

Nano-silver 수용액의 제조와 미세조류 제어 특성 연구

이상훈 · 최강국* · 안치용* · 오희목* · 배기서

충남대학교 유기·소재 섬유시스템 공학, *한국생명공학원 환경생명공학 연구실

1. 서 론

최근 산업계와 학계에서는 나노기술에 대한 관심과 콜로이드 나노 입자에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 나노 입자는 의약, 첨단 정보통신 기술에 이르기까지 첨단산업의 전반적인 영역에서 없어서는 안될 핵심기술로 각광을 받고 있다.

수계의 부영양화(eutrophication)에 따라 하절기에 빈번히 나타나는 남조류(blue-green algae, cyanobacteria, 남세균)의 대량증식에 의한 수화(algal bloom, 녹조)는 전 세계적인 환경문제로 인식되고 있다. 우리나라에서도 녹조현상은 6~10월의 하절기에 대청호, 낙동강, 팔당호, 영산강 등 전 수계에서 빈번히 나타나고 있으며, 이취미(taste & odor) 유발, 독소생성의 가능성으로 인해 상수원으로 이용되고 있는 수자원의 수질관리 측면에서 매우 중요한 수질문제로 인식되고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 은나노 수용액을 전기분해에 의한 방법으로 제조하여 미세조류에 대한 은나노 수용액의 사멸효과 및 제어특성을 알아보고자 한다.

2. 실 험

2.1. Nano-silver 수용액의 제조

99.99% 순도의 은판을 전극으로 사용하였고, 증류수를 전기분해하여 은나노 콜로이드 용액을 제조하였다. 직접 제조한 은나노 수용액으로 전기 전도성(Conductivity) 및 총고형물질(TDS)을 측정하였으며, 유도결합플라즈마방출분광기(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer)를 이용하여 은나노 수용액의 은 농도를 측정하였다.

2.2. 미세조류의 선정 및 배양

은나노 수용액을 이용한 미세조류 성장 억제효과를 관찰하기 위하여 담수 수계에서 흔히 관찰할 수 있는 남조류인 *Microcystis*와 *Anabaena* 그리고 녹조류인 *Chlorella*와 *Scenedesmus* 를 선정하였다. 인공배지는 Allen 액체 배지(Allen, 1968)를 실험에 사용하였고, 자연수는 호소에서 채수한 물을 Millipore filter(pore size: 0.22 μ m)로 여과하여 121°C에서 15분간 고압 멸균한 후 사용하였다.

미세조류의 배양은 250-ml 삼각플라스크에 자연수와 Allen 또는 GL 액체배지를 각 150 ml씩 분주한 후, 조류를 각각 일정량 접종하여 25±1℃, 광도 100-150 μE/m²/s, 16:8 h LD 광주기가 자동 조절되는 Shaking incubator(100 rpm)에서 10일간 생장시켰다.

2.3. 은나노 수용액의 미세 조류 제어 효과 분석

은나노 수용액의 농도에 따른 조류의 생장저해 효과를 관찰하기 위하여 자연수와 인공배지로 구분하여 미세 조류를 접종하고 단기적으로는 시간별로, 장기적으로는 12일간 배양하면서 2-4일 간격으로 조류의 현존량을 측정하여 조류제어 효과를 분석하였다.

은나노 수용액으로 처리한 미세조류의 표면변화를 관찰하기 위하여 LEO 1455VP(LEO, Germany) 주사전자 현미경으로 관찰하였다.

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	28.8	Fe	0.002
Al	0.024	K	3.44
B	0.012	Mg	0.194
Ba	0.022	Na	3.79
Ca	1.85	Si	0.508
Co	0.013	Zn	0.071

Table 1에서는 은나노 수용액의 조성을 나타내어 주고 있다. 은 농도는 28.8 ppm을 나타내었고, K, Ca, Na 원소들과 미량의 Al, B, Ba, Co, Fe, Mg 등의 원소들을 포함하고 있는 것으로 분석되었다.

Fig. 1은 은나노 수용액의 전기전도성(Conductivity)과 총고형물질(TDS)을 측정하여 나타낸 그림으로 제조되는 시간에 따라서 두 값이 증가하는 경향을 나타내었다.

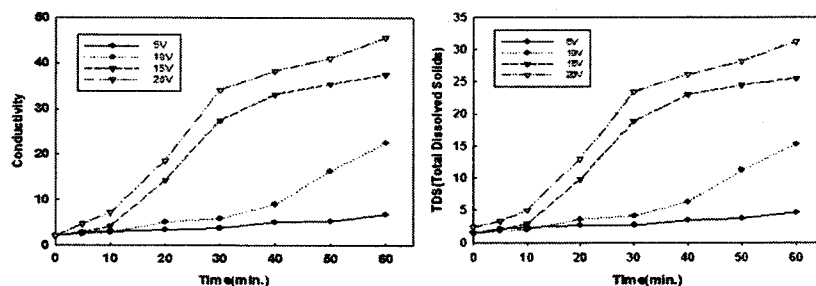


Fig. 1. Change of Conductivity and TDS(total dissolved solids) according to the time.

3.2. Nano-silver 수용액에 의한 미세조류 제어 특성

Fig. 2는 남조류 중의 하나인 *Microcystis*를 은나노 수용액 농도를 각각 달리 처리하여 배양 하였을때의 조류의 생장변화를 나타내어 주는 그림이다. 두 그림에서 알수 있듯이 Allen 배지 Control은 아주 잘 생장을 하였지

만, 은나노 수용액을 처리한 것은 모두 성장이 억제되었다.

