



## Gıda Endüstrisinde Kitosan Filmlerin Önemi

Filiz Uçan<sup>1\*</sup>, Hatice Aysun Mercimek<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 79000 Kilis, Türkiye

<sup>2</sup> Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, 79000 Kilis, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

Geliş 11 Kasım 2013  
Kabul 19 Aralık 2013  
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

**Anahtar Kelimeler:**  
Yenilebilir film  
Kitosan  
Polisakkarit film  
Kaplama materyali

\* Sorumlu Yazar:  
E-mail: ucanfiliz@gmail.com

### ÖZET

Yenilebilir filmlerin sağlık açısından güvenilir olması, basit teknoloji gerektirmesi, üretim maliyetlerinin düşük olması ve çevreyi kirletici etkilerinin olmaması en önemli avantajlarıdır. Gıdanın raf ömrünü uzatan ve paketlenme materyalinin ekonomik verimliliğini artıran yenilebilir filmler için kullanılan en yeni materyallerden biri kitosandır. Kitosan, yengeç, karides, istakoz gibi eklembacaklıların kabuklarında, bazı bakteri ve mantarların hücre duvarlarında bulunan ve doğada selülozdan sonra en yaygın olarak bulunan bir polimer olan kitinin deasetilasyonu sonucu elde edilmektedir. Kitosan hemostatik, bakteriyostatik, fungistatik, spermisidal, antikanserijen, antikolesteremik, antiasid, antiülser, yara ve kemik iyileşmesini hızlandırıcı, immün sistem stimulan gibi önemli biyoaktif özelliklere sahiptir. Bu özelliklerinin yanı sıra film oluşturabilme ve bariyer özellikleri kitosanı antimikrobiyal özellikte yenilebilir film ve kaplamalar için ideal bir materyal haline getirmektedir. Özellikle sebze ve meyvelerin kalitelerinin korunması ve depolama sürelerinin artırılmasında kitosanın kullanım potansiyeli ortaya konulmuştur. Gıdaların kitosan film ile kaplanması ambalaj içindeki kısmi oksijen basıncını azaltmakta, gıda ile çevresi arasındaki nem transferi ile sıcaklığı kontrol altında tutmakta; su kaybını azaltmakta, meyvelerde enzimatik kahverengileşmeyi geciktirmekte ve solunumu kontrol etmektedir. Bunlara ilave olarak doğal aromanın artırılması, tekstürün ayarlanması, emülsifiye edici etkinin artırılması, rengin stabilizasyonu ve deasidifikasyon gibi konularda da kitosandan yararlanılmaktadır.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 1(2): 79-85, 2013

## The Importance of Chitosan Films in Food Industry

### ARTICLE INFO

**Article history:**  
Received 11 November 2013  
Accepted 19 December 2013  
Available online, ISSN: 2148-127X

**Keywords:**  
Edible film  
Chitosan  
Polysaccharide film  
Coating material

\* Corresponding Author:  
E-mail: ucanfiliz@gmail.com

### ABSTRACT

Requirement simple technology, low production costs, lack of polluting effects and reliability in terms of health of it is the most important advantages of edible films. Chitosan that extend the shelf life of food and increase the economic efficiency of packaging materials is one of the new materials used for edible films. Chitosan was obtained by deacetylation of chitin which is the most commonly occurred polymer after cellulose in nature, in shells of arthropods such as crab, shrimp, lobster and in cell walls of some bacteria and fungi. Chitosan has the important bioactive properties such as hemostatic, bacteriostatic, fungistatic, spermicidal, anticarcinogenic, anticholesteremic, antacids, antiulcer, wound and bone healing accelerator and stimulating the immune system. As well as these features, the film forming and barrier properties of its, chitosan is made the ideal material for edible films and coatings in antimicrobial characters. Especially, in the protection of qualities and the improving storage times of fruits and vegetables, have been revealed the potential use of chitosan. The coating food with chitosan films reduces the oxygen partial pressure in the package, maintains temperature with moisture transfer between food and its environment, declines dehydration, delays enzymatic browning in fruits and controls respiration. In addition to, chitosan are also used on issues such as the increasing the natural flavour, setting texture, increasing of the emulsifying effect, stabilization of color and deacidification.

## Giriş

### *Yenilenebilir Film veya Kaplamalar*

Günümüzde gıda endüstrisinde enzimatik ve mikrobiyal bozulmanın geciktirilmesi ile gıda güvenliğinin sağlanması için farklı muhafaza ve ambalaj teknikleri kullanılmaktadır (Dursun ve Erkan, 2009). Özellikle mikrobiyal bozulmanın önlenmesi için kullanılan düşük sıcaklık ve modifiye atmosfer paketleme tekniklerinin yeterli düzeyde etkili olmaması nedeniyle bu uygulamaların yerini alabilecek yeni ve ilerlemiş endüstriyel metodların geliştirilmesi kaçınılmaz hal almıştır. Gıdasal ürünlerdeki meydana gelen bozulmaları önlemek ve patojen mikroorganizmaları inhibe etmek için geliştirilen bu tekniklerden bir tanesi de yenilenebilir film veya kaplamalardan faydalanmaktadır (Duran, 2013).

Yenilenebilir film veya kaplamalar; gıdaları korumak, raf ömürlerini uzatmak amacıyla bir gıdanın yüzeyi üzerinde oluşturulmuş ince tabakalı, gıdalla birlikte yenilebilen ve sentetik olmayıp doğal kaynaklardan elde edilen maddelerdir (Dursun ve Erkan, 2009).

