

## Et ve et ürünlerinin üretimi ve saklanması antimitikrobiyal ambalajlama sistemlerinin kullanımı

Yasemin ÇELEBİ SEZER, Hüseyin BOZKURT

### Cite this article as:

Çelebi Sezer, Y., Bozkurt, H. (2021). Et ve et ürünlerinin üretimi ve saklanması antimitikrobiyal ambalajlama sistemlerinin kullanımı. *Food and Health*, 7(2), 150-163. <https://doi.org/10.3153/FH21016>

<sup>1</sup> Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi, Gıda  
Mühendisliği Bölümü, 80000  
Osmaniye, Türkiye

<sup>2</sup> Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,  
27310 Gaziantep, Türkiye

### ORCID IDs of the authors:

Y.Ç.S. 0000-0002-4495-0206  
H.B. 0000-0003-4676-6354

Submitted: 17.11.2020

Revision requested: 21.01.2021

Last revision received: 25.01.2021

Accepted: 26.01.2021

Published online: 27.03.2021

Correspondence: Yasemin ÇELEBİ SEZER

E-mail: [yasemincelebisezer@gmail.com](mailto:yasemincelebisezer@gmail.com)



© 2021 The Author(s)

Available online at  
<http://jfh.scientificwebjournals.com>

### ÖZ

Yapısı gereği daha kolay bozulma eğiliminde olan taze ve işlenmiş et ürünlerinin üretimi ve depolanması sürecinde birçok mikrobiyolojik, enzimatik, fizikokimyasal ve biyokimyasal değişim meydana gelmektedir. Bununla birlikte tüketiciler, katkı maddelerinin daha az kullanıldığı, doğal özellikleri en az düzeyde değişmiş, kolay hazırlanabilen, daha uzun raf ömrüne sahip, uygun maliyetli gıdaları daha çok tercih etmektedirler. Bu nedenlerle, gıda ambalajlama sanayi, özellikle gıdanın kalitesini ve güvenliğini koruma ve geliştirme amaçlı antimitikrobiyal ambalajlama sistemleri gibi geleneksel paketleme yöntemlerinde bulunmayan farklı işlevler içeren yeni uygulamaları geliştirmeye yönelmiştir. Bu tür paketlemede, gıda güvenliğini ve kalitesini iyileştirmenin yanı sıra mikroorganizmaların gelişme hızları yavaşlatılarak ürün raf ömrü uzatılmakta böylece ürünün taşınması ve depolanması esnasında mevcut mikroorganizma gelişimi de engellenmektedir. Bu sayede gıdalarla insan vücuduna alınan koruyucu maddeler azaltılarak sağlık üzerindeki olumsuz etkiler de önlenmektedir. Bu sistemlerde antimitikrobiyal gıda ambalaj bileşenlerinin ambalaj materyaline uygulanması; polimer içine antimitikrobiyal maddelerin ilavesi, polimer yüzeylerinin antimitikrobiyal maddelerle kaplanması, polimer üzerine antimitikrobiyal maddelerin immobilize edilmesi ve antimitikrobiyal özellikleri olan polimerlerin kullanımı şeklinde gerçekleştirilebilir. Bu derlemede genel olarak antimitikrobiyal ambalajlama ve uygulama yöntemleri açıklanarak et ve et ürünlerinde yenilikçi paketleme sistemleri ve kullanımı değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Et ürünleri, Aktif ambalajlama, Antimitikrobiyal paketleme

### ABSTRACT

#### Use of antimicrobial packaging systems in the production and storage of meat and meat products

Many microbiological, enzymatic, physicochemical, and biochemical changes occur during the production and storage of fresh and processed meat products, which tend to deteriorate more easily by their nature. Nevertheless, consumers mainly prefer cost-effective foods that have a longer shelf life and minimally modified natural properties, can be easily prepared, and in which fewer additives are used. For these reasons, the food packaging industry has turned towards developing new applications with different functions that are not found in traditional packaging methods, such as antimicrobial packaging systems, especially for the protection and improvement of food quality and safety. In this type of packaging, in addition to improving food safety and quality, the shelf life of the product is extended by slowing down the growth rate of microorganisms. Thus, the existing growth of microorganisms during the transportation and storage of the product is also prevented. Therefore, the preservatives taken into the human body with foods are reduced, and the negative effects on health are also avoided. In these systems, the application of antimicrobial food packaging components to the packaging material can be performed by the addition of antimicrobial agents into the polymer, coating polymer surfaces with antimicrobial agents, immobilizing antimicrobial agents on the polymer, and using polymers with antimicrobial properties. In this review, antimicrobial packaging and application methods were generally explained, and innovative packaging systems and their use in meat and meat products were evaluated.

**Keywords:** Meat products, Active packaging, Antimitikrobiyal packaging

## Giriş

Gıda bozulmaları, fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin etkisiyle ürünlerin özelliklerine zarar vererek tüketici sağlığını ve güvenliğini tehdit etmektedir. Gıda bozulmalarına neden olan mikrobiyal gelişme sonucu, üründe kötü koku, aroma kayıpları, renk değişimi ve doku bozulmaları meydana gelmekle birlikte ürünlerin genel kalitesi ve güvenliği zarar görmekte, raf ömrü azalmakta ve bunun sonucunda gıda kaynaklı hastalık riski artmaktadır (Ahmed ve ark., 2017). Gıda kaynaklı hastalıklar ise dünyadaki birçok devlet için gıda güvenliği konusundaki endişeleri arttırmaktadır (Coma, 2012).

Gıda tedarik zincirinde kritik bir rol oynayan ambalajlama sanayi, koruma gibi temel işlevinin yanısıra yeni teknolojiler ile farklı özellikler kazandırılarak geliştirilmektedir. Paketlemenin başlıca görevleri arasında, tüm tedarik zinciri boyunca verimli taşımayı sağlamak, herhangi bir fiziksel hasarı önlemek ve hırsızlığa karşı koruma sağlamak sayılabilmektedir. Bununla birlikte gıda ambalajlama sanayi, günümüzde daha uzun raf ömrüne sahip taze, kullanışlı, lezzetli, güvenli, sağlıklı ve kaliteli gıda ürünlerine yönelik oluşan endüstriyel üretim eğilimleri ile birlikte son derece hızlı bir şekilde gelişmektedir (Ahmed ve ark., 2017; McMillin, 2017; Yıldırım ve ark., 2017). Örneğin, antimikrobiyal salım sistemleri, gaz tutucular veya yayıcılar, nem emiciler ve antioksidanlar gibi yardımcı bileşenler, paketleme sisteminin performansını artırmak amacıyla ambalaj malzemesine veya paket üst boşluğuna dahil edilebilmektedirler (Dobrucka ve Cierpiszewski, 2014).

Taze ve işlenmiş et ürünleri yapısı gereği diğer birçok gıdanın daha kolay bozulma eğiliminde oldukları bilinmektedir (Aymerich ve ark., 2008; Zhou ve ark., 2010). Et kalitesi ve güvenilirliği, uygulanan ambalaj malzemeleri ve teknolojilerine bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir (Fang ve ark., 2017). Et kalitesinin bozulmasına neden olan patojenik bakteriler genellikle ambalajlama ve taşıma sırasında kontaminasyona yol açmaktadırlar (Ahmed ve ark., 2017). Taze ve işlenmiş et ürünleri birçok gıdaya göre patojenik bakteriler ile daha kolay kontamine olmakta ve gıda kaynaklı salgınlara neden olabilmektedir (Sofos, 2008). Aynı zamanda, et ürünlerinin mikroorganizmalar tarafından bozulması önemli ekonomik kayıplara da yol açmaktadır (Wolfs ve Radstrom, 2006). Taze etlerin paketlenmesi ile bulaşma engellenmekte, bozulma geciktirilerek, et yumuşaklığının sağlanabilmesi için bazı enzimatik aktiviteler gerçekleştirilmekte, ağırlık kaybı azaltılmakta ve miyoglobinin oksimiyoglobin formuna dönüşmesiyle tüketici tarafından istenen parlak kırmızı renk

sağlanmaktadır (Fang ve ark., 2017). İşlenmiş et ürünlerinde paketlenmesinde ise dehidrasyon, lipid oksidasyonu, renk ve aroma kaybı gibi kriterler dikkate alınmalıdır (Zhou ve ark., 2010). Et ve et ürünlerinde vakum paketleme, modifiye atmosfer paketleme ve kontrollü atmosfer paketleme gibi farklı özellik ve nitelikte paketleme sistemleri bulunmaktadır (Quintavalla ve Vicini, 2002). Ancak, günümüzde tüketiciler, katkı maddelerinin daha az kullanıldığı, doğal özellikleri en az düzeyde değişmiş, kolay hazırlanabilen, daha uzun raf ömrüne sahip, uygun maliyetli gıdaları daha çok tercih etmektedirler. Bu nedenlerle gıda ambalajlama sanayi, özellikle gıdanın kalitesini ve güvenliğini doğal yollarla koruma ve geliştirmeyi amaçlamıştır. Aktif ambalajlama gibi geleneksel paketleme yöntemlerinde bulunmayan farklı işlevler içeren yeni uygulamalar geliştirilmeye çalışılmıştır (Brody ve ark., 2008).

Bu çalışmada genel olarak aktif ambalajlama, antimikrobiyal paketleme ve uygulama yöntemlerinin et ve et ürünleri üzerine etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar derlenmiştir.

