

실크 단백질의 소재화 연구

이 기 훈

서울대학교 농업생명과학대학 바이오키스스템·소재학부

1. 실크 단백질의 효소 고정화 지지체로의 응용

실크 단백질은 예로부터 최고급 의류소재로 이용되어 왔다. 하지만 인건비 등의 상승으로 실크의 생산은 개발도상국가 등으로 이전되었으며, 기존 실크 생산국은 보다 부가가치가 높은 분야로 실크를 이용하기 시작하였다. 즉 실크 단백질을 새로운 소재로 보다 다양한 분야에서 이용하려는 시도가 이루어졌다.

많은 시도들 가운데 가장 성공적인 분야는 실크 단백질을 효소 고정화 지지체로 이용하는 것이다. 기존의 연구는 실크 섬유를 용해한 후 이를 필름 등의 형태로 재가공하여 효소를 필름 내에 가두어 고정화하는 것으로 높은 효소의 활성을 유지하는 장점이 있다. 그러나 이러한 효소 고정화 방법은 저분자 기질에는 적합하나 고분자 기질에는 적합하지 않다. 고분자 기질을 적용하기 위해서는 기질의 확산 저해가 일어나지 않도록 해야 하며 이를 위해서는 지지체의 표면에만 효소를 고정하는 것이 바람직하다.

실크 표면에 효소를 고정한 결과 기존의 섬유상 지지체로 이용되던 나일론 등에 비하여 우수한 활성을 나타내었지만 자유 효소에 비하여 활성이 크게 저해되었다. 고정화 효소의 활성을 증대시키기 위하여 효소와 지지체 사이에 스페이서를 도입하여 효소의 활성을 증대시키고자 하였다. 그 결과 세리신을 스페이서로 이용하는 경우 효소의 활성이 증대되었다. 이와 같은 세리신의 효과는 세리신이 피브로인에 비하여 친수성이며 또한 효소를 고정할 수 있는 활성기를 많이 갖고 있기 때문인 것으로 생각된다.

따라서 세리신에 효소를 고정하면 피브로인에 고정하는 것에 비하여 보다 우수한 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대되어 세리신에 효소를 고정하였다. 그러나 세리신은 화학적 가교에 의해서만 불용화 처리되기 때문에 세리신 단독으로 이용하는 어렵다. 따라서 원래의 실크 섬유를 이용한 세리신 정착사에 효소를 고정하였다. 그 결과 효소의 활성이 증대되었으며 특히 유기용매하에서의 효소의 안정성이 증대되었다.

한편 최근에는 실크 피브로인의 전기방사에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 전기방사는 나노크기의 섬유를 제조할 수 있는 기술로 현재 많은 각광을 받고 있다. 그러나 그 응용에 있어서는 아직까지 많은 한계가 있다. 현재까지는 주로 공기

정화용 필터나 조직공학용 스캐폴드로의 응용이 검토되고 있다. 전기방사한 섬유는 작은 직경으로 인하여 비표면적을 극대화할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 넓은 비표면적을 효소의 고정화양을 증대시킬 수 있어 효소 고정화에 응용될 수 있으리라 판단된다. 실제 실크 피브로인에 효소를 고정화한 결과 높은 고정화양을 나타내었으며 효소의 활성도 증대되었다.

2. 실크 섬유의 방사과정에서의 세리신의 역할

한편 실크 단백질은 우수한 물성을 갖는 섬유로 많은 연구자들의 관심의 대상이다. 따라서 이를 모방한 섬유를 제조하려는 시도가 많이 이루어지고 있으나 아직까지 많은 문제들이 산재해 있다. 최근 생명공학의 발달로 원료인 실크 단백질을 생산하는 기술은 상당한 수준에 올라있으나 이 원료를 이용하여 섬유상으로 가공하는 기술은 아직 초보적인 단계에 있다. 특히 누에에서 실크 섬유가 만들어지는 메커니즘을 규명하면 합성섬유의 방사과정에도 응용이 가능해져 친환경적, 에너지 절약형 공정을 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

그 동안 실크 섬유의 메커니즘에 대한 연구는 피브로인에 국한되어 왔으며, 상당한 수준까지 이르렀다. 그러나 누에의 중간실샘내에서 피브로인과 함께 저장되어 있는 세리신에 관한 연구는 드문 실정이며 특히 세리신이 방사과정에서 어떠한 역할을 하는지에 대한 연구는 없는 실정이다.

최근 피브로인과 세리신을 블렌드한 필름에 대한 연구과정에서 흥미있는 결과를 관찰하였다. 일반적으로 피브로인은 메탄올 처리에 의하여 랜덤 구조가 베타-시트 구조로 전환이 된다. 그러나 세리신을 함유하는 피브로인 필름에서는 이러한 구조 전이가 발견되지 않았다. 보다 추가적인 실험 결과 세리신이 피브로인의 구조 전이를 지연시키는 것으로 판명되었다. 이는 세리신이 누에실샘내에서 피브로인의 구조 전이를 일으키는 것을 방지하지만 방사순간에 일어나는 구조 전이는 가능하게 하는 역할을 하는 것으로 판단된다.

3. 실크 단백질의 소재화

최근 실크 단백질에 관한 연구는 가파르게 증가하는 추세에 있다. 이는 실크 단백질이 소재로서 갖는 장점들에 기인하는 것으로 특히 생체적합성, 생분해성 측면에서 접근하려는 시도가 증가되고 있다. 그러나 실크 단백질을 채용해하여 이용하는 현재의 방법은 많은 한계를 갖고 있다. 최근에는 실크 단백질의 일부만을 차용한 새로운 소재들이 연구되고 있으며 아직 초기적인 단계에 머물고 있다. 그러나 이러한 소재들은 소재의 구조를 나노수준에서 제어하는 것을 가능하게 하는 소재로 앞으로 주목을 받을 수 있는 소재이다.