

키틴/키토산의 항미생물성과 그 응용

신 윤 숙 · 민 경 혜

서 론

키틴은 게, 새우, 곤충 등의 갑피를 이루는 물질로 탄산칼슘(CaCO_3) 성분과 서로 콘크리트화하여 이들 생물들의 보호조직을 이룬다. 이외에도 박테리아의 세포벽, 포자의 구조막, 균사체, 또는 원생동물의 포낭과 껍질 성분으로 존재하며 절족류, 복족류, 두족류, 부족류, 곤충류 등 동물외에 녹조류 등의 식물계에도 널리 분포되어 있다. 키틴과 키틴의 탈아세틸화 유도체인 키토산은 구조적으로 셀룰로오스와 유사한 점이 많다. 키틴과 키토산은 그림 1에 제시된 바와 같이 분자 구조가 셀룰로오스와 매우 유사한 다당류로, 피라노오스환의 C_2 위치에 셀룰로오스는 수산기, 키틴은 N-아세틸기, 키토산은 아미노기로 서로 다르고 나머지 부분은 같다.

키틴은 고결정성 물질이며, 아미노아세틸기들간에 형성되는 분자 주쇄간의 결합력이 안정해서 용해 또는 팽윤시키기 적당한 용매가 발견되지 않고 있다. 키틴의 결정 구조는 채취되는 생물체의 종류와 부위에 따라 3종이 발견되었다.¹ α -키틴은 게, 새우 등의 갑각류에서 흔히 발견되며, 키틴 분자쇄가 서로 역방향이 되어 분자내와 분자간 수소결합이 이루어지므로 결정 구조가 안정하다. 반면, β -키틴은 α -키틴에 비해 그 존재량은 매우 적고 오징어의 껍질 등에서 발견되고 있는데, 인접하는 분자쇄끼리 서로 평행한 상태를 유지하고 있다. γ -키틴의 구조는 확실하게 밝혀져 있지 않다.

키토산은 물 속에서 일부의 아미노기가 양성화되어 실제로 막전위가 발생되어 팽윤되지만 분자쇄간 수소결합의 대부분이 끊어지지 않기 때문에 용해되지는 않는다. 그러나 희석한 산용액내에서는 키토산의 아미노기와 산분자간에 용매화가 일어난다. 균일 반응계에 의해서 제조된 탈아세틸화도 50%를 지닌 다당류는 물에 용해되지

만, 불균일 반응계에 의해서 제조된 동일한 탈아세틸화도를 지니는 다당류와 키틴, 키토산은 물에 용해되지 않는다.²

키토산의 주요 용도는 폐수처리에서의 응집제나 탈수제와 같은 수처리제였으나 장점과 특성이 밝혀지면서 그 용도는 더욱 넓어지고 고급화되고 있다. 키토산이 갖는 양이온성, 무독성, 생체 분해성, 상처 치유 촉진성, 화학 반응성 등의 유용한 성질이 최근에 확인되면서 효소 고정화 담체,³ 친화 크로마토그래피 담체⁴ 등으로의 이용과 그 밖의 부가가치가 높은 의용 재료,⁵ 금속 흡착제,^{6,7} 분리막,⁸ 섬유 제조 및 섬유 가공제와 의약품, 농·임·원예용



신윤숙

1972 전남대학교 가정교육과(이학) ~1976
1976~ 전남대학교 섬유공학과
1978 (공학석사)
1981~ University of Maryland
1986 (이학박사)
1990~ 전남대학교 의류학과 교수
현재



민경혜

1989~ 전남대학교 의류학과(이학사)
1993
1993~ 전남대학교 의류학과
1995 (가정학석사)
1995~ 전남대학교 가정학과 박사수료
현재

Chitin/Chitosan : Antimicrobial Properties and Applications

전남대학교 의류학과(Yoonsok Shin and Kyunghye Min, Department of Clothing and Textiles, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea)

