



Probiyotik İçeren Yenilebilir Filmler ve Kaplamalar

Berrak DELİKANLI, Tülay ÖZCAN*

¹Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa

*e-posta: tulayozcan@uludag.edu.tr; Tel: 0 224 2941498; Faks: 0 224 2941402

Özet: Son yıllarda gıda güvenliği ve raf ömrünün uzatılmasına dair çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, protein, lipit, karbonhidrat ve kombinasyonlarının bulunduğu fonksiyonel yenilebilir film ve kaplamaların probiyotik bakteriler ile zenginleştirilmesinin gıdalarda raf ömrünü uzattığı, duyuşsal ve tekstürel özellikleri geliştirdiği belirtilmektedir. Yapılan çalışmalara göre, yenilebilir film ve kaplamaların, probiyotik bakterileri üzerinde barındırabildiği ve onların canlılığını da desteklediği saptanmıştır. Bu derlemede, probiyotik mikroorganizmaların ilave edildiği yenilebilir film ve kaplamalar hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Probiyotik, Yenilebilir Film ve Kaplama.

Edible Films and Coatings Containing Probiotic Bacteria

Abstract: The number of studies about the maintenance of food safety and prolong shelf life have been present in recent years. In such studies, proteins, lipids, carbohydrates or their combinations based functional edible films and coatings with enriched probiotic bacteria are reported to prolong food shelf-life, improve sensory and textural properties of food products. According to some studies, edible films and coatings could properly carry probiotic bacteria and support their viability. This review provides information about edible films and coatings of incorporated with probiotic microorganisms.

Key Words: Probiotic, Edible Film and Coatings.

Giriş

İnsan sağlığının korunmasında yeterli ve dengeli beslenmenin yanı sıra tüketilen gıdaların güvenilirliği de önem taşımaktadır. Gıdalar çevreyle temasta bulunduğu zaman kaliteyi azaltan ve aynı zamanda raf ömrünü kısaltan nem kaybı, aroma değişimi, oksidasyon ve mikroorganizmalarla kontaminasyon gibi birçok mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal değişimlere uğramaktadır. Gıdaların raf ömrünü uzatmak ve Ürün kalitesini arttırmak amacıyla ısıtma veya soğutma, su aktivitesinin düşürülmesi, kürtleme, tuzlama, pH kontrolü, antimikrobiyel madde ilavesi, kontrollü atmosferde depolama ve ambalajlama gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Cha ve Chinnan, 2004; Robertson, 2006). Gıdaların

hava, ışık, ısı, kimyasal etki, mikroorganizma ve darbe gibi çevresel etkilerden kaynaklanan duyuşsal, besinsel ve hijyenik özelliklerinin değişimini önlemek ve kalitenin sürekliliğini sağlamak amacıyla gıdaların ambalajlanması önemlidir (Marsh ve Bugusu, 2007).

Gıdaların Ambalajlanmasında Yenilebilir Filmlerin Kullanılması

Gıda maddelerinin, üretildikleri yerde ve kısa süre içerisinde tüketimi genelde mümkün olmamaktadır. Bu nedenle gıda güvenliği ve güvenilirliği, kalite ve beslenme özelliklerinin korunması ve gıdaların öngörülen raf ömrü süresince özelliklerini koruyabilmeleri amacıyla ambalajlanması zorunluluk haline gelmektedir (Gennadios ve ark., 1997; Vermeiren ve ark., 1999; Krochta, 2002; Pérez-Pérez ve ark., 2006).

Gıda ambalajlama uygulamaları; farklı gıda ürünleri için uygun ambalaj materyali ve paketleme teknolojisinin seçimini sağlayarak, gıdaların raf ömrünü arttırmaya yardımcı olmakta ve bu süre içerisinde kalitenin ve tazeliğin en iyi şekilde korunmasına olanak sağlamaktadır. Gıdaların ambalajlanmasında kullanılan malzemeler asıl olarak kağıt, metal, cam ve plastikten oluşmaktadır. Ancak ambalaj malzemelerinin gıda maddelerinin bileşimine uygun, çevre kirliliğine neden olmayan dönüşümlü ambalajların olmalarına özen gösterilmelidir (Krochta, 2002; Coles, 2003).

Gıda sanayinde çok çeşitli ambalaj materyalleri kullanılmakla birlikte, film kaplamalar sentetik ve yenilebilir (biyobozunur) olarak iki gruba ayrılmaktadır (Krochta, 2002).

Sentetik ambalaj teknolojisinde meydana gelen gelişmeler bu ambalajların gıda endüstrisinde kullanımını artırmaktadır. Fakat kullanımın oldukça fazla olmasına rağmen, bu materyaller petrokimya esaslı olup çevre kirliliğine, ciddi ekolojik problemlere ve ilave geri dönüşüm masrafları neden olmaktadır (Krochta, 2002).

