

제조 방법이 다른 은 콜로이드 용액 처리 직물의 항균효과

정혜원[†] · 김보연 · 양희주

인하대학교 의류디자인학과

Antimicrobial Activity of Fabrics Treated with Colloidal Silver Solutions Made by Electrolysis and Reduction.

Haewon Chung[†] · Boyeon Kim · Heeju Yang

Dept. of Fashion Design & Textiles, Inha University

(2004. 11. 22. 접수)

Abstract

In recent years, greatly increased incidences of diseases made people more concerned about their hygienic environment. Since clothes are the closest environment to man, many methods have been proposed to impart antimicrobial properties to the textiles. Benefits associated with incorporating antimicrobial properties in textiles include protection to the wearer from microbiological attack, and prevention of odor from perspiration. Silver has been known to kill 650 different disease organisms, however, nano-sized silver particles are known as skin friendly and does not cause skin irritation. In this study, we have examined the antimicrobial effects of cotton or polyester fabric, on which nano-sized silver particles were treated. Colloidal silver solution made by electrolysis of 99.9% silver stick was more effective than that by reduction of AgNO₃. 0.7% concentration of colloidal silver solution by electrolysis is helpful to give reduction of 99.9% S. aureus and K. pneumoniae on a cotton fabric without the decrease of whiteness. Since the structures of fiber and fabric effect on their antimicrobial property, PET filament fabric didn't have sufficient antimicrobial property. The fabrics treated with up to 5% colloidal silver solution didn't have the property of antistatic and electromagnetic shield.

Key words: Colloidal silver, Antimicrobial activity, Electrolysis, Reduction of AgNO₃; 은콜로이드, 항균성, 전기분해, 질산은 환원

I. 서 론

의복은 착용 과정 중에 인체로부터 땀, 피지, 피부 탈락물, 분비물, 배설물에 의해 오염되며, 외부로부터는 공기 중의 매염과 먼지, 생활환경에 따른 식품, 화장품, 문방구 등과 미생물에 의해서 오염된다. 미생물은 광의로 원생동물류(protozoa), 조류(algae), 곰팡이, 효모 등의 진핵생물과 세균, 방선균 등의 원핵생물을

의미하나 협의로는 균류(bacteria), 진균류(fungi), 바이러스(virus)가 포함된다(김종오 외, 1998). 균류는 의류에서도 영양을 섭취하며 번식하고 있으므로, 섬유상에 부착된 많은 균은 경우에 따라서는 저항력이 약한 노인이나 어린이에게 질환을 유발할 수도 있다. 또한 섬유제품에 균이 서식하면 섬유가 미생물에 의해 가수분해되어 취화가 촉진 될 뿐 아니라, 섬유에 부착되어 있는 가공물 또는 오염물에 의해 균이 더욱 빨리 증식되어 섬유는 변색되며 악취도 발생하게 된다.

섬유류에 항균성을 부여한 유래는 천연식물을 이용하여 미라를 감는 포를 처리한 기원 전 4000년 이전으로 거슬러 올라가게 된다. 그러나 항균제를 사용하여

[†]Corresponding author

E-mail: hwchung@inha.ac.kr

이 연구는 2003학년도 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음(INHA-30182)

섬유에 항균성을 부여한 것은 세계대전 중 군인의 부상 시 2차 감염을 줄이기 위하여 군복에 제4급 암모늄염을 처리한 것이 시효라 할 수 있다. 섬유에 처리하는 항균제로는 무기계인 은(銀) 및 구리 등의 금속염, 제4급 암모늄 염 또는 구아니딘 등의 유기화합물과 천연물에서 추출한 키토산 등이 있다(이승용, 1997; 홍성학 외, 1998). 한편 섬유에 처리하는 항균제가 갖추어야 할 조건은 인체에 대해서는 독성이 없으면서 미생물의 증식을 억제하여야 하며, 처리한 폐수 용액은 환경에 영향을 미치지 않고, 섬유의 물성에 좋지 않은 영향을 끼치지 말아야 한다(Vigo, 1991). 섬유에 항균제를 처리하는 방법은 인조섬유 제조 시 방사원액에 항균제를 혼합하여 방사하거나, 후 처리 가공법이 이용되어져 왔다.

은(銀)은 옛날부터 장신구, 식기에 사용될 뿐 아니라 식품에도 첨가될 수 있는 항균성을 가진 물질로 알려져 있는데, 은 이온이 항균효과를 나타내는 기구는 세포의 전자 전달계에 장애를 일으키거나, DNA와 결합, 세포막과의 상호작용, 세포를 이루는 단백질에 결합하는 물질이 은 이온과 쉽게 결합하거나, 중금속과 같이 산화력에 의한 단백질 및 핵산의 불활성화로 추정하고 있다(김현진, 이승철, 1998). 은(銀)은 금속 중에서 미량의 사용으로도 항균성이 우수하나 독성은 인체에 미치는 영향이 거의 없는 것으로 알려져 있다(高野, 横山, 1990; Simpson, 2003). 그리하여 최근에는 은(銀)입자를 의복, 침대 매트 등의 제품들에 적용되고 있는데, 이는 나노 은 입자를 합성섬유의 방사 전에 혼합하여 섬유를 제조하는 방법 또는 폴리에스테르 필름에 은을 증착하고 여기에 다시 폴리에스테르 필름을 접착시킨 것을 가늘게 자른 실을 사용한 것이다. 그러나 이와 같은 방법은 인조섬유에만 가능하며, 후 가공 처리 시에도 내구성을 위해서는 은 입자를 코팅하면 표면에 노출되는 은 농도는 극히 일부에 지나지 않는다. PP섬유에 은 입자를 첨가하여 방사하는 방법을 달리한 연구(여상영 외, 2001)에 따르면 섬유무게 3%의 은 입자를 첨가하여 sheath-core 형태로 복합방사하였을 때에 core부분에 은이 함유되면 항균성을 나타내지 않으며, sheath부분에 은 입자가 첨가되면 99.8-99.9%의 항균성을 보임을 보고하였으며, 이은지 외(2001)도 면직물에 은 입자 처리 시에도 흡진법보다 패딩법이 효과가 있음을 보고하고 있으므로, 항균성은 섬유 표면의 은 입자가 작용하는 것으로 증명된다. 은 입자의 효용성을 높이기 위하여 은 입자를 표면에 노출시킬 수 있는 방법 중

