

ET TEKNOLOJİSİNDE ANTİMİKROBİYAL AMBALAJLAMA

ANTIMICROBIAL PACKAGING IN MEAT TECHNOLOGY

Zehra KARAGÖZ¹, Kezban CANDOĞAN²

¹Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Halk Sağlığı Daire Başkanlığı Kontrol Laboratuvarları ve Kalıntı İzleme Şube Müdürlüğü, Ankara

²Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş Tarihi: 18.01.2007

ÖZET: Aktif ambalajlamanın bir formu olan antimikrobiyal ambalajlama, yapısı gereği özellikle mikrobiyolojik bozulmaya oldukça hassas olan et ve ürünlerinin korunmasında en yeni tekniklerden birisidir. Antimikrobiyal ambalajlamada esas, ambalaj materyaline ya da atmosferine dahil edilen antimikrobiyal ajanın, gıdaya kontrollü salınımının sağlanarak ürünün daha uzun süre ve etkin bir şekilde korunmasıdır. Et teknolojisinde yaygın olarak uygulama alanı bulan antimikrobiyal gıda ambalaj formları ambalaja üründen sızan suyun kontrolünde etkili nem tutucuların kullanılması, uygulanacak antimikrobiyal maddelerin ambalaj materyaline dahil edilmesi ve antimikrobiyal özellikte yenilebilir biyopolimer film ve kaplamalarla ambalajlama şeklinde özetlenebilir. Bu çalışmada, et teknolojisinde kullanılan antimikrobiyal ambalajlama sistemlerinin esasları, uygulanma şekli ve ürün bazında kullanımı konu üzerinde son yıllarda yapılan araştırmalara yer verilerek incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyal ambalajlama, et, et ürünleri

ABSTRACT: One of the novel techniques in preserving muscle foods, sensitive especially to microbiological spoilage, is antimicrobial packaging as a version of active packaging systems. The principle of antimicrobial packaging is to ensure controlled release of antimicrobial agents incorporated into packaging materials or package atmosphere, into the package contents, and thus, to protect the food effectively in a longer period of time. Antimicrobial packaging systems generally applied in meat technology are moisture absorbing and controlling systems, incorporation of antimicrobial agents in packaging materials, and packaging with antimicrobial biopolymer films and coatings. Present study reviews general principles and application of antimicrobial packaging systems used in meat technology based on current studies on the topic.

Key Words: Antimicrobial packaging, meat, meat products

GİRİŞ

Gıdalar insanoğlu tarihinin en eski çağlarından beri işlenmekte ve ambalajlanmaktadır. Günümüzde bazı bölgelerde hala geleneksel yöntemlerle işlenmiş ve ambalajlanmış gıdalar tüketilirken, geleneksel gıda işlenmesinden endüstriyel uygulamalara geçişin kaçınılmaz olduğu gelişmiş toplumlarda, işlenen ürün çeşitliliğinin artmasına paralel olarak tüketime hazır gıdaların üretimi ve ambalajlanması ihtiyacın karşılanması için zorunluluk haline gelmiştir (1-4).

Gıda güvenliği ve kalite kavramındaki gelişmelerle birlikte, az işlem görmüş, kolay hazırlanabilen, tüketime hazır, ambalajlanmış gıdalara olan talep artmıştır. Pişirme, dondurma, tuzlama, fermentasyon ve kurutma gibi klasik koruma yöntemlerine alternatif olarak ürün tazeliğinin muhafaza edildiği, kalite sürekliliği ve gıda güvenliğinin sağlandığı yeni gıda koruma teknolojileri geliştirilmiştir. Bunlar içinde, ürünü çevresinden aktif bir şekilde koruyan ve ambalajlamanın temel fonksiyonuna değer ilavesi yapan, yaşayan bir ambalaj şekli de denilen aktif ambalajlama son yıllarda gıda teknolojisi alanında araştırmaların yoğunlaştığı konuların başında

² E-mail: candogan@eng.ankara.edu.tr

gelmektedir. Aktif ambalajlamada, ürünün raf ömrünü uzatmak, gıda güvenliğini ve duyu özellikleri kaliteyi de koruyarak iyileştirmek amacıyla ambalaj, ürün ve çevre etkileşim içindedir (2-5). Aktif ambalajlamanın bir formu olan antimikrobiyal ambalajlama ise özellikle taze kırmızı et, kanatlı etleri, su ürünleri ve bazı süt ürünleri için uygun bir koruma yöntemidir (4, 6). Ambalaj materyaline veya ortamına çeşitli aktif bileşenlerin tek başına ya da kombine olarak eklenerek, kontamine olmuş gıdadaki mikroorganizmaların tamamen inhibe edilmesi ya da gelişmelerinin sınırlandırılması amacıyla yönelik geliştirilen antimikrobiyal ambalajlamanın temeli, gıdalara antimikrobiyal bileşiklerin göçünün kontrollü bir şekilde sağlanmasıdır. Sonuçta, sadece başlangıçtaki istenmeyen mikroorganizmalar inhibe edilmeyip, ürünün depolanması ve taşınması esnasında antimikrobiyal aktivite daha uzun süreli olduğundan, aynı zamanda, mevcut mikroorganizma gelişimi de engellenir (7, 8). Antimikrobiyal ambalajlama, gıda endüstrisinde iyi sanitasyon uygulamalarının yerini tutacak bir sistem olarak düşünülmemelidir. Ancak, gıda güvenliğinin sağlanmasında patojen ve/veya bozulma yapan mikroorganizmalar için bir engel mekanizması oluşturur (9).

