

# GIDA AMBALAJLAMASINDA ANTİMİKROBİYEL MADDE İÇEREN YENİLEBİLİR FİLMLE/ KAPLAMALAR VE UYGULAMALARI

Belgizar Ayana\*, K. Nazan Turhan

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy, Mersin

Geliş tarihi / Received: 04.07.2009

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 13.10.2009

Kabul tarihi / Accepted: 19.10.2009

## Özet

Son yıllarda minimum işlem görmüş, tüketime hazır, kolay hazırlanan gıda ürünlerine olan talebin artması gıda kalite ve güvenliği açısından yeni sorunların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sorunların çözümü için ısı olmayan prosesler (yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alanı gibi), yeni ambalajlama teknikleri (aktif ambalajlama, modifiye atmosferde ambalajlama gibi) gibi yaklaşımlar üzerinde çalışılmaktadır. Aktif ambalajlama yöntemlerinden biri olan antimikrobiyel ambalajlama, gıdadaki canlı mikroorganizma sayısını azaltarak gıda güvenliğini sağlayan yeni bir ambalajlama sistemidir. Antimikrobiyel madde içeren ambalajlama sistemlerinden yenilebilir film ve kaplamalar; süt ürünleri, et ve et ürünleri, meyve-sebze gibi gıdalara uygulandığında gıdadaki canlı mikroorganizma gelişimini geciktirir veya engeller dolayısıyla gıdanın raf ömrü ve kalitesini artırır. Bu derlemede, film veya kaplama olarak uygulanabilen antimikrobiyel ambalajların üretiminde kullanılan doğal antimikrobiyel maddelerden, yenilebilir polimerlerden ve antimikrobiyel yenilebilir film ve kaplamaların gıda uygulamalarından bahsedilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Antimikrobiyel yenilebilir film/kaplama, doğal antimikrobiyel maddeler, gıda uygulamaları.

## EDIBLE FILMS/COATINGS CONTAINING ANTIMICROBIAL AGENT AND THEIR APPLICATIONS IN FOOD PACKAGING

### Abstract

The increased demands for minimally processed, ready to eat and easily prepared food products pose major challenges for food quality and safety. Researches are focused on new approaches such as non thermal processes (high hydrostatic pressure, pulsed electric field etc.) and new packaging systems (active packaging, modified atmosphere packaging etc.) for the solution of these challenges. Antimicrobial packaging that is one of the active packaging is a new packaging system. Antimicrobial packaging provides food safety to decrease the count of living microorganisms on food. When the edible films and coatings which are the packaging systems containing antimicrobial agents are applied on food products such as milk products, meat and meat product, fruit-vegetable, these packaging systems delay or prevent the growth of microorganisms, thereby increasing the shelf life and quality of foods. In this review, natural antimicrobial agents, edible polymers used in the production of antimicrobial packaging, and food application of antimicrobial edible films and coatings are mentioned.

**Keywords:** Antimicrobial edible film/coating, natural antimicrobial agents, food applications.

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ knazan@mersin.edu.tr, ☎ (+90) 324 361 0001, 📠 (+90) 324 361 0032

## GİRİŞ

Gıdalar depolama süresince fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişime uğrarlar. Gıdaların raf ömrünü uzatmak ve daha kaliteli ürün elde etmek için ısıtma veya soğutma gibi sıcaklık değişimi, su aktivitesinin düşürülmesi, kürlenme, tuzlama, pH kontrolü, antimikrobiyel madde ilavesi, kontrolü atmosferde depolama ve ambalajlama gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (1, 2). Ambalaj; gıdanın hava, ışık, ısı, kimyasal etki, mikroorganizma ve darbe gibi çevresel etkilerden korunmasını sağlayan sargı ya da kaplardır. Ayrıca gıdanın taşınmasını kolaylaştırır, ürün ile ilgili gerekli bilgiyi tüketiciye sunar (3).

Gıdalarda bozulmalar çoğunlukla mikrobiyel bulaşma ile, proses sonrası elle işlem görmeye bağlı olarak öncelikle gıda yüzeyinde meydana gelmekte ve gıdanın raf ömrünü kısaltırken, gıda kaynaklı hastalık riskini de arttırmaktadır. Gıda yüzeyindeki mikrobiyel gelişimi engellemek veya geciktirmek için antimikrobiyel maddeler püskürtme, daldırma gibi işlemlerle doğrudan gıda yüzeyine uygulanmaktadır. Ancak yüzey uygulamasında antimikrobiyel maddeler, hızlı bir şekilde gıdaya geçiş yaptığından ya da gıdada nötralize olduğundan gıdadaki yararlılığı sınırlanmaktadır (4). Tüm bu olumsuzluklar ve artan tüketici istekleri gıdalarda daha uzun raf ömrü sağlayacak, gıda güvenliğini artıracak aktif ambalajlama gibi yeni sistemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sistemler gıdadan ortama ya da ortamdan gıdaya oksijen, nem ve aroma maddelerinin geçişini sınırlayarak, antimikrobiyel aktivite sağlayarak gıdaların raf ömrünü artırmaktadır (2, 5-7). Oksijen, karbondioksit, etilen, nem emiciler, aroma yayıcı/emici sistemler, antimikrobiyel madde içeren film ve kaplamalar aktif ambalajlama sistemlerine örnek olarak verilebilir (2, 7).

