

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI FERMANTASYON YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN LAHANA
TURŞULARININ BAZI FONKSİYONEL VE KALİTE
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

ARİFE KÜBRA ERDOĞAN

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi BİLGE ERTEKİN FİLİZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
ISPARTA-2021**



© 2021 [Arife Kübra ERDOĞAN]

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Arife Kübra Erdoğan

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Turşu Üretimi ve Fermentasyon.....	5
2.1.1. Laktik asit fermantasyonu.....	6
2.1.2. Lahana turşusu ve sauerkraut	7
2.2. Lahana Turşusunun Probiyotik İçeriği	13
2.3. Fermentasyon Sonucu Oluşan Metabolitler ve Sağlığa Etkileri	14
2.3.1. Biyoaktif peptitler	16
2.3.2. Biyojenik aminler	18
2.3.3. Fenolik asit ve flavonoidler	19
2.3.4. Gama-aminobutirik asit (GABA)	21
2.3.5. Glukozinolatlar	22
2.3.6. C vitamini	23
2.3.7. K2 vitamini.....	24
3. MATERYAL VE METOT.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.2. Metot.....	29
3.2.1. Lahanalardan turşu üretimi	29
3.2.2. Turşularda ve taze örneklerde yapılan fizikokimyasal analizler	31
3.2.2.1. pH tayini	31
3.2.2.2. Titrasyon asitliği tayini.....	31
3.2.2.3. Suda çözünür kuru madde tayini.....	31
3.2.2.4. Tuz tayini.....	32
3.2.3. Turşularda ve taze örneklerde yapılan mikrobiyolojik analizler	32
3.2.3.1. <i>Lactobacillus</i> spp. sayımı.....	32
3.2.3.2. Toplam maya ve küf sayımı.....	33
3.2.3.3. Toplam koliform sayımı	33
3.2.4. Biyoaktif özelliklerinin belirlenmesi için yapılan analizler	33
3.2.4.1. Taze ve turşu örneklerinde ekstraksiyon işlemi	33
3.2.4.2. Toplam fenolik madde miktarı (TFM) analizi.....	33
3.2.4.3. Oksijen radikali antioksidan kapasite (ORAC) tayini.....	34
3.2.4.4. Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) tayini	34
3.2.5. C vitamini analiz	35
3.2.6. K2 vitamini analizi	35
3.2.7. Duyusal değerlendirme	36
3.2.8. İstatistik analiz	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	37

4.1. Fermentasyon Süresince Örneklerdeki Bazı Fizikokimyasal Özelliklerdeki Değişimler	37
4.1.1. pH değeri sonuçları	37
4.1.2. Toplam asitlik	38
4.1.3. Suda çözünür kuru madde	39
4.1.4. Tuz içerikleri	40
4.2. Fermentasyon Süresince Mikroorganizma Sayılarındaki Değişimler	41
4.2.1. <i>Lactobacillus</i> spp. içeriği	41
4.2.3. Maya içeriği	42
4.2.4. Toplam koliform bakteri sayımı	43
4.3. Lahana Turşusu Örneklerinin Biyoaktif Özellikleri	45
4.3.1. Toplam fenolik madde sonuçları	45
4.3.2. Antioksidan aktivite tayini	46
4.3.2.1. Oksijen radikal absorban kapasitesi (ORAC)	46
4.3.2.2. Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC-ABTS+)	47
4.3.2.3. Askorbik asit tayini	48
4.3.2.4. K2 vitamini analizi	49
4.4. Duyusal Analiz Sonuçları	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR	57
EKLER	69
EK 1. DUYUSAL ANALİZ FORMU	70
EK 2. FERMANTASYON BOYUNCA ÖRNEKLERİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMLER	72
ÖZGEÇMİŞ	73

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI FERMANTASYON YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN LAHANA TURŞULARININ BAZI FONKSİYONEL VE KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Arife Kübra ERDOĞAN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bilge ERTEKİN FİLİZ

Turşu; sebze ve meyvelerin salamura içerisinde ya da kendi öz sularında laktik asit bakterileri ile fermente edilmesi ile oluşan, laktik asidin ve tuzun koruyucu etkisiyle uzun raf ömrüne sahip bir üründür. Lahana (*Brassia oleracea*), turpgiller familyasından, diyet lifleri, fitokimyasallar, mineraller ve C vitamini bakımından zengin, sağlığa çeşitli faydaları kanıtlanmış bir sebzedir. Dünyanın çeşitli yerlerinde lahana sebzesi kullanılarak üretilen turşu çeşitleri mevcuttur. Laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana turşusu üretimi ile lahanaların biyoaktif özelliklerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca kemik sağlığı üzerinde önemli etkisi olan K2 vitaminin oluşumu fermentasyon ile gerçekleşmektedir. Lahanaların fermentasyona tabi tutulmasıyla içerdiği bazı vitaminlerin miktarı ve mikrobiyal özellikleri değişmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı; spontan fermentasyon ile ve starter kültür kullanılarak üretilen lahana turşusu ve sauerkraut örneklerinin mikrobiyal, duyusal ve kalite özellikleri ile menakuinon içeriklerinin belirlenmesidir. Geleneksel- salamurada lahana turşusu ve sauerkraut (Alman tipi) lahana turşusu üretimi yapılarak pH ve duyusal tekstürel özellikler göz önünde bulundurularak 15 gün fermentasyon oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Örneklerde fermentasyonun 0, 5, 10 ve 15. Günlerinde mikrobiyal sayımlar ve fizikokimyasal özellikler incelenmiştir. 15. günde turşu örneklerinde toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, HPLC ile K2 vitamini tayinleri yapılmıştır ve örneklerin fermentasyon sırasında askorbik asit içeriğindeki değişim değerlendirilmiştir. Örneklerin duyusal kabul edilebilirliği tanımlayıcı duyusal analiz ile değerlendirilmiştir.

Lahana turşusu örneklerinde fermentasyon ilerledikçe pH değerlerinde düşme, suda çözünür kuru madde miktarlarında artış tespit edilmiştir. Tüm örneklerin depolama süreci boyunca *Lactobacillus* spp. ve maya içeriğinde genel olarak artışlar tespit edilmiştir ve Sauerkraut örneklerinde laktobasil içeriği daha yüksek bulunmuştur. Başlangıç koliform bakteri sayısının fermentasyon ilerledikçe azaldığı tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı en yüksek Sauerkraut örneklerinde 500-800 mg GAE/kg ile tespit edilmiştir. Lahana

turşusu örneklerinin antioksidan aktiviteleri incelendiğinde fermantasyon başlangıcında geleneksel turşuluk örneklerde 72,69; sauerkraut örneklerinde ise 98 mmol TE/100 g olarak belirlenen ORAC değerleri fermantasyon ile artış göstererek Sauerkraut örneklerinde 118-159 mmol TE/100 g aralığında olarak belirlenirken; geleneksel turşu örneklerinde 72-75 mmol TE/100 g aralığında bulunmuştur.

Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite depolama boyunca artış göstermiş, Sauerkraut örneklerinde daha yüksek bulunmuştur. K2 vitamini içeriği (Menakinon 4 ve Menakinon 7) Sauerkraut turşu örneklerinde daha yüksek bulunmuştur. Diğer ilave kültürler kullanılarak üretilen turşulara oranla doğal probiyotik turşu mayası ile üretilen turşularda daha yüksek K2 vitamini tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonucunda en yüksek beğenileri genel olarak Sauerkraut örnekleri almıştır.

Sonuç olarak fermantasyon süresince gözlenen lahana turşularının fizikokimyasal, mikrobiyal özelliklerinde değişimler tespit edilmiştir. Fermentasyon sürelerine bağlı olarak antioksidan aktivitede artış görülmüştür ve fermantasyon süresi sonunda K2 vitamininin MQ-4 ve MQ-7 içeriklerinde artış tespit edilmiştir.

Besleyici özelliği bilinen lahana sebzesinin fermantasyon ile artan biyoaktif özellikleri bu çalışma ile tespit edilmiştir. Turşu ve benzeri fermente ürünlerin beslenmede sıklıkla yer alması bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak tavsiye edilebilir.

Anahtar kelimeler: Fermantasyon, turşu, lahana, sauerkraut, K2 vitamin, antioksidan, laktik asit bakterileri

2021, 73 sayfa

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINATION OF SOME FUNCTIONAL AND QUALITY CHARACTERISTICS OF PICKLED CABBAGE PRODUCED BY DIFFERENT FERMENTATION METHODS

Arife Kübra ERDOĞAN

**Suleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Bilge ERTEKİN FİLİZ

Pickle; It is a product that is formed by fermenting vegetables and fruits in brine or their own juices with lactic acid bacteria and has a long shelf life with the protective effect of lactic acid and salt. Cabbage (*Brassia oleracea*) is a vegetable from the cruciferous family, rich in dietary fibers, phytochemicals, minerals and vitamin C, with proven health benefits. There are varieties of pickles produced using cabbage vegetable in various parts of the world. It is aimed to improve the bioactive properties of cabbage with the production of sauerkraut produced by lactic acid fermentation. In addition, the formation of vitamin K2, which has an important effect on bone health, occurs through fermentation. When cabbage is fermented, the amount some vitamins and microbial properties of are changed.

The aim of this thesis is; Determination of microbial, sensory and quality characteristics and menaquinone contents of cabbage pickle and sauerkraut samples produced by spontaneous fermentation and using starter culture. Cabbage pickle and sauerkraut (German type) sauerkraut were produced traditiona in brine, and the fermentation was carried out at room temperature for 15 days, taking into account PH and sensory textural properties. Microbial counts and physicochemical properties were examined on the 0, 5, 10 and 15 days of fermentation in the samples. On the 15th day, total phenolic substance, antioxidant activity, and vitamin K2 determinations were made by HPLC in pickle samples. Sensory acceptability of the samples was evaluated by descriptive sensory analysis.

As the fermentation progressed in the sauerkraut samples, a decrease in the pH values and an increase in the amount of water soluble dry matter were detected. During the storage period of all our samples, *Lactobacillus* spp.. and yeast fermentation in yeast content were found and the lactobacillus content was higher in Sauerkraut samples. It was found that the initial coliform bacteria count decreased as fermentation progressed. The highest total phenolic content

was detected in Sauerkraut samples with Trolox equivalent antioxidant capacity increased during storage and was higher in Sauerkraut samples. Vitamin K2 content (MQ-4 and MQ-7) was higher in Sauerkraut pickle samples. A higher vitamin K2 was detected in pickles produced with natural probiotic pickle yeast compared to pickles produced using other additional cultures. As a result of sensory analysis, Sauerkraut pickles produced by natural fermentation received the highest appreciation.

As a result, changes in physicochemical and microbial properties of cabbage pickles observed during fermentation were determined. There was an increase in antioxidant activity depending on the fermentation time, and an increase in the mq-4 and mq-7 contents of vitamin K2 was detected at the end of the fermentation period.

The bioactive properties of the cabbage vegetable, which is known to have nutritional properties, increased by fermentation were determined in this study. The frequent inclusion of pickles and similar fermented products in the diet can be recommended based on the results of this study.

Keywords: Fermentation, pickles, cabbage, sauerkraut, K2 vitamin, antioxidant, lactic acid bacteria

2021, 73 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince ilminden faydalandığım, insani, toplumsal ve ahlaki değerleri ile de örnek aldığım, bu tez çalışmasını büyük bir titizlikle yönetip, çalışma süresince bilgisini ve desteğini aldığım, ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli tez Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Bilge ERTEKİN FİLİZ' e sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam sırasında bilgi ve desteğini esirgemeyen ve tez savunmamda yer alan değerli jüri üyeleri Doç. Dr. Tuğba Kök Taş ve Doç. Dr. Havva Nilgün Budak'a teşekkür ederim

Tez çalışmam süresince, Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nün laboratuvarlarında çalışma imkanı sağlayan bölümümüzün değerli öğretim üyeleri Prof. Dr. Zeynep Seydim, Prof. Dr. Atıf Can Seydim, Prof. Dr. Hakan Kuleaşan'a teşekkürlerimi sunarım.

FYL-2019-7453 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Çalışmanın yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen Danem Süt ve Süt Ürünleri Gıda Amb. Eğt. Dan. Tic. ve San. Ltd. Şti'ye ve tüm personeline teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarım süresince ilgi, sabır ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Gözde Ulaş, Gülsüm Altun ve Sena Doğan'a teşekkür ediyorum.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım. Hayatım boyunca; mesleğimin detaylarını öğrenmek ve topluma faydalı olmak için önümde aşmam gereken birçok engel olduğunu, bana sabretmenin pes etmek değil, mücadele etmek olduğunu gösteren ve benden maddi, manevi desteklerini esirgmeden her daim yanımda olan başta sevgili annem Arife Erdoğan olmak üzere; babam Mehmet Erdoğan'a ve ablama sonsuz sevgi ve saygılarımı sunuyor, çok teşekkür ediyorum.

Arife Kübra ERDOĞAN

ISPARTA, 2021

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. K vitamininin kimyasal şekilleri.....	25
Şekil 3.1. Turşu üretiminden görüntüler	30
Şekil 3.2. Deneme planı ve örnekler.....	30
Şekil 4.1. Örneklerin fermantasyon süresince pH değişimleri (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir ($p<0,05$)).....	38
Şekil 4.2. Fermantasyon süresince toplam asit miktarındaki değişim (g LAE/ 100 g)	39
Şekil 4.3. Suda çözünür kuru madde sonuçları (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir.)	40
Şekil 4.4. Fermantasyon sonunda örneklerin tuz içerikleri (%)	41
Şekil 4.5. <i>Lactobacillus</i> spp. içeriği (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir, $p<0,05$).	41
Şekil 4.6. Lahana turşusu örneklerinde fermantasyon sürecinde maya-küf içeriği (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir, $p<0,05$).	43
Şekil 4.7. Toplam koliform bakteri sayımı (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir $p<0,05$)	44
Şekil 4.8. Geleneksel ve Sauerkraut lahana turşusu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir $p<0,05$)	45
Şekil 4.9. Örneklerin oksijen radikal absorban kapasitesi (ORAC) değerleri (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir $p<0,05$)	46
Şekil 4.10. Örneklerin troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC-ABTS+) değerleri (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harflerle gösterilmiştir $p<0,05$)	47
Şekil 4.11. Fermantasyon süresince askorbik asit miktarındaki değişim	48
Şekil 4.12. Örneklerin K2 Vitamini içerikleri (Örnekler arası farklar büyük harflerle gösterilmiştir. $p<0,05$)	49
Şekil 4.13. Lahana turşusu örneğine ait örnek kromatogram	50
Şekil 4.14. Duyusal analiz sonuçları	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
dk	Dakika
g	Gram
HPLC	Yüksek basınçlı sıvı faz kromatografisi
Kg	Kilogram
kob	Koloni oluşturan birim
L	Litre
LAB	Laktik asit bakterileri
GD	Geleneksel Doğal
GS	Geleneksel Sevdanem
GP	Geleneksel Plantarum
SD	Sauerkraut Doğal
SS	Sauerkraut Sevdanem
SP	Sauerkraut Plantarum
log	Logaritma
MRS	De-man, Rogosa and Sharpe
MS	Kütle Spektrofotometresi
PDA	Potato Dextrose Agar
pH	Power of Hydrogen
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
°C	Derece santigrat
%	Yüzde oran

1. GİRİŞ

İnsanlar gıda maddelerini uzun süre saklayabilmek ve az bulundukları dönemlerde bu ürünlerden yararlanabilmek için bazı gıda muhafaza yöntemleri geliştirmişlerdir. Fermantasyon, çok eski zamanlardan beri kullanılan bu gıda muhafaza yöntemlerinden biridir. İnsanlar tarafından etil alkol, asetik asit, laktik asit gibi çeşitli fermantasyon uygulamaları ile üretilen fermente gıdalar, yüz yıllardır tüketilmektedir (Vorbeck vd., 1961). Fermente yiyecek ve içecekler dünyadaki her toplumun beslenme kültürünün temel bileşeni olup etnik toplulukların kültürel tarihini taşır. Hem dünya genelinde hem de ülkemizde süt (ör. kefir, kımız, kurut), tahıl (ör. boza, mahewu, idli), et (ör. sucuk, pastırma), balık (ör. hamsi), sebze ve meyve (ör. kimchi, sauerkraut, kornişon, lahana) bazlı olmak üzere çok çeşitli fermente ürünler üretilmektedir. Fermente ürünler sağlığı geliştirici faydaları ve bunlarla ilişkili işlevsel mikroorganizmaları barındırmaları bakımından bozulabilir besinleri koruma, besin değerini zenginleştirme, antioksidan üretimi ve immünolojik etkileri gibi biyolojik işleve sahiptir. Bu sağlık etkilerinden dolayı son yıllarda ülkemizde ve dünyada fermente yiyecek ve içeceklere ilgi artmıştır (Karaçil ve Tek, 2013). Fermente gıdalar, aynı zamanda sindirim sistemimizin düzenli ve sağlıklı çalışması için gerekli bağırsak florasını geliştirmektedir. Fermantasyonda görev alan mikroorganizmalar, ürüne probiyotik özellikler kazandırabilmektedir.

Laktik asit fermantasyonu, yiyecekleri korumanın en basit ve sık kullanılan güvenli yollarındandır. Laktik asit fermantasyonu, geleneksel olarak üretilen birçok fermente yiyecek ve içekte kullanılmaktadır. Tarihsel olarak lahana, salatalık, turp, zeytin, havuç, yeşil domates, yeşil biber gibi çeşitli sebzeler laktik asit fermantasyonuna tabi tutulmuştur. Sebze ve meyvelerin yanı sıra hayvansal ürünlerden bile turşu üretmek mümkün olmakla birlikte, sebzeler kimyasal yapıları itibarıyla turşu üretimine daha elverişlidir. Turşu laktik asit fermantasyonun uygulandığı gıdalar arasında önemli bir yer tutmaktadır. Turşu, meyve ve sebzelerin belli konsantrasyonlarda tuz içeren salamura veya kendi öz suları içinde, laktik asit bakterilerince fermente edilmesiyle veya dışarıdan

laktik asit ilavesi ile oluşan laktik asidin ve ortamdaki tuzun koruyucu etkisi sonucu dayanıklılık kazanan bir fermente üründür. Turşu  retimi çok eski tarihlere dayanmaktadır. Milattan önce 3. yüzyılda Çinli işçilerin fermente olmuş, asitli sebze karışımları t kettiğine dair bulgular bulunmaktadır (Macrae vd., 1993). Hatta bazı bilimsel çalışmalar, turşunun tarihinin 10.000 yılı aştığını ortaya koymaktadır (Hutkins, 2006). Uygarlık tarihi boyunca çeşitli fermentasyon ve turşu örnekleri tarif edilmiştir. Turşu yapımına dair en eski kayıtlar Mezopotamya ve Doğu Akdeniz bölgesinde, milattan önce 6000 yıllarına ait olduğu düşünülen bulgulardır (Blandino vd., 2003). Savaş veya kıtlık dönemlerinde halkın besin maddelerinin ömrünü uzatmak için kullandıkları etkili bir yöntem gıda maddelerinin tuzlanması veya kurutulması ve tütsülenmesi şeklindeydir. Bu uygulamalar esnasında turşu yapımının keşfedildiği d ş n lmektedir (Tamang ve Kailasopaty, 2010).

Ülkemiz gıda mevzuatında turşunun genel tanımı “sirke ve/veya salamura (tuzlu su) içindeki laktik asit fermentasyonu ile veya sulandırılmış asetik asit içinde oluşan ürünler” olarak yapılmaktadır. Fermente sebze üretiminin temeli laktik asit fermentasyonuna dayanmaktadır. Birçok Orta Asya, Orta Doğu ve Afrika  lkelerinde laktik asit fermentasyonu ile elde edilmiş gıdalar yaygın olarak tüketilmektedir. Bu gıdaların, söz konusu ürünlerin fermente edilmemiş taze halleriyle kıyaslandığında, besinsel değerleri ve sindirilebilirlikleri oldukça yüksek bulunmuştur (Dursun, 2010).

Ülkemizde turşusu en çok üretilen sebzelerden birisi lahanadır. Lahana; diyet lifleri, fitokimyasallar, mineraller ve C vitamini bakımından zengin bir sebzeydir. Türkiye’de üretimi yapılan sebzelerin %6,2’lik kısmını lahana üretimi oluşturmaktadır. Kışlık sebzeler açısından değerlendirildiğinde en fazla üretilen sebze türleri arasında beyaz lahana onuncu sırada yer almaktadır (Doğu vd., 2016). Lahana turşusu genellikle çiğ lahanada doğal olarak bulunan laktik asit bakterileri (LAB) popülasyonlarına dayanan doğal fermentasyon ile üretilmektedir. Lahana turşusu iştah açıcı ve sindirime yardımcı özelliği ile genellikle diğer gıdaların yanında tüketilmektedir.

Lahana turşusu ilk olarak Almanya ve Batı Avrupa’da yapılmıştır. Et ve sosis yemeklerinin yanında garnitür olarak, salatalarda, sandviçlerde ve bazı hamur işlerinde kullanılır. Lahana turşusu ülkemizde sık yapılmakla birlikte geleneksel olarak en fazla Polonya’da tüketilmektedir (Tamang ve Samuel 2010). Lahana turşusu genellikle doğal fermentasyonla üretilse de, lezzet ve kalitesi belirgin şekilde doğal mikrobiyal topluluğun kompozisyonuna ve fermentasyon için kullanılan lahananın kalitesine bağlıdır. Sebzelerin mikrobiyal popülasyonu fiziksel ve beslenme koşullarındaki değişikliklerden etkilenmektedir. Çiğ lahananın doğal mikrobiyotasındaki değişimler lahana turşusunun kalitesindeki değişikliklere yansımaktadır (Lindow ve Brandl, 2003).

Sauerkraut parçalanmış ve tuzlanmış beyaz lahanaların laktik fermentasyonu ile üretilen bir başka fermente üründür. Sauerkraut “ekşi lahana” anlamına gelen Almanca bir terimdir ve zamanla ABD ve diğer Avrupa ülkelerinde popüler hale gelmiştir. Sauerkraut önemli vitamin (özellikle C vitamini), mineral tuzları ve diyet lifi kaynağı olduğu için sağlıklı bir ürün olarak kabul edilmektedir. Kullanılan lahananın çeşidi, genel kalite (taze hasat), kuru madde içeriği, fermente edilebilir karbonhidratların içeriği, C vitamini içeriği, pH değeri, doğal mikroorganizmalar veya starter kültürler, doğal flora, eklenen tuz miktarı fermentasyon sürecini etkileyen önemli faktörlerdendir (Tamime, 2008).

Lahana turşusunun enflamasyon ve DNA hasarını azaltarak antioksidan ve antikanserojen etkileri ile sağlık üzerine çok sayıda yararları olduğuna dair güçlü bilimsel kanıtlar bulunmaktadır. Lahana turşusunun kemik sağlığını ve yoğunluğunu desteklemeye yardımcı bir gıda olduğu düşünülmektedir (Peñas vd., 2012). Lahana turşusu kemik sağlığı üzerine etkilerini içinde bulundurduğu K vitamini ve magnezyum ile sağlamaktadır. Sauerkrautın menakinonların ender bitkisel kaynaklarından biri olduğu bildirilmektedir.

Lahana turşusu, kendine özgü duyuşal özellikleri nedeniyle beğenilen besleyici bir fermente üründür. Lahana turşusu, diğer bitkisel fermentasyon işlemlerinde potansiyel starter kültür olarak kullanılabilecek, keşfedilmemiş doğal bir probiyotik bakteri kaynağıdır. Birçok çalışmada lahana turşusundan izole edilen

LAB'nin potansiyel probiyotik olduğu bildirilmiştir (Yoon vd., 2005). Ayrıca vegan beslenmeyi tercih eden kişiler için güvenilir ve sağlıklı bir probiyotik kaynağıdır. Fermantasyon gıdaların raf ömrünü arttırması, duysal özelliklerini geliştirmesi ve probiyotik kaynağı olmasının yanı sıra pek çok yeni biyoaktif bileşenin oluşumuna ve gelişimine neden olmaktadır.

