

## Kitosan ve Kitosan Bazlı Yenilebilir Film Uygulamaları

Kader Tokatlı ✉, Aslıhan Demirdöven

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat

*Geliş Tarihi (Received): 03.04.2015, Kabul Tarihi (Accepted): 04.06.2015*✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): tokatli@gop.edu.tr (K. Tokatlı)*

☎ 0 356 252 16 16 / 2902 📠 0 356 252 17 29

### ÖZ

Kitosan, doğada en çok bulunan ikinci polisakkarit olan kitinin deasetilasyonu ile elde edilen doğal bir karbonhidrat polimeridir. Çeşitli alanlarda kullanılabilen yeni bir fonksiyonel materyal olmasından dolayı kitosana olan ilgi son yıllarda önemli düzeyde artmıştır. Bu derlemede kitosanın kimyasal yapısı, özellikleri, üretim yöntemleri ve gıdalarda yenilebilir film olarak kullanımı özetlenmiştir. Kitosan film oluşturma ve bariyer özelliklerinin iyi olması sebebiyle çeşitli gıdaların kalitelerinin korunması ve depolama sürelerinin artırılmasında ambalajlama materyali olarak kullanım potansiyeline sahiptir. Yapılan çalışmalar kitosanın antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle yenilebilir film olarak kullanımının gıdaların kalitelerinin korunması ve raf ömürlerinin uzatılmasında avantaj sağlayacağını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kitosan, Yenilebilir film, Antimikrobiyal aktivite, Antioksidan

### Chitosan and Chitosan Based Edible Film Applications

#### ABSTRACT

Chitosan is a natural carbohydrate polymer obtained by deacetylation of chitin, which is the second most abundant polysaccharide in nature. Considerable interest towards chitosan as a new functional material in various fields has been increased in recent years. This review summarizes some of the chemical and important properties of chitosan, production methods and its utilization as edible films in food industry. Chitosan films have shown potential to be used as packaging material for the preservation of qualities and improving storage times of variety foods because of its film forming and barrier properties. Studies have indicated that using chitosan as edible film provides advantages in the extension of the shelf life and preservation of food quality because of its antioxidant and antimicrobial properties.

**Keywords:** Chitosan, Edible films, Antimicrobial activity, Antioxidant

### GİRİŞ

Son yıllarda, endüstriyel uygulamalarda büyük potansiyel sağlamasından dolayı kitin ve kitosana olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır [1]. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı kitosan endüstride eczacılık, kozmetik, kağıt, tekstil, tarım, fotoğrafçılık, su ürünleri teknolojisi, doku mühendisliği ve gıda sanayiinde çok geniş bir kullanım alanına sahiptir [2]. Kitosan antimikrobiyal aktivite ve antioksidan özelliğe sahip önemli bir polimerdir. Kitosanın bu özelliklerinin yanında

ambalajlamada oksijen, karbondioksit ve aroma bileşenleri için seçici bariyer özellik de sağlaması gıda sanayisinde yenilebilir film olarak kullanımına olanak sağlamaktadır. Kitosan ayrıca gıda endüstrisinde atık suların arıtılmasında, meyve sularının durultulmasında, reolojik ve emülsifikasyon özelliklerinin geliştirilmesinde, enkapsülasyon ve enzim immobilizasyonunda da geniş bir kullanım alanı bulmaktadır [3, 4].

Gıdaların taşıma ve depolanmaları sırasında maruz kaldıkları çeşitli olumsuz etkileri ortadan kaldırmak ve

