

## 회분식 (W/O)/W 액막을 이용한 L-phenylalanine의 농축효과 및 팽윤현상

김종국\* · 김우식

\*건양대학교 공과대학 화학공학과  
연세대학교 공과대학 화학공학과  
(1992년 8월 27일 접수, 1993년 5월 26일 채택)

## Swelling Phenomena and Enrichment Effect of L-Phenylalanine Utilizing (W/O)/W Liquid Emulsion Membrane

Jong-Kuk Kim\* and Woo-Sik Kim

\*Department of Chemical Engineering, Keonyang University  
Department of Chemical Engineering, Yonsei University  
(Received 27 August 1992; accepted 26 May 1993)

### 요 약

액막의 조성 및 내·외수상의 조건을 변화시키면서 L-phenylalanine의 추출·농축 실험을 행하여 L-phenylalanine의 농축효과 및 이를 저하시키는 팽윤현상을 정량적으로 고찰하였다. 에멀전 막상의 점도가 클수록, 계면활성제의 함량이 작을수록, 유기상이 비극성일수록, 내·외수상간 동반이온의 농도차가 작을수록 액막의 팽윤현상이 감소됨을 알 수 있었다. Chloroform을 막상으로, Adogen 464를 담체로 사용한 경우, 추출시작 7분만에 내수상에서 L-phen.이 최대 20.8 g/l까지 농축되어 초기 외수상에서의 농도의 5.2배에 달하였으며, 액막상은 추출시작 20분만에 2.3배의 팽윤비를 나타내었다. 한편 dodecane을 막상으로, D2EHPA를 담체로 사용한 경우에는 역시 추출시작 7분만에 내수상에서의 L-phen.농도가 최대 27.12 g/l로 6.78배의 농축비를 나타내었으며, 액막상은 추출시작 20분만에 1.5배의 팽윤비를 나타내었다.

**Abstract**—The enrichment of L-phenylalanine and swelling of liquid membrane were investigated quantitatively in the (W/O)/W liquid emulsion membrane. The swelling of liquid membrane is affected by the viscosity and the non-polar characteristics of oil phase, the content of surfactant and the concentration difference of counter ion. In case of system using chloroform as a membrane phase and Adogen 464 as a carrier, the maximum enriched concentration was 5.2 times(20.8 g/l) higher than the feed concentration(4 g/l) and the swelling ratio showed 2.3. And in case of dodecane(membrane phase) and D2EHPA(carrier) system, the maximum enrichment and swelling ratio were 6.78 and 1.5, respectively.

### 1. 서 론

액막에 의한 분리기술은 상 변화없이 물질을 분리, 농축할 수 있는 분리기술로서 1960년대 후반 N.N. Li[1]에 의한 탄화수소분리[2] 연구 이래 중금속 추출[3], 폐

수처리 등에 주로 연구[4]가 이루어졌고 현재 중금속 추출 및 제거는 실용화 단계까지 와 있다.

에멀전 액막에 의한 분리방법은 고분자막을 이용한 방법보다는 막의 접촉면적이 크고 막의 두께가 얇아 투과속도가 빠르며 에멀전 액막상에 상전이 촉매인 유

동적인 담체를 함유하고 있어 생체막을 통한 촉진 수송 (facilitated transport) 또는 능동 수송(active transport)의 기능을 인위적으로 모방, 재현할 수 있기 때문에 용질을 선택적으로 분리, 농축할 수 있다는 장점이 있다.

최근에는 액막을 생화학 물질의 분리와 생물반응계에 도입하려는 시도가 이루어지고 있으며[5], 금속이온들의 분리에 적용되어온, 담체를 함유한 에멀전형 액막법을 아미노산 분리에 적용하려는 연구가 시도되고 있다[6].

아미노산의 공업적 제조 방법으로는 천연 단백질로부터 추출하는 방법, 미생물을 사용한 발효법, 화학적 합성법 등이 있으며 현재는 발효법이 가장 많이 사용되고 있다. 발효법에 의해서 제조된 아미노산은 실제로 유용한 L-형태의 아미노산 이성체가 얻어지지만 이를 공업적으로 이용하기 위해서는 고농도의 순수한 아미노산으로 농축할 필요가 있다. 그러나 아미노산은 분자내에 들어있는 아미노기와 알데히드기의 작용으로 극성을 띠게 되며 이로 인해 비극성 용매에 대한 용해도가 매우 낮다. 이 때문에 용매 추출법 등은 거의 사용되지 않고 결정화법, 이온교환법, 크로마토그래피법, 전기 투석법 등이 사용되는데 이를 농축하는데 사용되는 비용이 전체 생산비의 80% 이상을 차지하고 있어 효과적인 아미노산 농축공정의 개발이 요청되고 있다[7].

따라서 본 연구에서는 아미노산중에서 그 수요가 급증하고 있는 L-phenylalanine을 용질로 택하여 이 용질을 음이온 형태로 추출, 농축할 수 있는 계인 Adogen 464계와 양이온 형태로 추출, 농축할 수 있는 D2-EHPA계로 나누어 실험을 행하였다.

각 계에 대해 회분식 추출 실험을 행하여 최적 막 조건을 결정하고 팽윤현상 및 농축효과를 정량화하였다.

## 2. (W/O)/W 액막에서의 L-phenylalanine의 투과기구

아미노산은 분자중에 아미노기(-NH<sub>2</sub>)와 카복실기(-COOH)를 동시에 가지고 있기 때문에 수용액중에서 양쪽이온을 모두 갖게 되고 수용액의 pH에 따라 산성에서는 (+) 전하를, 알칼리성에서는 (-) 전하를, 중성에서는 양쪽 전하 모두를 갖게 된다.

Fig. 1은 L-phenylalanine이 수용액의 pH에 따라 전하 상태가 변화하는 특성을 나타내는 도표이다.

pH 11 이상에서는 거의 (-) 이온으로 존재하며 pH 1 이하에서는 거의 (+) 이온으로 존재함을 알 수 있다. 그러므로 pH 11 이상의 수용액에서 L-phenylalanine은 (-) 전하를 띠게 되며 L-phenylalanine 스스로는 액막상을 통과할 수 없게 되어 이를 옮겨줄 담체가 필요

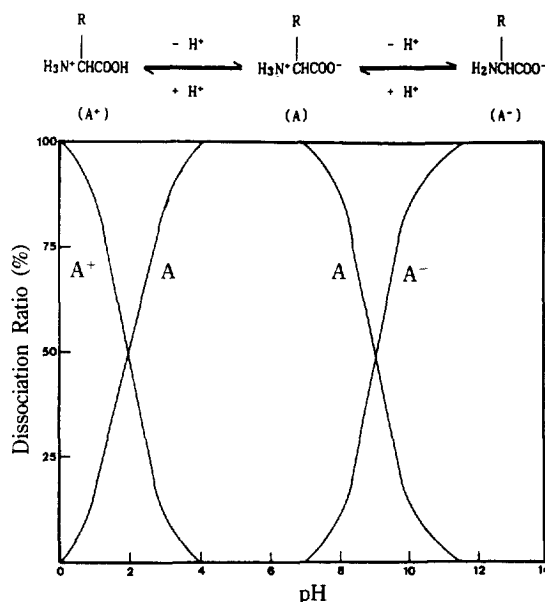


Fig. 1. pH-dependent dissociation of L-phenylalanine in aqueous phase.