### *Aktif Ambalajlama*

Aktif ambalajlama gıdanın raf ömrünü uzatmak, gıda güvenliğini geliştirmek ve duyu kaliteyi arttırmak amacıyla paketleme koşullarının değiştirilmesine dayanan bir ambalajlama sistemi şeklinde tanımlanmaktadır (Suppakul ve ark., 2003). Gıda, ambalaj malzemesi ve çevresel şartlar arasındaki ilişkiye dayanan aktif ambalajlama sistemlerinde ürün kalitesini arttırmak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla belirli katkı maddeleri çeşitli yöntemlerle ambalaj materyalinin içerisine veya yüzeyine ilave edilmektedir (Imran ve ark., 2010).

Avrupa Birliği Komisyonu 450/2009 sayılı Yönetmelik (EU, 2009)'e göre, ambalaj, dış çevreye karşı geleneksel koruma ve inert bariyerin dışında işlevler sağladığında aktif olarak nitelendirilmektedir. Aktif ambalajlama sistemleri ile gıdanın içine veya gıdanın etrafındaki ortama madde salımı veya gıdanın etrafını saran ambalaj ile gıdalardan veya çevreden gelen kimyasalların absorbe edilmesi sağlanmaktadır. Ambalajın iç ortamı, aktif maddelerin ped, tablet veya poşet yoluyla pakete dahil edilmesi ve mikrobiyal çoğalmayı ve diğer bozunma süreçlerini engellemek için buharlaşma ve absorpsiyon işlemleri gibi mekanizmalara izin verilmesi ile değiştirilebilmektedir (Ahmed ve ark., 2017).

Aktif paketleme fonksiyonları ve teknolojileri arasında nem düzenleme, oksijen/ karbondioksit/etilen gazlarının difüzyonunun kontrolü, oksijenin tutulması veya emilmesi, oksijen

veya karbondioksit üretimi, kokuların kontrolü, tatların artırılması yer almaktadır (Realini ve Marcos, 2014). Bununla birlikte et ve et ürünleri için gelecek vaat eden ve en yaygın kullanılan aktif ambalajlama çeşidi antimikrobiyal paketleme sistemleridir (Quintavalla ve Vicini, 2002; Ahmed ve ark., 2017).

### **Antimikrobiyal Paketleme Sistemleri**

Et ve et ürünlerinin mikrobiyal gelişimini engelleyerek, raf ömrünü uzatabilmek amacıyla kullanılan antimikrobiyal bileşenler çözelti haline getirilerek püskürtme veya daldırma gibi geleneksel yöntemlerle uygulanabilmektedir. Ancak, bu yöntemlerde antimikrobiyal maddelerin doğrudan gıdaya uygulanması durumunda aktif bileşen, yüzeyden gıda kütlelerinin içerisine doğru hızlı bir şekilde difüze olacağından ilave edilen maddenin antimikrobiyal aktivitesinde azalmaya neden olmaktadır. Ayrıca et formulasyonuna eklenen antimikrobiyal ajanlar gıda bileşenleri ile interaksyona girerek geleneksel uygulamanın faydalarını sınırlandırabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı yüksek konsantrasyonda aktif bileşen içeren filmlerin kullanılmasıyla bileşenler ürün yüzeyine geçiş yapabilmekte ve antimikrobiyal özellik gösterebilmektedir (Quintavalla ve Vicini, 2002). Gıda güvenliği ve biyoterörizm ile birebir ilgili olan antimikrobiyal ambalajlamayla mikrobiyal popülasyon kontrol altına alınmakta ve spesifik mikroorganizmalar hedeflenerek yüksek ürün güvenliği ve kalitesi sağlanmaktadır (Quintavalla ve Vicini, 2002; Ahmed ve ark., 2017). Bu tür paketlemede, gıda güvenliğini ve kalitesini iyileştirmenin yanı sıra mikroorganizmaların gelişme hızları yavaşlatılarak ürünün raf ömrü uzatılmaktadır (Ahmed ve ark., 2017). Böylece, antimikrobiyal aktivite daha uzun süreli olacağından ürünün taşınması ve depolanması esnasında mevcut veya kontamine mikroorganizma gelişimi de engellenmektedir (Quintavalla ve Vicini, 2002). Susuz asitler, enzimler, bakteriyosinler, organik asitler, parabenler, yağ asitleri, şelat ajanları (EDTA, sitrik asit, malik asit), polipeptit (laktoferrin), kitosan, antibiyotikler, fenolik bileşenler, uçucu yağlar, nitrit, sülfid, probiyotikler ve polisakkaritler paketleme sistemlerinde çoğunlukla kullanılan antimikrobiyal bileşenlerdendir (Quintavalla ve Vicini, 2002). Aktif ambalajlar için üretilen ticari antimikrobiyallere konsantre (AgION LLC, USA), ekstrakt (Nisaplin) ve film (Microgard) örnek olarak verilebilir. Gümüş katkılı zeolit ticari olarak üretilip en yaygın kullanılan antimikrobiyal bileşenlerdendir. Gümüş iyonları güçlü bir antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Quintavalla ve Vicini, 2002). Antimikrobiyal gıda am-

balaj bileşenlerinin ambalaj materyaline uygulanması; polimer yüzeylerinin antimikrobiyal maddelerle kaplanması, polimer içine antimikrobiyal maddelerin ilavesi, polimer yüzeylerinin antimikrobiyal maddelerle kaplanması, polimer üzerine antimikrobiyal maddelerin immobilize edilmesi ve antimikrobiyal özellikleri olan polimerlerin kullanımı şeklinde gerçekleştirilebilir (Han, 2000).

**Polimer yüzeylerinin antimikrobiyal bileşenlerle kaplanması:** Bu yöntemle antimikrobiyal bileşenler ekstrüzyon sonrasında polimer kaplama solüsyonuna ilave edilerek filme dahil edilirler. Antimikrobiyal ajanlar, gıda içerisine difüzyon (uçucu olmayan bileşenler) veya buharlaşma (uçucu bileşenler) ile üst boşluğa geçerek gıda yüzeyine salınabilmektedirler. Kontrollü bir şekilde filme yerleştirilen antimikrobiyal bileşenlerin kaplama uygulaması bir sonraki aşamada gerçekleştiğinden üründe kontaminasyon riski minimize edilmesine rağmen bu yöntemin uygulanmasında hazırlanan film yüksek sıcaklığa maruz kalmaktadır. Bu sistemler için ticari olarak en yaygın kullanılan antimikrobiyal bileşen Japonya’da geliştirilen gümüş katkılı zeolittir. Zeolit, geniş bir antimikrobiyal spektrum gösteren gümüş iyonları ile yer değiştirerek çok katlı ince bir tabaka oluşturmaktadır (Coma, 2008).

**Polimer içine antimikrobiyal maddelerin ilavesi:** Antimikrobiyal ajanların ambalaj filmlerine doğrudan dahil edilmesi, antimikrobiyal aktivitelerin gerçekleştirilmesinde en kullanışlı yöntemdir (Ahmed ve ark., 2017). Bakteriyosinler, enzim, şelat ajanları ve organik asitler gibi bileşenler kullanılarak antimikrobiyal etkili filmler geliştirilmiştir (Coma, 2008). Bileşenler, reçine formundaki ambalaj materyaline doğrudan ilave edilerek üretilmekle birlikte koekstrüzyon tekniği ile çok katmanlı ambalaj filmleri üretiminde katmanlardan birisi üzerine laminasyon ile ambalaj materyaline uygulanabilir (Cooksey, 2001). Bu yöntemde triklosan ve gümüş katkılı zeolitler gibi termal olarak kararlı antimikrobiyal ajanlar, paketleme malzemelerine ekstrüzyon veya enjeksiyon kalıplama yoluyla dahil edilebilirler (Cooksey, 2001; Quintavalla ve Vicini, 2002). Bununla birlikte, enzimler gibi ısıya duyarlı antimikrobiyal ajanlar; elektrospinning, döküm ve solvent birleştirme gibi termal olmayan yöntemler kullanılarak eklenebilmektedir (Appendini ve Hotchkiss, 2002). Aynı zamanda, bu antimikrobiyaller, gıda yüzeyinde kontrollü bir şekilde salınabilmek için çok katmanlı filmler şeklinde eklenebilirler. Çok katmanlı filmlerden matris katmanı aktif bileşenleri tutarken, bariyer katmanı aktif bileşenlerin paketin dışına doğru hareketini durdurmakta ve iç katman mikrobiyal ajanların difüzyonunu kontrol ederek gıda yüzeyi boyunca göçün daha

başarılı gerçekleşmesi sağlanabilmektedir (Appendini ve Hotchkiss, 2002; Coma, 2008; Ahmed ve ark., 2017).

**İyonik ya da Kovalent Bağlarla Antimikrobiyal Polimerlerin İmmobilizasyonu:** Antimikrobiyal maddelerin polimerlere iyonik ya da kovalent bağlarla immobilizasyonu mümkündür. İmmobilizasyonun gerçekleşebilmesi için antimikrobiyal maddenin ve polimer matrisin en az bir kovalent bağ içeren fonksiyonel grup içermesi gerekmektedir (Appendini ve Hotchkiss, 2002). İmmobilizasyon işlemi sırasında bazı durumlarda polimer yüzeyini biyoaktif maddeye bağlayan boşluk oluşturucu moleküllerin varlığına ihtiyaç duyulabilmektedir (Üçüncü, 2011).

**Antimikrobiyal Özellikleri Olan Polimerlerin Kullanımı:** Polimerlerin yüklü aminlerinin, hücre ölümüne neden olan mikroorganizmaların hücre zarı üzerindeki negatif yüklerle etkileşime girmesi ile antimikrobiyal aktivite gerçekleşir. Kitosan ve poli-L-lisin antimikrobiyal özellikleri bulunan polimerlere örnek olarak verilebilir (Fang ve ark., 2017).

