



MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ
“MAKÜ Sag. Bil. Enst. Derg.”
<http://edergi.mehmetakif.edu.tr/index.php/sabed/index>



Bakteriyosinler ve Gıdalarda Kullanımı

Bacteriocins and Used in Foods

Hatice Çayır Üstündağ¹, Halil Yalçın¹

¹ Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hayvansal Ürünler Hijyen Ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 15030, BURDUR, TÜRKİYE

² Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, 15030, BURDUR, TÜRKİYE

Abstract: Bacteriocins synthesized by various bacteria are natural antimicrobials in protein structure. They are more effective on Gram (+) microorganisms. Although they are produced by many microorganisms such as Lactococcus, Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, Staphylococcus and Enterococcus, bacteriocins produced by lactic acid bacteria are mostly used in foods. There is a great deal of information on the structure, functions, heir mechanisms of action and use of bacteriocins in food. However, studies on genetically modified and hybrid bacteriocins have allowed the discovery of new and potent bacteriocins specifically for different strains of pathogenic bacteria. With this respect bacteriocin experiments have been generally in meat and dairy products where can become spoilage easily. Bacteriocins and their use in food products were reviewed in this paper.

Öz: Bakteriyosinler çeşitli bakterilerce sentezlenen, protein yapısında doğal antimikrobiyal maddelerdir. Daha çok Gram (+) mikroorganizmalar üzerinde etkilidirler. Lactococcus, Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, Staphylococcus ve Enterococcus gibi birçok mikroorganizma tarafından üretilmelerine rağmen gıdalarda daha çok laktik asit bakterileri tarafından üretilen bakteriyosinler kullanılmaktadır. Bakteriyosinlerin yapı ve fonksiyonları, etki mekanizmaları ile gıdalarda kullanımı üzerine birçok bilgi mevcuttur. Bununla birlikte genetiği değiştirilmiş ve hibrit bakteriyosinler üzerinde yapılan çalışmalar özellikle patojen bakterilerin farklı suşlarına yönelik yeni ve kuvvetli bakteriyosinlerin keşfine olanak sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar göz önüne alındığında bakteriyosin kullanım denemelerinin mikrobiyel bozulma açısından daha elverişli yapıya sahip olan et ve süt alanında olduğu görülmektedir. Bu derlemede bakteriyosinler ve gıdalarda kullanımından bahsedilmiştir.

Key words: Bacteriocins, lactic acid bacteria, meat, milk, food.

Anahtar sözcükler: Bakteriyosin, laktik asit bakterileri, et, süt, gıda.

Yazışma Adresi: Yrd. Doç. Dr. Halil Yalçın
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, 15030, BURDUR, TÜRKİYE
E-posta: hyalcin@mehmetakif.edu.tr

Geliş Tarihi: 22.03.2017

Kabul Tarihi: 03.08.2017

Kaynak göstermek için: Üstündağ HÇ, Yalçın H. 2017. Ege bakteriyosinler ve Gıdalarda Kullanımı. MAKÜ Sag. Bil. Enst. Derg. 5(1): 53-65.

Giriş

Her geçen gün, tüketici taleplerine dayanarak yeni gıdalar üretilmektedir. Bu gıdaların birçoğu bildiğimiz temel gıda kaynaklarından geliştirilmekte ve fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin iyileştirilmesi, muhafaza sürelerinin uzatılması için çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Ancak bu katkı maddelerinin bazılarının sağlıksız oluşu ve kullanım miktarına bağlı olarak toksik ve kanserojenik etki yapabilmeleri, doğal ve güvenilir katkıların, katkı maddelerinin elde edilmesini ve kullanımını oldukça önemli hale getirmiştir (Cleveland ve ark., 2001).

Gıdaların güvenliğinin sağlanması için üretimde mümkün olduğunca az işlem uygulanmalı ve doğal katkı maddeleri kullanılmalıdır. Bu amaçla antagonistik bakterilerin ve metabolitlerinin kullanımıyla patojen ve çürükçül bakterilerin inaktive edilmesini sağlayan biyolojik kontrol sistemleri önerilmektedir. Gram (+) ve Gram (-) mikroorganizmaların önemli bir kısmı antimikrobiyal bileşenler üretmelerine rağmen, gıdaların biyokontrolünde laktik asit bakterileri ayrı bir öneme sahiptir (Kurtve Zorba, 2005).

Laktik asit bakterileri, Gram (+), çubuk veya kok formda, katalaz negatif, son ürün olarak laktik asit (karbonhidrat fermantasyonu) oluşturan mikroorganizmalardır. Laktik asit bakterileri doğada özellikle süt ve süt ürünlerinde, canlıların bağırsak sistemlerinde, bitkilerde ve fermente gıdalarda yaygın olarak bulunmaktadır. Laktik asit bakterileri; fermantasyonda oluşan ürünlere göre sınıflandırıldıklarında homofermantatif (glukozdan % 95-100 oranında laktik asit üretirler) ve heterofermantatif (glukozdan % 50 oranında laktik asit üretir, ayrıca asetik asit, etanol, fruktoz, gliserol ve mannitol oluştururlar) olarak ikiye ayrılırlar. Gıda endüstrisi açısından *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Lactobacillus*'lar önemli laktik asit bakteri gruplarıdır (Evren ve ark. 2011).

