



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 30, Sayı (Issue): 3, Haziran/June-2014

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



Gıda Endüstrisinde Kitosanın Kullanımı

¹Pınar OĞUZHAN YILDIZ, ¹Filiz YANGILAR

¹Ardahan University, The Faculty of Engineering, Food Engineering Department,
Ardahan, TURKEY

ÖZET

Yenilebilir film ve kaplamalar; gıdalarda kalite kayıplarını önlemek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla gıdanın yüzeyinde ya da gıda bileşenleri arasında oluşmuş, ince tabakalı, gıdayla birlikte yenilebilen, sentetik olmayan doğal kaynaklardan elde edilen maddelerdir. Bunlardan birisi olan kitosan, çok geniş bir uygulama alanına sahip olması nedeniyle son zamanlarda ilgi odağı haline gelmiştir. Kitosan; yengeç, karides, istakoz gibi eklembacaklıların kabuklarında, bazı bakteri ve mantarların hücre duvarlarında bulunan ve kitinin (β -(1-4)-poli-N-asetil-D-glukozamin) deasetilasyonu ile elde edilen bir polimerdir. Kitosanın uygulama alanları, eczacılık, medikal, atık su arıtma, biyoteknoloji, kozmetik, tekstil ve ziraat şeklinde sıralanmaktadır. Bunların dışında kitosan, gıda endüstrisinde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu derlemede kitosanın kimyasal yapısı, özellikleri ve gıda endüstrisindeki kullanımından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler:

Kitosan,
gıda,
raf ömrü,
yenilebilir film
ve kaplamalar

The Use of Chitosan in Food Industry

ABSTRACT

Edible film and coatings which are prevent the loss of food quality and extend the shelf life of food. These materials are made from natural biopolymers and constituted with thin layer on the food surface or between food components. Chitosan, which is one of these, have been of interest in the past few decades due to their potential broad range of industrial applications. Chitosan was obtained by deacetylation of chitin (β -(1-4)-poly-N-acetyl-D-glucosamin) which is a polymer, in shells of arthropods such as crab, shrimp, lobster and in cell walls of some bacteria and fungi. The application areas of chitosan include pharmaceutical, medical, waste water treatment, biotechnology, cosmetics, textile and agriculture. Apart from these, chitosan also has a wide application area in food industry. In this review, the chemical structure, properties of chitosan and use of chitosan in food industry will be mentioned.

Key Words:

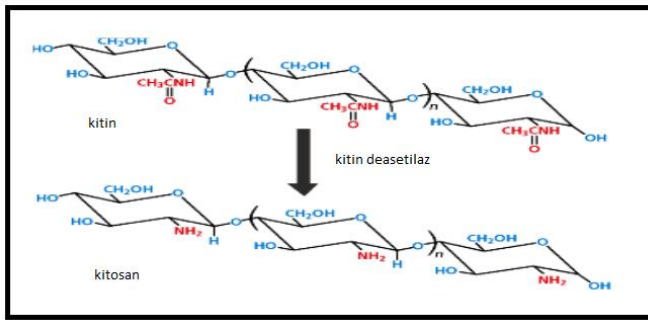
Chitosan,
food,
shelf-life,
edible film and
coatings

1. Giriş

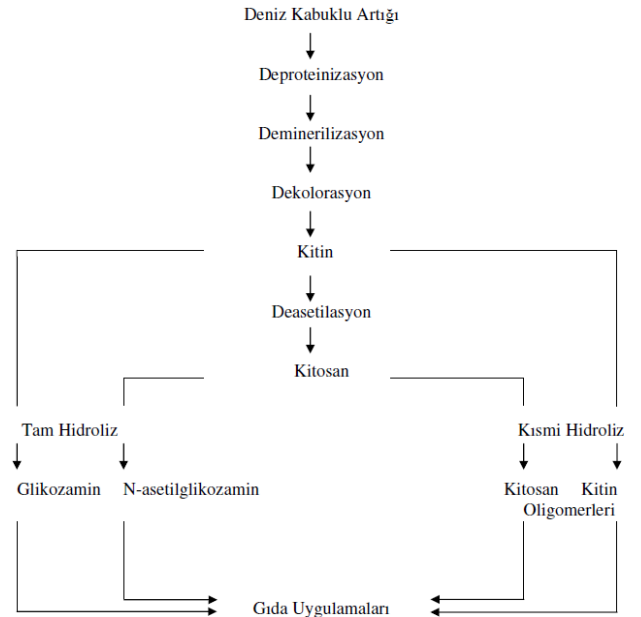
Kitin, N-asetil-D-glukozamin ünitelerini içeren ve dünyada selülozdan sonra en yaygın bulunan bir biyopolimer olup [1-14], adını Yunancada 'zırhlı örtü' anlamına gelen 'chiton' kelimesinden almıştır [15]. Omurgasızlar, böcekler, mantar, yengeç ve karides gibi canlı kabuklarına sağlam yapı kazandıran kitin; kararlı bir yapıya sahip olup, su, alkol, seyreltik asit ve bazik çözeltilerde çözünmez [11, 15-20]. Kitinin birçok türevidir bulunmakla beraber, bunların arasında en önemlisi kitosandır. Kitosan ilk kez 1811 yılında Henri Bracannot tarafından keşfedilmiştir [11, 21]. Kitosan; doğal bir polisakarit olan kitinin, kısmi deasetilasyon yoluyla elde edilen [22-28], reaktif fonksiyonel amino gruplarına sahip; kimyasal yapısı olarak selüloza benzeyen ve doğada selülozdan sonra en sık rastlanan biyopolimerdir [29-32].

Kitosanın kitine göre iki büyük avantajı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi kitini çözmek için lityum klorür ve dimetilasetamin gibi toksik özellikte olabilen çözümler kullanılmasına karşın kitosanın seyreltik asetik asit içinde kolayca çözünmesidir. İkinci avantajı ise birçok kimyasal reaksiyon için aktif kısım olan serbest amino gruplarına sahip olmasıdır [11, 20].

Kitinin deasetilasyonu ile kitosanın meydana gelmesi Şekil 1'de [11, 13, 33], kitin ve kitosan eldesi ise Şekil 2'de verilmiştir [22].



Şekil 1. Kitinin deasetilasyonu ile kitosanın meydana gelmesi



Şekil 2. Kitin ve kitosan eldesi

İlk aşama, kabukta bulunan proteinlerin sodyum hidroksit ile muamele sonucu uzaklaştırılması işlemidir (deproteinizasyon). Kalsiyum karbonat ve kalsiyum fosfat gibi mineral maddeler, hidroklorik asit ile ekstrakte edilirler (deminerilizasyon). Renk ayırımı yapılır (dekolorasyon). Yıkama aşamasından sonra elde edilen kitin kurutulur [1, 34, 35]. Daha sonra kitin, N-asetil bağlarının hidrolizasyonu için yoğun NaOH ile muamele edilir. Yıkama işlemi gerçekleştirilir ve pH ayarlaması yapılır. Bu aşamada toz kitosan elde edilir. Daha kaliteli bir kitosan eldesi için kitosan, asetik asit vb asitlerde çözündürülerek, filtrasyon işlemi ile saflığı artırılır. Arıtılmış kitosan daha da saf hale getirilebilmek için yeniden izole edilebilir. Bu sayede, suda çözünen kitosonyum asit tuzu ya da çökeltisi elde edilebilir [1].