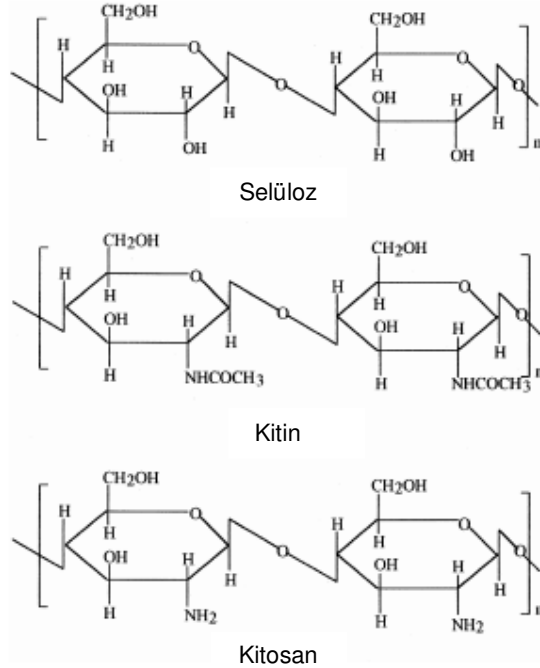
azaltmak için çeşitli ambalaj materyalleri kullanılmaktadır. Günümüzde tüketici istekleri çevre dostu ve geriye dönüşümlü materyallere doğru yönelmektedir. Alternatif ambalaj materyali olarak yenilebilir filmlere olan ilgi de bu nedenle gün geçtikçe artmaktadır. Yenilebilir filmler, gıdaları korumak, raf ömürlerini uzatmak amacıyla bir gıdanın yüzeyi üzerinde oluşturulmuş ince tabakalı, gıdalla birlikte yenilebilen, sentetik olmayıp doğal kaynaklardan elde edilen maddelerdir. Yenilebilir kaplama uygulamaları, oksijen, karbondioksit ve aroma bileşenleri için seçici bariyer sağlayabilme; gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatma ve gıda kalitesini geliştirme potansiyeline sahiptirler. Uygun şekilde hazırlandıkları takdirde fonksiyonel bir ambalajın sahip olabileceği tüm işlevleri yerine getirebilirler [5-7].

Bu derlemede, kullanımı giderek yaygınlaşan kitosanın kimyasal yapısı, özellikleri, üretim yöntemleri ve gıda endüstrisinde yenilebilir film olarak kullanımı hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

## KİTOSAN: KİMYASAL YAPISI ve ÖZELLİKLERİ

Doğada selülozdan sonra en çok bulunan ikinci polisakkarit olan kitosan, kitinin deasetillenmiş formudur. Kitin, esas olarak poli- $[\beta-(1,4)\text{-}2\text{-asetilamido-}2\text{-deoksi-}\beta\text{-D-glukopiranoz}]$  yapısında iken kitosan poli- $[\beta-(1,4)\text{-}2\text{-amino-}2\text{-deoksi-}\beta\text{-D-glukopiranoz}]$  yapısındadır [3, 6]. Kitosan ilk olarak 1859 yılında Rouget tarafından kitinin derişik potasyum hidroksit ile kaynatılması sonucunda elde edilmiştir [8].

Selüloz ve kitosan arasındaki tek fark, C-2 pozisyonunda selülozda bulunan hidroksil (-OH) grubu yerine kitosanda amin (-NH<sub>2</sub>) grubunun yer almasıdır (Şekil 1). Ancak, selülozun tersine, kitosan pozitif yüke sahiptir ve bu durum kitosana negatif yüklü yağlar, lipitler, kolesterol, metal iyonları, protein ve makromoleküllerle kimyasal olarak bağlanma özelliği katmaktadır. Bundan dolayı da kitosan ve kitosan türevleri ticari olarak gittikçe önem kazanan polimerler haline gelmektedir [9].



Şekil 1. Kitin, Kitosan ve Selüloz'un Kimyasal Yapıları [10]

Kitosanın çözünürlük özellikleri çoğunlukla N-asetilasyon derecesine, asetil gruplarının dağılımına, pH ve iyonik güce bağlı olup; serbest amino gruplarına sahip sulu asitlerde ve asetik asit, formik asit, laktik asit, pirüvik asit ve okzalik asit gibi bazı organik asitlerde çözünebilmektedir [9, 11].

Molekül ağırlığı, kitosan hazırlamak için kullanılan hammaddenin cinsine ve hazırlanma metoduna bağlı olmakla birlikte 100 ile 1200 kDa arasında değişmektedir. Viskozite kitosanın ticari uygulanabilirliğini etkileyen en önemli parametrelerden

birisidir. Kitosanın viskozitesi, molekül ağırlığı ile yakından ilgilidir ve molekül ağırlığı yüksek olan kitosanın viskozitesi, molekül ağırlığı düşük olana göre daha yüksektir [11, 12].

