

# KİTOSANIN TEKSTİL SANAYİNDE ANTİMİKROBİYAL MADDE OLARAK KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

## INVESTIGATION OF THE USAGE OF CHITOSAN AS AN ANTIMICROBIAL AGENT IN TEXTILE INDUSTRY

*Dr. Aslı DEMİR*

*Ege Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü  
e-mail: asli.demir@ege.edu.tr*

*Prof. Dr. Tülin ÖKTEM*

*Ege Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü*

*Prof. Dr. Necdet SEVENTEKİN  
Ege Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü*

### ÖZET

Dünyada çapında, büyük miktarda yengeç ve karides gibi, su ürünlerinin kabukları değerlendirilmeden çevreye atılmaktadır. Günümüz artan çevre yasaları ve atıkların yeniden değerlendirilmelerinin gündeme gelmesiyle birlikte, bu kabuklardan yeni ürünler elde edilmeye başlanmıştır. Bu ürünlerin başında kitin gelmektedir. Kitin, dünyada selülozdan sonra ikinci en yaygın biyopolimerdir. Kitinin deasetilasyonu sonucunda başlıca türevi olan kitosan elde edilmektedir. Kitin ve kitosan kimyası üzerine yapılan araştırmalarla birlikte uygulama alanları da paralel olarak artış göstermektedir. Kitosan, birçok sektör gibi tekstil sanayinde de antimikrobiyal madde, lif eldesi, pamuk boyama, yün boyama ve keçeleşmezlik kazandırma gibi birçok alanda geniş kullanım alanı bulmuştur. Bu çalışmada, kitosanın tek başına ve farklı konsantrasyonlarda çapraz bağlayıcı ile çeşitli fiksaj koşullarında antimikrobiyal etkinliği ve yıkama dayanımları incelenmiştir. Deneme sonuçlarından, DMDHEU ve kitosan kombinasyonunun çoklu yıkamalara karşı, tek başına kitosan kullanımına kıyasla çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kitosan, Kitin, Antimikrobiyal madde, Pamuk.

### ABSTRACT

Huge amount of crab and shrimp shells have been abandoned as wastes worldwide. These wastes are reprocessed as a result of increased environmental laws and new products have been produced from these shells. Chitin has become the most preferred form of them and it is also the most abundant biopolymer after cellulose in nature. Chitosan, the main derivative of chitin, is obtained by deacetylation of chitin. Application areas of chitin and chitosan have been increasing together with the researches made on them. Like most of other industries, Chitosan has the most common application possibilities in textile industry such as antimicrobial agent, spinning, cotton, wool dyeing and shrink proofing of wool fibers. In present study, the effect of chitosan and crosslinking agent at different concentrations on antibacterial efficiency and washing durability were investigated. The combination of DMDHEU and chitosan was found to give better results against multiple washings than that of chitosan alone.

**Key Words:** Chitosan, Chitin, Antimicrobial agent, Cotton.

Received: 18.02.2008

Accepted: 04.04.2008

### 1. GİRİŞ

Su ürünleri işleme fabrikalarında değerlendirilemeyen kabuklu katı ve sıvı atıkları büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. ABD'de bulunan katı atıkların %10-50'sini kabuklu su ürünleri işleme artıkları oluşturmaktadır. Bu artıklar dünyada yaklaşık 5x10<sup>6</sup> tona kadar ulaşmaktadır. Su ürünleri işleme fabrikalarının artıkları deniz, akarsu vb. gibi ortamlara döküldüğünde, kirlilik gibi çok önemli bir soruna yol açma-

sının yanı sıra çevre açısından da büyük bir risk oluşturmaktadır. Türkiye açısından bakıldığında ise yıllık ortalama olarak, karides için 6383-6890, istiridye için 2741-2840, midye için 6328-1800 ton atık ortaya çıkmaktadır. Ancak ne yazık ki, Türkiye'de kabuklu deniz ürünleri işleme artıkları yeterince değerlendirilememektedir (1, 2).

Kabuklu su ürünleri işleme artıkları, katı ve sıvı olmak üzere iki şekilde incelenmektedir. Katı artıklarından kitin

ve türevleri, sıvı artıklarından ise çorba ve kabuklu konsantreleri elde edilmektedir (2).

Doğal ve toksik olmayan bir biyopolimer olan kitin ve kitosan, başlıca yengeç ve karides kabuklarından elde edilmektedir. Bunun yanı sıra, böcek kabukları da kitin kaynağı açısından oldukça zengindir. Böcek kabuklarında yaklaşık %23,5 oranında kitin bulunurken bu oran yengeç ve karideste sırasıyla % 17 ile % 32 arasındadır.

Karides kitinlerinde % 6.29, yengeç kitinlerinde ise % 6.24 oranında azot bulunmaktadır.

Kitosan, kitinin deasetillenmesi sonucu elde edilen bir polisakkariddir. Kitin, selülozdan sonra dünyada en yaygın olarak bulunan ikinci biyopolimerdir. Yengeç, karides gibi kabuklu su ürünlerinin ana bileşenidir ve böceklerin iskeletinde ve mantarların hücre duvarlarının yapısında da bulunmaktadır.

Kitosanın kimyasal yapısı, poli- $[\beta-(1,4)-2\text{-amino-2-deoksi-}\beta\text{-D-glukopiranoz}]$  şeklindedir. Kitin ve kitosan birer polisakkariddir ve kimyasal yapıları bakımından selüloza benzemekle birlikte kendi aralarında birtakım farklılıklar göstermektedir. Selülozdaki ikinci karbon atomu hidroksil (-OH) grubu bağlıyken, kitinde asetamid (-NHCOCH<sub>3</sub>), kitosanda ise amin (-NH<sub>2</sub>) grubu bağlı bulunmaktadır.

Tekstil sanayinde kitosan kullanımı antimikrobiyal, lif üretimi, pamuk ve yün boyamada, keçeleşmezlik kazandırma gibi birçok alanda kullanılabilir.

Bu çalışmada, farklı molekül ağırlıklarındaki kitosanın pamuklu kumaşlar üzerinde antimikrobiyal etkileri ve bu etkinin yıkamaya karşı dayanımı incelenmiştir.

## 2. ANTİMİKROBİYAL MADDE OLARAK KİTOSAN KULLANIMI

Kitosan çeşitli bakteri ve mantarlara karşı antimikrobiyal aktivite göstermektedir. Bu durum özellikle kitosanın polikationik yapısından kaynaklanmakta ve gıda, ziraat, tıp, eczacılık ve tekstil gibi hijyenin önemli olduğu birçok sektörde geniş çapta antimikrobiyal madde olarak kullanılabilir.

### 2.1. Antimikrobiyal Mekanizma

Kitosanın antimikrobiyal etkinliğine ilişkin çeşitli mekanizmalar ileri sürülmektedir.

Bunlardan ilki; asidik ortamda NH<sub>2</sub> gruplarının -NH<sub>3</sub><sup>+</sup> gruplarına dönüşmesiyle, bakterilerin hücre zarının bileşiminde bulunan negatif yüklü fosforil

ve fosfolipidlerle elektrostatik etkileşimi ile ilgilidir. Bu şekilde, hücre zarı zarar görmekte ve bakterilerin beslenmesi için gerekli olan besinler hücre dışına sızmakta, hücre ölümü gerçekleşmektedir.

