

Probiyotik ve Prebiyotiklerin Fonksiyonel Özellikleri

Osman SAĞDIÇ

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü 38039 Kayseri (osagdic@erciyes.edu.tr)

Erdoğan KÜÇÜKÖNER

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Van

Sami ÖZÇELİK

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü 32260 Isparta

Geliş Tarihi : 25.07.2003

ÖZET : Canlı mikroorganizma (probiyotik) içeren fonksiyonel gıdalara olan ticari ilgi, probiyotiklerin sindirim sistemindeki fonksiyonları üzerine yapılan araştırmalarla paralel olarak artmaktadır. Son yıllarda birçok araştırmacı çalışmalarını, doğal sindirim sistemi florasını oluşturan *Lactobacillus* ve *Bifidobacteria* suşları üzerinde yoğunlaştırmıştır. Prebiyotikler, barsakta selektif bir fermentasyona sebep olan sindirilemeyen (oligosakkaritler vb.) gıda katkılarıdır. Prebiyotikler aynı zamanda vücut sağlığına faydalı bazı etkilere sahiptirler. Probiyotik ve prebiyotikler gıda ürünlerinde kombine olarak kullanılabilir ki bu durum simbiyotik olarak adlandırılır. Bu derlemede, fonksiyonel özelliklere sahip olan probiyotik ve prebiyotiklerin önemine dikkat çekilmiştir.

Anahtar kelimeler: probiyotik, prebiyotik, fonksiyonel özellik

Functional Characteristics Of Probiotics And Prebiotics

ABSTRACT : The commercial interest on functional foods containing live microorganisms named probiotics increases to be parallel to studies conducting on functionalities of probiotics in the digestive tract. In recent years, most researchers have focused on intestinal *Lactobacillus* and *Bifidobacteria* species being part of the natural gastrointestinal microbiota. Prebiotics are non-digestible food ingredients (e.g. oligosaccharides) having a selective fermentation in the colon. Prebiotics also have some benefits on body health. Probiotics and prebiotics may be used as a combine in food products, called to be a symbiotic. In this review, the use of probiotics and prebiotics as functional foods were outlined.

Key Word: probiotic, prebiotic, functional food

GİRİŞ

Fonksiyonel gıdalar; tedavi edici gıdalar, tıbbi gıdalar, bio-gıdalar, düzenleyici gıdalar, ilaç gıdalar ve süper-gıdalar olarak tanımlanan, insan sağlığına faydalı bazı bileşenler içeren besinlerdir (Chandan, 1997; Berner ve O'Donnel, 1998; Ross, 2000). Gıdalar; fitokimyasalların, biyoaktif peptitlerin, ω -3 (Omega 3) çoklu doymamış yağ asitlerinin, probiyotikler ve/veya prebiyotiklerin ilavesiyle fonksiyonel hale getirilebilir (Berner ve O'Donnel, 1998). Gıdaları fonksiyonel hale

getirmek için kullanılan bazı maddeler Tablo 1'de verilmiştir.

Yoğurt gibi çeşitli fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılan laktik asit bakterileri sindirim sisteminde canlı kalamadıkları için bu ürünlere *Lactobacillus acidophilus* ve bifidobakteriler gibi probiyotik bakteriler ilave edilmeye başlanmıştır (Kalantzopoulos, 1997). Probiyotik ürünler, tüketicinin sağlığı üzerine olumlu etkileri olan mikroorganizmaları, canlı olarak içeren gıdalar diye tanımlanır (Shah, 2001).

Tablo 1. Gıdaları fonksiyonel hale getirmek için kullanılan maddeler

Fonksiyonel madde	Etkileri
Fitokimyasalların ilavesi (Bitkisel katkılar veya bitki ekstraktları)	Antioksidan, kolesterol probleminin azaltılması, kan basıncının düşürülmesi.
Biyoaktif peptitlerin ilavesi	Bağışıklık sisteminin geliştirilmesi, mineral maddelerin varlığının zenginleştirilmesi, tansiyon düzenleyici.
Diyet liflerin ilavesi	Kabızlığın önlenmesi, barsak kanseri riskinin azaltılması, kan kolesterolünün düşürülmesi.
ω -3 (Omega 3) çoklu doymamış yağ asitlerinin ilavesi	Kalp krizi riskinin azaltılması, bazı kanserlerin riskinin azaltılması, bağışıklık sisteminin geliştirilmesi.
Probiyotiklerin ilavesi	Sindirim sistemi fonksiyonlarının düzenlenmesi, bağışıklık sisteminin geliştirilmesi, barsak kanseri riskinin azaltılması.
Prebiyotiklerin ilavesi	Sindirim sistemi fonksiyonlarının düzenlenmesi, bağışıklık sisteminin geliştirilmesi, barsak kanseri riskinin azaltılması.

Probiyotikler, genellikle yoğurt ve diğer fermente ürünlere ilave edilmektedir. Fakat son yıllarda bu bakteriler içeceklere katılarak, tablet şeklinde, kapsül olarak ve dondurarak kurutma yöntemiyle marketlerde satılmaktadır (Vaughan ve Mollet, 1999). Günümüzde dünyada 70'den fazla *Bifidobacterium bifidus* ve *L. acidophilus* içeren; ekşi krema, yayıkaltı, yoğurt, süttozu ve dondurulmuş tatlılar gibi ürünler bulunmaktadır. Yalnızca Japonya'da marketlerde probiyotik organizma içeren 53'den fazla süt ürünü bulunduğu bildirilmektedir (Shah, 2001).