Yapısı gereği diğer birçok gıdadan daha kolay bozulma eğiliminde olan taze etlerin ve işlenmiş et ürünlerinin kalitesi işleme, depolama ve taşıma esnasında ortaya çıkan biyokimyasal değişmelerin yanında, mikrobiyal gelişmenin etkisiyle de olumsuz yönde etkilenir (10). Bölgelere göre değişmekle birlikte her yıl dünya et üretiminin 1/3 ile 1/4'ten daha fazlası bozulma nedeniyle kaybolmaktadır (11). Ayrıca et ve et ürünlerinde patojen mikroorganizmaların bulaşmasıyla ölümlere kadar gidebilen gıda zehirlenmeleri görülmektedir. Kesim, hijyen, üretim ve muhafaza tekniklerindeki yeni gelişmelere rağmen, et ve ürünlerinde hala gıda güvenliğinin sağlanması adına bozulma yapan ve patojenik mikroorganizmaların gelişiminin kontrolü için yeni yöntemlere gereksinim duyulmaktadır (12). Kaliteyi olumsuz yönde etkileyen değişimlerin engellenmesinde son yıllarda oldukça güncel olan antimikrobiyal ambalajlama, ürün tazeliğinin korunarak daha uzun süre muhafaza edilebilmesini olanaklı kıldığından, et teknolojisinde geniş bir uygulama alanı bulmuştur (7, 13).

ET TEKNOLOJİSİNDE ANTİMİKROBİYAL AMBALAJ UYGULAMALARI

Et ve ürünlerinde mikrobiyolojik kökenli bozulmalar, genellikle mikrobiyal bulaşma ve ürün yüzeyinde meydana gelen mikrobiyal gelişmeden kaynaklanmaktadır. Mikrobiyal yolla et ve ürünlerinin bozulması gıda zehirlenmelerine yol açabildiğinden halk sağlığı açısından önem taşımasının yanında, ekonomik kayıplara da neden olmaktadır. Gıdaları mikrobiyal gelişimin olumsuz etkisinden koruyan ısı işlem, fermentasyon, kurutma, dondurma ve tuzlama gibi geleneksel yöntemlerden bazıları ne yazık ki taze etler ve tüketime hazır ürünlere uygulanmamaktadır. Bu geleneksel koruma yöntemlerine alternatif uygulamalardan biri olan antimikrobiyal maddeler kullanılarak yüzeydeki mikrobiyal gelişimin engellenmesiyle, et ve ürünlerinin raf ömürlerinin uzatılması olasıdır (14, 15). Ancak, antimikrobiyal maddelerin çözelti halinde püskürtme ve daldırma yoluyla ya da doğrudan gıdaya uygulanması durumunda, antimikrobiyal etkinlik, aktif maddenin gıda bileşenleriyle interaksyonu ve gıda içine fazla miktarda salınımından kaynaklanan zamanla aktif konsantrasyondaki azalma sonucu, ilave edilen maddenin antimikrobiyal aktivitesinde kayba neden olur ve uygulamanın faydalarını sınırlandırır (16). Buradan hareketle yapılan çalışmalar, antimikrobiyal ambalajlamanın özellikle taze et ve et ürünleri için gelecek vaad eden bir aktif ambalajlama formu olduğunu ortaya koymuştur (17, 9).

Et teknolojisinde yaygın olarak uygulama alanı bulan antimikrobiyal gıda ambalaj formları ambalaj materyalinde üründen sızan suyun kontrolünde etkili nem tutucuların kullanılması, uygulanacak antimikrobiyal maddelerin ambalaj materyaline dahil edilmesi ve antimikrobiyal özellikte yenilebilir biyopolimer film ve kaplamalarla ambalajlama şeklinde özetlenebilir (4, 18, 19).

Nem Tutucular

Taze etler ve bazı et ürünlerinin ambalajlarında ambalaj içine üründen sızan su, tüketici açısından hoş olmayan bir görünüme neden olmasının yanı sıra, bozulma için de risk oluşturur. Ambalaj içindeki sızıntı suyunu ortadan kaldırmak için uygulanan antimikrobiyal ambalajlama yöntemlerinden biri perakende tepeşelerde tüketime arz edilen taze etlerin ambalajlarına sızıntı suyunu absorbe eden emici pedlerin yerleştirilmesi, diğeri ise ambalaj

içindeki bağıl nemin, dolayısıyla gıdanın yüzey su içeriğinin azaltılması amacıyla nem tutucu bileşiklerin kullanılmasıdır (18, 19). Perakende halde satılan taze etlerin ambalajına sızıntı suyunu tutması için yerleştirilen emici pedler içine sızıntı suyunda mikrobiyal gelişmeyi önlemek amacıyla bazı antimikrobiyal maddeler ilave edilebilmektedir. Gıdadan sızan suyla temas ettiğinde aktif hale gelen karbondioksit ya da organik asitler gibi diğer bazı antimikrobiyal maddeler bu amaçla kullanılabilir (19).

Kırmızı etler, balık ve kanatlı etleri gibi yüksek su aktivitesine sahip gıdalar için bu amaca yönelik geliştirilmiş birçok ticari emici pedler bulunmaktadır. Genel olarak mikro gözeneklere sahip iki katmanlı bir polimer içerisine süper emici bir polimerin yerleştirilmesiyle üretilen ve bu tip ürünlerde sızıntı suyunun kontrolü için kullanılan ticari nem tutuculara örnek olarak Thermarite®, Peaksorb® ya da Toppan™ verilebilir (18). Bunun yanında, su ürünlerinin açıkta transferi esnasında eriyen buzun absorbe edilmesi amacıyla kullanılan ve emici materyal olarak poliakrilatlarla nişasta kopolimerlerinin kullanıldığı büyük pedler de üretilmiştir (2). Ambalaj içindeki bağıl nemin kontrol altına alınmasının hedeflendiği diğer bir sistemde ise, iki katmanlı, su buharı geçirgenliği yüksek bir plastik filmin katmanları arasına bir ya da daha fazla nem çekici madde ilave edilmektedir. Japonya'da bu amaca yönelik üretilen filmlerle ambalajlanan taze tavuk ve balık etlerinde ürün çevresindeki bağıl nem düşürülerek koruma sağlanabilmektedir (2, 4).