## ANTİMİKROBİYEL MADDE İÇEREN AMBALAJLAMA SİSTEMLERİ

Gıdalarda mikrobiyel gelişmeyi önleyebilmek ya da kontrol altına alabilmek, dolayısıyla kalitede kayıpları azaltarak raf ömrünü artırabilmek için son yıllarda antimikrobiyel ambalajlama sistemlerinden yararlanılmaya başlanmıştır. Antimikrobiyel maddelerin kullanılması ile gıda ve ambalaj malzemesinde bulunan mikroorganizmaların gelişimlerinin belirli düzeyde veya tamamen yavaşlatılması ya da durdurulması sağlanabilmektedir (3).

Antimikrobiyel ambalajlamada ambalaj materyali olarak plastik veya doğal polimerler kullanılmaktadır. Plastik ambalaj materyalleri güvenli, ekonomik ve kullanıma elverişli olmasına rağmen biyolojik olarak bozunuma uğramadığından çevresel problemler yaratmaktadır. Bu nedenle, biyolojik olarak bozunuma uğrayan, gıda ile birlikte tüketilebilen, toplam katı atık miktarını azaltan ve herhangi bir çevre endişesi yaratmayan protein, polisakkarit ve lipit gibi doğal polimerlerin, ambalaj materyali olarak kullanılması üzerine yapılan çalışmalar yaygınlaşmaktadır (2, 8). Bu doğal polimerler, sentetik ambalaj materyallerinin yerine kullanılmak veya bunların kullanımını azaltmak için son yıllarda üzerinde en çok çalışılan ambalaj materyalleridir.

Antimikrobiyel ambalajlama yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılan antimikrobiyel film ve kaplamalardır. Gıda yüzeyiyle etkileşim halinde bulunan antimikrobiyel film/kaplamalar, gıdadaki spesifik mikroorganizmaların üreme hızını düşürerek canlı mikroorganizma sayısını azaltmakta, böylece gıda güvenliği ve tazeliği korunarak gıdanın raf ömrü ve kalitesi arttırılabilmektedir (2). Antimikrobiyel film ile ambalajlanmış gıdalar ambalajlamadan hemen önce ya da proses sonrası ambalaj açıldıktan sonra mikroorganizmalarla kontamine olabilirler. Bu mikroorganizmalar gıda yüzeyine yani ambalaj ve gıda arasındaki alana yerleşir. Antimikrobiyel kaplama uygulamalarında ise kaplama materyali ile kaplanmış gıda yüzeyinde, oksijen yetersizliği ve antimikrobiyel maddelerle doğrudan etkileşim nedeniyle mikroorganizma gelişimi gözlenmez. Mikrobiyel gelişim kaplama yüzeyinde gerçekleşir. Başlangıçta antimikrobiyel madde içermeyen gıda tabakasına, antimikrobiyel maddenin difüzyon hızına bağlı olarak film ve kaplamadan antimikrobiyel madde geçişi olur, buna bağlı olarak antimikrobiyel madde miktarı azalır. Film ve kaplamadaki antimikrobiyel madde miktarının, bu maddenin geçiş kinetiği ile kontrol edilmesi gerekmektedir (9-13).

Ambalaj materyali olarak kullanılan film ve kaplamalar, farklı koruma fonksiyonlarına sahiptir. Yenilebilir film sistemlerinde antimikrobiyel madde yavaş bir şekilde film tabakasından gıdaya geçmektedir. Böylelikle film içerisinde ve gıda yüzeyinde yüksek derişimde antimikrobiyel madde kalmakta ve mikroorganizmalara karşı daha uzun süre etki görülmektedir (4, 14). Kaplama sistemlerinde ise, gıdanın mikroorganizmalardan korunması için antimikrobiyel maddelerin kaplama materya-

linde kalması gerekmektedir. Bu nedenle etkin antimikrobiyel aktivite için kaplamadaki antimikrobiyel madde geçiş hızının filmdekine kıyasla daha düşük olması gerekmektedir (1).

Antimikrobiyel film ve kaplamaların üretiminde kimyasal ve doğal antimikrobiyel maddeler kullanılmaktadır. Kimyasal antimikrobiyel maddeler, gıda ile birlikte tüketildiğinden kullanımlarına birtakım sınırlamalar getirilmiş ve sınırlı miktarda antimikrobiyel madde yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılmaya başlanmıştır (1, 2). Doğal antimikrobiyel maddeler, kimyasal antimikrobiyel maddelerde olduğu gibi sınırlı miktarda değil, antimikrobiyel etkiyi sağladıkları kritik miktar ve üzerinde kullanıldıklarında etkili bir antimikrobiyel aktiviteye sahiptirler. Ancak, yüksek miktarlarda antimikrobiyel madde kullanımı tat ve renk değişimlerine neden olabilmekte, bu da gıdanın kendine özgü tadının ve renginin baskılanmasına ve gıdanın tüketici tarafından tercih edilmemesine sebep olmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılan kimyasal ve doğal antimikrobiyel maddeler Çizelge 1'de verilmiştir (1).

## ANTİMİKROBİYEL MADDE İÇEREN YENİLEBİLİR FİLMLER

Antimikrobiyel madde içeren yenilebilir filmler, gıda yüzeyine uygulanan yenilebilir nitelikteki polimerlerden üretilen ince film tabakaları olarak tanımlanır. Yenilebilir filmlerin aktif ambalajlamada kullanımı gıda güvenliğinde yeni bir yaklaşımdır. Basit üretim teknolojisi gerektirmeleri, ucuz olmaları, doğal bileşiklerden elde edilmeleri, fonksiyonel özelliklerindeki çeşitlilik ve biyolojik olarak bozunabilmeleri nedeniyle son yılların dikkat çeken ambalaj materyalleri (2, 13).