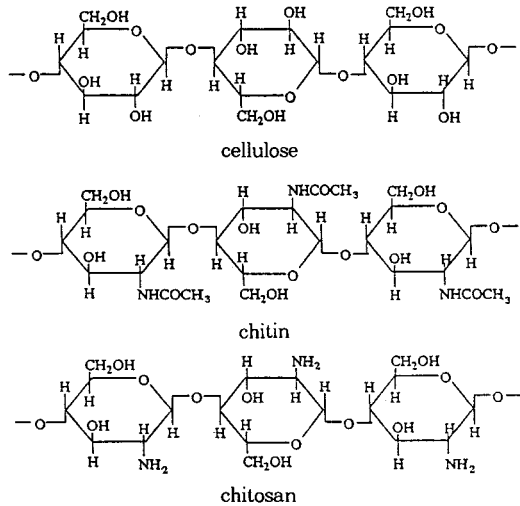


그림 1. The structures of cellulose, chitin and chitosan.

품, 화장품, 기능성 막 제조, 식품첨가제 등에 응용되고 있다.

키토산의 아미노기는 아세트산, 포름산 등의 유기산과 묶은 염산 등의 무기산에 의해 암모늄염(-NH₃⁺)의 형태를 띄어 항균성과 항곰팡이성을 갖는다. 아세트산에 용해시켜 만든 키토산막과 그 막을 수산화나트륨 수용액으로 팽윤한 후 에피크로로하이드린과 가교결합시킨 키토산막의 항균성을 연구한 결과, 아세트산에 용해시킨 키토산막은 아미노기가 아세트산과 조염화하여 균주 *Escherichia coli*와 *Staphylococcus aureus*에 대한 항균성이 있으나 가교결합한 키토산막은 수산화나트륨 수용액 처리에 의해 막 중의 아세트산염이 유리 아미노기가 되어 균주 *Escherichia coli*와 *Staphylococcus aureus*에 대해 항균성을 나타내지 않았다.⁹ 키토사나제(chitosanase)를 이용해 가수분해시킨 키토산 올리고머의 항균성은 균주 *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* 등에 대해 0.5~0.6%의 미생물 저지 최소농도를 나타내어 항균제로서의 사용 가능성이 높다.¹⁰ 키토산의 항곰팡이성에 대한 연구결과에 의하면, 키토산 농도 1,000 µg/mL에서 세포막 구성요인에 키토산이 포함되어 있는 곰팡이를 제외한 대부분 곰팡이의 방사상 성장을 저하시킨다.¹¹⁻¹³ 키토산과 키토올리고당이 *Fusarium solani*에 대해 항곰팡이성과 미성숙 완두콩가지 독소인 피사틴(pisatin)에 대한 항생능력을 갖는다.^{11,12,14}

키토산에서 유래된 유도체들도 여러 균주에 대해 항균성을 갖는다. 탄수화물 분지를 갖는 키토산 유도체는 400 ppm 이하에서 균주 *Bacillus circulans*에 매우 우수한 항미생물성을 나타내고, 균주 *Escherichia coli*에 대해서는 항미생물성이 다소 떨어진다.¹⁵ 키토산 락테이

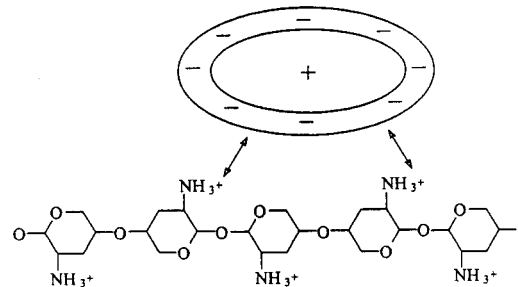


그림 2. Antimicrobial mechanism of chitosan.

트(lactate)와 글루타메이트(glutamate)는 *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Saccharomyces cerevisia* 등에 대해 항균성을 보인다.¹⁶ 또한 N-알킬 키토산이 박테리아와 곰팡이의 성장을 방지하며¹⁷ 수용성인 N-카복시메틸키토산도 항균성을 갖는다.¹⁸