Laktokoklar, homofermantatif özellikte olup, optimum üreme sıcaklıkları 30°C'dir. 10°C'nin altında ve 45°C'nin üzerinde gelişme gösteremeyerek streptokoklardan ve enterokoklardan ayrılırlar (Holt ve ark. 1994). Gıda sanayinde genellikle Laktobasiller tarafından sentezlenen bakteriyosinler kullanılmaktadır.

Lökonostoklar süt, peynir ve fermente et ürünlerinin üretiminde tat, koku gibi aromatik özelliklerin şekillenmesinde öneme sahip olan ve heterofermantatif özellik gösteren bakterilerdir. Fermente ürünlerde *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* ve *Leuconostoc lactis* baskın türlerdir (Dellaglio ve ark. 1995). Enterokok cinsi bakteriler oksijen

kullanımı bakımından fakültatif anaerob bakterilerdir. Farklı karbonhidratları fermentasyonla laktik aside çevirir, fakat gaz oluşturmazlar. %6.5 NaCl'de, 10-45°C sıcaklık aralığında gelişim gösterebilirler (Domingue ark. 2003). Pediokok cinsi bakteriler homofermantatif olup, gram pozitif ve fakültatif anerohtur. Pediokoklar doğal olarak süt ürünlerinde, birada, şarapta, etlerde ve taze sebzelerde bulunmaktadır (Bacus ve Brown, 1981; Garvie, 1986).

Gıda sanayi bakteriyosinlere karşı direnç gelişebileceğini göz ardı etmemelidir. Bakteriyosin direnci hassas hücre membranında meydana gelen fizyolojik değişimlerden ve bazı mutantların nisini parçalayan nisinaz enzimi üretmesinden ileri gelmektedir (Cleveland ve ark. 2001). Direnç gelişimi temel olarak hücre membranındaki lipit bileşiminin değişmesiyle ilişkilidir. Bu değişimler bakteriyel membrana daha sıkı bir yapı kazandırarak bakteriyosin moleküllerinin tutunmasını engeller (Naghmouchia ve ark. 2007). Nisin direncinde membranda oluşan değişimleri: membran yağ asitlerinin modifikasyonu, fosfolipit içeriğinin modifiye edilmesi, hücre hidrofobitesinde artış veya azalışın görülmesi, heterojen hücre duvarı kalınlığının gelişmesi şeklinde özetlenebilir (Limonet ve ark. 2004). Bu derlemede bakteriyosinler ve gıdalarda kullanımı hakkında bilgi verilmiştir.

Bakteriyosinler

Bakteriyosinler çeşitli bakterilerce sentezlenen ve genellikle yakın türler üzerine inhibitörük etki gösteren, antibiyotiklere göre daha dar etki spektrumuna sahip; protein yapısında ve çeşitli enzimlere karşı hassas doğal antimikrobiyal bileşiklerdir (Uylaşer ve ark. 2008). Bu antimikrobiyal proteinler, Gram-pozitif bakterilerin yanısıra gıdanın bozulmasına neden olan bazı mikroorganizmaları da inhibe ederken; gıdaların fizikokimyasal yapısını bozmaz, insan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etki yapmazlar (Settanni ve Corsetti, 2008).

Bakteriyosinlerin aynı ya da farklı bakteri grupları tarafından sentezlenen yüzden fazla çeşidi bulunmaktadır. *E. coli* suşlarının yanı sıra *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Staphylococcus* ve *Enterococcus* gibi birçok mikroorganizma bakteriyosin üretmektedir (Chen ve Hoover, 2003).

Bakteriyosinlerin büyük bir kısmı sadece hücre membranının elektrolitik yük dengesini tahrip etmek suretiyle inhibisyon gerçekleştirirler. Laktik asit bakterilerinin bazıları tarafından salınan bakteriyosinler pozitif yüklü moleküller olduğundan sahip oldukları hidrofobik kısımlarla, sitoplazmik zar üzerinde etkili olurlar. Hücre zarındaki negatif yüklü fosfat gruplarının etkisiyle elektrostatik etkileşim oluşur ve bunun sonucu olarak

bakteriyosinler hücre zarına tutunurlar (Twomey ve ark. 2002). Reaksiyon sonunda hidrofobik kısım zar yapısının içine girerek gözenek oluşumuna yol açmaktadır. Ortaya konulan bir diğer etki mekanizması ise *antilisterial* özellik gösteren bakteriyosinlerde görülür. Bakteriyosinler membran üzerinde iyon kanalları oluşturarak magnezyum ve potasyum gibi iyonların dışarı çıkmasına sebep olurlar. Bakterilerin membran geçirgenliğinin bozulması ve proton itici gücünün dağılmasıyla enerji üretimi engellemekte, protein ve nükleik asit sentezi durmaktadır (Biler, 2009).

Laktik asit bakterilerince üretilenler

Laktik asit bakterileri farklı özellikte (geniş pH aralıklı ve yüksek izoelektrik nokatasına sahip) bakteriyosinler sentezlerler, genellikle düşük moleküler ağırlığa sahip olup (3-10 kDa), hidrofilik ve hidrofobik kısımları bulunmaktadır (Ennahar ve ark. 2000). Pediyoisin AcH ve nisin asidik pH'da yüksek sıcaklığa daha dayanıklıdır. Nisinin aktivitesi otoklavlandıktan sonra % 40 düşmektedir (Trotter ve ark. 2004). Laktik asit bakterilerince oluşturulan bakteriyosinlerin antibakteriyel nitelikleri çoğaltıldıkları besiyerinde oluşan zonla tespit edilmektedir.