Literatürde, doğal polimerlerden ya da bu polimerlerin farklı oranlarda karıştırılmasıyla üretilen, antimikrobiyel madde ilavesiyle de antimikrobiyel özellik kazandırılmış yenilebilir filmler üzerine yapılmış pek çok araştırma bulunmaktadır (15-26). Kristo ve ark. (9) sodyum laktat, nisin gibi doğal ve potasyum sorbat gibi kimyasal antimikrobiyel madde içeren sodyum kazeinat esaslı antimikrobiyel filmler üretmişler ve bu filmlerin *L. monocytogenes* üzerine antimikrobiyel etkinliğini incelemişlerdir. Nisin içeren filmler, sodyum laktat ve potasyum sorbat içeren filmlere göre *L. monocytogenes* üzerine daha güçlü antimikrobiyel etki göstermiştir.

Çizelge 1. Yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılan kimyasal ve doğal antimikrobiyel maddeler.

	Biyopolimer	Antimikrobiyel Madde	Kaynak	
Doğal Antimikrobiyel Maddeler	Selüloz	Pediosin	(15)	
	Aljinat	Malik asit Tarçın esansiyel yağı Palmarosa esansiyel yağı Limon otu esansiyel yağı	(16)	
	Zein	Timol	(17)	
	Jelatin	Üzüm çekirdeği özütü Yeşil çay özütü	(18)	
	Aljinat	Laktoperoksidaz	(19)	
	Pektin-PLA	Nisin	(20)	
	Nişasta-Kitosan	Ferulik asit	(21)	
	Metilselüloz	Kitosan	(22)	
	Kimyasal Antimikrobiyel Maddeler	Sodyum kazeinat	Potasyum sorbat	(9)
		Soya proteini	EDTA	(10)
PASP		<i>p</i> -Aminobenzoik asit, Sorbik asit	(14)	
Selüloz		TMPAC	(23)	
PASP		Potasyum sorbat	(24)	
Konjak glukomannan		EDTA	(25)	
Zein	Kalsiyum propiyonat	(26)		

PASP: Peynir altı suyu proteini

PLA: Polilaktik asit

EDTA: Etilendiamin tetra asetik asit

TMPAC: 3-trimetoksil-propildimetiloktadesil amonyumklorid

Sivarooban ve ark. (10) üzüm çekirdeği özütü (ÜÇÖ, %1; a/a), nisin (10000 IU/g) ve etilendiamin tetra asetik asit (EDTA, %0.16; a/a) içeren soya proteini esaslı antimikrobiyel filmler üretmişler ve bu filmlerin *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* üzerine antimikrobiyel etkinliğini incelemişlerdir. ÜÇÖ (%1; a/a), nisin (10000 IU/g) ve EDTA (%0.16; a/a) içeren soya proteini esaslı film, *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* sayılarında sırasıyla 2.9, 1.8 ve 0.6 logaritmik evre azalmaya neden olmuştur.

Pranoto ve ark. (27) sarımsak yağı (100-400 µL/g kitosan), potasyum sorbat (50-200 mg/g kitosan) veya nisin (51-204x10<sup>3</sup> IU/g kitosan) ilave edilen kitosan filmlerin, *E. coli*, *S. aureus*, *S. Typhimuri*

um, *L. monocytogenes* ve *B. cereus* gibi mikroorganizmalara karşı antimikrobiyel aktivitelerini incelemiştir. Sarımsak yağı, potasyum sorbat veya nisin içeren filmler; *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *B. cereus* mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyel etki gösterirken, *E. coli* ve *S. typhimurium* türlerine karşı antimikrobiyel etki göstermemiştir. *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *B. cereus* üzerine antimikrobiyel etki gösteren kitosan filmlerden en güçlü antimikrobiyel etkiyi sarımsak yağı içeren kitosan filmler göstermiştir. *S. aureus* ve *B. cereus* için en yüksek zon çaplarını (sırasıyla  $34.46 \pm 3.28$  mm ve  $34.83 \pm 3.41$  mm) 300 µL sarımsak yağı/g kitosan içeren filmler gösterirken, *L. monocytogenes* için en yüksek zon çapını ( $40.83 \pm 0.52$  mm) 400 µL sarımsak yağı/g kitosan içeren filmler göstermiştir.

Min ve ark. (28) tarafından yapılan çalışmada laktoferrin, lizozim veya laktoperoksidaz gibi antimikrobiyel maddelerin ve %0-0.25 (g/g) oranında laktoperoksidaz içeren peynir altı suyu proteini esaslı filmlerin *S. Enterica* ve *E. coli* O157:H7 ye karşı antimikrobiyel etkilerini incelemiştir. Lizozim ve laktoferrin mikroorganizmalara karşı antimikrobiyel etki göstermezken, laktoperoksidaz güçlü antimikrobiyel etki göstermiştir. Laktoperoksidaz (%0.15, g/g) içeren peynir altı suyu proteini esaslı filmler *S. Enterica* ve *E. coli* O157:H7 mikroorganizmalarını tamamen inhibe etmiştir.

