

BİYOKORUYUCU OLARAK LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ VE BAKTERİYOSİNLER

Emine Dinçer¹, Merih Kıvanç¹, Hülya Karaca²

¹Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir

²Anadolu Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir

Geliş tarihi / Received: 13.11.2008

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 25.03.2009

Kabul tarihi / Accepted: 28.04.2009

Özet

Günümüzde tüketicilerin kimyasal katkı maddesi içermeyen, doğal ve sağlığı olumlu yönde etkileyen özelliklere sahip ürünlere karşı ilgisinin artmış olması bu konuda yapılan çalışmalara hız kazandırmıştır. Bu bağlamda, süt, et ve sebzelerden yapılan ürünlerde sıklıkla kullanılan laktik asit bakterileri, özellikle bakteriyosin üretimi gibi metabolik özellikleri nedeniyle dikkatleri üzerine çekmiştir. Bu derlemede laktik asit bakterilerinin özellikle bakteriyosin üretimleri ve çeşitli gıdalarda kullanım olanakları üzerinde durulmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Bakteriyosin, gıda koruyucuları, laktik asit bakterileri

LACTIC ACID BACTERIA AS BIOPRESERVATIVE AND BACTERIOCINS

Abstract

Nowadays, emerging interest of consumers for the natural and chemical additive free products influencing health in a positive aspect, leads to an increase in studies about the subject. In this sense, lactic acid bacteria which are mostly used in processing of milk, meat, and vegetable products, attracted attention especially due to their metabolic properties such as producing bacteriocins. In this review, bacteriocin production of lactic acid bacteria and possibilities of its use in different food is discussed.

Keywords: Bacteriocin, biopreservative lactic acid bacteria

GİRİŞ

Özellikle şehir ve kasabalarda nüfusun artışı, büyük marketlerin açılması ve raf ömrü uzun olan gıdalara ihtiyacın artması bu gıdaların üretim prosesine olan ilgiyi arttırmıştır. Temel ihtiyaçlar arasında yer alması nedeni ile gıdaların ve üretimlerinin her zaman ilgi odağı olması gerçeği bir yana, özellikle dünya nüfusundaki artış da gıda sektörüne ayrıca ilgi sebebi oluşturmaktadır. Gıda sektö-

rü açısından değerlendirme yapıldığında ise, kolay ve seri üretime uygun yöntemler ile besinsel değeri yüksek, güvenilir, raf ömrü uzun ürünlerin eldesi temeldir. Bununla birlikte gıdalarda çeşitli kimyasalların ilavesi ile raf ömrünün uzatılması şartlar elverdiğince tercih edilmemektedir. Ayrıca tüketicilerin doğal ya da geleneksel yöntemler ile üretilen, kimyasal katkı maddesi içermeyen, sağlık üzerinde olumlu etkileri olan gıdaları tercih ettiği de yadsınmaz bir gerçektir.

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉ mkivanc@anadolu.edu.tr, ☎ (+90) 222 335 0581- 4725, 📠 (+90) 222 320 4910

Günümüzde modern üretim teknolojileri geliştirilmiş olmakla birlikte, gıdaların korunması, raf ömrünün uzatılması ne yazık ki yalnızca gelişmekte olan ülkelerde değil, endüstriyel ülkelerde de sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. ABD’de her yıl yaklaşık 76 milyon kişinin gıda kökenli hastalıklara maruz kaldığı belirlenmiştir (1). Ayrıca gıdalarda meydana gelen bozulmalar endüstriyel anlamda da büyük kayıplara da yol açmaktadırlar. Günümüzde gıdaların güvenilirliğinin uluslar arası boyutta önem kazanmasıyla birlikte, belki de insanlık tarihi ile yaşıt olan sistem, en uygun doğal gıda koruyucularının belirlenmesi ve sektörde yer edinmesine dair çalışmalar hız kazanmıştır (2, 3).

Laktik asit bakterileri (LAB) organik asit, diasetil, asetoin, hidrojen peroksit, reuterin, antifungal peptitler ve bakteriyosinler gibi çok çeşitli antimikrobiyal bileşikler üretebilme kapasitesine sahip olduğu için özellikle son 15 yıldır gıda koruyucusu olarak kullanım açısından ilgi odağı olmuştur (4-7). Ürettikleri antimikrobiyal peptitleri ve koruyucu olarak kullanılabilen organik asitleri nedeni ile LAB ve diğer bakteriler arasındaki etkileşimler çeşitli gıdaların üretiminde özellikle de fermente gıdalarda ve silaj oluşumunda oldukça geniş bir biçimde araştırılmıştır (8).

Bu derlemede LAB ve metabolitlerinin gıdaların doğal yollar ile korunmasındaki yeri ve önemi tartışılmış, ayrıca 2000’li yılların popüler konusu olan laktik asit bakteri bakteriyosinleri ve bunların etki spektrumları üzerinde durulmuştur. Çeşitli tiplerdeki fermente gıdalarda kullanılan doğal koruyucular ürün tipine bağlı olarak incelenmeye çalışılmıştır.

LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Gram pozitif basil ve koklardan oluşan laktik asit bakterileri Firmicutes filumuna ait çeşitli bakteri cinslerinden oluşmaktadır. Spor oluşturmeyen ve katalaz negatif olan bu grubun önemli cinsleri arasında *Carnobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Melissococcus*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* ve *Weisella* yer almaktadır. Bütün LAB anaerobik koşullar altında gelişim gösterebilmektedir. Ancak, pek çok anaerobik bakterinin tersine oksijene karşı duyarlı değildirler, yani oksijen varlığında da gelişim gösterebilmektedir-

ler. Bu nedenle de aerotolerant anaerob organizmalar olarak adlandırılmaktadırlar. Fermantasyon sonucu ana ürün olarak laktik asit üreten bu bakteriler sitokrom içermemekte ve elektron taşıma sistemi taşımamaktadırlar. Bu nedenle laktik asit bakterilerinde enerji eldesi yalnızca substrat düzeyinde fosforilasyon ile gerçekleştirilmektedir. Karbonhidrat metabolizmaları göz önüne alındığında homofermentatif ve heterofermentatif olarak iki alt gruba ayrılan LAB taksonomisi uzun yıllardan beri bakterilerin fenotipik özellikleri baz alınarak gerçekleştirilmekte ve bu değerlendirmeye göre LAB; (i) *Thermobacterium*, (ii) *Streptobacterium* ve (iii) *Betabacterium* şeklinde üç alt gruba ayrılmaktadır. Ancak günümüzde gelişen moleküler biyoloji teknikleri, özellikle de 16S rRNA sekans analizleri fenotip temelli sınıflandırmanın uygun olmadığını gözler önüne sermektedir (9-12).

LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNE AİT BAKTERİYOSİNLER

Heterojen bir popülasyonda besin azalımı ve buna bağlı olarak oksidasyon-redüksiyon potansiyelinin düşüşü rekabete dayalı antagonizme yol açmaktadır (8). Bakteriyosinler, mikroorganizmalar tarafından, ribozomal olarak sentezlenen, kısmen dar spektrumda bakterisidal aktivite sergileyen, birincil ya da modifiye ekstraselüler aktif proteinlerdir. (13-15). Bakteriyosinlerin biyokimyasal özellikleri, moleküler ağırlıkları, etki spektrumları, etki mekanizmaları ve genetik yapıları oldukça heterojendir (16).

Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar bakteriyosinlerin gıda koruyucusu olarak oldukça faydalı özellikler sergileyebildiğini açıkça gözler önüne sermiştir. Gıdalara koyucu olarak bakteriyosin ilavesi ile; (i) Gıdaların raf ömrü uzatılabilmekte, (ii) saklama koşulları altındaki sıcaklıklarda ekstra koruma sağlanmakta, (iii) gıda kökenli patojenlerin besin zinciri ile dağılım riski azaltılabilmekte, (iv) gıdalarda bozulmalara yol açan mikroorganizmalar nedeni ile yaşanan ekonomik kayıplar en aza indirgenmekte, (v) kimyasal koruyucuların kullanımları azaltılabilmekte, (vi) koruma için daha az prosesin uygulanması sebebi ile ürünün organoleptik özellikleri ve besinsel değeri de daha iyi korunabilmektedir (17).

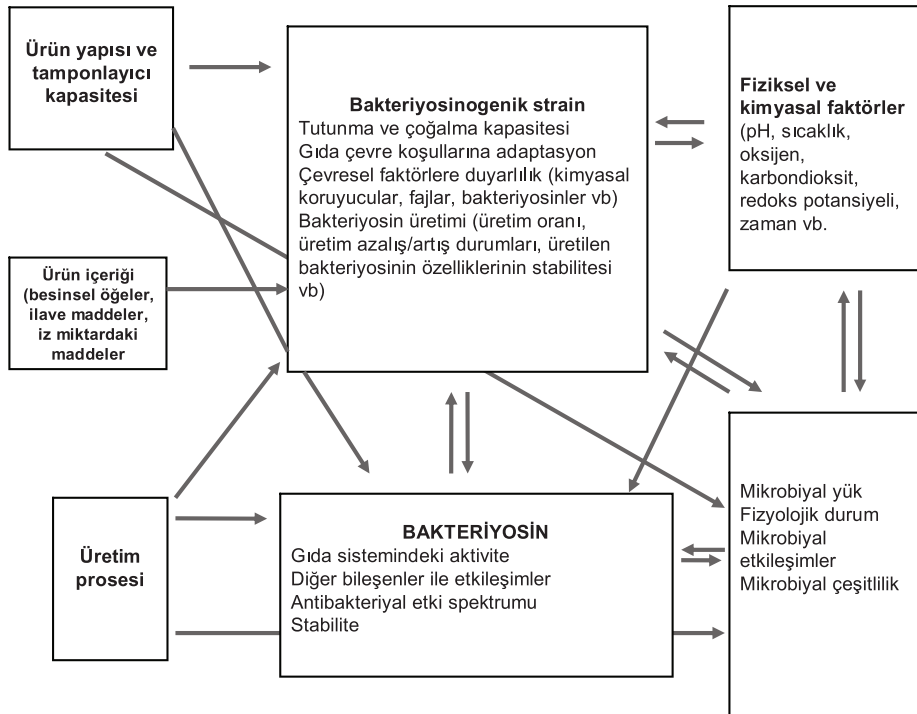
Laktik asit bakterilerinin pek çok üyesinin bakteriyosin ürettiği bilinmektedir. Antibakteriyal etki

