

## 면편성물의 아크릴산 그라프트 중합시 키토산 첨가에 따른 항균성 및 물성

김수미 · 송화순

숙명여자대학교 생활과학대학 의류학과

### Antimicrobial Activity and Physical Properties of Acrylic Acid Grafted Cotton Kintted Fabrics added with Chitosan

Su Mi Kim · Wha Soon Song

Dept. of Clothing & Textiles, Sookmyung Women's University

(2003. 5. 20. 접수)

#### Abstract

The purpose of this study is to develop multi-functional fabrics by chitosan added on acrylic acid grafted cotton kintted fabrics. Therefore physical properties such as antimicrobial activity, deodorization rate, moisture regain, whiteness, and tensile strength of chitosan added on acrylic acid grafted cotton kintted fabrics were investigated. The results are as follows; According to increased chitosan's concentration, grafting yield was decreased. Therefore thickness of film by treated chitosan added on acrylic acid grafted cotton kintted fabric became thin. FT-IR spectra of chitosan add on acrylic acid grafted cotton kintted fabric clearly showed peaks of COOH and NH<sub>2</sub>. Antimicrobial activity and deodorization rate of chitosan add on acrylic acid grafted cotton kintted fabrics were increased greatly than untreated. And their durability of laundry were good, Moisture regain of treated fabrics was higher than untreated. Whiteness and tensile strength of treated fabrics were lower than untreated.

**Key words:** chitosan, graft, antimicrobial activity, deodorization rate, moisture regain; 키토산, 그라프트, 항균성, 소취율, 수분율

#### I. 서 론

최근 건강과 쾌적성을 요구하는 사회적 추세에 따라 인체 및 환경에 친화성이 높은 각종 천연 가공제를 이용한 연구가 이루어지고 있다. 이 가운데 키토산은 곤충·새우·게 등으로부터 추출한 키틴의 탈아세틸화물로 생체적합성과 생분해성이 뛰어나 섬유분야에서 고기능성 섬유를 위한 가공제로 활발히 응용되고 있다.

일반적으로, 키토산은 묽은 산 수용액에 용해시켜 직물에 pad-dry-cure법으로 처리하고 있으나, 세탁에 의해 쉽게 섬유로부터 키토산이 탈리되는 단점때문

에 가교제를 병용하고 있다. 그러나 가교제 병용시 수분율의 저하가 문제시되고 있다.

따라서 키토산 단독 처리시 문제점인 세탁내구성 향상 및 수분율 저하를 동시에 막기 위한 방법이 연구되어야 한다.

그라프트 중합시 키토산을 이용한 연구로 키토산에 acrylic acid와 acryl amide를 그라프트 공중합시켜 페수처리시 용집제로의 이용(조유신, 1991)과 chitosan-g-poly(vinyl alcohol) 공중합체를 합성하여 이를 약물 전달체로 사용시 약물방출거동(권동건 외, 1996) 및 인공피부제조를 위해 키토산에 poly(2-hydroxyethyl methacrylate) 그라프트 공중합 반응시 흡습성, 수증

Table 1. Characteristics of fabric

Fiber(%)	Stitch	Yarn Number	Gauge(inch)	Weight(g/m <sup>2</sup> )	Thickness(mm)
				coarse/wale	
Cotton	Plain	110's	48/60	122±1	0.365

기와 산소의 투과성, 기계적 성질 및 효소에 의한 생분해성(김공수 외, 1990) 등에 관해 보고된 바 있다.

또한 그래프트 중합의 응용으로 폴리에스테르 표면에 키토산과 콜라겐의 유도체를 내구 고착시킴으로써 친수성을 부여하여 물성을 개선시킬 수 있다는 연구가 보고되었다(抗菌のすべて, 1997).

이에 본 연구에서는 최근 스포츠 의류의 확산에 따른 니트류 소재에 다기능성을 갖춘 소재의 개발이 요구됨으로 아크릴산 그래프트 중합시 키토산을 첨가하여 그래프트 중합시킴으로써, 기존의 방법인 가교제 첨가시보다 세탁내구성 및 기타 물성이 향상된 섬유소재 개발을 위한 방안을 제시하고자 한다.