PROBİYOTİKLER VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

2.1. Probiyotiklerin Özellikleri

Probiyotik, vücutta sindirim sisteminde bulunarak sağlık üzerine faydalı etkilerde bulunan bir canlı

mikrobiyal gıda katkısı olarak tanımlanır (Ziemer ve Gibson, 1998; Roberfroid, 2000; Sanders, 1998; Klaenhammer, 2000).

Probiyotik bakterilerin inkübasyon süreleri uzun olduğu için fermente ürünlerin üretiminde genellikle yoğurt bakterileriyle beraber kullanılırlar. Dünyada yaygın olarak kullanılan probiyotik bakteriler Tablo 2'de verilmiştir.

Probiyotik özelliğe sahip laktik asit bakterileri genellikle *Lactobacillus casei*, *L.acidophilus* ve bifidobakteriler olarak bilinir (Krishnakumar ve Gordon, 2001). Gıdaların hazırlanmasında veya insan ve hayvanların sağlığını geliştirmek için gıda katkısı olarak kullanılan probiyotikler Tablo 3'de verilmiştir (Holzapfel ve ark., 2001).

Tablo 2. Dünyada yaygın olarak kullanılan probiyotik bakteriler

Bakteri adı	Suşları
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	La2, La5 (La1 olarak bilinir) Johnsonii (La1, L, 1 olarak bilinir), NCFM, DDS-1, SBT-2062
<i>L. bulgaricus</i>	Lb12
<i>L. lactis</i>	La1
<i>L. plantarum</i>	299v, Lp01
<i>L. rhamnosus</i>	GG, GR-1, 271, LB21
<i>L. reuteri</i>	SD2112 (aynı zamanda MM2 olarak bilinir)
<i>L. casei</i>	Shirota, Immunitass, 744, 01
<i>L. paracasei</i>	CRL 431
<i>L. fermentum</i>	RC-14
<i>L. helveticus</i>	B02
<i>Bifidobacterium adolescentis</i>	-
<i>B. longum</i>	B536, SBT-2928
<i>B. breve</i>	Yakult
<i>B. bifidus</i>	B6-11
<i>B. essensis</i>	Danone, (Bio Activia)
<i>B. lactis</i>	B6-02
<i>B. infantis</i>	Shirota, İmmunitass, 744, 01
<i>B. laterosporus</i>	CRL 431
<i>B. subtilis</i>	-

Tablo 3. Probiyotik olarak düşünülen mikroorganizmalar

<i>Lactobacillus</i> sp.	<i>Bifidobacterium</i> sp.	Diğer laktik asit bakterileri	Laktik asit bakterisi olmayan diğer bakteriler
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i> ¹	<i>Bacillus cereus</i> var. <i>toyoi</i> ^{1,2}
<i>L. amylovorus</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Escherichia coli</i> Nissle
<i>L. casei</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ³	<i>Propionibacterium</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. breve</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	<i>freudenreichii</i> ^{1,2}
<i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> ³	<i>B. infantis</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i> ³	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ²
<i>L. gallinarum</i> ¹	<i>B. lactis</i> ⁴	<i>Sporolactobacillus inulinus</i> ¹	<i>Saccharomyces boulardii</i> ²
<i>L. gasseri</i>	<i>B. longum</i>	<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i> ³	
<i>L. johnsonii</i>			
<i>L. paracasei</i>			
<i>L. plantarum</i>			
<i>L. reuteri</i>			
<i>L. rhamnosus</i>			

¹ Hayvanlarda kullanılmaktadır.

² Tıpta ve ilaçların hazırlanmasında kullanılmaktadır.

³ Probiyotik mikroorganizma değil veya probiyotik özellikleri hakkında az bilgi mevcuttur.

⁴ Muhtemelen *B. animalis*'le benzer (veya aynı).

Bir mikroorganizmanın probiyotik olarak kabul edilebilmesi için çeşitli özelliklere sahip olması gerekir. Bunlar:

1. Asit ve safra tuzu toleransı : Bu özellik, pH'nın 1.5'e kadar düşebildiği midede ve asidik ürünlerde probiyotik organizmaların canlı kalabilme kabiliyeti olup, probiyotik organizmaların en önemli seçim kriterlerinden biridir. Yani probiyotik organizmalar barsakta bulunmalı ve mide asitliğinde canlı kalabilmelidir (Shah, 2001). Lankaputhra ve Shah (1995)'ın yaptığı araştırmada *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium* ssp.'in sadece birkaç suşu asidik fermente gıdalarda ve sindirim sistemindeki safra tuzu konsantrasyonlarında canlı kalabilmiştir. Bu yüzden, bütün probiyotik organizmaların asit ve safra tuzunu tolere edebileceği genellenemez. Clark ve ark. (1993) ve Lankaputhra ve Shah (1995), *Bifidobacterium longum*'un asit şartlarda ve %4'e kadar varan safra tuzunda canlı kalabildiğini belirlemiştir.

2. Antagonizm : *L. acidophilus* ve *L. casei*, fermantasyon sonucunda temel olarak laktik asit üretirler. Bifidobakteriler ise 3:1 oranında sırasıyla asetik asit ve laktik asit üretirler. Probiyotik organizmalar aynı zamanda sitrik asit ve hippurik asit gibi diğer bir takım asitleri de oluştururlar. Laktik asit bakterileri, organik asit üretmelerinin yanında hidrojen peroksit (H₂O₂), diasetil ve bakteriyosin gibi antimikrobiyal maddeler de meydana getirirler. Bu maddeler, bozulmaya sebep olan organizmaları ve gıda kaynaklı patojenleri inhibe etmektedirler.