Yenilenebilir film veya kaplamaların kullanımı yeni bir uygulama olmamakla birlikte, son yıllarda gittikçe önem kazanmaktadır. İlk defa Çin’de limon ve portakallar nem kayıplarını azaltmak amacıyla mumla kaplanmaktaydı. Aynı amaçla 16. yüzyılda Avrupa’da etlerin yüzeyi yağlarla kaplanmış, yağlarla beraber jelatin kaplamaların kullanılmaya başlanması 19. yüzyılda gerçekleşmiştir. Yenilenebilir film veya kaplamaların uygulamaları bununla da sınırlı kalmamış, sosis gibi et ürünlerinde hayvan bağırsağı yerine yenilenebilir kollojen kılıflar kullanılmaya başlanmıştır (Kester ve Fennema, 1986; Ayana, 2007).

### *Kaplamaların Gıda Koruma Mekanizması*

Taşıma ve depolama aşamaları sırasında gıdasal ürünlerde, sahip oldukları belirli su veya gaz (oksijen, karbondioksit) geçirgenliği ile kullanıldıkları gıdanın su kaybını önledikleri gibi oksijen geçirgenliğini azalttıkları için mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalara karşı gıdaların korunması, özellikle et ürünlerinde yağ oksidasyonunun engellenmesi, suyun yanı sıra aroma bileşikleri, pigmentler, kararım tepkimelerini durduran iyonlar ve vitaminler gibi maddelerin ürünlerin içinde tutulması ile az işlenmiş ürünlerin raf ömrünün arttırılması, gıdaların pürüzsüz ve parlak görünüm kazandırarak duyuşal özelliklerin iyileştirmesi, besin ögesinin, antimikrobiyal maddelerin, antioksidanların ve renk maddelerinin çok iyi birer taşıyıcısı olmalarından dolayı gıda yüzeyindeki mikroorganizmaların sayısını azaltılması ya da üreme hızının yavaşlatılması ile gıdaların patojen mikroorganizmalardan korunması, bu kaplamaların gıda ürünlerinin korunmasındaki temel mekanizmaları oluşturmaktadır (Duran, 2013; Çağrı-Mehmetoğlu, 2010).

### *Film veya Kaplama Bileşenleri*

Yenilenebilir filmlerin hazırlanmasında temelde hidrokolloidler (protein ve polisakkarit), lipidler ve kompozitlerden (hidrokolloid+lipid) yararlanılmaktadır (Dursun ve Erkan 2009). Hidrokolloidler karbonhidratlar (aljininler, dekstrin, pektin ve selüloz), proteinlerden (buğday, süt ve soya proteini, mısır, kazein ve kollajen)

oluşurken lipidler ise; mumları, yağ asitlerini, asilgliserollerini kapsamaktadır (Çağrı-Mehmetoğlu 2010).

### *Yenilenebilir Film veya Kaplamaların Üretimi*

Yenilenebilir film veya kaplamaların üretiminde basit koaservasyon, çözücü uzaklaştırarak, ısıl jelleşme ve eriyiğin katılaştırılması gibi işlemler kullanılmaktadır. (Kester ve Fennema, 1986; Çağrı-Mehmetoğlu, 2010).

- *Basit koaservasyon işlem:* İki zıt yüke sahip hidrokolloidler çözeltisi karıştırılarak polimer kompleksi etkileşerek çökelti elde edilmesine dayalıdır.
- *Çözücünün uzaklaştırılması:* Hidrokolloid filmlerin üretiminde en çok kullanılan işlemlerden biri olmakla birlikte, Moleküller arası etkileşimin değişik fiziksel ve kimyasal muamelelerle daha kararlı hale getirilmesi prensibine dayanmaktadır. Film çözeltisindeki makromoleküller su, etanol, ya da asetik asit gibi çözücülerle dispers haldeyken ortama plastikleştirici veya diğer katkı maddeleri eklenir. Düz bir yüzeye ince bir tabak halinde dökülen karışım, kurutulur ve yüzeyden soyularak kullanılmaktadır.
- *Isıl jelleşme:* Protein filmlerin hazırlanmasında tercih edilen bu yöntemde makromoleküllerin karışımları protein denatürasyonu, jel oluşumu ve çökme işlemlerinin kapsayan jelatinizasyon ve koagülasyon aşamalarının gerçekleşmesi için ısıl işleme tabii tutulmasıdır. Denatürasyon aşamasında, protein kompleksindeki moleküler arası disülfid bağları kırılmakta ve proteinlerin çökmesi ile birlikte film kurutulması sırasında tekrar disülfid bağları kurulur, hidrojen ve hidrofobik bağlar ile birlikte polipeptid zincirlerin birbirlerine daha sıkı bağlanmaları sağlanmaktadır.
- *Eriyiğin katılaştırılması:* Eritmeyi izleyen hızlıca katılaştırma prosesidir. Lipid kaynaklı filmlerden en çok uygulama alanı bulan metottur. Mum içeren filmlerde, erimiş mumların metil selülozdan yapılmış kuru filmler üzerine dökülüp katılaştırılması ile yapılmaktadır.