연구 방법으로는 키토산의 농도를 변화시켜 아크릴산 그래프트 중합처리한 면편성물의 표면형태를 SEM을 통해서 관찰하였고, FT-IR 분석을 통해 그래프트 중합이 이루어졌음을 확인하였고, 항균성, 소취성, 수분율, 백도, 인장강도를 비교·관찰하였다.

## II. 실험방법

### 1. 시료 및 시약

사용된 시료는 미가공 면편성물(면 100%)생지로 그 특성은 Table 1과 같다.

가공제는 분자량이 약 8000인 키토산(신영키토산(주))을 사용하였다.

키토산의 탈아세틸화도 측정은 지시약으로 톨루이딘 블루(Ajax Laboratory Chemiclase)와 폴리비닐황산칼륨(Wako Pure Chemical Industries Ltd.)을 사용하였다.

중합은 아크릴산(이하 AA이라 함, Junsei Chemical Co.), Ceric ammonium nitrate(이하 CAN이라 함, Junsei Chemical Co.), 수산화나트륨(Duksan pure Chemical Co.)을 사용하였다.

항균성 시험에 사용된 공시균주는 Staphylococcus aureus(ATCC 6538)이며, 시약으로는 Nutrient agar(DIFCO Lab.), Nutrient broth(DIFCO Lab.), BHI agar(DIFCO Lab.), TGE agar(DIFCO Lab.)를 사용하

였고, Shake flask법의 working solution을 제조하기 위해 인산칼륨(Duksan pure Chemical Co.)과 수산화나트륨(Duksan pure Chemical Co.)을 사용하였다.

소취성 시약의 약취물질로는 암모니아수(Mallinckrodt, Mexico)를 사용하였다.

이상의 모든 시약은 1급으로 사용하였다.

세탁에 사용된 세제는 KS M 2704에 준한 과립타입의 세탁비누를 사용하였다.

### 2. 키토산의 탈아세틸화 및 점도 측정

#### 1) 탈아세틸화도

키토산 0.5g을 5%(v/v) 농도의 아세트산 수용액에 용해시켜 100ml의 키토산이 용해된 용액을 제조하였다. 이 키토산이 용해된 산 수용액 1ml에 증류수 30ml를 혼합한 후, 지시약인 0.1%농도의 톨루이딘 블루 용액 2~3방울을 가하여 0.0025N 폴리황산칼륨 용액으로 적정하여 탈아세틸화도를 계산하였다.

$$\text{탈아세틸화도}(\%) = \frac{X/161}{X/161 + Y/203} \times 100$$

$$X = \frac{1}{400} \times \frac{1}{1,000} \times f \times 161 \times v$$

$$Y = 0.5 \times \frac{1}{100} - X$$

f : 0.0025N 폴리황산칼륨용액 규정도계수

v : 0.0025N 폴리황산칼륨용액 소비량(ml)

#### 2) 점도

2% 농도의 아세트산 수용액에 키토산(0.10, 0.25, 0.50, 0.75%)을 용해시킨 후, brookfield viscometer (DV-IT)를 사용하여 spindle No. 2, 60 r.p.m.으로 상온에서 측정하였다.

### 3. 그래프트 중합 단독처리 및 키토산 첨가 그래프트 중합 처리

그래프트 중합 단독처리(이하 AAG 처리라 함) 및

키토산 첨가 그래프트 중합 처리(이하 CAG 처리라 함)는 AA 20%, 개시제인 CAN이  $1 \times 10^{-2}$  mol/l 로 용해된 중합용액(액비 60 : 1)에 키토산 농도(0.10, 0.25, 0.5, 0.75%)를 변화시켜 3구 플라스크에서 30분 침지시킨 후, 질소가스를 유입하면서 60°C, 60분 동안 중합시켰다.

중합이 완료된 시료는 60°C에서 2시간 수세 후, 초음파세척기(Bransonic 3210R-DTH, Branson ultrasonic Co.)를 사용하여 50°C에서 2시간 동안 수세하여 시료 표면에 붙어있는 미그라프트 고분자 및 미반응 단량체를 제거하였다.

AAG 및 CAG 처리된 면편성물은 수산화나트륨 3%(o.w.f.), 액비 100:1로 상온에서 60분 동안 처리하였다.

