

## 천연물 가공 면포의 항균성 연구

최 인 려\*†

성신여자대학교 의류학과 교수

### A Study on Antibacterial Activity of Natural Material Treated Cotton Fabric

In-Ryu Choi\*†

Dept. of Clothing and Textiles, SungShin Women's University

(2003. 4. 18 접수 : 2003. 5. 31. 채택)

#### Abstract

Water-insoluble chitosan with molecular weight of 2,000,000, 500,000, 80,000, and 40,000 and more than 90% of degree of deacetylation were used to test antibacterial activity of chitosan against a pathogenic bacteria, methicillin resistant *Staphylococcus aureus*(MRSA), which is being issued in the world. As experimental method, Agar plate Smear Method and Agar plate Contact Method were used.

The molecular weight of chitosan didn't exert significant influences on its antibacterial activity against MRSA but chitosan having molecular weight 40,000, 80,000 and 150,000 showed the excellent antibacterial activity.

The antibacterial efficiency was excellent in applying it after chitosan was dissolved in acetic acid solution, while the antibacterial efficiency was not expressed nearly in case of applying after chitosan was dissolved in neutral water. Therefore, it is considered that chitosan can show the antibacterial efficiency only if a positive ion status of  $-NH_3^+$  is maintained.

MIC of chitosan/acetic acid solution and cotton fabrics finished with chitosan/acetic acid solution showed in concentration of 0.05%.

*Key words: agar plate Contact Method, agar plate Smear Method, antibacterial activity, MIC(minimum inhibitory concentration), MRSA(Methicillin Resistant Staphylococcus aureus).*

#### I. 서 론

최근 물질적 풍요로움에 수반하여 질적 풍요로움에 대한 욕구가 확산되면서 인체와 환경에 친화적인 위생가공섬유가 개발, 시판되면서 붐을 일으키고 있다. 이와 같은 붐에는 인체 친화성이 크고 안전성이 보장되는 천연고분자 화합물을 섬유가공에 사용함

으로써 지금까지 유발되었던 인체 위해성을 최소화 시킴과 동시에 인체 친화적 기능성을 강조하고 있다고 해석할 수 있다.

더욱이 병원에서는 의료종사자들의 각종 가운이나 환자들의 가운 및 시트·베개커버·이불·커튼 등에 쉽게 오염과 감염을 일으키는 섬유제품들을 사용하고 있는데, 이러한 섬유제품을 매개로 하여 발생하는 세균감염을 최소화하기 위해서 항균가공섬유

\*이 논문은 2001년도 이세웅 박사 학술진흥연구비지원에 의하여 연구된 것임

† 교신저자 E-mail : ichoi@cc.sungshin.ac.kr

를 적극적으로 사용해야 된다고 보고하고 있다<sup>1,2)</sup>.

인체 친화성이 큰 천연고분자화합물들 중에는 보습효과, 소취효과, pH 조절효과, 제진효과, 항균효과를 부여하는 것들이 주류를 이루는데 이들 중에는 위와 같은 기능성 이외에 더 우수한 항균효과를 부여할 수 있는 가공제도 있다<sup>3,4)</sup>.

항균성 천연물질에는 노송추출물, 스쿠알렌, 대나무추출물, 삼백초, 감초, 차조잎농축액, 알로에농축액, 녹차추출물, 쑥 농축액, 천연 황, 키토산(chitosan) 등이다. 이들 중 키토산은 대표적인 천연고분자화합물로서 이에 대한 항균력이 오래 전부터 연구되어 왔다. 뿐만 아니라 이 키토산은 셀룰로오스와 거의 유사한 구조이면서 화학적 반응성이 큰 -NH<sub>2</sub>기를 분자구조 내에 함유하고 있기 때문에 면섬유를 비롯한 다수의 섬유재료에 대하여 항균가공이 적합하다.

키토산을 이용하는 항균가공은 대략 2가지 방법으로 구분할 수 있다. 원사 제조 단계에서 습식 방사 원액에 키토산 미세 분말을 첨가하는 원사 개량법(키토폴리의 경우)과, 키토산을 아세트산 수용액에 용해시킨 다음 키토산/초산 수용액을 직물이나 면포에 도포시키는 후가공방법(대부분의 연구자)이 있다.