Antimikrobiyal Maddelerin Ambalaj Materyaline Uygulanması

Antimikrobiyal ambalajlamanın en yeni ve gelişmekte olan şekli gıda yüzeyinde görülen mikrobiyal gelişmenin kontrol altına alınmasında ambalaj materyali ile antimikrobiyal ajanların birlikte kullanılmasıdır. Bu sistemde, ambalaj materyaline dahil edilen antimikrobiyal ajanlar gıdalardaki antimikrobiyal etkilerini temas noktasında gösterirler. Bu da özellikle çeşitli şekillerde vakum paketlenmiş taze kırmızı et, kanatlı etleri, balık etleri ve bazı süt ürünlerinin ambalajlanmasında kullanılabilecek potansiyel bir uygulamadır. Bu sistemlerde, plastik filmler, kağıt bazlı ambalajlar ve diğer bazı gıda ambalaj materyalleri uygulandığı gıdada risk oluşturan mikroorganizmalara etkili olabilecek bir ya da birkaç antimikrobiyal bileşiğin taşıyıcısı olarak görev yaparlar (13). Ambalaj materyallerine antimikrobiyal bileşikler, film formülasyonuna dahil edilerek, ambalaj materyali kullanılacak antimikrobiyal madde ile kaplanarak ya da antimikrobiyal madde ambalaj materyaline immobilize edilerek dahil edilebilirler. Bunlara ek olarak, yenilebilir biyopolimer film ve kaplamaların formülasyonlarına özellikle doğal antimikrobiyal maddelerin dahil edilmesi son yıllarda önem taşıyan uygulamalardandır (4, 18).

Polimer içine antimikrobiyal maddelerin ilavesi

Son yıllarda gıda ambalaj materyaline antimikrobiyal maddelerin ilavesine dayalı araştırmalar yoğunluk kazanmıştır. Polimer içinde antimikrobiyal nitelikteki biyoaktif ajanlar birçok alanda uygulanabilmekte ise de gıdalardaki kullanımı yeni gelişmeler arasında değerlendirilmektedir. Küfler, bozulma etmeni mikroorganizmalar ve patojenlere karşı etkili antimikrobiyal maddeler, kağıt ambalajlara, termoplastiklere ve termosetlere ilave edilerek kullanılmaktadır. Çizelge 1'de ambalaj materyallerine ilave edilen antimikrobiyal ajanlar ve etkili oldukları mikroorganizmalar verilmiştir. Çizelge 1'de belirtilen antimikrobiyal maddelere ilave olarak araştırmaların yapıldığı, polimerler içine uygulanma potansiyelinde olan diğer bazı maddeler, laktoperoksidaz ve laktoferrin gibi bazı antimikrobiyal enzimler, antimikrobiyal peptidler, hidrokinonlar ve kateşinler gibi doğal fenolikler, bazı yağ asiti esterleri, antibiyotikler, bakır gibi metallerdir (20).

Antimikrobiyal ajanlar, ya ambalaj materyalinin reçine formuna doğrudan ilave edilir ya da çok katmanlı ambalaj filmleri üretiminde katmanlardan birisi üzerine kaplanarak sisteme dahil edilir (21). Gıda yüzeyi boyunca kontrollü göçün başarılı bir şekilde sağlanabilmesi için, çok katmanlı filmler (kontrol katmanı/ matriks katmanı/ bariyer katmanı) önerilmektedir. İç katman, aktif maddenin difüzyon hızını kontrol ederken, matriks katmanı aktif ajanı içerir ve bariyer katmanı da ambalaj dışına doğru antimikrobiyal ajanın göçünü önler (22).

Film içinde doğal antimikrobiyal maddelerin kullanımı, ambalajlı gıdalarda güvenli tüketim avantajlarından biri sayılmaktadır. Antimikrobiyal özellikte bir ambalaj filmi, düşük yoğunluklu polietilen ile yüksek ısı stabilitesi ve

Çizelge 1. Antimikrobiyal ambalaj olarak kullanılan polimerlere eklenen antimikrobiyal ajanlar (31)

Antimikrobiyal Maddeler	Polimer / Taşıyıcı materyal	Hedef Mikroorganizma
Organik Asitler / Anhidritler -Propiyonik Asit -Benzoik Asit -Sorbik Asit -Asetik Asit -Laktik Asit -Malik Asit	Yenilebilir Filmler EVA LLDPE	Küfler
İnorganik Gazlar -Sülfür dioksit -Klorindioksit	Çeşitli Poliolefinler	Küfler, Bakteriler, Mayalar
Metaller -Gümüş	Çeşitli Poliolefinler	Bakteriler
Bakteriyosin -Nisin -Pediösün -Laktisin	Yenilebilir Filmler Selüloz LDPE	Gr (+) bakteriler
Fungusitler -Benomil -İmazalil	LDPE	Küfler
Enzimler -Lizozim -Glukoz Oksidaz	Selüloz Asetat PS Yenilebilir Filmler	Gr (+) bakteriler
Şelat Ajanları -EDTA	Yenilebilir Filmler	Gr (-) bakteriler
Bitki Ekstraktları -Greyfurt Çekirdeği Ekstraktı -Allil isotiyosiyanat -Uçucu yağlar -Hinokitiol -Bamboo Tozu	LDPE Selüloz Filmler Yenilebilir Filmler	Küfler Mayalar Bakteriler
Parabenler -Propilparaben -Etilparaben	Kille Kaplanmış Selüloz LDPE	Küfler

Kısaltmalar : EVA: Etilen Vinil Asetat, LLDPE: Doğrusal Düşük Yoğunluklu Polietilen,
PS : Polisitren, PE : Polietilen

geniş antimikrobiyal spektrumu ile doğal orijinli bir antimikrobiyal ajan olan greyfurt çekirdeği ekstraktının ilavesi ile imal edilmiştir (23). Ayrıca greyfurt çekirdeği ekstraktı, stabilitesini 120⁰C ve üzerindeki sıcaklıklarda koruyabildiği için, antimikrobiyal etkinliğini kaybetmeden ekstrüzyon filmine dahil edilebilmektedir. Siragusa ve ark. (24), polietilen filmlere nisin ilavesiyle, ette bozulma nedeni olan psikrotrof *B. termospacta*'nın buzdolabı sıcaklığında uzun süreli depolamada vakum ambalajlı et yüzeyinde etkin bir şekilde azaltıldığını bildirmişlerdir.