처리가 끝난 시료는 수세 후, 상온에서 건조시켜 항온항습실에서 24시간 보관 후, 그래프트율을 계산하였다.

$$\text{그래프트율} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

$W_1$ : 그래프트 중합 전의 건조 시료무게

$W_2$ : 그래프트 중합 후의 건조 시료무게

#### 4. FT-IR 분석 및 표면형태 관찰

키토산과 AA의 그래프트 중합 반응을 확인하기 위하여 퓨리어 적외선 분광기(FT-IR, Spectrum ASC II peds 1.60)로 특성 피크를 측정하였으며, AAG 및 CAG 처리시 키토산 농도 변화에 따른 면편성물의 표면형태를 주사전자 현미경(Jeol JSM-5410, JEOL Co.)을 사용하여 비교·관찰하였다.

#### 5. 항균성 및 소취성 측정

##### 1) 항균성

AAG 및 CAG 처리시 키토산 농도 변화에 따른 항균성 및 세탁 횟수에 따른 항균성은 shake flask법을 적용하여 측정하였다.

Shake flask법은 UV-spectrometer로 475 nm에서 52%T가 될 때까지 희석한 접종균 1ml를 working solution으로 1000배 희석한 후, 5ml를 취하여 70ml working solution에 넣는다. 여기에 AAG 처리, 키토산 농도에 따른 CAG 처리포를 각각 0.75g으로 하여 잘게 잘라서 균이 접종된 75ml working solution에

넣고 shaking incubator를 사용하여 36°C, 320 r.p.m.으로 1시간 shaking하여 균감소율을 계산하였다.

$$\text{균감소율}(\%) = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A: 미처리 시료의 균수

B: 처리 시료의 균수

##### 2) 소취성

AAG 및 키토산 농도에 따른 CAG 처리한 면편성물의 소취성은 가스 검지관법에 의해 비교하였다.

시료는 15×15cm로 하여 6l 부피의 용기에 약취물 질 1μl를 주입한 후, 시험시간(30, 60, 90, 120min)에 따라 검지관내에 충전된 검지제의 변색층의 길이에 따라 소취율을 측정하였다. 소취율은 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{소취율}(\%) = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A: blank gas의 농도

B: 시험관 gas의 농도

##### 3) 항균성 및 소취성의 세탁내구성

Terg-O-meter(ASA-912, Asia(주))를 사용하여 상온에서 세제 농도 0.2%, 교반 속도 40 r.p.m., 액비 1 : 30, 세탁횟수(1, 5, 10, 20회)를 변화시켜 세탁 후, 세탁내구성을 측정하였다.

#### 6. 물성 측정

AAG처리 및 CAG처리한 면편성물의 물성 중 수분율과 백도, 인장강도는 다음의 방법을 사용하였다. 측정치는 5회 측정의 평균값이다.

##### 1) 수분율

AAG처리 및 CAG 처리시 친수성 모노머 및 키토산 부착에 따른 수분율의 증가 정도를 확인하기 위하여 KS K 0220에 준하여 측정하였다.

##### 2) 백도

AAG처리 및 CAG처리시 나타나는 황변의 정도를 확인하기 위하여 ISO 105-J02에 준하여 측정하였다.

##### 3) 인장강도

AAG처리 및 CAG처리시 섬유 손상정도를 확인

하기 위하여 KS K 0520에 준하여 측정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 키토산의 탈아세틸화도 및 점도

키토산의 항균기능은 양이온화된 아미노기의 효과에 의해 발휘되는 것으로 항균 방취성에 있어 우수한 효과를 나타내기 위해서는 키토산의 탈아세틸화도가 70% 이상이 되면 균감소율이 거의 100%에 달한다고 보고된 바 있다(박병기 외, 1998).

본 연구에서 사용된 키토산의 탈아세틸화도를 측정 한 결과, 약 80%로 나타났다. 따라서 본 연구에서 사용된 키토산은 항균능력이 우수할 것으로 생각된다. 이를 확인하기 위하여 키토산 자체에 대한 Hallo test를 Fig. 1에 나타내었다. 무균지대가 13mm로 선명하게 나타난 것으로 우수한 항균효과를 확인할 수 있었다.

Table 2는 농도에 따른 키토산의 점도를 측정 한 결과로 키토산의 농도가 증가함에 따라 점도도 증가하였다.

