

## Turşu Üretiminde Laktik Asit Bakterilerinin Önemi

Mehmet Tokatlı<sup>1</sup>, Derya Dursun<sup>2</sup>, Nurdan Arslankoz<sup>3</sup>, Pınar Şanlıbaba<sup>4</sup>, Filiz Özçelik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Dışkapı, Ankara

<sup>2</sup>Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

<sup>3</sup>Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Yeniçağa Yaşar Çelik Meslek Yüksekokulu, Gıda Kalite Kontrol ve Analizi Programı, Bolu

<sup>4</sup>Ankara Üniversitesi, Kalecik Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Programı, Kalecik, Ankara

*Geliş Tarihi (Received): 01.02.2012, Kabul Tarihi (Accepted): 28.03.2012*

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): fozcelik@ankara.edu.tr (F. Özçelik)*

☎ 0 312 203 33 12 📠 0 312 212 74 64

### ÖZET

Turşu, günümüzde tüketicilerin doğal ve katkısız ürünlere gösterdikleri talep artışı dolayısıyla önemini giderek artıran bir ürün olup; laktik asit fermantasyonunun gerçekleştiği önemli proseslerden biridir. Laktik asit bakterileri (LAB), tüketiciler tarafından sıklıkla tüketilen fermente gıda maddelerinin doğal florasında bulunmasının yanında, gıdaların üretiminde starter kültür olarak da kullanılmakta, ekzopolisakkarit üretmekte ve probiyotik özellik göstermektedir. Bazı fermente gıdalar LAB tarafından gerçekleştirilen laktik asit fermantasyonu sonucu oluşturulmaktadır. Fermantasyon işleminden sonra karakteristik aroma ve tatlara sahip yeni ürünler meydana gelmekte, ham materyallerin raf ömrü uzatılmakta ve gıdalarda bozulmalara sebep olan organizmaların gelişmesi de önlenmektedir. Bu derlemede, turşu üretiminde kullanılan laktik asit bakterileri ve bu bakterilerin laktik asit fermantasyonu sürecindeki önemli işlevleri özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Laktik Asit Bakterileri, Turşu, Fermantasyon

### Importance of Lactic Acid Bacteria in Pickle Production

#### ABSTRACT

Pickle is a product that has gradually increased its importance due to the growing consumer demand for natural and additive-free products in recent years, and pickle production is one of the important processes in which lactic acid fermentation takes place. Lactic acid bacteria (LAB) are found in the natural flora of fermented food products. In addition, LAB are used as starter cultures in the production of certain foods, can produce exopolysaccharide and exhibit probiotic properties. Some fermented foods are formed as a result of lactic acid fermentation by LAB. After fermentation, new products with unique aroma and flavor characteristics are formed, shelf life of the raw materials is prolonged and also growth of undesired microorganisms causing deterioration of foods is prevented. In this review, lactic acid bacteria used in pickle production and their important functions in the lactic acid fermentation process are summarized.

**Key Words:** Lactic Acid Bacteria, Pickle, Fermentation

#### GİRİŞ

Fermantasyon teknolojisi bilinen en eski geleneksel biyoteknoloji uygulaması olmakla birlikte [1], gıdaların muhafaza edilmelerinde yararlanılan oldukça etkin bir

yöntemdir. Etil alkol, asetik asit, laktik asit gibi çeşitli fermantasyon uygulamaları [2] ile elde olunan fermente gıdalar, insanlar tarafından yüz yıllardır tüketilmektedir [3].

Geleneksel olarak üretilen birçok fermente yiyecek ve içecekte, laktik asit fermantasyonu kullanılmaktadır. Laktik asit fermantasyonu, meyve ve sebzelerin muhafazasında binlerce yıldır tercih edilen ve uygulanan bir metot olmasının yanı sıra; gıdalarda tat, aroma ve yapıya dair oluşturduğu önemli değişiklikler ile de, tüketilebilirliği oldukça yüksek gıdaların üretimine olanak veren bir prosedir. Turşu, bu prosesin uygulandığı gıdalar arasında önemli bir yer tutmaktadır [4]. Turşu, en yaygın tanımıyla; 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 üründür [5]. Bu tanımla beraber turşu üretiminde laktik asit fermantasyonu ve tuzun, önemli iki temel faktörü oluşturduğu görülmektedir. Turşu fermantasyonunda, hammaddeden gelen doğal flora içerisindeki laktik asit bakterilerinin, şekerleri asitlere dönüştürmesi ile laktik asit fermantasyonu gerçekleşmekte ve hammaddeye göre yeni ve farklı karakteristikte bir ürün elde edilmektedir [3]. Laktik asit fermantasyonu ile ayrıca, bozulmalara ve toksin oluşumuna sebep olan mikroorganizmalara karşı gıdalarda direnç sağlanmakta, patojenik mikroorganizmaların gelişimi engellenmekte, ürünün besinsel değeri artırılmaktadır [6]. Üretimde kullanılan salamura içindeki tuzun, konsantrasyonuna bağlı olarak, turşuda mikrobiyal aktivitenin boyutunu ve tipini belirlemek, hammaddedeki pektinolitik ve proteolitik hidrolizleri sınırlayarak ürün dokusunda yumuşamayı kontrol etmek ve bozulmanın engellenmesine yardımcı olmak gibi önemli görevleri bulunmaktadır [6, 7].

