektedir. Üretilen laktik aside ek olarak bazı antimikrobiyal etkili maddelerin de üretimi sonucunda gıdanın güvenilirliği arttırılmaktadır. Fermentasyon sonucu üretilen bu antimikrobiyal maddeler sayesinde mikrobiyal bulaşların da önlenmesi sağlanabilmektedir (Erkmen, 2010; Şengün, 2011; Tamang et al., 2016; Bell et al., 2018)

2.3.1 Fermente Gıdalarda Bulunan Laktik Asit Bakterileri

LAB'leri, çeşitli gıdalarda bulunan karbonhidratları kullanarak laktik asit üretme yeteneğine sahiptir. Cins ve tür özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte LAB'leri, laktik asitin yanı sıra asetik asit, CO₂, alkol ve çeşitli aroma maddelerini de üretebilmektedir. LAB'leri tarafından üretilen organik asitler ve çeşitli antimikrobiyal etkili maddeler (bakteriyosin vd.), gıdaların bozulmasına neden olan ve insanlarda hastalığa yol açan mikroorganizmalar üzerinde antagonistik etki yaratmaktadır. Dolayısıyla LAB faaliyeti sonucu üretilen fermente gıdalar, insan sağlığı açısından güvenilir gıdalar olarak değerlendirilmektedir. Özellikle probiyotik özellikteki LAB'leri, bağırsak mikrobiyotasının dengesini sağlayarak insan sağlığı üzerinde faydalı etkiler sergilemektedir. *Lactobacillus* türlerinin, bağırsak mukus tabakasına tutunma, kolonize olma ve antimikrobiyal maddeler

retme zellikleri sayesinde konakçı sağlığına olumlu etkiler yaptığı bilinmektedir. Ayrıca, bu özellikler sayesinde probiyotik suşların gastrointestinal sistemde bulunan patojenlerle ve istenmeyen mikroorganizmalarla rekabet etmesi kolaylaşıırken, üretilen bakteriyosin, organik asit, H₂O₂ gibi antimikrobiyal bileşiklerin de antagonistik bir etki yarattığı bildirilmektedir (Boricha et al., 2019; Ünlütürk ve Turantaş, 2021; Compare et al., 2022; Grujović et al., 2022).

Genellikle, süt rnlerinde *Lactococcus* spp., *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp. ve *Streptococcus* spp.; et rnlerinde *Lactobacillus* spp. ve *Pediococcus* spp.; sebze rnlerinde *Lactobacillus* spp.; *Leuconostoc* spp. ve *Pediococcus* spp.; hububat rnlerinde *Lactobacillus* spp. ve şarap retiminde *Oenococcus* spp. tercih edilmektedir. Yapılan alışmalar, LAB'leri tarafından üretilen metabolitlerin (EPS, bakteriyosin, nisin, H₂O₂ vb.) elde edilen son üründe antimikrobiyel etki sağlama, biyolojik kıvam arttırma, biyokoruma gibi avantajlar sağladığı belirlenmiştir (Tokatlı vd., 2012; Kaya, 2013; Alkış, 2016). Bununla birlikte, probiyotiklerin besin kullanılabilirliğini ve antioksidan aktivite değerini arttırdığı, böylece genel anlamda gıda kalitesini iyileştirdiği bilinmektedir. Son yıllarda farklı hammadde, mikroorganizma ve üretim teknikleri kullanılarak üretilen fermente gıdalar ile bu fermente ürünlerin tüketimine olan ilgi artış göstermiştir. LAB fermentasyonu sonucunda üretilen yoğurt, peynir, kefir, soya sosu, zeytin, turşu gibi fermente ürünlerin günlük beslenmede önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir. Fermente rnler arasında yer alan turşu da ülkemizde yaygın bir şekilde tüketilmektedir. Geleneksel olarak et ve süt kullanımıyla üretilen probiyotik içerikli fermente gıdalara alternatif olarak sebze ve meyve içerikli yeni fonksiyonel gıdaların üretimi de gün geçtikçe hız kazanmaktadır (Hutkins, 2008; Kabak and Dobson, 2011; Şengün, 2011; Martins et al., 2013; Panghal et al., 2018; Boricha et al., 2019; Sengun and Guney, 2021).

2.3.2 Sebze fermentasyonlarında starter kültür olarak kullanılan laktik asit bakterileri

Fermentasyonun başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için uygun koşulların sağlanması önem taşımaktadır. Sebzelerin doğal florasında bulunan LAB seviyesi düşük olsa da, diğer faktörler (tuz miktarı, uygun sıcaklık ve anaerobik ortam

koşulları) kontrol edilerek fermentasyon için uygun ortam yaratmak mümkündür. Doğal fermentasyonun yanı sıra starter kültür yardımıyla gerçekleştirilen kontrollü fermentasyon sayesinde, standart kalitede ürün eldesi açısından önemlidir. Doğal fermentasyon uygulamasıyla üretilen sauerkraut, turşu gibi geleneksel fermentasyonlarda da artık starter kültür kullanımıyla kontrollü fermentasyon işlemleri uygulanmaktadır (Erten et al., 2016; Kavitate et al., 2018; Vinicius De Melo Pereira et al., 2020).

Starter kültür kullanımı sayesinde standart bir üretim tekniğinin oluşturulması sonucunda standart bir ürün eldesi mümkün olmakla birlikte son üründe arzu edilen duyuşsal özellikler de elde edilebilmektedir. Ayrıca, istenilen miktarda, daha hızlı ve verimli üretim, biyojen amin oluşumunu baskılama/azaltma, ürünün depolama süresince stabil kalmasını sağlama gibi faktörler de fermente sebze üretiminde starter kültür kullanımıyla sağlanabilecek avantajlar olarak değerlendirilmektedir (Şengün, 2011; Hatti-Kaul et al., 2018; Kandasamy et al., 2018; Rezac et al., 2018; Vinicius De Melo Pereira et al., 2020)

LAB'lerine ait bazı türlerin laktoz intoleransını hafifletmesi, bazı diyare türlerini tedavi edici olması, kanseri önlemesi, bağışıklık sistemini güçlendirmesi gibi probiyotik özellikler sergilediği de belirlenmiştir. Gıdalarla ilişkilendirilen ve starter kültür olarak kullanılan LAB'leri arasında genellikle *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* ve *Pediococcus* türleri yer almaktadır. *Bifidobacterium* ve *Propionibacterium* cinsine ait türler de sıklıkla tercih edilen mikroorganizmalar arasındadır. Starter kültür olarak kullanılan türleri arasında ise genellikle *Lpb. plantarum*, *Lcb. casei*, *L. delbrueckii* subsp. *lactis*, *L. helveticus*, *L. acidophilus*, *Lb. brevis*, *L. fermentum*, *L. sakei*, *L. pentosus*, *L. kefir* yer almaktadır (Rašović, 2017; Çiftçi ve Öncül, 2021). *Pediococcus* cinsine ait türlerin de tuz toleransının yüksek olması, yüksek miktarda asit üretebilmeleri ve gelişebildikleri sıcaklık aralığının geniş olması sayesinde turşu, bira, şarap gibi fermente ürünlerde rol aldığı görülmektedir. Starter kültür olarak kullanılan *Pediococcus* türleri arasında ise genellikle *P. acidilactici*, *P. cerevisiae* ve *P. pentasaceus* yer almaktadır (Erkmen, 2010; Şengün, 2011; Bintsis, 2018).

Laktik asit fermentasyonu, meyve ve sebzelerin korunmasında uzun yıllardır kullanılan bir yöntem olmasının yanı sıra; gıdaların tat, aroma ve yapısında meydana getirdiği değişiklikler ile birlikte farklı gıda ürünlerinin eldesine de imkan veren bir uygulamadır. Biyoteknolojik bir işlem olan laktik asit fermentasyonunun meyve ve sebzelere uygulanmasıyla, bu ürünlerde gıda güvenliği başta olmak üzere ürünün raf ömrü, besin değeri ve duyuşal özellikleri iyileştirilebilmektedir. Fermente sebze ürünleri arasında zeytin, turşu çeşitleri, kimçi ve fermente sebze suları gibi ürünler yer almaktadır. Turşu, fermentasyonun uygulandığı gıdalar arasında önemli bir yere sahiptir (Tokatlı vd., 2012; Çiftçi ve Öncül, 2021; Guney and Gungormusler, 2021).

Turşu üretimi sırasında, hammaddedenin doğal mikroflorasından bulunan LAB'nin şekeri kullanmasıyla laktik asit fermentasyonu gerçekleşmekte ve farklı organoleptik özelliklere sahip bir ürün elde edilmektedir. Çeşitli meyve ve sebzelere laktik asit fermentasyonu uygulanarak farklı turşu çeşitlerinin elde edildiği bilinmektedir. En yaygın üretilen turşu çeşitleri arasında, salatalık, lahana, biber, domates, taze fasulye, patlıcan ve kapari turşuları yer almaktadır. Turşuya işlenen bu meyve ve sebzeler, yapılarında yer alan mineraller, vitaminler, diyet lifleri ve fenolik maddeler gibi bileşenler nedeniyle sağlıklı gıdalar olarak değerlendirilmekte ve fonksiyonel gıda üretiminde önemli rol oynamaktadır (Breidt et al., 2012; Tokatlı vd., 2012; Han et al., 2014; Sáez et al., 2018; Kim et al., 2019b).

Sebze fermentasyonları genellikle spontan olarak yürütülse de, baskın kültür olarak starter kültür kullanımı da uygulanabilmektedir. Bu amaçla çoğunlukla farklı sebze fermentasyonlarından izole edilen türler tekli veya birden fazla suş içeren karışık kültürler kullanılmaktadır. Sebze fermentasyonlarından izole edilen türler arasında genellikle *Leu. mesenteroides*, *Lb. brevis*, *Lpb. plantarum* ve *P. acidilactici* bulunmaktadır (Kandasamy et al., 2018).

Han et al. (2014) tarafından yürütülen çalışmada, doğal olarak fermente edilen Çin lahanasından toplam 34 LAB izole edilmiş ve izole edilen suşlar tekli ve karışık kültür olarak kullanılarak Çin lahanası üretimi gerçekleştirilmiştir. *L. delbrueckii* ve *Lcb. paracasei* türlerinin karışık starter kültür olarak kullanıldığı formülasyonlarda, ürünün daha yüksek şeker içeriği ve daha düşük nitrit içeriğine

sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca karışık kültür ilavesiyle elde edilen ürünün, doğal fermentasyona bırakılan ve tekli starter kültürlerin kullanımıyla elde edilen son üründen daha iyi bir yapıya ve duyuşsal niteliklere sahip olduğu da belirlenmiştir.

Çin turşusu fermentasyonu ile ilgili yapılan başka bir çalışmada, probiyotik starter kültür olarak *Candida* spp. üzerinde antimikrobiyal aktivite gösteren üç farklı LAB kullanılmıştır. Ticari starter kültüre benzer şekilde, *Lpb. plantarum* AT4 ve *Lpb. plantarum* AT28'in turşu üretiminde kullanımı sonucunda fermentasyonun 10 gün sürdüğü, bu ürünlerde AT4 ve AT28 sayısının 6.0-7.0 log KOB/ml seviyelerinde kaldığı ve fermentasyon sonrasında *Candida* üzerinde yüksek inhibisyon etkisi görüldüğü belirlenmiştir. Özellikle, *Lpb. plantarum* AT4 ile fermente edilen turşunun ticari kültür ile üretilen ürünle benzer seviyelerde laktik ve asetik asit üretebildiği ve duyuşsal değerler açısından da kabul edilebilir özelliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, starter kültür olarak kullanılan *Lpb. plantarum* AT4'ün, Çin turşusunun endüstriyel fermentasyonu için probiyotik starter kültür olarak kullanılabileceği belirlenmiştir (Rao et al., 2019).

Du et al. (2018) tarafından yapılan çalışmada, *L. casei* 11MZ-5-1 sauerkraut üretiminde starter kültür olarak kullanılmıştır. *L. casei* 11MZ-5-1 suşu ile üretilen sauerkraut örneklerinin özellikleri incelendiğinde, fermentasyon sırasında pH değerinin starter kültür ilavesi yapılmadan üretilen kontrol örneğinden daha hızlı düştüğü, ürünlerdeki C vitamini değerinin de kontrol örneğinden daha yüksek seviyede bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, *L. casei* 11MZ5-1 ilavesiyle gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen sauerkraut örneklerinin renk, gevreklik, ekşilik, aroma, acılık, koku ve genel kabul edilebilirlik açısından da tüketiciler tarafından daha olumlu karşılandığı belirlenmiştir.

2.4 Fermente Bir Ürün Olarak Turşu ve Bu Konuda Yapılan Çalışmalar

Turşu, “Meyve ve sebzelerin belirli konsantrasyonlarda tuz içeren salamura veya kendi öz suları içinde, LAB tarafından fermente edilmesi veya dışarıdan ilave edilen asit ve ortamdaki tuzun koruyucu etkisi sonucu dayanıklılık kazandırılan bir ürün” olarak tanımlanmaktadır (Aktan vd., 1999). Üretim sırasında kullanılan tuz

konsantrasyonuna bağı olarak, turşuda mikrobiyal aktivitenin seyrini belirlemek, hammaddedeki pektinolitik ve proteolitik aktiviteleri sınırlayarak ürün yapısındaki yumuşamayı kontrol etmek ve ürünün bozulmasının önüne geçmek amaçlanmaktadır. Farklı meyve ve sebze ürünlerinin kullanımı ile farklı çeşitlerde turşu üretimi mümkün olabilmektedir. Türkiye’de en çok tüketilen turşu türleri arasında lahana, salatalık ve biber turşuları yer almaktadır. Ayrıca havuç, kırmızı pancar, acur gibi ürünler de turşu yapımında hammadde olarak kullanılmaktadır (Erginkaya ve Kabak, 2011; Tokatlı vd., 2012).

Meyve ve sebzelerin fermentasyonu işlemi sonucunda üretilen turşu, mikrobiyolojik açıdan oldukça zengin bir içeriğe sahiptir. Kullanılan meyve ve sebzelerin, elde edilen turşunun mikroflorasını ve organoleptik özelliklerini belirlediği bildirilmektedir. Özellikle LAB’lerinin fermentasyonda baskın florayı oluşturduğu ve fermente meyve ve sebze ürünlerinin üretiminde ve muhafazasında önemli rol oynadığı bilinmektedir (Tamminen et al., 2004; Başdoğan, 2020; Rao et al., 2020). LAB’leri, üretmiş oldukları aroma bileşenleri sayesinde fermentasyon sonucu elde edilen ürünlere özgü tat, koku ve doku özellikleri kazandırmaktadır. Laktik asit fermentasyonu sonucunda üretilen turşunun insan sağlığı üzerine etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Düzenli turşu tüketiminin başta bağırsak kökenli rahatsızlıklar olmak üzere astım, cilt problemleri ve çocuklarda görülen bağışıklık sistemi sorunlarını azalttığı, turşu ile birlikte canlı LAB hücrelerinin tüketilmesi sonucunda sağlık üzerine olumlu bu etkilerin arttığı belirlenmiştir (Dursun, 2010; Alan, 2015; Boricha et al., 2019; Sanders et al., 2019). LAB’lerinin ürettiği EPS moleküllerinin, kolesterolü düşürdüğü, immunomodülatör etkisiyle immun reaksiyonları düzenlediği, antitümöral aktivite gösterebildiği vb. birçok olumlu etkilerinin bulunduğu belirtilmektedir (Adesulu-Dahunsi et al., 2018; Tükenmez ve Aslım, 2018; Angelin and Kavitha, 2020).

Geleneksel olarak üretilen turşulardan izole edilen mikroorganizmaların çeşitlilik gösterdiği ve bu çeşitliliğin kullanılan hammadde, fermentasyon koşulları gibi etkilere bağlı olabileceği belirtilmektedir (Di Cagno et al., 2015). Genel olarak turşu fermentasyonunda baskın olduğu bilinen türlerin *Lactiplantibacillus* (*Lpb. plantarum*, *Lb. brevis*), *Leuconostoc* (*Leu. mesenteroides*), *Pediococcus* (*P. pentosaceus*, *P. acidilactici*) ve *Enterococcus* (*E. faecium*, *E. faecalis*) cinslerine ait

olduğu bildirilmektedir (Eom et al., 2007; Pan et al., 2011; Nguyen et al., 2013; Irkin and Songun, 2012; Dündar, 2017; Behera et al., 2020). Bu mikroorganizmalar yüksek tuz ve şeker konsantrasyonlarında canlılıklarını sürdürebilmektedir. Farklı meyve ve sebzelerin kullanımıyla gerçekleştirilen fermentasyon işlemi sonucunda elde edilen turşulardan izole edilen LAB'leri Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3 Dünya genelinde bilinen geleneksel turşuların LAB florası

Fermente ürün	Hammadde	Tanımlanan LAB	Kaynaklar
Almagro	Patlıcan	<i>Lpb. plantarum</i> , <i>Lpb. pentosus</i> , <i>Lb. brevis</i> , <i>L. fermentum</i>	Sánchez and Palop, 2000
Çin turşusu	Börülce, lahana, hardal, tuz	<i>Lpb. plantarum</i>	Li et al., 2015
Gundruk	Yeşil yapraklı sebzeler	<i>Pediococcus</i> spp., <i>Lactobacillus</i> spp., (<i>L. cellobiosus</i> ve <i>Lpb. plantarum</i>)	Mir et al., 2018
Kapari	Kapari	<i>Lpb. plantarum</i>	Pulido et al., 2005
Kimçi	Lahana, turp, sarımsak, yeşil soğan, zencefil, kırmızı biber, hardal, maydanoz, havuç, tuz	<i>Lpb. plantarum</i> , <i>Leu. citreum</i>	Lee et al., 2016
Khalpi	Salatalık, hardal yağı, tuz, toz biber	<i>Lpb. plantarum</i> , <i>Lb. brevis</i> , <i>Leu. fallax</i>	Mir et al., 2018
Salatalık turşusu	Salatalık	<i>Pediococcus</i> spp., <i>Lpb. plantarum</i> , <i>Lpb. pentosus</i>	Pérez-Díaz et al., 2016
Sauerkraut	Lahana	<i>Lpb. plantarum</i> , <i>Leu. mesenteroides</i> , <i>Lb. brevis</i>	Banić et al., 2018
Sichuan	Kırmızı biber, börülce, kırmızı turp	<i>P. ethanolidurans</i> , <i>L. fermentum</i>	Rao et al., 2020
Sunki	Kırmızı şalgam yaprakları	<i>Lpb. plantarum</i> , <i>L. delbrueckii</i> , <i>L. fermentum</i>	Tomita et al., 2018
Salatalık, Lahana ve Hardal turşusu	Salatalık, lahana, hardal	<i>P. pentosaceus</i> , <i>Lpb. plantarum</i> , <i>Lb. brevis</i>	Chiu et al., 2008
Sauerkraut, Kırmızıbiber, Hıyar ve Domates turşusu	Lahana, kırmızı biber, hıyar, domates	<i>Lpb. plantarum</i> , <i>L. pentosus</i>	Karasu, 2006
Lahana, Salatalık, Biber ve Havuç Turşusu	Lahana, salatalık, biber, havuç	<i>L. pentosus</i> , <i>Lpb. paraplantarum</i>	Alan, 2015

Farklı hammaddelerin fermentasyonu sonucunda elde edilen turşulardan izole edilip tanımlanan mikroorganizma türleri içerisinde LAB'lerinin baskın olduğu görülmekte ve dolayısıyla bu türlerin bazılarının “probiyotik” olabileceği düşünülmektedir. Bu kapsamda, turşulardan izole edilen LAB'lerinin probiyotik potansiyelinin incelendiği birçok çalışma yapılmıştır (Karasu, 2006; Ertekin, 2007; Uymaz, 2009; Tokahtı, 2013; Yu et al., 2013; Beganović et al., 2014; Ertekin ve Çon, 2014; Choi and Chang, 2015; Khan and Kang, 2016; Angmo et al., 2016; Lee et al., 2016; Son et al., 2017a; Banić et al., 2018; Başdoğan, 2020; Won et al., 2020; Sengun and Guney, 2021; Bingöl ve Şengün, 2022).

Monika et al. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, Himachal Pradesh geleneksel turşusundan toplam 15 adet LAB'si (*P. pentosaceus*, *Leu. mesenteroides*, *Lpb. plantarum*, *L. lactis*, *E. faecalis* ve *Enterococcus* türleri) izole edilmiş ve bu izolatların probiyotik özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla izolatlara antimikrobiyal aktivite, antibiyotik duyarlılığı, EPS üretimi, hemolitik aktivite, β -galaktosidaz aktivitesi, fitaz aktivitesi, proteolitik aktivite, β -glukosidaz aktivitesi ve amilaz aktivitesi testleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda izolatların hemolitik aktivite göstermediği, EPS üretebildiği ve antimikrobiyal aktivite gösterdiği tespit edilmiş, ayrıca izolatların antibiyotiklere karşı duyarlı olduğu ve β -galaktosidaz, β -glukosidaz, proteaz ve amilaz enzim aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Oral (2015) tarafından yürütülen çalışmada, turşu suyundan izole edilen *Lb. brevis*'in probiyotik özellikte olup olmadığı incelenmiştir. Bu kapsamda, antibiyotik duyarlılık, düşük pH değeri ve pepsin konsantrasyonuna direnç, pankreatin ve safra tuzuna direnç ve hemolitik aktivite bakımından incelenen izolatın probiyotik özellikte olmadığı belirlenmiştir. Zielinska et al. (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, geleneksel olarak fermente edilen lahana ve salatalık turşusundan izole edilen mikroorganizmaların probiyotik özelliklerini belirlemek amacıyla gastrointestinal koşullara direnç, farklı safra tuzu konsantrasyonlarında ve %0,4 (h/h) fenol varlığında gelişebilme, safra tuzu hidrolizi (BSH) ve hücre yüzey hidrofobisite testleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen 38 izolattan 14'ü *Lactiplantibacillus* spp. olarak tanımlanmış ve izolatların %26'sının gastrointestinal koşullar altında canlılıklarını sürdürebildiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte izolatların %10'unun pH 2,5 ve 3,5 değerlerinde, tüm izolatların ise pH 1,5'te canlılığını sürdüremediği tespit

edilmiştir. Ayrıca, izolatların %81-94'ünün %0,2 safra tuzunda, %59-94'ünün %2 ve %4 safra tuzunda canlı kaldığı, tüm izolatların ise %0,4 fenol varlığında gelişebildiği belirlenmiştir. Çalışmada *L. johnsonii* K4 ve *L. rhamnosus* K3 olarak tanımlanan suşların, %60'ın üzerinde hidrofobik özellik (bağırsak epitel hücrelerine tutunma kabiliyetine aracılık eden fizikokimyasal bir özellik) gösterdiği belirlenmiştir. Angmo et al. (2016) tarafından yapılan araştırmada ise fermente peynir, turşu ve biradan izole edilen 25 adet LAB izolatı arasında *Lpb. plantarum* KJ722784 suşunun probiyotik özellik gösterdiği ve referans suş olarak kullanılan *L. casei* Shirota ile benzer özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Rao et al. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, geleneksel Çin turşusundan iki farklı LAB'si izole edilmiş ve bu izolatların %0,1 ve %0,3 safra tuzu varlığında canlılığını sürdürebildiği, *Lpb. plantarum* AT4'ün %0,5 safra tuzunda canlılığını sürdürdüğü, *Lpb. plantarum* AT282'in ise %0,5 safra tuzu varlığında sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, *Lpb. plantarum* AT4'ün probiyotik potansiyelinin olabileceğini ortaya koymuştur. Tokatlı et al. (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, farklı hammaddeler kullanılarak üretilen turşu ve salamura örneklerinden elde edilen izolatlara, probiyotik özelliklerini belirlemek amacıyla, pH 2,5'te gelişebilme, safra tuzuna dayanıklılık, safra tuzlarını dekonjüge etme, pepsin ve pankreatin varlığında gelişebilme, antibiyotiklere direnç, kolesterol asimilasyon ve hücre yüzey hidrofobisite testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 39 izolattan 25'inin (21 adet *Lpb. plantarum*, 11 adet *Pediococcus ethanolidurans* ve 7 adet *Lb. brevis*) pH 2,5'te canlı kalabildiği, özellikle *Lpb. plantarum* ve *Lb. brevis* türlerinin pH 2,5'te canlılıklarını diğer izolatlara oranla daha iyi koruyabildiği tespit edilmiştir. Wang et al. (2010) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise Tayvan'a özgü lahana turşusundan elde edilen izolatlar fenotipik olarak tanımlanmış ve izolatların probiyotik potansiyellerinin incelenmesi amacıyla simüle mide suyuna tolerans, safra tuzu toleransı, *in vitro* tutunma, β -galaktosidaz aktivitesi, antimikrobiyal aktivite ve antibiyotiklere duyarlılık testleri uygulanmıştır. Çalışma kapsamında *Lpb. plantarum* olarak tanımlanan izolatların probiyotik potansiyeli olduğu ve referans suş *Lpb. rhamnosus* GG ile benzer özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir. Ragul et al. (2020) tarafından yapılan çalışmada ise mango turşusundan elde edilen *Bacillus* cinsine ait 3 izolatın probiyotik özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir. Kim et al. (2019a) tarafından

yürütülen çalışmada, kimçiden izole edilen *Lb. brevis* ve *P. acidilactici*'ye, probiyotik potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla asit ve safra tuzuna dayanıklılık, intestinal epitel hücrelerine tutunma, otoagregasyon ve koagregasyon testleri uygulanmıştır. Çalışmada *Lb. brevis* ve *P. acidilactici*'nin bağırsak epitel hücrelerinden geçtikten sonra canlı kalarak tutunduğu, burada bakteriyosin üretebildiği ve dolayısıyla potansiyel bir probiyotik olabileceği belirtilmiştir. Song et al. (2020) tarafından yapılan bir diğer çalışmada da kimçiden izole edilen *Lb. brevis* B13-2'nin probiyotik potansiyeli araştırılmıştır. Çalışma kapsamında izole edilen suşun safra ve gastrik suya dayanıklılığı ve HT-29 hücrelerine tutunma özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca *Lb. brevis* B13-2 suşunun antioksidan kapasitesinin kontrol olarak kullanılan *Lpb. rhamnosus* GG suşundan daha yüksek olduğu yönünde elde edilen veriler sonucunda, izole edilen bu suşun potansiyel bir probiyotik olabileceği belirtilmiştir. Karasu (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, probiyotik potansiyeli taşıyan LAB'lerinin izolasyonu amacıyla farklı işletme ve evlerden toplanan turşu örneklerinin kimyasal, mikrobiyolojik özellikleri incelenmiş ve bu örneklerde antimikrobiyal aktiviteye sahip LAB'nin izolasyonu ve tanınması gerçekleştirilmiştir. *Lpb. plantarum* ve *L. pentosus* olarak tanımlanan bu izolatların probiyotik özelliklerini belirlemek amacıyla safra ve gastrik suya, antibiyotige, alkole ve liyofilizasyona dayanıklılıkları, hidrofobisite değerleri ve farklı pH değerlerinde ve tuz konsantrasyonlarında gelişme özellikleri incelenmiştir. Tüm bu testler sonucunda *Lpb. plantarum* â ait dört suşun ve *L. p e n t a o a i s* bir suşun potansiyel bir probiyotik starter kültür özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Touret et al. (2018) tarafından yapılan çalışmada fermente lahana turşusundan LAB izolasyonu yapılmıştır. Toplam 114 izolatın fenotipik ve genotipik karakterizasyonu sonucunda izolatlardan %52'sinin *Lactobacillus* cinsine, %33'ünün ise *Leuconostoc* cinsine ait olduğu ve bu izolatların güvenlik ve probiyotik özellik açısından potansiyel birer probiyotik olabilecekleri belirlenmiştir. Çetin vd. (2017) tarafından yürütülen çalışmada 53 turşu örneğinin mikrobiyolojik ve bazı kimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen 305 izolatın fenotipik ve probiyotik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen analizler sonucunda mide ve safra tuzuna direnci olduğu belirlenen suşların çoğunlukla *Lb. brevis* türüne ait olduğu ve bu suşların potansiyel probiyotik olabileceği belirtilmiştir. Niu et al. (2019) tarafından yapılan çalışma kapsamında

biber turşusundan izole edilen *Lpb. plantarum* SK 1305 suşunun probiyotik potansiyeli araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda *Lpb. plantarum* SK 1305'in asitliğe ve safra tuzuna toleranslı olduğu, laktik asit üretimi gerçekleştirebildiği, antibakteriyel aktivite ve tutunma özelliklerine sahip olması dolayısıyla potansiyel bir probiyotik olabileceği belirlenmiştir. Bayrak (2019) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, turşudan izole edilen 92 adet LAB izolatının probiyotik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla simüle mide ortamına direnç ve safra tuzlarına tolerans testleri yapılmış ve bu izolatların %32,6'sının mide ve safra bariyerini geçebildiği belirlenmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca bu izolatlar arasında yer alan *Lpb. plantarum* RN107 ve *Lpb. plantarum* RN154 olarak tanımlanan kültürlerin insan kolon kanser hücrelerine tutunma yetenekleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre RN107 ve RN154 suşlarının potansiyel probiyotik olabilecekleri belirtilmiştir. Özkan (2020) tarafından yapılan çalışmada geleneksel olarak üretilen turşulardan izole edilen *Lpb. plantarum* suşlarının probiyotik potansiyelinin belirlenmesi amacıyla izolatların düşük pH, pepsin, pankreatin ve safra tuzlarına karşı direnç özellikleri incelenmiş ve Y25 kodlu izolatın probiyotik özellikte olduğu tespit edilmiştir.

2.4.1 Salatalık turşusu

Turşu üretimi sırasında salamuradaki tuz konsantrasyonu, fermentasyonun seyri ve elde edilen son ürünün kalitesini etkileyen önemli bir kriterdir. Salamuradaki tuz konsantrasyonu çok yüksek olduğunda elde edilen turşuların sert bir yapıda olduğu görülmektedir. Bazı mikroorganizmaların yüksek tuz konsantrasyonunun neden olduğu ozmotik basınç altında gelişemediği ve bu nedenle fermentasyonun geç başladığı veya engellendiği bildirilmiştir (Karasu, 2006; Minh, 2019; He et al., 2021)

Salatalık turşularının fermentasyonunda rol oynayan türler arasında *Lactobacillus* (*Lb. brevis*, *Lpb. plantarum*), *Pediococcus* (*P. pentosaceus*, *P. cerevisiae*) ve *Leuconostoc* olduğu bildirilmektedir (Zielińska et al., 2015). Ortamda bulunabilecek *Saccharomyces* spp. ise alkol üreterek turşuda istenmeyen özelliklere neden olmaktadır. *Hansenula*, *Torulaspora*, *Torulopsis*, *Brettanomyces*, *Zygosaccharomyces* gibi oksidatif mayalar, salamura yüzeyinde açık/koyu renkli,

ince/kalın ve kolay parçalanan bir zar yapısı oluşturmaktadır. Bu mayalar aynı zamanda ortamdaki şekeri de kullandıkları için fermentasyonda görev alan LAB'lerinin gelişiminin yavaşlamasına neden olmakta ve üretilen laktik asitin azalmasına da yol açmaktadır. Ortamda asitliğin azalması sonucunda bozulma yapan birçok mikroorganizmanın gelişimi söz konusu olmaktadır. Mayalar, turşuda koku oluşumuna neden oldukları gibi salgıladıkları pektolitik enzimlerle de ürünün yumuşamasına neden olmaktadır. Bozuk turşulardan izole edilen maya türleri arasında *Torulopsis caroliniana*, *T. holmii*, *T. candida*, *Torulaspora resei*, *Brettonomyces versatilis*, *B. sphaericus*, *Hansenula subpelliculosa*, *Kloeckera magna*, *Candida krusei*, *C. lambica*, *Debaryomyces membranaefaciens* var. Holl ve *D. marama* bulunmaktadır (Yıldız, 2011; Gözütok, 2013; Ünlütürk ve Turantaş, 2021).

Salatalık turşusu fermentasyonunda salamuranın asitliğinin azalması durumunda, *Enterobacter* türleri ortamda çoğalarak üründe istenmeyen tat ve aroma oluşmasına neden olmakta ve turşu örneklerinin yumuşamasına yol açmaktadır. *Enterobacter aerogenes* ve *E. cloacae*, %0,15 asetik asit veya %0,20 laktik asit konsantrasyonlarında gelişemediklerinden, fermentasyon sırasında laktik asit miktarının artmasına bağlı olarak inaktive olmaktadır. Bu nedenle, salamura başlangıçta asetik asit ilavesi veya fermentasyon süresince tuz oranının uygun düzeyde tutulması ile, ortamda kısa sürede baskın florayı LAB'lerinin oluşturması sağlanmaktadır. Ayrıca, ortamda bulunan tuz, istenmeyen Gram negatif bakterileri inhibe etmekte, ayrıca salatalık dokusundaki su ile birlikte suda çözünen şeker gibi maddelerin de ortama difüze olmasını sağlamaktadır. LAB'lerinin çok yüksek tuz konsantrasyonlarında gelişiminin yavaşladığı gözlenirken, *Enterobacter* türlerinin yüksek tuz konsantrasyonlarında gelişebildiği bilinmektedir. Bu nedenle salatalık turşularında ideal tuz oranının sağlanması ve stabil tutulması son ürünün mikrobiyal kalitesi ve duyu özellikleri açısından önem taşımaktadır. Serin iklimlerde ve starter kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyonlarda %5-%6 düzeylerindeki tuz konsantrasyonlarının ideal olduğu belirtilmektedir (Franco and Pérez-Díaz, 2012; Medina-Pradas et al., 2017; Ünlütürk ve Turantaş, 2021).

Salatalık turşularında görülen ve şişme olarak bilinen bozulma tipi, salatalıkların iç kısımlarında boşluklar oluşması olarak bilinmektedir. Bu tür

bozulmalara *Enterobacter* türlerinin yanı sıra heterofermentatif LAB'lerinin de neden olduğu görülmektedir. Bu bozulma türü, mikroorganizmaların salatalığın iç kısımlarına ulaşması sonucunda bu bölgede CO₂ üretilmesi ve üretilen CO₂'in iç bölgede toplanarak dışarı atılamamasından kaynaklanmaktadır. Dokuların solunumu, malolaktik fermentasyon veya şekerin heterofermantatif yolla parçalanması gibi olayların sonucunda CO₂'in üretildiği bilinmektedir. Kontrollü fermentasyon uygulamasıyla üretilen salatalık turşularında gaz oluşumu *Lpb. plantarum* ve *Lb. brevis* gibi homofermantatif kültürlerin kullanımıyla engellenebilmektedir. Bunun yanı sıra, fermentasyon esnasında düzenli aralıklarla azot gazının ortama verilmesiyle de CO₂ uzaklaştırılabilmektedir (Kazancı, 2008; Güler, 2020; Ünlütürk ve Turantaş, 2021).

Pektolitik enzim üreten bazı bakterilerle birlikte *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* ve *Alternaria* cinslerine ait türlerin de turşularda yumuşamaya yol açtığı bilinmektedir. Bu etkenlerin yanı sıra, salatalıklarda bulunan çiçeklerin de pektolitik enzim içerdiği, bu çiçeklerin fermentasyon başlangıcında ayıklanarak uzaklaştırılması gerektiği bildirilmektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 2021).

2.4.2 Sauerkraut

Sauerkraut, salamura ilave edilmeden, genellikle yapraklarında doğal olarak taşıdıkları LAB'leri sayesinde ve tuz kullanılarak üretilen susuz lahana turşusu olarak bilinmektedir. Sauerkraut fermentasyonunda *Leu. mesenteroides*, *P. cerevisiae*, *Lpb. plantarum* ve *Lb. brevis*'in baskın olduğu bilinmektedir. Üretimde kullanılan tuz, turşunun kendine özgü tat ve aroma kazanmasını sağlamaktadır. Genellikle 18-20°C'de gerçekleştirilen fermentasyonun uygun bir şekilde tamamlanabilmesi ve son ürünün mikrobiyal kalite ve duyusal özelliklerinin olumsuz yönde etkilenmemesi için kullanılan tuz miktarına dikkat edilmesi gerekmektedir (Di Cagno et al., 2015; Medina-Pradas et al., 2017).

Sauerkraut üretiminde kullanılacak tuz oranının %2-%3 aralığında olması gerekmektedir. Düşük tuz (<%2) konsantrasyonlarında gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda üründe koliform grubu bakteriler ya da bozulmaya neden olan diğer mikroorganizmaların geliştiği ve örneklerde yumuşamanın meydana

geldiği görülmektedir. Yüksek tuz (>3) konsantrasyonlarında ise, fermentasyonda rol alan LAB'lerinin gelişiminin engellendiği bilinmektedir. Bu nedenle sauerkraut fermentasyonunda ideal tuz oranının %2,25-%2,5 düzeyinde olduğu belirtilmektedir (Khanna, 2019; Ünlütürk ve Turantaş, 2021).

Susuz lahana turşusunda kullanılan tuz sayesinde, lahanada bulunan mevcut suyun ozmoz yoluyla ekstrakte edilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca, *Pseudomonas* gibi doğal mikroflorada bulunan ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalar inhibe edilmekte, ortamda LAB'lerinin baskın duruma gelmesi sağlanmaktadır. Tuz sayesinde lahananın yapısında bulunan suyun ozmoz gerçekleşmekte, bu durum, son üründe doku, renk gibi duyuşal özelliklerin korunmasını sağlamakta ve yumuşamaya neden olan endojen pektolitik enzimlerin aktivasyonunu engellemektedir (Wolkers-Rooijackers et al., 2013; Tokatlı vd., 2019).

Lahana turşusu, hammaddenin uygun olmaması, yetersiz uygulamalar veya olumsuz depolama koşulları nedeniyle kolayca bozulabilmektedir. Bozulma nedenleri arasında yetersiz laktik asit oluşumu, bütirik asit oluşumu, pektolitik parçalanmalar, renk bozulmaları, acılaşma, yumuşama ve sünme yer almaktadır. Yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen hızlı fermentasyon işlemi sonucunda, turşu ürünlerinde istenmeyen doku ve aromalar ortaya çıkabilmekte, başta maya ve küfler olmak üzere, istenmeyen tat ve kokudan sorumlu metabolitler üreten aerobik mikroorganizmaların gelişimine de neden olmaktadır. Maya ve küf gelişiminin gerçekleştiği lahana turşusunda ortaya çıkan çiğ lahana aromasının nedeninin yüksek ester içeriği olduğu, var olan laktik asit miktarının da bozulma görülmeyen ürünlere kıyasla daha düşük olduğu belirtilmektedir (Satora et al., 2020; Ünlütürk ve Turantaş, 2021).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Turşu üretiminde kullanılmak üzere İzmir'de yerel bir satıcıdan temin edilen beyaz lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*.) ve salatalık (*Cucumis sativus* L.),

farklı formülasyonlarda turşu örneklerinin hazırlanması amacıyla kullanılmıştır. Üretilen turşu örnekleri fermentasyon süresince (15 gün) 20-25°C’de tutulduktan sonra 4°C’de 6 hafta depolanmıştır.

3.1.1. Turşu üretiminde kullanılacak sebzelerin hazırlanması

Turşu üretiminde kullanılmak üzere yerel bir satıcıdan temin edilen taze lahana ve salatalık Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, Gıda Mikrobiyolojisi Araştırma Laboratuvarına getirilmiştir. Üretimden önce sebze örneklerinden kaba kirlerin uzaklaştırılması amacıyla sebzeler ayıklanmış ve çeşme suyu ile yıkanmıştır, ürün üzerindeki fazla su mutfak tipi santrifüj ile uzaklaştırılmıştır. Daha sonra soyma ve dilimleme işlemlerine tabi tutulan sebzeler %10 (h/h) sirke içeren su ile 15 dakika süre ile dezenfekte edilmiş ve süre sonunda farklı turşu formülasyonlarının hazırlanması amacıyla kullanılmıştır.

3.1.2. Probiyotik potansiyeli belirlenmiş kültürlerin aktivasyonu

Turşu üretimi, daha önceki tez çalışması kapsamında probiyotik özellikleri (farklı pH, sıcaklık ve tuz değerlerinde gelişim, safra tuzuna tolerans, antimikrobiyal aktivite, %0,4 (h/h) fenole dayanıklılık, pepsin ve pankreatin varlığında gelişim, antibiyotiklere karşı direnç, hemolitik aktivite, proteolitik aktivite ve β -Galaktosidaz aktivitesi, safra tuzu hidrolizi aktivitesi (BSH), antioksidan aktivitesi ve yüzey hidrofobisitesi belirlenen *Lpb. plantarum*, *Lb. brevis*, *P. parvulus* ve *Lentilactobacillus parabuchneri* kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Başdoğan, 2020). Çalışma kapsamında kullanılan kültürlerin özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Ticari bir probiyotik kültür olan *Lpb. plantarum* 299v (ProVia, İsveç) ise turşu üretiminde pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. Kültürlerin aktivasyonu için Man Rogosa and Sharp Broth (MRS, pH 6.2±0.2, Merck, VM040261) (%10, v/v) kullanılmış ve 37°C’de 18 sa. inkübe edilen kültürler turşu üretiminde kullanılmıştır. Kültürler turşu üretiminde kullanılmadan önce 4°C’de 10 dakika boyunca 4500 rpm’de santrifüjlenmiş (Hettich GmbH & Co. KG, 78,532, Tufflingen, Germany), süpernatant atıldıktan sonra pelet iki kez fizyolojik tuzlu su (FTS, %0,85 NaCl) ile yıkanmış ve hazırlanan turşu örneklerine %1 (h/h) konsantrasyonda ilave edilmiştir.

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan kültürlerin probiyotik özellikleri

Uygulanan testler			<i>L.</i> <i>parabuchneri</i> GL3	<i>Lpb.</i> <i>plantarum</i> HL4	<i>P.</i> <i>parvulus</i> HL14	<i>Lb.</i> <i>brevis</i> CL17
Farklı pH Değerlerinde Gelişim	96 saat sonra	2	-	-	-	-
		3	-	-	+	+
		4	+	+	+	+
Farklı Sıcaklıklarda Gelişim	96 saat sonra	10 °C	+	-	-	-
		25 °C	+	+	+	+
		45 °C	-	-	-	-
Safra Tuzuna Tolerans	%	%0,3	168,73	-	135,21	107,09
		%1	92,55	-	100,98	102,28
Farklı Tuz Konsantrasyonlarında Gelişim	96 saat sonra	%1,5	+	+	+	+
		%10	-	-	+	+
Antimikrobiyal Aktivite Zon Çapı (mm)	<i>Listeria monocytogenes</i>		12	24	6	6
	<i>Staphylococcus aureus</i>		16	25	10	12
	<i>Escherichia coli</i>		14	17	6	12
	<i>Escherichia coli</i> O157:H7		15	18	10	12
	<i>Salmonella</i> Typhmurium		11	19	6	9
	<i>Bacillus cereus</i>		6	19	6	6
	<i>Enterococcus faecalis</i>		6	21	6	6
Fenol Varlığında Gelişim	log(KOB/ml)	0. saat	<2	*	7,48	9,41
		4. saat	<2	6	<2	8,18
Pankreatin Varlığında Gelişim	log(KOB/ml)	0. saat	4	6,58	6,75	6,72
		6. saat	5,67	6,47	5,2	6,72
Pepsin Varlığında Gelişim	log(KOB/ml)	0. saat	6,68	6,8	6,9	6,79
		4. saat	6,86	6,3	4,3	6,53
Antibiyotiğe Karşı Direnç	Zon ölçümü (mm)	AMP	26	-	20	12
		E	30	25	22	22
		K	-	-	-	-
		C	30	23	24	20
		CN	-	-	-	-
Hemolitik Aktivite			γ	γ	γ	γ

Proteolitik Aktivite (mg/ml tirozin)		0,07145	0,05085	0,02135	0,0798
Safra Tuzu Hidrolizi Aktivitesi (BSH)		+	+	+	+
Yüzey Hidrofobisitesi (%)	Ksilen	91,015± 0,075	95,445± 0,006	95,677± 0,005	73,53± 0,033
	Etilasetat	74,505± 0,212	87,11± 0,018	87,58± 0,014	19,46± 0,102

'*' Sayılamayacak kadar çok olanları ifade eder.

'γ' Hemolitik olmayan suşları ifade eder.

