

Nano-silver 수용액의 제조와 그 응용

이상훈, 고상권, 이재달*, 배기서

충남대학교 섬유공학과

1. 서 론

최근 나노기술에 대한 관심과 아울러 학계에서는 콜로이드 나노 입자에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 나노 입자는 의약, 첨단 정보통신 기술에 이르기까지 전 영역에 있어서 없어서는 안될 핵심기술로 각광을 받고 있다. 특히, 나노 은(Ag) 입자는 의약품 및 화장품과 항균성을 필요로 하는 제품에 활용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 이는 은 나노 제품의 경향이 고기능성, 고부가가치성을 추구하는 방향 및 발전하는 추세로 핵심 물질인 나노입자에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다는 것을 의미한다. 은(Ag) 나노 입자는 환경 친화적이고, 우수한 열 전도성 및 전기 전도성을 지니며, 우수한 항균성과 탈취, 인체 무해성을 지녔다는 특징을 지니고 있다. 이러한 우수한 특성들로 인해서 은 나노의 적용이 소비재에서부터 산업재에 이르기까지 광범위한 영역에 걸쳐 응용된다고 할 수 있겠다. 소비재로는 항균 은비누, 입욕제, 세정제 및 탈취제로의 응용이 가능하며 신발, 인형 및 각종 의류 제품 특히, 항균성이 필요한 섬유 제품에의 적용이 이루어지고 있다. 또한 산업재로는 항균, 탈취, 원적외선 방사와 대전 방지 등의 기능 또는 복합기능을 가지는 각종 기능성 Plastics/fiber, 에어 필터류, 가전제품 및 의약품 등 응용 분야는 광범위하다고 할 수 있겠다.

본 논문에서는 다양한 응용 분야로 이용되어질 은 나노 수용액을 전기분해에 의한 방법으로 제조하여 섬유 제품에의 적용 가능성을 알아보려 한다.

2. 실 험

2.1. Nano-silver 수용액의 제조

본 논문에서는 전기분해에 의한 방법으로 전압차이, 전극 간격의 변화를 주어 은 나노 콜로이드 용액을 제조하였다. Fig. 1에서 은나노 수용액을 제조하는 전기분해 장치를 나타내었다. 그림에서와 같이 99.99% 순도의 순은으로 만든 은판을 아크릴 유리관에 위치시키고, 증류수를 채워서 전류를 일정 시간 흘려 보내 주어 은나노 수용액을 제조하였다. 이렇게 해서 제조한 은나노 수용액으로 전기 전도성을 측정하고, 유도결합플라즈마방출분광기(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer)로 은나노 수용액의 농도를 측정하여 적정 농도를 가늠하여 보고, 전기분해에 의해 제조된 은나노 수용액이 항균성이 있는지 검토하여 보았다.

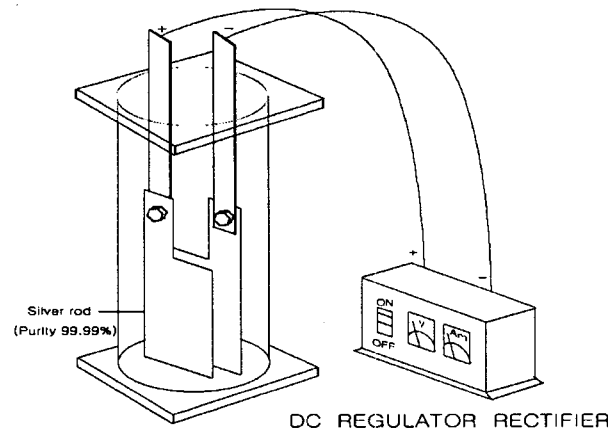


Fig. 1. Model of Colloidal Nano-Silver maker

2.2. 미생물의 배양 및 항균성 분석

은나노 수용액의 항균 활성 테스트를 위해 사용한 균주는 Gram 양성균인 *Bacillus cereus* E 18(고초균)과 Gram 음성균인 *Escherichia coli* (*E. coli*) DH 5a(대장균)를 사용하였다. 양성균에는 NA(Nutrient Agar, Beef Extract 3.5%, Peptone 5.0%, Agar 15%, Difco)배지를 그리고 음성균에는 LB(Luria-Bertani, Tryptone 1%, Yeast extract 0.5%, Sodium Chloride 1%, arga 1.5%, Difco)배지를 사용하여 실험하였다. 98ml의 증류수에 1ml의 균주를 채취하여 넣고 여기에 1ml의 은나노 수용액을 농도만 달리하여 넣었다. 이렇게 해서 만든 액에서 1ml씩 분주하여 20ml의 배지액에 넣어 배양하였다. 배양 조건으로는 *B. cereus*와 *E. coli*를 각각의 배지에서 4~5시간 진탕배양하였으며 *B. cereus*는 배양 온도 30℃, 진탕 속도 200rpm으로 *E. coli*는 배양 온도 37℃, 진탕 속도 180rpm으로 각 균이 가장 잘 자라는 생육조건으로 실험하였다. 균집락 형성수(colony forming unit, CFU)는 *B. cereus*를 9.75×10^6 , *E. coli*는 2.7×10^7 /ml 을 초기 균수 조건으로 하였다.

직접 제조한 은나노 수용액의 항균성을 정성적으로 확인하기 위하여 Shake flask tests법으로 은나노 수용액의 항균 정도를 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 전기분해 방법으로 제조한 Nano-silver 수용액의 특성

Table 1. Composition of colloidal nano-silver

Analyte	Mean(mg/L)	Analyte	Mean(mg/L)
Ag	22.8	Fe	0.003
Al	0.024	K	3.44
B	0.011	Mg	0.192
Ba	0.022	Na	3.79
Ca	1.86	Si	0.508
Co	0.011	Zn	0.061

Table 1에서는 실험에서 직접 제조한 은나노 수용액의 조성을 나타내어 주고 있다. 적정 조건에서 제조한 은나노 수용액을 ICP-AES로 분석할 결과 은입자는 22.8mg/L의 농도를 나타내었고 K, Ca, Na 원소들과 미량의 Al, B, Ba, Co, Fe, Mg 등의 원소들을 포함하고 있는걸로 분석되었다.