Gıda ambalaj sektöründeki yeni gelişmeler, ambalajı sadece gıdayı koruma işlevini yerine getiren bir malzeme olmaktan çıkarıp, tüketicide merak uyandırmakta ve bilgilendirmektedir. Böylelikle gıdayı korumayı amaçlayan pasif ambalajlama teknolojileri günümüzde yerini, gıdaların korunmasında, satılmasında, özelliklerinin iyileştirilmesinde, çevresel atık değerlerinin azaltılmasında önemli rol oynayan, aktif ve akıllı ambalajlama teknolojilerine bırakmıştır (Quintavalla ve Vicini, 2002; Cha ve Chinnan, 2004; Devlieghere ve ark., 2004; Özdemir ve Floros, 2004; Brody, 2005; Kerry ve ark., 2006).

Kaplama için kullanılan hammaddelerin yenilebilir kaynaklardan ve aynı zamanda gıdayla birlikte tüketilebilir olması, koruma materyali olarak yenilebilir film ve kaplamaların kullanılmasını yeni bir teknolojiyle gündeme getirmiştir. Gıda ürünlerinde yenilebilir filmlerin kullanımı yeni gibi görünmekle birlikte bu uygulama yıllar öncesine dayanmaktadır (Debeaufort ve ark., 1998; Beckett, 2000; Valencia-Chamorro ve ark., 2009). Örneęin vakslar Çin'de 12. ve 13. yy'dan beri ekşi meyvelerin dehidrasyonunu geciktirmek amacıyla kullanılmaktadır. 15. ve 16. yy'da Asya'da kaynamış soya sütünden elde edilen filmlerin (Yuba) gıdaların görünüşünü ve muhafazasını geliştirmek amacıyla ve 19. yy'da ise ceviz, badem ve fındıkların depolanması sırasındaki oksidasyonu önlemek için yenilebilir koruyucu bir kaplama olarak ilk kez sakkarozun kullanıldığı belirtilmektedir.

Yenilebilir kaplama, bir gıda üzerinde sıvı formda daldırılarak veya püskürtülerek oluşturulmuş ince tabaka halindeki materyal; yenilebilir film ise, gıda bileşenleri arasında ya

da gıda üzerine, katı ve ince tabakalar halinde önceden hazırlanmış ince yenilebilir materyalin yerleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (McHugh, 2000).

Ürünle birlikte tüketilebilen yenilebilir filmlerin avantajları; sağlık açısından güvenilir olması, basit teknoloji gerektirmesi, üretim maliyetlerinin düşük olması ve çevreyi kirlenici etkisinin olmaması şeklinde sıralanmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamalar oksijen, karbondioksit ve yağ sızmasını kontrol altında tutarak, gıda sisteminin mekanik özelliklerini geliştirmekte, tat ve aroma maddelerinin kaybını azaltmakta, antioksidanları, antimikrobiyel maddeleri, pigmentleri, esmerleşme reaksiyonlarını durduran iyonları ve vitaminleri ürünün içerisinde tutarak gıda kalitesini artırmakta ve raf ömrünü uzatmaktadır (Guillard ve ark., 2003; Sorrentino ve ark., 2007). Yenilebilir kaplamaların kullanımı ile ilgili çalışmalar özellikle, soğukta muhafaza edilen ve taze tüketilen et, tavuk, su ürünleri ve tüketime hazır gıdalarda raf ömürlerini uzatmak ve ürün kalitesini geliştirmek amacıyla uygulanmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamaların fonksiyonları, büyük ölçüde onların geçirgenlik özelliklerine dayanmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamaların Sahip olması gereken özellikler aşağıdaki şekilde maddelenebilmektedir (Appendini ve Hotchkiss, 2002):

- Kullanılan hammaddeler genellikle güvenilir kabul edilmiş (GRAS) olmalı,
- Yavaş, fakat kontrollü ürün solunumuna izin vermeli,
- Yapısal bütünlük sağlamalı ve mekanik işlemeyi geliştirmeli,
- Gıda katkı maddelerinin fonksiyonel etkilerini destekleyici ve koruyucu özellikte olmalı,
- Mikrobiyel bozulmayı uzun depolama süreleri boyunca engellemeli veya azaltmalıdır.

Yenilebilir filmler biyolojik kaynaklı yapılarına göre 3 şekilde sınıflandırılmaktadır (Çizelge 1). Genel olarak yenilebilir filmler, proteinler, lipitler, polisakkaritler veya benzeri kompozitlerden oluşmaktadır. Kullanılan polimerler, gıdanın niteliğine, film ve kaplamadan beklenen fonksiyonlara bağlı olarak seçilmelidir. Farklı avantaj ve dezavantajları olan bu maddelerin birkaçının bir araya getirilmesiyle de kompozit filmler oluşturulmakta ve bu yolla gaz, nem ve buhar geçirgenlik özellikleri geliştirilmektedir (Debeaufort ve ark., 2000; Matuska ve ark., 2006; Sanchez-Gonzales ve ark., 2010).