Meyve ve sebzelerin dayanıklı hale getirilmesi amacıyla geliştirilen bir yöntem olan turşu, çoğunlukla hıyarla ilişkilendirilen bir ürün konumundadır [5]. Fakat, çok sayıda meyve ve sebzelerin laktik asit fermantasyonuna tabi tutulmasıyla çeşitli turşular elde edilebilmektedir. Lahana, biber, taze fasulye, patlıcan, kavun, kiraz ve kapari hıyardan sonra üretimi yaygın olarak gerçekleştirilen turşu çeşitleri arasındadır. Bitki kökenli gıda ürünlerinin içerdikleri bileşenler oldukça önemlidir. Meyve ve sebzeler, içerdikleri yüksek miktardaki mineraller, vitaminler, diyet lifleri, fenolik maddeler ve antioksidan fitokimyasallar gibi fonksiyonel gıda bileşenleri açısından oldukça zengin ve sağlıklı gıdalardır [8]. Meyve ve sebzelerin, turşuya işlenmeleri sırasında bu özelliklerinin turşuya yansması, turşunun besinsel içeriği bakımından önemlidir. Meyve ve sebzelerin diyetlerde fazla miktarda yer alması tüketim şekillerini çok çeşitlendirmektedir. Taze tüketilmelerinin yanı sıra pastörize edilmiş, pişirilmiş, haşlanmış, mikrodalgada pişirilmiş olarak tüketimleri de söz konusudur. Ancak; uygulanan işlemlerle meyve ve sebzeler çabuk bozulabilmekte, fiziksel ve kimyasal özellikleri istenmeyen doğrultuda değişebilmektedir. Laktik asit fermantasyonunun basit ve önemli bir biyoteknolojik işlem olarak meyve ve sebzelere uygulanması sonucunda, meyve ve sebzelerde gıda güvenliği, raf ömrü, beslenme ve duyuşal özellikler sürdürülebilme ve iyileştirilebilmektedir [9].

## LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ (LAB)

LAB'nin sınıflandırılmasına ilişkin yapılan çalışmalarda, morfolojik açıdan çok değişken özellik gösteren bir familya olduğu ve üyelerinin ise fizyolojik açıdan oldukça benzerlik gösterdiği ortaya konulmuştur. LAB'nin tanımlanmasında geleneksel olarak kullanılan taksonomik sınıflandırmanın temeli; fizyolojik, morfolojik, farklı sıcaklık, farklı pH değerleri ve tuz konsantrasyonlarında gelişme yeteneği, arjinin degradasyonu ve karbonhidrat katabolizması gibi biyokimyasal özelliklerin incelenmesini içeren fenotipik özelliklere dayanmaktadır [10, 11]. Tüm LAB üyeleri Gram (+), katalaz (-), *Sporolactobacillus inulinus* hariç spor oluşturmeyen, fakültatif anaerobik, *Pediococcus* cinsi hariç tek düzlemde bölünen ve bazı istisnalar hariç hareketsiz, çubuk ya da kok şekilli, oksidaz ve benzidin negatif, nitratı nitrite indirgeyemeyen, sitokromları olmayan, jelatinaz negatif, büyüme ve gelişimleri için glikoz ve amonyum yanında bazı vitamin ve aminoasitlere ihtiyaç duyan bakteriler olarak tanımlanmaktadır [4, 12-14]. Mutlak fermantatif olmalarının yanı sıra fermantasyon ürünü olarak laktik asit üretmektedirler. Hem grubu (katalaz, sitokrom) içermeksizin oksijen varlığında gelişebilen nadir mikroorganizma özelliğini taşımaktadırlar. LAB'nin doğal olarak buldukları yaşam alanları süt ve süt ürünleri, işlenmemiş taze veya çürümüş bitkiler, insan ve hayvanların bağırsak mukoza ve içerikleridir [14, 15, 16]. Gıdalarda ilişkilendirilen LAB ise *Lactococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Wiessella*, *Vagococcus*, *Lactobacillus*, *Tetragenococcus*, *Pediococcus*, *Oenococcus*, *Streptococcus* ve *Leuconostoc* cinslerinden oluşmaktadır [3, 13, 14].

## TURŞUDA BULUNAN LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ

Meyve ve sebzelerin doğal florası maya, küf, Gr (+) ve Gr (-) bakteriler olmak üzere oldukça fazla miktarda ve çok çeşitli mikroorganizma gruplarını içermektedir. Bahsedilen mikroorganizma gruplarının içerisinde, hammaddenin kendi doğası gereği doku yüzeyinden ve havadan kaynaklanan yüksek bir Eh'ye sahip olması sonucu, turşuda esas olarak fermantasyonu gerçekleştiren LAB dışında, istenmeyen mikroorganizmalar da bulunabilmektedir. *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Bacillus* ve çeşitli küf türleri hammadde üzerinde baskın olarak yer almaktadır. Bununla birlikte *Enterobacter*, *Escherichia coli*, *Klebsiella* gibi fakültatif anaeroblar ile *Candida*, *Saccharomyces*, *Hansenula*, *Pichia* ve *Rhodotorula* gibi çeşitli mayalar da bulunmaktadır [3]. Meyve ve sebzelerin doğal florası üzerinde, LAB'nin miktarı değişken olmakla birlikte UV ışınları, sıcaklık ve kullanılabilir besinler gibi faktörler sayılarını sınırlamaktadır [17]. *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus* ve *Tetragenococcus* cinsleri doğrudan gıda fermantasyonlarında yaygın olarak yer almaktadırlar. Genel olarak, bazı meyve-sebze fermantasyonlarıyla ilişkilendirilen LAB türleri Tablo 1'de verilmiştir [9].