Dave ve Shah (1997) yoğurt bakterilerinin probiyotik bakterilere karşı bakteriyosin ürettiklerini belirlemiştir. *L. acidophilus*'un bakteriyosin üreterek *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus jugurti* ve *L. casei*'nin çeşitli suşlarını inhibe ettiği saptanmıştır. Bu bakteriler yoğurtta bulunabilmektedir. *Lactobacillus acidophilus* tarafından üretilen bakteriyosin, *L. casei* ve *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*'un canlı kalabilme özelliğini etkilemektedir. Bu nedenle probiyotik bakteri kombinasyonu kullanılmadan önce, bakterilerin birbirlerine karşı antagonistik etkileri kontrol edilmelidir.

3. Tutunma özellikleri : Tutunma, probiyotik bakterilerin en önemli seçim kriterlerinden biridir. Bu bakterilerin barsaklara tutunması, koloni oluşturmaları ve çoğalmaları arzulanır. Barsaklarda hücre duvarına tutunma, sindirim sistemindeki kolonizasyon için önemli bir özelliktir (Coconnier ve ark., 1992; Bernet ve ark., 1993). Ancak probiyotik bakterilerden laktobasil olarak *Lactobacillus gasseri* ADH, *L. acidophilus* BG2FO4 ve *L. casei* GG'nin kolonizasyon özellikleri araştırmacılarca çalışılmıştır. Bifidobakteriler arasında

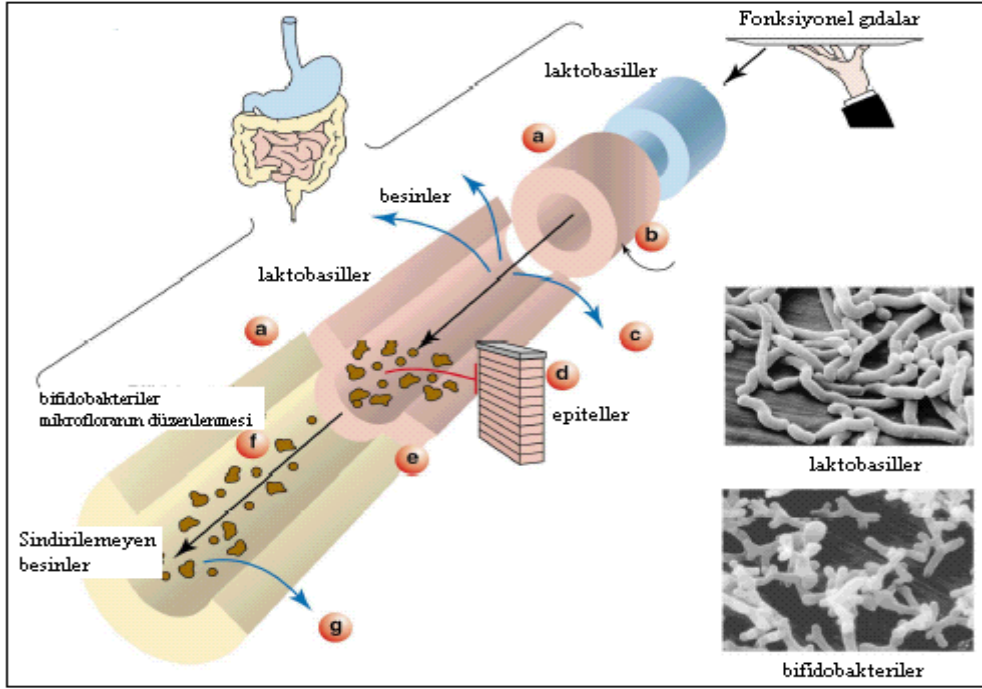
ise, *Bifidobacterium breve*, *B. longum*, *Bifidobacterium bifidum* ve *Bifidobacterium infantis* incelenmiştir (Bernet ve ark., 1993). Bununla beraber bütün probiyotik bakterilerin, barsak hücre duvarına tutunma özellikleri yoktur. Çalışmaların çoğunda bifidobakterilerin tutunma özellikleri, Caco2 ve Ht-29 hücre hatlarına tutunmaları üzerinedir. Bifidobakteriler, özellikle kalın barsak olmak üzere barsakların çok az bölümünde bulunurken, *L. acidophilus* daha fazla bölümünde bulunabilmektedir. Yapılan bir çalışmada (Lankaputhra ve Shah, 1998a) *L. acidophilus*'un altı suşundan beşi tutunma özelliğindedir, bifidobakterilerin dokuz suşundan yedisi iyi tutunma özelliği göstermiştir. *Bifidobacterium* ssp. genellikle, *L. acidophilus*, *B. infantis* ve *B. longum*'dan daha iyi tutunma özelliğine sahip olmuştur.

4. Proteolitik aktivite :Yoğurt geleneksel olarak *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* ve *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* kullanılarak üretilir ve bu bakteriler, proteolitik tabiatı ile simbiyotik ilişkilerinden dolayı esansiyel amino asitleri üretirler. Bu iki bakteri sütte çok hızlı gelişir. Bununla beraber, *L. acidophilus* ve bifidobakteriler, proteolitik aktivitelerinin eksikliğinden dolayı sütteki gelişmeleri yavaştır. Bundan dolayı yoğurt bakterilerinin, fermantasyon süresinin azaltılması için probiyotik ürünlere katılması pratiktir. Yoğurt bakterileri ile karıştırıldığı zaman, probiyotik bakterilerin fermantasyon süresi 24 saatte gerçekleşebiliyorken, yoğurt bakterileri için yaklaşık 4 saattir (Dave ve Shah, 1997). Sonuç olarak yoğurt bakterileri, probiyotik bakterilerle beraber kültür olarak kullanılmaktadır. Shihata ve Shah (2000), *S. salivarius* ssp. *thermophilus* ve *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*'un probiyotik bakterilerden (*L. acidophilus* ve bifidobakteriler) daha yüksek proteolitik aktivite gösterdiklerini saptamışlardır. Bu bakımdan probiyotik bakterilerin seçiminde proteolitik aktivite önemlidir (Shah, 2001).