Li ve ark. (29) konjak glukomannan ve kitosan esaslı filmlere farklı derişimlerde nisin ilave etmiş

ve bu filmlerin *E. coli*, *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *B. cereus* üzerine antimikrobiyel etkilerini incelemiştir. Konjak glukomannan esaslı filmle  $42 \times 10^3$  IU nisin/g film ilavesi, *S. aureus* üzerine antimikrobiyel etki göstermemiştir. Kitosan ve kitosan-konjak glukomannan karışımı film çözeltisine  $42-336 \times 10^3$  IU nisin/g film ilavesi, film etrafında sırasıyla 21.78-32.87 mm ve 23.63-28.53 mm inhibisyon zonu oluşturmuştur.

### ANTİMİKROBİYEL YENİLEBİLİR FİMLERİN/ KAPLAMALARIN GIDA UYGULAMALARI

Gıda endüstrisinde meyve, sebze, süt ürünleri, et ve ürünleri çabuk bozulabilen gıdalardır. İşletmelerdeki kötü sanitasyon ve hijyen, birçok patojen mikroorganizmanın bu gıdalarda gelişmesine ve bu gıdaların tüketilmesi sonucunda gıda kökenli hastalıkların oluşmasına neden olabilir. Raf ömrü sona ermeden gıdalarda oluşan bu problemler gıda güvenliği açısından tüketiciyi, gıda kaybı açısından da üreticiyi yakından ilgilendirmektedir. Ayrıca bu nedenlerle tüketilmeyip firmaya geri gönderilen ürünler ülkemizde toplam gıda kaybını da arttırmaktadır. Gıdalarda meydana gelen bu kayıpları azaltma yollarından biri de antimikrobiyel madde içeren yenilebilir filmlerin veya kaplamaların gıdalara uygulanma çalışmalarıdır. Bu uygulamalardan bazıları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Antimikrobiyel yenilebilir film ve kaplamaların gıda uygulamaları.

Biyopolimer	Antimikrobiyel Madde	Gıda	Kaynak
PASP	<i>p</i> -Aminobenzoik asit, Sorbik asit	Bologna tipi sosis, Yarı fermente sosis	(14)
Metilselüloz	Kitosan	Kavun	(25)
Gluten	Nisin	Hindili Bologna sosisi	(30)
Soya proteini	Üzüm çekirdeği özütü, Yeşil çay özütü	Frankfurter sosisi	(31)
Kitosan	Asetik asit, Propiyonik asit	Bologna tipi sosis, Jambon, Pastırma	(32)
Kitosan	Lizozim	Mozzarella peyniri	(33)
Selüloz	Natamisin	Gorgonzola peyniri	(34)
Selüloz	Natamisin, Nisin	Mozzarella peyniri	(35)
$\kappa$ -Karrajenan	Ovotransferrin, EDTA, Sorbik asit	Tavuk göğüs eti	(36)
Jelatin	Mercanköşkü özütü, Biberiye özütü	Sardalya	(37)
Kandela mumu	Elajik asit	Avokado	(38)
Metilselüloz	Zeytin yaprağı özütü	Kaşar peyniri	(39)
Aljinat	Tarçın, Karanfil, Limon otu yağı	Elma	(45)

PASP: Peynir altı suyu proteini

EDTA: Etilendiamin tetra asetik asit

Çağrı ve ark. (14) %0.75-1.0 (a/h) *p*-aminobenzoik asit, sorbik asit ve %0.5 (a/h) *p*-aminobenzoik asit+%0.5 (a/h) sorbik asit içeren peynir altı suyu proteini esaslı filmleri *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* ile inoküle edilmiş dilimlenmiş yarı fermente sosis ve Bologna tipi sosislere uygulamış ve filmlerin antimikrobiyel aktivitesini belirlemişlerdir. Sosis örneklerinin 4 °C'de 21 gün depolanması sonucunda *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* sayılarında en yüksek logaritmik evre azalma sırasıyla, %1.0 sorbik asit içeren filmlerde  $3.4 \pm 0.4$ , %1.0 *p*-aminobenzoik asit içeren filmlerde  $3.6 \pm 0.6$ , %0.5 *p*-aminobenzoik asit+%0.5 sorbik asit içeren filmlerde  $3.1 \pm 0.3$  olarak görülmüştür. Bologna tipi sosislere uygulanan %0.5 *p*-aminobenzoik asit+%0.5 sorbik asit içeren filmlerde *L. monocytogenes* sayısında,  $3.0 \pm 0.6$  logaritmik evre azalma, %1.0 sorbik asit ve %1.0 *p*-aminobenzoik asit içeren filmlerde *E. coli* O157:H7 sayısında sırasıyla  $4.1 \pm 0.2$  ve  $4.1 \pm 1.1$  logaritmik evre azalma, %1.0 *p*-aminobenzoik asit içeren filmlerde *S. Typhimurium* sayısında  $3.9 \pm 0.1$  logaritmik evre azalma görülmüştür.