Laktokoklarca üretilenler

Laktokoksin, nisin, laktostrepsin ve diplokoksin gibi bakteriyosinler laktokoklar tarafından sentezlenmektedir. Diplokoksin laktokoklarda tespit edilen ilk protein benzeri madde olup, moleküler ağırlığı, ısıya dayanıklılığı ve bakteri öldürücü etkisi nedeniyle membran üzerine etki ettiği düşünülmektedir (Klaenhammer, 1993). Laktokoksin B ve laktokoksin A laktokoksinlerin en yaygın üyeleridir. Laktokoksin A dar bir etki spektrumuna sahiptir. Bunların dışında; laktokoksin MMFII, laktokoksin MN, laktokoksin 972 ve laktokoksin G de bu grupta yer almaktadır (Klaenhammer, 1993).

Laktisin FS92, nisin, laktisin 481 ve laktisin 3147 laktokoklar tarafından üretilen lantibiyotiklerdir. Nisin başta süt, peynir ve konserve gıdalar olama üzere birçok gıda içerisinde güvenli bir şekilde kullanılmaktadır. FDA pastörize peynirlerde, *Cl. botulinum* sporlarının inhibe etmek ve toksin üretimini engellemek amacıyla GRAS (genellikle güvenli kabul edilen madde) olarak 1988 yılından bu yana nisinin kullanımına izin vermiştir (Yıldırım ve Yıldırım, 2002). Özellikle spor oluşturan Gram pozitif bakterilere etkili olmasına rağmen, maya-küf ve Gram-negatif bakterilere etki etmemektedir. Nisin, *Lactococcus lactis* tarafından modifiye edilmiş sütün fermantasyonu ile üretilen, asidik özellikte, pH 3-7 arasında ısıya dayanıklı, polipeptit yapıda, antimikrobiyal bir maddedir. (Ünlütürk ve Turantaş, 1998).

Nisin; *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Clostridium*, *Erysipelothrix*, *Listeria* spp., *Bacillus* spp.'nin yanı sıra bazı laktik asit bakterilerine de etkili olduğu belirlenmiştir (Olivera ve ark., 2015).

Laktobasillerce üretilenler

Lactobacillus cinsi bakteriler diğer bakterilerden daha fazla bakteriyosin üretmektedirler. Asidofulisin A(26) ve asidolin 8912 bakteriyosinlerini *Lactobacillus acidophilus* türü sentezlemektedir. *Lactobacillus plantarum* sebze ürünleri ve fermente et ürünleri üretiminde en çok kullanılan laktik asit bakterilerindendir. *L. plantarum* tarafından üretilen çeşitli bakteriyosinler (plantarisin A, plantarisin B, plantarisin C gibi) tanımlanmıştır (Gülgör ve Özçelik, 2014).

Lökonostoklarca üretilenler

Et orjinli antilisterial türde bakteriyosin üretebilen lökonostoklar çoğunlukla ısıya dayanıklıdır. Vakumlu paketlenmiş ancak bozulmuş Türk sucuklarından izole edilen *Leuconostoc carnosum* türlerinin ürettiği bakteriyosin ile laktik asit bakterilerine yakın türlere ve *L. monocytogenes* inhibe edilmiştir (Osmanağaoğlu, 2003).

Enterokoklarca üretilenler

Enterosin CCM 4231, enterosin B, enterosin ON-157, enterosin Q, enterosin L50A ve B *Enterococcus faecium* tarafından üretilmektedir. Enterosinin antibakteriyel etkisi ısı ve alkali uygulamasına kuvvetli bir direnç gösterir. Bu özelliğinden dolayı enterosin RJ-11, pH 12'de etkin olmasına karşın, aynı pH değerinde nisin aktivitesi hızla kaybolmaktadır (Biler, 2009).

Pediyokoklarca üretilenler

Pediyokoklar tarafından üretilen bakteriyosinlerin etki spektrumu geniş olup bu bakteriler ikincil metabolitleri de üretmektedirler. Pediyokoklar pediyosin olarak isimlendirilen protein tabiatındaki bakteriyosinler sentezleyerek, zararlı birçok bakteriye karşı antimikrobiyel etki göstermektedir (Ahmad ve ark. 2017).

Bakteriyosinlerin Gıdalarda Kullanım Olanakları

Bakteriyosinler gıdada antimikrobiyal aktiviteleri nedeniyle kullanılmaktadır. Renksiz, kokusuz, tatsız ve doğal olmaları ürünlerin niteliklerinin korunması bakımından çok önemlidir. Peptit ve protein yapısında olduklarından pankreas orjinli proteolitik enzimler ile

mide salgılarından etkilenebilir dolayısıyla vücutta sindirilebilirler. Bazı bakteriyosinlerin ısıya dayanıklı olmaları, yüksek sıcaklıkta üretilen gıda maddelerinde kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Dolayısıyla bakteriyosinlerin et ve süt ürünleri başta olmak üzere ısıl işlem uygulanan birçok üründe gıda güvenliğinin sağlanmasında kullanılması mümkündür. Bakteriyosinler gıda maddelerine doğrudan katılabilir, bunun yanında, bakteriyosin üreten suşlar; starter kültürler şeklinde veya starter kültür karışımları gibi tekniklerle gıdalara eklenebilir veya gıdanın paketlenildiği ambalaj materyaline uygulanarak da kullanılabilirler (Ahmad ve ark. 2017).

