

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

이 상 학 · 염 충 균\* · 이 정 민

한국화학연구소 화학공정연구센터  
(1999년 5월 12일 접수, 1999년 8월 23일 채택)

### Effect of the Interaction between Permeant/Permeant or Permeant/Membrane in the Pervaporative Permeations of Homogeneous Series of Alcohol Aqueous Mixture

Sang-Hak Lee, Choong-Kyun Yeom\*, and Jung-Min Lee

Chemical Process and Engineering center, Applied and engineering Chemistry Division,  
Korea Research Institute of Chemical Technology, P.O.Box 107, Yusong, Taejon 305-606, Korea  
(Received May 12, 1999, Accepted August 23, 1999)

**요 약 :** 투과증발 공정을 이용한 알코올/물 혼합물의 분리 시 투과성분/투과성분, 투과성분/막간의 상호인력이 전체적인 투과거동에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다. 사용한 막은 poly(vinyl alcohol)을 glutaraldehyde로 가교한 막을 사용하였다. 일련의 알코올은 분자량 크기 순서대로 methanol, ethanol, 1-propanol, 1-butanol을 사용하였으며, 조성은 70~97 wt.%, 온도는 30, 40, 50°C로 변화시키면서 실험하였다. 투과속도는 알코올 함량이 높은 영역에서는 methanol 수용액이 가장 높았으며 ethanol, 1-propanol, 1-butanol 수용액 순으로 감소하였다. 그러나 물의 함량이 어느 정도 이상 높아지면 이런 현상은 완전히 역전되어 1-butanol 수용액의 투과속도가 가장 높으며 1-propanol, ethanol, methanol 수용액 순으로 투과속도 크기를 보였다. 이러한 현상을 공급액의 조성에 따른 막과 투과성분간의 상호인력, 투과성분과 투과성분간의 상호인력 등의 영향의 관점에서 분석하였다.

**Abstract :** The effects of interactions between permeant molecules or permeant and membrane material have been investigated on the permeation behavior of permeants in pervaporation of water/alcohol mixtures. A poly(vinyl alcohol) (PVA) membrane crosslinked with glutaraldehyde was employed in this study. A homologous series of alcohols in aqueous solution were used as feed. The pervaporation experiments were carried out with feed having 70~97 wt.% of alcohol contents and at various feed temperatures. In a high alcohol content above 92 wt.%, the permeation rate was increased in the order of interaction strength between alcohol and water in feed. However, in a low alcohol content below 90 wt.%, the tendency of the permeation rate was found to be opposite. These observations were discussed in terms of changes in interaction between permeant/permeant or permeant/membrane in varying feed composition and feed temperature.

#### 1. 서 론

일반적으로 투과증발 공정의 메카니즘은 용해-확산

(solution-diffusion)모델[1]로 설명된다. 이 모델에 의하면 투과현상은 액체분자들이 막을 통해 용해되어 들어가는 용해단계와 용해된 액체분자들이 고분자 막

내부의 free volume을 통해 막 하부 쪽으로 확산되어 이동하는 확산단계, 마지막으로 하부 쪽 막 표면으로 이동한 투과 성분들이 막 표면에서 탈착되는 탈착단계의 세 단계로 이루어진다. 이중 탈착단계는 그 투과 저항이 작아 대부분 무시되므로 투과증발에서 투과현상은 용해단계와 확산단계가 그 속도결정단계가 된다. 혼합용액에서 각 성분들간의 용해도와 확산도의 차이는 여러 가지 요인에 영향을 받으며 특히 투과성분과 막간의 화학친화도에 의한 상호인력에 크게 영향받는 것으로 알려져 왔다. 따라서 분리하고자 하는 물질과 막간의 친화도가 큰 것이 효과적인 분리에 유리하다.

그러나 투과증발에서는 막과 투과성분간의 상호인력뿐만 아니라 투과성분과 투과성분간의 상호인력도 용해도와 확산도에 큰 영향을 미친다. 이와 같은 투과 성분간의 상호인력에 의해서 나타나는 대표적인 현상으로 coupling에 의한 투과현상[2, 3]을 들 수 있다. 특히 알코올/물 혼합물과 같은 극성/극성 성분으로 이루어진 혼합용액에서는 이들 간의 상호인력이 투과현상에 지대한 영향을 끼치게 된다[2, 4, 5].