Zivanovic ve ark. (40) tarafından yapılan çalışmada anason, fesleğen, kişniş, kekik gibi esansiyel yağların ve bu yağlardan kekik ile zenginleştirilmiş kitosan filmlerin *L. monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7 gibi mikroorganizmalara karşı antimikrobiyel aktiviteleri belirlenmiştir. Esansiyel yağların, tek başlarına ve film içerisinde kullanıldıklarında aynı antimikrobiyel aktiviteyi gösterdikleri gözlenmiştir. Bu iki mikroorganizma türüne karşı kişniş, fesleğen ve anasondan daha güçlü antimikrobiyel etkiye sahip olan kekik esansiyel yağı (%1 ve %2, h/h), kitosan filmlere ilave edilip Bologna tipi sosis dilimleri arasına uygulanmıştır. *L. monocytogenes*'in, *E. coli* O157:H7 ye göre kekik esansiyel yağına karşı daha duyarlı olduğu gözlenmiştir. Kitosan filmlerle ambalajlanmış ve 10 °C'de 5 gün süreyle depolanmış ürünlerde kitosan filmler, *L. monocytogenes* sayısını 2 logaritmik evre azaltırken, %1 ve %2 (h/h) oranında kekik esansiyel yağı içeren kitosan filmlerin *L. monocytogenes* sayısını sırayla 3.6 ve 4.0 logaritmik evre azalttığı görülmüştür. Kitosan filmler *E. coli* O157:H7 sayısını 3.0 logaritmik evre azaltmıştır.

Sarıküş (41) çalışmasında % 2 (h/h) oranında kekik ve sarımsak özütü içeren peynir altı suyu proteini (PASP) esaslı antimikrobiyel yenilebilir filmlerin *S. Enteritidis*, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* mikroorganizmalarına karşı anti-

mikrobiyel etki gösterdiğini belirlemiştir. Kekik ve sarımsak yağı (% 2, h/h) içeren filmlere natamisin veya nisin ilave edilerek bu filmler *S. Enteritidis*, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *Penicillium* spp. ile inoküle edilmiş dilim kaşar peynirleri üzerine uygulanmış ve 15 gün süreyle buzdolabı sıcaklığında depolanmıştır. Depolama süresi sonunda kekik yağı içeren PASP filmle ambalajlanmış kaşar peyniri örneklerinde *E. coli* O157:H7 sayısında 1.48, *S. aureus* sayısında ise 2.15 logaritmik evre azalma saptanmıştır. Sarımsak yağı içeren filmler *S. Enteritidis* için, nisin veya kekik yağı içeren filmler ile benzer etki göstermiştir. *L. monocytogenes* sayısında en fazla azalma sırasıyla nisin, sarımsak veya kekik yağı içeren film ile ambalajlanmış örneklerde görülmüştür. Natamisin içeren PASP film ile ambalajlanmış örneklerde maya ve küf sayısı, depolamanın 1. günde 0.33, 7. günde 1.45 logaritmik evre azalma göstermiştir.

Oliveria ve ark. (34) %2 ve 4 (a/h) oranında natamisin içeren selüloz esaslı filmleri gorgonzola peynirine uygulamış ve filmlerin *P. roqueforti* üzerine antimikrobiyel etkinliğini incelemişlerdir. Kontrol olarak %0.2 (a/h) natamisin içeren çözeltinin püskürtüldüğü peynir örneği kullanılmıştır. Uygulama sonunda natamisin içeren selüloz filmle kaplanmış peynirlerin, kontrolden daha az küflendiği gözlenmiştir. Natamisin içeren antimikrobiyel film, yüze ye püskürtme yöntemine göre daha uzun süre antimikrobiyel etki göstermiştir.

Santos Pires ve ark. (35) nisin, natamisin ve nisin+natamisin içeren selüloz esaslı filmler üretmişler ve bu filmlerin dilimlenmiş mozzarella peynirindeki *S. aureus* ATCC 6538, *L. monocytogenes* ATCC 15313, *Penicillium* spp. ve *Geotrichum* spp. üzerine antimikrobiyel etkinliğini  $12 \pm 2$  °C'de 15 gün süreyle incelemişlerdir. Natamisin içeren filmler, *Penicillium* spp. ve *Geotrichum* spp. üzerine antimikrobiyel etki göstermiş ve depolamanın 9. gününde bu mikroorganizmaların sayısında 2 logaritmik evre azalmaya neden olmuştur. Nisin+natamisin içeren selüloz filmler *Penicillium* spp. üzerine antimikrobiyel etki göstermiş ve sırasıyla 4.8 and 2.3 cm inhibisyon zonları oluşturmuştur. Nisin içeren selüloz filmler, filmden örneğe nisin difüzyon hızının çok yavaş olmasından dolayı *S. aureus* ATCC 6538 üzerine antimikrobiyel etki göstermemiştir.

Soel ve ark. (36) ovotransferrin, EDTA ve sorbik asit içeren κ-karrajenan filmleri, *E. coli*, *S. Typhi-*

murium, *S. aureus* ve *C. albicans* ile inoküle edilmiş tavuk göğsü üzerine uygulamışlar ve depolama süresince (5 °C'de 7 gün) filmlerin bu mikroorganizmalar ve toplam aerobik bakteri üzerine antimikrobiyel etkisini araştırmışlardır. Ovotransferin içeren filmler mikroorganizmalara karşı antimikrobiyel etki göstermemiştir. Ovotransferrinin, EDTA ile birlikte kullanılması sinerjik etki oluşturarak *E. coli* ve *C. albicans* üzerine antimikrobiyel etki göstermiş, toplam aerobik bakteri sayısında 1.8 logaritmik evre azalma görülmüştür.

Ayana ve Turhan (39) tarafından kaşar peynirindeki *S. aureus* gelişimini engellemek için %1.5 (a/h) oranında zeytin yaprağı özütü içeren metilselüloz esaslı filmler, dilimlenmiş kaşar peyniri örneklerine uygulanmıştır. Örnekler 4±0.3 °C'de 14 gün süreyle depolanmıştır. Zeytin yaprağı özütünün antimikrobiyel etkisi sonucunda, *S. aureus* ile inoküle edilmiş ve %1.5 (a/h) zeytin yaprağı özütü içeren metilselüloz esaslı film ile kaplanmış kaşar peyniri dilimlerinde *S. aureus* sayısı %24.5 oranında azalmıştır.