Et ve et ürünlerinde bakteriyosinler

Et ürünlerine fermentasyondan önce laktik asit bakterilerinin ilave edilmesi, az miktarda nitritin, askorbat ve alfa tokoferol gibi maddelerle kombine edilerek eklenmesinin yanı sıra sorbat ve bakteriosinlerin ilavesi gıda koruma yöntemleri olarak araştırılmaktadır.

Et florasında bulunan laktik asit bakterilerince sentezlenen bakteriyosinler, lantibiyotikler ve termostabil lantibiyotik olmayan bakteriyosinlerdir. Fermente et ürünlerinde bulunan *Lactococcus lactis* nisin sentezlemektedir. *L. sake* suşlarının ürettiği laktosin S; Clostridium, Pediococcus, Lactobacillus ve Leuconostoc cinslerini inhibe etmektedir. Et florasında bulunabilen, termostabil, lantibiyotik olmayan bakteriyosinleri üreten suşlar kuvvetli antilisterial etki göstermektedirler. Et ve et ürünlerinde bakteriyosin üreten laktik asit bakterileri saf kültürler şeklinde, bakterilerin ürettiği fermantasyon sıvısı halinde yada saflaştırılıp eklenerek kullanılmaktadır. Soğuk depolanan etler özellikle mezofil laktik asit bakterileri ile muamele edilmektedir. Patojen bakteriler çoğunlukla mezofil olduklarından, bu sıcaklıklarda laktik asit bakterilerince inhibisyonu sağlanmaktadır (Başyigit ve ark. 2007).

Nisin ve pediyosin et ve et ürünlerinde en çok çalışılan bakteriyosinlerdir. Bir bakteriyosinin laboratuvarında etkili dozlarda üretilmesi bu maddenin gıdaya uygulandığında da etkili olacağı anlamına gelmez. Laboratuvarında şartlarında elde edilen etkinliğin gıdalarda da sağlanabilmesi çoğu zaman uzun uğraşlar gerektirmektedir. Gıda bileşenleri arasındaki reaksiyonlar, çevresel nedenler ve mikroflora değişken bir ortamın oluşmasına neden olmaktadır. Bakteriyosinjenik etki gösteren kültürler ve/veya bakteriyosinlerle yapılan araştırmalar genellikle pişirilmiş ve çiğ etlerde *L. monocytogenes*'i baskılamayı yada yok etmeyi hedeflemiştir. Nisin, 3.75-12.5 ppm oranında süt ürünlerinde kullanıldığında kuvvetli antistreptokokkal, antilisterial ve antibotulinal aktivite göstermektedir. Düşük çözünürlüğü,

homojen dağılım göstermemesi ve stabilite eksikliğinden dolayı nisin et ürünlerindeki kullanımını süt ürünlerine oranla daha güçtür (Hugas, 1998).

Etin yüzey kontaminasyonunu engellemek için püskürtme şeklinde nisin kullanılması etkilidir. Nisin, *Lactobacillus casei*'nin yüzeydeki çoğalmasını önlemektedir. Nisin, laktik asit ile kombine edilerek et yüzeyine uygulandığında, sinerjistik etki göstererek *E. coli*, *L. casei* ve *Pseudomonas fluorescens*, gelişimini önlemektedir. Kürlenmiş et ürünlerinde nitrit kullanımını azaltmak amacı ile alternatif bir koruyucu madde olan nisin kullanılmaktadır. Rayman ve ark. (1981), *Clostridium sporogenes* sporlarının inhibisyonunda nitrit-nisin kombinasyonunun etkili olduğunu bildirmişlerdir. 75 ppm nisin tekil kullanımı 150 ppm nitritten daha etkili olmaktadır. Bu nedenle ısı işlem uygulanan et ürünlerinde 75-100 ppm nisin düşük seviyelerde nitrit ile birlikte kullanımı ısı işlem uygulanan etler için önerilmektedir (Rayman ve ark. 1981). Crandall ve Montville'nin sosis ve fermente et ürünlerinde yaptığı bir çalışmada nitrit-nisin kombinasyonunun *Staphylococcus*, *Listeria*, *Clostridium* cinsleri üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir (Crandall ve Montville, 1993). Su ürünlerinde işleme süresini kısaltmak ve raf ömrünü uzatmak için nisin kullanılmaktadır. Su ürünlerinin etkin korunması amacıyla CO₂ gazı altında paketlemede nisin de kullanılması kabul görmektedir. Sıcak tütülenmiş uskumru, ringa ve mezgıt balıklarının raf ömrünü uzatmak amacıyla 10 °C'de nisin CO₂'li ambalajlamayla birlikte kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır (Serdaroğlu ve Özsumer, 2000).