Diğer bir mekanizma şu şekildedir: Hücre yüzeyi üzerinde bulunan kitosan (özellikle yüksek molekül ağırlığına sahip) burada bir polimer tabakası oluşturmakta ve hücre için gerekli besinlerin içeri girmesini önlemektedir (3-5).

Üçüncü mekanizma, düşük molekül ağırlığındaki kitosana ilgilidir: Kitosan hücre içerisine kadar ilerleyebilmekte burada DNA'ya bağlanmakta, RNA ve protein sentezini engellemekte ve böyle hücrenin yaşam prosesini sona erdirmektedir (6).

Son mekanizma ise kitosanın polikationik yapısı nedeniyle hücrede bulunan elektronegatif yüklü maddeleri adsorplaması, çöktürmesi ve hücrenin fizyolojik aktivitelerini deforme ederek hücre ölümüne sebep olmasıdır. Diğer yandan, hücre membranını stabilize eden toprak alkali metallerin de kitosan ile etkileşimi sonucu bakteriden uzaklaştırılması da hücre ölümünü kolaylaştırmaktadır (7).

### 2.2. Antimikrobiyal Aktiviteyi Etkileyen Faktörler

Kitosanın antimikrobiyal etkisi molekül ağırlığı, deasetilleme derecesi, pH, sıcaklık gibi iç ve dış faktörlerden etkilenmektedir. Son yıllarda kitosanın modifiye edilmesi yoluna gidilerek bu faktörleri minimize etme yolunda çalışmalar bulunmaktadır.

#### 2.2.1. Molekül Ağırlığı (MW)

Kitinin molekül ağırlığı, 1,000,000 Dalton'dan (Da) daha yüksektir. Ticari olarak piyasada bulunan kitosanın molekül ağırlığı 100,000–1,200,000 Da arasında değişmektedir. Bunun yanı sıra sıcaklık da molekül ağırlığını etkileyen önemli parametreler arasındadır. Kitosan 280°C üzerinde termal olarak parçalanmaya başlamakta ve molekül ağırlığı düşmeye başlamaktadır. antimikrobiyal aktivite ile molekül ağırlığı arasındaki ilişkiyi kesin olarak belirle-

yebilmek için aynı veya çok yakın deasetilleme derecesinde ve birbirinden farklı molekül ağırlıklarına sahip çok sayıda kitosan ile çalışılması gerekmektedir. Ancak kitosan tamamen doğal bir polimerdir ve elde edildiği kaynağa göre gerek deasetilleme derecesi gerekse molekül ağırlığı bakımından çeşitli farklılıklar göstermesi nedeniyle bu neredeyse imkansızdır. Günümüze kadar yapılan araştırmalar sonucunda, kitosanın antimikrobiyal açılarından maksimum aktivite gösterdiği molekül ağırlığı hakkında araştırmacılar arasında çelişkiler olup kesin bir veri bulunmamaktadır (8,9).

Tanigawa, kitosan etkili olmasına karşın D-glukozamin hidroklorürün (kitosan monomeri) birçok bakteriye karşı büyüme inhibisyonu göstermediğini ifade etmektedir. Bu durum karşısında, kitosanın antimikrobiyal aktivitesinin sadece polikationik yapısından değil aynı zamanda zincir uzunluğundan da kaynaklandığını ileri sürülmüştür.

Hirano ve Nagao, kitosanın polimerizasyon derecesi (DP) ve birçok patojenin büyüme inhibisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla üç farklı molekül ağırlığındaki kitosan ve kitosan oligomerini incelemiştir. Kitosanın molekül ağırlığındaki artışın inhibe edilen mantar sayısını da arttırdığı görülmüştür.

Shimojoh tarafından yapılan başka bir çalışmada da, kitosanın molekül ağırlığı ile antimikrobiyal aktivitesi arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu ifade edilmektedir. Dört farklı bakteri kullanılarak yapılan çalışmada, genel olarak molekül ağırlığının artışı ile bakterilerin de aktivitelerini yitirdiği görülürken bazı bakteri türleri için tersi durum ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, antimikrobiyal aktivitenin sadece kitosanın molekül ağırlığı ile değişmediğini aynı zamanda test edilen bakteri türüne göre de değişim gösterdiği belirtilmiştir.

Yalpani, orta ve yüksek molekül ağırlığındaki kitosanların Bacillus circulans bakterisine karşı kito oligosakkaritten daha etkili olduğunu bulmuşlardır, ancak aynı durum E.coli için tersi şekilde kendini göstermiştir (10).

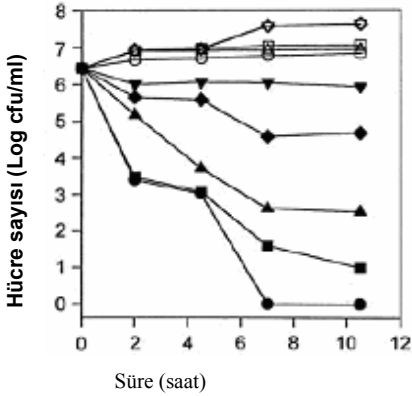
## 2.2.2. Deasetilleme Derecesi (DD)

Kitosanın antimikrobiyal aktivitesi, DD ile doğrudan bağlantılıdır. DD'nin artması, kitosan üzerindeki amin gruplarının artması anlamına gelmektedir. Böylece, kitosan asidik koşullarda daha fazla sayıda protolanmış amin grupları ve negatif yüklü mikroorganizma hücre duvarı ile reaksiyona girme oranını arttırmaktadır (11).

## 2.2.3. pH

Kitosanın antimikrobiyal aktivitesini etkileyen diğer bir önemli parametre de pH değeridir. Tsai ve Su (1999) tarafından yapılan incelemelerde, en büyük antimikrobiyal aktivitenin pH 5 civarında gözlemlendiği ifade edilmektedir. pH arttıkça aktivite de azalmaktadır. pH 9'da ise kitosan hemen hemen hiç antimikrobiyal aktivite göstermemektedir.

Diğer araştırmacılar da, amino gruplarının deprotonizasyonu ve suda çok az miktardaki çözünürlüğü nedeniyle pH 7'de herhangi bir antimikrobiyal aktivitesi olmadığını ifade etmektedir. Bu durum, antimikrobiyal aktivitenin kitosanın katyonik özelliğinden ileri geldiğini desteklemektedir (11,12).