Lactobacillus acidophilus tarafından üretilen acidophilin ve lactocidin, *Lactobacillus plantarum* tarafından üretilen lactolin ya da *Lactococcus lactis* tarafından üretilen nisin gibi antibiyotik ve antibiyotik benzeri maddeler üzerinden tanımlanmıştır. Üretilen bakteriyosinler aracılığıyla bakteriyosinin türüne bağlı olarak özellikle *Staphylococcus aureus*, *Listeria spp.*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* gibi gıda kökenli patojen bakterileri inhibe edebilmektedirler. Bununla birlikte bakteriyosinlerin bazı gram negatif bakteriler üzerinde de etkili olduğu bildirilmiştir (13, 18). Laktobasiller tarafından üretilen, lactocin 27, lactacin B, helveticin J, plantaricin B ve plantaricin A gibi bakteriyosin ve bakteriyosin benzeri maddelerle ilgili pek çok araştırma bulunmaktadır (19).

LAB tarafından üretilen bakteriyosinlerin gıda koruyucusu olarak kullanılmalarının temel nedenleri arasında (i) genel olarak güvenli (GRAS) bulunmaları, (ii) ökaryotik hücrelere karşı aktif ya da toksik olmamaları, (iii) genel olarak pH ve sıcaklığa karşı tolerans göstermeleri, (iv) gıda kökenli patojen ve çürükçül mikroorganizmalara karşı nispeten geniş spektrumda antimikrobiyel etki sergilemeleri, (v) bakterisidal etki mekanizmasının sitoplazmik

membranla ilişkili olması dolayısıyla antibiyotik direnci ile karşılaşmamaları bulunmaktadır. Bakteriyosinogenik strateji ve etkileyen faktörler Şekil 1 de gösterilmiştir (20).

LAB tarafından üretilen bakteriyosinler arasında *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* tarafından üretilen nisin en iyi karakterize edilmiş olandır. Nisin geniş spektrumda antimikrobiyal aktiviteye sahip olması, gıda koruyucusu olarak uzun yıllar güvenle kullanılmış olması gibi olumlu özellikleri nedeni ile ticari ve ekonomik anlamda ayrıca önem arz etmektedir. Nisaplin (Nisin A) 1962-1965 yılları arasında geliştirilen, nisinin ilk ticari ekstraktıdır. Nisinin insanlar tarafından tüketiminin güvenli olduğu 1962 yılında yapılan toksite testleri ile gösterilmiştir (21). Günümüzde nisinin yanı sıra *Lactobacillus acidophilus* tarafından üretilen acidophilin ve lactocidin, *Lactobacillus plantarum* tarafından üretilen lactocin gibi bakteriyosinler de iyi karakterize edilmiş ve antimikrobiyal özellikleri kesinlik kazanmıştır. Ayrıca son dönemlerde Laktobasiller tarafından üretilen, lactocin 27, lactacin B, helveticin J, plantacin B ve plantaricin A gibi bakteriyosin ve bakteriyosin benzeri maddelerle ilgili pek çok araştırma bulunmaktadır (19).



Şekil 1. Bakteriyosin üretim mekanizmasını etkileyen faktörler (Galvez ve ark., 2007).

BAKTERİYOSİNLERİN SINIFLANDIRILMASI

LAB tarafından üretilen bakteriyosinler için farklı sınıflandırmalar yapılabilmesine rağmen, genel olarak Klaenhammer (22) tarafından yapılan Nes ve ark. (23) tarafından modifiye edilen, sınıflandırma (molekül büyüklüğü, ısı stabilitesi, kimyasal yapı ve etki mekanizması temel alınarak) pek çok araştırmacı tarafından kabul görmüştür. Bu sınıflandırmaya göre bakteriyosinler;

Sınıf I : Post translasyonel modifiye bakteriyosinler (lantibiyotikler)

Sınıf II : Küçük (<10 kDa) ısıya dayanıklı membran aktif bakteriyosinler

Sınıf III : Büyük (>30 kDa) ısıya duyarlı bakteriyosinler

Sınıf IV : Protein kısmına lipit ve karbonhidrat ilaveli kompleks bakteriyosinleri olmak üzere 4 büyük sınıf altında toplanmıştır.

Lantibiyotikler genel olarak linear (Tip A) ve globular (Tip B) olarak 2 alt gruba ayrılma ile birlikte ilave alt gruplar halen tartışılmaktadır. Yapılarında bilinen aminoasitlerin yanı sıra lanthionine ve methylanthionine içermektedirler. Sınıf II düşük sıcaklıklı stabil peptitlerdir. Bunlar lanthionine içermezler ve bazıları 121 °C'ye kadar olan sıcaklıklara karşı yapısını koruyabilmektedir. Sınıf II bakteriyosinleri çeşitli araştırmacılar tarafından kişisel eğilimlerine göre daha fazla alt gruplara ayrılabilir. Sınıf III bakteriyosinleri, geneli hücre duvarına etkili küçük bir gruptur, tipik olarak ilgi, membrana etki eden küçük peptitler üzerinde toplanmaktadır. Dördüncü grup bakteriyosinler ise bakteriyosin aktivitesini sergileyebilmek için karbonhidrat ya da lipit ilavesine gereksinim duyan kompleks proteinlerden oluşmaktadır. Yakın zaman önce, Kamperman ribozomal olarak sentezlenen, non-modifiye dairesel antibakteriyel peptitlerden oluşan yeni bir gruptan (Sınıf VI) söz etmiştir (24-27).

