

투과증발법을 이용한 물/n-부탄올 이성분계의 분리

지기용, 이용택[†]

경희대학교 환경·응용화학대학 화학공학전공

Separation of water/n-butanol mixture by pervaporation

Ki-Yong Jee, Yong-Taek Lee[†]

Department of Chemical Engineering,
College of Environment and Applied Chemistry
Kyung Hee University

1. 서론

세계는 화석 연료의 과도한 사용으로 인한 고갈과 환경오염이라는 커다란 두 가지의 문제에 직면하고 있다. 최근 고유가가 지속되고 있고, 온실가스 배출 증가 및 지구 온난화 등의 심각한 환경문제로 인하여 대체 가능한 신·재생에너지의 개발에 관심이 모아지고 있다. 신·재생에너지 중 바이오에너지는 유가 등락 등에 영향을 받지 않고 공급될 수 있으며, 친환경적인 에너지라는 이유로 각광을 받고 있다. 현재 바이오연료 개발을 선도해 온 브라질, 미국, EU에 이어 최근 일본, 중국 등에서도 바이오에너지 도입을 적극적으로 추진하고 있다. 우리나라의 경우 바이오에너지 개발 및 보급은 아직 저조한 수준이나, 에너지 수요 증가 및 온실가스 감축 의무부담 등의 상황을 고려해 볼 때, 바이오에너지 개발에 적극적으로 투자할 필요가 있다. 미국에서 옥수수를 공급재료로 생산되는 에탄올은 옥수수 가격 상승과 제한된 바이오에탄올의 수급 등의 단점 등으로 차세대 바이오연료로서 어려움을 겪고 있다. 이러한 상황에서 개발되는 바이오부탄올은 기존 바이오에탄올보다 시장 경쟁력을 한층 강화시킨 제품으로 고려되고 있다. 옥소알코올 공정에서 생산되는 부탄올에는 노말 부탄올과 이소 부탄올이 있으나 이소부탄올은 n-부탄올에 비해 생산량도 작고 그 중요도가 떨어지기

때문에 n-부탄올에 관심을 가지고 있다.

바이오에탄올을 기존 가솔린 엔진에 사용하기 위해서는 엔진과 일부 연료계통 부품을 개조해야 하나 바이오부탄올은 기존 가솔린자동차에 그대로 사용이 가능하기 때문이다. 그러나 바이오부탄올의 경우 공비점의 형성과 물과 부탄올의 비점이 서로 근접하여 단순한 분별 증류로 분리하기 어렵다. 또한, 물과 부탄올을 분리하는데 소모되어지는 에너지 소모도 많아 에너지의 효율적인 측면에서도 어려움을 겪고 있다. 이러한 바이오부탄올의 효율적인 분리 및 농축을 위한 투과증발은 기존의 분리 방법인 stripping, adsorption, extraction and perstraction 보다 에너지 효율적인 측면에서 우수한 분리방법으로 많은 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 물/n-부탄올의 혼합 모델액을 제조하고 siloxane으로 코팅된 고분자막을 이용하여 투과증발법을 통해 부탄올의 농축 및 분리 가능성에 대해 알아보고자 하였다.

2. 실험

2.1 물/n-부탄올 모델액 제조

실험에 사용된 공급액은 증류수와 n-butanol(Dae Jung, 99.0%)을 사용하였다. 혼합비율은 증류수와 n-butanol을 80:20(wt%)으로 하여 제조하였고 이를 투과증발장치에 공급하였다.

2.2 투과증발막

이번 실험에 사용된 투과증발막은 독일 GKSS사에서 siloxane계 상용 고분자막을 사용하였다. PAN (Poly acrylonitrile)과 PVDF (polyvinylidene fluoride)를 고분자 지지층으로 하고, siloxane 계의 POMS (Polyoctylmethyl siloxane)와 PDMS (Polydimethyl siloxane)를 활성층으로 코팅한 고분자막을 이용하였다. 실험에 사용한 3종류의 막의 특성에 대해서 아래의 Table 1에 나타내었다.

2.3 투과증발 공정 조건

투과증발에 적용한 공정조건은 공급액의 온도는 30 °C를 유지하고 공급액의 유량은 0.8 L/min으로 하였다. 그리고 하부압력은 70~76 cmHg 사이를 유지하여 실험하였다. 실험 실행 후 막의 안정화 시간으로 2시간을 시행하였으며 이후 운전시간을 6시간으로 하여 투과 플럭스(Flux)와 농축계

수(enrichment factor)를 결정하였다. 위와 같은 공정조건을 3종류 막에 동일하게 적용하여 실험하였다. 실험에 사용된 장치를 Fig. 2에 나타내었다.