가장 경제적이며 손쉬운 것은 우리가 세탁 시 유연제를 처리하는 것과 마찬가지로 항균성이 필요한 제품과 필요한 경우에만 은 콜로이드 용액으로 직물을 처리하는 방법을 생각할 수 있다. 한편 이와 같은 은 용액 처리방법은 세탁 또는 마찰 등의 내구성이 우수하지 않을 것으로 예상되나, 천연 섬유에도 적용할 수 있는 장점을 가진다. 세탁기에 부착할 수 있도록 은 칸막이가 있는 수조에서 제조된 은 용액으로 처리한 직물의 항균성에 관한 연구(정혜원, 김현숙, 2004)가 보고되어 있으나, 최근 은 용액에 대한 관심이 크게 높아져서 순은 막대를 사용하여 전기 분해법으로 은 용액을 직접 제조하거나 질산은을 환원하여 제조한 은 용액을 손쉽게 구할 수 있는 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 이와 같은 두 가지 방법으로 생성한 은 콜로이드 수용액을 사용하여 면직물과 폴리에스테르 직물에 항균성을 부여할 수 있는 조건을 제시하고자 실험하였다. 또한 은 입자는 공기 중의 황화물 등에 의해 변색되므로 직물이 항균성을 갖도록 처리한 조건에서 직물의 백도변화도 조사하였으며, 이와 더불어 금속인 은 입자 처리 시 전자 차폐성과 폴리에스테르 직물의 대전성에 대한 효과여부도 조사하였다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

1) 시료

시료로는 면직물과 폴리에스테르 스테이플 직물, 폴리에스테르 필라멘트 직물을 사용하였다. 면직물로는 염색견뢰도 시험용 백면포(KS K 0905 규정, 한국의류시험연구원)를 10%(o.w.f) 탄산나트륨용액으로 정련하고, 시판하는 하이포아염소산나트륨 표백제를 30배 희석하여 상온에서 30분간 표백한 후 티오황산나트륨 1%용액으로 처리하였다. 폴리에스테르 필라멘트 직물은 염색견뢰도 시험용 백 폴리에스테르포(KS K 0905 규정, 한국의류시험연구원)를, 폴리에스테르 스테이플 직물로는 백 폴리에스테르포(Dacron type 54, Test fabrics No. 777)를 사용하여 70°C에서 0.2% 중성세제 용액으로 1시간 처리 후 수세하여 건조하여 5×10cm의 크기로 잘라 사용하였다.

2) 콜로이드 은 용액

콜로이드 은 용액은 99.9%의 순은 막대를 25°C의

수돗물 중에서 일정 시간동안 전류를 통하여 전기분해에 의해 생성(이하 전기분해법으로 명명)하거나, 질산은 용액을 환원하여 제조한 50,000ppm의 은 용액(이하 환원법으로 명명)을 Nano Enc.(Korea)로부터 제공 받았다. 환원법으로 제조하였을 때에 순수한 은 입자의 크기는 약 8nm(TEM측정)이며, 응집방지제로 인하여 수화되었을 때의 입자의 크기는 약 30nm (Dynamic light scattering 측정) 정도이다. 전기분해와 환원법에 의한 은 용액은 각각 증류수를 가하여 원하는 농도로 희석하여 사용하였다.

3) 시약

항균성 시험용 균주로는 그람양성균인 *Staphylococcus aureus*(ATCC 6538)와 그람음성균의 *Klebsiella pneumoniae*(ATCC 4352)를 사용하였다. 배지로는 Trypton Glucose Extract Agar, Bacto-Peptone, Beef Extract, Bacto Agar(DIFCO Lab.)를 사용하였으며, disodium phosphate 등의 기타 시약은 1급 이상의 시약을 사용하였다. 세탁 시험에는 시판되는 농축세제를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 은 용액의 농도 측정

은 용액의 농도를 측정하기 위하여 silver acetate를 표준물질로 원자흡수 분광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS, AA-Scan1, Thermo Jarrell Ash Co., U.S.A)를 사용하였다. 은 용액 농도를 측정하기 전에는 공전 삼각플라스스크에 은 용액을 넣어 초음파 세척기에서 10분 이상 처리하여 균일한 농도의 은 용액이 되도록 하였다.

2) 은 용액 처리

포에 은 용액 처리는 Terg-o-tometer(Yasuda Seiki)의 비이커에 증류수로 희석한 일정농도의 은 용액 600ml와 5×10cm 크기의 시험포를 4매 씩 넣고 25°C에서 10분간 교반하여 처리한 후 공기 중에서 건조하였다.