Nguyen ve ark. (42) bakteriyel selüloz esaslı filmlere 625 ve 2500 IU nisin /mL ilave etmişler ve bu filmleri *L. monocytogenes* inoküle edilmiş Frankfurter sosisine uygulamışlardır. Nisin içeren bakteriyel selüloz ile ambalajlanmış örnekleri buzdolabı sıcaklığında 14 gün süre ile depolamışlardır. Depolama süresi sonunda 625 IU nisin/mL içeren filmle ambalajlanmış örneklerde *L. monocytogenes* sayısı yaklaşık 1 log kob/g azalırken, 2500 IU nisin /mL içeren filmle ambalajlanmış örneklerde yaklaşık 2 log kob/g azalmıştır.

Rojas-Grau ve ark. (43) %0.1 (a/a) oranında mercanköşkü yağı, karvakrol içeren, %0.5 (a/a) oranında limon otu yağı, sitral, tarçın yağı, sinemaldehyt içeren aljinat-elma püresi esaslı filmlerin *E. coli* O157:H7 üzerine antimikrobiyel etkinliğini belirlemişlerdir. Karvakrol içeren filmler, *E. coli* O157:H7 üzerine diğer filmlerden daha güçlü antimikrobiyel etki gösterirken, tarçın yağı içeren filmler en düşük antimikrobiyel etkiyi göstermiştir.

Raybaudi-Massilia ve ark. (44) %0.7 (h/h) oranında tarçın, karanfil, limon otu yağı ve bunların aktif bileşenleri olan %0.5 (h/h) oranında sitral, sinemaldehyt, eugenol içeren aljinat esaslı kaplama çözeltileri hazırlamışlar ve Fuji elmalarını bu kaplama çözeltileri ile kaplamışlardır. Kaplanmış elmalarda *E. coli* O157:H7 sayısı 4 log kob/g'dan daha fazla oranda azalmış ve elmaların raf ömrünü 30

gün artmıştır. Ancak, depolamanın 0. gününde limon otu yağı ve sitral içeren kaplama çözeltisi ile kaplanmış örneklerde *E. coli* O157:H7 sayısındaki azalma diğer bileşenlerle kaplanmış örneklerle göre fazla olmuştur.

Beverly ve ark. (45) asetik asit ve laktik asit içinde %0.5 ve 1.0 (a/h) oranında düşük (470 kDa) ve yüksek molekül ağırlıklı (1106 kDa) kitosan içeren kaplama çözeltileri hazırlamışlardır. *L. monocytogenes* ile inoküle edilmiş tüketime hazır biftekleri kaplama çözeltileri ile kaplamışlar ve 4 °C'de 28 gün süre ile depolamışlardır. Depolamanın 14. gününde, kitosan ile kaplanmış tüm örneklerde *L. monocytogenes* sayısında 1.40-1.65 logaritmik evre azalma görülmüştür. *L. monocytogenes* sayısında en fazla azalma, laktik asit çözeltisinde çözdürülmüş düşük molekül ağırlıklı kitosan (%0.5, a/h) ile kaplanmış biftek örneklerinde belirlenmiştir.

Krasaekoopt ve ark. (22) taze dilimlenmiş kavunları kitosan (%0-2, a/a) içeren metilselüloz çözeltisi ile kaplamışlar ve 10 °C'de 15 gün süreyle depolamışlardır. Farklı derişimdeki kaplama çözeltileri içinde mikroorganizmalar üzerinde en yüksek logaritmik azalma, %1.5 (a/a) oranında kitosan içeren kaplama çözeltileri ile sağlanmıştır. Depolama süresi sonunda bu çözelti ile kaplanmış örneklerdeki mezofilik, psikrotrof, laktik asit, toplam koliform bakteri ve maya-küf sayısında sırasıyla 3.3, 3.9, 3.1, 3.8 ve 1.1 log kob/g azalma görülmüştür. Kavun dilimlerinin raf ömrü 10 °C'de 10 gün artmıştır.

Moreira ve ark. (46) dilimlenmiş balkabaklarını kitosan (%2, a/a), karboksimetilselüloz (%0.75, a/a) ve sodyum kazeinat (%5, a/a) içeren kaplama çözeltileri ile kaplamışlardır. Kaplamanın ve kurutma koşullarının (20 °C'de 100 dak., 30 °C'de 50 dak. ve 50 °C'de 30 dak.) balkabağı dilimlerinin mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Yapılan mikrobiyolojik analiz sonucunda, sodyum kazeinat ve karboksimetilselüloz ile kaplanmış örneklerin mezofilik aerobik bakteri (MAB) sayısında kaplanmamış örneklerle göre önemli bir değişiklik görülmemiştir. Kitosan ile kaplanmış ve 50 °C'de 30 dak. kurutulmuş balkabağı dilimlerinde ise MAB sayısı yaklaşık 1 logaritmik evre azalmıştır.

