

일반강연 II-8

## Humic Acid에 의한 UF막의 Fouling Mechanism

송근호, 이상인, 오한기, 이광래  
강원대학교 화학공학과

### Fouling Mechanism of Ultrafiltration Membrane by Humic Acid

Gun-Ho Song, SAng-In Lee, Han-ki Oh, Kwang-Rae Lee  
Department of Chemical Engineering, Kangwon University

#### 1. 서론

Humic acid는 상수원으로 이용되는 자연수 및 산업, 축산폐수 또는 침출수 등 모든 수질계에 널리 분포하고 있고, 용수 및 폐수 속의 용존 유기탄소 화합물중 50~100%를 차지하는 주된 성분이다. HA는 정수 처리과정에서 응집의 교란, 활성탄의 비가역적 막힘 현상(fouling), 중금속류와의 착물 형성 등의 문제점이 있고, 최근에는 염소 소독과정에서 잔류염소와 반응하여 THMs(Trihalomethanes)를 형성 (humic acid가 원인 물질)하는 전구체로 밝혀졌다. 따라서 HA를 제거하기 위해 기존에는 냉동농축법, 냉동건조법, 액체추출법, 음이온교환법, 흡착 등의 방법이 있었지만 농축계수가 낮고 운전비가 고비용이라는 단점과 공정의 연속적인 처리가 용이하지 않다는 점이 있다. 이러한 점을 고려하여 십자류 흐름의 중공사형 한외여과막을 도입하였으며, humic acid 분리 공정 중 막내에서의 오염(fouling) 현상과 다양한 공정 변수와의 상관 관계를 규명하기 위해 연구를 수행하였다.

#### 2. 실험

한외여과 막내의 압력은 막양단에 압력조절밸브를 설치하여 압력을 조절하였고 막 양단에 압력계를 설치하였다. 용액은 교반기에 부착된 저장탱크에 120rpm의 속도로 교반시켰다. 도입부의 유량을 일정하게 유지하기 위해 미량정량 펌프를 사용하였고 막의 출구부분은 liquid flow meter와 기록계를 설치하여 유량을 측정하고 투과부는 메스실린더를 사용하여 측정하였다. 모든 실험에 도입유량의 변화를 측정된 결과 초기상태의 유량과 비슷한 값을 나타내므로 도입부의 유량은 일정함을 확인하였다.

실험에 사용된 막의 저항을 구하기 위하여 한외여과 실험장치에 막을 설치한 후 압력을 4~5 atm, 온도( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ )에서 12시간이상 압밀화시킨 다음

순수(증류수) 투과 실험을 조작 압력을 변화시켜가며 실험하였다. SKC-Polysulfone막(MWCO=10000)을 사용하여 humic acid의 농도를 10, 40, 70 ppm으로 각각 압력을 1, 2, 3 atm으로 일정하게 유지시키면서 실험하였고, 막내의 용액의 흐름이 정상상태에 도달한 이후부터 측정하였고, 막의 투과 flux는 일정시간동안 투과된 투과액의 부피를 측정하여 구하였다. 도입용액 및 투과액의 농도는 UV-스펙트럼으로 측정하였다. 또한 막에서의 오염 및 저항을 계산하기 위하여 실험이 끝날 때마다 증류수로 30분간 새척한 후 증류수만의 투과유속(pure water flux)를 측정하여 막의 저항과 오염을 계산하였다.

### 3. 결과 및 토론

Polysulfone재질의 막을 사용하여 한외여과 모듈을 제작한 후 증류수를 이용하여 0.5, 1, 2, 3 atm으로 압력을 변화시켜가며 각 압력에서의 투과율을 측정하였다. 막에서 압력이 증가함에 따라 증류수의 투과율이 비례적으로 증가하는 것을 관찰할 수 있었으며, 측정된 범위 내에서 막의 압착으로 인한 투과율의 감소는 나타나지 않았다. 막 자체의 고유저항은 압력에 대한 투과 flux의 기울기 값으로 나타내어진다. 순수투과계수는  $3.11 \times 10^{-2}$  ( $\text{cc} \cdot \text{atm} / \text{min} \cdot \text{cm}^2$ )이고, 순수 막저항( $R_m$ )은  $2.187 \times 10^{11} \text{ cm}^{-1}$ 이었다. humic acid의 농도결정은 UV-스펙트럼의 다양한 파장에서의 흡광도 분석 결과 254 nm의 파장에서의 농도결정이 타당함을 알 수 있었다.