2. 본 론

2.1 키토산의 항미생물 기구

키토산의 항균 기능은 양이온화된 아미노기에 의해 발휘되는 것으로 알려져 있다.^{19,20} 또한 아미노기에 인접한 히드록시기도 항미생물 특성을 발휘하는데 중요하다는 견해도 있다.²¹ 그림 2에 보이는 바와 같이, 양이온화된 키토산의 아미노기와 미생물의 세포벽을 구성하는 시알산(sialic acid), 인지질 등의 마이너스 전하간에 이온결합이 일어난다. 그 결과 세포막 중 인지질의 극성화로 접촉면 반대측의 세포막 조직이 파괴되고 그로 인해 세포 내의 원형질이 누출되어 미생물이 죽게 된다. 따라서 키토산의 암모늄 양이온이 미생물에 접촉할 수 있는 한 항미생물 효과는 지속된다. 그러나 키토산의 항균성은 세균의 종류에 따라 미생물 저지 최소농도(growth inhibitory concentration, MIC)값은 달라진다. *Corinebacterium michiganence*, *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus* 등에 대하여 10~20 ppm(액체 배양법)으로도 높은 항균력을 나타내고 있다. 그러나 *Bacillus cereus*, *Piricularia oryzae*, *Rhizoctonia solani* 등은 1,000~5,000 ppm의 높은 수치의 MIC값을 갖는다.^{20,22}

2.2 항미생물성 평가방법

항균 방취가공을 행한 섬유제품의 평가는 세균과 곰팡이에 따라 나누어진다. 항균성을 평가하는 방법으로 정성적 방법과 정량적 방법이 있다.²³ 정성적 방법은 시험편 주위의 세균의 발육저지대를 측정하여 평가하는 방법으로 할로 테스트(Halo test, AATCC 90-1982)와 평행 확산 도말법(AATCC 147-182)이 있다. 할로 테스트는

멸균된 시험편을 공시균액이 포함된 한천배지에 접촉 배양한 후, 세균의 발육 저지대를 측정하여 평가한다. 정량적 방법은 항균제의 종류에 따라 용출형과 비용출형에 의하여 각각 균수측정법(AATCC 100-1989)과 셰이크플라스크법(shake flask method)이 있다. 이들 시험법은 공시균으로 폐렴구균(*klebsiella pneumoniae*, ATCC 4352)와 황색포도상구균(*staphylococcus aureus*, ATCC 6538) 중 어느 하나를 사용하도록 정해져 있다. 균수측정법은 용출형 항균제의 가공포에 적용되며 영양원과 함께 포상에 접촉하고 회수균주에서 효과를 평가하는 방법이다. 시험방법은 시험균의 액체배지 현탁액 0.2 mL에 시험시료 0.2 g 주입하고(이 때 식균수를 A로 하면 $A=5\sim 30\times 10^5$ 개/mL), 37 °C에서 18시간 배양 후의 생균수 C를 측정하고서 식균수 A에 대한 증감치를 대수로 나타낸다. 이어서 표준포의 생균수 B를 측정하여 증감치를 구하고 아래 식에 의하여 증감치차를 산출하여 1.6 이상일 때 항균성이 있는 것으로 판단한다.

$$\text{증감치차} = (\log B - \log A) - (\log C - \log A)$$

셰이크플라스크법은 시험균 $1\sim 2\times 10^4$ 개/mL의 현탁액을 조제한 후 생균수를 측정한다. 이어서 시험편 0.75 g을 가하여 25 °C, 320 rpm에서 1시간 진동시킨 다음 다시 생균수를 측정하여 다음 식에 의해 균감소율을 구한다.

$$\text{균감소율(\%)} = \frac{\text{진동 전의 생균수} - \text{진동 후의 생균수}}{\text{진동 전의 생균수}} \times 100$$

같은 방법으로 표준포의 균감소율을 측정하여 시험시료와의 균감소율 차이가 26% 이상일 때 항균성이 있는 것으로 판단한다.

항곰팡이성은 AATCC test method 30-1981에 따라 곰팡이에 노출된 직물의 인장강도를 ASTM-D-1982에 의해 측정하여 직물의 침해정도를 평가한다. 그리고 이 방법은 대상이 되는 직물류의 종류에 따라 3가지 시험법이 있다. 토양에 직접적으로 접하기 쉬운 샌드 백, 텐트, 방수포 등에 적용되는 토양매몰법, 토양과 접촉하지 않는 직물의 곰팡이 저항성과 살진균제의 효력, 살진균제 분포의 균일성을 평가하기 위한 멸균시험편의 순수배양 한천 평판법, 그리고 진균에 의한 외관상 저하가 일어나는 직물을 평가하는 비멸균 시험편의 순수배양 한천평판법이다. 이 외에도 곰팡이에 의한 직물의 착오염을 측정하는 Humidity-jar test와,¹³ 항곰팡이성을 시험하는 JIS Z 2911법이 있다.