Cotter 2005 yılında LAB bakteriyosinleri için Klaenhammer'ın yaptığı sınıflandırmayı oldukça radikal bir biçimde modifiye etmiştir ve prensip olarak iki ana kategoriye temel almıştır; Lantibiyotikler (Sınıf I) ve lanthionin içermeyen bakteriyosinler (Sınıf II). Daha önceki sınıflandırmada var olan Sınıf III (sıcaklık labil murein hidrolazlar) bakteriyolizin olarak yeniden adlandırılmış ve Sınıf

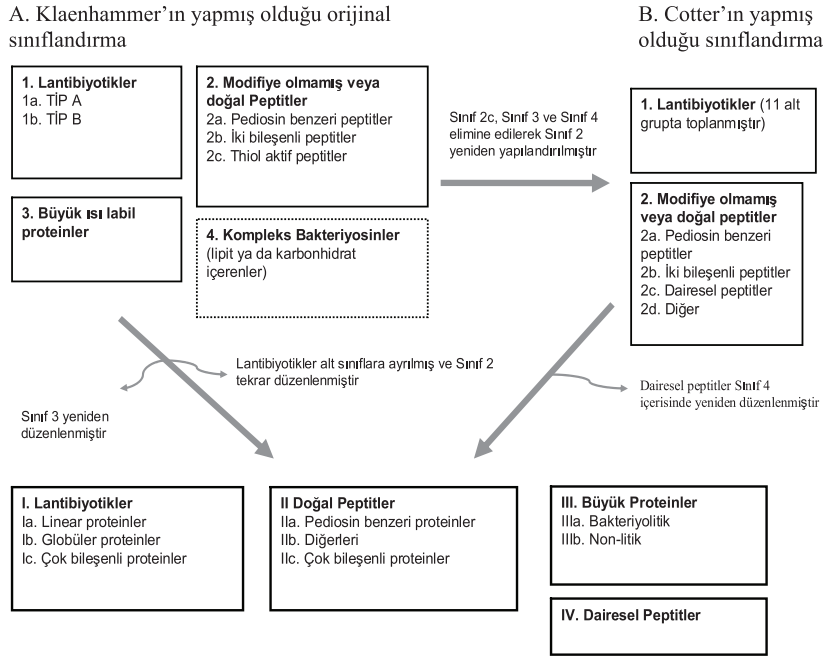
IV (lipit yada karbonhidrat içeren kompleks bakteriyosinler) iptal edilmiştir. Dahası Klaenhammer'ın Sınıf II alt grupları IIa (*Listeria* ya aktif olanlar) ve IIb (iki peptitden oluşular) aynen korunmuş, Kamperman'ın önerdiği sınıf VI (dairesele peptitler) IIc olarak değiştirilmiştir. IId olarak da geriye kalan linear lanthionin içermeyen bakteriyosinler grubu oluşturulmuştur (27). Klaenhammer ve Cotter'in yapmış oldukları sınıflandırma Şekil 2'de özetlenmiştir (28).

GIDALARDA LAB VE BAKTERİYOSİNLERİN KULLANIMI

Fermente gıdalar günümüzde temel beslenmenin bir parçası haline gelmiştir. Bilindik fermente ürünlerin ticari üretimlerinde ana substrat olarak sıklıkla süt, et, salatalık ve lahana karşımıza çıkmaktadır. Bu ürünler bu gün 400 çeşidin üstündedir ve 20 farklı tipte peynir (29) çok çeşitli yoğurt ve fermente sütlu içecekler, fermente sucuk ve salam tipleri, turşu çeşitleri ihtiva etmektedir. Fermente ürünlerde tat ve lezzet oluşumu oldukça karmaşık bir olay olmakla birlikte temelde starter kültürün ana kısmını oluşturan LAB tarafından gerçekleştirilen glikolizis, lipolizis ve proteolizis olaylarını kapsamaktadır (30). Koruyucu kültür ilavesi ile ürünlerin gerek raf ömrünün gerekse güvenilirliğinin artırılması yönündeki stratejiler et, süt ve balık ürünlerinde uygulanmaktadır (31).

Süt Ürünleri

Sütteki laktik fermentasyon peynir üretimi için gereklidir. Halen çeşitli peynirler pastörize olmayan sütlerden üretilmekte ve ürün gelişimi doğal olarak bulunan laktik asit bakteri florasına bağlı olarak sağlanmakta ise de ticari skalada bakıldığında çoğu fermente süt ürünü üretimi uygun starter kültürlerin kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. Starter kültür olarak ürüne bağlı olmak kaydı ile genellikle mezofilik laktik asit bakterilerinden *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ve *L. lactis* subsp. *cremoris* ya da termofillerden *Streptococcus thermophilus*, *Lb. helveticus* ve *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* kullanılmaktadır (32). Termofilik strainler genellikle İsveç ve İtalyan peynirlerinde olduğu gibi yüksek ısı ile pişirme işlemine maruz kalan peynirlerde kullanılmaktadır. Bu tip ürünlerde, çeşitli işlemlerde yapı (örneğin İsveç tipi peynirlerde karbondioksit üretimi için *Propionibacterium* ilavesi) ve lezzet oluşumu (diasetil üretimi gibi) için ikin-



Şekil 2. Bakteriyosinlerin kabul gören sınıflandırma sistematığı (Heng ve Tagg 2006).

cil bir flora ilavesi, yapılabilmektedir. Çeşitli peynir tiplerinde ikincil flora olarak küf, maya ve LAB dışındaki diğer bazı bakteriler kullanılabilinmektedir. Starter kültür kullanımı karbonhidrat fermentasyonunu ve proteolizisi geliştirmekte, çeşitli aroma bileşiklerinin üretimini sağlamakta ve zararlı faj saldırılarına karşı ürünü korumaktadır (33, 34).