후가공법은 면섬유에 주로 적용하는데 섬유에 도포된 키토산을 열 curing하여 물에 녹지 않도록 변성시키거나 키토산과 면섬유 간의 물리적인 결합력을 증진시킴으로써 세탁 내구성을 부여하고 있다.

본 연구는 천연고분자물질 키토산 가공면포의 항균활성을 연구하기 위하여 키토산/초산 수용액을 제조하여 면포에 후처리 한 후 병원성균 MRSA에 대한 항균성을 시험하고, 항균활성(antibacterial activity)을 향상시키기 위한 최저항균활성 농도(MIC)를 찾아내어 가공공정에 활용코자 하였다.

## II. 실험방법

### 1. 키토산

본 연구에 사용한 5종의 수불용성 키토산들의 제

〈Table 1〉 Characteristic of chitosan sample controlled molecular weight

Chitosan type	Solubility	Molecular weight	Degree of deacetylation (%)
A	Water insoluble	2,000,000	98.9
B		500,000	97.1
C		150,000	90.4
D		80,000	89.2
E		40,000	87.3

반투성을 〈Table 1〉에 나타냈다.

### 1) 키토산/초산 수용액의 제조

키토산/초산 수용액을 제조할 때 용매로 초산을 사용하였고, 초산 농도는 키토산 농도와 동일하게 했으며, 최고 0.1%로부터 0.05%까지 혼합하고 상온에서 24 시간동안 기계적으로 교반하여 불용분이 없는 키토산/초산 수용액을 얻었다. 제조된 키토산/초산 수용액은 초산의 작용으로 인해서 분자쇄가 절단되기 때문에 분자량이 감소될 가능성을 최소화하기 위해 완전히 용해된 후 24시간 이내에 사용하였다.

MRSA에 대한 시험관 희석법(tube dilution technique)의 결과 최소저지농도가 0.05%임을 반복된 실험을 통해서 확인했기 때문에 농도를 0.025%, 0.05%, 0.075%, 0.1%로 조절하였다.

### 2) Cotton Filter Paper와 면직물의 키토산/초산 용액 처리

Cotton filter paper(지름 110mm)는 마이크로 피펫을 이용하여 100% wet pick-up시켰고, 처리 완료 후 3일간 실험실에서 자연건조시켰다.

면직물(100% 면, 평직, 40Ne×40Ne, 289×147/5cm, 121.1g/m<sup>2</sup>)을 키토산/초산 용액에 10분간 침지시킨 다음 맹글을 이용하여 패딩시켰다 〈Table 3〉.

### 2. 균주 및 배지

균주는 MRSA ATCC 33592를 사용하였다.

세균의 배양 배지는 Difco 제품인 Bacto Nutrient

1) 吉川邦彦, 抗菌のすべて(繊維社, 1997), pp.32-35.

2) 青山眞充, 人にやさしい繊維と加工(繊維製品衛生加工協議會, 1994), pp.144-150.

3) 吉川邦彦, 抗菌のすべて(繊維社, 1997), pp.151-174.

4) 青山眞充, 人にやさしい繊維と加工(繊維製品衛生加工協議會, 1994), pp.267-296.

Broth(NB), Nutrient Agar(NA)를 사용하였다. 균의 계대 배양용 사면배지와 생균측정을 위한 평판배지는 NA를 사용하였다.

### 3. 배양방법

MRSA는 통상 호기성 균이기 때문에 단기보관의 경우 NA 사면배지에 이식하여 37°C, 24시간 배양한 후 5°C 이하에서 냉장보관하면서 사용했고, 6개월 주기의 장기보존용에 대해서는 액체육즙배지에서 배양한 균액을 30% 글리세롤에 넣어 -20°C 이하로 보관하였다.

박테리아의 pure culture를 행하기 위해 보존 균주 1 loop를 취하여 NB 육즙배지에 이식하고 37°C shaking incubator 속에서 20 시간동안 배양한 후, 다시 이 배양액 1 loop를 새로운 NB배지 10ml 에 이식하여 18 시간동안 배양하였다.

Cell counting은 시간이 많이 걸리지만 대단히 예민한 방법인 생균 측정용 plate count(colony count)를 이용했으며, 이때 집락이 형성된 평판배양은 통계학적으로 가장 믿을 수 있는 30~300 colony가 되도록

10배 계열로 희석하여 사용하였다.