#### 2. 키토산 농도에 따른 그래프트 율의 변화

Fig. 2는 키토산 농도에 따른 그래프트 율의 변화를 나타낸 것으로 키토산의 농도가 증가함에 따라 그래

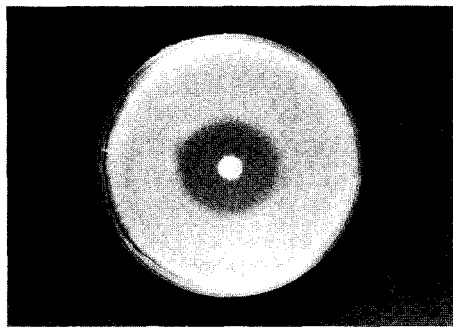


Fig. 1. Antimicrobial activity of chitosan.

Table 2. Degree of deacetylation & viscosity

Conc. of Chitosan(%)	Degree of deacetylation(%)	viscosity(cps)
0.10	80	9.84
0.25		11.40
0.50		14.60
0.75		16.65

프트 율은 감소하는 경향으로 나타났다.

이는 AAG 처리시, 반응조의 AA농도를 일정하게 고정시켰으므로 키토산의 농도가 증가되면 NH<sub>2</sub>기가 상대적으로 많아져 면편성물과 AA 및 키토산의 결합반응을 저해했기 때문으로 생각된다. 이와 같은 결과는 키토산의 농도를 고정시키고 AA 그래프트 중합시 AA 농도가 증가함에 따라 그래프트 율이 증가한다는 선행연구(김용범 외, 1998)로 추론할 수 있다.

#### 3. FT-IR 분석

Fig. 3은 미처리, AAG 및 CAG 처리한 면편성물의 FT-IR 스펙트럼으로 AA와 키토산의 중합 여부를 확인한 결과이다.

AAG 처리시 미처리에서 나타나지 않는 COOH의 C=O 신축진동에 의한 흡수띠가 1715cm<sup>-1</sup>부근에서,

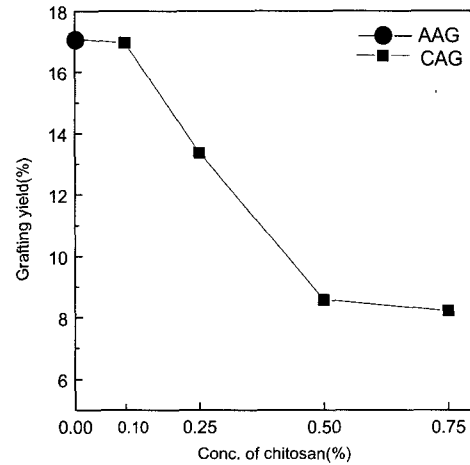


Fig. 2. Variaton of grafting yield on the conc. of chitosan.

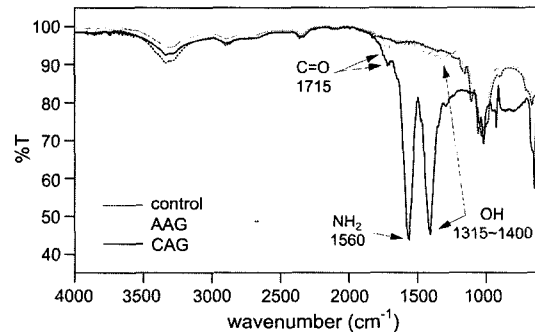


Fig. 3. FT-IR spectra of untreated, AAG and CAG.

COOH의 OH 변각진동에 의한 흡수띠가 1315~1400  $\text{cm}^{-1}$ 에서 나타났으며, CAG 처리시 키토산의  $\text{NH}_2$ 가 1560 $\text{cm}^{-1}$  부근에서 나타나, 키토산 첨가 그래프트 중합시 AA의 COOH기와 키토산의  $\text{NH}_2$ 기가 모두 도입되어 있음을 확인할 수 있다.

#### 4. 표면형태 관찰

Fig. 4는 미처리, AAG 및 키토산 농도에 따른 CAG 처리시 면편성물의 표면형태를 주사전자현미경으로 관찰한 것이다

AAG 처리는 AA가 표면에 그래프트되어 거칠게 부착되어 있는 반면, CAG 처리에는 전체적으로 표면이 균일한 막으로 부착되어 있는 것으로 나타났다. 이는 나일론에 키토산을 첨가하여 아크릴산 그래프트 중합한 선행연구(김수미, 송화순, 2000)와 같은 결과로, 키토산 농도가 증가할수록 그래프트율이 감소하므로 면섬유 표면을 둘러싸는 막의 두께가 얇아졌기 때문으로 생각된다.