5. β-D- galaktosidaz aktivitesi :Yoğurt bakterileri, probiyotik bakterilerden daha fazla β-galaktosidaz aktivitesine sahiptir (Shah ve Jelen, 1990; Shah, 1994). Yoğurt bakterileri, probiyotik bakterilerle beraber kullanıldığında, probiyotik bakterilerden daha hızlı geliştikleri için, proteolitik ve β-D- galaktosidaz aktiviteleri daha yüksektir (Shah, 2001)

2.2. Probiyotiklerin Fonksiyonel Etkileri : Ağız yoluyla alınan laktobasil ve bifidobakterilerin vücutta düzenleyici etkileri bulunduğunu destekleyen çeşitli kanıtlar vardır. Probiyotik bakterilerin, sindirim sistemi tedavilerinde çeşitli beslenme ve düzenleyici etkileri bulunmaktadır. Yine probiyotiklerin hastalıklara karşı antibiyotik işlevi yaptığı bilinmektedir. Probiyotik ve

prebiyotiklerin sindirim sistemindeki fonksiyonları Şekil 1'de gösterilmiştir (German ve ark., 1999).



Şekil 1. Fonksiyonel gıdalarla alınan probiyotik ve prebiyotiklerin sindirim sistemindeki fonksiyonları (German ve ark., 1999).

- Probiyotik ve prebiyotikler, barsakta *Clostridium* sp., *Salmonella* sp. ve mide mukozosundaki *Helicobacter pylori* gibi çeşitli patojen bakterilerin gelişimini engeller.
- Gıdaların tamamen hazmedilmesine katkıda bulunur.
- Gıdaların emilimini kolaylaştırır ve mide ile barsaktaki beslenmeyi engelleyen faktörler ortamdaki uzaklaştırılır.
- Probiyotik ve prebiyotikler barsak epitelinin bariyer özelliklerini düzenler.
- Vitamin ve minerallerin emilimini kolaylaştırır.
- Probiyotik ve prebiyotikler sindirim sisteminin mikroflorasının düzenler.
- Sindirilemeyen oligosakkaritler ve diğer bileşenler probiyotik mikrofloranın gelişimini sağlarlar.

Probiyotiklerin çeşitli fonksiyonları aşağıda sıralanmıştır:

1. Antimikrobiyal etki

Zamanla bazı bakterilerin antibiyotiğe karşı direnç kazanmasıyla, patojenlerin probiyotik içeren gıdalarla doğal yolla tedavi edilmesi fikri ortaya çıkmıştır. Barsak mikroflorasında bulunan probiyotik bakterilerin çeşitli hastalıklara karşı vücudu koruyucu etkisi bulunduğu bilinmektedir. Probiyotik bakteriler, laktik ve asetik asit gibi organik asitler, hidrojen peroksit ve bakteriyosin üretirler. Probiyotik bakterilerin ürettikleri organik asitlerin %90'ını laktik ve asetik asit oluşturur. Az miktarlarda ise sitrik, hippurik, orotik ve ürik asit gibi diğer asitleri üretirler (Lankaputhra ve Shah, 1998a). Barsak kökenli laktobasillerin antimikrobiyal özelliğe sahip olduğu çeşitli araştırmalarla saptanmıştır (Arıcı ve ark., 2004).

Sindirim sisteminde bulunan probiyotik bakteriler tarafından üretilen asetik ve laktik asitten dolayı pH'nın düşmesi, patojen bakteriler üzerinde bakterisidal veya

bakteriyostatik etki yapar. Probiyotik bakteriler tarafından üretilen bakteriyosinler, *Staphylococcus aureus* ve *Clostridium perfringens* gibi Gram-pozitif bakterilere karşı, *Salmonella typhimurium* ve *Escherichia coli* gibi Gram-negatif bakterilerden daha etkilidir. Organik asitlerle beraber ortamda bulunan hidrojen peroksit, bakterilere karşı tek başına laktik asit veya H₂O₂'den daha etkilidir (Lankaputhra ve Shah, 1998b).

1. Antimutajenik etki

Probiyotik laktobasil ve bifidobakteri suşlarının, mutajen ve kanserojen etkiye sahip olan β -glukosidaz, nitroreduktaz ve üreaz gibi fekal mikrobiyal enzimlerin miktarını azalttığı rapor edilmiştir (Roberfroid, 2000). Çalışmalar, fermente süt ürünlerinin tüketimi ve kanser oluşumu arasında negatif bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir. Probiyotik bakterilerin antimutajenik aktivitesinin mekanizması şu ana kadar açıklanamamış ve spekülatif olarak kalmıştır. Bu konuda mutajenlerin

mikrobiyal olarak bağlanması ihtimali düşünülen mekanizmadır (Orrhage ve ark., 1994).

Lankaputhra ve Shah (1998b) tarafından Ames *Salmonella* testi kullanılarak yapılan çalışmada; asetik asidin, laktik, pürivik ve bütirik asitten daha fazla antimutajenik aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Bütirik asidin kanseri önleyici etkilere sahip olduğu, moleküler (DNA) yöntemlerle belirlenmiştir (Smith, 1995). Yine bir araştırma (Lankaputhra ve Shah, 1998b), canlı bakterilerin ölü bakterilerden daha fazla antimutajenik özellikte olduğunu göstermiştir. Bu çalışmalar göstermektedir ki, canlı olarak bulunan probiyotik bakteriler mutajenlerin engellenmesinde çok daha etkilidir (Shah, 2001).