Çizelge 1. Yenilebilir filmlerin biyolojik kaynaklı yapılarına göre sınıflandırılması

Polisakkaritler	Yağlar	Proteinler
Nişasta (patates, mısır, buğday, pirinç ve diğer türevleri)	Vakslar	Hayvansal proteinler (kazein, peynir altı suyu, kollajen, jelatin)
Selüloz (pamuk ve diğer türevleri)	Hayvansal yağlar	Bitkisel proteinler (zein, soya, gluten vb.)
Gumlar (guar, lokust bean, aljinatlar, karragenan, pektinler ve diğer türevleri)	Bitkisel yağlar	
Kitin/Kitosan		

Yenilebilir Filmlerin Geliştirilmesinde Probiyotik Bakterilerin Kullanılması

Günümüzde geliştirilen aktif ambalajlama uygulamalarında; istenilen özellikleri kazandırmak amacıyla oksijen tutucular, etilen tutucular, karbondioksit düzenleyiciler, antioksidanlar, fenolik bileşikler, antimikrobiyel özellikteki maddeler ve probiyotik bakteriler ambalaj materyallerinin bileşimine dahil edilmektedir (Coma ve ark., 2002; Janes ve ark., 2002; Quintavalla ve Vicini, 2002; Sebti ve Coma, 2002; Özdemir ve Floros, 2004; Bifani ve ark., 2007; Vargas ve ark., 2008; López de Lacey ve ark., 2012; Kanmani ve Lim, 2013).

Değişen hayat tarzları ile birlikte son yıllarda insanların beslenme konusundaki beklentileri de farklılaşmaya başlamaktadır. Tüketicilerin doğal ürünlere yönelmeleri ile birlikte fonksiyonel önemi olan gıdalar ve probiyotik ürünlere talepler önemli derecede artış göstermiş ve dünya fonksiyonel gıda pazarının %65' ini probiyotik bakteriler oluşturmuştur.

Probiyotik Bakteriler ve Sağlık Üzerine Olumlu Etkisi

Probiyotik sözcüğü, “yaşam için” anlamına karşılık gelmekte olan “for life” ve antibiyotik teriminin anlamını karşılamaktadır. İlk olarak 1965 yılında Lilly ve Stillwell tarafından keşfedilen probiyotikler, “Bir mikroorganizma tarafından salgılanıp başka birinin büyümesini destekleyen bileşikler” olarak tanımlanmıştır (Armbrecht, 2002). Probiyotik bakteriler doğal bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde değiştirerek insan sağlığı üzerinde yararlı etkiler yaratan canlı mikrobiyel gıda kaynakları olarak ifade edilmektedir. Bunlardan en önemlileri *Lactobacillus*, *Enterococcus* ve *Bifidobacterium* cinsine ait türlerdir (Çizelge 2) (Klaenhammer, 2000; Krasaekoopt ve ark., 2006; De Vuyst ve ark., 2008).

Çizelge 2. Probiyotik olarak kullanılan bazı bakteriler

Lactobacillus türleri	<i>Lactobacillus cellobiosus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i> , <i>Lactobacillus curvatus</i> <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus johnsonii</i> <i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> <i>Lactobacillus salivarius</i> , <i>Lactobacillus gasseri</i>
Bifidobacterium türleri	<i>Bifidobacterium adolescentis</i> , <i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Bifidobacterium breve</i> , <i>Bifidobacterium infantis</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> <i>Bifidobacterium thermophilum</i>
Bacillus türleri	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus pumilus</i> , <i>Bacillus lentus</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> <i>Bacillus coagulans</i>
Pediococcus türleri	<i>Pediococcus cerevisiae</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i>
Streptococcus türleri	<i>Streptococcus salivarius ssp. thermophilus</i> , <i>Streptococcus intermedius</i>
Bacteriodes türleri	<i>Bacteriodes capillus</i> , <i>Bacteriodes suis</i> , <i>Bacteriodes ruminicola</i> <i>Bacteriodes amylophilus</i>
Propionibacterium türleri	<i>Propionibacterium shermanii</i> , <i>Propionibacterium freudenreichii</i>
Leuconostoc türleri	<i>Leuconostoc mesenteroides ssp. mesenteroides</i>

Probiyotik bakteriler organizmaya alindiklarında kolona ulaşmaları durumunda, intestinal mikrobiyel dengeyi geliştirip zenginleştirmekte, alıcı reseptörlere bağlanıp patojen mikroorganizmaların yaşam alanını azaltmakta, patojen ajanların dışkı yolu ile organizmadan uzaklaştırılmalarını sağlamaktadırlar. Probiyotik bakterilerin biyoterapötik etki gösterebilmesi için konakçının vücuduna alması gereken canlı hücre konsantrasyonunun en az 10^6 kob/g, kabul edilebilir düzey olarak da 10^7 - 10^8 kob/g arasında olması gerektiği bildirilmektedir (Olaiş-Fernández ve ark., 2006; Vasiljevic ve Shah, 2008, Röble ve ark., 2010).

