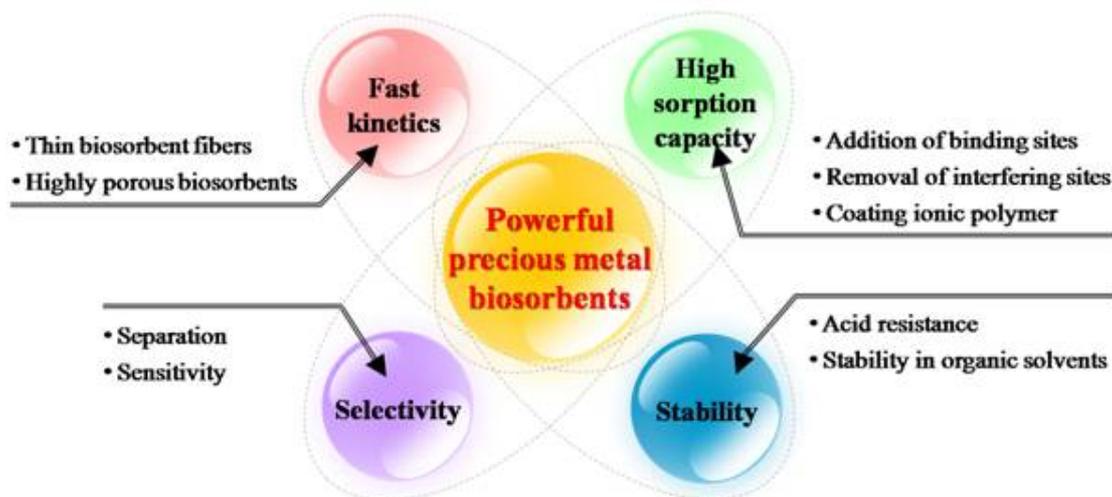


희귀금속용 생체흡착소재의 필수조건

2014년도 연구 IP (개인)

원성욱(경상대학교)

희귀금속을 제거 또는 회수하기 위한 기존 공정들은 금속을 완벽히 처리 하는데 어려움이 있으며 설비비가 많이 들고 높은 에너지를 요구한다. 그 뿐만 아니라 또 다른 처리가 필요한 2차 오염물질을 유발하기도 한다. 결국 이런 기존 공정의 단점들을 극복할 대안기술이 필요하다. 생체흡착기술을 이용한 생체흡착공정은 기존 공정을 대체할 수 있는 새로운 공정이며 희귀금속 처리에 효과적인 방법으로 인식되고 있다. 본 연구IP에서는 희귀금속용 생체흡착소재가 지녀야 할 필수조건([그림 1])인 높은 흡착량, 빠른 흡착속도, 선택성, 안정성 등에 대해 살펴보고자 한다.



[그림 1] 희귀금속용 생체흡착소재의 필수조건.

1. 생체흡착소재의 컬럼공정 이용가능성

생체흡착소재 특히 미생물을 이용한 생체흡착소재는 희귀금속에 대해 우수한 흡착성능을 가지고 있다. 하지만 미생물에 기반을 둔 생체흡착소재는 낮은 밀도, 작은 입자 크기, 약한 기계적 강도, 고액 분리의 어려움과 같은 문제점을 가지고 있다. 따라서 이런 생체흡착소재를 컬럼 공정에 바로 이용하게 되면 작은 입자에 의해 과부하가 걸려 컬럼이 막히는 현상이 종종 발

생한다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 분말형 생체흡착소재를 반드시 입상화할 필요가 있다. 생체흡착소재의 입상화는 소재의 크기를 일정하게 유지할 수 있고 기계적 강도를 증가시킬 수 있으며 흡착소재에 다공성을 부여할 수 있다. 대표적으로 입상화 물질로는 알지네이트(alginate), 폴리아크릴아마이드(polyacrylamide), 폴리비닐알코올(polyvinyl alcohol), 폴리설펜(polysulfone), 폴리우레탄(polyurethane), 실리카 겔(silica gel), 셀룰로오스(cellulose), 키토산(chitosan) 등이 있다[1]. [그림 2]는 입상화 물질들을 이용하여 생체흡착소재를 입상화한 사례들이다. 이와 같이 입상화 물질을 이용하여 분말형 생체흡착소재를 입상화한다면 생체흡착소재를 컬럼공정에서 안정적으로 활용할 수 있을 것이다.



[그림 2] 생체흡착소재의 입상화 사례.

2. 높은 흡착량

높은 흡착량은 희귀금속용 생체흡착소재에 요구되는 가장 중요한 특성 중 하나이다. 대부분의 바이오매스들은 상대적으로 낮은 흡착량을 가지고 있어 이에 대한 개선이 필요하다. 생체흡착소재의 흡착량 증가는 생체흡착 메커니즘에 기반하여 생체흡착소재의 표면을 새롭게 디자인함으로써 이루어질 수 있다. 생체흡착 메커니즘으로는 정전기적 상호작용, 이온교환, 킬레이트, 복합화, 미세침전, 환원 등이 있으나 미생물에 의한 금속 흡착은 주로 이온교환과 정전기적 상호작용에 의해 이루어진다. 또한, 미생물 표면에 존재하는 카복실기, 수산기, 아민기, 인산기와 같은 작용기들이 금속 흡착에 관여하는 것으로 잘 알려져 있다[2]. 따라서 이런 작용기들을 생체흡착소재에 더욱 더 많이 분포하게 함으로써 금속 흡착량을 증가시킬 수 있다. 생체흡착소재의 표면을 디자인할 때 주의할 점은 다양한 작용기 중에서 금속에 대한 결합기와 방해기를 구분하여 미생물 표면개질의 목적에 맞게 특정 작용기를 선택하여야 할 것이다.