Şekil 1. Kitosanın E.coli bakterisine karşı gösterdiği antimikrobiyal etkinliğin pH ile değişimi (▼ ve ▽ pH 9.0, ◆ ve ◇, pH 8, ▲ ve △ pH 7, ■ ve □, pH 6, ● ve ○, pH 5)

## 2.2.4. Sıcaklık

Tsai ve Su (1999), sıcaklığın kitosanın antimikrobiyal aktivitesi üzerine etkilerini incelemiştir. 4, 15, 25 ve 37°C'de inkube ettikten sonra 150 ppm kitosan

içeren fosfat tamponunda (pH 6) hücre süspansiyonları sayılmış, antimikrobiyal aktivitenin sıcaklıkla orantılı olarak değiştiği tespit edilmiştir. 25 ve 37°C'de yapılan çalışmada E.coli hücrelerinin sırasıyla 5 ve 1 saatte tamamen yok olduğunu görmüşlerdir. Daha düşük sıcaklıklarda (4 ve 15°C) ise E.coli miktarı ilk 5 saatte bir miktar azalmış daha sonra değişmemiştir. Araştırmacılar, antimikrobiyal aktivitedeki düşüşün, daha düşük sıcaklıklarda kitosan ve hücre arasındaki etkileşimin azalmasından kaynaklandığı görüşündedir (13).

## 2.2.5. Katyonlar ve Polianyonlar

Kitosan, bakterilerin yapısındaki Ca<sup>+</sup> ile kompleks oluşturarak hücre membranının stabilizasyonunu bozmaktadır. Bu şekilde, hücre içindeki elektrolitler gibi metabolizmanın yaşam döngüsü için gerekli maddelerin hücreden dışarı sızmasına neden olmaktadır. Diğer yandan, Ba<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> ve K<sup>+</sup> gibi katyonların ortamda bulunması durumunda, hücredeki fosfolipidler veya protein bileşenleri ile kompleks oluşturarak yeniden hücre membranının stabilizasyonu sağlanabilmektedir (14).

## 3. KİTOSANIN ANTİBAKTERİYEL ETKİNLİĞİNİN YIKAMA DAYANIMI

Kitosan ile elde edilen etki yıkama öncesi % 90-100 arası değişebilirken, çoklu yıkamalara karşı yeterince dayanım gösteremediği literatürde ifade edilmektedir (16,17,19). Kitosanın antimikrobiyal etkinliğinin çoklu yıkamalara karşı dayanımını arttırmak amacıyla çeşitli çapraz bağlayıcılar denenmiştir. Bunlar, BTCA, DMDHEU, glioksal, glutaraldehit, sitrik asit vb. şeklinde sıralanabilmektedir.

El-Tahlawy ve arkadaşları, gram negatif ve gram pozitif bakterilere karşı kitosanın antimikrobiyal etkisinin yıkamaya karşı dayanımını belirlemek amacıyla HC isopropanol karışımı ile kitosanı hidrolize etmişlerdir. Hidrolizasyon sonrasında sodyumhidroksit

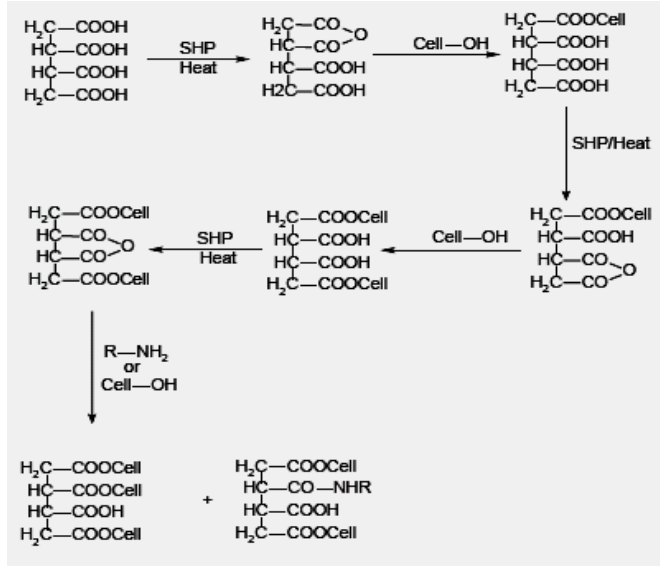
ile nötralize etmişlerdir. Elde edilen kitosan hidroklorür (Ch-HCl) katyonik yapıda olduğu için BTCA ve az formaldehitli çapraz bağlayıcı için katyonik gruplar bulundurması ve yine az formaldehitli çapraz bağlayıcı için katalizör etkisi göstermesi nedeniyle dual etki gösterdiği ifade edilmektedir (16).

Fang, S.W ve arkadaşları, kitosanın, asidik ortamda *Aspergillus niger* bakterisinin büyümesini engellediğini bulmuşlardır. 5 mg/ml konsantrasyondaki kitosanın *A. Niger*'den protein içeriğinin sızmasına neden olduğu ve bakteri miktarının %100 oranında azaldığı saptanmıştır. pH 7,6'da ise kitosanın bu tür bir etki göstermediği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, kitosanın antifungal aktivitesinin polikatonik yapısından ileri geldiği ve direkt olarak pH'tan etkilenmediği belirtilmektedir (17)

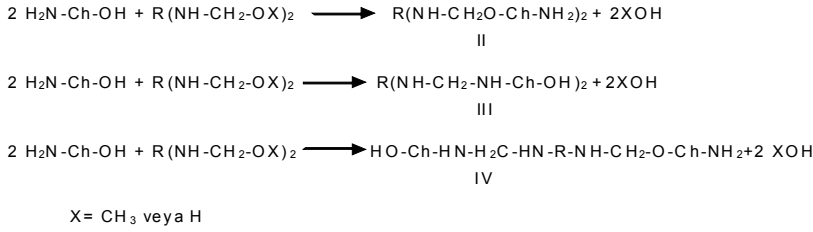
*Eschericia coli*'den protein sızması ise Hwang tarafından incelenmiştir. Transmisyon elektrom mikroskopisi (TEM) *E. coli*'nin dış hücre duvarının büyük ölçüde parçalandığını ve sitoplazmik membranın kitosan işlemi sonrasında hücre duvarının iç kısmından ayrıldığını göstermektedir. Bu şekilde bakterinin yaşamsal döngüsünün de sona erdiği görülmektedir (18).

Kitosanın antimikrobiyal etkisinin çoklu yıkamalara karşı dayanımını arttırmak amacıyla farklı çapraz bağlayıcılar denenmiştir. Bunlar, BTCA, DMDHEU, glioksal, glutaraldehit, sitrik asit vb. şeklinde sıralanabilmektedir.

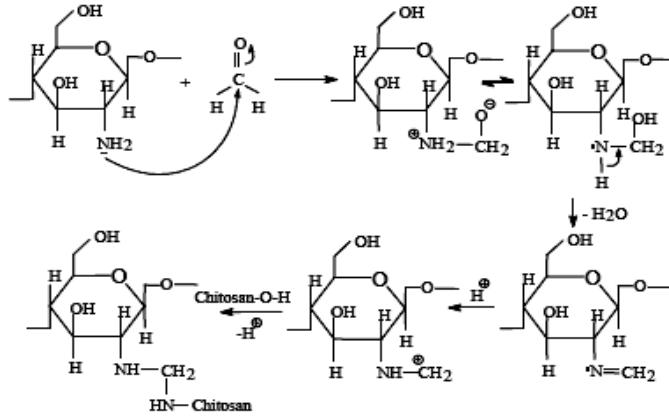
El-Tahlawy ve arkadaşları, gram negatif ve gram pozitif bakterilere karşı kitosanın antimikrobiyal etkisinin yıkamaya karşı dayanımını belirlemek amacıyla HC/isopropanol karışımı ile kitosanı hidrolize etmişlerdir. Hidrolizasyon sonrasında sodyumhidroksit ile nötralize etmişlerdir. Elde edilen kitosan hidroklorür (Ch-HCl) katyonik yapıda olduğu için BTCA ve az formaldehitli çapraz bağlayıcı için katyonik gruplar bulundurması ve katalizör etkisi göstermesi nedeniyle dual etki gösterdiği ifade edilmektedir (19).