3) 은 처리 직물의 항균성 측정

은 처리 포의 항균성은 KS K 0693에 의하여 실험하였으며, 정균 감소율은 다음 식에 의해 계산하였다.

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

여기서 A=18시간 배양된 시험편에서 재생된 세균 수
B=접촉시간 '0'의 시험편에서 재생된 세균 수

4) 직물의 반사율 및 백도 측정

시험포의 반사율은 색차계(Color-Eye 2180, Macbeth, USA)로 광원 D65, 시야 10°에서 측정하였으며, 520nm에서의 반사율, Gantz 백도 지수를 조사 비교하였다. 백도(whiteness index)지수의 계산은 다음 식과 같다.

$$W_{ICIE} = Y - 800(x_n - x) - 1700(y_n - y)$$

여기서 Y는 3자극치이며, x, y는 광원과 시야에 따른 색도 계수이다.

5) 세척

세척 시에는 Terg-o-tometer에서 시판세제를 사용한 0.07% 세액으로 온도 25°C에서 10분간 세탁하고 2분 간 2회 행군 후 자연 건조 하였다.

6) SEM 측정

은 콜로이드 용액으로 처리한 섬유에 은 입자의 부착 형태를 확인하기 위하여, 시료를 백금으로 코팅한 후 주사전자현미경(S-4300, Hitach)으로 관측하였다. 이 때 가속전압은 5kV이었다.

7) 전자 차폐성

포에 은 용액을 처리 시 전기 전도성을 가지는 은 입자가 포의 표면에 부착하게 되므로, 이로 인한 전자차폐성의 변화를 알아보기 위하여 전자 차폐성을 ASTM D 4395-99에 의해 <Fig. 1>과 같이 제작된 기구로 측정하였다.

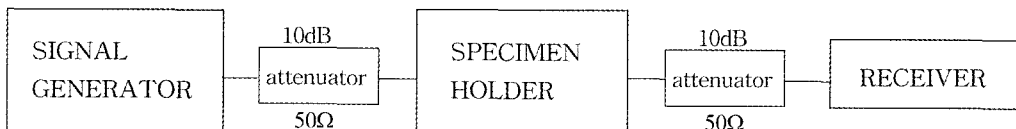


Fig. 1. Test Equipment Setup

8) 대전성

은 용액으로 처리 전, 후의 폴리에스테르 필라멘트 직물의 대전성을 KS K 0555-2000 B법으로 면포와 모포를 표준포로 사용하여 마찰대전압을 측정하였다. 환경조건은 온도 20±2°C, 습도 40±2%이었으며, 회전드럼의 회전 속도는 400rpm이었다.

III. 결과 및 고찰

1. 항균성

면직물, 폴리에스테르 스테이플 직물과 폴리에스테

르 필라멘트 직물에 은용액의 농도를 달리하여 처리하였을 때에 박테리아의 항균성은 <Fig. 2>, <Fig. 3>과 같다. <Fig. 2>는 그람양성균인 *S. aureus*(ATCC 6538)를 사용하였으며, <Fig. 3>은 그람음성균인 *K. pneumoniae*(ATCC 4352)를 사용하였을 때의 결과이다. 또한 각각의 (a)는 전기분해법으로 생성한 은 콜로이드 용액으로 직물을 처리하였을 때의 결과이다. 은 콜로이드 용액에서 직물을 처리하면 섬유표면에 부착한 입자가 균과 접촉하였을 때에 항균작용을 나타내게 된다. 면직물은 폴리에스테르 직물보다 항균효과가 크게 나타나는데 이는 면섬유와 폴리에스테르섬유의 외부 구조에 기인하는 것으로 보인다. 즉 폴리에스테

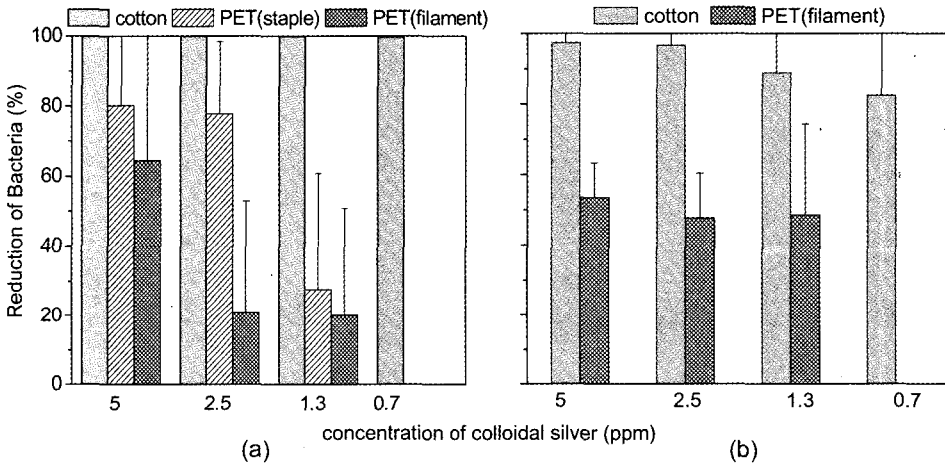


Fig. 2. Reduction rate of *S. aureus* on the fabrics treated with colloidal silver solutions, which were made by electrolysis(a) and by reduction (b).

