

# LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ TARAFINDAN ÜRETİLEN EKZOPOLİSAKKARİTLER ve SÜT ÜRÜNLERİNDEKİ FONKSİYONLARI\*

## EXOPOLYSACCHARIDES PRODUCED BY LACTIC ACID BACTERIA AND THEIR FUNCTIONALITY IN DAIRY PRODUCTS

Sibel MİLCİ<sup>1</sup>, Hasan YAYGIN

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

**ÖZET:** Günümüzde fermente süt ürünlerinin üretiminde ekzopolisakkarit üreten laktik asit bakterilerinin kullanımına büyük önem verilmektedir. Ekzopolisakkarit üretme yeteneğine sahip starter kültürlerin kullanımı ile yoğurdun tekstüründe iyileşme ve serum ayrılmasında azalma sağlamak, mozzarella peynirinde su tutma kabiliyetini artırarak erime özelliğini iyileştirmek ve yumuşak peynirlerin reolojik özelliklerini geliştirmek mümkündür. Bu nedenle ekzopolisakkarit üreten laktik asit bakterileri süt ürünlerinde viskoziteyi artırıcı, yapıyı kalınlaştırıcı, stabilize edici ve su bağlayıcı gibi özellikleri nedeni ile ticari stabilizatörlere alternatif olarak kullanılabilir. Teknolojik özelliklerinin yanı sıra laktik asit bakterileri tarafından oluşturulan ekzopolisakkaritler tüketici sağlığı üzerine de yaralı etkide bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda ekzopolisakkaritlerin bağırsak florasını düzenlediği, kolesterolü düşürdüğü, antitümör ve antiülser aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekzopolisakkarit, kimyasal yapı, laktik asit bakterileri

**ABSTRACT:** In these days, a great importance is given to use of exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria in the manufacture of fermented dairy products. Lactic acid bacterial exopolysaccharides contribute to prevent of syneresis and enhance of the structure in yoghurt, to improve the melting properties of mozzarella cheese by increasing moisture content and also to develop the rheological properties of soft cheeses. Because lactic acid bacteria produced exopolysaccharide enhance viscosity, thickening, stabilizing and water-binding properties, they can be used as an alternative to commercial stabilizers. In addition to technological benefits, exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria are also claimed to have beneficial physiological effects on the consumers. The investigations have showed that exopolysaccharides regulate the intestinal flora, reduce cholesterol level and exhibit the antitumor and antiulcer activities.

**Keywords:** Exopolysaccharides, chemical structure, lactic acid bacteria

### GİRİŞ

Fermente süt ürünlerinin bilinmesi, antik çağlara kadar uzansa bile bunların yapımına neden olan bakterilerin tanımlanması çok daha yakın zamanlara rastlamaktadır (Kılıç 2001). Süt endüstrisinde kullanılan starter kültürlerin büyük çoğunluğunu laktik asit bakterileri oluşturmaktadır. Bu bakterilerden bir kısmı esas olarak süt şekerini parçalayıp süt asidi meydana getirdiği halde, diğer bir kısmı süt yağı ve proteinleri parçalayarak çeşitli maddelerin oluşmasına ve böylece ürünün kendine has tat, aroma, görünüş ve yapısının meydana gelmesine yardım etmektedir (Yaygın ve Kılıç 1993).

Bu amaçla kullanılan laktik asit bakterilerinin hızlı asit üretmesi, proteolitik aktivitesi ile tat ve aroma oluşumuna etkili olan maddelerin arzulan seviyede olması tercih edilmektedir. Ancak günümüzde fermente süt ürünlerinin yapımında asitlik, aroma oluşumu, proteolitik aktivite ve probiyotik özellikleri yanı sıra ekzopolisakkarit üreten laktik asit bakterilerinin kullanımına büyük önem verilmektedir.

\* Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

<sup>1</sup> E-posta: smilci@akdeniz.edu.tr

Laktik asit bakterileri, hücre içersine yerleşimlerine göre sınıflandırılabilen birkaç farklı tipe polisakkarit oluşturmakta ve bunlardan hücre dışına salgılananlar ekzopolisakkarit olarak isimlendirilmektedir (Ruas-Madiedo, Tuinier, Kanning ve Zoon 2002b). Bu yapıların hücre duvarına yapışık konumda bulunanlarına kapsüller ekzopolisakkarit, içinde bulunduğu ortama salgılananlarına ise mukoz ekzopolisakkarit denilmektedir (Petersen, Dave, McMahon, Oberg ve Broadbent 2000). Çizelge 1'de ekzopolisakkarit sentezleme yeteneğine sahip olan laktik asit bakterileri görülmektedir. Ekzopolisakkaritler mikroorganizmalar tarafından katabolize edilemediklerinden enerji kaynağı olarak kullanılamazlar. Bunlar, buldukları ortamda koruyuculuk görevi yapmaktadırlar. Hücrenin yüzeye tutunmasına ve koloni oluşturmaya yardımcı olmakta, mikroorganizmayı veya ortamı kurumaya karşı korumaktadır (Ruas-Madiedo, Hugenholtz ve Zoon 2002a). Looijesteijn, Trapet, Vries, Abee ve Hugenholtz (2001) tarafından yapılan bir çalışmada *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* NZ4010 suşu tarafından üretilen ekzopolisakkaritlerin, bakterileri bakteriyofaj ve metal iyonlarına karşı koruduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Ekzopolisakkarit üretme yeteneğine sahip laktik asit bakterileri (Kılıç 2001)

<i>Lactobacillus</i> Genusu	Laktik Asit Bakterileri		<i>Leuconostoc</i> Genusu
	<i>Streptococcus</i> Genusu	<i>Lactococcus</i> Genusu	
<i>Lactobacillus hilgardii</i>	<i>Streptococcus mutans</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>cremoris</i>
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Streptococcus sobrinus</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>mesenteroides</i>
<i>Lactobacillus helveticus</i>	<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i>		
<i>Lb. delbrueckii</i> ssp. <i>lactis</i>			
<i>Lb. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i>			

### Ekzopolisakkaritlerin Bileşimi ve Yapısı

Laktik asit bakterileri tarafından üretilen ekzopolisakkaritler, homopolisakkarit ve heteropolisakkarit olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Homopolisakkaritler tek tip bir monosakkaritten meydana gelmekte olup fruktan ve glukon yapılarını içermektedir. Fruktanlar, levan ve inülin benzeri yapılardan, glukonlar ise dekstran, mutan ve b-D-glukondan oluşmaktadır (Şimşek ve Çon 2003). *Leu. mesenteroides* ssp. *mesenteroides* dekstran üreten en önemli laktik asit bakterisidir (Broadbent, McMahon, Oberg ve Welker 2001). Glukonlar ise *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus* ve *Streptococcus sanguis* tarafından sentezlenmektedir (Kılıç 2001). Homopolisakkaritler yüksek molekül ağırlığına sahiptir. *Leu. mesenteroides* NRRL B-512F suşu tarafından üretilen dekstranların molekül ağırlığı, 6.2-7.1x10<sup>6</sup> Da arasında değişim göstermektedir. Buna karşılık bazı *Str. mutans* tarafından sentezlenen levanların 2.7-21.6x10<sup>6</sup>, fruktanların ise 12.4x10<sup>6</sup> Da olduğu bildirilmiştir (Ruas-Madiedo vd 2002a). Çizelge 2'de laktik asit bakterileri tarafından sentezlenen homopolisakkaritler görülmektedir.

Heteropolisakkaritler, D-glikoz, D-galaktoz ve L-ramnoz veya nadir olarak N-asetilglikozamin, N-asetilgalaktozamin ve glukoronik asit içeren birimlerin tekrarlanması sonucu açığa çıkan yapılardır (Duboc ve Mollet 2001). Laktik asit bakterileri tarafından üretilen polimerlerin çoğu bu özelliktedir. *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ve *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* heteropolisakkarit üreten başlıca süt asidi bakterilerindendir (Broadbent vd 2001).

Termofilik ve mezofilik özellikteki laktik asit bakterilerince oluşturulan ekzopolisakkaritlerin miktarının belirlenmesi yakın bir zamanda gerçekleştirilmiştir (Kılıç, Karagözlü, Akbulut ve Mater 2003). Yapılan bir çalışmada *Str. salivarius* ssp. *thermophilus*'un 3000 mg/litre, *Lb. casei*'nin 490 mg/litre, *Lc. lactis* ssp. *cremoris*'in 600

Çizelge 2. Laktik asit bakterileri tarafından üretilen homopolisakkaritler (Ruas-Madiedo vd 2002a)