2. Antikanserojenik etki

Laktik asit bakterileri ve fermente süt ürünleri antikanserojenik aktiviteye sahiptirler. *B. longum* ve *B. infantis* antitümör etkilidir. Bu etki, probiyotik bakterilerin barsak pH'sını düşürmesiyle, yaşadığı organizmanın bağışıklık sistemini geliştirmesiyle ve bakteriyel enzimlerden kaynaklanabilir (Goldin ve Gorbach, 1984). Probiyotik ve prebiyotiklerin barsak kanserini önlemede etkili olduğu Brady ve ark. (2000) tarafından rapor edilmiştir. Ayrıca *L. acidophilus*'un antitümör etkiye sahip olduğu da bilinmektedir. *L. acidophilus* ve bifidobakterilerin antikanserojenik etkileri, kanser öncesi kanser yapıcı etkenlerin ortamdaki uzaklaştırılması ve vücudun bağışıklık sisteminin aktivitesinden kaynaklanabilir. Probiyotik bakteriler, kansere sebep olan enzimler veya kansere sebep olan kaynakları ortamdaki uzaklaştırabilirler. Kanser öncesi kanser yapıcı etkilerin probiyotik bakteriler tarafından uzaklaştırılması, üretilen nitrozamin oranının azaltılmasını içerebilir. Yapılan bir çalışmada probiyotik bakterilerin, nitrozaminlerin mutajenitesini büyük bir oranda azalttığı gözlenmiştir (Shah, 2001).

3. Laktoz metabolizmasında gelişme

Laktoz intoleransı, dünya nüfusunun %70'inde barsakta β - galaktosidaz aktivitesinin azlığından kaynaklanan bir problemdir (Roberfroid, 2000). Glikoz ve galaktoz olarak bilinen iki monosakkaritten oluşan laktoz, sütün karbonhidratı olup kolayca metabolize edilemez. Laktoz β - D- galaktosidaz tarafından monosakkaritlere dönüştüğü için, bu enzimin eksikliğinde laktoz parçalanamaz ve metabolize edilemez. Fermente olamayan süt ve ürünlerinin tüketiminden sonra laktozun iyi metabolize edilememesi sonucunda sindirim bozuklukları meydana gelir (Onwulata ve ark., 1989).

Yoğurt yapımında kullanılan *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ve *S. salivarius* ssp. *thermophilus*'tan oluşan geleneksel kültürler önemli miktarda β - D- galaktosidaz enzimi içerdikleri için, yoğurt tüketimi laktozun metabolize edilememesinin semptomlarını

azaltmaktadır. Yoğurt ve probiyotik yoğurtla yapılan çalışmalarda laktoz emiliminin iyi tolere edildiği belirlenmiş, fakat bunun mekanizması açıklanamamıştır. Sütteki laktozun bir kısmı yoğurt bakterileri tarafından fermentasyon sırasında parçalanmaktadır (Shah, 2001).

Laktoz toleransının gelişmesinde laktozun mide boşluğu ve barsağa geçiş zamanı önemli bir rol oynar. Yoğurt gibi viskoz gıdalar ve yüksek miktarda kurumadde içeren gıdalar mide boşluğunda daha fazla kaldığı için laktoz intolerans semptomlarının azalmasında etkili olabilir. Yine fermente bir ürün olan *acidophilus* sütü, normal süttten daha iyi tolere edilebilir. Çünkü koagüle süt viskoz yapısından dolayı fermente olmamış sütlere oranla sindirim sisteminde daha yavaş ilerler ve emilimi kolaylaştırır (Shah ve ark., 1992). Bununla beraber bifidus ürünlerinin laktoz emilimi üzerine etkisi konusunda araştırmalar çok sınırlıdır (Onwulata ve ark., 1989).

4. Serum kolesterolünün düşürülmesi

Araştırmalar, kültürlü fermente süt ürünleri tüketiminin serum kolesterol değerinin düşürülmesine yardımcı olduğunu göstermiştir. Hiperkolestemik insanların 10^9 /g oranında probiyotik bakteri içeren fermente süt ürünleriyle beslenmesi sonucu, kolesterol değeri 3.0 g/l'den 1.5 g/l'ye düşmüştür (Shah, 2001). Ancak serum kolesterolünün düşürülmesinde bifidobakterilerin rolü henüz anlaşılamamıştır.

Shah (2001), laktobasillerle fermente edilen sütlere beslenen insanlarda serum kolesterol değerinin azaldığını saptamıştır. Bu azalış, laktik asit bakterileri tarafından hidroksimetil glutarat üretiminden dolayı olabilir. Çünkü hidroksimetil glutarat-CoA redüktaz, kolesterol sentezini engellemektedir. Rao ve ark. (1981), süt ürünlerinin fermentasyonu sırasında oluşan orotik asit ve metabolitlerinin kolesterol değerini düşürdüğünü saptamışlardır. Urik asit'in kolesterol sentezini engellediği ve orotik asit ile hidroksimetil glutamik asit'in serum kolesterolünü düşürdüğü belirlenmiştir (Jaspers ve ark., 1984). Bununla beraber, kolesterolün düşürülmesinde bifidobakterilerin rolü hala tartışılmaktadır. Klaver ve Meer (1993), *L. acidophilus*'un kültür ortamında kolesterolün redüksiyonuna sebep olduğunu tespit etmişlerdir. *L. acidophilus*'un ince barsakta gelişimi sırasında kolesterolü azalttığı saptanmıştır (Gilliland ve ark., 1985). Kolesterol üzerine laktik asit bakterilerinin etkisi, araştırmacılarca belirlenmesine rağmen, mekanizması henüz bilinmemektedir.