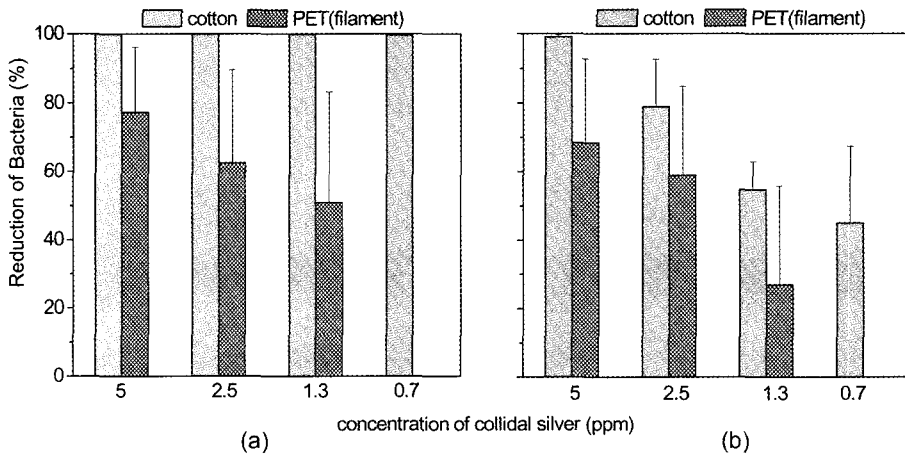


Fig. 3. Reduction rate of *K. pneumoniae* on the fabrics treated with colloidal silver solutions, which were made by electrolysis(a) and by reduction (b).

르 필라멘트섬유의 매끈한 표면에 비하여 면섬유는 천연꼬임을 가지며 구부러진 단면으로 굴곡이 많다. 또한 면섬유는 스테이플 섬유이므로 필라멘트 섬유에 비하여 실에서 많은 요철을 가지고 있다. 그리하여 면섬유는 폴리에스테르 필라멘트 섬유에 비하여 표면에 은 입자가 부착할 수 있는 장소가 많게 되어 항균성이 더 우수하게 된 것으로 보인다. 또한 폴리에스테르 스테이플 직물이 폴리에스테르필라멘트 직물보다 항균성이 우수하게 나타나는 것<Fig. 2(a)>도 실을 이루는 구조의 차이에 기인하는 것으로 여겨진다. 전기분해법으로 제조한 은 콜로이드 용액을 면직물을 처리하면 *S. aureus*균에서는 은 농도가 2.5ppm 이상에서는 99.99%, 1.3ppm은 99.9±0.2%, 0.7ppm은 99.6±0.2%의 항균성을 나타내고 있다. 본 실험에서 AAS방법으로 은 용액 농도를 측정할 때의 오차의 범위는 ±0.1%로, 은 용액의 농도를 0.7ppm보다 낮은 농도를 측정하기는 어려웠다. 환원법으로 제조한 은 콜로이드용액은 농도 5ppm에서 97.5±2.6%, 2.5ppm에서는 96.8±5.0%의 균 감소율을 나타내었다. 항균 가공 직물에서 항균성의 인증기준이 규정되어있지는 않으나 일반적으로 원포에서 95%이상, 세탁 시에는 90%이상의 균이 제거될 때 인증되는 것으로 알려져 있다. 그러므로 환원법으로 제조한 은 용액으로는 2.5ppm이상의 농도로 면직물을 처리하였을 때에 항균성을 나타낸다고 할 수 있다. 폴리에스테르 섬유는 필라멘트 또는 스테이플 섬유 모두 5ppm농도의 은 용액으로 처리하였을 때에 95%이상의 항균성을 나

타내지 못하였다.

<Fig. 3>의 *K. pneumoniae*균을 접종하였을 경우에도 전기분해에 의해 제조한 은 용액으로 면직물을 처리하였을 경우에는 항균효과가 매우 우수하여 은 농도 2.5ppm이상에서는 99.99%이상, 1.3ppm은 99.9±0.2%, 0.7ppm은 99.6±0.8%의 항균성을 나타내었다. 환원법으로 제조한 은 콜로이드용액으로 처리 시에는 은 용액 농도 5%에서만 99.1±0.5%의 균 감소율로 95%이상이 제거되었다. 이은지 외(2001)는 면직물에 환원법으로 제조한 나노 은 용액을 100% wet-pick-up으로 패딩 후 건조, 열처리와 수세과정을 거친 항균가공에서 *S. aureus*에서는 100ppm이상, *K. pneumoniae*는 25ppm이상의 농도에서 99.9%의 항균성을 나타내었음을 보고하고 있다. 그러므로 본 연구 방법은 면직물에서 매우 낮은 농도로 효과적으로 처리할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

균의 종류에 따른 차이는 전기분해에 의한 은 용액으로 면직물을 처리하였을 때의 항균성은 *S. aureus*와 *K. pneumoniae*에서 차이가 없었으나, 환원법에서는 *S. aureus*가 *K. pneumoniae*보다 우수하였다. 한편 폴리에스테르 직물에서는 항균효과가 없으므로 비교하는 것은 별 의미가 없는 것으로 생각된다. 동일한 균을 사용한 연구의 결과를 살펴보면, 이은지 외(2001년)의 연구에서는 면직물에 나노 은 처리 시 *S. aureus*보다 *K. pneumoniae*의 균 감소율이 더 좋았으나, 폴리에스테르 부직포를 사용한 이준주, 정성훈(2001년)의 연구에서는 *S. aureus*가 *K. pneumoniae*보다 균 감소율