흡착, 세공 막힘, 농도분극으로 인한 투과감소의 상대적인 기여도를 결정하기 위해 저항연결모델을 이용하여 계산한 결과를 Table 1에 나타내었다.

막에서의 fouling에 의한 저항은 농도 40 ppm, 30 cc/min의 경우 압력이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으나 70 ppm, 40 cc/min의 경우는 감소하는 경향이 나타났다. 제거율과 막과의 fouling과의 상관관계 면에서 본다면 70 ppm의 HA용액이 가시적인 제거율은 높았지만 투과 flux의 양이 적고 fouling이 심한 반면에 40 ppm의 HA의 경우 제거율과 투과 flux가 높을 뿐만 아니라 막에서의 fouling도 적게 나타났다. 또한 유량을 20, 30, 40 cc/min으로 바꾸어서 실험한 결과 30 cc/min에서 최대 flux를 나타내었다.

### 4. 참고문헌

1. A. Heintz, W. Stephan, J. of Membrane Sci., 89, 153-159 (1994)
2. C. Jucker, M. M. Clark, J. Membrane Sci., 97, 37-52 (1994)
3. J. Mallevialle, G. Anselme, and O. Marsigny, "Effects of Humic Substances on Membrane Process", American Chemical Society (1989)

4. G. R. Alken, D. M. Mcknight, R. L. Wershaw, "Humic Substances in Soil, Sediment, and Water", A Wiley-Interscience Pub., (1985)
5. H.M. Yeh, H.H. Wu, J. of Membrane Sci., 124, 93-105 (1997)

**감사**

본 연구는 "1998년도 한국학술진흥재단 대학부설연구소과제 연구비"에 의한 "분리막에 의한 부식산의 분리제거에 관한 연구" 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

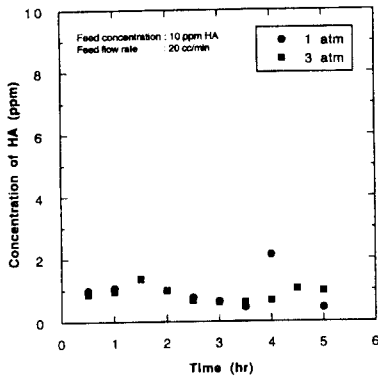


Fig. 1. Conc. of HA according to time in permeate side.

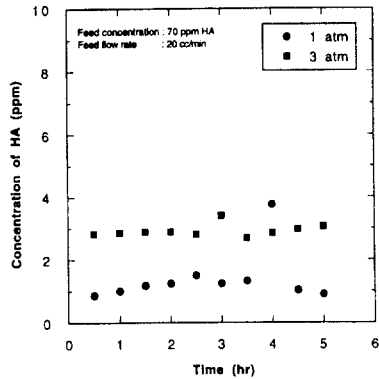


Fig. 2. Conc. of HA according to time in permeate side.

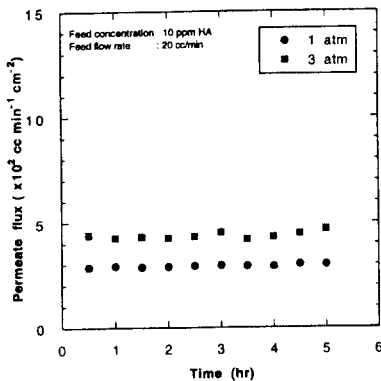


Fig. 3. Permeate flux according to time.

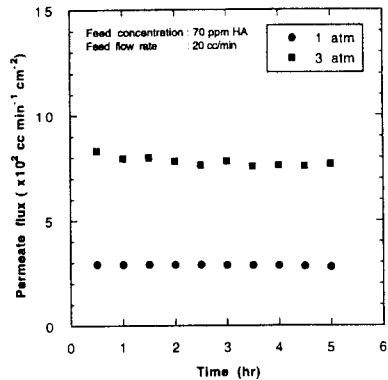


Fig. 4. Permeate flux according to time.

Table 1. membrane resistance at various operating condition

Feed Conc. of HA(ppm)	Feed flow rate (cc/min)	$\Delta P$ (atm)	Resistance	
			$R_m + R_f$ ( $m^{-1}$ ) $\times 10^{-11}$	$R_f$ ( $m^{-1}$ ) $\times 10^{-11}$
40ppm	30cc/min	1	3.26	1.07
		2	3.58	1.39
		3	3.66	1.47
70ppm	40cc/min	1	4.61	2.42
		3	4.60	2.41
10ppm	20cc/min	1	4.54	2.35