Şekil 2. BTCA'nın kitosan ile işlem gören pamuğa çapraz bağlanma mekanizması



Şekil 3. Kitosan-DMDHEU bağlanma mekanizması



Şekil 4. Kitosan ile formaldehit arasındaki reaksiyon

Tablo 1. Denemelerde Kullanılan Kimyasallar

Kimyasal Madde	Özellikleri
Düşük Molekül Ağırlıklı Kitosan (LMW)	Molekül ağırlığı: 70,000
Orta Molekül Ağırlıklı Kitosan (MMW)	Molekül ağırlığı: 200,000
Yüksek Molekül Ağırlıklı Kitosan (HMW)	Molekül ağırlığı: 375,000
Asetik Asit	% 98 (Merck)
Fixapret AP	Modifiye edilmiş dimetiloldihidroksietilen üre (BASF)
Stabitec ETR-P	Katalizör sistemli modifiye edilmiş Dimetilol-Dihidroksi bazlı reçine
Fixapret CPN	Reaktant tip, Dimetilol dihidroksi etilen üre

DMDHEU, formaldehit içermesi nedeniyle günümüzde tercih edilmemektedir. Ancak kitosan işlemlili kumaşlara DMDHEU bağlanması durumunda, formaldehit ile kitosanın reaksiyona girmesi sonucunda bu olumsuz etkinin de önüne geçilebilmektedir (20).

Formaldehit miktarındaki azalma, formaldehitin aldehit grupları ile kitosanın amin grupları arasında Schiff baz oluşumu sonucunda gerçekleşmektedir (20).

Kitosan (H<sub>2</sub>N-Ch-OH), DMDHEU (R-NH-CH<sub>2</sub>-OX) ile amin, hidroksil veya her iki grup üzerinden bağlanabilmektedir (20,21):

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1. Materyal

Denemelerde, dokuma tip, Ne 21/1 çözü ve Ne 23/1 atkı ipliklerinden oluşan, ağırlığı 153 m<sup>2</sup> %100 pamuklu bezayağı dokuma kumaş kullanılmıştır.

Yapılan denemelerde kullanılan kimyasal maddelerin listesi Tablo 1'de verilmektedir:

### 4.2. Yöntem

#### 4.2.1. Kitosan Aplikasyonu

%1 CH<sub>3</sub>COOH içerisinde çözülerek hazırlanan %0.25, %0.5 ve %1'lik konsantrasyondaki kitosan çözeltileri (yüksek molekül ağırlıklı, HMW; orta molekül ağırlıklı: MMW ve düşük molekül ağırlıklı: HMW) ile A<sub>F</sub> = % 100 olacak şekilde emdirilen pamuklu kumaşlar 80°C'de etüvde kurutulmuş ve 150 ile 160°C sıcaklıklarda 1, 2 ve 3 dakika süreyle fikse edilmiştir.

#### 4.2.2. Kitosan ve Çapraz Bağlayıcı Aplikasyonu

% 1 CH<sub>3</sub>COOH içerisinde çözülerek hazırlanan %0.25, %0.5 ve %1'lik konsantrasyondaki kitosan çözeltileri (yüksek molekül ağırlıklı, HMW; orta molekül ağırlıklı: MMW ve düşük molekül ağırlıklı: HMW) ile A<sub>F</sub> = %100 olacak şekilde emdirilen pamuklu kumaşlar 80°C'de etüvde kurutulmuştur. Ardın-

dan çeşitli konsantrasyonlardaki çapraz bağlayıcı (DMDHEU) ile emdirme yöntemine göre aplike edilmiş ve ardından fikse edilmiştir.

#### 4.2.3. Antimikrobiyal Aktivite Tayini

İşlem görmemiş ve kitosan ile çeşitli koşullarda işlem görmüş kumaşların antimikrobiyal aktivite tayinleri ASTM-2149-01 test metoduna göre yapılmıştır. Dinamik çalkalamalı tüp testi olarak da bilinen bu yöntem, numune kumaş ile bağ yapan antimikrobiyal maddeleri değerlendirmede, klasik antimikrobiyal test yöntemlerinin kullanımındaki zorlukların üstesinden gelmek için geliştirilmiştir. Yüzeydeki antimikrobiyal etkinlik\*, test örnek sonuçları ile eş zamanlı çalışılan kontrol örnek sonuçlarının karşılaştırılması ile değerlendirilmektedir.

Mikroorganizma miktarındaki azalma aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır:

$$\% \text{ Azalma (CFU/ml)} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

A = İşlem görmüş numunenin bulunduğu tüpe ait CFU

(colony forming units per mililitre) değeri

B = İşlem görmüş numunenin eklenmesinden önce "0" temas süresindeki tüpe ait CFU değeri

Denemelerde, çapraz enfeksiyonlarda en fazla sorun oluşturan iki tür bakteri ile çalışılmıştır. Gram pozitif bakteri olarak, *Staphylococcus Aureus* (ATCC 6538), gram negatif bakteri olarak *Escherichia Coli* (ATCC 8437) ile patojen özellik taşıyan *Klebsiella pneumoniae* kullanılmıştır.

Elde edilen etkilerin yıkamaya karşı dayanımını belirlemek amacıyla 4 g/l granül sabun (otomatik çamaşır makinalarında kullanıma uygun) ile Arçelik 4500 marka çamaşır makinasında, 60°C'de yıkama yapılmıştır.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan denemeler sonucunda, maksimum antimikrobiyal etkinliğin elde

edildiği %1'lik kitosan ile emdirilen, ardından farklı konsantrasyonlarda DMDHEU ile işlem gören ve 150 ile 160°C'de fikse edilen kumaşların yıkamaya karşı dayanımları incelenmiştir.

Genel olarak bakıldığında, *S. aureus* ve *E.coli* bakterilerine karşı antimikrobiyal etkinlik açısından; LMW kitosan ile % 1 konsantrasyonda, MMW ile %0.5 ve HMW kitosan ile %0.25 ve üzeri konsantrasyonlarda iyi sonuçlar elde edilebilmiştir.

*S. aureus* ve *E.coli* bakterileri karşılaştırıldığında, *E.coli*'ye karşı daha iyi antimikrobiyal etki elde edilmiştir. %0.25'lik HMW ile *E.coli* bakterisine karşı %75'in üzerinde antimikrobiyal etki sağlandığı Tablo 1'den de görülebilmektedir. Bu nedenle, *E.coli* bakterisine karşı HMW kitosan ile %0.25 konsantrasyon yeterli olurken, %0.5 LMW ile %77,4 ve %0.5 MMW kitosan ile %88,2 azalma gözlenmiştir.