Probiyotik olarak seçilen bakterilerde aranan özellikler şu şekilde sıralanmaktadır (Ewaschuk ve Dieleman, 2006);

- Normal mikrobiyel yapıyı bozmadan patojen bakterileri etkileyebilmesi,
- Kullanılacağı konakçı kaynaklı olması, uygun koşullar sağlandığında canlı kalabilmesi, başka bir ortamda ürememesi,
- Konakçı için patojen olmaması ‘non-invazif’ ve ‘non-karsinojenik’ olması,
- Asit, pH ve safra tuzlarına dirençli olması,
- Mukoza yüzeyine tutunabilmesi,
- Gastrointestinal sistemde geçici olarak kolonize olabilmesi,
- Antimikrobiyel maddeler üretebilmesi,
- Besinlere ekleme ve klinikte kullanım için güvenilir olması,
- Klinik etkinliğinin ortaya konulmuş olması,
- İyi teknik özelliklerine sahip olması: stabil bir suş olması, fajlara dirençli olması, ürün içinde canlı kalabilmesi, oksijene dirençli olması, liyofilize preparat haline gelebilmesi,
- Mikrobiyota içinde kolay tanımlanabilir olması,
- Konakçıda sistemik toksisite, immünolojik duyarlılık ve dirençli mikroorganizmaların gelişmesine neden olmaması,
- Uzun süre etki edebilmesi için konakçı dokularında yerleşebilmesi.

Probiyotik bakterilerinin sahip oldukları enzimler, hücre duvarı bileşenleri ve DNA yapıları doğrultusunda konakçı hücrelerinde farklı etki mekanizmaları bulunmaktadır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Probiyotik bakterilerinin etki mekanizmaları

Patojen ve zararlı bakterilerin sayılarını azaltmak	-Antimikrobiyel bileşikler üretmeleri -Besin elementleri için rekabet etmeleri -Kolonizasyon bölgeleri için rekabet etmeleri
Mikrobiyal metabolizmayı (enzimatik aktiviteyi) değiştirmek	-Sindirimi sağlayan enzimlerin aktivasyonunu sağlaması -Amonyak, amin veya toksik enzimlerin üretimini azalması -Bağırsak duvarının fonksiyonlarının iyileştirilmesi
Bağışıklık sistemini iyileştirmek	-Antikor düzeyinin artması -Makrofaj aktivitesinin artması

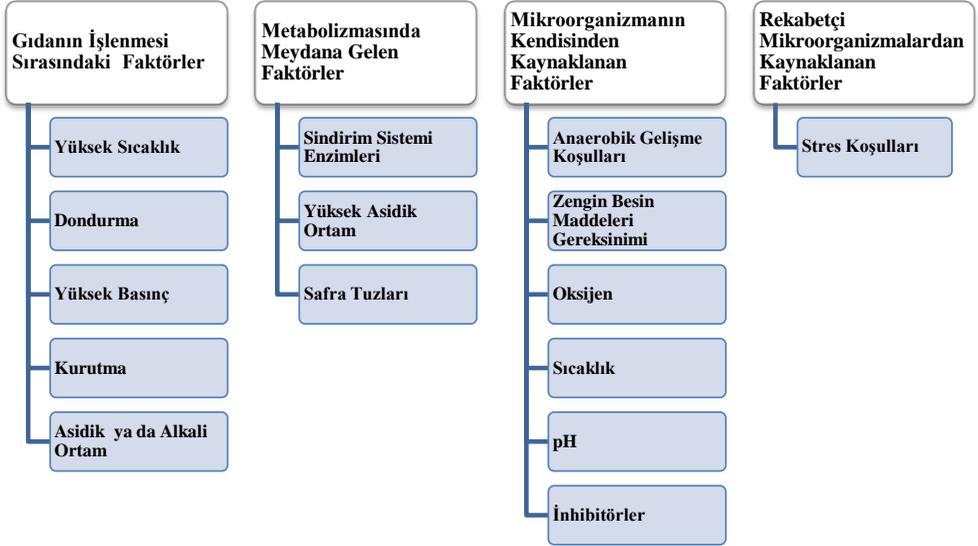
Probiyotik bakteriler, insan ve hayvanların bağırsak sisteminin mikrobiyel dengesini düzenleyerek yararlı etkiler göstermektedir (Cornelius ve ark., 2002; De las Cagigas, 2002; Sungsoo ve Finocchiaro, 2010; Saad ve ark., 2013) (Çizelge 4). Probiyotik özellik taşıyan mikroorganizmaların insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri ilk defa 1908 yılında, Nobel ödüllü Rus araştırmacı Elie Metchnikoff tarafından ortaya atılmıştır. Metchnikoff, Bulgar çiftçilerin fermente süt ürünleri tüketimi sonucu daha sağlıklı ve uzun ömürlü olduklarını, bunun nedeninin ise bu ürünlerde bulunan çubuk şeklindeki bakterilerin (*Lactobacillus*) bağırsaktaki mikroflorayı olumlu yönde etkilemesi ve toksik mikrobiyel aktiviteyi azaltması olduğunu belirtmiştir (Kalantzopoulos, 1997; Saxelin ve ark., 1999). Fermente gıdalarla sağlıklı yaşam arasındaki bu bağlantı bugün de geçerliliğini korumaktadır. Probiyotik bakterilerin sağlık üzerine etkileri Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Probiyotik bakterilerin sağlık üzerine etkileri

