

PE13) 은 담지 다공성 세라믹 비드의 합성 및 박테리아 정균 활성에 관한 연구

김지혜¹⁾·조영식¹⁾·김윤갑²⁾·허재은³⁾·이갑두³⁾·박상원³⁾

계명대학교 환경과학과, ¹⁾계명대학교 약학과, ²⁾계명문화대학교 소방환경안전과,

³⁾계명대학교 녹색융합기술연구소

1. 서론

국내 금속 산업의 발전과 함께 폐주물사의 발생량이 계속적으로 증가하고 있다. 특히, 생형사(Green Sand)를 쓰고 있는 주철공장에서 가장 많이 발생하고 있으며, 75% 이상이 위탁처리업체를 통해 처리되고, 자가 처리는 25%에 불과하다. 최근 건축재료, 미생물 담체 등 재활용이 확대되고 있는 추세이며, 재활용 활성화를 위한 기술개발이 지속적으로 이루어져야 한다.

다공성 물질(Porous Materials)은 미세 기공을 갖는 물질로서 큰 비표면적과, 열충격 저항성 등의 특성으로 인해 많은 산업 분야에 응용되고 있다. 다공성 물질의 가운데 18세기 Axel Fredrik Cronstedt에 의해 알려진 제올라이트는 대표적인 마이크로기공 물질로써 20세기 초반부터 인위적으로 합성되기 시작하였다. 제올라이트의 기본 골격구조는 알루미늄(Al)과 실리콘(Si), 산소(O)로 이루어져 있으며, 기공의 크기가 2 nm 이하로 분자체(Molecular Sieve)라고도 불린다. 또한, 비표면적이 크기 때문에 촉매제, 흡착제, 이온 교환제, 탈수제 및 담지체 등 흡착과 분리 특성을 이용한 분야에 다양하게 응용되고 있다. 다공성 소재의 원료로 금속, 플라스틱, 세라믹 등과 여러 소재가 사용되고 있으나, 최근 자원의 효율적인 재이용 방법을 고려한 폐주물사를 이용한 다공성 세라믹의 제조방법이 주목받고 있다.

이러한 배경을 바탕으로 본 연구에서는 수질 오염 미생물중 지표 미생물인 대장균을 불활성화하기 위한 방법으로 폐주물사를 이용하여 은을 담지 한 다공성 세라믹 비드를 합성하며, 표면 특성 분석을 실시하고, 대장균 정균 특성을 평가하였다.

2. 자료 및 방법

본 연구에서는 은을 담지할 지지체로 사용된 다공성 세라믹 비드를 주물공장에서 발생된 폐주물사를 이용하였다. 먼저 폐주물사 덩어리를 파쇄 공정을 통해 부수고, 자석을 이용하여 금속 찌꺼기를 제거하였다. 균일한 생형사를 얻기 위하여 회전형 진동체를 이용하여 주형재료를 잘 섞는 공정을 진행하였다. 균일하게 섞일수록 주형의 통기성과 강도 등의 특성이 좋아지므로 수직 휠 밀러(vertical wheel miller)를 이용하였으며, 파쇄공정이 끝난 주물사는 증류수를 주입하여 혼합하였다. 균일한 분말입자의 밀도를 얻기 위하여 성형에 앞서 압출 공정을 실시하였다. 제조된 다공성 세라믹 비드는 매질의 강도가 약하여 소결 공정을 통하여 제조하였다. 은의 담지는 은 이온이 포함된 용액을 원료혼합과정에 주입하였다.

대장균의 배양은 계대배양을 통해 실시하였으며, 대장균 분석은 유세포 분석기를 사용하여 분석하였다. 은의 대장균 정균 특성을 확인하기 위해 일반적으로 가장 많이 사용하는 AgNO₃을 이용하여 대장균 정균능력에 대해 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

폐주물사를 이용하여 다공성 세라믹 비드를 합성한 결과, 순수한 다공성 세라믹(POCB)과 은이 담지 된 다공성 세라믹 비드(Ag-POCB) 모두 균일한 기공을 가지며, POCB와 Ag-POCB의 XRD 분석 결과 주성분은 Si로 나타났다. Ag-POCB의 XRD 분석결과 2θ = 30 ~ 80°사이의 38°, 44.3°, 65.5°, 77.5°에서 (111), (200), (220), (311)면을 나타내는 회절피크가 관찰됨으로써 은이 담지 되었음을 알 수 있었다. 은 용출실험 결과 폐기물공정시험방법으로 분석한 총 은의 농도는 24 hr 용출시 약 0.29 mg/L로 나타났으며, soil washing 방법으로 분석한 은의 농도는 24 hr 용출 시 13.1 mg/L로 나타나 은이 대장균 정균에 충분한 양이 담지 되었음을 알 수 있다.

AgNO₃의 대장균 정균 실험결과, 0.8 mg/L부터 정균 특성을 나타내며, 1 mg/L 이상에서는 완전한 증식억제가 이루어짐을 알 수 있다. AgNO₃ 50 mg/L에서 총 대장균의 수의 99%가 제거됨에 따라 은 이온이 DNA 파괴를 유발하는 것으로 사료된다. 은의 ROS 생성과 대장균 정균 특성에 대한 실험 결과 AgNO₃ 0.1 mg/L부터 ROS가 생성됨을 알 수 있었으며, AgNO₃ 1 mg/L 이상부터는 ROS를 나타내는 DCFDA 피크가 확실히 오른쪽으로 이동함을 확인할 수 있었다. 따라서 은이 대장균의 ROS 생성을 유발하며, ROS가 대장균의 정균에 영향을 미친다고 판단할 수 있다.

4. 참고문헌

- Holt, K. B., Bard, A. J., 2005, The interaction of silver (I) ions with the respiratory chain of escherichia coli: An electrochemical and scanning electrochemical microscopy study of the antimicrobial mechanism of micromolar Ag⁺, Biochemistry, 44, 13214-13223.
- IUPAC, 1972, Manual of symbols and terminology, appendix 2, part 1, colloid and surface chemistry, Pure and Applied Chemistry, 31(4), 578-638.