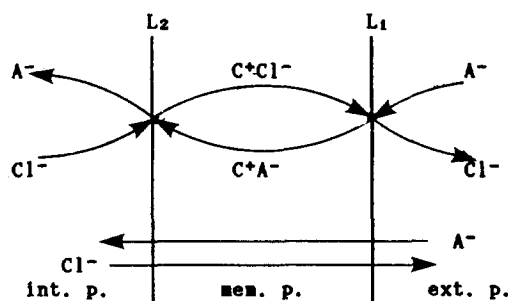
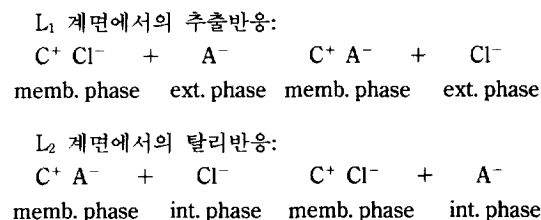


Fig. 2. Transport of L-phenylalanine through liquid membrane phase (Adogen 464 system).

하게 된다. 이 담체는 음이온 상태의 용질과 결합할 수 있는 양이온 성질을 갖는 담체여야 하는 바 이와 같은 담체로는 Adogen 464가 있다.

Adogen 464을 이용한 L-phenylalanine의 투과경로는 Fig. 2와 같다[47]. 양 계면에서의 추출 및 탈리반응은 다음과 같이 나타낼 수 있다.



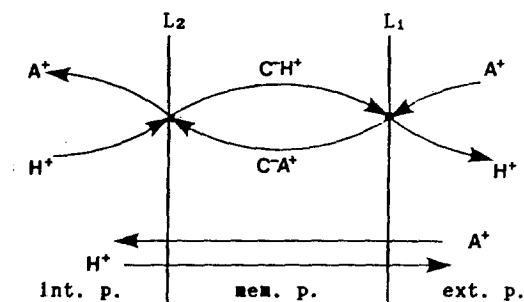


Fig. 3. Transport of L-phenylalanine through liquid membrane phase(D2EHPA system).

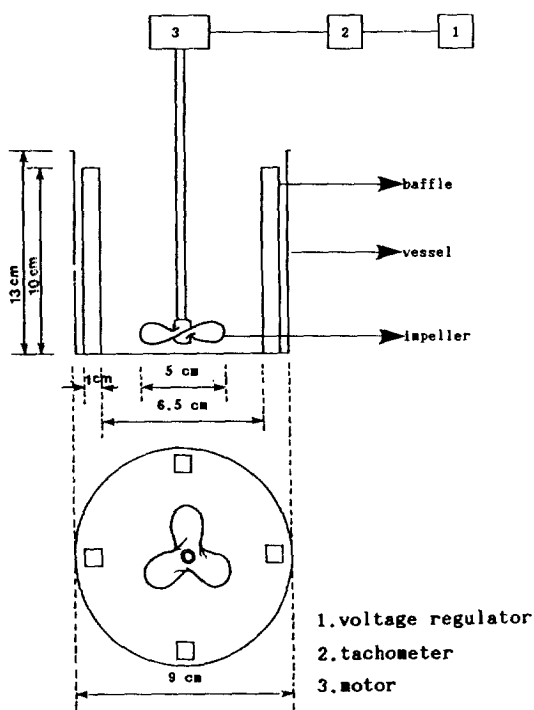


Fig. 4. Batch type extractor.

반면 pH1 이하의 수용액에서 L-phenylalanine은 (+) 전하를 띠기 때문에 이 경우 담체는 음이온 성질을 가지는 담체여야 하는 바 이와 같은 담체로는 D2-EHPA가 있다.

D2EHPA를 이용한 L-phenylalanine의 투과경로는 Fig. 3과 같다.

양 계면에서의 추출 및 탈리반응은 다음식으로 나타낼 수 있다.

$L_1$  계면에서의 추출반응:

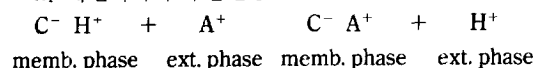


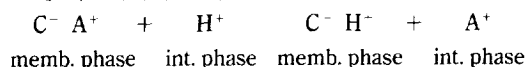
Table 1. Experimental items and operating ranges in batch (W/O)/W liquid emulsion membrane system (Adogen 464)

Experimental item	Operating range
Span 80(surfactant) conc.	9 % (w/v)-20 % (w/v)*
Adogen 464(carrier) conc.	1.5 % (w/v)-6.6 % (w/v)*
Internal phase conc.	0 mol-2 mol
Memb. phase kinds	Chloroform, xylene kerosene, dodecane
Internal phase pH	1, 11

\*based on memb. phase

$\Phi_1=0.62$ ,  $\Phi_2=0.14$

$L_2$  계면에서의 탈리반응:



액막내에서 외수상 pH에 따라 음이온 및 양이온 형태로 존재하는 L-phenylalanine 이온의 투과과정을 통하여 음이온 및 양이온 형태의 L-phenylalanine은 외부 수용액상으로부터 내부 수용액상으로 이동하며 동반이온(counter ion)인  $Cl^-$  이온 및  $H^+$  이온은 반대 방향인 내부 수용액상으로부터 외부 수용액상으로 이동된다. 여기서 L-phenylalanine이 이동되는 추진력은 양 상간의  $Cl^-$  이온 및  $H^+$  이온의 농도차로서 외부 수용액상의 L-phenylalanine의 농도가 내부 수용액상의 농도에 비하여 낮을지라도 "pumping" 즉 저농도에서 고농도로 이동되는 능동 수송(active transport)에 의한 농축이 가능하다.

### 3. 실험장치 및 방법

#### 3-1. 회분식 추출장치

본 실험에서 사용한 회분식 추출조를 Fig. 4에 나타내었다. 유화기(homogenizer)로 제조한 W/O 에멀전 액막을 균일하게 분산시키고 난류에 의한 물질전달을 촉진시키기 위하여 회분식 추출조에 3개의 날개를 가진 교반기와 사각 방해판을 설치하였다. 장치 각 부분의 크기는 그림에 나타내었다.