따라서 알코올/물 혼합용액과 같은 극성/극성 혼합물의 투과현상에 영향을 미치는 인자는 크게 세 가지로 구분해 볼 수가 있다. 첫째는 투과성분과 막간의 상호인력으로서 투과성분과 막간의 상호인력이 강하면 투과성분이 좀더 쉽게 막내로 용해될 수 있게되고, 그에 따라 이들 투과성분들이 고분자막 내부에서 가소화제로 작용하여 고분자 사슬의 유동성을 증가시켜 투과량이 증가하게 된다. 따라서 막과 투과성분간의 상호인력이 강할수록 투과현상에 긍정적인 요인으로 작용하게 된다. 두 번째로 투과성분과 투과성분간의 상호인력으로서 이들은 투과현상에 부정적인 요인과 긍정적인 요인으로 동시에 작용할 수 있다. 투과성분들간의 상호인력이 클 경우 투과성분들간에 큰 인력이 작용하게 되고 이것은 투과성분들간에 집합체를 형성시켜 투과단위를 증가시키는 원인이 되어 투과에 부정적인 면으로 작용하게 되는 반면, 이들 간의 인력이 coupling의 원인이 되어 오히려 투과속도를 증가시키는 투과 현상에 긍정적이 면으로 작용하기도 한다. 세 번째로는 투과성분의 크기를 들 수 있다. 일반적으로 투과성분의 분자부피가 크면 막 내부에서의 확산도가 떨어져 투과도는 줄어들게 된다. 따라서 혼합물에서 분자부피가 커질 경우 투과현상에 부정적인 요인으로 작용하게 된다.

이와 같은 투과성분과 막간의 상호인력, 투과성분과 투과성분간의 상호인력과 투과성분의 크기는 복합적으로 전체적인 투과거동에 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 알코올/물 혼합용액의 투과증발을 이용한

탈수공정에서 이들 상호인력이 전체적인 투과거동에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 이를 위해 알코올/물 혼합액의 조성과 온도를 변화시켜가면서 그 투과거동을 관찰하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시료 및 시약

막 재료로는 poly(vinyl alcohol) (PVA, MW=65,000, Junsei)를 사용하였고, 가교제로는 glutaraldehyde (GA, Yacuri)를 사용하였다. Methanol, ethanol(Hayman)은 특급시약으로 사용하였으며, 1-prppanol, 1-butanol(Showa)은 1급시약으로 사용하였다. 사용한 물은 탈이온화한 초순수를 사용하였다.

### 2.2. 막 제조

막을 제조하기 위해서 우선 10 wt.% PVA수용액을 제조하였다. 제조된 PVA 수용액에 남아있는 불순물을 제거한 뒤 유리판 위에 Gardner casting knife를 사용하여 적당한 두께로 casting한 후 약 5시간 동안 건조하였다. 제조된 PVA 필름을 아세톤에 30% GA 수용액을 5 vol.% 혼합한 용액에 담가 가교반응을 시켰다. 가교반응은 30℃에서 약 1시간 30분 가량 시켰다. 가교반응이 끝난 막은 에탄올로 완전히 세척한 다음 50℃ 진공오븐에서 완전히 건조하여 사용하였다.

### 2.3. 팽윤율의 측정

막과 투과물들 간의 상호인력을 알아보기 위해서 팽윤율을 측정하였다. 팽윤율의 측정은 우선 제조된 막을 적당한 크기로 자른 다음 70, 80, 90, 95, 100 wt.%의 알코올 수용액에 48시간 이상 담가 완전히 평형에 도달하게 했다. 이때 온도는 30℃로 유지했다. 팽윤이 완전히 이루어지면 각각의 막을 30℃로 유지된 유리판 위에서 신속히 그 길이를 측정했다. 측정이 끝난 막은 진공오븐 안에서 완전히 건조시킨 후 그 길이를 다시 측정했다. 팽윤율은 다음 식에 의해 구했다.

$$\text{팽윤율 (Swelling ratio)} = \frac{S_w - S_d}{S_d} \quad (1)$$

여기서  $S_w$ 는 팽윤 시의 길이,  $S_d$ 는 건조 시의 길이를 나타낸다.