Ekzopolisakkarit	Bakteri
<b><math>\alpha</math>-D-glukanlar</b>	
Dekstran	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>mesenteroides</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>dextranicum</i>
Mutan	<i>Streptococcus mutans</i> <i>Streptococcus sobrinus</i>
Alternan	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<b><math>\beta</math>-D-glukanlar</b>	<i>Pediococcus</i> spp. <i>Streptococcus</i> spp.
<b>Fruktanlar</b>	
Levanlar	<i>Streptococcus salivarius</i>
İnülin benzerleri	<i>Streptococcus mutans</i>
<b>Poligalaktanlar</b>	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> H414

mg/litre ve *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*'un ise 2100 mg/litrenin üzerinde ekzopolisakkarit ürettiği tespit edilmiştir (Duboc ve Mollet 2001). Ancak polisakkarit üretimi ve miktarı bakteri suşuna bağlı olduğu kadar gelişim koşullarından da etkilenmektedir. (Broadbent vd 2001). Ekzopolisakkarit oluşumu üzerine etki eden en önemli faktör inkübasyon sıcaklığı ve süresidir. Yapılmış olan bir çalışmada *Lactobacillus acidophilus*'un 37°C ve 42°C'de 24 saatlik inkübasyon sonucunda ekzopolisakkarit üretiminin son derece iyi olduğu belirlenmiş, fakat aynı bakterinin 30 °C'de düşük miktarda ekzopolisakkarit sentezlediği tespit edilmiştir. Aynı araştırmacılar *Str. salivarius* ssp. *thermophilus* bakterisinin ekzopolisakkarit sentezi için gerekli olan sıcaklığın 30°C olduğunu tespit etmişler ve bu sıcaklığın bakterinin optimum gelişim sıcaklığından düşük olduğunu vurgulamışlardır (Mozzi, Oliver, Giori ve Valdez 1995a).

Polisakkarit oluşumu üzerine etkili olan diğer bir faktör ortamın pH'sıdır. Araştırmalar sonucunda optimum miktarda ekzopolisakkarit üretimi için gerekli olan pH değerinin *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* için 6.5 (Duboc ve Mollet 2001), *Lb. casei* CRL87 suşu için ise 6.0-6.5 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Mozzi, Giori, Oliver ve Valdez 1994). Ekzopolisakkarit sentezi mineral maddenin çeşit ve miktarından da önemli derecede etkilenmektedir. Yapılan çalışmalar *Pseudomonas euroginosa*'nın ekzopolisakkarit oluşturması için fosfat ve bazı iz elementlere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir (Mozzi, Giori, Oliver ve Valdez 1995b). Benzer bir çalışmada *Lb. helveticus* ATTC 15807 suşunun gelişimi ve ekzopolisakkarit üretimi üzerine mineral maddelerin etkisi belirlenmiş ve en yüksek polimerin CaCl<sub>2</sub> ve MnSO<sub>4</sub> varlığında sentezlendiği tespit edilmiştir (Torino, Sesma ve Valdez 2000).

### Ekzopolisakkarit Oluşturan Bakterilerin Süt Ürünleri Açısından Önemi

Günümüzde birçok fermente süt ürününün yapımında kullanılan laktik asit bakterilerinin ekzopolisakkarit ürettikleri bilinmektedir (Kılıç 2001). Ekzopolisakkaritler; viskoziteyi artırıcı, yapıyı düzenleyici, su bağlayıcı, stabilize ve emülsifiye edici gibi özellikleri nedeni ile süt ürünlerinin yapısal özelliklerini olumlu yönde değiştirmektedir. Bu nedenle başta yoğurt olmak üzere çeşitli fermente süt ürünlerinde ve düşük yağlı peynirlerde arzu edilen yapının oluşması için ekzopolisakkarit üreten suşlardan yararlanılmaktadır (Frengova, Simova, Beshkova ve Simov 2002).

### Yoğurt Üretimindeki Fonksiyonları

Yoğurt üretimi sırasında sıkça karşılaşılan gevşek yapı ve serum ayrılması gibi fiziksel problemler, hem tüketici hem de üretici açısından arzu edilmeyen bir durumdur. Çoğu zaman uygun katkı maddelerinin kullanımıyla bu tür hatalar önlenebilir (Kılıç, Karagözlü ve Akbulut 2000). Ancak günümüzde tüketici tercihlerinin kat-

kı ihtiva etmeyen gıdalardan yana olması, bu kusurların doğal yollardan giderilme zorunluluğunu ortaya koymaktadır (Duboc ve Mollet 2001).

