

은함유 셀룰로오스 아세테이트 나노섬유의 제조 및 항미생물성

손원근, 심재홍, 박원호

충남대학교 신소재 연구소, 충남대학교 섬유공학과

The fabrication and antimicrobial activity of silver-containing cellulose acetate nanofibers

Won-Keun Son, Jae-Hong Sim*, Won-Ho Park*

Research Institute of Advanced Materials, Chungnam National University, Daejeon 305-764,
South Korea

* Department of Textile Engineering, College of Engineering, Chungnam National University,
Daejeon 305-764, South Korea

1. 서론

최근 미래를 선도해 갈 것으로 인정받는 최첨단 기술로서 나노기술(NT), 바이오기술(BT), 정보기술(IT)이 있다. 나노기술은 원자나 분자 정도로 미세한 크기의 물질을 다루는 기술로 형태학적인 특성에 기인한 물리적 및 화학적인 장점을 활용한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 나노섬유는 현재 섬유 관련 분야에서 가장 많은 연구가 이루어지고 있는 주제로 섬유의 직경이 수십 nm ~ 수 μ m 수준인 섬유를 말한다. 이처럼 미세한 섬유를 부직포 형태로 만들면 부드럽고 유연하며 단위 부피에 대해서 상당히 큰 표면적을 가지게 되어 분리여과 소재로 적용이 가능하다. 또한 섬유의 표면에 관능기가 많이 분포하고 있어 여러 가지 유효성분들과 쉽게 결합시킬 수 있다. 이런 나노섬유는 전기방사를 통해 쉽게 제조할 수 있다.

또한 우리는 일상 생활환경에서 인간에게 유해한 수많은 세균이나 곰팡이 등의 미생물에 노출되어 있으며, 이들 세균이나 곰팡이들은 그 종류가 대단히 많을 뿐만 아니라 토양, 대기, 물, 해수 등 자연계에 광범위하게 분포하고 있다. 이러한 미생물은 인간에게 피해를 주고 있으며, 국가 및 사회적으로 큰 문제를 일으키기도 하는데 그 한 예로 1997년에 일본에서 크게 사회문제가 되고 있는 O-157군과 최근 Sars의 파동 등이 하나의 예가 될 수 있다. 이제 우리나라의 국민들도 생활수준의 향상으로 생활위생에 대한 관심이 매우 높으며, 따라서 과거와는 달리 유해한 미생물(세균, 곰팡이 등)로부터의 피해를 사전에 막아 건강한 생활을 지속하기를 원하고 있다. 그러한 방안 중에 하나로서 제품구매 시 항균기능을 가진 제품에 대한 강한 선호 및 구매를 하고 있으며, 이러한 소비자의 욕구에 부응하기 위해 여러 업체에서 항균기능을 가진 제품을 앞다투어 개발, 출시하려고 연구에 집중투자하고 있는 실정이다.

많은 연구자들은 차의 추출물, 키토산, 구리, 아연 등과 같은 다양한 천연물과 무기물들을 포함하는 항균성 재료의 개발에 많은 관심을 갖고 있다. 그들 중에서 은 또는 은 이온들은 강력한 항균활성을 가지고 있는 것으로 오랫동안 알려져 왔다. 박테리아에 대한 은의 억제효과를 설명하기 위해 여러 가지 연구들이 시도되어왔다. 금속들이 효소들의 -SH groups들과 결합하여 단백질의 비활성을 갖도록 하는 것이 일반적으로 알려져 왔다. Feng 등은 미생물에 대한 은 이온들의 억제 메커니즘을 조사했다. 은 이온들은 DNA 분자들의 복제 능력을 소실시키고, 단백질에 있는 thiol groups들과 상호작용으로 박테리아 단백질 분자들의 비활성을 갖도록 영향을 준다. 그러므로 은은 항균특성의 장점을 갖고 있어 상업적으로 흔히 사용되어 왔다.

따라서 이 논문에서는 항균성을 갖는 Ag를 이용하여 무기/유기 복합 나노섬유를 제조하였다. 그램 음성 균으로서 대장균(*Escherichia coli*)과 그램 양성 균으로서 황색포도구균(*Staphylococcus aureus*), 그밖에

폐렴균(*Klebsiella pneumoniae*)과 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)에 대한 항균활성이 시험되었다.

2. 실험

2.1 재료

사용된 셀룰로오스 아세테이트(아세틸 함량이 39.8%인 중량평균분자량이 30,000)는 Aldrich 사로부터 구입되었고, silver nitrate는 DukSan 사의 1급 시약을 더 이상 정제 없이 사용되었다. 그밖에 아세톤과 증류수가 사용되었다.

