

일반강연 II-15

투과성분/투과성분, 투과성분/막 상호인력이 알코올/물 혼합용액의 투과증발 특성에 미치는 영향

이상학, 염충균, 이정민
한국화학연구소 화학공정연구센터

Effects of the interaction between permeant/permeant or permeant/membrane in the pervaporations of homogeneous series of alcohol aqueous mixtures

S. H. Lee, C. K. Yeom and J. M. Lee
Chemical Process and Engineering Center, Korea Research Institute of
Chemical Technology

1. 서론

일반적으로 투과증발 공정의 메카니즘은 용해-확산(solution-diffusion) 모델로 설명된다[1]. 이 모델에 의하면 투과현상은 액체분자들이 막을 통해 용해되어 들어가는 용해단계와 용해된 액체분자들이 고분자 막 내부의 free volume을 통해 막 하부쪽으로 확산되어 이동하는 확산단계, 마지막으로 하부쪽 막 표면으로 이동한 투과성분들이 하부쪽 막 표면에서 탈착되는 탈착단계의 세단계로 이루어진다. 따라서 투과증발 공정에서의 분리현상은 액체혼합물의 각 성분들의 투과속도 차이에 의해 얻어지며, 주로 위 세단계중에서 용해단계와 확산단계에 영향을 받는다. 각 투과성분들간의 용해도와 확산도의 차이는 투과성분들과 막간의 상호인력뿐만 아니라 투과성분들간의 상호인력에도 큰 영향을 받는다. 특히 극성/극성 성분으로 이루어진 혼합용액의 분리시 이들간의 인력이 투과거동에 끼치는 영향은 지대하다.

본 연구에서는 투과증발을 이용한 알코올/물 혼합액의 탈수 공정에서 막과 투과성분과의 상호인력과 투과성분간(알코올/물)의 상호인력이 투과거동에 미치는 영향에 대하여 관찰하였다. 이를 위해 methanol/물, ethanol/물, n-propanol/물 혼합액을 조성과 온도를 변화시키면서 그 투과거동을 관찰하였다.

2. 실험

본 연구에서는 methanol/물, ethanol/물, n-propanol/물 혼합액의 투과증발에 의한 탈수를 위하여 친수성인 Poly(vinyl alcohol)막을 사용하였다. PVA막은 10 wt.%의 PVA 수용액을 유리판 위에 캐스팅한 후 30 % Glutaraldehyde 수용액을 5 vol.% 첨가한 acetone 용액에 담가 30 °C에서 1시간 30분동안 가교반응 시킨 뒤 에탄올로 세척하여 진공오븐에서 완전히 건조하여 사용하였다. 제조된 PVA 막을 사용하여 methanol, ethanol, n-propanol 수용액에 대한 각각의 sorption property를 알아보기 위해 70~100 wt.% 알코올 수용액을 제조하여 팽윤실험을 실시하였다. 투과증발 실험은 각각의 알코올 수용액에 대하여 70~97 wt.% 조성범위에서 실시하였으며 각 조성마다 온도를 30, 40, 50 °C로 변화시키면서 실시하였다. 투과물의 조성은 Gas Chromatograph를 사용하여 조사하였다.

3. 결과 및 토론

그림 1은 각각의 알코올 수용액에서 실시한 팽윤실험 결과이다. 그림에서 보듯 팽윤도는 methanol, ethanol, n-propanol 순으로 큰 것을 알 수 있다. 투과성분과 막과의 상호인력은 막의 intrinsic sorption property를 결정한다. 즉 투과성분과 막간의 상호인력이 큰 경우 막 내부의 투과성분에 대한 용해도가 커져 높은 팽윤도를 나타내게 되며 이것은 알코올의 함량이 높은 조성에서 큰 투과량을 유도하게 된다. 그림 2에서 보듯 알코올 함량이 높은 경우 투과량은 팽윤도의 결과와 일치함을 알 수 있다. 그러나 물의 함량이 증가할수록 이러한 현상이 완전히 역전되는 현상을 볼 수 있으며 이러한 현상은 물의 함량이 증가할수록 더 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 물의 함량이 증가할수록 투과성분간의 상호인력이 증가함에 따라 나타나는 현상이라고 설명할 수 있다. 투과성분간의 상호인력이 비교적 큰 methanol과 ethanol의 경우 물의 함량이 증가하면 알코올과 물간의 인력에 의해 확산단위의 크기가 커지게 되고 결과적으로 이것은 투과량의 증가폭을 상대적으로 감소 시키며, 알코올이 물과 coupling을 이루어 투과하게 돼 그림 2에서 보듯 선택도가 감소하는 원인이 된다. 그러나 물과의 상호인력이 크지 않은 propanol의 경우 물의 함량이 증가할수록 투과량의 증가폭이 상대적으로 크며 선택도가 높은 것을 알 수 있다. 이와 같은 투과성분간의 상호인력은 온도가 증가할수록 약해진다. 따라서 온도가 증가할수록 알코올과 결집 돼 있지 않은 물의 수가 증가하여 물의 투과도가 증가한다. 따라서 온도가 증가할수록 선택도는 증가한다.

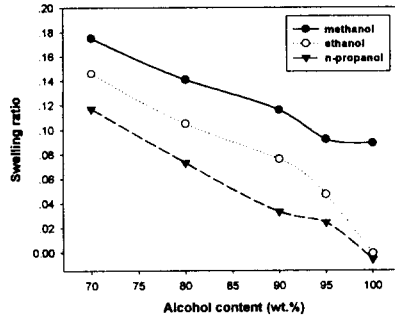


그림 1. 알코올 함량에 따른 팽윤율의 변화

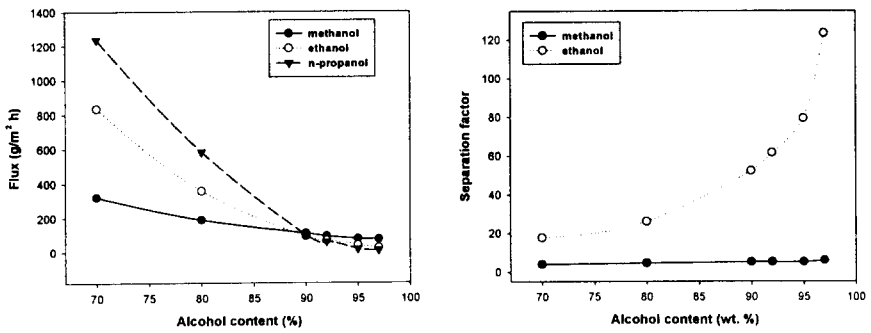


그림 2. 알코올 함량에 따른 투과량의 변화와 선택도의 변화 (propanol의 선택도는 5000 이상으로 실험에 사용한 GC 로는 분석할 수 없어 도시하지 않았음)

4. 참고문헌

1. J. Neel, " Pervaporation", in "membrane separations technology Principles and applications' R. D. Noble and S. A. Stern, Ed., p. 143, Elsevier Science, NY(1995)