AMP: ampisilin; E: eritromisin; K: kanamisin; C: kloramfenikol; CN: gentamisin

3.1.3. Probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu üretimi

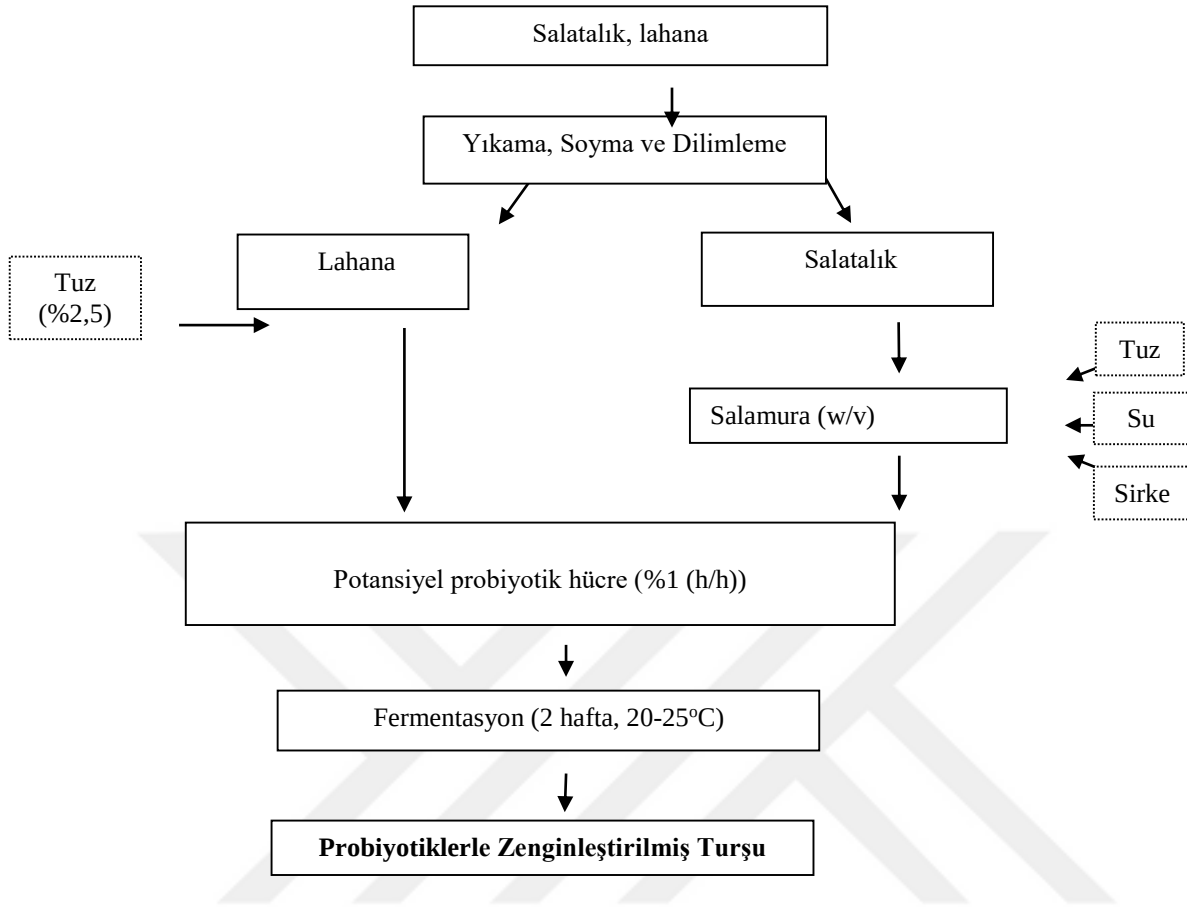
Çalışma kapsamında salatalık turşusu ve sauerkraut üretimi gerçekleştirilmiştir. Turşu üretimi, probiyotik potansiyeli belirlenmiş olan 4 farklı kültürün (*Lpb. plantarum*, *Lb. brevis*, *P. parvulus* ve *L. parabuchneri*) tek tek ve eşit oranlarda (1:1 oranında) dörtlü karışım olarak 10^{11} KOB/g seviyesinde karıştırılıp turşu formülasyonuna %1 oranında ilave edilmesiyle gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.2). Ayrıca çalışmada pozitif kontrol grubu olarak *Lpb. plantarum* 299v ilavesiyle üretimi gerçekleştirilen turşular (PK1 ve PK2) kullanılmıştır. Kültür ilave edilmeden doğal fermentasyon ile üretilen turşu örnekleri (NK1 ve NK2) ise negatif kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir (Tablo 3.3). Salatalık turşusu örneklerinde %6 oranında tuz ve %1 oranında %4-5 asetik asit içeren üzüm sirkesi ilavesi; sauerkraut üretiminde ise %2,5 oranında tuz ilavesiyle turşu üretimi yapılmıştır. Bu kapsamda toplam 14 adet turşu üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu tez kapsamında turşu üretimi iki tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve analizler 3 tekerrür ve iki paralel olarak yapılmıştır.

Tablo 3.2 Probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu formülasyonları

İçerik	Sauerkraut	Salatalık Turşusu	Kaya tuzu	Su	Sirke	<i>Lpb. plantarum</i>	<i>Lb. brevis</i>	<i>P. parvulus</i>	<i>L. parabuchneri</i>
TS1	-	X	X	X	X	X	-	-	-
TS2	-	X	X	X	X	-	X	-	-
TS3	-	X	X	X	X	-	-	X	-
TS4	-	X	X	X	X	-	-	-	X
TS5	-	X	X	X	X	X	X	X	X
TL1	X	-	X	-	-	X	-	-	-
TL2	X	-	X	-	-	-	X	-	-
TL3	X	-	X	-	-	-	-	X	-
TL4	X	-	X	-	-	-	-	-	X
TL5	X	-	X	-	-	X	X	X	X

Tablo 3.3 Pozitif ve negatif kontrol gruplarına ait turşu formülasyonları

İçerik	Sauerkraut	Salatalık Turşusu	Kaya tuzu	Su	Sirke	<i>Lpb. plantarum</i> 299v
PK1		X	X	X	X	X
PK2	X		X			X
NK1		X	X	X	X	-
NK2	X		X			-



Şekil 3.1. Probiyotiklerle Zenginleştirilmiş Turşu Üretim Akış Şeması

Probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu üretimi Şekil 3.1’de verilen yönteme göre yapılmıştır. Fermentasyon süresi ürünün toplam asit miktarına (en az %0,5, en çok %4, TS 11112; TS 4200) göre belirlenmiştir. Üretimi gerçekleştirilen probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu örnekleri depolama süresince 4°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.1 Mikrobiyolojik analizler öncesi örnek hazırlığı

Örneklerin 1. dilüsyonu %0,1 Peptonlu Su (PW, pH 7,0±0,2, Oxoid, CM0009) kullanılarak hazırlanmıştır. Bu kapsamda 25 g örnek (sebze ve suyu) 225

ml PW (%0,1) içerisine aktarılarak stomacher'da (Stomacher Lab-Blender 400, Seward Medical, London, UK) homojenize edilmiştir. Elde edilen gıda homojenatının diğer dilüsyonları PW (%0,1) kullanılarak hazırlanmış ve uygun dilüsyonlardan petrilere paralel ekimler yapılmıştır.

3.2.2. Probiyotik sayımı

Probiyotik sayımı için uygun dilüsyonlardan, içerisine 4 µg/ml eritromisin (Carl Roth, 4166.1, Almanya) ilave edilmiş Man Rogosa and Sharp Agar (MRS, pH 6,2±0,2, Merck, VM040261) besiyerine dökme plak yöntemine göre çift katlı ekim yapılmış ve petriler 30°C'de 3-5 gün inkübasyona bırakılmıştır (Sharpe et al., 1966; Pan et al., 2011).

3.2.3. Küf ve maya sayımı

Küf ve maya sayısının belirlenmesi amacıyla uygun dilüsyonlardan %10'luk tartarik asitle (Merck KGaA, Darmstadt, Germany, Art-802) asitlendirilmiş Potato Dextrose Agar (PDA, pH 5,6±0,2, Oxoid, CM0139) besiyerine yayma plak yöntemine göre ekim yapılmış ve petriler 25°C'de 3-5 gün inkübe edilmiştir (FDA-BAM, 2001).

3.3. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.3.1. pH

Örneklerin pH değerleri, pH metre (Nel Mod 821) ile ölçülmüştür (AOAC, 2007).

3.3.2. Toplam asitlik

Örneklerin toplam asitlik değerleri titrimetrik yöntemle tayin edilmiş ve sonuçlar % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir (AOAC, 2007). Bu kapsamda, 5 ml örnek üzerine 10 ml saf su ve 2-3 damla %1'lik fenolftaleyn (Merck, Germany)

indikatörü ilave edilmiş, 0,01 N NaOH (Merck, Germany) çözeltisiyle hafif pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan NaOH miktarı kaydedilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$N = \frac{0,00585 \times V}{m} \times 100$$

N: NaOH normalitesi (0.1 N)

V: Harcanan (0.1N) NaOH miktarı (ml)

F: NaOH faktörü

mEq: Laktik asidin mili ekivalen ağırlığı (g) (0,09g)

G: Alınan örnek miktarı (g veya ml)

3.3.3. Tuz tayini

Turşu örneklerinin tuz miktarı, Mohr yöntemi esas alınarak belirlenmiştir (Kirk and Sawyer, 1991). Homojen hale getirilen 10 g örnek üzerine 1 ml K_2CrO_4 eklenmiş ve 0,1 N $AgNO_3$ ile kiremit kırmızısı renk gözlemleninceye kadar titrasyon yapılmıştır. Alınan süzüntü miktarı kadar saf su ile aynı işlemlerle kör (şahit) deneme yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

1 ml 0,1 N $AgNO_3$ 0,00585 g NaCl nötralize eder.

$$\%Tuz (g) = [(0,00585 \times V) / m] \times SF \times 100$$

V= Harcanan $AgNO_3$ çözeltisinin hacmi (ml)

N= Ayarlanan $AgNO_3$ çözeltisinin derişimi

m = Alınan numune miktarı (g)

SF= Seyreltme faktörü

3.3.4. Antioksidan aktivite testleri

Tez kapsamında üretimi gerçekleştirilmiş probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu örneklerinin antioksidan aktiviteleri iki farklı yöntem kullanılarak belirlenmiştir:

DPPH yöntemi

Singh et al. (2002) belirlediği DPPH yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. 0,1 mM DPPH stok çözeltisi hazırlamak için 0,00394 g DPPH tartılıp 100 ml metanolde çözündürülmüştür.

5 ml 0,1 mM DPPH solüsyonu ile 0.1 ml örnek homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. Karanlık bir odada 15 dakika inkübasyonun ardından, çift ışık yollu spektrofotometrede (Agilent Technologies, Carry60 UV-Visible) 517 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuş ve sonuçlar aşağıda verilen formüle göre hesaplanarak % absorbans olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Abs (\%)} = [(A_k - A_ö) \times 100] / A_k$$

A_k: kontrol absorbans değeri,

A_ö: örnek absorbans değeri

ABTS yöntemi

Örneklerin antioksidan aktivitelerini belirlemek amacıyla Re et al. (1999) tarafından geliştirilen spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. ABTS⁺ stok çözeltisini hazırlamak için 2,45 mM amonyum persülfat, 7 mM ABTS çözeltisine ilave edilmiş ve karışım oda sıcaklığında 12-16 saat karanlıkta bekletilmiştir. Daha

sonra elde edilen karışım, absorbans değeri $0,70 \pm 0,02$ olacak şekilde ayarlanmak üzere %96'lık etanol ile seyreltilmiştir. 0,3 ml örnek üzerine 3 ml ABTS⁺ çözeltisi eklenerek elde edilen yeni karışım, oda sıcaklığında 6 dakika boyunca karanlıkta bırakılmıştır. Çift ışık yollu spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbans değerleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilen formüle göre hesaplanarak % absorbans olarak ifade edilmiştir.

$$\text{ABTS}^+ (\%) = [(A_c - A_s) \times 100] / A_c$$

A_c : ABTS⁺ çözeltisine ait absorbans değeri

A_s : Örneğe ait absorbans değeri

3.3.5. Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2013). 100 ml'lik bir balon jojenin içerisine 5 ml Folin-ciocalteu ile birlikte 1 ml örnek eklenmiş ve karıştırılmıştır. 3 dakikalık bekleme süresinin ardından balon jojeye 10 ml %10'luk sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra, balon joje saf su ile 100 ml göstergesine kadar tamamlanmış, homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır ve karanlık bir odada 90 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda çift ışık yollu spektrofotometrede 720 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuş ve sonuçlar gallik asit eşdeğeri (mg GAE/L) olarak ifade edilmiştir.

3.3.6. Renk analizleri

Renk analizleri Kramer and Twigg (1984)'de belirtilen yöntemle HunterLab Colorflex (CFLX 45–2 Model Colorimeter, HunterLab, Reston) renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk ölçüm cihazı, ölçüm öncesi beyaz ve siyah standart levhaların kullanımı ile kalibre edilmiştir. Örneklerin L^* (parlaklık), a^*

(kırmızılık), b^* (sarılık) ve DE^* değerleri belirlenmiş, her örnek için dört ölçüm yapılmış ve her örnek grubundan 3 örnek değerlendirilmiştir.

3.4. Duyusal Değerlendirme

Bu çalışma kapsamında üretilmiş olan probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu örneklerinin renk, görünüm, lezzet, koku, sertlik ve genel beğeni özellikleri hedonik test uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirme panelleri Ege Üniversitesi Duyusal Test Laboratuvarında yapılmıştır. Bu amaçla E.Ü. Gıda Mühendisliği Bölümü personel ve öğrencilerinden 10 kişilik bir panel grubu oluşturulmuş ve panelistlere değerlendirilecek ürün çeşitleri ile ilgili olarak eğitim verilmiştir. Yarı eğitilmiş panelistler, kendilerine sunulmuş olan örnekleri 9 puanlık hedonik testi uygulayarak değerlendirmişlerdir (Altug and Elmaci, 2005).

3.5. İstatistiksel Değerlendirme

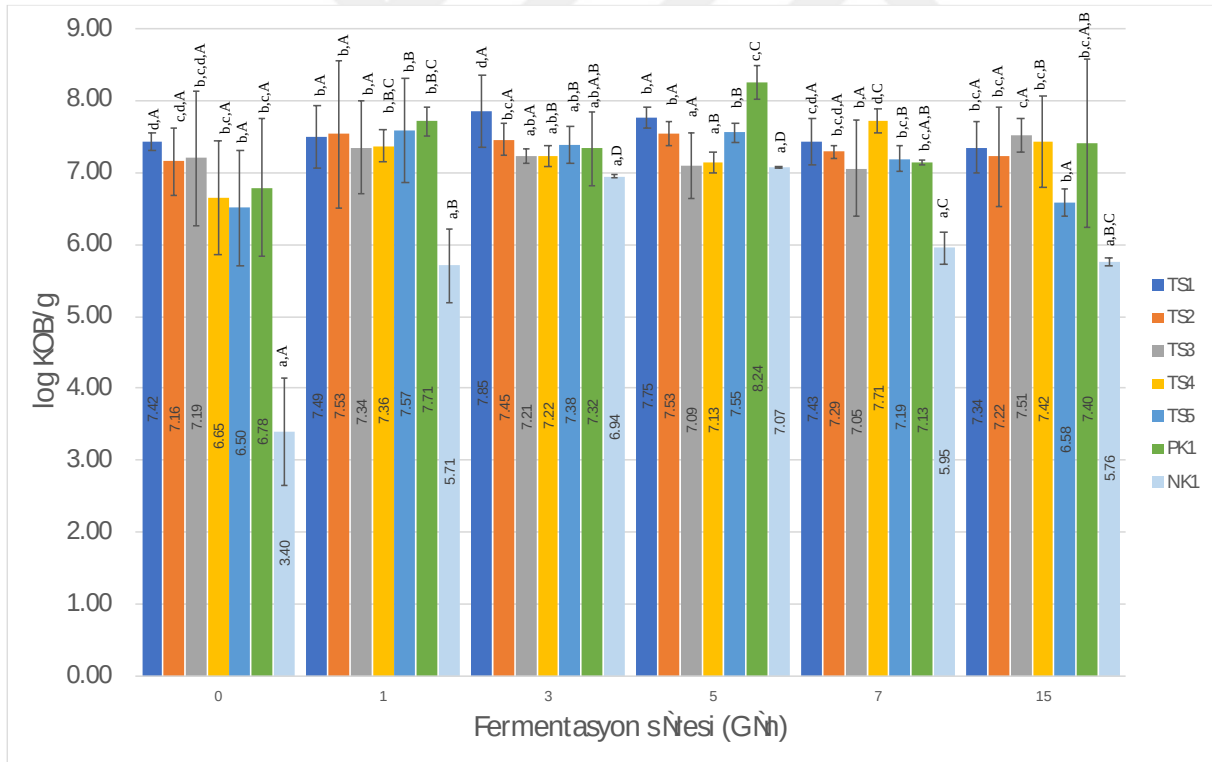
Tüm denemeler üç tekerrürlü ve iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları SPSS 20 paket programı kullanılarak tek yönlü ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma metotları ile $P \leq 0,05$ önem seviyesinde değerlendirilmiştir (SPSS, 2004).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Probiyotiklerle Zenginleştirilmiş Turşu Örneklerinin Mikrobiyolojik Özellikleri

4.1.1 Turşu örneklerinde probiyotik sayıları

Üretimi gerçekleştirilen salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin probiyotik özellikte olup olmadığının belirlenmesi amacıyla, starter kültür eklenerek ve eklenmeden (spontan fermentasyonla) üretilen turşu örneklerinde mikrobiyolojik sayımlar gerçekleştirilmiştir. Salatalık turşusuna ait probiyotik sayıları Şekil 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Fermentasyon süresince salatalık turşusu örneklerinde probiyotik sayısı

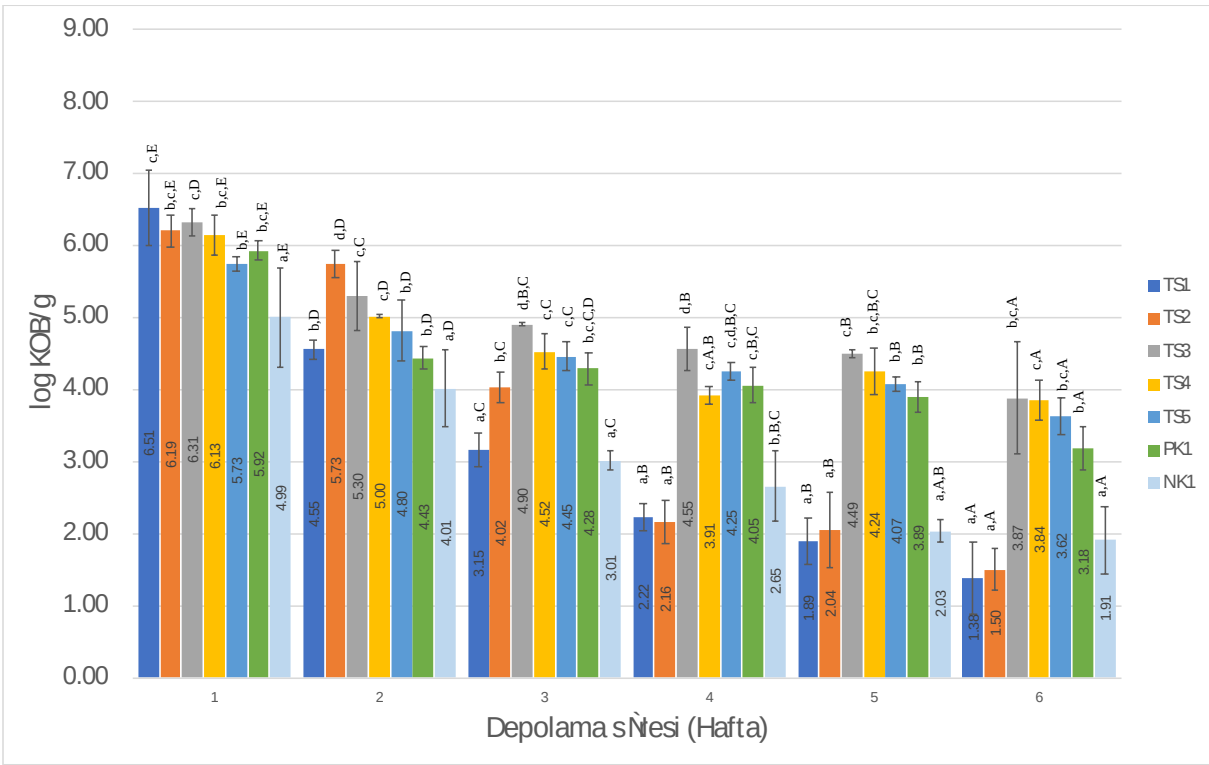
*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, büyük harfler (A, B, C, D, E, F) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Şekil 4.1 incelendiğinde, fermentasyon süresince probiyotik ilavesi ile üretilen örneklerde toplam probiyotik sayılarının 6,50-8,24 log KOB/g aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Fermentasyonun başında (sıfırıncı gün) probiyotik sayılarının kültür ilaveli örneklerde 6,50-7,42 log KOB/g aralığında, kültür ilave edilmeden üretilen örnekte (NK1) ise 3,40 log KOB/g olduğu tespit edilmiştir. Fermentasyonun ilerleyen günlerinde, probiyotiklerle zenginleştirilmiş turşu örneklerinde probiyotik hücrelerin sayısında artış gözlemlenmiştir. Bununla birlikte en yüksek probiyotik sayısı (7,85 log KOB/g), *Lpb. plantarum* ilavesi ile üretilen TS1 örneğinde fermentasyonun üçüncü gününde belirlenmiştir ($P<0,05$). Yine fermentasyonun üçüncü gününde, *Lpb. plantarum* 299v kullanılarak fermente edilen PK1 (pozitif kontrol) örneğinde ise probiyotik sayısının 7,32 log KOB/g olduğu tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Onbeş günlük fermentasyon sonunda, probiyotik hücre sayısı en yüksek olan turşu örneğinin 7,51 log KOB/g ile TS3 örneğinde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte TS3 örneği ile TS1, TS2, TS4 ve PK1 örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($P>0,05$). Kültür ilavesi yapılmadan üretilen turşu (NK1) örneğine ait LAB sonuçları incelendiğinde, ortamda doğal olarak bulunan LAB'lerinin, fermentasyonun ilk günlerinde artış gösterdiği, ancak beşinci günden itibaren azalmaya başladığı, fermentasyon sonunda bu sayının 5,76 log KOB/g olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, probiyotik ilaveli turşu örnekleri arasında en düşük miktarda probiyotik (6,58 log KOB/g) içeren örneğin, karışık kültür kullanımıyla üretilen TS5 örneği olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Karışık kültür kullanılarak üretilen turşuların, tekli kültürle üretilen turşulara göre daha düşük seviyede probiyotik hücre içermesi, probiyotikler arasında gerçekleşen rekabet sonucu besin kaynaklarının daha hızlı tükenmesi ve ortam pH'sının daha hızlı düşmesiyle probiyotik hücrelerin canlılıklarını kaybetmesi ile ilişkilendirilmektedir (Gardner et al., 2001; Han et al., 2014; Tokatlı vd., 2019). Bu çalışmada, salatalık turşularına ilave edilen probiyotiklerin fermentasyon sonuna kadar canlılıklarını belirli seviyenin üzerinde (>6 log KOB/g) koruyabildiği ve bu nedenle üretimi gerçekleştirilen turşu örneklerinin probiyotik ürünlerde aranan “ >6 log KOB/g canlı probiyotik hücre kriteri”ni sağladığı ortaya

konulmuştur. Doğal fermentasyon ile probiyotik ilavesiz olarak üretilen NK1 örneğinde ortamda probiyotik özellikte LAB bulunup bulunmadığının bilinmemesi ve fermentasyon sonunda örneğin içerdiği LAB sayısının $<6 \log \text{KOB/g}$ olması, bu ürünün probiyotik olarak değerlendirilememesine neden olmaktadır.

Fermentasyonun sonrasında 4°C 'de depolamaya alınan turşu örneklerinde probiyotik sayısı haftalık periyotlarda analiz edilmiş ve sonuçlar Şekil 4.2'de verilmiştir.



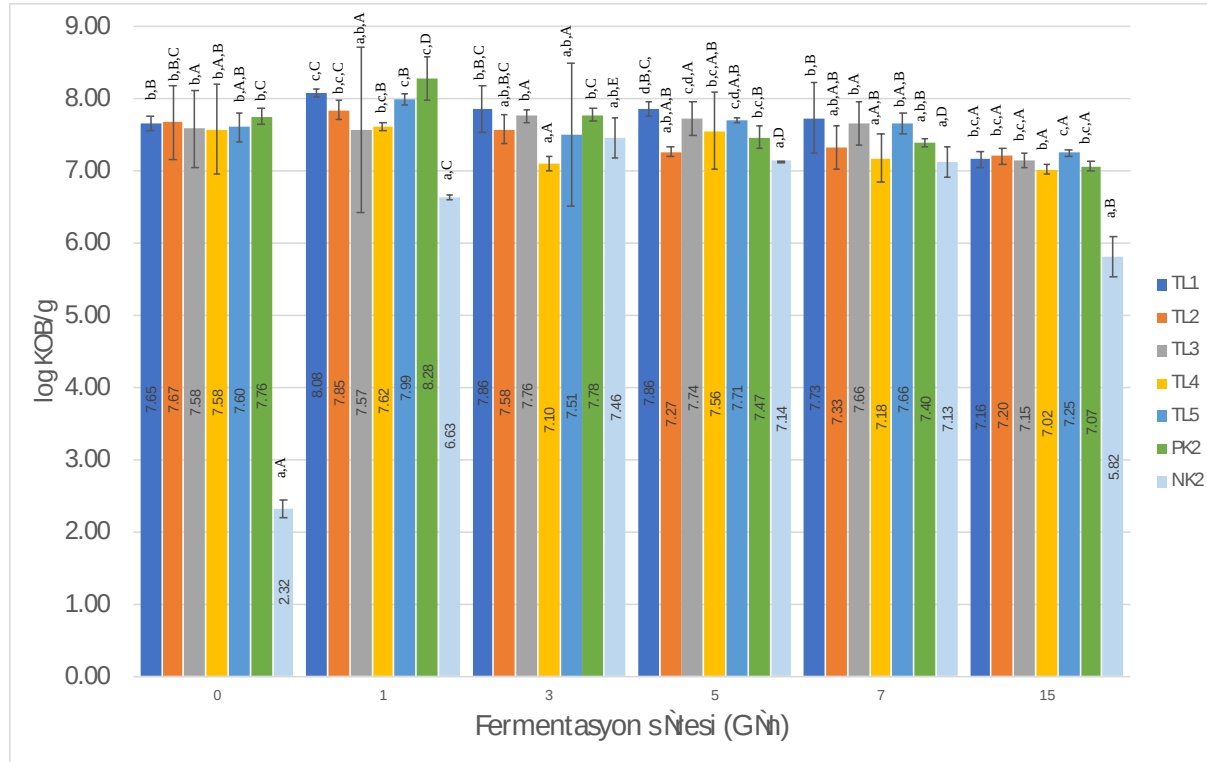
Şekil 4.2 Depolama süresince salatalık turşusu örneklerinde probiyotik sayısı

*Sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir. Küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Depolama süresince probiyotik ilavesi ile üretilen örneklerde toplam probiyotik sayılarının $1,38-6,51 \log \text{KOB/g}$ aralığında değişim gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.2). Depolamanın ilk haftasında turşu örneklerinde

probiyotik sayılarının, başlangıç seviyesi olan >7 logaritmik birimden, 5-6 logaritmik birimlere düştüğü belirlenmiştir. Depolamanın ilerleyen haftalarında, tüm örneklerde probiyotik sayılarının örneğin içerdiği probiyotik türü ve zamana bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.2). *Lpb. plantarum* ve *Lb. brevis* starter kültürlerini içeren TS1 ve TS2 örneklerinin probiyotik sayısında 4. haftadan itibaren büyük bir azalma olduğu ve depolama sonunda bu örneklerin starter kültür ilavesiyle üretilen diğer örnekler arasında en düşük seviyede probiyotik içeren turşu örnekleri olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, depolama sonunda TS3 (3,87 log KOB/g), TS4 (3,84 log KOB/g) ve TS5 (3,62 log KOB/g) örneklerinin probiyotik içerikleri açısından birbirlerinden farklı olmadıkları ($P>0,05$) ve bu örneklerden elde edilen sayım sonuçlarının, NK1 örneğine göre daha yüksek olduğu da tespit edilmiştir. Pozitif kontrol örneği olarak *Lpb. plantarum* 299v kullanılarak üretilen PK1 örneğinde ise, probiyotik sayısının depolama süresince (4. hafta TS4 örneği hariç) TS3, TS4 ve TS5 örneklerinden daha düşük olduğu, ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$).

Sauerkraut örneklerine ait probiyotik sayıları Şekil 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.3 Fermentasyon süresince sauerkraut örneklerinde probiyotik sayısı

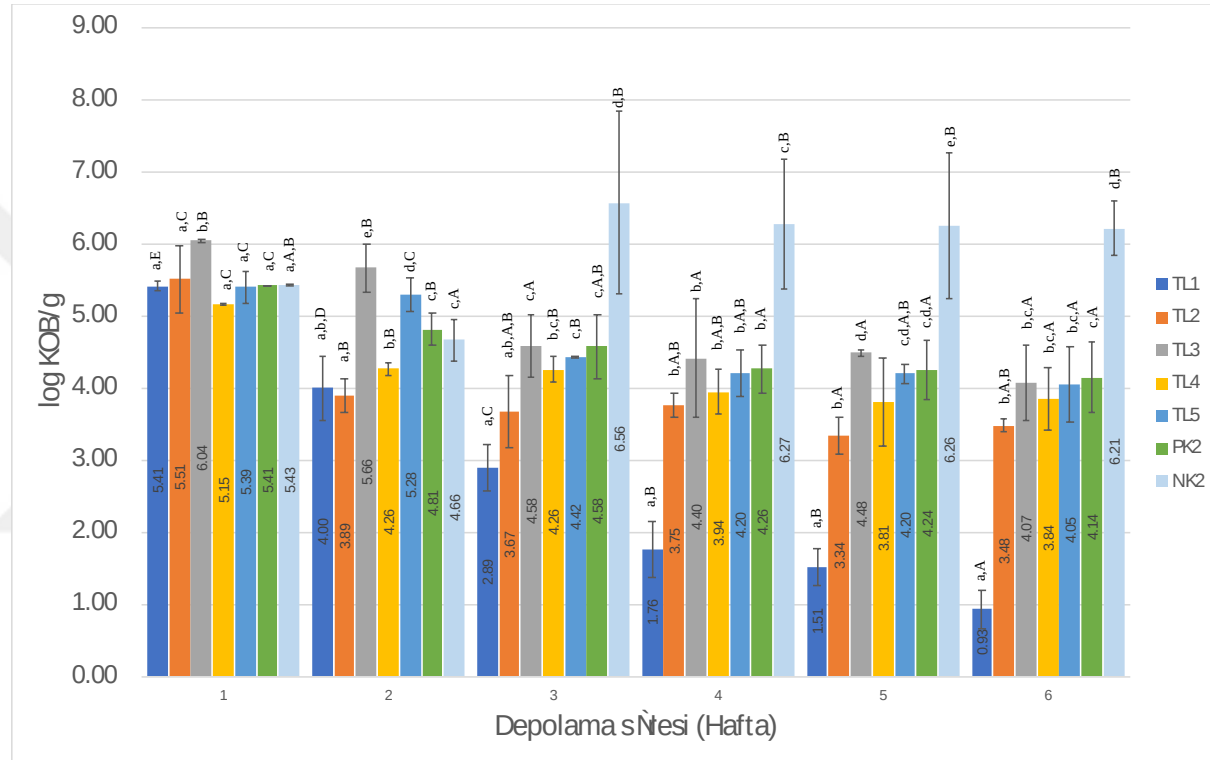
*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, büyük harfler (A, B, C, D, E, F) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerde probiyotik sayılarının fermentasyon süresince 7,02-8,28 log KOB/g aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.3). Ayrıca, probiyotik ilave edilmeden üretilen örnekte (NK2) toplam LAB sayısının 2,32 log KOB/g seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Fermentasyonun ilk günlerinde, zamana ve kullanılan kültür türüne bağlı olarak değişmekle birlikte tüm turşu örneklerinde probiyotik sayısında artış olduğu, fermentasyonun sonuna doğru ise ortamda asit birikmesi nedeniyle probiyotik hücre sayısında bir miktar azalma olduğu tespit edilmiştir. Kültür ilaveli örneklerde bir günlük fermentasyon sonunda en yüksek probiyotik sayısı (8,28 log KOB/g) pozitif kontrol örneğinde (PK2) belirlenmiş olsa da, bu değer TL3 örneği hariç diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür ($P>0,05$). Fermentasyonunu tamamlayan turşu örnekleri arasında probiyotik sayısı en yüksek olan örneğin 7,25 log KOB/g ile karışık kültür içeren TL5 örneği olduğu; TL1, TL2 ve TL3 nolu örneklerin de probiyotik sayılarının sırasıyla 7,16 log KOB/g, 7,20 log KOB/g ve 7,15 log KOB/g olduğu ve örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Negatif kontrol (NK2) örneğine ait toplam LAB sayıları incelendiğinde, ortamda doğal olarak bulunan LAB'lerinin, fermentasyonun ilk günlerinde arttığı, ancak fermentasyonun beşinci günden itibaren azalmaya başladığı görülmektedir. Fermentasyon sonunda elde edilen NK2 örneğine ait LAB sayılarının, diğer örneklerden farklı olarak ($P<0,05$) limit değerinin altında (<6 log) değerlendirilemeyeceğini göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, kültür ilavesiz üretilen negatif kontrol örneği hariç (NK2), fermentasyon süresince örneklerin probiyotik sayılarının 7 logaritmik birimin altına düşmediği tespit edilmiştir. Dolayısıyla fermentasyon sonunda probiyotik kültür ilavesi ile üretilen tüm

sauerkraut örneklerinin, probiyotik ürünlerde bulunması gereken canlı hücre sayısı kriterini ($>6 \log \text{KOB/g}$ canlı probiyotik hücre) sağladığı belirlenmiştir.

Fermentasyon sonrasında 4°C 'de depolanan sauerkraut örneklerine ait probiyotik sayıları Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4 Depolama süresince sauerkraut örneklerinde probiyotik sayısı

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Depolama süresince probiyotik ilavesi ile üretilen örneklerde toplam probiyotik sayılarının $0,93\text{-}6,04 \log \text{KOB/g}$ aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Depolama sürecinde ilk hafta sonunda turşu örneklerinde probiyotik sayılarının, başlangıç seviyesi olan >7 logaritmik birimden, 5-6 logaritmik birimlere düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.4). Depolamanın ilerleyen

günlerinde probiyotik sayılarındaki azalma süreye ve probiyotik türüne bağlı olarak değişmekle birlikte devam etmiştir. Probiyotik sayısında en fazla azalma meydana gelen turşu örneğinin TL4 olduğu belirlenmiştir. Depolama süresi sonunda TL2 ve TL4 örneklerinin probiyotik sayılarının 3 log seviyesinde korunduğu ($P>0,05$); TL3, TL5 ve PK2 örneklerine ait probiyotik sayılarının ise 4 log seviyelerinde bulunduğu ($P>0,05$) belirlenmiştir. TL1 örneğinde ise probiyotik sayısının depolamanın ilerleyen haftalarında diğer örneklerle kıyasla daha fazla düştüğü ve altı hafta sonunda 0,93 log KOB/g seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu durum, TL1 örneğinde kullanılan *Lpb. plantarum*'un kısa metabolik döngüye sahip olması ve düşük tuz toleransı göstermesi ile ilişkilendirilebilir (Xiong et al., 2016). *P. parvulus* ile fermente edilen TL3 örneğinin ise altı haftalık süre sonunda 4,07 log KOB/g probiyotik içeriği ile turşu kaynaklı endojen kültürler ile fermente edilen turşu örnekleri arasında en yüksek probiyotik hücreye sahip olan turşu örneği olduğu tespit edilmiştir. Probiyotik sayısı 4,14 log KOB/g olarak belirlenen PK2 örneğinin ise TL2, TL3, TL4 ve TL5 örneklerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$).

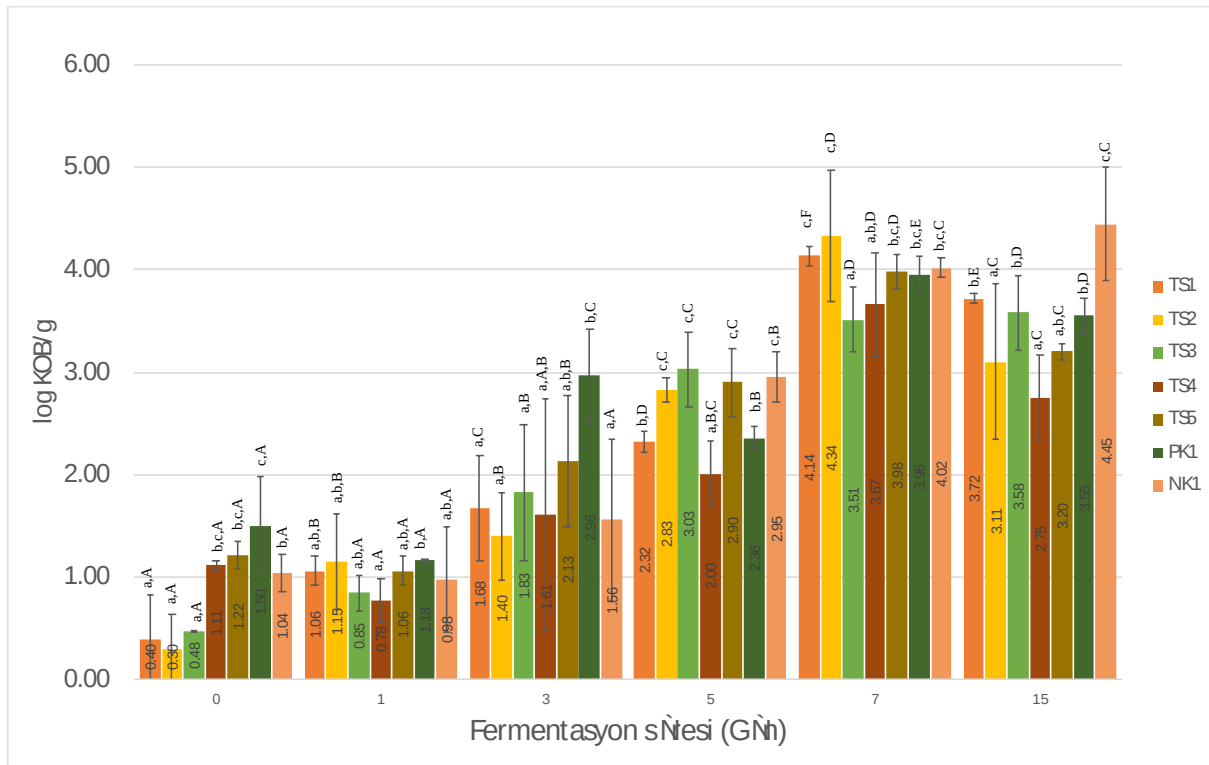
Doğal fermentasyon sonucu elde edilen negatif kontrol örneğine ait LAB sonuçları, depolamanın üçüncü haftasından itibaren 6 log KOB/g seviyesinde tespit edilmiştir. Bu durum, fermentasyon başlangıcında ortamda bulunan mikrobiyal yükün yüksek olması ve doğal mikroflorada yer alan LAB'lerinin ortam koşullarında canlılığını uzun süre koruyabilmesi ile ilişkilendirilebilmektedir. Ayrıca, örneklerde yer alan ve baskın mikroflora olan LAB'leri yüksek tuz toleransı ve asit direncine sahip olması ve homo-fermentatif özellik göstermesi sayesinde canlılıklarını uzun süre koruyabilmektedir (Xiong et al., 2016). Tüm bu sonuçlar, sauerkraut örneklerinde turşu kaynaklı endojen kültürlerin starter kültür olarak kullanımı sonucunda fermentasyon ve depolama süresi sonunda yüksek sayıda canlı probiyotik hücre içeren turşu örneklerinin elde edilebileceğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında üretilen salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinde ortama ilave edilen probiyotiklerin canlı kalma durumları değerlendirildiğinde, fermentasyon süresince hem salatalık turşusu hem de sauerkraut örneklerinde probiyotik sayısının 7 log KOB/g seviyesinde olduğu tespit edilmiştir ($P>0,05$). Ayrıca, fermentasyon sonunda salatalık turşuları arasında en yüksek probiyotik

sayısının (7,51 log KOB/g) *P. parvulus* içeren TS3 örneğinde olduğu, ancak bu örneğin TS1, TS2, TS4 ve PK1 örneklerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Sauerkraut örnekleri arasında ise fermentasyon sonunda en yüksek probiyotik sayısının (7,25 log KOB/g) karışık kültür içeren TL5 örneğinde olduğu ve bu örneğin TL4 ve NK1 örnekleriyle arasında istatistiksel olarak fark olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Fermentasyon süresince salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin probiyotik sayıları karşılaştırıldığında, salatalık turşusu örneklerindeki probiyotik gelişiminin (TS2 ve TS5 örnekleri hariç) sauerkraut örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Uygun koşullarda hazırlanan salamurada üretilen salatalık turşusunun, sauerkrauta kıyasla probiyotik gelişimini daha çok desteklediği belirlenmiştir. Fermentasyon başında probiyotik sayısının 6,50 – 7,42 log KOB/g aralığında olduğu tespit edilen salatalık turşularında fermentasyon süresince bu sayısının arttığı ve fermentasyon sonunda 6,58 – 7,51 log KOB/g aralığında olduğu tespit edilmiştir. Sauerkraut örneklerinde ise probiyotik sayısının fermentasyon başında 7,58 – 7,76 log KOB/g aralığında olduğu tespit edilmiş ancak fermentasyon sonunda bu sayının bir miktar azalarak 7,02 – 7,25 log KOB/g aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Her iki turşu örneğinde probiyotiklerin canlı kalma durumları değerlendirildiğinde, salatalık turşularındaki en yüksek probiyotik sayısının (3,87 log KOB/g) TS3 örneğinde, sauerkraut örneklerinde en yüksek probiyotik sayısının (4,07 log KOB/g) *P. parvulus* içeren TL3 örneğinde (PK2 dışında) olduğu belirlenmiştir. Her iki turşu türünde de (TS1, TS2 ve TL1 örnekleri hariç) depolama sonunda probiyotik hücre sayısının 3-4 logaritmik birim seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir ($P>0,05$). Salatalık turşularında depolama başında probiyotik sayısının 5,73 – 6,51 log KOB/g aralığında olduğu tespit edilirken depolama sonunda probiyotik sayısının azaldığı ve 1,38 – 3,87 log KOB/g aralığında olduğu belirlenmiştir. Sauerkraut örneklerinde ise depolama başında probiyotik sayısının 5,15 – 6,04 log KOB/g aralığında olduğu tespit edilirken depolama sonunda bu sayının 0,93 – 4,14 log KOB/g aralığında olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda her iki turşu çeşidinde en yüksek canlılığın *P. parvulus* içeren örneklerde olduğu belirlenmiştir ($P>0,05$).

4.1.2 Turşu örneklerinin maya sayıları

Üretimi gerçekleştirilen probiyotik hücre içeren salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin maya sayıları fermentasyon ve depolama süresince düzenli periyotlarda incelenmiştir. Salatalık turşusu örneklerine ait maya sayıları Şekil 4.5 ve 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.5 Fermentasyon süresince salatalık turşusu örneklerinde maya sayısı

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, büyük harfler (A, B, C, D, E, F) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

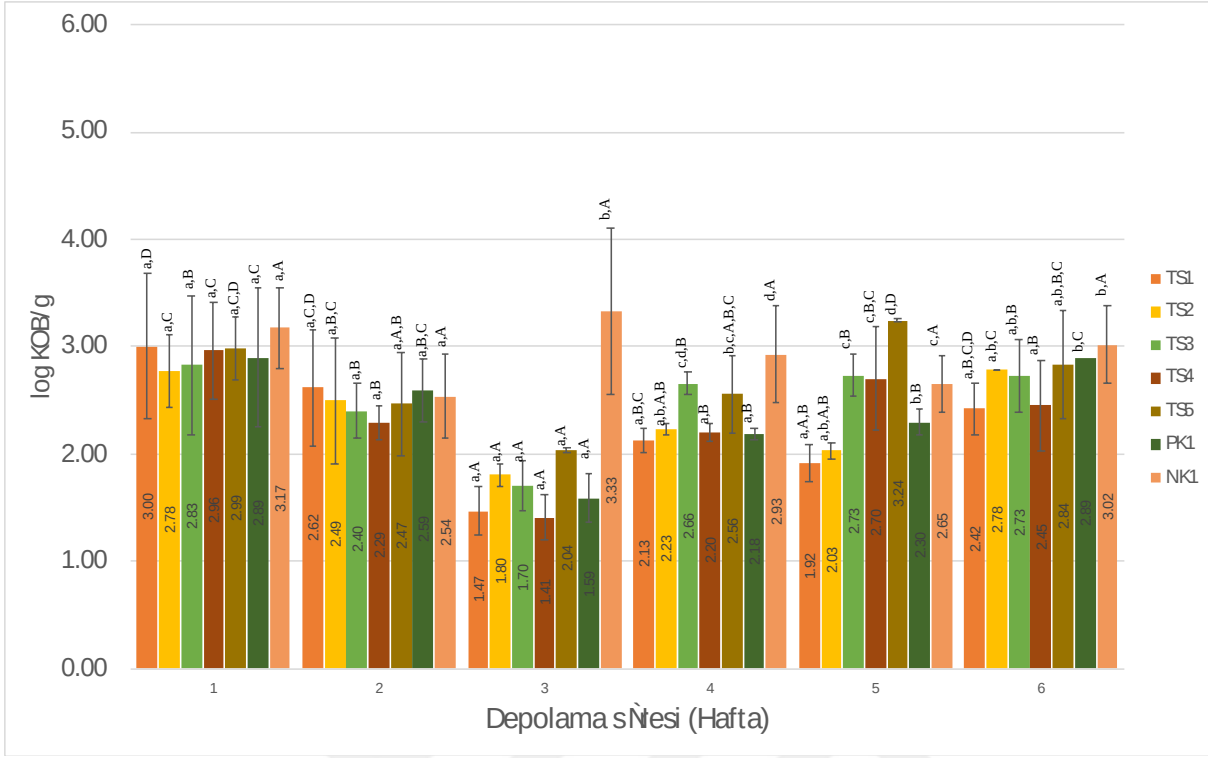
Fermentasyonun başında salatalık turşusu örneklerinde tespit edilen maya sayılarının 0,30-1,50 log KOB/g aralığında bulunduğu, kültür ilave edilmeden üretilen örnekte (NK1) ise bu sayının 1,04 log KOB/g olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5). Fermentasyonun ilerleyen günlerinde, örneklerin maya sayısı artmış, en

yüksek sayı fermentasyonun yedinci gününde 4,34 log KOB/g ile TS2 örneğinde belirlenmiş ve bu örneğin TS3 ve TS4'den istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($P<0,05$).