### 4. MRSA균에 대한 항균성 측정

키토산/초산 수용액의 항균성 측정을 위해선 Agar Plate Smear Method를 면포에 후가공 처리한 포의 항균성 측정을 위해선 Agar Plate Contact Method를 각각 사용하였다<sup>5)</sup>.

## III. 결과 및 고찰

### 1. Agar Plate Smear Method에 의한 키토산/초산 수용액의 항균성

〈Table 3〉은 Agar Plate Smear Method를 이용하여 키토산 자체의 항균력을 테스트한 결과이다. 키토산/초산 수용액의 농도를 0.5%, 0.25%, 0.1%, 0.07%, 0.05%로 조정하여 각각 시험하였을 때 0.07%~0.5%의 농도범위에서의 감균율이 97% 이상으로 나타났고 0.05%일 때의 감균율은 표에서 보는 바와 같이 92~96% 범위에 이르고 있다.

〈Table 3〉에 의하면 키토산의 분자량 크기가

〈Table 2〉 Padding type of chitosan/acetic acid solution

Sample	Treatment condition	Dry temperature	Dry periods	Chitosan concentration(%)	Wet pick-up(%)
Cotton filter paper	padding	room temp.	3day	0.05~0.5	100
Cotton fabric		room temp.	3day	0.05~0.5	
Cotton fabric		120°C	4minute	0.1	
Cotton fabric		120°C	4minute	0.25	

〈Table 3〉 Antibacterial activity of chitosan/acetic acid solution by Agar Plate Smear Method

Test method	Test solution	Mean colony number (CFU/ml)	Decrease number of bacteria colony (%)	Remarks
Agar Plate Smear Method	inoculum size	791 ± 10		0.5~0.07% concentration of chitosan solution : 96% decrease number of bacteria colony
	2,000,000	29	96	
	500,000	30		
	150,000	29		
	80,000	28		
	40,000	61		

5) 최정임, "MRSA에 대한 키토산의 항균성과 항균시험방법에 관한 연구" (이화여자대학교 대학원 박사학위논문, 2001), pp.23-28.

MRSA의 증식저지에 절대적인 영향을 미치지 않는 분자량 크기가 MRSA에 대한 항균력에 영향을 미친다는 기 연구결과<sup>6-9)</sup>와는 차이가 있었다.

섬유 표면에 도포된 키토산들은 가공조건의 변화에 따라서 키토산 자체의 변성과 섬유 표면에 부착되는 점이다. 이는 키토산을 첨가하여 MRSA균을 배양할 때 키토산이 초산 수용액에 완전히 용해된 상태로 균과 접촉하기 때문으로 사료된다.

키토산이 도포된 섬유의 항균성 결과 키토산의 분자량과 MRSA와의 접촉 용이성 등이 변화될 수 있기 때문에 실험자마다 항균결과가 달라질 수 있었던 것으로 사료되어진다.

## 2. Agar Plate Contact Method에 의한 키토산 처리 Cotton Filter Paper의 항균성

키토산/초산 수용액 0.05%로 처리한 후, cotton filter paper를 100% wet pick-up하여 피부와 같은 온

도·습도·통기 등의 조건이 피부와 유사한 Agar Plate Contact Method를 이용하여 항균성을 측정한 결과는 <Table 4>와 같다.

지금까지 섬유의 항균가공시 항균력이 발휘되는 키토산의 분자량 크기, 탈아세틸화도 등이 연구자마다 일치하지 않고 있으며 키토산 자체의 항균력도 밝혀지지 않고 있다. 키토산 자체의 항균력도 밝혀지지 않은 상태에서 키토산을 이용한 가공포의 항균성 결과의 비교는 바람직하지 않은 것으로 생각된다.

항균 가공용 키토산은 분자량의 크기에 따라서 기능성이 광범위하게 변화된다. 뿐만 아니라 항균가공 공정에도 많은 영향을 미치기 때문에 분자량 측면의 특성화는 어떠한 요인보다도 중요하다.

Tokura·고·신 등<sup>10-14)</sup>은 키토산의 항균력은 특정분자량 범위로 조절되었을 때, 즉 고분자량일 때보다 낮은 분자량일 때 항균성이 더 우수하다고 보고했다.