Polimer yüzeylerinin antimikrobiyal maddelerle kaplanması

Ambalaj materyallerinin antimikrobiyal maddelerle kaplanması bazı durumlarda antimikrobiyal etkinliği artırabilmektedir (4). Bu sistemlerde antimikrobiyal ajan olarak genellikle bakteriyosinler kullanılmaktadır. Antimikrobiyal bileşik bir polimer kaplama solüsyonuna ilave edilmekte, bu şekilde bileşiğin filme dahil edilmesi ve stabilliği sağlanmaktadır (25). Natrajan ve Sheldon (26, 27), polivinil klorit, lineer düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE) ve naylon gibi polimer filmlerin nisin ile kaplanmasıyla elde edilen ambalaj materyalinin tavuk bagetlerinde *Salmonella typhimurium*'u inhibe edici etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Kullanılan ambalaj materyallerinde polimer çapraz bağlarının nisinin tavuk eti yüzeyine salınımını kolaylaştırdığı bildirilmiştir. Franklin ve ark. (28), nisin içeren metil selüloz ve hidroksi metil selüloz ile kaplanmış düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) bariyer filmlerle vakum ambalajlanmış frankfurterlerde *Listeria monocytogenes*'in inaktive

edildiğini saptamışlardır. Araştırmada, 10000 ve 7500 IU/ml düzeylerindeki nisin 60 günlük soğukta depolamada frankfurter sosislerin yüzeyine inoküle edilen *L. monocytogenes* sayısında önemli ölçüde azalma sağladığı gösterilmiştir. Diğer bir çalışmada, nisin içeren selofan bazlı bir kaplamanın dana etlerinde 12 günlük soğuk muhafaza boyunca raf ömrünü uzattığı saptanmıştır (29). Mauriello ve ark. (30), *Lactobacillus curvatus*'dan üretilen antilisteriyal bir bakteriyosinle kaplanmış polietilen (PE) filmlerle ambalajlanmış bifteklerde ve kıymalarda *L. monocytogenes* sayısının önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Ha ve ark. (15), greyfurt çekirdeği ekstraktının bir solüsyonu ile kaplanmış polietilen filmlerle ambalajlanan sığır kıymalarının raf ömrünün soğuk depolamada (3°C) 5 gün uzadığını, toplam aerobik ve koliform bakteri yüklerinin de önemli ölçüde azaldığını göstermişlerdir.

Polimer üzerine antimikrobiyal maddelerin iyonik ve kovalent bağlarla immobilize edilmesi

Polimer ya da diğer materyaller üzerine iyonik ve kovalent bağlarla immobilizasyon uygulamaları üzerine yapılan çok fazla çalışma yoktur. Immobilizasyon işleminde gerek antimikrobiyal ajan, gerekse polimer maddenin her ikisi için fonksiyonel bir grubun varlığına ihtiyaç duyulur. Fonksiyonel grup içeren antimikrobiyal maddelere örnek olarak peptidler, enzimler, poliaminler ve organik asitler verilebilir. Gıda ambalajlamada kullanılan ve fonksiyonel grup içeren polimerlere örnek olarak etilen vinil asetat, polivinilden klorür, naylon ve polivinil klorid kopolimerleri verilebilir (31, 7, 17). Scannel ve ark. (32), nisin ve Laktisin 3147 bakteriyosinlerini polietilen/poliamid filmlere immobilize etmişler ve nisin immobilize edildiği filmle ambalajlanan dilimlenmiş jambonlarda *Listeria inocula* ve *S. aureus* sayılarının önemli ölçüde azaltıldığını saptamışlardır. Vartiainen ve ark. (33) antimikrobiyal bir enzim olan glukoz oksidazı polipropilen film üzerine kovalent bağlarla immobilize ederek elde ettikleri ambalaj materyalinin kültür ortamında *E. coli* ve *Bacillus subtilis* gelişimini inhibe ettiğini, bu şekilde üretilen filmin çeşitli gıdalarda antimikrobiyal ambalaj olarak kullanımının uygun olabileceğini bildirmişlerdir.

Biyopolimer Filmler ve Kaplamalar

Son yıllarda artan çevre bilinciyle, doğada büyük oranda biriken sentetik madde miktarını azaltmak amacıyla gıdaların ambalajlanması konusunda yapılan araştırmalar doğal kaynaklardan üretilen biyopolimer film ve kaplamaların kullanımına yönelmiştir (34). Gıda ambalajlamada biyopolimerlerin kullanımı ile, plastik bazlı ambalajlamaya olan bağımlılık azaltılmakta ve yenilenebilir tarımsal kaynakların değerlendirilmesi mümkün olmaktadır (35). Biyopolimer kaynaklı ambalajlama, ham madde olarak tarımsal ve su ürünleri orijinli ham maddelerin kullanıldığı ambalajlama olarak tanımlanmaktadır. Gıda ambalaj materyali üretiminde önem taşıyan biyopolimerler üç grup altında toplanabilir. Bunlar, nişasta, selüloz, proteinler ve su kaynaklı prokaryotlardan elde edilen biyopolimerler, biyolojik türevli monomerlerden kimyasal sentezle elde edilen biyopolimerler ve hidroksi bütirat ve hidroksi valerat gibi mikrobiyal yolla elde üretilen biyopolimerlerdir (18). Biyopolimer kategorisinde değerlendirilen polisakkaritler, proteinler ve lipidlerden üretilen yenilebilir film ve kaplamaların birincil ve ikincil ambalaj materyali olarak kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Çizelge 2'de et ve ürünlerinde antimikrobiyal ambalaj olarak uygulanan bazı biyopolimerler verilmiştir. Son 10 yılda farklı amaçlar için değişik özelliklere sahip yenilebilir biyopolimer ambalaj materyalleri üretimi ve üretilen ambalaj materyallerinin özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır ve günümüzde de bu konuda araştırmalar artarak devam etmektedir (18).