Günümüzde tüketiciler yemek ve sağlık arasındaki ilişkiye daha çok dikkat etmeye başlamıştır ve tüketicilerin sağlığı destekleyici özelliklere sahip fonksiyonel gıdalara ilgileri dikkat çekici şekilde artmaktadır. Sağlığı geliştirici özelliklere fonksiyonel gıdaların pazarı, son birkaç yılda sürekli bir büyüme göstermiştir. Günümüzde fonksiyonel gıdalardaki gelişmeler çoğunlukla probiyotiklerle ilişkilidir (Leroy ve De Vuyst 2004). Sindirim sistemine geçerek canlı kalmayı başarabilen Laktik Asit Bakterileri (LAB) probiyotik fonksiyonlarda bulunmaktadır.

Probiyotiklerin çeşitli yararlı etkilerinden bazıları antibiyotik kullanımına alternatif olması, patojen organizmaları canlı ve cansız ortamlarda inhibe edebilmeleri, sindirime enzimatik katkı sağlaması, kolon da kanserojenlerin sentezlenmesine neden olan intestinal bakteriyel enzimleri inhibe etmesi, sınırlı besinler için rekabetçi olması, çözünmüş organik materyallerin doğrudan alınmasına yardımcı olması ile vücut direncini arttırması gösterilebilmektedir. Ek olarak, patojen mikroorganizmalara karşı bağışıklık sistemini güçlendirici ve antiviral etkileri olduğu da düşünölmektedir. Ayrıca, bağırsak mikroflorasının kabızlığa sebep olan bağırsaktaki dengesizlikleri ve bağırsakların peristaltik hareketini düzenleyici etkisinin olduğu rapor edilmiştir. (Kristensen vd., 2016)

Bu çalışmanın amacı; doğal (spontan) fermantasyon ile ve starter kültür kullanılarak üretilen geleneksel (salamurada) lahana turşusu ve sauerkraut örneklerinin mikrobiyal, fizikokimyasal, duysal özelliklerinin yanı sıra, fonksiyonel özelliklerinden toplam fenolik madde içeriği, antioksidan aktivite değerleri, askorbik asit içeriği ve K2 vitamin içeriklerinin incelenmesidir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Turşu Üretimi ve Fermentasyon

Turşu üretiminde, laktik asit fermentasyonu ve tuz en önemli iki temel faktördür. Turşu fermentasyonunda, hammaddeden gelen doğal flora içerisindeki laktik asit bakterilerinin, şekerleri asitlere dönüştürmesi ile laktik asit fermentasyonu gerçekleşmekte ve hammaddeye göre yeni ve farklı karakteristikte ürün elde edilmektedir (Hutkins 2006). Laktik asit fermentasyonu ile patojenik mikroorganizmaların gelişimi engellenmekte, mikrobiyal bozulmaya ve toksinlerin gelişmesine karşı direnç sağlanmakta ve ürünün besin değeri artırılmaktadır (Steinkraus, 1983). Üretimde kullanılan salamura içindeki tuzun konsantrasyonu ile turşuda mikrobiyal aktivitenin boyutunu ve tipini belirlemek, pektinolitik ve proteinolitik hidrolizleri sınırlamak ve böylece ürün dokusundaki yumuşamayı kontrol etmek mümkün olmaktadır (Dursun, 2010).

Laktik asit bakterileri tarafından gerçekleştirilen fermentasyon sonucu oluşan laktik asit ve ortamdaki tuzun koruyucu etkisiyle turşu elde edilmektedir. Fermentasyonun iki farklı uygulaması söz konusudur. En yaygın yöntem olarak yer alan “asitli salamuralı fermentasyon” uygulamasında, asetik asit ve salamura içindeki hammadde fermentasyona tabi tutulmaktadır. Bir diğer yöntem olan “salamuralı fermentasyon” uygulamasında ise salamura içindeki hammadde fermentasyona bırakılmaktadır. Bu şekilde uygulanan işleme “stok işleme” adı da verilmektedir. İkinci yöntem ise direk konservelemedir. Fermentasyon işlemi yapılmaksızın, doğrudan kavanoz veya teneke kutulara yerleştirilen hammadde üzerine asit ve tuzdan oluşan salamuranın konularak, pastörizasyon prosesinin uygulandığı yöntemdir. Üretim amacına bağlı olarak bu yöntem de iki farklı şekilde uygulanmaktadır. Kavanoz veya tenekelelerdeki asit ve tuz içeren salamura içerisine hammaddenin konularak pastörizasyon işleminin gerçekleştiği “kavanoz veya teneke işleme” ilk yöntemi oluşturmaktadır. Diğer bir uygulama ise ham maddenin daha sonra kavanoz veya tenekelelere işlenmek

üzere sirkeli salamura içinde bekletilmesine dayalı “stok veya yarı mamul işleme”dir (Dursun, 2010)

Fermente gıdaların başında gelen turşunun yapımında kullanılan sebzeler genellikle antioksidan bakımından son derece zengin gıdalar oldukları için kanser yapıcılar olarak da adlandırılan serbest radikalleri yok eden ve dolayısıyla kanseri önleyen özelliklere sahiptirler ve bu kanser önleyici etki turşuya da geçmektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 1998). Fermente geleneksel gıdaların özgün tekstürü, tadı, koku ve görünüşünün oluşmasında yöresel hammaddenin yanında, kullanılan laktik asit bakterileri de oldukça etkilidir.

2.1.1. Laktik asit fermantasyonu

Turşularda ise en baskın mikroorganizma *Lactobacillus plantarum*'dur. Turşu yapımında salamura konsantrasyonu bu mikroorganizmaya göre ayarlanmaktadır. Turşu üretiminde kontrollü bir fermentasyon sağlanabilmesi için *L. plantarum*'un starter kültür olarak kullanılması gerekmektedir. Böylece daha fazla miktarda ve yüksek konsantrasyonda laktik asit eldesi söz konusudur. Sebze ve meyvelerin laktik asit fermantasyonu ile dayanıklı hale getirilmesi çeşitli avantajlara sahip bir uygulamadır. Öncelikle, sebze ve meyveler fermantasyon tamamlandıktan sonra lezzet ve yapı bakımından hoşagiden bir özellik kazanmaktadır (Aktan vd., 1998). Oluşan laktik asit sayesinde ürünün bozulması önlenerek besin değerinde önemli kayıplar olmadan uzun süre saklanabilmekte, içerdiği vitamin ve mineraller korunarak sindirilmesi güç olan maddeler kolay sindirilebilir hale gelmekte, ayrıca hastalık yapıcı mikroorganizmaların gelişimi de engellenmektedir (Şahin ve Akbaş 2001). Bunlara ilaveten ürünün bol ve ucuz olduğu dönemlerde alınıp işlenmesiyle ekonomik bir kazanç da sağlanmaktadır.

Laktik asit fermantasyonuyla elde edilen turşular, kalın bağırsak başta olmak üzere insan sağlığını koruyucu etkiye sahiptirler. Turşu ile birlikte canlı laktik asit bakteri hücrelerinin de tüketilmesi söz konusudur. Laktik asit bakterilerinin bağışıklık sistemini güçlendirdiği, immunoglobulin A ve gama interferon

üretimini desteklediği belirlenmiştir. Bu durum insan vücudunun patojenlere karşı direncini ve laktik asit bakterilerinin anti-tümör aktivitesini arttırmaktadır (Ünlütürk ve Turantaş, 1998).

Fermente sebzeler, vitamin ve minerallerin önemli bir kaynağıdır. Fermantasyon sırasında oluşan karbondioksit, askorbik asidin ve sebzelerin doğal renginin korunması için uygun koşulları sağlamaktadır. Fermantasyonla oluşan laktik asit, midedeki asit seviyesini düzenlemenin yanı sıra demirin emiliminde etkili olmaktadır (Lee, 1997). Ayrıca, kanser tedavisine yardımcı olması amacıyla laktik asidin düzenli olarak tüketimi bazı araştırmacılar tarafından önerilmektedir. Laktik asit fermantasyonu ile demir emilimi arasındaki ilişkiyi inceleyen bir araştırmanın sonucuna göre; taze sebzelerle kıyaslandığında sebzelerin laktik asit fermantasyonuna uğratıldıktan sonra tüketilmesi durumunda demir emiliminin belirgin şekilde arttığı belirlenmiştir. Düzenli olarak turşu tüketimi ile astım, cilt problemleri ve çocuklarda görülen bağışıklık sistemi sorunları arasında ters bir ilişki olduğunu öne süren araştırmalar mevcuttur (Svanberg, 1999). Sağlıklı kişilerin de bu hastalıklardan korunmak için fazla tuzlu yemekten kaçınması önerilmektedir. Turşu, yüksek tuz içeriği nedeniyle özellikle kalp ve tansiyon hastaları için kaçınılması gereken bir gıdadır. Ancak günümüzde uygulanmaya başlayan düşük tuzlu turşu üretimi, tüketicilerin geleneksel fermente bir gıda olan turşunun yukarıda açıklanan yararlarından yoksun kalmamasına olanak sağlayabilir (Tamer vd., 2007).

2.1.2. Lahana turşusu ve sauerkraut

Lahana (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), çok eski zamanlardan beri tüm dünyada ve ülkemizde tanınan ve tüketilen bir sebzedir. Lahana sebzesi kırmızı lahana, Brüksel lahanası, karnabahar ve kıvırcık lahanayı içeren Cruciferae (Turpgiller) familyasındandır. Lahana mineraller, C vitamini, diyet lifleri ve özellikle fitokimyasallar açısından zengin bir kaynak olan bir sebzedir (Chu vd., 2002). Turpgiller insan sağlığını geliştiren ve insan metabolizmasının ve bağışıklık tepkisinin doğru işlemesinden sorumlu olan temel bileşikler olan vitaminler ve karotenoidlerden zengindir.

Lahana biyoaktif bileşiklerin zengin bir kaynağıdır. Bilimsel veriler beyaz lahana çeşitlerinde karotenoid ve tokoferollerin varlığını göstermiştir (Chun vd., 2006). Karotenoidler ve tokoferoller (E vitamini analogları) C vitamini ile birlikte Beyaz lahana da varlığı kanıtlanmış antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerdir ve beyaz lahananın sağlık yararlarına katkıda bulunmaktadır (Podsdek, 2007). Antioksidan özelliklerinin yanı sıra (A vitamini öncülleri olan) alfa ve beta karoten içeriğiyle lahana sağlıklı bir cilt için tüketimi faydalı bir gıdadır. Gastrointestinal ve solunum sisteminin sağlığını olumlu yönde geliştirmektedir. İçerdiği C vitamini bağışıklık sisteminin güçlendirilmesinde rol alırken, E vitamini ise nörolojik fonksiyonlara sahiptir ve enzim aktivitesini ve gen ekspresyonunu düzenlemektedir.

Turpgillerden lahana, antikanserojen aktiviteye sahip organosülfür fitokimyasalları içermektedir. Ayrıca antioksidan aktiviteye sahip diğer fitokimyasalları ve birçok biyoaktif bileşiği de bünyesinde barındırmaktadır (Podsdek vd., 2006). Lahananın antioksidan gücüne katkı sağlayan bileşenlerden bir diğeri olan fenolik bileşiklerden en yüksek oranda sinapik asit içerdiği bildirilmiştir (Šamec ve Salopek-Sondi, 2019). Farklı çalışmalarda beyaz lahanada sinapik aside ilave olarak ferulik asit, p-kumarik asit ve kafeik asit tespit edilmiştir (Park vd., 2014). Lahana, bir diğer antioksidan etkili bileşen olan C vitaminini yüksek miktarda içermektedir (Samec vd. 2011). Çeşitli çalışmalarda lahananın taze ağırlıkta 30-65 mg/100 g C vitamini içerdiği belirtilmiştir (Singh vd., 2006).

Lahana sebzesinde bulunan fenolik bileşiklerden en karakteristik gruplar flavonoidler ve fenolik asitlerdir. Mirisetin, kuersetin, kamferol, luteolin, delfinidin, siyanidin ve pelargonidini içeren birçok flavonoid lahanada belirlenmiştir. Benzoik, hidroksibenzoik, vanilik ve kafeik gibi fenolik asitler antimikrobiyal ve antifungal özelliklere sahiptirler. Kafeik, klorojenik, sinapik, ferulik ve p-kumarik asit gibi hidroksisinnamik asit türevleri lipid oksidasyonunun inhibisyonu ve reaktif oksijen türlerini süpürmesi nedeniyle güçlü antioksidan aktiviteye sahiptirler (Hounscome vd., 2009).

Epidemiyolojik *in vitro* ve *in vivo* alışmalar, turpgillerden olan sebzelerin tktiminin genel kanser riskini azaltabileceğini ve kanser ilerlemesinin her aşamasında bir koruma sağlayabildiğini göstermektedir (Cheung ve Kong 2012; Kristal ve Lampe 2002). Lahana sindirim sisteminin daha sağlıklı çalışmasını sağlamaktadır. Romatizmal rahatsızlıkların yol açtığı reaksiyonların iyileşmesine yardımcı olmaktadır. Lahana içerdiği antioksidan bileşiklerle katarakt olma riskini azaltmaktadır ve bedenin bağışıklık sistemini uyarmakta, bazı bakteri ve virüs türlerini yok etmektedir (Holst ve Williamson, 2004). Kansızlığa karşı iyi gelmektedir, bedenin geleişme etkinliğini uyarıp destekleyen lahana, içerdiği zengin folik asitle kadınların spina bifida (omurganın bir yanının açık olması) hastalığına yakalanmış ocuk doğurma riskini azaltmaktadır.

Fermantasyonla sebzelerden üretilen fermente ürünlerin başında özellikle lahana turşusu gelmektedir. Lahanadan eitli yöntemlerle üretilen lahana turşusu, dnyanı pek çok yerinde popüler bir fermente sebze ürünüdür. Almanya ve Batı Avrupa'da et ve sosis yemeklerinin yanında garnitür olarak, salatalarda, sandvilerde ve bazı hamur işlerinde kullanılır. Günümüzde lkemizde de sık yapılmakla birlikte geleneksel olarak en çok Polonya'da popülerdir (Tamang ve Samuel 2010; Wachter vd., 2010).

Lahana turşusunun ilk kullanımı, lahanaların pirinç şarabında fermente edildiği in'de 2000 yıl öncesine dayanmaktadır ve Avrupa'da Cengiz Han tarafından işgal edildikten sonra yayılmıştır. Cengiz Han tarafından dünyaya tanıtılmıştır (Wachter vd., 2010).

Lahana turşusunun sağlık yararları eski medeniyetlerden bu yana iyi bilinmektedir. Bir Yunan doktor olan Hipokrat, aşırı kilolu insanlara lahana turşusunu tavsiye etmiş ve Romalılar bağırsak enfeksiyonlarını önlemek için lahana turşusunu kullanmışlardır. Bir İngiliz denizci ve kaşif olan Kaptan James Cook, uzun yolculuklarında gemilerinin yiyecek kaynaklarını lahana turşusu ile tazelemiş, zira soğutmaya ihtiyaç duymadığını ve denizcilerin skorbüt hastalığına yakalanmasını önlediğini bildirmiştir (Saloheimo, 2005).

Lahana turşusunu hazırlamak için; beyaz lahana dilimlenerek ve tuz eklenerek güveç veya ahşap kaplara konulur. Kapların ağzı ağır bir kapak ile kapatılıp 15.5 °C de en az bir ay fermentasyona bırakılır. Lahana yapraklarında doğal olarak bulunan mikroorganizmalar oksijensiz ortamda laktik asit oluşturur. Oluşan laktik asit lahanayı korur (Niksic vd., 2005; Wachter vd., 2010; Ayotte, 2012).

Lahana turşusu genellikle çiğ lahanada doğal olarak bulunan LAB popülasyonlarına dayanan doğal fermentasyon ile üretilmektedir. Fermentasyondan önce çiğ lahana *Pseudomonas*, *Enterobacter*, mayalar ve küfler gibi aerobik bozulma bakterileri de dahil olmak üzere çeşitli mikroorganizmaları barındırmaktadır (Nguyen ve Carlin, 1994). Bu aerobik mezofilik mikroorganizmaların koloni oluşturan popülasyonları 10^4 - 10^6 (kob)/g arasında değişmekte olup, çiğ lahanadaki LAB popülasyonunun daha düşük olduğu bildirilmiştir (10^2 - 10^3 kob/g) (Peñas vd., 2010a; Breidt vd., 2013). Fermentasyon sırasında oksijen konsantrasyonu azalması baskın aerobik bakteri sayısının azalmasına açmaktadır. Bununla birlikte, bu anaerobik koşullar, LAB popülasyonlarının gelişimini desteklemektedir.

Fermentasyon, özellikle *Leuconostoc mesenteroides* olmak üzere heterofermentatif LAB tarafından başlatılır. Bu bakteri fermentasyonu başlangıcında daha az asit toleransına ve mikroaerofilik özelliklere sahip olduğundan mikrobiyotaya hakimdir (Lu vd., 2003; Breidt vd., 2013). Fermentasyonun başlangıcında ise *Leuconostoc fallax* gibi diğer LAB türleri görev almaktadır (Barrangou vd. 2002). Pederson ve Albury, (1969), lahana turşusu fermentasyonlarında rol alan mikroorganizmaları *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Lactobacillus plantarum* olarak tanımlanmıştır.

Fermentasyonda görev alan bakteri toplulukları, anaerobik bir ortam sağlayan karbondioksitin yanı sıra pH'ın düşmesine yol açan önemli miktarda asetik asit ve laktik asit üretmektedir. Asit içeriği %0.7-1'e yükseldiğinde ve pH 4,5'in altına düştüğünde, *Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus brevis* gibi aside daha fazla toleranslı homofermentatif LAB baskın hale gelir (McDonald vd.

1990; Fleming vd., 1995). Bu popölasyonlar özellikle laktik asit üretir ve pH, 3,4-3,7 aralığında fermentasyonun geç fazına hakim olmaktadırlar (Plengvidhya vd., 2007). Fermentasyon sırasında bu bakteri topluluklarının doğru şekilde artması, iyi bir duyuşal kalitede lahana turşusu elde etmek için gerekmektedir. Fermentasyon işleminin sonunda lahana turşusu yaklaşık %1 asetik asit ve %2'den fazla laktik asit içermektedir (Breidt vd., 2013).

Lahana turşusu genellikle doğal fermentasyonla üretilse de, lezzet ve kalitesi belirgin şekilde doğal mikrobiyal topluluğun kompozisyonuna ve fermentasyon için kullanılan lahananın kalitesine bağılıdır. Sebzelerin mikrobiyal popölasyonu fiziksel ve beslenme koşullarındaki değışikliklerde etkilenmektedir. Çiğ lahananın doğal mikrobiyotasındaki değışimler lahana turşusunun kalitesindeki değışikliklere yansımaktadır (Lindow ve Brandl, 2003). Aynı zamanda tuz konsantrasyonu ve fermentasyon sıcaklığı doğal olarak mevcut mikroorganizmaların gelişimini ve lahana turşusunun duyuşal özelliklerini de etkileyebilmektedir (Wiander ve Ryhanen 2005; Penas vd., 2010). Bu yüzden iyi karakterize edilmiş (tanımlanmış) fonksiyonel starter kültürlerinin kullanımı, kalite değışimini en aza indirebilmekte ve fonksiyonel gıda üretimine izin verebilmektedir.

Tuz ilavesi fermentasyon sırasında anaerobik koşulların gelişmesi ve gıdada bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların büyümesinin engellenmesi ve lahana yumuşamasından sorumlu olan endojen pektinolitik enzimlerin aktivitesi için gerekmektedir. Eklenen tuz konsantrasyonu, mikrobiyal popölasyonun tipini ve lahana turşusunun duyuşal kalitesini etkilemektedir. Kullanılan sodyum klorür miktarı genellikle fermentasyon sıcaklığına ve tüketici tercihinine bağılıdır (Wolkers-Rooijackers vd., 2013). Ancak, WHO tarafından yayınlanan sodyum tuzu alımına ilişkin yeni kılavuzlar nedeniyle lahana turşusu üretimi sırasında tuz seviyesinin azaltılması yönünde bir eğilim bulunmaktadır. Son araştırmalar, düşük tuzlu lahana turşusu fermentasyonlarında starter kültürlerinin kullanılmasının potansiyel faydalarını göstermiştir (Wiander ve Ryhanen 2005; Johanningsmeier vd., 2007).

Tuz dışında lahana turşusunun lezzetini arttırmak için fermentasyon aşamasında baharatlar, otlar ve havuç eklenebilmektedir. Tuzlama işleminden sonra lahanalar fermentasyon kaplarına yerleştirilir ve hava almaması için sıkıca bastırılır. Fermentasyon kabı anaerobik koşulların gelişmesini sağlamak için bir kapakla kapatılır ve lahana 1 hafta ile birkaç ay arasında mayalanmaya bırakılır. Fermentasyondan sonra lahana turşusu konserve kutularında veya cam kavanozlarda paketlenir, taze ürün olarak tüketilir ve ya raf ömrünü uzatmak için pastörize edilir.

Lahana turşusu önemli bir probiyotik bakteri kaynağı olarak kabul edilmektedir. Probiyotikler yeterli miktarda alındığında, konağa bir sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (Sanders, 2008). Birçok çalışma lahana turşusundan izole edilen LAB'nin potansiyel probiyotik olduğunu bildirmiştir. Beganović vd., (2014) lahana turşusundan iki LAB suşu *Lactobacillus paraplantarum* SF9 ve *Lactobacillus brevis* SF15'i izole etmişlerdir. Huang vd., (2015), benzer şekilde lahana turşusundan izole edilen farklı *Lactobacillus* suşlarının simüle edilmiş gastrointestinal koşullarda etkili bir şekilde hayatta kaldığını ve altı patojenin büyümesini engellediğini bildirmiştir. Lahana turşusundan elde edilen probiyotik bakteri suşlarının, fonksiyonel gıdalar üretmek için diğer bitkisel fermentasyon işlemlerinde başlangıç kültürleri olarak kullanılabileceği vurgulanmaktadır.

Starter kültür, fermentasyon işlemini hızlandırarak ve yönlendirerek fermente bir yiyecek üretmek için bir ham maddeye eklenecek asgari bir mikroorganizmanın çok sayıda hücrelerini içeren mikrobiyal bir preparat olarak tanımlanabilir. LAB starter kültür olarak fermente gıda ve içecek üretiminde uygulama ve tüketim açısından uzun ve güvenli bir geçmişe sahiptir.

Lahana turşusu fermentasyonunda *L. mesenteroides* starter kültürünün eklenmesi, fermentasyonun ilk aşamasının istenen aroma bileşiklerini üretmesini sağlamaya yardımcı olabilmektedir (Fleming vd., 1995). Tolonen vd., (2002), lahana fermentasyonunda karışık bir *Leuconostoc mesenteroides* ve *Pediococcus dextrinicus* kültürü inokülasyonu kullanımını, fermentasyon ile

karşılaştırmış ve starter kültür eklemenin fermentasyon hızını artırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Johanningsmeier vd. (2007), fermentasyon sırasında *L. mesenteroides* ilavesinin, starter kültür kullanılmayan fermentasyonlara kıyasla %50 daha az tuz kullanılarak daha homojen bir lahana turşusu eldesini sağladığını bildirmişlerdir (Wiander ve Ryhänen, 2005).

Nisin dirençli bir *Leuconostoc mesenteroides* suşu tek başına (Breidt vd., 1995) veya nisin üreten bir *Lactococcus lactis* suşu ile birlikte (Harris vd., 1992) lahana fermentasyonunda uygulanmış ve kaliteyi arttırdığı gözlemlenmiştir.

Starter kullanımının daha yüksek seviyelerde biyolojik aktif bileşikler veya daha düşük konsantrasyonlarda tuz ve biyojen amin içeren kaliteli lahana turşusu elde edilmesinde kullanımı bazı çalışmalarda araştırılmıştır. *Lactobacillus sakei* kültürü kullanılarak üretilen lahana turşularının bir starter kültür kullanılmadan üretilen lahana turşusuna göre iki ile üç kat daha yüksek antimikrobiyal aktiviteye ve biyoaktif bileşik konsantrasyona sahip olduğunu bildirilmiştir (Tolonen vd., 2002). Lahanaların *L. mesenteroides* ile ve düşük tuz konsantrasyonu ile fermentasyonunun, C vitamini konsantrasyonunu büyük oranda koruduğu ve antikanserojenik bir bileşik olan glukosinolat hidroliz bileşiği ürettiği (Peñas vd., 2010b) ve *Lactobacillus plantarum* tarafından fermente edilmiş lahanalardan daha düşük biyojen amin içeriğine sahip lahana turşusu elde edildiği bildirilmiştir (Peñas vd., 2010c). Başlangıç kültürleri olarak *L. plantarum*, *Lactobacillus casei* subsp. *casei* 2763 ya da *Lactobacillus curvatus* 2771 ve 2775 kültürlerinin doğal fermentasyona kıyasla biyojen amin konsantrasyonunda bir azalma gözlemlenmiştir (Kalač vd., 2000; Rabie vd., 2011).