#### 5. 항균성

Fig. 5는 키토산 농도에 따른 CAG 처리시의 항균성을 나타낸 것이다.

키토산 농도 0.1%에서는 99.9%, 0.25%에서는 98.6

%로 우수하였다. 그러나 키토산의 농도가 0.5% 이상에서는 균감소율이 크게 감소하였다. 이는 키토산의 농도를 고정시키고 AA의 농도를 증가시켜 AAG 처리시, AA의 농도가 증가함에 따라 그래프트율이 증가한다는 선행 연구(김용범 외, 1988)와 관련하여 볼 때 키토산의 농도가 증가되면  $\text{NH}_2$ 기가 많아져 키토산의 결합을 방해했기 때문이라 생각된다. 따라서 중합시 키토산 농도 0.10~0.25% 첨가로 우수한 항균성능을 부여할 수 있을 것으로 생각된다.

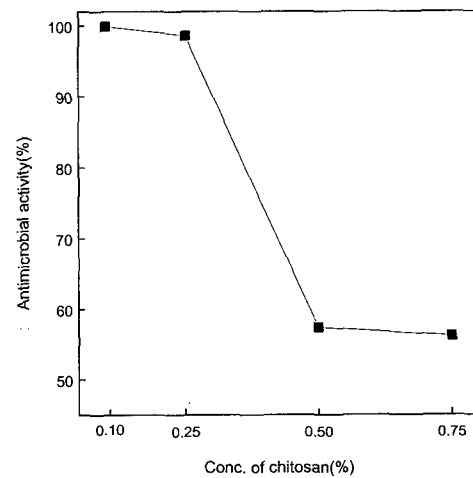


Fig. 5. Variator of antimicrobial activity on the conc. of chitosan.

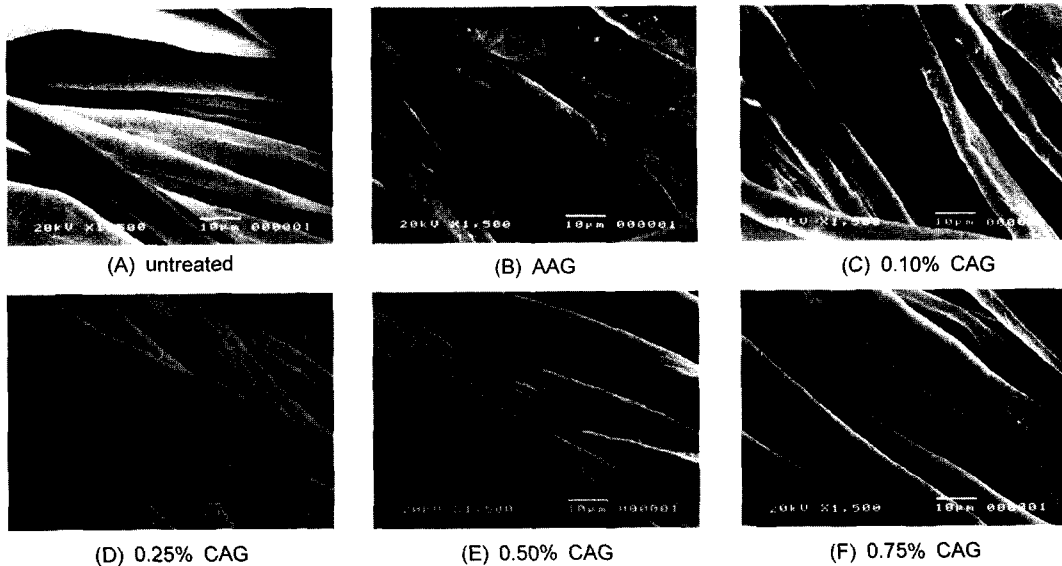


Fig. 4. Variation of fiber surface on the conc. of chitosan.