Sağlık Üzerine Etki	Öne Sürülen Mekanizma(lar)
Laktoz intoleransının hafifletilmesi	-Bakteriyel galaktosidaz’ın laktoz üzerine etki etmesi
Bağırsak florası üzerine olumlu etki	-Toksik metabolit üretiminin azaltılması yoluyla, aşırı gelişmiş olan floranın aktivitesinin etkilenmesi -Antibakteriyel özellikler
İntestinal sistem enfeksiyonlarının engellenmesi	-Sistemik veya salgısal immün cevap stimülasyonu -Bağırsak koşullarının patojenlerin yaşamasına imkan vermeyecek şekilde değiştirilmesi (pH, kısa zincirli yağ asitleri, bakteriyosinler) -Agregasyon, koagregasyon yetenekleri -İntestinal mukozaya yapışmak suretiyle patojenlerin yapışmasının engellenmesi -Besinler için rekabet
İmmün sistemin güçlendirilmesi	-Beyaz kan hücrelerinin fagositik aktivitelerinin artırılması -IgA üretiminin artırılması -Intra-epitel lenfositlerin çoğaltılması
İltihabi veya alerjik reaksiyonların azaltılması	-Bağışıklık sisteminin dengesinin yeniden düzenlenmesi -Sitokin sentezinin düzenlenmesi
Kolon kanseri riskinin azaltılması	-Mutajen bağlama -Karsinojenlerin inaktif hale getirilmesi
Ürogenital enfeksiyonlar	-Üriner ve vajinal kanal hücrelerine yapışma -İnhibitor maddelerin üretimi (H ₂ O ₂ gibi)
<i>Helicobacter pylori</i> enfeksiyonu	-Laktik asit üretimi - <i>H. pylori</i> ’nin üreaz aktivitesinin azaltılması
Kan lipidlerinin düşürülmesi ve kalp hastalıkları riskinin azaltılması	-Kolesterol asimilasyonu -Safra tuzu hidrolaz enzim aktivitesi

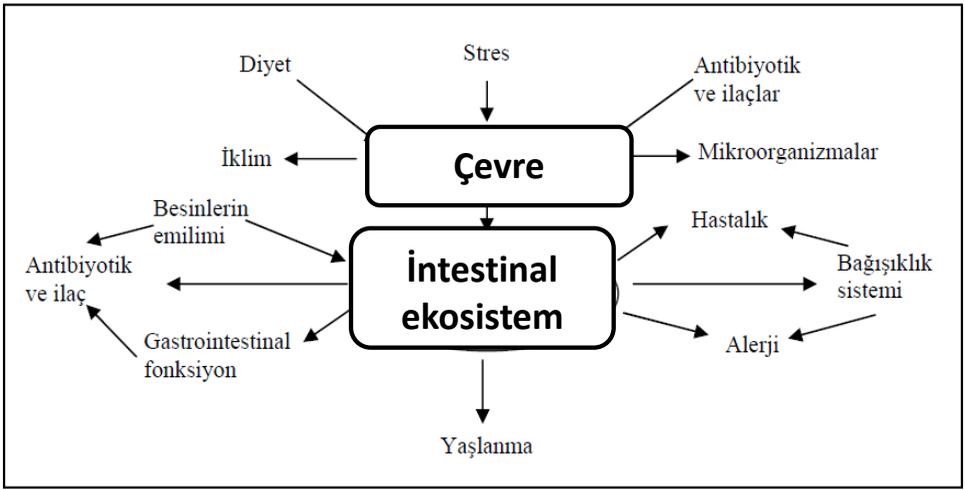
Probiyotik Bakteri İlave Edilmiş Yenilebilir Filmlerin Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları

Probiyotik bakterilerin, antimikrobiyel, antikanserojen ve immüniteyi aktivite edici, epitel fonksiyonlarını iyileştirici gibi etkilerinin olması gıda endüstrisinde probiyotiklerin kullanımı ile ilgili yeni bir dönemi başlatmıştır. Probiyotik bakterilerin yenilebilir kaplamalara ilavesi ile hem ürünlere farklı aromalar kazandırılmakta hem de gıdaların kalitesi ile raf ömrünün artırılması sağlanmaktadır. Probiyotik bakterilerin gıda üretiminde kullanılmasını kısıtlayan en önemli etken ise, kullanılan mikroorganizmaların stabilitesini, yani canlılığını koruyamamasıdır. Probiyotik bakterilerin fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesinde kullanılması sırasında etkili olan faktörler Şekil 1 de verilmiştir (Qi ve ark., 2006; Anal ve Singh, 2007).



Şekil 1. Probiyotik bakterilerin gelişimine etki eden faktörler

İntestinal ekosistemin fizyolojik dengesi; hastalık, yaşlılık, stres, antibiyotik veya ilaç kullanımı, diyet alışkanlıklarının değiştirilmesi, iklim koşullarında meydana gelen değişimler ve çevresel toksik maddeler gibi faktörlerden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenebilmektedir (Şekil 2). Bu durum da kolon bakterileri ve probiyotik bakterilerin önemini ortaya koymaktadır (Cedgard, 2000).



