

## Biyokontrolde doğal ürünlerin kullanılması; Kitosan \*

### The use of chitosan as a biological control remedy

Özlem İMAMOĞLU<sup>1</sup>

#### ÖZET

Hasat öncesi ve sonrası tarım ürünlerinin çoğunda toprak ve yaprak patojenleri, viral mikroorganizmalar, böcekler ve küfler nedeniyle kayıplar yaşanmaktadır. Ürünlerde meydana gelen bu bozulmalar, iç ve dış pazarda da ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Tarım ürünlerinde kayıpları azaltmak için uzun yıllardır kullanılan insektisit ve fungisitlerin yanlış ve bilinçsizce tüketimi hem insan sağlığını hem de doğayı etkileyerek biyolojik dengeyi bozmaktadır. Son yıllarda pestisitlere toleranslı patojen organizmaların ortaya çıkması, bu kimyasal ürünlerin yetersizliğini ortaya koymuştur. Bu nedenle insan sağlığına zarar vermeyen, çevre dostu doğal ürünlerin kimyasal kontrole alternatif olabileceği düşünülmüştür. Meyve ve sebzelerde küf ve patojen gelişiminin kontrolünde, raf ömrünün uzatılmasında biyokontrol amaçlı doğal ürünlerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu doğal ürünler arasında uçucu bileşikler, asetik asit, jasmonat, propolis, kitosan, esansiyel yağ ve bitki ekstraktları sayılabilir. Kitin, N-Asetil-D-glukozamin monomerlerinin (Glc-NAc) β-1,4 bağıyla bağlanması ile oluşmuş, selülozdan sonra en bol bulunan yenilenebilir doğal bir kaynaktır. Mantarların hücre duvarlarının ana bileşeni, kalamar ve ahtapot da dahil olmak üzere, eklembacaklılar, kabuklular,

#### ABSTRACT

In most of the pre- and post-harvest agricultural products, losses are observed due to soil and leaf pathogens, such as viruses, fungi and insects. Damages to that kind of products also cause economic losses in the domestic and international market. Insecticides and fungicides are used for many years to reduce those kind of losses, however, consumption of these chemicals also can affect human health and disrupt the biological balance. In recent years, the emergence of pesticide-tolerant pathogenic organisms has revealed the inadequacy of such chemical products. For these reasons, eco-friendly natural products, which does not harm human health, were considered as an alternative to chemical control. The use of natural products to control fungi and pathogens, and as a result of it prolong the storage life of fruit and vegetables, has therefore received more attention. Some of the natural products are acetic acid, jasmonat, propolis, chitosan, essential oil and plant extracts. Chitin, a polymer of N-acetyl-D-glucosamine monomer (GlcNAC) residues linked by β-1,4 bonds, is the most abundant renewable natural resource after cellulose. It is the main component of the cell walls of fungi, the exoskeletons of arthropods, as well as of crustaceans, crabs, lobsters, shrimps, the radulas of

\* Bu çalışma "Zirai Ürünlerde Hasat Öncesi ve Hasat Sonrası Fungal Kontaminasyonun ve Mikotoksin Üretimini Kontrolünde Alternatif Stratejiler." isimli poster olarak 23-25 Mayıs 2005 tarihinde İstanbul'da düzenlenmiş olan II. Ulusal Mikotoksin Sempozyumu'nda sunulmuştur.

<sup>1</sup> Ankara Adli Tıp Grup Başkanlığı, Biyoloji İhtisas Dairesi, ANKARA

#### İletişim / Corresponding Author : Özlem İMAMOĞLU

Ankara Adli Tıp Grup Başkanlığı, Biyoloji İhtisas Dairesi, ANKARA

Tel : +90 312 340 73 24

E-posta / E-mail : ozlemimamoglu@yahoo.com

Geliş Tarihi / Received : 22.10.2011

Kabul Tarihi / Accepted : 21.11.2011

DOI ID : 10.5505/TurkHijyen.2011.55376

İmamoğlu Ö. Biyokontrolde doğal ürünlerin kullanılması; Kitosan. Turk Hij Den Biyol Derg, 2011; 68(4): 215-22.