Fermentasyonun yedinci gününden sonra TS1, TS2, TS4 ve TS5 örneklerinde maya sayısı azalırken, diğer örneklerin (TS3, PK1, NK1) maya sayısında ise artış meydana gelmiştir. Onbeşinci gün sonunda alınan sonuçlara göre, probiyotik kültürlerle üretilen turşu örneklerinde en düşük maya sayısı TS4 örneğinde (2,75 log KOB/g) belirlenmiş ve bu örneğin maya sayısı açısından diğer turşu örneklerinden (TS2 ve TS5 örnekleri hariç) istatistiksel olarak farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır ($P<0,05$). Bununla birlikte fermentasyon sonunda en yüksek maya sayısı NK1 örneğinde (4,45 log KOB/g) tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Fermentasyon süresi sonunda probiyotik ilaveli turşu örneklerinde kontrol örneğine kıyasla maya sayısının daha düşük olmasının nedeni, başlangıçta ortama eklenen LAB'lerinin rekabetçi bir ortam yaratması sonucu maya gelişimini olumsuz yönde etkilemesi olarak değerlendirilebilmektedir (Yang et al., 2020). Onbeş günlük fermentasyon sonunda TS1, TS3, TS5 ve PK1 örneklerine ait maya sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenirken ($P>0,05$), benzer şekilde TS2, TS4 ve TS5 örnekleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ($P>0,05$) tespit edilmiştir. Negatif kontrol örneğinin ise canlı probiyotik hücre içeren turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu ($P<0,05$) sonucuna ulaşılmıştır.

Fermentasyon sonrasında 4°C'de depolanan turşu örneklerinin maya sayıları Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 Depolama süresince salatalık turşusu örneklerinde maya sayısı

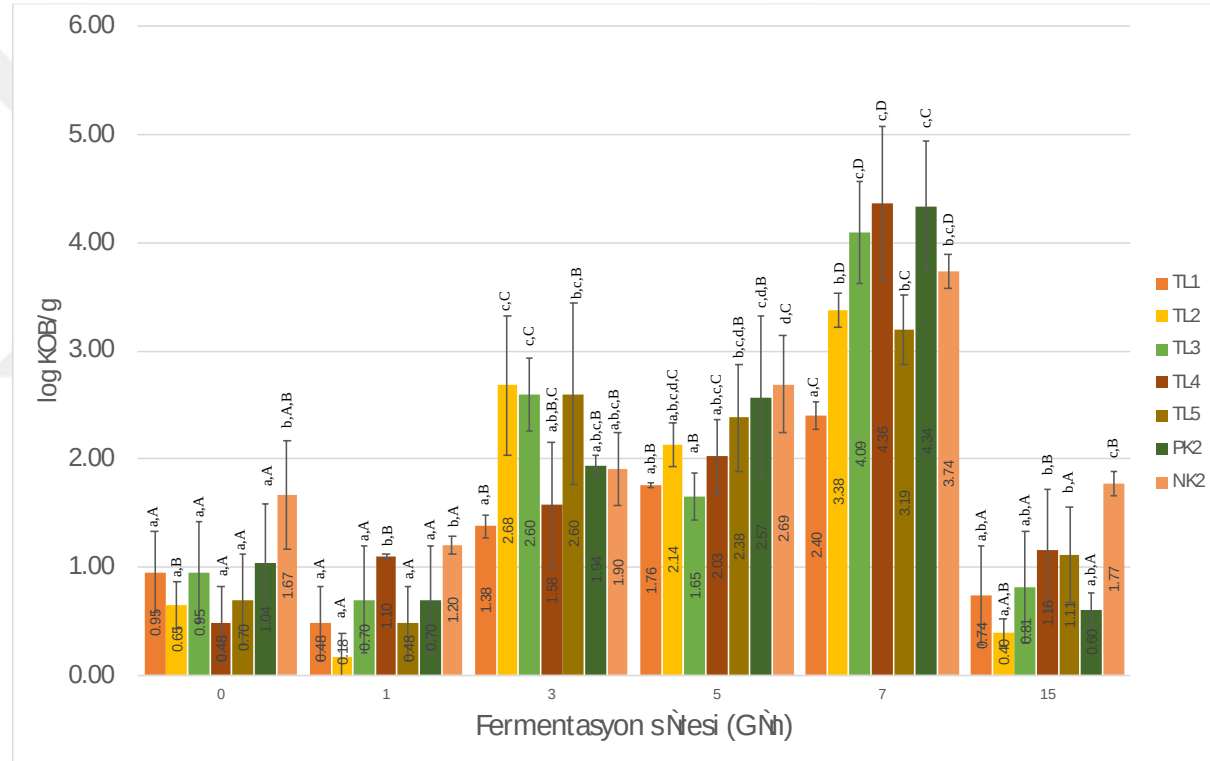
*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Fermentasyonu tamamlanan probiyotiklerle zenginleştirilmiş salatalık turşusu örneklerinin maya sayıları incelendiğinde, üçüncü haftaya kadar olan süreçte maya sayısında bir miktar azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6). Altı hafta sonunda içerdiği maya sayısı en düşük olan turşunun 2,42 log KOB/g ile TS1 nolu örneğe ait olduğu tespit edilmiş ve probiyotik içeren diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Depolama süresinin sonunda en yüksek maya sayısının kültür ilave edilmeden üretilen NK1 örneğinde (3,02 log KOB/g) olduğu, ancak bu örneğin diğer turşu örneklerinden (TS1 ve TS4 örnekleri hariç) istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Ayrıca, NK1 örneğinin maya sayısının depolama boyunca istatistiksel olarak değişmediği tespit edilmiştir ($P>0,05$). NK1 örneğinde maya sayısının probiyotik ilaveli turşu örneklerinden daha yüksek

olmasının, bu örnekte doğal flora ile rekabet edecek probiyotik kültür ilavesinin yapılmamış olması, dolayısıyla probiyotikler tarafından üretilen antimikrobiyal metabolitlerin de ortamda bulunmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar, salatalık turşusu üretiminde probiyotik ilavesi ile gerçekleştirilen fermentasyonun, doğal fermentasyonla üretilen ürüne kıyasla, turşuda istenmeyen kalite değişimine neden olan maya gelişimini olumsuz yönde etkilediğini göstermiştir.

Sauerkraut örneklerine ait maya sayıları Şekil 4.7 ve 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.7 Fermentasyon süresince sauerkraut örneklerinde maya sayısı

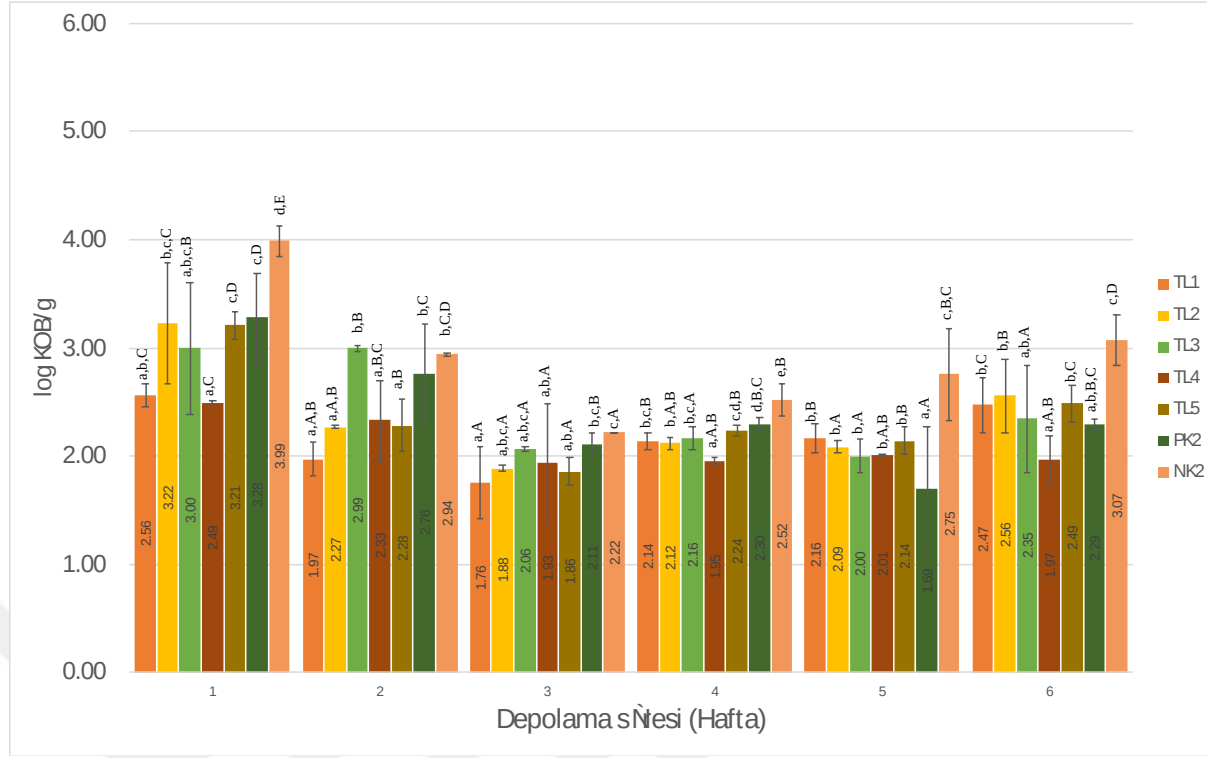
*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, büyük harfler (A, B, C, D, E, F) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Probiyotik ilaveli sauerkraut örneklerinde fermentasyon başında maya sayısının 0,48-1,04 log KOB/g aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Şekil

4.7). Ayrıca, fermentasyonun başında en yüksek maya sayısının, kültür ilave edilmeden üretilen örnekte (NK2) bulunduğu (1,67 log KOB/g) belirlenmiştir ($P<0,05$). Fermentasyonun ilerleyen günlerinde, turşu örneklerinde bulunan maya sayısında zamana bağlı artış meydana gelmiş ve maya sayısının en yüksek olduğu örneğin, fermentasyonun yedinci gününde TL4 örneğine (4,36 log KOB/g) ait olduğu belirlenmiştir. Fermentasyon sonunda maya sayısında belirgin bir azalma olduğu, probiyotik ilaveli örneklerde en düşük maya sayısının TL2 örneğinde (0,40 log KOB/g) bulunduğu ve bu örneğin diğer örneklerden (TL1, TL3 ve PK2 örnekleri hariç) istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Ayrıca, onbeşinci gün sonunda negatif kontrol örneğine ait maya sayısının ise 1,77 log KOB/g olarak bulunduğu ve bu sayının diğer örneklerle kıyaslandığında en yüksek değer olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Elde edilen verilere paralel olarak, ortama yüksek miktarda probiyotik ilavesinin antagonistik etki yaratarak maya sayısında azalmaya yol açtığı ifade edilmektedir (Satora et al., 2020).

Fermentasyon sonrasında 4C°'de depolanan sauerkraut örneklerinin maya sayıları Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8 Depolama süresince sauerkraut örneklerinde maya sayısı

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Fermentasyonu tamamlanan probiyotiklerle zenginleştirilmiş sauerkraut örneklerine ait maya sayıları incelendiğinde, depolamanın ilk haftasında maya sayısının artış gösterdiği ve 2,49-3,28 log KOB/g aralığında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.8). Bu süreçte negatif kontrol örneğinin maya sayısının en yüksek seviyede (3,99 log KOB/g) olduğu belirlenmiş ($P<0,05$). Probiyotik ilaveli örneklerde altıncı hafta sonunda alınan sonuçlar, maya gelişiminin ortalama 2 log seviyesinde olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte depolama sonunda turşu örnekleri arasında maya sayısı en düşük olan örneğin 1,97 log KOB/g ile TL4 olduğu ve bu örneğin diğer turşu örneklerinden (TL3 ve PK2 örnekleri hariç) istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, depolamanın üçüncü haftasından depolama sonuna kadar geçen süreçte TL3 örneğine ait maya sayılarının

istatistiksel olarak değişmediği görülmüştür ($P>0,05$). Fermentasyon sonunda olduğu gibi depolama süresi sonunda da en yüksek maya sayısının negatif kontrol örneğinde olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Depolama sonunda elde edilen sonuçlar, salatalık turşusuna benzer şekilde sauerkraut örnekleri için de probiyotik ilavesiyle üretilen örneklerde maya sayısının doğal fermentasyonla üretilen örnekten daha düşük seviyede olduğunu göstermektedir. Bu durum, başlangıçta ortama ilave edilen probiyotiklerin baskın mikroflora haline gelmesiyle rekabetçi ortam yaratması ve tüketilebilir besin maddelerini sınırlayarak maya gelişimine engel olması, ayrıca ortamda biriken yüksek asitlik ve üretilen diğer metabolitler nedeniyle maya gelişiminin engellenmesi ile ilişkilendirilmektedir. Turşu fermentasyonu sırasında maya sayısında meydana gelen artış ile ortamda pektolitik enzimlerin ve uçucu bileşiklerin yüksek miktarda bulunması, ürünlerin fiziksel ve duyu kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Holzapfel, 2014). Farklı araştırmacılar da bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara paralel olarak, sauerkraut üretiminde probiyotik özellik gösteren starter kültürlerin fermentasyonda kullanımıyla maya gelişiminin sınırlandırılabilirliğini bildirmektedir (Holzapfel, 2014; Al-Shawi et al., 2019).

Turgut (2006) tarafından yürütülen benzer bir çalışmada hem doğal fermentasyonla hem de *Lpb. plantarum* suşu kullanarak hıyar turşusu üretimi gerçekleştirmiş, elde edilen üründe LAB ve maya-küf sayımı yapılmıştır. Starter kültür ilavesiyle üretilen turşu örneklerinde başlangıç LAB sayısı 6,29 log KOB/ml olarak bulunmuştur. Fermentasyonun dördüncü gününde bu sayının en yüksek seviye ulaştığı (8,58 log KOB/ml) ($P<0,05$), fermentasyon sonunda ise ortamda asit birikiminin etkisiyle LAB sayısının 7,89 log KOB/ml'ye gerilediği belirlenmiştir. Starter kültür içermeyen turşu örneklerinde ise başlangıç LAB sayısı 1,67 log KOB/ml iken, fermentasyonun ikinci gününden sonra sayıda belirgin bir artış gözlemlenmiş, sekizinci günde en yüksek seviyeye ulaşan LAB sayısı (8,35 log KOB/ml) fermentasyon sonuna doğru azalarak otuzuncu günde 6,89 log KOB/ml seviyesine gerilemiştir. Ortama ilave edilen probiyotik kültürün fermentasyon süresince canlılığının, bizim çalışmamızda belirlediğimiz aralıklarda değişim gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.1). Araştırmada starter ilaveli örnekler en yüksek

maya sayısı 4,75 log KOB/ml olarak fermentasyonun onikinci gününde tespit edilmiş, kontrol örneklerinde ise en yüksek maya sayısı fermentasyonun onbirinci gününde 5,56 log KOB/ml olarak belirlenmiş ($P<0,05$). Bu sonuçlar, bizim çalışmamızda belirlediğimiz maya sayıları ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur.

Çetin (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, lahana, salatalık, havuç, biber gibi hammaddelerden starter kültür olarak *Lpb. plantarum* kullanımıyla karışık turşu üretilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında turşu örneklerinde tuz oranı %4 ve sirke oranı %2,5 olarak ayarlanmış, sirke ilavesiyle fermentasyonun ilk günlerinde ortamda daha düşük pH değeri sağlanarak, rekabetçi floranın gelişiminin kısıtlandığı belirtilmiştir. Fermentasyonun başında starter kültür ile üretilen örneklerin içerdiği hücre sayısı 8,60 log KOB/g olarak belirlenirken altmış günlük depolama sonunda bu sayının 7 log düzeyine düştüğü tespit edilmiştir. Fermentasyonun ilerleyen günlerinde hem *Lpb. plantarum* ile üretilen hem de doğal fermentasyon ile elde edilen turşu örneklerinde yapılan analizler sonucunda maya sayısında önemli bir artış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, depolama süresi sonunda starter kültür ilavesi ile üretilen örneklerde probiyotik ve maya sayıları sırasıyla 7,49 ve 5,27 log KOB/g iken, kontrol örneğinde bu sayılar sırasıyla 6,23 log KOB/g ve 5,78 log KOB/g olarak belirtilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar ile bizim yürüttüğümüz çalışma sonuçları karşılaştırıldığında, depolama süresi sonunda turşu örneklerinde bulunan probiyotik sayılarının daha düşük seviyede olduğu görülmektedir. Bu çalışmadan farklı olarak çalışmamızda, depolama süresi sonunda probiyotik ilaveli salatalık turşusu örnekleri arasında en yüksek probiyotik sayısı 3,87 log KOB/g olarak belirlenirken probiyotik ilaveli sauerkraut örnekleri arasında en yüksek probiyotik sayısı 4,07 log KOB/g olarak tespit edilmiştir. Salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin negatif kontrol örneklerine ait LAB sayısı ise sırasıyla 1,91 log KOB/g ve 6,21 log KOB/g olarak tespit edilmiştir. Turşu örnekleri maya sayıları açısından karşılaştırıldığında, genel olarak yapılan çalışmalarda depolama süresi sonunda maya sayılarında bir miktar artış olduğu ve bu sayıların bizim çalışmamızda tespit edilenden (salatalık turşusu ve sauerkraut için en yüksek değerler sırasıyla 2,89 log KOB/g ve 2,56 log KOB/g) daha yüksek olduğu görülmektedir. Salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin negatif kontrol örneklerine ait maya sayıları ise (sırasıyla 3,02 log KOB/g ve 3,07 log KOB/g

olarak tespit edilmiş, Çetin (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmadan daha düşük düzeyde bulunmuştur. Turşu örneklerinde kullanılan hammadde çeşidi, tuz konsantrasyonu, starter kültür ve fermentasyon koşullarındaki farklılıklar, depolama süresi sonunda turşu örneklerinde bulunan LAB ve maya sayılarında da farklılık oluşmasına yol açmıştır.

Jagannath et al. (2012) tarafından yapılan çalışmada, lahana turşusu üretimi için hem doğal fermentasyon hem de *Leuconostoc mesenteroides* ve *Lpb. plantarum* ilavesi ile kontrollü fermentasyon uygulanmıştır. Doğal fermentasyon ile üretilen lahana örneklerinin fermentasyon sonunda pH değeri 4 olarak belirlenirken, örneğin LAB sayısı 6,3 log KOB/g, küf-maya sayısı ise 2,3 log KOB/g olarak belirlenmiştir. Doksan günlük depolama sonunda ise örneğin pH değeri 3,2 iken LAB ve maya sayıları sırasıyla 4,3 log KOB/g ve 3 log KOB/g olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamıza benzer şekilde, depolama sürecinde probiyotik sayısında azalma meydana gelirken maya sayısında artış olduğu görülmüştür. Starter ilavesiyle üretilen örneklerde fermentasyon ve depolama sonunda pH değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha düşük (sırasıyla 3,5 ve 3,0) olduğu, LAB sayılarının daha yüksek olduğu (sırasıyla 8,3 log KOB/g ve 7,5 log KOB/g) tespit edilmiştir. Bizim çalışma sonuçlarımızdan farklı olarak, starter ilaveli örneklerde hem fermentasyon hem de depolama süresince küf-maya tespit edilmemiştir.

Bir diğer çalışmada, hıyar turşu üretimi amacıyla örneklerle ön işlem uygulanmış ve sıcaklık, tuz, fermentasyon süresinin, örneklerin fizikokimyasal ve mikrobiyal kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. İstenilen kalitede turşu eldesi için %7 tuz ilavesi, 95°C'de 10 saniye ön işlem uygulaması ve onbeş günlük fermentasyon süresi, uygun koşullar olarak belirlenmiştir. Üretimi gerçekleştirilen turşu örnekleri içerisinde en yüksek LAB sayısı onbeş günlük fermentasyon sonucunda $7,87 \times 10^6$ KOB/ml olarak belirlenmiş, ilerleyen günlerde ise canlı hücre sayısında azalma tespit edilmiştir. Ayrıca, %7 tuz konsantrasyonuna sahip örnekte LAB sayısı $7,34 \times 10^6$ KOB/ml olarak belirlenmiş, tuz oranının daha düşük ya da daha yüksek (%3, %5 ve %9) olduğu diğer örneklerde ise LAB sayısının daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Minh, 2019).

Yang et al. (2020), tarafından yapılan çalışmada, geleneksel kuzeydoğu lahana turşusundan izole edilen LAB'leri (*Leu. mesenteroides*, *Lpb. plantarum*, *L. paracasei* ve *W. cibaria*) lahana fermentasyonunda kullanılmış ve üretilen turşu örneklerinin kalite özellikleri araştırılmıştır. En yüksek LAB sayısı (8,60 log KOB/ml), fermentasyonun yedinci gününde *Lpb. plantarum* ilavesiyle üretilen örnekte belirlenmiş, otuz günlük fermentasyon sonunda ise bu sayı 7 log seviyesine gerilemiştir. En düşük LAB sayısı ise kontrol örneğinde belirlenmiştir. Turşu örneklerinde maya sayıları başlangıçta 4 log düzeyinde iken fermentasyonun yedinci gününe kadar önemli ölçüde artmış ve 8 log seviyesine kadar yükselmiş, yedinci günden itibaren ortam koşullarına bağlı olarak azalma meydana gelmiştir. Fermentasyon sonunda maya sayıları 3 log (*Lpb. plantarum* ve *L. paracasei* ilave edilen örneklerde) ve 4 log (*Leu. mesenteroides* ve *W. cibaria* içeren örneklerde) seviyelerinde belirlenmiştir. Tarafımızca yürütülen çalışma sonuçlarına benzer şekilde, doğal fermentasyonla üretilen örnekte maya sayısı (4,50 log KOB/ml), starter ilaveli örneklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar, turşularda maya gelişimini önleyebilmek amacıyla fermentasyonun starter kültür ilavesi ile yapılmasını tavsiye etmişlerdir.

Alan and Yıldız (2021) tarafından yürütülen çalışmada, sauerkraut üretiminde doğal fermentasyonun yanı sıra starter kültür de (*Lpb. plantarum* 8, *Lpb. plantarum* 46, *Lpb. plantarum* 61, *Lpb. paraplantarum* ve *L. pentosus*) kullanılmıştır. Fermentasyon başlangıcında starter kültür seviyesi 2,5 log KOB/g olarak ayarlanan turşu örneklerindeki LAB sayısının onbeşinci güne kadar arttığı (>6,5 log KOB/g), fermentasyonun ilerleyen günlerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. Kontrol örneğinde toplam LAB sayısının ilk onbeş günde önemli ölçüde arttığı, onbeşinci günden itibaren otuzuncu güne kadar azaldığı, otuzuncu günden altmışıncı güne kadar ise sabit seviyede kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, örneklerde maya sayısı başlangıçta 3,5 log KOB/g olarak belirlenmiş, daha sonra maya sayısının onbeşinci gün sonuna kadar hızlı bir artış gösterdiği (>4,5 log KOB/g) belirlenmiştir. Turşu örneklerinde maya sayısı, otuzuncu günden sonra azalma göstererek ortalama 5 log KOB/g seviyelerinde depolama süresini tamamlamıştır. Bu kapsamda, depolama süresi sonunda alınan sonuçlar, sauerkraut örneklerinde LAB sayısının aynı düzeyde kaldığını (> 6 log KOB/g) gösterirken maya-küf sayısında artış olduğunu göstermektedir. Ayrıca *Lactobacillus*'un starter

kültür olarak kullanımının, örneklerde toplam maya-küf sayısında azalmaya yardımcı olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonuçlarının bizim çalışmamızla benzerlik gösterdiği; fermentasyon süresince probiyotik ve maya sayılarının arttığı, ancak depolama sürecinde probiyotik sayılarında azalma meydana geldiği, maya sayılarında ise önce bir miktar azalma ardından depolama süresi sonunda artış olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, hem salatalık turşularında hem de sauerkraut örneklerinde fermentasyon süresince probiyotik gelişiminin devam ettiği ve en yüksek probiyotik sayısına bu süre içinde ulaşıldığı belirlenmiştir. Depolamaya alınan turşu örneklerinde ise probiyotik sayısında, zamana, örnek tipine ve kullanılan kültür türüne bağlı azalma meydana geldiği, depolama sonunda bu sayının belli bir logaritmik düzeyde sabit kaldığı ve bu sonuçların genel olarak literatür bilgileriyle paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Nguyen et al. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, ananas suyuna 10^6 - 10^7 KOB/ml düzeyinde inoküle edilen *Lpb. plantarum* 299v ile probiyotik ve prebiyotik içerikli meyve suyu eldesi amaçlanmıştır. Ürünün pH değeri 6.7 seviyesine ayarlandıktan sonra yirmidört saatlik fermentasyon gerçekleştirilmiş ve ardından 4°C’de altmış gün süreyle depolanmıştır. Fermentasyon süresince ürünün pH değerinin 3,8’e kadar düştüğü görülürken prebiyotik eklenmeyen üründe *Lpb. plantarum* sayısının $8,41 \times 10^9$ KOB/ml olduğu, fermentasyonun 8. saatinde prebiyotik eklenen üründe probiyotik sayısının ise $7,09 \times 10^9$ KOB/ml düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Fermentasyon sonunda prebiyotik eklenen üründeki probiyotik sayısının $4,85 \times 10^9$ KOB/ml olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, depolama sonunda *Lpb. plantarum* sayısının 9-10 logaritmik birim seviyesinde olduğu bildirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar, probiyotik bir kültür olan *Lpb. plantarum* 299v’nin uygun fermentasyon koşullarında hızla gelişebildiği ve depolama süresince de üretilen üründe canlılığını koruyarak probiyotik içerikli ürün elde edilmesinin mümkün olduğunu göstermekte olup bizim çalışma sonuçlarımızla benzerlik göstermektedir. Bizim çalışmamızda, fermentasyon başlangıcında salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerindeki *Lpb. plantarum* 299v sayısının sırasıyla 6,78 log KOB/g ve 7,76 log KOB/g olduğu tespit edilmiş ve fermentasyon süresince probiyotik sayısının 7 logaritmik birimde olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda örneklerde bulunan *Lpb. plantarum* 299v sayısının ise sırasıyla

3,18 log KOB/g ve 4,14 log KOB/g olduğu tespit edilmiş ve Nguyen et al. (2019) tarafından yapılan çalışmaya kıyasla daha düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Literatürden farklı olarak çalışmamızda kullanılan probiyotiklerin turşu kaynaklı endojen kültürler olması sayesinde fermentasyon ve depolama boyunca turşu örneklerinde tespit edilen probiyotik sayısının *Lpb. plantarum* 299v içeren örneklerden yüksek olduğu da tespit edilmiştir. Ayrıca, endojen kültür içeren turşu örneklerinde fiziksel ve kimyasal özelliklerin yanı sıra depolama süresince duyuusal özelliklerin de kontrol örneklerinden daha iyi olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak, yapılan tüm çalışmalar sonucunda en düşük LAB sayısının kontrol örneğinde olduğu da belirlenmiştir.

Her iki turşu çeşidinde de başlangıçta maya sayısının düşük olduğu, fermentasyonun ilerleyen günlerinde ve depolama sonunda sayının arttığı ve bu açıdan değerlendirildiğinde, literatürde yer alan farklı turşu çeşitlerinde de benzer sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir. Yine literatürle benzer olarak turşu çeşidi fark etmeksizin depolama sonunda en yüksek maya sayısının starter kültür içermeyen kontrol örneğinde olduğu belirlenmiştir.

4.2 Turşu Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

4.2.1 Turşu örneklerinin pH değerleri

Bu çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerine ait pH değerleri Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te yer almaktadır.

Salatalık turşusu örnekleri pH değerleri açısından incelendiğinde, fermentasyon süresince ölçülen pH değerlerinin 3,28 ile 4,58 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince pH değeri

Fermentasyon süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
---------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

0. gün	3,85±0,23 ^{a,D}	3,90±0,21 ^{a,B}	3,96±0,25 ^{a,A,B}	3,89±0,22 ^{a,A,B,C}	3,92±0,28 ^{a,C}	3,98±0,11 ^{a,E}	3,98±0,28 ^{a,B}
1. gün	4,24±0,14 ^{a,E}	4,52±0,09 ^{c,C}	4,49±0,02 ^{b,c,D}	4,47±0,01 ^{b,c,D}	4,46±0,02 ^{b,c,D}	4,32±0,23 ^{a,b,F}	4,58±0,03 ^{c,C}
3. gün	3,54±0,05 ^{a,C}	3,83±0,26 ^{a,b,C,B}	4,13±0,52 ^{c,d,C}	4,05±0,54 ^{b,c,d,C}	3,64±0,12 ^{a,b,B}	3,59±0,06 ^{a,b,D}	4,44±0,06 ^{d,C}
5. gün	3,43±0,04 ^{a,A,B,C}	3,56±0,18 ^{a,b,A}	4,05±0,63 ^{b,c,C}	3,91±0,50 ^{a,b,c,C}	3,44±0,03 ^{a,A}	3,42±0,03 ^{a,B,C}	4,08±0,25 ^{c,B}
7. gün	3,37±0,08 ^{a,A,B}	3,48±0,19 ^{a,b,A}	3,97±0,58 ^{b,A,B}	3,84±0,50 ^{a,b,A,B,C}	3,39±0,01 ^{a,A}	3,35±0,03 ^{a,A,B}	3,97±0,35 ^{b,B}
15. gün	3,29±0,08 ^{a,A}	3,40±0,19 ^{a,b,A}	3,29±0,08 ^{a,A}	3,50±0,18 ^{b,A,B}	3,32±0,01 ^{a,b,A}	3,28±0,06 ^{a,A}	3,46±0,11 ^{a,b,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Tablo 4.1'den görüldüğü üzere, tüm örneklerde pH değerlerinin fermentasyonun sonuna doğru düştüğü tespit edilmiştir. Turşu örneklerinde pH değerinde meydana gelen bu düşüş, mikroorganizmaların üretmiş olduğu organik asitlerle ilişkilendirilmektedir (Aljahani, 2020). Fermentasyon başlangıcında örnek gruplarının pH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($P>0,05$). Fermentasyonun sonunda (onbeşinci gün) ise en yüksek pH değerinin 3,50 ile TS4 örneğinde olduğu ve bu örnek TS1 ve TS3 örnekleri ile arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Turşu örnekleri içinde en düşük pH değeri ise 3,28 ile PK1 örneğinde tespit edilmiş ve bu örnek ile TS2, TS4 ve TS5 örnekleri arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Ticari kültür olarak *Lpb. plantarum* 299v ile fermente edilen turşu örneğinden sonra en düşük pH değerine sahip salatalık turşusu örneklerinin TS1 ve TS3 olduğu tespit edilmiştir ($P>0,05$). Dolayısıyla *Lpb. plantarum* ve *P. parvulus* suşlarının fermentasyon süresince daha yüksek seviyede asit üretmesi sonucunda daha düşük pH değerine sahip turşu örnekleri elde edilmiştir.

Salatalık turşusu örnekleri depolama süresince incelendiğinde, örneklerle ait pH değerlerinin 3,34 ile 3,64 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince pH değeri

Depolama süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
1. hafta	3,35±0,02 ^{a,A}	3,46±0,12 ^{a,b,c,A}	3,53±0,07 ^{c,A}	3,44±0,04 ^{a,b,c,A}	3,35±0,03 ^{a,A}	3,42±0,04 ^{a,b,A,B,C}	3,47±0,10 ^{b,c,A}
2. hafta	3,34±0,05 ^{a,A}	3,45±0,16 ^{a,b,A}	3,53±0,04 ^{b,A}	3,45±0,01 ^{a,b,A}	3,36±0,09 ^{a,A}	3,43±0,03 ^{a,b,B,C}	3,47±0,14 ^{a,b,A}
3. hafta	3,35±0,02 ^{a,A}	3,48±0,12 ^{b,c,A}	3,55±0,09 ^{c,A}	3,45±0,06 ^{a,b,c,A}	3,38±0,01 ^{a,b,A}	3,45±0,04 ^{a,b,c,B,C}	3,48±0,09 ^{b,c,A}
4. hafta	3,39±0,01 ^{a,b,A}	3,48±0,12 ^{b,c,A}	3,55±0,06 ^{c,A}	3,44±0,03 ^{a,b,c,A}	3,36±0,04 ^{a,A}	3,44±0,02 ^{a,b,c,B,C}	3,47±0,13 ^{a,b,c,A}
5. hafta	3,34±0,02 ^{a,A}	3,45±0,14 ^{a,b,c,A}	3,54±0,08 ^{c,A}	3,46±0,06 ^{b,c,A}	3,37±0,01 ^{a,b,A}	3,44±0,05 ^{a,b,c,B,C}	3,50±0,07 ^{c,A}
6. hafta	3,47±0,08 ^{a,A,B}	3,56±0,08 ^{a,b,A}	3,64±0,10 ^{b,A,B}	3,57±0,06 ^{a,b,A,B}	3,46±0,02 ^{a,A}	3,54±0,06 ^{a,b,C,D}	3,56±0,06 ^{a,b,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Depolama başlangıcında turşu örnekleri karşılaştırıldığında, TS3 örneğine ait pH değerinin en yüksek düzeyde olduğu ve bu örneğin TS1, TS5 ve PK1 örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (P<0,05) (Tablo 4.2). Depolamanın altıncı haftasında turşu örneklerine ait pH değerlerinde bir miktar artış olduğu belirlenmiş (P>0,05), söz konusu durum, ortamda istenmeyen mikroorganizmaların gelişimi ile ilişkilendirilmiştir (İcil, 2019).

Depolama süresi sonunda en yüksek pH değerinin 3,64 ile *P. parvulus* kullanılarak fermente edilen TS3 örneğine ait olduğu tespit edilmiş ve bu değer diğer turşu örneklerinden (TS1 ve TS5 örnekleri hariç) istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir (P>0,05). Depolama sonunda en düşük pH değeri ise,

karışık kültür kullanılarak üretilen TS5 örneğinde 3,46 olarak belirlenmiş ve bu örneğin diğer turşu örneklerinden (TS3 örneği hariç) istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Sauerkraut örneklerine ait pH sonuçları incelendiğinde, fermentasyon süresince pH değerlerinin 3,19 ile 5,65 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince pH değeri

Fermentasyon süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
0. gün	4,44±0,03 ^{a,E}	4,93±0,14 ^{b,C}	5,08±0,22 ^{b,B}	5,09±0,22 ^{b,D}	4,97±0,01 ^{b,F}	4,92±0,09 ^{b,D}	5,62±0,27 ^{c,D}
1. gün	3,61±0,11 ^{a,D}	3,69±0,14 ^{a,B}	4,98±1,41 ^{b,B}	3,90±0,25 ^{a,C}	3,73±0,04 ^{a,E}	3,58±0,03 ^{a,C}	5,65±0,06 ^{b,D}
3. gün	3,38±0,07 ^{a,C}	3,46±0,14 ^{a,A}	3,61±0,24 ^{a,A}	3,49±0,13 ^{a,B}	3,37±0,02 ^{a,D}	3,37±0,06 ^{a,B}	4,02±0,28 ^{b,C}
5. gün	3,30±0,07 ^{a,b,A,B,C}	3,42±0,19 ^{a,b,A}	3,47±0,10 ^{b,A}	3,47±0,16 ^{b,A,B}	3,27±0,10 ^{a,B,C}	3,33±0,11 ^{a,b,A,B}	3,72±0,01 ^{c,B}
7. gün	3,27±0,06 ^{a,A,B}	3,36±0,18 ^{a,b,A}	3,34±0,03 ^{a,A}	3,41±0,13 ^{a,b,A,B}	3,25±0,04 ^{a,B}	3,30±0,09 ^{a,A,B}	3,50±0,02 ^{b,A}
15. gün	3,22±0,04 ^{a,A}	3,28±0,15 ^{a,A}	3,26±0,02 ^{a,A}	3,28±0,06 ^{a,A}	3,19±0,05 ^{a,A}	3,20±0,11 ^{a,A}	3,32±0,09 ^{a,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Bu çalışmada, fermentasyon sonuna kadar tüm sauerkraut örneklerinin pH değerlerinin düzenli olarak düştüğü tespit edilmiştir. Turşu örneklerinin pH değerinde tespit edilen bu düşüş, fermentasyonun başarılı bir şekilde gerçekleştiğinin de göstergesi olarak kabul edilmektedir (Yang et al., 2020). Fermentasyon başlangıcında turşu örneklerinin (TL1 ve NK2 örnekleri hariç) pH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir

($P>0,05$). Fermentasyon sonunda en düşük pH değeri karışık kültür ile fermente edilen TL5 örneğinde 3,19 olarak ölçülürken ($P>0,05$), en yüksek pH değeri ise starter kültür içermeyen NK2 örneğinde 3,32 olarak belirlenmiş ve turşu örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Fermentasyonda sırasında meydana gelen pH değişimlerinin büyük önem taşıdığı bilinmektedir (Özkan, 2020). Turşu fermentasyonunda LAB tarafından gerçekleştirilen asit üretimi, ortamdaki toplam asitliği (laktik asit cinsinden) arttırmakta ve turşunun mikrobiyal kalitesinin ve duyuşal özelliklerinin korunmasını sağlamaktadır (Banić et al., 2018). İncelen turşu örneklerinde fermentasyon süresince pH değerlerinde tespit edilen düzenli azalış, ortamdaki asitliğin artışı ile paralel olarak seyretmiş ve bu durum turşu örneklerinde laktik asit fermentasyonunun kontrollü bir şekilde gerçekleştiğini ortaya koymuştur.

Sauerkraut örneklerinin pH değerleri incelendiğinde, depolama süresince ölçülen pH değerlerinin 3,26 ile 3,44 arasında değişmekte olduğu görülmüştür (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince pH değeri

Depolama süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
1. hafta	3,28±0,01 ^{a,b,A,B}	3,38±0,09 ^{c,A}	3,30±0,01 ^{a,b,A}	3,30±0,03 ^{a,b,A}	3,28±0,01 ^{a,b,A,B}	3,26±0,05 ^{a,A,B}	3,33±0,04 ^{b,c,A}
2. hafta	3,30±0,04 ^{a,b,A,B,C}	3,40±0,08 ^{b,A}	3,33±0,03 ^{a,b,A}	3,30±0,03 ^{a,b,A}	3,28±0,04 ^{a,A,B}	3,29±0,10 ^{a,b,A,B}	3,35±0,10 ^{a,b,A}
3. hafta	3,31±0,02 ^{a,A,B,C}	3,40±0,06 ^{c,A}	3,33±0,02 ^{a,b,A}	3,32±0,03 ^{a,A}	3,30±0,02 ^{a,A,B,C}	3,29±0,08 ^{a,A,B}	3,34±0,08 ^{b,c,A}
4. hafta	3,30±0,01 ^{a,A,B,C}	3,39±0,05 ^{b,A}	3,33±0,01 ^{a,b,A}	3,31±0,03 ^{a,A}	3,27±0,02 ^{a,A,B}	3,28±0,09 ^{a,A,B}	3,34±0,06 ^{a,b,A}
5. hafta	3,32±0,04 ^{a,B,C}	3,43±0,01 ^{b,A}	3,36±0,05 ^{a,A}	3,34±0,06 ^{a,A}	3,32±0,03 ^{a,B,C,D}	3,33±0,04 ^{a,A,B}	3,38±0,02 ^{a,b,A}
6. hafta	3,35±0,07 ^{a,B,C}	3,44±0,05 ^{a,A}	3,41±0,07 ^{a,A}	3,41±0,08 ^{a,A}	3,36±0,05 ^{a,C,D}	3,38±0,03 ^{a,B}	3,43±0,01 ^{a,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Fermentasyon sonrasında depolamaya alınan örneklerde depolamanın ilk haftasında yapılan ölçümlerde pH değerlerinde artış belirlenmiş ($P>0,05$), depolamanın ilerleyen aşamasında örnek grupları içerisinde pH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$) (Tablo 4.4). Depolama sonunda ise turşu örneklerine ait pH değerlerinin arttığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Depolama süresi sonunda en yüksek pH değeri *Lb. brevis* kullanıldığı TL2 örneğinde 3,44 olarak ölçülmüştür ($P>0,05$). En düşük pH değeri ise *Lpb. plantarum* kültürünün kullanımı ile elde edilen TL1 turşu örneğinde 3,35 olarak belirlenmiştir ($P>0,05$).

Lahana turşusunda baskın LAB'lerinin genel olarak *Lactobacillus*, *Leuconostoc* ve *Pediococcus* cinslerine ait olduğu bilinmektedir. Bu bakterilerden homofermantatif özellikte olanlar, glikozu kullanarak ağırlıklı olarak laktik asit üretebilme yeteneğine sahipken heterofermentatifler laktik asidin yanı sıra CO₂, etanol ve asetik asit üretebilmektedir. Bu nedenle lahana turşusu fermentasyonunda pH değeri 4,0'ın altına kadar düşebilmektedir (Müller et al., 2018; Maden, 2020).

Çetin (2011) tarafından yapılan çalışmada, lahana, salatalık, havuç, biber gibi hammaddeler kullanarak karışık turşu üretimi gerçekleştirmiştir. Turşu fermentasyonunda starter kültür olarak *Lpb. plantarum* kullanmış ve örnekler beş gün süre ile fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyonun başlangıcında hem starter kültür içeren örnekte hem de starter içermeyen kontrol örneğinde pH değeri 3,58 olarak belirlenmiştir. Starter kültür ilaveli turşu örneğinde otuzuncu gün sonuna kadar pH değerinin 3,53 değerine düştüğü, daha sonra pH değerinde artış olduğu ve altmış gün sonunda pH değerinin 3,62 değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Spontan fermentasyona bırakılan kontrol örneğinde ise pH değeri depolamanın kırkbeşinci gününe kadar artış göstermiş (3,66'ya kadar) ancak depolamanın sonunda 3,61 değerine gerilemiştir.

Tokatlı vd. (2019) tarafından üretilen çubuk turşusunda, fermentasyon başlangıcında örnekler ait pH değerlerinin 3,91-4,11 arasında değiştiği belirlenmiştir. Fermentasyonun başında pH değerinde meydana gelen düşüş, doğal fermentasyon sonucu elde edilen kontrol örneğinde daha yavaş gerçekleşirken, fermentasyonun ilerleyen aşamasında mikrobiyal aktivitedeki artışa bağlı olarak hız kazanmıştır. Starter kültür kullanılarak üretilen tüm örnekler fermentasyonun yedinci gününden itibaren sabit pH değerlerine ulaşmış, sonraki günlerde ise önemli bir değişim tespit edilmemiştir. Yirmi günlük fermentasyon süresinde en düşük pH değerinin, karışık starter kültürün kullanıldığı örnekte (3,26) ölçüldüğü, kontrol örneğinin ise fermentasyonu en yüksek pH değerlerinde tamamlandığı belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda da bu çalışma sonuçlarına benzer şekilde, sauerkraut fermentasyonu sonunda en düşük pH değeri karışık kültür ile fermente edilen TL5 örneğinde (3,19), en yüksek pH değeri ise starter kültür içermeyen NK2 örneğinde (3,32) belirlenmiştir.

Müller et al. (2018) tarafından yapılan çalışmada, sauerkraut fermentasyonu laktik starter kültür kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fermentasyonun başında pH değerleri yaklaşık 6 olarak ölçülen örneklerde, 24 saat sonra pH değerinin 4,0'ın altına düştüğü belirtilmiş, doğal olarak fermente edilen örneklerde ise pH değerinin üç gün sonunda 4,0'ın altına düştüğü bildirilmiştir.