#### **Antimikrobiyal Ambalajlama Sistemlerinin Et ve Et Ürünleri Üzerine Uygulama Örnekleri**

Son zamanlarda patojen mikroorganizmaların neden olduğu bozulmayı engellemek amacıyla antimikrobiyal ambalajlama sistemlerinde proteinlerin, özellikle enzimlerin ve bakteriyosinlerin kullanımı üzerine pek çok çalışma yapılmaktadır (Min ve ark., 2005; Barbiroli ve ark., 2012; Yıldırım ve ark., 2018). Ambalaj filmlerine kimyasal olarak bağlanarak ya da fiziksel olarak hapsedilerek antimikrobiyal özellik gösteren enzimler gıda paketlenmesinde kullanılabilir (Yıldırım ve ark., 2018). Lizozim, Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından frankfurter sosis kılıflarında kullanılan antimikrobiyal enzim olarak kabul edilmekle birlikte Avrupa'da lizozim (E1105) kullanımı, gıda katkı maddeleri hakkındaki 95/2/EC yönetmeliği kapsamındadır (EU, 1995). Gram-pozitif bakteriyel peptidoglikanların glikozidik bağlarını yok ederek antimikrobiyal aktivite gösteren lizozim, peynir altı suyu protein filmlerine 204 mg/g dahil edilerek *Listeria monocytogenes* gelişmesini 4.4 log kob/cm<sup>2</sup>'ye kadar inhibe etmiş ve füme somonun raf ömrünü uzatmıştır (Min ve ark., 2005). Barbiroli ve ark. (2012), lizozim ve laktoferrin antimikrobiyal özellikli proteinleri karboksimetil selüloz içeren kağıt tabakalara dahil etmişlerdir. Antimikrobiyal proteinlerden birini veya her ikisini içeren kağıt tabakalara yerleştirilen ince et dilimlerinde yapılan analiz sonuçlarında, lizozimin et numunesindeki aerobik bakterilerin gelişmesini önlemede etkili olduğu

ve kontrole göre yaklaşık 1 log azalma sağladığı rapor edilmiştir (Tablo 1).

Nisin, pedyosin, enterosin gibi bakteriyosinler mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu üretilen diğer doğal antimikrobiyal bileşenlerdir (Ahmet ve ark., 2017). Bakteriyosinler, başta Gram pozitif (+) bakteriler olmak üzere gıda bozulmasına neden olan bakterilerin gelişmesini engelleyen bazı laktik asit bakteri (LAB) türleri tarafından üretilen peptidler veya küçük proteinlerdir (Yıldırım ve ark., 2018). Bakteriyosinlerden nisin, metilselüloz/hidroksipropil metilselüloz kaplamalara (Franklin ve ark., 2004) veya polietilen (PE) filmlere (Siragusa ve ark., 1999) ilave edilmiş olup düşük yoğunluklu polietilen filmlere (LDPE) (Neetoo ve ark. 2008) veya kartonların üzerine kaplanmıştır (Lee ve ark. 2004). Bununla birlikte yapılan çalışmalarla, sosisli sandviç, sığır eti, soğuk füme somon gibi birçok yiyecekte de nisinin bakteriyel gelişmeyi etkili bir şekilde engellediği görülmüştür. Chi-Zhang ve ark. (2004), *L. monocytogenes* bakterisine karşı nisinin etkisini incelemek amacıyla nisini ilk olarak sadece gıdaya, sonrasında ambalaj malzemesine ve son olarak da hem gıda hem ambalaja ilave ederek üç farklı model sistemde değerlendirmiş ve en etkili yöntemin nisin içeren ambalaj ve gıda kombinasyonu olabileceğini saptamışlardır. Kanatlı kümes hayvan etleri için nisin kaplamalı polietilen, polipropilen, poliamit, polyester, polivinil klorür filmlerinin uygun nitelikte olduğu görülmüştür (Chen ve Williams, 2005). Vakum ambalajlanmış frankfurter sosisler nisin içeren metil ve hidroksi metil selüloz ile kaplanmış düşük yoğunluklu polietilen filmlerle (LDPE) ambalajlanmış ve filmlerin *L. monocytogenes* üzerine etkisi incelenmiştir. 156.3 IU/ml düzeyindeki nisin 60 günlük soğukta depolanmasında frankfurter sosislerin yüzeyine inoküle edilen *L. monocytogenes* seviyesinde önemli bir değişim sağlamazken; 7500 ve 10000 IU/ml düzeyindeki nisin yaklaşık 4 log'luk azalma sağladığı rapor edilmiştir (Franklin ve ark., 2004). Millette (2007) taze bifteklerde zararlı bileşenlerin üretimini engellemek amacıyla modifiye aljinat matrislerine 0, 500 ve 1000 ml'lik üç farklı konsantrasyonda nisin hapsederek film üretmiştir. Üretilen filmler ile 4 log kob/g *Staphylococcus aureus* bakterisi inokule edilen taze biftekler ambalajlanmış ve 14 gün soğuk depolamaya bırakılmıştır. Depolama sonucunda 500 ve 1000 IU/ml nisin içeren filmler ile ambalajlanmış örneklerde *S. aureus* bakteri seviyelerinde sırasıyla 2.20 ve 2.81 log azalma olduğu tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ticari olarak üretilen nisin değişik sıcaklıklarda (8, 25, 40 ve 60°C) selofana adsorpsiyonu incelenmiş ve nisin 8°C ve

üzerinde adsorbsiyonunun gerçekleştiği görülmüştür. Geliştirilen biyoaktif selofan bazlı kaplamanın dana etlerinde 12 günlük soğuk muhafaza boyunca toplam bakteri sayısında yaklaşık 1.5 log'luk azalma sağladığı ve et ürünlerinin raf ömürlerini uzattığı saptanmıştır (Guerra ve ark., 2005). *Brochothrix thermosphacta* inoküle edilen biftekler nisin ilave edilmiş polietilen (PE) film ile vakum uygulanarak ambalajlanmıştır (Siragusa, 1999). Sonuç olarak depolama süresince nisin ile kaplanmış filmler ile ambalajlanmış örneklerin mikrobiyal yükünün daha az olduğu rapor edilmiştir. Mauriello ve ark. (2004) yapmış oldukları çalışmada biftek ve kıyma örnekleri *Lactobacillus curvatus*'un ürettiği bakteriyosinle kaplanmış, PE filmlerle paketlenerek 4°C'de 24 saat süreyle depolanmış ve sonuç olarak *L. monocytogenes* seviyelerinde 1 log azalma olduğu tespit edilmiştir. Scannell ve ark. (2000) yapmış oldukları diğer bir çalışmada ise nisin ve laktisin 3147 immobilizasyon yöntemi ile plastik filmlere (PE/poliamid (PA), 70:30) uygulanmıştır. PE/PA filmler sadece nisin ile dayanıklı bağ oluşturup üç aylık oda koşullarında ve buzdolabı sıcaklığında depolanma süresince antimikrobiyal aktivite göstermişlerdir. Daha sonra domuz jambonları modifiye atmosfer teknolojisi (MAP) (%60 N<sub>2</sub>: %40 CO<sub>2</sub>) uygulanarak nisin adsorbe edilmiş antimikrobiyal film ile ambalajlanmış ve sonuç olarak *Listeria innocua* ve *S. aureus* bakteri seviyelerinde yaklaşık 2 log azalma görülüp jambonların raf ömrünün uzadığı tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise taze ıstiridye ve kıyılmış etler, nisin ve laktisin NK24 ile kaplanmış antimikrobiyal filmler ile ambalajlanarak 3 ve 10°C'de depolanmış ve toplam bakteri ile koliform bakteri sayılarındaki değişimlerine bakılmıştır. Sonuç olarak, bakteriyosin içeren filmler ile paketlenen ürünlerin diğer ürünlere göre mikrobiyal ve kimyasal kalitesinin daha iyi olduğu ve raf ömürlerinin belirgin bir şekilde uzadığı görülmüştür. Aynı zamanda her iki bakteriyosinin de (nisin ya da laktisin NK24) ürün kalitesinin korunmasında farklılık göstermediği rapor edilmiştir (Kim ve ark., 2002). Nisin, Gram (+) bakteri grupları üzerinde etkili olmasına rağmen şelat ajanları ile birlikte kullanıldığında Gram (-) bakteriler üzerinde de etkilidir (Cleveland ve ark., 2001). Taze tavuk yüzeylerine bulaşan *Salmonella* bakterisini inhibe etmek ve buzdolabı koşullarında depolama süresini uzatabilmek amacıyla tavuk etleri, nisin formülasyonu içeren filmler ile ambalajlanmıştır. Bu amaçla, polivinil klorür (PVC), naylon ve lineer düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE) film kullanılmış ve nisin konsantrasyonu Etilendiamin tetraasetik asit (EDTA), polisorbata 80 ve sitrik