Tablo 1. Bazı meyve-sebze fermantasyonlarında bulunan temel laktik asit bakterisi türleri

Meyve-Sebze	Laktik Asit Bakterileri
Zeytin	<i>L.plantarum</i> <i>L.pentosus</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i> <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i>
Lahana	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> <i>L.brevis</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i> <i>L.plantarum</i> <i>Leuconostoc citreum</i> <i>L.paraplantarum</i>
Hıyar	<i>L.plantarum</i> <i>L.brevis</i> <i>L.pentosus</i> <i>Leuconostoc sp.</i> <i>Pediococcus sp.</i>
Patlıcan	<i>L.plantarum</i> <i>L.fermentum</i> <i>L.pentosus</i> <i>L.brevis</i>
Kapari	<i>L.plantarum</i> <i>L.paraplantarum</i> <i>L.pentosus</i> <i>L.brevis</i> <i>L.fermentum</i>
Üzüm Şırası	<i>Oenococcus oeni</i> <i>L.plantarum</i> <i>L.brevis</i> <i>L.hilgardii</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i>

Turşularda, mikrobiyal proses olarak laktik asit fermantasyonunun başarılı olması ürün kalitesi açısından oldukça önemlidir. Ayrıca; fermantasyonun seyriyi etkileyen oldukça karmaşık, değişken (kararsız) ve birbirine bağlantılı olan faktörler de söz konusudur. Salamura uygulamaları, çevresel koşullar ve başlangıçtaki mikrobiyal popülasyon öncelikli faktörleri oluşturmaktadır [18].

Fermantasyonda mikrobiyal aktivite için, LAB'nin gelişmesini teşvik edecek ve laktik olmayan floranın baskılanmasını sağlayacak şekilde, ortam koşullarının ayarlanması gerekmektedir. Sebzelere LAB seviyesi düşük olsa bile, birkaç faktörün bir arada kontrol edilmesiyle birlikte turşunun olgunlaşması için gerekli ortam yaratılabilir. Yeterli tuz miktarı, uygun sıcaklık ve anaerobik ortam temel faktörleri oluşturmaktadır. Ayrıca, kontrollü bir fermantasyon ile koşulları standardize edilmiş bir prosesin uygulanması yararlı olabilmektedir. Starter kültür kullanımına bağlı olarak gerçekleştirilen kontrollü fermantasyon ile istenilen doğrultuda fermantasyonun sağlanabileceği belirtilmektedir [3].

Turşu üretiminde, hammaddenin salamuraya konulmasıyla birlikte, doğal florasından kaynaklanan mikroorganizmalar ile fermantasyon başlar. Doğal fermantasyon, endüstri tarafından uygulanan geleneksel bir üretim yöntemidir [19]. Bu sırada LAB'nin aktivitesini ve ürün kalitesini önemli derecede etkileyebilecek mikrobiyal etkileşimler gerçekleşmektedir. Floranın

doğal fermantasyon süresince değişmesi nedeniyle fermantasyon; başlangıç, birincil fermantasyon, ikincil fermantasyon ve fermantasyon sonrası olmak üzere dört aşamaya kategorize edilir. Hammaddenin salamura içerisine yerleştirilmesiyle, hızlı bir şekilde mayalar ile Gr (+) ve Gr (-) bakterilerinin geliştiği gözlenir. Başlangıç pH değeri 5.5 seviyesindedir ve mevcut fermente edilebilir şekerlerden glikoz ve früktoz, LAB için uygun substrat konumundadır [17]. Bu aşamanın sonunda pH'nın düşmesiyle, LAB üstün konuma gelir ve birincil fermantasyon başlar. Bu mikroorganizmaların üremeleri, ortamdaki şekerin tamamen kullanılması veya asit inhibisyonu meydana gelinceye kadar devam eder. Turşu fermantasyonunun başlangıç ve birincil aşamasında ortama hâkim olan LAB; *Streptococcus faecalis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus brevis* ve *Lactobacillus plantarum*'dur [7]. Hıyar turşusu fermantasyonunda ise *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Lactobacillus plantarum* türleri ortama hâkimdir [5]. Tuzun etkisiyle birlikte, *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Lactobacillus plantarum* türleri toplam asidin üreticileri olarak baskın konuma geçmektedirler. Bu sıralamayı türlerin başlangıçtaki miktarları, gelişme oranları, tuz ve asit dirençlilikleri etkilemektedir. *Leuconostoc mesenteroides*'in aside direnci, diğer bakteriler kadar yüksek olmasa da; fermantasyonu başlatan mikroorganizma olması ve bunun nedeninin hammaddede diğer LAB'ne oranla daha yüksek miktarlarda bulunmasından kaynaklanmaktadır [17]. Asit direnci çok yüksek olan *Lactobacillus plantarum* ise fermantasyonu sonlandıran mikroorganizma olarak rol oynamaktadır [7].

