

일반강연 II-10

## 부식산 분리에 대한 한외여과공정의 최적화와 영향인자 해석

송근호, 오한기, 이광래  
강원대학교 화학공학과

**Analysis of Influencing Factors and Optimization of  
Ultrafiltration Process for Separation of Humic Acid**  
Gun-Ho Song, Han-Ki Oh, Kwang-Rae Lee  
Department of Chemical Engineering, Kangwon National University

### 1. 서론

부식질은 동식물의 생화학적 분해과정에서 생성되어 하천, 토양, 바다, 및 수중에 넓게 분포하고 있다. 이러한 부식질은 벤젠기 및 카르복실기가 포함되어 있는 방향족성 고리를 주로 가지는 복잡한 천연고분자 화합물로 알려져있으며, 수중의 금속이온이나 토양 속의 무기질, 광물질 등과 복합물을 형성하여 인체에 유해한 성분으로 전환되어진다. 최근에는 정수장의 수처리과정중 발암물질인 THMs(trihalomethanes)형성의 전구체임이 밝혀졌고, 폐수나 용수의 처리시 중금속과의 착물을 형성하여 유해물질 처리에 어려움을 주고 있다. 이러한 부식산을 처리하기 위해 기존에는 응집제를 사용하여 제거하였으나, 2차오염물질의 배출로 2차처리의 문제점을 가지고 있다. 따라서 비교적 분리·회수가 용이하고 상변화를 수반하지 않는 저에너지 방식의 한외여과막공정을 도입하였고, 막의 성능에 영향을 미치는 영향인자들의 크기와 상호관계를 규명하여 최적화를 실시하였다. 이를 위해 응답표면분석법을 이용하여 인자들의 영향을 각각 개별적으로 고찰하였으며, 인자들간의 영향을 규명하고 수식화함으로써 공정상의 최적운전조건을 제시하고자 하였다.

### 2. 실험

실험에 사용된 막의 저항을 구하기 위하여 한외여과 실험장치에 막을 설치한 후 압력(3atm), 온도( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ )에서 12시간이상 압밀화시킨후 압력을 변화시키면서 순수(증류수)의 투과실험을 실시하였다. 중공사막(SKC - Polysulfone : MWCO=10000)을 사용하였으며 유량 20, 30, 40cc/min, 부식

산의 농도 10, 40, 70ppm으로 각각 압력을 1, 2, 3atm으로 일정하게 유지시키며 측정하였다. 실험은 펌프 작동 10분 후부터 측정하였고, 막의 투과량(flux)은 일정시간동안 투과된 투과액의 부피를 측정하였다. 공급용액 및 투과액의 부식산 농도는 UV-스펙트럼을 사용하여 측정하였다. 또한 막에서의 오염 및 저항을 계산하기 위해 실험 후 순수한 물로 30분간 세척한 후 압력을 변화시켜가며 순수한 물의 막투과량을 측정하여 막의 저항과 오염을 계산하였다.

### 3. 결과 및 토론

실험에서 투과량(flux)은 최대가 되는 영역, 저항과 투과농도는 최소가 되는 영역을 중심으로 하여 분석하였고, 한외여과막의 부식산 분리공정 중 투과 플럭스를 최적화 시킬 수 있는 운전조건을 제시하기 위해 반응표면분석결과를 SAS의 G3D(3-dimensional surface plot)를 사용하여 등투과율 곡선의 형태로 나타내었다. Fig.1은 유량, 도입농도, 압력차( $\Delta P$ )에 따른 투과플럭스의 등고선을 나타낸 것이다. 동일농도에서 유량과 압력차가 증가함에 따라 투과플럭스도 증가하였으며 최적운전조건은 공급농도 38.5~40ppmHA, 유량 30~31cc/min, 압력 2~3atm일 때 투과플럭스는  $23\sim 36.8 \times 10^{-2} \text{ cc}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 을 나타내었다.