2.2. Lahana Turşusunun Probiyotik İçeriği

Probiyotik özelliklere sahip başlangıç kültürleri klasik başlangıç kültürlerine kıyasla lahana turşusunun kalitesini, güvenliğini ve sağlığı teşvik edici özelliklerini geliştirmek için ek avantajlar sunmaktadır. Son çalışmalar, lahana turşusu üretimi için probiyotik başlangıç kültürlerinin kullanılmasının potansiyel faydalarını göstermiştir. Probiyotik suşu *Lactobacillus plantarum*

L4'ün *Leuconostoc mesenteroides* LMG 7954 ile kombinasyon halinde uygulanması, NaCl konsantrasyonunu %4'den %2.5'e düşürerek ve fermentasyonu 14 gün kadar hızlandırarak fermentasyon işlemini olumlu yönde etkilemiştir. Elde edilen lahana turşularında kalite artışı görülmüştür ve son üründe probiyotik hücre sayısı 10^6 kob/ g üründen daha yüksek olduğundan lahana turşusunun probiyotik bir ürün olarak kabul edilebileceği bildirilmiştir (Beganović vd., 2011). Starter kültürlerin düşük miktarda tuz konsantrasyonu ile yüksek kaliteli probiyotik lahana turşusu üretme potansiyelini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada, turşuya probiyotik özellik eklenmesinin yanı sıra son ürünün kalitesinin arttığı, fermentasyon süresinin önemli ölçüde kısaltılarak düşük tuzlu fermentasyon imkanı sunduğu bildirilmiştir (Beganovic vd., 2011).

Lahana turşusunun kalitesini optimum düzeyde sağlamak için, fermentasyon sırasında başlangıç olarak kullanılan bakteri suşunun dikkatli bir şekilde seçimi yapılmalıdır (Di Cagno vd., 2013). Lahana turşusu yapımında tek veya çoklu suşlardan oluşan başlangıç kültürleri kullanılabilir. Ayrıca bir önceki fermentasyondan elde edilen lahana turşusu ile aşılama da yapılabilir (Wiander ve Ryhänen, 2005). Bununla birlikte lahana turşusu fermentasyonuna spesifik uygun ticari starter kültür eksikliği bulunduğu için lahana turşusu üretimi için hedeflenen starter kültürlerinin geliştirilmesi bilimsel bir zorunluluktur. (Di Cagno vd., 2013).

2.3. Fermentasyon Sonucu Oluşan Metabolitler ve Sağlığa Etkileri

Fermentasyon gıdaların raf ömrünü arttırması, duyuşal özelliklerini geliştirmesi ve probiyotik kaynağı olmasının yanı sıra pek çok yeni biyoaktif bileşenin oluşumuna ve gelişimine neden olmaktadır. Fermente gıdalar içerdikleri canlı mikroorganizmalar sayesinde konakçı sağlığı üzerine doğrudan olumlu etki sağlarken (probiyotik etki); fermentasyon prosesi sırasında üretilen mikrobiyal metabolitlerin alınması sonucunda da dolaylı olumlu etki (biyojenik etki) göstermektedir. Fermentasyon sırasında, ham maddenin enzimatik aktivitesi ve mikroorganizmaların metabolik aktivitesi, gıda matrislerinin besleyici ve biyoaktif özelliklerini insan sağlığı için faydalı sonuçlar doğuracak şekilde

değiştirebilmektedir. Fonksiyonel fermente gıdaların biyogenik etkileri fermentasyon sırasında mikroorganizmalar tarafından üretilen çeşitli vitaminler, biyoaktif peptidler, organik asitler ya da yağ asitleri gibi bazı biyoaktif metabolitlerden kaynaklanmaktadır (Stanton vd., 2005). Örneğin, çoğu peynir laktoz intoleransı kişiler tarafından iyi tolere edilebilmektedir çünkü başlangıçta sütteki laktozun bir kısmı fermente edilir ve kalan laktoz peynir üretimi sırasında peynir altı suyu fraksiyonuna ayrılmaktadır.

Laktik asit, LAB yer aldığı fermentasyon sırasında genellikle %1'in üzerine ulaşan miktarlarda sentezlenen bir metabolittir. *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Weissella*, *Enterococcus* ve *Pediococcus*, çiğ veya spontan fermente edilmiş sebze ve meyvelerden izole edilen başlıca laktik asit bakterisi (LAB) türleridir (Kabak ve Dobson, 2011). Doğal olarak fermente edilmiş sebze ve meyve turşularından izole edilen *Lactobacillus spp.* türlerinden özellikle, *Lactobacillus plantarum* suşları turşulardan en çok tanımlanan gruptur (Di Cagno vd, 2013). Fermentasyon sırasında asitliğin artması nedeniyle, aside toleranslı bir bakteri olan *L. plantarum*, mikrobiyal topluluğa hakimdir (Erten vd., 2016). Laktik aside ek olarak, biyogenik aminler ve fermentasyon metabolitleri gibi diğer son ürünler, sebzelerin fermentasyon işlemi sırasında LAB tarafından sentezlenmektedir. Tüm fermente ürünlerin ve fermente sebzelerin tadı, kokusu ve tadı, fermentasyon metabolitlerinin oluşumuna ve konsantrasyonuna bağlıdır. Fermentasyon sırasında diğer mikrobiyal türevli ürünler tipik olarak suşa bağlı olarak oluşmaktadırlar. Folat, riboflavin ve B12 gibi B vitaminleri, bitki ve süt ürünlerindeki belirli bakteriler tarafından çeşitli vitamin olmayan öncülerden sentezlenmektedir (Chamlagain vd., 2015) . Nörotransmitter (sinir hücrelerinde bilgi akışını sağlayan örn. G-aminobütirik asit) ve immünomodülatör (vücudun kendi bağışıklık sistemini kuvvetlendirerek bağışık yanıtı arttıran) fonksiyonlara sahip amino asitler ve türevleri de fermentasyon sırasında sentezlenmektedir. Gıdaların fermentasyonu sırasında üretilen proteinler ve ekzopolisakkaritler, antioksidan etki gösterebilmektedir. Bu proteinler patojenlerin bağırsak mukozasına yapışmasını önleyici, immün sistemi uyarıcı veya hipokolesterolemik aktiviteler sağlayabilmektedir (Marco vd., 2017).

Fermantasyonun bitki temelli gıdalardaki antioksidan aktiviteyi iyileştirme yeteneği, öncelikle fermantasyon sırasında mikrobiyal hidrolizin sonucu olan fenolik bileşiklerin ve flavonoidlerin konsantrasyonundaki artıştan kaynaklanmaktadır. Fermantasyon sırasında, glukozidaz, kitinaz, ksilanaz, tanaz, esteraz ve lipaz gibi mikrobiyal enzimler, glukozidleri hidrolize edebilmektedir.

Fermantasyon sırasında metabolit değişiklikleri de antioksidan aktiviteyi etkileyebilmektedir. LAB, şekeri laktik aside dönüştürebilir, bu da fermente ürünlerde şeker içeriğini ve pH'ı azaltmaktadır. pH, mikrobiyal gelişim ve ayrıca fitokimyasallardaki yapısal değişikliklerle ilgili olarak değişiklik göstermektedir. pH değişiklikleri, ürün içeriğini ve antioksidan bileşiklerin (antosiyenin, kateşin, ve C vitamini) yapısını, antioksidan aktivitelerinin etkileyebilmektedir (Zhou vd., 2020).

Gıdaların fermantasyonu sırasında oluşan ya da değişikliğe uğrayan bileşenlerden aşağıda bahsedilmiştir.

2.3.1. Biyoaktif peptitler

Biyoaktif peptitler vücut fonksiyonlarına olumlu etkisi olan ve sağlığı etkileyebilen spesifik protein parçalarıdır. Bilinen biyoaktif peptitlerin çoğunluğu ana proteinlerin yapısı içerisinde inaktif halde bulunmaktadırlar. Proteolitik enzimlerle hidroliz ve ya fermantasyon sonucu serbest kalırlar. Fermantasyon prosesinde hammadde de doğal olarak bulunan ve ya sonradan eklenen mikroorganizmalar (starter kültür), gelişme sürecinde şekerleri ve proteinleri hidrolize ederek farklı aminoasit dizilimine sahip peptitler ve serbest aminoasitler oluşturmaktadır. Fermantasyon sırasında gıdalardan elde edilen bu peptitler ve aminoasitler fermente ürünün fonksiyonel, reolojik, duyuşal ve biyolojik özelliklerini değiştirebilmektedir.

Biyoaktif özelliklere sahip çeşitli peptidler ve peptid fraksiyonları, yoğurt, fermente süt, kefir ve diğer fermente gıda ürünlerinden izole edilmiştir. Bu ve

diğer peptidler, antihipertansif, antitrombotik, immünomodülatör, osteojenik ve antioksidan etkileri açısından araştırılmaktadır. Fermente süt ürünlerinde bulunan ve antihipertansif anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibitörleri olarak aktiviteye sahip peptitler özellikle ilgi çekicidir (Fekete vd., 2015).

Fermente soya ürünleri sağlığa faydalı etkileri olan biyoaktif peptitlerin doğal kaynaklarıdır. Fermantasyon sürecinde soya proteinlerinin enzimatik hidrolizinin bir sonucu olarak biyoaktif peptitler üretilmektedir. Gibbs vd., (2004), fermente soya ürününde ACE inhibitörü, yüzey aktif, antitrombotik ve antioksidan özellikler gösteren birçok biyoaktif peptit bulunduğunu bildirmiştir. Buğday, mısır veya pirincin maya ve laktik asit bakterileriyle fermantasyonu yoluyla üretilen bozada ACE inhibitörü peptitlerin varlığı bildirilmiştir (Kancabaş vd., 2013). Gänzle vd. (2007) fermente edilmiş ekmek hamurundaki ACE inhibitörü peptitlerin fermente olmayana göre 100 kat fazla olduğunu bildirmiştir. Sucukların olgunlaşması sırasında gerçekleşen proteoliz, biyoaktif peptit oluşumuyla sonuçlanmaktadır. Farklı fermente et ürünleriyle yapılan bir çalışmada fermente olmayan et ürünlerinin ACE inhibitör aktivitesinin daha düşük olduğu bildirilmiştir (Arihara vd., 2004). Vastag vd. (2010) geleneksel fermente et ürünü ile yaptıkları çalışmalarda olgunlaşma süresince ACE inhibitör aktivitesinin arttığını ve yeni antioksidan peptitlerin oluştuğunu bildirmişlerdir. Fermente et ürünlerinin olgunlaşması sırasında LAB tarafından birçok bakteriyosin üretilmektedir ve genellikle üretilen bakteriyosinler, antimikrobiyel aktiviteye sahip peptitlerdir (Zhang vd., 2010).

Sütün fermantasyonu ve peynirin olgunlaşması sırasında eklenen starter olan veya olmayan LAB enzimlerinin aktivitesiyle majör süt proteinleri çok sayıda biyoaktif peptite degrade olmaktadır (Otte vd., 2006). Sütün fermantasyonu sırasında LAB proteinazları, sütteki kazeini hidroliz ederek büyük peptit parçalarını oluşturmaktadırlar. Bunlar hücre içine taşınarak hücre içi peptidazlarla parçalanıp çeşitli büyüklükte ACE inhibitör aktivitesi sahip peptitlere dönüşmektedir. Farklı LAB ile fermente edilen sütlerdeki ACE inhibisyon aktivitesi incelenmiş ve fermantasyon boyunca aktivitenin arttığı gözlemlenmiştir (Otağ vd., 2013). Korhonen vd., (2003) sütün fermantasyonu

boyunca oluşan peptidlerin, alerjik reaksiyonları azalttığını ve gastrointestinal sistemdeki mukozal bağışıklığı artırdığını ve böylece yeni doğanlarda immün sistemin gelişmesine katkı sağladığını bildirilmiştir .

Ramos vd. (2006) dört farklı *Enterococcus faecalis* türüyle yaptıkları çalışmalarında proteolitik aktiviteye sahip bakteriler durağan faza geçene kadar fermente sütteki ACE inhibitör aktivitesinin önemli ölçüde arttığını bildirilmiştir. Sütün laktik asit bakterisiyle beraber proteaz ile fermente edilmesi peptit içeriğini artırırken ACE inhibisyon aktivitesini de artırmıştır (Tsai vd., 2008).

Peynir yapımında bir yan ürün olarak ortaya çıkan peynir altı suyu, sütün peynir mayası ile mayalanmasının ardından oluşmaktadır. Peyniraltı suyunda bulunan biyoaktif peptitlerin ACE inhibitörü aktive gösterdiği tespit edilmiştir. Hayvanlarla yapılan çalışmalarda peynir altı suyunun kolon kanseri, lenf kanseri ve beyin tümörüne karşı koruyucu etki gösterdiği bildirilmiştir (Yerlikaya vd., 2010). Süt, et ve baklagillerin içerdikleri proteinlerden enzimatik veya mikrobiyel hidroliz ile elde edilen peptitler insan sağlığı açısından faydalı pek çok aktivite göstermektedir. Fermantasyon sürecinde mikrobiyel hidrolizle fermente et, süt ve baklagil ürünlerinde oluşan biyoaktif peptitler, bu ürünlerin fonksiyonel değerlerini artırmaktadır.

2.3.2. Biyojenik aminler

Serbest amino asitlerin dekarboksilasyonu, yüksek konsantrasyonlarda toksikolojik etkileri olan biyojenik aminler adı verilen düşük moleküler ağırlıklı maddelerin oluşumuyla sonuçlanmaktadır. Fermente sebze ve meyvelerde oluşan biyojenik aminler bitkisel bileşenlerden veya LAB metabolizmasından meydana gelmektedir. Laktik asitle fermente edilmiş sebzelerde biyojenik aminler oluşumunu gösteren çalışmaların çoğu lahana turşusu üzerinde yapılmıştır. Histamin, tiramin, putrescine ve kadaverin, lahana turşusunda en sık saptanan biyojenik aminlerdir.

Biyojenik aminler, spontan laktik asit fermentasyonu sonucunda ev yapımı salamura sebzelerde tahmin edilemeyen konsantrasyonlarda bulunabilmektedirler. Spontan fermentasyon ile elde edilmiş sebzelerden izole edilen *L. plantarum*'un biyojenik amin üretim yetenekleri, suşa bağlı olarak değişebilmektedir. Tüm fermente ürünler için fermente sebzelerin tadı, kokusu fermentasyon metabolitlerinin oluşumuna ve konsantrasyonuna bağlıdır.

2.3.3. Fenolik asit ve flavonoidler

Fenolik bileşikler, flavanların polimerleri olup, başlıca flavan 3-4-diollerden oluşmaktadırlar (Bayrak, 2006). Fenolik bileşikler; fenolik asitler, flavanoidler, stilbenler ve lignanlar olarak gruplandırılmaktadır. Flavonoidler, meyve, sebze, çay, şarap ve kakao gibi gıdalarda yaygın olarak bulunan bitkisel polifenolik bileşiklerdir ve P vitamini olarak da kabul edilmektedirler (Kumar ve Pandey, 2013). Flavonoidler; flavon'lar ve flavonol'ler, flavanonlar, kateşinler ve lökoantosiyanidinler, antosiyanidinler, proantosiyanidinler olmak üzere 5 alt gruba ayrılmaktadırlar (Sommano, 2014). Fenolik bileşikler bitkilerde serbest ve bağlı formda bulunabilirler (Wang vd., 2014a). Bitkilerde fotosentezle meydana gelirler, bitkilerin yaşamsal faaliyetleri için kullandıkları karbonhidrat, aminoasitler gibi birincil metabolitlerden açığa çıkan ikincil metabolitlerdir (Weston ve Mathesius, 2013). Meyve ve sebzelerde fenolik asitler, serbest formda veya kuinik, tartarik ve malik asitler gibi çeşitli şeker molekülleri ile konjuge halde bulunurken tahıllarda genel olarak ester bağları ile arabinoksilan zincirlerine veya eter bağları ile ligninlere bağlı halde bulunmaktadırlar. Fenolik asitler, antiviral, antibakteriyal ve güçlü antioksidan özelliğe sahiptir (Hole vd., 2012). Fenolik bileşikler besinsel ve antioksidan özelliklerinin yanı sıra bitkisel kökenli birçok gıda ürününün tadına ve aromasına katkıda bulunmaktadırlar. İnsanların günlük diyetinde yer alan fenolik bileşiklerin ana kaynağı meyveler, sebzeler ve çay gibi içeceklerdir. Flavonoidlerin, antioksidan, antikarsinogenik, antialerjik, gastrointestinal sistemi koruyucu etkilerinin olduğu belirtilmiştir (Kozłowska ve Szostak-Wegierek, 2014). In vivo ve in vitro sistemlerde yapılan çalışmalarla yüksek antioksidan kapasiteleri olduğu kanıtlanmıştır (Khlestkina, 2013).

Tahıl tanelerinin fenolik bileşik içeriği, öğütme, ekstrüzyon ve ekşi maya uygulaması gibi çeşitli işleme teknolojileri ile önemli derecede değişiklik göstermektedir. Fermantasyon sırasında meydana gelen biyokimyasal değişiklikler, besleyici ve anti-besleyici bileşenlerin oranının değişmesine neden olur. Bu sonuç olarak biyoaktivite ve sindirilebilirlik gibi ürün özelliklerini etkiler. Örneğin, fermantasyon, antioksidatif aktiviteyi geliştirir ve doğal antioksidanların alımını artırır.

Fermantasyon işlemi mikrobiyal hidroliz reaksiyonları ile fenolik bileşikler ve flavonoidlerde artış meydana getirebilmektedir. Bitki hücre duvarının yapısal bozulması da çeşitli antioksidan bileşenlerin serbest kalmasına ve oluşumuna neden olabilmektedir. Bununla birlikte gıdaların antioksidan kapasitesi üzerine fermantasyonun etkisi mikroorganizma türü, pH, sıcaklık, çözücü ortamı, su içeriği, fermantasyon süresi, gıdanın tipi ve aerobik koşullar gibi çok sayıda faktöre göre değişmektedir. LAB ile yapılan fermantasyonun basit fenolik dönüşümlere ve yüksek moleküler ağırlıklı fenolik bileşenlerin depolimerizasyonuna neden olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmada β -glukozidaz aktiviteye sahip laktik asit bakterilerinin soya sütü fermantasyonu sırasında isoflavon aglikon içeriğini artırdığı bulunmuştur (Hur vd., 2014).

Anson vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; kepeksiz buğday unlu ekmek, tam buğday unlu ekmek ve fermente kepek ilaveli tam buğday unlu ekmek örneklerinin fenolik asit içerikleri incelenmiştir ve fenolik asit içeriğinin fermantasyon etkisiyle arttığı, fermente kepek ilaveli tam buğday ekmeğinde serbest ve toplam fenolik asit miktarının en yüksek değerde bulunduğu bildirilmiştir.

Tahıllarda flavonoid içeriği bakımından ilk sırada yer alan sorgum üzerinde yapılan bir çalışmada, farklı laktik asit bakterilerinin kombinasyonu ile sorgum bazlı ekşi hamurlar hazırlanmış ve fermantasyonun fenolik asit ve flavonoid içeriğindeki etkisi incelenmiştir. Fermantasyon boyunca, fenolik asitlerin, fenolik asit esterlerinin ve flavonoid glukozidlerinin metabolize edildiği, böylece çözünmez, hücre duvarına bağlı halde bulunan flavonoidlerin salınımının

meydana geldiği belirtilmiştir. Laktik asit fermentasyonu uygulanmış hamurlardaki polifenol içeriğinin, fermentasyon uygulanmayan örneklerle göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Vester vd., 2010). Soya (*Glycine max*) izoflavonoidlerinin içeriği ve miktarına, fermentasyonun etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, tam soya ununda ve *Aspergillus oryzae* inoküle edilmiş fermente tam soya unundaki izoflavonoid konsantrasyonları karşılaştırılmış, toplam izoflavonoid konsantrasyonunun 459.19 ± 1.80 µg/g'dan, 676.54 ± 0.78 µg/g'a yükseldiği saptanmıştır. Bununla birlikte, glikozit formundaki soya izoflavonoidleri, asit veya alkali koşullarda veya β-glikozidaz enzimi etkisiyle aglikon formuna dönüşmüşlerdir (Da Silva vd., 2011). İzoflavonoid aglikonlarının, kardiyovasküler ve kronik hastalıkların önlenmesinde etkili oldukları bilinmektedir ve vücutta emilimleri daha kolaydır. *Aspergillus oryzae* tarafından sağlanan β-glikozidaz enzimi aktivitesi sonucu, fermentasyon uygulaması öncesinde %2.67 olan izoflavon aglikonlarının oranı, örnekte %75.51'e yükselmiştir (Da Silva vd., 2011).

2.3.4. Gama-aminobutirik asit (GABA)

Gama-aminobutirik asit (GABA), yaygın olarak bakterilerde, bitkilerde ve omurgalılarda dört karbonlu serbest amino asit formunda bulunan, bakterilerde ve bitkilerde Krebs döngüsünde metabolik rolü olan, omurgalılarda ise sinirsel iletimde rol alan biyolojik olarak aktif bir bileşiktir (Diana vd., 2014; Dhakal vd., 2012). GABA, pankreastan insülin salgılanmasını uyarıcı olması sayesinde diyabetik hastalıkları önleyici özelliğe sahiptir. Tansiyon düşürme, idrar söktürme gibi önemli fizyolojik etkileri olan gama-aminobutirik asit, laktik asit bakterileri tarafından fermentasyon yoluyla da üretilebilmektedir (Bhanwar vd., 2013). Gama-aminobutirik asitten zengin gıdaların büyük çoğunluğunu, tahıl bazlı gıdalar oluşturmaktadır (Diana vd., 2014). Nagaoka (2005) bir çalışmada, glutamik asit den (L-Glu) zengin gıdaların fermentasyonu sonucunda GABA içeriğinin arttığını bildirmiştir. Coda vd. (2010), çeşitli tahıl unları ve farklı laktik asit bakterileri ile hazırladıkları ekşi hamurlarda, GABA ve serbest amino asit içeriğindeki değişimleri incelemişlerdir. Kontrol grubuna göre, farklı laktik asit bakterilerinin inoküle edildiği hamurlardaki serbest amino asit içeriklerinde %28-76 arasında artış gözlemlemişlerdir.

2.3.5. Glukozinolatlar

Glukozinolatlar olarak bilinen kükürtlü bileşikler genellikle turpgiller (Brassicaceae) familyasındaki bitkilerde yer alan ikincil bitki metabolitleridir (Holst ve Williamson, 2004). Turpgiller familyasında yer alan brokoli, beyaz lahanalar, karnabahar, turp gibi sebzeler glukosinolatların zengin kaynaklarıdır (Volden vd., 2009). Glukosinolat ve enzimatik aktivite sonucu açığa çıkan hidroliz ürünleri fungisidal, bakterisidal, antioksidatif, antimutajenik ve antikarsinogen aktiviteye sahiptir (Vig vd., 2009). Ayrıca lakto-fermente sebzeler zengin probiyotik özellikleri ve içerdikleri bakteriler ile sebzedeki selülozu yıktığı için sindirimi kolaylaştırmaktadır. Örneğin lahanalar çiğ yenildiğinde zaman zaman daha zor sindirilirken, turşu olarak tüketildiğinde çok daha kolay sindirilebilmektedir.

Brassicaceae sebzelerinin başlıca kaynağı olduğu Glukosinolatlar (GS) bazı dokularda kuru ağırlığın %1'ini oluşturmaktadırlar. GS kükürt içeren ikincil bitki metabolitleridir. Yapılarında sülfonlanmış izotiyosiyanata bağlanmış tiyoglikoz ve yan zincir grubundan oluşmaktadırlar. Değişik kimyasal yapıların oluşturduğu yan zincirdeki farklılıklar sebebi ile yaklaşık 200 adet alifatik, aromatik ve indolik GS mevcuttur. Brassicaceae sebzelerinin her biri karakteristik bir glukosinolat profili sergilemektedir. Genel olarak tespit edilen 15 farklı glukosinolatın, 3-4 tanesi baskın olarak bulunmaktadır (Fahey vd., 2001; Šamec ve Salopek-Sondi, 2019). Beyaz lahanada en fazla bulunan GS glukoiiberin, progoitrin, sinigrin, glukobrasisin ve 4-metoksigliukobrasisin olarak bildirilmiştir (Valerio vd., 2016). Cartea vd. (2008) beyaz lahanada 10,9-27 µmol/g kuru ağırlık toplam glikosinolat içeriği bildirmişler; glukobrasisin, glukoiiberin ve sinigrin olarak başlıcaların olduğunu bildirmişlerdir.