LAB dışında, hammaddede floradaki diğer mikroorganizmalardan mayalar da birincil fermantasyon aşamasında aktiftirler. Eğer birincil aşamadan sonra ortamda fermente edilebilir şeker kalırsa, mayalar ikincil fermantasyon aşamasında da yer alırlar [7]. Mayaların oksidatif ve fermantatif faaliyetleri bozulma etmeni olarak değerlendirilir ve fermantasyonda yer almaları, genellikle istenmez. Fermantatif mayalar, CO<sub>2</sub> kaynaklı bozulmalara neden olurlar. Oksidatif mayalar ise fermantasyonla oluşan laktik asidi kullanarak asitliği azaltırlar ve diğer bozulma etmenlerinin faaliyetlerine olanak verirler. Bunların dışında, artık şekerleri kullanarak fermantasyonu tamamlamaları ile ürüne yönelik olumlu etki de sağlayabilirler. Ayrıca; metabolizmaları sonucu diasetil gibi aroma maddeleri üretirek, az da olsa, ürünün aroma gelişimine yardımcı olurlar. Bir diğer mikroorganizma grubu olan küfler ise selülitik ve pektinolitik aktiviteleri ile turşularda yumuşamaya neden olduklarından gelişmeleri istenmez.

Son aşamada ise fermantasyonun seyri, gerçekleştirildiği tankın açık ya da kapalı olmasına göre değişmektedir. Çünkü tankın açık veya kapalı olması mikroorganizmaların gelişimini etkilemektedir. Eğer kapalı tanklar kullanılıyorsa herhangi bir mikrobiyal aktivite söz konusu değildir. Açık tanklarda ise salamura yüzeyinde, özellikle oksidatif mikroorganizmalar gelişebilmektedir [5].

## FERMENTE GIDALARDA LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN ÖNEMİ

Son yıllarda, tüketicilerin taze, sağlıklı ve hazırlanması kolay olan gıdalara ilgisinin artması üzerine taze meyve ve sebzelerden elde edilen ürünlere olan talep hızla artış göstermiştir. Bu ürünlerden biri olan turşunun, taze meyve ve sebzelerin mevsim dışı ve her an kullanılabilmesine olanak tanıyan bir ürün olmasının yanı sıra, üretim yöntemi olarak da laktik asit fermentasyonunun kullanılması tüketicilerde güven uyandırmaktadır. Bu güvenin oluşmasında, fermentasyon teknolojisinin; insanlık tarihinin ilk keşfettiği gıda üretim yöntemlerinden biri olması ve buna bağlı olarak yıllardır kullanılması, doğal hammaddeler üzerinden yine doğal bir üretim gerçekleştirilebilmesi ve gelişen teknolojiye adaptasyonunun sağlanabilmesi gösterilmektedir. Bunlara ilaveten LAB, FDA tarafından GRAS (Generally Recognized as Safe) organizmalar olarak kabul edilmektedir [24].

Antimikrobiyal bileşiklerin üretimi, probiyotik etki, starter kültür olarak kullanımı gibi özellikler, LAB'nin yaygın olarak bilinen özellikleri arasındadır. Bunlara ilaveten, çoklu ilaç dirençliliği, ozmoregülasyon, proteoliz, otoliz ve bakteriyofaj dirençlilikleri LAB ile ilişkilendirilen yeni çalışma alanlarını oluşturmaktadır. Ayrıca, LAB'nin genetik özelliklerinin araştırılması ve tanımlanması "gıdada kullanılabilir/gıda saflığında" (food-grade) niteliğinin oluşturulmasına ilişkin önemli genetik işlemleri (modifikasyon, seleksiyon ve ekspresyon) ortaya çıkarmaktadır [25].

### Antimikrobiyal Bileşikler

Laktik asit bakterilerinin organik asit, hidrojen peroksit, karbon dioksit, diasetil, asetaldehit, etil alkol, ruterin ve bakteriyosin gibi geniş spektrumlu antimikrobiyaller üretmesi, bunlardan biyolojik koruyucular olarak yararlanılmasını sağlamaktadır. Gıdalarda, farklı amaçlarla kullanılan katkı maddelerinin çoğu kimyasal kökenlidir. Katkı maddelerine karşı büyüyen tüketici hassasiyetleri, doğal koruyucuların gıdalarda kullanımının önemini arttırmaktadır [26]. Bu nedenle, farklı fermente gıdalardan izole edilen LAB'nin antimikrobiyal aktiviteye sahip olmaları starter kültür seçiminde önemli bir kriter olmaktadır. Bu hususta, ülkemizde yapılan bir çalışmada, turşu ve zeytinden izole edilen *L. plantarum* ve *L. pentosus* suşlarının *L. sake* Lb790, *L. monocytogenes* Li1, *L. monocytogenes* Li6, *E. coli*, *E. feacium*, *P. vulgaris* ve *A. hydrophila* indikatör mikroorganizmalarına karşı farklı düzeylerde antimikrobiyal aktivite gösterdikleri; ancak, izole edilen hiçbir suşun *Y. lipolitica*'ya karşı aktivite göstermediği belirtilmektedir [16].

LAB'nin ürettikleri antimikrobiyal bileşiklerin konakçı bağışıklık gücünü artırıcı, kanseri önleyici, serum kolesterol seviyesini düşürücü gibi yararlı fizyolojik etkileri bulunmaktadır. Ayrıca; bağırsak sistemine yerleşmeleri ile ürettikleri organik asitler sayesinde bağırsak ortam pH'sını kontrol ettikleri, kabızlığı, laktöz intoleransını ve patojen bakterilerin neden olduğu ishali etkin biçimde engelleyebildikleri ifade edilmektedir [27]. Bunlara ek

olarak, fermentasyonun antimikrobiyal etkisi, gıda hijyen uygulamalarına yardımcı olarak görülebilmektedir [28].