<Table 4> Antibacterial activity of the cotton filter paper treated with chitosan/acetic acid solution by Agar Plate Contact Method

Test method	Test solution	Mean colony number (CFU/ml)	Decrease number of bacteria colony (%)	Remarks
Agar Plate Contact Method	inoculum size	4,080	100	0.1% coating concentration of chitosan/acetic acid solution : 100% decrease number of bacteria colony
	control	566 × 10 <sup>2</sup>		
	2,000,000	0		
	500,000	0		
	150,000	0		
	80,000	0		
	40,000	0		

- 6) 성하수, 고석원, 송경근, "Chito-oligosaccharide를 이용한 면직물의 항 미생물가공(II)," 한국섬유공학회지 35권 11호(1998), pp.716-720.
- 7) 성하수, 김재필, 고석원, "항균제로서 키토산 올리고당의 제조와 면직물에 대한 영향," 한국섬유공학회 추계세미나, 03F07(1997), pp.329-333.
- 8) 이재원, 남창우, 고석원, "Acrylamidomethyl Chito-oligosaccharide를 이용한 면직물의 항 미생물 가공," 한국섬유공학회지 36권 10호(1999), pp.769-775.
- 9) 이재원, 남창우, 성하수, 고석원, Chito-oligosaccharide를 이용한 면직물의 항 미생물가공(I), 한국섬유공학회지 35권 10호(1998), pp.649-655.
- 10) 성하수, 고석원, 송경근, *Op cit.*, pp.716-720.
- 11) 이재원, 남창우, 고석원, *Op cit.*, pp.769-775.
- 12) 이재원, 남창우, 성하수, 고석원, *Op cit.*, pp.649-655.
- 13) 신원숙, 민경혜, "키토산을 이용한 면직물의 항균가공(I)", 한국섬유공학회지 33권 6호 (1996), pp.487-491.
- 14) Tokura, S., "キチンおよびキトサン應用の新展開", 高分子, Vol. 44, No. 3(1995), pp. 112 - 115.

본 연구에서는 키토산의 MRSA에 대한 항균성을 조사하기 위하여 <Table 2>에 제시한 탈아세틸화도가 90% 수준을 유지하면서 수불용성 키토산의 분자량이 200만, 50만, 15만, 8만, 4만의 키토산을 이용하여 항균성을 시험하였다.

키토산 solution과 키토산 처리포의 항균성 시험결과 분자량이 다른 5종의 키토산 분자량은 MRSA의 항균성에 큰 영향을 미치지 않았다. 그러나 Agar Plate Smear Method에서 0.05%의 농도에서 분자량 8만~200만에 해당하는 4종이 96%의 우수한 항균성을 보여주었고, 분자량 4만이 92%의 항균성을 나타내었다. 따라서 낮은 분자량일 때 항균성이 우수하다고 판단할 수 없었다.

또한 키토산의 항균성은 탈아세틸화도 및 분자량 등이 중요한 요인이라고 알려져 왔는데, Saito와 신등<sup>15,16)</sup>은 탈아세틸화도를 66%, 79%, 90% 및 99%까지 4단계로 만들고 *Fusarium solini*를 대상으로 최소 발육저지농도를 확인한 결과 66% 탈아세틸화 키토산은 0.11%, 79%일 경우 0.09%, 90%와 99%일 경우 0.07%의 농도로 항균효과를 나타내기 때문에 탈아세틸화도가 높을수록 즉, 아미노기가 많을수록 항균력도 증가한다고 보고했다. 특히 90% 이상의 탈아세틸화 키토산일 경우 가장 좋은 항균효과를 나타냈으며 그 이상의 탈아세틸화도일 때는 유의한 차이가 없었다고 보고했다. 또한 5, 50, 160, 20 cps로 조절한 키토산의 경우 5cps가 가장 좋은 결과를 나타내서 점도가 낮을수록 우수한 항균력을 가졌다<sup>17)</sup>.