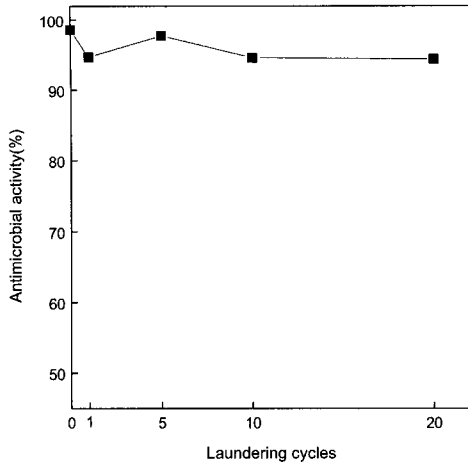


Fig. 6. Variaton of laundeing cycles on antimicrobial activity(conc. of 0.25% chitosan).

Fig. 6은 키토산 농도 0.25% CAG 처리 후, 세탁 횟수에 따른 항균성을 나타낸 것으로 20회 세탁에서도 94.41%의 우수한 항균성을 나타내고 있다. 이는 키토산을 pad-dry-cure법으로 처리시(김수미, 송화순, 2000) 10회 세탁에서 약 50% 정도의 항균성을 나타낸 것과 비교할 때, CAG 처리에 의해 면섬유에 AA와 키토산이 동시에 그래프트됨으로 세탁내구성이 향상된 것이다. 따라서 키토산의 pad-dry-cure법에 의한 처리시 세탁에 의해 쉽게 섬유로부터 키토산이 탈리되는 단점을 보완할 수 있으리라 생각된다.

6. 소취성

Fig. 7은 가스검지관법에 의한 소취율을 나타낸 것으로 30분 경과시 미처리는 약 40%, AAG 및 키토산 농도에 따른 CAG 처리시 모두 99% 이상으로 매우 우수하게 나타났다.

이는 면편성물에 AA의 COOH기가 도입되어 키토산의 NH<sub>2</sub>기와 서로 반응함과 동시에 CAG 처리시 Na염화에 의해 키토산이 금속염화(최창남, 홍성학, 1996)되어 소취성능이 향상된 것으로 생각된다. 또한 AAG 처리시에도 우수한 소취성능을 나타내고 있는데 이는 아크릴산을 화학반응으로 결합시킨 섬유는 악취를 흡착, 흡착된 냄새를 미량씩 방산 시킨다는 보고(林田隆夫, 1997)와 일치하는 것이다.

Fig. 8은 키토산 농도 0.25% CAG 처리 후, 세탁횟수에 따른 소취성을 나타낸 것이다. 20회 세탁 후에

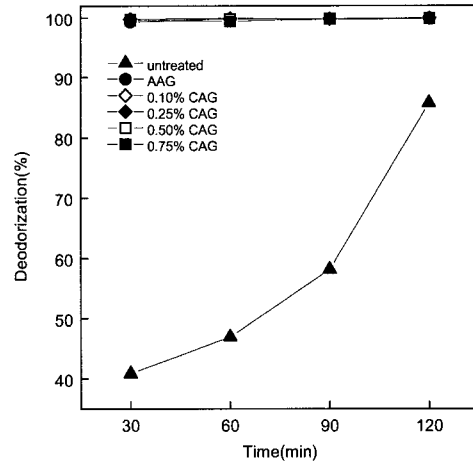


Fig. 7. Variaton of deodorization rate on the conc. of chitosan.

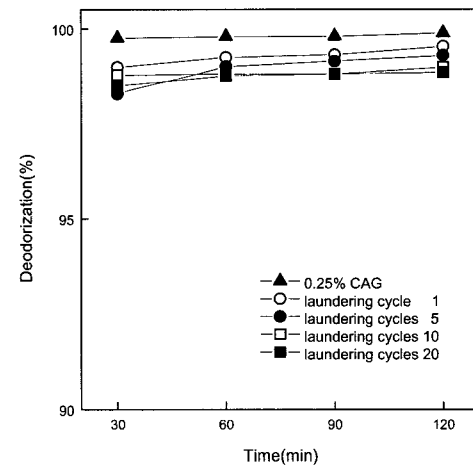


Fig. 8. Variation of deodorization rate on the laundering cycles. (conc. of 0.25% chitosan).

도 98.5% 이상으로 세탁 전과 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 CAG 처리시 면섬유에 키토산이 중합에 의해 내부고착되어 세탁내구성이 향상된 것으로 생각된다.

7. 수분율

Fig. 9는 미처리, AAG 및 키토산 농도에 따른 CAG 처리시 수분율을 나타낸 것이다.