yengeç, ıstakoz, karides, böcekler, yumuşakçalar kafadan bacaklıların iskeletini oluşturmaktadır. Kitin bu kaynaklardan kimyasal yollarla elde edilmektedir. Kitinin kısmi deasetasyonu ile meydana gelen kitosan, antimikrobiyal, antifungal ve insektisidal aktiviteye sahip olduğundan biyokontrol amacıyla kullanılmaktadır. Kitosanın çok sayıda tarım ürününde toprak ve yaprak patojenlerinin gelişimini engellediği, bitkilerde direnç mekanizmasını artırdığı ayrıca ürünlerin raf ömrünü uzattığı kanıtlanmıştır. Kitosan ve türevleri biyomedikal, gıda, ziraat, atık su arıtımı gibi birçok alanda kullanım olanakları ile ilgi çekmektedir. Tarımsal ürünlerde küf, patojen ve diğer zararlıların gelişiminin engellenmesi ve/veya azaltılması ayrıca ürünlerin raf ömrünün uzatılması için doğal ürünlerin kullanılması konusunda yaygın araştırmalar yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Biyokontrol, doğal ürünler, kitosan

mollusks, cephalopods and octopuses. Chitin is obtained from these sources by chemical ways. Chitosan, which derive by partial deacetylation of chitin, is a natural product, having antimicrobial, antifungal and insecticidal activities, and is used in the biocontrol. Chitosan has been proven to inhibit the growth of both soil and foliar plant pathogens, increases the resistance of plants and extends the shelf life of various horticultural commodities. Chitosan and its derivatives are of interest because of their biomedical properties, as well as in food, agriculture and waste water treatment. In order to prevent and/or reduce fungi, pathogens and other pests, and to prolong storage shelf life of agricultural products, more research is needed.

**Key Words:** Biocontrol, natural products, chitosan

## GİRİŞ

Tarımsal ürünlerde hasat öncesi ve hasat sonrası birçok türde nemotod, predatör böcek, bakteri, virüs ve küfün meydana getirdiği biyolojik bozulmalar iç ve dış pazarda ekonomik açıdan oldukça büyük kayıplara sebep olmaktadır. Dünyada üretilen mahsul kaybının %50'den fazlası, toprakta doğal olarak yaşayan organizmaların neden olduğu hastalıklardan kaynaklanmaktadır. Küfler; uygun koşullarda ham ve işlenmemiş materyalde çoğalarak bir yandan ürünün nitelik ve niceliğini değiştirip bozulmasına neden olmakta, diğer yandan insan sağlığı üzerine olumsuz etkilere sahip toksik maddeler oluşturmaktadırlar. Mikotoksinler son derece toksik olup çoğu karsinogen, teratojen, mutajen maddelerdir. Mikotoksinler, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* başta olmak üzere bazı küf türlerinin belirli nem ve ısı koşullarında oluşturdukları fungal metabolitlerdir (1). En sık karşılaşılan mikotoksinler aflatoksinler, okratoksin, trikotesen, zearalenon, patulin ve

fumonisin olarak sıralanabilir (2). Aflatoksinle kontamine olan bazı besin ürünlerine örnek olarak; Tahıllar (mısır, pirinç, buğday, arpa, sorghum, ak darı), yağlı tohumlar (soya fasulyesi, ayçiçeği, pamuk, yerfıstığı), baharatlar (karabiber, kişniş, zerdeçal, kırmızı biber), yemiş ağaçları (badem, antep fıstığı, hindistan cevizi), süt, mandıra ürünleri, et, meyveler, sebzeler, peynirler, fermente et ürünleri, mikrobiyal proteinler, enzimler, vitaminler gibi katkı maddeleri sayılabilir. Amerikan Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun tahminine göre her yıl dünyada besin ürünlerinin %25'i mikotoksinler tarafından kontamine olmaktadır. ABD'de aflatoksin kontaminasyonuna bağlı ürün kaybı her yıl için 100 dolardır. Bu maliyetin çoğunluğu Amerikan fıstığında yaşanmaktadır (3). Ülkemizde ise aflatoksin nedeni ile kırmızıbiber, incir, üzüm gibi birçok üründe kayıplar yaşanırken, yıllık fındık kaybının ortalama 40 bin ton olduğu belirtilmektedir (4).