Tablo 1' de kitosanın teknik üretim koşulları verilmiştir [11, 20, 36, 37].

Tablo 1. Kitosanın teknik üretim koşulları

Adım	Kimyasal Madde	Sıcaklık (°C)	Süre
Deproteinizasyon	%0.5-15 NaOH	25-100	0.5-72 saat
Deminerilizasyon	%2-8 HCl	15-30	0.5-48 saat
Dekolorizasyon	Çeşitli organik çözümler (NaOCl, H ₂ O ₂)	20-30	Yıkama, 60 dakika
Deasetilasyon	%36-90 NaOH	60-150	0.5-144 saat

Tablo 1'de en uzun sürede gerçekleştirilen işlemin deasetilasyon aşaması olduğu görülmüştür [20, 36]. Deproteinizasyon için NaOH, Na₂CO₃, NaHCO₃, KOH, K₂CO₃, Ca(OH)₂, Na₂SO₃, NaHSO₃, Ca(HSO₃)₂, Na₃PO₄ ve Na₂S gibi çeşitli kimyasal maddeler denenmiştir. Ancak yapılan araştırmalar sonucunda en uygun olan maddenin NaOH olduğu görülmüştür.

Bu amaçla deasetilasyon işleminde 1M NaOH çözeltisi kullanılmaktadır [36-38].

Kitin ve kitosan üretimi günümüzde özellikle Oregon, Washington, Virginia, Japonya ve Antartika'daki kabuklu deniz hayvanlarından üretilen konserve endüstrisine bağımlı olarak gerçekleştirilmektedir [11, 34, 39].

Kabuklu su ürünleri artıklarının başta kitin olmak üzere, çeşitli ürünlerin eldesi şeklinde değerlendirilmesiyle hem ekonomik açıdan hem de çevresel açıdan önemli faydalar sağlayacağı şüphesizdir [37]. Ancak, deniz kabuklularından kitin eldesi her ne kadar ekonomik açıdan daha iyi olsa da funguslardan kitin eldesi daha avantajlıdır. Çünkü ham madde homojen bir yapıdadır ve demineralizasyon işlemini gerektirmez; ayrıca yıl boyunca kolayca elde edilebilir [35, 40].

Kitin ve kitosanın kaynakları Tablo 2’de verilmiştir [24, 41, 42].

Tablo 2. Kitin ve kitosanın kaynakları

ORGANİZMALAR		
Annelida	Akrep	Yeşil algler
Yumuşakçalar	Örümcekler	Mayalar
Sölenterler	Kolsu ayaklılar	Mantarlar
Kabuklular	Karıncalar	Penicillium misellleri
Istakoz	Hamam böcekleri	Kahverengi algler
Yengeç	Böcekler	Sporlar
Karides		Askuslu mantarlar
Krill		

Kitosan; biyobozunur, nontoksik ve biyouyumlu olması nedeniyle, çeşitli endüstriyel (ilaç, kozmetik, tıp, tarım, kağıt, tekstil ve gıda) ve akademik alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [10, 31, 42, 43-45]. Kitosan; çöktürme, nem tutma, film oluşturma, antimikrobiyal etki, enzim immobilizasyonu gibi çok çeşitli fonksiyonlarıyla sınırsız kullanım alanlarına sahiptir [31]. Ayrıca kitosan farmasötik alanda tablet ekspiyanı olarak ve ilaç taşıyıcı sistemlerin hazırlanmasında; kozmetik alanda, saç, deri ve diş bakım ürünlerinde [15, 46], tıp/dişçilik alanında yapay deri, cerrahi iplik, kontakt lens, antikoagülan, diş dolgu maddesi olarak; biyoteknoloji alanında, enzim, canlı hücre immobilizasyonu, hücre enkapsülasyonu gibi alanlarda kullanılmaktadır [6, 47-51]. Ayrıca doğal olması, toksik olmaması, tümör oluşumunu engelleyebilmesi ve serum kolesterolü seviyesini düşürebilmesi gibi yararlı etkilerinin olması kitosanı oldukça değerli kılmaktadır [1, 22, 34, 35, 40, 52-58]. Kitosan, son yıllarda adından sıkça bahsedilen diyetetik yardımcı maddeler arasında yer almaktadır. Sindirim enzimleri tarafından hidrolize edilememesi, yüksek viskozitesi, jel oluşturma ve yüksek su bağlama yeteneği vb. nedenlerle bitkisel diyetetik liflere benzerlik göstermekte ve canlı organizmada benzer etkiler oluşturmaktadır. Bağırsak hareketlerinin ve sindirim faaliyetlerinin düzenlenmesi, bağırsak mikroflorasının (bifidobakterilerin) desteklenmesi, kan kolesterol seviyesinin düzenlenmesi (LDL kolesterolün düşürülmesi, HDL kolesterolün artırılması), kan basıncının düşürülmesi, karaciğer

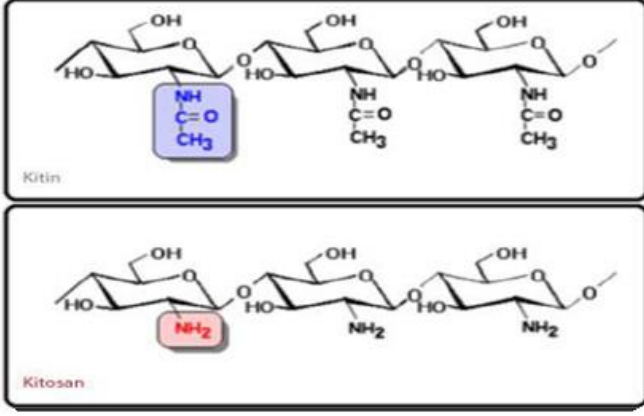
fonksiyonlarının düzenlenmesi gibi fonksiyonel etkilerinin yanı sıra sindirim yoluyla alındığında yağ emilimini azaltarak (pozitif yüklü bir bileşiklik olmasından dolayı negatif yüklü olan yağ asitlerine bağlanarak) kilo kaybını desteklemesi bakımından önem taşımaktadır [31, 59-63].