Et ve et ürünlerinde yenilebilir biyopolimer film ve kaplamalar oldukça ilgi görmekte ve bunların biyobozunurluk ve yenilebilirlik özelliklerinin yanında oksidatif ve fiziksel strese karşı da iyi bir bariyer olmaları tercih edilme sebepleri arasında sayılmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar yağlar (katı yağlar, balmumları ya da sıvı yağlar), polisakkaritler (nişasta, alginat, selüloz eteri, kitosan, karragenan ya da pektin) ve proteinlerden (kazein, peyniraltı suyu proteini, jelatin, fibrinojen, soya proteini, buğday gluteni, mısır zeini yada yumurta albumini) üretilen yenilebilir film ve kaplamaların kullanımının et ve ürünlerinde ürün kalitesi ve güvenliğini

Çizelge 2. Et teknolojisinde antimikrobiyal ambalaj olarak kullanılan biyopolimerler

Biyopolimer	Antimikrobiyal ajan	Gıda	Kaynak
Selüloz ve türevleri			
Selüloz	Pediyosin	Kırmızı et	Ming ve ark. (38)
Selüloz bazlı kağıt	Nisin/laktisin 3147	Ham	
Aljinatlar			
	Glukoz oksidaz	Balık	Field ve ark. (39)
	Nisin	Kanatlı etleri	Cutter ve Siragusa (47)
Kitosan			
	Kendisi	Kültür ortamı	Franklin ve ark. (28)
	Laktik, asetik ve propiyonik asit	Kültür ortamı, et ürünleri, taze domuz eti	Ouattara ve ark. (43, 44), Vartiainen ve ark. (33)
Mısır proteini (zein)			
	EDTA, Laurik asit, nisin, lizozim	Kültür ortamı	Padgett ve ark. (52) Hoffman ve ark. (53)
Soya proteini	EDTA, nisin, lizozim	Kültür ortamı	Dawson ve ark. (51)
Nişasta			
	Potasyum sorbat, laktik asit	Kanatlı etleri	Baron ve Sumner (36)
Jelatin	EDTA , lizozim ve nisin	Jambon, sosisler	Gill (49)
Agar	Nisin	Tavuk bağetleri	Natrajan ve Sheldon (26, 27)

artırmada birçok faydalar sağladığını göstermiştir. Taze ve dondurulmuş etlerde depolama esnasında su kaybının ve perakende tepsilerde paketlenen taze etlerden sızan su miktarının azaltılması, ransiditeye neden olan lipid oksidasyonu ve kahverengi rengin oluşumuna neden olan myoglobin oksidasyon hızının düşürülmesi, et ve ürünlerinde özellikle yüzeyde bozulma yapan mikroorganizmalar ile patojen mikroorganizma yükünün azaltılması ve aroma kaybı ile yabancı koku kontaminasyonunun sınırlandırılması yenilebilir film ve kaplamaların sağladığı faydalardır. Yenilebilir film ve kaplamaların ve bunlara dahil edilen aktif ajanların seçiminde ve kullanımında yenilebilirlikleri, kullanım dozları ve sağlık güvenliği hususları temel alınmalıdır (36-39).

Gıdalarda antimikrobiyal ambalajlama sistemi olarak yenilebilir biyopolimer film ve kaplamalar uygulandıklarında zaten antimikrobiyal bir etki sağlarlar. Ancak bu film ve kaplamaların antimikrobiyal etkilerinin artırılması için farklı gıdalarda farklı amaçlara yönelik hedef mikroorganizmalara karşı etkili olabilecek bazı antimikrobiyal maddelerle birlikte kullanımı da gıda güvenliği açısından önem taşır. Bazı biyopolimerler ise doğal yapıları itibarıyla antimikrobiyal özellik gösterirler.

Yapısı gereği doğal olarak antimikrobiyal özellikte olan ve yenilebilir ambalaj materyalleri üretiminde kullanım alanı bulan kitosan, deniz kabuklularının kitin tabakasından deasetilasyon yoluyla elde edilir ve selülozdan sonra doğada en fazla bulunan ikinci doğal biyopolimerdir. Bu biyopolimer, bakterilere, küflere ve mayalara karşı antimikrobiyal aktivite gösteren yenilebilir ve biyobozunur bir materyaldir. Gram negatif bakterilerin dış membranlarındaki bariyer özelliklerini bozduğundan gıdaların korunmasında çok uygun bir antimikrobiyal maddedir. İyi film oluşturma özelliğinden dolayı kitosan film ya da kaplama şeklinde gıda ambalaj materyali olarak başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (9, 33, 40, 41). Campbell (42), farklı şekillerde hazırlanan 6 çeşit kitosan filminin kültür ortamında *L. monocytogenes* gelişimini engellediğini bildirmiştir. Tek başına antimikrobiyal etki gösteren kitosanın etkisini artırmak için film ya da kaplama içine uçucu yağlar, bakteriyosinler ve çeşitli organik asitler dahil edilerek kullanılan antimikrobiyal ajanların antimikrobiyal etkinliği, difüzyon süresi ve göç miktarı ölçümüne dayanan çalışmalar da yapılmıştır. Buzdolabı sıcaklığında vakum ambalajlı işlenmiş et ürünlerinin depolama boyunca korunmasında antimikrobiyal ajanların göç etme hızı ve miktarı üzerine tasarlanmış kitosan bazlı filmlerin etkinliğinin değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada hazırlanan filmler, laurik asit ya da sinnamaldehit ilave edilerek ya da kitosan matriksi içine asetik asit veya propiyonik asit katılarak oluşturulmuştur. Hazırlanan bu filmler sosis, jambon ve taze domuz etinin ambalajlanmasında kullanılmıştır. Depolama sonunda propiyonik asitin tamamının ürüne göç ettiği, kalıntı asetik asit miktarının %2-22 arasında olduğu tespit edilmiştir (43, 44). En güçlü inhibisyon etkisi, kitosan matriksi içinde sinnamaldehit içeren ve asitin yavaş salındığı filmlerle ambalajlanan sosilerin yüzeyinde gözlenmiştir.