Glukosinolatların enzimatik olarak hidrolize olana dek biyoaktif etki gösterdiği düşünülmemektedir. Mirosin isimli bitki hücrelerinin vakuollerinde yer alan mirosinaz enzimi, hücre bütünlüğünün kesme ya da çiğneme ile bozulması sonucunda glukosinolatları hidrolize ederek izotiyosiyanatlar, tiyosiyanatlar, nitriller gibi farklı bileşenlere dönüştürürler (Fahey vd., 2001).

Glukosinolatların enzimatik dönüşümü ile oluşan izotiyosiyanatlar ve diğer bileşenler lahana vb. Brassicca sebzelerinin karakteristik duyuşal nitelikleri üzerine etkilidir. GS parçalanma ürünlerinin antibakteriyel, antifungal, antiprotozoal ve nematosidal (parazit öldürücü) özelliklere sahip olmasının yanı sıra, her gün iki porsiyon Brassicca sebzelerinin tüketiminin belirli kanserlere yakalanma riskini yarı yarıya azalttığı bildirilmiştir (Fahey vd., 2001). İzotiyosiyanatlar, vücuttaki antioksidan etki gösteren enzimlerin çalışmasını teşvik edici özelliğı ile indirekt antioksidan maddeler olarak son yıllarda ön plana çıkmaktadırlar. Aynı zamanda yapılarında bulunan SH grupları sayesinde antimikrobiyal etkileri de bulunmaktadır. Lahanada aromadan sorumlu olan ve sinigrinden oluşan alil izotiyosiyanatın doğal olarak bulunduğı gıdalarda koruyucu etki yaptığı belirtilmektedir (Onsekizoğlu ve Acar, 2003). Glukosinolatların enzimatik dönüşümü pH, depolama koşulları ve sıcaklık gibi faktörlere bağılı olarak değışebilmektedir. Mirosinaz mirosin hücreleri içinde bulunmasının yanında bazı bağırsak kökenli bakteriler ve funguslar tarafından da üretilmektedir (Fahey vd., 2001). Bazı insan kökenli bifidobakterilerin in vitro koşullarda glukosinolatları parçalayabilme yeteneğıne sahip olduğı gösterilmiştir (Fuller vd., 2007). Haşlanarak bitkisel mirosinaz aktivitesi inaktive edilmiş lahanaların *Lb paracasei* ile fermente edilmesi sonucu lahanalarda glukosinolatların azaldığı böylelikle bakterinin mirosinaz aktivitesi gösterdiği belirtilmiştir (Sarvan vd, 2013).

2.3.6. C vitamini

Antioksidan vitaminlerden birisi olan C vitamini (askorbik asit) ise kolaylıkla okside olan bir bileşen olması sebebiyle ürün hazırlama ve fermentasyon prosesi sırasında önemli oranda azalmaktadır. Aynı zamanda lahana fermentasyonu sırasında askorbik asit kaybı, glukobrasisinden açığa çıkan bir indol-3-karbinolün düşük pH değıerlerinde askorbik asit ile reaksiyona girmesi sonucunda antikanserojenik özelliklere sahip olduğı belirtilen askorbijen isimli bileşene dönüşmesi ile de ilişkilendirilmektedir (Martinez-Villaluenga vd., 2009). Erkekler ve kadınlar için önerilen C vitamini miktarı 75 ve 90 mg / gün olarak bildirilmiştir (Johnson vd.,2003). Vücuttaki C vitamini doygunluğunu en üst düzeye çıkarmak için yeni seviyeler belirlendi.

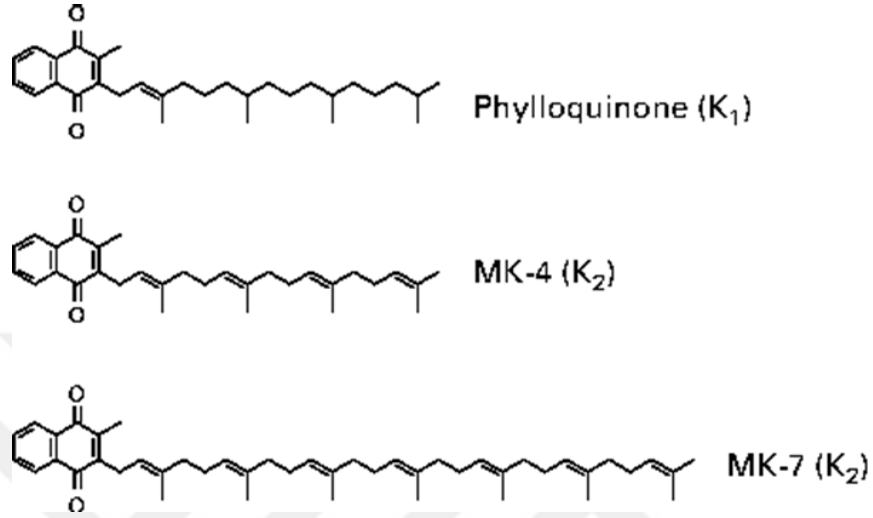
Sauerkrautta beyaz lahana ve sauerkraut örneklerinin antioksidan özellikleri ve fenolik asit içeriklerinin incelendiği çalışmada sauerkraut ekstraktlarında toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşenlerin arttığı, DPPH yöntemi ile belirlenen antiradikal aktivitenin bir miktar azaldığı, kafeik, p-kumarik, ferulik ve sinapik asit içeriklerinde ise değişiklikler olduğu bulunmuştur (Ciska vd., 2005). Doğal fermentasyon ve laktik asit bakterileri inokülasyonu ile fermente edilen kırmızı lahanalarda, *L. plantarum* ile fermente edilen örneklerde en yüksek antioksidan aktivite gözlenmiştir (Hunaefi vd., 2013). Fermente lahana ürünlerinin antioksidan özelliklerinin incelendiği çalışmada en yüksek askorbik asit içeriği ve antioksidan aktivite lahana turşusunda; en yüksek toplam fenolik madde içeriği Kore'ye özgü geleneksel bir fermente ürün olan kimchide tespit edilmiştir (Özer ve Yıldırım, 2019).

2.3.7. K2 vitamini

Terim olarak K vitamini, Almanca "Koagulation" (kanın pıhtılaşması) kelimesinden gelmektedir. H. Dam 1929 yılında "alfalfa" isimli yapraklı bir sebzedeki kanın pıhtılaşmasından sorumlu olan maddeyi izole ederek bu maddeye fillokinon (K1) vitamini ismini vermiştir (Kohlmeier, 2015). K vitamini doğal ve ya sentetik formlarda bulunabilmektedir. K vitamini kanın pıhtılaşmasında rol oynayan ve kemik sağlığı üzerine güçlü etkisi olan birçok proteinin fonksiyonu için gerekli olan, yağda çözünen bir vitamindir (Namıduru ve Mehmet, 2011). K vitamini, yapısal olarak benzer, yağda çözünen 2- metil-1,4 naftakinon içeren filokinon (K1), menakinon (K2) ve menadion (K3) yapılarından oluşan bir grubun adıdır (Şekil 2.1). Filokinon, en çok yeşil yapraklı bitkilerde bulunurken, menakinonlar ise bitkiler tarafından sentezlenememekte ve geniş bir bakteri dizisi tarafından üretilmektedir. K vitaminin günlük alınması gereken miktar ABD mevcut beslenme kriterlerine göre kadınlar ve erkekler için 90 ve 120 mg / gün olarak bildirilmiştir (Booth, 2012)

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, menakinonların hayvanlar ve insanlar tarafından vitamin K'nın diğer formlarından sentezlenebildiği keşfedilmiştir.

Yağda çözünen bir vitamin olarak K vitamini safra tuzu ve pankreatik lipaz varlığında gastrointestinal sistemden absorbe edilir. Absorbe edildikten sonra karaciğer, dalak ve akciğerlerde toplanır, fakat vücutta uzun süre depolanamamaktadır.



Şekil 2.1. K vitamininin kimyasal şekilleri

K vitamini bazıları yeni keşfedilen vücutta önemli fonksiyonlara sahiptir. K vitamininin en önemli görevlerinden biri kanın pıhtılaşmasını kolaylaştırarak aşırı kanamanın önlenmesinde rol oynamasıdır. K vitaminine bağımlı proteinler ve diğer kalsiyum kompleksleştirici proteinler; yumuşak dokuların, doku mineralizasyonunun düzenlenmesinde görev almaktadır ve hücre bölünmesi ve farklılaşmasının düzenlenmesini desteklemektedir (Dinicolantonio vd., 2015). Knapen ve arkadaşları yüksek doz K vitaminin kemiğin sağlamlığına etkisini araştırdıkları çalışmada; K2 vitamininin kemik mineral içeriğini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca yüksek miktarda K vitamini alımının postmenapozal kemik kaybının önlenmesine fayda sağlayabileceği kaydedilmiştir (Knapen vd., 2007).

Başka bir çalışmada ise; 2-4 yıl boyunca günlük 5 mg vitamin K alımıyla desteklenen tedavinin osteopenili hastaları olası kırıklardan ve kanserden koruyabileceği rapor edilmiştir (Cheung vd., 2008).

Araştırmalarla K vitaminin kalsiyum dengesi ve kemik metabolizmasını denetleyebilen nefrokalsin ve interlökin 1-6'nın sentezi ve atılımını etkileyebileceği kanıtlanmıştır. Bu konuda yapılan epidemiyolojik insan çalışmaları doğrultusunda; K vitaminin osteoporotik kişilerde kemik sağlığını geliştirerek kırık riskini de azalttığını söyleyebiliriz (Luo vd., 2003)

K2 vitamini (menakinonlar-MQ) mikroorganizmalar tarafından üretilen biyoaktif metabolitlerden birisidir. K2 vitaminleri kimyasal yapılarında bulunan kinon halkasına bağlı bulunan lipofilik yan zincirlerindeki farklılık sebebiyle K1 vitamininden farklılık göstermekte ve yan zincirinde tekrarlayan isopropen halkalarına bağlı olarak (MQ4'den MQ10'a) isimlendirilmektedirler (Booth, 2012). K1 vitaminin en önemli kaynakları yeşil yapraklı bitkiler ve algler iken; K2 vitamini kalın bağırsaktaki bazı bakteriler ile *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc* ve *Streptococcus* bakterileri tarafından üretilmektedir. Bununla birlikte K2 vitamininin kemik, kardiyovasküler sistem ve metabolizma sağlığı üzerine olumlu etkileri son yıllarda daha fazla dikkat çekmektedir (Barbara Walther,2013). Son yapılan çalışmalar ile K2 vitamininin sağlıklı kemik yapımında ve osteoporozun önlenmesi ve tedavisinde, kanseri ve aterosklerozisi önlemede rolü olduğu gösterilmiştir (Geleijnse vd. 2004; Koitaya vd., 2009; LeBlanc vd., 2011).

Fermente gıdaların özellikle K grubu vitamin içerikleri ile ilgili araştırmalar oldukça sınırlıdır. K2 vitamini K1 vitaminine kıyasla daha az gıdada bulunduğundan günlük ve uzun dönem alım kaynakları kısıtlıdır (Szterk et al., 2018). Kalın bağırsak biyotası tarafından K2 vitamini (özellikle MQ-10) üretilmesine rağmen, sentezlendiği bölgede absorpsiyonun çok muhtemel gözükmemesi sebebiyle bağırsak mikrobiyotasının insanların K vitamini ihtiyacına katkısının ne ölçüde olduğu belirsizdir (Schurgers ve Vermeer, 2000). MQ-4 yumurta, et gibi fermente ürünlerde düşük konsantrasyonlarda bulunmakla birlikte bakteriler tarafından üretilen uzun zincirli K2 vitamini formlarının natto, peynir, sauerkraut gibi fermente ürünlerde daha yüksek konsantrasyonlarda (>1200 µg/100 g) bulunduğu bildirilmiştir (Schurgers ve Vermeer, 2000; Barbara Walther, 2013; Szterk et al., 2018). MQ-7,

menakuinonların diğer formlarına kıyasla insan kanında daha uzun yarılanma ömrüne sahiptir ve çeşitli bakteri türleri tarafından sentezlenebilir. Bu yüzden araştırmalar MQ-7 biyosentezi üzerine yoğunlaşmaktadır (Mahdinia vd., 2016).

Japonya'nın bazı bölgelerinde yaygın olarak tüketilen fermente soya peyniri, çok zengin bir menakinon kaynağıdır (9 µg/g). Schurgers ve Vermeer (2000) yaptıkları çalışmada MQ-7'yi nattoda 998 µg/100 g; MQ-9'u sert ve yumuşak peynirlerde sırasıyla 39,5 ve 51,1 µg/100 g olarak belirlemişlerdir. LAB suşları *L. lactis* subsp. *lactis* ve *L. lactis* subsp. *cremoris*'in kullanıldığı Edam tip peynirlerde MQ8 ve MQ9 yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüştür (Barbara Walther, 2013). Lahana turşusunun içinde bulundurduğu K vitamini ve magnezyum ile kemik sağlığı üzerine olumlu etki gösterdiği bildirilmektedir. Taze lahanada K1 vitamini içeriği 145 µg/100 g olarak bildirilmiştir (Booth, 2012).

Çeşitli yayınlarda Sauerkrautun K2 vitamininin ender bitkisel kaynaklarından biri olduğu bildirilmekle birlikte yapılan literatür taramasında yalnızca bir araştırmada sauerkrautun K2 vitamin içeriği bildirilmiştir. Bahsi geçen çalışmada yerel marketten toplanan çeşitli gıda ürünlerinin K2 vitamini içerikleri incelenmiş; sauerkrautun MQ-4, MQ -5, MQ -6, MQ -7, MQ -8 ve MQ-9 içerikleri sırasıyla 0,4; 0,8; 1,5, 0,2 0,8 ve 1,1 mg/100 g olarak bildirilmiştir (Schurgers ve Vermeer, 2000). Besinsel içeriği ve muhtemel prebiyotik özelliği ile lahana turşularının önemli bir K2 vitamini kaynağı olduğu düşünülmektedir. Turşularda hammaddeden kaynaklanan vitamin K1 içeriği beklenmekle birlikte, vitamin K2'nin turşu fermantasyonu ile birlikte oluşacağı tahmin edilmektedir.

Gıda fermantasyonları için starter kültür olarak kullanılan birçok bakteri türü menakinon sentezleyebilmektedir. Menakinonlar, sitoplazmik membranda elektron taşıyıcıları olarak işlev görerek prokaryotik solunum elektron taşıma zincirlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Mikrobiyal solunumdaki rolüne ek olarak antioksidan özellikler sergilemektedir ve hücrel membranları lipid oksidasyonundan korumada rol oynayabileceği düşünülmektedir (Nowicka, 2010),

LAB, fermente ürünler üretmek için gerekli starter kültürlerde kullanılan temel organizmalardır. Günümüzde bakteri verimini arttırmak ve üretim maliyetlerini düşürmek için LAB geliştirmede daha verimli yolların geliştirilmesine büyük ilgi gösterilmektedir (Pedersen, 2012). Son çalışmalar, bu bakterilerin, solunum zincirlerini tamamlamak için büyüme ortamında hücre dışı molekülleri kullanabildiklerini göstermektedir. Başarılı solunum için birçok türde oksijene ve ek olarak menakinonlara gerek duyulmaktadır (Duwat, 2001). Solunum; fermentasyondan daha verimli bir enerji üretimi aracı olduğundan, bu bulgular endüstriyel uygulamalar için büyük önem taşımaktadır. LAB ortamına bazı durumlarda MQ'nin eklenmesi aerobik büyümeyi kolaylaştırarak daha fazla biyokütle, daha düşük asit üretimi ve işleme, koruma ve diğer endüstriyel işlemler sırasında karşılaşılan stres faktörlerine daha yüksek tolerans sağlamaktadır (Gaudu, 2002). Fermentasyon sırasında kullanılan spesifik bakteri türleri ve üretim koşulları (yani pH, sıcaklık, süre) muhtemelen fermente gıda ürünlerinde bulunan menakinon konsantrasyonlarını belirlemektedir. Gıda fermentasyonlarında kullanılan bakteri türlerinin çeşitliliğinde son yılda büyük bir artış olmuştur. (Bourdichon, 2012). Suşlar, gıda maddelerindeki organik bileşiklerden (örn. Laktoz) enerji elde etme, gıda korumasına yardımcı olan metabolitleri (örn. Laktik asit) oluşturma, patojenleri inhibe etme, toksinleri uzaklaştırma ve organoleptik özellikleri iyileştirme kapasitelerine göre seçilmektedir. Gıda üretim uygulamalarında özellikle bakteri suşu seçimi, fermente gıdaların menakinon içeriğini değiştirmektir (Walther vd., 2013). Menakinonların içeriğini artırma adına en verimli bakteriyel üreticilerinin seçimi, gıda endüstrisinde aktif bir araştırma alanıdır. Tez çalışmamızın ileride bu konuda yapılabilecek çalışmalara literatür bilgi sağlaması ve yol göstermesi ön görülmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Tez çalışmasında turşu üretiminde hammadde olarak beyaz lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *Alba*), Isparta'daki yerel pazardan temin edilmiştir. Turşu üretiminde kullanılan *L. plantarum* kültürü Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü kültür koleksiyonundan stok kültür olarak temin edilmiş ve MRS broth kullanılarak 24 saatlik periyotlarla iki kez aktifleştirilmiştir. Probiyotik turşu mayasını (Sevdanem, Teknokent, Isparta) Danem Ltd. Şti sağlamıştır. Ürün ambalajında bakteri içeriği *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus helveticus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* olarak bildirilmiştir.

3.2. Metot

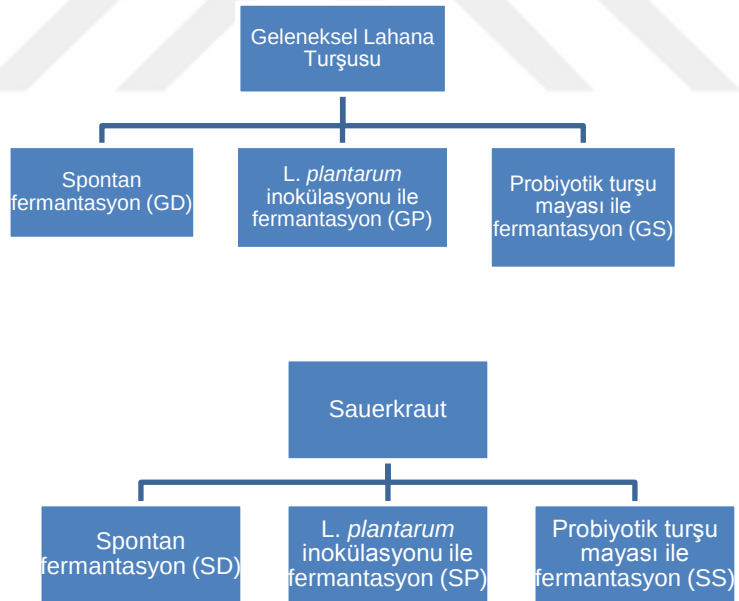
3.2.1. Lahanalardan turşu üretimi

Lahana turşusu üretiminde formülasyonun belirlenmesi için literatürden faydalanılmıştır (Aktan vd., 1998). Geleneksel (salamurda) turşu üretimi için yerel pazardan temin edilen beyaz lahanalar, iri parçalar halinde parçalanmış, cam kavanozlara doldurulmuş ve kaynatılmış soğutulmuş içme suyu içerisinde %8 tuz ve %1 sitrik asit içeren salamura üzerini kapatacak kadar doldurulmuştur. Sauerkraut için lahanalar 3-4 mm kalınlıkta doğranmış %2,5 tuz ile hafifçe ovularak cam kavanozlara sıkıca doldurulmuştur. (Şekil 3.1). Kavanozun biri doğal fermantasyona bırakılırken birisine %2 oranında aktif *L. plantarum* kültürü eklenmiştir. Bir diğer kavanoza ise probiyotik turşu mayası kullanım talimatına göre Litreye 1 paket (0,5 g; Sevdanem, Danem Ltd. Isparta 0,5g/L) olacak şekilde ilave edilmiştir.



Şekil 3.1. Turşu üretiminden görüntüler

Projede örnekleme Şekil 3.2'deki gibi yapılmıştır:



Şekil 3.2. Deneme planı ve örnekler

Fermentasyon için hazırlanan turşular oda sıcaklığında 15 gün fermentasyona bırakılmıştır. Haftalık olarak alınan örneklerin mikrobiyal ve fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. 15. Günde hızlı pH düşüşü ve fermentasyon sürecinde duyusal kalitede bozulmalar meydana gelmesi ile fermentasyon 15. günde

sonlandırılmıştır. Fermentasyon bitiminde duyuşal değerlendirme eğitimi panelist grup tarafından yapılmıştır. Antioksidan analizleri ve K2 vitamini analizi için örnekler -20°C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

3.2.2. Turşularda ve taze örneklerde yapılan fizikokimyasal analizler

3.2.2.1. pH tayini

Örneklerin pH değeri, homojenizasyon sonrası dijital pH metre (Schott Lab, Almanya) kullanılarak ölçülmüştür.

3.2.2.2. Titrasyon asitliği tayini

Titrasyon asitliği tayini için, örnekler belirli miktar saf su ilave edilip homojenize edildikten sonra kaba filtre kâğıdından süzölüp, filtrattan 25 mL bir erlen içerisine alınmıştır. Birkaç damla %1'lik fenolftalein indikatörü damlatılarak sonra 0,1 N NaOH çözeltisi ile pembe renk görölünceye kadar titre edilmiştir. Titrasyon asitliği, aşığıdaki formölnden hesaplanmıştır.

$$\text{Titrasyon Asitliği \%} = (V \times F \times E \times 100) / M$$

V: Harcanan NaOH miktarı, mL

F: NaOH çözeltisinin faktörü

E: 1 ml 0,1 N NaOH'e eşıdeğer asit miktar, g (Laktik Asit: 0,006898)

M: Gerçek örnek miktarı g

3.2.2.3. Suda çözünür kuru madde tayini

Sauerkraut örneklerinde ilk sıkılan birkaç damla suyundan, turşu örneklerinde ise salamuradan örnek alınarak dijital refraktometre ile (Hanna HI 96801, Almanya) ölçülmüştür.

3.2.2.4. Tuz tayini

Tuz tayini Mohr Yöntemi ile yapılmıştır. Yöntem ortamda bulunan Cl- iyonlarını AgNO₃ ile muamele ederek AgCl halinde çöktürmek ve reaksiyona girmeyen AgNO₃'ın, indikatör olarak ilave edilen potasyum kromat ile kiremit kırmızısı renkli gümüş kromat oluşturması esasına dayanır. Homojen hale getirilen örnekler 100 mL'lik ölçü balonuna aktarılmış ve balon hacmine kadar sıcak saf su ile tamamlanmıştır. Çözelti filtre edilmiş, filtrattan 25 mL erlene aktarılmış ve 1 N NaOH ile nötralize edildikten sonra indikatör olarak 1mL %5'lik potasyum kromat (K₂CrO₄) ilave edilmiştir.

0,1N AgNO₃ çözeltisi ile titrasyon sonucunda titrasyonda harcanan miktar hesaplamada kullanılmıştır.

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

V= Harcanan AgNO₃ çözeltisinin hacmi (mL)

N= Ayarlanan AgNO₃ çözeltisinin derişimi

m = Alınan numune miktarı (g)

SF= Seyreltme faktörü

3.2.3. Turşularda ve taze örneklerde yapılan mikrobiyolojik analizler

3.2.3.1. *Lactobacillus* spp. sayımı

Lactobacillus spp. Sayımı için FTS ile hazırlanan uygun dilüsyonlardan petri kaplarına 1'er ml aktarılmış ve 50 °C sıcaklıktaki De Man Rogosa and Sharpe Agar (MRS, Merck) besiyeri dökülerek karıştırılmıştır. Dökme kültüre sayım yöntemi ile ekim yapılan petriler 37 °C'da 48 saat süreyle inkübe edilmiş ve inkübasyon sonunda gelişen koloniler sayılmıştır. Sonuçlar "koloni oluşturan birim" kob/mL olarak ifade edilmiştir.