Aromalı ve meyveli yoğurtların üretiminde uygulanan mekaniksel işlemlerle bozulan dokunun sağlamlaştırılması için kimyasal kökenli maddelerden yararlanılmaktadır. Fakat son yıllarda bitkisel kökenli hidrokolloidlere alternatif olarak laktik bakterilerin koyulaştırıcı etkiye sahip suşlarından yararlanma yoluna gidilmektedir (Kılıç 2001). Bu uygulama özellikle stabilizatör eklenmesinin yasak olduğu ülkelerde geniş bir kullanım alanı bulmuştur (Broadbent vd 2001).

Heteropolisakkaritler, süt ürünlerinde özellikle yapının düzenlenmesi, viskozite ve su tutma kapasitesinin geliştirilmesi üzerinde etkili olmaktadır (Duboc ve Mollet 2001). Bu amaçla ekzopolisakkarit üreten *Str. salivarius* ssp. *thermophilus* ve *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* suşları yoğurt yapımında yapıyı düzeltmek, viskoziteyi artırmak ve serum ayrılmasını azaltmak amacıyla geniş çapta kullanılmaktadır (Ruas-Madiedo vd 2002a). Ayrıca ekzopolisakkarit son ürünün tekstürünü, stabilitesini, tat ve aromasını da olumlu yönde değiştirecek etkiye sahiptir (Duboc ve Mollet 2001).

Polisakkaritlerin son ürünün viskozitesi üzerine etkisi oldukça komplekstir (Broadbent vd 2001). Bilimsel çalışmalar, ekzopolisakkarit konsantrasyonu ile fermente süt ürünlerinin viskozitesi arasında belirgin bir korelasyon bulunmadığını göstermektedir (Ruas-Madiedo vd 2002b). Ancak bu bileşiklerin miktarı, molekül ağırlığı, yan bağlarının sertliği, yarıçapları ve kimyasal kompozisyonları viskozite üzerinde önemli rol oynamaktadır (Broadbent vd 2001). Laktik asit bakterilerinin bulunduğu ortamda viskozitenin zamana bağlı olarak artması, yalnızca oluşan polimer miktarına değil polimerin tipi ve laktik asit gibi oluşan metabolik ürünlere de bağlıdır. Hatta ortamdaki polisakkaritlerle kazein ve bakteri hücreleri arası etkileşimler ürünün viskozitesi ve yapının kalınlaşmasına etki etmektedir (Kılıç 2001).

Yapılan bir çalışmada *Lc. lactis* ssp. *cremoris*'in farklı suşları tarafından üretilen ekzopolisakkaritlerin, fermente süt ürünlerinin viskozitesi üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. İncelemeler sonucunda, pıhtısı parçalanmış fermente süt ürünlerinin viskozitesinin laktik asit bakterileri tarafından üretilen ekzopolisakkaritlerin viskozitesine bağlı olduğu ve viskozitesi  $1.5 \text{ m}^3/\text{kg}$ 'ın altında olan ekzopolisakkaritlerin, ürünün viskozitesi üzerine herhangi bir etkide bulunmadığı tespit edilmiştir (Ruas-Madiedo vd 2002b).

Viskozite üzerine etkili olan diğer bir faktör ekzopolisakkaritlerin zincir sertliğidir. *Lactobacillus sake* 0-1 suşu tarafından oluşturulan ekzopolisakkaritlerin ksantan gamı ile yaklaşık olarak aynı molekül ağırlığına ( $6.0 \times 10^6$  Da) sahip olmasına rağmen viskozitesi daha yüksektir. Polisakkarit kimyası ve zincir sertliği arasındaki ilişki oldukça karmaşıktır. Bu özelliğin ekzopolisakkaritin kimyasal yapısının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Örneğin b-(1-4) bağlarını içeren monosakkaritlerin, a-(1-4) ve b-(1-3) bağ özelliği gösteren monosakkaritlere kıyasla daha sert zincir yapısına sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra dallanma ve yan gruplar da sertlik üzerine önemli derecede etki etmektedir (Ruas-Madiedo vd 2002a).