Topisirovic ve ark. (35) ev yapımı peynirlerden izole edilen LAB gıda koruyucusu olarak kullanımlarını incelemişlerdir. Araştırmacılar izolatlardan bir kısmının bakteriyosin üretme potansiyeline sahip olduğunu ve bu izolatların *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus flavus*, *Salmonella paratyphi* üzerinde antimikrobiyal aktivite sergilediğini bildirmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada ise laktisin 3147 bakteriyosinin kaşar peynirlerinde bulunan *L. monocytogenes* üzerine etkisi araştırılmış ve başlangıçta 10^4 kob/mL olarak belirlenen *Listeria* miktarının 4°C 'de 5 günde %99.9 oranında azaldığı bildirilmiştir (36). Yine yapılan araştırmalar laktisin 3147'nin kaşar peynirlerinde starter kültür olarak kullanılmayan LAB sayısını yaklaşık olarak 100 kat azalttığını göstermektedir (2).

Ülkemizde de laktik asit bakterilerinin peynir üretiminde gerek starter kültür olarak gerekse probiyotik olarak ilavesi üzerine pek çok çalışma mevcuttur. Akgün (37) beyaz peynir üretiminde *Lac-*

tobacillus sake'nin starter kültür olarak kullanılabilme olanaklarını araştırmış ve *L. sake*'nin beyaz peynir kültürü olarak kullanılabileceğini, bu kültürün kullanımı ile peynirlerde olgunlaşma indeksinin arttığını bildirmiştir. Yapılan bir başka çalışmada, beyaz peynir üretiminde starter kültür olarak çeşitli *Lactococcus lactis* kültürlerinin kullanımı ve etkileri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda araştırmacılar starter kültür kullanımının kimyasal, biyokimyasal ve duyuşal özellikler üzerinde etkili olduğunu vurgulayarak, olgunlaşma periyodunda en iyi kalitenin *L. lactis* spp. *lactis* NCD0763 ile *L. lactis* spp. *lactis* UC317 nin birlikte kullanımıyla elde edildiğini bildirmişlerdir (38). Kılıç ve ark. (39) ise yapmış oldukları çalışmalarda *L. fermentum* ve *L. plantarum* gibi probiyotik strainlerin üretimde kullanım imkânlarını, olgunlaşma sonrasında canlı mikroorganizma sayısını ve bu kültürlerin kullanımının peynirin kalitesi üzerine etkisini araştırmış ve probiyotik kültür kullanımının üretimde her hangi bir ters etki yaratmaksızın kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Benzer olarak yapılan bir diğer çalışmada da probiyotik strain olan *L. acidophilus* un üretimde kullanımı araştırılmış ve sonuçlar probiyotik peynir üretiminde kısa olgunlaşma periyodu ve vakumla paketleme işlemleri ile birlikte kültürün kullanımının uygun olduğunu göstermiştir (40).

Et Ürünleri

Fermente sucuklar, et ile yağ, tuz, polimerizasyon ajanları (nitrat/nitrit), şeker ve çeşitli laktik asit bakteri türlerinden oluşan karışımın muamele edilmesi sonucu meydana gelen laktik fermentasyon ile üretilmekte olup orta ve güney Avrupa da geleneksel gıdalar arasında yer almaktadır. Sosislerdeki laktik fermentasyon boyunca predominant olarak bulunan türler psikrotrofik *Lb. sake* ve *Lb. curvatus*'dur (41). Laktik asit bakterileri tarafından üretilen bakteriyosinlerin, et fermentasyonunun erken aşamalarında *L. monocytogenes* sayısını azalttığı bilinmektedir ve bu bakteriyosinogenik kültürlerin kullanıldığı uygulamalarda avantaj sağlayan özelliklerden yalnızca bir tanesini oluşturmaktadır (42, 43). Drosinos ve ark. (44) yaptıkları çalışmada Güney Yunanistan'daki geleneksel fermente sucuklarda *Lb. plantarum* ve *Lb. sakei* türlerini baskın olarak bulan araştırmacılar *L. monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal aktivite gösteren 3 laktik asit bakteri straini bildirmişlerdir. Özellikle Sınıf IIa bakteriyosinleri arasında yer alan pediosin PA1 ve AcH in taze ve fermente etlerde *L. monocytogenes* kontaminasyonunu engellemek için kullanıldığı bilinmektedir. Yapılan araştırmalar, bu bakteriyosinlerin veya üretici strainlerinin modifiye atmosfer paketleme yöntemi ile kombine kullanımlarının oldukça etkili olduğunu vurgulamaktadır (36).

