

PEGA를 이용한 역삼투막의 개질 및 내오염성 평가

최형우, 문정미, 박지혜, 홍성표, Shivanand Teli, 탁태문*

서울특별시 관악구 신림동 산 56-1 서울대학교 바이오시스템·소재학부*

Surface modification of Reverse Osmosis membranes using PEGA

Hyoung-Woo Choi, Jung-Me Moon, Ji-Hye Park, Sung-Pyo Hong,
Shivanand Teli, Tae-moon Tak*

Department of Biosystems and Biomaterials Science and Engineering, Seoul
National University, San 56-1, Sillim-dong, Seoul 151-921*

1. 서론

역삼투(Reverse Osmosis) 분리막을 이용한 공정은 증발법, 침전법, 흡착법 등 기존의 분리공정에 비해 에너지 소비가 적고 원수의 부유물질뿐만 아니라, 극미세 물질인 이온까지 여과할 수 있는 최첨단 분리기술이다. 역삼투 분리막은 용액에서 이온을 제거할 수 있는 성능 덕분에 주로 염분을 제거하기 위한 목적으로 쓰인다. 또한 전자부품 세척용 초순수 제조, 의료 및 제약용 순수 제조분야, 하수나 폐수의 재활용, 식품농축 등 다양한 분야에서 쓰이고 있다. 그 중 PA계 역삼투 분리막은 높은 염배제율, 고유량, 고내구성과 미생물에 쉽게 분해되지 않는 성질을 지녀 현재는 역삼투 분리막 시장의 90% 이상을 차지하고 있다. 하지만 운전 중에 필연적으로 발생하는 막오염 현상 때문에 투과유속 감소와 주기적인 세척 공정이 필요하게 되며, 이는 공정 전체의 경제성을 떨어뜨리는 가장 큰 문제점이다. 역삼투 분리막의 특성상 전처리과정, 세정 등의 방법은 막의 오염에 대한 근본적인 해결책이 되지 못하고 막에 손상을 주어 성능을 저하시키고 수명을 단축시킨다. 본 연구에서는 친수성 고분자물질은 PEGA를 합성하여 이를 이용해 역삼투 분리막의 표면을 개질함으로써 분리막의 내오염성 부여에 관한 연구를 수행하였다. 웅진케미칼의 RE8040-BE를 대상으로 하여 분리막의 표면 특성, 투과 성능의 변화를 비교 분석하였다.

2. 실험

2.1 PEGA Homopolymer의 제조

Poly(ethylene glycol) acrylate (Mn: 375), AIBN, THF를 각각 모노머, 개시제, 용매로 하여 PEGA Homopolymer를 제조하였다. PEGA의 농도는 20wt%였으며 개시제인 AIBN의 양은 모노머 대비 1wt%였다. 반응 온도는 용매로 사용한 THF의 끓는점인 $66\pm 1^\circ\text{C}$ 였으며 19시간의 반응 후 petroleum ether와 MeOH용액에 침전시킨 후, 감압 여과 하였다. 얻어진 고분자와 혼합된 미반응 모노머를 제거하기 위하여 3번의 재침전법을 수행한 후 진공오븐에서 24시간 건조시켰다.

2.2 역삼투 분리막 표면개질

역삼투 분리막은 24시간동안 흐르는 DI에 넣어 건조에 따른 분리막의 손상을 방지하기 위하여 표면 처리된 글리세린을 제거하였다. 글리세린을 제거한 후 역삼투 분리막은 cell의 크기에 맞게 자른 후 실험에 사용되었다. 우선 PEGA homopolymer용액에 dipping 후에 GA를 이용하여 코팅 층의 내구성 부여를 위한 추가 가교반응을 진행하였으며 이후 DI에서 보관하였다.

2.3 분리막 표면 분석

표면 개질 전후 역삼투 분리막의 표면과 단면의 구조를 확인하기 위해 Scanning Electron Microscope를 이용 하였다. 또한 막 표면의 친수화 정도를 측정하기 위해 접촉각 측정기를 이용하여 막 표면의 접촉각을 측정하였다. 분리막 표면의 관능기는 적외선 분광광도계(FT-IR spectroscopy)를 이용하여 측정하였다. 이후 X-ray Photoemission Spectroscopy(XPS), Atomic Force Microscope 데이터를 얻어 분리막의 표면특성을 분석하였다.

2.4 투과성능평가

표면 개질 전후 역삼투 분리막의 투과 유속(Flux)과 배제율(Rejection)을 측정하였다. PWF(pure water flux)는 225psi 압력에서 최소 1시간 동안 압밀화 한 후, 같은 압력에서 $25\pm 1^\circ\text{C}$ 의 증류수를 사용하여 측정하였다. 다양한 공급액을 225 psi에서 1시간 이상 운전한 후, 막이 정상 상태에 도달했을 때 동일한 압력 하에서 투과유속 및 배제율을 측정하였다. 공급액의 유속은 2.5~3.0 ℓ/min 으로 유지하였다. 또한 cross-flow 여과 방식에서 다양한 오염원에 의한 운전 시간에 따른 투과 유속의 변화와 회복율을 살펴보았다. 유입수로는 BSA 용액, humic acid

용액, *Escherichia coli* (*E.coli*)를 배양하여 일정 농도로 희석한 용액 등이 사용되었다.