5. Bağışıklık sisteminin geliştirilmesi

L. acidophilus ve bifidobakteriler tarafından bağışıklık sisteminin geliştirildiği araştırmacılarca gözlenmesine rağmen, mekanizması tamamen anlaşılamamıştır. Probiyotik yoğurt tüketiminin kan hücrelerindeki sitokin üretimini desteklediği (Solis-

Pereira ve Lemonnier, 1996) ve makrofajların aktivitesini geliştirdiği (Shah, 2001) belirlenmiştir.

PREBİYOTİKLER ve FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Probiyotiklerin gelişimi, ortamda oligosakkarit olarak bilinen kompleks karbonhidratların bulunmasına bağlıdır. Oligosakkaritler (kısa zincirli karbonhidratlar), prebiyotik olarak bilinir ve kalın barsakta patojen bakterilerin sayısını sınırlayan, prebiyotik bakterilerin ise gelişimini destekleyen sindirilemeyen gıdalar olarak tanımlanır (Gibson ve Roberfroid, 1995; Chandan, 1997; Roberfroid, 2000; Shah, 2001; Holzapfel ve Schillinger, 2002). Bifiduslu ürünlerin etkisini artırmak için prebiyotikler, prebiyotik ürünlerde sıklıkla kullanılır. Prebiyotikler; bifidobakteriler, laktobasiller ve eubakteriler gibi insan sağlığı için önemli bakterilerin gelişimini stimüle ederler (Holzapfel ve Schillinger, 2002).

Kimyasal yapılarından dolayı bazı oligosakkaritler sindirim enzimlerine karşı dayanıklıdır ve sindirilemeden kalın barsaklara geçerek orada bulunan prebiyotik sakkarolitik bakterilerin fermantasyonu için zemin hazırlarlar. Bu maddeler vücutta ya hiç veya kısmen parçalanır (Milner, 1999). Prebiyotikler, bifidobakteriler tarafından “bifidojenik faktör” olarak tercih karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Ticari öneme sahip, fruktooligosakkaritleri kapsayan bazı “bifidojenik faktörler” veya “bifidojenik karbonhidratlar” ; laktuloz, laktitol gibi laktoz derivatları, galaktooligosakkaritler ve soya oligosakkaritleridir (O’Sullivan, 1996; German ve ark., 1999). Dayanıklı nişasta ve nişasta olmayan oligosakkaritler barsak gıdaları olarak sınıflandırılırlar, fakat prebiyotik değillerdir. Çünkü bunlar prebiyotik bakteriler tarafından fermente edilemez (O’Sullivan, 1996).

Fonksiyonel gıda katkısı olarak prebiyotikler; doğal inülin, enzimatik olarak hidrolize edilmiş inülin veya oligofruktozları kapsayan inülin tipi fruktanlar ile sentetik fruktooligosakkaritler olarak sınıflandırılır (Roberfroid, 2000).

Inülin, polidispers karbonhidrat olarak tanımlanır. İnülin içeren bitkiler genellikle *Liliaceae*, *Amaryllidaceae*, *Gramineae* ve *Compositae* familyasındandır. Bununla beraber endüstriyel olarak inülin, geleneksel olarak “güneyik” ismiyle bilinen “hindiba” dan üretilir. Prebiyotik olarak, inülin ve oligofruktoz, meyve ve sebzelerde önemli oranda

bulunur ve ABD’nde günlük tüketim 1-4 g, Avrupa’da ise 3-11 g’dır. İnülin ve oligofruktoz sıklıkla tüketilen gıdalardan en çok un, soğan, muz, sarımsak ve pırasada bulunur. Sentetik inülin tipi fruktanlar ise, sukroz moleküllerinin enzimatik olarak katalize edilmesiyle üretilir (Roberfroid, 2000).

Inülin tipi fruktanlar tatlandırıcı olarak, yağ ikamesi olarak (sadece inülin), tekstür düzeltici olarak, stabilizatör olarak, dondurma ve tatlılarda jelleştirici olarak, ekmekçilikte, pastacılıkta ve bebek mamalarında kullanılmaktadır. Son yıllarda, inülin tipi fruktanlar da sindirilemeyen oligosakkarit (prebiyotik) olarak sınıflandırılmıştır (Roberfroid, 2000).

Prebiyotiklerin fonksiyonel etkileri; şekerlerin sindirimi ve hazmı üzerine olumlu etkileri, glukoz ve yağ metabolizması ile kalp hastalığı riskine karşı koruyucu etki olarak sıralanabilir. Kanserin önlenmesinde önemli olan kısa zincirli yağ asitleri, barsakta fermantasyonla üretilmektedir. Prebiyotik ve prebiyotiklerin sindirim sistemindeki fonksiyonları Şekil 1’de gösterilmiştir (German ve ark., 1999). Prebiyotiklerin birtakım fonksiyonel etkileri (Holzapfel ve ark., 1998):

1. Sindirilemezler ve düşük enerji değerine sahiptirler (< 9 kJ/g).
2. Dışkı hacminde artış sağlarlar.
3. *Bifibacterium*, *Lactobacillus* ve *Eubacterium* spp.’nin yani prebiyotik bakterilerin stimülasyonunu sağlarlar.
4. Patojen bakterilerin (*Clostridium* ve *Bacteroides*) inhibisyonunu sağlarlar.