Antimikrobiyal biyobozunur film ve kaplamaların yapımında kullanılan diğer polisakkaritler, agar, nişasta, aljinatlar ve karragenanlardır. Natrajan ve Sheldon (27), agar jelinden üretilen yenilebilir filmlere nisin ilave etmiş ve bu filmlerin tavuk bağıetlerinde *Salmonella typhimurium*'u inhibe ettiğini bildirmişlerdir. Baron ve Sumner (36), yenilebilir nişasta filmlerine potasyum sorbat ve laktik asit eklenmesiyle *S. typhimurium* ve *E. coli* 0157:H7 bakterilerinin kanatlı etlerinde inhibe edildiklerini göstermişlerdir. Aljinat ve karragenan bazlı filmler gıda yüzeyinde mikrobiyal stabilitenin devamı için gereken potansiyel özelliklere sahiptirler. Bu filmlerle yapılan çalışmalarda nisin, lizozim, greylfurt çekirdeği ekstraktı ve EDTA antimikrobiyal ajan olarak kullanılmıştır (45). Burada bir şelat ajanı olan EDTA, Gram negatif bakterilere karşı antimikrobiyal etkinliği artırmada önem taşır. Lizozim ise bakteriyosinler ve kafeik asitle birlikte gıdayı bozan bakteriler ve patojenlere karşı formüle edilerek uygulanmıştır (46). Cutter ve Siragusa (47), nisin içeren kalsiyum aljinat jellerinin uygulandığı taze sığır eti yüzeyinde bakteri popülasyonunun azalmasının yanı sıra dokularda bakteriyosin aktivitesinin büyük oranda korunduğunu ve sadece nisinle korumaya karşılık bu yöntemle etlerin soğuk koşullarda 7 günden fazla saklanabileceğini bildirmişlerdir.

Protein türevli materyaller de biyobozunur karakterde olup uygun antimikrobiyallerle desteklendiğinde antimikrobiyal ambalajlamada başarılı sonuçlar vermiştir. Bunlardan kollagen ve jelatin film yapımında kullanılabilir. Jelatinin antimikrobiyal ajanlar için ideal bir taşıyıcı olduğu bildirilmiştir (48). Gill (49), lizozim, nisin ve EDTA içeren jelatin esaslı kaplamaları jambon ve sosislere uygulayarak *L. sake*, *L. mesentroides*, *L. monocytogenes* ve *S. typhimurium* gibi gıdaları bozan ve hastalık yapan mikroorganizmaları kontrol etmeyi başarmıştır. Gluten (buğday), zein (mısır), soya proteini, peyniraltı suyu proteini ve kazein içeren diğer proteinler de biyobozunur film yapımında değerlendirilme potansiyeline sahiptirler. Mısır ve soya proteinleri içeren filmler formülasyonlarında antimikrobiyal maddeleri taşımak için ısıl ekstrüzyonla şekillendirilebilirler. Isıl ekstrüzyon yoluyla doğal bitkisel materyallerden film üretimi yeni bir teknolojidir ve bu yöntem, filmlerin gıdaya antimikrobiyal maddelerin salınımında taşıyıcı olarak görev yapmasına olanak tanır (50). Dawson ve ark. (51) ve Padgett ve ark. (52), mısır zeini ya da soya proteinden ısıl ekstrüzyonla üretilmiş yenilebilir filmlere nisin ve lizozim ilave ederek, bu filmlerin *E. coli* ve *L. plantarum*'a karşı inhibisyon etkisini göstermişlerdir. Hoffman ve ark. (53), mısır zeini filmlerine EDTA, laurik asit, nisin ve bu üç bileşiğin

kombinasyonlarının ilave edilmesiyle kültür ortamında *L. monocytogenes* sayısının önemli derecede azaltıldığını kanıtlamışlardır. Padgett ve ark. (54) ise, soğuk işlenmiş ve sıcak preslenmiş nisin içeren mısır zeini ve soya proteini filmlerini üretmişler ve sonuç olarak, soğuk işlenmiş filmlerin kültür ortamında *L. plantarum* ve *E. coli*'nin inhibisyonunda daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Nisin ile EDTA birlikte kombine edilerek kullanıldığında, EDTA gram negatif bakterilerin hücre duvarını etkileyerek nisin aktivitesine karşı daha dayanıksız bir hale getirmiş ve böylece nisinin antimikrobiyal aktivitesinde artış gözlenmiştir. Aynı gruptaki araştırmacılar, ısıyla üretilen soya proteini bazlı ambalaj filmlerine nisin ve laurik asit ilave edilerek elde edilen antimikrobiyal filmlerin hindi bolognası yüzeyinde *L. monocytogenes* sayısını önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir (35).