2.1 전기방사

전기방사 실험을 위해 용액을 7에서부터 15 wt%까지 농도범위를 갖는 셀룰로오스 아세테이트의 아세톤 용액을 제조하였다. 용액은 실온에서 온화한 속도로 교반하면서 녹여 제조되었다. 전기방사 장치는 주사기와 주사바늘(Needle Gauge No. 18 of Aldrich Co.), 바닥전극 (회전 속도를 조절할 수 있는 stainless steel 판의 드럼), 고전압 supply로 구성되었다. 작은 직경의 섬유를 제조하기 위한 전기방사 장치를 Figure 1에 나타내었다.

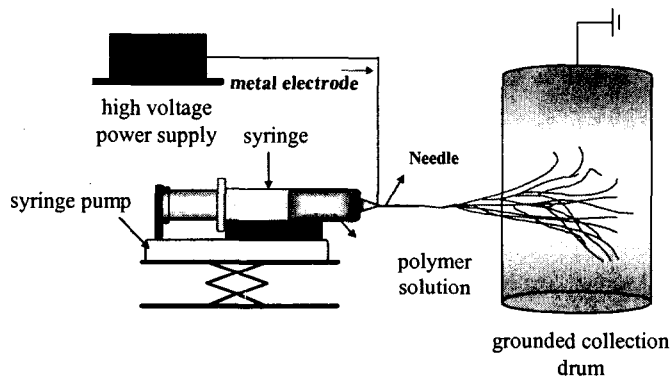


Figure 1 Schematic diagram of electrospinning apparatus

2.3 측정 및 특성

고분자 용액의 점도는 25 °C에서 Brookfield digital viscometer (DV-E)를 사용해서 측정했다. 전기방사된 섬유의 형태는 gold 증착한 후 전자주사현미경 (SEM ; Model HIDACHI S-2350)으로 관찰되었다. 평균직경과 직경분포는 SEM 이미지 분석을 위해 이미지 분석 프로그램을 사용함으로써 얻어졌다.

3. 결과 및 고찰

셀룰로오스 아세테이트의 전기방사 조건 즉 용액농도 10 wt%, 방사전압 17 kV, 방사거리 10 cm, 방사용량 3 mL/hr에서 전기방사된 섬유와 고분자의 중량에 대한 0.05 wt%의 silver nitrate ($AgNO_3$)를 첨가하여 전기방사한 섬유의 SEM 사진을 Figure 2에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 순수 셀룰로오스 아세테이트 용액으로 전기방사된 섬유의 직경보다 질산은을 첨가하였을 경우가 훨씬 작아진 것을 알 수 있다. 이는 질산은의 첨가로 용액내의 전하밀도를 증가시키기 때문에 섬유를 더욱더 세분화하여 섬유의 직경을 감소시키는 것으로 생각된다.

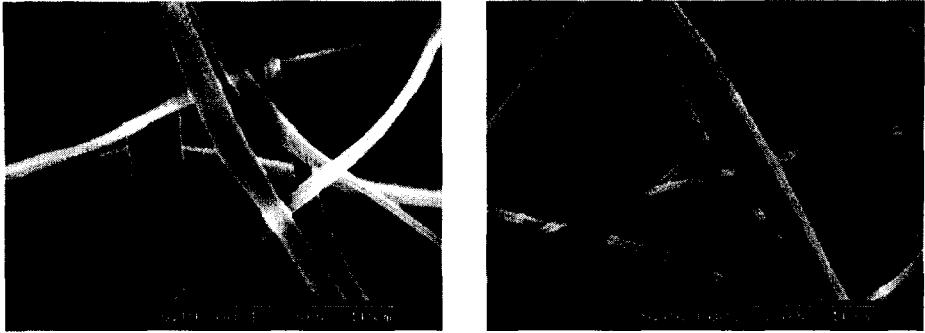


Figure 2. The SEM photographs of electrospun fibers from (a) pure cellulose acetate solution and (b) cellulose acetate solution with 0.05 wt% Ag.

Figure 3에 황색포도구균에 대해 항균성 실험한 시료의 사진을 나타낸 것이다. 사진에서 보는 바와 같이 은이 함유되지 않은 시료의 경우 황색포도구균이 많이 분포되어 있는 것을 알 수 있으며, 은을 함유한 시료의 경우 균들이 거의 보이지 않은 것을 알 수 있다. 이들의 결과로부터 은이 황색포도구균에 대한 항균성이 우수하다는 것을 알 수 있다.