Son yıllarda ekzopolisakkarit sentezleyen suşlarla üretilen yoğurtların reolojik ve tekstürel özellikleri üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır (Ruas-Madiedo vd 2002b). Hassan, Corredig ve Frank (2001) polisakkarit üreten kültürlerin kullanımı ile yoğurdun viskozitesinin önemli ölçüde arttığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar mukoz yapıda ekzopolisakkarit üreten suşlarla yapılan yoğurtların, ekzopolisakkarit sentezine sahip olmayan kültürlerle yapılanlara kıyasla daha yüksek viskoziteye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Ekzopolisakkarit üreten suşlar pıhtıyı sağlamlaştırmak amacıyla meyveli yoğurt üretiminde de kullanılabilir. Kılıç vd (2000) tarafından yapılan bir çalışmada ekzopolisakkarit oluşturan *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ve *Str. salivarius* ssp. *thermophilus* bakterileriyle üretilen meyveli yoğurt örnekleri ile ekzopolisakkarit oluşturmeyen yoğurt bakterileri ile üretilen kontrol örnekleri arasında kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal açıdan hiçbir farklılık saptanmamıştır. Fakat ekzopolisakkarit oluşturan kültürlerle yapılan yoğurtlarda diğerlerine nazaran daha iyi bir dokunun oluştuğu tespit edilmiştir.

Ekzopolisakkarit üretme yeteneğine sahip olan ve olmayan suşlar kullanılarak üretilen yoğurtların reolojik özelliklerini karşılaştırmak amacıyla yapılan diğer bir çalışmada, en yüksek viskozite ekzopolisakkarit üreten *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* bakterisi kullanılarak üretilen yoğurtlarda tespit edilmiştir (Marshall ve Rawson 1999).

Kılıç vd (2003) tarafından yapılan başka bir çalışmada *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ve *Str. salivarius* ssp. *thermophilus* bakterilerinin ekzopolisakkarit oluşturma yetenekleri belirlenmiş ve her iki mikroorganizma tarafından oluşturulan ekzopolisakkarit kalitatif ve kantitatif açıdan incelenmiştir. Besiyerinde  $10^8$ - $10^9$  kob/g düzeyinde gelişen *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* IFR 2772 suşunun 262 mg/litre, *Str. salivarius* ssp. *thermophilus* IFR 859 suşunun ise 374 mg/litre ekzopolisakkarit ürettiği tespit edilmiştir. Ancak araştırmada incelenen söz konusu bakteri türlerinin mukoz yapı oluşturma özelliği, bakterilerin gelişme ve çoğalmalarında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi, gelişme ortamındaki besin maddelerinin zenginliği ile mutasyon oluşturabilecek etkenlere bağlı olarak değiştiği veya ortadan kalktığı, ekzopolisakkarit oluşturmayan bir bakterinin ise koşullar uygun olduğunda bu polimeri sentezleyebileceği ortaya konmuştur. Bu nedenle süt ürünlerinin üretiminde bu tür kültürler her zaman beklenildiği kadar mukoz yapı oluşturmayabilir. Bu kararsızlık nedeni ile elde edilecek son ürün kalitesi de değişiklik gösterebilmektedir. Söz konusu bakterilerden istenilen sonucu alabilmek için; işlemede sütün ısı işlemi de dahil olmak üzere tüm teknolojik işlem basamaklarında belirlenen üretim standartlarına bağlı kalınması gerekmektedir (Kılıç vd 2003).

### **Peynir Üretimindeki Fonksiyonları**

Ekzopolisakkarit üreten laktik asit bakterileri genellikle yoğurt ve diğer fermente süt ürünlerinin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Petersen vd 2000). Ancak ekzopolisakkaritler, mükemmel bir su tutma kapasitesine sahip olmaları nedeni ile özellikle düşük yağlı peynirlerin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla peynir teknolojisinde de geniş bir kullanım alanı bulmuştur (Broadbent vd 2001). Düşük yağlı peynirlerde yağ oranının az olmasından dolayı peynir sert ve lastiğimsi bir yapı kazanmakta ve erimesi için daha fazla ısıya gereksinim duymaktadır (Low, Ahlgren, Horne, McMahon, Oberg ve Broadbent 1998). Bu da mozzarella tipi peynirler için önemli bir dezavantajdır. Genellikle pizza üretiminde yaygın olarak kullanılan mozzarella peynirinin iyi bir erime özelliğine sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle erimenin zor gerçekleştiği yağ oranı düşük peynirlerde, bu kusurun önlenmesine yönelik pek çok çalışma yapılmıştır (Broadbent vd 2001).