Maden (2020) tarafından yapılan çalışmada Alman tipi lahana turşusu üretimi için ortama starter kültür (*Lpb. plantarum* 112) ilave edilerek ve edilmeden fermentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kontrol örneklerinin pH değerleri fermentasyonun başında 5,00-6,19 aralığında seyrederken, 14 gün sonunda 4,13-5,18 aralığında belirlenmiştir. *Lpb. plantarum* 112 ilaveli örneklerin pH değerlerinin ise fermentasyon boyunca 4'ten düşük olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak starter kültür içeren örneklerin pH değerlerinin, diğer gruplara kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç, bizim çalışma sonuçlarımızla paralellik göstermektedir.

Tarafımızca yürütülen bu tez çalışmasında, literatürde geçen çalışmalara da benzer şekilde, turşu örneklerinin pH değerlerinin fermentasyon başlangıcından sonuna doğru düştüğü, starter kültür ilavesi yapılan turşu örneklerinde pH düşüşü

daha kısa sürede ve daha yüksek oranda belirlenirken, starter kültür ilave edilmeden üretilen kontrol örneklerinde bu düşüşün daha uzun sürede ve daha düşük oranda olduğu görülmüştür.

4.2.2 Turşu örneklerinin toplam asitlik değerleri

Bu çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin toplam asitlik değerleri sırasıyla Tablo 4.5, Tablo 4.6, Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’de verilmiştir.

Salatalık turşusu örneklerinin toplam asitlik değerlerinin fermentasyon süresince laktik asit cinsinden 0,12–0,88 g/100 ml arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince toplam asitlik değeri (g laktik asit/100 ml)

Fermentasyon Süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
0. gün	0,17±0,03 ^{b,A}	0,15±0,02 ^{a,b,A}	0,14±0,02 ^{a,b,A}	0,14±0,02 ^{a,b,A}	0,12±0,02 ^{a,A}	0,12±0,04 ^{a,A}	0,16±0,04 ^{a,b,A}
1. gün	0,17±0,04 ^{a,A}	0,15±0,06 ^{a,A}	0,14±0,05 ^{a,A}	0,14±0,05 ^{a,A}	0,15±0,06 ^{a,A}	0,13±0,04 ^{a,A}	0,16±0,07 ^{a,A}
3. gün	0,45±0,09 ^{c,B}	0,39±0,08 ^{a,b,c,B}	0,31±0,16 ^{a,b,B}	0,27±0,10 ^{a,B}	0,41±0,04 ^{b,c,B}	0,38±0,06 ^{a,b,c,B}	0,28±0,13 ^{a,b,B}
5. gün	0,58±0,06 ^{b,c,C}	0,54±0,06 ^{b,c,C}	0,36±0,15 ^{a,B,C}	0,35±0,07 ^{a,B}	0,63±0,03 ^{c,C}	0,50±0,01 ^{b,C}	0,35±0,07 ^{a,B,C}
7. gün	0,84±0,13 ^{d,D}	0,67±0,06 ^{b,c,D}	0,45±0,27 ^{a,C}	0,47±0,17 ^{a,b,C}	0,69±0,04 ^{c,d,D}	0,58±0,01 ^{a,b,c,D}	0,41±0,18 ^{a,C}
15. gün	0,88±0,04 ^{d,D}	0,82±0,02 ^{d,E}	0,85±0,01 ^{d,D}	0,63±0,04 ^{a,D}	0,74±0,07 ^{c,C,D}	0,70±0,03 ^{b,c,E}	0,67±0,05 ^{a,b,D}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı

sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Salatalık turşusuna ait probiyotik hücre içeren tüm örneklerin, fermentasyon süresince toplam asitlik değerinin arttığı görülmüştür (Tablo 4.5). Onbeş günlük fermentasyon sonunda, toplam asitlik değeri en yüksek olan örneğin 0,88 g/100 ml ile *Lpb. plantarum* içeren TS1 olduğu belirlenmiş ve diğer örneklerle kıyaslandığında (TS2 ve TS3 örnekleri hariç) bu örneğin istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). En düşük toplam asitlik değerinin ise *L. parabuchneri* ile fermente edilen TS4 örneğinde (0,63 g/100 ml) olduğu ve bu örneğin NK1 örneği hariç diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Probiyotik hücre içeren turşu örneklerinin en yüksek toplam asitlik değerine fermentasyon sonunda ulaşılmıştır ($P<0,05$). Elde edilen bu sonuçlar, salatalık turşularına ait pH değerleriyle de paralellik göstermektedir.

Salatalık turşusu örneklerinin toplam asitlik değerlerinin depolama süresince laktik asit cinsinden 0,54–0,80 g/100 ml arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince toplam asitlik değeri (g laktik asit/100 ml)

Depolama Süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
1. hafta	0,72±0,01 ^{b,B,C}	0,72±0,04 ^{b,B,C}	0,61±0,01 ^{a,B}	0,71±0,02 ^{b,A}	0,72±0,07 ^{b,A,B}	0,63±0,03 ^{a,C,D,E}	0,78±0,08 ^{c,A}
2. hafta	0,75±0,06 ^{b,c,C}	0,72±0,05 ^{b,B,C}	0,65±0,07 ^{a,B}	0,73±0,02 ^{b,A}	0,77±0,07 ^{b,c,B}	0,64±0,03 ^{a,E,D}	0,80±0,02 ^{c,A}
3. hafta	0,66±0,09 ^{a,A,B}	0,66±0,10 ^{a,A,B}	0,55±0,04 ^{a,A,B}	0,64±0,19 ^{a,A}	0,65±0,19 ^{a,A,B}	0,60±0,06 ^{a,B,C,D}	0,72±0,13 ^{a,A}
4. hafta	0,73±0,06 ^{a,B,C}	0,74±0,06 ^{a,C}	0,64±0,11 ^{a,B}	0,68±0,10 ^{a,A}	0,70±0,18 ^{a,A,B}	0,66±0,10 ^{a,D,E}	0,74±0,10 ^{a,A}

5. hafta	0,70±0,06 ^{c,B,C}	0,70±0,00 ^{c,A,B,C}	0,58±0,04 ^{a,b,A,B}	0,70±0,03 ^{c,A}	0,65±0,09 ^{b,c,A,B}	0,54±0,09 ^{a,A,B}	0,71±0,08 ^{c,A}
6. hafta	0,65±0,00 ^{b,c,A}	0,64±0,01 ^{b,c,A}	0,54±0,01 ^{a,A,B}	0,63±0,07 ^{b,c,A}	0,65±0,12 ^{b,c,A,B}	0,56±0,09 ^{a,b,A,B,C}	0,67±0,06 ^{c,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Depolamanın ilk haftasında TS1, TS2, TS4 ve TS5 örneklerinin istatistiksel olarak benzer olduğu belirlenirken ($P>0,05$) diğer turşu örnekleri ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu sonucuna varılmıştır ($P<0,05$) (Tablo 4.6). Turşu örneklerinde depolama süresinin sonunda yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde, TS3 ve PK1'in en düşük asitlik değerlerine sahip örnekler olarak diğer örneklerden farklılık gösterdiği ($P<0,05$), bununla birlikte diğer örnekler arasında istatistiksel bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Sauerkraut örneklerine ait toplam asitlik değerlerinin fermentasyon süresince laktik asit cinsinden 0,13–1,50 g/100 ml arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince toplam asitlik değeri (g laktik asit/100 ml)

Fermentasyon Süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
0. gün	0,20±0,03 ^{b,A}	0,21±0,04 ^{b,A}	0,17±0,04 ^{a,b,A}	0,16±0,04 ^{a,b,A}	0,14±0,05 ^{a,A}	0,14±0,04 ^{a,A}	0,13±0,03 ^{a,A}
1. gün	0,51±0,11 ^{c,B}	0,48±0,01 ^{b,c,B}	0,35±0,04 ^{a,B}	0,33±0,06 ^{a,B}	0,38±0,01 ^{a,b,B}	0,48±0,04 ^{b,c,B}	0,31±0,18 ^{a,A}

3. gün	0,99±0,01 ^{a,b,C}	1,10±0,13 ^{b,C}	1,01±0,13 ^{a,b,C}	0,99±0,13 ^{a,b,C}	0,99±0,13 ^{a,b,C}	0,96±0,05 ^{a,b,C}	0,89±0,00 ^{a,B}
5. gün	1,11±0,01 ^{a,b,C}	1,16±0,06 ^{b,C,D}	1,07±0,06 ^{a,b,C}	1,04±0,09 ^{a,b,C}	1,06±0,09 ^{a,b,C}	1,02±0,11 ^{a,C,D}	1,01±0,17 ^{a,B}
7. gün	1,26±0,09 ^{a,D}	1,23±0,08 ^{a,D}	1,33±0,08 ^{a,D}	1,08±0,25 ^{a,C}	1,22±0,14 ^{a,D}	1,19±0,17 ^{a,D,E}	1,28±0,38 ^{a,C}
15. gün	1,42±0,04 ^{a,b,E}	1,42±0,09 ^{a,b,E}	1,49±0,08 ^{a,b,E}	1,38±0,04 ^{a,b,D}	1,39±0,13 ^{a,b,E}	1,34±0,16 ^{a,E}	1,50±0,09 ^{b,D}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerinin tümünde, onbeş günlük fermentasyon süresince toplam asitlik değerinin zamanla artış gösterdiği, bu anlamda pH değişimi ile de (Tablo 4.3) paralellik içerisinde olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Fermentasyon süresi sonunda, toplam asitlik değeri en düşük olan örneğin PK2 (1,34 g/100 ml) olduğu, diğer turşu örnekleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$) (Tablo 4.7).

Sauerkraut örneklerinde toplam asitlik değerlerinin depolama süresince laktik asit cinsinden 1,28–1,78 g/100 ml arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince toplam asitlik değeri (g laktik asit/100 ml)

Depolama Süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

1. hafta	1,43±0,21 ^{a,b,B,C}	1,63±0,07 ^{b,C}	1,51±0,17 ^{a,b,B,C}	1,52±0,17 ^{a,b,A,B}	1,45±0,03 ^{a,b,B,C}	1,38±0,20 ^{a,A,B}	1,57±0,10 ^{a,b,B}
2. hafta	1,43±0,00 ^{a,b,B,C}	1,52±0,14 ^{b,A,B}	1,40±0,04 ^{a,b,A,B}	1,48±0,05 ^{b,A,B}	1,54±0,10 ^{b,C,D}	1,31±0,17 ^{a,A,B}	1,56±0,10 ^{b,B}
3. hafta	1,65±0,31 ^{a,D}	1,78±0,22 ^{a,D}	1,58±0,28 ^{a,C}	1,51±0,19 ^{a,A,B}	1,53±0,08 ^{a,C,D}	1,46±0,37 ^{a,B}	1,53±0,12 ^{a,B}
4. hafta	1,48±0,06 ^{a,b,A,B}	1,60±0,09 ^{c,B,C}	1,51±0,05 ^{b,c,B,C}	1,55±0,00 ^{c,B}	1,59±0,18 ^{c,E}	1,37±0,13 ^{a,A,B}	1,50±0,08 ^{b,c,B}
5. hafta	1,44±0,13 ^{a,b,A,B}	1,55±0,00 ^{b,A,B}	1,47±0,08 ^{a,b,A,B}	1,50±0,09 ^{a,b,A,B}	1,37±0,24 ^{a,b,A,B}	1,33±0,19 ^{a,A,B}	1,42±0,04 ^{a,b,A,B}
6. hafta	1,35±0,03 ^{a,b,A}	1,47±0,11 ^{a,b,A}	1,36±0,09 ^{a,b,A}	1,36±0,08 ^{a,b,A}	1,32±0,07 ^{a,A}	1,28±0,20 ^{a,b,A}	1,41±0,17 ^{b,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Depolamanın başında sauerkraut örnekleri arasında (PK2 örneği hariç) istatistiksel olarak farklılık olmadığı belirlenmiştir (P>0,05) (Tablo 4.8). Depolamaya alınan turşu örnekleri arasında en yüksek toplam asitlik değerleri TL2 örneğinde depolamanın üçüncü haftasında 1,78 g laktik asit/100 ml olarak belirlenmiştir (P>0,05). Bununla birlikte depolamanın ilerleyen günlerinde, genel olarak da üçüncü haftadan sonra, örneklerin asitlik değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Altı haftalık depolama süresi sonunda en düşük toplam asitlik değerinin 1,28 g laktik asit/100 ml ile *Lpb. plantarum* 299v içeren PK2 örneğine ait olduğu belirlenmiş ve diğer turşu örnekleriyle (TL5 örneği hariç) aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir (P>0,05).

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, starter kültür olarak *Lpb. plantarum*, *Leu. mesenteroides*, *Lb. brevis* ve *P. cerevisiae* suşlarının kullanımıyla üretilen havuç turşularının toplam asitlik değerinin %0,89-0,92 arasında değiştiği, starter kültür kullanılmadan gerçekleştirilen fermentasyonda ise örneklerin toplam asitlik değerinin daha düşük seviyelerde seyrettiği (%0,77-0,83) belirlenmiştir (Akpınar-Bayizit et al., 2007).

Nilchian et al. (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, hıyar turşusu için starter kültür olarak *Lpb. plantarum*, *L. bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'a ait suşlar kullanılmış ve fermentasyon sonunda turşu örneklerinin toplam asitlik değerinin %0,45-0,63 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen bu değerler, bizim çalışmamızda incelediğimiz salatalık turşusu örnekleri (%0,63-0,88) ile kıyaslandığında daha düşük seviyede kalmaktadır (Tablo 4.5). Bu örneklerin starter kültür kullanılmadan üretilen kontrol örneğine kıyasla daha yüksek toplam asitlik değerine sahip olduğu da belirlenmiştir.

Dündar (2017) tarafından yürütülen çalışmada, farklı yörelere ait 41 adet turşu örneği incelenmiş, turşu örneklerinin fermentasyon sonrasında toplam asitlik değerleri 0,11-1,53 g laktik asit/100 ml arasında bulunmuştur. Bu sonuçlar, bazı örneklerin oldukça yüksek asitlik değerlerine sahip olduğunu göstermiştir.

Tokatlı vd. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, starter kültür ilavesiyle üretilen çubuk turşularının fermentasyon süresince toplam asitlik değerleri ölçülmüştür. Örneklerle ait toplam asitlik değerlerinin yirmi günlük fermentasyon süresince %0,23-0,87 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bizim yürüttüğümüz çalışma da benzer şekilde fermentasyon süresince salatalık turşusu örneklerin asitlik değerlerinin 0,12–0,88 g/100 ml arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.5). Araştırmacılar depolama sonrasında en yüksek asitlik değerinin, starter kültür olarak *Lpb. plantarum* MF513-*P. ethanolidurans* MF179 suşlarının karışık kültür olarak kullanımıyla elde edilen turşu örneğinde (1,62 g/100 ml) olduğunu belirtmişlerdir. Belirlenen bu değer, bizim depolama sonunda incelenen salatalık turşusu örneklerimizle kıyaslandığında yüksek bulunmuştur.

Türk Standartları Enstitüsü'nde yer alan Hıyar Turşusu (TS 11112) ve Lahana Turşusu (TS 4200) standartları incelendiğinde, bu iki turşu çeşidinde asitlik derecelerinin çeşitlerine göre %0,5 ile %4 arasında olması gerektiği bildirilmiştir (Anon, 1990; Anon, 1993). Ayrıca ilgili literatürde, farklı turşu çeşitlerinde toplam asitlik değerinin laktik asit cinsinden %0,6-1,2 aralığında olduğu bildirilmektedir (Hutkins, 2006). Yürütülen bu çalışmada kapsamında incelenen salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin toplam asitlik değerlerinin standartlara uygun olmasının yanı sıra literatürde yer alan çalışmalarla da benzerlik gösterdiği görülmektedir.

4.2.3 Turşu örneklerinin tuz değerleri

Bu çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin tuz miktarları Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12’de yer almaktadır.

Salatalık turşusu örneklerinin tuz miktarlarının fermentasyon süresince %5,97-6,14 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince %tuz miktarı

Fermentasyon Süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
0. gün	6,08±0,08 ^{b,B}	6,08±0,17 ^{b,A}	6,08±0,17 ^{b,B}	6,03±0,08 ^{a,B}	6,03±0,08 ^{a,B}	6,10±0,08 ^{b,A}	6,10±0,08 ^{b,B}
1. gün	5,97±0,17 ^{a,A}	6,08±0,33 ^{b,A}	6,03±0,08 ^{a,A}	5,97±0,17 ^{a,A}	5,97±0,17 ^{a,A}	6,08±0,08 ^{a,b,A}	6,14±0,08 ^{a,b,B}
3. gün	6,03±0,08 ^{b,A}	6,03±0,08 ^{b,A}	6,03±0,25 ^{b,A}	5,97±0,17 ^{a,A}	5,97±0,17 ^{a,A}	6,08±0,33 ^{c,A}	6,04±0,08 ^{b,A}
5. gün	6,03±0,25 ^{b,A}	6,03±0,17 ^{b,A}	6,03±0,08 ^{b,A}	5,97±0,08 ^{a,A}	5,97±0,17 ^{a,A}	6,08±0,41 ^{d,A}	6,06±0,25 ^{c,A}
7. gün	6,03±0,41 ^{b,A}	6,03±0,25 ^{b,A}	6,03±0,08 ^{b,A}	6,08±0,17 ^{c,C}	5,97±0,17 ^{a,A}	6,08±0,17 ^{c,A}	6,06±0,29 ^{b,c,A}
15. gün	6,03±0,58 ^{a,A}	6,03±0,25 ^{a,A}	6,08±0,41 ^{b,B}	6,08±0,54 ^{b,C}	6,03±0,54 ^{a,B}	6,08±0,17 ^{b,A}	6,06±0,29 ^{a,b,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Fermentasyon başlangıcında tuz miktarları %6 seviyelerinde ayarlanan salatalık turşularının ilerleyen günlerde de bu seviyelerde tuz içerdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.9). Fermentasyon başlangıcında TS4 ve TS5 örnekleri arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı belirlenirken (P>0,05) bu örneklerin diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

Fermentasyon süresi sonunda ise starter kültür içeren örnekler içinde TS1, TS2 ve TS5 nolu örneklerin istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenir (P>0,05), starter kültür içeren diğer örnekler (TS3, TS4 ve PK1) arasında da anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (P>0,05).

Salatalık turşusu örneklerine ait tuz miktarları fermentasyon süresince değerlendirildiğinde, TS1 ve TS5 nolu örneklerin ilk günden itibaren dengeye ulaştığı görülürken (P>0,05); TS2 ve NK1 nolu örneklerin üçüncü günden itibaren dengeye ulaştığı tespit edilmiştir (P>0,05).

Salatalık turşularının depolama süresince tuz miktarlarının %5,65-6,14 aralığında olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince %tuz miktarı

Depolama Süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
1. hafta	5,97±0,17 ^{c,C}	6,08±0,33 ^{e,B}	5,91±0,83 ^{b,B}	6,14±0,08 ^{f,D}	6,03±0,08 ^{d,C}	6,14±0,25 ^{f,D}	5,85±0,08 ^{a,B}
2. hafta	6,03±0,08 ^{c,D}	5,97±0,17 ^{b,B}	6,03±0,25 ^{c,D}	6,14±0,25 ^{e,D}	6,06±0,08 ^{d,C}	6,14±0,25 ^{e,D}	5,85±0,08 ^{a,B}
3. hafta	6,03±0,25 ^{c,D}	5,97±0,17 ^{b,B}	6,04±0,08 ^{c,D}	5,97±0,17 ^{b,C}	6,08±0,17 ^{d,C}	6,08±0,17 ^{d,C}	5,91±0,08 ^{a,C}
4. hafta	5,97±0,33 ^{c,C}	6,03±0,25 ^{d,B}	6,03±0,25 ^{d,D}	5,91±0,08 ^{a,B}	6,08±0,17 ^{c,C}	5,97±0,17 ^{b,c,B}	6,03±0,25 ^{a,b,C}
5. hafta	5,93±0,08 ^{b,c,B}	5,97±0,08 ^{d,B}	5,97±0,08 ^{d,C}	5,90±0,08 ^{a,B}	5,97±0,17 ^{d,B}	5,95±0,08 ^{c,d,B}	5,91±0,08 ^{a,b,C}
6. hafta	5,70±0,33 ^{b,A}	5,75±0,21 ^{d,e,A}	5,77±0,04 ^{e,A}	5,65±0,21 ^{a,A}	5,65±0,21 ^{a,A}	5,73±0,12 ^{c,d,A}	5,71±0,08 ^{b,c,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Fermentasyon süresince tuz miktarının %6 civarında olan turşu örneklerinin depolama süresinin son iki haftasında tuz miktarlarında bir miktar azalma tespit edilmiş ($P<0,05$), altı haftalık depolama süresi sonunda en yüksek tuz miktarına sahip örneğin %5,77 ile *P. parvulus* içeren TS3 örneğine ait olduğu ve bu örneğin TS2 örneği hariç diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, altı haftalık süre sonunda en düşük tuz miktarı %5,65 ile TS4 ve TS5 örneklerinde belirlenmiştir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerinin tuz miktarlarının fermentasyon süresince %2,46-2,63 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince %tuz miktarı

Fermentasyon Süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
0. gün	2,53±0,08 ^{a,A}	2,52±0,08 ^{a,A}	2,59±0,02 ^{b,B}	2,52±0,25 ^{a,B}	2,53±0,08 ^{a,A}	2,53±0,25 ^{a,A,B}	2,57±0,12 ^{b,A,B}
1. gün	2,57±0,33 ^{a,B}	2,57±0,50 ^{a,B}	2,57±0,02 ^{a,A}	2,57±0,33 ^{a,C}	2,56±0,12 ^{a,B}	2,57±0,50 ^{a,C}	2,58±0,12 ^{a,B,C}
3. gün	2,55±0,33 ^{b,B}	2,52±0,17 ^{a,A}	2,50±0,33 ^{b,A}	2,52±0,25 ^{a,B}	2,52±0,00 ^{a,A}	2,52±0,08 ^{a,A}	2,55±0,04 ^{b,A}
5. gün	2,55±0,17 ^{c,A,B}	2,52±0,00 ^{b,A}	2,50±0,33 ^{d,A}	2,46±0,08 ^{a,A}	2,52±0,00 ^{b,A}	2,50±0,08 ^{b,A}	2,57±0,02 ^{d,A,B}
7. gün	2,55±0,17 ^{b,A,B}	2,52±0,10 ^{a,A}	2,56±0,04 ^{b,c,A}	2,63±0,17 ^{d,D}	2,52±0,12 ^{a,A}	2,52±0,19 ^{a,A}	2,57±0,02 ^{c,A,B}
15. gün	2,53±0,25 ^{a,b,A}	2,54±0,06 ^{b,c,A}	2,57±0,04 ^{d,A}	2,57±0,00 ^{d,C}	2,52±0,12 ^{a,A}	2,55±0,08 ^{c,d,B,C}	2,56±0,12 ^{d,A,B}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Fermentasyon başlangıcında sauerkraut örneklerine ait tuz miktarı %2,5 olarak ayarlanmış, fermentasyonun ilerleyen günlerinde de tuz miktarının bu seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

Fermentasyon başlangıcında sauerkraut örneklerinin TL3 ve NK2 örnekleri hariç birbirlerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Ayrıca, TL1 ve TL3 örneklerinde ilk günden; TL2, TL5 ve NK2 örneklerinde üçüncü günden itibaren tuz miktarının dengeye ulaştığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Fermentasyon süresi sonunda en düşük tuz miktarı %2,52 ile TL5'te tespit edilirken bu sonucun TL1 hariç diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Bununla birlikte en yüksek tuz miktarının (%2,57) TL3 ve TL4 örneklerinde belirlendiği ve bu örneklerin PK2 ve NK2 örnekleriyle aralarında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Sauerkraut örneklerinin tuz miktarlarının depolama süresince %2,33-2,60 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince %tuz miktarı

Depolama Süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
1. hafta	2,46±0,17 ^{a,B}	2,57±0,17 ^{c,D}	2,57±0,08 ^{c,D}	2,57±0,08 ^{c,C}	2,55±0,41 ^{c,C}	2,52±0,08 ^{b,B}	2,57±0,16 ^{c,B}
2. hafta	2,46±0,08 ^{a,B}	2,57±0,17 ^{d,D}	2,52±0,08 ^{b,C}	2,57±0,17 ^{d,C}	2,55±0,08 ^{c,C}	2,53±0,04 ^{b,B,C}	2,57±0,08 ^{d,B}
3. hafta	2,46±0,17 ^{a,B}	2,52±0,08 ^{b,C}	2,46±0,17 ^{a,B}	2,55±0,08 ^{c,B}	2,52±0,25 ^{b,B}	2,57±0,17 ^{d,D}	2,60±0,17 ^{e,C}
4. hafta	2,46±0,08 ^{a,B}	2,52±0,17 ^{b,C}	2,47±0,17 ^{a,B}	2,52±0,08 ^{b,B}	2,52±0,08 ^{b,B}	2,52±0,25 ^{b,B}	2,60±0,12 ^{c,C}
5. hafta	2,46±0,17 ^{b,B}	2,46±0,08 ^{b,B}	2,47±0,17 ^{b,B}	2,52±0,08 ^{c,B}	2,52±0,08 ^{b,B}	2,57±0,17 ^{d,D}	2,58±0,08 ^{a,A}
6. hafta	2,33±0,17 ^{a,A}	2,36±0,25 ^{b,A}	2,39±0,08 ^{c,A}	2,39±0,08 ^{c,A}	2,41±0,17 ^{c,d,A}	2,36±0,33 ^{b,A}	2,43±0,41 ^{d,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Altı haftalık depolamanın sonunda en düşük tuz miktarının %2,33 ile *Lpb. plantarum* içeren TL1 örneğine ait olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bunun yanı sıra, en yüksek tuz miktarının %2,43 ile NK2 örneğine ait olduğu ve bu sonucun TL5 örneği hariç diğer turşu örnekleriyle kıyaslandığında istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Türk Standartları Enstitüsü'nde yer alan Hıyar Turşusu (TS 11112) ve Lahana Turşusu (TS 4200) standartları incelendiğinde, turşu örneklerinde tuz miktarının hacim olarak en çok %7 olabileceği belirtilmektedir. Bu kapsamda, çalışma sonuçlarına göre üretimi gerçekleştirilen turşu örneklerine ait tuz miktarlarının kabul edilebilir değerlerde olduğu sonucuna varılmıştır.

Turşu fermentasyonunda kullanılan tuz, ürüne istenilen tadı vermenin yanı sıra dokunun yumuşamasını önlemek ve istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek ürünün raf ömrünü uzatmaktadır. Sebze fermentasyonlarında ortama belirli oranlarda tuz ilave edilmesi, LAB'leri dışında ortamda bozulma etmeni mikroorganizmaların gelişimini engellemekte ve ortamda kısa sürede LAB'lerin baskın hale gelmesini sağlamaktadır. Tuz, osmotik basıncı artırarak hücre geçirgenliğinin artmasına yardımcı olurken mikrobiyal aktiviteyi de azaltmaktadır (Zieliski et al., 2017; Dündar, 2017; Ünlütürk ve Turantaş, 2021).

Sauerkraut, genel olarak %2–3 veya daha yüksek tuz konsantrasyonlarında üretilmekte ve bu sayede olası patojen veya bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimi engellenmektedir. Bunun yanı sıra, ideal koşullarda %2,25 oranında olan tuz, laktik olmayan mikroorganizmaların birçoğunun gelişimini engelleyecek seçici koşulları oluşturabilmektedir. Sauerkraut yapımında tuzun lahana ile karıştırılmasından kısa bir süre sonra, basit ozmoz nedeniyle su, bitki dokusunun iç kısmından dış ortama geçmektedir. Oluşan tuzlu su, şeker ve su ile çözünen diğer besin maddelerini içermektedir. Dolayısıyla bu su fazı,

mikrobiyal aktivitede önemli işlev görmektedir (Başdoğan, 2020). Fermentasyon sırasında Enterobacteriaceae ailesi üyeleri (*Escherichia*, *Enterobacter* vb.) ve *Bacillus* spp.'nin tuz ve anaerobik koşullar nedeniyle gelişemediği, ortamda bulunan hücrelerin gelişiminin ise zamanla yavaşlayarak canlılıklarını kaybettikleri bildirilmektedir. Aynı zamanda, mevcut LAB sayısının hızla çoğalarak asit ürettiği ve anaerobik koşullarda baskın hale geldiği bildirilmektedir (Dündar, 2017). Ayrıca son dönemlerde Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından yayınlanan yüksek sodyum tüketimiyle ilişkili sağlık sorunları nedeniyle gıda ürünlerindeki sodyumun azaltılmasına yönelik kılavuzdan sonra düşük tuzlu fermente gıdalara ilginin arttığı görülmektedir. Bu kapsamda, tüketici tercihleri de göz önünde bulundurulduğunda, düşük tuzlu lahana turşularının üretimi, bu ürünlerin organoleptik özelliklerinin incelenmesi ve potansiyel pazar fırsatlarının açığa çıkarılması büyük önem taşımaktadır (Khanna, 2018; Kim et al, 2019a; Aljahani, 2020).

Çalış ve Akbulut (1993) tarafından yürütülen çalışmada, farklı formülasyonlarda üretilen lahana turşularının tuz miktarları fermentasyon süresince %4,80-6,42 aralığında tespit edilmiştir. Benzer şekilde Güler (2020) tarafından yapılan çalışmada, Brüksel lahanasına ait turşu örneklerinin tuz miktarları 1,17-3,68 g/100 ml arasında belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler, bizim sonuçlarımızla kıyaslandığında daha yüksek bulunmuştur. Turşu üretiminde kullanılan hammadde ve fermentasyon koşulları da tuz miktarında farklılığa neden olmaktadır.

Bağdatlıoğlu (2019) tarafından yapılan çalışmada, *Lpb. plantarum* ile gerçekleştirilen fermentasyon işlemi sonucu kapari, lahana ve hıyar turşuları elde edilmiştir. Turşu örneklerinin tuz miktarları fermentasyonun başında %6 olarak ayarlanmış, on gün sonunda ise tuz miktarlarının kapari salamurasında %3,45'e, lahana salamurasında %3,52'ye, hıyar salamurasında ise %3,24'e düştüğü belirlenmiştir.

Tokatlı vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada starter kültür ile çubuk turşusu üretimi gerçekleştirilmiş ve yirmi günlük fermentasyon sürecinde turşu örneklerinde tuz miktarlarının %4,43-4,25 arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Bu değerler, bizim belirlediğimiz tuz miktarları ile kıyaslandığında

sauerkraut örneklerinden yüksek, salatalık turşusu örneklerinden ise düşük bulunmuştur.

Maden (2020) tarafından üretilen Alman tipi lahana turşularının tuz miktarları başlangıçta tüm örneklerde %2,5, doğal fermentasyona bırakılan farklı formülasyonlardaki lahana örneklerinde %1,79-2,16 aralığında ve starter kültür (*Lpb. plantarum* 112) ilavesi yapılan örneklerde ise %1,13-2,30 aralığında değişim göstermiştir.

Alan and Yildiz (2021) tarafından yapılan çalışmada, sauerkraut üretimi için doğal fermentasyonun yanı sıra farklı *Lactobacillus* türlerinin starter kültür olarak kullanımıyla kontrollü fermentasyon işlemi de gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta %5 tuz ile üretilen turşu örneklerinde tuz miktarının onbeşinci güne kadar hızla azaldığı (%4), onbeşinci günden sonra ise artış gösterdiği belirlenmiştir. 60 günlük depolama sonunda turşu örneklerine ait ortalama tuz miktarının %4,5 seviyelerinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tarafımızca yürütülen çalışmada da elde edilen sonuçlar literatürle benzerlik göstermektedir.

Turşu üretiminde ana madde olarak kullanılan lahana, salatalık, kırmızı biber ve turp gibi birçok sebzenin fermentasyonu %6-8 oranında tuz ilavesi ile uygulanmaktadır. Ayrıca, literatürde yer alan farklı çalışmalarda %6-8 tuz konsantrasyonunda fermentasyona bırakılan sebzelerde asit oluşumunun daha hızlı ve yüksek miktarda olduğu, ayrıca sebzelerde meydana gelen hasarında daha düşük olduğu belirtilmiştir (Aktan vd., 1999; Yu et al., 2012; Bağdatlıoğlu, 2019).

Genel olarak literatürde yer alan çalışmalarda, üretilen turşu çeşitlerine ve fermentasyon koşullarına bağlı olmak üzere fermentasyon ve depolama sürelerinde tuz miktarının zamanla azalma gösterdiği ya da bir süre sabit kalarak ardından azalma gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Literatürde yer alan bu çalışmalarla benzer olarak yapılan bu çalışmada da üretimi gerçekleştirilen salatalık ve lahana turşularının tuz miktarlarının bir süre sabit kaldığı ve daha sonra azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Fermentasyonda kullanılan hammadde çeşitliliği, mikroorganizma türü, ortam koşulları gibi farklılıklar nedeniyle çalışmalarda farklı sonuçların elde edildiği görülmektedir.

4.2.4 Turşu örneklerinin antioksidan aktivitesi

4.2.4.1 Turşu örneklerinin DPPH değerleri

Bu çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan değerleri Tablo 4.13, Tablo 4.14, Tablo 4.15 ve Tablo 4.16’da verilmiştir.

Salatalık turşusu örneklerine ait %DPPH değerleri, fermentasyon süresince %1,61 ile %25,83 aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince DPPH değeri (%)

Fermentasyon Süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
0. gün	3,08±1,79 ^{a,A}	2,55±2,19 ^{a,A}	1,61±1,60 ^{a,A}	1,74±0,75 ^{a,A}	3,20±1,93 ^{a,A}	1,91±0,10 ^{a,A}	2,04±1,90 ^{a,A}
1. gün	3,08±0,20 ^{a,A}	3,07±0,49 ^{a,A}	4,98±0,24 ^{c,B}	8,52±0,38 ^{d,B}	3,47±2,00 ^{a,b,A}	4,43±0,49 ^{b,c,B}	3,47±0,46 ^{a,b,B}
3. gün	10,46±0,63 ^{a,B}	13,96±0,84 ^{c,B}	11,60±0,98 ^{a,b,C}	17,37±1,32 ^{d,D}	18,05±0,22 ^{d,B}	12,40±2,09 ^{b,c,C}	16,45±2,23 ^{d,C}
5. gün	20,61±1,54 ^{c,D}	18,33±0,42 ^{a,b,C}	16,80±0,27 ^{a,E}	18,68±2,75 ^{b,D}	23,51±0,04 ^{d,C}	18,41±1,00 ^{a,b,D}	21,05±0,41 ^{c,E}
7. gün	25,83±0,10 ^{c,E}	18,87±1,40 ^{b,C}	16,89±0,10 ^{a,E}	18,83±2,24 ^{b,D}	24,60±0,81 ^{c,C}	17,15±0,43 ^{a,D}	18,71±1,79 ^{b,D}
15. gün	15,42±2,74 ^{b,c,C}	14,50±1,50 ^{a,b,B}	14,84±1,73 ^{a,b,D}	13,25±3,07 ^{a,b,C}	18,26±1,26 ^{c,B}	12,15±3,69 ^{a,C}	15,56±1,31 ^{b,c,C}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Salatalık turşularının DPPH değerleri incelendiğinde, probiyotik içeren TS1, TS2, TS3, TS4 ve TS5 örneklerinin DPPH değerinin, fermentasyonun ilk yedi gününde artış gösterdiği ve en yüksek değere yedinci günde ulaştığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). PK1 ve NK1 örneklerinin DPPH değerleri de fermentasyonun ilk beş gününde artış göstermiş, ancak bu örneklerin en yüksek değerlere beşinci gün sonunda ulaştığı tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Lpb. plantarum içeren TS1 örneğinin DPPH değeri fermentasyonun yedinci gününde %25,83 olarak belirlenmiş ve bu değerin diğer turşu örneklerinden daha yüksek olduğu tespit edilirken TS5 örneği hariç diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğu da belirlenmiştir ($P<0,05$). Fermentasyonun yedinci gününde TS5 örneğinin DPPH değerinin ise %24,60 olduğu ve TS1'den sonra en yüksek DPPH değerine sahip örnek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Fermentasyon süresi sonunda starter kültür içeren turşu örnekleri arasında en yüksek DPPH değerinin %18,26 ile TS5'te olduğu ve TS1 ve NK1 örnekleri hariç diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Salatalık turşusu örneklerine ait %DPPH değerlerinin, depolama süresince %1,26 ile %14,72 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince DPPH değeri (%)

Depolama Süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
1. hafta	12,60±1,89 ^{a,C}	14,13±0,03 ^{a,D}	14,61±1,73 ^{a,C}	13,97±1,96 ^{a,D}	14,72±1,99 ^{a,C}	12,56±2,76 ^{a,D}	13,03±0,44 ^{a,D}
2. hafta	12,49±0,44 ^{a,C}	13,55±1,84 ^{a,D}	14,00±2,66 ^{a,C}	12,12±0,81 ^{a,C,D}	13,54±0,71 ^{a,C}	12,78±1,27 ^{a,D}	12,66±2,73 ^{a,D}
3. hafta	9,52±2,94 ^{a,b,B}	9,88±1,86 ^{a,b,C}	8,27±0,97 ^{a,b,B}	10,61±2,97 ^{b,B,C}	9,21±0,69 ^{a,b,B}	7,54±1,89 ^{a,C}	7,22±0,67 ^{a,C}
4. hafta	5,76±5,01 ^{a,A}	7,46±3,89 ^{a,B,C}	4,88±0,09 ^{a,A}	7,30±5,84 ^{a,A}	5,09±0,66 ^{a,A}	4,90±0,07 ^{a,B}	5,72±1,24 ^{a,B}
5. hafta	5,80±2,41 ^{c,A}	5,90±4,20 ^{c,B}	4,95±2,12 ^{a,b,c,A}	6,74±1,28 ^{c,A}	5,64±1,41 ^{b,c,A}	2,37±0,44 ^{a,A}	2,63±2,49 ^{a,b,A,B}

6. hafta	5,68±1,96 ^{b,c,A}	4,91±0,39 ^{b,A,B}	4,49±0,46 ^{b,A}	6,58±0,45 ^{c,A}	5,56±0,47 ^{b,c,A}	2,40±0,87 ^{a,A}	1,26±1,12 ^{a,A}
----------	----------------------------	----------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------------	--------------------------	--------------------------

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Turşu örneklerinin DPPH değerlerinin, depolamanın ilk haftasında istatistiksel olarak benzer olduğu ($P>0,05$); ilk haftadan üçüncü haftaya kadar olan sürede turşu örneklerinin DPPH değerinin zamanla azalmaya başladığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Probiyotik ilavesi ile üretilen turşu örnekleri depolama süresince kıyaslandığında, örnekler arasında (1. ve 2. haftalar hariç) dördüncü haftaya kadar istatistiksel olarak farklılık olduğu ($P<0,05$), depolamanın dördüncü, beşinci ve altıncı haftasında ise depolama süreleri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı tespit edilmemiştir ($P>0,05$). Pozitif ve negatif kontrol örneklerine ait DPPH değerlerinin ise depolamanın son iki haftasında istatistiksel olarak benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir ($P>0,05$). Altı haftalık süre sonunda turşu örneklerine ait ortalama DPPH değeri %4,41 olarak tespit edilmiştir.

Depolamanın sonunda en düşük DPPH değerine sahip olan turşu örneğinin %1,26 değeri ile NK1'e ait olduğu belirlenmiş ve probiyotik ilavesi yapılan diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolamanın sonunda probiyotik içeren turşu örneklerine ait DPPH değerlerinin, pozitif kontrol örneğinin DPPH değerinden yüksek olması ($P<0,05$), endojen starter kültür kullanımının avantajını göstermektedir.

Sauerkraut örneklerinin ait %DPPH değerlerinin, fermentasyonun süresince %0,60 ile %87,95 arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.15).

Tablo 4.15 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince DPPH değeri (%)

Fermentasyon Süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
---------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

0. gün	3,80±1,22 ^{c,A}	2,85±0,04 ^{c,A}	2,75±1,25 ^{b,c,A}	2,69±1,43 ^{b,c,A}	1,57±0,67 ^{a,b,A}	2,71±0,34 ^{b,c,A}	0,60±0,29 ^{a,A}
1. gün	8,16±0,19 ^{a,B}	54,46±2,16 ^{e,B}	38,62±2,42 ^{b,B}	43,62±0,91 ^{c,B}	49,42±1,73 ^{d,B}	53,55±4,79 ^{e,B}	38,22±4,12 ^{b,B}
3. gün	74,83±1,03 ^{b,c,D}	76,92±1,44 ^{c,d,D}	84,91±0,93 ^{d,D}	77,63±0,87 ^{d,e,D}	71,47±4,06 ^{a,C}	73,18±1,98 ^{a,b,C}	79,87±1,02 ^{e,D}
5. gün	76,78±2,26 ^{a,b,D}	75,20±2,74 ^{a,D}	79,94±1,51 ^{c,D}	84,53±2,27 ^{d,E}	79,46±1,87 ^{b,c,D}	81,37±3,56 ^{c,D}	79,23±0,71 ^{b,c,D}
7. gün	82,21±1,85 ^{a,b,E}	84,64±1,69 ^{b,E}	82,61±1,02 ^{a,b,C}	87,95±4,10 ^{c,E}	83,44±0,23 ^{b,D}	82,92±2,33 ^{b,D}	80,12±1,15 ^{a,D}
15. gün	70,99±0,44 ^{b,c,C}	69,11±2,17 ^{b,c,C}	84,43±3,79 ^{d,C,D}	71,01±3,49 ^{b,c,C,D}	72,67±3,24 ^{c,D}	68,62±1,76 ^{b,C}	62,09±2,53 ^{a,C}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Fermentasyon başlangıcında turşu örneklerinin DPPH değerleri kıyaslandığında, TL5 ve NK2 örnekleri hariç turşu örnekleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Fermentasyonun ilk üç gününde tüm örneklerde DPPH değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Turşu örnekleri içinde *P. parvulus* içeren TL3'ün DPPH değeri ise fermentasyon süresince (yedinci gün örneği hariç) artmaya devam etmiş ve fermentasyon süreleri arasında istatistiksel olarak farklılık belirlenmiştir ($P<0,05$). Fermentasyonun yedinci gününden onbeşinci gününe kadar geçen süreçte TL5 örneği dışında kalan sauerkraut örneklerinin DPPH değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Fermentasyonun sonunda en yüksek DPPH değerinin (%84,43) TL3 örneğinde olduğu ve bu örneğin diğer turşu örnekleriyle arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Genel olarak turşu örneklerinin DPPH değerleri karşılaştırıldığında, en yüksek DPPH değerinin fermentasyonun yedinci gününde %87,95 ile *L.*

parabuchneri içeren TL4 örneğinde olduğu ve bu örneğin diğer turşulardan istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerine ait %DPPH değerlerinin, depolama süresince %54,03 ile %71,69 arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.16).

Tablo 4.16 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince DPPH değeri (%)

Depolama Süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
1. hafta	69,70±3,32 ^{a,B}	68,55±0,86 ^{a,C,D}	71,29±1,68 ^{a,B}	71,69±3,08 ^{a,E}	68,36±1,82 ^{a,C,D}	69,04±2,80 ^{a,D}	62,34±5,91 ^{a,C}
2. hafta	69,28±0,88 ^{c,B}	66,15±4,90 ^{b,c,B,C,D}	61,59±1,99 ^{a,A}	67,75±6,24 ^{c,C,D}	70,51±0,81 ^{c,D}	68,48±2,90 ^{c,D}	62,51±1,45 ^{a,b,C}
3. hafta	69,23±1,53 ^{b,B}	65,13±1,53 ^{a,b,B,C}	61,68±1,73 ^{a,A}	64,85±0,81 ^{a,b,B,C}	64,89±8,38 ^{a,b,B,C}	63,72±2,87 ^{a,C}	60,88±0,69 ^{a,B,C}
4. hafta	64,48±2,77 ^{b,A}	64,50±2,22 ^{b,B}	60,50±0,09 ^{a,A}	63,61±3,39 ^{b,A,B}	64,92±2,56 ^{b,B,C}	61,91±1,87 ^{a,b,B,C}	60,02±1,05 ^{a,B,C}
5. hafta	63,02±2,31 ^{a,A}	62,68±5,72 ^{a,B}	61,40±0,48 ^{a,A}	60,14±0,16 ^{a,A}	61,46±6,48 ^{a,B}	62,46±0,57 ^{a,B,C}	57,96±4,18 ^{a,B}
6. hafta	63,60±2,76 ^{d,A}	59,26±1,03 ^{b,c,A}	60,82±2,10 ^{c,d,A}	60,79±0,99 ^{c,d,A}	56,13±6,26 ^{a,b,A}	57,85±4,72 ^{b,c,A,B}	54,03±1,30 ^{a,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Depolamanın başında örneklerin DPPH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Ayrıca, tüm turşu örneklerine ait DPPH değerlerinin depolamanın sonunda başlangıç değerine göre azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.16).