P. acidilactici'nin ürettiği bakteriyosinler (örn: pediyosin) vakum paketlenerek soğukta depolanan sığır etlerindeki sporları yok etmekte, bakterileri inhibe etmekte ve ürünün raf ömrünü uzatmaktadır. Pediyosinler bu tip etlerdeki *Leuconostoc* ve *Lactobacillus* cinsleri ve *Brochothrix thermosphacta* gibi psikrotrof fakültatif anaerob bakterilerin çoğalmasını önlemektedir. Fermente edilmiş yarı kuru et ürünlerinde, kanatlı etlerinde ve çiğ ette *L. monocytogenes*'in inhibisyonu için de pediyosinler kullanılabilir. Pediyosin AcH ve nisin gibi geniş etkili bakteriyosinlerin kombine kullanımının bakterisidal etkinliği arttırdığı ve ayrıca, bu şekilde kullanımın gram-negatif bakterilere karşı da inhibisyon sağladığı bildirilmiştir. Bununla beraber vakum paketlenmiş taze ve işlenmiş etlerin soğukta depolanmasında çoğalabilen *Leuconostoc carnosum*, *Clostridium laramie*, *L. sake*, *L. gelidum*, *C. botulinum* tip B, *L. curvatus*, *Y. Enterocolitica*, *L. monocytogenes* ve *A. hydrophilia* gibi bakterilere karşı etkili olduğu ifade edilmektedir. Pediyosin L50 termostabil olduğundan ısı uygulanan et ürünlerinde de etki yapabilmektedir. Bunun yanı sıra çok geniş pH aralıklarında etkili

olduğundan nötral ve alkali pH'lara dayanamayan nisinden farklılık göstermektedir (Serdaroğlu ve Özşümer, 2000).

Bakteriyosinlerin etki spektrumlarının darlığı, sadece kendilerine yakın türlere etki etmeleri ve inhibisyonun Gram(+) bakterilerle sınırlı olması, katı et sistemlerinin bakteriyosinlerin etkinliğini azaltmasından dolayı kullanım alanı sınırlı kalmıştır. Bakteriyosine duyarlı olmayan suş veya suşların ortamda hızla çoğalması, proteazların bakteriyosine antimikrobiyal özellik kazandıran elzem proteini inaktive etmesi gibi dezavantajlarından dolayı et endüstrisinde bakteriyosin kullanımı pek rağbet görmemiştir (Hugas, 1998; Ünlütürk ve Turantaş, 1998).

Süt ve süt ürünlerinde bakteriyosinler

Süt ve süt ürünlerinde bakteriyosinler preparat halinde ya da bakteriyosin üreten kültürün ilavesi şeklinde kullanılmaktadır. Bakteriyosinlerin süt teknolojisinde kullanımları proteolitik enzimler, gıda bileşenlerine bağlanması, sıcaklık, ortamın pH'sı, ağır metaller, oksidasyon, ortamda bakteriyosinlere dirençli patojenlerin bulunmasından etkilenmektedir. Süt ürünlerine bakteriyosinler ilave edilirken, gıdaların organoleptik niteliklerini olumsuz yönde etkilememesine, tüketicilerde zehirlenmeye sebep olmamasına, az miktarda eklendiğinde etki gösterebilmesine ve ekonomik olmasına dikkat edilmelidir (Şimşek ve ark. 2002).

Süt ve Süt ürünlerine bakteriyosinlerin direk ilavesi

Süt ürünlerine bakteriyosin ilavesi özellikle çeşitli peynirler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Başlangıçta nisin kullanımıyla *C. tyrobutyricum* inhibisyonu ve dolayısıyla bu bakteriden kaynaklı gaz oluşumunun önüne geçmeyi amaçlayan çalışmalar yapılmıştır (De Vuyst ve Vandamme, 1994). Sonraki yıllarda yapılan araştırmalar ile çeşitli peynirlerde *L. monocytogenes*, endospor oluşturan canlılar, *C. Botulinum* ve gaz oluşturan *Clostridium* türlerinin çoğalmalarının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Peynirin dışında, soğuk tatlılarda, aromalı sütte, konserve evapore süt ürünlerinde ve diğer pastörize süt ürünlerinde de nisin antibakteriyel amaçlı kullanılmaktadır (Galvez ve ark. 2008). Nisinin kullanımına izin verilen ülkelerde bu maddenin gıdalarda kullanım aralığı 2.5-100 ppm'dir (Turtell ve Broughton, 1998).

Yapılan çalışmalar, nisinin depolama sürecinde cottage peyniri, süt, dondurma ve krem peynirinde *L. monocytogenes*'in inhibisyonu amacıyla kullanılabileceğini ortaya

koymuştur (Eckner, 1991; Hillier ve Davidson, 1991). Peynire nisin eklenerek bozulmaya neden olan *C. sporogenes*'in çoğalması, önemli derecede baskılanmıştır (Zottola ve ark. 1994; Hugenholtz ve ark. 1995). Gouda peynirinin üretiminde, nisin sentezleyen *Lactococcus lactis* suşunun kullanılması ile *Clostridium tyrobutyricum* sporlarının gelişimi durdurulmuştur böylece bu amaç için nitrat kullanımına gerek kalmamıştır. Cottage ve camambert peynirlerine nisin ilave edilerek *L. monocytogenes* gelişimi engellenmiştir (Benkerroum ve Sandine, 1988).

Pediococcus acidilactici tarafından üretilen pediyosin PA-1 çoğunlukla kremalar, cottage peyniri ve peynir soslarındaki *L. monocytogenes* sayısının azaltılmasında etkilidir. Pediyosin PA-1 gıdaya eklenir eklenmez *L. monocytogenes* üzerine hızlı bir inhibisyon yapmaktadır. Bu maddenin aktivitesi gıdalardaki protein ve yağ varlığından etkilenmemektedir. Fakat laktik asit ile Pediyosin PA-1 arasında sinerjistik bir etki olduğu belirtilmiştir (Berry ve ark., 1990; Foegeding ve ark. 1992). Bu bakteriyosin toksik değildir, gastrik enzimlerle hızla hidrolize olur ve immunojenik değildir. Diğer pediyokokkal bakteriyosinlere kıyasla daha geniş bir bakterisidal aktiviteye sahiptir (Parente ve Ricciardi, 1999).