Hasat öncesi ve hasat sonrası kayıpları azaltmak ve hastalıkları engellemek için uzun yıllardır çeşitli kimyasal ve fiziksel yöntemler kullanılmaktadır. Fungisitler genelde kolay bozulabilir ürünlerin üretiminde ve pazarlanma sürecinde fungal bozunmayı engellemek için kullanılmaktadır. Sentetik fungisitler pahalı olmasının yanı sıra karsinojeniteye, teratojeniteye, akut ve yüksek kalıntı toksisiteye, çevre kirliliğine de neden olduğu için kullanımının sınırlı tutulması gerekmektedir (5). Ayrıca hasat sonrası fungal populasyonların fungisitlere karşı geliştirdiği direnç de önemli bir sorun olmaya başlamıştır (6). Son yıllarda fungisitlere toleranslı patojen suşlarının ortaya çıkması, fungisitleri yetersiz kılmış; meyvelere daha fazla kimyasal madde uygulanması nedeniyle meyvelerde kalıntı oluşması insan sağlığı açısından risk oluşturmaya başlamıştır (6,7). Sinha ve ark.(1994)'nın gerçekleştirdiği bir çalışmada hasat sonrası soğanlarda *Aspergillus niger*'in neden olduğu çürümelere karşı fungusit ve gamma ışınları birlikte uygulandığında meydana gelen çürümelere %79 oranında azaldığı ancak soğanın dış kabukları üzerinde yüksek konsantrasyonlarda fungusit kalıntısı biriktiği rapor edilmiştir (8).

## BİYOKONTROL

Biyolojik kontrol; çevre etkenlerinin mikrobiyal antagonizma veya konakçı dayanıklılığını uyarıcı etkisiyle birlikte bir antagonistin patojenin yoğunluğunu ya da hastalık oluşturma yeteneğini azaltması olarak tanımlanabilir. Bitki hastalıkları ile mücadelede genel olarak hastalık etmenini konakçıdan uzak tutan, hastalık etmenini yok eden ya da azaltan, bitkiyi bağışık veya dayanıklı kılan, bitkinin hastalık etmenlerinden doğrudan korunmasını sağlayan yöntemler mevcuttur ve bu yöntemlerin tamamı da biyolojik kontrol olarak tanımlanmaktadır (9-11).

Biyolojik kontrol, pestisit kullanımı ile ilgili pek çok kaygıyı ortadan kaldırması nedeniyle gelecek için cazip bir alternatif olarak düşünülmektedir.

Tarımsal ürünlerde küf kontaminasyonu ve mikotoksin oluşumunun engellenmesi ve/veya azaltılması için biyokontrol ajanların ve doğal ürünlerin veya her ikisinin birlikte kullanıldığı alternatif yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Kimyasal mücadeleye alternatif olan biyolojik mücadele ve biyoteknolojik yöntemlerin yaygınlaştırılmasına öncelik verilmelidir. Bu çalışmaların insan sağlığı, agroekosistem, çevre ve biyolojik dengelerin korunarak sürdürülebilir tarımsal üretim tekniklerine uygun yapılması gerekmektedir.

## HASAT ÖNCESİ VE SONRASI ZARARLI ORGANİZMALARIN BİYOKONTROLÜNDE DOĞAL ÜRÜNLERİN KULLANIMI

Alternatif yöntemlerden biri olan “doğal ürünler” hem kolay bozunabilen ürünlerin saklama süresini uzatmada, hem parazitlere karşı koruyucu hem de fungal kontaminasyonu kontrol etmede kullanılmaktadır. Bunlar sentetik kimyasalların yerini alan bitkisel orijinli, toksik olmayan, spesifik etkili doğal ürünlerdir. Aroma maddeleri, asetik asit, jasmonat, glukosinolate, propolis, fusapiron, deoksifusapiron, kitosan, esansiyel yağlar gibi doğal ürünler bu amaca yönelik olarak kullanılmaktadır.

Bazı bitkiler içerdiği antimikrobiyal etkili bileşiklerle suda az çözümleri, kolay adsorbanabilmeleri ve uçucu özelliğe sahip olmaları ile hasat sonrası kontrolde oldukça kullanışlıdır. Asetaldehit, benzaldehit, cinnamaldehit, etanol, benzil alkol, nerolidol, 2-nonanone gibi bazı uçucu bitki bileşiklerinin *in vivo* denemelerde meyve ve sebze patojeni *Penicillium digitatum*, *Rhizopus stolonifer*, *Colletotrichum musae* ve *Erwinia caratovara*'ya karşı antifungal etkisinin olduğu tespit edilmiştir (5).