Fig.2는 막오염인 저항에 대한 등저항곡선을 나타내었다. 동일농도에서 압력차와 공급유량의 변화에 따라 막오염(fouling)의 변화가 심하다는 것을 알 수 있고, 압력이 낮아질 때 유량이 증가하면 막오염이 감소하는 경향을 나타냈다. 유량 30cc/min, 압력 2atm일 때 막오염이 최대가 되는 것으로 나타났다. 막오염에 대한 최적운전조건은 농도 39~40ppmHA 유량 30~37.5cc/min 압력 1.33~2atm일 때 막저항은  $73.7\sim 84.4 \text{ atm} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{min} \cdot \text{cc}^{-1}$ 을 나타내었다.

투과부에서의 부식산 농도를 Fig.3에 나타내었다. 농도가 낮을수록, 유량이 빠를수록 투과부의 부식산 농도는 낮아지는 것을 알 수 있다. 최적 투과농도는 농도 10.1~40ppmHA 유량 30~31cc/min 압력차 19.7~2atm일 때 투과농도는 0.48~1.4ppmHA를 나타내었다. SAS에 의한 실험결과분석에서 투과플럭스의 영향을 미치는 요인은 압력차의 영향이 크고, 막오염은 유량과 압력, 투과농도는 공급액의 농도 영향이 큰 것을 알 수 있다.

### 4. 참고문헌

1. Development of Environmental Toxicological Methods for the Assessment of Chemical Compound(VI), 91 국책연구개발사업, 과학기술처
2. A. Heintz, W. Stephan, J. of Membrane Sci., 89, 153-159, (1994)
3. J.S. Kim, E.S.K. Chian, F.M. Saunders, E.M. Perdue, and M.F. Giabbai., Georgia Institute of Tech., Atlanta., Am. Chem. Soc., (1989)
4. J. Mallevalle, G. Anselme, and O. Marsigny, "Effects of Humic Substances on Membrane Process", American Chemical Society, (1989)
5. G. R. Alken, D. M. Mcknight, R. L. Wershaw, "Humic Substances in Soil, Sediment, and Water", A Wiley-Interscience Pub., (1985)
6. C. Jucker, M. M. Clark, J. Membrane Sci., 97, 37-52, (1994)
7. P.M. Berthouex, L.C. Brown, "Statistics for Environmental Eng." LEWIS Pub., 223-230, (1994)
8. 성내경, "SAS/GRAPH-통계그래픽스", 자유아카데미, 서울, (1995)

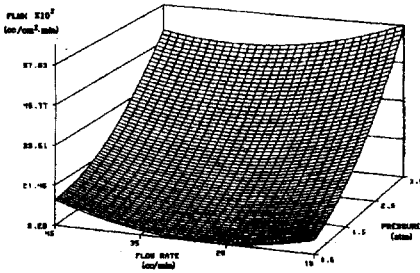


Fig.1. Response surface for flux of feed flow rate and pressure difference during ultrafiltration process

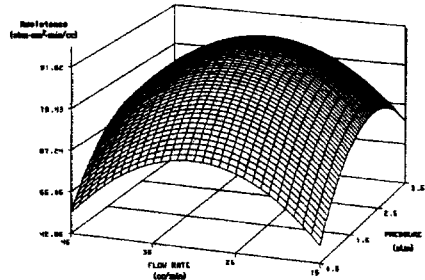


Fig.2. Response surface for resistance of feed flow rate and pressure difference during ultrafiltration process

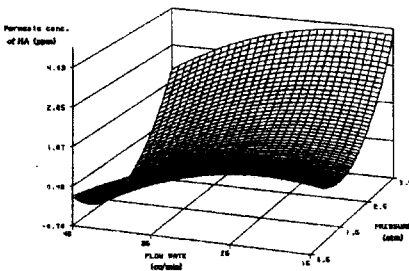


Fig.3. Response surface for permeation conc. of HA of feed flow rate and pressure difference during ultrafiltration process