

## 전기장 장치를 이용한 멤브레인 파울링 제어

최영훈, 한포근, 이상화, 김영범\*, 곽종운\*  
경원대학교 화학생명공학과, (주)에코노벨 기술연구소\*

### Control of Membrane Fouling by Electrostatic Pretreatment

Y. H. Choi, P. G. Han, S. W. Lee, Y. B. Kim\*, J. W. Kwak\*  
Kyungwon University, Econovel Co. Ltd.\*

#### 1. 서 론

최근 분리막을 이용하여 수처리 효과를 증가시키는 연구가 증가되고 있다. 그러나 멤브란의 파울링 현상은 미생물, 유기 및 무기입자에 의한 공극 막힘, 스케일형성, biofouling 등으로 멤브란 장치의 실용화에 걸림돌이 되고 있다. 이와 같은 파울링을 방지하기 위해서는 콜로이드입자 표면의 전위를 변화시켜 입자의 분산성을 향상시키고 미생물의 성장억제가 필요하다. 전극사이에 형성되는 강한 전기장을 이용하는 electrostatic 전기장 장치는 멤브란 파울링의 주요 성분인 콜로이드 입자의 표면전위를 변화시켜 분리막의 파울링 효과를 저감시킬 수 있는 전처리 장치로써 활용이 가능하다.

본 연구에서는 멤브란 파울링의 주요 성분인 콜로이드 입자의 표면전위의 변화를 유도하여 colloid fouling을 억제하고 분리막의 처리효과를 증가시키는 연구를 진행시키고자 한다. 따라서 0.1 wt% SiO<sub>2</sub> 현탁입자가 함유된 원수의 멤브란 투과실험을 진행함으로써 전기장 효과에 의한 콜로이드 입자의 제타전위(zeta-potential)의 변화 및 이에 따른 멤브란의 파울링 효과를 분석하고자 한다.

#### 2. 실험

0.1 wt% SiO<sub>2</sub> 현탁입자가 함유된 원수를 제조하여 UF막을 통한 투과유

속 변화를 고찰하였다. UF 장치는 (주)유일정공에서 제작한 막분리장치를 이용하였는데 탱크용적 2L의 원수탱크가 부착되어 있으며 유량과 압력조절은 by-pass valve와 pressure-control valve를 통해 각각 2~6L/min(LPM), 0.5~3.0 kg/cm<sup>2</sup>까지 조절 가능하다. 이때 실험에 사용한 UF(GR95PP)의 MWCO는 각각 1000과 2000 이었고 운전온도는 상온으로 유지하였다. SiO<sub>2</sub> 입자의 사이즈는 100-200 nm이고 측정된 제타전위 값은 약 -20 mV로 측정되었다. 전기장 전처리 장치를 이용한 멤브란 파울링 제거를 위해 (주)에코노벨 Innoclean S-20 장치를 사용하였다.

### 3. 결과 및 토론

#### 3.1. 전기장 및 압력에 따른 효과

본 실험에 사용한 DDS 멤브란(MWCO=1000)의 수투과도 실험을 진행하였다. Feed 유량에 따른 투과유속의 변화를 살펴본 결과 압력의 증가에 따라 투과유속이 선형적으로 증가하는 양상을 나타내 주었다.

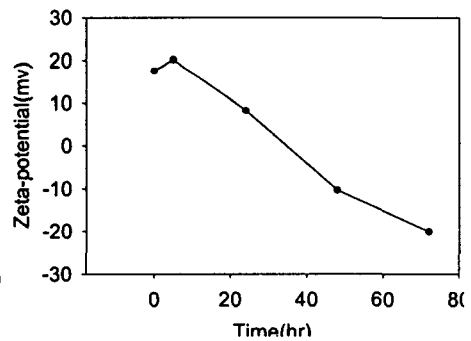
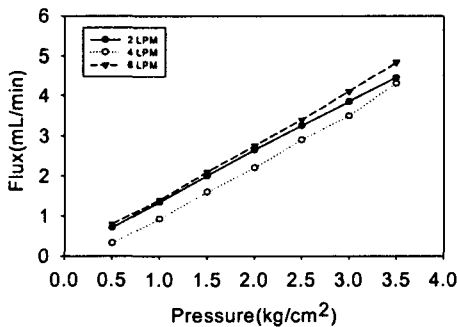


Fig. 1. Water flux at various feed velocity with the increase of transmembrane pressure.

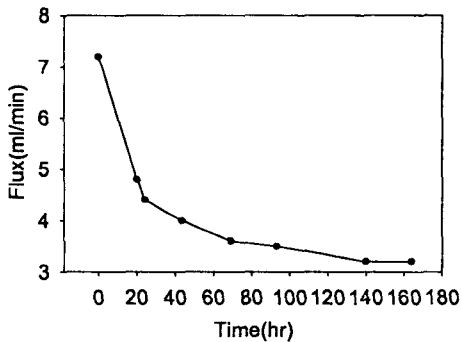
Fig. 2. The variation of zeta-potential of SiO<sub>2</sub> through electrostatic device with the elapse of time.