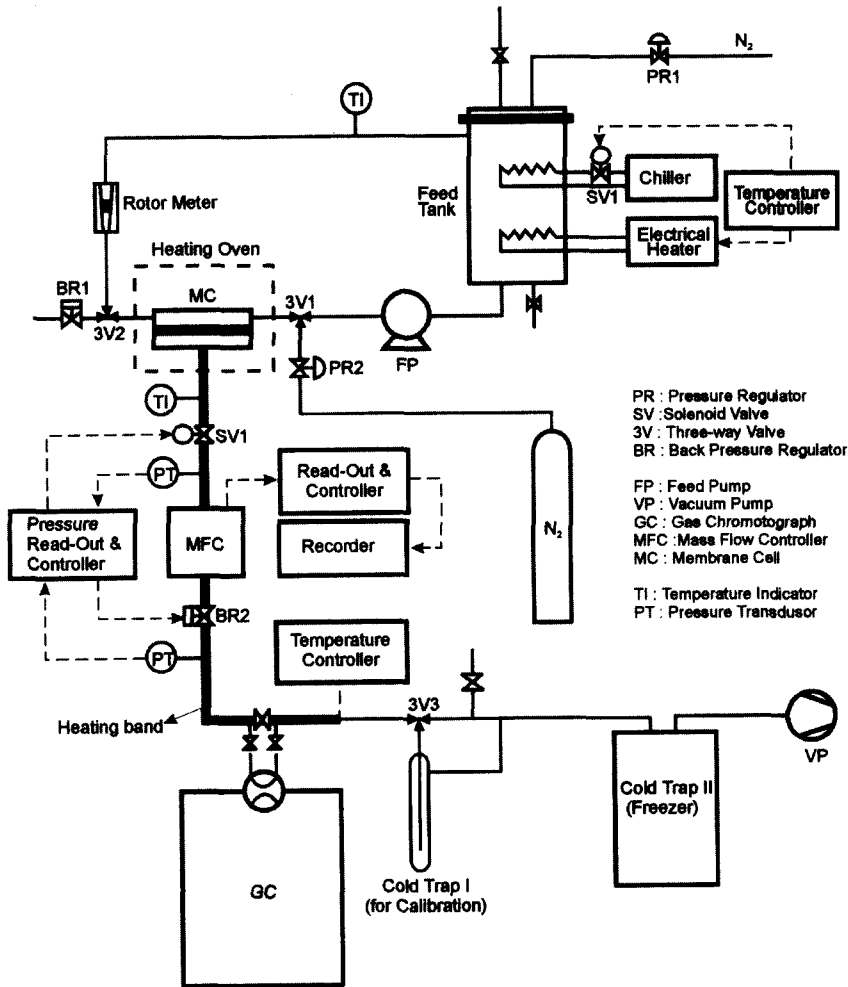


Fig. 1. A schematic representation of pervaporation test apparatus.

### 2.4. 투과증발 실험

Fig. 1은 사용한 투과증발 실험장치를 나타낸 것이다. 본 장치는 Mass Flow Controller (MFC)와 Gas Chromatograph (Hewlett Packard Series II)를 장착하여 on-line으로 투과속도와 선택도를 동시에 측정할 수 있으며, 비교적 빠른 시간에 정확하게 이들을 측정할 수 있는 것이 특징이다[6-8]. 투과증발 실험은 methanol, ethanol, 1-propanol 등의 알코올의 조성을 70~97 wt.%로 변화시켜가면서 실시하였으며, 1-butanol은 물의 butanol에 대한 용해도의 한계로 인해 85~97 wt.%의 조성범위에서 실시하였다. 실험온도는 30, 40, 50°C로 변화시키면서 실시하였다. 선택도는 다음 식에 의하여 구하였다.

$$\text{선택도 (Separation factor)} = \frac{C'_w/C'_a}{C_w/C_a} \quad (2)$$

여기서  $C'_w$ 와  $C'_a$ 는 각각 막 하단부 쪽의 물과 알코올의 농도를 나타내고  $C_w$ 와  $C_a$ 는 막 상단부 쪽의 물과 알코올 농도를 각각 나타낸다.