### *Yenilenebilir Film veya Kaplamaların Uygulama Alanları*

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 yenilenebilir filmlerin veya kaplamaların gıdalara uygulanma çalışmalarıdır (Ayana ve Turhan, 2010).

### Yenilebilir Film veya Kaplamaların Avantajları

Yenilemeyen polimerik ambalaj materyallerine göre avantajları şu şekilde sıralanabilmektedir (Gennadios ve Weller, 1991; Inanlı ve Kuzgun, 2011).

- Ambalajlanmış ürün ile birlikte tüketilmesi ve dolayısıyla çevre kirliliği açısından bir risk oluşturmayan ideal bir ambalaj olması,
- Tüketilmeler dahi, doğada polimerik materyallerden daha hızlı şekilde parçalanmaları,
- İçine eklenen çeşitli komponentlerle (renk maddesi, tatlandırıcı maddeler, flavor maddeler) desteklenerek, uygulandıkları gıdaların organoleptik özelliklerinin arttırmak,
- Özellikle proteinden yapılmış filmler için gıdaların beslenme değerlerini arttırmak,
- Bezelye, fasulye, çilek ve fındık gibi tek tek ambalajlanamayan ürünlerin, küçük porsiyonlar halinde ambalajlanmasına olanak sağlanması,
- Pizza, börek ve yufka gibi heterojen gıdalarda farklı tabakalar arasına uygulanabilirlik ve dolayısıyla nem göçüne dayalı bozulmalarının önlenmesi,
- Gıda yüzeyine uygulanmasına olanak sağlayarak yüzeydeki koruyucu maddelerin iç kısımlara difüzyonunun hızını kontrol etmeye olanak sağlanması,
- İşleme, depolama ve dağıtım sürecinde ısıya karşı dayanıklı ürünler elde edilmesine olanak sağlanması,
- Bu kaplamalar sırasında kullanılan materyallerin kanserojen riski taşıması,
- Sağlık açısından güvenilir olması, basit teknolojiler ile üretilmesi ve üretim maliyetlerinin düşük olması,
- Gıdanın raf ömrünü uzatan ve paketleme materyalinin ekonomik verimliliği artırması,
- Yenilemeyen filmler ile çok katlı ambalaj materyali olarak kullanılabilir olması.

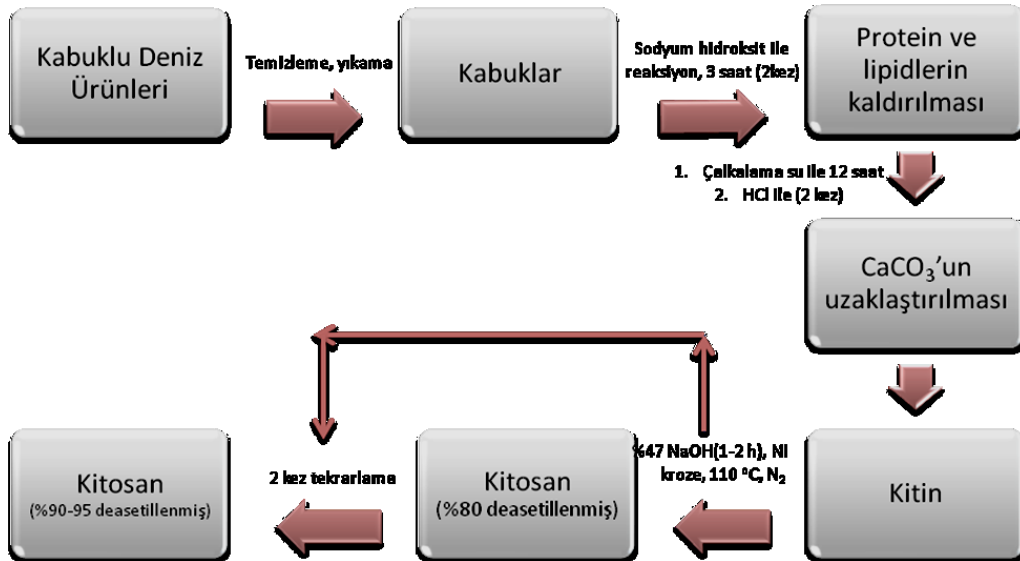
Bu derlemede polisakkarit kökenli bir materyal olan kitosanın yenilebilir film veya kaplama maddesi olarak kullanımı tartışılacaktır.

### Yenilebilir Film ve Kaplama Materyali Olarak Kitosan

Rouget tarafından 1859 yılında keşf edilmiş ve moleküler ağırlığı 50-2000 kDa arasında değişen lineer polikationik bir polisakkarit olan kitosan [poli- $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-2-amino-2-deoksi-D-glukopiranoz)], bazı mantar hücre duvarlarının yanı sıra deniz diatomları ve alglerin; böcekler ve kabukluların dış iskeletinin yapısal bileşeni olarak bilinen kitinin alkalik deasetilasyonu sonucu üretilebilmektedir (Jiang, 2011). Doğal kaynaklı bir biyopolimer olan kitosan gıda kaynaklı bakteri, küf ve mantarlara karşı antimikrobiyal aktivitesi ile gıdalar için potansiyel bir koruyucu katkı maddesidir (Inanlı ve Kuzgun, 2011).