Şekil 2. İntestinal sistemin florasını etkileyen faktörler

Soukoulis ve ark. (2014) yaptıkları bir çalışmada *Lactobacillus rhamnosus* GG ilave ederek probiyotik özellik kazandırdıkları peynir altı suyu konsantratu ve sodyum-aljinat bazlı yenilebilir filmlerle kapladıkları unlu ürünlerde *Lactobacillus rhamnosus* GG'nin raf ömrü üzerine olan etkisini araştırmışlardır. İncelemeler sonucunda *Lactobacillus rhamnosus* GG ilaveli filmlerle kaplanan unlu ürünlerde bayatlamının önemli derecede geciktiği ve raf ömrünün uzadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, probiyotik bakteri ilavesinin ürünlerin tekstüründe iyileşme sağladığını da saptamışlardır.

Lopez ve ark. (2012) jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamalar ile ilgili yaptıkları çalışmalarında, işlenecek balıkların raf ömrünü uzatmak ve probiyotik etki yaratabilmek amacıyla *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum* kullanmışlardır. Yapılan analizler sonucunda 10^9 kob/g'lik *L. acidophilus* ve *B. bifidum* başlangıç konsantrasyonunun gıdaya uygulanmaksızın soğuk depolama boyunca yenilebilir film ile kaplamalarında sabit kaldığı saptanmıştır. Bununla birlikte *B. bifidum* ilaveli yenilebilir film ile kaplanan balıklarda depolama sonunda başlangıç konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında 1 log birimlik azalma gözlenmiştir. Ayrıca probiyotik ilave edilmiş jelatin bazlı yenilebilir filmlerin yüksek basınç gibi diğer teknolojiler ile birlikte, uygulanmasının özellikle balıkların korunması için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Gialamas ve ark., 2010 tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise *Listeria monocytogenes* içeren gıdalarda kaplama materyali olarak sodyum kazeinat bazlı yenilebilir filmler kullanılmıştır. Filmlere antimikrobiyel özellik kazandırabilmek amacıyla probiyotik bir tür olan *Lactobacillus sakei*, film formülasyonuna ilave edilmiştir. Sonuç olarak hazırlanan filmlerin, depolama süresince *L. sakei*'nin antimikrobiyel etkisi nedeniyle *Listeria monocytogenes* üzerinde önemli bir inhibisyon sağladığı tespit edilmiştir.

Tapia ve ark. (2007) taze dilimlenmiş (fresh-cut) elma ve papayaların taşınması sırasındaki hasarların azaltılması ve daha uzun raf ömrüne sahip olmalarını sağlayabilmek amacıyla yaptıkları bir çalışmada kaplama materyali olarak aljinat ve jelatin bazlı

yenilebilir filmleri ve probiyotik özellik kazandırabilmek amacıyla da *Bifidobacterium lactis*'i (%2; w/v) kültürünü kullanmışlardır. Araştırmalar sonucunda *B. lactis* konsantrasyonunun depolama süresi boyunca genel olarak sabit kaldığı; ancak depolama sonunda başlangıç konsantrasyonuyla karşılaştırıldığında 2 log birim azalma saptanmıştır. Bu azalışın kaplama prosesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Diğer film örnekleriyle karşılaştırıldığında ise probiyotik ilaveli filmlerin su buharı geçirgenlik dirençlerinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun sebebinin yenilebilir filmlere ilave edilen probiyotik bakterilerin polimer zincirleri arasında yer alması ve buna bağlı olarak su iletiminin azalmasından kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Probiyotik yenilebilir filmlerin su buharı geçişine karşı gösterdikleri direncin yüksek olması; yenilebilir filmlerin bariyer özelliklerini iyileştirmekte böylelikle de gıda maddelerinin depolanmaları sırasında oluşan ağırlık kayıplarının azaltılmasını sağlamakla birlikte, nem kaybını ya da su aktivitesini de kontrol altına almaktadır. Fresh-cut meyvelerde kaplama materyali olarak *Bifidobacterium lactis* ilave edilmiş yenilebilir filmlerin kullanımı ürünün yüzeyinde bir bariyer oluşturarak su buharı geçirgenliğini azaltmasının yanı sıra, oksijen, karbondioksit ve yağ transferini düzenleyerek, gıdanın fiziksel özelliklerini geliştirmektedir. Bu durum fresh-cut meyvelerde kaplama materyali olarak *Bifidobacterium lactis* ilave edilmiş yenilebilir filmlerin kullanımının, raf ömrünü ve gıda güvenliğini artıran bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Gıda güvenliğinin geliştirilmesi amacıyla probiyotik bakterilerin yenilebilir filmlere ilave edilmesinin alternatif bir paketlenme yöntemi olarak etkili olabileceği ve bu durumun da bileşimdeki bakteri sayısı ve bakterilerin gıda yüzeyine yayılma oranları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Sonuç