Süt ve süt ürünlerinde bakteriyosin üreten kültürün kullanımı

Fermente süt ürünlerinde bakteriyosin üreten kültürü kullanmak doğrudan bakteriyosin ilavesinden daha etkili olabilir (Morgan ve ark. 1995). Süt ürünlerinde bakteriyosin sentezleyen bakterilerin ilavesine dair yapılan araştırmalar çoğunlukla starter kültür katılabilecek ürünlerle sınırlıdır. Bu nedenle bakteriyosin üreten kültürlerin ve bakteriyosin preparatlarının süt ve süt ürünlerine ilavesi ve bunların etkisinin etraflıca çalışılması daha faydalı olacaktır.

Gıda muhafazasında pediyosin benzeri bakteriyosinlerin 3 değişik şekilde kullanımı araştırılmıştır. Birincisinde cheddar peyniri ve sosis üretiminde *L. monocytogenes* inhibisyonu için bakteriyosin sentezleyen kültürler ilave edilmiştir. Bunun için pediyosin PA-1/AcH sentezleyen bir bakteri ve bakteriyosin üremeyen bir kültür ilavesi ile peynir üretimi gerçekleştirilmiş ve bu peynirde 2-3 log birimlik *L. monocytogenes* inhibisyonu sağlanmıştır. İkincisinde; ürüne starter kültür ilave edilerek üretilen peynirler buzdolabı şartlarında muhafaza edilmiştir. Çalışma sonunda ilave edilen bakteriyosinin çeşidi ve ilave edildiği ürün gibi değişkenlere bağlı olarak *L. monocytogenes* sayısında 1-4 log kob/g inhibisyon sağlandığı buna bağlı olarakta ürünün raf ömrünün uzadığı tespit edilmiştir. Üçüncü şekil üretimde ise

patojen bakteri ya da bozulma yapan bakteri ile beraber pediyosin benzeri bakteriyosin de kullanılmıştır (Ray ve Miller, 2003). Sütte *L. monocytogenes* sayısını azaltmak için pediyokok konsantrasyonunun oldukça yüksek olması gerekmektedir. Bu bilgiler ışığında günümüzde pediyosin üretme yeteneği olmayan laktik asit bakterilerine pediyosin üretim geninin aktarımı ile ilgili çalışılmaktadır (Somkuti ve Steinberg, 2003).

Geleneksel yöntemlerle üretilen peynirlerde enterokoklar sıklıkla izole edilmektedir (Kaleli ve Özkaya, 2000). Enterokoklar içerisinde bakteriyosin üretebilenler peynir ve süte patojen bakterileri inhibe etmek amacıyla biyokoruyucu olarak ilave edilebilmektedir. Peynirden izole edilen *Enterococcus faecium* RZS C5 kullanıldığı ürünlerde *L. monocytogenes*'i kuvvetli bir şekilde inhibe etmiştir (Leroy ve ark. 2003).

İspanya da üretilen Hispaniko peynirlerine bakteriyosin sentezleyen kültür ilave edilmiş ve bu bakterilerin üründe proteoliz ile tekstüre olan etkisi araştırılmıştır. Bu peynirler; bakteriyosin üretemeyen *Lactococcus lactis subsp. lactis* INIA 415-2, laktisin 481 ve nisin Z üretebilen *Lactococcus lactis subsp. lactis* INIA 415 ve *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* kullanılarak üretilmiştir. Bu şekilde üretimi sağlanan peynirde tekstürün yumuşadığı, α -kazein proteolizinin geciktiği ve ikincil proteolizde de gelişme olduğu tespit edilmiştir (Avila ve ark. 2005).

Peynirin tekstüründen ve kendine özgü aromasının şekillenmesinden olgunlaşma periyodunda ortaya çıkan metabolitler sorumludur. Ancak bu periyodun uzun sürmesi sanayi tarafından istenen bir durum değildir. Bu nedenle son zamanlarda, peynirin aromasının geliştirilmesi ve olgunlaşma süresinin kısaltılması amacıyla starter kültürlerin hücre içi enzimlerinin salınımını çoğaltmaya yönelik çalışmalar ağırlık kazanmıştır (Güneş ve Ayhan, 2010).

Sonuç

Gıda güvenliği açısından patojen inhibisyonu önemli bir konudur. Bu amaçla bazı patojenlere karşı antibakteriyel etki gösteren mikroorganizmalar ve bunların sentezledikleri metabolik ürünlerin kullanımı artmıştır. Antimikrobiyal maddeler Gram (-) ve Gram (+) bakterilerin büyük bir kısmı tarafından üretilmelerine rağmen, gıdaların biyokontrolünde genellikle laktik asit bakterilerinin metabolitleri kullanılmaktadır. Laktik asit bakterilerince sentezlenen bakteriyosinler veya antimikrobiyal peptitler önemli gıda biyokoruyucularıdır. Bakteriyosinlerin antimikrobiyal etki gücü, genetik ve biyokimyasal nitelikleri, gıda işlemede

uyumluluğu ve düzenleyici içerikleri gibi özellikleri göz önünde bulundurularak gıdalarda kullanılmasına karar verilmelidir. Tüm bunlar değerlendirilirken bakteriyosin kullanmanın getireceği ek maliyet hesaba katılmalıdır. Bakteriyosinler ile ilgili araştırmaların, genetik bilimdeki gelişmeler ışığında ilerletilmesinin daha iyi sonuçlar doğuracağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