3.2.3.2. Toplam maya ve küf sayımı

Uygun dilüsyonlardan petri plaklarına 2'şer paralelli olarak 1'er ml aktarılmış, üzerine 50°C'ye soğutulmuş ve Potato Dekstrose Agar'dan (PDA) dökülmüştür. Hazırlanan petri plakları 25°C'de 5 gün inkübe edilerek sayımlar gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.3. Toplam koliform sayımı

Toplam koliform bakteri sayımı için uygun dilüsyonlardan (10^{-1} ve 10^{-2}) 2'şer paralelli olarak Violet Red Bile Agar'a (Merck) dökme ekim yapılmış ve petriler 37°C sıcaklıkta 24 saat inkübe edildikten sonra gelişen koloniler koliform grup mikroorganizma olarak sayılmıştır.

3.2.4. Biyoaktif özelliklerinin belirlenmesi için yapılan analizler

Turşuların biyoaktif özelliklerinin belirlenmesi için toplam fenolik madde (TFM) içeriği, ORAC ve TEAC yöntemleri ile antioksidan aktivite, askorbik asit (C vitamini) içeriği ile K2 vitamini içerikleri (MQ-4 ve MQ-7) incelenmiştir.

3.2.4.1. Taze ve turşu örneklerinde ekstraksiyon işlemi

Lahana turşusu örneklerinin antioksidan özelliklerini belirlemek amacıyla, örneklerin içeriğindeki fenolik bileşiklerin eldesinde %50 metanol içeren çözelti kullanılmıştır (Özer ve Yıldırım, 2019). 5 g örnek tartılmış ve ağırlığının 10 katı kadar %50 oranındaki metanol/su çözeltisi kullanılmıştır. Homojenizatör yardımıyla homojen hale getirilen örnekler, kaba filtre kâğıdından süzölmüş, TFM ve antioksidan aktivite analizleri için kullanılmıştır.

3.2.4.2. Toplam fenolik madde miktarı (TFM) analizi

Toplam fenolik madde (TFM) miktarı kolorimetrik Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir (Singleton ve Rossi, 1965; Singleton vd., 1999). Uygun

seyreltmeler yapılan örneklere %20 sodyum karbonat çözeltisi ve folin ayracı ilave edilmiştir. 2 saat reaksiyon süresinin tamamlanmasının ardından spektrofotometrede (Shimadzu Scientific Instruments, Inc., Tokyo, Japonya) 760 nm dalga boyunda örneklerin absorbans değerleri belirlenmiştir. Örneklerin absorbans değerleri gallik asit standart eğrisinden elde edilen denklemde yerine yerleştirilerek örneklerin TFM miktarları mg/100 g gallik asit cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.4.3. Oksijen radikali antioksidan kapasite (ORAC) tayini

Örneklerin toplam antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden birisi Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi (ORAC) yöntemidir. Antioksidan aktivite ölçümü kinetik olarak Biotek Synergy™ HT Multi-Detection Mikroplaka Okuyucu (Winooski, Vermont, USA) cihazında gerçekleştirilmiştir. Çeşitli dilüsyonlarda hazırlanan örnekler ve troloks standart çözeltilerinden 25 µL mikroplaka kuyucuklarına aktarılmıştır. Mikroplaka kuyucuklarına cihaz tarafından otomatik olarak floressein çözeltisinin ilavesi sonrası 37 °C'de karanlıkta 30 dakika inkübasyon süresi beklenmiştir. Süre bitiminde mikroplakadaki kuyucuklara 25 µL 2,2'-Azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride (AAPH) çözeltisi yine cihaz tarafından ilave edilerek 37 °C'de karanlıkta 90 dakika sürecek reaksiyon başlatılmıştır. Reaksiyon süresinin her dakikasında 485–520 nm egzitasyon-emisyon dalga boyunda floresans okuma yapılarak Gen 5™ bilgisayar yazılım programına kaydedilmiştir. Yazılım programı tarafından troloks standart eğri denkleminde hesaplanan ORAC değerleri mmol TE (Troloks Eşdeğeri)/100 g olarak hesaplanmıştır (Wu vd., 2008).

3.2.4.4. Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) tayini

Örneklerin TEAC yöntemi ile toplam antioksidan aktivitesinin belirlenmesi ABTS⁺ radikal katyonunun antioksidan bileşenlerle reaksiyona girmesi sonucunda 734 nm deki absorbansının düşürülmesi prensibine dayanmaktadır (Re vd., 1999). Absorbansı ayarlanmış ABTS çözeltisine uygun

konsantrasyonlarda seyreltilmiş ve homojenize edilmiş örnek ilave edilmiştir. 30 °C de 6 dakika süren reaksiyonun tamamlanmasının ardından absorbans değeri Biotek Synergy™ HT Multi-Detection Mikroplaka Okuyucu (Winooski, Vermont, USA) cihazında okunmuştur. Standart eğri oluşturmak amacıyla farklı troloks konsantrasyonları hazırlanmış ve %inhibisyon denklemi oluşturulmuştur. Sonuçlar mmol TE/100 g olarak ifade edilmiştir.

3.2.5. C vitamini analiz

Askorbik asit tayini 2,6-dichlorophenol (DIP) kullanılarak titrimetrik yöntemle yapılmıştır. 5 g homojenize edilmiş örnek 25 ml %6 oksalik asit ile seyreltilmiştir, filtrasyon sonrasında 2,6-dichlorophenolindophenol çözeltisi ile titre edilmiştir (Cemeroğlu, 2013).

$$\text{Askorbik Asit Miktarı (mg/100 g)} = V \times F \times 100 / W$$

V: Titrasyonda harcanmış olan 2,6- diklorofenolindofenol çözeltisi miktarı, (ml)

F: 2,6-diklorofenolindofenol çözeltisinin faktörü. Yani, bu çözeltinin 1 ml'sinin eşdeğer olduğu askorbik asit miktarı, (mg)

W: Titrasyonda kullanılan filtratın içerdiği örnek miktarı,(g) (Bu değer 100 ml'lik balona alınan ezmedeki örnek miktarından veya kimi zaman yapıldığı gibi doğrudan alınan esas örnek miktarından yararlanılarak hesaplanır.)

3.2.6. K2 vitamini analizi

Turşu örneklerindeki K2 vitamini ekstraksiyonu için 10 gr örnek 1 ml aseton ve 0,5 g deniz kumu ilave edildikten sonra öğütülmüştür. Daha sonra 100 ml aseton ilave edilmiş; homojenize edilmiştir. 100 ml su eklendikten sonra çözelti 100 ml hekzan ile üç kez ekstrakte edildikten sonra, toplanan hekzan fraksiyonları 37 ° C sıcaklıkta N₂ gazı akışı altında evapore edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar 1 ml hekzan kullanılarak çözülmüş, kolon sonrası redüksiyon yöntemi ile fluroesan dedektörlü HPLC cihazında kantitatif analizi yapılmıştır (Gijssbers vd., 1996).

HPLC koşulları aşağıda verilmiştir:

- Detektör : Exitation 243 nm, emision 430 nm
- Enjeksiyon hacmi: 20ul
- Pompa akış hızı : 1ml/min
- Analitik Kolon : Ters Faz, Phemomenex, Aqua 5 μ C18, 250X4.60 mm
- Ön Kolon : Çinko metal tozu ile doldurulmuş kolon
- Analiz süresi :15 dak.

3.2.7. Duyusal değerlendirme

Turşu örneklerinin fermantasyonun tamamlandığı kabul edilen 15. gün sonundaki duyusal analizleri tanımlayıcı duyusal analiz ile yapılmıştır. Tanımlayıcı kelimeler literatürden faydalanılarak belirlenmiş, ardından ön denemeler ile kararlaştırılmıştır. Görünüm, renk, koku, fermente lahana kokusu, mayamsı koku, doku, ağızda sertlik, ekşilik, mayamsı tat, ham lahana tadı, tuzluluk ve genel beğeni parametreleri bakımından turşu örnekleri değerlendirilmiştir. Duyusal panelinde 14 kişilik panelist grubu yer almıştır. Duyusal analizde kullanılan değerlendirme formu EK-1’de verilmiştir.

3.2.8. İstatistik analiz

Bu çalışma üç tekerrür ve iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde iki yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Gruplar arası farklılığın belirlenmesinde Tukey testi ($p<0,05$) kullanılmıştır.

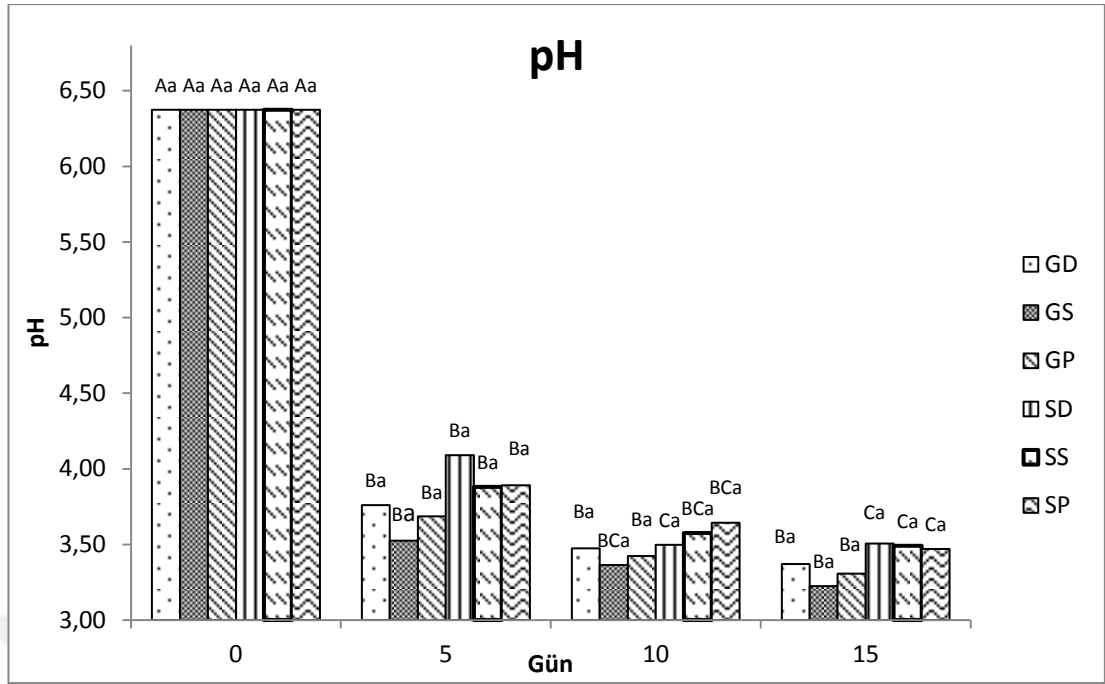
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Fermentasyon Süresince Örneklerdeki Bazı Fizikokimyasal Özelliklerdeki Değişimler

Isparta yerel pazarlardan temin edilen taze lahana ve belirli aralıklarla (0. , 5. , 10. ve 15. gün) analize alınan turşu örneklerinde; fizikokimyasal özellikler 3 tekerrürlü çalışılmış, her tekerrür 2 paralelli olacak şekilde analize alınmış ve örneklerle ait pH, asitlik, tuz değişimleri ve suda çözünür kuru madde miktarının fermentasyon sürelerine bağlı değişimleri sırasıyla aşağıda verilmiştir. Ph, titrasyon asitliği ve tuz içeriği fermente ürünlerin temel kalite özelliklerinden birisidir ve fermentasyon sürecinin takibinde öneme sahiptir. Örneklerin fermentasyon süresince ölçülen fizikokimyasal özellikleri Ek 2’de verilmiştir.

4.1.1. pH değeri sonuçları

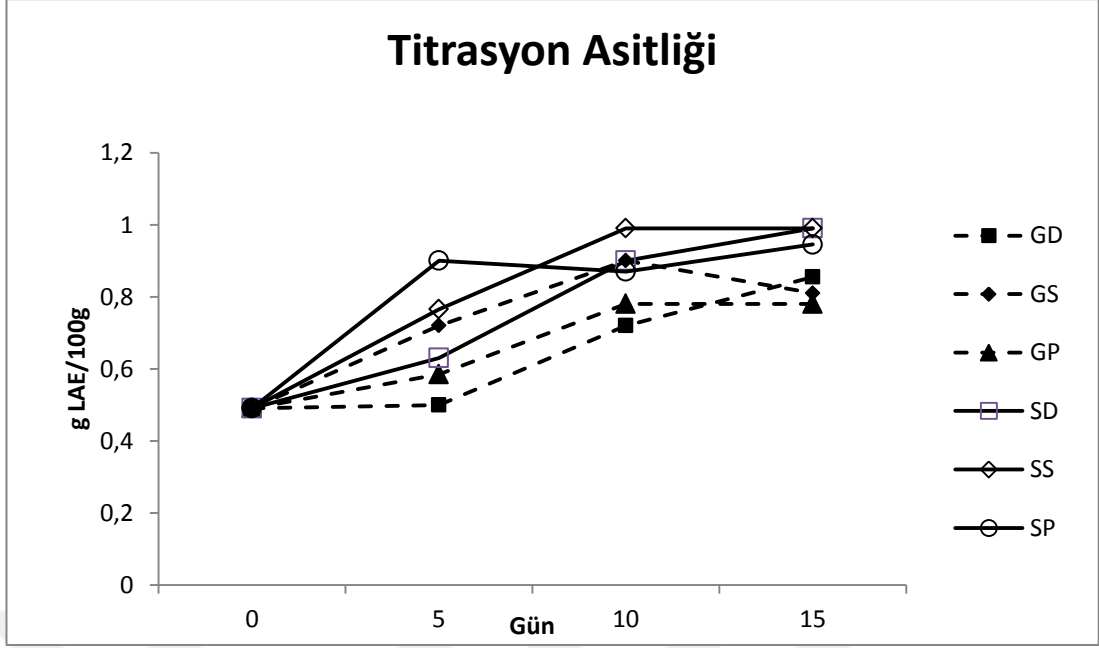
Örneklerde fermentasyon sürecinde pH değişimi Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Başlangıçta taze lahana örneklerinin pH değeri 6,37 bulunmuştur. Fermentasyonun başlatılmasıyla pH hızla düşerek son gün yapılan analizde ise GD örneğinin pH değeri 3,57 ve SD örneğinin pH değeri 3,51 bulunmuştur. Örnekler arasında pH değerleri bakımından anlamlı farklılık bulunmazken, başlangıç pH değerleri ile ilerleyen depolama günleri arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bütün örneklerde fermentasyonunun ilerleyişi ile birlikte pH değerleri düşmüştür. Özer ve Yıldırım (2019) pH değerini lahana turşularında 4,05; sauerkraut örneklerinde 4,15 olarak tespit etmiştir.



Şekil 4.1. Örneklerin fermentasyon süresince pH değişimleri (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir ($p < 0,05$))

4.1.2. Toplam asitlik

Taze lahana örneklerinde 0,2-0,3 g laktik asit eşdeğeri (LAE) / 100 g olarak belirlenen toplam asitlik miktarı artarak fermentasyonun 15. Gününde salamura örneklerde 0,8-1 g LAE/ 100 g ve sauerkraut örneklerinde 1,1-1,3 g LAE/ 100 g aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



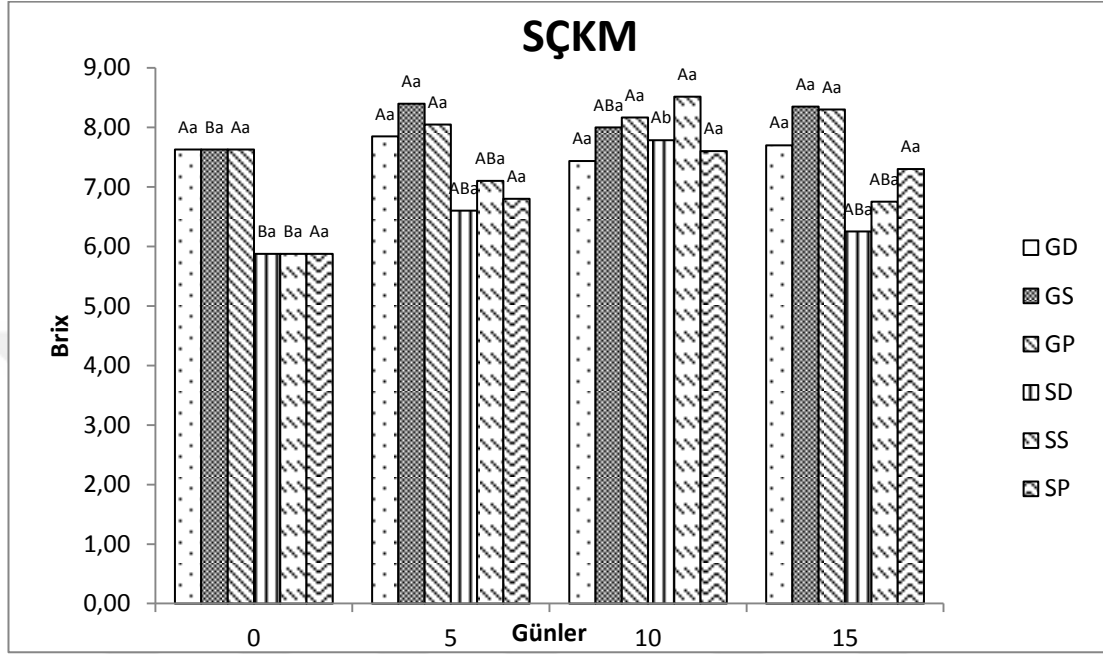
Şekil 4.2. Fermantasyon süresince toplam asit miktarındaki değişim (g LAE/100 g)

Genel olarak örneklerde fermentasyonun ilerleyişi ile titrasyon asitliği artmıştır. Özer ve Yıldırım (2019) toplam asit miktarını lahana turşularında %0,43; sauerkraut örneklerinde %1,09 olarak tespit etmiştir. Ay-Tezcan vd., 2020 lahana turşularının fermentasyonun 20. günündeki titrasyon asitliği değerlerini %0,84-0,92 aralığında bulmuşlardır.

4.1.3. Suda çözünür kuru madde

Turşu örneklerinde sebze dokusundaki suda çözünür kuru madde (SÇKM-brix) salamura ya da dış ortama salınması bunun yanında tuzun sebze dokusuna geçişi aynı anda gerçekleşmektedir. Bunun yanı sıra mikroorganizmalar tarafından basit karbonhidratların metabolize edilmesi sebebiyle SÇKM içeriği fermentasyon sürecinde değişiklik meydana gelmektedir. Başlangıçta SÇKM miktarı geleneksel lahana turşusu örneklerinde 7,63 ve sauerkraut örneklerinde 5,87 olarak tespit edilirken fermentasyonun ilerlemesiyle iki grupta da SÇKM içeriği artış göstermiştir. analizde GD örneğinin suda çözünür kuru madde miktarının 7,70 yükseldiği bulunmuştur (Şekil 4.3). Örnekler arasında suda çözünür kuru madde miktarları arasında farklılık anlamlı bulunmuştur. 5. gün yapılan analiz de daha belirgin olmakla beraber özellikle geleneksel ve

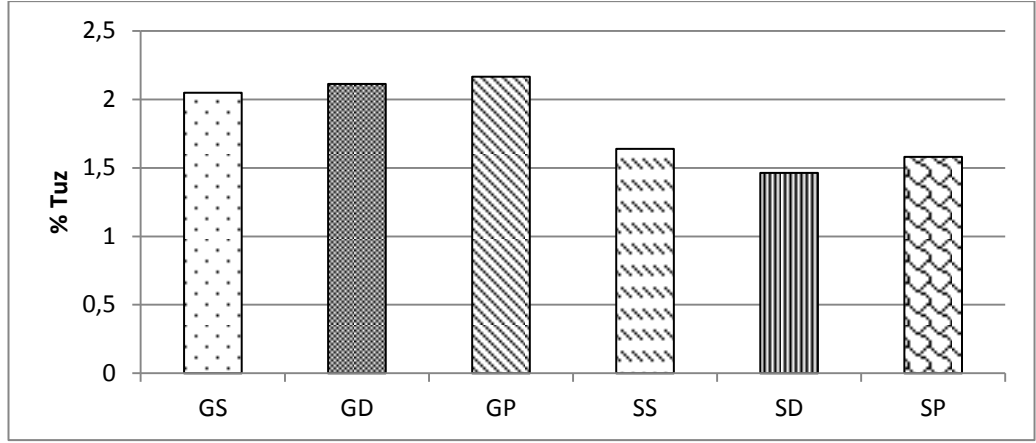
sauerkraut örnekleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Genel olarak örneklerde depolama boyunca suda çözünür kuru madde miktarı artış göstermektedir. Lahana bileşenlerinin salamura ve suya geçişine bağlı olarak suda çözünür kuru madde miktarında artış meydana gelmiştir.



Şekil 4.3. Suda çözünür kuru madde sonuçları (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir.)

4.1.4. Tuz içerikleri

Fermantasyonun 15. Gününde turşuların Mohr yöntemi ile belirlenen %tuz içerikleri Şekil 4,4'de gösterilmiştir. Örneklerin %tuz içerikleri %1,46- 2,17 olarak belirlenmiştir. Geleneksel lahana turşularında tuz miktarı salamurada daha yüksek oranda tuz kullanılmasına bağlı olarak daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,05$). Kullanılan kültürler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. Aktan vd. (1998) sauerkrautta tuz miktarını %2-3, salamura turşuda %5-8 olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada salamura turşularda daha düşük bulunan tuz içeriği fermantasyon süresinin daha kısa olması ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür.



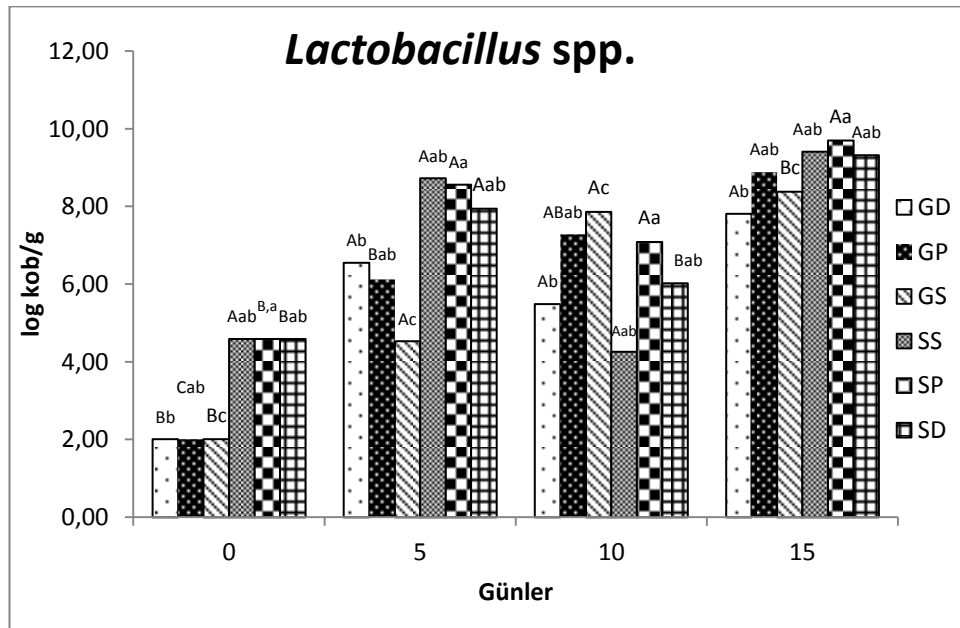
Şekil 4.4. Fermentasyon sonunda örneklerin tuz içerikleri (%)

4.2. Fermentasyon Süresince Mikroorganizma Sayılarındaki Değişimler

Fermentasyonun 0, 5, 10 ve 15. günlerinde alınan örneklerde aşağıdaki mikrobiyal sayımlar yapılmıştır.