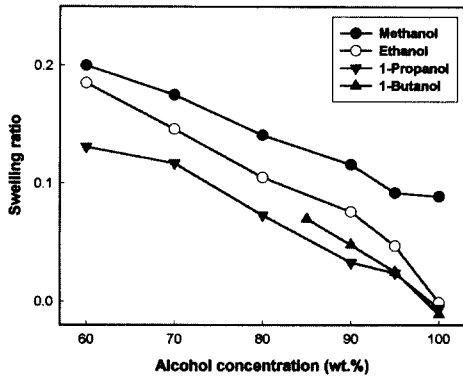
### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 투과성분과 투과성분, 투과성분과 막의 상호인력

Table 1은 물과 각 알코올의 solubility parameter를 나타낸 것이다[9]. Solubility parameter는 투과성

**Table 1.** Solubility parameter of methanol, ethanol, 1-propanol, 1-butanol and water

permeant	$\delta / \text{MP}^{1/2}$			
	$\delta_d$	$\delta_p$	$\delta_h$	$\delta_t$
methanol	15.1	12.3	22.3	29.6
ethanol	15.8	8.8	19.4	26.5
1-propanol	16.0	6.8	17.4	24.5
1-butanol	16.0	5.7	15.8	23.1
water	15.5	16.0	42.4	47.9

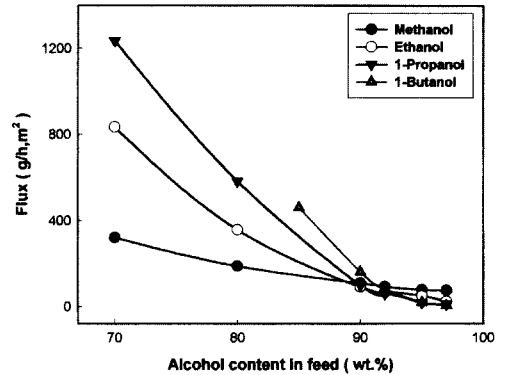


**Fig. 2.** Swelling ratio of PVA membrane with alcohol content in alcohol/water mixture at 30°C.

분과 투과성분간의 상호인력을 나타내는 척도로서 사용될 수 있다. 즉 이 값이 가까울수록 혼합물의 각 성분간에 강한 인력이 작용하여 잘 섞이게 된다. 일반적으로 알코올/물 혼합물과 같은 극성-극성 혼합물의 경우 투과성분간의 상호인력은 극성결합과 수소결합에 의해 결정되는데 표에 나타난 바와 같이 알코올 중에서 methanol로 갈수록 극성, 수소결합에 의한 solubility parameter가 커져 물의 용해도에 접근하게 된다. 따라서 methanol이 물과 상호인력이 가장 강하다고 말할 수 있다. 이로부터 투과성분들간의 상호인력은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{상호인력 (interaction)} = \frac{1}{|\delta_{a,t} - \delta_{w,t}|} \quad (3)$$

Fig. 2는 알코올/물 혼합용액에서의 조성 따라 막의 팽윤율을 도시한 것으로 막과 투과물 간의 인력 크기의 척도를 나타낸다. 막과 투과성분간의 인력이 강할수록 투과성분이 좀더 쉽게, 많은 양이 막 내부로



**Fig. 3.** Flux with alcohol content in feed at 40°C of feed temperature.

용해되어 들어 갈 수 있게 되고, 그에 따라 팽윤율은 더 커지게 된다. 그림에서 팽윤율은 methanol, ethanol, 1-propanol의 순으로 작아지는 것을 볼 수 있다. 이것은 각각의 투과성분 중 methanol과 막간의 인력이 가장 강하다는 것을 말한다. 그러나 의외적으로 1-butanol의 팽윤율이 1-propanol보다 크다. 이것은 butanol/물 혼합물에서 물의 함량이 높아질수록 열역학적으로 물이 butanol과 혼합되어있는 것보다는 막 내부로 흡수되는 것이 더 안정하고 그에 따라 팽윤율이 1-propanol보다 증가하는 것으로 보인다.