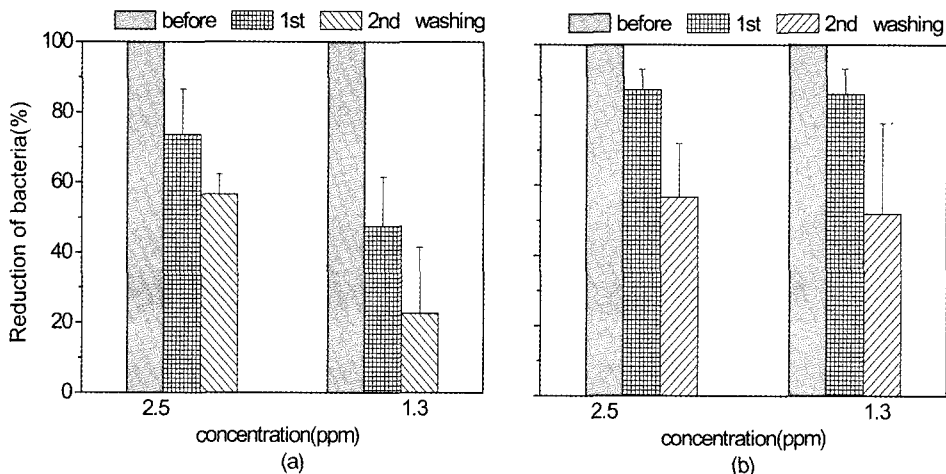


Fig. 4. Reduction rate of *S. aureus*(a) and *K. pneumoniae*(b) on the fabrics treated with colloidal silver solutions which were made by electrolysis, and followed by washing

이 더 우수하였으며, Cu와 Zn의 염으로 항균 가공한 섬유소재 포를 연구한 Nakashima 외(2001)은 *S. aureus* 가 *K. pneumoniae*에 비하여 항균효과가 좋았다고 보고하고 있으므로, *S. aureus*와 *K. pneumoniae*의 항균성은 항균제 및 기질 등에 영향을 받는 것으로 추론할 수 있다.

전기분해법으로 은 용액을 생성하여 면직물에 은 처리한 후 일반 세제로 Terg-o-tometer에서 세탁하였을 때의 항균성을 측정된 결과는 <Fig. 4>와 같다. 면직물에서 *S. aureus*와 *K. pneumoniae*는 모두 1회 세척 후에 항균성이 크게 떨어져서 각각 74%와 87%의 항균성을 나타내었으나 항균성을 가진다고 하기에는 미흡하다. 환원법으로 생성한 은 용액을 면직물에 처리하고 1회 세탁하였을 때의 *S. aureus*에 대한 항균성은 2.5ppm의 용액은 59%, 1.3ppm은 34%이었으며, *K. pneumoniae*는 2.5ppm의 용액은 27%의 균 감소율을 나타냈으며, 1.3ppm에서는 균 감소율이 나타나지 않았다. 그러므로 콜로이드 은 용액으로 면직물을 10

분 처리하는 방법에 의해서는 은 입자가 물리적인 힘에 의해 부착되어있으므로, 세탁과정에서 부착된 은 입자가 제거되고, 세탁 후 유연제를 매번 처리하는 것과 마찬가지로 은 입자도 세탁에 의해 제거되어 세탁 후에는 항균효과가 떨어지므로 항균성이 요구될 때마다 처리하는 것이 필요하다.

2. 직물의 백도

은 입자는 공기 중 또는 용액 중의 황 화합물 등의 영향으로 짙은 색을 띠게 되므로, 직물에 은 용액을 처리하였을 때 은 용액 처리 전과 비교한 반사율의 변화를 확인하기 위하여 농도 5ppm의 은 콜로이드 용액으로 처리한 반사율 곡선은 <Fig. 5>와 같다.

면직물에 5ppm은 용액으로 처리하면 처리 전과 비교하여, 은 용액 제조방법에 관계없이 전 파장에서 반사율곡선의 형태에 차이가 없을 뿐 아니라 반사율은 감소하지 않고 오히려 약간 증가하는 경향을 보였

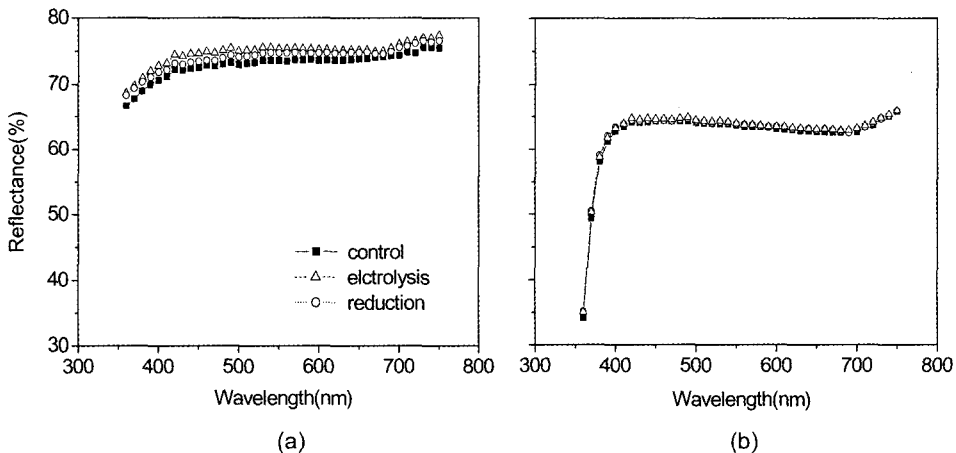


Fig. 5. Reflectance of cotton fabrics(a) and PET fabrics(b) treated with colloidal silver solutions (5ppm)