asit ile üç farklı muameleye tabi tutulmuştur. Ambalajlanmadan önce ürünlere nalidiksik asit dirençli (NAr) *Salmonella typhimurium* bakterisi inoküle edilmiştir. Sonuç olarak nisin içeren filmler ile paketlenen ürünlerin buzdolabı koşullarında raf ömürlerinin 0.6 günden 2.2 güne çıktığı görülmüştür (Natarajan ve Sheldon, 2000). Yapılan diğer çalışmada polietilen bazlı polimer filme eklenen nisin şelat ajanı (EDTA) ile kullanımıyla ette gelişen *B. thermosphacta* bakterisine karşı antimikrobiyal aktivitesinin değişimi değerlendirilmiştir. Bu amaçla ete 3.5 log *B. thermosphacta* bakterisi inoküle edilmiş ve örnekler 4°C'de 21 gün depolanmıştır. İki kontrol polimer filmi (PE veya %70 PE+%30 PEO) ve nisin konsantrasyonu %0.1 oranında üç polimer filmi (PE+nisin, PE+PEO+nisin ve PE+nisin+EDTA) olmak üzere toplamda beş farklı polimer bileşimi hazırlanmıştır. Sonuç olarak PE+PEO+nisin ve PE+EDTA+nisin polimer filmlerinin et yüzeylerinde PE+nisin polimer filmlere göre daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Cutter ve ark., 2001). Soya filmleri üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise filmler içerisine laurik asit (%8) ve saf nisin (%2.5) ayrı ayrı ve birlikte kombine edilerek ilave edilmiştir. Biyosit emdirilmiş filmler ile hindi sosislerinin yüzeyinde gelişen ve inoküle edilen *L. monocytogenes* bakterisini inhibe etme özelliği kontrol grupları ile karşılaştırılmıştır. Kontrol grubu filmler ile ambalajlanan ürünlere 22°C'de 48 saat sonrasında *L. monocytogenes* seviyesi 10<sup>6</sup>'dan 10<sup>9</sup>'a yükselirken, nisin ve laurik asitin birlikte kullanıldığı filmler ile paketlenen sosislerde 10<sup>6</sup> düzeyinde var olan *L. monocytogenes* bakterisi 8 saat sonunda tamamen inhibe edilmiştir (Dawson ve ark., 2002). Pedyosinler, *Pediococcus* spp. tarafından üretilen bazı patojenik bakterileri inhibe eden antimikrobiyal peptitlerdir (Cotter ve ark., 2005). Yapılan çalışmada, selüloz bazlı emülsiyon içerisinde %25 ve %50 oranlarında pediyosin içeren filmlerin domuz jambonu üzerine antimikrobiyal etkinliği değerlendirilmiştir. Domuz jambonları 10<sup>6</sup> birim *L. innocua* ve *Salmonella* bakterileri içeren solüsyona daldırılarak vakum ambalajlama yapılmış ve 12°C'de 0, 3, 6, 9, 12 ve 15 gün depolanmıştır. Depolama sonunda (15 gün) %50 oranında pediyosin içeren filmler ile kaplanmış ürünlere *L. innocua* bakterisinin miktarında kontrole göre 2 log azalma görülmüştür. Aynı zamanda %25 ve %50 oranlarında pediyosin içeren filmler ile paketlenen ürünlere 12 günlük depolama sonucunda *Salmonella* miktarlarında 0.5 log azalma rapor edilmiştir. Depolama süresince domuz jambonlarının muhafazasında kullanılacak ambalaj filmlerine pediyosin ilavesinin diğer iyi üretim uygulamaları arasında engeller teknolojisi yöntemi olarak önemli bir potansiyelinin olduğu rapor

edilmiştir (Santiago-Silva ve ark., 2009). *L. monocytogenes* inokule edilmiş et ve tavuk örnekleri 7.75 µg/cm<sup>2</sup>'lik pediyosin ile kaplanmış ambalajlar ile paketlenerek 12 hafta 4°C'de depolanmıştır. Çalışma sonucunda kaplama materyali olarak kullanılan pediosin tozunun et ve tavuk örneklerinde bulunan *L. monocytogenes*'i inaktive ettiği saptanmıştır (Ming ve ark., 1997). *Enterococcus faecium* bakterisi tarafından üretilen enterosin 200 ve 2000 AU/cm<sup>2</sup> iki farklı konsantrasyonda aljinat, zein ya da polivinil alkol gibi biyoyenilenebilir filmlere inoküle edilerek ambalajlanan domuz jambonunda *L. monocytogenes* bakterisi gelişimi incelenmiştir. Sonuç olarak, 2000 AU/cm<sup>2</sup> enterosin içeren aljinat filmlerin vakum paketleme yapılmış ve 6°C'de depolanmış ürünlerinde *L. monocytogenes* bakterisi üzerinde etkili oldukları görülmüştür (Marcos ve ark., 2007) (Tablo 1).

Son zamanlarda petrol bazlı katkı maddelerinin gıda muhafazası için aktif malzemeler olarak kullanımının azaltılmasına yönelik ilginin artmasıyla doğal koruyucu özelliğe sahip uçucu yağlar antimikrobiyal amaçlı bileşen olarak ambalajlama endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Alves-Silva ve ark., 2013). Bitki savunmasında önemli bir rol oynayan uçucu yağlar güçlü antimikrobiyal özelliklere sahip ikincil metabolitlerdir (Yıldırım ve ark., 2018). Karanfil, tarçın, kekik, biberiye, sarımsak gibi bitki kaynaklarından elde edilen ekstraktlar et ve et ürünlerinin paketlenmesinde kullanılan doğal antimikrobiyal bileşenler arasında yer almaktadır (Feng ve ark. 2017) ve çoğu GRAS (Generally Regarded As Safe) (Ruiz-Navajas ve ark., 2013) olarak sınıflandırılan bu uçucu yağlar biyo-bazlı emülsiyonlaştırılmış filmler ve kaplamalarda katkı maddeleri olarak kapsamlı bir şekilde birçok çalışmada incelenmiştir (Yıldırım ve ark., 2018). Seydim ve Sarıkuş (2006) kekik ve sarımsak yağı içeren peynir altı suyu proteini bazlı filmlerin *S. aureus*, *Salmonella enteritidis*, *L. monocytogenes*, *Escherichia coli* ve *Lactobacillus plantarum* bakterileri üzerinde etkili olduklarını rapor etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada MAP teknolojisi

(%40CO<sub>2</sub>/%30N<sub>2</sub>/30%O<sub>2</sub>, %100 CO<sub>2</sub>, %80 CO<sub>2</sub>/20% hava, vakum ve hava) ile kekik yağının uçucu bileşiklerinin antimikrobiyal etkisi birlikte kullanılarak 0, 5 ve 10°C'de depolanan taze etlerin mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla PE film içerisine et örneğine değdirilmeden yağ ekstraktı yerleştirilmiştir. Çalışma sonucunda kekik yağının uçucu bileşenleri ile MAP teknolojisinin birlikte kullanımının etlerin mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri üzerinde sinerjistik etki yaparak ürün raf ömrünün uzamasında etkili oldukları rapor edilmiştir (Skandamis ve Nychas, 2002). Ruiz-Navajas ve ark. (2015) tarafından pişmiş jambonun güvenliğini ve raf ömrünü artırmak için, kitosan bazlı filmlere %2 oranında halk arasında kekik olarak bilinen *Thymus piperella* ve *Thymus moroderi* türlerinin uçucu yağları eklenmiştir. Örneklerde 21 günlük depolama sonrasında, *T. piperella* ve *T. moroderi* bazlı filmlerin kaplanmamış örneklere kıyasla aerobik mezofilik bakteri döngüsünde sırasıyla 0.87 ve 0.53 log azalmaya yol açtığı gözlenmiştir. Sonuçta *T. piperella* türünün daha yüksek karvakrol konsantrasyonu içermesi nedeniyle daha yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir. Kekik yağı ile yapılan başka bir çalışmada ise dilimlenmiş yenmeye hazır pişmiş domuz etinin soğuk (+4°C) depolama sırasında raf ömrünü uzatmak için aktif bir paketleme sistemi tasarlanmıştır. Bu amaçla %0.5, %1 ve %2 oranlarında kekik yağı kitosan içeren filmle kaplanmıştır. Maya popülasyonlarının kekik yağı varlığından etkilendiğini ve maya sayılarının filmdeki kekik yağı oranının bir fonksiyonu olarak özellikle ilk 21 günlük saklama sırasında azaldığını bildirmişlerdir (Quesada ve ark., 2016). Tarçın yağı antimikrobiyal ambalajlama sistemlerinde aktif bileşen olarak en çok çalışılan uçucu yağlar arasında yer almaktadır (Yıldırım ve ark., 2018). Yapılan bir çalışmada uçucu yağ kaybının önlenmesi amacıyla polilaktik nanofilm içerisine tarçın yağı β-siklodekstrin ile kompleks oluşturarak elektrospinning tekniği yoluyla dahil edilmiştir (Wen ve ark., 2016) (Tablo1).