1. Ahmad V, Khan MS, Jamal QMS, Alzohairy MA, Karaawi MA, Siddiqui SD. 2017. Antimicrobial potential of bacteriocins: in therapy, agriculture and food preservation. Int. J. Antimic. Agent 49: 1-11.
2. Avila M, Gadre S, Gaya P, Medina M, Nunez M. 2005. Influence of Bacteriocin-Producing Lactic Culture on Proteolysis and Texture of Hispanico Cheese. Int. Dairy J. 15: 145-153.
3. Bacus JN, Brown WL. 1981. Use of microbial culture; meat products. Food Technol., 35(1): 74-78.
4. Başyigit G, Karahan AG, Kılıç B. 2007. Fermente et ürünlerinde fonksiyonel starter kültürler ve probiyotikler. Türk Hi. Den. Biyol. Derg. 64(2): 60-69.
5. Benkerroum R, Sandine WE. 1988. Inhibitor Action of Nisin Against *Listeria monocytogenes*. J. Dairy Science. 71: 3237-3245.
6. Berry ED, Liewen MB, Mandigo RM, Hutkins RW. 1990. Inhibition of *L. Monocytogenes* by Bacteriocin Producing *Pediococcus* During Manufacture of Fermented Semi-Dry Souseage. J. Food Protect. 53: 194-197.
7. Biler B. 2009. *Pediococcus acidilactici* pbf suşu tarafından üretilen bakteriyosinin karakterizasyonu ve saflaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
8. Chen H, Hoover DG. 2003. Bacteriosins and their food applications. Compr Rev Food SciF. 2: 82-100.
9. Cleveland J, Montville TJ, Nes IF, Chikindas ML. 2001. Bacteriocins: Safe, natural antimicrobials for food preservation. Int. J. Food Microbiol. 71: 1-20.
10. Crandall AD, Montville TH. 1993. Inhibition of *Clostridium Botulinum* Growth and Toxigenesis in a Model Gravy System by Coinoculation with Bacteriocin Producing Lactic Acid Bacteria. J. Food Protect. 56(6): 485-492.
11. De Vuyst L, Vandamme EJ. 1994. Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria. Microbiology Genetics and Applications. Blackie Academic and Professional, London. p. 536.
12. Dellaglio F, Dicks LMT, Torrani S. 1995. The genus *Leuconococ*. In: Wood, B.J.B., Holzappel, W.H. (Eds.), The Genera of Lactic Acid Bacteria. Blackie Academic Press and Professional, London. pp. 235-279.
13. Doming KJ, Mayer HK, Kneifel W. 2003. Methods used for the isolation, enumeration, characterization and identification of *Enterococcus* spp. 2. phenoand genotypic criteria. Int. J. Food Microbiol. 88: 165-188.
14. Eckner FK. 1991. Bacteriocins Bacteriocins and Food Applications. Silliker Laboratories. 6: 1-4.
15. Ennahar S, Sashihara T, Sonomoto K, Ishizaki A. 2000. Class IIa bacteriocins: biosynthesis, structure and activity. FEMS Microbiol. Rev. 24: 85-106.
16. Evren M, Apan M, Tutkun E, Evren S. 2011. Geleneksel Fermente Gıdalarda Bulunan Laktik Asit Bakteriler. Elekt. Mikrobiyol. Derg. TR. 9: 11-17.