Fig. 3은 녹조류인 *Chlorella*를 대상으로 10일동안 배양 하였을때의 조류의 성장변화를 나타내어 주는 그림으로 control과 0.05 ppm에서는 급격하게 증가한 반면에 은나노 수용액의 농도가 0.1 ppm에서는 *Chlorella*의 생장이 더 이상 자라지 못하고 억제된 것을 알수 있다. 따라서 남조류와 녹조류의 은나노 수용액의 농도에 따른 성장 억제가 상이하다는 것을 확인하였다.

3.3. Nano-silver 수용액으로 처리한 미세조류의 표면 변화

Fig. 4는 은나노 수용액 농도 10ppm으로 *Microcystis*를 시간별로 처리 하였을 때 *Microcystis*의 Cell 표면의 변화를 나타낸 것이다. Control의 표면은 매끄러운데 반하여 은나노 수용액이 처리되면서부터는 Cell 표면에 hole이 생기고 있으며 시간이 지날수록 점점 더 커지고 많아지고 있는 것을 확인 할 수 있다.

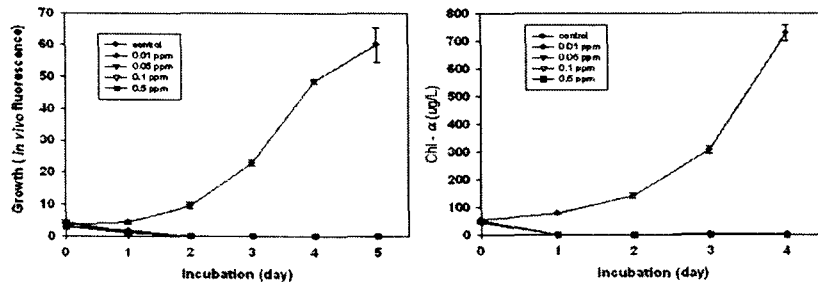


Fig. 2. Growth change(in vivo) and Chl-a(µg/l) of Microcystis according to the incubation(day)

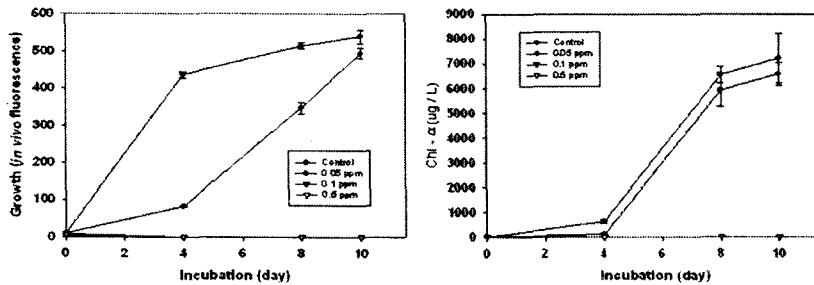


Fig. 3. Growth change(in vivo) and Chl-a(µg/l) of Chlorella according to the incubation(day)

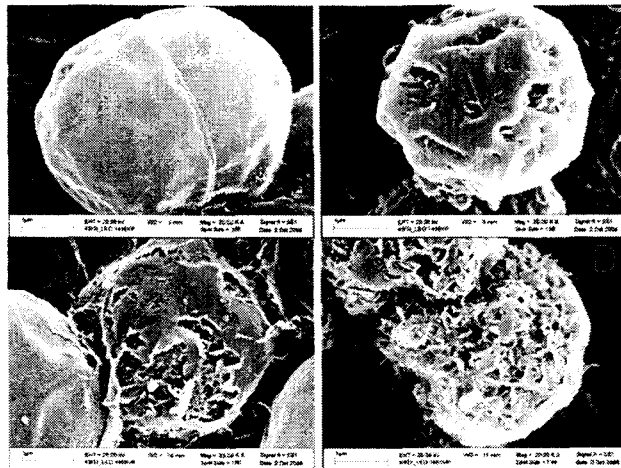


Fig. 4. SEM images of Microcystis with treated 10 ppm of colloidal nano-silver according to the time. (A) control, (B) after 10 min, (C) after 30 min, (D) after 1 hr

4. 결 론

본 연구에서는 전기분해에 의한 방법으로 Nano-silver 수용액을 제조하였고, Nano-silver 수용액의 미세조류에 대한 제어 효과를 확인하기 위해 Nano-silver 수용액을 남조류 및 녹조류 등에 처리하여 성장 변화 실험을 하여 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 전기 분해에 의한 방법으로 농도 30ppm 수준의 은나노 수용액을 제조할 수 있었다.
2. 은나노 수용액으로 처리한 미세조류의 성장 저해 실험에 의해 *Microcystis*를 사멸 및 제어 할 수 있음을 알았으며, 녹조류인 *Chlorella*나 *Scenedesmus*도 선택적으로 성장을 저해할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국수자원공사의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Sonit Kumar Gogoi, Green Fluorescent Protein-*Escherichia coli* as a Model System for Investigating the Antimicrobial Activities of Silver Nanoparticles, (2006)
2. Mikihiro Yamanaka, Bactericidal Actions of a Silver Ion Solution on *Escherichia coli*, Studied by Energy-Filtering Transmission Electron Microscopy and Proteomic Analysis, American Society For Microbiology, Vol.71, No.11 (2005)
3. R. Patakfalvi and I. Dekany, Preparation of silver nano-particles in liquid crystalline systems, Colloid Polym Sci., 280, 461 (2002)