Depolama süresi sonunda en düşük DPPH değerine sahip sauerkraut örneğinin %54,03 ile NK1 olduğu ve bu kontrol örneğinin diğer turşu örneklerinden

istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, en yüksek DPPH değerine sahip örneğin TL1 olduğu ve bu örneğin TL3 ve TL4 ile istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Probiyotik özelliğe sahip kültürlerle fermente edilen turşu örneklerinin depolama sonundaki DPPH değerlerinin, starter kültür içermeyen turşu örneklerinden daha yüksek olması, kontrollü fermentasyonda starter kültürün önemini göstermektedir. Buna ek olarak, depolama sonunda TL1 örneğinin DPPH değerinin, pozitif kontrol örneğinin DPPH değerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu durumda, turşu kaynaklı endojen kültür olan *Lpb. plantarum* ilavesiyle fermente edilen turşu örneğinin antioksidan etkisinin *Lpb. plantarum* 299v ile fermente edilen turşu örneğinden daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur ($P<0,05$).

DPPH radikali stabil sentetik serbest radikaller olarak bilinmekte ve antioksidan aktivitenin belirlenmesi için yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Ng et al., 2020). Hidrojen radikallerinin temizlenmesi, önemli antioksidan mekanizmalarından biridir. Sun et al. (2009) tarafından yapılan çalışmada, lahanaya ait farklı ekstraktların fermentasyon öncesi ve sonrası serbest radikal süpürme aktivitesini belirlemek amacıyla DPPH yöntemi kullanılmıştır. Genel olarak, ekstrakt konsantrasyonu belirli bir dereceye kadar arttıkça DPPH radikal süpürme etkisinin arttığı, ancak daha sonra bu konsantrasyon artsa bile DPPH seviyesinin değişmediği sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin, fermente lahananın 10-80 mg/ml konsantrasyonundaki metanol ekstraktının, antioksidan aktivite değerinin %21,24-96,99 aralığında değiştiği bildirilmiştir. Elde edilen bu sonuç, bizim çalışma sonuçlarımızla paralellik göstermektedir.

Sayin and Alkan (2015) tarafından yürütülen çalışmada, 10 adet farklı sebze kullanılarak onbeş gün doğal fermentasyon ile üretilen turşuların antioksidan aktivite değerleri DPPH ($\mu\text{mol TE}/100\text{g}$) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, elde edilen değerler incelendiğinde, fermentasyonun onbeşinci gününde, 10 sebzelerin de antioksidan aktivite değerlerinin önemli ölçüde azaldığı, depolamanın otuzuncu gününde ise örneklerin antioksidan aktivite değerlerinin önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Beyaz lahana turşusunun antioksidan aktivite

değerinin fermentasyon başlangıcı ile sonu arasında azalma gösterdiği, ancak onbeşinci günden otuzuncu güne kadar ise arttığı sonucuna varılmıştır. Salatalık turşusuna ait antioksidan aktivite değerlerinin ise fermentasyon sonunda başlangıç değerlerine göre azaldığı ve depolama sonuna kadar azalmaya devam ettiği tespit edilmiştir. Üretilen 10 sebze turşusu arasında en yüksek antioksidan değerine sahip olan örneğin, sarımsak turşusu olduğu, acı biber, beyaz lahana ve yeşil fasulye turşularının da sarımsak turşusuna yakın antioksidan aktivite değerine sahip olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre sarımsak turşusu, fermentasyon öncesinde ve sonrasında en yüksek antioksidan seviyelerine sahip örnek olarak belirlenmiştir. Depolamanın altmışıncı gününde elde edilen sonuçlar; yeşil biber, karnabahar, salatalık ve karpuz turşularına ait antioksidan değerlerinin, başlangıç değerlerine göre azaldığını göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlara benzer olarak bizim çalışmamızda da salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerine ait DPPH değerlerinin fermentasyon süresince arttığı, ancak fermentasyon sonrasında depolamaya alınan örneklerde DPPH değerlerinin zamanla azalmaya devam ettiği görülmüştür.

Jing et al. (2014) tarafından gerçekleştirilen laktik asit fermentasyonunda kırmızı turp salamurasının antioksidan aktivitesi belirlenmiştir. Çalışma sonunda, antioksidan aktivite değerinin fermentasyonun beşinci ve dokuzuncu günleri arasında en yüksek seviyeye ulaştığı, fermentasyonun başlangıcında ise bu değerlerin daha düşük olduğu ifade edilmiş ve dokuzuncu günden sonra örneklerin antioksidan seviyelerinde azalma meydana geldiği belirtilmiştir. Bu sonuçlar, tarafımızca yapılan çalışma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Ozer and Yildirim (2019) tarafından yürütülen çalışmada, lahana, sauerkraut ve kimçi olmak üzere farklı turşu çeşitlerinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, otuz günlük fermentasyona tabi tutulan lahana, sauerkraut ve kimçi turşularının antioksidan değerleri DPPH yöntemi kullanılarak belirlenmiş, değerler sırasıyla 18,88 EC50 (mg/ml), 15,52 EC50 (mg/ml) ve 14,66 EC50 (mg/ml) olarak ölçülmüştür.

İcil (2019) tarafından farklı hacimlerde lahana turşusu üretimi gerçekleştirilmiş ve fermentasyon sonunda 27 farklı turşu örneğinde %DPPH değerlerinin %25,48 ile %65,55 arasında değiştiği bildirilmiştir. Toplam

antioksidan aktivite (%) değerinin, 1L'lik kaplarda üretilen lahana turşusu örneklerinde %25,48-59,32 arasında, 3L'lik kaplarda üretilen örneklerde %34,60-%53,61 arasında ve 4L'lik kaplarda üretilen örneklerde ise %41,60-%65,55 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışmada, toplam antioksidan aktivite değerlerinin en düşük olduğu örneklerin 1L'lik kaplarda üretilen lahana turşularına ait olduğu, en yüksek sonuçları veren örneklerin ise 4L'lik kaplarda üretilen lahana turşuları olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla her ölçeğin belirli avantajları olmasının yanı sıra büyük ölçeklerde gerçekleştirilen üretimlerde fermentasyon açısından daha iyi sonuçlar elde edildiği ortaya konulmuştur.

Zhou et al. (2021) tarafından, hem spontan hem de *Lpb. plantarum* R starter kültürü kullanarak Çin lahanası fermentasyonu gerçekleştirilmiştir. Yedi günlük fermentasyon sonucunda örneklerde antioksidan aktivite değerlerinin belirlenmesi amacıyla DPPH yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, starter kültür kullanılarak üretilen örneğin antioksidan aktivite değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Starter kültür ilaveli örneğin antioksidan aktivite değeri 275,14 µg (TE)/ ml olarak ölçülürken, kontrol örneğinde bu değer yaklaşık 100 µg (TE)/ ml olarak belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar, lahana fermentasyonu süresince üründe antioksidan aktivite değerlerinin arttığını, ancak daha sonra bu değer zamanla azaldığını göstermektedir. Bu bulgulardan yola çıkılarak, fermentasyon süresinin ürünün antioksidan aktivitesini etkilediği, ayrıca sıcaklık, pH değeri, fermentasyon koşulları, analizde kullanılan çözen gibi çeşitli faktörlerin de antioksidan aktivite üzerinde etkili olabileceği belirtilmektedir (Park et al., 2017; İcil, 2019; Zhou et al., 2021).

Ayrıca, salatalık turşularına ait antioksidan aktivite değerlerinin, sauerkrauta göre daha düşük olduğu belirtilmiş ve bu durum salatalığın düşük toplam fenolik içeriğiyle ilişkilendirilmiştir (Chu et al., 2002; Melo et al., 2006). Yapılan bu çalışmada da salatalık turşularına ait antioksidan aktivite değerlerinin sauerkraut örneklerinden çok daha düşük olduğu tespit edilmiş ve sonuçların literatür ile uyum sağladığı belirlenmiştir.

4.2.4.2 Turşu örneklerinin ABTS+ radikal süpürme aktivitesi

Bu çalışma kapsamında salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerine ait ABTS⁺ radikal süpürme aktivitesi değerleri (%) Tablo 4.17, Tablo 4.18, Tablo 4.19 ve Tablo 4.20’de belirtilmiştir.

Salatalık turşusu örneklerine ait ABTS değerlerinin fermentasyon süresince %25,21-82,52 arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.17).

Tablo 4.17 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince ABTS⁺ radikal süpürme aktivitesi değerleri (%)

Fermentasyon Süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
0. gün	28,44±8,71 ^{a,b,c,A}	26,51±5,82 ^{a,b,A}	34,55±3,30 ^{b,c,A}	35,66±7,76 ^{c,A}	25,21±6,88 ^{a,A}	28,80±3,03 ^{a,b,c,A}	27,25±4,87 ^{a,b,A}
1. gün	68,35±6,56 ^{e,B}	48,05±8,32 ^{b,B}	44,76±7,59 ^{a,B}	51,93±6,78 ^{c,d,B}	54,89±5,52 ^{d,B}	70,66±6,50 ^{e,B}	51,00±6,20 ^{b,c,B}
3. gün	74,68±9,97 ^{a,b,C}	75,60±9,83 ^{a,b,C}	69,96±9,14 ^{a,C}	70,39±4,85 ^{a,C}	74,53±0,87 ^{a,b,C}	80,26±2,92 ^{b,D}	68,59±4,61 ^{a,C,D}
5. gün	80,35±9,34 ^{b,D}	82,52±9,52 ^{b,C,D}	79,74±3,54 ^{b,E}	81,49±8,44 ^{b,D,E}	81,02±9,17 ^{b,C,D}	80,32±7,70 ^{b,D}	63,01±9,43 ^{b,C}
7. gün	75,79±9,87 ^{c,d,C,D}	75,77±9,35 ^{c,d,C}	73,47±8,84 ^{c,C,D}	70,22±2,71 ^{b,C}	75,83±4,31 ^{c,d,C}	78,79±8,22 ^{d,C,D}	66,85±6,35 ^{a,C}
15. gün	75,70±9,78 ^{a,b,C,D}	76,01±9,34 ^{a,b,C}	70,71±3,50 ^{a,b,C}	76,61±9,20 ^{a,b,C,D}	79,98±9,51 ^{b,C,D}	74,07±7,28 ^{a,b,B,C}	65,40±9,78 ^{a,C}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Fermentasyonun başlangıcında ve sonunda tüm örneklerin ABTS değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.17). Fermentasyonun başında en yüksek ABTS değeri %34,55 ile TS3’te tespit edilirken bu örneğin TS5 hariç diğer turşu örnekleriyle istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir (P>0,05). Fermentasyon sonunda en yüksek ABTS değerinin %79,98 ile TS5’te olduğu ve bu örneğin de probiyotik içeren diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı

olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Fermentasyon sonunda en düşük ABTS değeri (%65,40) NK1 örneğinde tespit edilmiş, NK1'in TS5 hariç diğer turşu örnekleriyle istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$).

Salatalık turşusu örneklerine ait ABTS değerlerinin depolama süresince %48,60-89,75 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4.18 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince ABTS⁺ radikal süpürme aktivitesi değerleri (%)

Depolama Süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
1. hafta	86,69±5,68 ^{b,D}	74,31±0,72 ^{a,B}	84,44±3,79 ^{b,C,D}	83,47±4,93 ^{b,D}	87,65±6,16 ^{b,D}	89,75±6,72 ^{b,C}	84,40±6,82 ^{b,C}
2. hafta	89,49±2,43 ^{c,D}	87,69±5,50 ^{a,D}	86,77±3,61 ^{b,C,D}	82,61±1,21 ^{a,b,C,D}	80,89±6,19 ^{a,C,D}	79,89±1,81 ^{a,B}	83,20±4,89 ^{a,b,C}
3. hafta	83,04±2,01 ^{c,C}	83,39±6,76 ^{c,C,D}	77,56±5,76 ^{a,b,B}	75,59±7,83 ^{a,B,C}	75,41±4,38 ^{a,C}	77,12±6,85 ^{a,b,B}	82,17±0,45 ^{b,c,C}
4. hafta	60,29±2,35 ^{a,A}	64,39±8,99 ^{a,A}	56,22±3,69 ^{a,A}	58,44±9,00 ^{a,A}	64,53±7,92 ^{a,B}	59,55±3,50 ^{a,A}	61,37±6,18 ^{a,B}
5. hafta	62,33±3,65 ^{c,d,A,B}	61,78±0,95 ^{c,d,A}	53,59±1,79 ^{a,A}	56,82±4,42 ^{b,A}	63,82±3,26 ^{d,B}	61,95±0,79 ^{c,d,A}	59,75±1,33 ^{b,c,B}
6. hafta	58,44±6,36 ^{b,c,A}	57,31±5,84 ^{b,c,A}	52,74±1,68 ^{a,b,A}	54,03±1,36 ^{a,b,A}	61,03±5,53 ^{c,A,B}	56,89±6,53 ^{b,c,A}	48,60±2,47 ^{a,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Depolamanın başında ve sonunda örneklerin ABTS değerleri karşılaştırıldığında, ABTS değerlerinin zamanla azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.18). Depolama süresince en yüksek (%89,75) ABTS değerinin, depolamanın ilk haftasında *Lpb. plantarum* 299v içeren PK1 örneğinde belirlendiği, ancak bu örneğin TS2 hariç diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Depolamanın sonunda probiyotik ilave edilen örneklerden TS1, TS2, TS5 ve PK1 örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken ($P>0,05$) NK1 örneğinin, en düşük ABTS değeri ile (%48,60) diğer tüm turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, NK1 örneği hariç diğer örneklerin depolamanın dördüncü haftasından depolama sonuna kadar ABTS değerlerinde istatistiksel bir değişim olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Altı haftalık depolama sonunda turşu örneklerinin ortalama ABTS değerinin %55,58 olduğu tespit edilmiştir.

Sauerkraut örneklerinin ABTS⁺ radikal süpürme aktivitesi değerlerinin, fermentasyon süresince %50,53-87,52 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince ABTS⁺ radikal süpürme aktivitesi değerleri (%)

Fermentasyon Günleri	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
0. gün	51,93±8,63 ^{a,b,A}	50,53±4,11 ^{a,A}	54,79±4,75 ^{a,b,A}	51,82±3,05 ^{a,b,A}	52,21±2,84 ^{a,b,A}	55,59±8,18 ^{a,b,A}	57,73±2,58 ^{b,A}
1. gün	73,07±6,51 ^{b,C}	73,79±9,45 ^{b,B,C}	71,85±5,36 ^{b,C}	72,94±9,86 ^{b,B}	71,43±3,83 ^{b,C}	63,70±7,07 ^{a,B}	69,48±3,87 ^{b,B,C}
3. gün	74,44±3,17 ^{a,b,C}	76,85±9,61 ^{b,C,D}	66,66±2,18 ^{a,B,C}	70,75±8,42 ^{a,b,B}	72,10±3,49 ^{a,b,C}	73,54±1,28 ^{a,b,C}	73,51±8,36 ^{a,b,D}
5. gün	82,62±4,39 ^{b,c,E}	87,52±6,02 ^{c,E}	87,14±1,21 ^{c,D}	82,66±6,49 ^{b,c,C}	75,50±0,44 ^{a,D}	82,71±4,90 ^{b,c,D}	81,13±1,48 ^{b,E}
7. gün	81,08±2,65 ^{d,D,E}	82,74±6,68 ^{d,D,E}	72,08±9,13 ^{a,b,C}	69,75±6,39 ^{a,B}	77,25±4,44 ^{c,E}	81,39±3,06 ^{d,D}	75,25±0,02 ^{b,c,D}
15. gün	62,80±4,04 ^{a,B}	71,39±8,98 ^{a,B,C}	65,16±7,18 ^{a,B}	71,52±7,86 ^{a,B}	64,30±1,29 ^{a,B}	64,19±9,55 ^{a,B}	62,82±8,79 ^{a,A,B}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Fermentasyon sürecinde örneklerin ABTS değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.19). Fermentasyon sonunda, en yüksek ABTS değerinin (%71,52) TL4'te, en düşük ABTS değerinin (%62,80) ise TL1'de olduğu belirlenmiş, ancak diğer örnek gruplarıyla kıyaslandığında bu örneklerin istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür ($P>0,05$). Diğer sauerkraut örneklerinden farklı olarak, TL5'in ABTS değerlerinin fermentasyonun ilk gününden yedinci gününe kadar artış gösterdiği ($P<0,05$), daha sonra bir miktar azaldığı tespit edilmiştir.

Sauerkraut örneklerinin ABTS⁺ radikal süpürme aktivitesi değerlerinin depolama süresince %59,06-85,33 arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.20 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince ABTS⁺ radikal süpürme aktivitesi değerleri (%)

Depolama Süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
1. hafta	69,22±6,82 ^{a,A}	68,26±4,58 ^{a,A}	65,43±7,83 ^{a,A}	65,66±7,57 ^{a,A}	68,05±8,62 ^{a,A}	60,90±2,57 ^{a,A}	64,27±7,76 ^{a,B,C}
2. hafta	82,21±0,33 ^{b,C}	81,58±4,58 ^{b,C}	81,39±7,46 ^{b,B,C}	83,17±5,27 ^{b,B}	80,87±0,86 ^{b,C}	80,39±0,59 ^{b,C}	73,93±9,89 ^{b,D}
3. hafta	81,50±0,37 ^{c,d,B,C}	85,33±5,95 ^{d,D}	82,71±7,90 ^{c,d,B,C}	72,96±5,98 ^{b,A}	80,75±1,77 ^{c,C}	81,40±1,47 ^{c,d,C}	62,99±4,41 ^{a,A,B}
4. hafta	72,23±8,43 ^{a,b,A}	76,75±7,79 ^{b,A,B}	78,70±5,10 ^{b,B}	71,31±7,40 ^{a,b,A}	72,43±6,59 ^{a,b,B}	74,27±2,45 ^{a,b,B}	65,90±2,85 ^{a,B,C}
5. hafta	75,37±5,69 ^{b,A,B}	73,19±4,03 ^{b,A,B}	79,18±2,00 ^{c,B}	72,03±1,16 ^{b,A}	72,35±1,06 ^{b,B}	74,84±0,37 ^{b,B}	62,23±0,21 ^{a,A,B}
6. hafta	73,03±6,68 ^{b,A}	72,48±1,12 ^{b,A,B}	79,86±1,44 ^{c,B}	70,56±0,24 ^{b,A}	72,47±0,49 ^{b,B}	70,83±1,00 ^{b,B}	59,06±1,20 ^{a,A,B}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Depolama süresince en yüksek ABTS değeri (%85,33), depolamanın üçüncü haftasında TL2 örneğinde tespit edilmiş ve bu örneğin TL4, TL5 ve NK2'den farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Turşu örneklerinden TL3'e ait ABTS değerlerinin ikinci haftadan itibaren benzer düzeylerde olduğu ve depolamanın sonuna kadar ABTS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

TL1, TL2, TL5 ve PK2'ye ait ABTS değerlerinin depolamanın dördüncü haftasından itibaren benzerlik gösterdiği ($P>0,05$); TL4 ve NK2 örneklerinde ABTS değerlerinin ise depolamanın üçüncü haftasından itibaren benzer düzeylerde olduğu tespit edilmiştir ($P>0,05$). Depolama sonunda sauerkraut örnekleri içerisinde en düşük ABTS değeri (%59,06) NK2'de tespit edilmiş ve bu örnek diğer örnek gruplarıyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P<0,05$).

Kusznierewicz et al. (2008) tarafından yapılan araştırmada, ondört gün süre ile lahana fermentasyonu gerçekleştirilmiş ve belirli aralıklarla örneklerin ABTS değerleri ölçülmüştür. Bizim çalışmamıza benzer şekilde, spontan fermentasyon sırasında lahananın antioksidan aktivite değerinin kademeli olarak arttığı, yaklaşık on gün sonra en yüksek değere ulaştığı ve bu değer 4,79 TE $\mu\text{mol/g}$ olduğu belirtilmiştir. Lahananın antioksidan aktivite değerinin fermentasyondan önce uygulanan ön işlemler sırasında artmış olabileceği ve bu sayede başlangıçta yüksek ABTS değerlerinin elde edildiği ifade edilmiştir (Reyes et al., 2007). Ayrıca, lahana turşusundaki yüksek antioksidan aktivite değeri LAB tarafından üretilen metabolitler ile ilişkilendirilmiştir (Kusznierewicz et al., 2005).

Tabaszewska et al. (2018) tarafından yürütülen çalışmada, spontan fermentasyona bırakılan kuşkonmazların ABTS değerleri, başlangıçta ve depolamanın birinci ve üçüncü ayında belirlenmiştir. Fermentasyon öncesinde antioksidan aktivite değeri 32,2 μM TE olan örneklerin birinci ve üçüncü ayında aktivite değerleri sırasıyla 34,1 ve 35,1 μM TE olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada, bizim sonuçlarımızdan farklı olarak depolama süresince ABTS değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir.

Bağdatlıoğlu (2019) tarafından yürütülen çalışma kapsamında *Lpb. plantarum* starter kültürü kullanılarak elde edilen kapari, lahana, hıyar turşusu örneklerinde ve üretimde kullanılan hammaddede antioksidan değerleri ABTS yöntemi ile belirlenmiştir. Antioksidan aktivite değerleri kapari ve kapari turşusunda sırasıyla, 739,4 ve 621,5 mg TE/100 g, lahana ve lahana turşusunda 25,11 ve 24,33 mg TE/100 g, hıyar ve hıyar turşusunda ise 16,11 ve 15,19 mg TE/100 g olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, turşu üretiminde kullanılan hammaddelerde antioksidan değerlerinin turşuya işlendikten sonra bir miktar düştüğünü göstermiştir.

Zhou et al. (2020) tarafından yapılan çalışmada, kivi benzeri bir meyve olan Guichang, *Lpb. plantarum* ile fermente edilmiştir. Yirmisekiz saatlik fermentasyon sürecinde belirli aralıklarla yapılan analizler sonucunda, başlangıçta %50–60 aralığında ölçülen ABTS değerlerinin fermentasyon sonunda %54,60’tan %69,19’a yükseldiği belirlenmiştir.

Zhou et al. (2021) tarafından yapılan çalışmada, *Lpb. plantarum* ile fermente edilen beyaz Çin lahanasının ABTS değerleri belirlenmiş ve en yüksek değer 347,29 µg TE/ ml olduğu belirlenmiştir. Korus et al. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Çin lahanası, yer lahanası, beyaz turp ve salatalık kullanılarak farklı formülasyonda turşular üretilmiş ve elde edilen ürünlerin ABTS değerleri belirlenmiştir. Son ürünlere ait antioksidan aktivite değerleri 50,6-132,3 µmol TE/g aralığında ölçülmüş, en yüksek antioksidan aktivite değerinin Çin lahanası ile üretilen turşu örneğine ait olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonuçlarımızla paralel olarak, salatalık turşusuna ait ABTS değerlerinin lahana turşularına ait ABTS değerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

4.1.5 Turşu örneklerinde toplam fenolik madde miktarı

Bu çalışma kapsamında üretilen salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin toplam fenolik madde miktarları Tablo 4.21, Tablo 4.22, Tablo 4.23 ve Tablo 4.24’te yer almaktadır.

Salatalık turşusu örneklerinde fenolik madde miktarının, fermentasyon süresince 58,83 ile 1939,83 mg GAE/L arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.21).

Tablo 4.21 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince fenolik madde miktarı (mg GAE/L)

Fermentasyon Süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
0. gün	136,33±4,71 ^{a,A}	69,33±3,30 ^{b,A}	92,02±5,16 ^{c,A}	119,50±0,71 ^{d,A}	140,67±3,30 ^{e,A}	149,33±7,54 ^{f,A}	58,83±1,18 ^{a,A}
1. gün	253,67±4,71 ^{a,B}	289,00±1,41 ^{b,B}	369,67±5,66 ^{d,B}	379,83±1,65 ^{e,B}	433,67±4,71 ^{f,B}	317,67±4,24 ^{c,B}	555,50±2,59 ^{g,B}
3. gün	1267,17±40,78 ^{b,C}	1196,50±8,25 ^{a,C}	1259,00±37,24 ^{b,C}	1337,83±4,01 ^{d,C}	1247,50±9,66 ^{b,C}	1246,33±30,17 ^{b,C}	1300,17±2,12 ^{c,C}
5. gün	1431,67±15,56 ^{b,D}	1619,17±10,13 ^{e,D}	1517,33±23,57 ^{c,D}	1617,50±25,69 ^{e,D}	1575,50±17,21 ^{d,D}	1424,50±1,65 ^{b,D}	1360,33±42,90 ^{a,D}
7. gün	1550,17±21,45 ^{c,E}	1939,83±3,06 ^{f,E}	1663,67±16,50 ^{d,E}	1681,50±25,69 ^{d,E}	1721,67±36,30 ^{e,E}	1410,17±0,24 ^{a,D}	1480,83±28,05 ^{b,E}
15. gün	1736,50±9,66 ^{d,F}	1710,17±19,56 ^{c,D}	1737,50±24,75 ^{d,F}	1729,67±39,13 ^{c,d,F}	1727,33±8,49 ^{c,d,E}	1649,17±12,02 ^{b,E}	1545,83 ±4,48 ^{a,F}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Fermentasyon süresince tüm örneklerde fenolik madde miktarının başlangıç değerlerine göre artış gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.21). Fermentasyonun sonunda, fenolik madde miktarı en yüksek turşu örneğinin 1737,50 mg GAE/L ile *P. parvulus* içeren TS3 olduğu belirlenmiş ve bu örnek ile TS1, TS4 ve TS5 arasında anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır (P>0,05). Fermentasyon sonunda en düşük fenolik madde miktarının ise 1545,83 mg GAE/L ile NK1 örneğine ait olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Fermentasyon süresi

sonunda starter kültür içeren turşu örnekleri arasında en yüksek DPPH değerinin %18,26 ($P<0,05$, TS1 ve NK1 hariç), ABTS değerinin ise %79,98 ($P>0,05$) ile TS5 örneğinde olması, en düşük ABTS değerinin de (%65,40) yine NK1 örneğinde tespit edilmesi, örneklerin fenolik madde miktarı ile antioksidan değerlerinin, özellikle de ABTS değerlerinin, paralellik gösterdiğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak bu çalışma kapsamında, fermentasyon başlangıcında ve sonunda, probiyotik ilaveli turşu örneklerine ait fenolik madde miktarlarının ve paralelinde antioksidan değerlerinin, negatif kontrol örneğinden yüksek olduğu ortaya konulmuştur ($P<0,05$).

Salatalık turşusu örneklerinde fenolik madde miktarının, depolama süresince 1427,33 ile 2164,83 mg GAE/L arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.22).

Tablo 4.22 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince fenolik madde miktarı (mg GAE/L)

Depolama Süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
1. hafta	1745,50±39,36 ^{aB}	1783,17±22,86 ^{bC}	1856,33±5,19 ^{dB}	1906,50±37,01 ^{eC}	1881,83±6,36 ^{eC}	1842,50±11,08 ^{dC}	1810,67±9,43 ^{cC}
2. hafta	1868,33±41,95 ^{aD}	1871,17±32,76 ^{a,bD}	1896,50±7,78 ^{b,cC}	1905,17±5,42 ^{c,C}	1872,00±8,01 ^{a,b,C}	2000,33±1,89 ^{a,D}	1995,00±7,54 ^{d,D}
3. hafta	1929,83±61,52 ^{a,E}	2164,33±3,77 ^{d,F}	1929,00±16,03 ^{a,D}	1999,67±6,60 ^{b,D}	1938,33±10,84 ^{a,D}	2008,67±7,54 ^{b,E}	2087,00±22,63 ^{c,E}
4. hafta	1840,33±52,80 ^{a,C,D}	1973,50±3,06 ^{b,c,E}	1929,00±51,38 ^{b,D}	2035,33±51,38 ^{d,e,E}	2069,50±29,46 ^{e,E}	2133,83±42,19 ^{f,F}	2013,17±26,63 ^{c,d,D}
5. hafta	1810,10±5,04 ^{d,C}	1587,00±27,81 ^{a,B}	1603,00±35,36 ^{a,A}	1814,67±29,23 ^{d,B}	1787,50±11,55 ^{d,B}	1648,83±36,53 ^{b,B}	1689,33±23,10 ^{c,B}
6. hafta	1533,83±26,63 ^{b,A}	1530,00±6,60 ^{b,A}	1600,00±5,66 ^{c,A}	1733,83±2,12 ^{d,A}	1725,83±5,42 ^{d,A}	1611,67±8,49 ^{c,A}	1427,33±22,63 ^{a,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Depolamanın başlangıcında ve sonunda salatalık turşusu örneklerine ait fenolik madde miktarlarının zamanla azaldığı ve depolama süreleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Probiyotik ilaveli örnekler arasında en yüksek fenolik madde miktarı (2164,33 mg GAE/L) depolamanın üçüncü haftasında TS2 örneğinde tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca TS1, TS2, TS3 ve NK1 örneklerinin fenolik madde miktarlarındaki artış, depolamanın üçüncü haftasına kadar devam ederek en yüksek değere ulaşmış ($P<0,05$) ve daha sonra azalmaya başlamıştır ($P<0,05$).

Fermentasyon sonunda olduğu gibi depolama süresi sonunda da NK1 örneğinin fenolik madde miktarının en düşük değere (1427,33 mg GAE/L) sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). En yüksek fenolik madde miktarının (1733,83) ise TS4'e ait olduğu ve bu örneğin, TS5 hariç diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır ($P<0,05$). Ayrıca, starter kültürlerle üretimi gerçekleştirilen turşu örneklerine ait fenolik madde miktarlarının depolama süresi sonunda negatif kontrol örneğinden yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda, *L. parabuchneri* içeren TS4 ve karışık kültür içeren TS5'e ait toplam fenolik madde miktarlarının sırasıyla 1733,83 ve 1725,83 mg GAE/L olduğu ve bu değerlerin pozitif kontrol örneğinin toplam fenolik madde miktarından (1611,67 mg GAE/L) daha yüksek olduğu da belirlenmiştir ($P<0,05$). Sonuç olarak antioksidan aktivitesi yüksek olarak belirlenen TS5 örneği, paralel şekilde toplam fenolik madde miktarı açısından da ön plana çıkmıştır.

Sauerkraut örneklerine ait toplam fenolik madde miktarlarının, fermentasyon süresince 204,67 ile 3530,50 mg GAE/L arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.23).

Tablo 4.23 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince fenolik madde miktarı (mg GAE/L)

Fermentasyon Süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
---------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

0. gün	910,17±9,66 ^{a,A}	650,83±2,59 ^{c,A}	819,83±1,18 ^{f,A}	714,33±6,60 ^{e,A}	699,50±5,42 ^{d,A}	593,33±5,66 ^{b,A}	204,67±6,60 ^{a,A}
1. gün	2011,83±6,36 ^{b,B}	1882,33±1,41 ^{e,B}	971,17±8,72 ^{a,B}	1509,67±11,31 ^{c,B}	1717,83±1,18 ^{d,B}	1968,50±7,78 ^{f,B}	1094,00±8,96 ^{b,B}
3. gün	2864,17±2,59 ^{b,C}	2904,00±44,31 ^{c,C}	3016,00±8,96 ^{d,C}	2921,17±28,52 ^{c,C}	2628,83±18,62 ^{a,C}	2865,50±15,79 ^{b,C}	2654,83±65,76 ^{a,C}
5. gün	3055,00±30,17 ^{d,D}	2934,33±19,33 ^{b,D}	3012,50±24,75 ^{c,C}	2976,67±54,21 ^{c,D}	2757,83±13,91 ^{a,D}	2910,33±3,77 ^{b,D}	2758,67±30,64 ^{a,D}
7. gün	3067,83±5,42 ^{b,D}	2950,67±18,38 ^{a,D}	3230,50±37,95 ^{d,D}	2968,33±41,01 ^{a,D}	3039,67±22,63 ^{b,E}	2980,17±7,31 ^{a,E}	3142,83±1,65 ^{c,E}
15. gün	3413,00±5,19 ^{c,E}	3060,83±13,91 ^{a,E}	3342,17±6,84 ^{b,E}	3530,50±47,38 ^{d,E}	3060,17±12,96 ^{a,F}	3042,17±69,06 ^{a,F}	3336,17±21,45 ^{b,F}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerine ait toplam fenolik madde miktarlarının fermentasyon süresince artış gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Fermentasyon sonunda, toplam fenolik madde miktarı en yüksek olan örneğin *L. parabuchneri* içeren TL4'e (3530,50 mg GAE/L) ait olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Fermentasyon sonunda en düşük fenolik madde miktarına sahip olan turşu örneğinin (3042,17 mg GAE/L) PK2 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, TL1ve TL4 örneklerinin de diğer örnek gruplarından istatistiksel olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarının depolama süresince 2126,08 ile 3774,00 mg GAE/L arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.24).

Tablo 4.24 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince fenolik madde miktarı (mg GAE/L)

Depolama Süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
1. hafta	3502,00±18,86 ^{a,E}	3346,50±7,78 ^{a,C}	3270,67±4,71 ^{d,E}	3392,33±22,16 ^{f,F}	2919,67±13,67 ^{a,C}	3202,33±15,56 ^{c,D}	3136,83±33,23 ^{b,D}
2. hafta	3774,00±17,91 ^{f,F}	3399,67±4,71 ^{c,D}	3478,17±30,88 ^{d,F}	3011,17±40,31 ^{a,D}	3648,67±13,20 ^{e,E}	3217,33±20,74 ^{b,D}	3228,67±4,71 ^{b,E}
3. hafta	3454,17±7,31 ^{b,D}	3381,83±6,36 ^{f,D}	2953,50±1,18 ^{b,B}	2529,00±38,65 ^{a,A}	3096,00±4,71 ^{d,D}	2973,50±10,61 ^{c,C}	3283,17±8,25 ^{e,F}
4. hafta	3278,17±19,09 ^{f,C}	3591,33±16,97 ^{g,E}	3123,83±41,72 ^{d,D}	3165,17±4,48 ^{e,E}	3087,67±28,28 ^{c,D}	2833,17±47,38 ^{a,B}	3011,67±19,80 ^{b,C}
5. hafta	3142,83±48,79 ^{e,B}	2964,50±24,75 ^{c,B}	3012,50±59,63 ^{d,C}	2710,83±3,54 ^{a,C}	2834,83±33,23 ^{b,B}	2735,17±28,99 ^{a,A}	2931,83±19,56 ^{c,B}
6. hafta	3098,00±33,00 ^{g,A}	2468,33±57,04 ^{d,A}	2181,33±56,57 ^{b,A}	2635,67±39,60 ^{e,B}	2403,00±17,44 ^{c,A}	2721,17±7,78 ^{f,A}	2126,08±35,00 ^{a,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f, g) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerine ait fenolik madde miktarlarının depolama başlangıcında ve sonunda istatistiksel olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Tüm örnekler içinde en yüksek toplam fenolik madde miktarının depolamanın ikinci haftasında 3774,00 mg GAE/L ile *Lpb. plantarum* içeren TL1 örneğine ait olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, depolama süresi sonunda en yüksek toplam fenolik madde miktarının 3098,00 mg GAE/L ile TS1 örneğinde olduğu belirlenirken ($P<0,05$); en düşük fenolik madde miktarına sahip olan örneğin ise 2126,08 mg GAE/L ile NK2 olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Altı haftalık depolamanın sonunda probiyotik özelliğe sahip starter kültürler ilavesiyle gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen turşu örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarının, doğal fermentasyon sonucu elde edilen turşu örneğinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, doğal fermentasyon ile elde edilen NK2 örneğine ait toplam fenolik madde miktarının hem depolama başlangıcında hem de depolama sonunda diğer turşu örneklerinden

daha düşük olduğu belirlenmiş ($P<0,05$), turşu fermentasyonunda probiyotik özellikte starter kültür kullanımının fenolik madde miktarına olumlu yönde katkı sağladığı belirlenmiştir.

Chun et al. (2004) tarafından gerçekleştirilen çalışmada dört farklı lahana türü (kırmızı, yeşil, Çin ve Milano lahanası) kullanılarak sauerkraut üretimi gerçekleştirilmiştir. Farklı ambalajlarda üretimi gerçekleştirilen sauerkraut örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen toplam fenolik madde değerleri, torba içerisinde muhafaza edilen sauerkraut örneğinde 57,3 mg GAE/100g; cam ambalaj içerisinde muhafaza edilen sauerkraut örneğinde 58,3 mg GAE/100g; konserve içerisinde muhafaza edilen sauerkraut örneğinde ise 85,5 mg GAE/100g olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kırmızı lahana örneğinde başlangıçta 393,19 mg GAE/100g olarak ölçülen toplam fenolik madde miktarı, bu lahana türünden elde edilen sauerkraut örneğinde 366,3 mg GAE/100g olarak bulunmuştur. Araştırmacılar, muhafaza amacı ile kullanılan ambalajların fermentasyon koşullarını ve dolayısıyla ürünlerin toplam fenolik madde miktarlarını etkilediğini belirtmişlerdir.

Farklı sebzelerin doğal fermentasyonu sonucu elde edilen 10 çeşit turşu örneğinin toplam fenolik madde miktarlarının incelendiği bir çalışmada, örneklerde toplam fenolik madde miktarları 107,21-16,51 mg GAE/100g aralığında belirlenmiştir. Ayrıca çiğ lahananın toplam fenolik madde miktarı 65,58 mg GAE/100 g olarak ölçülmüş ve fermentasyonun onbeşinci gününde bu değer 48,25 mg GAE/100 g olarak saptanmıştır. Otuzuncu ve altmışıncı günde yapılan analiz sonucu lahana turşusunun toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 78,68 mg GAE/100 g ve 76,38 mg GAE/100 g olarak bulunmuştur. Hıyar örneğine ait toplam fenolik madde miktarı ise taze halinde 16,51 mg GAE/100 g olarak bulunmuş, bu değer fermentasyondan onbeş, otuz ve altmış gün sonra sırasıyla 12,23 mg GAE/100 g 28,24 mg GAE/ 100 g ve 26,84 mg GAE/100 g olarak hesaplanmıştır (Sayin and Alkan, 2015).

Bağdatlıoğlu (2019) tarafından yürütülen bir diğer çalışmada, *Lpb. plantarum* kültürü kullanılarak fermente edilen lahana, kapari ve hıyar turşularının toplam fenolik madde miktarı incelenmiştir. Bu kapsamda, toplam fenolik madde

miktarı kapari turşusunda 445,1 mg GAE/100 g, lahana turşusunda 107,3 mg GAE/100 g ve hıyar turşusunda 29,4 mg GAE/100 g olarak bulunmuştur. Kapari ve lahana örneklerinde ölçülen toplam fenolik madde miktarı fermentasyonun başında sırasıyla 465,0 ve 104,3 mg GAE/100 g olarak ölçülmüş, fermentasyon sonunda ise bu değerlerin bir miktar azaldığı tespit edilmiştir. Hıyar örneğinde başlangıçta ölçülen toplam fenolik madde miktarının 40,3 mg GAE/100 g olduğu ve diğer örneklerle kıyasla bu örnekte daha yüksek oranda bir düşüş olduğu belirlenmiştir.

Ozer ve Yildirim (2019) tarafından yapılan çalışma kapsamında lahana turşusu, sauerkraut ve kimçi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları incelenmiştir. Fermente lahana ürünleri arasında kimçiye ait toplam fenolik madde miktarının 869,64 mg GAE/100 g olduğu ve bu değer diğer turşu örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sauerkraut ve lahana turşularına ait değerler ise sırasıyla 438,26 mg GAE/100g ve 165,64 mg GAE/100g olarak ölçülmüştür.

İcil (2019) tarafından yürütülen çalışmada 27 farklı örneğin fermentasyon sonunda toplam fenolik madde miktarları belirlenmiş ve bu değerlerin GAE cinsinden 168,25 mg/100g ve 310,75 mg/100g aralığında olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında lahana turşularının üretimi farklı ölçeklerde gerçekleştirilmiş, bu nedenle toplam fenolik madde miktarının da bu doğrultuda değiştiği bildirilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı, 1L'lik kaplarda üretilen lahana turşusu örneklerinde 168,25-240,75 mg/100g aralığında, 3L'lik kaplarda üretilen lahana turşularında 188,25-260,75 mg/100g aralığında, 4L'lik kaplarda üretilen turşu örneklerinde ise 200,75-310,75 mg/100g aralığında değişim gösterdiği belirtilmektedir. Araştırmacılar, toplam fenolik madde miktarlarında en düşük sonuçları 1L'lik kaplarda üretilen turşu örneklerinde elde ederken en yüksek sonuçları ise 4L'lik kaplarda üretilen örneklerde saptamışlardır. Ayrıca, çalışma kapsamında toplam antioksidan ve toplam fenolik madde miktarı arasında pozitif korelasyonlar tespit edilmiş ve fenolik bileşiklerin doğal antioksidan madde özelliği göstermekte olduğu belirtilmiştir.

Ciniviz and Yildiz (2020) tarafından yapılan çalışmada, 30 farklı turşu örneğinin toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Analizler turşu örneklerinin hem salamura hem de posa kısımlarında gerçekleştirilmiştir. Örneklerin salamura

kısımlarında yapılan ölçümler sonucunda, en yüksek toplam fenolik madde miktarı çam kozalağı turşusunda bulunurken (235,19 µg GAE/mg), en düşük toplam fenolik madde miktarı domates turşusunda (16,94 µg GAE/mg) belirlenmiştir. Benzer şekilde, turşu örneklerinin posa kısımlarının en yüksek toplam fenolik madde miktarının çam kozalağı turşusuna (135,39 µg/ml) ve en düşük değerin yeşil fasulye turşusuna ait (4,82 µg/ml) olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak turşu örneklerinde salamura posanın toplam fenolik madde miktarı olarak farklılık gösterdiği ve bu değerin salamura örneklerinde daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, bazı turşu örneklerinin fermentasyon sonucu toplam fenolik madde miktarlarının azaldığı tespit edilirken farklı turşu örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarında başlangıçta azalma, ilerleyen zamanlarda ise artış olduğu bildirilmektedir. Fermentasyonun uygulandığı farklı çalışmalarda toplam fenolik madde miktarının farklılık göstermesi; fermentasyon koşullarına bağlı olmanın yanı sıra fermentasyon sırasında kullanılan hammadde, salamura miktarı ve içeriği, fermentasyonda rol alan mikroorganizmalar, pH, asitlik gibi faktörlerle ilişkilendirilmiştir. Literatürde belirtilen bu değişken faktörler, tarafımızca yürütülen çalışmada elde edilen toplam fenolik madde miktarlarının literatürdeki verilerle farklılık göstermesini de açıklamaktadır.

4.2.6 Turşu örneklerinin renk değerleri

Bu çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Turşu örneklerinin renk özelliklerini belirlemede HunterLab renk ölçüm cihazı ve CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) $L^*a^*b^*$ kolorimetri sistemi kullanılmıştır (Lee and Castle, 2001). Cihaz önce standart siyah, daha sonra ise standart beyaz bir karo ile kalibre edilmiştir. Renk değerleri farklı turşu örnekleri üzerindeki dört tekrarlı okumaların ortalaması olarak hesaplanmış ve analiz sonuçları Tablo 4.25, Tablo 4.26, Tablo 4.27 ve 4.28'de verilmiştir.

