

Molecularly Imprinted Polymers

아미노산 (amino acid)이 polypeptide의 형태로 이루어진 단백질은 표면은 친수성기로 이루어져있고 내부는 수소결합, 이온결합 및 hydrophobic interaction 등이 절묘하게 조화를 이루며 고유의 3차원적인 구조를 형성하고 있다. 단백질의 다양한 기능 중에서도 생화학 반응을 촉진시키는 효소기능과 면역을 담당하는 항체기능이 매우 중요하며 이를 모방하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

효소와 항체의 기능을 모방하는 합성고분자를 만드는 방법 중에서도 가장 많이 사용되는 것이 imprinting을 이용하는 것이다. 오랜 시간에 걸쳐 최적화되어 있는 단백질의 기능을 완벽히 모방하는 것은 불가능하다. 그러나 항체나 효소는 대량생산이 쉽지가 않고 정제 및 보관이 어렵기 때문에 기능성 면에서 효율이 떨어지더라도 빠르고 쉽게 대량생산할 수 있는 방법이 개발되면 충분히 이용가치가 있을 것이다.

Molecular imprinting 기술은 아래 그림과 같이 인식하고자 하는 분자를 주형 (template) **3**으로, 주형분자와 상호작용할 수 있는 기능성 단량체 **1** 및 가교제 **2**를 사용하여 주형분자를 선택적으로 인식하는 고분자를 만드는 방법이다. 따라서 중합하기 전에 기능성 단량체와 주형분자, 가교제를 혼합하여 주형분자-기능성 단량체 사이의 interaction을 유발시킨 후 중합하고 합성된 고분자에서 주형분자를 제거하게 되면 고분자에 주형분자를 선택적으로 인식하는 삼차원 공간이 생기게 된다.

Imprinting 기술을 이용하여 만들어진 고분자의 cavity는 heterogeneous하기 때문에 단백질과 비교해서 기능이 필연적으로 떨어질 수 밖에 없다. 따라서 이동 경로를 길게 하여 주형분자와 유사물질과의 구조적인 차이를 가져올 수 있는 크로마토그래피의 정지상 (stationary phase)으로 많이 연구되고 있다. 그 외에 전이상태 유사체 (transition state analog)를 주형분자로 사용하여 인공효소를 만드는 연구도 많이 이루어지고 있다. 최근에는 homogeneous한 binding site를 만들기 위해 dendrimer를 사용하기도 하고 QCM 센서에 접목하여 거울상 이성질체를 구분하는 연구도 보고되고 있다. 앞으로는 Lab-on-a-chip에도 이용될 것으로 예측되고 있다.

Imprinting 기법을 이용한 분자인식 고분자는 대부분 일주일이면 충분히 만들 수 있기 때문에 시행착오법을 사용하여 최적화를 시킬 수 있는 장점을 지닌다. 아직까지 기술적인 측면에서 혁신적인 방법이 개발되지 못하여 천연 고분자인 단백질의 기능을 모방하는데 한계를 지닐 수 밖에 없지만 단백질의 오묘한 삼차원적인 구조를 모방하는 연구는 분명 매력적인 일이며 imprinting과 관련해서 연구하는 사람들의 수가 놀라울 정도로 증가하기 때문에 미래에는 좋은 결과가 나올 것으로 사료된다.

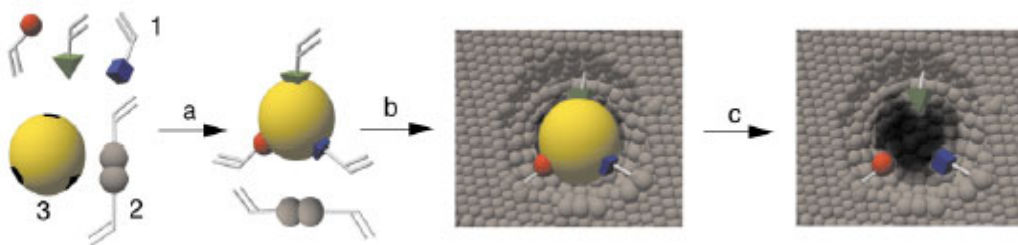


그림. Molecular imprinting의 원리. 1: functional monomers, 2: cross-linker, 3: template molecules; a: assembly of the prepolymerization complex, b: polymerization, c: extraction of the template liberating the binding site.

참고논문

1. L. Ye and K. Haupt, *Anal. Bioanal. Chem.*, **378**, 1887 (2004).
2. E. Turiel and A. Martin-Esteban, *Anal. Bioanal. Chem.*, **378**, 1876 (2004).
3. K. Haupt, *Chem. Comm.*, 171 (2003).
4. S. A. Piletsky, S. Alcock, and A. P.F. Turner, *Trends in Biotechnol.*, **19**, 9 (2001).

〈한양대학교 응용화학공학부 김종만, e-mail: jmk@hanyang.ac.kr〉