Kitosan; gram pozitif, gram negatif, anaerob bakteriler ve mantarların birçok türüne karşı etkili olup bu antimikrobiyal etki [64-71] kitosanın çeşidi, molekül ağırlığı, deasetilasyon derecesi, pH’sı, ortam sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Kitosan; kitosan oligomerlerine göre bakteri çoğalmasını engellemede daha etkin olup, inhibitör etkisi kitosanın molekül ağırlığına ve bakteri türüne göre değişmektedir [6, 68, 69, 72]. Genel olarak kitosan, gram pozitif bakterilere karşı gram negatif bakterilerden daha etkilidir [6, 68]. Genellikle bakteri yüzeyi negatif yüklü olduğundan kitosandaki pozitif yüklü serbest amino gruplarının miktarı antibakteriyel etkide önemlidir. Daha yüksek konsantrasyon ve deasetilasyon derecesine sahip kitosanın antibakteriyel etkisi de daha fazla olmaktadır [6, 69, 72]. Kitosanın en temel uygulamalarından biri; *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* gibi bakterileri; *Saccharomyces cerevisiae* ve *Rhodotorula glutensis* gibi maya kültürlerini ve *Zygomycetes* dışındaki küfleri inaktive edebilmesidir [12, 13]. Küf hücre duvarını indirgeyen ve bitki dokularındaki bitki savunma enzimi kitinazı uyarması nedeniyle geniş antifungal özelliğe sahiptir [73]. Kitosan genellikle bakterilerden çok küflere karşı güçlü antimikrobiyal etkiye sahiptir. Kitosan antimikrobiyal aktivitesi nedeniyle geniş aralıkta gıda kaynaklı iplik şeklinde mantar, maya ve bakterilere karşı doğal orijinli potansiyel gıda koruyucusu olarak etkili olduğu bilinmektedir [19, 74]. Kitosanın antimikrobiyal aktivite etki mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte; pozitif yüklü kitosan moleküllerinin negatif yüklü hücre membranına bağlanarak fonksiyonunu bozması; intraselluler içeriğin dışarı sızmasını teşvik etmesi ve aynı zamanda besin elementlerinin hücreye transportunun inhibe edilmesi; şelat yapıcı bir ajan olarak rol oynayarak iz elementlere bağlanması ve bu şekilde mikrobiyel 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 [22, 31, 40, 75-79].

Doğada yaygın olarak bulunması ve toksik olmayan yapısından dolayı kitosan ve derivatlarının antioksidan aktivitesine de son yıllarda ilgi oldukça artmıştır. Bu konuda yapılan araştırmalar kitosan ve derivatlarının antioksidan aktivitesini esas alarak polimer zincirlerindeki aktif hidroksil ve amino gruplarına bağlı olarak gösterdiğini ortaya koymuştur [25, 80].

2. Kitin ve kitosanın kimyasal yapısı ve özellikleri

Bir biyopolimer olan kitin, esas olarak poli- $[\beta-(1,4)-2\text{-asetamid-2-deoksi-}\beta\text{-D-glukopiranoz}]$ yapısında olup, çok düşük oranda 2-amino-2-deoksi- β -glukopiranoz monomerlerini içermektedir. Kitosanın kimyasal yapısı ise, poli- $[\beta-(1,4)-2\text{-amino-2-deoksi-}\beta\text{-D-glukopiranoz}]$ şeklindedir. Kitin ve kitosan polisakkaridleri, kimyasal olarak selüloza benzemekle birlikte kendi aralarında bir takım farklılıklar göstermektedir. Selülozda, ikinci karbon atomuna bağlı hidroksil (-OH) grubu bulunurken, kitinde asetamid (-NHCOCH₃), kitosanda ise amin (-NH₂) grubu bulunmaktadır [11, 12]. Kitin ve kitosanın kimyasal yapıları Şekil 3’te verilmiştir [11, 20, 36, 37, 40, 81, 82].



Şekil 3. Kitin ve kitosanın kimyasal yapıları

Kitosan; 3 tane fonksiyonel reaktif grup içermektedir. C-2 pozisyonunda bir amino grubu ve C-3 ve C-6 pozisyonlarında birincil ve ikincil hidroksil grupları bulunmaktadır [22, 34, 35, 40].

Kitosan farklı viskozite, molekül ağırlığı (50 000-2 000 000 Da) ve deasetilasyon derecelerine (% 40-98) sahiptir. Deasetilasyon derecesi, deasetilasyona uğramış N-asetil-D-glukozamin ünitelerinin sayısının, toplam ünite sayısına göre miktarını göstermektedir. Kitosanın fizikokimyasal özellikleri; deasetilasyon derecesi ve molekül ağırlığı ile değişmektedir [6, 83, 84].

Beyaz renkte, kokusuz ve tatsız, yarı şeffaf partikül veya toz halinde bir madde olan kitosan sindirim enzimlerine dayanıklıdır. Buna karşın bazı bakteriler tarafından parçalanır. Suda çözünmez. Sadece asidik çözücülerde (<6.0 pH) çözünür. Çözündürmek için asetik, formik, laktik gibi organik asitler kullanılır. İnorganik asitlerde çözünme sınırlıdır (%1 hidroklorik asitte çözünür; sülfirik ve fosforik asitte çözünmez). Kitosan solüsyonlarının pH 7.0 ve üzerinde stabilitesi bozulur. Aynı şekilde oda sıcaklığında uzun süre muhafaza edilmesi kitosan solüsyonlarının stabilitesini de olumsuz etkilemektedir [12, 31, 85].

Kitosan asidik pH'larda polikasyonik özellik taşır (pK= 6,2-6,8). Pozitif yüklü NH_3^+ etkisi ile negatif yüklü iyonlar ile etkileşebilmektedir. Özellikle demir, bakır, magnezyum gibi birçok metal iyonu ile etkileşebilmekte, bu özelliğinden toksik, ağır metallerin ayrıştırılmasında yararlanılmaktadır [1, 17, 35, 45, 49, 86].

3. Yapılan çalışmalar ve kitosanın gıda endüstrisindeki kullanım alanları

Gökmen ve Gürbüz [27] tarafından yürütülen bir çalışmada, Türk Sucuğu üretiminde doğal bir polisakarit olan kitosanı, farklı oranlarda (%0.05, %0.1, %0.5 ve %1) kullanarak ürünün kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Deneysel sucuk üretimini dört ayrı aşamada (ette [DN1], karışım sonrası [DN2], dolum sonrası [DN3] olgunlaştırma sonrası [DN4] ve depolamanın 1., 7., 15., 30. ve 60. günlerinde mikrobiyolojik (toplam aerobik mezofilik bakteri, *Enterobacteriaceae*, koliform, *Escherichia coli*, sülfid-indirgeyen *Clostridia* ve küf-maya sayımı) yönden analiz etmişlerdir. Türk sucuğu üretiminde %0.05, %0.1 ve %0.5 kitosan ilavesinin mikrobiyolojik ve duyu kaliteyi olumlu yönde etkilerken, %1 kitosan ilavesinin ise duyu kaliteyi olumsuz yönde etkilediğini rapor etmişlerdir