Tablo 4.25 Salatalık turşusu örneklerinin fermentasyon süresince renk analiz sonuçları

Fermentasyon Günleri		TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
0. gün	L*	29,85±0,71 ^{a,A}	30,51±0,65 ^{b,A}	29,84±0,09 ^{a,B,C}	30,17±0,29 ^{a,b,A}	31,08±0,36 ^{c,B}	30,22±0,06 ^{a,b,A}	29,64±0,45 ^{a,A}
	a*	-7,65±0,32 ^{a,b,A}	-7,57±0,48 ^{b,A}	-6,85±0,08 ^{c,A}	-7,60±0,53 ^{b,A}	-7,34±0,31 ^{b,A}	-7,52±0,47 ^{b,A}	-8,08±0,04 ^{a,A}
	b*	17,80±0,81 ^{a,b,B,C}	18,51±0,56 ^{b,c,B}	18,58±0,53 ^{c,B}	18,25±0,28 ^{a,b,c,A}	17,58±0,53 ^{a,B,C,D}	18,52±0,50 ^{b,c,B,C}	17,62±0,55 ^{a,A}
1. gün	L*	32,17±4,30 ^{a,B}	35,36±1,19 ^{a,B,C}	32,58±3,70 ^{a,C,D}	31,14±3,50 ^{a,A}	29,77±7,92 ^{a,A}	29,11±8,69 ^{a,A}	29,30±7,89 ^{a,A}
	a*	-5,01±4,89 ^{a,B}	-5,77±3,73 ^{a,B}	-6,18±3,18 ^{a,A}	-6,43±2,81 ^{a,B}	-6,74±2,60 ^{a,A}	-6,24±3,26 ^{a,B}	-6,71±2,72 ^{a,B}
	b*	19,86±0,72 ^{a,b,C}	22,91±5,10 ^{b,C}	18,23±1,72 ^{a,b,B}	19,41±0,56 ^{a,b,A}	17,07±3,35 ^{a,A,B,C}	16,56±3,76 ^{a,A,B}	15,28±5,96 ^{a,A}
3. gün	L*	28,47±1,87 ^{a,b,A}	35,40±8,71 ^{c,d,B,C}	24,45±1,60 ^{a,A}	34,98±5,17 ^{c,d,B}	35,63±2,40 ^{c,d,C}	38,24±1,74 ^{d,C}	30,87±5,07 ^{b,c,B}
	a*	-2,78±1,23 ^{a,b,C}	-2,21±0,86 ^{a,b,c,C}	-0,31±1,96 ^{d,B}	-1,45±2,87 ^{b,c,d,C}	-3,37±2,21 ^{a,B}	-2,70±1,64 ^{a,b,C}	-0,73±1,13 ^{c,d,C}
	b*	18,82±0,16 ^{b,c,B,C}	14,35±2,06 ^{a,b,A}	11,36±0,50 ^{a,A}	20,85±4,29 ^{c,B}	23,64±0,62 ^{c,d,F,G}	27,47±0,11 ^{d,E}	19,80±9,76 ^{c,B}
5. gün	L*	33,37±4,07 ^{a,B}	36,99±3,73 ^{a,b,C}	37,29±6,64 ^{a,b,E}	35,25±0,78 ^{a,b,B}	36,36±0,84 ^{a,b,C}	39,32±2,34 ^{b,C}	36,33±0,01 ^{a,b,C}
	a*	-1,58±0,86 ^{b,C}	-1,34±2,56 ^{b,c,C}	-0,10±3,19 ^{d,B}	-1,48±2,48 ^{b,c,C}	-2,36±1,62 ^{a,B}	-1,34±0,24 ^{b,c,D}	-0,71±0,90 ^{c,d,C}
	b*	26,89±5,79 ^{b,c,E}	21,40±1,31 ^{a,B}	22,91±1,15 ^{a,b,C}	25,41±4,28 ^{a,b,c,C}	24,15±2,73 ^{a,b,c,G}	27,58±3,43 ^{c,E}	26,73±1,20 ^{b,c,D}
7. gün	L*	38,24±3,35 ^{b,C}	31,60±4,19 ^{a,A,B}	30,58±2,63 ^{a,B,C}	40,67±8,69 ^{b,C}	31,24±1,85 ^{a,A}	31,94±0,70 ^{a,B}	35,50±3,83 ^{a,b,C}
	a*	0,88±0,02 ^{c,D}	0,28±0,86 ^{b,D}	0,41±0,25 ^{c,B,C}	0,27±2,25 ^{b,D}	0,66±0,73 ^{d,C}	0,19±1,49 ^{a,E}	1,77±2,97 ^{f,D}
	b*	22,69±1,75 ^{a,D}	24,67±7,32 ^{a,D}	21,72±2,07 ^{a,C}	24,33±0,11 ^{a,C}	21,96±4,15 ^{a,E,F}	23,09±3,81 ^{a,D}	23,87±8,66 ^{a,C}
15. gün	L*	30,84±7,16 ^{a,A}	31,41±1,65 ^{a,A,B}	33,61±1,49 ^{a,D}	31,61±7,22 ^{a,A}	32,54±4,51 ^{a,B}	32,04±6,52 ^{a,B}	33,42±5,41 ^{a,C,B}
	a*	1,61±0,26 ^{b,D}	1,26±0,93 ^{a,D,E}	1,66±1,53 ^{b,C}	1,66±0,18 ^{b,E}	1,37±0,92 ^{a,C,D}	1,77±0,46 ^{b,F}	2,14±1,07 ^{c,D}
	b*	20,04±2,99 ^{a,C}	22,66±7,15 ^{a,C}	21,46±4,18 ^{a,C}	21,38±7,54 ^{a,B}	22,16±0,39 ^{a,E,F,G}	22,62±2,65 ^{a,D}	22,46±4,56 ^{a,C}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F, G) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Hunter yöntemiyle gerçekleştirilen renk ölçümüne göre L^* değerinin artması beyaz renge yaklaşıldığını, bu değer azalması ise siyaha yaklaşıldığını göstermektedir (Ameny and Wilson, 1997; Güler, 2020). Salatalık turşularında aydınlığı ifade eden L^* değerlerinin, fermentasyon sürecinde 24,45 ile 40,67 arasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.25). Ayrıca, en yüksek L^* değeri TS1 ve TS4 örneklerinde fermentasyonun yedinci gününde ölçülmüş ($P<0,05$), diğer turşu örneklerinde ise beyaz renge en çok yaklaşılan günün beşinci gün olduğu tespit edilmiştir.

Hunter yöntemiyle gerçekleştirilen renk ölçümüne göre a^* değeri, kırmızı/yeşil koordinatıdır ve bu kapsamda $+a^*$ kırmızıyı ifade ederken $-a^*$ ise yeşili belirtmektedir (Ameny and Wilson, 1997; Nayak et al., 2018). Tablo 4.25'te de görüldüğü üzere salatalık turşusu örneklerinde ölçülen a^* değerlerinin fermentasyon süresince -8,08 ile 2,14 arasında değiştiği belirlenmiştir. Salatalık turşusu örneklerinde sıfırıncı gün itibarıyla örneklerin yeşil renk seviyesinde olduğu tespit edilirken, TS3 hariç diğer örnekler arasında fark olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Fermentasyonun yedinci gününden sonra a^* değerlerinin kırmızı koordinata döndüğü ve TS2 ve TS4 örnekleri hariç örnek grupları arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). NK1 örneği fermentasyonun yedinci gününe kadar yeşil koordinatta iken, ilerleyen günlerde kırmızı koordinata geçtiği belirlenmiştir ($P<0,05$).

Hunter yöntemiyle gerçekleştirilen renk ölçümüne göre b^* değeri, sarı/mavi koordinatıdır ve $+b^*$ sarıyı; $-b^*$ ise maviyi göstermektedir (Ameny and Wilson, 1997; Nayak et al., 2018). Tablo 4.25 incelendiğinde, salatalık turşusu örneklerinin b^* değerlerinin, fermentasyon süresince 11,36-27,58 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Salatalık turşusu örnekleri içinde en yüksek b^* değeri, TS2 örneğinde yedinci günde ölçülmüştür ($P>0,05$).

Depolama sürecinde salatalık turşularında L* değerlerinin 22,00 ile 35,93 arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.26).

Tablo 4.26 Salatalık turşusu örneklerinin depolama süresince renk analiz sonuçları

Depolama Süresi		TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1
1. hafta	L*	30,21±1,33 ^{b,c,B}	31,28±4,62 ^{b,c,A}	31,91±0,66 ^{c,C}	31,22±1,58 ^{b,c,C}	28,58±1,74 ^{a,b,B}	26,79±1,06 ^{a,A,B}	27,31±2,06 ^{a,C}
	a*	2,09±0,20 ^{a,A}	2,30±0,31 ^{a,b,A}	3,44±0,34 ^{d,A}	2,80±0,55 ^{c,A}	2,23±0,09 ^{a,A,B}	2,24±0,06 ^{a,A}	2,59±0,35 ^{b,c,A,B}
	b*	20,24±0,87 ^{b,c,C}	18,19±2,37 ^{a,b,D}	20,14±1,43 ^{b,c,C}	19,27±1,56 ^{a,b,D}	20,07±1,40 ^{b,c,E}	21,72±1,64 ^{c,D,E}	21,15±0,77 ^{c,E}
2. hafta	L*	28,48±1,34 ^{c,A}	32,97±0,31 ^{e,A,B}	30,64±1,33 ^{d,A,B}	26,08±1,29 ^{b,A,B}	29,36±1,09 ^{c,d,B}	32,85±0,59 ^{e,D}	22,48±1,11 ^{a,A}
	a*	4,11±0,23 ^{b,B}	4,81±0,22 ^{e,B}	4,22±0,09 ^{b,c,B}	4,36±0,09 ^{c,d,B}	5,14±0,06 ^{f,D}	4,45±0,21 ^{d,B}	3,28±0,16 ^{a,B,C}
	b*	18,82±1,23 ^{a,b,c,B,C}	17,68±1,41 ^{a,C}	19,56±1,66 ^{b,c,B}	18,51±1,60 ^{a,b,C}	19,31±0,80 ^{b,c,D}	20,13±1,16 ^{c,C,D}	17,37±1,00 ^{a,D}
3. hafta	L*	29,95±4,72 ^{a,b,A}	33,15±0,03 ^{b,c,A,B}	30,18±1,24 ^{a,b,A,B}	33,25±6,20 ^{b,c,D}	34,73±6,11 ^{b,c,D}	35,93±0,51 ^{c,E}	27,34±3,80 ^{a,C}
	a*	4,68±0,32 ^{a,B}	4,54±0,67 ^{a,B}	4,64±0,33 ^{a,B}	4,36±0,62 ^{a,B}	4,49±1,02 ^{a,C,D}	4,51±0,17 ^{a,B}	4,03±0,15 ^{a,C,D}
	b*	18,12±0,18 ^{a,b,B,C}	17,08±1,12 ^{a,C}	19,24±3,51 ^{a,b,B}	18,37±4,57 ^{a,b,C}	19,02±1,33 ^{a,b,D}	19,59±2,53 ^{b,C,D}	16,99±2,63 ^{a,C}
4. hafta	L*	27,01±1,77 ^{a,A}	32,66±1,22 ^{d,e,A,B}	30,01±1,75 ^{b,c,A}	31,66±1,42 ^{c,d,C}	31,66±1,46 ^{c,d,C}	35,05±3,76 ^{c,d,E}	27,60±1,25 ^{a,b,C}
	a*	4,99±0,08 ^{b,B}	5,06±0,07 ^{b,B}	4,80±0,06 ^{b,B}	4,89±0,10 ^{b,B}	4,16±0,22 ^{b,C,D}	4,78±0,10 ^{b,B}	4,04±0,10 ^{a,C,D}
	b*	17,09±0,22 ^{a,b,B}	16,94±0,41 ^{a,b,B}	18,04±0,89 ^{b,c,A}	17,29±0,84 ^{a,b,A,B}	16,05±1,21 ^{a,C}	18,78±1,29 ^{c,C}	16,75±1,36 ^{a,C}
5. hafta	L*	27,19±0,70 ^{b,c,A}	32,56±1,55 ^{e,A}	28,17±0,52 ^{c,d,A}	28,58±1,42 ^{d,B}	26,79±0,66 ^{b,A,B}	27,96±0,28 ^{b,c,d,B}	24,79±1,20 ^{a,A,B}
	a*	4,35±0,08 ^{b,B}	4,50±0,05 ^{c,B}	4,56±0,23 ^{c,B}	4,75±0,13 ^{d,B}	4,08±0,07 ^{a,C,D}	4,36±0,06 ^{b,B}	4,80±0,14 ^{d,D}
	b*	16,32±0,67 ^{b,B}	16,08±1,83 ^{b,B}	18,00±0,11 ^{c,A}	16,00±0,48 ^{b,A,B}	15,18±0,79 ^{a,b,B}	15,79±0,71 ^{b,B}	14,37±0,87 ^{a,A,B}
6. hafta	L*	27,05±0,55 ^{d,A}	33,12±1,99 ^{f,A,B}	27,86±0,67 ^{e,A}	24,73±1,31 ^{b,A}	25,75±1,09 ^{c,A}	25,46±1,52 ^{b,c,A}	22,00±0,87 ^{a,A}

a*	4,29±0,15 ^{d,B}	3,88±0,08 ^{c,B}	3,98±0,11 ^{c,B}	3,16±0,08 ^{a,A}	3,45±0,16 ^{b,B,C}	3,88±0,08 ^{c,B}	5,09±0,05 ^{e,D}
b*	12,29±0,60 ^{a,b,A}	12,99±0,93 ^{b,A}	17,29±0,85 ^{d,A}	14,28±0,73 ^{c,A}	12,75±0,42 ^{a,b,A}	12,04±0,34 ^{a,b,A}	11,87±1,29 ^{a,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Depolama süresince en yüksek L^* değerine sahip turşu örneğinin 35,93 sonucu ile PK1 örneğinde olduğu ve bu örneğin, probiyotik içeren diğer turşu örnekleriyle karşılaştırıldığında TS1 ve TS3 örnekleri hariç diğerlerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Altı haftalık depolama süresi sonunda en düşük L^* değerine sahip örneğin 22,00 ile NK1 olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Salatalık turşusu örneklerinde ölçülen a^* değerleri, depolama süresince 2,09 ile 5,14 arasında ölçülmüştür (Tablo 4.26). Salatalık turşusu örneklerinde depolamanın dördüncü haftasında probiyotik hücre içeren tüm örneklerin a^* değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiş ve diğer depolama süreleri ile kıyaslandığında (ilk hafta hariç) istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). NK1 örneğinin depolama süresi sonunda 5,09 değeri ile diğer turşu örneklerine göre en yüksek seviyede a^* değerine sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Salatalık turşusu örneklerinin b^* değerlerinin depolama süresince 11,87-21,72 aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 4.26). Salatalık turşusu örneklerinde en yüksek b^* değeri (21,72) PK1 örneğinde depolamanın ilk haftasında tespit edilmiş ve bu örneğin TS2 ve TS4 örnekleri hariç diğer örnek gruplarıyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Tüm turşu örnekleri içinde, altı haftalık depolama sonucunda en düşük b^* değerinin 11,87 ile NK1 örneğine ait olduğu ve bu örneğin TS2, TS3 ve TS4

örnekleri hariç diğer turşu örnekleriyle arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerine ait renk analiz sonuçları incelendiğinde, turşu örneklerinin L^* değerlerinin fermentasyon süresince 64,33 ile 73,18 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.27).

Tablo 4.27 Sauerkraut örneklerinin fermentasyon süresince renk analiz sonuçları

Fermentasyon Süresi		TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
0. gün	L*	71,07±0,87 ^{a,B}	71,82±0,52 ^{a,b,B}	72,23±0,01 ^{b,D}	71,12±1,10 ^{a,C}	73,18±0,91 ^{c,C}	72,05±0,42 ^{b,B}	71,95±0,22 ^{a,b,E}
	a*	2,52±0,13 ^{b,c,D}	2,53±0,03 ^{b,c,C}	2,57±0,04 ^{b,c,E}	2,51±0,07 ^{b,c,E}	2,46±0,04 ^{b,D}	2,33±0,02 ^{a,C}	2,50±0,04 ^{b,c,E}
	b*	34,05±0,30 ^{b,c,D}	33,48±0,51 ^{a,C}	33,90±0,16 ^{b,E}	34,01±0,24 ^{b,C}	35,00±0,19 ^{c,C}	35,96±0,28 ^{d,D}	33,98±0,34 ^{b,D}
1. gün	L*	69,30±3,60 ^{a,b,B}	69,46±4,13 ^{a,b,A}	66,78±0,59 ^{a,C}	70,22±4,10 ^{a,b,C}	72,33±2,33 ^{b,B,C}	70,05±5,37 ^{a,b,A,B}	67,07±0,87 ^{a,D}
	a*	-0,40±0,17 ^{a,B}	-0,08±0,66 ^{a,B}	-0,60±0,05 ^{a,C}	-0,06±0,59 ^{a,B,C}	-0,03±0,83 ^{a,B,C}	-0,19±0,76 ^{a,A,B}	-0,14±0,58 ^{a,C}
	b*	27,92±4,88 ^{a,A,B}	26,89±6,09 ^{a,A}	28,74±3,34 ^{a,B}	26,29±6,77 ^{a,A,B}	26,70±6,51 ^{a,B}	27,75±4,71 ^{a,C}	28,13±4,27 ^{a,B}
3. gün	L*	70,09±2,08 ^{b,c,B}	69,19±4,53 ^{a,b,A}	66,49±3,95 ^{a,C}	70,11±0,31 ^{b,c,C}	71,99±1,55 ^{c,B,C}	69,72±0,00 ^{b,c,A,B}	66,66±0,16 ^{a,C}
	a*	-0,39±0,59 ^{a,B}	-0,07±1,86 ^{a,B}	-0,99±0,31 ^{a,B}	-0,16±2,05 ^{a,B,C}	-0,25±1,18 ^{a,B}	-0,35±2,24 ^{a,A}	-1,50±1,89 ^{a,A,B}
	b*	25,56±4,98 ^{a,A}	28,84±8,11 ^{a,B}	28,63±3,89 ^{a,B}	23,85±0,17 ^{a,A}	23,24±4,21 ^{a,A}	23,68±3,52 ^{a,A,B}	26,73±0,15 ^{a,A,B}
5. gün	L*	69,99±0,26 ^{b,B}	68,70±1,12 ^{a,b,A}	66,00±0,41 ^{a,B,C}	69,25±3,00 ^{a,b,A}	70,20±3,25 ^{b,A,B}	69,81±3,72 ^{b,A,B}	65,89±3,87 ^{a,C}
	a*	-1,46±1,26 ^{a,A}	-1,29±0,18 ^{a,A}	-1,41±0,62 ^{a,A}	-1,22±1,37 ^{a,A}	-1,14±0,42 ^{a,A}	-1,02±1,06 ^{a,A}	-1,84±1,52 ^{a,A}
	b*	30,51±4,72 ^{b,c,B,C}	26,06±1,38 ^{a,b,A}	32,23±6,67 ^{c,D}	26,10±7,29 ^{a,b,A,B}	25,63±1,38 ^{a,b,A,B}	21,89±0,83 ^{a,A}	25,26±2,07 ^{a,b,A}
7. gün	L*	68,97±0,31 ^{b,B}	67,76±0,87 ^{a,b,A}	65,69±3,02 ^{a,B,C}	69,23±2,74 ^{b,A}	69,68±3,36 ^{b,A,B}	68,76±1,62 ^{b,A}	65,05±0,25 ^{a,C}

a*	-1,78±0,50 ^{a,A}	-1,34±1,18 ^{a,b,A}	-1,14±0,31 ^{a,b,A,B}	-0,62±0,76 ^{b,A,B}	-0,97±0,90 ^{a,b,A}	-1,00±0,82 ^{a,b,A}	-0,89±0,82 ^{a,b,C}
b*	31,38±1,62 ^{b,B,C}	28,41±6,90 ^{a,b,B}	27,69±0,37 ^{a,b,A}	25,86±1,00 ^{a,A,B}	26,96±1,68 ^{a,B}	25,69±2,91 ^{a,B,C}	27,46±0,49 ^{a,b,B}
L*	66,58±1,40 ^{b,A}	67,99±0,63 ^{b,A}	64,58±1,50 ^{a,A,B,C}	67,88±1,44 ^{b,A}	69,32±1,65 ^{b,A}	67,83±3,45 ^{b,A}	64,33±4,77 ^{a,A,B}
a*	0,70±0,35 ^{b,C}	0,69±0,56 ^{b,B}	0,87±0,31 ^{b,D}	0,86±0,26 ^{b,C,D}	0,45±0,02 ^{a,b,C}	0,07±0,81 ^{a,A,B}	0,69±0,43 ^{b,D}
b*	30,45±5,87 ^{a,b,B,C}	27,96±5,08 ^{a,b,B}	29,61±0,20 ^{a,b,C}	28,74±2,85 ^{a,b,B}	25,85±2,31 ^{a,A,B}	25,56±4,41 ^{a,B,C}	31,32±2,48 ^{b,C}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) fermentasyon süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Fermentasyon süresince L* değerinde en yüksek sonuç (73,18) sıfırıncı günde TL3 örneğinde tespit edilmiştir ($P<0,05$). Fermentasyon sonunda ise en düşük L* değerinin 64,33 ile NK1 örneğine ait olduğu ve bu örneğin TL3 hariç diğer örnek gruplarıyla arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, NK1 örneğinin fermentasyon başında ve sonunda da L* değerinin istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerinde ölçülen a* değerleri, fermentasyon süresince -1,84 ile 2,57 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.27). Probiyotik içeren sauerkraut örneklerinin fermentasyonun başında (0. gün) kırmızı rengi yansıtmada daha baskın olduğu ($P>0,05$), ilk gün sonunda ise örneklerin yeşil renge döndüğü tespit edilmiştir ($P>0,05$). Yedinci gün sonuna kadar tüm örneklerin a* değerlerinin yeşil renkte (–) olduğu ($P>0,05$), onbeşinci gün sonunda a* değerlerinin negatiften pozitif yöne dönmekte olduğu ve PK2 örneği hariç probiyotik içeren örnekler arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Sauerkraut örneklerinde b* değerlerinin fermentasyon süresince 21,89 ile 35,96 aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.27). Fermentasyonun başında en yüksek b* değeri PK2 örneğinde 35,96 olarak belirlenmiş olup ($P<0,05$), TL5 örneği 35,00 değeri ile takip etmiş ve diğer örnek gruplarıyla arasında fark

olduğu sonucuna ulaşılmıştır ($P<0,05$). Fermentasyon sonunda ise probiyotik içeren sauerkraut örnekleri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmazken ($P>0,05$), NK2 örneğine ait b^* değerinin TL5 ve PK2 örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerinin renk analiz sonuçları incelendiğinde, turşu L^* değerlerinin depolama süresince 58,88 ile 67,59 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.28).

Tablo 4.28 Sauerkraut örneklerinin depolama süresince renk analiz sonuçları

Depolama Süresi		TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2
1. hafta	L^*	66,34±2,04 ^{b,c,d,C}	67,45±1,62 ^{d,C}	63,52±1,11 ^{a,B,C}	66,69±1,54 ^{c,d,B}	64,51±3,00 ^{a,b,c,B}	67,59±0,87 ^{d,D}	63,36±0,58 ^{a,b,C,D}
	a^*	1,55±0,61 ^{b,B}	1,71±0,25 ^{b,C}	1,71±0,59 ^{b,A}	0,69±0,36 ^{a,A,B}	1,73±0,24 ^{b,A}	1,55±0,15 ^{b,B}	0,98±0,11 ^{a,A}
	b^*	25,83±1,42 ^{a,b,c,A}	26,14±0,86 ^{b,c,d,A}	24,73±1,09 ^{a,b,A}	27,45±1,35 ^{d,e,A}	26,37±1,15 ^{c,d,e,A}	24,37±0,88 ^{a,A}	27,73±1,23 ^{e,A}
2. hafta	L^*	63,72±1,46 ^{b,c,B}	63,73±1,28 ^{b,c,B}	63,10±0,77 ^{a,b,c,B}	61,42±1,17 ^{a,A}	64,50±1,40 ^{c,d,B}	65,62±1,49 ^{d,C}	62,61±1,65 ^{a,b,B,C}
	a^*	1,47±0,22 ^{b,B}	1,83±0,18 ^{c,C}	1,62±0,09 ^{b,c,A}	1,46±0,28 ^{b,B,C,D}	1,61±0,06 ^{b,c,A}	1,58±0,07 ^{b,c,B}	1,07±0,03 ^{a,A}
	b^*	32,39±0,65 ^{b,B,C}	30,95±0,33 ^{a,A,B}	33,16±1,00 ^{b,B,C}	33,19±1,16 ^{b,B}	34,30±0,84 ^{c,B}	35,98±0,60 ^{d,B}	37,05±0,14 ^{e,B}
3. hafta	L^*	62,98±1,06 ^{a,B}	63,59±2,02 ^{a,B}	62,38±1,38 ^{a,A,B}	61,82±2,76 ^{a,A}	63,19±0,92 ^{a,A,B}	65,64±1,61 ^{b,C}	62,25±6,30 ^{a,B,C}
	a^*	1,37±0,17 ^{a,B}	2,24±0,04 ^{b,c,C}	1,79±0,10 ^{a,b,A}	1,89±0,93 ^{a,b,C,D}	2,87±0,28 ^{d,C}	1,40±0,63 ^{a,B}	2,58±0,04 ^{c,d,B}
	b^*	33,36±0,26 ^{a,b,D}	31,51±0,35 ^{a,C}	33,24±2,94 ^{a,b,B,C}	38,63±1,63 ^{d,C}	34,92±2,05 ^{b,c,B}	36,67±2,63 ^{c,d,B}	38,55±0,99 ^{d,B}
4. hafta	L^*	62,12±0,46 ^{a,A,B}	61,66±1,38 ^{a,A,B}	62,61±1,53 ^{a,A,B}	61,01±0,93 ^{a,A}	62,64±1,53 ^{a,A,B}	64,18±2,05 ^{a,B}	60,88±1,04 ^{a,A,B}
	a^*	1,44±0,00 ^{b,B}	2,30±0,07 ^{d,C}	1,79±0,04 ^{c,A}	1,43±0,13 ^{b,B,C,D}	2,70±0,23 ^{e,B,C}	1,08±0,07 ^{a,A,B}	2,59±0,16 ^{e,B}
	b^*	34,27±0,81 ^{a,b,D}	32,75±1,29 ^{a,D,E}	34,84±1,35 ^{b,B,C}	38,94±1,10 ^{c,C}	35,23±0,70 ^{b,B}	37,66±1,67 ^{c,B}	38,74±1,58 ^{c,B}

5. hafta	L*	62,35±1,12 ^{b,c,A,B}	61,49±1,20 ^{a,b,A,B}	60,33±1,55 ^{a,A}	60,29±1,59 ^{a,A}	61,87±0,58 ^{a,b,A,B}	63,70±0,67 ^{c,B}	60,93±0,91 ^{a,b,A,B}
	a*	0,97±0,01 ^{a,A,B}	2,03±0,04 ^{d,C}	2,47±0,05 ^{e,B}	1,30±0,00 ^{b,B,C}	2,01±0,13 ^{d,A,B}	1,61±0,04 ^{c,B}	2,47±0,04 ^{e,B}
	b*	35,88±0,90 ^{b,D}	35,52±1,32 ^{b,E,F}	35,45±1,35 ^{a,B,C}	38,97±0,61 ^{c,d,C}	39,92±0,40 ^{d,C}	37,81±0,87 ^{c,B}	38,89±0,79 ^{c,d,B}
6. hafta	L*	60,59±1,37 ^{b,c,A}	60,20±0,54 ^{a,b,c,A}	60,51±1,45 ^{a,b,c,A}	59,08±2,14 ^{a,b,A}	61,01±0,40 ^{c,A}	61,00±0,74 ^{c,A}	58,88±0,64 ^{a,A}
	a*	1,06±0,03 ^{a,A,B}	2,19±0,08 ^{c,C}	2,47±0,11 ^{d,B}	1,81±0,13 ^{b,c,D}	2,49±0,14 ^{d,B,C}	2,08±0,04 ^{c,B}	2,91±0,05 ^{e,B}
	b*	37,30±0,83 ^{a,b,E}	37,69±1,70 ^{a,b,F}	36,45±1,59 ^{a,C}	39,70±1,74 ^{c,C}	39,58±1,61 ^{c,C}	37,86±1,45 ^{a,b,B}	38,70±1,76 ^{b,c,B}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E, F) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0,05$).

Depolama süresince örnekler için L* değerlerinde azalma olduğu ve dolayısıyla lahananın beyazlığının zamanla azaldığı tespit edilmiştir. Depolama süresi başında ve sonunda sauerkraut örneklerinin depolama süreleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Altı haftalık depolama süresi sonunda en düşük L* değeri (58,88) NK2 örneğinde tespit edilmiş, bu örneğin TL1, TL5 ve PK2 örnekleri hariç diğer örnek gruplarından farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Sauerkraut örneklerinde ölçülen a* değerlerinin depolama süresince 0,69 ile 2,91 arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.28). Onbeşinci günden itibaren depolamaya alınan sauerkraut örneklerinde a* değerinin negatiften pozitif yöne dönmekte olduğu belirlenmiş, a* değerleri karşılaştırıldığında ise (TL3, TL5 ve NK2 örnekleri hariç) altı haftalık sürede anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Depolama sonunda en yüksek a* değeri (2,91) NK2’de belirlenirken ($P<0,05$), en düşük değer (1,06) TL1 örneğine ait olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Turşu örneklerinin b* değerleri depolama süresince 24,37 ile 39,92 aralığında değişim göstermiştir (Tablo 4.28). En yüksek b* değeri (39,92) TL5

örneğinde depolamanın beşinci haftasında ölçülmüştür ($P<0,05$). Altı haftalık depolama süresi sonunda en yüksek b^* değerinin 39,70 ile TL4 örneğinde olduğu ve bu örneğin TL5 ve NK2 örneği hariç diğer örnek gruplarından farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, depolama süresi sonunda tüm örneklerinin sarılık düzeyinde depolamanın başındaki değerlere kıyasla artış göstermiştir ($P<0,05$).

Güler (2020) tarafından yapılan çalışmada, Brüksel lahanasından elde edilen turşu örneklerinin renk analizleri Hunter yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Turşu örneklerinin L^* değerlerinin 47,22-64,32 arasında değiştiği ve tüm gruplar içinde ortalama değerin 56,63 olduğu belirtilmiştir. Brüksel lahanası turşularında a^* değerlerinin 2,20 ile 0,97 arasında değişim gösterdiği ve tüm gruplar arasında ortalama değerin 0,57 olduğu tespit edilmiştir. Turşu örneklerine ait b^* değerlerinin ise 30,92-39,90 arasında değiştiği belirlenirken örneklerin ortalama değerinin 34,52 olduğu ifade edilmiştir. Elde edilen bu çalışma sonuçlarının bizim çalışmamıza benzerlik gösterdiği görülmektedir. Yapılan çalışmaların sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, kullanılan hammadde, starter kültür, fermentasyon koşullarının yanı sıra ortamda üretilen metabolitler ve pH gibi asitliği etkileyen faktörlerin, örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerine etki ettiği görülmektedir.

4.3 Duyusal Analiz Sonuçları

Probiyotiklerle zenginleştirilmiş salatalık turşusu ve sauerkraut örneklerinde depolama süresince (beşinci hafta sonuna kadar) duyusal analizler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, örneklerde renk, koku, görünüş, lezzet, sertlik ve genel beğeni özellikleri 9 puanlık hedonik test uygulanarak değerlendirilmiştir.

Salatalık turşusu örneklerinin duyusal analiz sonuçları Tablo 4.29'da verilmiştir.

Tablo 4.29 Salatalık turşusuna ait duyusal analiz sonuçları

Depolama süresi	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	PK1	NK1

Renk	0.gün	7,30±0,1 ^{c,B,C}	7,10±0,42 ^{b,c,C,D}	7,25±0,07 ^{c,A,B}	7,00±0,28 ^{b,c,B}	6,85±0,07 ^{b,D}	6,75±0,2 ^{a,b,D}	6,50±0,42 ^{a,C}
	1. hafta	7,75±0,78 ^{c,C}	7,25±0,35 ^{b,c,D}	7,50±0,57 ^{c,C}	6,45±0,35 ^{a,b,A}	6,75±0,78 ^{c,E}	6,50±0,57 ^{a,b,C}	6,00±0,99 ^{a,B}
	2. hafta	7,10±0,28 ^{c,B}	6,50±0,71 ^{b,B,C}	7,20±0,00 ^{c,A,B}	7,60±0,14 ^{d,C}	6,40±0,28 ^{a,b,C}	6,25±0,07 ^{a,b,B}	6,00±0,28 ^{a,B}
	3. hafta	7,35±0,07 ^{e,B,C}	7,00±0,00 ^{d,C}	7,05±0,07 ^{d,A}	7,55±0,07 ^{f,C}	6,80±0,00 ^{c,C,D}	6,65±0,21 ^{b,C}	5,25±0,07 ^{a,A}
	4. hafta	6,10±0,14 ^{a,b,A}	6,45±0,64 ^{b,B}	7,70±0,57 ^{c,C}	7,55±0,21 ^{c,C}	6,05±0,07 ^{a,b,B}	6,10±0,57 ^{a,A}	6,00±0,42 ^{a,b,B}
	5. hafta	5,85±0,21 ^{c,A}	5,45±0,35 ^{c,A}	7,10±0,14 ^{f,A,B}	6,75±0,07 ^{e,B}	5,10±0,14 ^{b,A}	6,10±0,28 ^{d,A}	4,65±0,21 ^{a,A}
Koku	0.gün	7,45±0,21 ^{a,B}	7,40±0,14 ^{a,B}	7,20±0,42 ^{a,B}	7,40±0,28 ^{a,D}	7,05±0,49 ^{a,C}	7,05±0,49 ^{a,C}	7,05±0,21 ^{a,D}
	1. hafta	7,90±0,14 ^{d,C}	7,35±0,21 ^{b,c,d,B}	7,80±0,14 ^{d,C}	7,00±0,85 ^{a,b,c,C}	7,55±0,07 ^{c,d,D}	6,85±0,78 ^{a,b,B}	6,45±0,21 ^{a,C}
	2. hafta	7,25±0,07 ^{c,B}	6,75±0,35 ^{b,A}	7,10±0,00 ^{c,B}	7,15±0,07 ^{c,B,C}	6,75±0,21 ^{b,C}	6,85±0,07 ^{b,B}	6,35±0,21 ^{a,B}
	3. hafta	7,15±0,07 ^{c,B}	6,75±0,07 ^{b,A}	6,55±0,21 ^{b,A}	6,70±0,14 ^{b,A}	6,55±0,21 ^{b,B}	6,70±0,42 ^{b,B}	5,80±0,00 ^{a,A}
	4. hafta	6,70±0,57 ^{b,c,A}	6,85±0,64 ^{b,c,d,A}	7,25±0,35 ^{c,d,B}	7,20±0,14 ^{d,C}	6,55±0,49 ^{a,b,B}	6,55±0,21 ^{a,b,B}	6,05±0,78 ^{a,B}
	5. hafta	6,55±0,07 ^{c,A}	6,55±0,35 ^{c,A}	7,05±0,21 ^{d,B}	6,60±0,14 ^{c,A}	6,30±0,14 ^{c,A}	5,90±0,14 ^{b,A}	5,50±0,42 ^{a,A}
Görünüş	0.gün	7,35±0,21 ^{d,C}	7,15±0,21 ^{c,d,D}	7,30±0,14 ^{d,B,C}	7,10±0,42 ^{c,d,B}	6,70±0,28 ^{b,C}	6,90±0,14 ^{b,c,B}	6,25±0,49 ^{a,B}
	1. hafta	8,80±0,14 ^{d,D}	6,80±0,71 ^{b,c,C}	7,35±0,64 ^{c,d,B}	6,25±0,49 ^{a,b,A}	8,00±0,28 ^{d,D}	6,25±0,49 ^{a,b,A}	5,95±0,92 ^{a,B}
	2. hafta	7,95±0,21 ^{c,B}	6,60±0,28 ^{b,C}	7,35±0,07 ^{c,B}	7,25±0,21 ^{d,B}	6,50±0,14 ^{b,C}	6,70±0,00 ^{b,B}	6,10±0,00 ^{a,B}
	3. hafta	7,25±0,07 ^{d,B,C}	6,90±0,00 ^{b,c,C}	7,20±0,28 ^{b,A}	7,15±0,49 ^{c,d,B}	6,45±0,07 ^{a,C}	6,95±0,07 ^{b,c,B}	6,25±0,07 ^{a,B}
	4. hafta	6,05±0,35 ^{a,A}	6,30±0,99 ^{a,B}	7,70±0,42 ^{b,C}	7,45±0,07 ^{b,C}	5,80±0,57 ^{a,B}	6,20±0,28 ^{a,A}	6,05±0,78 ^{a,B}
	5. hafta	5,95±0,49 ^{c,A}	5,45±0,21 ^{b,A}	7,05±0,21 ^{d,A}	6,80±0,00 ^{d,B}	5,25±0,35 ^{b,A}	6,10±0,14 ^{c,A}	4,60±0,28 ^{a,A}
Lezzet	0.gün	7,25±0,64 ^{b,B}	6,80±0,42 ^{a,B}	6,85±0,35 ^{a,B}	6,85±1,06 ^{a,A}	6,95±0,35 ^{a,C}	6,85±0,21 ^{a,C}	6,45±0,07 ^{a,D}
	1. hafta	7,45±0,07 ^{c,B}	6,45±0,07 ^{b,A}	7,30±0,28 ^{c,A}	6,15±0,49 ^{a,b,A}	7,20±0,00 ^{c,D}	6,10±0,42 ^{a,B}	6,05±0,07 ^{a,C}

Sertlik	2. hafta	6,85±0,07 ^{c,d,A}	6,55±0,35 ^{b,c,B}	7,85±0,21 ^{c,d,B}	7,45±0,21 ^{d,B}	6,75±0,21 ^{b,c,d,C}	6,45±0,07 ^{b,C}	5,70±0,14 ^{a,B}
	3. hafta	6,85±0,07 ^{e,B}	6,80±0,14 ^{c,d,B}	7,50±0,00 ^{b,c,A}	7,00±0,00 ^{d,B}	6,30±0,14 ^{b,B}	6,30±0,57 ^{b,B}	5,15±0,49 ^{a,A}
	4. hafta	6,55±0,35 ^{a,b,c,A}	6,60±0,71 ^{a,b,c,B}	7,85±0,35 ^{b,c,B}	7,10±0,85 ^{c,B}	6,25±0,07 ^{a,b,B}	6,05±0,35 ^{a,B}	6,05±0,35 ^{a,C}
	5. hafta	6,65±0,07 ^{d,A}	6,05±0,21 ^{d,A}	7,25±0,21 ^{e,A}	6,10±0,14 ^{d,A}	5,50±0,00 ^{c,A}	5,25±0,35 ^{b,A}	4,90±0,14 ^{a,A}
	0.gün	7,60±0,42 ^{b,B}	7,05±0,07 ^{a,b,A}	7,30±0,42 ^{a,b,A}	7,05±0,64 ^{a,b,B}	7,50±0,42 ^{a,b,D}	7,25±0,78 ^{a,b,B}	6,90±0,42 ^{a,D}
	1. hafta	8,10±0,14 ^{c,C}	7,50±0,00 ^{b,B}	8,05±0,07 ^{c,C}	6,80±0,28 ^{a,A}	7,65±0,21 ^{b,D}	7,35±0,64 ^{b,C}	6,55±0,07 ^{a,C}
	2. hafta	7,45±0,21 ^{e,B}	7,00±0,28 ^{c,A}	7,25±0,07 ^{c,A}	7,10±0,00 ^{d,e,C}	7,20±0,14 ^{c,d,C}	6,75±0,21 ^{b,B}	6,20±0,00 ^{a,B}
	3. hafta	7,50±0,14 ^{d,B}	7,15±0,21 ^{b,c,d,A}	7,45±0,21 ^{b,c,d,A}	7,05±0,49 ^{c,d,B}	6,95±0,07 ^{b,c,B}	6,65±0,78 ^{b,B}	5,80±0,28 ^{a,A}
	4. hafta	7,10±0,57 ^{b,c,A}	7,05±1,34 ^{b,c,A}	7,65±0,49 ^{c,B}	7,10±0,71 ^{c,C}	6,55±0,35 ^{a,b,A}	7,05±0,49 ^{b,c,B}	5,95±0,21 ^{a,A,B}
	5. hafta	7,25±0,21 ^{c,B}	7,20±0,00 ^{c,A}	7,25±0,21 ^{c,A}	7,05±0,07 ^{c,B}	6,45±0,21 ^{b,A}	5,90±0,14 ^{a,A}	5,90±0,14 ^{a,A}
Genel Beğeni	0.gün	7,25±0,35 ^{b,B,C}	7,10±0,28 ^{b,B}	7,15±0,07 ^{b,B}	7,00±0,42 ^{b,B}	7,15±0,21 ^{b,D}	6,90±0,42 ^{b,D}	6,40±0,14 ^{a,C}
	1. hafta	7,60±0,14 ^{c,C}	6,93±0,25 ^{b,A,B}	7,30±0,21 ^{c,C}	6,30±0,71 ^{a,A}	7,10±0,07 ^{c,E}	6,35±0,35 ^{a,B,C}	6,10±0,00 ^{a,B,C}
	2. hafta	7,10±0,14 ^{d,e,B}	6,63±0,25 ^{b,c,A,B}	7,10±0,07 ^{d,e,B}	7,05±0,28 ^{e,B}	6,80±0,14 ^{c,d,C}	6,55±0,07 ^{b,C}	6,05±0,21 ^{a,B}
	3. hafta	7,20±0,00 ^{e,B,C}	6,90±0,00 ^{c,A,B}	7,65±0,07 ^{b,A}	7,05±0,07 ^{d,B}	6,60±0,00 ^{b,C}	6,60±0,14 ^{b,C,D}	5,50±0,14 ^{a,A}
	4. hafta	6,45±0,64 ^{a,b,A}	6,70±0,85 ^{b,A,B}	7,35±0,28 ^{c,C}	7,30±0,28 ^{c,B}	6,20±0,14 ^{a,b,B}	6,10±0,21 ^{a,b,B}	5,90±0,42 ^{a,B}
	5. hafta	6,55±0,21 ^{c,A}	6,40±0,14 ^{c,A}	6,70±0,14 ^{d,A}	6,60±0,14 ^{d,B}	5,60±0,28 ^{a,b,A}	5,70±0,14 ^{b,A}	5,35±0,35 ^{a,A}

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e, f) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Depolama süresince probiyotik hücre içeren salatalık turşusu örneklerinin renk puanları 5,10 ile 7,75 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 4,65 ile 6,50 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın sıfıncı gününde en çok beğenilen örneğin TS1 olduğu ve bu örneğin TS5, PK1 ve NK1 örnekleri hariç diğer örneklerden farklı olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Depolama sonunda TS3 örneğinin renk açısından en çok beğenilen örnek (7,70) olduğu ($P<0,05$) tespit edilmiştir (Tablo 4.29). Ayrıca depolama süresince renk açısından en az beğenilen örneğin NK1 olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlara göre, tüm turşu örneklerinin renk açısından kabul edilebilir özelliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Depolama süresince probiyotik hücre içeren salatalık turşusu örneklerinin koku puanları 5,90 ile 7,90 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 5,50 ile 7,05 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başında en çok beğenilen örneğin TS1 (7,45) olduğu ($P>0,05$), depolamanın sonunda koku açısından en yüksek puanı TS3 alırken ($P<0,05$), en düşük puanı NK1'in aldığı ($P<0,05$), negatif kontrol örneğinden sonra en az beğenilen turşu örneğinin ise *Lpb. plantarum* 299v içeren PK1 olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolamanın sonunda probiyotik içeren turşu örnekleri koku açısından kıyaslandığında, en yüksek puanı alan TS3 örneği hariç diğer örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Elde edilen sonuçlara göre, tüm turşu örneklerinin koku bakımından kabul edilebilir olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, probiyotik hücre kullanımının turşunun koku özelliğini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Turşusu örneklerinin görünüş puanları 5,25 ile 8,80 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 4,60 ile 6,25 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başında en yüksek puanı TS1'in aldığı ve bu örneğin TS5, PK1 ve NK1 örnekleri hariç diğer turşu örnekleriyle arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Depolamanın son haftalarında ise en yüksek puanı alan örneğin *P. parvulus* içeren TS3 olduğu ve bu örneğin TS4 hariç diğer turşu örneklerinden farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolama süresi sonunda görünüş açısından en düşük puanı alan (4,60) örneğin NK1 olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlar, örneklerin görünüş bakımından kabul

edilebilir özellikte olduğunu ortaya koymuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde, depolama süresince probiyotik hücre içeren turşu örnekleri, probiyotik içermeyen kontrol örneğine kıyasla daha fazla beğenilmiştir.

Depolama süresince probiyotik hücre içeren salatalık turşusu örneklerinin lezzet puanları 5,25 ile 7,85 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 4,90 ile 6,45 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başında en çok beğenilen örneğin (7,25) TS1 olduğu ($P<0,05$), depolama sonunda ise en çok beğenilen örneğin (7,25) TS3 olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolama süresi sonunda lezzet bakımından en düşük puanı alan örneğin probiyotik kültür içermeyen negatif kontrol örneği (4,90) olduğu belirlenirken ($P<0,05$), probiyotik içeren örnekler arasında da en az beğenilen lezzetin (5,25) *Lpb. plantarum* 299v içeren PK1 örneği olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Elde edilen bu sonuçlar, örneklerin lezzet bakımından kabul edilebilir özellikte olduğunu ortaya koymuştur. Probiyotik kullanımının turşunun lezzet özelliklerini olumlu yönde etkilediği tespit edilirken, kullanılan kültürlerin endojen kültürler olmasının da bu yönde bir avantaj sağladığı düşünülmektedir. Literatürde de benzer şekilde, turşudan izole edilen endojen kültürlerin starter kültür olarak turşu üretiminde kullanımının çeşitli kaynaklardan izole edilen veya endüstriyel starter kültürlerle göre daha avantajlı olduğu, bu starter kültürlerin turşu ortamındaki zor çevresel koşullara daha iyi adapte olabilecekleri ve daha kolay bir şekilde baskın mikroflora haline gelebilecekleri belirtilmiştir. Aynı zamanda, endojen kültürler sayesinde geleneksel fermente ürünlerin karakteristik duyu özelliklerinin korunması, güvenli ve standart kalitede turşu üretiminin gerçekleştirilebilmesi mümkün olabilmektedir (Ergül ve Özbaş, 2009; Tokatlı vd., 2019)

Depolama süresince probiyotik hücre içeren salatalık turşusu örneklerinin sertlik puanları 5,90 ile 8,10 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 5,80 ile 6,90 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başında en yüksek puanı alan (7,60) örneğin TS1 olduğu tespit edilirken ($P>0,05$), bu örneğin sadece NK1 örneğinden farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolamanın son haftasında ise TS1 ve TS3 örneklerinin aynı puanı (7,25) alarak en yüksek sertlik puanına sahip oldukları, bu örneklerin TS2 ve TS4 örnekleri hariç diğer turşulardan farklı oldukları tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda sertlik açısından en

düşük puanı alan (5,90) örneklerin kontrol örnekleri olan PK1 ve NK1 örnekleri olduğu tespit edilmiş, bu örneklerin diğer turşularla aralarında farklılık bulunduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlar, örneklerin sertlik özellikleri bakımından kabul edilebilir özellikte olduğunu ortaya koymuştur. Turşuda sertlik/gevreklik tüketici tarafından aranan bir özellik olup depolama süresince korunması önem taşımaktadır (İcil, 2019). Bu kapsamda, doğal fermentasyonla kıyaslandığında, probiyotik ilavesi ile sayesinde turşularda aranan sertlik özellikleri istenilen seviyede elde edilebilmektedir.