2.3 응용 분야

2.3.1 섬유 분야

키토산을 폴리노직 비스코스에 넣어 혼합방사하여 얻은 섬유가 '키토폴리(Chitopoly)'라는²⁴ 상품명으로 일본 후지사에 의해 제조되었다. 키토폴리는 현재 1.25 d×38 mm를 표준번호로 하여 일본에서 제조되고 있으며, 키토산 첨가에 의한 물성의 변화는 거의 없고 키토산을 첨가하기 이전의 섬유인 폴리노직 레이온과 비교하여 손색이 없다. 항균성은 셰이크플라스크법을 이용하여 측정된 결과 키토산을 첨가하지 않은 폴리노직 레이온은 28%의 균감소율을 보인 반면 키토폴리는 99.3%라는 균감소율을 보였다. 세탁내구력 실험결과 50 회 세탁 후 키토폴리의 균감소율은 91.9%로 매우 우수하였다.²⁰ 이는 키토폴리는 키토산을 미립자 상태로 방사원액에 혼합하여 제조하기 때문이다. 이 밖에도 키토폴리와 다른 섬유를 혼방하여 제작한 직물이 속옷, 트렁크스, 셔츠, 블라우스, 파자마 등의 의류품에서 침대커버, 시트 등 침장품, 타월 매트, 손수건, 포대 등 잡화품에 이르기까지 그 응용범위가 넓다. 키토폴리와 면을 혼방한 '키토사니(Chitosunny)'는 우수한 항균성 및 내세탁성과 함께 피부접촉감이 좋고 장시간 사용 후에도 변하지 않는 부드러운 촉감을 유지하므로 속옷, 티셔츠, 운동복, 양말 등 직접 피부에 접촉하는 소재로 적합하다. 키토폴리와 방염아크릴 섬유 혼방에 의한 방염항균방취 섬유 '파레키오'는 앞치마, 작업복 등의 의류품과 커튼, 이불커버 등에 사용되고 있다. 키토폴리를 위사로 사용하고 레이온 필라멘트와 아세테이트 필라멘트를 각각 경사로 교직한 직물인 '센털시'는 부인용 의류와 모피제품의 안감과 피혁제품 및 가방의 내장재로 사용된다. 이러한 키토산과 혼방한 항균섬유는 의류용뿐만 아니라 생의학용으로부터 산업용에 이르기까지 다양한 분야에 응용될 수 있다.

키토산을 폴리우레탄과 혼합방사하여 방수성과 투과성의 향상뿐만 아니라 항균방취 효과까지 겸비한 '바이오키토(Biochiton)'을²⁵ 생산하여 실외 스포츠웨어로 제품화되었다. DMAc/LiCl을 공용매로 사용하여 습식 방사한 키토/셀룰로오스 블렌드 섬유는 5%의 키토 함량에서 100%의 균감소율로 우수한 항미생물성을 나타낸다.²⁶ 그리고 키토 섬유를 부직포화한 '베스키토(Beschitin)'은²⁷ 키토 인공피부로서 일본에서 상업화되었으며, 이는 키토가 선상의 아세포를 활성화하여 육아를 재생시키는 창상 치유 촉진 작용을 이용한 것이다.

이처럼 세계적으로 각광받고 있는 키토산 함유섬유의 개발이 국내에서도 이루어지고 있다. (주)방림에서는 키토산 항균보은 섬유로 키토산에 의한 흡수성 및 보온성과 항균성을 보유한 건강 소재를 생산하고 있다. (주)일신방직의 경우 면사, 혼방사 부문에서 천연 항균방취 가공 1호업체로 선정되었는데 이 제품은 키토산을 면이나 혼방 형태의 사류, 편물류에 교착시킨 것으로 타 가공제에 비해 화학적 처리가 적고, 자연물인 면섬유에 가장 잘 어