#### 3-2. (W/O)/W 액막에 의한 회분식 추출 실험

Table 1 및 2에는 각각 담체로서 Adogen 464 및 D2-EHPA를 사용한 계의 회분식 추출 실험 변수 및 조작범위를 나타내었다.

담체로서 Adogen 464 및 D2EHPA를 사용한 계의 추출 실험 절차 및 분석은 다음과 같다.

##### 3-2-1. W/O 에멀전 제조

Adogen 464계의 경우 친유성 계면활성제(Span 80,

**Table 2. Experimental items and operating ranges in batch (W/O)/W liquid emulsion membrane system (D2EHPA)**

Experimental item	Operating range
Span 80(emulsifier) conc.	13 % (w/v)-20 % (w/v)*
DEHPA(carrier) conc.	3 % (w/v)-17 % (w/v)*
Internal phase HCl conc.	0.25 N-1 N
External phase pH	2-4.3
Memb. phase kinds	Chloroform, xylene kerozene, dodecane

\*based on memb. phase

 $\Phi_1=0.62$ ,  $\Phi_2=0.14$ 

HLB=5.0)와 담체(Adogen 464)를 함유한 유기 용매(chloroform, xylene, kerozene 및 dodecane) 30.3 ml에 동반 이온으로서  $\text{Cl}^-$ 가 들어 있는 염기성 수용액(pH 11 with NaCl) 50 ml를 서서히 가하면서 W/O 에멀전을 만든다. 이 때 유화기는 4400 rpm의 속도를 유지하며 약 5분간 강하게 교반한다. 한편 D2EHPA계의 경우는 친유성 계면활성제(Span 80, HLB=5.0)와 D2EHPA를 함유한 유기 용매(chloroform, xylene, kerozene 및 dodecane) 30.3 ml에 동반 이온으로서  $\text{H}^+$ 가 들어 있는 산성 수용액 50 ml를 서서히 가하면서 W/O 에멀전을 만든다.

## 3-2-2. 추출 실험

Adogen 464계의 경우 회분식 추출조에 추출하고자 하는 아미노산이 들어 있는 염기성 수용액 500 ml를 넣고 496 rpm의 속도로 유지하며 W/O 에멀전을 가하면서 분산시킨다. 한편 D2EHPA계의 경우는 회분식 추출조에 추출하고자 하는 아미노산이 들어 있는 산성 수용액 500 ml를 넣고 496 rpm의 속도로 유지하며 W/O 에멀전을 가하면서 분산시킨다. 이 때 중간에 위치하는 유기 용매상이 액막 역할을 하며 이 액막을 통하여 외수상에 존재하는 아미노산이 내수상으로 이동한다.

**Table 3. Operating conditions of HPLC**

Column	$\mu$ Bondapak $\text{C}_{18}$ (Waters)
Eluent	0.2 M pyridine buffer solution
Pressure	2500 psi
Eluent pH	3.6(Acetic acid)
Flowrate	1.5 ml/min
Temp.	20°C
Detector	UV 240 nm

## 3-2-3. 시료 채취

추출실험중 일정 시간간격으로 시료를 채취한 후 W/O 에멀전과 외수상을 거름종이를 이용해 거른다. 또한 W/O 에멀전상을 채취하여 에탄올을 정량가해 해유화시킨 후 내수상을 채취한다.

## 3-2-4. 분석

외수상 및 내수상 농축농도는 HPLC(영인 Co.)를 이용하여 분석하였으며 이 때의 조작조건을 Table 3에 나타내었다.

## 4. 실험결과 및 고찰

## 4-1. Adogen 464계의 최적 막 제조조건 결정

## 4-1-1. 에멀전 액막상 조성의 변화에 따른 영향

계면 활성제(Span 80)의 함량 변화, 담체(Adogen 464)의 함량변화, 막상인 유기상의 종류가 에멀전 액막의 형성 및 안정성에 미치는 영향을 (W/O)/W 액막을 이용한 L-phenylalanine의 회분식 추출 실험을 행하여 Fig. 5에 나타내었다. 실험결과 계면 활성제의 함량이 증가함에 따라 추출 초기에는 추출율이 향상되었으나, 추출 시간이 경과함에 따라 계면 활성제의 함량이 액막상의 13.2 % (w/v)보다 낮을 경우에는 막 파괴 현상으로 인해 추출 효율이 저하되었다. 또한 계면 활성제의 함량이 액막상의 13.2 % (w/v)보다 높을 경우에도 팽윤

**Table 4. Viscosity of emulsion phase(20°C)**

Internal phase	Organic phase	Emulsifier(Span 80)	Viscosity(cp)
Deionized water with 1 mol NaCl and pH 11(NaOH) (50 ml)	Chloroform	9.9 % (w/v)*	3.44
	(30.3 ml)	13.2 % (w/v)*	4.24
	Adogen 464	16.5 % (w/v)*	5.30
	3.3 % (w/v)*	19.8 % (w/v)*	7.59
Deionized water with 1 N(HCl) (50 ml)	Dodecane(30.3 ml)	13.2 % (w/v)*	23.74
	D2EHPA 13.2 % (w/v)*		
	Kerozene(30.3 ml)	13.2 % (w/v)*	26.24
	D2EHPA 13.2 % (w/v)*		
	Xylene(30.3 ml)	13.2 % (w/v)*	19.34
	D2EHPA 13.2 % (w/v)*		