Depolama süresince probiyotik hücre içeren salatalık turşusu örneklerinin genel beğeni puanları 5,60 ile 7,65 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 5,35 ile 6,40 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başlangıcında TS1 örneğinin en yüksek genel beğeni puanına (7,25) sahip olduğu belirlenirken (sadece NK1 hariç $P>0,05$). Depolamanın son haftasında ise genel beğeni puanı en yüksek olan örneğin (6,70) TS3 olduğu ve bu örneğin TS4 örneği hariç diğer turşu örnekleriyle kıyaslandığında istatistiksel olarak farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır ($P<0,05$). Bununla birlikte depolama süresi sonunda en düşük puanı alarak (5,35) genel beğeni açısından en az beğenilen örneğin NK1 olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Aynı zamanda, *Lpb. plantarum* 299v ilavesiyle üretilen PK1 örneğinin de NK1 örneğinden sonra en az genel beğeni puanına sahip örnek (5,70) olduğu belirlenmiş ve TS5 örneği hariç probiyotik içeren diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Elde edilen genel beğeni sonuçları, tüm salatalık turşusu örneklerinin genel olarak kabul edilebilir özellikte olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak yapılan çalışmada, probiyotik özellikte hücrelerin starter kültür olarak kullanımı sonucunda elde edilen turşu örneklerinde, depolama süresince probiyotik içermeyen kontrol örneğine kıyasla genel beğeni puanının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sauerkraut örneklerinin duyusal analiz sonuçları Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.30 Sauerkraut örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Depolama süresi	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	PK2	NK2

Renk	0. gün	7,85±0,21 ^{c,D}	7,50±0,00 ^{b,C}	7,95±0,00 ^{c,D}	7,85±0,97 ^{c,C}	7,55±0,07 ^{b,C}	7,25±0,21 ^{b,C}	6,20±0,57 ^{a,C}
	1. hafta	7,05±0,78 ^{b,B,C}	7,20±0,71 ^{b,C}	7,75±0,07 ^{b,C,D}	7,05±0,64 ^{b,B}	7,55±0,35 ^{b,C}	6,90±1,13 ^{b,B}	6,15±0,49 ^{a,C}
	2. hafta	7,55±0,35 ^{c,C,D}	7,60±0,14 ^{c,C}	7,95±0,21 ^{c,d,C}	7,90±0,14 ^{d,C}	7,50±0,14 ^{c,C}	6,90±0,28 ^{b,B}	6,00±0,14 ^{a,B}
	3. hafta	7,80±0,14 ^{d,D}	7,55±0,07 ^{c,C}	7,90±0,00 ^{c,C}	7,85±0,07 ^{d,C}	7,45±0,21 ^{c,C}	6,75±0,21 ^{b,A,B}	5,75±0,21 ^{a,B}
	4. hafta	6,95±0,64 ^{b,B}	6,65±0,78 ^{a,b,B}	7,05±0,35 ^{b,B}	6,95±0,35 ^{b,B}	7,00±0,57 ^{b,B}	6,60±1,13 ^{b,A,B}	5,80±0,71 ^{a,B}
Koku	5. hafta	6,25±0,21 ^{d,A}	5,95±0,21 ^{c,A}	6,35±0,07 ^{d,A}	6,25±0,07 ^{d,A}	5,70±0,00 ^{b,A}	5,95±0,21 ^{c,A}	5,15±0,07 ^{a,A}
	0. gün	7,35±0,07 ^{b,C}	7,55±0,07 ^{b,C}	7,65±0,07 ^{b,D}	7,65±0,07 ^{b,D}	7,50±0,14 ^{b,C}	7,15±0,07 ^{b,C}	5,95±1,06 ^{a,A}
	1. hafta	6,85±0,21 ^{a,b,B}	7,25±0,35 ^{b,A,B}	7,30±0,28 ^{b,C}	7,30±0,14 ^{b,B,C}	7,15±0,64 ^{b,B,C}	6,70±1,13 ^{a,b,B}	6,25±0,07 ^{a,A,B}
	2. hafta	7,55±0,49 ^{c,d,C}	7,15±0,07 ^{b,C,B}	7,00±0,14 ^{a,b,B}	7,45±0,07 ^{d,C,D}	7,20±0,14 ^{b,c,d,B,C}	7,35±0,07 ^{c,d,D}	6,85±0,21 ^{a,B}
	3. hafta	7,30±0,28 ^{c,C}	7,05±0,35 ^{b,c,B}	6,65±0,21 ^{b,A}	7,10±0,14 ^{c,B}	6,90±0,42 ^{b,c,B,C}	7,05±0,21 ^{b,c,C}	6,10±0,42 ^{a,A}
Görünüş	4. hafta	6,55±0,49 ^{b,A}	6,45±0,35 ^{b,A}	7,15±0,35 ^{b,A}	7,05±0,35 ^{b,B}	6,75±0,78 ^{b,B}	6,55±0,49 ^{b,A,B}	5,55±0,78 ^{a,A}
	5. hafta	6,20±0,28 ^{c,A}	6,20±0,42 ^{c,A}	6,70±0,14 ^{d,A}	6,55±0,49 ^{c,A}	5,95±0,35 ^{b,A}	6,25±0,21 ^{c,A}	5,50±0,28 ^{a,A}
	0. gün	7,85±0,07 ^{c,C}	7,70±0,57 ^{b,c,D}	7,65±0,07 ^{b,c,D}	7,20±0,71 ^{b,c,C}	7,55±0,21 ^{b,c,C}	7,30±0,42 ^{b,c,C}	6,15±0,64 ^{a,B,C}
	1. hafta	7,70±0,85 ^{b,B,C}	7,45±0,35 ^{b,C,D}	7,15±0,21 ^{b,C}	7,45±0,35 ^{b,C,D}	7,55±0,35 ^{b,C}	7,05±0,92 ^{b,C}	6,55±0,35 ^{a,C}
	2. hafta	7,35±0,07 ^{c,B,C}	7,40±0,14 ^{c,C,D}	7,80±0,00 ^{c,b,D}	7,70±0,00 ^{d,D}	7,40±0,28 ^{c,B}	6,75±0,64 ^{b,B,C}	6,05±0,07 ^{a,B,C}
Lezzet	3. hafta	7,15±0,49 ^{b,B}	7,15±0,21 ^{b,B,C}	7,55±0,07 ^{b,C}	7,45±0,07 ^{c,C,D}	7,15±0,07 ^{b,B}	6,30±0,14 ^{a,A,B}	6,15±0,21 ^{a,B,C}
	4. hafta	7,00±0,57 ^{b,B}	6,80±0,71 ^{b,B}	7,05±0,49 ^{b,B}	6,85±0,35 ^{b,B}	7,00±0,78 ^{b,B}	6,65±0,92 ^{b,C}	5,70±0,99 ^{a,A,B}
	5. hafta	5,90±0,28 ^{c,A}	5,60±0,00 ^{b,A}	6,35±0,00 ^{d,A}	6,20±0,21 ^{d,A}	5,85±0,21 ^{c,A}	5,85±0,07 ^{c,A}	5,30±0,14 ^{a,A}
	0. gün	6,90±0,00 ^{b,C}	7,45±0,07 ^{c,C,D}	7,45±0,07 ^{c,B}	7,40±0,00 ^{c,D}	7,15±0,07 ^{b,c,B}	6,90±0,00 ^{b,B}	5,75±0,78 ^{a,A,B}
	1. hafta	7,00±0,57 ^{b,c,C}	7,55±0,07 ^{c,D}	7,55±0,64 ^{b,c,B}	7,10±0,00 ^{b,c,C,D}	6,95±0,35 ^{b,c,A}	6,50±1,27 ^{b,B,C}	6,10±0,14 ^{a,B}

Sertlik

2. hafta	7,40±0,14 ^{b,D}	7,40±0,00 ^{b,C,D}	7,45±0,07 ^{b,B}	7,15±0,07 ^{b,C,D}	7,10±0,28 ^{b,B}	6,55±0,49 ^{a,B,C}	6,20±0,57 ^{a,B}
3. hafta	7,45±0,07 ^{e,D}	7,25±0,07 ^{d,e,C}	7,55±0,21 ^{c,d,B}	6,85±0,07 ^{b,c,B,C}	6,65±0,35 ^{b,A}	6,15±0,21 ^{a,B}	6,25±0,35 ^{a,B}
4. hafta	6,50±0,42 ^{b,B}	6,73±0,46 ^{b,B}	7,20±0,42 ^{b,A,B}	6,70±0,42 ^{b,A,B}	6,85±0,78 ^{b,A}	6,95±0,35 ^{b,C}	5,65±0,92 ^{a,A,B}
5. hafta	6,00±0,00 ^{c,A}	5,90±0,00 ^{c,A}	6,80±0,14 ^{e,A}	6,40±0,28 ^{d,A}	6,70±0,14 ^{e,A}	5,65±0,07 ^{b,A}	5,30±0,42 ^{a,A}
0. gün	7,55±1,34 ^{b,B,C}	7,85±0,35 ^{b,C}	7,90±0,99 ^{b,B}	7,90±0,00 ^{b,B}	7,60±0,14 ^{b,B,C}	7,35±0,21 ^{b,A,B}	6,45±0,35 ^{a,B}
1. hafta	7,60±0,28 ^{b,C}	7,65±0,35 ^{c,C}	7,70±0,42 ^{b,c,A,B}	7,40±0,14 ^{c,B}	7,55±0,35 ^{b,c,B,C}	7,10±0,57 ^{b,A,B}	6,00±0,28 ^{a,A,B}
2. hafta	7,45±0,07 ^{b,c,B,C}	7,75±0,07 ^{d,e,C}	7,85±0,07 ^{b,A,B}	7,35±0,21 ^{e,B}	7,65±0,35 ^{c,d,e,C}	7,50±0,28 ^{b,c,d,B}	6,95±0,21 ^{a,C}
3. hafta	7,90±0,28 ^{e,C}	7,85±0,07 ^{e,C}	7,95±0,07 ^{c,d,B}	7,40±0,42 ^{d,e,B}	7,20±0,00 ^{b,c,A,B}	7,00±0,42 ^{b,A,B}	6,40±0,14 ^{a,B}
4. hafta	6,90±0,71 ^{b,B}	6,93±0,46 ^{b,B}	7,30±0,28 ^{b,A}	6,90±0,14 ^{b,A}	7,10±0,57 ^{b,A}	6,90±0,57 ^{b,A}	5,80±0,71 ^{a,A}
5. hafta	6,10±0,28 ^{b,A}	6,00±0,28 ^{b,A}	7,20±0,14 ^{c,A}	6,80±0,14 ^{d,A}	6,85±0,21 ^{c,A}	6,90±0,14 ^{c,A}	5,60±0,28 ^{a,A}
0. gün	7,40±0,71 ^{b,c,C}	7,55±0,21 ^{c,C}	7,80±0,00 ^{c,C}	7,80±0,28 ^{c,E}	7,15±0,21 ^{b,c,B}	6,90±0,14 ^{b,B}	5,75±0,92 ^{a,A,B}
1. hafta	7,08±0,32 ^{b,c,B,C}	7,53±0,11 ^{c,d,C}	7,75±0,21 ^{d,C}	7,45±0,35 ^{c,d,C,D}	7,38±0,18 ^{b,c,d,C}	6,85±0,99 ^{a,b,B}	6,35±0,21 ^{a,B}
2. hafta	7,20±0,00 ^{b,C}	7,60±0,28 ^{c,C}	7,70±0,00 ^{c,C}	7,68±0,11 ^{c,D,E}	7,20±0,00 ^{b,B}	7,25±0,21 ^{b,C}	6,30±0,00 ^{a,B}
3. hafta	7,45±0,21 ^{d,C}	7,60±0,00 ^{e,C}	7,70±0,14 ^{e,C}	7,25±0,07 ^{c,B,C}	7,20±0,00 ^{c,B}	6,90±0,14 ^{b,B}	6,15±0,07 ^{a,B}
4. hafta	6,60±0,64 ^{b,A,B}	6,65±0,64 ^{b,B}	7,15±0,49 ^{b,B}	7,08±0,39 ^{b,B}	7,00±0,71 ^{b,B}	6,68±0,81 ^{b,B}	5,70±0,85 ^{a,A,B}
5. hafta	6,20±0,14 ^{c,A}	6,15±0,21 ^{c,A}	6,65±0,07 ^{d,A}	6,55±0,21 ^{d,A}	6,25±0,07 ^{c,A}	5,93±0,11 ^{b,A}	5,45±0,07 ^{a,A}

Genel Beğeni

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda yer alan farklı küçük harfler (a, b, c, d, e) örnek çeşitleri arasındaki istatistiksel farklılığı, aynı sütunda yer alan farklı büyük harfler (A, B, C, D, E) depolama süreleri arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05)

Depolama süresince probiyotik hücre içeren sauerkraut örneklerinin renk puanları 5,70 ile 7,95 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 5,15 ile 6,20 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın sıfıncı gününde en çok

beğenilen turşu örneğinin 7,95 puanla *P. parvulus* içeren TL3 olduğu belirlenmiş ve bu örneğin TL1 ve TL4 örnekleri hariç diğer örneklerden farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). *Lpb. plantarum* içeren TL1 ve *L. parabuchneri* içeren TL4 örneklerinin renk puanlarının da diğer örneklere kıyasla yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$) (Tablo 4.30). Depolama sonunda TL3 örneğinin renk açısından en çok beğenilen örnek (6,35) olduğu belirlenmiş ve TL1 ve TL4 örnekleri hariç diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, depolama süresi sonunda renk açısından en az beğenilen örneğin NK2 olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, depolama süresince de probiyotik kültür içermeyen kontrol örneğinin probiyotik kültür içeren diğer örneklere kıyasla daha düşük puan aldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Sauerkraut örneklerinde yapılan duyusal analiz renk sonuçlarına göre depolama başlangıcında ve sonunda örneklerin renk puanlarında istatistiksel olarak farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlara göre, tüm turşu örneklerinin renk açısından kabul edilebilir özelliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Depolama süresince probiyotik içeren sauerkraut örneklerinde, probiyotik içermeyen kontrol örneğine kıyasla renk özelliğinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Depolama süresince probiyotik hücre içeren sauerkraut örneklerinin koku puanları 5,95 ile 7,65 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 5,50 ile 6,85 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başında en çok beğenilen örneklerin TL3 ve TL4 (7,65) olduğu belirlenirken ($P>0,05$) depolama sonunda TL3 örneğinin koku açısından daha çok (6,70) beğenildiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolamanın sonunda koku açısından en az puanı alan (5,50) örneğin NK2 olduğu tespit edilmiş ve diğer örneklerle arasında farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlara göre, tüm turşu örneklerinin koku bakımından kabul edilebilir olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, probiyotik hücre kullanımının turşunun koku özelliğini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Sauerkraut örneklerinin görünüş puanları 5,60 ile 7,85 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 5,30 ile 6,55 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başında probiyotik içeren örnekler arasında en yüksek puanı (7,85) örneğin *Lpb. plantarum* içeren TL1 olduğu belirlenirken ($P<0,05$), depolamanın sonunda ise en çok beğenilen örneğin (6,35) *P.parvulus* içeren TL3

olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolamanın sonunda görünüş açısından en az puanı alan örneğin ise (5,30) NK2 olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlar, örneklerin görünüş bakımından kabul edilebilir özellikte olduğunu ortaya koymuştur. Probiyotik ilavesiyle üretilen turşu örneklerinin probiyotik içermeyen kontrol örneğine kıyasla görünüş açısından daha yüksek puanlar aldığı tespit edilmiştir.

Depolama süresince probiyotik hücre içeren sauerkraut örneklerinin lezzet puanları 5,65 ile 7,55 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 5,30 ile 6,25 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başında en yüksek puanı alan (7,45) turşu örneklerinin TL2 ve TL3 olduğu tespit edilmiş ve bu örneklerin TL4 ve TL5 örnekleri hariç diğer turşulardan farklı oldukları tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolamanın sonunda en çok beğenilen (6,80) örneğin TL3 olduğu belirlenmiş ve diğer örneklerden farklı olduğu tespit edilmiştir ($P>0,05$). Depolama sonunda lezzet bakımından en düşük puanı (5,30) alan örneğin probiyotik kültür içermeyen kontrol örneği olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Negatif kontrol örneğinden sonra en az beğenilen lezzetin ise *Lpb. plantarum* 299v içeren PK2 örneğine (5,65) ait olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Elde edilen bu sonuçlar, örneklerin lezzet bakımından kabul edilebilir özellikte olduğunu ortaya koymuştur. Turşu fermentasyonunda probiyotik özellikte starter kültür kullanımının ürünün lezzetinde olumlu bir etki ettiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Depolama süresince probiyotik hücre içeren sauerkraut örneklerinin sertlik puanları 5,10 ile 7,95 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 5,60 ile 6,95 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başında en yüksek puanı (7,90) alan örneklerin TL3 ve TL4 olduğu belirlenirken probiyotik kültür içeren diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı ($P>0,05$), ancak bu örneklerin negatif kontrol örneğinden farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda sertlik bakımından en yüksek puanı alan örnek (7,20) TL3 olmuş ve bu örneğin TL5 ve PK2 hariç diğer turşu örneklerinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). NK2 örneğinin depolama süresince en düşük sertlik puanına sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Bu durumda, probiyotik ilavesiyle elde edilen turşularda depolama süresince sert yapının daha uzun süre korunabileceği sonucuna

varılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, örneklerin sertlik özellikleri bakımından kabul edilebilir özellikte olduğunu ortaya koymuştur.

Depolama süresince probiyotik hücre içeren sauerkraut örneklerinin genel beğeni puanları 5,93 ile 7,80 aralığında değişirken, negatif kontrol örneğinde bu puanlar 5,45 ile 6,35 aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın başlangıcında en yüksek puanı alan (7,80) örneklerin TL3 ve TL4 olduğu tespit edilmiş ve bu örneklerin PK2 ve NK2 örnekleri hariç diğer örneklerle aralarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($P>0,05$). Depolamanın son haftasında da en yüksek puanı alan örneklerin TL3 ve TL4 olduğu belirlenmiş (6,65; 6,55) ve diğer örneklerden istatistiksel olarak farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda en düşük genel beğeni puanını alan örneğin ise (5,45) NK2 olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Elde edilen genel beğeni sonuçları, tüm sauerkraut örneklerinin genel olarak kabul edilebilir özellikte olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, probiyotik kültürlerin ilavesiyle gerçekleştirilen fermentasyon işlemi sonucunda elde edilen sauerkrautta, depolama süresince genel beğeni puanının yanı sıra turşudaki diğer özelliklerin de daha kabul edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Lahana fermentasyonunda *Lactobacillus* türlerinin starter kültür olarak kullanımıyla elde edilen turşuların daha lezzetli ve daha güvenilir olması sağlanarak gıda sektörüne katkı sağlayacağı da ileri sürülmektedir (Alan and Yildiz, 2021).

Jagannath et al. (2012) tarafından yapılan çalışmada kontrollü lahana fermentasyonu gerçekleştirmiş ve bu kapsamda *Leu. mesenteroides* ve *Lpb. plantarum* kültürleri starter kültür olarak kullanılmıştır. Fermentasyon başlangıcında tuz konsantrasyonunu %0,5 olarak ayarlanmıştır. LAB ilave edilen örneklerle kıyasla doğal fermentasyonla elde edilen örneklerin duyuşal açıdan daha düşük puan aldığı tespit edilirken kontrollü fermentasyonla üretilen turşuların onbeş günde daha stabil hale gelmesinin yanı sıra doksan güne kadar duyuşal olarak kabul edilebildiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, starter kültür ilavesiyle yapılan fermentasyon sonucunda depolama süresince örneklerde küf-maya tespit edilmemiş ve bu durumun turşunun duyuşal özelliklerine olumlu katkı sağladığı tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarımıza benzer olarak probiyotik kültür ilave

edilmesiyle üretilen turşu örneklerinin duyuşal açıdan daha beğenilir olduğu tespit edilmiş ve depolama süresince de turşu örneklerinin kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir.

Han et al. (2014) tarafından yürütölen çalışmada lahana turşusundan izole edilen LAB'lerinin starter kültür olarak farklı formölasyonlarda kullanımıyla lahana fermentasyonu gerçekleştirilmiş ve fermentasyon sonunda elde edilen örnekler duyuşal analize alınmıştır. Renk, koku, lezzet, ekşilik, yapı ve genel kabul edilebilirlik bakımından değerdendirilen örnekler arasında en yüksek puanı alan turşu örneğinin *L. delbrueckii* IWQ ve *L. paracasei* J21 suşlarının birlikte kullanımıyla üretilen turşu örneğı olduğu belirlenmiş ve starter kültür kullanımıyla elde edilen turşuların doğıal fermentasyona kıyasla daha çok tercih edildiğı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, starter kültür kullanımıyla üretilen turşuların doğıal fermentasyona kıyasla daha tercih edilebilir olması açısından tarafımızca yapılan çalışmayla paralellik göstermektedir.

Xia et al. (2017), *Lb. brevis* AR123 suşunu lahana fermentasyonunda starter kültür olarak kullanmış ve fermentasyon sonunda elde edilen turşu ürünleri duyuşal olarak değerdendirmeye alınmıştır. Renk, koku, lezzet, asitlik, yapı ve genel beğeni açısından değerdendirilen turşu örneklerinin duyuşal analiz sonuçlarına göre, spontan fermentasyon ile elde edilen ürünlere kıyasla starter ilavesiyle üretilen turşuların duyuşal açıdan daha iyi sonuçlara sahip olduğu bildirilmektedir.

Bir diğerder çalışmada, Tokatlı vd. (2019) tarafından starter kültür kullanarak üretimi gerçekleştirilen salatalık turşularının fermentasyon sonunda duyuşal özellikleri incelenmiştir. Kontrol ve starter kültürlerin kullanılarak üretilen tüm turşu örneklerinin görünüş ve koku puanlarının birbirine yakın olduğu, kontrol grubuna ait renk puanlamasının ise starter kullanılarak üretilen örneklerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kullanılan suşlardan *Lpb. plantarum* MF213 ilavesiyle elde edilen turşu örneğinin lezzet, sertlik ve genel beğeni olarak diğerder turşu örneklerinden daha düşük puan aldığı tespit edilmiştir. Bu durumun, turşu örneğinde fermentasyon bitimine doğıru maya sayısındaki artış sebebiyle olduğu düşünölmekte olup artan maya popölasyonunun turşuda lezzet, sertlik ve genel beğeni puanlarına olumsuz etki yaptığı sonucuna varılmıştır. Turşu

fermentasyonlarında meydana gelen maya sayısındaki artış, pektolitik enzimler ve uçucu bileşiklerin miktarının yükselmesine yol açarak ürünlerde fiziksel ve duyuşal kaliteyi olumsuz etkilediği bildirilmektedir.

Minh (2019) tarafından yapılan bir diğerk çalışmada, salatalık turşusunun fermentasyonu gerçekleştirilmiş ve elde edilen turşu örnekleri duyuşal olarak değerlendirilmiştir. Farklı tuz konsantrasyonları (%3, %5, %7, %9) ve farklı fermentasyon sürelerinde (5., 10., 15., ve 20. gün) yapılan duyuşal analiz sonuçlarına göre, tüketici tarafından en çok beğenilen tuz oranı %7 olmuş ve bu konsantrasyonda turşuda $7,34 \times 10^6$ KOB/ml seviyesinde LAB olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, fermentasyon süresinin son ürüne etkisini belirlemek amacıyla yapılan duyuşal analiz sonucunda ideal fermentasyon süresinin onbeş gün olduğu belirlenmiş ve onbeş gün sonunda turşuda LAB sayısının $7,87 \times 10^6$ KOB/ml ile en yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Tarafımızca yürütölen tez çalışmasında da literatürde yer alan çalışmalara benzer olarak, farklı hammaddelerden oluşank turşu örneklerine ilave edilen starter kültür sayesinde elde edilen son ürünün doğal fermentasyonla üretilen turşu örneklerine kıyasla duyuşal açıdan daha kabul edilebilir olduğu görölmüş, aynı zamanda ürünün depolama süresince de kabul edilebilir düzeyde kalmasına katkı sağladığı belirlenmiştir.

5. SONUÇ

Son yıllarda vegan beslenme, süt proteinlerine alerji, laktoz intoleransı gibi çeşitli nedenlerden dolayı süt ürünleri dışında probiyotik içeren gıdalara yönelim artmıştır. Uzun yıllardır tüketilen ve tüm dünyada popüler bir fermente gıda olan turşunun da doğal olarak probiyotik özellikte olduğu ve içerdiki yararlı mikroorganizmaları kişilere aktarmada iyi bir taşıyıcı gıda olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında, bir önceki çalışma kapsamında farklı turşu örneklerinde elde edilen ve probiyotik özellikleri belirlenen *Lpb. plantarum*, *Lb. brevis*, *P. parvulus* ve *L. parabuchneri* suşlarının tek tek ve karışık kültür olarak ortama ilave edilmesiyle probiyotik içeriği zenginleştirilmiş turşu üretimi hedeflenmiştir.

Lpb. plantarum (TS1, TL1), *Lb. brevis* (TS2, TL2), *P. parvulus* (TS3, TL3), *L. parabuchneri* (TS4, TL4), karışık kültür (TS5, TL5), *Lpb. plantarum* 299v içeren pozitif kontrol (PK1, PK2) ve starter kültür içermeyen negatif kontrol (NK1, NK2) örneklerinin üretimi onbeş günlük fermentasyon işlemiyle gerçekleştirilmiş, fermentasyon sonunda turşu örnekleri 4°C’de altı hafta süreyle depolanmıştır. Tüm örnek grupları, hem fermentasyon (0., 1., 3., 5., 7., ve 15) hem de depolama süresince (1., 2., 3., 4., 5., ve 6. hafta) mikrobiyolojik (probiyotik sayımı, küf ve maya sayımı), fiziksel ve kimyasal (pH, toplam asitlik, tuz, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde, renk) ve duyuşal özellikler açısından periyodik olarak incelenmiştir.

Probiyotik ilavesiyle üretimi gerçekleştirilen hem salatalık turşusu hem de sauerkraut örneklerinde onbeş günlük fermentasyon sonunda probiyotik hücre sayısının >7 log KOB/g olduğu tespit edilmiştir. Probiyotik ilave edilmeden üretilen kontrol örneğinde ise LAB sayısının <7 log KOB/g olduğu belirlenmiştir. Fermentasyonu tamamlanan salatalık turşularında en yüksek probiyotik sayısı (7,51 log KOB/g) TS3 örneğinde tespit edilmiştir. TS1, TS2, TS4, TS5 örneklerinde de probiyotik sayılarının sırasıyla 7,34 log KOB/g, 7,22 log KOB/g, 7,42 log KOB/g ve 6,58 log KOB/g olduğu, pozitif ve negatif kontrol gruplarında ise bu sayıların sırasıyla 7,40 ve 5,76 log KOB/g olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte fermentasyon süresince artış gösteren probiyotik sayıları depolama aşamasında zamana bağlı olarak azalmıştır. Depolamanın sonunda TS3, TS4 ve TS5 örneklerinde pozitif kontrol örneğine benzer şekilde probiyotik sayılarının yaklaşık 3 logaritmik birim olduğu tespit edilmiştir. TS1 ve TS2 örneklerinde ise probiyotik sayısının 1-1,5 logaritmik birimlere düştüğü belirlenmiştir. Sonuç olarak, +4°C’de altı haftalık depolama sonunda salatalık turşusu örneklerindeki probiyotik sayıları TS1, TS2, TS3, TS4, TS5 örneklerinde sırasıyla 1,38 log KOB/g, 1,50 log KOB/g, 3,87 log KOB/g, 3,84 log KOB/g ve 3,62 log KOB/g olarak belirlenirken pozitif ve negatif kontrol gruplarında bu sayılar 3,18 log KOB/g ve 1,91 log KOB/g olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, özellikle probiyotik ilavesi yapılmadan üretilen kontrol örneğinde toplam LAB sayısının diğer örneklere (TS1 ve TS2 hariç) kıyasla düşük olduğunu ortaya koyarken, pozitif kontrol örneğinin de TS3, TS4 ve TS5 örneklerinden daha düşük sayıda probiyotik hücre içerdiği ortaya konulmuştur.

Fermentasyonu tamamlanan sauerkraut örneklerine ait probiyotik sayıları incelendiğinde, en yüksek sayıda probiyotik içeren (7,25 log KOB/g) örneğin TL5 olduğu tespit edilmiştir. TL1, TL2, TL3 ve TL4 örneklerinde de probiyotik sayısının sırasıyla 7,16 log KOB/g, 7,20 log KOB/g, 7,15 log KOB/g ve 7,02 log KOB/g olduğu tespit edilmiştir ($P>0,05$). Kontrol örneklerinden pozitif (PK2) ve negatif (NK2) kontrol örneklerinin fermentasyon sonunda içerdikleri hücre sayılarının ise sırasıyla 7,07 log KOB/g ve 5,82 log KOB/g olduğu ve bu sayıların TL4 hariç diğer örneklerin gerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Salatalık turşularına benzer şekilde sauerkraut örneklerinde de fermentasyon sürecinde artış gösteren probiyotik sayıları, depolama süresince zamanla azalmıştır. Depolama sonunda TL3 ve TL5 örneklerinde pozitif kontrol örneğine benzer şekilde probiyotik sayısının 4 logaritmik birim seviyelerinde olduğu ve istatistiksel olarak örnek grupları arasında farklılık olmadığı ($P>0,05$) tespit edilmiştir. TS2 ve TS4 örneklerinde ise probiyotik sayılarının 3 logaritmik birimlere düştüğü tespit edilmiştir. Sonuç olarak, +4 °C’de altı haftalık depolamanın ardından turşulardaki probiyotik sayıları, TL1, TL2, TL3, TL4, TL5 örneklerinde sırasıyla 0,93 log KOB/g, 3,48 log KOB/g, 4,07 log KOB/g, 3,84 log KOB/g ve 4,05 log KOB/g olarak belirlenmiştir. Pozitif ve negatif kontrol gruplarında elde edilen sayıların ise sırasıyla 4,14 log KOB/g ve 6,21 log KOB/g olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, salatalık turşusu örnekleri ile kıyaslandığında, özellikle negatif kontrol örneklerinin depolama sonunda içerdiği toplam LAB sayısı bakımından oldukça büyük farklılık göstermektedir. Bu farklılığın genel olarak hammaddeden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Fermentasyonun başında salatalık turşusu örneklerindeki maya sayılarının 0,30-1,50 log KOB/g aralığında olduğu tespit edilirken, NK1 örneğinde ise bu sayının 1,04 log KOB/g olduğu belirlenmiştir. Fermentasyonun yedinci gününden sonra TS1, TS2, TS4 ve TS5 örneklerinde maya sayısının azaldığı tespit edilmiş, diğer örneklerin (TS3, PK1 ve NK1) maya sayısında ise artış olduğu belirlenmiştir. Onbeşinci gün sonunda, probiyotik kültürlerle üretilen örneklerdeki en düşük maya sayısı TS4 örneğinde (2,75 log KOB/g) tespit edilmiş ve bu örneğin maya sayısının diğer turşu örneklerinden (TS2 ve TS5 örnekleri hariç) farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Bununla birlikte, fermentasyon sonunda en yüksek maya sayısı NK1 örneğinde (4,45 log KOB/g) tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama sonuna kadar

starter kültür ilavesi yapılan turşu örneklerine ait maya sayısının ortalama 2 logaritmik birimde olduğu belirlenmiştir. Altı hafta sonunda içerdiği maya sayısı en düşük olan turşunun 2,42 log KOB/g ile TS1 olduğu belirlenmiş ve endojen starter kültür içeren üretilen diğer turşu örneklerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Depolama sonunda en yüksek maya sayısının starter kültür içermeyen NK1 örneğinde (3,02 log KOB/g) olduğu ve bu örneğin diğer turşu örneklerinden (TS1 ve TS4 örnekleri hariç) farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Sonuç olarak, $+4^{\circ}\text{C}$ 'de altı haftalık depolama sonunda salatalık turşusu örneklerindeki maya sayıları TS1, TS2, TS3, TS4, TS5 örneklerinde sırasıyla 2,42 log KOB/g, 2,78 log KOB/g, 2,73 log KOB/g, 2,45 log KOB/g ve 2,84 log KOB/g olarak belirlenirken pozitif ve negatif kontrol gruplarında bu sayılar 2,89 log KOB/g ve 3,02 log KOB/g olarak tespit edilmiştir.

Fermentasyon başında sauerkraut örneklerindeki maya sayılarının 0,48-1,04 log KOB/g aralığında değişim gösterdiği belirlenirken en yüksek maya sayısı (1,67 log KOB/g) NK2 örneğinde tespit edilmiştir ($P<0,05$). Fermentasyon sonunda en düşük maya sayısının TL2 örneğinde (0,40 log KOB/g) bulunduğu ve bu örneğin diğer örneklerden (TL1, TL3 ve PK2 örnekleri hariç) farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, onbeşinci gün sonunda negatif kontrol örneğine ait maya sayısının 1,77 log KOB/g olduğu ve bu sayının diğer örneklerle kıyaslandığında en yüksek değer olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Probiyotik ilaveli örneklerde depolama sonunda alınan sonuçlar, maya gelişiminin ortalama 2 logaritmik birimde olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte depolama sonunda turşu örnekleri arasında en düşük maya sayısının (1,97 log KOB/g) TL4'te olduğu ve bu örneğin diğer turşu örneklerinden (TL3 ve PK2 örnekleri hariç) farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Fermentasyon sonunda olduğu gibi depolama süresi sonunda da en yüksek maya sayısının (3,06 log KOB/g) negatif kontrol örneğinde olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Sonuç olarak, $+4^{\circ}\text{C}$ 'de altı haftalık depolama sonunda sauerkraut örneklerindeki maya sayıları TL1, TL2, TL3, TL4, TL5 örneklerinde sırasıyla 2,47 log KOB/g, 2,56 log KOB/g, 2,35 log KOB/g, 1,97 log KOB/g ve 2,49 log KOB/g olarak belirlenirken pozitif ve negatif kontrol gruplarında bu sayılar 2,29 log KOB/g ve 3,07 log KOB/g olarak tespit edilmiştir.

Salatalık turşusu örneklerinin pH değerlerinin fermentasyon süresince 3,28 ile 4,58 arasında olduğu belirlenirken depolama süresince bu değerlerin 3,34 ile 3,64 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda en yüksek pH değerinin 3,64 ile *P. parvulus* içeren TS3 örneğine ait olduğu tespit edilmiş ve bu değer diğer turşu örneklerinden (TS1 ve TS5 örnekleri hariç) farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Bununla birlikte, depolama sonunda TS5 örneğinde en düşük pH değeri (3,46) tespit edilmiştir (TS3 hariç $P>0,05$).

Sauerkraut örneklerinin pH değerlerinin fermentasyon süresince 3,19 ile 5,65 arasında değişim gösterdiği belirlenirken depolama süresince ölçülen pH değerlerinin ise 3,26 ile 3,44 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda en düşük pH değerine (3,35) sahip örneğin TL1 olduğu tespit edilirken tüm turşu örneklerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Depolama süresi sonunda en yüksek pH değeri ise *Lb. brevis* içeren TL2 örneğinde (3,44) ölçülmüştür ($P>0,05$).

Salatalık turşusu örneklerinin toplam asitlik değerlerinin fermentasyon süresince laktik asit cinsinden 0,12–0,88 g/100 ml arasında değişim gösterdiği belirlenirken depolama süresince salatalık turşularının toplam asitlik değerlerinin 0,54–0,80 g/100 ml arasında olduğu belirlenmiştir. Depolama süresi başında ve sonunda turşu örneklerinin toplam asitlik değerinin zamanla azaldığı belirlenmiş ancak TS2 örneği hariç istatistiksel olarak farklılık olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Ayrıca, depolama süresi sonunda en düşük toplam asitlik değeri (0,54 g/100ml) TS3 örneğinde tespit edilmiştir (PK1 örneği hariç $P<0,05$).

Sauerkraut örneklerinin toplam asitlik değerlerinin fermentasyon süresince laktik asit cinsinden 0,13–1,50 g/100 ml arasında değişim gösterdiği belirlenirken depolama süresince salatalık turşularının toplam asitlik değerlerinin 1,28–1,78 g/100 ml arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte depolamanın ilerleyen günlerinde örneklerin asitlik değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Depolama süresi sonunda en düşük toplam asitlik değerinin (1,28 g/100ml) PK2 örneğinde olduğu tespit edilmiştir (TL5 örneği hariç $P>0,05$).

Salatalık turşusu örneklerinin tuz miktarlarının fermentasyon süresince %5,97-6,14 arasında değişim gösterdiği belirlenirken depolama süresince tuz

miktarlarının %5,65-6,14 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Turşu örneklerinin tuz miktarlarının depolama başlangıcına kıyasla depolama sonunda azaldığı belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolama süresi sonunda en düşük tuz miktarına sahip olan örneklerin (%5,65) TS4 ve TS5 olduğu tespit edilmiş ve diğer turşu örneklerinden farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerinin tuz miktarlarının fermentasyon süresince %2,46-2,63 arasında değişim gösterdiği belirlenirken depolama süresince tuz miktarlarının ise %2,33-2,60 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Sauerkraut örneklerinin tuz miktarlarının depolama başlangıcına kıyasla depolama sonunda azaldığı belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolama süresi sonunda en düşük tuz miktarına sahip olan örneğin (%2,33) TL1 olduğu ($P<0,05$), en yüksek tuz miktarının (%2,43) ise NK2 örneğine ait olduğu (TL5 örneği hariç $P<0,05$) tespit edilmiştir.

Ürünlerin antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde ABTS ve DPPH yöntemleri kullanılmıştır. Salatalık turşusu örneklerine ait %DPPH değerleri, fermentasyon süresince %1,61 ile %25,83 aralığında değişim gösterdiği belirlenirken depolama süresince bu değerlerin %1,26 ile %14,72 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Depolama başlangıcına kıyasla depolama sonunda %DPPH değerlerinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bununla birlikte, depolamanın sonunda probiyotik içeren salatalık turşusu örneklerinin %DPPH değerlerinin, PK1 ve NK1 örneklerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve istatistiksel olarak farklılık olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerinin fermentasyonun süresince %DPPH değerlerinin %0,60 ile %87,95 arasında olduğu tespit edilirken depolama süresince bu değerlerin %54,03 ile %71,69 arasında olduğu belirlenmiştir. Fermentasyon süresince örneklerde %DPPH değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiş ancak depolamaya alınan örneklerin bu değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Depolama başlangıcına göre depolama sonunda %DPPH değerlerinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda en düşük %DPPH değerine (%54,03) sahip örneğin probiyotik içermeyen kontrol örneğine ait olduğu belirlenirken en yüksek değer ise (%63,60) TL1 örneğinde tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Salatalık turşusu örneklerinin ABTS değerlerinin fermentasyon süresince arttığı ($P<0,05$) ve %25,21-82,52 arasında değişim gösterdiği tespit edilirken depolama süresince ise %48,60-89,75 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, salatalık turşularının %DPPH değerlerinin depolama başlangıcına kıyasla depolama sonunda önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda en düşük ABTS değerinin (%48,60) probiyotik kültür içermeyen kontrol örneğine ait olduğu ve bu örneğin TS3 ve TS4 örnekleri hariç diğer turşu örneklerinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Sauerkraut örneklerinin ABTS⁺ radikal süpürme aktivitesi değerlerinin, fermentasyon süresince %50,53-87,52 arasında değişim gösterdiği, depolama süresince ise %59,06-85,33 arasında olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda örnekler içerisinde en düşük ABTS değerine sahip örneğin (%59,06) NK2 olduğu tespit edilmiş ve diğer örneklerle arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Yine depolama sonunda en yüksek ABTS değeri ise %79,86 ile TL3 örneğinde tespit edilmiştir ($P<0,05$). Her iki yöntemle incelenen antioksidan değerlerinde depolama sonunda en düşük değerin probiyotik ilave edilmeden üretilen kontrol örneğinde olduğu belirlenmiştir.

Fermentasyon süresince salatalık turşusu örneklerine ait fenolik madde miktarının başlangıç değerlerine göre artış gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Turşu örneklerine ait fenolik madde miktarlarının depolama süresince 1427,33 ile 2164,83 mg GAE/L arasında değişim gösterdiği tespit edilmiş ve depolama başlangıcından depolama sonuna kadar geçen sürede bu değerlerin önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda probiyotik içermeyen kontrol örneğinin fenolik madde miktarı (1427,33 mg GAE/L), probiyotik içeren turşu örneklerinden daha düşük düzeyde bulunmuştur ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlara göre, başlangıçta daha düşük olan toplam fenolik madde miktarının probiyotik özellikteki hücrelerin aktivitesinin artmasıyla artış gösterdiği, depolama süresince de belli bir düzeyde kaldığı tespit edilmiştir.

Sauerkraut örneklerine ait toplam fenolik madde miktarlarının fermentasyon süresince artış gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Fermentasyon sonunda, toplam fenolik madde miktarı en yüksek olan örneğin *L. parabuchneri*

ilave edilen TL4'e (3530,50 mg GAE/L) ait olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama süresince turşu örneklerine ait fenolik madde miktarlarının 2126,08 ile 3774,00 mg GAE/L arasında olduğu tespit edilmiştir. Depolama başlangıcından depolama sonuna kadar geçen sürede turşu örneklerinin toplam fenolik madde miktarında azalış meydana gelmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda, probiyotik ilavesiyle üretilen örneklere ait fenolik madde miktarının probiyotik içermeyen kontrol örneğinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Salatalık turşularının CIE sistemine göre belirlenen renk değerleri arasında bulunan L^* değerinin fermentasyon sürecinde 24,45 ile 40,67 arasında olduğu belirlenmiştir. Depolama başlangıcında ve sonunda da örneklerin L^* değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P>0,05$). Altı haftalık depolama süresi sonunda en düşük L^* değerine sahip örneğin (22,00) NK1 olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda salatalık turşusu örneklerinde (TS4 ve TS5 örnekleri hariç) a^* değerlerinin depolama başlangıcına göre önemli ölçüde değiştiği görülmüştür ($P<0,05$). Depolama sonunda turşu örneklerinden probiyotik içermeyen NK1 örneğinin b^* değeri, probiyotik içeren diğer turşu örneklerinden daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Depolama süresi sonunda diğer turşu örneklerine göre en yüksek seviyede a^* değerine (5,09) sahip olan örneğin NK1 olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bununla birlikte, depolama başlangıcında ve depolama sonunda b^* değerlerinin önemli ölçüde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlar, probiyotik ilave edilerek fermentasyon uygulamasının, ürünlerin renk değerleri üzerine etki ettiğini ortaya koymuştur.