### Kitosanın Yapısı ve Özellikleri

Karides, pavyuya, istiridye ve ıstakoz gibi kabukluların dış iskeletlerinin asıl bileşenini oluşturan kitinden demineralizasyon, deproteinizasyon, dekolarizasyon ve deasetilasyon aşamalarını içeren kimyasal proseslerin uygulanmasıyla ticari olarak elde edilen kitosan hidrofilik karakterde (Songa ve ark., 2008) bir polisakkarittir (Ak Kalut, 2008; George ve ark., 2011; Roberts, 2009). Kitinin moleküler yapısından (Şekil 1.) asetil gruplarının kaldırılması temeline dayanan alkalik deasetilasyon prosesi sonucu üretilen ko-polimer, (1-4)-2-amin-2-deoksi- $\beta$ -D-glukan ve (1-4)-2-asetamid-2-deoksi- $\beta$ -D-glukan; kitosan olarak tanımlanmaktadır (Prabu ve Nataraja, 2012; Toharisma ve Suhartono, 2008). N-deasetilasyon prosesi tamamen gerçekleşmediği için kitosan kitinin kısmi N-deasetile ürünü olarak değerlendirilmektedir (De Britto ve ark., 2011; George ve ark., 2011; Goy ve ark., 2009; Jiang, 2011). Yapısal olarak N-asetil D-glukozamin ve D-glukozamin adlı iki monosakkaritin  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) bağları ile bağlanması sonucu oluşan yüksek molekül ağırlıklı lineer bir heteropolisakkarit olan kitosan, 2. 3. ve 6. pozisyonundaki C atomuna bağlı birincil ve ikincil hidroksil gruplarının yanı sıra bir amino grubundan oluşan 3 tip reaktif fonksiyonel grup içermektedir (De Britto ve ark., 2011; Jiang 2011; Varesano ve ark., 2011).



Şekil 1. Kitinin deasetilasyonu ile kitosanın meydana gelmesi (Yenici, 2012).

Amino grupları kitosanı katyonik bir polielektrolite dönüştürmektedir (Dutta ve ark., 2004). Katı durumdakiler sarımsı-beyaz, şeffaf, kokusuz ve tatsızdır (Koç ve Özkan 2011). Kitinin çözünmemesine karşın, kitosan zincirinde serbest amin grupların varlığı ve bu grupların protonasyonu pH<6'daki sulu organik asit çözümlerinde (asetik, laktik, formik, malik ve sikrik asit) çözünebilir kitosanın çözünürlüğü inorganik asitlerde (sülfürik ve fosforik asit) sınırlıdır (Goy ve ark., 2009; Jiang 2011; Kumirska ve ark., 2011). Kitosanın çözünürlüğü ve aktivitesi, biyolojik kaynağına, moleküler ağırlığına ve deasetilasyon dercesine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Goy ve ark., 2009; Kumirska ve ark., 2011; Xie 2011). Kitosan (CS) biyoyoumluluk, non-toksik oluşu, biyoyapışabilirlik, mükemmel film oluşturma özelliği, biyolojik olarak bozunabilirlik, antibakteriyel etkisi, mükemmel işlenebilirlik ve mekanik özellikleri nedeniyle biyomedikal malzeme ve kaplama materyali olarak kullanımına olanak sağlamaktadır (Yenici 2012).

### Kitosanın Gıda Uygulamaları

Gıda endüstrisinde kitosanın kullanımı fonksiyonel özellikleri, besinsel ve fizyolojik aktiviteleri ile ilişkilendirilmektedir. Gıda takviyesi olarak kullanılmasıyla birlikte kitosanın su, yağ ve boya bağlama kapasitesi ve emülsiyonlaştırma özellikleri göstermesi bu molekülün herhangi bir sürfaktan olmaksızın sabit emülsiyonların hazırlanmasında kullanışlı olduğunu göstermektedir. Kitosan kaplamaların (film) çürümeye neden olan tirozinaz enzimini inaktive ederek domates, çilek gibi sebze ve meyvelerin çürüme veya bozulmalarını önemli ölçüde geciktirerek raf ürünlerinin ömrünü arttırdığı saptanmıştır. Taze, işlenmiş veya paketlenmiş et ve balık ürünlerindeki psikotropik patojenlerin kontrolü için gıda koruyucu olarak, film formu şeklinde kullanılmaktadır. Kitosalla hazırlanmış membranların orta derecede su geçirgenliğine sahip olması, düşük oksijen, azot ve karbondioksit geçirgenliği ve antimikrobiyal özelliği ambalajlama da kullanımı açısından ciddi avantajlar sağlamaktadır. Son zamanlarda gıdalarda esmerleşme inhibitörü olarak sülfidlerin yerine alternatif bir bileşik olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır. Meyve ve sebzelerin kitosalla kaplanarak çürümeye neden olan tirozinaz enzimini inaktive ederek raf ürünlerin raf ömrünü arttırdığı saptanmıştır (Ak Kalut, 2008; Koç ve Özkan, 2011; Shahidi ve ark., 1999).

Kitosanın Kore ve Japonya'da uzun yıllardır gıda katkı maddesi olarak kullanımı yasal olup ABD'de ise GRAS (Generally recognized as safe) olarak onaylanmıştır (No ve ark., 2007).