\* based on memb. phase

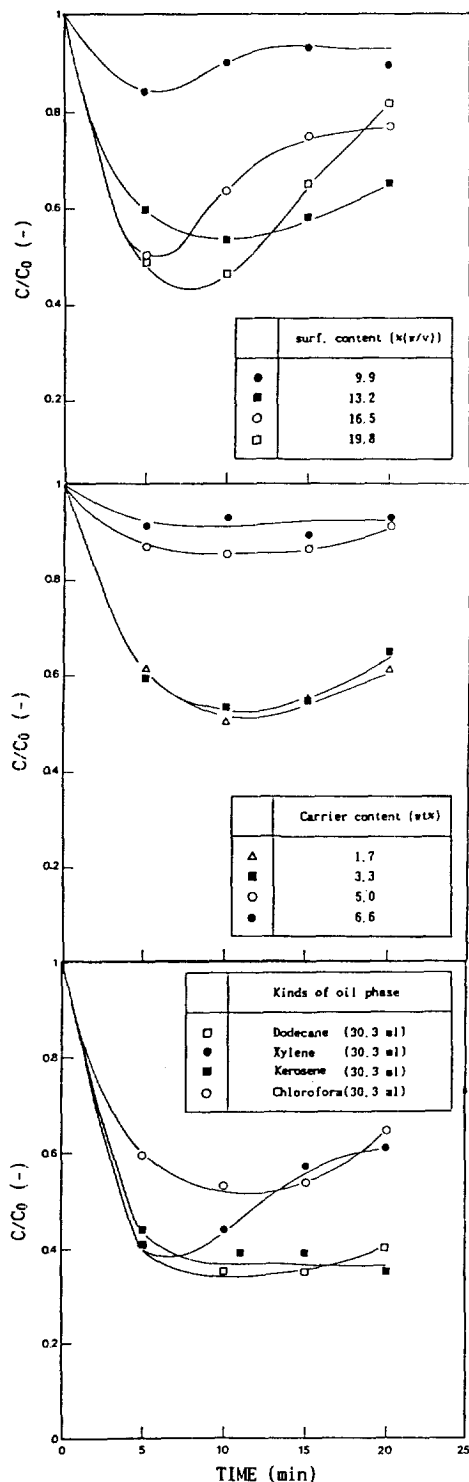


Fig. 5. Dependence of L-phenylalanine extraction rate on emulsifier(Span 80), carrier and kind of oil phase concentration(Adogen 464 system).

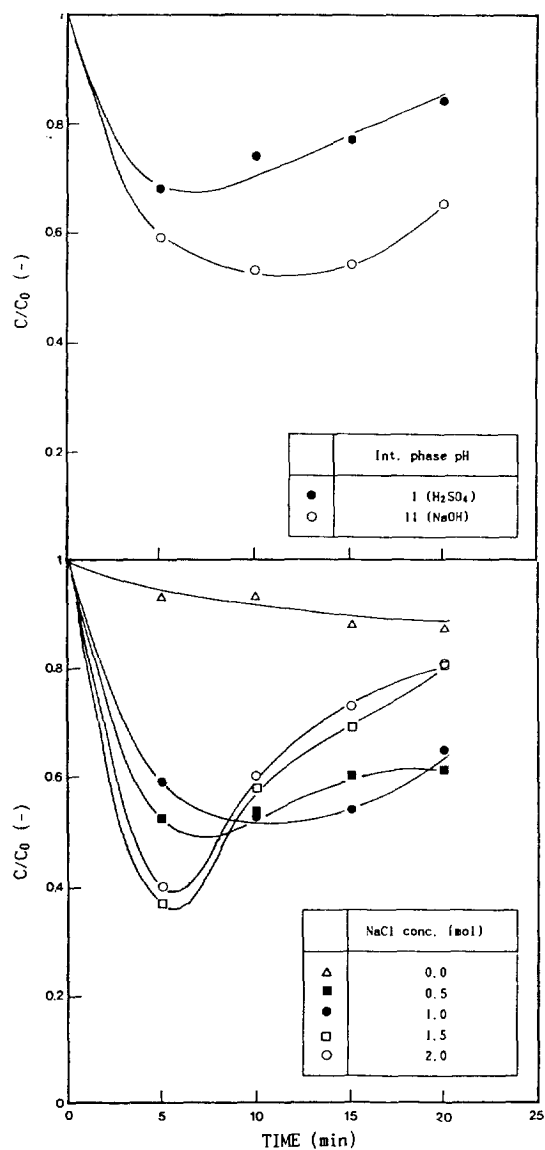


Fig. 6. Dependence of L-phenylalanine extraction rate on internal aqueous phase pH, and NaCl concentration (Adogen 464 system).

현상 및 액막의 응집 현상으로 인해 추출 효율이 저하되는 것으로 나타났다.

Adogen 464의 함량 변화에 따른 실험결과 최적의 함량은 3.3%(w/v)였으며 함량이 커지면 추출율이 현격히 저하되었다.

막상인 유기상의 종류에 따른 실험결과 수용상보다 가벼운 유기상인 dodecane, xylene 및 kerosene의 경우가 수용상보다 무거운 유기상인 chloroform보다는

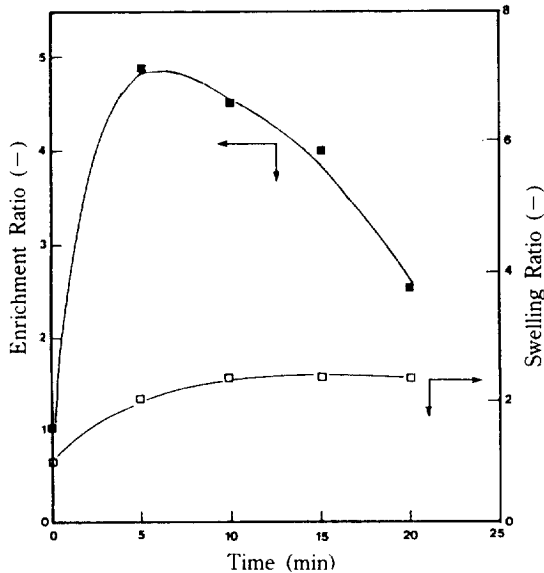


Fig. 7. Dependence of swelling and condensed effect on extraction time(Adogen 464 system).

추출율이 좋은 것으로 나타났는 바, 이는 전자의 경우가 후자의 경우보다 점도가 커서 팽윤현상이 현저히 감소하기 때문으로 사료되고 또한 안정하고 작은 에멀전 액적이 형성되어 물질전달 표면적을 증가시키기 때문으로 사료된다.

Table 4에 Hakke 점도계를 사용하여 계면활성제 함량 및 유기상 종류에 따른 에멀전 액막상의 점도를 나타내었다.

#### 4-1-2. 내수상 조건 변화에 따른 영향

내수상의 pH를 산성(pH 1,  $H_2SO_4$ )과 알칼리성(pH 11, NaOH)으로 변화시켜 가면서 추출 실험을 행한 결과 및 동반 이온인  $Cl^-$  이온 농도차에 따른 추출 실험 결과를 Fig. 6에 나타내었는 바 내수상의 pH가 알칼리성일 때 추출효율이 좋음을 알 수 있었다. 내수상의 pH가 산성일 경우에는 착체와  $Cl^-$ 의 탈리반응이 용이하지 않기 때문에 추출 효율이 저하되는 것으로 사료된다. 담체로서 Adogen 464를 이용한 L-phenylalanine 추출 실험에서 추진력은 내, 외수상 사이의  $Cl^-$  이온 농도차인데 일반적으로 내수상의  $Cl^-$  이온 농도가 높을수록 초기 추출속도는 향상되나  $Cl^-$  이온 농도가 1 mol 이상이 되면 내, 외수상간의 농도차에 의한 추출 속도 증진보다는 삼투압 현상에 의한 팽윤현상이 심하게 일어나고 그에 따라 막의 안정성 저하 및 외수상 농도 증가에 의해 추출효율이 낮아지는 것을 알 수가 있다. 실험결과 내수상의  $Cl^-$  이온 농도는 1 mol이 적당하였다.