Can Çetin [87] yenilebilir kitosan kaplamanın nar (*Punica granatum*) tanelerinin kalite faktörleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Nar tanelerini % 0 (kontrol) ve % 1 kitosan (karides kabuklarından üretilmiş, de-asetillenmiş ($\geq 75\%$)) çözümleriyle kaplamış ve 22 gün boyunca $4\pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de muhafaza etmiştir. Kitosan ile kaplanmış ve kaplanmamış nar tanelerini; ağırlık kaybı, pH, toplam çözünebilir madde miktarı, toplam titre edilebilir asitliği, toplam fenol miktarı, toplam radikal indirgeme kapasitesi, toplam antosiyanin miktarı, toplam mezofilik aerobik bakteri, küf ve maya sayımları ve duyu özellikler yönünden analiz etmiştir. Kitosan kaplamanın ağırlık kaybını, duyu kalitedeki ve toplam antosiyanin miktarındaki düşüşü geciktirdiğini bulmuştur. Kitosan ile kaplanmış nar tanelerinin; çözünebilir katı miktarı, titre edilebilir asitliği ve pH miktarları kaplanmamış nar tanelerine göre, daha yüksek sonuçlar verdiğini ve aynı zamanda kitosan kaplamalarının mikrobiyal bozulmayı geciktirdiğini tespit etmiştir. Sonuçlar kitosan ile kaplamanın buzdolabı sıcaklığında saklanan nar tanelerinin raf ömrünü 15 günden 19 güne kadar artırdığını göstermiştir.

Özbay vd. [15] manta karidesi, sübye ve mavi yengeç atık kabuklarının kitin ve kitosan verimini incelemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, kabuk, kitin ve kitosanın; %nem, %nitrojen içeriği, %ham kül ve %ham yağ analizlerini incelemişlerdir. Manta karidesi, sübye ve mavi yengeç atık kabuklarının kitin ve kitosan verimi sırasıyla %14.89 ile %12.52, %2.87 ile %1.69 ve %10.21 ile %7.55 olarak tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda; manta karidesi ve mavi yengecin atık kabuklarının kitin ve kitosan veriminin, sübye iç kabuğuna kıyasla önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Bingöl et al. [88] dondurulmuş karidesleri kitosanla muamele ederek bu işlemin kalite üzerine etkilerini incelemişlerdir. Denemeler Marmara Denizinden avlanan derin su pembe karidesi (*Parapenaeus longirostris*) üzerinde gerçekleştirilmiş, taze karidesleri sekiz gruba ayırarak; çeşme suyu (kontrol) ile sodyum metabisülfid (2500 mg/L), 4-heksilresonsinol (50 mg/L), kitosan (5 g/L), sitrik asit (50 mg/L) ve biberiye ekstraktı (50 mg/L) kombinasyonlarını içeren solüsyonlarda 10 dk. süreyle bekletmişlerdir. Muamele sonrası karidesleri paketleyerek -18°C 'de 12 ay süreyle depolamışlar ve depolama boyunca duyu özelliklerini, pH, TBA, TVB-N ve TMA-N değerleri ile nem oranlarını analiz etmişlerdir. Depolama sonunda bütün gruplara ait örneklerin panelist değerlendirmesine göre yenilebilir bulunduğunu, buna karşın kontrol grubu örneklerin muamele gruplarına göre daha düşük lezzet ve koku puanları aldığını saptamışlardır. Araştırmacılar depolama boyunca kimyasal parametrelerde, önemli düzeyde değişimler meydana gelmediğini ayrıca gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığını ve çiğ karideslerin kabuklu olarak dondurulması durumunda en az 12 ay kadar tüketilebilir özelliklerini koruduğunu tespit etmişlerdir.

Bostan and Mohan [26] yapmış oldukları çalışmada, kitosanın farklı konsantrasyonları ile muamele edilen sosilerin mikrobiyolojik kalitesini ve raf ömrünü araştırmışlardır. Yerel bir üreticiden temin edilen sos örnekleri % 1,0'lik asetik asit içinde hazırlanmış, % 0,25, % 0,5 ve % 1,0 kitosan solüsyonlarına daldırılmış, vakum paketlenmiş, 4°C 'de 60 gün süreyle depolanmış ve depolamanın 1., 5., 10., 15., 30. ve 60. günlerinde duyu ve mikrobiyolojik (aerobik mezofilik toplam bakteri, psikrotrofik bakteri, laktik asit bakterileri, küf ve maya) yönden analiz edilmiştir.

Muamele görmeyen örneklerin (kontrol grubu) depolamanın 20. gününde bozulduğunu, bununla birlikte kitosanla muamele edilen örneklerde muhafazanın son gününde bile anormal değişiklikler görülmediğini belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda, sosis yüzeylerinin daldırılarak kitosanla muamele edilmesinin mikrobiyolojik kaliteyi iyileştirdiğini ve raf ömrünü uzattığını rapor etmişlerdir.

Dikel [89], %15 balık jelatinine %0,5 ve %1 kitosan ilave edirek çipura fileto larını kaplamış, buzdolabında ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$) 12 gün süreyle depolayarak, depolama süresince mikrobiyolojik (toplam bakteri sayısı), kimyasal (toplam uçucu bazik azot, tiyobarbuturik asit, peroksit değeri, serbest yağ asitleri), fiziksel (pH ve hunter Lab renk değerleri) ve duyuşsal yönden analizlerini yapmıştır. Toplam bakteri sayısının; kontrol grubu ve %15 jelatin ile kaplanan grupta, kitosan eklenen jelatin ile kaplanan gruplara göre daha yüksek sayıya ulaştığını ($p<0,05$), ayrıca kitosan eklenen jelatin ile kaplanan grupların daha düşük toplam uçucu bazik azot, peroksit ve serbest yağ asidi değerlerine sahip olduğunu ($p<0,05$) bildirmiştir. Kitosan ilavesinin örneklerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^* değerleri) üzerine de olumlu etki yaptığını saptamıştır. Duyusal analiz (genel kabul edilebilirlik özelliği) sonuçlarına göre ise, en uzun raf ömrünün (12 gün) kitosan ilave edilen jelatin ile kaplanan gruplarda olduğunu, bunu %15 jelatin ile kaplanan grup (9 gün) ve kontrol grubunun (6 gün) izlediği ve %0,5 ve %1 kitosan içeren grupların, panelistler tarafından tat ve aroma yönünden daha fazla beğenildiğini vurgulamıştır.

Torlak ve Nizamoğlu [28], kitosan solüsyonları [kitosan ve uçucu yağ (%0,5 ve %1)] ile hazırlanan yenilebilir filmlerin *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* O157:H7'ye karşı antimikrobiyal etkinliklerini araştırıldıkları bir çalışmada, kaşar peyniri örneklerini *S. aureus* ve *E. coli* O157:H7 log 5 kob/g düzeyinde kontamine etmişlerdir. Yapay olarak kontamine edilen örnekler, hazırlanan filmler ile kaplanmış ve 4°C 'de 14 gün süreyle muhafaza edilmiştir. Muhafazanın 1., 7. ve 14. günlerinde yapılan sayımlar ile filmlerin *S. aureus* ve *E. coli* O157:H7'ye karşı antimikrobiyal etkinlikleri değerlendirilmiştir. Kontrol grubuna nazaran yenilebilir filmler ile kaplanmış örneklerde *S. aureus* sayısının 0.90 log ile 2.66 log arasında ve *E. coli* O157:H7 sayısının ise 0.75 log ile 2.32 log arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Depolama sonunda tüm film tiplerinin her iki patojene karşı antimikrobiyal etkinliğinin kontrol grubuna göre önemli düzeyde olduğu bulunmuştur ($P<0,05$).