Kitosanın film oluşturma özelliği, gıda maddelerinin patojenlere karşı korunmasında bu biyopolimere oldukça önemli bir özellik katmaktadır. Bu nedenle kitosanın meyvelerin saklanması potansiyel bir kaplama ajanı olduğu düşünülmektedir (Jiang ve Li, 2001; Kittur ve ark., 2001; Li ve Yu, 2001; Elibol, 2008). Petrokimyasal orijinli plastiklerin çevreye verdiği zararlarla birlikte düşünüldüğünde, biyoparçalanabilirliği kitosana oldukça önemli bir avantaj sağlar; bu yüzden de gıda endüstrisinde de rahatlıkla kullanılabilir (Elibol, 2008). Kitosan mükemmel bir oksijen bariyeri oluşturduğu için

yenilebilir bir film bileşeni, yarı geçirgen özellikteki kitosan filminin sert, dayanıklı, esnek ve kolayca yırtılmayan bir materyal olması önemli avantajları olarak değerlendirilmektedir ve bu özellikleri çoğu ticari polimerle yarışabilir niteliktedir (Caner ve ark., 1998; Jeon ve ark., 2002; López-Caballero ve ark., 2005).

Bilhassa sebze ve meyvelerin kalitelerinin korunması ve depolama süresinin artırılmasında kitosanın kullanım potansiyeli ortaya konulmuştur. Gıdaların kitosan filmi ile kaplanması ambalaj içindeki kısmi oksijen basıncını azaltmakta, gıda ile çevresi arasındaki nem transferi ile sıcaklığı kontrol altında tutmakta; su kaybını azaltmakta, meyvelerde enzimatik kahverengileşmeyi geciktirmekte ve solunumu kontrol etmektedir (Bostan ve ark., 2007). Meyve ve sebzelerin yanı sıra kitosan filmleri et ve su ürünlerinin güvenliğinin sağlanmasında da kaplama materyali olarak başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (López-Caballero ve ark., 2005, Crackel ve ark., 1988; Shahidi ve ark., 2002; Tsai ve ark., 2002; Sathivel, 2005; Yılmaz ve ark., 2006; Comez-Esteca ve ark., 2007; Kim ve Thomas, 2007).

Kitosan filmler, iyi oksijen bariyeridirler ve gıdayı fungal çürümelere karşı korumaktadırlar (Krochta ve De Mulder-Johnston, 1997). Yeşil biber, salatalık ve domatesin olgunlaşmasını geciktirmek ve raf ömrünü azaltmak amacıyla kullanılmaktadırlar (Gontard ve ark., 1996; Lerdtanangkul ve Krochta, 1996).

Farklı koruma fonksiyonlarına sahip yenilebilir film sistemlerinde antimikrobiyal madde yavaş bir şekilde film tabakasından gıdaya geçmektedir. Böylelikle film içerisinde ve gıda yüzeyinde yüksek derişimde antimikrobiyal madde kalmakta ve mikroorganizmalara karşı daha uzun süre etki göstermektedir (Coma ve ark., 2002; Çağrı ve ark., 2002).

Gıdaların raf ömrünün uzatılmasında kitosanın antimikrobiyal etkisinin önemli bir rolü vardır. Yapılan çalışmalar kitosanın birçok mikroorganizmanın (*Escherichia coli*, *Staphylococcus* sp., *Bacillus* sp., *Salmonella* sp., *Listeria* sp., *Micrococcus* sp. ve *Vibrio* sp.) gelişimini inhibe ettiğini göstermiştir (Bostan ve ark., 2007; Tsai ve ark., 2002; Gagne 1993; No ve ark., 2006; Hongpattarakere ve Riyaphan, 2008). Gerek farklı balık türlerinin depolanmasında (Jeon ve ark., 2002; Tsai ve ark., 2002, Sathivel ve Himelblomm, 2005) gerekse diğer gıdaların depolanmasında (Darmadji ve Izumimoto, 1994; Shahidi ve ark., 1999; Roller ve Covill, 2000). Mikroorganizmaların neden olduğu bozulmalar kitosan ilavesi ile geciktirilmiştir. Gıdaların muhafazası ve raf ömrünün artırılmasında kitosanın alternatif olarak kullanılabilmesi çeşitli kaynaklarda yer almıştır. Burada en önemli etki kitosanın antimikrobiyal aktivite göstermesinden ileri gelmektedir. Bu etkinin mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte pozitif yüklü kitosan moleküllerinin negatif yüklü hücre membranına bağlanarak fonksiyonunu bozması; intrasellüler içeriğin dışarı sızmasını teşvik etmesi ve aynı zamanda besin elementlerinin hücreye transportunun inhibe edilmesi; şelatör bir ajan olarak iz elementlere bağlanması ve bu suretle mikrobiyal gelişme ile toksin üretiminin inhibe edilmesi; suyu bağlayarak enzimleri inhibe etmesi; DNA ile bağlanması ve mRNA sentezini engelleyerek üremenin durdurulması gibi çeşitli teoriler ileri sürülmüştür (Bostan

ve ark., 2007).