LAB tarafından oluşturulan ve fermente edilen gıdalarda bulunan laktik, asetik ve propiyonik asitlerin direkt olarak antimikrobiyal etkileri de bulunmaktadır [26]. Ayrıca, asitlik diğer antimikrobiyal bileşikler arasında en önemli inhibitör ajan olarak görülmektedir [28]. Her asidin etkinliğinin eşit seviyede olmadığı, asetik asitin daha güçlü bir etki göstererek maya, küf ve bakterilere karşı inhibisyona neden olduğu belirtilmektedir. Propiyonik asit ise küf ve bakterilere karşı etkindir [26].

Asetaldehit ve etil alkolün biyolojik korumaya karşı katkısı çok yüksek seviyelerde olmamasına rağmen, antimikrobiyal etki gösterebilmektedirler. Heterofermantatif LAB tarafından üretilen etil alkolün, fermentasyonun ilk aşamalarında belirgin bir inhibisyon etkisi söz konusu olmaktadır [28].

LAB oksijen varlığında, flavoprotein oksidaz enzimlerinin aktivitesi sonucunda hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) üretirler. LAB katalaz negatif olduğundan,  $H_2O_2$  ortamda çoğalır ve inhibitör etkisini *Staphylococcus aureus* ve *Pseudomonas* spp. gibi mikroorganizmalar üzerinde gösterir. Söz konusu inhibisyon,  $H_2O_2$ 'nin membran lipitleri ve hücre proteinleri üzerine güçlü oksidasyonu ile ortaya çıkar. LAB diğer bakterilere oranla  $H_2O_2$ 'ye daha dirençlidir [26].

Heterolaktik fermentasyon sonucu oluşan karbondioksit, anaerobik bir çevre oluşturarak antimikrobiyal etkisini gösterir. İç ve dış pH seviyesini düşürmesi ve hücre membranını etkilemesi sonucu gıda kökenli bazı aerobik mikroorganizmalara karşı toksik özelliktedir. Küfler üzerinde  $CO_2$ 'nin etkisinin ise karboksilasyon/dekarboksilasyon veya TCA enzimlerinin inhibisyonu sonucu meydana geldiği belirtilmektedir [4]. Sitrat metabolizmasının bir ürünü olan diasetil ise; *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* suşlarını da içeren birçok LAB tarafından üretilmektedir. Arjinin kullanımına müdahale etmesinden dolayı Gr(-) bakteriler, mayalar ve küfler, diasetile hassasiyet göstermektedirler [26]. *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus* spp., *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Pseudomonas* spp., *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* ve *Yersinia enterocolitica* diasetile karşı duyarlılığı bulunan olan mikroorganizmalar arasında yer almaktadır [28].

*Lactobacillus reuteri* tarafından üretilen antibiyotik niteliğindeki ruterin maddesinin virüsler, küfler ve bakterilere karşı geniş bir antimikrobiyal etkisi bulunmaktadır. Ruterinin, ribonükleotid redüktazı inhibe ederek aktivitesini gösterdiği düşünülmektedir [26].

Bakteriyosinler Gr(+) bakteriler tarafından üretilen, biyolojik anlamda aktif proteinler olarak tanımlanmaktadır. LAB tarafından üretilen bakteriyosinler *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* ve *Listeria monocytogenes* gibi gıda kaynaklı patojenleri inhibe edebilmektedirler. Turşu üretiminde yer alan *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Streptococcus* cinslerine

ait türler antimikrobiyal protein olan bakteriyosinleri salgılayabilme özelliğindedir [29,30]. Bu bakımdan, LAB'nin ürettiği bakteriyosinler doğal koruyucular olarak kullanıma potansiyeline sahiptir [30, 31].

### Probiyotik Etki

LAB probiyotik etkileri bakımından iki grupta sınıflandırılabilir. Yoğurt ve peynir gibi ürünlerin yapımında kullanılan çiğ süt ve bağırsak kaynaklı LAB ilk grubu; salamura meyve ve sebzeler, kimuchi, soya sosu, miso gibi geleneksel Asya gıdalarının üretiminde kullanılan bitkisel kökenli LAB ise ikinci grubu oluşturmaktadır. İkinci grupta yer alan gıdaların tüketilmesiyle vücuda alınan LAB, diğer mikroorganizmaların aksine, midedeki gastrik asit ve pankreatik salgılara karşı dirençlilik gösterir. Özellikle bitkisel kaynaklı ürünlerle vücuda giren LAB, mide ve bağırsaktaki sert/zor koşullara karşı hayvansal kaynaklı LAB'nden daha dirençlidir [9]. Ayrıca, süt ürünlerine karşı alerjik reaksiyonları olan kişiler için fermente sebzelerin probiyotik mikroorganizma kaynağı olarak kullanılması, turşu gibi ürünlerde yer alan LAB'nin probiyotik olarak alımı açısından önem kazandırmaktadır.