Kitosan biobozundurur, toksik değildir ve FDA tarafından gıdalarda kullanımı güvenli (GRAS) olarak kabul edilmektedir [20, 22, 29, 82, 88]. Kitosanın Kore ve Japonya'da uzun yıllardır gıda katkı maddesi olarak kullanımı yasaldır. ABD'de ise GRAS (Generally recognized as safe) olarak onaylanmıştır [19, 20, 28, 82]. Kitosan filmleri oksijen ve nem geçirgenliğini kontrol edebilmekte, uygulandığı gıda üzerinde antioksidan ve antimikrobiyal etki göstermekte [40, 55, 90], solunum oranını azaltmakta, fungal gelişimi engelleyebilmekte [40, 91] ve özellikle meyve ve sebzelerin olgunlaştırılmasının kontrolünde yenilebilir film ve kaplama olarak oldukça önem taşımaktadır [31, 40, 92-96]. Meyve suyu üretiminde, meyvelerin preslenmesinden sonra oluşan bulanıklığın giderilmesi için jelatin gibi ajanlar kullanılmaktadır. Kitosan tuzları güçlü pozitif yükler taşıması nedeniyle, meyve suyundaki negatif yüklü kolloidler ile elektrostatik etkileşime girerek, bulanıklığa neden olan bu parçacıkların çökmesini sağlamaktadırlar.

Dolayısıyla kitosan ve/veya tuzları etkili durultma ajanları olarak kullanılabilirler [40, 97]. Bu amaçla son yıllarda özellikle elma suyunun durultulmasında kitosan yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [46, 98-100].

Taze meyve, sebze ve yumurta gibi bazı gıdalarda raf ömrünü uzatmak amacıyla kaplama amaçlı olarak kitosan kullanılmaktadır [26, 101-103].

Et, meyve, sebze ve bunların ürünleri başta olmak üzere, birçok gıdada kullanım olanakları bulunmasıyla birlikte, suların arıtılmasında ve yenilebilir filmlerin üretilmesinde de kullanım alanları bulunmaktadır. Kitinin deasetilasyonu ile elde edilen doğal kaynaklı bir polimer olan kitosan antimikrobiyal aktivitesi nedeniyle gıdalar için potansiyel bir koruyucu katkı maddesidir. Taze meyve ve sebzelerde antimikrobiyal film olarak kullanılmaktadır [46, 91, 93, 105-108]. Antimikrobiyal film özelliğinin yanı sıra film oluşturabilme ve bariyer özellikleri kitosanı antimikrobiyal özellikte yenilebilir film ve kaplamalar için ideal bir materyal haline getirmektedir. Özellikle çileklerde de kaplama materyali olarak kullanımı gün geçtikçe artmaktadır [9, 65, 109]. Kitosanın gıdalarda kullanımı, bağırsaklardaki yağ emilimi azaltmakta ve plazma kolesterolü ve trigliseridler seviyesini düşürmektedir. Bununla birlikte toksik olmamaları, vücutta parçalanabilmeleri, ekonomik olmamaları da gıdalarda kullanım potansiyelini arttırmaktadır [40]. Kitosan, aynı zamanda özellikle et ürünlerinde kaplama materyali olarak kullanıldığında bu ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır. Bunun yanında kitosan; ekmek ve yumurta gibi ürünlerde koruyucu bir bariyer oluşturarak nem kaybını engellemekte; ekmek, meyve ve doymamış yağ asitlerince zengin deniz ve et ürünleri gibi çeşitli gıdalarda antioksidan etki göstererek bu ürünleri oksidasyona karşı korumakta ve sosis, mayonez gibi ürünlerde de emülgatör görevi görmektedir. Ayrıca, sosislerde antioksidan etkiye sahiptir [110].

Meyve ve sebzelerden elde edilen ürünlerde kitosanın en ilgi çekici uygulamaları ise, esmerleşmeyi inhibe etmede sülfütlere alternatif gösterilmesi ve meyve suyu endüstrisinde gerek durultma yardımcı maddesi gerekse asitliği düzenleyici olarak kullanılmasıdır [12]. Elma ve armut suyu [111] ile patatesten enzimatik esmerleşmeyi önleyici ajan olarak kullanılmaktadır [112].

Kitosan atık suların arıtılmasında, reolojik ve emülsifikasyon özelliklerinin geliştirilmesinde, enkapsilasyon ve enzim immobilizasyonunda kullanılmaktadır [1, 22, 34, 40, 45-49].

Kitosanın lipidlere bağlanması, düşük kalorili ürünlerin hazırlanmasında önemli bir avantaj kazanmasına neden olmuştur. Bu özelliği ile Japonya'da kitosan katkı diyet nodülleri ve kurabiyeler üretilmeye başlanmıştır [20, 113-115].

4. Sonuç

Çok yönlü kullanım alanına sahip olan kitosan çeşitli mikroorganizmalara karşı etkili olup gıda maddelerinin raf ömrünü uzatmaktadır. Kitosanın kullanılmasıyla hem doğada büyük miktarda atık yükü oluşturan deniz kabuklularının önüne geçilecek hem de insan sağlığına herhangi bir yan etkisi olmayan ürünler biyokontrol amaçlı olarak kullanılacaktır. Ayrıca artan çevre bilinci, doğal antimikrobiyal maddeler kullanılarak üretilen yenilebilir ambalajlara yönelik ilgiyi hızlandırırken, bu teknolojinin kullanımı sayesinde atık miktarının azaltılması, ekonomik açıdan kazanç sağlaması ile birlikte çevre kirliliğinin önüne geçilmesinde sağlanacaktır.