Diğer yandan, *Klebsiella pneumoniae*'ye karşı gerek molekül ağırlığı gerekse konsantrasyon bakımından maksimum koşullar olan %1 HMW kitosan ile antimikrobiyal etki elde

edilebildiği için daha sonraki çalışmalara *S. aureus* ve *E. coli* ile devam edilmiştir.

Genel olarak bakıldığında, HMW kitosan ile daha yüksek oranda bakteri azalması elde edilmiştir. Bu sonucun, en yüksek molekül ağırlığına sahip olması nedeniyle yüzeyde daha fazla miktarda  $-NH_3^+$  bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

### 5.1. Antibakteriyel Etkinin Yıkamaya Karşı Dayanımının İncelenmesi

#### 5.1.1. Kitosanın Yıkamaya Karşı Dayanımı

Kitosan ile elde edilen antimikrobiyal etkinin yıkamaya karşı dayanımını belirlemek amacıyla yapılan denemelerde %1'lik kitosan ile çalışılmıştır. 160°C'de yapılan fiksaj sonrasında kumaşların antimikrobiyal etkinlikleri test edilmiştir.

Tablo 2'den de görüldüğü gibi, tüm bakteriler için LMW kitosan ile yıkama öncesi elde edilen antimikrobiyal etkiler, özellikle iki yıkama sonrasında belirgin bir şekilde düşmektedir.

Tablo 1. Kitosanın Antimikrobiyal Aktivite Değerleri\* (% Bakteri Azalması Cinsinden)

Bakteri Cinsi	Kitosan Konsantrasyonu								
	% 0,25			% 0,5			% 1,0		
	LMW	MMW	HMW	LMW	MMW	HMW	LMW	MMW	HMW
<i>S.aureus</i>	33,1	55,2	62,1	57,2	80,6	93,8	85,3	93,7	99,1
<i>E.coli</i>	51,4	71,5	82,8	77,4	88,2	96,1	90,2	94,5	99,6
<i>K. Pneu.</i>	27,2	30,7	35,3	35,7	45,8	64,5	46,3	67,3	86,4

\* Değerlendirmelerde, % 75 bakteri azalması alt sınır değer olarak alınmıştır (15).

Tablo 2. %1 LMW Kitosanla Elde Edilen Antimikrobiyal Etkinin Yıkama Dayanımı

Bakteri Cinsi	% Bakteri Azalması					
	Yıkama Öncesi	1. Yıkama	2. Yıkama	3. Yıkama	4. * Yıkama	5. * Yıkama
<i>S.aureus</i>	85,3	78,8	60,3	28,9	11,8	-
<i>E.coli</i>	90,2	83,1	68,2	33,3	20,2	10,4
<i>K. Pneumoniae</i>	46,3	35,4	20,7	8,2	-	-

\* Antimikrobiyal etkinlik < %10 olması halinde sağlıklı bir değerlendirme yapılamadığı için değerler (-) şeklinde belirtilmiştir.

**Tablo 3.** %1 MMW Kitosanla Elde Edilen Antimikrobiyal Etkinin Yıkama Dayanımı

Bakteri Cinsi	% Bakteri Azalması					
	Yıkama Öncesi	1. Yıkama	2. Yıkama	3. Yıkama	4. Yıkama	5. Yıkama
S.aureus	93,7	91,3	70,4	37,7	20,9	12,5
E.coli	94,5	92,8	75,6	41,2	24,5	16,2
K. Pneumoniae	67,3	65,5	34,2	17,4	-	-

**Tablo 4.** %1 HMW Kitosanla Elde Edilen Antimikrobiyal Etkinin Yıkama Dayanımı

Bakteri Cinsi	% Bakteri Azalması					
	Yıkama Öncesi	1. Yıkama	2. Yıkama	3. Yıkama	4. Yıkama	5. Yıkama
S.aureus	99,1	94,3	83,8	55,6	33,4	20,6
E.coli	99,6	95,5	88,5	60,1	37,7	28,1
K. Pneumoniae	86,4	75,1	70,4	32,8	20,9	11,3

**Tablo 5.** Kitosanın formaldehit miktarına etkisi

Kumaş No	Formaldehit Miktarı (ppm)			
	İşlemsiz (Sadece formaldehit emdirilmiş)	% 0.25 Kitosan	% 0.5 Kitosan	% 1.0 Kitosan
1	50,6	22,0	17,4	10,4
2	60,7	25,1	19,6	12,7
3	71,3	30,4	25,9	13,3
4	80,4	33,8	26,5	16,9
5	85,8	36,7	28,2	17,3
6	90,7	38,3	30,7	18,5
7	95,0	41,1	33,6	20,2
8	100,7	43,5	37,3	23,5
9	115,6	47,8	39,2	26,2
10	130,8	55,3	44,9	32,1

**Tablo 6.** Çeşitli çapraz bağlayıcıların 150°C'de 3 dak fiksaj sonrası kopma mukavemeti değerleri

	Miktar (%)	Kopma Mukavemeti (N)
İşlemsiz	-	500,4
StabiteX ETR-P	4	422,5
Fixapret CPN	4	258,3
Fixapret AP	4	254,7

Yukarıdaki sonuçlardan, kullanılan bakteriler türlerine karşı MMW kitosanının LMW kitosana kıyasla daha iyi antimikrobiyal etki sağladığı görülmektedir. Bu durumun, ortamda daha fazla amin grubu ve dolayısıyla daha fazla  $-NH_3^+$  grubu bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kitosan, daha önce de açıklandığı gibi pamuk lifine hidrojen ve Van der

Waals kuvvetleri ile bağlanmaktadır. Yıkamaya karşı dayanıklı bir etki için, kitosanın pamuklu kumaşa çapraz bağlayıcı yardımı ile bağlanması gerekmektedir. Bu amaçla, yapılan literatür çalışmaları da göz önünde bulundurularak DMDHEU içeren çapraz bağlayıcılar ile denemelere devam edilmiştir.

## 5.1.2. Kitosan + Çapraz Bağlayıcının Yıkamaya Karşı Dayanımı

### 5.1.2.1. Kitosanın Formaldehit Miktarına Etkisi

Formaldehit açığa çıkaran bileşik olan DMDHEU ile yapılan işlemde, ilk olarak kitosanın formaldehit miktarına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, çeşitli miktarlarda formaldehit çözeltisi ile emdirilen kumaşlar (bkz. Tablo 5) 80-90 °C'de etüvde kurutulduktan sonra 150 °C'de fiske edilmiştir. Bu kumaşlar, daha sonra orta molekül ağırlığındaki kitosan (MMW) ile %0.25, %0.5 ve %1'lik konsantrasyonlarda emdirme, 80 °C'de etüvde kurutma ve ardından 150 °C'de 4 dk fikse edilmiştir. Sadece formaldehit ile işlem gören ve formaldehit+kitosanla işlem gören kumaşların Japon Law-112 standardına göre formaldehit miktarları belirlenmiştir.

