

## Poly(dimethylsiloxane)/Ceramic 복합막을 이용한 투과증발에서의 선택도에 대한 온도의 영향

홍연기, 홍원희

한국과학기술원 화학공학과

대전광역시 유성구 구성동 373-1

### 1. 서 론

투과증발이란 비다공성 고분자막을 이용하여 수차, 확산 및 증발기구를 통해 액체 혼합물을 분리하는 기술이다. 따라서 투과증발의 분리효율은 고분자 막의 종류 및 형태의 다양성뿐만 아니라 여러 단계의 기구 특성에 의해 결정된다.[1] 일반적으로 투과증발막의 성능은 분리하고자 하는 물질에 대한 선택도와 투과도로 나타날 수 있다. 선택도와 투과도는 여러 가지의 조업변수에 의해 영향을 받게 된다. 일반적으로 투과증발에 있어서 선택도는 조업온도가 올라갈수록 낮아지며 반대로 투과도는 조업온도가 상승함에 따라 증가하는 것으로 알려져 있다. 하지만 복합막의 경우는 지지체의 영향으로 인해서 일반적인 경향과는 다소 다른 경향을 가지는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 Poly(dimethylsiloxane)과 세라믹 지지체의 복합막을 이용하여 IPA(Isopropanol)/물 계에서의 여러 조업변수에 따른 IPA의 분리특성을 연구하였다.

### 2. 이 론

투과증발에서의 막의 선택도와 투과도에 영향을 미치는 변수로서는 i)공급액의 조성, (ii) 조업 온도, (iii) 농도 분극, (iv) 하부압력 등이 있다.

공급액의 조성은 투과증발의 선택도와 투과도를 결정하는 가장 중요한 변수로서 일반적으로 공급액의 조성이 높을수록 선택도는 감소하고 투과도는 증가하는 것으로 알려져 있다. 이러한 영향은 대개의 경우 액체의 흡착과 막의 팽윤에 의해 설명이 된다.[2]

또한 투과증발에서 조업온도의 상승은 선택도의 감소 및 투과도의 증가라는 결과를 가져오게 된다. 조업온도의 상승에 따른 투과도의 증가는 흡착과 확산계수의 증가에 의해 설명이 가능하다. 그러나 선택도에 대한 조업온도의 영향은 고분자막과 용액의 인력 parameter나 온도에 따른 막 내부의 자유부피(free volume)의 증가 등으로 설명이 가능하다.

Lai[3]는 poly(dimethylsiloxanimide)막을 이용한 에탄올 수용액의 투과증발 실험에서 조업온도에 따른 선택도의 변화를 연구하였다. 이 연구에 따르면 온도에 따라서 선택도는 상승하다가 특정온도에 이르러 최고치를 나타내게 된다고 보고하였다. Rautenbach[4] 등은 Cellulose Acetate 복합막을 이용하여 조업 변수에 따른 알코올 수용액의 투과증발 특성을 고찰하였다. Rautenbach는 선택도에 대

한 지지체의 영향으로서 지지체의 pore에서의 capillary condensation을 고려하였다. 즉 지지체의 capillary내에서의 condensation에 따른 activity coefficient의 상승으로 인해서 고분자 막의 표면으로부터 생성되는 투과물질의 양이 지지체의 capillary를 지나가는 투과물질보다 많아진다는 것이다. 본 연구에서는 Rautenbach의 capillary condensation의 개념을 적용해서 온도에 따른 선택도의 변화를 해석 하였다.

### 3. 실험

#### (1) 시약

본 실험에서 사용한 PDMS는 LG-Dow사의 액상 RTV-3140이며 IPA(Isopropanol)는 Merck제품을 사용하였고 순도는 99.8%이다.

#### (2) 실험방법 및 분석

##### 가. 막의 제조

액상 PDMS를 hexan에 30%의 농도로 녹인다. 실리콘 관형 지지체를 제조된 PDMS용액에 dip-coating한 후 rotating-drying의 과정을 거치게 한다. 이때 관형막의 양끝은 sealing을 해서 관의 바깥쪽 면만 코팅이 되게 한다. PDMS의 가교반응은 rotating-drying중에 일어나게 되며 이러한 가교반응을 상온가교반응(Room-temperature-vulcanization)이라한다.

##### 나. 투과증발 실험 및 분석

투과증발 대상물질은 IPA/물이다. 투과증발막 하부에 걸리는 압력은 3.1mbar이며 공급액과 투과증발 모듈은 항온조를 이용하여 조업온도를 일정하게 유지하였다. 투과증발된 기체는 액체질소와 dewer bottle을 이용하여 포집하여 TCD가 장착된 기체 크로마토그래피를 이용하여 분석하였다.

### 3. 결과 및 토론

다양한 조업온도에 대해서 선택도를 비교하였다. 초기조성이 10wt% IPA/물에 대해서 실험한 결과를 그림 1에 나타내었다. 조업온도가 낮을 경우에 선택도가 낮은 것은 세라믹 지지체 내부에 존재하는 pore를 지나가는 물이 capillary condensation이 일어나면서 그 부분이 IPA의 투과를 방해하거나 투과증발에 전혀 기여하지 못하기 때문으로 설명할 수 있다. 하지만 조업온도가 올라감에 따라서 이러한 capillary condensation이 줄어들며 그에따라 IPA의 투과가 용이하게 되어 IPA에 대한 선택도는 증가하게 된다.

그림 3에서는 전체 농도구간에 대한 선택도를 나타내었다. 수용액상에서의 물의 양이 줄어들며 따라 pore내에서의 물에 의한 capillary condensation이 줄어들게 된다. 그러므로 조업온도가 상승함에 따라서 선택도가 감소한다는 일반적인

경향을 따르게 된다.

따라서 PDMS/세라믹 복합막을 이용한 저 농도 유기물 수용액의 분리에 있어서는 온도를 높여줄수록 경제적인 공정이 된다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 참고문헌

- [1] K.M.Song, *KAIST Ph.D Thesis* (1997)
- [2] Binay K.Dutta et al., *Separation and Purification Methods*, 25(2), 173 (1996-1997)
- [3] J.Y.Lai et al., *J. of Membr. Sci.* 93, 276 (1994)
- [4] Rautenbach et al., *J. of Membr. Sci.* 19, 1-22(1984)

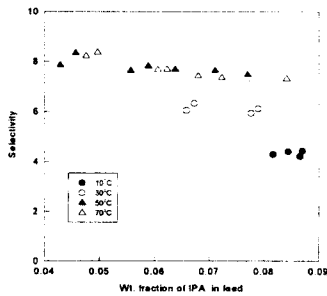


그림 1. 조업온도에 따른 선택도의 영향 (10wt% IPA/물)

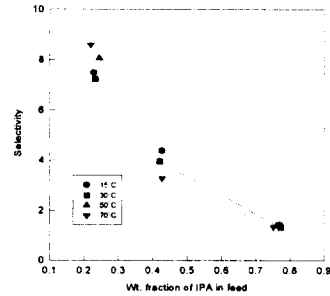


그림 3. 조업온도에 따른 선택도의 영향

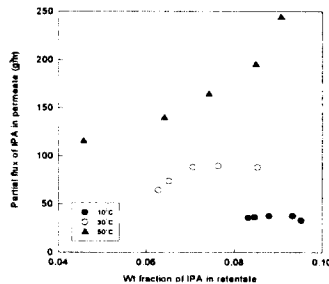


그림 2. 조업온도에 따른 IPA의 투과도의 영향 (10wt% IPA/물)