Buzdolabı koşullarında saklanmakta olan, hazır et ürünlerinde de uzun raf ömrüne sahip ürünlerin eldesi için mevcut olan etkin yöntem, koruyucu kültür ilavesidir. Burada özellikle laktik asit bakteri türleri bakteriyosin üretimi ve ortam pH'sını indirgeme kapasiteleri nedeni ile tercih edilmektedir. Bu tip ürünlerde kontaminasyon kaynağı olarak değerlendirilen *Clostridium botulinum*' un bakteriyosinogenik strateji ile inhibe edilebileceği, özellikle *Pediococcus pentosaceus*, *L. lactis*, *Lb. acidophilus* ve *Lb. plantarum* türlerinin *C. botulinum* a karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir (45). Kaban ve Kaya (46) starter kültür kullanımının olgunlaşma periyodu boyunca sucuklarda *Staphylococcus aureus* gelişimine etkisini araştırmış ve strater kültür kullanımının *S. aureus* gelişimini azalttığını bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada Bozkurt ve Erkmen (47) starter kültür ve çeşitli ilave maddelerin ülkemizde üretilen sucukların kalitesi üzerindeki etkisini araştırmış ve bunların kullanımı ile sucuklarda biyojenik amin oluşumunun azaldığını bildirmişlerdir.

Bitkisel Ürünler

Kardiyovasküler hastalıkları ve kanseri önlediği için taze sebze ve meyve tüketimine karşı olan ilgi her geçen gün artmaktadır (48). Fermente meyve suları ve hormonlanmış ürünler ile birlikte, Avrupa'da 21 farklı ticari bitkisel fermentasyonların ekonomik anlamda en çok dikkati çekenlerini, yağlar, salatalık (turşu) ve lahana (turşu ve Kore ye özgü olan Kimchi) oluşturmaktadır. Ham bitkisel ürünler oldukça yüksek oranda mikrobiyal yüke sahiptir ve bunların pastörizasyonları ile ürün kalitesi ilişkilendirilerek gerçekleştirilmelidir, pek çok bitkisel fermentasyon uygun LAB lerinin gelişim koşullarını sağlayacak şekilde (tuz ilavesi) sonuçlanmaktadır. Bu bakteriler taze bir bitkide oldukça düşük miktarda, toplam mikrobiyal popülasyonun %0.15-%1.5 ini kapsayacak sayıda bulunmaktadır (49). Daha önce pek çok araştırmacı tarafından taze veya fermente sebzelerde LAB farklı cinslerine ait strainlerin bulunduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada fermente havuçlardan nisin benzeri bileşikler üreten *L. lactis* strainleri izole edilmiş ve bir başka araştırmacı tarafından da fermente havuç ve salatalarda bakteriyosin üreticisi olan *L. lactis* izolatu bulunduğu bildirilmiştir (50).

Diğer Ürünler

Fermente bitkisel içeceklerde başlangıç materyali pastörize edilmekte ve *Lb. plantarum*, *Lb. casei*, *Lb. acidophilus* ve *L. lactis*, *L. mesenteroides* i içeren starter kültür ilavesi yapılmaktadır (49). Bunun dışında yapılan çalışmada buğday ekmeğinde bozulmalara yol açan (rope oluşumu) *Bacillus* strainlerinin *L. plantarum* LM025 ve *L. alimentarius* LM07 kullanımı ile önlenemediği bildirilmiştir (51). Ayrıca yapılan çalışmalar ile *L. plantarum*, *L. delbrueckii* ve *Pediococcus acidilactici* türlerinin özellikle salatalarda koruyucu kültür olarak kullanılabilirliği gösterilmiştir (52). Todorov ve Dicks (53) zeytinyağından izole ettikleri çeşitli laktik asit bakteri izolatlarının ürettiği bakteriyosinlerin alışılsın tersine *E. coli* ve *P. aeruginosa* üzerinde antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu vurgulamışlardır. Başyigit ve ark. (54) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise probiyotik *Lactobacillus* türlerinin dondurma üretiminde kullanım imkânları değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada ilave edilen kültürlerin üretimden 6 ay sonrasına kadar canlılığını koruyabildiği ve kültür kullanımının ürünün karakteristik özellikleri üzerine negatif bir etki oluşturmadığı bildirilmiştir.

SONUÇ

Geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalar ile LAB gıda kökenli patojen mikroorganizmaları inhibe edebildiği ve gıdaların raf ömrünü uzatmak amacı ile kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte gıdalarda gerek starter kültür, gerekse koruyucu olarak kullanılacak yeni suşların izolasyonu ve tanısı için yapılan çalışmaların devam etmesi gerekmektedir. Özellikle gıdalarda kullanılan kimyasal koruyucuların yerini alabilecek alternatif doğal koruyucuların araştırılması, potansiyel türlerin belirlenmesi daha sağlıklı bir beslenme ve yaşam açısından önem taşımaktadır. Tüketicilerin beslenme konusunda git-tikçe bilinçlenmesi, doğal ve sağlığa faydalı ürünlere doğru olan eğilimlerinin artması laktik asit bakterilerinin popüleritesini arttırmakta ve bu mikroorganizmaların araştırma konusu olarak ilgi odağı olmasını sağlamaktadır.