Sadece formaldehit ile işlem gören ve formaldehit+kitosanla işlem gören kumaşların formaldehit miktarı (ppm) sonuçları, Tablo 5'den görülmektedir:

Tablo 5'deki sonuçlardan görüldüğü gibi, formaldehit açığa çıkaran DMDHEU esaslı bir çapraz bağlayıcının kitosan ile işlem esnasında kullanımı sakınca yaratmamaktadır. Özellikle 100 ppm üzerinde formaldehit miktarı %0,25 kitosan kullanımı durumunda 55 ppm civarına inerken, %1 kitosan ile 32 ppm'e kadar düşmüştür.

### 5.1.2.2. Çapraz Bağlayıcı Miktarının Mukavemete Etkisi

DMDHEU esaslı çapraz bağlayıcılar ile reçetede ortalama değer olarak verilen %4 konsantrasyon esas alınarak yapılan denemeler sonucu aşağıdaki mukavemet değerleri elde edilmiştir.

Yukarıdaki sonuçlardan da görüldüğü gibi, mukavemet düşüşü en az StabiteX ETR-P maddesi ile elde edilmiştir. Bunun sonraki denemelere StabiteX ETR-P ile devam edilmiştir.

150 ve 160 °C'de yapılan StabiteX ETR-P ile yapılan fiksaj işlemlerinin mukavemet düşüşüne etkisi Tablo 7 ve 8'de gösterilmektedir.

**Tablo 7.** DMDHEU miktarının kopma mukavemetine etkisi (150 °C)

DMDHEU (%)	Süre (dk)	Kopma Mukavemeti (N)	Mukavemet Kaybı (%)	Standard Sapma
İşlemsiz	-	500,4	-	0,173
2	1	493,4	1,40	0,160
2	2	484,7	3,14	0,203
2	3	478,8	4,32	0,184
4	1	469,4	6,20	0,151
4	2	440,8	11,91	0,142
4	3	419,6	16,15	0,154
8	1	300,9	39,87	0,133
8	2	242,6	51,52	0,130
8	3	234,2	53,20	0,129

**Tablo 8.** DMDHEU miktarının kopma mukavemetine etkisi (160 °C)

DMDHEU (%)	Süre (dk)	Kopma Mukavemeti (N)	Mukavemet Kaybı (%)	Standard Sapma
İşlemsiz	-	500,4	-	0,173
2	1	470,4	6,00	0,158
2	2	440,8	11,91	0,192
2	3	423,7	15,33	0,186
4	1	409,5	18,17	0,160
4	2	341,7	31,71	0,151
4	3	330,1	34,03	0,160
8	1	243,2	51,40	0,145
8	2	215,9	56,85	0,144
8	3	205,6	58,91	0,138

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, DMDHEU miktarı arttıkça mukavemet kaybı artmaktadır. Sıcaklık arttıkça meydana gelen kayıp miktarı artış göstermektedir. Özellikle %8 konsantrasyonda %50 üzerinde kayıplar meydana gelebileceği için yapılacak işlemlerde bu durumun göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

#### 5.1.2.3. E. coli Bakterisine Karşı Çapraz Bağlayıcı+ Kitosanın Etkisi

Tablo 9 ve 10'dan; 150°C'de %0.25'lik kitosan konsantrasyonu ile *E. coli* bakterisine karşı yıkamaya karşı dayanıklı etki elde edilemediği görülmektedir.

%0,5 kitosan ile yapılan işlem sonrası ise 10 yıkamaya kadar dayanıklı etki elde edilmiştir. Elde edilen etki, DMDHEU konsantrasyonu ve süre ile doğru orantılı olarak artmaktadır. %1

kitosan ile 150°C'de yapılan fiksaj sonucunda 10 yıkamanın üzerine kadar dayanıklı etki için %8 DMDHEU ile 3 dakika işlem yeterli olabilmektedir. Bundan sonraki denemelerde, 160°C'de yapılan fiksajın yıkama dayanımı incelenmiştir. %0.5 kitosan ile 160°C'de işlem gören pamuklu kumaşlar; 15 yıkama ve üzerindeki yıkamalara kadar etkinliğini korumuştur. Tablo 9 incelendiğinde, %2 DMDHEU ile 3 dakika ve %4 ve 8'lik DMDHEU ile 1, 2 ve 3 dakika süreyle yapılan fiksaj sonucunda 15 yıkama sonrasında antimikrobiyal etkinliğin halen korunduğu görülebilmektedir.

#### 5.1.2.4. S.Aureus Bakterisine Karşı Çapraz Bağlayıcı+ Kitosan Etkisi

*E.coli* bakterisi üzerine kitosan+çapraz bağlayıcı kombinasyonunun etkisi

üzerine yapılan araştırmalardan sonra aynı kombinasyonun *S. aureus* bakterisine karşı etkinliği de test edilmiştir.

Deneme sonuçları, Tablo 10 ve 11'de görülebilmektedir. 150°C'de, % 0.25 konsantrasyonda kitosanın ile yapılan fiksaj sonrasında antimikrobiyal etkinlik 5 yıkamaya kadar dayanım göstermiştir. Bu nedenle kitosan konsantrasyonunun artırılması gerektiği düşünü- lerek, % 0.5 konsantrasyondaki de- ğişim incelenmiştir.

Kitosan konsantrasyonunun iki katına çıkartılmasına paralel olarak antimikro- biyal etkinlikte de artış gözlenmiştir. Bu etki maksimum işlem koşullarında 10 yıkamaya kadar dayanım göstermiştir. %1 kitosan konsantrasyonu ile çalışıl- dığında, 15 yıkamaya dayanıklı bir etki için % 4 DMDHEU ile 3 dakika fiksajın yeterli olabileceği Tablo 11'deki so- nuçlardan da görülebilmektedir.

Antibakteriyellik açısından, 160°C'de en iyi sonuçlar %1 kitosan ile elde edilmiştir. Bu etki 15 yıkama sonra- sında dahi %75 üzerinde etkinliğini korumuştur.

## 6. SONUÇ

- Kitosan ile tüm bakteri türlerine karşı iyi bir antimikrobiyal etki elde edilmiştir. Bu etkinlik, artan kitosan konsantras- yonuyla doğru orantılı olarak artmakla birlikte artış oranı bakteri türüne göre farklılık göstermektedir.

- Kitosan ile tek başına elde edilen bu etkinlik, çoklu yıkamalara karşı daya- nıklı değildir. Bu amaçla kitosan ile çalışmalara en fazla kullanılan çapraz bağlayıcılardan birisi olan DMDHEU ile çalışmalara devam edilmiştir.

- Farklı konsantrasyon, fiksaj sıcaklığı ve sürelerde uygulanan DMDHEU ile işlem gören kumaşların yıkama ön- cesi ve sonrası antimikrobiyal etkinlik- leri incelendiğinde, çapraz bağlanmış kitosan yıkamaya karşı dayanımlarının büyük ölçüde artış gösterdiği görü- lüştür.

- Fiksaj sıcaklığı olarak 160°C yıkamaya karşı daha etkili sonuç vermiştir.