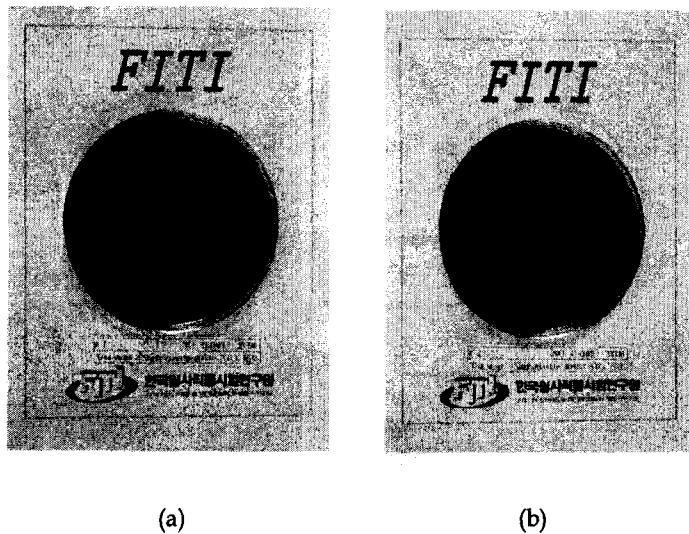


Figure 3. Test results on *Staphylococcus aureus* after 18 h: (a) incubated without Ag and (b) incubated with 0.05 wt% Ag.

다양한 박테리아들에 대한 은이 함유된 셀룰로오스 아세테이트의 나노섬유 부직포의 접촉 방법에 의해 평가된 항균성 효과의 결과들을 Table 1에 나타내었다. 항균성 평가는 균을 접종하여 18시간 인공 부화한 후 균류들의 잔류 %를 각각 균들에 대하여 100%로 했다. 은이 함유된 셀룰로오스 아세테이트의 나노섬유 부직포들은 그램 양성균과 음성균에 관계없이 모든 박테리아에 강한 항균활성을 가졌다.

Table 1. Antibacterial test results on Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli, and Pseudomonas aeruginosa

Samples		Blank	Ag 0%	Ag 0.5%	Ag 1%	Ag 2%	Ag 3%
Staphylococcus aureus (ATCC 6538)	Start	1.2×10^5	1.2×10^5	1.2×10^5	1.2×10^5	1.2×10^5	1.2×10^5
	After 18 hr	5.5×10^6	4.62×10^6	<10	<10	<10	<10
	Reduction (%)		16.1	99.9	99.9	99.9	99.9
Klebsiella pneumoniae (ATCC 4352)	Start	1.4×10^5	1.4×10^5	1.4×10^5	1.4×10^5	1.4×10^5	1.4×10^5
	After 18 hr	6.9×10^6	5.5×10^6	<10	<10	<10	<10
	Reduction (%)		20.6	99.9	99.9	99.9	99.9
Escherichia coli (ATCC 25922)	Start	1.6×10^5	1.6×10^5	1.6×10^5	1.6×10^5	1.6×10^5	1.6×10^5
	After 18 hr	7.7×10^6	6.4×10^6	<10	<10	<10	<10
	Reduction (%)		17.5	99.9	99.9	99.9	99.9
Pseudomonas aeruginosa (ATCC 27853)	Start	1.4×10^5	1.4×10^5	1.4×10^5	1.4×10^5	1.4×10^5	1.4×10^5
	After 18 hr	6.7×10^6	5.1×10^6	<10	<10	<10	<10
	Reduction (%)		24.1	99.9	99.9	99.9	99.9

4. 결 론

셀룰로오스 아세테이트의 용액농도 10 wt%, 방사전압 17 kV, 방사거리 10 cm, 방사유량 3 mL/hr의 조건으로 전기방사 하였다. 순수 셀룰로오스 아세테이트 용액으로부터 전기방사된 섬유는 평균직경은 1.91 μm 이었고, 질산은을 첨가하였을 경우 0.53 μm 로 훨씬 작아졌다.

다양한 박테리아들에 대한 은이 함유된 셀룰로오스 아세테이트의 나노섬유 부직포의 접촉 방법에 의해 평가된 항균성 효과는 그램 양성균과 음성균에 관계없이 모든 박테리아에 강한 항균활성을 가졌다.

5. References

- [1] B. O. Jung, Y. M. Lee, J. J. Kim, Y. J. Choi, K. J. Jung, and S. J. Chung, The antimicrobial effect of water soluble chitosan. J. Korean Ind Eng Chem 10, 660-665 (1999).
- [2] T. N. Kim, Q. L. Feng, J. O. Kim, J. Wu, H. Wang, G. C. Chen, and F. Z. Cui, Antimicrobial effects of metal ions (Ag⁺, Cu²⁺, Zn²⁺) in hydroxyapatite. J. Mater Sci: Mater Med 9, 129-134 (1998).
- [3] H. Y. Kang, M. J. Jung, and Y. K. Jeong, Antibacterial activity and the stability of an Ag⁺ solution made using metallic silver. Korean J. Biotechnol Bioeng 15, 521-524 (2000).
- [4] Q. L. Feng, J. Wu, G. Q. Chen, F. Z. Cui, T. N. Kim, and J. O. Kim, A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on E. coli and Staphylococcus aureus. J. Biomed Mater Res, 52, 662-668 (2000).