Gıdaların raf ömürlerini uzatmak, tazeliğini korumak amacıyla yenilebilir film ve kaplamaların kullanılması yeni bir uygulama olmamakla birlikte artan çevre bilinci ile son yıllarda gittikçe önem kazanmaktadır. Yenilebilir filmlerle, ürün kalitesini muhafaza etmenin yanında sağlık üzerine olumlu etkileri olan probiyotik bakterilerin ambalaj sistemlerinde kullanımı gıda sektörü için oldukça önemli bir gelişme ve yeniliktir. Ayrıca probiyotik bakterilerin yenilebilir film ve kaplamalarda yer alması koruyucu fonksiyonun geliştirmesinin yanı sıra süt ürünleri, unlu mamuller, sebze ve meyve gibi birçok üründe kullanılabilir özellik taşımaktadır. Gıda güvenliği, teknolojiye uygunluk ve tüketici kabul edilebilirliği gibi konuların da incelenmesi ile birlikte bu konudaki çalışmalara halen gereksinim duyulmaktadır.

Kaynaklar

- Anal A.K. and H. Singh. 2007. Recent advances in micro-encapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. Trends Food Sci Tech. 18: 240-251.
- Appendini P. and J.H. Hotchkiss. 2002. Review of antimicrobial food packaging. Innovat Food Sci Emerg Tech. 3: 113-126.
- Ambrecht J. 2002. Probiotics and possible health benefits.
<http://www.bact.wisc.edu/ScienceEd/probioticsandpossibl.html>.
- Beckett S.T. 2000. The Science of Chocolate, Cambridge, UK: The Royal Soc. Chem. 175 pp.

- Bifani V., Ramirez C., Ihl M., Rubilar M., Garcia A. and N. Zaritzky. 2007. Effects of murta (*Ugni molinae* Turcz) extract on gas and water vapor permeability of carboxymethylcellulose-based edible films. *LWT-Food Sci. Technol.* 40: 1473-1481.
- Brody A.L. 2005. Active packaging becomes more active. *Food Technol.* 59: 82-84.
- Cedgard L. 2000 Probiotics: The link between health and disease.
<http://www.positivehealth.com/permit/Articles/Environment/probiot.htm>.
- Cha D.S. and M.S. Chinnan. 2004. Biopolymer based anti-microbial packaging: A review. *Food Sci Nutr.* 44: 223-237.
- Coles R. 2003. Introduction. In: Coles R, McDowell D, Kirwan MJ, editors. *Food packaging technology*. London, U.K.: Blackwell Publishing, CRC Press, 1-31 pp.
- Coma V., Martial-Gros A., Garreau S., Copinet A., Salin F. and A. Deschamps. 2002. Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *J Food Sci.* 67: 1162-1169.
- Cornelius W., Van Niel M., Chris Feudtne M., Garrison M. and D. Christakis. 2002. *Lactobacillus* Therapy for acute infectious diarrhea in children: a Metanalysis. *Pediatrics.* 109: 678-684.
- De las Cagigas R. and A. Blanco. 2002. Prebiotics and probiotics, a beneficial relationship. *Rev. Cub. Aliment Nutr.* 16: 63-68.
- De Vuyst L., Falony G. and F. Leroy. 2008. Probiotics in fermented sausages. *Meat Sci.* 80: 75-78.
- Debeaufort F. Quezada-Gallo J.A. and A. Voilley. 1998. Edible films and coatings: Tomorrow's packagings: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 38: 299-313.
- Debeaufort F., Gallo J.A.Q., Delporte B. and A. Voilley. 2000. Lipid hydrophobicity and physical state effects on the properties of bilayer edible films. *J Membr Sci.* 180: 47-55.
- Devlieghere F., Vermeiren L. and J. Debevere. 2004. New preservation Technologies: possibilities and limitations. *Int. Dairy Journal.* 14: 273-285.
- Ewaschuk J.B. and L.A. Dieleman. 2006. Probiotics and prebiotics in chronic inflammatory bowel diseases. *World J Gastroenterol.* 12: 5941-5950.
- Gennadios A., Hanna M.A. and L.B. Kurth. 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. *LWT-Food Sci Technol.* 30: 337-350
- Gialamas H., Zinoviadou K.G., Biliaderis C.G. and K.P. Koutsoumanis. 2010. Development of a novel bioactive packaging based on the incorporation of *Lactobacillus sakei* into sodium-caseinate films for controlling *Listeria monocytogenes* in foods. *Food Res Int.* 43: 2402-2408.
- Guillard V., Broyart B., Bonazzi C., Guilbert S. and N. Gontard. 2003. Preventing moisture transfer in a composite food using edible films: Experimental and mathematical study. *J Food Sci.* 68: 2267-2277.
- Janes M.E., Kooshesh S. and M.G. Johnson. 2002. Control of *Listeria monocytogenes* on the surface of refrigerated, ready-to-eat chicken coated with edible zein film coatings containing nisin and/or calcium propionate. *J Food Sci.* 67: 2754-2757.
- Kalantzopoulos G. 1997. Fermented products with probiotic qualities. *Anaerobe.* 3: 185-190.
- Kanmani P. and S.T. Lim. 2013. Development and characterization of novel probiotic-residing pullulan/starch edible films. *Food Chem.* 141: 1041-1049.
- Kerry J.P., O'Grady M.N. and S.A. Hogan. 2006. Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: a review. *Meat Sci.* 74: 113-130.
- Klaenhammer T. 2000. Probiotic bacteria: Today and tomorrow. *J Nutr.* 130: 415-416.