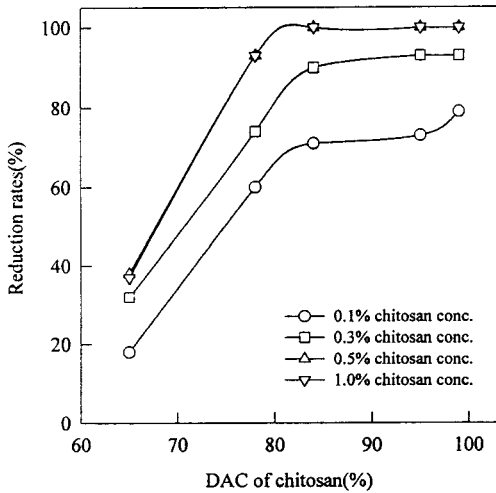


그림 3. Effect of degree of deacetylation on the antimicrobial activity of cotton fabrics treated with chitosan (M_w 50,000).

울릴 뿐 아니라 화섬 교착도 가능한 실용적인 의류 소재로서 제안된다. 이 제품의 항균성은 99.9%의 완벽한 균감소율을 보인다.

또한 키틴, 키토산을 이용한 부직포를 제조하거나 부직포의 후가공제로서 이용함으로써 위생용·의료용 부직포의 고급화와 용도 확대가 기대된다.

후처리 가공제로 키토산의 이용은 주로 셀룰로오스 직물을 대상으로 하며 그의 모직물 등에 시도되었다. 그림 3은 셀룰로오스 직물에 키토산 처리시 키토산의 탈아세틸화도에 따른 균감소율을 나타낸 것으로 같은 농도에서는 탈아세틸화도가 높을수록 항균성이 우수하고 탈아세틸화도 90% 이상에서는 탈아세틸화도의 증가에 따른 항균성 증가는 거의 없다.²⁸ 또한 키토산 처리시 열처리를 하면 항균성에 큰 영향을 주지 않고 세탁 내구력에 긍정적인 효과를 준다. 셀룰로오스 직물에 저분자 키토산(DP 9~16)을 사용하여 처리농도 0.6%에서 균감소율 100%를 얻었고 가교제인 DMDHEU를 처리액에 첨가하여 내세탁성을 향상시켰다.²⁹

2.3.2 의약품 분야

키토산은 피부병의 원인균인 *Trichophyton equinum*의 성장을 억제하는 효과가 있고, 항균성과 보습성을 지니고 있어 상처 치유 촉진과 화상 치료제로써 이용 가능성을 지닌다.

키틴, 키토산의 항균성을 이용하여 치약이나 치분의 첨가제로 사용하면 치아의 부식을 예방할 수 있다.³⁰ 구강내 미생물인 *Streptococcus mutans*을 키토산이 멸균시키므로 치아의 부식이나 플라그 형성을 방지한다. 특히 저분자량 키토산은 *Streptococcus mutans*에 대한 살균력이 돋보이는 것으로 알려져 있어 치과 수술시 특히 이

빨을 뺀 후 잇몸절개, 절단수술을 하였을 때 키틴 스폰지로 수술부위를 덮어 주면 세균 번식도 억제되고 치유력도 높으며 상처 부위와의 유착성이 없어 구강외과용 소재로 실용화 가능성을 지닌다.

또한, 수의 임상 분야에서는 키토산을 함유한 생리활성제제를 이용하여 외상을 입은 동물에 치료하여 부작용 없이 90% 이상의 치료효과를 보였다.³¹

2.3.3 식품 분야

키토산의 항균성은 식품에 0.02% 정도의 키토산 올리고당을 첨가하여도 대장균의 증식을 거의 완벽하게 억제시킨다. 키토산은 육류 보존제로도 이용되는데 액체배양에서 키토산 농도 0.01%에서 부패균주인 *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fragi* 등의 성장을 억제하고, 조금 높은 농도인 0.1~1.0%에서 육류가 부패하는 초기에 나타나는 균주(meat starter culture)인 *Lactobacillus plantarium*, *Pediococcus pentosaceus*, *Micrococcus varians* 등의 성장을 방지하고, 저장동안 육류의 적색을 잘 유지시키는 효과를 가진다.³²