Sindirim sistemine geçerek canlı kalmayı başarabilen LAB probiyotik fonksiyonlarda bulunmaktadır. Probiyotik terimi, genellikle, organizmaların sağlığını olumlu yönde etkileyen mikroorganizmaları ifade etmektedir [32]. Patojen organizmaları, canlı ve cansız ortamlarda inhibe edebilme özelliğine sahip probiyotiklerin antibiyotik kullanımına alternatif olması, kolonik kanserojenlerin sentezlenmesini sağlayan intestinal bakteriyel enzimleri inhibe etmesi, sınırlı besinler için rekabetçi olması, sindirime enzimatik katkı sağlaması, epitel ve mukoz adheransı inhibe etmesi, çözünmüş organik materyallerin doğrudan alınmasına yardımcı olması ile vücut direncini artırması, insan ve hayvan beslenmesine ilişkin probiyotiklerin çeşitli yararlı etkilerini ortaya koymaktadır. Bunlara ek olarak, patojen mikroorganizmalara karşı bağışıklık sistemini güçlendirici ve antiviral etkileri olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, bağırsak mikroflorasının kabızlığa sebep olan bağırsaktaki dengesizlikleri ve bağırsakların peristaltik hareketini düzenleyici etkisi olduğu bildirilmiştir [33].

### Starter Kültür Olarak Kullanım

Gıda fermentasyonlarında bakteri ve mayaların rolleri keşfedildiğinden beri fermentasyonları kontrol etmek, istenilen doğrultuda yönlendirebilmek ve koşullarını iyileştirebilmek için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların odak noktasını oluşturan starter kültür teknolojisi, 1900'lü yıllardan bu yana gelişme göstermiş olup, çeşitli fermentasyon alanlarında kullanılmaktadır. Başta süt endüstrisi olmak üzere et, ekmekek, bira, şarap ve sirke fermentasyonlarında starter kültür teknolojisi uygulanmaktadır. Doğal fermentasyon tekniklerinin uygulandığı sauerkraut, turşu vb. geleneksel fermentasyonlarda da artık starter kültür kullanımına bağlı kontrollü bir fermentasyon gerçekleştirilmeye başlanmıştır [3].

Meyve-sebze fermentasyonlarında, tek bir suştan oluşan saf kültürün ve/veya çoklu mikroorganizma içeren karışık kültürün starter olarak kullanılmasına yaklaşık elli yıl önce başlanmış olup [20], günümüzde de çeşitli adaptasyonların uygulanması ile devam edilmektedir. Genel olarak, sebze fermentasyonlarından izole edilen türler starter kültür olarak kullanılmaktadır. İzole edilen türler arasında *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum* önemli yer tutmaktadır. Sebze fermentasyonu spesifik bir uygulamayı gerektirdiği için suş seçimi, ürüne istenen özelliklerin verilebilmesi açısından oldukça önem taşımaktadır [3]. Ayrıca, bazı türlerin yüksek seviyede biyojen amin üretebildiği göz önünde bulundurulduğunda starter olacak suş/suşların önemi artmaktadır [34].

Standart bir ürün ve üretim tekniğinin oluşturulması ile istenilen duyuşal özelliklerin sağlanmasının yanı sıra, istenilen boyutta üretim kolaylığı, üretim hızı ve veriminde artış, spesifik özelliklerin adaptasyonu, biyojen amin oluşumunda baskılama/azaltma, depolama sürecinde stabilizasyon gibi nitelikler de fermente sebze teknolojisinde starter kültür kullanımına bağlı olarak elde edilebilecek faydalar arasındadır [3, 34].

Doğal fermentasyonla, tüketilebilirlik anlamında, genellikle kabul edilebilir ürünler elde edilmektedir. Ancak, son üründe tutarsızlıklar ve bozulmalar meydana gelebilmektedir [20]. Bunların dışında, fermentasyonun kontrol ve güvenliğinin sağlanamamasına bağlı olarak ürüne istenilen niteliklerin kazandırılmaması, ürün ve üretime yönelik standardizasyonun oluşturulamaması ile ardışık bir üretimin sağlanamayarak talebin etkin bir biçimde karşılanamaması doğal fermentasyona ilişkin olumsuzlukları yansıtmaktadır. Kontrollü fermentasyon uygulaması ile gelişmesi istenen starter kültür için gerekli çevre koşulları sağlanarak fermentasyon istenilen doğrultuda yönlendirilebilmekte ve bunun sonucunda ise üründe oluşabilecek olumsuzluklar giderilebilmektedir [21].

Doğal fermentasyonun fiziksel ve kimyasal olarak kontrol edilmesi, ancak fermentasyon sürecinde starter kültürün kullanılmasıyla etkili olabilmektedir [20]. Hıyar turşuları ile yapılan bir çalışmada; homofermantatif *Lactobacillus plantarum* türü kullanılarak saf kültür fermentasyonu gerçekleştirilmiş, bu bakterinin fermentasyonu tek başına sonuçlandırdığı görülmüştür [22]. Ancak; diğer türlerin, örneğin *Leuconostoc mesenteroides*'in heterofermantatif iz yolunu izlemesi sonucu oluşturduğu bileşikler ile ürüne yönelik tat ve aroma gibi özellikleri kazandıramadığı saptanmıştır [3]. *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Lactobacillus brevis* türleriyle de saf kültür çalışmaları yapılmış; ancak, fermentasyonu başlatarak ilk kontrol mekanizmasını gerçekleştiren bu türler fermentasyonu tamamlamada başarılı olamamışlardır. Hammaddeden gelen mikroorganizmalar dinamik bir ekosistem ile değişen bir fiziksel ve kimyasal çevre sunmaktadırlar. Bu koşullar çerçevesinde, tek bir tür LAB içeren starter kültürün, optimal bir gelişme gösterememesi ve iyi derecede rekabetçi olamaması nedeniyle fermentasyonun istenilen düzeyde gerçekleşmesini