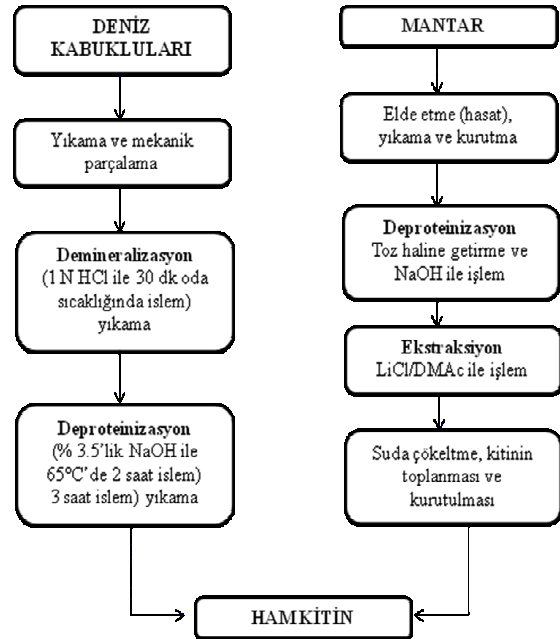
Esansiyel yağların bitki koruma mekanizmasında fitopatogenik mikroorganizmalara karşı önemli bir rol oynadığı, meyve ve sebzelerde raf ömrünü uzattığı, depolanan ürünleri biyolojik bozunmadan koruduğu rapor edilmiştir (5). Kimyon, fesleğen ve sardunyadan

ekstrakte edilen esansiyel yağların *Fusarium oxysporum* ve *Fusarium moniliforme*'ye karşı oluşturduğu fungal çürümeyi kontrol ederek büyümesini engellediği tespit edilmiştir (12). *Cicuta virosa* L. var. *latisca* Celak'dan ve dereotu tohumu *Anethum graveolens* L.'den elde edilen esansiyel yağların *Aspergillus flavus*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger* ve *Alternaria alternata*'ye karşı antifungal etkisi *in vitro* ve *in vivo* olarak test edilmiş, ürünlerde çürümeyi kontrol etmede potansiyel kontrol ajanı olarak kullanılabileceği belirlenmiştir (13,14).

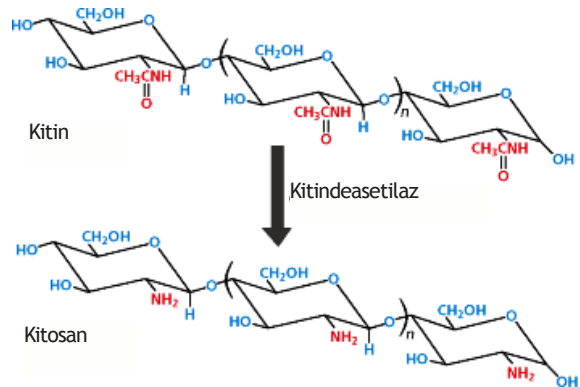
Propolisin içerdiği fenolik bileşiklerin kafeik asit, benzoik asit, sinamik asit gibi bileşenlerle antifungal ve antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu kanıtlanmıştır. Propolisin kimyasal bileşiminde bulunan bazı bileşiklerin (flavonoidler, fenolikler; aromatik asitler ve esterleri) hasat sonrası patojenlerden *Botrytis cinerea* ve *Penicillium expansum*'un hücre duvarına fonksiyonel ve yapısal zararlar vererek gelişimini inhibe ettiği, ayrıca DNA replikasyonunu inhibe ederek hücre bölünmesini engellediği belirlenmiştir (5).

## KİTOSAN

Kitin, N-Asetil-D-glukozamin monomerlerinin (Glc-NAC)  $\beta$ -1,4 bağıyla bağlanması ile oluşmuş yenilenebilir doğal bir kaynaktır (15-17). Dünyada yıllık üretimi oldukça fazla olan kitinin esas kaynağı deniz kabukluları, funguslar ve böceklerdir. Yengeç, istakoz ve karides gibi deniz hayvanlarının kabuk kısmı %30-40 protein, %30-50 kalsiyum karbonat ve kalsiyum fosfat ile %20-30 kitinden oluşmaktadır (15). Kitin eldesi, karides ve yengeç kabukları ve bazı mantar türlerinin hücre duvarından deproteinasyon ve deminerilizasyon içeren birkaç işlemde geçirilmesiyle gerçekleşmektedir. Bu işlemlerde kitinin protein, mineral ve pigmentlerden uzaklaştırılarak, kimyasal yollarla, farklı deasetilasyon derecelerinde saf olarak elde etmek amaçlanmaktadır (Şekil 1) (18). Kitinin deasetilasyonu sonucu başlıca türevi olan kitosan elde edilmektedir (Şekil 2) (17).