키토산은 코팅제와 항곰팡이제로 과일과 채소의 질 향상과 보존에 효과가 있다.³³ 키토산을 코팅한 딸기에 *Botrytis cinerea*와 *Rhizopus stolonifer*를 접종하여 13°C, 높은 습도에서 20일 동안 저장했을 때 미처리 딸기보다 훨씬 높은 신선도를 유지할 뿐 아니라 아미노산과 단백질의 누출도 방지된다.³⁴ 그리고 다양한 키토산 염과 고온 균질화처리로 결합된 키토산 유도체는 피클, 국수 등 식품의 보존 첨가제로 사용되고 있다.³⁵⁻³⁷

2.3.4 농업 분야

식물에 침입하는 병충이나 병원균을 방제하는데 키틴이나 키토산의 가수분해물이 사용된다. 이들 올리고당이 병충이나 병원균의 유전전달 메카니즘인 DNA로부터 mRNA로의 전사를 차단함으로써 해충이나 병원균의 증식을 막는다는 사실이 밝혀졌다. 또한 키토산을 식물에 처리하면 식물이 자기방어 작용을 하여 생성 초기부터 갖고 있는 유해균을 생육저지시키는 물질을 유도한다든지, 유해균을 용균시키는 효소 '키틴아제(chitinase)'를 생성시키는 작용도 있기 때문에 높은 방제효과가 기대되고 있다. 그 밖에 미국에서는 밀의 생산량 증진을 위해 씨앗의 코팅제로 사용되고 있다.

2.3.5 화장품 분야 및 기타

키틴과 키토산은 천연보습 물질인 히알루론산(hyaluronic acid)과 비슷한 구조를 지니고 있어 화장품의 유효제 또는 보습제로써 충분하며, 더구나 항균력을 가지므로 피부에 문제를 일으키지 않는 이점이 있다.³⁸ 물이나 알코올 등에 녹지 않는 키틴과 키토산을 카르복시메틸, 하이드록시프로필기로 치환시킴으로써 물과 다른 용매에 완전히 녹는 키틴과 키토산 유도체를 만들어 사용한

다. 카르복시메틸 키틴은 피부의 보습과 눈주름의 회복 효과를 가지며, 하이드록시프로필 키틴산은 모발표면에 보호피막을 형성하여 우수한 조발제로 개발되고 있다. 또한 민감한 피부를 대상으로 한 비누 제조 및 화장용 부직포로의 응용이 기대된다.

3. 결 론

자원고갈과 환경오염이라는 문제에 직면한 오늘날, 키틴과 키틴산은 자원으로 재활용할 수 있는 유용한 천연 고분자 물질이며 이러한 키틴과 키틴산을 어떻게 보다 다양하고 유효하게 이용하느냐에 대한 과제가 남아 있다.

① 키틴, 키틴산의 생산 단가를 낮추고 생산단계에서 발생하는 폐수를 줄일 수 있는 제조방법이 확립되어야 한다.

② 각 분야에서 응용을 확대하고 최대의 효과를 갖는 키틴과 키틴산의 분자량을 찾아내기 위해서는 다양한 분자량과 탈아세틸화도 및 순도를 갖는 규격화된 키틴과 키틴산이 제품화되어야 한다.

③ 섬유류의 후가공제로 사용을 확대하기 위해서는 가장 효과적인 처리 방법과 내세탁성 향상 문제가 해결되어야 한다.