2.4 투과성분 분석

투과증발 실험이 끝난 후에 cold trap에서 회수된 용액을 잔류 부탄올의 회수를 위해 30분간 방치 후 전체 투과 플럭스(Flux)를 측정하였다. 또한 부탄올의 농축도를 알아보기 위해서 GC(ACME 6000, Young Lin Instrument Co. Ltd.)를 사용하여 부탄올의 농축계수를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

이번 실험결과인 전체 투과 플럭스와 농축계수를 아래의 Fig. 1에 나타내었다. 실험 결과 전체 투과 플럭스는 지지층이 PAN인 A와 C막의 경우가 지지층이 PVDF인 B막 보다 더 높은 투과 플럭스를 나타낸 것을 확인할 수 있다. 이는 지지층으로 사용된 PAN이 강한 친수성을 가지고 있어서 소수성을 가지는 PVDF보다 선택적으로 물이 더 투과되어 전체 투과 플럭스가 높게 나타낸 것으로 사료된다. 이와 반대로 농축계수는 지지층으로 PVDF를 사용한 C막이 PAN을 지지층으로 사용한 A와 C막 보다 높게 나왔는데 이는 소수성 막인 PVDF가 물보다는 비극성인 부탄올을 선택적 투과하여 나온 것으로 사료된다. 또한 같은 PAN 지지층을 사용한 A와 C막의 경우 활성층으로 PDMS를 사용한 C막이 더 높은 농축계수를 나타낸 것으로 보아 POMS보다 PDMS가 부탄올을 더 선택적으로 투과한다는 것을 알 수 있다.

4. 참고문헌

- 1) E. El-Zanati, E. Abdel-Hakim, O. El-Ardi, M. Fahmy "Modeling and simulation of butanol separation from aqueous solution using pervaporation", J. Membr. Sci., 280 278-283 (2006)
- 2) M. Matsumura, H. Kataoka, Ibaraki, M. Sueki, K. Araki, "Energy saving effect of pervaporation using oleyl alcohol liquid membrane in butanol purification" Bioprocess Engineering, 3 93-100 (1988)
- 3) Wei Fen Guo, Tai-Shung Chung, Takeshi Matsuura " pervaporation study on the dehydration of aqueous butanol solution: a comparison of flux vs. permeance, separation factor vs. selectivity" J. Membr. Sci., 245 199-210 (2004)

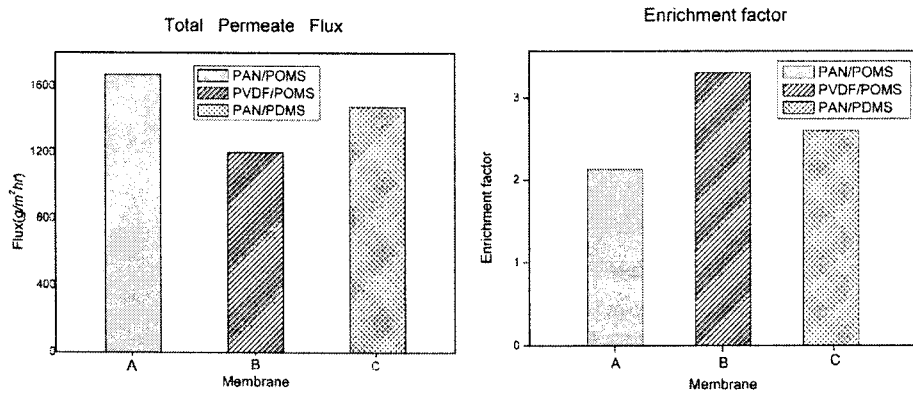


Fig 1. Total permeate flux and Enrichment factor

Table 1. Specification for siloxane membranes

type	Membrane	Thickness of functional layer[μm]	oxygen/nitrogen selectivity
	materials		
A	[PAN / POMS]	3	2.10
B	[PVDF / POMS]	20	2.35
C	[PAN / PDMS]	20	1.92

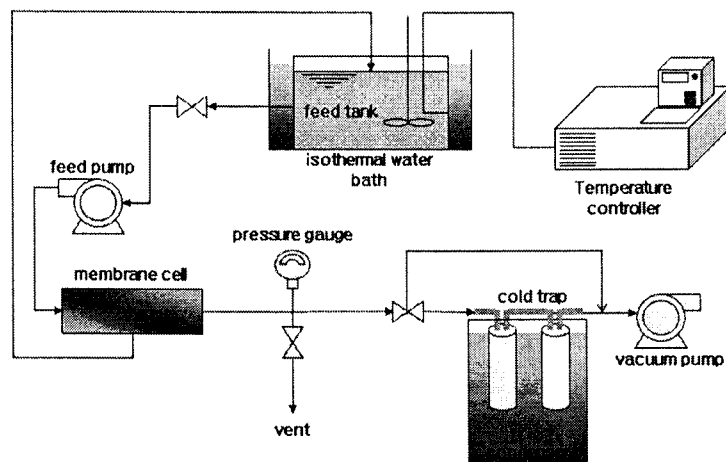


Fig. 2 Schematic diagram of pervaporation equipment.