Low vd (1998), *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* MR-1R ve *Str. salivarius* ssp. *thermophilus* MR-1C suşları tarafından oluşturulan ekzopolisakkaritlerin su bağlama özelliklerini tespit etmişlerdir. Elde edilen bulgular neticesinde, *Str. salivarius* ssp. *thermophilus* MR-1C'nin peynirin su seviyesini önemli miktarda artırdığı ve bu etkinin aynı bakteri tarafından üretilen kapsüller ekzopolisakkarite bağlı olduğu belirlenmiştir. Duboc ve Mollet (2001) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, ekzopolisakkarit üreten *Lb. helveticus*'un mozzarella peynirinde su tutma kapasitesini artırdığı tespit edilmiştir.

Arjantin'e özgü yumuşak bir peynir çeşidi olan Quartirolo peynirinin duyu özelliklerini geliştirmek amacıyla polisakkarit oluşturan bakterilerin kullanımı araştırılmıştır. Ekzopolisakkarit oluşturan ve oluşturmayan bakteri kültürleri ile yapılan peynirler; nem içeriği, erime kabiliyeti, proteolitik aktivite ve yapısal özellik açısından birbirinden önemli derecede farklı bulunmuştur. Araştırmacılar ekzopolisakkarit sentezleyen starter kültürlerin Quartirolo peynirinin nem seviyesini ve erime kabiliyetini artırdığını ve buna bağlı olarak tekstürel özelliklerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir (Moreira, Bevilacqua ve Antoni 2003). Petersen vd (2000) tarafından yapılan başka bir çalışmada ekzopolisakkarit üretim yeteneğine sahip *Str. salivarius* ssp. *thermophilus* suşları ile üretilen mozzarella peynirinde nem seviyesinin yüksek olduğu ve nem içeriği fazla olan peynirlerin de iyi erime özelliği gösterdiği saptanmıştır.

Ekzopolisakkarit oluşturan starter kültürlerin mozzarella peynirinde kullanımı ile peynirlerin randımanı artmakta ve fonksiyonel özellikleri büyük ölçüde iyileşmektedir. Ancak üretim sırasında ekzopolisakkaritin bir kısmının seruma geçerek peyniraltı suyunun viskozitesini artırması peynir yapımında bu bakterilerin kullanımını kısıtlamaktadır. Çünkü ekzopolisakkaritler, peyniraltı suyunun kurutulmasını ve ultrafiltrasyon ile konsantrasyonunu güçleştirmektedir. Fakat yapılan çalışmalar sonucunda mukoz yapıda ekzopolisakkarit üreten starterlerin

kullanılması ile bu tarz bir problemle karşılaşıldığı, kapsüller ekzopolisakkarit üreten bakterilerin böyle bir soruna neden olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle peynir yapım teknolojisi açısından kapsüller ekzopolisakkarit üreten suşların diğerlerine kıyasla daha uygun olduğu belirlenmiştir (Petersen vd 2000, Broadbent vd 2001).

### **Kefir ve Diğer Fermente Süt Ürünlerindeki Fonksiyonları**

Kefir, kefir danesi veya özel starter kültürler kullanılarak üretilen fermente bir süt ürünüdür. Kefir danesi esas olarak bakteri ve maya hücreleri tarafından oluşturulan polisakkaritten meydana gelmektedir. Danelerde bulunan mikroorganizmaların türü ve bunların birbirine oranı danelerin orijinlerine göre değişim göstermektedir. Bu nedenle kefirde bulunan mikroorganizmalar konusunda farklı bildiriler mevcuttur (Yaygın 1999, Frengova vd 2002).

Kefir danesinde polisakkarit oluşumu üzerine yapılmış olan araştırmalar tartışmalıdır. Yapılan bir çalışmada *Lactobacillus kefir*'in polisakkarit ürettiği tespit edilmesine karşılık, Kandler ve Kunath (1983) bu bakterinin polimer oluşturmadığını savunmaktadır. Bir kısım araştırmacıya göre ekzopolisakkarit üretiminden sorumlu olan en önemli mikroorganizma *Lactobacillus kefirifaciens*'dir (Frengova vd 2002). Benzer bir çalışmada ise kefir üretiminde kullanılan *Lactobacillus hilgardii*'nin bazı suşlarının önemli miktarda polisakkarit ürettiği belirlenmiştir (Kılıç 2001). Görüldüğü üzere kefir danelerinin oluşumundan sorumlu mikroorganizmalar tam olarak açıklığa kavuşturulabilmiş değildir.