**Tablo 1.** Et ve Et Ürünlerine Uygulanan Antimikrobiyal Ambalajlama Sistemi Örnekleri

Antimikrobiyal Bileşen Grubu	Antimikrobiyal Bileşen	Ürün	Taşıyıcı film	Antimikrobiyal etki	Kaynaklar
Enzim	Lizozim	Füme somon	Peynir altı suyu proteini filmleri	<i>L. monocytogenes</i>	Min ve ark. (2005)
Enzim	Lizozim ve laktoferin	İnce et dilimleri	Karboksümetil selüloz içeren kağıt tabakalara	Aerobik bakterilerin gelişmesini önleme	Barbiroli ve ark. (2012)
Bakteriyosin	Nisin	Frankfurter sos	Metil ve hidroksi metil selüloz ile kaplanmış LDPE	<i>L. monocytogenes</i>	Franklin ve ark. (2004)
Bakteriyosin	Nisin	Biftek	Modifiye aljinat matris	<i>S. aureus</i>	Millette (2007)
Bakteriyosin	Nisin	Sığır eti	Selofan	Toplam bakteri sayısı	Guerra ve ark. (2005)
Bakteriyosin	Nisin	Sığır eti	PE	<i>B. thermosphacta</i>	Siragusa (1999)
Bakteriyosin	Kurvasin A	Biftek ve kıyma	PE	<i>L. monocytogenes</i>	Mauriello ve ark. (2004)
Bakteriyosin	Nisin ve laktisin 3147	Domuz jambonu	PE/PA (70:30)	<i>L. innocua, S. aureus</i>	Scannell ve ark. (2000)
Bakteriyosin	Nisin, laktisin NK24	Taze ıstiridye ve kıyılmış sığır eti	LDPE, PA	Toplam aerob ve koliform bakteriler	Kim ve ark. (2002)
Bakteriyosin	Nisin (EDTA, Tween 80 ve sitrik asit )	Tavuk eti	LLDPE, PVC, naylon	<i>S. typhimurium</i>	Natrajan ve Sheldon (2000)
Bakteriyosin	Nisin (EDTA)	Sığır eti	PE	<i>B. thermosphacta</i>	Cutter ve ark. (2001)
Bakteriyosin	nisin, laurik asit	Hindi sucuk	Soya protein	<i>L. monocytogenes</i>	Dawson ve ark. (2002)
Bakteriyosin	Pediosin	Dilimlenmiş domuz jambonu	Selüloz	<i>Salmonella</i> ve <i>L. innocua</i>	Santiago-Silva ve ark. (2008)
Bakteriyosin	Pediosin	Et ve tavuk eti	Plastik ambalajlama poşetleri	<i>L. monocytogenes</i>	Ming ve ark. (1997)
Bakteriyosin	Enterosin	Domuz jambonu	Aljinat, zein ya da polivinil alkol	<i>L. monocytogenes</i>	Marcos ve ark. (2007)
Uçucu yağ	Kekik (oregano)	Taze sığı eti	PE	bakteri gelişmesinin azalması	Skandamis ve Nychas (2002)
Uçucu yağ	<i>Thymus moroderi, Thymus piperella</i>	Pişmiş jambon	Kitosan	Toplam mezofilik aerobik bakteri	Ruiz-Navajas ve ark. (2015)
Uçucu yağ	<i>Thymus vulgaris</i>	Pişmiş domuz eti	Kitosan	Toplam maya sayısı	Quesada ve ark. (2016)
Uçucu yağ	Tarçın esansiyel yağı / $\beta$ -siklodekstrin inklüzyon kompleksi	Domuz eti	Polilaktik asit nanofilim	<i>E. coli, S. aureus</i>	Wen ve ark. (2016)
Doğal Antimikrobiyal Polimer	Kitosan	Hindi göğsü	Etilen kopolimer film	<i>L. monocytogenes, E. coli O157:H7</i>	Joerger ve ark. (2009)
Doğal Antimikrobiyal Polimer	Kitosan	Izgara yapılmış Domuz eti	PVDC/naylon	bakteri gelişmesinin azalması	Yingyuad ve ark. (2006)
Doğal Antimikrobiyal Polimer	$\epsilon$ -polilizin	Sığır eti	Peynir altı suyu protein filmleri	LAB gelişmesini azaltılması	Zinoviadou ve ark. (2010)
Doğal Kökenli Antimikrobiyal Bileşen	Greyfurt çekirdeği ekstraktı	Taze kıyılmış et	Çok katmanlı PE film	<i>E. coli, S. aureus, B. subtilis</i>	Ha ve ark. (2001)
Organik Asit	Sitrik asit	Kıyma	Ekstrüde edilmiş mısır nişastası (%30) / LLDPE filmleri	Toplam bakteri sayısı	Junior ve ark. (2015)
Organik Asit ve uçucu yağ	Asetik asit, propiyonik asit, laurik asit ve sinemaldehit	İşlenmiş et	Kitosan	<i>Enterobacteriaceae, Serratia liquefaciens</i>	Quattara ve ark. (2000)
Organik Asit	Sorbik asit	Sığır bologna	PVDC	<i>L. monocytogenes</i>	Limjaroen ve ark. (2005)
Organik bileşik	Oksitlenmiş rejenere selüloz	Salam	Poli ( $\epsilon$ -kaprolakton (PCL) film	<i>L. monocytogenes</i>	Sezer ve ark. (2016)
Antimikrobiyal sentetik bileşen	Triklolan	Tavuk göğsü	Plastik film	<i>L. monocytogenes</i>	Vermeiren ve ark. (2002)
Antimikrobiyal sentetik bileşen	Triklolan	Domuz jambonu	PE	<i>E. coli</i> ve <i>S. aureus</i>	Camilloto ve ark. (2009)
Doğal Antimikrobiyal Polimer, Bakteriyosin, Zeolit	Kitosan, nisin, gümüş katkılı zeolit ve potasyum sorbat	Tavuk eti	LDPE	Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı	Soysal ve ark. (2015)
Doğal Antimikrobiyal Polimer, Zeolit	Kitosan, AgZeo	Isıl işlem görmüş sucuk	LDPE	toplam aerobik bakteri ve LAB sayısı	Çelebi Sezer ve Bozkurt (2019)
Nanomateriyal	Ag	Tavuk göğsü fileto	PVC	Raf ömrü uzaması	Azlin-Hasim ve ark. (2016)
Nanomateriyal	Ag/ZnO	Tavuk göğsü fileto	LDPE	Toplam bakteri sayısı	Panea ve ark. (2014)
Nanomateriyal	ZnO	Kümes hayvan eti	Aktif film (sodyum aljinat, kalsiyum klorit ve gliserol	<i>S. aureus, S. typhimurium</i>	Akbar ve Anal (2014)

Birçok hedef mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal ve antifungal aktivite gösteren kitosan veya polilizin gibi doğal özelliklere sahip antimikrobiyal polimerler, film ve kaplamalar da kullanılmaktadır (Yıldırım ve ark., 2018). Yapılan çalışmada kitosan ile kaplanmış kopolimer etilen filmler ile paketlenen hindi göğüs etleri 4°C’de 15 gün depolanmış ve *L. monocytogenes* bakterisinde 1.2 log azalma olduğu kaydedilmiştir. Aynı zamanda kitosan kaplı filmlerin 55°C sıcaklığa, 350 MPa (Megapaskal) yüksek basınca ya da %1’lik sodyum diasetat çözeltisine maruz bırakılması sinerjistik etki oluşturmuştur (Joerger ve ark., 2009). Yinyuad ve ark. (2006) yapmış oldukları çalışmada PVDC (poliviniliden klorür)/naylon üzerine kitosan kaplamanın ve vakum ambalajlamanın ızgara edilmiş domuz etinin soğuk depolama sırasında ürün kalitesine ve raf ömrü üzerine etkilerini incelemiştir. Kitosan kaplama, oksidasyonu minimize ederek peroksit, renk değişim ve mikrobiyal gelişim değerlerinde azalmalar meydana getirmiştir. Bununla birlikte uygulanan vakum ambalajlama ile oksijen miktarı azalmış ve mikroorganizma gelişimi geciktirilmiştir. Sonuç olarak ızgara edilmiş domuz etleri üzerinde kalite özelliklerini iyileştirmede ve raf ömrünün uzatılmasında antimikrobiyal ambalajlamanın bir çeşidi olarak kitosan kaplamanın vakum ambalajlama ile birlikte kullanılabilceği rapor edilmiştir. Gram pozitif ve negatif bakterilere karşı etkili doğal bir antimikrobiyal polipeptit olan polilizin ambalaj malzemelerine dahil edilmesine ilişkin sınırlı sayıda çalışma vardır (Yıldırım ve ark. 2018). Zinoviadou ve ark. (2010), taze kesilmiş sığır eti porsiyonlarında laktik asit bakterilerinin gelişimini azaltarak raf ömrünü uzatan ε-polilizin içeren peynir altı suyu proteini filmleri geliştirmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada taze dilimlenmiş biftekler, doğal kökenli antimikrobiyal etkiye sahip greyfurt çekirdeği ekstraktı içeren PE filmler ile ambalajlanmıştır. Greyfurt çekirdeği ekstraktı çok katmanlı PE filmlerin üretiminde koekstrüzyon yöntemiyle katmanlardan birisi olarak ya da reçine formundaki ambalaj materyaline doğrudan ilave edilerek üretilmiştir. Agar difüzyon testine göre koekstrüzyon tekniği ile üretilmiş %1’lik greyfurt çekirdek ekstraktı içeren PE filmlerin sadece *Metaphycus flavus*’a karşı etkin olduğu görülürken diğer yöntemle üretilen %1’lik greyfurt çekirdek ekstraktı içeren PE filmlerin *E. coli*, *S. aureus* ve *B. subtilis*’a karşı etkin oldukları rapor edilmiştir. Böylece doğrudan ilave edilerek üretilen PE filmlerin daha geniş antimikrobiyal etki gösterdiği görülmüştür. Aynı zamanda greyfurt çekirdek ekstraktı ile kaplanmış filmler ile ambalajlanmış bifteklerin lipit oksidasyon de-

ğerinin (TBARS) daha az olduğu görülmüştür. Ayrıca, çalışmada greyfurt çekirdek ekstraktı seviyesinin %0.5 ya da %1 olması biftek kalitesinin korunmasında etkili olmadığı bildirilmiştir (Ha ve ark., 2001) (Tablo 1).