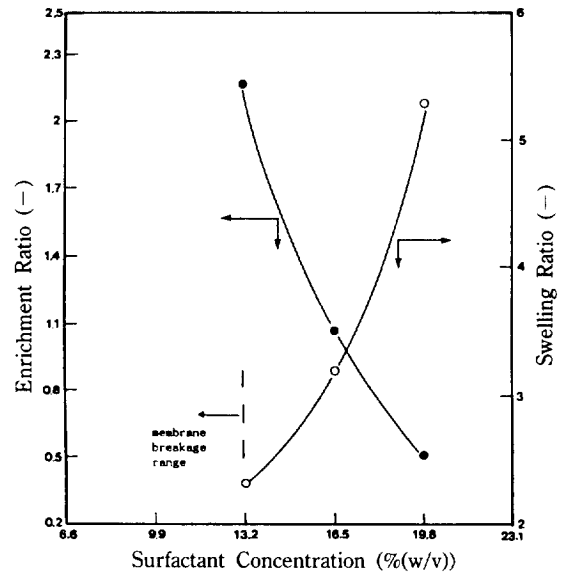


Fig. 8. Dependence of swelling and condensed effect on emulsifier(Span 80) concentration(Adogen 464 system).

#### 4-2. Adogen 464계의 팽윤현상 및 농축효과

액막상으로 chloroform을 사용한 Adogen 464계의 추출시 최적 조건으로 정한 계면 활성제 Span 80 13.2 % (w/v), 담체인 Adogen 464 3.3 % (w/v), 내수상 조건은 pH 11(NaOH),  $Cl^-$  이온 농도가 1 mol의 경우 추출시간에 따른 팽윤 현상 및 농축효과를 Fig. 7에 나타내었다. 추출시작후 7분 정도만에 최대의 농축비 5.2배(20.8 g/l)를 나타내었으며 시간이 지남에 따라 점차 농축비가 감소하였는 바 이는 시간에 따라 팽윤비가 증가하기 때문으로 사료된다. 추출시간 20분만에 팽윤비는 2.3배 정도를 나타냈다.

Fig. 8에는 20분의 추출시간후 계면활성제(Span 80)의 함량에 따른 팽윤 현상 및 농축 효과를 나타내었다. 계면활성제(Span 80) 함량이 13.2 % (w/v) 이하인 경우는 막과 현상으로 팽윤 현상 및 농축 효과를 정량적으로 나타낼 수 없었으며 13.2 % (w/v) 이상의 경우 계면활성제 함량에 따라 팽윤비가 현격히 증가하였고 그에 따라 농축효과도 현저히 떨어짐을 알 수 있었다.

Fig. 9에는 20분 추출시간후 내, 외수상의  $Cl^-$  이온 농도차에 따른 팽윤 현상 및 농축효과를 나타내었다. 최대의 농축비를 나타내는 내수상 HCl 농도는 0.7 N 정도로 나타났으며 그 이상은 추출속도에 비해 팽윤현상의 증가로 농축비가 감소됨을 알 수 있다. 농축비 및 팽윤비는 식(1), (2)와 같이 정의하였다.

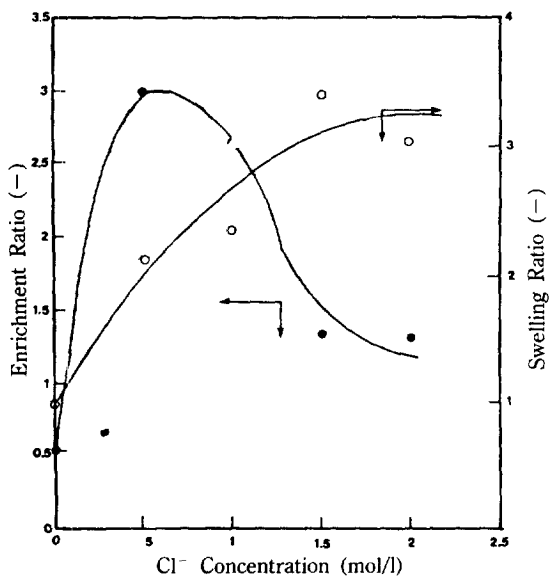


Fig. 9. Dependence of swelling and condensed effect on NaCl concentration (Adogen 464 system).

$$\text{농도비} = \frac{\text{일정 추출시간후 내수상 농도}}{\text{원액의 농도}} \quad (1)$$

$$\text{팽윤비} = \frac{\text{일정 추출시간후 내수상 부피}}{\text{초기 내수상 부피}} \quad (2)$$

#### 4-3. D2EHPA계의 최적 막 제조조건 결정

##### 4-3-1. 액막상 조성의 변화에 따른 영향

액막상으로서 chloroform을 사용한 D2EHPA계에서 계면활성제(Span 80)의 함량변화 및 담체(D2EHPA)의 함량변화, 막상인 유기상의 종류에 따른 추출 실험결과를 Fig. 10에 나타내었다. 계면활성제의 함량에 따라 추출효율에 큰 영향이 없었으나 추출시간 10분 이후부터 팽윤현상으로 인한 막의 응집 현상이 심하게 일어났다. 한편 담체의 막상내 함량이 증가함에 따라 추출효율이 향상되나 16.5 % (w/v) 이상되면 막의 안정성이 저하되어 추출효율이 떨어지게 된다. 최적 담체(D2EHPA)의 함량은 13.2 % (w/v)로 나타났다.

최대 추출율 및 막의 안정성면에서 수용상보다 가벼운 유기상인 dodecane과 kerosene이 수용상보다 무거운 유기상인 chloroform보다는 우수한 것으로 나타났는데 이는 Table 4와 같이 전자의 경우가 후자의 경우보다 점도가 커서 팽윤현상이 현저히 감소되기 때문으로 사료된다.