Table 1. Reflectance and whiteness index of colloidal silver treated fabrics. (standard deviation)

Concentration (ppm)	Reflectance(520nm)				Whiteness index			
	Cotton		PET		Cotton		PET	
	Electrolysis	Reduction	Electrolysis	Reduction	Electrolysis	Reduction	Electrolysis	Reduction
0	73.3	73.3	63.9	63.9	69.9	69.9	66.3	66.3
0.7	74.1(0.6)	74.7(0.5)	63.4(0.4)	63.9(0.4)	71.8(1.1)	72.2(0.6)	66.2(0.8)	66.6(0.4)
1.3	74.9(0.3)	74.0(0.2)	63.8(0.5)	63.5(0.3)	73.2(0.2)	71.3(0.6)	66.5(0.4)	66.3(0.5)
2.5	74.8(0.4)	74.0(0.4)	63.3(0.5)	63.6(0.4)	72.8(1.0)	70.9(0.6)	65.7(0.7)	66.1(0.5)
5.0	74.9(0.6)	74.2(0.5)	63.7(0.6)	63.9(0.4)	72.4(0.7)	69.7(1.0)	66.4(0.5)	66.1(0.3)

다. 그 원인은 확인되지 않았으나 초음파 세척기로 균일하게 분산시킨 매우 낮은 농도의 은 용액을 액비가 큰 조건에서 처리하므로 물세탁효과와 함께 광택이 있는 은 입자가 비교적 균일하게 부착되었기 때문인 것으로 추측된다. 환원법으로 제조된 은 용액은 갈색을 띠고 있으므로 전기분해법보다 반사율의 증가가 적은 것으로 보인다.

폴리에스테르직물을 5ppm의 은 용액으로 10분 동안 처리 시에는 반사율의 변화가 거의 없는데 이는 폴리에스테르섬유에 부착한 은 입자의 양이 면직물에 부착된 양 보다 더욱 적기 때문인 것으로 보인다.

농도가 다른 은 용액으로 처리한 직물의 520nm에서의 반사율과 백도지수를 <Table 1>에 나타내었다. 면직물을 농도 5ppm까지의 은 용액으로 처리하면 은 용액 제조방법과 관계없이 반사율 스펙트럼의 결과와 같이 520nm에서의 반사율은 오히려 증가하는 경향을 보였다. 일반적으로 전기분해법에 의한 반사율이 환원법보다 높으나 그 차이는 크지 않다. 백도 지

수도 환원법으로 제조한 5ppm의 은 용액으로 처리하였을 때를 제외하고는 은 용액으로 처리하였을 때는 원포보다 백도가 증가하였다. 그러나 농도가 증가하면 백도는 감소하는 경향을 보이며, 제조방법에 따라서는 전기분해법보다는 환원법으로 제조하였을 때의 백도가 낮은 편이다. 백도는 3자극치를 통하여 계산되는데 $L^*a^*b^*$ 에서 L^* 는 반사율과 같은 비율이므로 a^* 와 b^* 값을 알아본 결과는 <Fig. 6>과 같다. 환원법의 5ppm을 제외하고 5ppm이하의 농도로 처리한 포는 원포보다 푸른색 기미가 많으며 붉은색 기미가 적었는데 이로 인하여 백도가 높게 나온 것으로 생각된다. 은 농도가 높아지면 처리직물은 붉은 기미가 많아지며, 전기분해법보다 환원법으로 생성한 은 용액 처리 직물에서 붉은 기미가 더 많으며, 이로 인하여 백도가 낮게 되었음을 알 수 있다.

3. 전자현미경 사진

은 입자가 섬유에 부착되어있는 상태를 전자현미경으로 관찰한 결과는 <Fig. 7>과 같다. 은 입자의 크기는 nm단위이므로 은 입자의 확인을 위하여서는 높은 배율이 필요하나 처리한 은 농도가 낮아 부착한 은 입자의 수가 극히 적으므로 확인이 어려운 편이다. 또한 섬유에 부착한 은 입자를 정성적으로 확인하기 위해서는 ESCA 등의 관찰이 필요하겠으나 나개의 nm단위의 은 입자가 섬유에 부착되어 확인이 불가능하였으며, 제공된 은 입자 형태의 사진을 기초로 은 입자의 섬유에 부착 상태를 관찰하였다. 면섬유는 형태에 굴곡이 많고, 정련, 표백 등의 과정에서 섬유표면이 쉽게 손상되어 표면에 요철이 더욱 많으며, <Fig. 7(a)>에서 볼 수 있는 바와 같이 면섬유의 굽어진 안쪽에 부착되어있는 것을 볼 수 있다. 이것을 확대하여 관측한

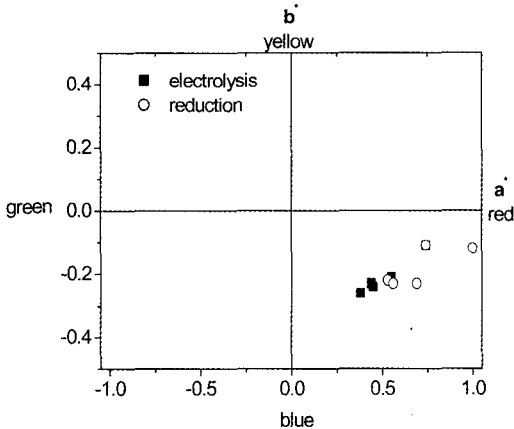


Fig. 6. Color change of colloidal silver treated fabrics.