PROBİYOTİK ve PREBİYOTİKLERİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

İnsan ve hayvanların sağlığı üzerinde sindirim sisteminde bulunan mikrofloranın çok önemli bir rolü bulunmaktadır. İnsan sağlığı üzerine laktobasillerin etkisi ilk olarak bu yüzyılın başında Metchnikoff tarafından ortaya atılmıştır (Holzapfel ve ark., 1998). Prebiyotik bakterilerin patojen bakterilere karşı antibakteriyel aktiviteleri, antiallerjik ve bağışıklık sistemi üzerine olumlu bir çok etkileri bilinmektedir (Chandan, 1997). Prebiyotiklerin faydalı etkileri Tablo 4’de gösterilmiştir (Berner ve O’Donnell, 1998; Vaughan ve ark., 1999; Zubillaga ve ark., 2001; Holzapfel ve Schillinger, 2002).

Tablo 4. Probiyotiklerin faydalı etkileri

Laktoz metabolizmasının artırılması
Barsak florası üzerine olumlu etkisi
Sindirim sistemi enfeksiyonlarının önlenmesi
Midede bulunarak ülsera sebep olabilen ve rotavirüs üreten patojen bir bakteri olan <i>Helicobacter pylori</i> ’nin gelişiminin engellenmesi
Bağışıklık sisteminin geliştirilmesi
Sindirim düzenlenmesi
Antikanserijen ve antiallerjik etki
Serum kolesterolünün azaltılması
Sinir sistemini rahatlatıcı etkisi
Beslenmeye faydaları; vitamin üretimi, minerallerin ve iz elementlerin emilimi, β -galaktosidaz gibi önemli sindirim enzimlerinin üretimi
Seyahat hastalıklarının önlenmesi

Ayrıca, sindirilemeyen fakat fermente edilebilir oligosakkarit olarak bilinen kısa zincirli karbonhidratların yani prebiyotiklerin de insan sağlığı üzerine bir çok olumlu etkisi bulunmaktadır. Probiyotik ve prebiyotiklerin kombinasyonu ile üretilen bir ürün simbiyotik olarak tanımlanır. Eğer bir probiyotik bakteri ortamda bulunan bir prebiyotiği kullanırsa, “simbiyotik bir etki” ortaya çıkar ve olay “simbiyotik” olarak tanımlanır. Prebiyotik ve probiyotiğin aynı üründe simbiyotik olarak bulunması, o ürünün tüketilmesiyle her ikisinin olumlu fonksiyonel etkilerinden faydalanılmasını sağlar (Holzapfel ve Schillinger, 2002). Çeşitli araştırmalardan ortaya çıkan, probiyotik ve prebiyotiklerin sağlık üzerine etkileri Tablo 5’de özetlenmiştir (Roberfroid, 2000).

Tablo 5. Çeşitli araştırma sonuçlarına göre probiyotik ve prebiyotiklerin sağlık üzerine etkileri

Fonksiyonel ve hastalık riskini azaltıcı etki	Probiyotikler	Prebiyotikler
Laktozun sindirimi	Etkili	Bilinmiyor
Bağışıklık sisteminin geliştirilmesi	Etkili	Bilinmiyor
Antimutajenik etki	Etkili	Bilinmiyor
Kolesterolün düşürülmesi	Etkili	Etkili
Barsak florasına olumlu etki	Etkili	Etkili
Kalsiyum emilimi	Bilinmiyor	Etkili
İshalin giderilmesi	Etkili	Bilinmiyor
Kabızlığın giderilmesi	Bilinmiyor	Etkili
Barsak kanserinin önlenmesi	Etkili	Etkili

SONUÇ

Probiyotik ve prebiyotiklerin insan sağlığı üzerine etkileri yukarıda anlatıldığı gibi birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Fonksiyonel gıda katkısı olarak probiyotik ve prebiyotiklerin kullanımı, dünyada çok yaygın olmasına rağmen ülkemizde yaygın değildir. Oysa olumlu birçok fonksiyonel etkisi bilinen bu ürünleri, halkımızın damak tadına uyumlu bir şekilde, yoğurt gibi süt ürünlerinde kullanılması yaygınlaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Arıcı, M., Bilgin, B., Sağdıç, O., Özdemir, C. 2004. Some characteristics of *Lactobacillus* isolates from infant faeces. *Food Microbiology* 21: 19-24.

Berner, L., O'Donnell, J. 1998. Functional foods and health claims legislation: Applications to dairy foods. *Int. Dairy Journal* 8: 355-362.

Bernet, F.M., Brassart, D., Neeser, J.R., Servin, A. 1993. Adhesion of human bifidobacterial strains to cultured human intestinal epithelial cells and inhibition of enteropathogen-cell interaction. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 4121-4128.

Brady, L.J., Gallaher, D.D., Busta, F.F. 2000. The role of probiotic cultures in the prevention of colon cancer. *J. Nutrition* 130:4105-4145.

Chandan, R. 1997. *Dairy-Based ingredients*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. pp.96-99.

Clark, P.A., Cotton, L.N., Martin, J.H. 1993. Selection of *Bifidobacteria* for use as dietary adjuncts in cultured dairy foods: II. Tolerance to simulated pH of human stomachs. *Cult. Dairy Prod. J.* 28: 11-14.

Coconnier, M.H., Klaenhammer, T.R., Kerneis, S., Bernet, M.F., Servin, A.L. 1992. Protein mediated adhesion of *Lactobacillus acidophilus* BG2FO4 on human enterocyte and mucus secreting cell lines in culture. *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 2034-2039.

Dave, R.I., Shah, N.P. 1997. Viability of yogurt and probiotic bacteria in yogurts made from commercial starter culture. *Int. Dairy Journal* 7: 31-41.

German, B., Schiffrin, E. J., Reniero, R., Mollet, B., Pfeifer, A., Neeser, J.R. 1999. The development of functional foods: lessons from the gut. *Tibtech December* 17: 492-499.