## SONUÇ

Gıda işletmeleri; tüketicilerin kaliteli, güvenli ve tazeye yakın gıda talebini dikkate alarak raf ömrü

uzun, az işlem görmüş gıdalar üretmeyi hedeflemektedir. Gıdaların güvenli ve doğal olarak saklanma ve tüketiciye ulaştırılma isteği, ambalajlama alanındaki çalışmaları antimikrobiyel ambalajlama gibi yeni uygulamalar geliştirmeye yöneltmiştir. Antimikrobiyel ambalajların üretimi, özelliklerinin belirlenmesi ve uygulamalarına yönelik araştırmalar, çabuk bozunabilir gıdalarda depolama süresince görülen mikrobiyolojik bozulmaların önlenmesinde, gıda güvenliğinin sağlanmasında ve ürün raf ömrünün arttırılmasında yarar sağlayacaktır. Ancak antimikrobiyel ambalajların üretimine yönelik yöntemler gelişme aşamasındadır. Endüstriyel ölçekte antimikrobiyel gıda ambalajı üretimi ve uygulaması gelecekte bu konuda yapılacak araştırmaların ana hedefi olmalıdır. Teknolojik uygunluk, tüketici kabul edilebilirliği ve gıda güvenliği konuları da dikkate alınarak, geliştirilen antimikrobiyel ambalajların kimyasal, mikrobiyolojik ve fizyolojik etkilerinin belirlendiği çalışmalara gereksinim duyulmaktadır. Artan çevre bilinci bitki özütleri gibi doğal antimikrobiyel maddeler kullanılarak üretilen yenilebilir ambalajlara yönelik araştırmaları hızlandırmıştır. Bu çalışmaların sonucunda çevresel atık miktarı da azaltılarak çevre kirliliği önlenmiş olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Gennadios A, McHugh TH, Weller CL, Krochta JM. 1994. Edible coatings and films based on proteins. In: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, Krochta JM, Baldwin EA, Nisperos-Carriedo MO (eds.), Technomic Publishing Company, USA, pp. 201-277.
- Cha DS, Chinnan MS. 2004. Biopolymer-based antimicrobial packaging: A review. *Food Sci Nutr*, 44: 223-237.
- Üçüncü M. 2007. *Gıdaların Ambalajlanması*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, Türkiye, 896 s.
- Coma V, Martial-Gros A, Garreau S, Copinet A, Salin F, Deschamps A. 2002. Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *J Food Sci*, 67: 1162-1169.
- Quintavalla S, Vicini L. 2002. Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Sci*, 62: 373-380.
- Suppakul P, Miltz J, Sonneveld K, Bigger SW. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *J Food Sci*, 68: 408-420.
- Özdemir M, Floros JD. 2004. Active food packaging technologies. *Food Sci Nutr*, 44: 185-193.
- Donhowe F, Fennema O. 1994. Edible films and coating: characteristics, formation, definition, and testing methods. In: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, Krochta JM, Baldwin EA, Nisperos-Carriedo MO (eds.), Technomic Publishing Company, USA, pp. 1-24.
- Kristo E, Koutsoumanis KP, Biliaderis CG. 2008. Thermal, mechanical and water vapor barrier properties of sodium caseinate films containing antimicrobials and their inhibitory action on *Listeria monocytogenes*. *Food Hydrocolloid*, 22: 373-386.
- Sivaroban T, Hettiarachchy NS, Johnson MG. 2008. Physical and antimicrobial properties of grape seed extract, nisin, and EDTA incorporated soy protein edible films. *Food Res Int*, 41: 781-785.
- Vasconez MB, Flores SK, Campos CA, Alvarado J, Gerschenson LN. 2009. Antimicrobial activity and physical properties of chitosan-tapioca starch based edible films and coatings. *Food Res Int*, 42: 762-769.
- Sothornvit R, Rhim JW, Hong SI. 2009. Effect of nano-clay type on the physical and antimicrobial properties of whey protein isolate/clay composite films. *J Food Eng*, 91: 468-473.
- Appendini P, Hotchkiss JH. 2002. Review of antimicrobial food packaging. *Innov Food Sci Emerg*, 3: 113-126.
- Çağrı A, Üstünel Z, Ryser ET. 2002. Inhibition of three pathogens on Bologna and summer sausage using antimicrobial edible films. *J Food Sci*, 67 (6): 2317-2324.
- Santiago-Silva P, Soares NFF, Nóbrega JE, Júnior MAW, Barbosa KBE, Volp ACP, Zerdas ERMA, Würlitzer NJ. 2009. Antimicrobial efficiency of film incorporated with pediocin (ALTA 2351) on preservation of sliced ham. *Food Control*, 20: 85-89.
- Raybaudi-Massilia RM, Mosqueda-Melgar J, Martín-Belloso O. 2008. Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *Int J Food Microbio*, 121: 313-327.
- Mastromatteo M, Barbuzzi G, Conte A, Del Nobile MA. 2009. Controlled release of thymol from zein based film. *Innov Food Sci Emerg*, 10: 222-227.
- Hong YH, Lim GO, Song KB. 2009. Physical properties of *Gelidium corneum*-gelatin blend films containing grapefruit seed extract or green tea extract and its application in the packaging of pork loins. *J Food Sci*, 74 (1): 6-10.
- Yener FYG, Korel F, Yemenicioğlu A. 2009. Antimicrobial activity of lactoperoxidase system incorporated into cross-linked alginate films. *J Food Sci*, 74 (2): 73-79.
- Jin T, Liu L, Zhang H, Hicks K. 2009. Antimicrobial activity of nisin incorporated in pectin and polylactic acid composite films against *Listeria monocytogenes*. *Int J Food Sci Tech*, 44: 322-329.
- Mathew S, Abraham TE. 2008. Characterisation of ferulic acid incorporated starch-chitosan blend films. *Food Hydrocolloid*, 22: 826-835.