**Tablo 9.** DMDHEU ile çapraz bağlı kitosanın *E.coli*'ye karşı antimikrobiyal etkinliğinin yıkama dayanımı (150 °C'de fiksaj)

Yıkama Sayısı		5. Yıkama			10. Yıkama			15. Yıkama			20. Yıkama			25. Yıkama		
Kitosan (%)		0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0
DMDHEU	Süre (dk)															
2	1	44,2	58,0	68,2	37,3	50,2	59,5	31,6	38,3	44,8	-	16,4	23,0	-	-	-
2	2	48,5	60,5	73,7	39,8	53,1	62,2	32,5	41,4	47,4	11,4	18,0	25,7	-	-	-
2	3	52,3	63,6	76,5	42,6	56,6	65,6	35,6	43,6	50,5	13,1	20,2	28,8	-	-	-
4	1	51,2	64,3	74,9	43,7	57,5	64,7	36,5	42,5	51,6	12,3	19,5	30,5	-	-	-
4	2	53,6	67,8	78,0	45,3	61,2	66,8	37,3	43,9	53,4	14,4	21,7	32,6	-	-	-
4	3	55,3	71,3	81,8	49,4	65,7	69,4	42,7	45,2	54,7	15,6	24,8	35,0	-	-	-
8	1	56,6	72,2	79,2	51,7	66,8	71,5	41,4	46,3	57,2	14,3	24,0	35,4	-	-	13,2
8	2	60,8	74,7	82,4	53,9	68,2	74,7	43,1	48,4	59,3	15,7	25,6	36,3	-	-	15,1
8	3	67,7	77,4	84,3	60,3	74,8	77,9	46,6	52,5	63,6	18,5	27,2	37,5	-	15,8	17,5

(\*) İşlemsiz kumaşın antimikrobiyal etkinliği: -, %0.25 kitosan işlemlili kumaşın *E.coli* bakterisine karşı antimikrobiyal etkinliği: % 69,3; % 0.5 kitosan işlemlili kumaşın % 80,1 ; % 1 kitosan işlemlili kumaşın % 88,5

**Tablo 10.** DMDHEU ile çapraz bağlı kitosanın *E.coli*'ye karşı antimikrobiyal etkinliğinin yıkama dayanımı (160 °C'de fiksaj)

Yıkama Sayısı		5. Yıkama			10. Yıkama			15. Yıkama			20. Yıkama			25. Yıkama		
Kitosan (%)		0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0
DMDHEU (%)	Süre (dk)															
2	1	61,9	76,0	80,8	50,8	72,2	75,2	43,7	63,1	67,7	29,4	46,5	52,1	-	-	-
2	2	63,7	78,2	83,4	55,7	76,7	77,3	48,2	67,8	70,9	37,2	49,2	53,5	-	-	-
2	3	67,2	82,3	87,6	59,4	79,9	78,8	52,9	71,4	72,2	39,1	52,6	56,6	-	-	20,3
4	1	68,8	82,5	85,7	58,8	78,5	82,3	53,8	70,5	71,6	37,5	54,3	57,8	-	-	22,5
4	2	70,3	84,8	88,2	63,7	81,2	85,8	55,3	72,4	75,2	40,7	56,6	60,6	-	-	26,2
4	3	73,5	87,5	90,4	68,3	84,6	87,7	61,7	75,1	77,5	42,8	57,2	63,2	-	19,3	28,2
8	1	75,4	86,8	93,1	67,0	82,7	89,0	60,2	76,7	79,6	42,2	58,4	64,9	-	17,5	31,2
8	2	77,5	88,1	94,2	70,9	85,2	91,0	63,4	79,6	81,8	45,6	61,7	69,1	15,5	20,2	34,9
8	3	79,0	91,7	96,7	73,6	87,6	92,3	66,5	81,3	85,4	48,7	64,9	72,0	18,6	24,3	36,2

(\*) İşlemsiz kumaşın antimikrobiyal etkinliği: -, %0.25 kitosan işlemlili kumaşın *E.coli* bakterisine karşı antimikrobiyal etkinliği: % 82,8; % 0.5 kitosan işlemlili kumaşın % 96,1 ; % 1 kitosan işlemlili kumaşın % 99,6

**Tablo 11.** DMDHEU ile çapraz bağlı kitosanın *S. Aureus*'a karşı antimikrobiyal etkinliğinin yıkama dayanımı (150 °C'de fiksaj)

Yıkama Sayısı		5. Yıkama			10. Yıkama			15. Yıkama			20. Yıkama			25. Yıkama		
Kitosan (%)		0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0
DMDHEU (%)	Süre (dk)															
2	1	24,3	53,2	55,4	15,3	46,2	40,3	(-)	23,3	26,5	(-)	(-)	(-)	-	(-)	-
2	2	26,5	57,8	60,2	18,4	49,1	54,6	(-)	26,4	30,3	(-)	(-)	(-)	-	(-)	-
2	3	29,1	60,1	64,2	22,0	50,5	52,3	(-)	28,9	34,0	(-)	(-)	(-)	-	(-)	-
4	1	30,5	62,8	66,6	25,5	53,3	53,5	(-)	25,6	35,6	(-)	(-)	(-)	-	(-)	-
4	2	37,8	64,6	69,7	27,8	55,8	56,6	(-)	27,8	38,9	(-)	(-)	(-)	-	(-)	-
4	3	40,6	67,8	71,3	28,7	58,5	60,8	(-)	30,6	42,1	(-)	(-)	11,5	-	(-)	-
8	1	42,5	66,9	69,8	30,0	59,4	59,1	13,5	31,1	44,4	(-)	(-)	10,7	-	(-)	-
8	2	44,7	68,4	73,2	33,2	62,7	64,7	15,2	32,5	45,2	(-)	(-)	12,6	-	(-)	-
8	3	49,5	70,8	76,6	36,6	65,1	67,4	17,3	35,4	48,6	(-)	12,0	14,4	-	(-)	-

(\*) İşlemsiz kumaşın antimikrobiyal etkinliği: -, %0.25 kitosan işlemlili kumaşın *S.aureus* bakterisine karşı antimikrobiyal etkinliği: % 52,7; % 0.5 kitosan işlemlili kumaşın % 78,5 ; % 1 kitosan işlemlili kumaşın : %84,0

- Kitosan, gram negatif bakterilere gram pozitif bakterilerden daha fazla bağlanmıştır. Bu durum şu şekilde açıklanabilmektedir: Gram negatif bakterilerin hücre duvarı daha hidrofili yapıda olduğu için daha fazla miktarda kitosan bağlanabilmektedir. Ancak bu durum tek başına yeterli olmamaktadır. Hücre duvarının gram negatif ve gram pozitif bakterilerin hücre duvarlarının karakteristik özellikleri ile de ilgili olabileceği düşünülmektedir. Gram negatif bakte-



**Tablo 12.** DMDHEU ile çapraz bağlı kitosanın *S.aureus*'a karşı antimikrobiyal etkinliğinin yıkama dayanımı (160 °C'de fiksaj)