## KİTOSAN ÜRETİMİ

Kitosan yengeç, karides, istakoz gibi kabuklu deniz ürünlerinin dış iskeletlerinde, küf ve maya gibi mikroorganizmaların hücre duvarlarında doğal olarak bulunan kitinin, kısmen veya tamamen deasetilasyonu

[11-15] veya kitin deasetilaz enzimi vasıtasıyla enzimatik hidrolizi [16, 17] ile elde edilmektedir [9, 18, 19].

Kitosan kimyasal, enzimatik ve mikrobiyal yolla olmak üzere 3 farklı yöntemle üretilebilmekte ve bu yöntemlerin esasını deminerilizasyon, deproteinizasyon ve deasetilasyon basamakları oluşturmaktadır [11, 19].

Kitosan üretimi için kitinin kimyasal ekstraksiyon ile üretiminde proteinlerin uzaklaştırılması için genel olarak düşük derişimde sodyum hidroksit (NaOH) veya potasyum hidroksit (KOH) gibi alkali çözültüler kullanılmakta iken kalsiyum karbonat başta olmak üzere diğer minerallerin uzaklaştırılmasında ise hidroklorik asit (HCl) gibi sulu asit çözültülerinden yararlanılmaktadır [20]. Dekolorizasyon aşamasında amaç kitinle kompleks halde bulunan astaksantini uzaklaştırmaktır. Bu amaçla kloroform (CHCl<sub>3</sub>), hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), aseton (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O), potasyum permanganat (KMnO<sub>4</sub>), sodyum hipoklorit (NaClO) veya etil asetat (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>) yararlanılmaktadır [14, 19, 21]. Kitin eldesinden sonraki aşama ise kitosan üretimi için kitinin deasetilasyonunu kapsamaktadır [11, 19]. Deasetilasyon işlemi yüksek sıcaklıklarda (100–150°C) ve derişik (%40–50) NaOH çözültisi kullanılarak gerçekleştirilmektedir [20, 22].

Enzimatik yöntemle üretim için deproteinizasyon basamağında proteazlar, papain, pepsin ve tripsin gibi proteolitik aktiviteye sahip olan enzimler; deasetilasyon basamağında ise kitin deasetilaz enzimi kullanılmaktadır [16, 17, 23-26].

Mikrobiyal yolla kitosan üretimi ise deminerilizasyon için *Rhizopus oryzae*, *Lactococcus lactis* ve *Lactobacillus plantarum* gibi laktik asit üreten mikroorganizmaların; deproteinizasyon için *Teredinobacter turnirae* ve *Lactobacillus plantarum* gibi proteaz aktivitesine sahip olan mikroorganizmaların; deasetilasyon için ise *Mucor rouxii*, *Aspergillus niger* ve *Rhizopus oryzae* gibi kitin deasetilaz aktivitesine sahip mikroorganizmaların kullanımı ile gerçekleştirilmektedir [27-29].

## KİTOSANIN YENİLEBİLİR FİLM OLARAK KULLANIMI

Film oluşturma özelliklerinin iyi olması sebebiyle kitosan filmler, gıdaların ambalajlanmalarında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Yarı geçirgen özelliğe sahip olan kitosan kaplamalar su kaybını azaltarak ve meyvenin olgunlaşmasını geciktirerek iç atmosferi değiştirebilmektedirler [3]. Yarı geçirgen özellikteki kitosan filmin dayanıklı, esnek ve kolay yırtılmayan nitelikte olması ve çok iyi oksijen bariyeri oluşturması diğer polimerlerle kıyaslandığında kitosana oldukça önemli avantajlar sağlamaktadır [3, 30]. Kitosanın yenilebilir film olarak kullanıldığı bazı gıdalar ve bu gıdalar üzerindeki etkileri Tablo 1'de verilmiştir.

Kitosan ile kaplama uygulamasının gıdaların duyuşal özelliklerinin iyileştirilmesinde önemli etkisinin olduğu birçok araştırmada bildirilmektedir. Polifenol oksidaz enziminin inhibe edilerek enzimatik esmerleşmenin kontrolü ile renk üzerinde pozitif etki sağlaması; meyve

sertliği ve görünüşünün belirgin şekilde korunması; solunum hızı ve ağırlık kaybındaki azalmalar ile gıdaların kalitelerinin korunması ve depolanma sürelerinin artırılması kitosan ile kaplamanın avantajları arasında yer almaktadır [31-34].