5. Kaynaklar

1. Sandford, P.A., Chitosan: commercial uses and potential applications, in: G. Skjak-Brack, T. Anthonsen, P. Sandford (Eds.), Chitin and Chitosan Sources, Chemistry, Biochemistry, Physical Properties and Applications, pp. 51-69, Elsevier Science Publishers Ltd, England, 1989.
2. Furusaki, E., Ueno, Y., Sakairi, N., Nishi, N., Tokura, S., Facile preparation and inclusion ability of a chitosan derivative bearing carboxymethyl- β -cyclodextrin, Carbohydr. Polym., 9, 29-34, 1996.
3. Kurita, K., Controlled functionalization of the polysaccharide chitin, Progress in Polymer Science, 26, 1921-1971, 2001.
4. Struszczyk, H., Orlikowski, B.L., Skrzypczak, C., Chitosan in the control of soil-borne pathogens, Chitin Enzymology, 197-205, 2001.
5. Wang, S., Moyne, A., Thottappilly, G., Wu, S., Locy, R.D., Singh, N.K., Purification and characterization of *Bacillus cereus* exochitinase, Enzyme Microbial Technol., 28 (6): 492-498, 2001.
6. Duman, S.S., Şenel, S., Kitosan ve Veteriner Alandaki Uygulamaları, Veteriner Cerrahi Dergisi, 62-72, 2004.
7. Dutta, K.P., Dutta, J., Tripathi, V.S., Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications, J. Sci. Ind. Res., 63 (1): 20-31, 2004.
8. Kim, K.M., Son, J.H., Kim, S.K., Weller, C.L., Hanna, M.A., Properties of chitosan films as a function of pH and solvent type, J. Food Sci., 71 (3): 119-124, 2006.
9. Dutta, P.K., Tripathi, S., Mehrotra, G.K., Dutta, J., Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications, Food Chem., 114, 1173-1182, 2009.
10. Çabuk, M., Yavuz, M., Hlavac, J., Biyobozunur ve anti-kanserojen kitosan/benzaldehit modifikasyonu ve nanokompozitinin hazırlanması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27 (3): 247-251, 2011.
11. Demir, A., Seventekin, N., Kitin, Kitosan ve Genel Kullanım Alanları, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3 (2): 92-103, 2009.
12. Erkan Koç, B., Özkan, M., Gıda endüstrisinde kitosanın kullanımı, Gıda, 36 (3): 161-168, 2011.
13. İmamoğlu, Ö., Biyokontrolde doğal ürünlerin kullanılması; Kitosan, Türk Hij. Den. Biyol. Dergisi, 68 (4): 215-222, 2011.
14. Castro, S.P.M., Paulín, E.V.G., Is Chitosan a New Panacea? Areas of Application. <http://dx.doi.org/10.5772/51200>. 2012.
15. Özbay, T., Özden B., Mehmet A.S., Manta Karidesi (*Squilla* sp.), Sübye (*Sepia* sp.) ve Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus*, Rathbun, 1896) Atık Kabuklarının Kitin ve Kitosan Verimi, Yunus Araştırma Bülteni, 1, 13-19, 2002.
16. Ockerman, H.W., Hansen, C.L., Edible tissue from bone. In Animal By-Product Processing. Ed. Ockerman H.W. and Hansen C.L. Ellis Harwood Ltd., Chichester, p. 158-175, England, 1988.
17. Jeon, Y.J., Kamil, J.Y.V.A., Shahidi, F., Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 5167-5178, 2002.
18. Fernandez-Kim, S.O., Physicochemical and Functional Properties Of Crawfish Chitosan as Affected by Different Processing Protocols. 1-99, A Master Thesis, Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Seoul National University, 2004.
19. No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W., Xu, Z., Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. Journal of Food Science, 72 (5): R87-R100, 2007.
20. Turan, M., Dondurularak depolanan fileto gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kalitesine kitosan ile glazelemenin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2011.
21. Dutta, P.K., Ravikumar, M.N.V., Dutta, J., Chitin and Chitosan for versatile applications, JMS Polym. Rev., C42, 307, 2002.
22. Shahidi, F., Arachchi, J.K.V., Jeon, Y.J., Food applications of chitin and chitosans, Trends Food Sci. Technol., 10, 37-51, 1999.
23. Vernazza, C.L., Gibson, G.R., Rastall, R.A., In vitro fermentation of chitosan derivatives by mixed cultures of human faecal bacteria, Carbohydrate Polymers, 60, 539-545, 2005.
24. Rinaudo, M., Chitin and chitosan: Properties and applications, Progress in Polymer Science, 31, 603-632, 2006.
25. Keser, O., Bilal, T., Kitosan oligosakkaritin hayvan beslemede kullanımı II- antioksidan, antimikrobiyal ve diğer etkileri (derleme). Lalahan Hay. Araşt. Ens. Derg., 50 (1): 41-52, 2010.
26. Bostan, K., Mahan, F.I., Microbiological Quality and Shelf-life of Sausage Treated with Chitosan, İstanbul Üniv. Vet. Fak. Derg., 37 (2): 117-126, 2011.
27. Gökmen, M., Gürbüz, Ü., Use of Chitosan in Turkish Sausage (Sucuk) Production and Effects on Quality, Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg., 17 (Suppl A): S67-S71, 2011.
28. Torlak, E., Nizamoğlu, M., Uçucu Yağ İçeren Yenilebilir Kitosan Filmlerinin *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* O157:H7 Üzerine Etkinlikleri. Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg., 17 (Suppl A): S125-S129, 2011.
29. Shepherd, R., Reader, S., Falshaw, A., Chitosan functional properties, Glycoconjugate Journal, 14, 535-542, 1997.
30. Terbojevich, M., Muzarelli, R.A., Chitosan. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. Press., 2000.
31. Bostan, K., Aldemir, T., Aydın, A., Kitosan ve antimikrobiyal aktivitesi. Türk Mikrobiyol Cem. Derg., 37 (2) : 118-127, 2007.
32. Casettaria, L., Vllasaliu D., Castagnino E., Stolnik S., Howdle, S., Illum, L., PEGylated chitosan derivatives: Synthesis, characterizations and pharmaceutical applications, Progress in Polymer Science 37, 659-685, 2012.
33. Struszczyk, H., Orlikowski, B.L., Skrzypczak, C., Chitosan in the control of soil-borne pathogens, Chitin Enzymology, 197-205, 2001.