### 3.2. 알코올 조성에 따른 투과량의 변화

알코올의 함량에 따른 투과속도의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 알코올의 함량이 92 wt.% 이상인 영역에서의 투과속도는 methanol이 가장 크고 ethanol, 1-propanol, 1-butanol의 순으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 이것은 팽윤율의 결과와 일치하는 것으로 보아 이 조성 영역에서는 막과 투과성분간의 상호인력이 투과에 지배적인 역할을 담당하는 것으로 해석할 수 있는데, 이 조성의 영역에서는 주성분이 알코올이므로 투과거동은 투과성분간 인력이나 물과 막간의 인력보다는 막과 알코올간의 상호인력에 의해 주로 지배받기 때문이다. 즉 알코올과 막간의 인력에서 볼 때 막과 친화력이 좋은 알코올은 좀더 쉽게 막 내부로 용해되어 들어 갈 수 있게 되고 그에 따라 고분자 사슬의 유동성이 증가하게 되어 투과속도가 좀더 커지게 되는 것이다. 그러나 물의 함량이 어느 정도 이상 증가하게 되면 투과속도의 경향은 완전히 역전되는 것을 볼 수 있다. 물의 함량이 10 wt.% 이상 증가하면 투과속도는 1-butanol이 가장 크고 1-propanol, ethanol, methanol의 순서로 감소한다. 이것은 물과 알코올간의

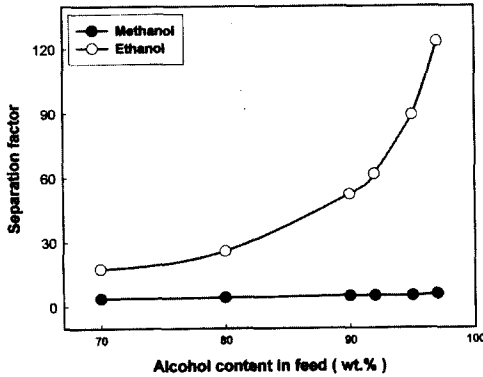


Fig. 4. Separation factor with alcohol content in feed at 40°C of feed temperature.

상호인력이 약한 순으로 투과속도가 커지는 것과 일치한다. 이것은 물의 함량이 증가할수록 물과 알코올 사이의 인력이 증가하게 되고, 그에 따라 막과 투과성분간의 인력보다는 물과 알코올간의 인력이 투과거동에 지배적으로 작용하게 되기 때문이다. 물과의 상호인력이 가장 강한 methanol의 경우 물의 함량이 증가하면 물과의 인력이 증가하게 되고 그에 따라 물과 서로 cluster를 형성하려고 하는 경향이 강해져 투과단위의 크기가 커지게 된다. 투과단위의 크기가 커지면 투과 시 저항이 커져서 상대적으로 투과속도는 작아지게 된다. 따라서 물과의 상호인력이 점점 작아지는 ethanol, 1-propanol, 1-butanol 순으로 투과성분간의 clustering 현상이 줄어들게 되고 그에 따라 투과단위의 크기가 작아져 투과속도가 점점 증가하게 된다.

이러한 현상을 뒷받침하는 증거로는 알코올의 함량에 따른 선택도의 변화에서도 찾아 볼 수 있다. 알코올의 함량에 따른 선택도의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 1-Propanol과 1-butanol 수용액에 대한 투과증발의 경우 투과물 속의 알코올이 사용한 GC로는 검출되지 않았으며, 이들의 선택도는 methanol, ethanol 수용액에 비해 거의 무한대의 값을 갖기 때문에 도시하지 않았다. 그림에서 보듯이 methanol의 선택도는 알코올의 함량에 따라 거의 변화가 없으나, ethanol의 경우 알코올의 함량의 높은 영역에서는 높은 값을 가지다가 알코올의 함량이 낮아질수록 그 값이 점점 감소하며 methanol에서 butanol로 갈수록 선택도가 증가함을 관찰할 수가 있었다. 이와 같이 각각의 알코올이 알코올 함량에 따라 선택도가 상이하게 나타나는 것도 역시 위에서 설명한대로 막과 투과성분간의 상호인력과 투과성분과 투과성분간의 상호인력에 의해