4.2.1. *Lactobacillus* spp. içeriği

Lactobacillus spp. içeriği hazırlanan dilüsyonlardan MRS agara ekim yapılarak dökme kültür yöntemi ile belirlenmiştir ve Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



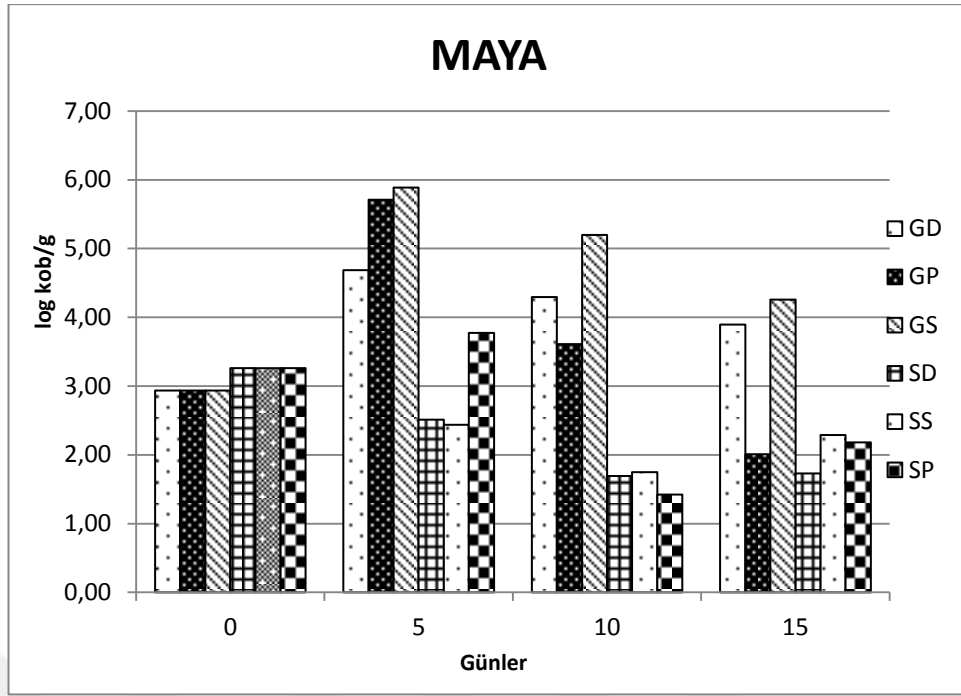
Şekil 4.5. *Lactobacillus* spp. içeriği (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir, $p < 0,05$).

Başlangıç örneklerinin *Lactobacillus* spp. içerikleri; geleneksel turşu örneğinde 2,01 log kob /g ve Sauerkraut örneklerinde de 4,59 log kob /g bulunmuştur 15. günde ise GD örneğinin içeriği 7,82 log kob /g' a yükselirken SD örneğinin 9,32 log kob /g' a yükselmiştir. Son gün 9,42- 9,75 log kob /g ile en yüksek *Lactobacillus* spp. içeriği SS ve SP örneklerinde tespit edilmiştir. Genel olarak tüm örneklerde *Lactobacillus* spp. içeriği depolama süreci boyunca genel olarak artmıştır. Sauerkraut örneklerinde laktobasil içeriği daha yüksek bulunmuştur.

Yoon vd., (2005) 30 C⁰ sıcaklıkta lahana sularında laktik kültürlerin iyi geliştiğini, 48 saat fermentasyondan sonra canlı hücre sayısının 10⁸ kob/mL olduğunu bildirmişlerdir. Farklı konsantrasyonlarda tuz, sirke ve limon suyu içeren salamuralar kullanılarak üretilen lahana turşularında, %5 limon suyu içeren lahana turşularının salamurasında 20. gündeki laktik asit bakteri içeriği 5,34 log kob/ml olarak bildirilmiştir (Ay-Tezcan vd., 2020). Lahana turşusunda LAB sayısı 16. günde 7,28 log kob / g bulunurken fermentasyonun son günü olan 50. günde 6,28 olarak tespit edilmiştir (Özkan, 2016).

4.2.3. Maya içeriği

PDA (Potato Dextrose Agar) agara dökme kültür yöntemi ile ekim yapılan ve 25 °C sıcaklıkta 5 gün inkübasyon sonunda petrilere sayımları yapılarak belirlenen örneklerin maya içerikleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



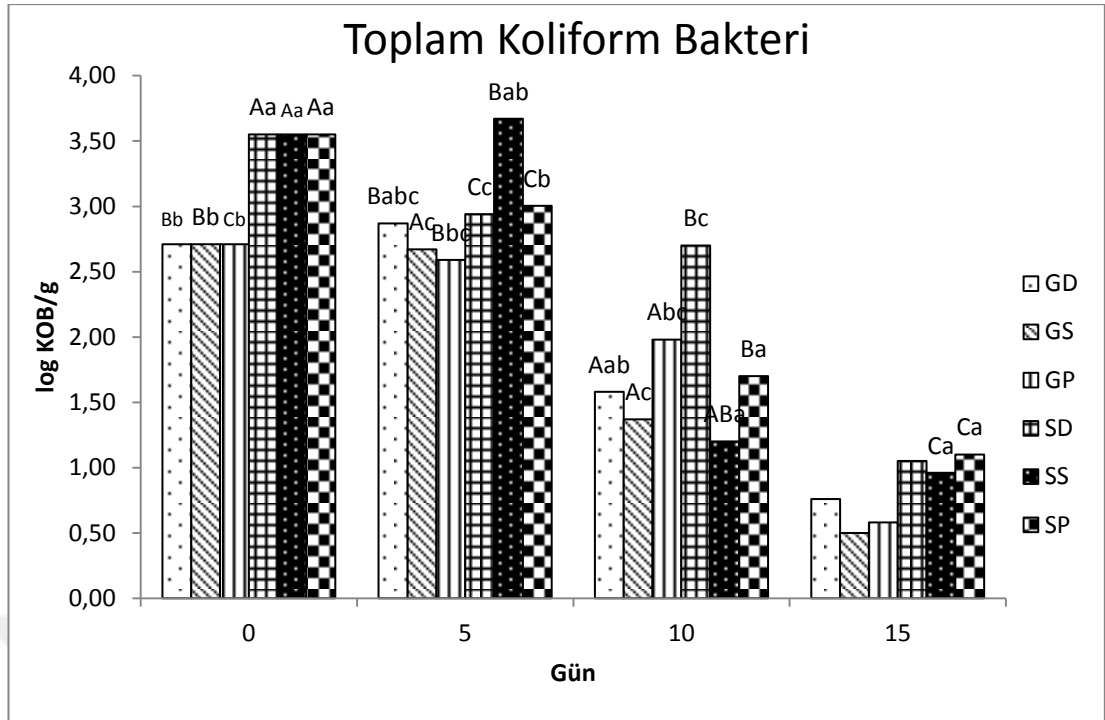
Şekil 4.6. Lahana turşusu örneklerinde fermantasyon sürecinde maya-küf içeriği (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir, $p < 0,05$).

Başlangıçta örneklerin maya içerikleri; GD örneğinde 2,94 log kob /g ve SD örneğinde 3,26 log kob /g bulunurken son gün ise GD örneğinin içeriği 3,89 log kob /g yükselmiştir. Fermantasyonun son gününde 4,26 log kob /g ile en yüksek maya-küf içeriği GS örneğinde tespit edilmiştir.

Geleneksel yöntemle üretilen karışık turşularda (lahana, salatalık, yeşil domates, yeşil biber, havuç vb.) fermantasyonun 30. gününe kadar maya küf gelişimi gözlenmezken, 45 ve 60. Günlerde maya içeriği 3,64 ve 5,27 log kob/g olarak sayılmıştır (Çetin, 2011). Özkan (2016) Lahana turşularında toplam maya içeriğini 16. Günde 5,35 log kob/g, 50. Günde 5,84 log kob/g olarak belirtmiştir.

4.2.4. Toplam koliform bakteri sayımı

Toplam Koliform Bakteri Sayımı VRB agar kullanılarak 37°C sıcaklıkta 48 saat inkübasyon sonunda petrilerde gelişen kolonilerin sayımı yapılarak belirlenmiştir ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Toplam koliform bakteri sayısı (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir $p < 0,05$)

Başlangıçta örneklerimizdeki toplam koliform bakteri sayısı GD için 2,71, SD için 3,55 log kob/g olarak bulunmuştur. Fermantasyonun son gününde 0,50-1,10 kob/g olarak belirlenmiştir. Toprak kökenli olduğu düşünülen başlangıç koliform sayısı, depolama süresi boyunca genel olarak azalmıştır. Depolama süresi boyunca artan laktik asit bakteri aktivitesi ve asitliğin gelişmesi sonucunda bu azalmanın meydana geldiği düşünülmüştür.

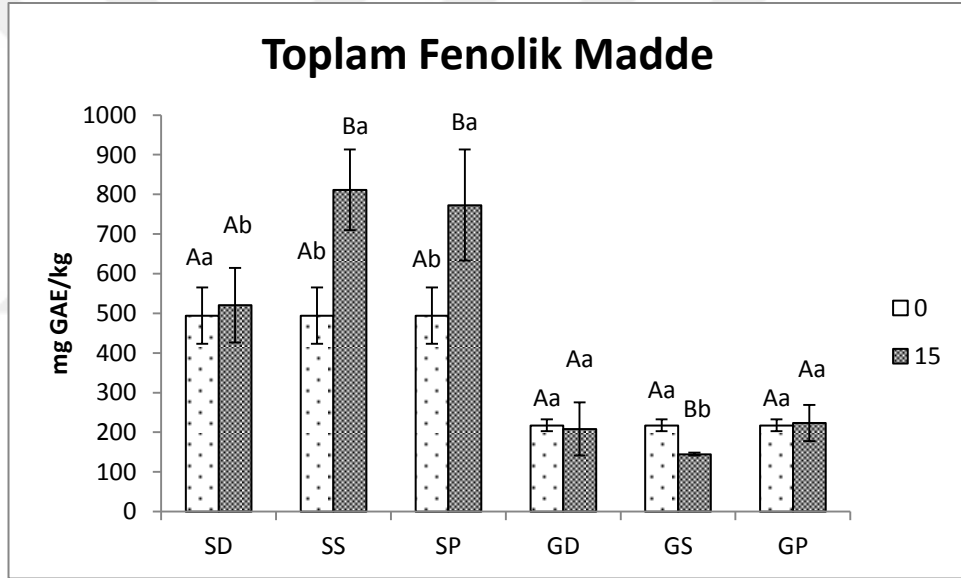
Tuz, sirke ve limon suları kullanılarak üretilen lahana turşularının başlangıç 4,0-4,5 log kob/ml aralığında belirlenen koliform bakteri içeriği fermantasyon sırasında azalarak 20 gün fermantasyon sonunda bazı örneklerde tamamen yok olmuştur (Ay-Tezcan vd., 2020).

L. plantarum kültürü kullanılarak üretilen ve doğal fermantasyonla üretilen karışık turşularda *Enterobacteriaceae* 60 gün fermantasyon sürecinde tespit edilmemiştir (Çetin, 2011).

4.3. Lahana Turşusu Örneklerinin Biyoaktif Özellikleri

4.3.1. Toplam fenolik madde sonuçları

Geleneksel turşu ve sauerkraut örneklerinin Toplam fenolik madde (TFM) tayini sonuçları Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Başlangıçta Sauerkraut örneklerinde 500 mg GAE/kg ve salamura turşularda 210 mg GAE/kg olarak belirlenen TFM içeriği fermentasyonla artış göstermiştir. En fazla artış probiyotik turşu mayası kullanılarak üretilen sauerkraut örneklerinde (SS) görülmüştür. Sauerkraut örneklerinde fermentasyon ile TFM miktarında önemli artış görülürken, geleneksel turşu örneklerinde belirgin bir değişim olmamıştır.



Şekil 4.8. Geleneksel ve Sauerkraut lahana turşusu örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir p<0,05)

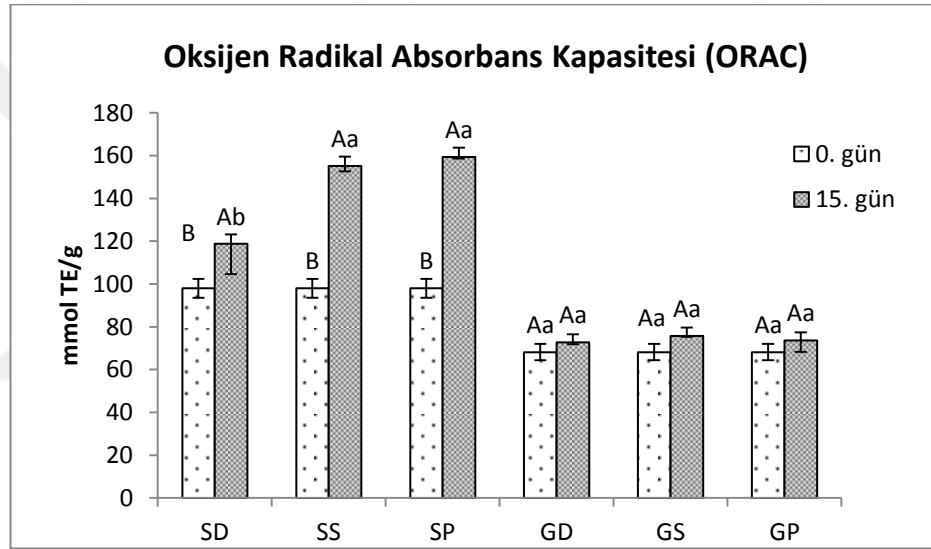
Kimchi, salamura lahana turşusu ve sauerkraut örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri kıyaslanmış, kimchi en yüksek TFM içeriğine sahip bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde Sauerkraut örneklerinin TFM içeriği 438,25 mg GAE/100 g olarak salamura lahana turşusundan daha yüksek bulunmuştur (Özer ve Yıldırım, 2019). Chun vd. (2004) çeşitli sauerkraut örneklerinde toplam fenolik madde içeriğini 57,3 ve 85,5 mg GAE olarak belirlenmiştir.

Salamurada lahana turşularının 16. ve 50. gün toplam fenolik madde miktarı 74,3 ve 43,7 mg GAE/100 g olarak belirlenmiştir (Özkan, 2016).

4.3.2. Antioksidan aktivite tayini

4.3.2.1. Oksijen radikal absorbens kapasitesi (ORAC)

ORAC değerleri Biotek Synergy™ HT Multi-Detection Microplate Reader (Winooski, Vermont, USA) kullanılarak kinetik olarak belirlenmiştir ve Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

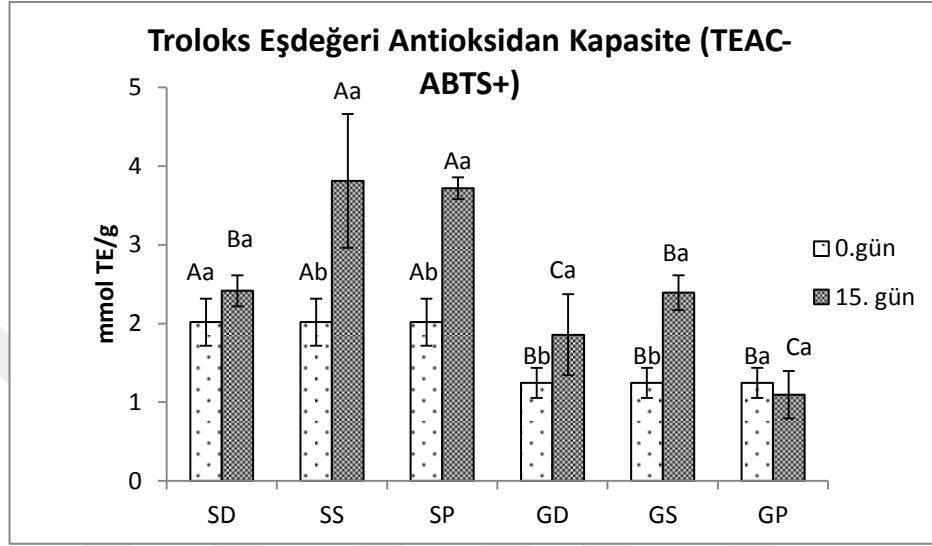


Şekil 4.9. Örneklerin oksijen radikal absorbens kapasitesi (ORAC) değerleri (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harfle gösterilmiştir p<0,05)

Fermantasyon başlangıcında geleneksel turşu örneklerin 72,69; sauerkraut örneklerinde ise 98 mmol TE/100 g olarak belirlenen ORAC değerleri fermantasyon ile artış göstererek Sauerkraut örneklerinde 118-159 mmol TE/100 g aralığında olarak belirlenirken; salamura örneklerde 72-75 mmol TE/100 g aralığında bulunmuştur. TFM sonuçlarına benzer olarak sauerkraut örneklerinde ORAC değerleri daha yüksek bulunmuştur. Beyaz lahanadan *L. plantarum*, *L. mesenteroides* ve her ikisinin karışık kültürü kullanılarak üretilen sauerkraut örneklerinde ORAC değerleri fermantasyon prosesi ile artarak 142-164 mmol TE/100 g tespit edilmiştir (Martinez-Villaluenga vd., 2012).

4.3.2.2. Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC-ABTS+)

TEAC değerleri ABTS+ radikal katyonunun inhibisyonuna bağlı olarak Troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Örneklerin 0 ve 15. gün TEAC değerleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Örneklerin troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC-ABTS+) değerleri (Örnekler arası farklar küçük harflerle, günler arası farklar büyük harflerle gösterilmiştir $p<0,05$)

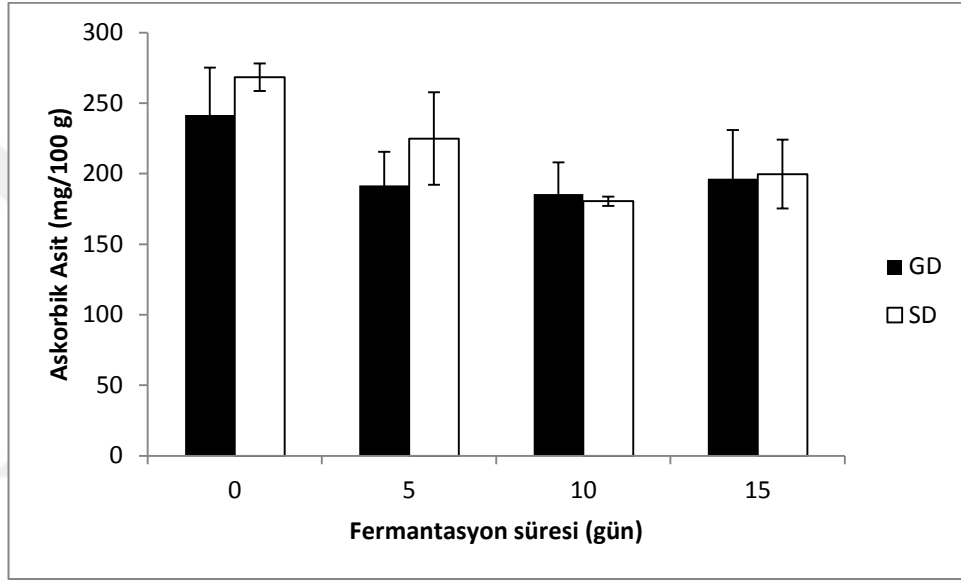
Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite fermantasyon ile artış göstermiştir. Sauerkraut örneklerinde daha yüksek bulunmuştur. Taze örneklerde 1,25-2,02 mM TE/g olarak belirlenen TEAC değerleri artarak sauerkraut örneklerinde 2,42-3,81 ve salamura turşu örneklerinde 1,10-2,39 mM TE/g olarak tespit edilmiştir. Fermantasyon prosesi ORAC ve TFM sonuçlarına benzer şekilde örneklerin antioksidan içeriklerinde artışa neden olmuştur.

Sauerkraut örneklerinde TFM ve antioksidan aktivitede artış olmasının sebebi lahanaların parçalanmasıyla antioksidan özellikli bileşenlerin açığa çıkması, mikroorganizmaların faaliyetinin artan yüzey alanında daha fazla olması ve diğer kimyasal işlemlere bağlanmıştır.

Özkan (2016) lahana turşusunda başlangıçta 108 mg TEAC/100 g olan antioksidan aktivite değerini fermentasyonun çeşitli günlerinde takip etmiş, 50. günde 142 mg TEAC/100 g olarak belirtmiştir.

4.3.2.3. Askorbik asit tayini

Askorbik asit tayini 2,6-dichlorophenol (DIP) kullanılarak titrimetrik yöntemle yapılmıştır ve sonuçlar Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Fermentasyon süresince askorbik asit miktarındaki değişim

Başlangıçta askorbik asit miktarı GD örneğinde 241,75 ve SD örneğinde 268,28 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Örnekler arasında askorbik asit içeriğinde farklılık önemli bulunmamıştır. Askorbik asit miktarı fermentasyon boyunca azalarak 196,35-199,7 mg/100 g olarak belirlenmiştir.

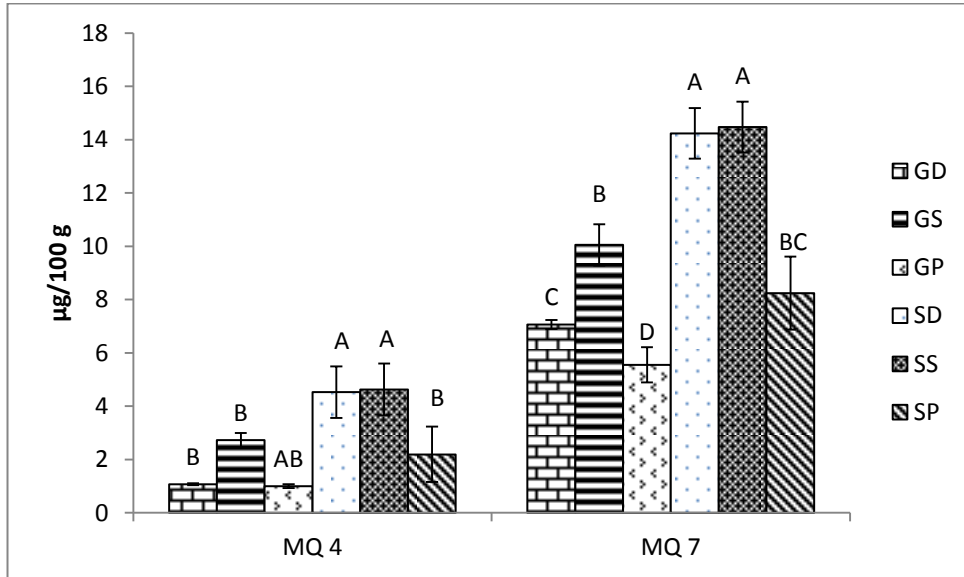
Singh vd. (2007) *Brassica* sebzelerinin biyoaktif bileşenlerini inceledikleri çalışmada, beyaz lahananın Taler kültivarının taze ağırlık olarak 5,7-23,5 mg/100 g olan C vitamini içeriğinin karnabahar, Brüksel lahanası, Çin lahanasından yüksek, brokoliden düşük olduğunu vurgulamışlardır.

Özer ve Yıldırım (2019) kimchi, salamura lahana turşusu ve sauerkraut örneklerinde vitamin C içeriklerini 77, 208 ve 110 mg askorbik asit/100 g

olarak belirtmiştir. Martinez-Villaluenga vd., (2012) başlangıçta 329,45 mg/100 g olarak belirlenen Vitamin C içeriğini farklı mikrobiyal kültürler kullanılarak üretilen lahanada turşularında azalarak 234-251 mg/100g olduğunu belirtmişlerdir. Lahanada bulunan indol glukosinolatlar nötral pH değerlerinde öncelikle isotiyosiyanatlara, daha sonra da S grubunu kaybederek indol-3-carbinol, askorbijen ve benzer antikanserojenik özellikli bileşenlere dönüşmektedirler. Glukobrasisin ve askorbik asit askorbijenin prekursorlarıdır. Martinez-Villaluenga vd., (2012) fermentasyon sırasındaki askorbik asitteki azalışını askorbijene dönüşümüne bağlamışlardır.