Antimikrobiyal aktivite gösteren bazı organik asitler ve bunların türevleri olan bileşikler, ambalajlama filmlerine dahil edilebilirler (Yıldırım ve ark., 2018). Junior ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada sitrik asit/mısır nişastası/glisrol karışımı (%30) LLDPE (%70) filmlerine dahil edilmiş ve 10 günlük değerlendirme periyodunun sonunda kontrol numunelerine kıyasla antimikrobiyal filmlerle paketlenmiş sığır kıymasında toplam bakteri sayısında yaklaşık 1 log azalma gözlenmiştir. Çalışma sonucunda sitrik asit içeren antimikrobiyal filmlerin kıyılmış sığır etinin raf ömrünü uzattığı belirlenmiştir. Quattara ve ark. (2000) işlenmiş et ürünlerinde yüzey bozucu bakterileri inhibe etmek amacıyla kitosan ilave edilmiş antimikrobiyal filmler geliştirmişlerdir. Kitosan matrisi içerisine asetik asit, propiyonik asit, laurik asit ve sinealdehit ilave edilerek üretilip sucuk ve pastırma gibi et ürünlerine uygulanmıştır. Depolama süresince kitosan matrisi içerisinde kalan antimikrobiyal ajanların miktarları ölçülmüş ve propiyonik asitin asetik asite göre matriksten daha hızlı ayrıldığı rapor edilmiştir. Ayrıca antimikrobiyal filmlerin laktik asit bakterilerine karşı etkisi olmamakla birlikte *Enterobacteriaceae* ve *Serratia liquefaciens* bakterileri üzerinde inhibe edici etkisinin olduğu görülmüştür. Çalışmada sucuk üzerinde en yüksek antimikrobiyal etkiyi sinemaldehit içeren filmler göstermiştir. Limjaroen ve ark. (2005), yapmış oldukları çalışmada  $10^3$  ve  $10^5$  kob/g *L. monocytogenes* ile aşılansız sığır bolognalar, %1.5 veya %3 w/v sorbik asit içeren çözücü kullanılarak döküm tekniğiyle kaplanmış PVDC filmler ile paketlenmişlerdir. 4°C’de 28 gün depolamadan sonra, antimikrobiyal filmlerle paketlenmiş ve  $10^5$  kob/g *L. monocytogenes* ile aşılansız sığır bologna örneklerinde kontrole kıyasla her iki sorbik asit film için 4.4 log daha düşük *L. monocytogenes* sayısı elde edilmiştir.  $10^3$  kob/g *L. monocytogenes* ile aşılansız sığır eti örnekleri, bunun tersine, kontrole kıyasla %1.5 ve %3 sorbik asit filmleri için *L. monocytogenes* sırasıyla 6.5 ve 7.2 log daha düşük tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada poli ε-kaprolakton (PCL) filmlere oksitlenmiş rejenere selüloz mikropartikülleri (%4 w/w) dahil edilmiş ve bunların antibakteriyel aktiviteleri *L. monocytogenes* ( $10^4$  kob/g) ile aşılansız ve dilimlenerek paketlenen salam üzerinde değerlendirmiştir. Aktif PCL filmleri ile 4°C’de 14



gün depolama sonucunda *L. monocytogenes*'in %50'si (yaklaşık 8 log kob/g) inhibe edilmiştir (Sezer ve ark., 2016) (Tablo1).

Triklolan (2,4,4'-trikloro-2'-hidroksidifenil eter) tatsız, koku-suz ve ağızdan alındığında toksik olmayan, gıda kaynaklı patojenlere ve bozucu mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivite gösteren sentetik bir bileşiktir (Chung ve ark., 2003; Espitia ve ark., 2016). Yüksek sıcaklıklara ve antimikrobiyal aktiviteye karşı yüksek işleme direnci nedeniyle, triklosanın, antimikrobiyal gıda paketlemelerinde polimerik matrislere uygun bir sentetik bileşen olduğu bildirilmiştir (Espitia ve ark., 2016). Vermeiren ve ark. (2002) in vitro koşullarda vakum ambalajlamanın *L. monocytogenes*'e karşı güçlü antimikrobiyal etki gösterdiği, ancak 7°C'de depolanan %1 triklosan içeren vakum ambalajlanmış tavuk göğüslerinde *L. monocytogenes* üzerinde güçlü bir antimikrobiyal etkisi olmadığı görülmüştür. Triklolan eklenmiş plastikler ette birçok patojen bakterinin gelişimini engellemesine rağmen, soğukta saklanmış ve vakum ambalajlanmış et yüzeylerinde bir etkinlik göstermediği rapor edilmiştir. Bunun sebebi olarak et içerisinde bulunan yağ asitlerinin varlığı olabileceği ileri sürülmüştür (Cutter, 1999). Yapılan çalışmada *E. coli* ve *S. aureus* inokule edilen domuz jambonları ekstrüzyon yöntemiyle farklı seviyelerde triklosan içeren PE filmler ile ambalajlanmıştır. 12 günlük ( $7 \pm 2^\circ\text{C}$ ) depolama sonucunda *E. coli* ve *S. aureus* miktarlarında 1.5 log azalma kaydedildiği rapor edilmiştir (Camilloto ve ark., 2009). Yapılan diğer bir çalışmada stiren-akrilat polimerine triklosan eklenerek antimikrobiyal katman oluşturulmuştur. İndikatör mikroorganizma olarak ette, peynirde ve sebze yüzeylerinde bozulmaya sebep olduğu bilinen *E. faecalis* seçilmiştir. Çalışmada triklosan kaplamasının sağladığı bakteriyel inhibisyon ile kaplamadan su ve gıda benzeri çözücülere etken maddenin serbest bırakılma kinetiği araştırılmıştır. Yüksek miktarda triklosanın, hızlı bir şekilde geçişinden dolayı bu tür kaplamaların yağlı gıdalarda kullanımının uygun olmadığını rapor edilmiştir (Chung ve ark., 2003) (Tablo1).

Son yıllarda plastik ambalaj malzemelerine antimikrobiyal özellik kazandıran inorganik madde içerikli özel zeolitlerin kullanımı önem kazanmaktadır. Gümüş gibi antimikrobiyal özelliklere sahip elementleri içeren bu zeolitler, az miktarda kullanılmaları, daha kararlı bir yapıya sahip olmaları, çözücülere karşı dirençlerinin yüksek olması gibi önemli avantajlara sahiptirler (Üçüncü, 2011) ve antimikrobiyal madde olarak ambalajlama sanayisinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Vermeiren ve ark. 1999). Sodyum iyonları yerine gümüş

katkılı zeolitler %1-3 oranlarında polimere ilave edilmektedir (Brody ve ark. 2001). Yapılan çalışmada LDPE'ye dahil edilen nisin, potasyum sorbat veya gümüş katkılı zeolit ile kombinasyon halinde kullanılan kitosanın 5°C'de 6 gün depolanan tavuk butlarının fizikokimyasal ve mikrobiyal kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır (Soysal ve ark. 2015). LDPE tabakasında %2 kitosan, nisin, gümüş katkılı zeolit ve potasyum sorbat içeren torbalarda paketlenen numunelerin toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları, kontrol torbalarında paketlenen numunelere göre sırasıyla 1.03, 0.98, 0.51 ve 0.17 kat daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Çelebi Sezer ve Bozkurt (2019) kitosan ve gümüş katkılı zeolit (AgZeo) ile formüle edilmiş ısı işlem görmüş sucuklar için antimikrobiyal kılıf geliştirmiştir. Çalışma sonucunda, aktif kılıfların kullanımının toplam aerobik bakteri ve LAB sayısını azalttığını rapor etmişlerdir (Tablo1).

Antimikrobiyal özellikleri bulunan nanomateryallerin, özellikle antimikrobiyal ambalajlama sistemlerinde kullanımı büyük önem kazanmıştır (Ayhan, 2013). 1 ile 100 nm arasındaki antimikrobiyal nanopartiküller, paketlenmiş gıdanın raf ömrünü uzatmak amacıyla bir polimer matriksi içine dahil edilmektedirler. Nano boyuttaki antimikrobiyal bileşenlerin yüksek yüzey-hacim oranı ve gelişmiş yüzey reaktivitesi, mikro veya makro ölçekli antimikrobiyal bileşenlere göre mikroorganizmalara daha etkili bir şekilde inaktivasyon sağlamaktadır (Radusin ve ark. 2016). Yaygın olarak kullanılan veya test edilen antimikrobiyal nanopartiküller, metal iyonları (gümüş, bakır, altın, platin), metal oksit (titanyum dioksit, çinko oksit, magnezyum oksit) ve organik olarak modifiye edilmiş nanokillerdir. Gümüşün (Ag) antimikrobiyal özelliği nano boyutta arttığından dolayı gıda paketleme malzemelerine antimikrobiyal ajanlar olarak dahil edilmeleri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Yıldırım ve ark., 2018). Azlin-Hasim ve ark. (2016), PVC ve gümüş nanopartiküllere dayalı nanokompozit malzeme ile paketlenmiş tavuk göğsü filetolarının lipid oksidasyonlarının daha düşük olduğu ve bu malzemelerin ürünün raf ömrünü önemli ölçüde uzattığını rapor etmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada ise LDPE film matrikslerine ilave edilen Ag/ZnO (gümüş/çinko oksit) nanomateryallerin tavuk göğsü filetolarının lipid oksidasyon seviyelerini yükseltmesine rağmen ürünlerdeki mikroorganizma sayısını düşürmüştür (Panea ve ark., 2014). Akbar (2014) tarafından taze kümes hayvanı etinin paketlenmesi için ambalaj filmlerinde ZnO nanopartikülleri kullanılmıştır. Çalışma sonucuna göre  $8 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de inkübasyondan sonraki 24 saat içinde *S. aureus* ve *S. typhimurium* bakteri sayılarında 2 log azalma gözlenmiş ve

6-8 günlük inkübasyondan sonra *S. aureus* ve *S. typhimurium* bakterileri tespit edilememiştir (Tablo1).