3.2. Nano-silver 수용액의 농도 측정

Fig. 2는 시간과 전압의 변화에 따라 은나노 수용액중의 은입자 농도가 어떻게 달라지는지 실험한 결과로써 5kv의 낮은 전압을 걸어 주었을 때는 시간이 지남에 따라 농도가 약간 증가했지만 20kv로 전압을 높였을때는 수용액상의 은농도는 급격히 증가하는 경향을 보였다. 실험상에서 제조한 은나노 수용액을 ICP-AES로 분석하여 수용액의 농도를 측정하여 보았다.

3.3. Nano-silver 수용액에 의한 미생물 불활성화 특성

Table 2 는 은나노 수용액을 농도만 달리하여 항균성 테스트를 한 결과를 나타내주고 있다. 농도에 따라서 15분 간격으로 한시간 동안 실험을 하여 한 시간 후의 세균 감소율을 계산 할 결과 제일 낮은 농도인 5ppm에서도 99.9%의 항균활성을 나타내었다. 은나노 수용액의 농도를 5, 10, 15, 20mg/l 로 달리하여 항균성을 실험한 결과 은나노 농도 5ppm에서는 30분까지 감소하다가 45분 체크시에는 그람 음성균 E. coli가 전부 사멸하였으며, 농도 10ppm이상에서는 15분만에 전부 사멸하는 것을 확인해볼 수 있었다. Fig. 3은 은나노 수용액으로 항균성 실험을 한 결과를 사진으로 나타내었다. 사진의 오른쪽 plate이 은나노 수용액 5ppm 농도로 항균성 테스트를 한 샘플인데 그람 음성균이 전혀 자라지 못하고 사멸한 것을 알 수 있다.

Table 2. Results of antibacterial test

E. coli	Blank	5ppm	10ppm	15ppm	20ppm
초기균수	2.5×10^7	1.0×10^7	1.2×10^7	3.0×10^6	1.0×10^2
15 min	2.6×10^7	2.0×10^6	0	0	0
30 min	2.7×10^7	3.0×10^5	0	0	0
45 min	2.8×10^7	0	0	0	0
60 min	3.0×10^7	0	0	0	0
세균감소율	----	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%

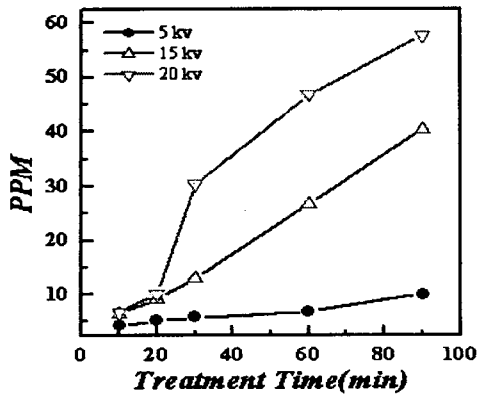


Fig. 2. Concentration of nano-silver according to the voltage and time

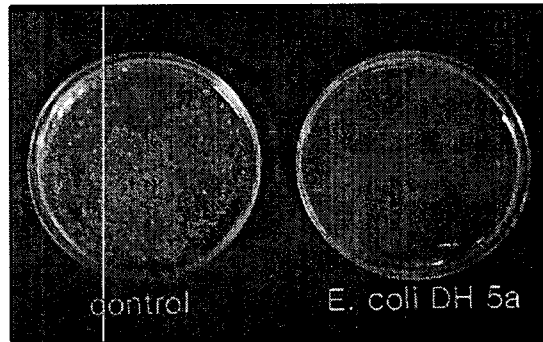


Fig. 3. Antibacterial effect of nano-silver on E. coli DH 5a

4. 결 론

본 연구에서는 전기분해에 의한 방법으로 Nano-silver 수용액을 제조하였고, Nano-silver 수용액의 항균활성을 정성적으로 확인하기 위해 Nano-silver 수용액을 그람 양성균인 *B. cereus*와 그람 음성균인 *E. coli*가 존재하는 배지상에서 Shake flask tests법으로 항균성을 실험해본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 전기 분해에 의한 방법으로 전극 간격, 전압, 전류 등의 변화를 주어 은이온 농도 50ppm 수준의 은나노 수용액을 제조할 수 있었다.
2. 실험실에서 제조한 은나노 수용액은 5ppm의 농도에서부터 짧은 시간동안에 그람 음성균에 대해서는 99.9%이상의 높은 항균활성을 나타내었으나, 그람 양성균인 *B. cereus*에는 뚜렷한 항균활성을 나타내지는 않은 걸로 확인되었다.

참고문헌

1. Colloids and Clusters, ed, G. Schmid, VHC Press, New York(1995).
2. J. S. Bradley, Clusters and Colloids. From theory to applications, Weinheim, VCH Publishers (1994)
3. R. Patakfalvi and I. Dekany, Preparation of silver nano-particles in liquid crystalline systems, Colloid Polym Sci.,280,461 (2002)
4. J. S. Fendler, Colloid Chemical approach to nanotechnology, Korea J. Chem., 18, 1(2001)
5. Hsien-Hsuen Lee, Effect of nano-sized silver paticles on the resistivity of polymeric conductive adhesives, (2004)