Şekil 1. Deniz kabukluları ve mantarlardan kimyasal yolla kitin eldesi (18).



Şekil 2. Kitinin deasetilasyonu ile kitosanın meydana gelmesi (17).

Kitin ve kitosanın en büyük avantajı yenilenebilir bir kaynak ve çevre dostu doğal bir biyopolimer olmasıdır. Bu özellikleri ile son yıllarda birçok farklı sektörde kullanım alanı bulmuştur (19,20). Kitosan ticari olarak elde edilebilmesi ve birçok formda kullanılabilmesi nedeniyle kitine kıyasla daha fazla ilgi çekmektedir. Kitosanın uygulama alanları,

eczacılık (kontrollü ilaç salınımı), medikal (yara bandı), atık su arıtımı, biyoteknoloji, kozmetik, gıda, tekstil ve ziraat şeklinde sıralanabilir (17,21) (Tablo 1). Kitosanın kullanımını belirleyen özellikleri başta deasetilasyon derecesi ve molekül ağırlığı olmak üzere pH, viskozite ve renk şeklinde sıralanmaktadır. Bunun yanı sıra seyreltik asitlerde çözünebilir kitosanın suda çözünebilir formda türevlerini elde etmek üzere yapılan çalışmalar sonuç vermiş, özellikle biyoteknolojinin birçok alanında çalışmalar devam etmektedir (22).

Kitosan ve türevleri bitkilerde, işlenmiş ve işlenmemiş birçok üründe koruyucu antifungal, antimikrobiyal insektisidal özelliklere sahiptir.

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 (23). Ayrıca biyoyoumlu, doğal vücut bileşenlerinden olduğu için biyolojik olarak parçalanabilir, güvenli olması ve toksik olmaması, memeli ve mikrobiyal hücrelere sıkıca yapışma özelliğine sahip olması, bitki kaplama maddesi olarak kullanılabilmesi fungisidal, insektisidal özelliklere sahip olması zirai mücadelede tercih edilme nedenleri arasındadır (22).

**Tablo 1.** Kitin, kitosan ve türevlerinin uygulama alanları.

Uygulama Alanları	Kullanımları
Gıda	Doğal kıvamaştırıcı Gıda koruyucu Hayvan yemlerini de içeren yiyecek katkı maddesi Yiyecek işlemede (örneğin şeker işleme) Filtreleme ve temizleme Hipokolestrolemik madde (zayıflama maddesi) Atık yiyeceklerin tekrar işlenmesi
Ziraat	Bitki katkı maddesi Antimikrobiyal ve antifungal madde Bitki tohumu kaplanması Gübre yapımı İnsektisid ve nematositlerde
Medikal Alan	Hayvan ve insanlar için yara bandı yapımında Sargı bezi yapımında ve yara tedavisinde (yara tedavisini % 30 oranında hızlandırmaktadır.) Yanık tedavisinde acıyı dindirme ve iyileştirme etkisi Kanı pıhtılaştırıcı madde Hidrojel yapımı Antikoagülant ve antitrombojenik materyaller (sülfatlanmış-kitin türevleri olarak) Hemostatik madde Kontakt lens yapımı İlaç salımı
Kozmetik	Saç şekillendirici yapımı Cilt nemlendirmede (nemlendirici kremlerde) Antikolestrol ve yağ bağlayıcı olarak zayıflama maddesi Aftershave, deodorantlarda koku giderici madde
Biyoteknoloji	Kromatografik yöntemlerde Enzim immobilizasyonunda
Su arıtımı	Kirlenmiş atık sular için koagülasyon ve flokülasyon Atık sudaki metal iyonlarının uzaklaştırılması ve geri kazanımı

Düşük konsantrasyonlarda bitkilerde patojen saldırılarına karşı koruyucu mekanizmayı tetiklediği, mısırdaki ve fındıkta *Aspergillus flavus*'un aflatoksin üretimini inhibe ettiği rapor edilmiştir (24).