설명될 수 있겠다. 앞에서 설명한대로 알코올 함량이 높은 영역에서는 막과 투과성분간의 상호인력이 투과현상에 지배적인 역할을 담당하게 된다. 따라서 막과의 상호인력이 강한 methanol의 경우 알코올 함량이 높은 영역에서는 methanol이 물과 함께 막에 용해될 가능성이 높고 그에 따라 선택도는 낮아지게 된다. 그러나 막과의 상호인력이 상대적으로 methanol보다 낮은 ethanol의 경우는 methanol보다 막에 용해될 가능성이 상대적으로 낮아 물의 상대적인 투과량이 그만큼 커지게 되기 때문에 알코올 함량이 높은 영역에서는 선택도가 높아지게 된다. 그러다가 물의 함량이 점점 높아질수록 알코올과 물간의 상호인력이 투과거동에 지배적인 역할을 담당하게 된다. 이 영역에서의 methanol의 선택도는 알코올 함량이 높은 영역에서보다 미세하게 감소하기는 하지만 큰 변화가 없다. 이것은 물과의 상호인력이 강한 methanol이 물과 일종의 cluster를 형성하기 때문이다. 따라서 methanol은 물과 함께 투과하려고 하는 경향성이 커지게 되고 그에 따라 선택도는 낮아지게 되는 것이다. 따라서 methanol의 선택도는 그 함량에 관계없이 전체적으로 낮은 값을 가지게 된다. Ethanol의 경우도 물의 함량이 증가할수록 ethanol과 물의 상호인력은 증가한다. 그러나 그 인력의 크기가 methanol보다 작아 ethanol의 투과 경향이 작아지는 반면에 물의 가소화 작용에 의해 투과 속도는 증가하게 된다. 즉, 물의 함량이 증가할수록 더 많은 물이 막으로 용해돼 들어와 막의 유동성이 커지고 구조가 느슨해져 ethanol뿐 아니라 물과 coupling을 이룬 ethanol이 좀더 쉽게 막을 통과하여 선택도가 떨어지게 되는 것이다. 따라서 물의 함량이 증가할수록 투과속도는 증가하지만 선택도는 감소하게 된다. 그러나 물과의 상호인력이 ethanol은 methanol보다 약하기 때문에 선택도는 methanol보다 높은 것이다. 따라서 위에서 설명한 이유로 선택도는 모든 알코올 조성에서 methanol이 가장 작으며 ethanol, propanol, butanol의 순으로 증가하게 된다.

### 3.3. 온도에 따른 선택도의 변화

일반적으로 온도가 증가할 경우 투과거동은 크게 다음의 두 가지 요소에 의해 영향을 받는다. 첫째 온도가 증가하면 막의 유동성이 증가하여 투과속도를 증가시키는 원인이 된다. 둘째 온도가 증가함에 따라 투과성분간의 인력 약화에 의해 선택도가 증가하기도 하고 감소하기도 한다. 일반적으로 첫 번째 영향이 크면 선택도의 저하를 야기 시킨다.

온도에 따른 선택도의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 그림에서 보듯 온도가 증가함에 따라 methanol의 선

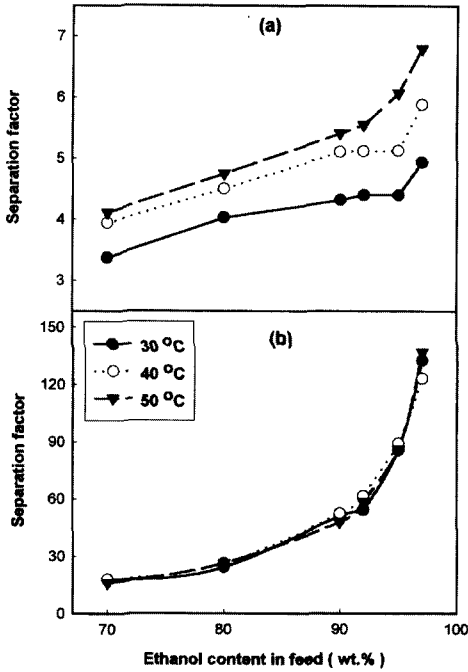


Fig. 5. Change in separation factor with feed temperature. (a) methanol/water, (b) Ethanol/water mixture.