SONUÇ

Modern gıda işleme sistemleri tüketicinin çok az işlem görmüş, tazeye yakın, kaliteli gıdalara olan talebini de dikkate alarak güvenli ve uzun raf ömrüne sahip gıdalar üretmeyi hedeflemektedir. Günümüzde, daha doğal ve sağlıklı ürünlere doğru eğilim gösteren tüketici talepleri, gıda endüstrisini diğer konularda olduğu gibi ambalajlama alanında da bu amaca uygun yeni uygulamalar geliştirmeye yöneltmiştir. Buradan hareketle, antimikrobiyal ambalajlama gündeme gelmiştir ve bu sistemler içinde en yaygın uygulamalardan biri, antimikrobiyal maddelerin ambalaj materyaline dahil edilmesidir. Film ya da kaplamalarla birlikte antimikrobiyal ajanların kullanımını içeren yöntemler gelişme aşamasındadır ve bu konuda yapılan çalışmaların birçoğu model sistemlerle sınırlıdır. Doğrudan gıda ambalajı olarak endüstri tarafından kullanıma yönelik antimikrobiyal ambalaj materyallerinin geliştirilmesi ve uygulamaya aktarılması gelecekte bu konuda yapılacak araştırmaların ana hedefi olmalıdır. Günümüzdeki toplumlarda gelişen çevre bilincinin etkisiyle, doğal kaynaklı antimikrobiyal ajanlar kullanılarak üretilen biyobozunur ambalaj materyallerinin gıda güvenliği ve raf ömrü açısından incelendiği araştırmalar yoğunluk kazanacaktır. Bu noktada, özellikle doğal bitki ekstraktlarının biyobozunur ambalaj sistemlerinde kullanılma potansiyeline yönelik araştırmalar önem taşımaktadır. Teknolojik uygunluk, tüketici kabul edilebilirliği ve gıda güvenliği konuları da dikkate alınarak, geliştirilen antimikrobiyal ambalaj sistemlerinin kimyasal, mikrobiyolojik ve fizyolojik etkilerinin belirlendiği çalışmalara gereksinim duyulmaktadır. Sonuç olarak, antimikrobiyal ambalajlama teknolojisi, üzerinde çok daha detaylı araştırmaların yapılması gereken bir konudur ve gelecekteki gelişmelerle birlikte, gıda kaynaklı risklerin önlenmesinde çok etkin bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Gennadios A, Hanna MA, Kurth LB. 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. *Lebensm.-Wiss.u-Technol.*, 30: 337-350.
2. Rooney ML. 1995. Active Packaging in Polymer Films. In: Rooney, M.L., Ed. Active food packaging. Blackie Academic and Professional, NewYork, 74-110.
3. Vermeiren L, Devlieghere F, Van Beest M, De Kruijf N, Debevere J. 1999. Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Sci. Technol.*, 10; 77-86.
4. Suppakul P, Miltz J, Sonneveld K, Bigger SW. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *J. of Food Sci.*, 68(2):408-420.
5. Caner C. 2004. Aktif Ambalajlama sistemleri ve uygulamaları. Türkiye 8. Gıda Kongresi, 26-28 Mayıs, Bursa. Poster.
6. Brody AL, Strupinsky E, Kline L. 2001. Active packaging for food applications. PA:Technomic Publishing Co., Lancaster.
7. Han J. 2000. Antimicrobial food packaging. *Food Technol.* 54:56-65.
8. Cutter NC. 2002. Incorporation of antimicrobials into packaging materials. Fresh Meat/Packaging II. Proceedings of the 55th Reciprocal Meat Conference.
9. Cooksey K. 2005. Effectiveness of antimicrobial food packaging materials. *Food Add. and Cont.*, 22(10):980-987.
10. Sallam KI, Ishioroshi M, Samejima K. 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausages. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 37(8): 849-855.