4.3.2.4. K2 vitamini analizi

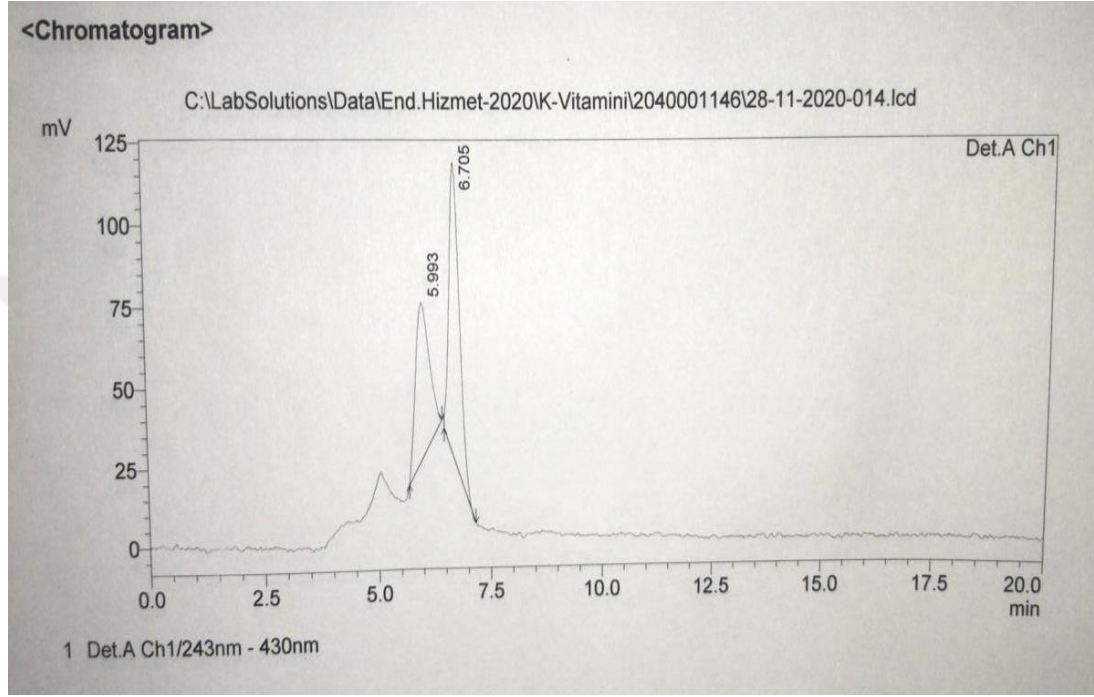
Floresan dedektörlü yüksek performanslı likit kromatografi (HPLC) kullanılarak turşu örneklerinde K2 vitaminlerinden menakinon 4 (MQ-4) ve menakinon 7 (MQ-7) miktarları belirlenmiştir. Örneklerin MQ-4 ve MQ-7 içerikleri Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Örneklerle ait kromatogram görüntüsü Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Örneklerin K2 Vitamini içerikleri (Örnekler arası farklılıklar büyük harflerle gösterilmiştir. $p < 0,05$)

Lahana turşusu örneklerinde MQ-4 içeriği 1,00-4,625 µg/100 g ve MQ-7 5,55-14,48 µg/100 g aralığında tespit edilmiştir. Hem MQ-4 hem de MQ-7 içeriği

bakımından SD ve SS en yüksek değerlere sahip bulunmuştur. Sauerkraut ve Geleneksel turşu örnekleri arasında MQ-4 açısından anlamlı farklılık bulunmuştur. Kültürler arasındaki farklılık incelendiğinde probiyotik turşu mayası ile üretilen turşularda (GS ve SS) daha yüksek MQ-4 ve MQ-7 içeriği tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Lahana turşusu örneğine ait örnek kromatogram

Lahana turşusunun içinde bulundurduğu K vitamini ve magnezyum ile kemik sağlığı üzerine olumlu etki gösterdiği bildirilmektedir. Taze lahanada K1 vitamini içeriği 145 µg/100 g olarak bildirilmiştir (Booth, 2012). Çeşitli yayınlarda Sauerkrautun K2 vitamininin ender bitkisel kaynaklarından biri olduğu bildirilmekle birlikte yapılan literatür taramasında yalnızca bir araştırmada sauerkrautun K2 vitamin içeriği bildirilmiştir. Bahsi geçen çalışmada yerel marketten toplanan çeşitli gıda ürünlerinin K2 vitamini içerikleri incelenmiş; sauerkrautun MQ-4, MQ -5, MQ -6, MQ -7, MQ -8 ve MQ-9 içerikleri sırasıyla 0,4; 0,8; 1,5, 0,2 0,8 ve 1,1 mikrogram/100 g olarak bildirilmiştir (Schurgers ve Vermeer, 2000).

Ultra HPLC yöntemi ile çeşitli fermente ürünlerin K vitamini içeriklerinin incelendiği çalışmada en yüksek filokinon içeriği kimchide (42 µg/100 g), en yüksek MQ-7 içeriği nattoda (902 µg/100 g) bulunmuştur. Aynı çalışmada kefirin MQ-9 içeriği 5 µg/100 g olarak bulunurken, fermente soya fasulyesi ezmelerinin önemli miktarda MQ-6 (5–36 µg/100 g), MQK-7 (12–86 µg/100 g), ve MQ-8 (22–44 µg/100 g) içerdiği bildirilmiştir.

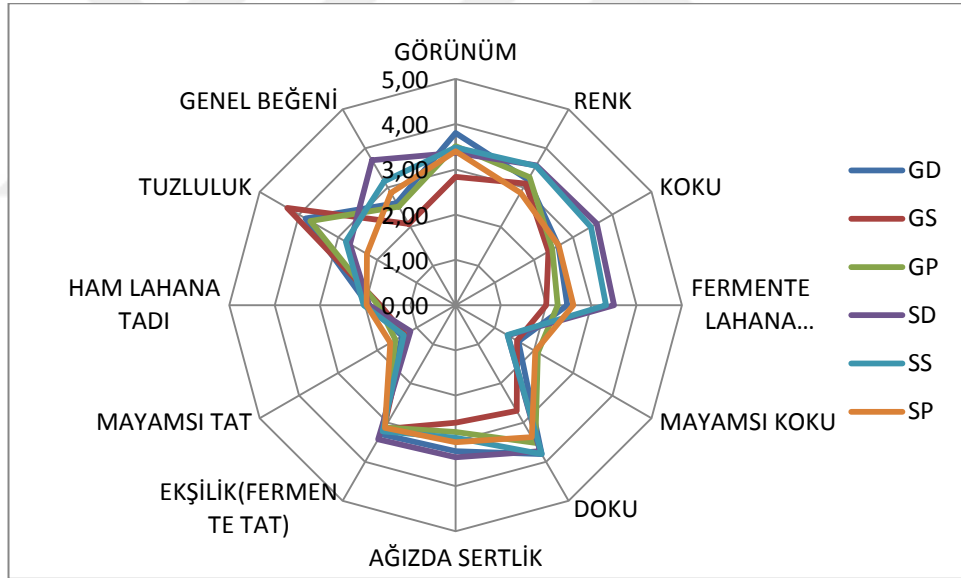
Fu vd. (2017) süt ürünlerindeki vitamin K2 miktarlarını 5,1-38,1 µg/100 g olarak belirlemişlerdir. Manoury vd. (2013) çeşitli peynir ve fermente süt ürünlerinin olduğu 62 adet süt ürünüde MQ-7, MQ-8, MQ-9 ve MQ-10 içeriklerini incelemişlerdir. Bazı örneklerde K2 vitamini tespit edilemezken; bazı örneklerde toplamda 1100 ng/g toplam K2 vitamini bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada termofilik türlerin (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Bifidobacterium*) starter olarak kullanıldığı peynir türlerinde K2 vitamini tespit edilemediği, termofilik türlerin genel olarak K2 vitamini üreticisi olarak bilinmediği belirtilmiştir. Genellikle yüksek K2 vitamini içeriğine sahip örneklerin (>100 ng/g) mezofilik laktokokların starter olarak kullanıldığı örnekler olduğu vurgulanmıştır. Morishita vd. (1999) *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*'in üç suşu, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*'in iki suşu ve *Leuconostoc lactis*'in kuinonların güçlü bir üreticisi olduğunu belirtmişlerdir. *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* YIT 2011 ve *Leuconostoc lactis* YIT 3001 rekonstitue yağsız sütte ve soya sütünde geliştirildiğinde litrede 29-123 µg aralığında olmak üzere diyeteye önemli katkı sağlayacak düzeyde menakuinon üretmişlerdir. Brooijmans vd. (2009) yaptıkları çalışmada *Lactobacillus lactis* MG1363'in anaerobik koşullar altında MQ üretiminin arttığını, çeşitli gelişme koşullarında toplam 142 µg/L MQ üretebildiklerini rapor etmişlerdir.

Bu çalışmada kullanılan probiyotik turşu mayasında bulunan LAB genellikle termofilik gelişmeye uygun organizmalardır. Manoury vd. (2013) peynirde termofilik bakterilerin MQ üretmediğini belirtmiş olmasına rağmen bu çalışmada en yüksek MQ üretiminin starter olarak probiyotik turşu mayasının kullanıldığı örneklerde tespit edilmiş olmasının sebebi mikroorganizmaların farklı besi ortamında bulunması ve bakterilerin sinbiyotik ilişkilerinden

kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra yapılan literatür taramasında bu çalışmada bir diğer starter olarak kullanılan ve çeşitli turşularda hakim mikroorganizma olarak bilinen *Lb. plantarum*'un MQ üretimine dair çalışmaya rastlanmamıştır. Doğal fermentasyon ile üretilen turşularda ise lahananın kendi mikroflorasından gelen LAB fermentasyonda rol almıştır. Bu çalışma kapsamında mikrobiyal tanımlama yapılmadığı için bireysel olarak mikroorganizmaların MQ üretimindeki rolü hakkında yorum yapılamamıştır.

4.4. Duyusal Analiz Sonuçları

Lahana turşularında duyuşal değęerlendirme, eğitilmiş panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Duyusal analiz sonuçları

Panelistlerden üretilen doğal ve turşu starteri kullanılarak üretilen fermente turşuları görünüm, doku, koku ve tat vb. özelliklerinin değęerlendirilmesi istenmiştir. Örnekler arasında koku, doku, görünüm, tuzluluk ve genel beğeni parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Örneklerin genel beğeni seçeneğinde aldıkları puanlar 2,07 ve 3,67 arasında değışmektedir ve en yüksek puanı SD örneğı almıştır. En düşük puanı

ise GS örneği almıştır. Doğal (SD) ve turşu starteri (SS) kullanılarak üretilen sauerkraut örnekleri görünüm, renk, ekşilik (fermente tat) ve genel beğeni seçeneklerinde panelist grubundan daha yüksek oylar almıştır. *Lactobacillus plantarum* saf kültürü kullanılarak üretilen Sauerkraut örnekleri en düşük oyları almıştır. Alınan sonuçlara göre starter kültür eklenmiş olmasının depolama süresince beğeni düzeylerini artırmadığı anlaşılmaktadır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyanın şu an içinde bulunduğu pandemi döneminde, her geçen gün olumsuz çevre şartlarının arttığını da düşünerek; insan sağlığının olumsuzluklardan minimum düzeyde etkilenmesi, vücut direncinin güçlendirilmesi adına sağlıklı ve fonksiyonel özelliklere sahip gıdaların tüketilmesi önem arz etmektedir. Bu tez çalışması sonucunda elde edilen bulgular, sağlık açısından pek çok yararı olduğu vurgulanan fermente ürünlerden biri olan lahana turşusunun diyetle bol miktarda yer alması tavsiyesini destekler niteliktedir.

Bu tez çalışmasında beyaz lahanadan Geleneksel lahana Turşusu ve Sauerkraut üretimi yapılmıştır. Her iki tip turşu için üç farklı fermentasyon uygulanmıştır. Birinci gruba spontan-doğal fermentasyon uygulanmıştır. Diğer iki gruptan bir gruba ticari probiyotik turşu starteri ilave edilerek fermentasyona bırakılmıştır. Üçüncü grup ise *L. Plantarum* kültürü kullanılarak fermente edilmiştir. Turşuların biyoaktif özelliklerine, fizikokimyasal özelliklerine, mikrobiyal sayılarına fermentasyona eklenen kültürlerin etkisi ve farklı fermentasyon tiplerinin etkisi tespit edilmesi amaçlanmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Lahana turşusu örneklerinde yapılan fizikokimyasal analiz sonuçlarından pH değeri, titrasyon asitliği, tuz miktarı ve suda çözünür kuru madde miktarları değerlendirildiğinde fermentasyon sürelerine bağlı olarak değişme göstermiştir.
2. Lahana turşusu örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçlarında *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp. ve maya içeriği tüm örneklerde depolama süreci boyunca genel olarak artmıştır. Sauerkraut örneklerinde laktobasil içeriği daha yüksek bulunmuştur. Toprak kökenli olduğu düşünülen başlangıç koliform sayısı, depolama süresi boyunca artan laktik asit bakteri aktivitesi ve asitlik sonucunda azaldığı tespit edilmiştir.

3. Lahana turşusu örneklerinin antioksidan aktiviteleri incelendiğinde Sauerkraut örneklerinde daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Lahana turşuları üzerinde yapılan bu analiz bulguları değerlendirildiğinde, her bir örneğin analiz sonuçların da fermentasyon sürelerine bağlı olarak biyoaktivitede artış görülmüştür. Sauerkrautun daha ince dilimlenerek biyolojik aktif bileşenlerin daha iyi özütlenmesi ve mikrobiyal aktivitenin bu örneklerde daha yüksek olması bunun sebebi olarak gösterilebilir.
4. K2 vitamini içeriği (Menakinon 4 ve Menakinon 7) Sauerkraut turşu örneklerinde daha yüksek bulunmuştur.

Bu zamana kadar yayınlanmış araştırma sonuçları, lahananın vitaminler, mineraller, fenolik maddeler, antioksidan fitokimyasallar, özellikle glukosinolatlar ve diyet lifleri gibi fonksiyonel gıda bileşenlerini yüksek miktarda içeren önemli bir gıda olduğunu göstermektedir. Lahanaların turşuya işlenmeleri esnasında besleyici öğelerin turşuya geçmesi ve hatta yeni biyoaktif metabolitlerin oluşumu söz konusu olmaktadır. Sonuç olarak lahana turşusu biyoaktif içeriği ve fonksiyonel özellikleri bakımından önemli bir gıda olarak görülmektedir. Lahana turşusunun insan sağlığı üzerinde olumlu sonuçlar gösterdiği ve birçok kronik rahatsızlıkları önlemede ve ya geciktirmede yapılan araştırmalar da olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir. Ayrıca lahana turşusunun; fizyolojik etkili ve fonksiyonel mikroorganizmaları barındırmaları (özellikle LAB), fenolik bileşikler ve sülfür içeren glukosinolatlar gibi biyoaktif bileşikler barındırmaları bakımından, antioksidan etki sağladığı ve böylece fermentasyonun taze lahanalardaki biyoaktif özellikleri arttırdığı söylenebilir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda bu çalışma sonuçları ile ilgili olarak aşağıdaki öneriler yapılabilir:

1. Besinsel açıdan zengin olan lahana sebzesi fermentasyon ile daha besleyici niteliğe sahip olduğu bu çalışma ile belirlenmiştir. Özellikle probiyotik özellik gösteren Laktik asit bakterilerinin gelişimini destekleyici bir ortam olarak lahana turşusu ve sauerkraut 10^8 ve 10^9 kob / g bakteri içeriği ile önemli bir probiyotik kaynağı olarak beslenmede önerilebilir.

2. Tez çalışmasında kullanılan lahana örneklerinin en yüksek toplam antioksidan kapasitesine 15. günde ulaştıkları tespit edilmiştir. Fermantasyonun antioksidan aktivite üzerinde olumlu etkisi bu çalışma ile gösterilmiştir. Ayrıca sauerkraut örneklerinin daha yüksek antioksidan aktivite gösterdikleri tespit edilmiştir.
3. Lahana turşusu üretiminde daha farklı fermantasyon formülasyonları geliştirilerek ve kullanılarak K2 vitamini sonuçları desteklenebilir. Yapılacak ileri çalışmalar ile fermantasyon sürecinde K2 vitaminin oluşum ve azalma değerleri takip edilerek maksimum K2 vitamin düzeyine ulaştığı fermantasyon süreci belirlenebilir ve mikrobiyota tanımlanarak K2 vitaminin katkısı net olarak tespit edilebilir.. Farklı probiyotik kültürler kullanılarak lahana turşusunun biyoaktif özelliklerine etkisi araştırılarak çalışmalar çeşitlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Aguirre, M. and M. D. Collins. (1993). Lactic acid bacteria and human clinical infection. *J. Appl. Bacteriol.* 75:95–107
- Aktan, N., Yücel U. ve Kalkan H. (1998). *Turşu Teknolojisi* Ege Üniversitesi. Ege Meslek Yüksek Okulu Yayınları No: 23.138 p. , İzmir.
- Anson, N. M., Selinheimo, E., Havenaar, R., Aura, A. M., Mattila, I., Lehtinen, P., Haenen, G. R. (2009). Bioprocessing of wheat bran improves in vitro bioaccessibility and colonic metabolism of phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(14), 6148-6155.
- Ayotte E. (2012). *Sauerkraut America* Arctic University. <http://www.uaf.edu/files/ces/publicarionsdb/catalog/hec/FNH-00170.pdf>.
- Arihara, K. & Ohata, M. (2008). Bioactive compounds in meat. In *Meat biotechnology* (pp. 231-249). Springer, New York.
- Bamforth C. W. (2005). Introduction. *Food, Fermentation and Microorganisms*, Blackwell Publishing, UK, pp. XIV-XVI.
- Bhanwar, S., Bamnia, M., Ghosh, M., & Ganguli, A. (2013). Use of *Lactococcus lactis* to enrich sourdough bread with γ -aminobutyric acid. *International journal of food sciences and nutrition*, 64(1), 77-81.
- Brooijmans, R. J. W., De Vos, W. M., & Hugenholtz, J. (2009). *Lactobacillus plantarum* WCFS1 electron transport chains. *Applied and environmental microbiology*, 75(11), 3580-3585.
- Bourdichon, F., Casaregola, S., Farrokh, C., Frisvad, J. C., Gerds, M. L., Hammes, W. P. & Hansen, E. B. (2012). Food fermentations: microorganisms with technological beneficial use. *International journal of food microbiology*, 154(3), 87-97.
- Barrangou, R., S.-S. Yoon, F. Breidt, H. P. Fleming, and T. R. Klaenhammer. (2002). Characterization of six *Leuconostoc fallax* bacteriophages isolated from an industrial sauerkraut fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 68:5452–5458.
- Blandino, A., Al-Aseeri, M. E., Pandiella, S. S., Cantero, D., & Webb, C. (2003). Cereal-based fermented foods and beverages. *Food Research International*, 36(6), 527–543.
- Beganović, J., Pavunc, A. L., Gjuračić, K., Špoljarec, M., Šušković, J., & Kos, B. (2011). Improved Sauerkraut Production with Probiotic Strain *Lactobacillus plantarum* L4 and *Leuconostoc mesenteroides* LMG 7954. *Journal of Food Science*, 76(2), M124–M129.

- Breidt, F., McFeeters, R.F., Perez-Diaz, I., Lee, C.-H. (2013). *Fermented Vegetables*. ASM Press, Whashington, DC.
- Brown, H. D. (1950). Effects of soil fertility and storage on kraut quality. *Conning Trade* 73, 4, 8.
- Brown, H. D., Davis, C., Hoffman, I. C., Davis, R. B., Bushnell, J. and Wilson, D. (1953). Effects of soil fertility levels on the quality of fresh and processed tomatoes, sweet corn, cabbage. *Ohio Agr. Expt. Sta. Research BuU*. 738.
- Burrall, R. C., Brown, H. D., and Ebright, V. R. (1940). The vitamin C content of fruits and vegetables. *Food Research* 5, 247
- Cartea, M. E. & Velasco, P. (2008). Glucosinolates in Brassica foods: bioavailability in food and significance for human health. *Phytochemistry reviews*, (2), 213-229.
- Cemeroğlu B.S., (2013). Gıdalara Uygulanan Bazı Özel Analiz Yöntemleri. Cemeroğlu B. S. (Ed.). *Gıda Analizleri* (87-155) Bizim Grup Basımevi, Ankara.
- Chamlagain, B., Edelmann, M., Kariluoto, S., Ollilainen, V., & Piironen, V. (2015). Ultra-high performance liquid chromatographic and mass spectrometric analysis of active vitamin B12 in cells of *Propionibacterium* and fermented cereal matrices. *Food chemistry*, 166, 630-638.
- Chu, Y. F., Sun, J. I. E., Wu, X., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(23), 6910-6916.
- Chun, J., Lee, J., Ye, L., Exler, J., & Eitenmiller, R. R. (2006). Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United States diet. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(2-3), 196-204.
- Cheung KL, Kong A.N. (2010). Molecular targets of dietary phenethyl isothiocyanate and sulforaphane for cancer chemoprevention. *AAPS J*, 12(1):87-97.
- Ciska, E., Karamac, M., & Kosińska, A. (2005). Antioxidant activity of extracts of white cabbage and sauerkraut. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 14(4), 367.
- Coda, R., Rizzello, C. G., & Gobbetti, M. (2010). Use of sourdough fermentation and pseudo-cereals and leguminous flours for the making of a functional bread enriched of γ -aminobutyric acid (GABA). *International journal of food microbiology*, 137(2-3), 236-245.

- C.T. Shih, Y.D. Hang (1995), Production of Carotenoids by *Rhodotorula rubra* from Sauerkraut Brine. Department of Food Science and Technology, Cornell University, Geneva, New York 14456 (U.S.A.)
- Çetin, B. (2011). Production of probiotic mixed pickles (Tursu) and microbiological properties.
- Da Silva L.H., Celeghini, R.M.S., Chang, Y.K. (2011). Effect of the fermentation of whole soybean flour on the conversion of isoflavones from glycosides to aglycones. *Food Chem*, 128: 640-644.
- Delf, E. M., and Skelton, R. F. (1918). The antiscorbutic value of cabbage. 11. The effect of drying on the antiscorbutic and growth promoting properties of cabbage. *Biochem. J.* 12, 448.
- Delf, E. M. and Tozer, F. M. (1918). The antiscorbutic value of cabbage. I. The antiscorbutic and growth-promoting properties of raw and heated cabbage. *Biochem. J.* 12, 418-447.
- Delf, E. M. and Tozer, F. M. (1918). The antiscorbutic value of cabbage. I. The antiscorbutic and growth-promoting properties of raw and heated cabbage. *Biochem. J.* 12, 418-447.
- Dhakal, R., Bajpai, V. K., Baek, K. H. (2012). Production of GABA (γ -aminobutyric acid) by microorganisms: a review. *Brazilian Journal of Microbiology*, 43(4), 1230-1241.
- Diana, M., Quílez, J., & Rafecas, M. (2014). Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review. *Journal of functional foods*, 10, 407-420.
- Di Cagno, R., Coda, R., De Angelis, M., Gobbetti, M. (2013). Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. *Food Microbiology* 33, 1–10.
- DiNicolantonio, J. J. (xxxx). Derfor skal vi have flere K2-vitaminer.
- Doğru, SM, Çilingir, A., Kurtar, ES ve Balkaya, A. (2016). Lahana Grubu Sebzelerin Kültivar Yetiştiriciliğinde Haploid ve Doubled-Haploid Tekniklerinin Kullanımı. *Türkiye Tohumculuk Birliği Dergisi*, 5 (20), 30-33.
- Du Plessis, E. M., and L. M. T. Dicks. (1995). Evaluation of random amplified polymorphic DNA (RAPD)-PCR as a method to differentiate *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus crispatus*, *Lactobacillus amylovorus*, *Lactobacillus gallinarum*, *Lactobacillus gasseri*, and *Lactobacillus johnsonii*. *Curr. Microbiol.* 31:114–118.

- Du Plessis, E. M. and L. M. T. Dicks. (1995). Evaluation of random amplified polymorphic DNA (RAPD)-PCR as a method to differentiate *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus crispatus*, *Lactobacillus amylovorus*, *Lactobacillus gallinarum*, *Lactobacillus gasseri*, and *Lactobacillus johnsonii*. *Curr. Microbiol.* 31:114–118.
- Dursun, D. (2010). Ankara Çubuk Yöresi Turşularından İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Tanımlanması ve Toplam Hücre Protein Profillerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Duwat, P., Sourice, S., Cesselin, B., Lamberet, G., Vido, K., Gaudu, P., Gruss, A. (2001). Respiration capacity of the fermenting *Bacteriumlactococcus lactis* and its positive effects on growth and survival. *Journal of bacteriology*, 183(15), 4509-4516.
- Ellis, N. R., Steenbotk, H., and Hart, E. B. (1921). Same observations on the stability of the antiscorbutic vitamine and its behavior to various treatments. 1. *Bbl. Ch.* 46. 387-380.
- Ellis, N. R., Steenbotk, H. and Hart, E. B. 1921. Same observations on the stability of the antiscorbutic vitamine and its behavior to various treatments. 1. *Bbl. Ch.* 46. 387-380
- Erten, H., Boyacı-Gündüz, C. P., Ağırman, B., & Cabaroglu, T. (2016). Fermentation, pickling and Turkish table olives. *Handbook of vegetable preservation and processing*. CRC Press, Boca Raton, *FL, USA*, 209-230.
- Fahey, J. W., Zalcmann, A. T., & Talalay, P. (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56(1), 5-51.
- Fekete AA, Givens DI, Lovegrove JA (2015). Casein-derived lactotripeptides reduce systolic and diastolic blood pressure in a meta-analysis of randomized clinical trials. *Nutrients* 7:659–681.
- Fleming, H. P., K. H. Kyung, and F. Breidt. (1995). Vegetable fermentations, p. 629–661. In H.-J. Rehm and G. Reed (ed.), *Biotechnology*, 2nd ed. VCH Publishers, Inc., New York.
- Fu, X. (2017). Multiply vitamin K forms exist in dairy foods.
- Fuller, Z., Louis, P., Mihajlovski, A., Rungapamestry, V., Ratcliffe, B., & Duncan, A. J. (2007). Influence of cabbage processing methods and prebiotic manipulation of colonic microflora on glucosinolate breakdown in man. *British Journal of Nutrition*, 98(2), 364-372.

