

# 한외여과를 이용한 단백질 분리공정에서의 전기장의 영향

손동호, 이윤희, 구자경, 조남준, 장동일\*  
한국기술교육대학교 응용화학공학과, 주식회사 콧데\*

## A Study on The Effect of Electric Field on Ultrafiltration Processes for Protein Separation

Dongho Son, Yunhee Lee, Ja-Kyung Koo, Namjun Cho, Dong Il Jang\*  
Department of Applied Chemical Engineering, Korea University of Technology and  
Education Cotde Co. Inc\*

### 1. 서론

한외여과공정은 단백질을 대량으로 분리정제 하기위하여 매우 적합한 방안으로 알려져 왔다. 그러나 또한 한외여과공정은 여타의 단백질 분리공정에 미하여 낮은 분리선택도가 문제되기도 한다. 단백질의 분리정제를 위하여 한외여과공정을 채택할 경우에 그 분리선택도를 높이기 위한 방안으로는 한외여과막의 공극 직경 혹은 MWCO 등을 조정하는 방안이 있으며 이외에 용액의 pH, TMP등의 변수를 조정하는 등의 방법으로 분리선택도를 어느 정도 높일 수 있는 것으로 보고된 바 있다. 그러나 이러한 방식으로 선택도를 약간은 높일 수 있지만 한외여과공정에서의 문제를 근본적으로 해결할 수는 없다.

한외여과공정에서의 단백질의 분리선택도를 높이는 또 하나의 방식으로 전기 한외여과법(electro-ultrafiltration)을 들 수가 있다. 전기한외여과법은 분리막의 상류부와 하류부에 각각 전극을 설치하고 전압을 가하는 방법으로서 단백질 농축시에 막의 fouling을 방지하는데 주로 사용되어온 방법이다. 그러나, 단백질의 정전기적 성질과 상호작용에 의해 단백질의 한외여과특성에 큰 영향을 미칠 수도 있으며, 경우에 따라서는 분리선택도도 크게 높일 수 있는 방법임이 본 연구에 의하여 밝혀졌다. 본 연구에서는 단백질의 주요성분인 albumin과 lysozyme의 수용액에서 각 성분의 한외여과 특성에 대한 전압의 영향을 연구하였다.

## 2. 이론

모든 단백질은 각자 특유의 성질로서 등전점(isoelectric point, PI)을 갖는다. 등전점이란 특정의 단백질 분자가 용액 내에서 전기적으로 중성을 띠게 되는 pH를 의미하며, 등전점보다 낮은 pH의 용액에서는 단백질 분자는 양전하를 띠게 되고, 등전점보다 높은 pII의 용액에서는 단백질 분자는 음전하를 띠게 된다. 두 성분의 단백질이 용액내에 존재하네 용액의 pH가 용액내의 단백질성분 각각의 등전점 사이의 구간으로 조정될 경우 높은 등전점의 단백질분자는 양으로 하전되고, 낮은 등전점의 단백질성분은 음으로 하전된다. 이러한 용액에 대한 한외여과공정에서 분리막의 상류부와 하류부에 직류전압을 걸어주면 막 상류부의 전극에는 전극과 반대로 하전된 단백질 분자에 대하여서는 인력이 작용할 것이며 전극과 동일하게 하전된 단백질 분자에 대하여서는 척력이 작용하여 전극으로부터 밀려날 것이나, 한편, 막 상류부의 전극으로부터 척력에 의해 밀려난 단백질 분자는 막 하류부의 전극에서의 인력에 의하여 끌여당겨질 것이며 결과적으로 높은 투과율을 보이게 될 것이며 막 상류부 전극에 대하여 인력이 작용하는 단백질 분자는 막 하류부의 전극에서 척력이 작용하고 결과적으로 낮은 투과율을 보이게 될 것이다. 이러한 정전기적인 효과가 막을 통한 선택투과성과 동시에 작용할 경우 한외여과공정의 선택도를 크게 증가시킬 수 있다. 즉 분자용적이 작아서 한외여과막을 통한 투과율이 높은 단백질에 있어서는 막 하류부의 전극으로부터의 인력이 작용하게 되며, 분자용적이 커서 투과율이 낮은 단백질에 있어서는 막 하류부의 전극으로부터 척력이 작용하는 경우 결과적으로는 한외여과공정의 투과선택도는 크게 증폭될 것이다.