## Sonuç

Et ve et ürünleri oldukça besleyici gıdalar olmakla birlikte yapısı gereği bozucu ve patojen mikroorganizmaların ortamda çoğalmasıyla ürün kalitesinin kısa sürede bozulması gıda güvenliği açısından yüksek risk oluşturmaktadır. Geleneksel ambalajlama yöntemlerinde gıdanın sadece dış etkenlerden korunması amaçlanırken, antimikrobiyal ambalajlama yöntemleri ile çeşitli aktif bileşenler tek başına ya da kombine olarak ambalaj materyaline eklenerek gıdanın depolanması ve taşınması esnasında mikroorganizma gelişiminin inhibisyonu amaçlanmıştır. Bu sayede ürün kalitesi ve güvenilirliği sağlanarak raf ömrü uzatılmaktadır. Diğer taraftan geleneksel yöntemlerde antimikrobiyal maddelerin direk gıdaya ilave edilmesi ile daha fazla koruyucu madde insan vücuduna alınmakta ve toplum sağlığını tehdit etmektedir. Antimikrobiyal paketleme teknolojisi sayesinde aktif maddelerin gıda ile teması azaltılarak insan vücuduna alınmaları büyük miktarda engellenmekte ve insan sağlığı üzerindeki tehditler azaltılmaktadır. Antimikrobiyal paketleme sistemlerinin gelişmesi ve uygulamalarına yönelik çalışmaların artması et ve et ürünlerinde meydana gelen mikrobiyolojik bozulmaların azaltılarak raf ömrünün uzatılmasına, gıda güvenliği ve kalitesinin sağlanmasına olanak sağlayacaktır. Yeni bir teknoloji olan antimikrobiyal paketleme teknolojisinin daha çok gelişmesi ve yaygınlaşması için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Antimikrobiyal ambalajların üretimine yönelik yöntemler henüz gelişme aşamasındadır. Bu bağlamda antimikrobiyal ambalaj teknolojisi uygulanmış materyallerin endüstriyel ölçekte üretimi ve katma değeri yüksek aktif ambalaj filmlerinin üretilip ekonomiye kazandırılması önem teşkil etmektedir.

## Etik Standart ile Uyumluluk

**Çıkar çatışması:** Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

**Etik izin:** Araştırma niteliği bakımından etik izne tabii değildir.

**Finansal destek:** -

**Teşekkür:** -

**Açıklama:** -

## Kaynaklar

**Ahmed, I., Lin, H., Zou, L., Brody, A.L., Li, Z., Qazi, I. M., Pavasea, T.R., Lv, L. (2017).** A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. *Food Control*, 82, 163-178.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.009>

**Akbar, Anal A.K. (2014).** Zinc oxide nanoparticles loaded active packaging, a challenge study against Salmonella typhimurium and Staphylococcus aureus in ready-to-eat poultry meat. *Food Control*, 38, 88-95.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.09.065>

**Alves-Silva, J. M, dos Santos, S.M.D., Pintado, M.E., Pe´rez-A´lvarez, J.A., Fern´andez-L´opez, J., Viuda-Martos, M. (2013).** Chemical composition and in vitro antimicrobial, antifungal and antioxidant properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal. *Food Control*, 32(2), 371-78.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.022>

**Appendini, P. and Hotchkiss, J.H. (2002).** Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science*, 3, 113-126.

[https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(02\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(02)00012-7)

**Ayhan, Z. (2013).** Potential applications of nanomaterials in food packaging and interactions of nanomaterials with food. In: Silvestre C, Cimmino S, editors. Ecosustainable polymer nanomaterials for food packaging: *Innovative solutions, characterization needs, safety and environmental issues*. Boca Raton, Florida, U.S.A: CRC Press. p 243-79.

**Aymerich, T., Picouet, P.A., , Monfort, J.M. (2008).** Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*, 78, 111-129.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.007>

**Azlin-Hasim, S., Cruz-Romero, M.C., Morris, M.A., Padmanabhan, S.C., Cummins, E., Kerry, J.P. (2016).** The potential application of antimicrobial silver polyvinyl chloride nanocomposite films to extend the shelf-life of chicken breast fillets. *Food and Bioprocess Technology*, 9(10), 1661-1673.

<https://doi.org/10.1007/s11947-016-1745-7>

**Barbiroli, A., Bonomi, F., Capretti, G., Iametti, S., Manzoni, M., Piergiovanni, L., Rollini, M. (2012).** Antimicrobial activity of lysozyme and lactoferrin incorporated in cellulose-based food packaging. *Food Control*, 26(2), 387-392.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.01.046>

- Brody, A.L., Strupinsky, E.R. and Kline, L.R. (2001).** Antimicrobial packaging. Active packaging for food applications (pp. 131-189). Lancaster: A Technomic Publishing. <https://doi.org/10.1201/9781420031812>
- Brody, A.L., Bugusu, B., Han, J.H., Sand, C.K. and Mchugh, T.H. (2008).** Innovative Food Packaging Solutions. *Journal Of Food Science*, 73, 8. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00933.x>
- Camilloto, G.P., de Fátima Ferreira Soares, N., dos Santos Pires, A.C., de Paula, F.S. (2009).** Preservation of sliced ham through triclosan active film. *Packaging Technology and Science: An International Journal*, 22(8), 471-477. <https://doi.org/10.1002/pts.871>
- Chen, H., Williams, J. (2005).** Bacteriocins offer enormous promise in food packaging safety advances. Available source: <http://www.silliker.com/html/eResearch/vol1issue2.php> (Accessed: 24.07.2020)
- Chi-Zhang, Y., Yam, K. L., Chikindas, M. L. (2004).** Effective control of *Listeria monocytogenes* by combination of nisin formulated and slowly released into a broth system. *International Journal of Food Microbiology*, 90(1), 15-22. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00168-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00168-5)
- Chung, D., Papadakis, S. E., Yam, K. L. (2003).** Evaluation of a polymer coating containing triclosan as the antimicrobial layer for packaging materials. *International Journal of Food Science & Technology*, 38(2), 165-169. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2003.00657.x>
- Cleveland, J., Montville, T.J., Nes, I.F., Chikindas, M.L. (2001).** Bacteriocins: Safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 71, 1-20. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00560-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00560-8)
- Coma, V. (2008).** Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. *Meat Science*, 78, 90-103. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.035>
- Coma, V. (2012).** Antimicrobial and antioxidant active packaging for meat and poultry. In *Advances in meat, poultry and seafood packaging* (pp. 477-503). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857095718.4.477>
- Cooksey, K. (2001).** Antimicrobial food packaging materials. *Additives for Polymer*, 8, 6-10. [https://doi.org/10.1016/S0306-3747\(01\)80187-1](https://doi.org/10.1016/S0306-3747(01)80187-1)
- Cotter, P.D., Hill, C., Ross, R.P. (2005).** Bacteriocins: Developing innate immunity for food. *Nature Reviews*, 3, 777-788. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1273>
- Cutter, C.N. (1999).** The effectiveness of triclosan-incorporated plastic against bacteria on beef surfaces. *Journal of Food Protection*, 62(5), 474-479. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-62.5.474>
- Cutter C.N., Willet J.L., Siragusa G.R. (2001).** Improved antimicrobial activity of nisin-incorporated polymer films by formulation change and addition of food grade chelator. *Letters in Applied Microbiology*, 33(4), 325-328. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.2001.01005.x>
- Çelebi Sezer, Y., Bozkurt, H. (2019).** Use of novel casing in sucuk production: Antimicrobials incorporated into multilayer plastic film. *Acta Alimentaria*, 48(1), 1-8. <https://doi.org/10.1556/066.2018.0001>
- Dawson, P.L., Carl, G.D., Acton, J.C., Han, I.Y. (2002).** Effect of lauric acid and nisin impregnated soy-based films on the growth of *Listeria monocytogenes* on turkey bologna. *Poultry Science*, 81, 721-726. <https://doi.org/10.1093/ps/81.5.721>
- Dobrucka, R., Cierpiszewski, R. (2014).** Active and intelligent packaging food research and development- a review. *Poish Journal of Food and Nutrition Science*, 64(1), 7e15. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0091-3>
- Espitia, P.J.P., Batista, R.A., Otoni, C.G., Soares, N.F.F. (2016).** Antimicrobial food packaging incorporated with triclosan: potential uses and restrictions. In *Antimicrobial food packaging* (pp. 417-423). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800723-5.00033-4>
- European Union (1995).** European Parliament and Council Directive No 95/2/EC of 20 February 1995 on food additives other than colours and sweeteners. Available from: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/> (Accessed: 24.07.2020)
- EU (2009).** Guidance to the commission regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. *Off J Eur Union*, L135, 3-11.