- Krasaekoopt W., Bhandari B. and H. Deeth. 2006. Survival of probiotics encapsulated in chitosan-coated alginate beads in yoghurt from UHT- and conventionally treated milk during storage. *LWT-Food Sci Technol.* 39: 177-183.
- Krochta J.M. 2002. Proteins as raw materials for films and coatings: Definitions, current status, and opportunities. *Protein-Based Films and Coatings*. A Gennadios (Ed), CRC Pres, New York.
- López de Lacey A.M., López-Caballero M.E., Gómez-Estaca J., Gómez-Guillén M.C., and P. Montero. 2012. Functionality of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* incorporated to edible coatings and films. *Innovat Food Sci Emerg Tech.* 16: 277-282.
- Marsh K. and B. Bugusu. 2007. Food packaging-roles, materials, and environmental issues. *J. Food Sci.*, 72: 39-55.
- Matuska M., Lenart A. and H.N. Lazarides. 2006. On the use of edible coating to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *J Food Eng.* 72: 85-91.
- McHugh T.H. 2000. Protein lipid interactions in edible films and coatings. *Nanrung.* 44: 148-151.
- Olaiz-Fernández G., Rivera-Dommarco J., Shamah-Levy T., Rojas R., Villalpando-Hernández S. and M. Hernández-Ávila. 2006. National health and nutrition survey. National Institute of public health: México: INSP 131 pp.
- Özdemir M. and J.D. Floros. 2004. Active food packaging technologies. *Food Sci Nutr.* 44: 185-193.
- Pérez-Pérez C., Regalado-González C., Rodríguez-Rodríguez C.A., Barbosa-Rodríguez J.R. and F. Villaseñor-Ortega. 2006. Incorporation of antimicrobial agents in food packaging films and coatings. *Advance in Agri and Food Biotech.* 193-216.
- Qi W.T., Ma J., Yu W.T., Xie Y.B., Wang W. and X. Ma. 2006. Behavior of microbial growth and metabolism in alginate-chitosan-alginate (ACA) microcapsules. *Enzyme Microb Tech.* 38: 697-704.
- Quintavalla S. and L. Vicini. 2002. Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Sci.* 62: 373-380.
- Robertson G.L. 2006. Active and intelligent packaging. In *Food packaging: principles and practice-2nd ed.* CRC Press, Boca Raton, Fl. Chap. 14 pp.
- Röble C.H., Auty M., Brunton N., Gormley R. and F. Butler. 2010. Alginate coating as carrier of oligofructose and inulin and to maintain the quality of fresh-cut apples. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 11: 203-209.
- Saad N., Delattre C., Urdaci M., Schmitter J.M. and P. Bressollier. 2013. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. *LWT-Food Sci. Technol.* 50: 1-16.
- Sanchez-Gonzales E., Garcia S. and N. Heredia. 2010. Extracts of edible and medicinal plants damage membranes of *Vibrio cholerae*. *Appl. Environ. Microbiol.* 76: 6888-689410.
- Saxelin M., Grenov B., Svensson U., Fondén R., Reneiro R. and T. Mattila-Sandholm. 1999. The technology of probiotics. *Trends Food Sci Technol.* 10: 387-392.
- Sebti I. and V. Coma. 2002. Active edible polysaccharide coating and interactions between solution coating compounds. *Carbohydr Polymer.* 49: 139-144.
- Sorrentino A., Gorrasi G. and V. Vittoria. 2007. Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 84-95.
- Soukoulis C., Yonekura L., Gan H.H., Behboudi-Jobbehdar S., Parmenter C. and I. Fisk. 2014. Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: The case of pan bread. *Food Hydrocoll.* 39: 231-242.
- Sungsoo C.H. and E.T. Finocchiaro. 2010. Handbook of prebiotics and probiotics ingredients, Health benefits and food applications. Boca Raton F.L. CRC Pres, 435 pp.

- Tapia M.S., Rojas-Grau M.A., Rodriguez F.J., Ramirez J., Carmona A. and O. Martin-Belloso. 2007. Alginate and gellan-based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits. *J Food Sci.* 72: 190-196.
- Valencia-Chamorro S.A., Perez-Gago M.B., del Rio M.A. and L. Palou. 2009. Effect of antifungal Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC)-lipid edible composite coatings on postharvest decay development and quality attributes of cold-stored 'Valencia' oranges. *Postharv Bio Technol.* 54: 72-79.
- Vargas M., Pastor C., Chiralt A., McClements D.J. and C. Gonzalez-Martinez. 2008. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Crit. Rev. Food Sci.* 48: 496-511.
- Vasiljevic T. and N.P. Shah. 2008. Probiotics from metchnikoff to bioactives. *Int Dairy J.* 18: 714-728.
- Vermeiren L., Devlighere F., Van Beest M., de Kruijf N. and J. Debevere. 1999. Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Sci. and Techn.* 10: 77-86.