##### 4-3-2. 내, 외수상 조건 변화에 따른 영향

액막상으로서 chloroform을 사용하고 담체(D2EHPA)의 함량이 막상기준으로 6.6 % (w/v)인 경우 외

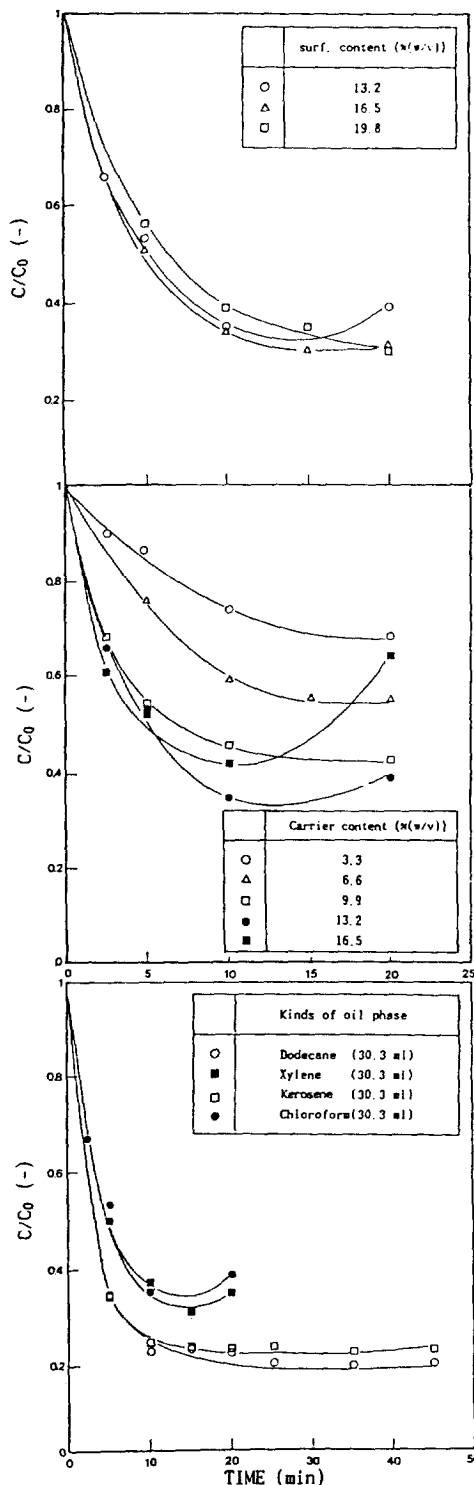


Fig. 10. Dependence of L-phenylalanine extraction rate on emulsifier(Span 80), carrier and kind of oil phase concentration (D2EHPA system).

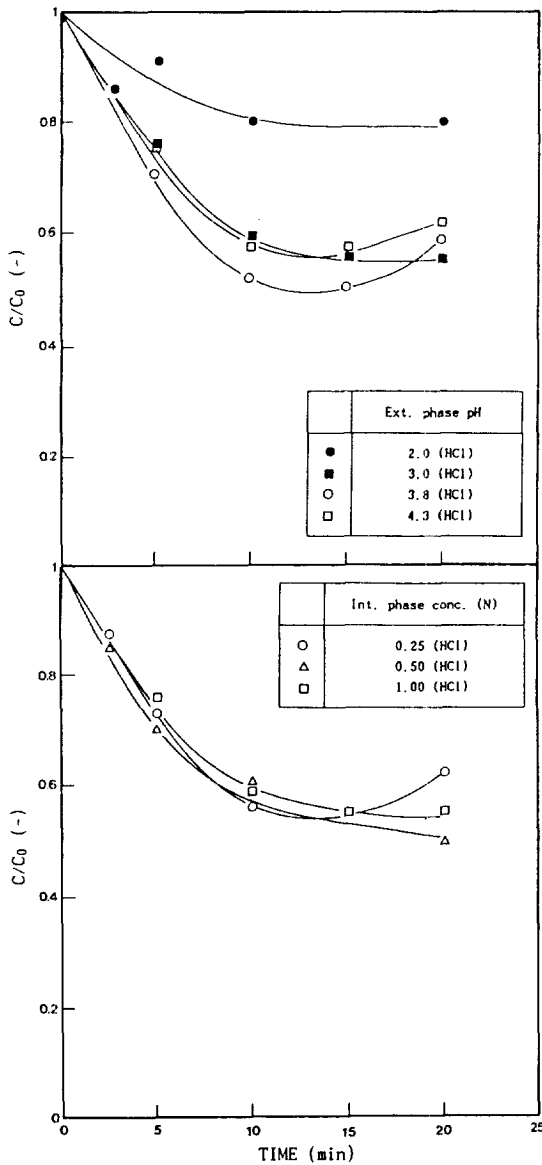


Fig. 11. Dependence of L-phenylalanine extraction rate on external aqueous phase pH, and HCl normal concentration of internal aqueous phase(D2EHPA system).

수상 pH 및 내수상의  $H^+$  이온 농도에 따른 추출 실험결과를 Fig. 11에 나타내었는 바 외수상의 pH가 증가할수록 추출효과가 향상되었으나 pH 3 이상에서는 추출 효과의 증가율이 감소하였다. 이는 외수상의 pH가 증가함에 따라 내, 외수상간의  $H^+$  이온 농도차에 의해 추출 효과는 향상되어야 하나 L-phenylalanine이 양이온으로의 해리율이 점점 떨어지기 때문으로 사료된다.

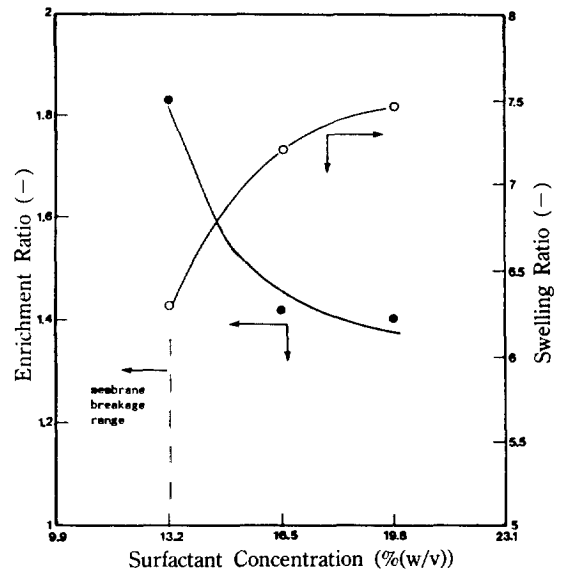


Fig. 12. Dependence of swelling and condensed effect on emulsifier(Span 80) concentration(D2EHPA system).

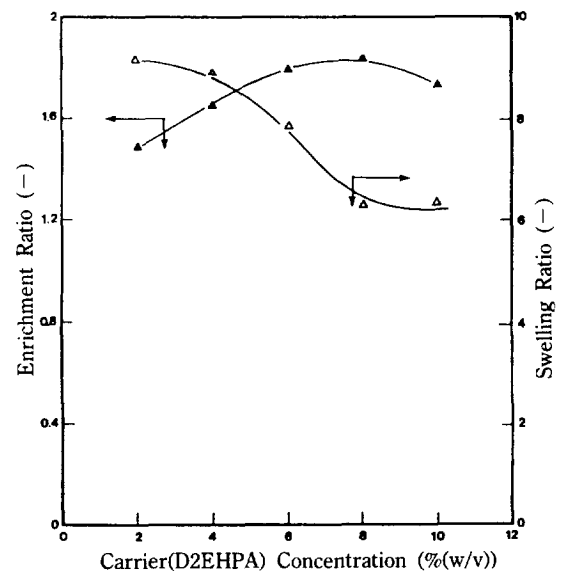


Fig. 13. Dependence of swelling and condensed effect on carrier(D2EHPA) concentration(D2EHPA system).