Fig. 1을 살펴보면 4 LPM의 조건하에서 얻은 투과유속이 2 LPM 혹은 6 LPM에서 얻은 값보다 작게 나왔다. 이론적으로 feed 유량에 상관없이 동일한 압력의 의존성을 나타내 주어야 하므로, 이러한 차이는 실험상 오차

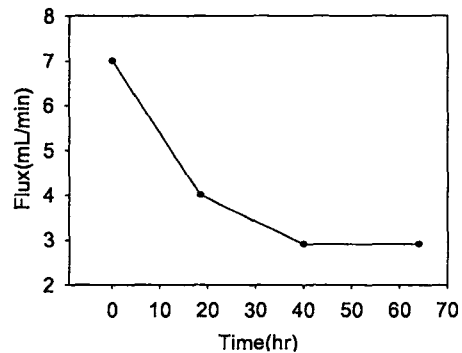
에 기인한다고 볼 수 있다. 또한 실험에 사용할 전기장 장치의 특성을 고찰하기 위해 1.0 wt%의  $\text{TiO}_2$  수용액을 제조하여 전기장 장치와의 접촉시간에 따른 제타전위 값의 변화를 살펴보았다. 이때 reflux 유량은 4.0 LPM으로 유지하였다. Fig. 2를 살펴보면 약 60시간 이후에는  $\text{TiO}_2$  입자의 제타전위가 약 -20 mV로 감소한 것을 알 수 있다.

### 3.2. pH 변화에 따른 Flux 측정

0.1 wt%  $\text{SiO}_2$  현탁입자가 함유된 원수의 투과유속 변화는 유량 4.0 LPM, 압력  $2.0 \text{ kg/cm}^2$ 의 조건하에서 측정하였으며, 시간별로 샘플링 하여 제타전위, 사이즈분포, pH의 변화를 측정하였다. 또한 원수용액의 pH를 3.0으로 맞추어 수용액에 분산된  $\text{SiO}_2$  입자의 제타전위 값을 zero로 맞춘 후 시간에 따른 투과유속의 변화를 비교하였다.



**Fig. 3.** Flux decline for 0.1 wt%  $\text{SiO}_2$  aqueous solution (pH5.0) with the elapse of time.



**Fig. 4.** Flux decline for 0.1 wt%  $\text{SiO}_2$  aqueous solution (pH3.0) with the elapse of time.

$\text{SiO}_2$  현탁입자가 분산된 원수는 약 pH6.0을 나타내 주는데 Fig. 3에서 보는 바와 같이 약 70시간 이후에 투과유속이 일정하게 나타났다. 입자의 사이즈 및 제타전위 값은 멤브란 투과시간 관계없이 거의 일정한 값을 유지하였다. 즉 입자의 크기는 약 193.6 nm, 제타전위는 -11.98 mV로 측정되었다. pH를 조절하여  $\text{SiO}_2$  입자의 제타전위를 약 영으로 맞춘 후 멤브란 투과 실험을 진행한 결과 투과유속의 감소가 뚜렷하게 빨리 나타났으며 약

40시간 이후에 투과유속이 일정한 값을 나타내 주었다. 이때 SiO<sub>2</sub> 입자의 크기 및 제타전위는 각각 190.7nm, 0.83mV로 일정하게 나타났다. 즉 전기장 장치를 통과하지 않은 경우는 입자의 크기 및 제타전위의 변화가 없는 것을 확인할 수 있었다. 또한 pH 조정에 따라 분산된 입자의 제타전위를 영으로 수렴시키면 입자간의 응집현상이 두드러지게 나타나서 결국 멤브란의 파울링 효과도 증가하는 것을 알 수 있다.

#### 4. 참고 문헌

- [1] M. Michael Pitts Jr., Fouling Mitigation in Aqueous Systems Using Electrochemical Water Treatment, *Engineering Foundation Conference*, Jun 18-23 (1995), American Institute of Chemical Engineers, California, USA.
- [2] Munir Cheryan, *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*, 2nd. Edition, CRC Press, New York (1998).
- [3] Sangwha Lee, Jeeheui Jang, Jongwoon Kwak and Youngchul Lee, "Ultrafiltration of Wastewater Containing PVA in Bench Scale Test," *Environmental Technology*, **20**, 277-283(1999).
- [4] 허해명, 이영철, 최승일, 곽종운, 이상화, "염색폐수 처리에 따른 한외여과막의 파울링 특성," *대한환경공학회지*, **21(6)**, 1055-1061(1999).