- Fang, Z., Zhao, Y., Warner, R.D., Johnson, S.K. (2017). Active and intelligent packaging in meat industry. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 60-71.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.002>
- FDA (2001). U.S. Office of Premarket Approval, Agency Response Letter GRAS Notice No. GRN 000064: Lysozyme. Available from: [https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/](https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm153975.htm) NoticeInventory/ucm153975.htm. Accessed 2017 October 25.
- Feng, X., Fu, C., Yang, H. (2017). Gelatin addition improves the nutrient retention, texture and mass transfer of fish balls without altering their nanostructure during boiling. *LWT- Food Science and Technology*, 77, 142-151.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.024>
- Franklin, N.B., Cooksey, K.D., Getty, K.J.K. (2004). Inhibition of *Listeria monocytogenes* on the surface of individually packaged hot dogs with a packaging film coating containing nisin. *Journal of Food Protection*, 67(3), 480-485.  
<https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.3.480>
- Guerra, N.P., Macias, C.L., Agrasar, A.T, Castro, L.P. (2005). Development of a bioactive packaging cellophane using Nisaplin as biopreservative agent. *Letters in Applied Microbiology*, 40, 106-110.  
<https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2004.01649.x>
- Ha, J.U., Kim, Y.M., Lee, D.S. (2001). Multilayered antimicrobial polyethylene films applied to the packaging of ground beef. *Packaging Technology and Science*, 15, 55-62.  
<https://doi.org/10.1002/pts.537>
- Han, J.H. (2000). Antimicrobial Food Packaging. *Food Technology*, 54(3), 56-65.
- Imran, M., Revol-Junelles, A. M., Martyn, A., Tehrani, E. A., Jacquot, M., Linder, M., Desobry, S. (2010). Active Food Packaging Evolution: Transformation from Micro- to Nanotechnology, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(9), 799-821.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2010.503694>
- Joerger, R.D., Sabesan, S., Visioli, D., Urian, D., Joerger, M.C. (2009). Antimicrobial activity of chitosan attached to ethylene copolymer films. *Packaging Technology and Science*, 22, 125-138.  
<https://doi.org/10.1002/pts.822>
- Junior, A.V., Fronza, N., Bortolini Foralosso, F., Dezen, D., Huber, E., Zimnoch dos Santos, J.H., Francisco Machado, R.A., Novy Quadri, M.G. (2015). Biodegradable duo-functional active film: Antioxidant and antimicrobial actions for the conservation of beef. *Food Bioprocess and Technology*, 8, 75-87.  
<https://doi.org/10.1007/s11947-014-1376-9>
- Kim, Y.M., Paik, H.D., Lee, D.S. (2002). Shelf-life characteristics of fresh oysters and ground beef as affected by bacteriocin-coated plastic packaging film. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 998-1002.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.1125>
- Lee, C.H., An, D.S., Lee, S.C., Park, H.J., Lee, D.S. (2004). A coating for use as an antimicrobial and antioxidative packaging material incorporating nisin and  $\alpha$ -tocopherol. *Journal of Food Engineering*, 62(4), 323-329.  
[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00246-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00246-2)
- Limjaroen, P., Ryser, E., Lockhart, H., Harte, B. (2005). Inactivation of *Listeria monocytogenes* on beef Bologna and Cheddar cheese using polyvinylidene chloride films containing sorbic acid. *Journal of Food Science*, 70(5), M267-M71.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09982.x>
- Marcos, B., Aymerich, T., Monfort, J. M., Garriga, M. (2007). Use of antimicrobial biodegradable packaging to control *Listeria monocytogenes* during storage of cooked ham. *International Journal of Food Microbiology*, 120(1-2), 152-158.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.06.003>
- 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*. *Journal of Applied Microbiology*, 97, 314-322.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02299.x>
- McMillin, K.W. (2017). Advancements in meat packaging. *Meat science*, 132, 153-162.  
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.015>
- Min, S., Harris, L.J., Krochta, J.M. (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. *Journal of Food Science*, 70(7), 332-338.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11476.x>

Millette, M., Le Tien, C., Smoragiewicz, W., Lacroix, M. (2007). Inhibition of *Staphylococcus aureus* on beef by nisin-containing modified alginate films and beads. *Food Control*, 18, 878-884.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.05.003>

Ming, X., Weber, G., Ayres, J., Sandine, W. (1997). Bacteriocins applied to food packaging materials to inhibit *Listeria monocytogenes* on meats. *Journal of Food Science*, 62, 413-415.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb04015.x>

Natrajan, N., Sheldon, B.W. (2000). Efficacy of nisin-coated polymer films to inactivate *Salmonella typhimurium* on fresh broiler skin. *Journal of Food Protection*, 63, 1189-1196.

<https://doi.org/10.4315/0362-028X-63.9.1189>

Neetoo, H., Ye, M., Chen, H., Joerger, R.D., Hicks, D.T., Hoover, D.G. (2008). Use of nisin-coated plastic films to control *Listeria monocytogenes* on vacuum-packaged cold-smoked salmon. *International Journal of Food Microbiology*, 122(1-2), 8-15.

<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.043>

Panea, B., Ripoll, G., González J., Fernández-Cuello, A., Albertí P. (2014). Effect of nanocomposite packaging containing different proportions of ZnO and Ag on chicken breast meat quality. *Journal of Food Engineering*, 123, 104-112.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.029>

Quesada, J., Sendra, E., Navarro, C., Sayas-Barberá, E. (2016). Antimicrobial active packaging including chitosan films with *Thymus vulgaris* L. essential oil for ready-to-eat meat. *Foods*, 5(3), 57.

<https://doi.org/10.3390/foods5030057>

Quintavalla, S., Vicini, L. (2002). Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science*, 62, 373-380.

[https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00121-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00121-3)

Quattara, B., Simard, R. E., Piette, G., Bégin, A., Holley, R.A. (2000). Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with Chitosan. *International Journal of Food Microbiology*, 62, 139-148.

[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00407-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00407-4)

Radusin, T.I., Ristić, I.S., Pilić, B.M., Novaković, A.R. (2016). Antimicrobial nanomaterials for food packaging applications. *Food and Feed Research*, 43(2), 119-126.

<https://doi.org/10.5937/FFR1602119R>

Realini, C. E., Marcos, B. (2014). Active and intelligent packaging systems for a modern society. *Meat Science*, 98, 404-419.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.031>

Ruiz-Navajas, Y., Viuda-Martos, M., Sendra, E., Perez-Alvarez, J.A., Fernández-López J. (2013). In Vitro antioxidant and antifungal properties of essential oils obtained from aromatic herbs endemic to the southeast of Spain. *Journal of Food Protection*, 76(7), 1218-1225.

<https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-554>

Ruiz-Navajas, Y., Viuda-Martos, M., Barber, X., Sendra, E., Perez-Alvarez, J.A., Fernández-López J. (2015). Effect of chitosan edible films added with *Thymus moroderi* and *Thymus piperella* essential oil on shelf-life of cooked cured ham. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6493-6501.

<https://doi.org/10.1007/s13197-015-1733-3>

Santiago-Silva, P., Soares, N.F.F., Nobrega, J.E., Junior, M.A.W., Barbosa, K.B.F., Volp, A.C.P., Zerdas, E.R.M.A., Würllitzer, N.J. (2009). Antimicrobial efficiency of film incorporated with pediocin (ALTA® 2351) on preservation of sliced ham. *Food Control*, 20, 85-89.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.02.006>

Scannell, A.G.M., Hill, C., Ross, R.P., Marx, S., Hartmeier, W., Arendt, E.K. (2000). Development of bioactive food packaging materials using immobilised bacteriocins Lacticin 3147 and Nisaplin. *International Journal of Food Microbiology*, 60, 241-249.

[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00314-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00314-7)

Sezer, U.A., Sanko, V., Yuksekdağ, Z.N., Uzundağ, D., Sezer, S. (2016). Use of oxidized regenerated cellulose as bactericidal filler for food packaging applications. *Cellulose*, 23(5), 3209-3219.

<https://doi.org/10.1007/s10570-016-1000-4>

Seydim, A.C., Sarikus, G. (2006). Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Research International*, 39(5), 639-644.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.01.013>

Siragusa, G., Cutter, C., Willett, J. (1999). Incorporation of bacteriocin in plastic retains activity and inhibits surface

growth of bacteria on meat. *Food Microbiology*, 16(3), 229-35.

<https://doi.org/10.1006/fmic.1998.0239>

**Skandamis, P.N., Nychas, G.J.E. (2002).** Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 79, 35-45.

[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00177-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00177-0)

**Sofos, J.N. (2008).** Challenges to meat safety in the 21st century, *Meat Sciences*, 78, 3-13.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.027>

**Soysal, Ç., Bozkurt, H., Dirican, E., Güçlü, M., Bozhüyük, E.D., Uslu, A.E., Kaya, S. (2015).** Effect of antimicrobial packaging on physicochemical and microbial quality of chicken drumsticks. *Food Control*, 54, 294-299.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.009>

**Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., Bigger, S.W. (2003).** Active Packaging Technologies With an Emphasis on Antimicrobial Packaging and its Applications, *Journal of Food Science*, 68(2), 408-420.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05687.x>

**Üçüncü, M. (2011).** Gıda Ambalajlama Teknolojisi. Ambalaj Sanayicileri Derneği İktisadi İşletmesi, İstanbul, Türkiye, 896 s.

**Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van Beest, M., de Kruijf, N., Debevere, J. (1999).** Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 10, 77-86.

[https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00032-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00032-1)

**Vermeiren, L., Devlieghere, F., Debevere, J. (2002).** Effectiveness of some recent antimicrobial packaging concepts.

*Food Additives and Contaminants(suppl 1.)*, 163-171.

<https://doi.org/10.1080/02652030110104852>

**Wen, P., Zhu, D-H., Feng, K., Liu, F-J., Lou, W-Y., Li, N., Zong, M-H., Wu, H. (2016).** Fabrication of electrospun polylactic acid nanofilm incorporating cinnamon essential oil/ $\beta$ -cyclodextrin inclusion complex for antimicrobial packaging. *Food Chemistry*, 196, 996-1004.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.043>

**Wollfs, P., Radstrom, P. (2006).** Real-time PCR for the detection of pathogens in meat, in L. M. L. NOLLET and F. TOLDRA (eds), *Advanced technologies for meat processing*, London: CRC Press, 131-53.

<https://doi.org/10.1201/9781420017311.ch6>

**Yıldırım, S., Röcker, B., Pettersen, M. K., Nilsen-Nygard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B., Coma, V. (2018).** Active packaging applications for food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 165-199.

<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12322>

**Yingyuad, S., Ruamsin, S., Reekprkhon, D., Douglas, S., Pongamphai, S., Siripatrawan, U. (2006).** Effect of chitosan coating and vacuum packaging on the quality of refrigerated grilled pork. *Packaging Technology and Science*, 19, 149-157.

<https://doi.org/10.1002/pts.717>

**Zhou, G.H., Xu, X.L., Liu, Y. (2010).** Preservation Technologies for Fresh Meat. *Meat Science*, 86, 119-128.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.033>

**Zinoviadou, K.G., Koutsoumanis, K.P., Biliaderis, C.G. (2010).** Physical and thermo-mechanical properties of whey protein isolate films containing antimicrobials, and their effect against spoilage flora of fresh beef. *Food Hydrocolloids*, 24(1), 49-59.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.08.003>