Frengova vd (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, kefirde izole edilen süt asidi bakterileri arasında en yüksek ekzopolisakkarit üretme özelliğine sahip olan bakterinin *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* HP1 suşu olduğu belirlenmiştir. Kefir içerisinde yer alan diğer bakterilerin ve mayaların, bu bakterinin ekzopolisakkarit üretim yeteneğini artırdığı tespit edilmiştir. Starter kültür tarafından sentezlenen ekzopolisakkarit miktarı *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* HP1 varlığında 1.7 kat artmakta ve maksimum konsantrasyona (824.3 mg/L) ulaşılması için gerekli olan süre 6 saat daha kısa olmaktadır.

Ayrıca İskandinav ülkelerinde yaygın bir tüketim potansiyeline sahip olan Viili ve Longfil gibi fermente süt ürünlerinin üretiminde arzu edilen yapının oluşması için ekzopolisakkarit oluşturan *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* suşundan yararlanılmaktadır. Fermente bir süt ürünü olan viiliden izole edilen bu bakterinin ramnoz, glikoz ve galaktozdan oluşan ekzopolisakkarit ürettiği belirlenmiştir (Duboc ve Mollet 2001).

### **Sağlık Üzerine Etkisi**

Teknolojik özelliklerinin yanı sıra laktik asit bakterileri tarafından oluşturulan ekzopolisakkaritlerin tüketici sağlığı üzerine de yararlı etkileri bulunmaktadır (Duboc ve Mollet 2001). Fermente süt ürünlerinin sağlığı koruyucu etkisinin laktik asit bakterilerinin hücre duvarlarında bulunan polisakkaritlere bağlı olduğu düşünülmektedir (Ruas-Madiedo vd 2002a).

Günümüzde probiotik olarak kullanılan bakterilerin büyük bir kısmının ekzopolisakkarit oluşturma yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir. Ekzopolisakkarit ihtiva eden gıdaların viskozitesinin yüksek olması, bu gıdaların sindirim sisteminde kalış süresini uzatmakta ve böylece probiotik bakterilerin kolonizasyonu ile bağırsak florası düzenlenmektedir. Ayrıca *Lc. lactis* ssp. *cremoris* B40, *Lb. sake* 0-1, *Str. salivarius* ssp. *thermophilus* Sfi 20 ve *Lb. helveticus* 59 suşları tarafından üretilen ekzopolisakkaritlerin fekal kökenli mikroorganizmalar tarafından parçalanmadığı tespit edilmiştir (Duboc ve Mollet 2001). Yapılan çalışmalar sonucunda ekzopolisakkaritlerin bağırsak florasını düzenlemesinin yanı sıra, kolesterolü düşürdüğü, antitümör ve antiülser aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir (Uemura, Itoh, Kaneko ve Noda 1998, Ruas-Madiedo vd 2002a).

### **SONUÇ**

Ekzopolisakkaritler viskoziteyi artırıcı, yapıyı düzenleyici ve su bağlayıcı gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı süt ürünlerinde ticari stabilizatörlerin yerine alternatif olarak kullanılabilir. Oldukça düşük konsantrasyonlarda üretilen ekzopolisakkaritin bile yapıyı geliştirici etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle süt ürünlerinin üretiminde ekzopolisakkarit üreten bakterilerin kullanımına önem verilmelidir. Böylece hiçbir katkı maddesi kullanılmadan son ürünün tekstürel özelliğini arzu edilen şekilde değiştirerek tüketicilerin talebini kar-