22. Krasaekoopt W, Mabumrung J. 2008. Microbiological evaluation of edible coated fresh-cut cantaloupe. *Nat Sci*, 42: 552–557.
23. Jausovec D, Angelescu D, Voncina B, Nylander T, Lindman B. 2008. The antimicrobial reagent role on the degradation of model cellulose film. *Colloid Interf Sci*, 327: 75–83.
24. Ozdemir M, Floros JD. 2008. Optimization of edible whey protein films containing preservatives for water vapor permeability, water solubility and sensory characteristics. *J Food Eng*, 86: 215–224.
25. Lu J, Wang X, Xiao C. 2008. Preparation and characterization of konjac glucomannan/poly (diallyldimethylammonium chloride) antibacterial blend films. *Carbohydr Polym*, 73: 427–437.
26. Janes ME, Koosheshand S, Johnson MG. 2005. 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 (7): 2754–2757.
27. Pranoto Y, Rakshit SK, Salokhe VM. 2005. Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *LWT Food Sci Technol*, 38: 859–865.
28. Min S, Haris LJ, Krochta JM. 2005. Antimicrobial effects of lactoferrin, lysozyme, and the lactoperoxidase system and edible whey protein films incorporating the lactoperoxidase system against *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* O157:H7. *J Food Sci*, 70 (7): 332–338.
29. Li B, Kennedy JF, Peng JL, Yie X, Xie BJ. 2006. Preparation and performance evaluation of glucomannan–chitosan–nisin ternary antimicrobial blend film. *Carbohydr Polym*, 65: 488–494.
30. McCormick KE, Han IY, Acton JC, Sheldon BW, Dawson PL. 2005. In-package pasteurization combined with biocide-impregnated films to inhibit *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* in turkey Bologna. *J Food Sci*, 70 (1): 52–57.
31. Theivendran S, Hettiarachchy NS, Johnson MG. 2006. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by nisin combined with grape seed extract or green tea extract in soy protein film coated on turkey frankfurters. *J Food Sci*, 71 (2): 39–44.
32. Quattara B, Simard RE, Piette G, Begin A, Holley RA. 2000. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *Int J Food Microbiol*, 62: 139–148.
33. Duan J, Park SI, Daeschel MA, Zhao Y. 2007. Antimicrobial chitosan-lysozyme (CL) films and coatings for enhancing microbial safety of mozzarella cheese. *J Food Sci*, 72 (9): 355–362.
34. Oliveira TM, Soares NFF, Pereira RM, Fraga KF. 2007. Development and evaluation of antimicrobial natamycin-incorporated film in gorgonzola cheese conservation. *Packag Technol Sci*, 20: 147–153.
35. Santos Pires AC, Soares NFF, Andrade NJ, Silva LHM, Camilloto GP, Bernardes PC. 2008. Development and evaluation of active packaging for sliced mozzarella preservation. *Packag Technol Sci*, 21: 375–383.
36. Seol KH, Lim DG, Jang A, Jo C, Lee M. 2009. Antimicrobial effect of  $\kappa$ -carrageenan-based edible film containing ovotransferrin in fresh chicken breast stored at 5 °C. *Meat Sci*, (in press).
37. Gomez-Estaca J, Montero P, Gimenez B, Gomez-Guillen MC. 2007. Effect of functional edible films and high pressure processing on microbial and oxidative spoilage in cold-smoked sardine (*Sardina pilchardus*). *Food Chem*, 105: 511–520.
38. Saucedo-Pompa S, Rojas-Molina R, Aguilera-Carbo AF, Saenz-Galindo A, La Garza H, Jasso-Cantu D, Aguilar CN. 2009. Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Res Int*, 42: 511–515.
39. Ayana B, Turhan KN. 2009. Use of antimicrobial methylcellulose films to control *Staphylococcus aureus* during storage of kasar cheese. *Packag Technol Sci*, (in press).
40. Zivanovic Z, Chi S, Draughon AF. 2005. Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. *J Food Sci*, 70 (1): 45–51.
41. Sarıkuş G. 2006. Farklı antimikrobiyel maddeler içeren yenilebilir film üretimi ve kaşar peynirinin muhafazasında mikrobiyel inaktivasyona etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta, 69 s.
42. Nguyen VT, Gidley MJ, Dykes GA. 2008. Potential of a nisin-containing bacterial cellulose film to inhibit *Listeria monocytogenes* on processed meats. *Food Microbiol*, 25: 471–478.
43. Rojas-Grau MA, Avena-Bustillos RJ, Olsen C, Friedman M, Henika PR, Martin-Belloso O, Pan Z, McHugh TH. 2007. Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate–apple puree edible. *J Food Eng*, 81: 634–641.
44. Rojas-Grau MA, Soliva-Fortuny R, Martin-Belloso O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: A review. 2009. *Trends Food Sci Technol*, 20: 438–447.
45. Beverly RL, Janes ME, Prinyawiwatkula W, No HK. 2008. Edible chitosan films on ready-to-eat roast beef for the control of *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiol*, 25: 534–537.
46. Moreira MD, Ponce A, Valle CD, Roura SI. Edible coatings on fresh squash slices effect of film drying temperature on the nutritional and microbiological quality. *J Food Process Pres*, 33: 226–236. krobiyel maddeler.