Çileklerde hasat sonrası hücre içinde yaygın bulunan fungal patojenlerin gelişimi üzerine yapılan çalışmada, *Botrytis cinerea* ve *Rhizopus stolonifer* ile inoküle edilen çileklerin bir kısmı kitosan çözeltisiyle kaplanmış, bir kısmı ise kaplanmamıştır. Kitosanla kaplanmış ve kaplanmamış çilekler, 13°C'de depolandığında kontrol grubunda 1 gün sonra fungal bulaşığı tespit edilirken; kitosanla kaplanmış olanlarda ancak 5 gün sonra bir bulaşığa rastlanmıştır. 14 gün depolama sonunda ise; 15 mg/mL düzeyinde kitosanla kaplı çileklerin, yine aynı funguslar (*Botrytis cinerea* ve *Rhizopus stolonifer*) tarafından bozulması %60 oranında azalmış ve aynı zamanda bu meyvelerin olgunlaşmaları sırasında hiçbir fitotoksiteye rastlanmamıştır. Kitosanın, çileklerin çürümelerini ya mikroorganizmanın hücre duvarında incelmeye ve yıkıma yol açarak (fungustatik niteliği dolayısıyla) ya savunma enzimleri (kitinaz, kitosanaz ve -1,3-glukonaz) oluşturarak ya da bunların kombinasyonu ile kontrol altına aldığı ileri sürülmüş, bu 3 mekanizma arasında en muhtemel olanın fungustatik etki olduğu bildirilmiştir (El Ghaouth ve ark., 1992; Koç ve Özkan, 2011). Kitosan film kaplamaya gıdalarda bir yandan mikrobiyel ve oksidatif stabilite ve enzimatik esmerleşmenin kontrolü sağlanırken diğer yandan gıdanın duysal özellikleri de muhafaza edilebilmektedir (Koç ve Özkan, 2011).

Kitosan kaplama uygulaması, yarı geçirgen bir bariyer oluşturur ve su kaybını azaltır, gaz değişimini kontrol eder, böylece, doku sıklığı sağlanır ve hasat edilmiş sebzelerin mikrobiyel bozulmaları uzun süre engellenmiş olur. Bu durum özellikle meyve ve sebzelerin olgunlaştırılmasının kontrolünde oldukça önemlidir. Ayrıca, bu uygulama ile fenolik maddelerin oksidasyonuna neden olan PPO aktivitesi inhibe edilerek enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının azaltıldığı ve dolayısıyla gıdaların duysal özelliklerinin de olumlu yönde etkilendiği belirlenmiştir (Taştan ve Baysal, 2013). Zhang ve ark. (2011)'nin yaptığı bir çalışmada, düşük molekül ağırlıklı kitosan ile kaplanan turuncgillerin; 25°C'de 14 gün depolamadan sonra, *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Botrydiodia lecanidion* ve *Botrytis cinerea* bozulmalarını önemli ölçüde inhibe ettiği belirlenmiştir. Öte yandan; sertlik, toplam suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve askorbik asit içeriğinin de olumlu yönde etkilendiği belirtilmiştir. Soğukta saklanan brokolinin mikrobiyolojik ve duysal kalitesi üzerine kitosan film ile kaplama uygulamasının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; kitosan kaplama uygulamasının, depolama süresi boyunca toplam koliform gelişimini engellediği, kontrol örneklerine göre toplam mezofil ve psikrofil bakteri sayılarında önemli azalmalar olduğu saptanmıştır. Ayrıca, kitosan uygulaması toplam *E.coli* sayımı üzerinde de bakterisidal bir etki meydana getirmiş, sararma ve renk açılmalarını (klorofil parçalanması) inhibe etmiştir (Taştan ve Baysal, 2013).

Farklı organik (asetik, laktik ve propiyonik) asitler kullanılarak elde edilen kitosan kaplama materyalinin taze yumurtaların raf ömrü ve kabuk mukavemetini geliştirme üzerine etkinliği araştırılmıştır. Bu amaçla kaplanmamış (kontrol grubu) ve asetik, laktik ve propiyonik asit kullanılarak üretilen kitosan kaplama materyaliyle

kaplanan taze yumurtaların bir ay depolama süresince yumurta kının pH'sı ve kabuk kırılma dirençleri araştırılmıştır. Kitosanla kaplanmış yumurtaların pH değerleri 4 hafta depolama sonunda asetik asit kullanılarak kaplanarlarda 8,85, laktik asitte 8,75 ve propiyonik asitte 8,74 iken, kaplanmamışlarda ise 9,30 olduğu tespit edilmiştir. Kaplanmış yumurtaların düşük pH'a sahip olması kitosan kaplamanın kütle transferini azaltarak bariyer görevi yaptığı böylece yumurtanın tazeliğini koruduğu (raf ömrünü arttırdığı) ileri sürülmüştür (Cansız ve ark., 2006).