sağlayamadığı; ayrıca fermantasyonu, fermantasyon boyunca değil, yalnızca bir aşaması süresince kontrol edebildiği bildirilmiştir [20]. Bunların yanı sıra, saf kültür elde etme işlemlerinin, ticari anlamda ekonomik ve teknik anlamda pratik olmadıkları belirtilmektedir [23]. Saf kültürlerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bakımdan bir entegrasyon sağlayamaması sonucu, çoklu ya da karışık mikroorganizma içeren bir starter kültürün kullanılması öngörülmekte ve böylece fermantasyonda yaşanabilecek tüm bu sorunların giderilebileceği belirtilmektedir [20]. Turşu üretiminde, karışık bir kültürden oluşan starter kültür teknolojisinin uygulanmasıyla; fermantasyon kontrol edilebilmekte ve güvenliği sağlanabilmekte, ürün tekstür, tat, aroma yönünden iyileştirilebilmekte ve standart özellikte bir üretim gerçekleştirilebilmektedir [3].

### Ekzopolisakkarit (EPS) Üretimi

Gıdalarda emülsifiye edici, viskozite artırıcı, stabilize edici, jelleştirici ajan olarak yer alan mikrobiyal EPS'ler, biyolojik kıvam artırıcılar olarak ifade edilmektedirler. Kapsüllerin oluşumunda hücre yüzeyi ile ilişkilendirilen veya yapışkanlık oluşumunda ekstraselüler ortamın içinde gizli olarak bulunan EPS, mikrobiyal hücreleri birçok olumsuzluğa karşı korumaktadır. Kurumaya, fagositoza ve faj saldırılarına, antibiyotiklere, toksik metal iyonları ve kükürt dioksit gibi toksik bileşiklere, osmotik strese, protozoaların predasyonuna karşı korumada önemli rol oynamaktadır. Bunların dışında, hücrelerin katı yüzeylere adhezyonunda ve biyofilm oluşumunda etkili olduğu belirtilmektedir [35].

Dekstranlar, ksantanlar, jellan, pullulan, maya glukanları ve bakteriyel aljinatlar endüstriyel olarak önemli mikrobiyal EPS'lerdir. Endüstriyel EPS üretiminde, GRAS suşlar içeren ve food-grade olarak belirlenen, oldukça büyük miktarlarda üretim olanağı sağlayabilen LAB öncelikli olarak kullanılmaktadır. Mezofilik ve termofilik LAB tarafından farklı kompozisyonda, boyutta ve yapıda EPS sentezlenebilmektedir. Özellikle çeşitli yoğurt, peynir, kefir taneleri ve İskandinavya fermente sütleri gibi süt ürünlerinden izole suşlar başta olmak üzere, fermente et ve sebzelerden izole edilen suşlar da EPS üreticileri olarak incelenmektedir.

LAB'nin ürettiği EPS molekülerinin insan sağlığında kolesterolü düşürme, immunomodülatör etkisiyle immun reaksiyonlarını düzenleme, antitümoral aktiviteler ve prebiyotik etkiler gibi yararları bulunmaktadır. EPS üreticisi çoğu LAB *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* ve *Pediococcus* cinslerine aittir. Ayrıca, *Bifidobacterium* cinsine ait bazı suşların da bu biyopolimerleri üretebildikleri bilinmektedir [36].

### KAYNAKLAR

- [1] Borgstorm, G., 1986. Principal of food science, Vol 2. Food Microbiology and Biochemistry. New York, Macmillian, pp. 625.
- [2] Beukes, E.M., Bester, B.H., Mostert, F., 2001. The microbiology of South African traditional fermented milks. *International Journal of Food Microbiology* 63: 189-197.