17. Foegeding PM, Thomas AB, Pilkington DH, Klaenhammer TR. 1992. Enhanced Control of *L. Monocytogenes* by in Situ-produced Pediocin During Dry Fermented Sausage Production. *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 884-890.
18. Galvez A, Lopez RL, Abriouel H. 2008. Application of Bacteriocins in the Control of Foodborne Pathogenic and Spoilage Bacteria. *Crit. Rev. Biotechnol.* 28: 125-152.
19. Garvie EI. 1986. Genus *Pediococcus* Claussen 1903. In *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, ed. Sneath, P.H. A., Vol. 2, Williams and Wilkins, Baltimore, p. 1075-1079.
20. Gülgör G, Özçelik F. 2014. Bakteriyosin Üreten Laktik Asit Bakterilerinin Probiyotik Amaçlı Kullanımı. *Akademik Gıda* 12(1): 63-68.
21. Güneş-Altuntaş E, Ayhan K. 2010. Süt ve Süt Ürünlerinde Bakteriyosinlerin Kullanımı. *P Üni. Mü. Bil. Derg.* 16(1): 113-120.
22. Hillier JA, Davidson EB. 1991. Bacteriocins as Food Preservatives. *Food Res. Quart.* 51: 60-64.
23. Holt JG, Krieg NR, Sneath PHA, Williams ST. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, Williams and Wilkins, 9. Edition, USA.
24. Hugas M. 1998. Bacteriocinogenic Lactic Acid Bacteria for the Biopreservation of Meat and Meat Products. *Meat Sci.* 49: 139-150.
25. Hugenholtz J, Twigt M, Slomp M, Smith MR. 1995. Development of Nisin-Producing Starters For Gouda Cheese Manufacture. In: *International Dairy Lactic acid Bacteria Conference*, Palmerston North, New Zealand, 19-23 February 1995, Book of Abstracts, p. 2-4.
26. Kaleli D, Durlu-Özkaya F. 2000. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, 17. Bölüm, Genişletilmiş 2. Baskı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını, Sim Matbaası, Ankara, s. 522.
27. Klaenhammer TR. 1993. Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria. *FEMS (Federation of European Microbiological Societies) Microbiol. Rev.* 12: 39-86.
28. Kurt Ş, Zorba Ö. 2005. Bakteriyosinler ve Gıdalarda Kullanım Olanakları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 65080-VAN YYÜ Vet. Fak. Derg.* 16(1): 77-83.
29. Leroy F, Foulquie Moreno MR, De Vuyst L. 2003. *Enterococcus faecium* RZS C5, an Interesting Bacteriocin Producer to Be Used as a Co-Culture in Food Fermentation. *Int. J. of Food Microb.* 88: 235-240.
30. Limonet M, Cailliez-Grimal C, Linder M, Revol-Junelles AM, Milliere JB. 2004. Cell envelope analysis of insensitive, susceptible or resistant strains of *Leuconostoc* and *Weissella* genus to *Leuconostoc mesenteroides* FR 52 bacteriocins. *FEMS Microbiol. Lett.* 241: 49-55.
31. Morgan S, Ross RP, Hill C. 1995. Bacteriolytic Activity Caused by The Presence of a Novel Lactococcal Plasmid Encoding Lactococcins A, B, and M. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 2995-3001.
32. Naghmouchia K, Kheadra E, Lacroix C, Flissa I. 2007. Class I/Class IIa bacteriocin cross-resistance phenomenon in *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiol.* 24: 411-433.
33. Olivera AA, Couto HGS, Barbosa AAT, Carnellosi MAG, Moura TR. 2015. Stability, antimicrobial activity, and effect of nisin on the physico-chemical properties of fruit juices. *Int. J. Food Microbiol.* 21: 38-43.
34. Osmanağaoğlu Ö. 2003. Behaviour and biological control of bacteriocin-producing *Leuconostocs* associated with spoilage of vacuum-packaged sucuk. *Turk. J. Vet. Anim Sci.*, 27: 471-480.
35. Parente E, Ricciardi A. 1999. Production, Recovery and Purification of Bacteriocins From Lactic Acid Bacteria. *Appl. Microbiol. Biot.* 52: 628-638.
36. Ray B, Miller W. 2003. Bacteriocins Other Than Nisin: Pediosin-Like Cystobiotics of lactic Acid Bacteria. Chapter 4 in *Natural Antimicrobials for The Minimal Processing of Foods* Edited by Sibel Roller. Boca raton, USA, p. 306.
37. Rayman MK, Aris B, Hurst A. 1981. Nisin: a Possible Alternative or Adjunct to Nitrite in the Preservation of Meats. *Appl. Environ. Microbiol.* 41: 731-734.

38. Serdaroğlu M, Sapancı-Özsümer M. 2000. Et ve Et Ürünlerinde Bakteriosinlerin Önemi. P. Üni. Müh. Fak. Müh. Bil. Derg. 6(2-3): 211-217.
39. Settanni L, Corsetti A. 2008. Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation. *Int. J Food Microbiol.* 12: 123-138.
40. Somkuti GA, Steinberg DH. 2003. Pediosin Production by Recombinant Lactic Acid Bacteria. *Biotechnol. Letter.* 25: 473-477.
41. Şimşek B, Sağdıç O, Karahan AG. 2002. Süt starter kültürleri tarafından üretilen bakteriosinlerin süt teknolojisindeki önemleri. P. Ü. Müh. Fak. Müh. Bil. Derg. 8(3): 335-341.
42. Trotter M, McAuliffe OE, Fitzgerald GF, Hill C, Ross RP, Coffey A. 2004. Variable bacteriocin production in the commercial starter *Lactococcus lactis* DPC4275 is linked to the formation of the cointegrate plasmid pMRC02. *Appl. Environ. Microbiol.*, 70: 34-42.
43. Turtell A, Broughton JD. 1998. International Acceptance of Nisin as a Food Preservative. *B. IDF.* 329: 20-23.
44. Twomey D, Ross RP, Ryan M, Meaney B, Hill C. 2002. Lantibiotics produced by lactic acid bacteria: structure, function and applications. *Lactic acid bacteria: genetics, metabolism and applications.* eds. Sizezen, R.J., Kok, J., Abee, T. and Schaafsma, G., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p.165-185.
45. Uylaşer V, Parseker-Yonel S, Savaş-Doğal E. 2008. Doğal antimikrobiyal bir bileşik: Bakteriyosin. *Gıda Yem Bil.-Teknol. Derg.* 10: 22-30.
46. Ünlütürk A, Turantaş F. 1998. Gıda Mikrobiyolojisi. Mengi Tan Basımevi. İzmir. s. 605.
47. Yıldırım Z, Yıldırım M. 2002. Laktik asit bakterileri tarafından üretilen bakteriyosinlerin genel karakteristikleri. Süt mikrobiyolojisi ve katkı maddeleri, VI. Süt ve Süt ürünleri Tebliğler Kitabı, 247-253.
48. Zottola EA, Yezzi TL, Ajao DB, Roberts KF. 1994. Utilization of Cheddar Cheese Containing Nisin as an Antimicrobial Agent in Other Foods. *Int. J. Food Microbiol.* 24: 227-238.