한편 0.25 N-1 N내의 내수상  $H^+$  이온 농도(HCl)에 따라 추출효과에 큰 영향을 주지 않았다.

#### 4-4. D2EHPA계의 팽윤현상 및 농축효과

액막상이 chloroform인 경우 20분의 추출시간 후 막



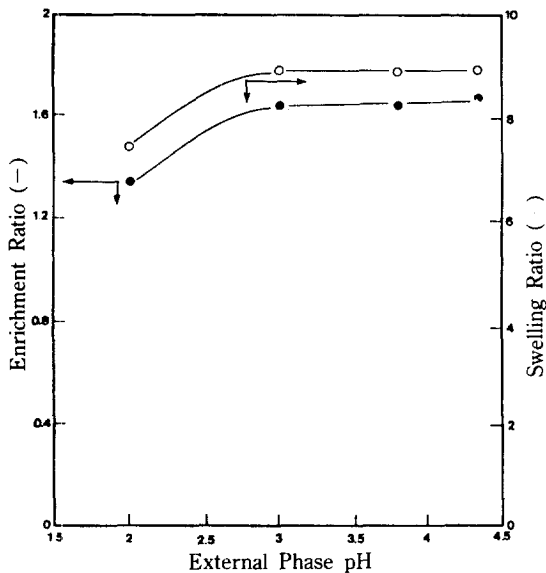


Fig. 14. Dependence of swelling and condensed effect on external aqueous phase pH(D2EHPA system).

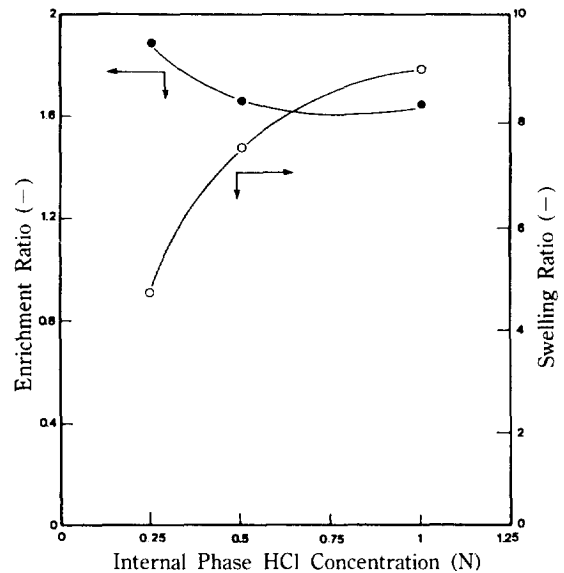


Fig. 15. Dependence of swelling and condensed effect on HCl normal concentration of internal aqueous phase(D2EHPA system).

상내 계면활성제(Span 80) 함량, 담체(D2EHPA) 함량, 외수상 pH, 내수상 HCl 농도에 따른 팽윤 현상 및 농축효과를 Fig. 12-14 및 15에 각각 나타내었다.

Fig. 12와 같은 막상내 계면활성제 함량에 따라 팽윤비는 증가하였고 그에 따라 농축비는 감소하였다. 반면 Fig. 13과 같이 막상내 담체(D2EHPA) 함량에 따라 농축비는 증가하였으며 반면 팽윤비는 감소함을 나타내었다. 그러나 액막상내 함량이 7%(w/v) 이상되면 농축비 및 팽윤비가 거의 일정해짐을 알 수 있다.

Fig. 14에서 보듯 외수상의 pH가 증가함에 따라서 농축비 및 팽윤비는 pH 3 이상에서는 거의 일정함을 나타내었다.

Fig. 15에서 내수상의 HCl 농도에 따라 농축비는 약간 감소함을 나타내었고 팽윤비는 급격히 증가함을 나타내었다. 그 결과 막상의 조성이 결정되면 내, 외수상의  $H^+$  이온의 농도차가 팽윤현상의 주 원인을 알 수가 있다. 또한 Fig. 11에서 내수상 HCl 농도에 따라 추출 효과의 차가 별로 없었는 바, 이는 내수상 HCl 농도에 따른 추출 효과의 증진이 팽윤현상에 의한 외수상 농도 증가에 의해 상쇄되기 때문으로 사료된다.

액막상으로 chloroform, 담체로서 D2EHPA를 사용한 (W/O)/W 액막계의 최적 조건으로 정한 계면활성제(Span 80) 13.2%(w/v), 담체(D2EHPA) 13.2%(w/v), 외수상 pH 3, 내수상 HCl 1N의 경우 추출시간에 따른 팽윤현상 및 농축 효과를 Fig. 16에 나타내었다. 4분 정도만에 최대 농축비 3.4배(13.6 g/l)를 나타내었으며

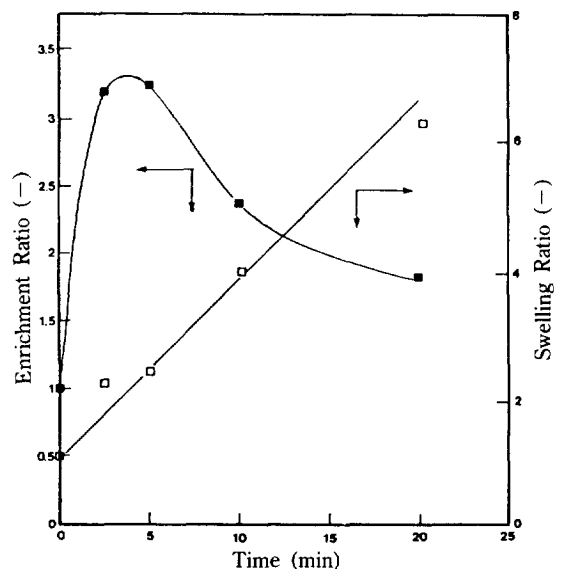


Fig. 16. Dependence of swelling and condensed effect on extraction time(D2EHPA system).

추출시간이 지남에 따라 점차 농축비가 감소하였는 바 추출시간에 따라 팽윤비가 선형적으로 증가하기 때문으로 사료된다. 추출시간 20분만에 팽윤비가 6.2배를 나타냈다.