본 연구에서는 탈아세틸화도가 거의 동일하면서 분자량만 서로 다른 5종 키토산을 사용함으로써 탈아세틸화도의 차이가 항균력에 미치는 영향을 어느 정도 배제한 상태에서 키토산의 분자량 크기가 항균력에 미치는 영향을 조사했다. 탈아세틸화도가 낮을 때 발생할 수 있는 항균력 감소를 방지하기 위하여 키토산의 분자량 크기는 변할지라도 탈아세틸화도가 모두 90% 정도의 키토산을 사용했을 때 거의 일정한 항균결과가 나타났다.

0.1%, 0.25% 농도의 키토산/초산 수용액으로 가공 처리한 면직물 시료에 대하여 Agar Plate Contact Method로 항균성을 측정했을 때 다음과 같은 결과를 얻었다.

#### IV. 결 론

병원성균 MRSA에 대한 키토산 및 키토산처리 면포의 항균성을 조사하기 위해 탈아세틸화도가 90% 이상이면서 분자량이 200만, 50만, 15만, 8만, 4만인 수 불용성 키토산을 사용하여 항균가공직물의 최적 조건을 찾기 위한 실험했을 때 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 키토산 용액 제조 시 초산에 녹여  $-NH_3^+$ 기를 가질 때 항균성이 아주 우수했으며, 키토산/초산수용액으로 제조하여 직물을 침지시켰다가 맹글에 의해서 처리하는 후가공법이 적합했다.
2. 탈아세틸화도가 90% 이상이면서 분자량이 다

<Table 5> Antibacterial activity of the cotton fabrics treated with chitosan/acetic acid solution by Agar Plate Contact Method

Test method	Test solution (%)	Sample	Mean colony number (CFU/ml)	Decrease number of bacteria colony (%)
Agar Plate Contact Method		control	very high	99.9
	0.1	cotton fabric	212	
	0.25	cotton fabric	84	

cotton fabric : 0.1%, 0.25% chitosan solution treated, wet pick up 100%, 120°C 4 minute curing.

- 15) 성하수, 김재필, 고석원, "항균제로서 키토산 올리고당의 제조와 면직물에 대한 영향," 한국섬유공학회 추계 세미나, 03F07(1997), pp.329-333.
- 16) Saito, K., Shimcjob, M. and Fukushima, K., "Growth inhibition of chitosan from suid penagainst Oral Streptococci," *Chitin, Chitosan 研究報告*(1994), pp.77-79.
- 17) Saito, K., Shimcjob, M and Fukushima, K., *Op cit.* p.79.

른 5종의 키토산을 다양한 농도로 처리한 결과 분자량에 따른 항균성의 차이가 없었다.

3. Agar Plate Smear Method를 이용한 키토산/초산 수용액의 항균성과 Agar Plate Contact Method를 이용한 키토산/초산 수용액 처리 면포의 항균성은 0.05%에서 MIC값을 나타내었다.

### 참고문헌

- 吉川邦彦(1997), 抗菌のすべて, 繊維社.
- 齊山眞充(1994), 人にやさしい繊維と加工, 繊維製品衛生加工協議會.
- 최정임(2001), "MRSA에 대한 키토산의 항균성과 항균 시험방법에 관한 연구." 이화여자대학교 대학원 박사 학위논문.
- 성하수, 고석원, 송경근(1998), "Chito-oligosaccharide를 이용한 면직물의 항 미생물가공(II)." 한국섬유공학회지 35권 11호.
- 성하수, 김재필, 고석원(1997), "항균제로서 키토산 올리고당의 제조와 면직물에 대한 영향." 한국섬유공학회 추계세미나, 03F07.
- 이재원, 남창우, 고석원(1999), "Acrylamidomethyl Chito-oligosaccharide를 이용한 면직물의 항미생물 가공." 한국섬유공학회지 36권 10호.
- 이재원, 남창우, 성하수, 고석원(1998), "Chito-oligosaccharide를 이용한 면직물의 항 미생물가공(I)." 한국섬유공학회지 35권 10호.
- 신윤숙, 민경혜(1996), "키토산을 이용한 면직물의 항균 가공(I)." 한국섬유공학회지 33권 6호.
- Tokura, S.(1995), "キチンおよびキトサン應用の新展開" 高分子, Vol. 44, No. 3.
- Saito, K., Shimcjo, M. and Fukushima, K.(1994), "Growth inhibition of chitosan from psuid pen against Oral Streptococci" chitin, chitosan 研究報告.