Gıdaların raf ömrünün uzatılmasında kitosanın antimikrobiyal etkisi önemlidir. Kitosanın geniş mikroorganizma grubuna karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir [35, 36, 37, 38, 39, 40]. Kitosanın antibakteriyal aktivitesini tanımlayan birkaç farklı mekanizma mevcuttur. Bu mekanizmalardan biri kitosanın hücre membranının geçirgenlik özelliklerini değiştirerek besin maddelerinin hücre içine geçişini önlemesi; hücre bileşenlerinin sızıntısına ve dolayısıyla hücre ölümüne sebep olmasıdır. Diğer kabul gören mekanizma ise kitosandaki pozitif yüklü amino gruplarının bakteri hücre membranında bulunan negatif yüklü karboksil (-COO<sup>-</sup>) gruplarına bağlanarak hücre yüzeyinde negatif ve pozitif yüklerin dağılımını değiştirmesi ve böylece membran stabilitesini bozarak geçirgenliği değiştirmesidir [6, 41-43].

Kitosanın antioksidan etkisi ise şu şekilde açıklanabilmektedir. Kitin ve kitosan geçiş metallerinin çoğu ile kompleks oluşturabilir. Ağır metal-polimer komplekslerinin kitosanla noktasal bağlanması ile oluşturduğu düşünülmektedir. Bu da nitrojendeki elektronların ve/veya hidroksil gruplarındaki oksijenin eşlenmemiş çiftlerinin aktarımı ile gerçekleşmektedir. N,O-karboksimetil kitosan 10-1000 ppm gibi oldukça düşük konsantrasyonlarda bile demir, bakır, çinko ve civa gibi ağır metallerle kimyasal olarak bağlanabilmektedir [44]. Antioksidan aktivitesinin, suda çözünür kitosan derivatlarının hidroksil radikalini yakalama mekanizmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yine suda çözünür kitosanın metallerle şelat oluşturabilme özelliğine sahip olduğu farklı araştırmalarda bildirilmektedir. Kitosan, Fe<sup>+2</sup> iyonlarını şelatlayarak lipit oksidasyonunu yavaşlatabilir. Bunun sonucunda ise prooksidant aktivitesi elemine edilebilir ya da Fe<sup>+3</sup> iyonuna dönüştürülebilir [45].

## SONUÇ

Günümüzde tüketici istekleri çevre dostu ve geriye dönüşümlü materyallere doğru yönelmektedir. Alternatif ambalaj materyali olarak yenilebilir filmlere olan ilgi de bu nedenle gün geçtikçe artmaktadır. Kitosanın da sağlık açısından güvenilir, biyo-uyumlu, biyolojik olarak parçalanabilir nitelikte, antimikrobiyal ve antioksidan özellikte, iyi bir bariyer ve film oluşturma özelliğine sahip olması gıda endüstrisinde yenilebilir film olarak kullanımına olanak sunmaktadır. Özellikle de meyve ve sebzeler gibi solunum hızı yüksek materyallerin kaplanmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, yapılan çalışmalar incelendiğinde kitosanın yenilebilir film olarak gıdaların kalitelerinin korunması ve raf ömürlerinin uzatılmasında etkin bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir. Ancak üzerinde çalışma yapılmamış birçok meyve sebzenin de varlığı dikkat çekicidir ve bu materyallerle yapılacak çalışmaların kitosanın yenilebilir film olarak kullanımının yaygınlaşmasına katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Tablo 1. Kitosanın yenilebilir film olarak kullanıldığı çalışmalar