Gibson, G.R., Roberfroid, M. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* 125: 1401-1412.

Gilliland, S.E., Nelson, C.R., Maxwell, C. 1985. Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 49: 377-381.

Goldin, B.R., Gorbach, S.L. 1984. The effect of milk and *Lactobacillus* feeding on human intestinal bacterial enzyme activity. *Am. J. Clin. Nutr.* 39: 756-761.

Holzapfel, W.H., Haberer, P., Snel, J., Schillinger, U., Huis in't Veld, J.H.J. 1998. Overview of gut flora and probiotics. *Int. J. of Food Microbiology* 41: 85-101.

Holzapfel, W.H., Haberer, P., Geisen, R., Björkroth, J., Schillinger, U. 2001. Taxonomy and important features of probiotics microorganisms in food and nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 73: 3655-3735.

Holzapfel, W.H., Schillinger, U. 2002. Introduction to pre- and probiotics. *Food Research Int.* 35: 109-116.

Jaspers, D.A., Massey, L.K., Leudecke, L.O. 1984. Effect of consuming yogurts prepared with three culture strains on human serum lipoproteins. *J. Food Sci.* 49: 1178-1181.

Kalantzopoulos, G. 1997. Fermented products with probiotic qualities. *Anaerobe* 3:185-190.

Klaenhammer, T.R. 2000. Probiotic bacteria: today and tomorrow. *J. Nutrition* 130:4155-4165.

Klaver, F.A.M., Meer, R.V.D. 1993. The assumed assimilation of cholesterol by lactobacilli and *Bifidobacterium bifidum* is due to their bile salt deconjugating activity. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 1120-1124.

Krishnakumar, V., Gordon, I.R. 2001. Probiotics: Challenges and opportunities. *Dairy Ind. Intl.* 66(2): 38-40.

Lankaputhra, W.E.V., Shah, N.P. 1995. Survival of *L. acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. in the presence of acid and bile salts. *Cult. Dairy Prod. J.* 30: 2-7.

Lankaputhra, W.E.V., Shah, N.P. 1998a. Adherence of probiotic bacteria to human colonic cells. *Biosci. Microflora* 17: 105-113.

Lankaputhra, W.E.V., Shah, N.P. 1998b. Antimutagenic properties of probiotic bacteria and of organic acids. *Mutation Res.* 397: 169-182.

Milner, J.A. 1999. Functional foods and health promotion. *J. Nutrition* 129:1395-1397.

O'Sullivan, M.G. 1996. *Metabolism of bifidogenic factors by gut flora—An overview*. IDF Bull. 313, p. 23. International Dairy Federation, Brussels, Belgium.

Onwulata, C.I., Ramkishan Rao, D., Vankineni, P. 1989. Relative efficiency of yogurt, sweet acidophilus milk, hydrolyzed-lactose milk, and a commercial lactase tablet in alleviating lactose maldigestion. *Am. J. Clin. Nutr.* 49: 1233-1237.

Orrhage, K., Sillerstrom, E., Gustafsson, J.A., Nord, C.E., Rafter, J. 1994. Binding of mutagenic heterocyclic amines by intestinal and lactic acid bacteria. *Mutation Res.* 311: 239-248.

Rao, D.R., Chawan, C.B., Pulusani, S.R. 1981. Influence of milk and thermophilus milk on plasma cholesterol levels and hepatic cholesterogenesis in rats. *J. Food Sci.* 46: 1339-1341.

Roberfroid, M.B. 2000. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? *Am. J. Cli. Nutr.* 71:16825-16875.

Ross, S. 2000. Functional foods: the food and drug administration perspective. *Am. J. Cli. Nutr.* 71:17355-17385.

Sanders, M.E. 1998. Overview of functional foods: Emphasis on probiotic bacteria. *Int. Dairy Journal* 8:341-347.

- Shah, N.P., Jelen, P. 1990. Survival of lactic acid bacteria and their lactases under acidic conditions. *J. Food Sci.* 55: 506-509.
- Shah, N.P., Fedorak, R.N., Jelen, P. 1992. Food consistency effects of quarg in lactose absorption by lactose intolerant individuals. *Int. Dairy Journal* 2: 257-269.
- Shah, N.P. 1994. *Lactobacillus acidophilus* and lactose intolerance: A review. *ASEAN Food J.* 9: 47-54.
- Shah, N. P. 2001. Functional foods from probiotics and prebiotics. *Food Technology* 55 (11) 46-53.
- Shihata, A., Shah, N.P. 2000. Proteolytic profiles of yogurt and probiotic bacteria. *Int. Dairy Journal* 10: 401-408.
- Smith, J.G. 1995. Molecular and genetic effects of dietary derived butyric acid. *Food Technol.* 49 (11): 87-90.
- Solis-Pereira, Lemonnier, D. 1996. Induction of human cytokines by bacteria used in dairy foods. *Nutrition Research* 13: 1127-1140.
- Vaughan, E.E., Mollet, B. 1999. Probiotics in the new millennium. *Nahrung* 43 (3) 148-153.
- Vaughan, E.E., Mollet, B., M de Vos, W. 1999. Functionality of probiotics and intestinal lactobacilli: light in the intestinal tract tunnel. *Current Opinion in Biotechnology* 10:505-510.
- Ziemer, C.J., Gibson, G.R. 1998. An overview of probiotics, prebiotics and symbiotic in the functional food concept: perspectives and future strategies. *Int. Dairy Journal* 8:473-479.
- Zubillaga, M., Weill, R., Postaire, E., Goldman, C., Caro, R., Boccia, J. 2001. Effect of probiotics and functional foods and their use in different diseases. *Nutrition Research* 21:569-579.