#### 4-5. Adogen 464계와 D2EHPA계의 비교

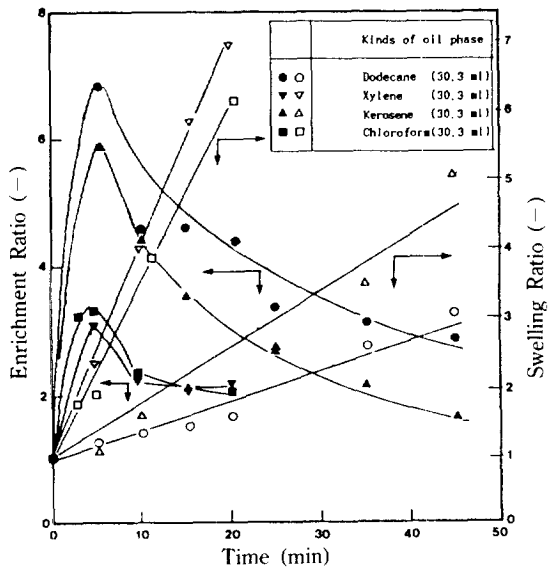


Fig. 17. Dependence of swelling and condensed effect on kinds of oil phase(D2EHPA system).

Adogen 464를 담체로 사용한 계는 L-phenylalanine을 음이온 상태로 추출, 농축할 수 있으며 D2EHPA를 담체로 사용하는 계는 L-phenylalanine을 양이온 상태로 추출, 농축할 수 있는 계이다. Fig. 7과 16으로부터 두 계의 최적 막 제조조건에서 농축비 및 팽윤비를 비교해보면 유기상이 chloroform인 Adogen 464계의 경우 추출시간 7분 정도만에 최대 농축비 5.2배(20.8 g/l)를 얻을 수 있고 팽윤현상은 추출시간이 지남에 따라 증가하여 추출시간 20분만에 팽윤비가 2.3배 정도가 됨을 알 수가 있다. 반면 D2EHPA계의 경우 추출시간 4분 정도만에 최대 농축비 3.4배(13.6 g/l)를 얻을 수 있고 팽윤현상은 추출시간에 따라 선형적으로 증가하여 20분만에 팽윤비가 6.2배 정도가 됨을 알 수가 있다. 따라서 팽윤현상을 제거할 수 있다면 D2EHPA계가 Adogen 464계에 비해 더 높은 농축효과를 얻을 수 있음을 알 수가 있다. Fig. 17에 D2EHPA계의 경우 액막상으로서 dodecane, kerosene, xylene 및 chloroform을 사용했을 때 추출 시간에 따른 농축효과 및 팽윤현상을 나타내었다. 담체로서 D2EHPA를 사용한 경우 팽윤현상을 줄이기 위해 Table 4에서 볼 수 있듯이 점도가 큰 에멀전을 제조할 수 있는 유기상 즉, dodecane, xylene 및 kerosene을 사용한 결과 dodecane과 kerosene 유기상의 경우 팽윤비는 추출시간 20분 후에 1.5배와 2.2배 정도로 각각 현저히 낮아졌고 그에 따라 농축비도 각각 6.78배(27.12 g/l)와 5.89배(23.56 g/l) 정도로 향상되었다. 25℃에서 L-phenylalanine의 용해도가 29.6 g/l[1]로

알려진 바, 상온에서 거의 수용액의 최대 용해도에 도달했음을 보여주고 있다.

## 5. 결 론

(1) L-phenylalanine의 농축효과를 저하시키는 팽윤현상은 에멀전 막상의 점도가 클수록, 계면활성제 함량이 작을수록, 유기상이 비극성일수록, 내, 외수상간 동반이온(counter ion)의 농도차가 작을수록 감소됨을 알 수 있었다.

(2) Adogen 464계의 경우 막상(chloroform), 계면활성제(Span 80) 13.2 % (w/v), 담체(Adogen 464) 3.3 % (w/v), 내수상 pH 11(NaOH),  $\text{Cl}^-$  이온 농도 1 mol,  $\Phi_1=0.62$ ,  $\Phi_2=0.14$ 하에서 추출 시작 7분만에 최대 농축비 5.2배(20.8 g/l)를 얻을 수 있었고 추출시간 20분만에 팽윤비가 2.3배 정도를 나타내었다.

(3) D2EHPA계의 경우 막상(dodecane), 계면활성제(Span 80) 13.2 % (w/v), 담체(D2EHPA) 13.2 % (w/v), 외수상 pH 3, 내수상 1 N(HCl),  $\Phi_1=0.62$ ,  $\Phi_2=0.14$ 하에서 추출 시작 7분만에 최대 농축비 6.78배(27.12 g/l)를 얻을 수 있었던 바 이는 상온에서 거의 최대 용해도를 나타낸다. 팽윤비는 추출 시작 20분만에 1.5배를 나타내었다.

## 사용기호

- A : zwitter ion of L-phenylalanine
- A<sup>+</sup> : cation of L-phenylalanine
- A<sup>-</sup> : anion of L-phenylalanine
- C : concentration of L-phenylalanine according to extraction time
- C<sub>0</sub> : feed concentration of L-phenylalanine
- C<sup>+</sup> : cation type of Adogen 464
- C<sup>-</sup> : anion type of D2EHPA
- V<sub>e</sub> : total external aqueous phase volume [cm<sup>3</sup>]
- V<sub>i</sub> : total internal aqueous phase volume [cm<sup>3</sup>]
- V<sub>m</sub> : total oil phase volume [cm<sup>3</sup>]

## 그리스 문자

- $\Phi_1$  : volume fraction of internal aqueous phase to (W/O) emulsion phase,  $V_i/(V_i+V_m)$  [-]
- $\Phi_2$  : volume fraction of (W/O) emulsion phase to total volume,  $(V_i+V_m)/(V_i+V_m+V_e)$  [-]

## 참고문헌

1. Li, N. N.: *Ind. Eng. Chem. Process Des. Develop.*, **10**

- (2), 215(1971).
2. Teramoto, M. and Matsuyama, H.: *J. Memb. Sci.*, **45**, 115(1989).
3. Kataoka, T. and Nishiki, T.: *J. Memb. Sci.*, **46**, 67 (1989).
4. Halwachs, W. and Flaschel, E.: *J. Memb. Sci.*, **6**, 33(1980).
5. Yoshikawa, M. and Suzuki, M.: *J. Memb. Sci.*, **32**, 235(1987).
6. Richard, M. and Lemert, R. A.: *J. Phys. Chem.*, **94**, 6021(1990).
7. Itoh, H. and Thien, M. P.: *Biotech. and Bioeng.*, **35**, 853(1990).