3. 결과 및 토론

분리막의 표면특성을 관찰하고 표면의 roughness를 정량화하기 위하여 표면개질 전·후 RO막의 AFM 측정결과를 아래의 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1의 (a)와 (b)는 표면개질 전·후 RO막의 $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 크기의 이미지이고, (c)와 (d)는 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ 크기의 이미지이다. 그림에서 보는 것처럼 코팅처리를 한 분리막의 표면이 그렇지 않은 막과 비교하여 표면의 거칠기가 훨씬 감소한 것을 관찰할 수 있었다.

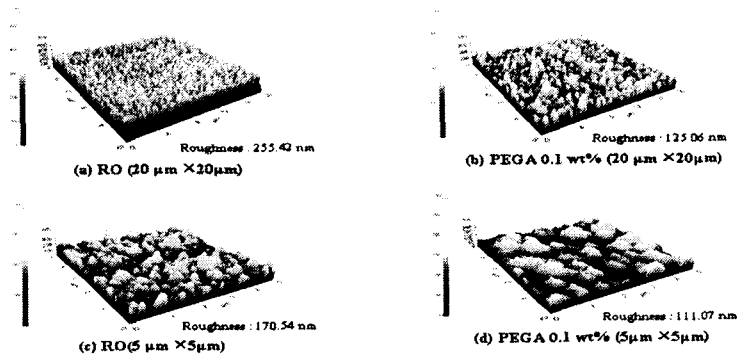


Fig. 1 AFM image of the RO and PEGA 0.1 wt% coated membranes (a) RO ($20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$) (b) PEGA 0.1 wt% ($20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$) (c) RO($5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$) (d) PEGA 0.1 wt% ($5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$)

Fig. 2는 표면 개질 전·후의 접촉각 측정 결과를 나타낸 것이다. PEGA Homopolymer를 이용하여 분리막의 표면을 개질할 시 친수화도가 증가함을 그림에서 확인할 수 있었다.

Fig. 3는 *E.coli*를 오염원으로 운전시작 후 2일과 4일후 초음파 세척을 통한 투과유속회복율을 나타내었다. 결과에서 알 수 있듯이 control RO막의 경우 2일 후에는 89.1% 4일후에는 82.8%의 회복율을 보인 반면, 개질된 RO막의 경우 2일 후에는 98.0% 4일후에는 97.5%로 운전초기 투과유량을 거의 회복하였다.

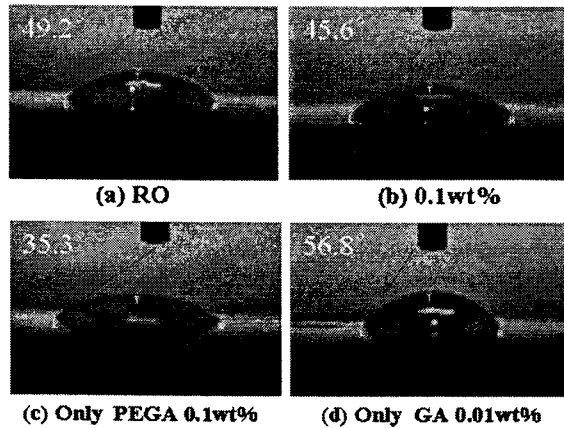


Fig. 2 Water contact angle of RO and modified RO membranes.

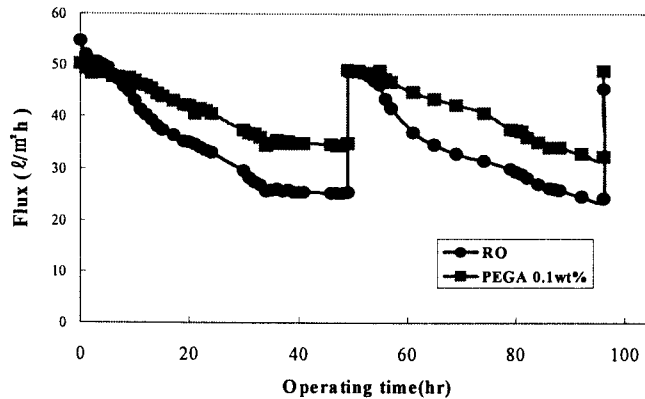


Fig. 3 Flux decline with operating time

4. 참고문헌

- [1] J.H Hyun, H.W Jang, K.C Kim, K.A Na and T.M Tak, Restriction of biofouling in membrane filtration using a brush-like polymer containing oligoethyleneglycol side chains, *Journal of Membrane Science*, 249, 52 (2006)
- [2] A. Asatekin, A. Menniti, S.T. Kang, M. Elimelech, E. Morgenroth and A.M. Mayes, Antifouling nanofiltration membranes for membrane bioreactors from self-assembling graft copolymers, *Journal of Membrane Science*, 285, 81 (2006)