3. 빠른 흡착속도

입상화된 생체흡착소재는 분말형 생체흡착소재에 비해 상대적으로 느린 생체흡착속도를 보인다. 분말형 생체흡착소재의 경우 금속 이온의 흡착은 주로 소재 표면에서 빠르게 이루어지지만 입상화된 생체흡착소재는 대부분의 금속이온이 흡착소재 내부에 존재하는 작용기에 결합한다. 따라서 입상화된 생체흡착소재의 흡착속도는 금속 이온이 생체흡착소재의 내부로 확산되는 단계에서 결정되는 것으로 알려져 있다. 따라서 생체흡착속도가 빠른 생체흡착소재를 제조하기 위해서는 내부확산 속도를 증가시키는 방법을 고려해야 한다. 내부확산 속도는 금속 이온이 입상화된 생체흡착소재 내부로 침투하여 결합기까지 이동하는 거리에 의존하기 때문에 금속 이온의 이동거리를 최대한 짧게 할 수 있는 입상화 흡착소재의 형태가 바람직할 것이다.

4. 소재의 안정성

희귀금속용 생체흡착소재는 중금속을 제거하기 위한 용도로 개발된 생체흡착소재에 비해 흡착소재의 높은 내산성이 요구된다. 이는 대부분의 희귀금속이 염소이온이 풍부한 강산 용액 내에 존재하기 때문이다. 희귀금속용 생체흡착소재는 아민 그룹을 함유하고 있는 키토산 또는 키토산 유도체를 이용한 것들이 대부분이다. 비록 키토산을 이용한 생체흡착소재는 희귀금속 흡착에 높은 흡착량을 보이나 수용액상에서 쉽게 팽창되고 산조건 하에서 용해되기 쉬운 단점을 가지고 있다. 따라서 키토산과 같이 내산성이 약한 물질을 이용하는 것은 생체흡착소재의 사용 범위를 크게 제한할 수 있다. 반면에 폴리설폰과 폴리우레탄과 같은 합성 고분자는 내산성이 우수하며 기계적 강도가 높고 미생물과 같은 분말형 생체흡착소재와 혼합하여 복합체를 제조하기가 쉽다. 하지만 이런 합성 고분자는 금속 흡착에 관여하는 작용기를 가지고 있지 않기 때문에 흡착성능을 감소시키는 단점을 가지고 있다. 따라서 폴리설폰 또는 폴리우레탄을 입상화 물질로 이용하여 생체흡착소재를 개발한다면 개발된 입상화 생체흡착소재의 흡착량을 추가적으로 향상시킬 수 있는 방안이 필요하다. 예로, Won et al. [3]은 박테리아와 폴리설폰의 복합체를 제조한 후에 입상화 생체흡착소재 표면에 이온성 고분자를 가교결합시켜 흡착량이 크게 향상된 흡착소재를 개발하였다. 이 방법은 기존 입상화 방법들이 갖는 낮은 흡착량을 개선할 수 있는 대표적인 대안기술이라 할 수 있다.

5. 특정 금속에 대한 선택성

다중 금속 혼합물에서 특정 금속만을 분리·정제하기 위해서는 시간과 비용이 많이 소모된다. 만약 특정 금속에 선택성을 갖는 생체흡착소재를 이용할 수 있다면 금속 분리와 정제에 드는 시간과 비용을 효과적으로 줄일 수 있을 것이다. 일부 연구자들에 의해 특정 희귀금속에 선택성을 보이는 생체흡착소재들이 보고되고 있으나 아직까지는 선택성이 부여된 생체흡착소재를 개발하는 것에 어려움이 많고 도전적인 일이다. 따라서 희귀금속용 생체흡착소재에 선택성을 부여할 수 있는 기술의 개발이 필요하고 이에 대한 다양한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. K. Vijayaraghavan, Y.-S. Yun, 2008. Bacterial biosorbents and biosorption, *Biotechnol. Adv.* 26, 266-291.
2. J. Mao, S.Y. Lee, S.W. Won, Y.-S. Yun, 2010. Surface modified bacterial biosorbent with poly(allylamine hydrochloride): Development using response surface methodology and use for recovery of hexachloroplatinate (IV) from aqueous solution, *Water Res.* 44, 5919-5928.
3. S.W. Won, S. Kim, P. Kotte, A. Lim, Y.-S. Yun, 2013. Cationic polymer-immobilized polysulfone-based fibers as high performance sorbents for Pt(IV) recovery from acidic solutions, *J. Hazard. Mat.* 263, 391-397.