Kaplama materyali	Kaplanan materyal	Etki	Referans
%0.5, 1 ve 2 kitosan	Guava	Peroksidaz, süperoksit dismutaz ve katalaz aktivitelerinde artış; Süperoksit serbest radikali üretiminin (O <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) inhibisyonu; Olgunlaşmada gecikme; Sertlik ve ağırlık kaybında azalma; Klorofil ve malonaldehit içeriğindeki değişikliklerde gecikme; Titrasyon asitliği ve C vitamini kayıplarında yavaşlama	32
%0.25, %0.5 ve %1 kitosan	Nar taneleri	Tanelerin yüzeyindeki bakteriyel ve fungal gelişimin inhibisyonu; Tanelerin su içeriğinde korunma; Toplam antosiyanin, toplam fenolik ve antioksidan kapasitesindeki değişimlerde yavaşlama; Polifenol oksidaz aktivitesinde baskılanma	33
%0.5 kitosan %1'lik kitosan	Sünger kabağı	Solunum hızı ve ağırlık kaybında azalma; Meyve sertliği ve görünüşünde korunma; Askorbik asit ve toplam fenolik içeriğindeki azalmada yavaşlama; Polifenoloksidaz aktivitesindeki artışta gecikme	34
%2 kitosan	Minimal işlem görmüş brokoli	Toplam koliform, toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam psikrofilik bakterilerin inhibisyonu; İnoküle edilmiş E. coli üzerinde bakterisidal etki	39
50, 100, 200 ppm kitosan	Ringa balığı	Antioksidatif etki; TBARS ve hidroperoksit miktarlarında kontrol grubuna göre ortalama %61 ve %52 azalma	46
%0.2 asetik asit + %0.2 kitosan	Minimal işlem görmüş sarımsak diş	Maya küf ve mezofilik bakteri içeriğinin inhibisyonu	47
1, 3, 5, 10, 20 ppm kitosan asetat	Kiraz	Su kaybı ve askorbik asit degradasyonunda gecikme; Peroksidaz ve katalaz aktivitelerinde artış	48
%0.25, %0.5 ve %0.75 kitosan	Kayısı	Toplam fenolik içeriği ve antioksidan kapasitede artış	49
%0.5 ve % 1 kitosan	Üzüm	Ağırlık kaybı, çürüme, çatlama ve esmerleşmede azalma; Toplam fenolik, kateşin ve antioksidan kapasitesindeki değişimlerde gecikme	50
%2 kitosan	Armut	Toplam fenolik ve flavonoid içeriğindeki değişimlerde yavaşlama; Klorojenik asit, arbutin, kateşin ve kafeik asit, süperoksit dismutaz ve katalaz aktiviteleri ve toplam antioksidan kapasitelerindeki değişimlerde yavaşlama	51

## KAYNAKLAR

- [1] No, H.K., Meyers S.P., 1995. Preparation and characterization of chitin and chitosan—a Review. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 4(2): 27-52.
- [2] Dutta, P.K., Dutta, J., Tripathi, V.S., 2004. Chitin and chitosan: chemistry, properties and applications. *Journal of Scientific & Industrial Research* 63: 20-31.
- [3] Shahidi, F., Arachchi, J.K.V., Jeon, Y., 1999. Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science & Technology* 10: 37 – 51.
- [4] Agullo, E., Rodriguez, M., Ramos, V., Albertengo, L., 2003. Present and future role of chitin and chitosan in food. *Macromoleculer Bioscience* 3: 521-530.
- [5] Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J. A., Voilley, A., 1998. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: A Review. *Critical Reviews in Food Science* 38(4): 299–313.
- [6] Dutta, P.K., Tripathi, S., Mehrotra, G.K., Dutta, J., 2009. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry* 114: 1173–1182.
- [7] Baldwin, E.A., Hagenmaier, R., Bai, J., 2009. Edible coatings and films to improve food quality. In: Coatings for fresh fruits and vegetables (Eds.: Bai, J., Plotto, A.), pp.: 186- 226.
- [8] Kim, I.Y., Seo, S.J., Moon, H.S., Yoo, M.K., Park, I.Y., Kim, B.C., Cho, C.S., 2008. Chitosan and its derivatives for tissue engineering applications. *Biotechnology Advances* 26: 1–21.
- [9] Kurita, K., 2006. Chitin and chitosan: functional biopolymers from marine crustaceans. *Marine Biotechnology* 8: 203-226.
- [10] Kumar, M.N.V.R., 2000. A review of chitin and chitosan applications effects of chitosan, calcium chloride, and pullulan coating treatments on antioxidant activity in pear. *Reactive & Functional Polymers* 46: 1–27.
- [11] Sagheer, F.A. A., Sughayer, M.A. A., Muslim, S., Elsabee, M.Z., 2009. Extraction and