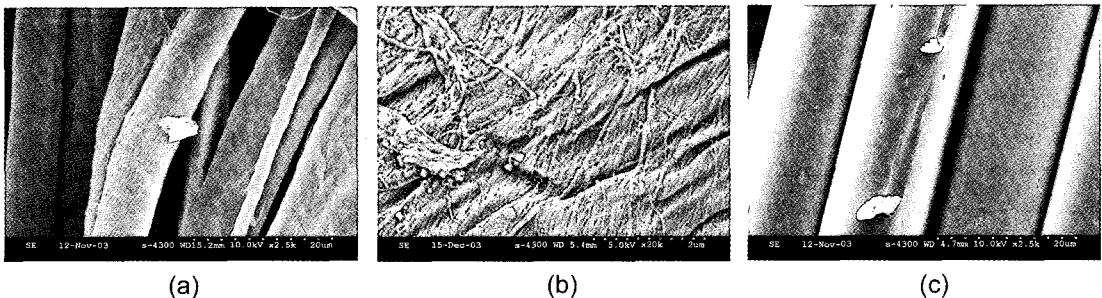


Fig. 7. SEM phographs of colloidal silver(20ppm) treated fabrics (a) cotton($\times 2,500$) (b) cotton($\times 20,000$) (c) polyester($\times 2,500$)

Table 2. Attenuation of cotton fabrics treated with colloidal silver(5ppm)

Frequency (MHz)	Attenuation(%)		Attenuation(db)	
	Electrolysis	Reduction	Electrolysis	Reduction
50	18.8	19.8	1.5	1.6
100	19.8	19.8	1.6	1.6
250	61.8	60.7	4.2	4.1
500	10.0	9.2	0.8	0.8
750	6.0	10.9	0.5	0.9
1000	12.6	-38.8	1.0	-4.3
1250	38.9	26.3	2.9	2.0
1500	17.1	20.2	1.4	1.6

것이 (b)로 섬유와 피브릴사이 또는 틈 사이에 부착되어있는 입자들을 볼 수 있다. 이와 같이 면직물에서는 섬유의 구조 특성으로 부착할 수 있는 은 입자 수가 많아져서 항균성이 좋았으나, 폴리에스테르 필라멘트직물에서는 섬유의 홈 사이에 위치하고 있으나 면섬유에 비하여 구조가 매끈하여 부착하는 입자 수가 적은 것으로 사료되며, SEM 촬영 시 폴리에스테르섬유는 생성되는 정전기로 인하여 고배율에서의 관찰이 불가능하였다.

4. 전자 차폐성

최근 일상생활에서 컴퓨터 핸드폰 등 전자제품을 사용하는 시간이 급증하며 이들 전자제품에서 발생하는 전자기파의 인체에 대한 유해성에 대한 관심이 지극히 고조되고 있는 실정이다. 전자기파의 평면파 반사손실은 소재의 전기적 성질에 의존하는데, 섬유는 부도체이므로 전기 전도도가 큰 금속을 포함하면 전자파 반사손실을 증가할 수 있게 된다. 그리하여 전기 전도도가 큰 은 이온을 면직물에 처리하였을 때 전자 차폐성의 감소 여부를 확인한 결과는 <Table 2>와 같다. 은 처리한 면직물에서 전자파 감쇠비율은 60%에 이르는 주파수 영역도 있으나 4db이내로 차폐효과를 가진다고 할 수 없으며, 폴리에스테르 섬유에서는 전혀 전자 차폐효과가 나타나지 않았다. 그러므로 면직물에서도 물리적 성질이 저하하지 않으며 항균성을 가지는 조건에서 은 용액을 처리하였을 때에는 전자파 차폐효과를 기대하기 어렵다고 할 수 있다.

5. 대전성

폴리에스테르 섬유는 흡습성이 적어 대기가 건조

Table 3. Abrasive electrostatic voltage of polyester fabrics treated with colloidal silver(5ppm)

Abrasive Cloth	Electrostatic voltage(V)		
	Control	Electrolysis	Reduction
Cotton	4,000	4,400	6,000
Wool	6,900	7,100	6,700

하면 정전기가 생겨 착용 시 불편하므로 도전성을 가지는 금속을 포함하면 정전기의 생성이 방지된다. 그러므로 5ppm의 콜로이드 은 용액으로 폴리에스테르 직물을 처리하였을 때 대전성의 감소여부를 측정 한 결과는 <Table 3>과 같다. 5ppm의 은 용액으로 처리한 폴리에스테르 필라멘트 직물은 부착한 은 입자가 적어 항균성을 나타내지 못한 것과 마찬가지로, 대전압이 감소되지 못함을 보여준다. 그러므로 폴리에스테르 섬유와 같이 표면이 매끈한 경우에는 항균성과 함께 대전성의 감소를 기대하기 어려우나 이형 단면 섬유, 감량가공 또는 극세섬유 직물 등에서는 섬유에 굴곡, 요철 또는 작은 틈 간에 은입자가 부착하면 항균성과 대전압도 저하될 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 결 론