택도는 점차적으로 증가하는 반면 ethanol의 경우는 거의 변화가 없음을 알 수 있다. Methanol의 경우 막이나 물과의 상호 인력이 강하여 상대적으로 선택도가 낮다는 것은 앞에서 설명하였다. 그러나 온도가 증가할수록 methanol과 물간에 상호인력이 약화되어 methanol과 결합하지 않은 물의 수나 혹은 낮은 결합정도를 가지는 물의 수가 증가하게 된다. 그에 따라 물의 투과가 상대적으로 증가하게 됨으로서 결과적으로 선택도가 증가하게 되는 것이다. 즉, 위의 첫 번째 영향에 의한 선택도의 감소보다는 두 번째 영향에 의한 물의 투과속도 증가의 영향이 커 선택도가 증가하는 것으로 사료된다. 그러나 ethanol의 경우는 온도가 증가할수록 투과성분간의 상호인력은 약해져 coupling을 통한 투과의 가능성이 낮아지지만, 막의 유동성이 증가하여 물의 투과속도뿐만 아니라 ethanol의 투과속도도 동시에 증가하기 때문에 온도에 따라 선택도가 특별한 경향성을 가지지는 않는 것이다. 따라서 온도에 따른 이와 같은 선택도의 변화는 알코올의 함량에 따라 막과 투과성분간의 상호인력이나 투과성분과 투과성분간의 상호인력이 투과거동에 지대한 영향을 미친다는 것을 알 수 있는 또 다른 증거라 할

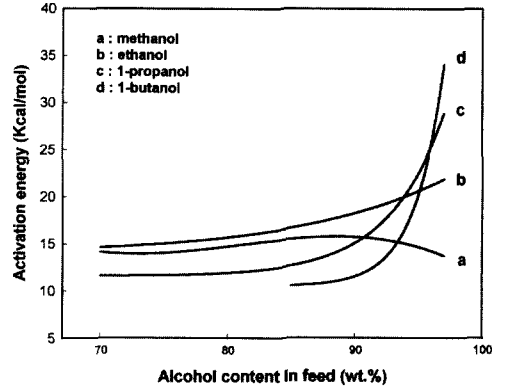


Fig. 6. Apparent activation energy with alcohol content in feed.

수 있다.

### 3.4. 알코올 조성에 따른 Activation energy의 변화

이러한 투과거동의 상호인력의존성을 좀더 구체적으로 알아보기 위하여 Fig. 6에 알코올 조성에 따른 activation energy를 나타내었다. 그림에서 보듯 알코올 함량이 높은 영역에서는 methanol, ethanol, 1-propanol, 1-butanol의 순으로 activation energy가 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 막과 투과성분 간의 상호 인력이 증가하면 투과성분들이 좀더 쉽게 막 내부로 용해되어 들어갈 수 있게 되고 그에 따라 막의 유동성이 증가하여 투과에 필요한 activation energy는 낮아지게 된다. 따라서 알코올 함량이 높은 영역에서 activation energy는 막과의 인력이 강한 methanol이 가장 낮고 ethanol, 1-propanol, 1-butanol의 순으로 증가하게 된다.

그러나 물의 함량이 증가하면 투과현상은 크게 두 가지 요인에 의해 영향을 받게 된다. 첫 번째는 물의 함량이 높아짐에 따라 나타나는 막 유동성의 증가이다. 물의 함량이 증가함에 따라 막 내부로 용해되어 들어오는 물의 양이 증가하고 그에 따라 친수성 막의 유동성이 증가하게 된다. 막의 유동성이 증가하면 좀더 쉽게 투과성분들이 투과할 수 있기 때문에 투과시 요구되는 activation energy를 감소시키는 원인이 된다. 두 번째는 투과단위의 크기가 물의 함량이 증가함에 따라 증가하는 것이다. 물의 양이 많아지면 알코올과 만나는 물의 양이 증가하고 그에 따라 알코올과 물간의 상호인력이 증가하여 cluster를 형성하려고 하는 경향성이 커져 투과단위의 크기가 커진다. 투과단