Sauerkraut örneklerinin L^* değerlerinin fermentasyon başlangıcı ve sonunda önemli ölçüde azalma gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama süresince de L^* değerlerinde azalma olduğu belirlenmiş olup ve bu durumda lahana yapraklarının beyazlığının zamanla azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). TL1, TL2 ve PK1 örneklerine ait a^* değerinin depolama başlangıcından sonuna kadar benzer kaldığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Depolama sonunda en yüksek a^* değerine sahip olan örneğin (2,91) NK2 olduğu belirlenirken ($P<0,05$), en düşük değer (1,06) TL1 örneğinde tespit edilmiştir ($P<0,05$). Turşu örneklerine ait b^* değerlerinin ise depolama başlangıcından sonuna kadar önemli ölçüde değiştiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda en yüksek b^* değerinin (39,70) TL4 örneğinde olduğu

belirlenirken ve bu örneğin TL5 ve NK2 örneği hariç diğer örneklerden farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Salatalık turşusu örneklerinin duyuşal özellikleri renk, koku, görünüş, lezzet, sertlik ve genel beğeni açısından incelenmiş, örneklerin genel olarak kabul edilebilir düzeyde oldukları tespit edilmiştir. Probiyotik ilavesiyle üretilen turşu örneklerinin daha çok beğenildiği belirlenirken probiyotik ilave edilmeden üretilen turşu örneklerinin duyuşal özellikler açısından daha az beğenildiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda, probiyotik ilavesiyle üretilen örneklerin duyuşal olarak daha kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sauekraut örneklerinin duyuşal özellikler açısından da genel olarak orta ve üzeri seviyelerde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Salatalık turşularında da olduğu gibi probiyotik ilave edilen sauerkraut örneklerinin probiyotik içermeyen örneklere kıyasla duyuşal özellikler açısından daha yüksek puan aldıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Bu kapsamda, her iki turşu örneği için de fermentasyon işleminin probiyotik ilavesiyle kontrollü bir şekilde yürütülmesinin daha etkili olduğu, koruyucu ve katkı maddesi içermeyen probiyotik hücre içeren turşu üretiminin mümkün olduğu ve turşuların duyuşal özelliklerine önemli katkı sağladığı ortaya konularak tüketiciler tarafından tercih edilebilir ürünler elde edilebileceği belirlenmiştir. Bu tez çalışması sonucunda, probiyotik gıda alanında süt ve süt ürünü içeren ürünlere alternatif olarak probiyotiklerle zenginleştirilmiş fonksiyonel bir gıda üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların, literatüre ve gıda endüstrisine, bilimsel ve teknolojik alanlarda önemli ölçüde katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Adesulu-Dahunsi, A. T., Jeyaram, K., and Sanni, A. I., 2018, Probiotic and technological properties of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria isolated from cereal-based nigerian fermented food products, Food Control, 92, 225–231.

Adewumi, G. A., and Science, F., 2018, Health-Promoting Fermented Foods. Encyclopedia of Food Chemistry, Elsevier.

Akal, C. ve Yetişemiyen, A., 2020, Probiyotik ve Prebiyotik Tüketiminin Laktoz İntoleransı Üzerine Etkileri, Gıda/The Journal Of Food, 45(2).

Akpınar-Bayizit, A., Özcan-Yılsay, T., ve Yılmaz, L., 2007, Study on the use of yoghurt, whey, lactic acid and starter culture on carrot fermentation. Polish journal of food and nutrition sciences, 57(2), 147-150.

Aktan, N., Kalkan, H. ve Ufuk, Y., 1999, "Turşu Teknolojisi" (2. baskı), İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.

Alan, D., 2015, Doğal turşulardan Lactobacillus paraplantarum ve Lactobacillus pentosus suşlarının moleküler tanımlanması ve plazmid içeriklerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.

Alan, Y., and Yıldız, N., 2021, Effects of Lactobacillus used as the starter culture on naturally fermented pickled cabbage, Food Science and Technology.

Aljahani, A. H., 2020, Microbiological and physicochemical quality of vegetable pickles. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 19(6), 415-421.

Alkış, A., 2016, Geobacillus toebii HBB-218 tarafından üretilen bakteriyosinin bozulmayı engellemek amacıyla konserve gıdalara uygulanması, Yüksek lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Alp, D., ve Kuleaşan, H., 2019, Farklı kaynaklardan izole edilmiş laktik asit bakterilerinin ekzopolisakkarit üretimi ve kolesterol asimilasyon yeteneklerinin belirlenmesi, Gıda, 44 (2), 191-201.

Al-Shawi, S. G., Swadi, W. A., and Hussein, A. A., 2019, Production of probiotic (Turshi) pickled vegetables, J Pure Appl Microbiol, 13(4), 2287-2293.

Altug, T., and Elmaci, Y., 2005, Sensory evaluation in foods (105. Baskı), İzmir: Meta Press.

Ameny, Michael A and Wilson, Paul W., 1997, Relationship between Hunter Color Values and β -Carotene Contents in White-Fleshed African Sweetpotatoes (*Ipomoea batatas* Lam), Journal of the Science of Food and Agriculture, 73(3), 301–306.

Anagnostopoulos, D. A., and Tsaltas, D., 2019, Fermented foods and beverages, In Innovations in Traditional Foods (pp. 257-291), Woodhead Publishing.

Anandharaj, M., Sivasankari, B., Santhanakaruppu, R., Manimaran, M., Rani, R. P., and Sivakumar, S., 2015, Determining the probiotic potential of cholesterol-reducing *Lactobacillus* and *Weissella* strains isolated from gherkins (fermented cucumber) and south Indian fermented koozh, Research in microbiology, 166(5), 428-439.

Angelin, J., and Kavitha, M., 2020, Exopolysaccharides from probiotic bacteria and their health potential. International Journal of Biological Macromolecules, 162, 853–865.

Angelov, A., Gotcheva, V., Kuncheva, R., and Hristozova, T., 2006, Development of a new oat-based probiotic drink, International Journal of Food Microbiology, 112, 75–80.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Angmo, K., Kumari, A., Savitri, and Bhalla, T. C., 2016, Probiotic characterization of lactic acid bacteria isolated from fermented foods and beverage of Ladakh, LWT- Food Science and Technology, 66, 428–435.

AOAC, 2007, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (18th edition), USA: Association of Official Analytical Chemistry.

Arslankoz, N., 2011, Ankara Çubuk yöresi turşularından izole edilen laktik asit bakterilerinin bazı teknolojik ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Ashaolu, T. J., and Fernández-Tomé, S., 2021, Gut mucosal and adipose tissues as health targets of the immunomodulatory mechanisms of probiotics, Trends in Food Science & Technology, 112, 764-779.

Bağdathoğlu, N., 2019, Salamura İşlenen Bazı Sebzelerde Bulunan Fenolik Bileşiklerin Biyoerişilebilirliğinin in vitro Yöntemlerle Araştırılması, Tübitak 1002, Proje no:117O754.

Banić, M., Uroić, K., Leboš Pavunc, A., Novak, J., Zorić, K., Durgo, K., ...and Kos, B., 2018, Characterization of S-layer proteins of potential probiotic starter culture *Lactobacillus brevis* SF9B isolated from sauerkraut, LWT, Food Science and Technology, 93(March), 257–267.

Başdoğan, M.G., 2020, Geleneksel olarak üretilen turşulardan izole edilen laktik asit bakterilerinin probiyotik potansiyelinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege üniversitesi, İzmir, 111s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Bayrak, N., 2019, Turşu kaynaklı laktik asit bakterilerinin bazı probiyotik özelliklerinin incelenmesi / Investigation of some probiotic properties of lactic acid bacteria obtained from pickle, Yüksek Lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Behera, S., El Sheikha, A.F., Hammami, R., and Kumar, A., 2020, Traditionally fermented pickles: How the microbial diversity associated with their nutritional and health benefits? Journal of Functional Foods, 70, 103971.

Bilginer, H., ve Çetin, B., 2019, Probiyotikler ve Belirlenmelerinde Kullanılan in vitro Testler, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50(3), 312-325.

Bingöl, M. G., ve Şengün, İ., 2022, Susuz lahana turşusundan izole edilen laktik asit bakterilerinin probiyotik potansiyeli, Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma, 15(1), 38-49.

Bintsis, T., 2018, Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. AIMS Microbiology, 4 (4): 665–684.

Beganović, J., Kos, B., Leboš Pavunc, A., Uroić, K., Jokić, M., and Šušković, J., 2014, Traditionally produced sauerkraut as source of autochthonous functional starter cultures, Microbiological Research, 169(7-8), 623–632.

Bell, V., Ferrão, J., Pimentel, L., Pintado, M., and Fernandes, T., 2018, One health, fermented foods, and gut microbiota. Foods, 7(12), 195.

Boricha, A. A., Shekh, S. L., Pithva, S. P., Ambalam, P. S., and Manuel Vyas, B. R., 2019, In vitro evaluation of probiotic properties of Lactobacillus species of food and human origin, LWT, Food Science and Technology, 106, 201–208.

Breidt, F., McFeeters, R. F., Perez-Diaz, I., and Lee, C. H., 2012, Fermented vegetables. Food microbiology: fundamentals and frontiers, 841-855.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Cemeroğlu, B., 2013, “Gıdalarda uygulanan bazı özel analiz yöntemleri”, Gıda Analizleri, Editör: Cemeroğlu, B. Ankara: Teknolojisi Derneği Yayınları.

Ciniviz, M., and Yildiz, H., 2020, Determination of phenolic acid profiles by HPLC in lacto-fermented fruits and vegetables (pickle): Effect of pulp and juice portions, Journal of Food Processing and Preservation, 44(7), e14542.

Ciska, E., Karamac, M., and Kosinska, A., 2005, "Antioxidant activity of extracts of white cabbage and sauerkraut", Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 14(4), 367–373.

Choi, E. A., and Chang, H. C., 2015, Cholesterol-lowering effects of a putative probiotic strain *Lactobacillus plantarum* EM isolated from kimchi, LWT - Food Science and Technology, 62(1), 210–217.

Chiu, H.H., Tsai, C.C., Hsieh, H.Y., and Tsen, H.Y., 2008, Screening from pickled vegetables the potential probiotic strains of lactic acid bacteria able to inhibit the *Salmonella* invasion in mice, Journal of Applied Microbiology, 104: 605-612

Chu, Y.F., Sun, J., Wu, X. and Liu, R.H., 2002, Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables, J. Agric. Food Chem, 50, 6910–6916.

Chugh, B., and Kamal-Eldin, A., 2020, Bioactive compounds produced by probiotics in food products, Current Opinion in Food Science, 32, 76-82.

Chun, O.K., Smith, N., Sakagawa, A., and Lee, C.Y., 2004, Antioxidant properties of raw and processed cabbages, Int J Food Sci Nutr. May; 55(3): 191-9.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Compare, D., Sgamato, C., Nardone, O. M., Rocco, A., Coccoli, P., Laurenza, C., and Nardone, G., 2022, Probiotics in Gastrointestinal Diseases: All that Glitters Is Not Gold. Digestive Diseases, 40(1), 123-132.

Çalış, S. ve Akbulut, N., 1993, Hıyar, Lahana, Biber, Havuç ve Domates Turşularının Özellikleri Üzerinde bir Araştırma, Gıda, 18(3).

Çetin, B., 2011, Production of probiotic mixed pickles and microbiological properties, African journal of biotechnology, 10(66), 14926-14931.

Çetin, B., Yıldız, H., ve Çakmakçı S., 2017, Turşu fermantasyonunda kullanılabilecek laktik asit bakterilerinin belirlenmesi ve probiyotik turşu üretimi için uygun suşların seçimi, TÜBİTAK TOVAG, Proje no: 214O719.

Çiftçi, M. ve Öncül, N., 2021, Starter Kültürler, Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences,(14), 1-16.

Demirci, T., 2013, Çeşitli gıdalardan izole edilmiş farklı laktik asit bakterilerinin bakteriyosin üretme yeteneklerinin ve bakteriyosin kısmi karakteristiklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Devaki, C. S., and Premavalli, K. S., 2019, Fermented vegetable beverages, Fermented Beverages: Volume 5. The Science of Beverages, Elsevier Inc.

de Melo Pereira, G. V., de Oliveira Coelho, B., Magalhães Júnior, A. I., Thomaz-Soccol, V., and Soccol, C. R., 2018, How to select a probiotic? A review and update of methods and criteria. Biotechnology Advances, 36(8), 2060–2076.

Di Cagno, R., Filannino, P., and Gobbetti, M., 2015, Fermented foods: Fermented vegetables and other products, In Encyclopedia of food and health (pp. 668-674), Academic Press.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Du, R., Song, G., Zhao, D., Sun, J., Ping, W., and Ge, J., 2018, Lactobacillus casei starter culture improves vitamin content, increases acidity and decreases nitrite concentration during sauerkraut fermentation, International Journal of Food Science & Technology, 53(8), 1925–1931.

Dursun, D., 2010, Ankara çubuk yöresi turşularından izole edilen laktik asit bakterilerinin tanımlanması ve toplam hücre protein profillerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Dündar, R., 2017, Geleneksel olarak üretilmiş ev tipi turşularda laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve tanısı, Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Eom, H.J., Seo, D.M., and Han, N.S., 2007, Selection of psychrotrophic Leuconostoc spp. producing highly active dextransucrase from lactate fermented vegetables, International Journal of Food Microbiology, 117(1), 61–67.

Erginkaya, Z., ve Kabak, B., 2011, Fermente gıdalar, Erkmen, O. (Ed), Gıda Mikrobiyolojisi, 425-437.

Ergül, Ş. Ş., ve Özbaş, Z. Y., 2009, Şarap fermentasyonlarında endojen çoklu starter kültürlerin kullanılma olanakları, Gıda, 34(3), 183-191.

Erkmen, O., 2010, Gıda Mikrobiyolojisi. Elif Yayınevi, Ankara.

Ertekin, Ö., 2007. Farklı gıdalardan izole edilen laktik asit bakterilerinin nümerik taksonomisi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

Ertekin, Ö., ve Çon, A.H., 2014, Farklı Gıdalardan İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Endüstriyel ve Probiyotik Özellikleri, Akademik Gıda, 12(4), 6–16.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Erten, H., Boyacı-Gündüz, C.P., Agirman, B., and Cabaroglu, T., 2016, Fermentation, pickling and Turkish table olives, In: Y.H. Hui, Ö. Evranuz, G. Bingöl, H. Erten, M.E. Jaramillo-Flores (Eds.), Handbook of Vegetable Preservation and Processing (pp. 209- 230), Boca Raton: CRC Press.

FDA-BAM, 2001, “Aerobic Plate Count”,
<https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm063346.htm> (Erişim tarihi: 10 Ocak 2021).

Franco, W., and Pérez-Díaz, I. M., 2012, Role of selected oxidative yeasts and bacteria in cucumber secondary fermentation associated with spoilage of the fermented fruit, Food microbiology, 32(2), 338-344.

Gardner, N. J., Savard, T., Obermeier, P., Caldwell, G., and Champagne, C. P., 2001, Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures. International journal of food microbiology, 64(3), 261-275.

Gözütok, E., 2013, Geleneksel ve endüstriyel olarak üretilen turşularda maya mikroflorasının belirlenmesi, Yüksek Lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Granato, D., Nazzaro, F., Pimentel, T. C., Esmerino, E. A., and Gomes da Cruz, A., 2019, Probiotic Food Development: An Updated Review Based on Technological Advancement, Encyclopedia of Food Security and Sustainability, Elsevier.

Grujović, M. Ž., Mladenović, K. G., Semedo-Lemsaddek, T., Laranjo, M., Stefanović, O. D., and Kocić-Tanackov, S. D., 2022, Advantages and disadvantages of non-starter lactic acid bacteria from traditional fermented foods: Potential use as starters or probiotics, Comprehensive reviews in food science and food safety, 21(2), 1537-1567.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Güler, B., 2020, Brüksel Lahanası'nın (*Brassica Oleracea* Var. *Gemmifera*) Turşuya İşlenmesi, Yüksek Lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.

Guney, D., and Gungormusler, M., 2021, Development and comparative evaluation of a novel fermented juice mixture with probiotic strains of lactic acid bacteria and Bifidobacteria, *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 13(2), 495-505.

Han, X., Yi, H., Zhang, L., Huang, W., Zhang, Y., Zhang, L., and Du, M., 2014, Improvement of Fermented Chinese Cabbage Characteristics by Selected Starter Cultures, *Journal of Food Science*, 79(7), M1387–M1392.

Hatti-Kaul, R., Chen, L., Dishisha, T., and Enshasy, H. E., 2018, Lactic acid bacteria: From starter cultures to producers of chemicals, *FEMS microbiology letters*, 365(20), 213.

He, J., Li, F., Wang, Y., Wu, H., and Yang, H., 2021, Fermentation characteristics and bacterial dynamics during Chinese sauerkraut fermentation by *Lactobacillus curvatus* LC-20 under varied salt concentrations reveal its potential in low-salt suan cai production, *Journal of bioscience and bioengineering*, 132(1), 33-40.

Holzapfel W., 2014, *Advances in fermented foods and beverages: Improving quality, technologies and health benefits*, Woodhead Publishing, Elsevier, 541p.

Hutkins, R. W., 2008, *Microbiology and technology of fermented foods*, John Wiley & Sons.

Irkin, R. and Songun, G.E., 2012, Applications of probiotic bacteria to the vegetable pickle products, *Scientific Reviews and Chemical Communications*, 2(4), 562-567.

İcil, S., 2019, Farklı fermantasyon stratejileri ile endüstriyel çapta turşu üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Jagannath, A., Raju, P.S., and Bawa, A.S., 2012, A Two-Step Controlled Lactic Fermentation of Cabbage for Improved Chemical and Microbiological Qualities, 35(1), 13–20.

James, A., and Wang, Y., 2019, Characterization, health benefits and applications of fruits and vegetable probiotics, CyTA-Journal of Food, 17(1), 770-780.

Jamkhande, A., Kakade, S., and Gundawar, A., 2021, Probiotics and oral health: A review, South-Asian Journal of Cranio-Maxillofacial & Dental Surgery, 1(1), 14-20.

Jing, P., Song, L.H., Shen, S.Q., Zhao, S.J., Pang, J. and Qian, B.J., 2014, Characterization of phytochemicals and antioxidant activities of red radish brines during lactic acid fermentation, Molecules, 19 (7), 9675-9688 pp.

Kabak, B., and Dobson, A. D., 2011, An introduction to the traditional fermented foods and beverages of Turkey, Critical reviews in food science and nutrition, 51(3), 248-260.

Kandasamy, S., Kavitate, D., and Shetty, P.H., 2018. Lactic Acid Bacteria and Yeasts as Starter Cultures for Fermented Foods and Their Role in Commercialization of Fermented Foods. In: Panda, S., Shetty, P. (eds) Innovations in Technologies for Fermented Food and Beverage Industries, Food Microbiology and Food Safety. Springer, Cham.

Karasu, N., 2006, Turşu ve zeytinden antagonistik ve probiyotik özellikte laktik starter kültür eldesi, Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

Kavitate, D., Kandasamy, S., Devi, P. B., and Shetty, P. H., 2018, Recent developments on encapsulation of lactic acid bacteria as potential starter culture in fermented foods—A review, Food Bioscience, 21, 34-44.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kaya, H. İ., 2013, Tarhana izolatu bazı laktik asit bakterilerinin bakteriyosinleri ve fermentasyonda patojen bakteriler üzerine etkisi, Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Kazancı, Y. T., 2008, Hıyar turşusu üretiminde farklı asit ve pH'nın renk stabilitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ üniversitesi, Bursa.

Kazemi, A., Soltani, S., Ghorabi, S., Keshtkar, A., Daneshzad, E., Nasri, F., and Mazloomi, S.M, 2020, Effect of probiotic and synbiotic supplementation on inflammatory markers in health and disease status: A systematic review and meta analysis of clinical trials, Clinical Nutrition, 39(3), 789–819.

Khan, I., and Kang, S. C., 2016, Probiotic potential of nutritionally improved *Lactobacillus plantarum* DGK-17 isolated from Kimchi – A traditional Korean fermented food, Food Control, 60, 88–94.

Khanna, S., 2019, "Effects of Salt Concentration on the Physicochemical Properties and Microbial Safety of Spontaneously Fermented Cabbage", Maine Üniversitesi, Electronic theses and Dissertations. 3013.

Kim, S. H., Kim, W. J., and Kang, S. S., 2019a, Inhibitory effect of bacteriocin-producing *Lactobacillus brevis* DF01 and *Pediococcus acidilactici* K10 isolated from kimchi on enteropathogenic bacterial adhesion, Food Bioscience, 30, 100425.

Kim, M. J., Lee, H. W., Lee, M. E., Roh, S. W., and Kim, T. W., 2019b, Mixed starter of *Lactococcus lactis* and *Leuconostoc citreum* for extending kimchi shelf-life, Journal of Microbiology, 57(6), 479-484.

Kirk, R. and Sawyer, R., 1991, Herbs and spices, salt, Composition and Analysis of Foods, 9, 391- 429 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Korus, A., Bernaś, E., and Korus, J., 2021, Health-promoting constituents and selected quality parameters of different types of kimchi: fermented plant products, *International Journal of Food Science*, 2021.

Kramer, A. and Twigg, B.A., 1984, *Quality Control for the Food Industry* (Vol.1), *Wesport: The Avi Publishing Company*.

Kusznierewicz, B., Wolska, L., Bartoszek, A., and Namiesnik, J., 2005, The attempt of isolation of antioxidative compounds from cabbage, In *Proceedings of the 11th international symposium on separation sciences* (p. 263). Pardubice, Czech Republic.

Kusznierewicz, B., Śmiechowska, A., Bartoszek, A., and Namieśnik, J., 2008, The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage, *Food chemistry*, 108(3), 853-861.

Köymen, S., ve Kazak, M., 2019, Probiyotiklerin Diş Çürüklerinin Oluşumu Üzerine Etkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 7(9), 1295-1299.

Lee, H.S., and Castle, W.S., 2001, Seasonal changes of carotenoid pigments and color in 428 Hamlin, Earlygold, and Budd Blood orange juices, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 877-882.

Lee, K. W., Shim, J. M., Park, S. K., Heo, H. J., Kim, H. J., Ham, K. S., and Kim, J. H., 2016, Isolation of lactic acid bacteria with probiotic potentials from kimchi, traditional Korean fermented vegetable, *LWT - Food Science and Technology*, 71, 130–137.

Lee, J.-J., Choi, Y.-J., Jung Lee, M., Jin Park, S., Jin Oh, S., Yun, Y.-R., ... and Lee, M.-A., 2020, Effects of combining two lactic acid bacteria as a starter culture on model kimchi fermentation, *Food Research International*, 109591.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Leroy, F., and De Vuyst, L., 2004, Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry, *Trends in Food Science and Technology*, 15(2), 67–78.

Li, X., Ning, Y., Liu, D., Yan, A., Wang, Z., Wang, S., ... and Jia, Y., 2015, Metabolic mechanism of phenyllactic acid naturally occurring in Chinese pickles, *Food Chemistry*, 186, 265–270.

Li, Q., and Gänzle, M. G., 2020, Host-adapted lactobacilli in food fermentations: Impact of metabolic traits of host adapted lactobacilli on food quality and human health, *Current Opinion in Food Science*, 31, 71–80.

Lopez-Medina E., Fan, D., Coughlin, L.A., Ho, E.X., Lamont, I.L., Reimmann, C., Hooper, L.V., and Koh, A.Y., 2015, *Candida albicans* inhibits *Pseudomonas aeruginosa* virulence through suppression of pyochelin and pyoverdine biosynthesis, *PLoS Pathol*, 11 (8): e1005129.

Ly, D., Mayrhofer, S., and Domig, K. J., 2018, Significance of traditional fermented foods in the lower Mekong subregion: A focus on lactic acid bacteria, *Food Bioscience*, 26, 113–125.

Maden, D. E. A., ve Altun, C., 2012, Probiyotikler ve ağız sağlığı, *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2012(3), 334-339.

Maden, B., 2020, Alman tipi lahana turşusu fermantasyonu sırasında bazı insektisitlerin değişiminin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., ... and Hutkins, R., 2017, Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond, *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94–102.

Macori, G., and Cotter, P. D., 2018, Novel insights into the microbiology of fermented dairy foods, *Current opinion in biotechnology*, 49, 172-178.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Markowiak, P., and Śliżewska, K., 2017, Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health, *Nutrients*, 9(9), 1021.

Martins, E.M.F., Ramos, A.M., Vanzela, E.S.L., Stringheta, P.C., de Oliveira Pinto, C.L., and Martins, J.M., 2013, Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria, *Food Research International*, 51(2), 764- 770.

Marques, J. D. L., Funck, G. D., Dannenberg, G. D. S., Ames, C. W., Vitola, H. R. S., Borchardt, J. L., ... and da Silva, W. P., 2022, Evaluation of probiotic potential of *Pediococcus pentosaceus* isolates and application in Minas Frescal cheese, *Journal of Food Processing and Preservation*, e16166.

Medina-Pradas, E., Pérez-Díaz, I. M., Garrido-Fernández, A., and Arroyo-López, F. N., 2017, Review of vegetable fermentations with particular emphasis on processing modifications, microbial ecology, and spoilage, In *The microbiological quality of food* (pp. 211-236), Woodhead Publishing.

Melo, E.A., Lime, V.L.A.G. and Maciel, M.I.S., 2006, Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables, *Braz. J. Food Technol.* 9, 89–94

Michalak, M., Kubik-Komar, A., Waśko, A., and Polak-Berecka, M, 2020, Starter culture for curly kale juice fermentation selected using principal component analysis, *Food Bioscience*, 35, 100602.

Minh, N. P., 2019, Production of pickled baby cucumber (*cucumis sativus*), *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 11(4), 1493-1496.

Mir, S. A., Jeelani Raja, J., and Masoodi, F. A., 2018, Fermented vegetables, a rich repository of beneficial probiotics-a review, *Fermentation Technology*, 7, 1000150.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Monika, S., Kumar, V., Kumari, A., Angmo, K. and Bhalla, T.C., 2017, Isolation and characterization of lactic acid bacteria from traditional pickles of Himachal Pradesh, India, Journal of Food Science and Technology, 54(7), 1945–1952.

Mousavi, Z. E., Mousavi, S. M., Razavi, S. H., Eman-Djomeh, Z., and Kiani, H., 2011, Fermentation of pomegranate juice by probiotic lactic acid bacteria, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 27(1), 123-128.

Müller, A., Rösch, N., Cho, G. S., Meinhardt, A. K., Kabisch, J., Habermann, D., ... and Franz, C. M., 2018, Influence of iodized table salt on fermentation characteristics and bacterial diversity during sauerkraut fermentation, Food microbiology, 76, 473-480.

Nayak, P. K., Mohan, C. C., and Radhakrishnan, K., 2018, Effect of microwave pretreatment on the color degradation kinetics in mustard greens (*Brassica juncea*), Chemical Engineering Communications, 205(9), 1261-1273.

Novik, G., and Savich, V., 2020, Beneficial microbiota, Probiotics and pharmaceutical products in functional nutrition and medicine, Microbes and Infection, 22(1), 8-18.

Nilchian, Z., Sharifan, A., Rahimi, E., and Mazid Abadi, N., 2016, Improvement of fermented cucumber characteristics by starter culture of *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus* and *S. thermophiles*, J. Food Biosci. Technol., 6(2): 31-40.

Niu, K. M., Kothari, D., Cho, S. B., Han, S. G., Song, I. G., Kim, S. C., and Kim, S. K., 2019, Exploring the probiotic and compound feed fermentative applications of *Lactobacillus plantarum* SK1305 isolated from Korean green chili pickled pepper, Probiotics and antimicrobial proteins, 11(3), 801-812.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ng, Z. X., Yong, P. H., and Lim, S. Y., 2020, Customized drying treatments increased the extraction of phytochemicals and antioxidant activity from economically viable medicinal plants, *Industrial Crops and Products*, 155, 112815.

Nguyen, D.T.L., Van Hoorde, K. and Cnockaert, M., 2013, A description of the lactic acid bacteria microbiota associated with the production of traditional fermented vegetables in Vietnam, *International Journal of Food Microbiology*, 163, 19–27.

Nguyen, B.T., Bujna, E., Fekete, N., Tran, A., Rezessy-Szabo, J.M., Prasad, R. and Nguyen, Q.D., 2019, Probiotic beverage from pineapple juice fermented with *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains, *Frontiers in Nutrition*, 6:54 pp.

Oral, H., 2015, Farklı kaynaklardan izole edilen laktik asit bakterilerinin bazı probiyotik özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Ozer, C., and Yildirim, H. K., 2019, Some special properties of fermented products with cabbage origin: pickled cabbage, sauerkraut and kimchi, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(3), 490-497.

Özkan, F., 2020, Turşulardan izole edilmiş *Lactobacillus plantarum* suşlarının probiyotik ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Alparslan Üniversitesi, Muş.

Öztürk, İ., 2022, Beslenmede Fermente Gıdalar ve Probiyotikler. Beslenme ve Diyetetikte Biyopsikososyal Konulara Multidisipliner Yaklaşım (Ed. Prof. Dr. Aliye Özenoğlu), Eğitim Yayınevi, Ocak 2022, s. 39.

Pan, L., Hu, X., and Wang, X., 2011, Assessment of antibiotic resistance of lactic acid bacteria in Chinese fermented foods, *Food Control*, 22(8), 1316-1321.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Panagou, E.Z., 2004, Effect of different packing treatments on the microbiological and physicochemical characteristics of untreated green olives of the Conservolea cultivar, *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 84: 757–764 pp.

Panghal, A., Janghu, S., Virkar, K., Gat, Y., Kumar, V., and Chhikara, N., 2018, Potential non-dairy probiotic products – A healthy approach. *Food Bioscience*, 21(October 2017), 80–89.

Park S.Y., Jang H.L., Lee J.H., Choi Y., Kim H., Hwang J., Seo D., Kim S., and Nam J.S., 2017, Changes in the phenolic compounds and antioxidant activities of mustard leaf (*Brassica juncea*) kimchi extracts during different fermentation periods, *Food Science and Biotechnology*, 26:105– 112.

Prakash Kumar N., Chandrasekar Chandra M., and Kesavan R., 2018, Effect of microwave pretreatment on the color degradation kinetics in mustard greens (*Brassica juncea*), *Chemical Engineering Communications*, 205:9, 1261-1273.

Profir, A. G., Neagu, C. V., and Vizireanu, C., 2015, Impact of nutrients on the probiotic survival and sensory properties of vegetables juice. *Romanian Biotechnological Letters*, 20(6), 11041–11048.

Peres, C. M., Peres, C., Hernández-Mendoza, A., and Malcata, F. X., 2012, Review on fermented plant materials as carriers and sources of potentially probiotic lactic acid bacteria - With an emphasis on table olives, *Trends in Food Science and Technology*, 26(1), 31–42.

Pérez-Díaz, I. M., Hayes, J., Medina, E., Anekella, K., Daughtry, K., Dieck, S., ... and Azcarate-Peril, M. A., 2017, Reassessment of the succession of lactic acid bacteria in commercial cucumber fermentations and physiological and genomic features associated with their dominance, *Food Microbiology*, 63(2016), 217–227.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Pulido, R. P., Omar, N. B., Abriouel, H., López, R. L., Cañamero, M. M., and Gálvez, A., 2005, Microbiological study of lactic acid fermentation of caper berries by molecular and culture-dependent methods, *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 7872–7879.

Ragul, K., Kandasamy, S., Devi, P. B., and Shetty, P. H., 2020, Safety and stability assessment of potential probiotic strains from fermented mango brine pickle, *Probiotics and antimicrobial proteins*, 12(3), 1039-1044.

Rao, Y., Tao, Y., Li Xiao S., Jiantao Y., Yang Q., Hengjun D., Lei L., and Hang X., 2019, Characterization of a probiotic starter culture with anti-Candida activity for Chinese pickle fermentation, *Food Function*, 10, 6936.

Rao, Y., Qian, Y., Tao, Y., She, X., Li, Y., Chen, X., ... and Xiao, H., 2020, Characterization of the microbial communities and their correlations with chemical profiles in assorted vegetable Sichuan pickles, *Food Control*, 113, 107174.

Rašović, M., 2017, Potential of indigenous lactobacilli as starter culture in dairy products, *Acta Periodica Technologica*, 48: 39-52.

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.

Reyes, L. F., Villarreal, J. E., and Cisneros-Zevallos, L., 2007, The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue, *Food Chemistry*, 101(3), 1254-1262.

Rezac, S., Kok, C. R., Heermann, M., and Hutkins, R., 2018, Fermented foods as a dietary source of live organisms, *Frontiers in microbiology*, 9, 1785.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Rivera-espinoza, Y., and Gallardo-navarro, Y., 2010, Non-dairy probiotic products. *Food Microbiology*, 27(1), 1–11.

Roobab, U., Batool, Z., Manzoor, M. F., Shabbir, M. A., Khan, M. R., and Aadil, R. M., 2020, Sources, formulations, advanced delivery and health benefits of probiotics, *Current Opinion in Food Science*, 32, 17–28.

Sadeghi, A., Ebrahimi, M., Raeisi, M., and Nematollahi, Z., 2019, Biological control of foodborne pathogens and aflatoxins by selected probiotic LAB isolated from rice bran sourdough, *Biological Control*, 130(October 2018), 70–79.

Sanchez, I., and Palop, L., 2000, Biochemical Characterization of Lactic Acid Bacteria Isolated from Spontaneous Fermentation of 'Almagro' Eggplants, *International Journal of Food Microbiology*, 59: 9-17.

Sanders, M.E., Merenstein, D.J., and Reid, G., 2019, Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: from biology to the clinic, *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 16, 605–616.

Satora, P., Skotniczny, M., Strnad, S., and Ženišová, K., 2020, Yeast microbiota during sauerkraut fermentation and its characteristics, *International Journal of Molecular Sciences*, 21(24), 9699.

Sayin, F. K., and Alkan, S. B., 2015, The effect of pickling on total phenolic contents and antioxidant activity of 10 vegetables, *Food and Health*, 1(3), 135–141.

Sáez, G. D., Flomenbaum, L., and Zárate, G., 2018, Lactic Acid Bacteria from Argentinean Fermented Foods: Isolation and Characterization for their Potential Use as Starters for Fermentation of Vegetables, *Food technology and biotechnology*, 56(3), 398–410.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Sengün, İ. Y., and Kilic, G., 2019, Innovative Functional Fruit and Vegetable-Based Drinks Including Probiotics Chapter 21 In: Fermented Food Products (Eds. A. Sankaranarayanan, N. Ameresan and D. Dhanasekaran), CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 341-365 p.

Sengun, İ. Y., and Guney, D., 2021, Probiotic Potential of Fermented Foods and Their Effects on Immune System, Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 9(10), 1744-1750.

Sharpe, M.E., Fryer, E., and Smith, D.G., 1966, Identification of Lactic Acid Bacteria, In: Identification Method for Microbiologists Part A, London: Academic Press, 65-67 pp.

Singh, R.P., Chidambara Murthy, K.N. and Jayaprakasha, G.K., 2002, Studies on antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel extract using in vivo models, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(17):4791-4795 pp.

SPSS, 2004, Statistical Package, SPSS for Windows, Ver. 13.0, Chicago.

Soltan Dallal, M. M., Zamaniahari, S., Davoodabadi, A., Hosseini, M., and Rajabi, Z., 2017, Identification and characterization of probiotic lactic acid bacteria isolated from traditional persian pickled vegetables, GMS hygiene and infection control, 12, Doc15.

Son, S.-H., Jeon, H.-L., Yang, S.-J., Lee, N.-K., and Paik, H.-D., 2017a, In vitro characterization of *Lactobacillus brevis* KU15006, an isolate from kimchi, reveals anti-adhesion activity against foodborne pathogens and antidiabetic properties, Microbial Pathogenesis, 112, 135–141.

Son, S.-H., Jeon, H.-L., Jeon, E. B., Lee, N.-K., Park, Y.-S., Kang, D.-K., and Paik, H.-D., 2017b, Potential probiotic *Lactobacillus plantarum* Ln4 from kimchi: Evaluation of β -galactosidase and antioxidant activities, LWT - Food Science and Technology, 85, 181–186.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Song, M. W., Chung, Y., Kim, K.-T., Hong, W. S., Chang, H. J., and Paik, H.-D., 2020, Probiotic characteristics of *Lactobacillus brevis* B13-2 isolated from kimchi and investigation of antioxidant and immune-modulating abilities of its heat-killed cells, *LWT- Food Science and Technology*, 109452.

Sun, Y. P., Chou, C. C., and Yu, R. C., 2009, Antioxidant activity of lactic-fermented Chinese cabbage, *Food Chemistry*, 115(3), 912-917.

Şengün, İ. Y., 2011, Fermente gıdaların üretiminde kullanılan laktik asit bakterileri, *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 4(1), 42-53.

Şengün İ. Y., ve Kutlu C., 2019, Pastacılık Ürünlerinde Probiyotiklerin Kullanım Potansiyeli, *Akademik Gıda*, 17(2), 291-299s.

Tabaszewska, M., Gabor, A., Jaworska, G., and Drożdż, I., 2018, Effect of fermentation and storage on the nutritional value and contents of biologically-active compounds in lacto-fermented white asparagus (*Asparagus officinalis* L.), *LWT*, 92, 67–72.

Tamang, J. P., Watanabe, K., and Holzapfel, W. H., 2016, Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages, *Frontiers in microbiology*, 7, 377.

Tamminen, M., Joutsjoki, T., Sjöblom, M. Joutsen, M., Palva, A. Ryhänen, E.-L. and Joutsjoki, V., 2004, Screening of lactic acid bacteria from fermented vegetables by carbohydrate profiling and PCR–ELISA, *Letters in Applied Microbiology*, 39 (5): 439-444.

Tripathi, M. K., and Giri, S. K., 2014, Probiotic functional foods: survival of probiotics during processing and storage, *J Funct Foods* 9: 225–241.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Tokatlı, M., Dursun, D., Arslankoz, N., Şanlıbaba, P., ve Özçelik, F., 2012, Turşu üretiminde laktik asit bakterilerinin önemi, Akademik Gıda, 10(1), 70-76.

Tokatlı, M., 2013. Ankara çubuk yöresi turşularından izole edilen laktik asit bakterilerinin tanımlanmaları, teknolojik ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi ve starter olarak kullanılma olanaklarının değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Tokatlı, M., Gülgör, G., Bağder Elmacı, S., Arslankoz İşleyen, N. and Özçelik, F., 2015, In vitro properties of potential probiotic indigenous lactic acid bacteria originating from traditional pickles, BioMed Research International, 315819.

Tokatlı, M. , Bağder Elmacı, S., Arslankoz İşleyen, N. ve Özçelik, F., 2019, Seçilmiş Endojen Laktik Starter Kültürler ile Turşu Üretimi, Gıda, 44 (4), 742-757.

Tomita, S., Nakamura, T., and Okada, S., 2018, NMR-and GC/MS-based metabolomic characterization of sunki, an unsalted fermented pickle of turnip leaves, Food Chemistry, 258, 25–34.

Touret, T., Oliveira, M. and Semedo-Lemsaddek, T., 2018, Putative probiotic lactic acid bacteria isolated from sauerkraut fermentations, PloS one, 13(9).

TS 4200 Türk Standardı: Lahana Turşusu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 11112 Türk Standardı: Hıyar Turşusu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Turgut, Z., 2006, Starter kullanarak üretilen hıyar turşularında biyogen amin oluşumu üzerine araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ankara üniversitesi, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Tükel, O., 2021, Probiyotik Bakterilerle Fermente Salam Üretimi, Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.

Tükenmez, Ü., ve Aslım, B., 2018, Probiyotik Kaynaklı, Muhtemel Prebiyotik Özelliğe Sahip Ekzopolisakkarit (EPS)'lerin Biyolojik ve Fonksiyonel Özellikleri, SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 25 (4), 487-497.

Uymaz, B., 2009, Probiyotik özellik taşıyan gıda ve insan kaynaklı laktobasillerin izolasyonu tanımlanması ve bakteriyosin üretim yeteneklerinin karakterizasyonu, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Ünlütürk, A. ve Turantaş, F., 2021, Gıda Mikrobiyolojisi, Sidas Yayınevi, İzmir.

Xia, Y., Liu, X., Wang, G., Zhang, H., Xiong, Z., Sun, Y., and Ai, L., 2017, Characterization and selection of *Lactobacillus brevis* starter for nitrite degradation of Chinese pickle, Food Control, 78, 126–131.

Xiong, T., Li, J., Liang, F., Wang, Y., Guan, Q., and Xie, M., 2016, Effects of salt concentration on Chinese sauerkraut fermentation, LWT - Food Science and Technology, 69, 169–174.

Vinderola, G., Burns, P., and Reinheimer, J., 2017, Probiotics in nondairy products, In Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention (pp. 809-835), Academic Press.

Vinicius De Melo Pereira, G., De Carvalho Neto, D. P., Junqueira, A. C. D. O., Karp, S. G., Letti, L. A., Magalhães Júnior, A. I., and Soccol, C. R., 2020, A review of selection criteria for starter culture development in the food fermentation industry, Food Reviews International, 36(2), 135-167.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Voidarou, C., Antoniadou, M., Rozos, G., Tzora, A., Skoufos, I., Varzakas, T., ... and Bezirtzoglou, E., 2020, Fermentative Foods: Microbiology, biochemistry, potential human health benefits and public health issues, *Foods*, 10(1), 69.

Wang, C.Y., Lin, P.R., Ng, C.C., and Shyu, Y. T., 2010, Probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from the feces of breast-fed infants and Taiwanese pickled cabbage, *Anaerobe*, 16(6), 578-585.

Wolkers-Rooijackers, J. C. M., Thomas, S. M., and Nout, M. J. R., 2013, Effects of sodium reduction scenarios on fermentation and quality of sauerkraut, *LWT-Food Science and Technology*, 54(2), 383-388.

Won, S.-M., Chen, S., Park, K. W., and Yoon, J.-H., 2020, Isolation of lactic acid bacteria from kimchi and screening of *Lactobacillus sakei* ADM14 with anti-adipogenic effect and potential probiotic properties, *LWT*, 109296.

Yang, X., Hu, W., Xiu, Z., Jiang, A., Yang, X., Ji, Y., ... and Feng, K., 2020, Comparison of northeast sauerkraut fermentation between single lactic acid bacteria strains and traditional fermentation, *Food Research International*, 137, 109553.

Yıldız, H., 2011, Turşu ve zeytinlerden laktik asit bakterileri ile mayaların izolasyonu-identifikasyonu ve elde edilen izolatların bazı özelliklerinin belirlenmesi, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Yi, L., Qi, T., Hong, Y., Deng, L., and Zeng, K., 2020, Screening of bacteriocin-producing lactic acid bacteria in Chinese homemade pickle and dry-cured meat, and bacteriocin identification by genome sequencing. *LWT*, 109177.

Yu-Ping S., Cheng-Chun C., and Roch-Chui Y., 2009, Antioxidant activity of lactic-fermented Chinese cabbage, *Food chem*, 115(3), 912–917.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yu, Z., Zhang, X., Li, S., Li, C., Li, D., and Yang, Z., 2013, Evaluation of probiotic properties of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from Chinese sauerkraut, *World journal of microbiology & biotechnology*, 29(3), 489–498.

Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M., Harris, H. M., Mattarelli, P., ... and Watanabe, K., 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 p.

Zhou, Y., Wang, R., Zhang, Y., Yang, Y., Sun, X., Zhang, Q., and Yang, N., 2020, Biotransformation of phenolics and metabolites and the change in antioxidant activity in kiwifruit induced by *Lactobacillus plantarum* fermentation, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(8), 3283-3290.

Zhou, M., Zheng, X., Zhu, H., Li, L., Zhang, L., Liu, M., ... and Li, D., 2021, Effect of *Lactobacillus plantarum* enriched with organic/inorganic selenium on the quality and microbial communities of fermented pickles, *Food Chemistry*, 365, 130495.

Zielińska, D., Rzepkowska, A., Radawska, A., and Zieliński, K., 2015, “In vitro screening of selected probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented cabbage and cucumber”, *Current microbiology*, 70(2), 183-194.

Zieliński, H., Surma, M., and Zielińska, D., 2017, The naturally fermented sour pickled cucumbers, In: Frías J, Martínez-Villaluenga, C., Peñas E. (eds) *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*, Elsevier, pp 503–516.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca çok değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, yardım ve hoşgörüsünü hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. İlkin ŞENGÜN'e teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen başta Ar. Gör. Ayşegül KIRMIZIGÜL olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim. Ayrıca, hayatım boyunca maddi-manevi destekleriyle her zaman yanımda olan annem, babam ve kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Hayatımın her alanında olduğu gibi çalışmalarım boyunca da manevi desteğini benden esirgemeyen erkek arkadaşım Yunus Emre ÇAKIR'a çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Genel Araştırma Projesi'nin (GAP) bir parçası olup, desteklerinden dolayı Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (BAP) teşekkür ederim (Proje No: FGA- FGA-2022-23495). Ayrıca, Yüksek lisans tezim süresince TÜBİTAK 2211 Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı desteği için TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

Lise eğitimini İzmir Atatürk Lisesi'nde tamamlamıştır. 2019 yılında İzmir Ekonomi Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünden yüksek şeref derecesiyle mezun olmuştur. 2019 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Mikrobiyolojisi ana bilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2022 yılında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Ulusal Gıda Referans Laboratuvar Müdürlüğünde Gıda Mühendisi olarak göreve başlamıştır.



EKLER

Ek 1. Duyusal Analiz İçin Kullanılan Hedonik Testi Örnek Formu

Panelistin Adı-Soyadı:						
Ürün:						
Aşağıda verilmiş olan kalite kriterleri açısından size verilen kodlu örnekleri ayrı ayrı 9 puan üzerinden değerlendiriniz.						
9 = Mükemmel; 8 = Çok iyi; 7 = İyi; 6 = İyinin altı, ortanın üstü; 5 = Orta; 4 = Ortanın altı, kötünün üstü; 3 = Kötü; 2 = Çok kötü; 1 = Aşırı kötü						
Örnek Kodu						
Renk	Koku	Görünüş	Lezzet	Sertlik	Genel Beğeni	
404						
772						
760						
960						
506						
484						
444						
552						
334						
643						
349						
751						
370						
320						