şilamak mümkün olmaktadır. Aynı zamanda ekzopolisakkarit üreten laktik asit bakterilerinin kullanımı ile tüketicilerin sağlığı da korunmuş olacaktır. Ekzopolisakkarit üretiminin genetik açıdan dayanıksızlığı endüstriyel uygulamalarda önemli bir problem oluştursa da optimum fermantasyon koşullarının sağlanması ile bu sorunun önüne geçilebilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Broadbent JR, McMahon DJ, Oberg CJ and Welker DL. 2001. Use of exopolysaccharide-producing cultures to improve the functionality of low fat cheese. *International Dairy Journal*, 11: 433-439.
- Duboc P and Mollet B. 2001. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *International Dairy Journal*, 11: 759-768.
- Frengova GI, Simova ED, Beshkova DM and Simov ZI. 2002. Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria of kefir grains. *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*, 57: 805-810.
- Hassan AN, Corredig M and Frank JF. 2001. Viscoelastic properties of yogurt made with ropy and non-ropy exopolysaccharides producing cultures. *Milchwissenschaft*, 56 (12): 684-687.
- Kandler O and Kunath P. 1983. *Lactobacillus kefir* sp. nov., a component of the microflora of kefir. *Syst. Appl. Microbiology*, 4: 286-294.
- Kılıç S, Karagözlü C ve Akbulut N. 2000. Ekzopolisakkarit üreten yoğurt bakterilerinin meyveli yoğurt yapımında kullanımı üzerine bir araştırma. *Süt Mikrobiyolojisi ve Katkı Maddeleri*, VI. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 57-69 s, Tekirdağ.
- Kılıç S. 2001. *Süt Endüstrisinde Laktik Asit Bakterileri*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 542, 451 s, İzmir.
- Kılıç S, Karagözlü C, Akbulut N ve Mater Y. 2003. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*'un ekzopolisakkarit oluşturma özellikleri. *Dünya Gıda*, 8 (1): 64-68.
- Looijesteijn PJ, Trapet L, De Vries E, Abee T and Hugenholtz J. 2001. Physiological function of exopolysaccharides produced by *Lactococcus lactis*. *International Journal of Food Microbiology*, 64: 71-80.
- Low D, Ahlgren JA, Horne D, McMahon DJ, Oberg CJ and Broadbent JR. 1998. Role of *Streptococcus thermophilus* MR-1C capsular exopolysaccharide in cheese moisture retention. *Applied and Environmental Microbiology*, 2147-2151.
- Marshall MV and Rawson HL. 1999. Effects of exopolysaccharide-producing strains of thermophilic lactic acid bacteria on the texture of stirred yoghurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 34: 137-143
- Moreira M, Bevilacqua A and Antoni GD. 2003. Manufacture of Quattro cheese using exopolysaccharide-producing starter cultures. *Milchwissenschaft*, 58 (5/6): 301-304.
- Mozzi F, De Giori GS, Oliver G and De Valdez GF. 1994. Effect of culture pH on the growth characteristics and polysaccharide production by *Lactobacillus casei*. *Milchwissenschaft*, 49 (12): 667-670.
- Mozzi F, Oliver G, De Giori GS and De Valdez GF. 1995a. Influence of temperature on the production of exopolysaccharides by thermophilic lactic acid bacteria. *Milchwissenschaft*, 50 (2): 80-82.
- Mozzi F, De Giori GS, Oliver G and De Valdez GF. 1995b. Exopolysaccharide production by *Lactobacillus casei*. I. Influence of salts. *Milchwissenschaft*, 50 (4): 186-188.
- Petersen BL, Dave RI., McMahon DJ, Oberg CJ and Broadbent JR. 2000. Influence of capsular and ropy exopolysaccharide-producing *Streptococcus thermophilus* on mozzarella cheese and cheese whey. *Journal of Dairy Science*, 83: 1952-1956.
- Ruas-Madiedo P, Hugenholtz J and Zoon P. 2002a. An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 12: 163-171.
- Ruas-Madiedo P, Tuinier R, Kanning M and Zoon P. 2002b. Role of exopolysaccharides produced by *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* on the viscosity of fermented milks. *International Dairy Journal*, 12: 689-695.
- Şimşek O ve Çon AH. 2003. Laktik asit bakterilerinde ekzopolisakkarit üretimi ve ekzopolisakkaritlerin süt ürünlerindeki fonksiyonları. *Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, 87-94 s, 22-23 Mayıs 2003, İzmir.
- Torino MI, Sesma F and De Valdez GF. 2000. Semi-defined media for the exopolysaccharide (EPS) production by *Lactobacillus helveticus* ATCC 15807 and evaluation of the components interfering with the EPS quantification. *Milchwissenschaft*, 55 (6): 314-316.
- Uemura J, Itoh T, Kaneko T and Noda K. 1998. Chemical characterization of exocellular polysaccharide from *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* OLL1073R-1. *Milchwissenschaft*, 53 (8): 443-446.
- Yaygın H ve Kılıç S. 1993. *Süt Endüstrisinde Saf Kültür*. Altındağ Matbaacılık, 107 s, İzmir.
- Yaygın H. 1999. *Yoğurt Teknolojisi*. Akdeniz Üniversitesi Yayın No: 75, 330 s, Antalya.