Kimyasal sentez yolu ile elde edilen kitosanın çok sayıda türevinin böcek larvalarına karşı insektisidal aktivitesi rapor edilmiştir (25). *In vitro* koşullarda 24 adet kitosan türevinin 5g.kg<sup>-1</sup> oranında larvalara beslenme yolu ile verildiğinde insektisidal aktivite gösterdiği gözlenmiştir. Biyolojik insektisit olarak etkili kitosan türevinin N-(2-kloro-6-florobenzil) kitosan olduğu ve larvalarda %100 oranında ölüm gerçekleştiği ve LC<sub>50</sub> düzeyinin 0,32 g.kg<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir. Sentezlenen tüm kitosan türevlerinin larva gelişimini engellediği ve beş gün sonunda %64 oranında büyümenin yavaşladığı tespit edilmiştir (22).

Guerrero ve ark. (2008) yaptığı çalışmada önemli kök patojenlerine ve küflere karşı kitosanın toksik etkisini araştırmış, kök patojenik ve mikoparazitik küflerin, nematofagus ve entomopatojenik küflere göre daha duyarlı olduğunu belirlemiştir. Kitosanın bu fungistatik mekanizması, küflerin hücre duvarında doğal olarak bulunması ve küflerin spor gelişimini engelleyerek koloni oluşmasına imkan vermemesi şeklinde açıklanmaktadır (26).

Struszczyk ve ark. (2001)'na göre; kitosan bitkide hastalık direncini artıran en önemli polisakarittir ve domates, şeftali, kivi, armut gibi birçok meyvenin hasat sonrası çürümelerini azaltmada etkilidir (17). Taze meyve ve sebzelerde film oluşturması ve biyokimyasal özelliği nedeni ile ideal bir koruma malzemesi özelliğine sahiptir. Bu polimer birçok fitopatojenik bakteri ve fungusun büyümesini yavaşlatmaktadır. Yapılan çalışmalarda kitosanın sağlam ve yara almış meyvelerde hasat sonrası bozulmayı azalttığı belirlenmiştir. Aynı zamanda yemeklik üzüm ve çilek dokularında kitosan uygulaması sonucunda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında PAL (fenilalanin amonyak liaz) aktivitesinin de 2,5-3 kat arttığı belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışma sonucunda kitosanın *Monilina laxa*'nın radial gelişimini belirgin olarak (p < 0,01) azalttığı ortaya konulmuştur (17).

*In vitro* koşullarda patates yumru çürüklüğüne neden olan *Fusarium sulphureum*'a karşı kitosanın antifungal aktivitesi araştırılmış, *F. sulphureum* spor çimlenmesi ve misel büyümesinin inhibe ve inhibitör etkisinin, kullanılan kitosanın konsantrasyonu ile yüksek korelasyon gösterdiği belirlenmiştir (27).

Bautista-Baños ve ark. (2006)'ı yaptıkları bir çalışmada kitosanın bulunduğu ortamda su bağlayıcı ve enzim inhibitörü olarak çalıştığını ve böylece mikrobiyal gelişimi engellediğini öne sürmüşlerdir (28). Başka bir çalışmada ise kitosanın, mikroorganizmanın DNA'sına bağlanarak mRNA ve protein sentezini inhibe ettiği düşünülmektedir (29). Çileklerde hasat sonrası fungal patojenlerin gelişimi üzerine yapılan bir 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 bir gün sonra fungal gelişim gözlenirken; kitosanla kaplanmış olanlarda beş gün sonra fungal gelişim başlamıştır. 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 fitotoksisiteye rastlanmamıştır. Kitosanın, çileklerin çürümelerini ya mikroorganizmanın hücre duvarında incelmeye ve yıkıma yol açarak ya savunma enzimleri (kitinaz, kitosanaz ve -1,3-glukonaz) oluşturarak ya da bunların kombinasyonu ile kontrol altına aldığı düşünülmektedir. Bu üç mekanizma arasında en muhtemel olanın fungistatik etki olduğu bildirilmiştir (30).

İmamoğlu (2008), *in vitro* şartlarda yaptığı çalışmada, kitosanaz enzim aktivitesi yüksek olan *Bacillus sp.* izolatlarının, kitosan içeren ortamda *Aspergillus niger* EGE-KL-213 spor gelişimini 24 saat içinde % 55,2-% 33,5 oranında baskıladığını tespit etmiştir (11).



Hasat sonrası hastalık kontrolünde kitosan ilavesi patojenlerin degradasyonunu teşvik etmektedir. Bu nedenle biyoformulasyon çalışmalarında kitin, kitosan, kitin içeren deniz kabuklularının artıklarından yararlanarak, karides ve yengeç kabuklarının tozunun biyokonversiyonu ile antagonistik aktivite etkinlikleri belirlenmiş izolatlar için biofungisid üretimi çalışmalarının yapılması gerekmektedir (11).