34. Çaklı, S., Kılınç, B., Kabuklu Su Ürünleri İşleme Artıklarının Endüstriyel Alanda Değerlendirilmesi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21 (1-2): 145-152, 2004.
35. Cansız, Ö., farklı organik asitlerle üretilen kitosan kaplama materyalinin yumurta raf ömrü ve kabuk mukavemetini geliştirmede etkinliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 2006.
36. Lim, S.H., Synthesis of a fiber-reactive chitosan derivative and its application to cotton fabric as an antimicrobial finish and a dyeing-improving agent, Ph. D. Dissertation, North Carolina State University, USA, 2002.
37. Kasırğa, Y., Kitosan/montmorillonite nanokompozitlerinin hazırlanması ve karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 2011.
38. Fouda, M., Use of Natural Polysaccharides in Medical Textile Applications, Ph. D. Dissertation, Essen University, 2005.
39. El-Tahawy K.F., El-bendary M.A., Elhendawy A.G., Hudson S.M., The Antimicrobial Activity of Cotton Fabrics Treated with Different Crosslinking Agents and Chitosan, Carbohydrate Polymers, 60, 421-430, 2005.
40. Kurt, Ş., Zorba, Ö., Kitin (Chitin), Kitosan (Chitosan) ve türevlerinin gıdalarda kullanım olanakları, Gıda, 30 (6): 371-378, 2005.
41. Mathur, N.K., Narang, C.K., Chitin and chitosan, versatile polysaccharides from marine animals, J. Chem. Educ., 67, 938-942, 1990.
42. Karaton Kuzgun, N., Gürel İnanlı, A., Kitosan Üretimi ve Özellikleri İle Kitosanın Kullanım Alanları, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 6 (2): 16-21, 2013.
43. Synowiecki, J., Al-khatteb, A., Nadia, A., Production, properties, and some new applications of chitin and its derivatives, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 43, 145-171, 2003.
44. Shahidi, F., Abuzaytoun, R., Chitin, chitosan, and co-products: chemistry, production, applications, and health effects, Adv. Food Nutr. Res., 49, 93-135, 2005.
45. Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., Baygar, T., Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, İstanbul Üniversitesi Yayınları, pp. 473-474, İstanbul, 2004.
46. Khor, E., Chitin, Fulfilling a Biomaterials Promise, Dept. Of Chemistry, National University of Singapore, Rep. Of Singapore, 2001.
47. Shigemasa, Y., Minami, S., Applications of chitin and chitosan for biomaterials. Biotechnology and Genetic Engineering Reviews, 13, 383-420, 1996.
48. Illum, L., Chitosan and its use as a pharmaceutical excipient. Pharm. Res., 15, 1326-31, 1998.
49. Şenel, S., et al., Enhancing effect of chitosan on peptide drug delivery across buccal mucosa. Biomaterials, 21 (20): 2067-2071, 2000.
50. Ravi Kumar Majeti, N.V., A review of chitin and chitosan applications. Reactive and functional polymers, 46 (1): 1-27, 2000.
51. Singla, A.K., Chawla M., Chitosan: Some pharmaceutical and biological aspects-an update. Journal of Pharmacy and Pharmacology 53 (8):1047-1067, 2001.
52. Lin, H.Y., Chaou, C.C., Antioxidative activities of water-soluble disaccharide chitosan derivatives, Food Research International, 37, 883-889, 2004.
53. Yang, T.C., Chou, C.C., Li, C.F., Preparation, water solubility and rheological property of the N-alkylated mono or disaccharide chitosan derivatives. Food Research International, 35, 707-713, 2002.
54. Agulló, E., Rodriguez, M.S., Ramos, V., Albertengo, L., Present and future role of chitin and chitosan in food. Macromol. Biosci, 3, 521-530, 2003.
55. Devlieghere, F., Vermeulen, A., Debevere, J., Chitosan: Antimicrobial Activity, Interactions with Food Components and Applicability as a Coating on Fruit and Vegetables. Food Microbiology, 21, 703-714, 2004.
56. Gällstedt, M., Hedenqvist, M.S., Packaging-Related Properties of Alkyd-Coated, Wax-Coated, and Buffered Chitosan and Whey Protein Films. Journal of Applied Polymer Science, 91, 60-67, 2004.
57. Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A. N., Velázquez-del Vale, M. G., Hernández-López, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molina, E., Wilson, C. L., Chitosan as a Potential Natural Compound to Control Pre and Postharvest Diseases of Horticultural Commodities: Review. www.elsevier.com/locate/cropro, 2005.
58. Gümüşderelioglu, M., Özdemir, E., Her Derde Deva Polimerler Kitin ve Kitosan. Bilim ve Teknik, Tübitak, Bilimin Bilmedikleri, Eylül, 454, 80-82, 2005.
59. Razdan, A., Pettersson, D., Effect of chitin and chitosan on nutrient digestibility and plasma lipid concentrations in broiler chickens. Br. J. Nutr., 72, 277-288, 1994.
60. Han, L.K., Kimura, Y., Okuda, H., Reduction in fat storage during chitin-chitosan treatment in mice fed a high-fat diet. Int J Obes Relat Metab Disord, 23, 174-179, 1999.
61. Lee, J.K., Kim, S.U., Kim, J.H., Modification of chitosan to improve its hypocholesterolemic capacity. Biosci Biotechnol Biochem, 63, 833-839, 1999.
62. Pittler, M.H., Abbot, N.C., Harkness, E.F., Ernst E. Randomized, double-blind trial of chitosan for body weight reduction. Eur J Clin Nutr., 53, 379-381, 1999.
63. Wuolijoki, E., Hirvela, T., Ylitalo, P., Decrease in LDL-cholesterol with microcrystalline chitosan. Methods Find Exp Clin Pharmacol, 21, 357-361, 1999.
64. Roller, S., Covill, N., The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. Int. J. Food Microbiol., 47, 67-77, 1999.
65. Tsai, G.J., Wen-Huey, S., Antibacterial activity of shrimp chitosan against *Escherichia coli*, Journal of Food Protection, 62 (3): 239-243, 1999.
66. Choi, B.K., Kim, K.Y., Yoo, Y.J., Oh, S.J., Choi, J.H., Kim, C.Y., In vitro antimicrobial activity of a chitooligosaccharide mixture against *Actinobacillus actinomycetemcomitans* and *Streptococcus mutans*. Int. J. Antimic. Agents, 18, 553-557, 2001.
67. Liu, X.F., Guan, Y.L., Yang, D.Z., Li, Z., Yao, K.D., Antibacterial action of chitosan and carboxymethylated chitosan. J. Appl. Polym. Sci., 79, 1324-1335, 2001.
68. No, H.K., Park, N.Y., Lee, S.H., Meyers, S.P., Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights, Int. J. Food Microbiol., 74, 65-72, 2002.
69. Zheng, L.Y., Zhu, J.F., Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. Carbonhy Polym., 54, 527-530, 2003.