Yıkama Sayısı		5. Yıkama			10. Yıkama			15. Yıkama			20. Yıkama			25. Yıkama		
Kitosan (%)		0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0
DMDHEU (%)	Süre (dk)															
2	1	40,3	71,6	80,2	35,6	68,7	74,0	22,5	57,6	64,3	(-)	37,9	49,8	(-)	(-)	-
2	2	45,2	73,5	82,3	37,8	70,5	76,8	27,8	60,2	67,1	(-)	36,5	50,5	(-)	(-)	-
2	3	48,8	76,8	85,4	40,4	72,2	77,9	30,6	61,5	69,0	24,2	40,3	52,2	(-)	(-)	-
4	1	47,7	75,4	86,2	43,3	71,5	78,5	32,3	62,3	70,8	22,7	38,9	54,0	(-)	(-)	23,6
4	2	50,6	79,2	87,7	45,5	73,2	80,6	35,8	64,1	72,3	25,5	40,6	56,8	(-)	(-)	25,2
4	3	54,8	82,5	90,5	47,1	76,6	82,5	37,0	64,8	75,5	13,2	41,3	60,2	(-)	(-)	26,6
8	1	52,4	83,9	88,7	46,6	75,8	83,6	36,4	65,5	77,6	15,0	40,8	64,3	(-)	(-)	25,1
8	2	53,2	85,6	91,4	48,7	77,2	84,7	38,5	66,4	81,7	18,5	45,7	65,4	(-)	20,2	27,5
8	3	55,8	87,3	92,8	50,8	80,6	85,1	40,9	69,7	83,0	20,6	48,5	67,0	(-)	24,5	29,6

(\*) İşlemsiz kumaşın antimikrobiyal etkinliği: - , %0.25 kitosan işlemlili kumaşın *S. Aureus i* bakterisine karşı antimikrobiyal etkinliği: : %62,1; % 0.5 kitosan işlemlili kumaşın % 93,8 ; % 1 kitosan işlemlili kumaşın: %99,1.

rilerin hücre duvarları ile gram pozitif bakterilerin hücre duvarları arasında yük dağılımı bakımından farklılıklar göze çarpmaktadır. Gram negatif bakterilerin hücre zarı çok daha fazla negatif yüklü tür bulundurduğu için, gram pozitif bakterilere kıyasla daha fazla miktarda kitosanı bünyesine bağlayacağından antimikrobiyal etkinlik çok daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

#### KAYNAKLAR / REFERENCES

- Duman, S.S, Şenel, S., 2004, "Kitosan ve Veteriner Alandaki Uygulamaları", *Veteriner Cerrahi Dergisi*, 10 (3-4), p. 62-72
- Shahidi, F., Arachchi J.K.V., Jeon, Y.J., 1999, "Food Applications of chitin and chitosans", *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 10, pp. 37-51.
- Zheng, L.H., Zhu J.F., 2003, "Study on Antimicrobial Activity of Chitosan with Different Molecular Weights", *Carbohydrate Polymers*, 54, pp. 527-530.
- Helander, I.M., Nirmiaho, L., Ahvenainen S.,2001, "Chitosan Disrupts The Barrier Properties of The Outer Membrane of Gram-Negative Bacteria", *International Journal of Food Microbiology*, 71, pp. 235-244.
- Liu, H., Du, Y., Xiaohui, W., Sun, L., 2004, "Chitosan kills bacteria through cell-membrane damage", *International Journal of Microbiology*, 95, pp. 147-155.
- Xiao, F.L., Yun, L.G., Dong, Z.Y., Zhi, L., 2001, "Antimicrobial Action of Chitosan and Carboxymethylated Chitosan", *Journal of Applied Polymer Science*, 29, pp. 1324-1335.
- Liu, X.D., Nishi N., Tokura S., Sakairi N., 2001, "Chitosan Coated Cotton Fiber: Preparation and Physical Properties", *Carbohydrate Polymers*, 44, pp. 233-238
- Shimojoh, M., Masaki, K.; Kurita, K. Fukushima, K., 1996, "Bacterial effects of chitosan from squid pens on oral Streptococci." *Nippon Nogeik. Kaishi* 1996, 70 (7), pp.787-792.
- Yalpani, M., Johnson, F., Robinson, L.E., 1992, "Antimicrobial activity of some chitosan derivatives", *Advances in Chitin and Chitosan* pp.543-548.
- Sudardshan,N.R., Hoover, D.G., Knorr,D., 1992, "Antibacterial action of chitosan", *Food Biotechnology*, 6 (3), pp.257-272.
- Sang-Hoon Lim. Samuel M. H., 2003, "Review of Chitosan and Its Derivatives as Antimicrobial Agents and Their Uses as Textile Chemicals", *Polymer Reviews*, Volume 43, Issue 2 January, pp. 223 - 269
- Demir A., 2007, "Tekstil Terbiyesinde Chitin Ve Chitosanın Kullanım Olanaklarının Araştırılması", Doktora Tezi, İzmir
- Chung, Y., Su, Y., Chen, C., Jia, G., 2004, "Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristics of cell wall", *Acta Pharmacol*, July, 25, 7, pp. 932-936.
- Chen, C.S., Su, J.C., Tsai, G.J., 1998, "Antimicrobial effect and physical properties of sulfonbenzoyl chitosan", *Advances in Chitin Science*, Vol. III, pp. 278-282.
- Lim, S.H.N. 2002, "Synthesis of a Fiber-Reactive Chitosan Derivative and Its Application to Cotton Fabric as an Antimicrobial Finish and a Dyeing-Improving Agent", Ph.D: Thesis,
- El-Tahlawy K.F., El-bendary M.A., Elhendawy A.G., Hudson S.M., 2005, "The Antimicrobial Activity of Cotton Fabrics Treated with Different Crosslinking Agents and Chitosan", *Carbohydrate Polymers*, Vol. 60, pp. 421-430.
- Fang, S.W., Li, C.F., Shih, D.Y.C., 1994, "Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied kumquat.", *J. Food Protect.*, 56 (2), pp.136-140.
- Hwang, J.K., Kim, H-J., Yoon, S.J., Pyun, Y.R., 1998, "Bactericidal activity of chitosan on E. Coli.", *Advances in Chitin Science*, Vol. III, pp. 340-344.
- El-Tahlawy, Kh.F., 1999, "Utilization of citric acid-chitosan-sodium yoposphite system for effecting concurrent dyeing and finishing" *Colourage*, 46 (5), pp. 21-26,34.
- Fahmy H.M., Mohamed Z. E., Abo-Shosha M. H., Ibrahim N. A., 2004, "Thermosole Cross-Linking of Chitosan and Utilization in the Removal of Some Dyes from Aqueous Solution", *Polymer-Plastics Technology And Engineering*, Vol. 43, No. 2, pp. 445-462.
- Singh, A., Narvi, S., Dutta P.K., Pandey, N.D., 2006, External stimuli response on a novel chitosan hydrogel crosslinked with formaldehyde", *Bulletin of Materail Science*, Vol. 29, No. 3, pp. 233-238

Bu araştırma, Bilim Kurulumuz tarafından incelendikten sonra, oylama ile saptanan iki hakemin görüşüne sunulmuştur. Her iki hakem yaptıkları incelemeler sonucunda araştırmanın bilimselliği ve sunumu olarak "**Hakem Onaylı Araştırma**" vasfıyla yayımlanabileceğine karar vermişlerdir.