- characterization of chitin and chitosan from marine sources in Arabian Gulf. *Carbohydrate Polymers* 77: 410–419.
- [12] Jeon, Y.J., Kamil, Y.V.A.J., Shahidi, F., 2002. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 5167-5178.
- [13] Thirunavukkarasu, N., Shanmugam, A., 2009. Extraction of chitin and chitosan from mud crab *Scylla tranquebarica* (Fabricius, 1798). *International Journal on Applied Bioengineering* 4(2): 31-33.
- [14] Yen, M.T., Yang, J.H., Mau, J.L., 2009. Physicochemical characterization of chitin and chitosan from crab shells. *Carbohydrate Polymers* 75: 15–21.
- [15] Jothi, N., Nachiyar, R.K., 2012. Identification and isolation of chitin and chitosan from cuttlebone of *Sepia prashadi* Winckworth, 1936. *Current Biotica* 6(3): 304-313.
- [16] Kafetzopoulos, D., Martinou, A., Bouriotis, V., 1993. Bioconversion of chitin to chitosan: Purification and characterization of chitin deacetylase from *Mucor rouxii*. *Applied Biological Sciences* 90: 2564-2568.
- [17] Raval, R., Raval, K., Moerschbacher B. M., 2013. Enzymatic modification of chitosan using chitin deacetylase isolated from *Bacillus cereus*. *Open Access Scientific Reports* 2(1): 1-4.
- [18] Agboh, O.C., Qin, Y., 1997. Chitin and chitosan fibers. *Polymers for Advanced Technologies* 8: 355–365.
- [19] Kaur, S., Dhillon, G. S., 2013. Recent trends in biological extraction of chitin from marine shell wastes: a review. *Crit Rev Biotechnol*. Early Online: 1–18.
- [20] Kim, S.O.F., 2004. Physicochemical and functional properties of crawfish chitosan as affected by different processing protocols. (Thesis), B.S., Seoul National University.
- [21] Kandra, P., Challa, M. M., Jyothi, H. K. P., 2012. Efficient use of shrimp waste: present and future trends. *App. Microbiol. Biotechnol*. 93: 17–29.
- [22] Gagne, N., 1993. Production of chitin and chitosan from crustacean waste and their use as a food processing aid. (Thesis), McGill University, Montreal.
- [23] Cai, J., Yang, J., Du, Y., Fan, L., Qiu, Y., Li, J., Kennedy, J.F., 2006. Enzymatic preparation of chitosan from the waste *Aspergillus niger* mycelium of citric acid production plant. *Carbohydrate Polymers* 64: 151–157.
- [24] Guerard, F., Sumaya-Martinez, M.T., Laroque, D., Chabeaud, A., Dufosse, L., 2007. Optimization of free radical scavenging activity by response surface methodology in the hydrolysis of shrimp processing discards. *Process Biochem*. 42: 1486–1491.
- [25] Mizani, A. M., Aminlari, B.M., 2007. A new process for deproteinization of chitin from shrimp head waste. *Proceedings of European Congress of Chemical Engineering*, Copenhagen. (ECCE-6): 16–20.
- [26] Sini, T.K., Santhosh, S., Mathew, P.T., 2007. Study on the production of chitin and chitosan from shrimp shell by using *Bacillus subtilis* fermentation. *Carbohydrate Research* 342: 2423–2429.
- [27] White, S.A., Farina, P.R., Fulton, I., 1979. Production and isolation of chitosan from *Mucor rouxii*. *Applied and Environmental Microbiology* 38(2): 323-328.
- [28] Nadarajah, K., Kader, J., Mazmira, M., Paul, D.C., 2001. Production of chitosan by fungi. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4(3): 263-265.
- [29] Suntornsuk, W., Pochanavanich, P., Suntornsuk, L., 2002. Fungal chitosan production on food processing by-products. *Process Biochemistry* 37: 727–729.
- [30] Kittur, F.S., Kumar, K.R., Tharanathan, R.N., 1998. Functional packaging properties of chitosan films. *Z Lebensm Unters Forsch A*. 206: 44-47.
- [31] Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., Gonzalez-Martinez, C., 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology* 41: 164–171.
- [32] Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., Gong, D., 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae* 144: 172–178.
- [33] Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Rassa, M., Sajedi, R.H., 2013. Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Tarom) at cold storage temperature. *J Sci Food Agric*. 93: 368–374.
- [34] Han, C., Zuoa, J., Wanga, Q., Xua, L., Zhaia, B., Wang, Z., Dong, H., Gao, L., 2014. Effects of chitosan coating on postharvest quality and shelf life of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) during storage. *Scientia Horticulturae* 166: 1–8.
- [35] Chung, Y., Su, Y., Chen, C., Jia, G., Wang, H., Wu, J.C.G., Lin, J., 2004. Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristics of cell wall. *Acta Pharmacol Sin*. 25(7): 932-936.
- [36] Zivanovic, S., Chi, S., Draughon, A.F., 2005. Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. *Food Microbiology and Safety* 70(1): 45-51.
- [37] Jeihanipour, A., Karimi, K., Taherzadeh, M.J., 2007. Antimicrobial properties of fungal chitosan. *Research Journal of Biological Sciences* 2(3): 239-243.
- [38] Campaniello, D., Bevilacqua, A., Sinigaglia, M., Corbo, M.R., 2008. Chitosan: Antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. *Food Microbiology* 25: 992–1000.
- [39] Moreira, M.R., Roura, S.I., Ponce, A., 2011. Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli. *Food Science and Technology* 44: 2335-2341.
- [40] Pizato, S., Cortez-Vega, W.R., De Souza, J.T.A., Prentice-Hernández, C., Borges, C.D., 2013. Effects of different edible coatings in physical, chemical and microbiological characteristics of minimally processed peaches (*Prunus Persica* L. Batsch). *Journal of Food Safety* 33: 30–39.