Kitosan ve oligokitosan doğal antifungal ajan olarak sentetik kimyasal fungusitlerin yerine meyvelerde hasat sonrası hastalıkların kontrolünde kullanılmış, bu iki doğal ürünün kahverengi çürükçüllüğe neden olan *Monilinia fructicola* gelişiminde hem spor gelişimi hem de misel gelişimini yüksek oranda engellediği gözlenmiştir (31).

Kitosan, yukarıda bahsedilen özelliklerinin yanı sıra biyoyoumluluğu, antimikrobiyal ve antifungal aktiviteye sahip olması, antibiyotik içeren mikrobiyal antogonistlerle biyoformulasyon uygulamalarında birlikte kullanılabilmesi (*Candida saïtona* ile kitosan bileşiminden oluşan ticari ürün "Biocoat"), hücresel tutunmaya ve çoğalmaya olanak sağlaması gibi özellikleri sayesinde de geniş bir kullanım alanı bulmuştur (32).

## SONUÇ

Daha sağlıklı bir çevre için doğal ürünlerin, mikroorganizmaların ve ürettikleri metabolitlerin hasat öncesi ve hasat sonrası tarım ürünlerinde zararlılara karşı birlikte kullanımına yönelik çevre dostu araştırmalara ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Bu amaçla asetik asit, esansiyel yağ, propolis, kitin ve kitosan gibi doğal ürünler, *Bacillus*, *Pseudomonas* gibi mikroorganizmalar ve bunların ürettikleri metabolitler etkili bir kontrol ajanı olarak kullanılmaktadır.

Kitin doğada en yaygın bulunan ikinci doğal polimerdir. Kitin, kitosan ve türevlerinin biyokontrol amaçlı kullanımı son yıllarda hızla artış göstermiştir. Kitosanın hem patojenik mikroorganizmaları kontrol ederek hem de bitkilerin savunma mekanizmasını artırarak iki yönlü pozitif etkisi bulunmaktadır. Bugüne kadar kitosan uygulamalarından sonra bitkilerin çok çeşitli patojenik mikroorganizmalara karşı dirençliliğinin arttığı kanıtlanmıştır.

Kitosanın tek başına ve/veya mikroorganizmalarla birlikte antifungal, antimikrobiyal ve insektisidal olarak kullanılmasıyla hem doğada büyük miktarda atık yükü oluşturan deniz kabuklularının önüne geçilecek hem de insan sağlığına herhangi bir yan etkisi olmayan ürünlerin biyokontrol amaçlı kullanımından yararlanılmış olacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Soyoz M, Özcelik N. Okratoksin A'nın toksik etkileri ve eliminasyonu. T Klin J Med Sci, 2002; 22: 421.
2. Sabuncuoğlu SA, Baydar T, Giray B, Şahin G. Mikotoksinler: Toksik etkileri, degradasyonları, oluşumlarının önlenmesi ve zararlı etkilerinin azaltılması, HÜ Ecz Fak Derg, 2008; 28 (1), 63-92.
3. Eltem R, Aksoy U, Meyvacı B. Mikotoksinler Biyoteknolojisi: Sorunlar ve Çözümler Çalıştayı Kitabı, TıbyanYayıncılık ve Matbaacılık, İzmir, 2004.
4. [http://www.tarimmerkezi.com/haber\\_detay.php?hid=38220](http://www.tarimmerkezi.com/haber_detay.php?hid=38220) . "Aflatoksinsiz Fındık" Paneli, Prof. Dr. Turan Karadeniz.
5. Tripathi P, Dubey NK. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. Postharvest Biol Technol, 2004; 32: 235-45.
6. Norman C. EPA Sets New Policy on Pesticide Cancer Risk. Science, 1988; 242: 366-7.
7. Benli M. Hasat sonrası fungal hastalıklarla kimyasal ve biyolojik mücadele, Orta On-Line Mikrobiyol Derg, 2003; 01(08), 1-25.
8. Sinha P, Sharma RP, Roy MK. Management of storage rot in onion through gamma irradiation and chemicals. J Food Sci Technol, 1994; 31: 311-5.