- [3] Hutkins, R. W. 2006. Microbiology and Technology of Fermented Foods. Blackwell Publishing, 473, Oxford, UK.
- [4] Çon, A.H.ve Gökalp, H.Y., 2000. Laktik Asit Bakterilerinin Antimikrobiyal Metabolitleri ve Etki Şekilleri. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi* 30: 180-190.
- [5] Aktan, N., Yücel, U., Kalkan, H. 1998. Turşu Teknolojisi. Ege Üni. Ege Meslek Yüksek Okulu Yayınları, 23, 138 s., İzmir.
- [6] Steinkraus, K.H., 1983. Lactic acid fermentation in the production of foods from vegetables, cereals and legumes. *Antonie Van Leeuwenhoek* 49: 337-348.
- [7] Fleming, H.P., McFeeters, R.F., Daeschel, M.A., 1992. Fermented and Acidified Vegetables. In: C. Vanderzant and D.F. Splittstoesser. Ed. Compendium of methods for the microbiological examination of foods (3rd Ed.), American Public Health Association, 929-952, Washington D. C.
- [8] Luckow, T., Delahunty, C., 2004. Consumer acceptance of orange juice containing functional ingredients. *Food Research International* 37: 805-814.
- [9] Muñoz, R., Rodríguez, H., Curiel, J.A., Landete, J.M., Rivas, B., Felipe, F.L., Gómez-Cordovés, C., Mancheño, J.M., 2009. Food phenolics and lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 132: 79-90.
- [10] Gobbetti, M., Angelis, M., Corsetti, A., Cagno, R., 2005. Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science and Technology* 16: 57-69.
- [11] Botina, S.G., Tsygankov, Yu. D., Sukhodolets, V.V., 2006. Identification of industrial strains of lactic acid bacteria by methods of molecular genetic typing, *Russian Journal of Genetics R.* 1367-1379.
- [12] Stiles, E.M., Holzaphel, W.H., 1997. Lactic Acid Bacteria of Foods and Their Current Taxonomy. *International Journal of Food Microbiology* 36: 1-29.
- [13] Hansen, E.B., 2002. Commercial bacterial starter cultures for fermented foods of the future. *International Journal of Food Microbiology* 78: 119-131.
- [14] Yörük, G.N., Güner, A., 2011. Laktik asit bakterilerinin sınıflandırılması ve *Weissella* türlerinin gıda mikrobiyolojisinde önemi. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.* 6(2): 163-176.
- [15] Carr, F.J., Chill, D., Maida, N., 2002. The lactic acid bacteria: a literature survey. *Critical Reviews in Microbiology* 28: 281-370.
- [16] Karasu, N., 2006. Turşu ve zeytinden antagonistik ve probiyotik özellikte laktik starter kültür eldesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 88s., Denizli.
- [17] Fleming, H.P., Andersson, R.E., Daeschel, M.A., 1987. Microbial ecology of fermenting plant materials. *FEMS Microbiology Reviews* 46: 357-367.
- [18] Etchells, J.L., Fleming, H.P., Bell, T.A., 1975. Factor influencing the growth of lactic acid bacteria during brine fermentation of cucumbers. In: J.G. Carr, C.V. Cutting and G.C. Whiting Ed., Lactic Acid

- Bacteria in Beverages and Food, Academic Press, 281-305, New York.
- [19] Palop, L., Sánchez, I., Ballestenos, C., 2000. Biochemical characterization of lactic acid bacteria isolated from spontaneous fermentation of 'Almagro' eggplants. *International Journal of Food Microbiology* 59: 9-17.
- [20] Daeschel, M.A., Fleming, H.P., 1987. Achieving pure culture cucumber fermentations: a review. Development in Industrial Microbiology Pierce. G.E. Society for Industrial Microbiology Arlington, V.A., 28, 141-148.
- [21] Özçelik, F., İç, E., 1996. Hıyar turşusu üretiminde kontrollü fermentasyon. *Gıda* 21(1): 49-53.
- [22] Pederson, C.S., Albury, M.N., 1950. Effect of temperature upon bacteriological and chemical changes in fermenting cucumbers. *N. Y. Agr. Expt. Sta. Bull.*, 744.
- [23] Etchells, J.L., Costilow, R.N., Anderson, T.E., Bell, T.A., 1964. Pure culture fermentation of brined cucumbers. *Applied Microbiology* 12(6): 523-535.
- [24] Stiles, M.E., 1996. Biopreservation by lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek* 70: 331-345.
- [25] Konings, W.N., Kok, J., Kuipers, O.P., Poolman, B., 2000. Lactic acid bacteria: the bugs of the new millenium. *Current Opinion in Microbiology* 3: 276-282.
- [26] Fitzgerald, G.F., Caplice, E., 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology* 50: 131-149.
- [27] Kim, J., Chun, J., Han, H.U., 2000. *Leuconostoc kimchii* sp. nov., a new species from kimchii. *Int. J. Syst. Evol. Microbiology* 50: 1915-1919.
- [28] Adams, M.R., Nicolaidis, L., 1997. Review of the sensitivity of different food-borne pathogens to fermentation. *Food Control* 8: 227-239.
- [29] Montville, T.J., Lewus, C.B., Kaiser, A., 1991. Inhibition of food-borne bacterial pathogens by bacteriocins from lactic acid bacteria isolated from meat. *Applied and Environmental Microbiology* 6: 1683-1688.
- [30] Akkoç, N., Şanlıbaba, P., Akçelik, M., 2009. Bakteriyosinler: alternatif gıda koruyucuları. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 25(1-2): 59-70.
- [31] Nout, M.J.R., Rombouts, F.M., 1992. Fermentative preservation of plant foods. *Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement* 73: 13-147.
- [32] Şanlıbaba, P., Sungur, B., 2009. Probiyotik Gıdalar, I. *Uluslararası 5. Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu*, 27-29 Mayıs, Konya, s: 678-683.
- [33] Balcázar, J.L., Blas, I., Ruiz-Zarzuela, I., Cunnigham, D., Vendrell, D., Múzquiz, J.L., 2006. The role of probiotics in aquaculture. *Veterinary Microbiology* 114: 173-186.
- [34] Halasz, A., Barath, A., Holzapfel, W.H., 1999. The influence of starter culture selection on sauerkraut fermentation. *Z. Lebensm Unter Frosch. A.* 208: 434-438.
- [35] Vuysta, L., Degeest, B., 1999. Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Reviews* 23: 153-177.
- [36] Ruas-Madiedo, P., Reyes-Gavilán, C.G., 2005. Invited Review: Methods for the screening, isolation and characterization of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *American Dairy Science Association* 88: 843-856.
- 
-