참 고 문 헌

- G. A. F. Roberts, "Chitin Chemistry", Macmillan, 1992.
- T. Sannan, K. Kurita, and Y. Iwakura, *Macromol. Chem.*, **177**, 3589 (1976).
- S. Hirano and J. Kinugawa, *Carbohydr. Res.*, **150**, 295 (1986).
- R. A. A. Muzzarelli, F. Tanfani, and M. Emanuelli, *Carbohydr. Res.*, **126**, 225 (1984).
- S. Hirano, Y. Tanaka, M. Hasegawa, K. Tobetto, and A. Noshioka, *Carbohydr. Res.*, **137**, 205 (1985).
- Y. Koyama and A. Taniguchi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **31**, 1951 (1986).
- R. Maruca, B. J. Suder, and J. P. Wightman, *J. Appl. Polym. Sci.*, **27**, 4827 (1982).
- S. Hirano, K. Tobetto, M. Hasegawa, and N. Matsuda, *J. Biomed. Mater. Res.*, **14**, 477 (1980).
- K. Tsurugai, A. Yoshikawa, J. Tajima, and Y. Ishii, *Sen-i Gakkaishi*, **47**, 190 (1991).
- Y. Uchida, M. Izume, and A. Ohtakara, "Chitin and Chitosan", eds. by G. Skjåk-bræk, T. Anthonsen, and P. Sandford, p. 373, Elsevier Applied Science, London, 1989.
- A. E. Ghaouth, *Phytopath.*, **80**, 1020 (1990).
- C. R. Allan and L. A. Hadwiger, *Exp. Mycol.*, **3**, 285 (1979).
- P. Stössel and J. L. Leuba, *Phytopath. Z.*, **111**, 82 (1984).
- D. F. Kendra and L. A. Hadwiger, *Exp. Mycol.*, **8**, 276 (1984).
- M. Yalpani, F. Johnson, and L. E. Robinson, "Advances in Chitin and Chitosan", eds. by C. J. Brine, P. A. Sandford, and J. P. Zikakis, p. 543, Elsevier Applied Science, London and New York, 1992.
- A. M. Papineau, D. G. Hoover, D. Knorr, and D. F. Farkas, *Food Biotechnol.*, **5**, 45 (1991).
- S. Hirano, "Chitin and Chitosan", ed. by G. Skjåk-bræk, T. Anthonsen, and P. Sandford, p. 37, Elsevier Applied Science, London, 1989.
- R. A. A. Muzzarelli, P. Ilari, and M. Petrarulo, *Inter. J. Biol. Macro.*, **16**, 177 (1994).
- 서용부, "염색가공 및 제촉", p. 179, 한국섬유공학회, 1986.
- H. Seo, K. Mitsuhashi, and H. Tanibe, "Advances in Chitin and Chitosan," C. J. Brine et al. Eds., p. 34, Elsevier Applied Science, New York, 1992.
- W. Park, K. Lee, J. Choi, W. Ha, and B. Chang, *J. Korean Fiber Soc.*, **33**, 855 (1996).
- H. Seo, *Dyeing Industry*, **41**, 177 (1993).
- 섬유제품의 항공방취가공 및 성능 시험방법, 한국원사직물시험검사소 (1987).
- H. Tanaka and H. Seo, *Sen-i Gakkaishi*, **48**, 229 (1992).
- R. Tsurutani, M. Yoshnura, N. Tanimoto, and K. Kifune, *Proceedings of the 7th Chitin-Chitosan Symposium*, p. 23, Japanese Society for Chitin and Chitosan, 1993.
- N. Yang, Spinning and Properties of Cellulose-Chitin Blend Fibers, M. Eng. Thesis, Seoul National University, 1994.
- Ref. 25, p. 11.
- Y. Shin and K. Min, *J. Korean Fiber Soc.*, **33**, 491 (1996).
- J. Lee, Antimicrobial Finish of Cellulose Fabric with Depolymerized Chitosan, M. Eng. Thesis, Seoul National University, 1996.
- J. Bowszyc and B. Raszeja-Kotelba, in "Proceedings of the 2nd National Seminar on Chitin and Chitosan", p. 1, SFI Bulletin, 1982.
- M. M. Brzeski, A. Wojtasz-Pajak, and A. Ramisz, "Advances in Chitin and Chitosan," C. J. Brine et al. Eds., p. 79, Elsevier Applied Science, New York, 1992.
- P. Darmadji and M. Izumimoto, *Meat Science*, **38**, 243 (1994).
- A. E. Ghaouth, J. Arul, R. Ponnampalam, and M. Boulet, *J. Food Sci.*, **56**, 1618 (1991).
- A. E. Ghaouth, R. Ponnampalam, J. Arul, and M. Boulet, *Phytopath.*, **80**, 1020 (1990).
- T. Eida and H. Hideka, *Jap. Fudo Saiensu*, **27**, 56 (1988).
- M. Haga and S. Enokida, *Jap. Kokai Tokkyo Koho JP* 63,169,975 (1987).
- L. Poper and D. Knorr, *Food Technology*, **5**, 84 (1990).
- Ref. 25, p. 15.