Fig. 9에서 AAG 처리시 미처리보다 수분율이 증가하는 것은 AAG 처리에 의해 면편성물에 AA의 CO-

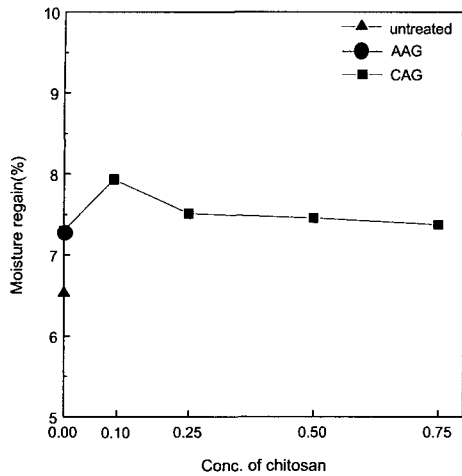


Fig. 9. Variaton of moisture regain on the conc. of chitosan.

OH기가 도입되면서 수화열이 증가하여, 수분율이 높아졌기 때문이며, AAG 처리시 그래프트율은 가장 높으나, 수분율은 CAG 처리시가 AAG 처리시 보다 향상되었다.

이는 CAG 처리시에는 수화열이 높은 키토산의 NH<sub>2</sub>기와 AA의 COOH기가 모두 도입되어 수분율을 크게 향상시킨 것으로 생각된다. 선행연구(Watt 외, 1959)에 의하면 아미노기, 카르복시기, 수산기의 수화열은 각각 16.8, 7.4, 5.7kcal/mol로 이미 보고된 바 있으며, 아미노기가 높은 친수성을 부여한다고 알려져 있다. 따라서 키토산은 셀룰로오스 C<sub>2</sub> 위치에 수산기가 아미노기로 치환된 구조를 갖고 있기 때문에 수분율은 아미노기의 존재로 인하여 높은 흡습력을 지닌 셀룰로오스보다 오히려 흡습량이 많다고 알려져 있다. 따라서 키토산을 그래프트 중합함으로써 pad-dry-cure법으로 처리시 가교제 첨가에 따른 수분율의 저하라는 문제점을 개선할 수 있으리라 생각된다.

8. 백도

Fig. 10은 미처리, AAG 및 키토산 농도에 따른 CAG 처리시 면편성물의 백도를 나타낸 것으로 AAG 및 키토산 농도 0.1%에서 93%로 백도가 저하되었으나, 키토산 농도가 0.25% 이상에서는 거의 차이가 없이 97% 이상으로 백도가 높게 나타났다.

이는 AAG 및 CAG 처리시 중합계시제로 사용된

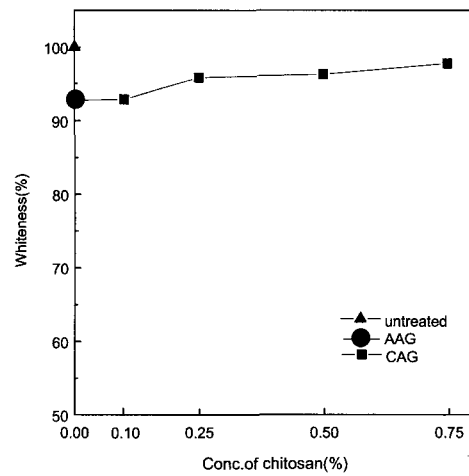


Fig. 10. Variaton of whiteness on the conc. of chitosan.

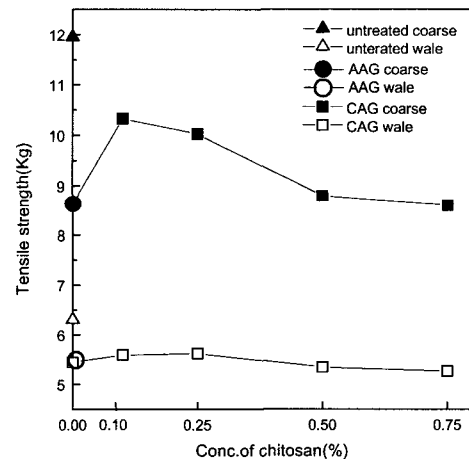


Fig. 11. Variaton of tensile strength on the conc. of chitosan.

CAN에 의해 영향을 받은 것이라 생각되며, 키토산의 농도가 증가함에 따라 그래프트율이 감소하므로 백도는 증진되는 것으로 생각된다.