## Sonuç

Gıdanın raf ömrünü uzatan ve paketleme materyalinin ekonomik verimliliğini arttıran yenilebilir filmler için kullanılan en yeni materyallerden biri kitosandır. Doğal kaynaklı bir biyopolimer olan kitosan gıda kaynaklı bakteri, küf ve mantarlara karşı antimikrobiyal aktivitesi ile gıdalar için potansiyel bir koruyucu katkı maddesidir. Bu özelliğinin yanı sıra film oluşturabilme ve bariyer özelliklerinin olması kitosanın antimikrobiyal özellikte yenilebilir film ve kaplamalar için ideal bir materyal haline getirmektedir. Kitosan kaplama uygulaması, yarı geçirgen bir bariyer oluşturur ve su kaybını azaltır, gaz değişimini kontrol eder, böylece, doku sıklığı sağlanır ve hasat edilmiş meyve ve sebzelerin mikrobiyel bozulmaları uzun süre engellenmiş olur, et ürünlerinde ise lipid oksidasyonu engellenerek korunma sağlanır. Deniz kabuklarından kitosan elde edilebileceği ve bu sayede hem doğada büyük miktarda atık yükü oluşturan deniz kabuklarının önüne geçilebileceği hem de insan sağlığına herhangi bir yan etkisi olmayan bu ürünün kullanımından yararlanılmış olabileceği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- Ak Kalut S. 2008. Enhancement of Degree of Deacetylation of Chitin in Chitosan Production, (Bachelor Thesis), Faculty of Chemical Engineering and Natural Resources University Malaysia Pahang.
- Ayana B. 2007. Antimikrobiyal yenilebilir filmlerin üretimi ve özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mersin, pp.6.
- Ayana B, Turhan KN. 2010. Gıda Ambalajlamasında Antimikrobiyel Madde İçeren Yenilebilir Filmler/ Kaplamalar Ve Uygulamaları. Gıda 35: 151-158.
- Bostan K, Aldemir T, Aydın A. 2007. Kitosan ve Antimikrobiyal Aktivitesi. Türk Mikrobiyal Cem Dergisi, 37: 118-127.
- Çağrı-Mehmetoğlu A. 2010. Yenilebilir Filmlerin ve Kaplamaların Özelliklerini Etkileyen Faktörler. Akademik Gıda 8: 37-43.
- Çağrı A, Ustunol Z, Ryser ET. 2002. Inhibition of Three Pathogens on Bologna and Summer Sausage Using Antimicrobial Edible Films, Journal of Food Science, 67: 2317-2324.
- Caner C, Vergano PJ, Wiles JL. 1998. Chitosan Film Mechanical and Permeation Properties as Affected by Acid, Plasticizer, and Storage Journal of Food Science, 63: 1049-1053.
- Cansız Ö, Aday MS, Caner C. 2006. Kitosan kaplama materyalinin yumurtanın kabuk mukavemetini (kalite kriterini) geliştirmede etkinliği. Türkiye 9. Gıda kongresi Bildiriler kitabı, Bolu. Gıda teknolojisi derneği yayın no:33, sim matbaası, Ankara.