Tesekkür

Bu çalışma Anadolu Üniversitesi, Araştırma Fonu tarafından desteklenen 041020 no'lu projeden hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Mead PS, Slutsker L, Dietz V, McCaig LF, Bresee JF, Shapiro C, Griffin PM, Tauxe RV. 1999. Food related illness and death in the United States. *J Infect Dis*, 5 (5): 607-625.
2. Ross RP, Morgan S, Hill C. 2002. Preservation and fermentation: past, present and future. *Int J Food Microbiol*, 79: 3-16.
3. Soomro AH, Anwaar M, Anwar K. 2002. Role of Lactic Acid Bacteria (LAB) in Food Preservation and Human Health. *Pak J Nutr*, 1 (1): 20-24.
4. Holzapfel WH, Geisen R, Schillinger U. 1995. Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *Int J Food Microbiol*, 24: 343-362.
5. El-Ziney MG, Debevere J, Jakobsen M. 2000. Reuterin. In: *Natural Food Antimicrobial Systems*, Naidu AS (chief ed), CRC Press, London, pp. 567-587.
6. Holtzel A, Ganzle MG, Nicholson GJ, Hammes WP, Jung G. 2000. The first low molecular weight antibiotic from lactic acid bacteria: reutericyclin, a new tetramic acid. *Angew Chem Int Ed*, 39: 2766-2768.
7. Magnusson J, Schnürer J. 2001. *Lactobacillus coryniformis* subsp. *coryniformis* strain Si3 produces a broad-spectrum proteinaceous antifungal compound. *App Environ Microbiol*, 67: 1-5.
8. Visser R, Holzapfel WH, Bezuidenhout JJ, Kotze JM. 1986. Antagonism of Lactic Acid Bacteria against Phytopathogenic Bacteria. *App Environ Microbiol*, 52 (3): 552-555.
9. Klein G, Pack A, Bonaparte C, Reuter G. 1998. Taxonomy and physiology of probiotic lactic acid bacteria. *Int J Food Microbiol*, 41: 103-125.
10. Christensen JE, Dudley EG, Pederson JA, Steele J.L. 1999. Peptidases and amino acid catabolism in lactic acid bacteria. *Anton Leeuw*, 76: 217-246.
11. Beasley S. 2004. Isolation, identification and exploitation of lactic acid bacteria from human and animal microbiota. Academic Dissertation in Microbiology, University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry Sciences, Finland 120 p.
12. Madigan MT, Martinko JM, Brock TD. 2006. *Brock Biology Of Microorganisms*, 11nd Edition, Pearson Prentice Hall, New York, 1056 p.
13. Lewus CB, Kaiser A, Montville TJ. 1991. Inhibition of Food-Borne Bacterial Pathogens by Bacteriosins from Lactic Acid Bacteria Isolated from Meat. *App Environ Microbiol*, 57 (6): 1683-1688.
14. Bruno MEC. and Montville TJ. 1993. Common Mechanistic Action of Bacteriosins from Lactic Acid Bacteria. *App Environ Microbiol*, 59 (9): 3003-3010.
15. Bromberg R, Moreno I, Zaganini CL, Delboni RR, Oliveira J. 2004. Isolation of bacteriosin-Producing Lactic Acid Bacteria from Meat Products and Its Spectrum of Inhibitory Activity. *Brazi J Microbiol*, 35: 137-144.
16. Piard JC, Desmazeaud M. 1992. Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. 2. Bacteriosins and other antibacterial substances. *Lait*, 72: 113-142.
17. Thomas LV, Wimpenny JWT. 1996. Investigation of the effect of combined variations in temperature, pH and NaCl concentration on nisin inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus*. *App Environ Microbiol*, 62: 2006-2012.
18. Messi P, Bondi M, Sabia C, Batini R, Manicardi G. 2001. Detection and preliminary characterization of a bacteriocin (plantaricin 35d) produced by a *Lactobacillus plantarum* strain. *Int J Food Microbiol*, 64: 193-198.
19. Schillinger U. and Lücke FK. 1989. Antibacterial Activity of *Lactobacillus sake* Isolated from Meat. *App Environ Microbiol*, 55 (8): 1901-1906.
20. Gálvez A, Abriouel H, López RL, Omar NB. 2007. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *Int J Food Microbiol*, 120: 51-70.
21. Thomas LV. and Delves B. 2005. Nisin. In: *Antimicrobials in Food*. Davidson P.M. Sofos JN, Branen AL. (chief eds), Taylor & Francis Group, New York, pp. 237-275.
22. Klaenhammer TR. 1993. Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol*, 12: 39-86.