99.9%의 순은 막대를 25°C의 수돗물 중에서 일정 시간동안 전기분해법으로 생성하거나, 질산은 용액을 환원하여 제조한 은 콜로이드 용액으로 면직물과 폴리에스테르 직물을 세탁 후 Terg-o-tometer에서 10분간 처리하였을 때에 *Staphylococcus aureus*(ATCC 6538)와 그람음성균인 *Klebsiella pneumoniae*(ATCC 4352)의 항균성과 물리적 성질을 조사하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 면직물은 폴리에스테르 직물보다 항균효과가 좋았는데 이는 섬유 구조 차이에 기인한 것으로 사료된다. 면직물은 전기분해법으로 제조한 은 콜로이드 용액의 농도 0.7ppm에서 99.6%, 1.3ppm이상의 농도에서는 99.9% 항균성을 나타내었으며, 환원법으로 제조한 은 용액은 2.5ppm에서 96.8±5.0%의 균 감소를 나타내었으며, 이는 후 가공법 보다 매우 낮은 농도로 우수한 효과를 나타내었다. 폴리에스테르 직물에서는 두 용액 모두 5ppm이하의 농도에서는 항균성을 나타내지 못하였다.

2. 은 처리 면직물의 세척 후 항균성은 크게 떨어져서, 은 농도 0.7ppm에서 처리 한 면직물을 세척하였을 때에는 74%, 1.3ppm에서는 87%의 항균성을 나타내나, 이와 같은 결과는 항균성을 가진다고 하기에는 미흡하므로, 항균성을 필요로 할 때 마다 은 처리가 요구된다.

3. 은 용액 제조방법에 관계없이 면직물을 5ppm미만의 은 용액으로 처리 시에는 반사율과 백도가 감소하지 않았다. 그러나 색차의 측정에서는 원포보다 a*값이 증가하고, b*값이 감소하는 경향을 나타내었다.

4. 전자현미경으로 관찰시 면섬유의 표면 구조는 매우 불규칙하여 많은 요철 부위에 은 입자가 부착되어 있으나, 폴리에스테르 섬유에서는 홈을 제외하고는 표면이 매끄러워 은 입자가 부착할 만한 자리가 많지 않아 항균성이 떨어지는 것으로 보인다.

5. 은 농도 5ppm의 용액으로 면직물을 처리 시에 전자파 감쇠비율은 60%에 이르는 주파수 영역도 있으나 4db이내로 차폐효과가 없었으며, 은 농도 5ppm의 용액으로 폴리에스테르 직물을 처리하였을 때에도 마찰대전압은 저하되지 않았다.

참고문헌

- 강환열, 정명주, 정영기. (2000). 금속 은으로 제조한 Ag⁺ 용액의 항균효과와 안정성. *한국생물공학회지*, 15(5), 521-524.
- 김현진, 이승철. (2002). Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus, Vibrio parahaemolyticus에 대한 은 이온의 항균효과. *한국식품영양과학회지*, 31(6), 1163-1166.
- 박종오, 박만석, 박정수, 이성홍, 현춘식. (1998). *환경미생물학*. 형설출판사, 서울.
- 여상경, 정성훈, 조현호. (2001). PP/Ag 나노 복합섬유의 제조와 특성. *한국섬유공학회 추계학술발표회 논문집*, 34(2), 135-137.
- 이승용. (1997). 항균 및 방취가공기술의 현황과 전망. *한국염색가공학회지*, 9(2), 57-76.
- 이은지, 정성훈, 이범수. (2001) 은콜로이드를 이용한 면직물의 항균가공. *한국섬유공학회 추계학술발표회 논문집*, 34(2), 390-391.
- 이훈주, 정성훈. (2001). 나노사이즈의 은콜로이드 용액을 이용한 폴리에스테르 부직포의 항균가공. *한국섬유공학회 추계학술발표회 논문집*, 34(2), 386-389.
- 정혜원, 김현숙. (2004). 항균성을 부여하기 위한 세탁과정에서의 은콜로이드 용액 처리. *한국의류학회지*, 28(9/10), 1312-1319.
- 홍성학, 김용, 최창남. (1998). 항균방취 가공기술의 개발 동향. *섬유산업과 동향*, 2(2), 286-295.
- Magic silver, long-lasting cleanness. (2002). (주)효성. 자료 검색일 2004. 9. 15. 자료출처 http://textile.hyosung.co.kr/kor/products/polyester_masicsilver.html.
- 高野光男, 横山理雄. (1990). 新殺菌工學 實用ハンドブック. Science Forum.
- Lee, H. J., & Jeong, S. H. (2002). Antibacterial Finishing and Laundering Durability on Woven Fabrics Using Nano-sized Silver Colloids. *Proceeding of SOTSEA*, 141-145.
- Nakashima, T., Sakami, H., Ito, H., & Matsuo, M. (2001). Antibacterial Activity of Cellulose Fabrics Modified with Metallic Salts. *Textile Res. J.*, 71(8), 688-694.
- Simpson, Katherine. (2003). Using Silver to Fight Microbial Attack. *Plastics Additives & Compounding*, 5(5), 32-35.
- Vigo, T. L. (1991). *Handbook of Fiber Science and Technology*, Vol. II. Marcel Dekker.