70. Zheng, L.Y., Zhu, J.F., Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. *Carbohydr Polym.*, 54, 527-530, 2003.
71. Tikhonov, Vladimir E., et al., Bactericidal and antifungal activities of a low molecular weight chitosan and its N-2(3)-(dodec-2-enyl)succinoyl-derivatives. *Carbohydrate polymers*, 64,1, 66-72, 2006.
72. Omura, Y., Shigemoto, M., Akiyama, T., Saimoto, H., Shigemasa, Y., Nakamura, I., Tsuchido, T., Reexamination of antimicrobial activity of chitosan having different degrees of acetylation and molecular weights, in: K. M. Varum, A. Domard, O. Smidsrod (Eds), *Advances in Chitin Sciences*, Vol. IV, University of Postdam, Norway, 273-274, 2000.
73. Lin, D., Zhao Y., Innovations in the Development and Applications of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6, 60-75, 2007.
74. Duran, M., Doğal antimikrobiyal katkıli kitosan kaplama ile çileğin raf ömrünün arttırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 2013.
75. Cuero, R.G., Osuji, G., Washington A., N-Carboxymethyl chitosan inhibition of aflatoxin production: Role of zinc. *Biotechnol Letters* 13, 441-444, 1991.
76. Sudharshan, N.R., Hoover, D.G., Knorr, D., Antibacterial action of chitosan. *Food Biotech.*, 6, 257-272, 1992.
77. Chen, C., Liau, W., Tsai, G., Antibacterial effects of NSulfonated and N-Sulfobenzoyl chitosan and application to oyster preservation. *J. Food Protect.*, 61, 1124-1128, 1998.
78. Helander, I.M., Nurmiaho-Lassila, E.L., Ahvenainen R, Rhoades J, Roller S. Chitosan disrupts the barrier properties of the outer membrane of Gram-negative bacteria. *Int. J. Food Microbiol.*, 71, 235-244, 2001.
79. Roller, S., Chitosan: New food preservative or laboratory curiosity. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. Press., 2003.
80. Sun, T., Yao, Q., Zhou, D., Mao, F., Antioxidant activity of N-carboxymethyl chitosan oligosaccharides. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters.*, 18, 5774-5776, 2008.
81. Ruprecht, R., See "Chitin Craze," *Science News*, at Harvard University, Vol. 144, Jdy 31, 72-74, 1993.
82. Aranaz, I., Mengibar, M., Harris, R., Panos, I., Miralles, B., Acosta, N., Galed, G., Heras, A., Functional characterization of chitin and chitosan. *Current Chemical Biology*, 3, 203-230, 2009.
83. Kristi, J., Smid-Korbac, J., Struc, E., Schara, M., Rupprecht, H., Hydrocolloids and gels of chitosan as drug carriers. *Int. J. Pharm.*, 99, 13-19, 1993.
84. Burkhanova, N.D., et al., Structural investigations of chitin and its deacetylation products. *Chemistry of Natural Compounds* 36 (4): 352-355, 2000.
85. No, H.K., Kim, S.H., Lee, S.H., Park, N.Y., Lee, S.H., Prinyawiwatku, W., Stability and antibacterial activity of chitosan solutions affected by storage temperature and time. *Carbohydr Polym.*, 65, 174-178, 2006.
86. Ham-Pichavant, F., et al., Fat resistance properties of chitosan-based paper packaging for food applications. *Carbohydrate polymers*, 61 (3): 259-265, 2005.
87. Can Çetin, A., Effects of edible chitosan coating on quality parameters of pomegranate (*Punica granatum*) arils, Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara., 2012.
88. Bingöl, E.B., Uran, H., Bostan, K., Varlık, C., Sivri, N., Üçok Alakavuk, D., Kitosanla Muamelenin Dondurulmuş Karideslerin Duyusal ve Kimyasal Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi, *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 19 (3): 399-405, 2013.
89. Dikel, Ç., Kitosan eklenen jelatin ile kaplamanın çipura (*Sparus aurata* L., 1758) filetolarının soğukta (+4°C) depolanması esnasında fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal değişimler üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2012.
90. Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F., Deschamps, A., Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *Journal of Food Sci.*, 67 (3): 1162, 2002.
91. Kittur, F.S., Saroja, N., Habibunnisa, R.N., Tharanathan, R.N., Polysaccharide based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. *Eur. Food Res. Technol.*, 213, 306-311, 2001.
92. Cheah L. H., Page B.B.C., Shepherd, R., Horticultural Science Chitosan coating for inhibition of sclerotinia rot of carrots, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 25, 89-92, 1997.
93. Jiang, Y., Li, Y., Effects of chitosan coating on post harvest life and quality on longan fruit. *Food Chemistry*, 73, 139-143, 2001.
94. Pen, L.T., Jiang, Y.M., Effects of chitosan coating on shelf life and quality of frescut Chinese water chestnut. *Lebensm- Wiss. U. Technol.*, 36, 359-364, 2003.
95. Dong, H., Cheng, L., Tan, J., Zheng, K., Jiang, Y., Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *Journal of Food Engineering*, 64, 355-358, 2004.
96. Dong, H., Cheng, L., Tan, J., Zheng, K., Jiang, Y., Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *Journal of Food Engineering*, 64, 355-358, 2004.
97. Imeri, A.G., Knorr, D., Effect of chitosan on yield and compositional data of carrot and apple juice. *Journal of Food Science*, 53, 1707-1709, 1998.
98. Root, T., Johnson, E.L., A comparison of the use of chitosan and gelatin on the clarification of five blends of apple juice using both hot and cold treatment methods. In: Muzzarelli, M.M.A., Pariser, E.R. (Eds.), MIT Sea Grant Program. *Proceedings First International Conference on Chitin/Chitosan*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 387-395, 1978.
99. Soto-Peralta, N.V., Muller, H., Knorr, D., Effects of chitosan treatments on the clarity and color of apple juice. *J. Food Sci.*, 54, 495-496, 1989.
100. Boguslawski, S., Bunzeit, M., Knorr, D., Effects of chitosan treatment on clarity and microbial counts of apple juice. *Z. Lebensm. Technol.*, 41, 42-44, 1990.
101. Butler, B.L., Vergano, P.J., Testin, R.F., Bunn, J.N., Wiles, J.L., Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. *J. Food Sci.*, 61, 953-955, 1996.
102. Chien, P.J., Sheu, F., Lin, H.R., Coating citrus (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. *Food Chemistry*, 100, 1160-1164, 2007.

103. Kim, S.H., No, H.K., Prinyawiwatkul, W., Effect of molecular weight, type of chitosan, and chitosan solution ph on the shelf-life and quality of coated eggs. *Journal of Food Science*, 72 (1): 44-48, 2007.
104. El-Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R., Boulet, M., Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *J. Food Sci.*, 56, 1618–1620, 1991.
105. El-Ghaouth, A., Ponnampalam, R., Castaigne, F., Arul, J., Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. *Hortscience*, 27, 1016–1018, 1992.
106. Du, J.M., Gemma, H., Iwahori, S., Effect of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear, and kiwifruit. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.*, 66, 15–22, 1997.
107. Zhang, D.L., Quantick, P.C., Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *J. Hortic. Sci, Biotechnol.*, 73, 763–767, 1998.
108. Li, H.Y., Yu, T., Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *J. Sci. Food Agric.*, 81, 269–274, 2001.
109. Park S., Stan S.D., Daeschel, M.A., Zhao, Y., Antifungal Coatings on Fresh Strawberries (*Fragaria ananassa*) to Control Mold Growth During Cold Storage. *Food Microbiology and Safety*, 70 (4): 202-207, 2005.
110. Xie, W.M., Xu, P.X., Liu, Q., Antioxidant activity of water-soluble chitosan derivatives. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 11, 1699–1701, 2001.
111. Sapers, G.M., Chitosan enhances control of enzymatic browning in apple and pear juice by filtration. *J. Food Sci.*, 57, 1192–1193, 1992.
112. Dörnenburg, H., Knorr, D., Evaluation of elicitor- and highpressure-induced enzymatic browning utilizing potato (*Solanum tuberosum*) suspension cultures as a model system for plant tissues. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 4173–4177, 1997.
113. Furda, I., Nonabsorbable lipid binder. U.S. Patent 4, pp. 223, 1980.
114. Nauss, J.L., Thompson, J.L., Nagyvary, J., The binding of micellar lipids to chitosan. *Lipids*, 18, 714-719, 1983.
115. Muzarelli, R.A.A., Chitosan-based dietary foods. *Carbohydrate Polymers*, 29, 309-316, 1996.