23. Nes IF, Diep DB, Havarstein LS, Brurberg MB, Eijsink V, Holo H. 1996. Biosynthesis of bacteriocins in lactic acid bacteria. *Anton Leeuw*, 70: 113-128.
24. Eijsink VGH, Skeie M, Middelhoven PH, Brurberg MB, Nes IF. 1998. Comparative Studies of Class IIa Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria. *App Environ Microbiol*, 64 (9): 3275-3281.
25. Caplice E. and Fitzgerald GF. 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *Int J Food Microbiol*, 50: 131-149.
26. Zhu WM, Liu W, Wu DQ. 2000. Isolation and characterization of a new bacteriocin from *Lactobacillus gasseri* KT7. *J App Microbiol*, 88: 877-886.
27. Riley MA. and Chavan MA. 2007. *Bacteriocins Ecology and Evolution*. Springer, New York, 149 p.
28. Heng NCK. and Tagg JR. 2006. What's in a name? Class distinction for bacteriocins. *Nature Reviews Microbiology*. www.nature.com/nrmicro/journal.(22.08.2008).
29. Jay JM, 1996. *Modern Food Microbiology*, Chapman and Hall, New York, 815 p.
30. Smit G, Vlieg JH, Smit BA, Ayad EHE. 2002. Fermentative formation of flavour compounds by lactic acid bacteria. *Aust J Dairy Technol*, 57 (2): 61-68.
31. Devlieghere F, Vermeiren L, Debevere J. 2004. New preservation technologies: possibilities and limitations. *Int Dairy J*, 14: 273-285.
32. Cogan TM, Hill C. 1993. Cheese starters cultures. In: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Fox PF. (chief ed), Chapman and Hall, London, pp. 193-255.
33. Dinsmore PK, Klaenhammer TR. 1995. Bacteriophage resistance in *Lactococcus*. *Mol Biotechnol*, 4: 297-314.
34. Garvey P, Fitzgerald GF, Hill C. 1995. Cloning and DNA Sequence Analysis of two abortive infection phage resistance determinants from the lactococcal plasmid pNP40. *App Environ Microbiol*, 61: 4321-4328.
35. Topisirovic L, Kojic M, Firad D, Golic N, Strahinic I, Lozo J. 2006. Potential of lactic acid bacteria isolated from specific natural niches in food production and preservation. *Int J Food Microbiol*, 112: 230-235.
36. Deegan LH, Cotter PD, Hill C, Ross P. 2006. Bacteriocins: Biological tools for bio-preservation and shelf-life extension. *Int Dairy J*, 16: 1058-1071.
37. Akgün S. 1995. Beyaz peynir üretiminde *Lactobacillus sake*'nin starter kültür olarak kullanılması. *Ank Üniv Vet Fak Derg*, 42: 271-279.
38. Hayaloğlu AA, Güven M, Fox PF, McSweeney LH. 2005. Influence of Starters on Chemical, Biochemical, and Sensory Changes in Turkish White-Brined Cheese During Ripening. *J Dairy Sci*, 88 (10): 3460-3474.
39. Başyigit Kılıç G, Kuleaşan H, Eralp İ, Karahan AG. 2009. Manufacture of Turkish Beyaz cheese added with probiotic strains. *Food Sci Technol*, 42: 1003-1008.
40. Kasımoğlu A, Göncüoğlu M, Akgün S. 2004. Probiotic white cheese with *Lactobacillus acidophilus*. *Int Dairy J*, 14: 1067-1073.
41. Hugas M, Garriga M, Aymerich MT, Monfort JM. 1993. Biochemical characterization of lactobacilli from dry fermented sausages. *Int J Food Microbiol*, 18: 107-113.
42. Foegeding PM, Thomas AB, Pilkington DH, Klaenhammer TR. 1992. Enhanced control of *Listeria monocytogenes* by in situ produced pediocin during dry fermented sausage production. *App Environ Microbiol*, 58: 884-890.
43. Hugas M, Garriga M, Aymerich MT, Monfort JM. 1995. Inhibition of *Listeria* in dry fermented sausages by the bacteriocinogenic *Lactobacillus sake* CTC494. *App Bacteriol*, 79: 322-330.
44. Drosinos EF, Paramithiotis S, Kolovos G, Tsikouras I, Metaxopoulos I. 2007. Phenotypic and technological diversity of lactic acid bacteria and staphylococci isolated from traditionally fermented sausages in Southern Greece. *Food Microbiol*, 24, 260-270.
45. Rodgers S. 2004. Novel approaches in controlling safety of cook-chill meals. *Trends Food Sci Tech*, 15: 366-372.
46. Kaban G, Kaya M. 2006. Effect of starter culture on growth of *Staphylococcus aureus* in sucuk. *Food Control*, 17: 797-801.
47. Bozkurt H, Erkmen O. 2002. Effects of starter cultures and additives on the quality of Turkish style sausage (sucuk). *Meat Science*, 61: 149-156.
48. Allende A, Tomas-Barberan FA, Gil MI. 2006. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends Food Sci Tech*, 17: 513-519.
49. Buckenhuskes HJ. 1997. Fermented vegetables. In: *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*, Doyle MP, Beuchat LR, Montville TJ (chief eds), ASM Press, Washington DC, pp. 595-609.
50. Vescovo M, Torriani S, Oris C, Macchiarolo F, Scolari G. 1996. Application of antimicrobial producing lactic acid bacteria to control pathogens in ready-to-use vegetables. *J App Bacteriol*, 81: 113-119.
51. Settanni L. and Corsetti A. 2008. Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation. *Int J Food Microbiol*, 121: 123-138.
52. Rodgers S, 2001. Preserving non-fermented refrigerated foods with microbial cultures, *Trends Food Sci Tech*, 12: 276-284.
53. Todorov SD. and Dicks LMT. 2005. Characterization of bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from spoiled black olives. *J. Basic Microbiol*, 45 (4): 312-322.
54. Başyigit G, Kuleaşan H, Karahan AG. 2006. Viability of human-derived probiotic lactobacilli in ice cream produced with sucrose and aspartame. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 33: 796-800.