- Johanningsmeier, S., McFeeters, R. F., Fleming, H. P., & Thompson, R. L. (2007). Effects of *Leuconostoc mesenteroides* starter culture on fermentation of cabbage with reduced salt concentrations. *Journal of food science*, 72(5), M166-M172.
- Gaudu, P., Vido, K., Cesselin, B., Kulakauskas, S., Tremblay, J., Rezaïki, L., Gruss, A. (2002). *Lactococcus Lactis*'te Solunum Kapasitesi ve Sonuçları. *Laktik Asit Bakterileri: Genetik, Metabolizma ve Uygulamalar*, 263-269.
- Gänzle, M. G., Vermeulen, N., & Vogel, R. F. (2007). Carbohydrate, peptide and lipid metabolism of lactic acid bacteria in sourdough. *Food microbiology*, 24(2), 128-138.
- Geleijnse, J. M., Vermeer, C., Grobbee, D. E., Schurgers, L. J., Knapen, M. H., Van Der Meer, I. M., Witteman, J. C. (2004). Dietary intake of menaquinone is associated with a reduced risk of coronary heart disease: the Rotterdam Study. *The Journal of nutrition*, 134(11), 3100-3105.
- Gijsbers, B. L., Jie, K. S. G., and Vermeer, C. (1996). Effect of food composition on vitamin K absorption in human volunteers. *British Journal of Nutrition*, 76(2), 223-229.
- Gibbs, B. F., Zougman, A., Masse, R., & Mulligan, C. (2004). Production and characterization of bioactive peptides from soy hydrolysate and soy-fermented food. *Food research international*, 37(2), 123-131.
- Hahn, F. V. (1931). Vitamin Studies 111 and IV. (tr.). *Sta. Record* 68, 861, 1933; *Z. Untersuch. Lebensmittel*. 61, 369.
- Holst, B., & Williamson, G. (2004). A critical review of the bioavailability of glucosinolates and related compounds. *Natural product reports*, 21(3), 425-447.
- Hur, S. J., Lee, S. Y., Kim, Y. C., Choi, I., & Kim, G. B. (2014). Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. *Food chemistry*, 160, 346-356.
- Hunaefi, D., Gruda, N., Riedel, H., Akumo, D. N., Saw, N. M. M. T., & Smetanska, I. (2013). Improvement of antioxidant activities in red cabbage sprouts by lactic acid bacterial fermentation. *Food biotechnology*, 27(4), 279-302.
- Huang, S., Liu, Z., Yao, R., Li, D., & Feng, H. (2015). Comparative transcriptome analysis of the petal degeneration mutant pdm in Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*) using RNA-Seq. *Molecular genetics and genomics*, 290(5), 1833-1847.
- Hutkins R. W. (2006). *Microbiology and Technology of Fermented Foods, Fermented vegetables*. 7, 233-260.

- Hole, A.S., Rud, I., Grimmer, S., Sigl, S., Narvhus, J., Sahlstrøm, S. (2012). Improved bioavailability of dietary phenolic acids in whole grain barley and oat groat following fermentation with probiotic *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus johnsonii*, and *Lactobacillus reuteri*. *J Agricult Food Chem*, 60: 6369-6375.
- Hounscome, N., Hounscome, B., Tomos, D., & Edwards-Jones, G. (2009). Changes in antioxidant compounds in white cabbage during winter storage. *Postharvest Biology and Technology*, 52(2), 173-179.
- Holst, B., & Williamson, G. (2004). A critical review of the bioavailability of glucosinolates and related compounds. *Natural product reports*, 21(3), 425-447.
- Holst. A., and Frolich. T. (1912). Uber experimentellen Skorbut. 2. Hug. ZnfekttOrrrkrankh. 72, 1-120.
- Kalač, P., Špička, J., Křížek, M., & Pelikánová, T. (2000). The effects of lactic acid bacteria inoculants on biogenic amines formation in sauerkraut. *Food Chemistry*, 70(3), 355-359.
- Khlestkina, E. (2013). The adaptive role of flavonoids: emphasis on cereals. *Cereal Research Communications*, 41(2), 185-198.
- Kozłowska, A., & Szostak-Wegierek, D. (2014). Flavonoids-food sources and health benefits. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 65(2).
- Kohlmeier, M. (2015). Nutrient metabolism: structures, functions, and genes. Academic Press.
- Kancabaş, A., & Karakaya, S. (2013). Angiotensin-converting enzyme (ACE)-inhibitory activity of boza, a traditional fermented beverage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(3), 641-645.
- Knapen, A., Poesen, J., Govers, G., Gyssels, G., & Nachtergaele, J. (2007). Resistance of soils to concentrated flow erosion: A review. *Earth-Science Reviews*, 80(1-2), 75-109.
- Kristensen, NB, Bryrup, T., Allin, KH, Nielsen, T., Hansen, TH ve Pedersen, O. (2016). Sağlıklı Yetişkinlerde Probiyotik Takviyesi ile Dışkı Mikrobiyota Bileşimindeki Değişiklikler: Randomize Kontrollü Çalışmaların Sistematiik Bir İncelemesi. *Genom tıbbı*, 8 (1), 1-11.
- Kristal, A. R., & Lampe, J. W. (2002). Brassica vegetables and prostate cancer risk: a review of the epidemiological evidence. *Nutrition and cancer*, 42(1), 1-9.

- Karaçıl, M., Tek, N. (2013). Dünyada Üretilen Fermente Ürünler: Tarihsel Süreç ve Sağlık ile İlişkileri. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27 (2), 163-174.
- Korhonen, H., & Pihlanto, A. (2003). Food-derived bioactive peptides-opportunities for designing future foods. *Current pharmaceutical design*, 9(16), 1297-1308.
- Kumar, S., Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The Scientific World J*, Article ID 162750
- L. Booth, S. (2012). *Vitamin K: food composition and dietary intakes. Food & Nutrition Research*, 56(1), 5505.
- Lee, C. H. (1997). Lactic acid fermented foods and their benefits in Asia. *Food control*, 8(5-6), 259-269.
- Leroy, F. and De Vuyst, L. (2004). Lactic Acid Bacteria as Functional Starter Cultures for the Food Fermentation Industry. *Food Science and Technology*, 15, 67-78.
- Lindow, S.E., Brandl, M.T. (2003). Microbiology of the phyllosphere. *Applied and Environmental Microbiology* 69, 1875–1883.
- Lu, Z., Breidt, F., Plengvidhya, V., & Fleming, H. P. (2003). Bacteriophage Ecology in Commercial Sauerkraut Fermentations. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(6), 3192–3202.
- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., Hutkins, R. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current opinion in biotechnology*, 44, 94-102.
- Macrae R., Robinson RK & Sadler MJ (1993). *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*. Academic Press, London.
- Markov, A. P. (1955). Vitamin C values of frost resistant leaf cabbage. *Vosprosy Pitaniya* 14, 3, 45-46; Chem. Abstr. 49, 16256e (1955).
- Manoury, E., Jourdon, K., Boyaval, P., & Fourcassié, P. (2013). Quantitative measurement of vitamin K2 (menaquinones) in various fermented dairy products using a reliable high-performance liquid chromatography method. *Journal of Dairy Science*, 96(3), 1335–1346.
- Mahdinia, E., Demirci, A., & Berenjian, A. (2016). Production and application of menaquinone-7 (vitamin K2): a new perspective. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33(1).
- Morishita T, Tamura N, Makino T, Kudo S (1999). Production of menaquinones by lactic acid bacteria. *J Dairy Sci* 82(9):1897–1903.

- Martinez-Villaluenga, C., Peñas, E., Sidro, B., Ullate, M., Frias, J., & Vidal-Valverde, C. (2012). White cabbage fermentation improves ascorbigen content, antioxidant and nitric oxide production inhibitory activity in LPS-induced macrophages. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 77–83.
- McDonald, L.C., Fleming, H.P., Hassan, H. M. (1990). Acid tolerance of *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus plantarum*. *Applied and Environmental Microbiology* 56, 2120–2124.
- Murcia-Martinez, A. J., and M. D. Collins. (1991). A phylogenetic analysis of an atypical leuconostoc: description of *Leuconostoc fallax*. *FEMS Microbiol. Lett.* 82:55–60.
- Murphy, E. F. (1942). The ascorbic acid content of different varieties of Maine grown tomatoes and cabbages as influenced by locality season and stage of maturity. *J. Agr. Research* 84, 48-2.
- Namıduru, S. E., & Tarakçıoğlu, M. (2011). K Vitamini ve Osteoporoz. *Gaziantep Medical Journal*, 17(1), 1-7.
- Nagaoka, S., Shimizu, K., Kaneko, H., Shibayama, F., Morikawa, K., Kanamaru, Y., ... & Kato, T. (2005). A novel protein C-phycocyanin plays a crucial role in the hypocholesterolemic action of *Spirulina platensis* concentrate in rats. *The Journal of nutrition*, 135(10), 2425-2430.
- Nguyen-the, C., Carlin, F., 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 34, 371–401.
- Niksic M, Niebuhr SE, Dickson JS, Mendonca AF, Koziczkowski JJ and Ellingson JL. (2005). Survival of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 during sauerkraut fermentation. *J Food Prot*, 68(7):1367-74
- Nowicka, B., & Kruk, J. (2010). Occurrence, biosynthesis and function of isoprenoid quinones. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1797(9), 1587-1605.
- Onsekizoğlu, P., Acar, J. (2003). "İzotiyosiyanatlar ve İnsan Beslenmesindeki Önemi", 37– 42.
- Otağ, F. B., & Hayta, M. (2013). Gıdalarda Biyoaktif Peptit Oluşumu ve Aktivitesi Üzerine Isıl İşlem Ve Fermantasyonun Etkileri. *Gıda*, 38(5), 307-314.
- Otte, J., Shalaby, S. M., Zakora, M., Pripp, A. H., & El-Shabrawy, S. A. (2007). Angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of milk protein hydrolysates: Effect of substrate, enzyme and time of hydrolysis. *International Dairy Journal*, 17(5), 488-503.

- Özkan, K. (2016). Fermantasyonun Bazı Sebzelerin Biyoaktif Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pederson, C. S., and M. N. Albury. (1969). The sauerkraut fermentation. Technical bulletin 824. New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, NY.
- Pedersen, L. L., Owusu-Kwarteng, J., Thorsen, L., & Jespersen, L. (2012). Biodiversity and probiotic potential of yeasts isolated from Fura, a West African spontaneously fermented cereal. *International journal of food microbiology*, 159(2), 144-151.
- Peñas, E., Frias, J., Gomez, R., Vidal-Valverde, C. (2010a). High hydrostatic pressure can improve the microbial quality of sauerkraut during storage. *Food Control* 21, 524–528.
- Peñas, E., Martinez-Villaluenga, C., & Frias, J. (2017). Sauerkraut. Fermented Foods in Health and Disease Prevention, 557–576.
- Plengvidhya, V., Breidt Jr. F., Lu, Z., Fleming, H.P., 2007. DNA fingerprinting of lactic acid bacteria in sauerkraut fermentations. *Applied and Environmental Microbiology* 73, 7697–7702.
- Podsędek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT-Food Science and Technology*, 40(1), 1-11.
- Puffer, M. E., Hinman, W. F., Charley. H., and Halliday, E. G. (1942). Vitamin C, carotene, calcium and phosphorous in expressed vegetable juice. *Food Research* 7. 140.
- Rabie, M. A., Siliha, H., El-Saidy, S., el-Badawy, A. A., & Malcata, F. X. (2011). Reduced biogenic amine contents in sauerkraut via addition of selected lactic acid bacteria. *Food chemistry*, 129(4), 1778-1782.
- Ramos, M., Muguerza, B., Sánchez, E., Manso, M. A., Miguel, M., Aleixandre, A., Recio, I. (2006). Antihypertensive activity of milk fermented by *Enterococcus faecalis* strains isolated from raw milk. *International Dairy Journal*, 16(1), 61-69.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Saloheimo, P. (2005). Captain cook used sauerkraut to prevent scurvy. *Duodecim* 121, 1014–1015.

- Sanders M. E., Douglas LC. (2008). Probiotics and prebiotics in dietetics practice. *J. Am. Dietetic Assoc.*, 108, 510-521.
- Šamec, D., & Piljac-Žegarac, J. (2011). Postharvest stability of antioxidant compounds in hawthorn and cornelian cherries at room and refrigerator temperatures-Comparison with blackberries, white and red grapes. *Scientia Horticulturae*, 131, 15-21.
- Šamec, D., Urlić, B., & Salopek-Sondi, B. (2019). Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) as a superfood: Review of the scientific evidence behind the statement. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(15), 2411-2422.
- Sarvan, I., Valerio, F., Lonigro, S. L., de Candia, S., Verkerk, R., Dekker, M., & Lavermicocca, P. (2013). Glucosinolate content of blanched cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) fermented by the probiotic strain *Lactobacillus paracasei* LMG-P22043. *Food research international*, 54(1), 706-710.
- Schurgers, L. J., & Vermeer, C. (2000). Determination of phylloquinone and menaquinones in food. *Pathophysiology of Haemostasis and Thrombosis*, 30(6), 298-307.
- Schleifer, K. H., M. Ehrmann, C. Beimfohr, E. Brockmann, W. Ludwig, and R. Amann. (1995). Application of molecular methods for the classification and identification of lactic acid bacteria. *Int. Dairy J.* 5:1081–1094.
- Singh J, Upakhyay AK, Prasad K, Bahadur A, Rai M. (2007). Variability of carotenes, vitamin C, E and phenolics in Brassica vegetables. *J Agric Comp Anal* 20:106–12.
- Smith, E. P., Hiltz. M. C., and Robinson, A. D. (1948). Variability of ascorbic acid within and between cabbage. *Food Research* 13, 238.
- Smith. M. C. (1944). The vitamin C content of commercially canned fruits and vegetable juices. *Ark Agr. Expt. Stu. Rept.* 64.
- Sommano, S. (2014). Effect of food processing on bioactive compounds. In: *Advances in Food Science and Nutrition*. Visakh, P.M., Iturriaga, L.B., Ribotta, P.D. (Eds). Vol 2, Scrivener Publishing, pp. 361-390.
- Steinkraus, K. H. (1983). Lactic acid fermentation in the production of foods from vegetables, cereals and legumes. *Antonie van Leeuwenhoek*, 49(3), 337-348.
- Svanberg U., Sandberg A. S. and Anderson, R. (1990). "Bioavailability of Iron in Lactic Fermented Foods" In *Processing and Quality of Foods*. Vol. 2, Food Biotechnology, eds. P. Zeuthen et al., pp. 2.116-21. Elsevier Applied Science, London.

- Szterk, A., Zmysłowski, A., & Bus, K. (2018). Identification of cis/trans isomers of menaquinone-7 in food as exemplified by dietary supplements. *Food chemistry*, 243, 403-409.
- Şahin, İ., & Akbaş, H. (2001). Hıyar Turşularında Yumuşamanın Önlenmesi ve Kullanılabilecek Kalsiyum Klorür Miktarının Belirlenmesi. *Gıda*, 26(5).
- Tamang JP and Kailasapathy K (ed). (2010). Fermented Foods and Beverages of the World. CRC Press New York, United States of America, 435 p.
- Tamang JP and Samuel D. (2010). Dietary Cultures and Antiquity of Fermented Foods and Beverages. In: Fermented Foods and Beverages of the World, Tamang JP, Kailasapathy K (ed), CRC Press Newyork, United States of America, pp. 1-40.
- Tamer C., Karaman B., Aydoğan N., Çopur Ö. (2007). "Bazı Geleneksel Fermente Gıdalarımız Ve Sağlık Üzerindeki Etkileri" Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. Bursa.
- Tamime, A. Y., Almeida, K. E., & Oliveira, M. N. (2008). Acidification rates of probiotic bacteria in Minas frescal cheese whey. *LWT-Food Science and Technology*, 41(2), 311-316.
- Tarvainen, M., Fabritius, M., & Yang, B. (2019). Determination of vitamin K composition of fermented food. *Food Chemistry*, 275, 515–522.
- Taylor, S. L., Leatherwood, M., & Lieber, E. R. (1978). Histamine In Sauerkraut. *Journal of Food Science*, 43(3), 1030–1030.
- Tsai, J. S., Chen, J. L., & Pan, B. S. (2008). ACE-inhibitory peptides identified from the muscle protein hydrolysate of hard clam (*Meretrix lusoria*). *Process Biochemistry*, 43(7), 743-747.
- Tolonen, M., Taipale, M., Viander, B., Pihlava, J. M., Korhonen, H., & Ryhänen, E. L. (2002). Plant-derived biomolecules in fermented cabbage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(23), 6798-6803.
- Ünlütürk, A., & Turantaş, F. (1998). Gıda Mikrobiyolojisi. *Mengi Tan Basımevi, İzmir*, 605.
- Wacher, C., Díaz-Ruiz, G., Tamang, J.P., (2010). Fermented vegetable products. In: Tamang, J.P., Kailasapathi, K. (Eds.), Fermented Foods and Bever.
- Wang, C.Y., Wu, S.J., Shyu, Y.T. (2014b). Antioxidant properties of certain cereals as affected by food-grade bacteria fermentation. *J Biosci Bioeng*, 117(4): 449-456.ages of the World. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 151–190.

- Weston, L.A., Mathesius, U. (2013). Flavonoids: their structure, biosynthesis and role in the rhizosphere, including allelopathy. *J Chem Ecology*, 39(2): 283-297.
- Wiander, B., Ryhänen, E.L., (2005). Laboratory and large-scale fermentation of white cabbage into sauerkraut and sauerkraut juice by using starters in combination with mineral salt with a low NaCl content. *European Food Research and Technology* 220, 191–195.
- Wolkers-Rooijackers, J.C.M., Thomas, S.M., Nout, M.J.R., (2013). Effects of sodium reduction scenarios on fermentation and quality of sauerkraut. *LWT—Food Science and Technology* 54, 383–388.
- Walther B, Karl J.P, Booth SL, Boyaval P. (2013). Menaquinones, bacteria, and the food supply: the relevance of dairy and fermented food products to vitamin K requirements. *Adv Nutr*; 4:463-473.
- Valerio, F., Di Biase, M., Lattanzio, V. M., & Lavermicocca, P. (2016). Improvement of the antifungal activity of lactic acid bacteria by addition to the growth medium of phenylpyruvic acid, a precursor of phenyllactic acid. *International journal of food microbiology*, 222, 1-7.
- Vester-Christensen, M. B., Abou Hachem, M., Naested, H., & Svensson, B. (2010). Secretory expression of functional barley limit dextrinase by *Pichia pastoris* using high cell-density fermentation. *Protein expression and purification*, 69(1), 112-119.
- Vig, A. P., Rampal, G., Thind, T. S., & Arora, S. (2009). Bio-protective effects of glucosinolates—A review. *LWT-Food Science and Technology*, 42(10), 1561-1572.
- Volden, J., Bengtsson, G. B., & Wicklund, T. (2009). Glucosinolates, L-ascorbic acid, total phenols, anthocyanins, antioxidant capacities and colour in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. botrytis); effects of long-term freezer storage. *Food Chemistry*, 112(4), 967-976.
- Vorbeck, M. L., Mattick, L. R., Lee, F. A., & Pederson, C. S. (1961). *Volatile Flavor of Sauerkraut. Gas Chromatographic Identification of a Volatile Acidic Off-Odor. Journal of Food Science*, 26(6), 569–572.
- Yerlikaya, O., Kınık, Ö., & Akbulut, N. (2011). Süt Kaynaklı Biyoaktif Peptitler ve Fonksiyonel Özellikleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1), 77-84.
- Yoon, K.Y., Woodams, E.E., and Hang, Y.D. (2005). Fermentation of beet juice by beneficial lactic acid bacteria. *LWT – Food Sc. Tech.* 38:73–75.
- Zhou, Y., Wang, R., Zhang, Y., Yang, Y., Sun, X., Zhang, Q., & 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.

EKLER

EK 1. DUYUSAL ANALİZ FORMU

EK 2. FERMANTASYON BOYUNCA ÖRNEKLERİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNDEKİ
DEĞİŞİMLER



EK 1. DUYUSAL ANALİZ FORMU

FARKLI KÜLTÜRLER KULLANILARAK ÜRETİLMİŞ SALAMURADA (GELENEKSEL) VE ALMAN TİPİ (SAUERKRAUT) LAHANA TURŞUSU ÖRNEKLERİNİN DUYUSAL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Y. Lisans Öğrencisi Arife Kübra Erdoğan

Panelistin Adı:

Tarih:

Bu çalışmada farklı kültürler kullanılarak hazırlanmış turşularda çeşitli parametreler kullanılarak duyuusal değerlendirme yapılacaktır. Kutuda belirtilmiş örnekler için skaladaki uygun puanı işaretleyiniz. Değerlendirme yaparken her örnek sonrası ağzınızı su ile çalkalayınız.

GÖRÜNÜM (Yapı)

Sauerkraut (doğranmış) ve Geleneksel (bütün) turşu örneklerini kendi içinde değerlendiriniz

Parçalanmış, erimiş				Canlı
1	2	3	4	5

RENK

Sauerkraut (doğranmış) ve Geleneksel (bütün) turşu örneklerini kendi içinde değerlendiriniz

Koyu, farklı renli				Kremsi, parlak
1	2	3	4	5

KOKU (Hoşa giden)

Kötü				İyi
1	2	3	4	5

Fermente Lahana Kokusu

Az				Çok
1	2	3	4	5

MAYAMSI KOKU (Olumsuz)

Az				Çok
1	2	3	4	5

DOKU (Çatalla bölünüz)

Yumuşak, ezik				Yarı sert, sert
1	2	3	4	5

AĞIZDA SERTLİK (Ağızdaki Yapı)

Az				Çok
1	2	3	4	5

EKŞİLİK (Fermente tat)

Az				Çok
1	2	3	4	5

MAYAMSI TAT (Olumsuz)

Az				Çok
1	2	3	4	5

HAM LAHANA TADI

Az				Çok
1	2	3	4	5

TUZLULUK

Sauerkraut (doğranmış) ve Geleneksel (bütün) turşu örneklerini kendi içinde değerlendiriniz

Az				Çok
1	2	3	4	5

GENEL BEĞENİ

Az				Çok
1	2	3	4	5

**EK 2. FERMANTASYON BOYUNCA ÖRNEKLERİN FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMLER**

	GÜN	pH	Brix	TA (g LAE/100 g)
GD	0	6,37	7,63	0,49
	5	3,76	7,85	0,50
	10	3,47	7,43	0,72
	15	3,37	7,70	0,86
GS	0	6,37	7,63	0,49
	5	3,53	8,40	0,72
	10	3,36	8,00	0,90
	15	3,23	8,35	0,81
GP	0	6,37	7,63	0,49
	5	3,69	8,05	0,59
	10	3,42	8,17	0,78
	15	3,31	8,30	0,78
SD	0	6,37	5,87	0,49
	5	4,09	6,60	0,63
	10	3,50	7,78	0,90
	15	3,51	6,25	0,99
SS	0	6,37	5,87	0,49
	5	3,88	7,10	0,77
	10	3,58	8,52	0,99
	15	3,49	6,75	0,99
SP	0	6,37	5,87	0,49
	5	3,89	6,80	0,90
	10	3,64	7,60	0,87
	15	3,47	7,30	0,95