9. Knudsen IMB, Hockenhuil JD, Funck J, Gerhardson B, Hökeberg M, Tahvonen R, et al. Selection of biological control agents for controlling soil and seed-borne diseases in the field. *Eur J Plant Pathol*, 1997; 103, 775-84.
10. Bora T, Özaktan H. Bitki Hastalıklarıyla Biyolojik Kontrol, Prizma Matbaası, İzmir, 1998.
11. İmamoğlu Ö. Çeşitli Kaynaklardan İzole Edilen *Bacillus* sp. İzolatlarının Kitosanaz Aktivitesinin ve Antifungal Etkisinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
12. Hashem M, Moharam AM, Zaied AA, Saleh FEM. Efficacy of essential oils in the control of cumin root rot disease caused by *Fusarium* spp. *Crop Protection*, 2010; 29(10): 1111-7.
13. Tian J, Ban X, Zeng H, He J, Huang B, Wang Y. Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cicuta virosa* L. var. *latisecta* Celak. *Int J Food Microbiol*, 2011; 145,2-3, 464-70.
14. Tian J, Ban X, Zeng H, Huang B, He J, Wang Y. In vitro and *in vivo* activity of essential oil from dill (*Anethum graveolens* L.) against fungal spoilage of cherry tomatoes, *Food Control*, 2011; 22: 12, 1992-99.
15. Wang S, Moyné A, Thottappilly G, Wu S, Locy RD and Singh NK. Purification and characterization of *Bacillus cereus* exochitinase. *Enzyme Microbial Technol*, 2001; 28(6): 492-8.
16. Dutta KP, Dutta J, Tripathi VS. Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications. *J Sci Ind Res*, 2004; 63(1): 20-31.
17. Struszczyk H, Orlikowski BL, Skrzypczak C. Chitosan in the control of soil-borne pathogens. *Chitin Enzymology*, 2001; 197-205.
18. Demir A, Seventekin N. Kitin, Kitosan ve genel kullanım alanları, *TTED*, 2009; 3 (2), 92-103.
19. Synowiecki J, Al-Khatteb NA. Production, properties, and some new applications of chitin and its derivatives. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2003; 43(2): 145-71.
20. Shahidi F, Abuzaytoun R. Chitin, chitosan, and coproducts: chemistry, production, applications, and health effects. *Adv Food Nutr Res*, 2005; 49: 93-135.
21. Stevens WF. Chitin and Chitosan: Production and application research Asian Institute of Technology 1994-2004, *J Met Mater Miner*, 2005; 15(1): 73-81.
22. El Hadrami A, Adam LR, El Hadrami I, Daayf F. Chitosan in plant protection. *Mar Drugs*, 2010; 30, 8(4): 968-87.
23. Koç BE, Özkan M. Gıda endüstrisinde kitosanın kullanımı. *Gıda*, 2011; 36 (3): 161-8.
24. Cuero RG, Duffus E, Osuji G, Pettit R. Aflatoxin control in preharvest maize: effects of chitosan and two microbial agenst. *J Agri Sci*, 1991; 117: 165-9.
25. Rabea EI, El Badawy MT, Rogge TM, Stevens CV, Höfte M, Steurbaut W, et al. Insecticidal and fungicidal activity of new synthesized chitosan derivatives. *Pest Manag Sci*, 2005; 61: 951-60.
26. Guerrero JP, Jansson HB, Salinas J, Lopez-Llorca LV. Effect of chitosan on hyphal growth and spore germination of plant pathogenic and biocontrol fungi. *J App Microbiol*, 2008; 104(2): 541-53.
27. Li YC, Sun XJ, Ge YH, Wang Y. Antifungal activity of chitosan on *Fusarium sulphureum* in relation to dry rot of potato tuber, *Agr Sci China*, 2009; 8(5): 597-604.
28. Bautista-Banos S, Hernandez-Lauzardo AN, Velazquez-del Valle MG, Hernandez-Lopez M, Ait Barka E, Bosquez-Molina E, et al. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protect*, 2006; 25: 108-18.
29. Shahidi F, Arachchi JKV, Jeon Y. Food applications of chitin and chitosans. *Trends Food Sci Technol*, 1999; 10: 37-51.
30. El Ghaouth A, Arul J, Asselin A, Benhamou N. Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycol Res*, 1992; 96: 769-79.
31. Yang YL, Zhang JL, Bassett CL, Meng XH. Difference between chitosan and oligochitosan in growth of *Monilinia fructicola* and control of brown rot in peach fruit. *Food Sci Technol*, 2011, in press.
32. El Ghaouth A, Wilson CL. Bioactive coating for harvested commodities. 1997: US Patent number 5. 633. 025.