## 3. 실험

본 연구에서는 아래의 그림 1과 같은 내경 4 cm, 높이 5 cm의 투과셀을 제작하여 실험하였다. 실험에 사용된 단백질 용액으로는 난단백의 주요 성분인 albumin과 lysozyme을 Sigma에서 구입하였으며 이를 증류수에 용해시켜 제조하였다. 사용된 한외여과막은 Millipore사의 재생 셀룰로즈 한외여과막을 구입하여 사용하였으며, 한외여과막의 MWCO는 각각 10,000, 30,000 및 100,000로 선정하였고 투과셀 상부에는 진소르서 가압하여 35 bar의 TMP가 작용하도록 하였다. 투과셀의 막 상류부와 막 하류부 부위에 각각 매김 재질의 전극판을 설치하였다. 막 상류부에는 양전극을, 그리고 막 하류부에는 음전극을 설치하였으며 0~80V 구간의 전압을 걸면서 실험에 임하였다.

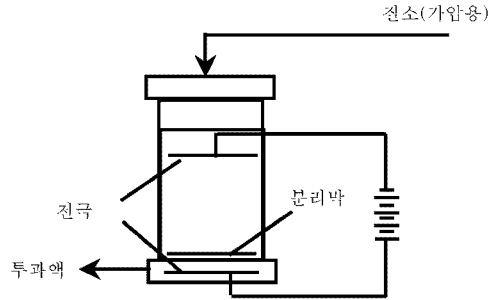


그림 1 선원장치

#### 4. 결과 및 토론

그림 2는 pH 7의 albumin 용액이 투과할 때 투과된 용액에서의 albumin 의 농도를 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 전극에 가하는 전압이 증가함에 따라 투과용액 내의 albumin의 농도는 감소하였다. 이는 용액의 pH가 albumin의 등전점(4.5, 6.1)보다 높으므로 용액 내에서는 albumin이 음전하를 띄게 되며 막 하류부의 음전극과는 척력이 작용하게 되어 막을 통한 투과가 저하되기 때문이다. 반면 그림3에서 볼 수 있듯이 pH 7의 lysozyme 용액이 투과하는 경우 전압이 증가함에 따라서 투과된 용액에서의 lysozyme 의 농도는 증가하였다. 이는 용액의 pH가 lysozyme의 등전점(11)보다 낮으므로 용액 내에서는 양전하를 띄게 되며 막 하류부의 음전극과는 인력이 작용하여 막을 통한 투과가 촉진되기 때문이다. 이상과 같이 막을 분자량이 낮은 lysozyme의 막을 통한 투과가 촉진되고 높은 분자량의 albumin의 막을 통한 투과가 저하되며 결과적으로 한외여과공정을 통한 lysozyme의 albumin에 대한 고유의 투과선택도는 대폭 증가함을 알 수 있다.

#### 5. 참고문헌

- [1] B.H Chiang, C.K. Su, G.J. Tsai and G.T. Tsao, Egg white lysozyme purification by ultrafiltration and affinity chromatography J. Food Sci.58(1993)303

- [2] S. Saksna and Andrew L. Zydney, Effect of solution pII and Ionic strength on the separation of albumin from immunoglobins by selective filtration, *Biotech. Bioeng.*43(1994)960
- [3] E. Iritani, Yu. Mukai and Y. Kiyomoto, Elect of electric field on dynamic behaviors of dead-end inclined and downward ultrafiltration of protein solutions, *J. Membr. Sci.*164(2000)51
- [4] Peter Zumbush, Walter Kulcke, Gerd Brunner, *J. Membr. Sci.*142(1998)75

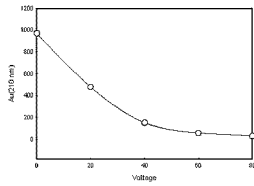


그림 2 투과용액 내의 albumin 농도

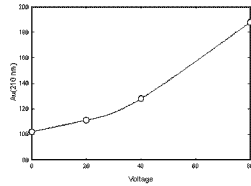


그림 3 투과용액 내의 lysozyme 농도