9. 인장강도

Fig. 11는 미처리, AAG 및 키토산 농도에 따른 CAG 처리시 인장강도를 나타낸 것으로 코스와 웨일 모두 미처리보다 다소 감소하였으나 AAG 처리시보다는 CAG 처리시 그 감소폭이 적음을 확인할 수 있다.

이는 셀룰로오스가 AAG 처리시 중합반응 과정에서 개시제로 쓰인 CAN의 산화작용에 의해 섬유가 손상된 것으로 중합반응 과정에 키토산을 첨가하면 인장강도가 다소 증가하는 것으로 나타나 키토산 처리에 의해 강도가 증가된다는 보고(박병기 외, 1998)와 일치하는 것을 확인할 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 연구는 면편성물에 그래프트 중합시 친수성 모노머 및 키토산을 첨가하여 항균·소취성능의 내구성 및 물성을 비교한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

키토산 첨가 그래프트 중합시 키토산의 농도가 증가함에 따라 그래프트율이 감소하는 것으로 나타났으며, FT-IR을 통해 키토산 첨가 그래프트 중합시 면편성물에 아크릴산의 COOH기와 키토산의 NH<sub>2</sub>기가 도입되어 있음을 확인할 수 있었다.

표면형태는 AAG 처리시 거친 표면을 나타내고 있으나, CAG 처리시 전체적으로 섬유표면에 균일한 막을 형성하였다.

항균성은 키토산 농도 0.1%, 0.25%에서는 98% 이상으로 우수하였으나 0.5% 이상에서는 크게 감소하여 중합시 키토산의 농도는 0.1~0.25% 첨가가 바람직 할 것이다. 한편, 키토산 농도 0.25% CAG 처리 후, 20회 세탁에서도 94% 이상으로 내세탁성이 우수하였다.

소취성은 AAG 및 CAG 처리시 모두 99% 이상으로 우수하였고, 키토산 농도 0.25% CAG 처리 후, 20회 세탁에서도 98% 이상으로 우수하였다.

수분율은 CAG 처리가 AAG 처리시보다 향상되었고, 백도는 키토산 농도 0.25%에서 95.85%로 높게

나타났다.

인장강도는 미처리에 비해 AAG 및 CAG 처리시 모두 감소하였으나, AAG 처리보다 CAG 처리시 키토산의 첨가로 향상되었다.

따라서 키토산을 그래프트 중합시킴으로써 기존의 pad-dry-cure 처리시의 내세탁성 저하의 문제점을 보완할 수 있으리라 생각한다.

#### 참고문헌

- 조유신. (1991). *Chitosan에 대한 아크릴산 및 아크릴아미드의 그래프트 공중합과 그의 응집효과 시험*. 서울산업대학교 환경공학과 대학원 석사학위 논문.
- 권동건, 강두환, 김원기. (1996). Chitosan-g-poly(vinyl alcohol) 공중합체를 이용한 약물방출 조절. *Polymer(Korea)*, 20(4), 675-681.
- 김공수, 조석형, 전용철, 신재섭, 김경호, 임정수. (1990). Chitosan-g-poly(2-Hydroxy-ethyl Methacrylate) 그래프트 공중합체 막의 생체적합성. *Polymer(Korea)*, 14(4), 385-391.
- 抗菌のすべて. (1997). 繊維社.
- 박병기, 이방원, 김환철, 김학용, 脇田登美司. (1998). 자동차 내장용 PET 직물의 복합기능화 가공. *한국섬유공학회지*, 35(8), 506-514.
- 김용범, 정병욱, 김공수, 강용식, 김경호. (1998). Ceric Ammonium Nitrate 개시제를 사용한 Chitosan에 대한 아크릴산의 그래프트 공중합. *Polymer(Korea)*, 12(8), 678-685.
- 김수미, 송화순. (2000). 아크릴산 그래프트 Nylon 6의 항균성 및 물성. *한국의류학회지*, 24(5), 686-695.
- 최창남, 홍성학. (1996). 소취기능의 원리와 섬유에의 응용. *한국섬유공학회지*, 33(12), 1164-1171.
- 林田隆夫. (1997). よくわかる 新繊維のはなし. 日本實業出版社. 169-170.
- Watt, I. C., Kenett, K. H., & James, J. F. P. (1959). The dry weight of Wool. *Text. Res. Journal*. 29, 975-981.