- Crackel RL, Gray JF, Booren AM, Pearson AM, Buckley DJ. 1988. Effect of antioxidants on lipid stability in restuctured beef steaks, *Journal of Food Science*, 53: 655–657.
- Coma V, Martial-Gros A, Garreau S, Copinet A, Salin F, Deschamps A. 2002. Edible Antimicrobial Films Based on Chitosan Matrix, *Journal of Food Science*, 67: 1162–1169.
- Darmadji P, Izumimoto M. 1994. Effect of chitosan in meat preservation. *Meat Sci* 38: 243–54.
- De Britto D, Goy RC, Filho SPC, Assis OBG. 2011. Quaternary Salts of Chitosan: History, Antimicrobial Features, and Prospects, *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 1-12.
- Duman SS, Şenel S. 2004. Kitosan ve veteriner alandaki uygulamaları, *Veteriner Cerrahi Dergisi*, 10: 62–72.
- Duran M. 2013. Doğal antimikrobiyal katkılı kitosan kaplama ile çileğin raf ömrünün artırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Çanakkale.
- Dursun S, Erkan N. 2009. Yenilebilir Protein Filmler Ve Su Ürünlerinde Kullanımı. *Journal of Fisheries Sciences*. 3: 352–373.
- Dutta PD, Dutta J, Tripathi VS. 2004. Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications, *Journal of Scientific & Industrial Research*, 63: 20–31.
- Elibol M. 2008. Kabuklu Katı deniz ürünleri artıklarından kitin, kitosan ve türevlerinin üretimi, Tübitak Proje No: 106M241, İzmir.
- El Ghaouth A, Arul J, Asselin A, Benhamou N. 1992. Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycol. Res.*, 96: 769–779.
- Gagne N. 1993. Production of Chitin and Chitosan from Crustacean Waste and Their Use as a Food Processing Aid. Master Thesis, Department of Food Science and Agricultural Chemistry, McGill University, Montreal, Canada.
- Gennadios A, Welle CL. 1991. Edible films and coatings from soymilk and soy protein. *Cereal foods world*. 36: 44–47.
- George TS, Guru KSS, Vasanthi NS, Kannan KP. 2011. Extraction, Purification And Characterization Of Chitosan From Endophytic Fungi Isolated From Medicinal Plants, *World Journal of Science and Technology*, 1: 43–8.
- Gomez-Esteca 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 Chemistry*, 105: 511–520.
- Gontard N, Thibault R, Cuq B, Guilberts S. 1996. Influence of Relative Humidity and Film Composition on Oxygen and Carbon dioxide Permeabilities of Edible Films. *J. Agric. Food Chem*, 44:1064–1069.
- Goy RC, Britto D, Assis OBG. 2009. A Review of the Antimicrobial Activity of Chitosan, *Ciência e Tecnologia*, 19: 241–47.
- Hongpattarakere T, Riyaphan O. 2008. Effect of Deacetylation Conditions on Antimicrobial Activity of Chitosans Prepared from Carapace of Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*). *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 30: 1–9.
- Inanlı GA, Kuzgun KN. 2011. Uçucu yağlarla zenginleştirilmiş kitosan filmlerin antimikrobiyal aktivitesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 7: 28–35.
- Jeon YJ, Kamil JYVA, Shahidi F. 2002. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20: 5167–5178.
- Jiang L. 2011. Comparison Of Disk Diffusion, Agar Dilution, and Broth Microdilution for Antimicrobial Susceptibility Testing Of Five Chitosans, (Ms Thesis), Louisiana State University China.
- Jiang YM, Li YB. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*, 73: 139–143.
- Kester JJ, Fennema OR. 1986. Edible Films and Coatings: A Review, *Food Technology*, 40: 47–58.
- Kittur FS, Saroja N, Habibunnisa-Tharanathan RN. 2001. Polysaccharide-based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. *European Food Research and Technology*, 213: 306–311.
- Kim KW, Thomas RW. 2007. Antioxidative activity of chitosans with varying molecular weights, *Food Chemistry*, 101: 308–313.
- Koç BE, Özkan M. 2011. Gıda endüstrisinde kitosanın kullanımı. *Gıda Dergisi* 36 (3): 161–168.
- Krochta JM, De Mulder-Johnston C. 1997. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities, *Food Technology*, 51: 61–74.
- Kumirska JX, Weinhold M, Thoming J, Stepnowski P. 2011. Biomedical Activity of Chitin/Chitosan Based Materials—Influence of Physicochemical Properties Apart from Molecular Weight and Degree of N-Acetylation, *Polymers*, 3: 1875–1901.
- Lerdthanangkul S, Krochta JM. 1996. Edible Coating Effects on Postharvest Quality of Green Bell Peppers, *Journal of Food Science*, 61: 97–103.
- Li HY, Yu T. 2001. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of the Science and Food and Agriculture*, 81: 269–274.
- López-Caballero ME, Gómez-Guillén MC, Pérez-Mateos M, Montero P. 2005. A Chitosan Gelatin Blend As A Coating For Fish Patties. *Food Hydrocolloids*, 19: 303–311.
- No HK, Meyers SP, Prinyawiwatkul W, Xu Z. 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *J Food Sci*, 72: 87–100.
- No HK, Kim SH, Lee SH, Park NY, Prinyawiwatkul W. 2006. Stability and Antibacterial Activity of Chitosan Solutions Affected by Storage Temperature and Time. *Carbohydrate Polymers*, 65: 174–178.
- Prabu K, Nataraja E. 2012. In Vitro Antimicrobial and Antioxidant Activity of Chitosan Isolated from *Podophthalmus Vigil*, *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 2: 75–82.
- Roberts GAE. 2009. Thirty Years Of Progress In Chitin And Chitosan, Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivates ed: Struszczyk H., 13, Poland, (2009). Pp: 7–15.
- Roller S, Covill N. 2000. The antimicrobial properties of chitosan in mayonnaise and mayonnaise-based shrimp salads. *Journal of Food Protection*, 63: 2002–2009.
- Sathivel S. 2005. Chitosan and protein coatings affect yield, moisture loss, and lipid oxidation of Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) filets during frozen storage, *Journal of Food Science*, 70: 455–459.
- Sathivel S, Himelbloom BH. 2005. Effects of chitosan on the quality of fish file and fish oil. IFT Annual meeting, July 15–20, New Orleans, Louisiana.
- Shahidi F, Kamil J, Jeon YJ, Kim SK. 2002. Antioxidant role of chitosan in cooked Cod (*Godus morhua*) model system, *Journal of Food Lipids*, 9: 57–64.
- Shahidi F, Kamil J, Arachchi V, Jeon YJ. 1999. Food applications of chitin and chitosans. *Food Science & Technology* 10: 37–51.
- Songa R, Xuea R, Hea LH, Liua Y, Xiaob QL. 2008. The Structure And Properties Of Chitosan/Polyethylene Glycol/Silica Ternary Hybrid Organic-Inorganic Films, *Chinese Journal of Polymer Science*, 26: 621–30.

- Struszczyk H, Orlikowski BL, Skrzypczak C. 2001. Chitosan in the control of soil-borne pathogens. *Chitin Enzymology*; 197–205.
- Taştan Ö, Baysal T. 2013. Meyve ve sebze işleme endüstrisinde kitosan kullanımı. *Gıda dergisi* 38: 175–182.
- Toharisman A, Suhartono MT. 2008. Partial Purification And Characterization Of Chitin Deacetylase Produced By *Bacillus Thermoleovorans* Lw-4-11, IPB, 1–10.
- Tsai GJ, Su WH, Chen HC, Pan CL. 2002. Antimicrobial activity of shrimp chitin and chitosan from different treatments and applications of fish preservation, *Fisheries Science*, 68: 170–177.
- Xie H. 2011. Preparation of Low Molecular Weight Chitosan by Complex Enzymes Hydrolysis, *International Journal of Chemistry*, 3:180–6.
- Varesano A, Vineis C, Aluigi A, Rombaldoni F. 2011. Antimicrobial polymers for textile products, *Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances*, ed: Mendez-Vilas A., 2, Formatex Research Center. Pp: 99–110
- Yenici G. 2012. pH'a duyarlı kitosan jellerinin sentezi ve karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, pp.23.
- Yılmaz E, Tekinay AA, Çevik N. 2006. Deniz ürünleri kaynaklı fonksiyonel gıda maddeleri, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23: 523–527.
- Zhang H, Li R, Liu W. 2011. Effects of Chitin and its derivative Chitosan on Postharvest Decay of Fruits: A Review, *Int. J. Mol. Sci.*, 12: 917–934.