11. Thakur BR, Singh RK. 1994. Food irradiation- chemistry and application. *Food Research Int.* 10:437-473.
12. Oussallah M, Caillet S, Salmieri S, Saucier L, Lacroix M. 2004. Antimicrobial and antioxidant effects of milk protein-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle. *J. Agric. Food Chem.*, 52: 5598-5605.
13. Vermeiren L, Devlieghere F, Debevere J. 2002. Effectiveness of some antimicrobial packaging concepts. *Food Addit. Contam.*, 19 Suppl.: 163-171.
14. Kolsarıcı N, Candoğan K. 1995. Effects of potassium sorbate and lactic acid on the shelf life of vacuum-packed chicken meats. *Poultry Sci.*, 74(11):1884-1894.
15. Ha JU, Kim YM, Lee DS. 2001. Multilayered antimicrobial polyethylene films applied to the packaging of ground beef. *Packaging Technol. Sci.*, 15: 55-62.
16. Kim YM, An DS, Park HJ, Park JM, Lee DS. 2002. Properties of nisin-incorporated polymer coatings as antimicrobial packaging materials. *Packag. Technol. Sci.*, 15: 247-254.
17. Quintavalla S, Vicini L. 2002. Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Sci.*, 62; 373-380.
18. Cha DS, Chinnan MS. 2004. Biopolymer-based antimicrobial packaging: A review. *Critical Reviews in Food Sci. and Nutr.*, 44:223-237.
19. Brody AL. 2005. Active packaging becomes more active. *Food Technol.*, 59 (12): 82-84.
20. Hotchkiss J. 1997. Food packaging interactions influencing quality and safety. *Food Add. Contam.*, 14(6-7); 601-607.
21. Cooksey K. 2001. Antimicrobial food packaging materials. Elsevier Science ; 6-10. CSIRO. 1994. DFST Fact Sheet. Active Packaging. DFST Information Services, Australia.
22. Floros J, Nielsen P, Farkas J. 2000. Advances in modified atmosphere and active packaging with applications in the dairy industries. *Bull. Int. Dairy Fed.*, 346: 22-28.
23. Lee DS, Hwang YI, Cho SH. 1998. Developing antimicrobial packaging film for curled lettuce and soybean sprouts. *Food Sci. Biotechnol.* 7; 117-121.
24. Siragusa GR, Cutter CN, Willett JL. 1999. Incorporation of bacteriocin in plastic retains activity and inhibits surface growth of bacteria on meat. *Food Micro.*, 16; 229-235.
25. An DS, Kim YM, Lee SB, Paik IID, Lee DS. 2000. Antimicrobial LDPE film coated with bacteriocins in binder medium. *Food Sci. Biotechnol.* 9(1):14-20.
26. Natrajan N, Sheldon BW. 2000a. Efficacy of nisin-coated polymer films to inactivate *Salmonella typhimurium* on fresh broiler skin. *J. of Food Prot.*, 63(9): 1189-1196.
27. Natrajan N, Sheldon BW. 2000b. Inhibition of *Salmonella* on poultry skin using protein- and polysaccharide-based films containing a nisin combination. *J. Food Prot.*, 63(9): 1268-1272.
28. Franklin N, Cooksey K, Getty K. 2004. Inhibition of *Listeria monocytogenes* on the surface of individually packaged hot dogs with a packaging film coating containing nisin. *J. of Food Prot.*, 67:480-485.
29. Guerra NP, Macias CL, Agrasar AT, Castro LP. 2005. Development of a bioactive packaging cellophane using Nisaplin as biopreservative agent. *Letters in Appl. Micro.*, 40:106-110.
30. Mauriello G, Ercolini D, La Storia A, Casaburi A, Villani F. 2004. Development of polythene films for food packaging activated with an antilisterial bacteriocin from *Lactobacillus curvatus*. *J. Appl. Micro.*, 97:314-322.
31. Appendini P, Hotchkiss HJ. 1998. Immobilization of lysozyme on food contact polymers as potential antimicrobial films. *Packaging Technol. Sci.*, 10:271-279.
32. Scannell AGM, Hill C, Ross RP, Marx S, Hartmeier W, Arendt KE. 2000. Development of bioactive food packaging materials using immobilized bacteriocins Lacticin 3147 and Nisaplin. *Int. J. Food Micro.*, 60:241-249.
33. Vartiainen J, Motion R, Kulonen H, Rattö M, Skytta E, Ahvenainen R. 2004. Chitosan-coated paper: effects of nisin and different acids on the antimicrobial activity, *Journal of Applied Polymer Sci.*, 94:986-993.
34. Jane J, Wang S. 1996. Soy protein based thermoplastic composition for preparing molded articles. US Patent Number, 5, 523, 293.
35. Dawson LP, Acton JC, Ogale AA. 2002. Biopolymer films and potential applications to meat and poultry products. *Fresh Meat / Packaging II. Proceedings of the 55th Reciprocal Meat Conference*, 75-80.
36. Baron J, Sumner S. 1993. Antimicrobial containing edible films as an inhibitory system to control microbial growth on meat products. *J. of Food Prot.*, 56; 916.
37. Gennadios A, Hanna MA, Kurth LB. 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: A review. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 30:337-350.
38. Ming X, Weber GH, Ayres JW, Sandine WE. 1997. Bacteriocins applied to food packaging materials to inhibit *L. monocytogenes* on meats. *J. Food Sci.*, 62; 413-415.

39. Field CE, Pivarnick LF, Barnett SM, Rand A. 1986. Utilization of glucose oxidase for extending shelf life of fish. *J. of Food Sci.*, 51: 66-70.
40. Wang GH. 1992. Research Note: Inhibition and inactivation of five species of foodborne pathogens by chitosan, *J. Food Prot.*, 55, pp. 916–919
41. Caner C, Vergano PJ, Wiles JL. 1998. Chitosan film mechanical and permeation properties as affected by acid, plasticizer, and storage. *J. Food Sci.*, 63(6): 1049-1053.
42. Campbell MA. 2003. Characterization of chitosan as an antimicrobial solution and packaging film, *MSc thesis*. Clemson, SC, Clemson University, U.S.A.
43. Ouattara B, Simard ER, Piette G, Begin A, Holley AR. 2000a. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *Int. J. Food Micro.*, 62; 139-148.
44. Ouattara B, Simard RE, Piette G, Begin A, Holley RA. 2000b. Diffusion of acetic and propionic acids from chitosan-based antimicrobial packaging films. *J. Food Sci.*, 65(5):768–773.
45. Cha DS, Choi JH, Chinnan MS, Park HJ. 2002. Antimicrobial films based on Na-alginat and *K*-karrageenan. *Lebensm.-Wiss.u-Technol.*, 35; 715-719.
46. Chumchalova J, Josephsen J, Plockova M. 1998. The antimicrobial activity of acidocin CH5 in MRS broth and milk with added NaCl, NaNO₃ and lysozyme. *Int. J. of Food Micro.*, 43: 33-38.
47. Cutter CN, Siragusa GR. 1996. Reduction of *Brochetrix thermosphacta* on beef surfaces following immobilization of nisin in calcium alginate gels. *Letters in Appl. Micro.*, 23: 9-12.
48. Krochta MJ, Mulder-Johnston CD. 1997. Edible and biodegradable polymer films. Challenges and opportunities. *Food Technol.*, vol,51, no.2; 61-74.
49. Gill AO. 2000. Application of lysozyme and nisin to control bacterial growth on cured meat products. M.S.Thesis, The University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.
50. Dawson PL. 1998. Developments in antimicrobial packaging. Proceedings of the 33rd National Meeting in Poultry Health and Processing, 94-102
51. Dawson PL, Acton JC, Han IY, Padgett T, Orr R, Larsen T. 1996. Incorporation of antimicrobial compounds into edible biodegradable packaging films. *Research and Development Association*, 48; 203-210.
52. Padgett T, Han IY, Dawson PL. 1998. Incorporation of food-grade antimicrobial compounds into biodegradable packaging films. *J. Food Prot.*, 61; 1330-1335.
53. Hoffman KL, Han IY, Dawson PL. 2001. Antimicrobial effects of corn zein films impregnated with nisin, lauric acid and EDTA. *Journal of Food Protection*, 64: 885-889.