- [41] Rabea, E.I., Badawy, M.E.T., Stevens, C.V., Smagghé, G., Steurbaut, W., 2003. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules*, 4(6): 1457-1465.
- [42] No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W., Xu, Z., 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A Review. *Journal of Food Science* 72(5): 87-100.
- [43] Aider, M., 2010. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. *Food Science and Technology* 43: 837-842.
- [44] Kamil, J.Y.V.A., Jeon, Y.J., Shahidi, F., 2002. Antioxidative activity of chitosans of different viscosity in cooked comminuted flesh of herring (*Clupea harengus*). *Food Chemistry* 79: 69-77.
- [45] Kim, K.W., Thomas, R.L., 2007. Antioxidative activity of chitosans with varying molecular weights. *Food Chemistry* 101: 308-313.
- [46] Shahidi, F., Kamil, J., Jeon, Y.J., Kim, S.K., 2002. Antioxidant role of chitosan in cooked cod (*Godus morhua*) model system. *Journal of Food Lipids* 9(1): 57-64.
- [47] Geraldine, R.M., Soares, N.F.F., Botrel, D.A., Goncalves, L.A., 2008. Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality. *Carbohydrate Polymers* 72: 403-409.
- [48] Dang, Q., Yan, J., Li, Y., Cheng, X.J., Liu, C.S., Chen, X.G., 2010. Chitosan acetate as an active coating material and its effects on the storing of *Prunus Avium L.* *Journal of Food Science* 75(2): 125-131.
- [49] Ghasemnezhad, M., Shiri, M.A., Sanavi, M., 2010. Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca L.*) during cold storage. *Caspian J. Env. Sci.* 8(1): 25-33.
- [50] Shiri, M. A., Bakhshi, D., Ghasemnezhad, M., Dadi, M., Papachatzis, A., Kalorizou, H., 2013. Chitosan coating improves the shelf life and postharvest quality of table grape (*Vitis vinifera*) cultivar Shahroudi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 37: 148-156.
- [51] Kou, X.H., Guo, W., Guo, R., Li, X., Xue, Z., 2014. cv. Effects of chitosan, calcium chloride, and pullulan coating treatments on antioxidant activity in pear cv. "Huang guan" during storage. *Food Bioprocess Technol.* 7: 671-681.
- 
-