위의 크기가 커지면 투과저항이 커지기 때문에 투과에 요구되는 activation energy를 증가시키는 원인이 된다. 따라서 물의 함량이 증가할수록 위의 두 가지 요인이 투과에 복합적으로 기여하게 된다. Methanol의 경우 물의 함량이 증가할수록 activation energy는 약간 증가하거나 거의 변화가 없다. 즉, 물의 함량이 증가함에 따라 위 첫 번째 이유에 의해 activation energy가 줄어들 수 있으나, 물과의 인력이 강하기 때문에 두 번째 이유가 크게 작용하여 activation energy를 증가시키는 원인으로 작용한다. 따라서 methanol의 경우 위의 두 가지 요인이 서로 비슷한 중요성을 가지고 투과에 복합적으로 작용하기 때문에 물의 함량에 따라 activation energy가 거의 변화가 없는 것이다. 그러나 ethanol의 물과의 상호인력은 methanol보다 약하므로 위 두 번째 요인이 상대적으로 methanol보다 약하게 작용한다. 따라서 ethanol의 activation energy는 물의 함량이 증가할수록 점차적으로 감소하게 된다. 또한 물과의 상호인력이 methanol이나 ethanol보다도 약한 1-propanol이나 1-butanol의 경우는 물의 함량이 증가함에 따라 activation energy가 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 이것은 이들이 물과의 상호인력이 약하기 때문에 위에서 설명한 두 가지 요인 중에 두 번째 요인이 상대적으로 약해져 첫 번째 요인이 지배적으로 투과에 작용하기 때문에 activation energy의 감소 폭은 상대적으로 커지는 것이다. 따라서 물의 함량이 증가함에 따라서 나타나는 activation energy의 감소 폭은 물과 알코올간의 인력이 약한 순서에 따라 1-butanol이 가장 크고 1-propanol, ethanol, methanol의 순으로 감소하게 된다.

위와 같이 activation energy의 관점에서도 명확하게 관찰된 바와 같이 알코올/물의 혼합물의 투과증발을 통한 탈수에서 투과성분과 막과의 상호인력이나 투과성과 투과성분간의 상호인력이 투과에 지대한 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 알코올과 물의 혼합물을 투과증발을 통하여 분리함에 있어서 알코올의 함량과 온도에 따라 투과거동의 변화를 관찰하였으며, 이를 통하여 몇 가지 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 알코올 함량이 높은 영역에서는 투과성분과막

간의 상호인력이 투과현상에 지배적으로 작용하며, 그에 따라 막과의 상호인력이 강한 methanol이 투과량이 가장 높았으며 ethanol, 1-propanol, 1-butanol의 순으로 투과량이 감소하였다.

둘째, 물의 함량이 높은 영역에서는 물과 알코올간의 상호인력이 투과에 지배적으로 작용하였으며, 그에 따라 물과의 상호인력이 가장 강한 methanol이 투과량이 가장 적었으며, ethanol, 1-propanol, 1-butanol의 순으로 증가하였다.

셋째, 투과온도가 증가할수록 막의 유동성이 증가하여 투과량은 증가하였으며 알코올과 물과의 상호인력이 약해져 methanol의 경우 선택도가 증가하였다. 그러나 상대적으로 물과의 상호인력이 약한 ethanol의 경우는 온도에 따라 선택도에 큰 변화가 없었다.

본 연구를 통하여 위와 같은 결론을 얻을 수 있었으며, 알코올/물 혼합물과 같은 극성이 강한 혼합물을 투과증발을 통하여 분리함에 있어서 투과성분/투과성분 혹은 투과성분/막간의 상호인력이 투과에 지대한 영향을 미치게 된다는 것을 확인할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. M. Mulder, "Basic Principles of Membrane Technology", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherland (1996).
2. M. H. V. Mulder and C. A. Smolder, *J. Memb. Sci.*, **17**, 289 (1984).
3. O. Kedem, *J. Memb. Sci.*, **47**, 277 (1989).
4. R. Y. M. Huang and C. K. Yeom, *J. Memb. Sci.*, **51**, 273 (1990).
5. C. K. Yeom and R.Y.M. Huang, *J. Memb. Sci.*, **67**, 39 (1992).
6. 염충균, 김범식, 김철웅, 이정민, *멤브레인*, **8**(2), 86 (1998).
7. C. K. Yeom, B. S. Kim and J. M. Lee, *J. Memb. Sci.*, **161**, 55 (1999).
8. C. K. Yeom, B. S. Kim, C. U. Kim K. J. Kim, and J. M. Lee, Korea Patent, KR-98-21738 (1998).
9. A. F. M. Barton, "CRC Handbook of Solubility Parameters and Other Cohesion Parameter", pp. 156, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida (1985).