

에멀전 액막에 의한 p-Chlorophenol의 분리에 있어서 초음파 균질화 효능

강전언, 정태수*
 성균관대학교 화학공학과
 (tschung@yurim.skku.ac.kr*)

Efficacy of Ultrasonic Homogenization in Separation of p-Chlorophenol from Aqueous Solution by Emulsion Liquid Membrane

Jeon-Un Kang, Tai-Soo Chung*
 Department of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University
 (tschung@yurim.skku.ac.kr*)

서론

화학공업의 다변화로 인하여 다중 난분해성 물질들을 함유한 산업 폐수들이 발생하고 있으며, 석유화학공업의 부산물 중 대부분을 차지하는 방향족 탄화수소 대량물질들은 화학적으로 안정된 구조를 가지고 있어 기존의 물리, 화학적 처리방법으로는 높은 처리비용을 감당하기 어렵고 또한 재사용이 불가능하다. 수질 환경오염에 따른 음용수 및 공업용수를 비롯한 수자원의 부족을 해결하고자 폐수처리에 막분리 기술을 적용시키려는 연구가 진행되고 있다. 액막의 연구는 생체막의 고도의 수송기능을 인공적으로 재현하고자 수행되었다. 액막에서 이런 생체막과 유사한 수송기능을 최초로 실현한 것은 Scholander 등에 의해 hemoglobin을 담체로 하는 O_2 촉진수송이다. 막분리 공정은 선택적 투과성을 가진 막을 이용하여 분리물질의 두 상간의 농도차, 압력차, 전위차 등을 추진력으로 물질을 분리 및 정제하는 공정이다[1]. 또한 상변화에 따른 열 흡수 및 방출과정을 필요로 하지 않아 경제적이고 열에 약한 물질이나 용질의 구조와 특성의 파괴나 손상 없이 물질을 분리할 수 있는 장점이 있다. 에멀전 제조에 있어서 유화장치가 안정한 막을 형성하는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으며, 이러한 장치들은 단순한 기계적 교반기, 콜로이드밀, 프로젝트믹서, 초음파 균질화기 등이 있다[2]. 이들의 목적은 분산상을 연속상 중에 분산시켜서 완전히 형성된 에멀전의 분산상 입자 크기를 작게 하여 일정 기간 동안 입자의 크리밍이나 입자의 합일을 일으키지 않도록 하는 것인데, 이중 초음파 균질화기에 의해 제조된 에멀전은 매우 작은 액적을 형성하게 된다. 따라서 큰 접촉면적을 가지게 되어 물질전달 속도와 막 안정성을 향상시킬 수 있다[3].

p-chlorophenol은 페놀과 염화술피닐을 함유하며, 침상결정으로 물에 거의 녹지 않고 에탄올, 에테르에 녹으며, 퀴니자린계염, 의약품, 농약의 원료로 쓰인다[4]. 본 실험에서는 초음파 균질화 액막을 이용하여 수용액중의 p-chlorophenol을 제거함에 있어서 초음파 균질화기의 조사강도, 막과피울, pH의 영향, Span 80의 농도변화에 따라 p-chlorophenol의 제거효율에 미치는 영향을 측정하였다.

실험

본 실험에서는 수용액중의 p-chlorophenol을 액막을 이용하여 내부 수용액과 막상(유기용매, 친유성 계면활성제)용액을 초음파 균질화해서 W/O형 에멀전을 조제하고, 이것을 외수상의 p-chlorophenol 수용액에 교반, 분산시켜 W/O/W형 복에멀전을 조제하였다. 액막을 이용한 p-chlorophenol제거는 외수상에서의 p-chlorophenol이 액막을 통과한 후 유제안의 NaOH용액과 반응하여 액막에 용해되지 않는 C_6H_4Na 를 형성한다. 액막을 이용한

수용액중의 p-chlorophenol 분리의 schematic diagram을 그림 1에 나타냈다.

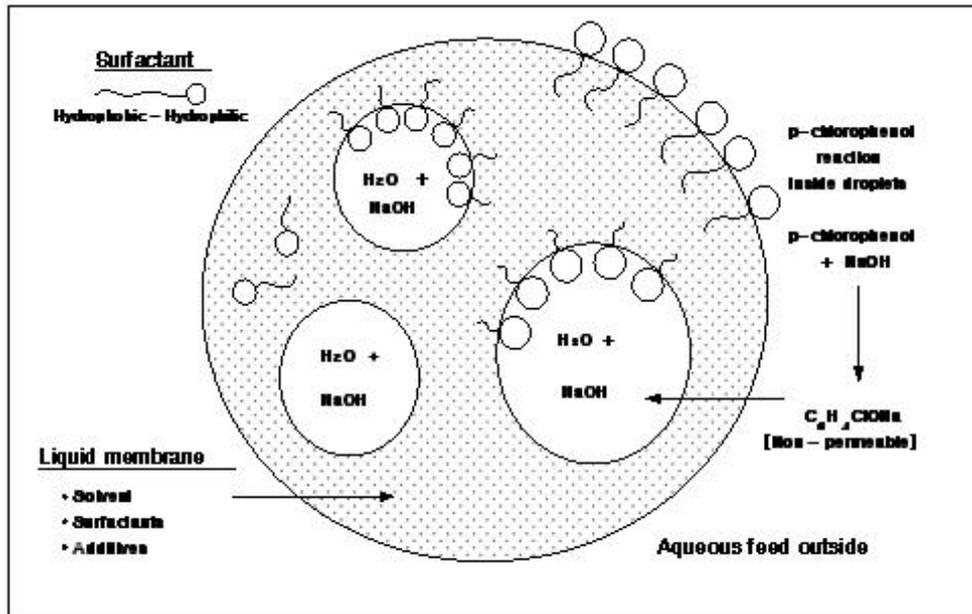


Fig. 1. Schematic diagram of liquid membrane for p-chlorophenol removal

본 실험에서 사용한 실험장치는 크게 유화기와 접촉기로 나눌 수 있다. 초음파 균질화기(Ultrasonic Generator Model 450, Branson Ultrasonics Co., U.S.A.)를 사용한 유화기는 100ml beaker에 내부수용액(NaOH수용액)과 막상용액(Span 80 + kerosene)을 혼합하여 초음파균질화기의 flat tip(1/2 in. diameter)이 용액면에 위치하도록 하였다. 유화기에서 제조한 W/O 에멀전을 접촉기에서 외수상인 p-chlorophenol 1000ppm 수용액에 접촉시켜 W/O/W형 복에멀전을 만들었다. 이때 접촉기에 사용된 교반기는 직경 45mm의 four blade paddle로서 400ml beaker를 사용하였다. 유화기의 교반속도는 정전압 motor에 analog가 부착된 control box를 연결하여 stropscope(Sugawara Lab. Inc., Model MSXXA)를 사용하여 조절하였다. 초음파 균질화기의 조사강도는 자체에 내장된 output controller로 조절하였다. 그리고 초음파 균질화기의 조사강도, Span 80의 농도, 외수상의 pH를 변화시키면서 4분 동안 정치시킨 후에 시료를 채취하여 UV spectrophotometer(Hitachi Co., Japan, Model UV-3210)로 분석하였다. 접촉기의 항온을 유지하기 위해 water bath내에서 유화기와 접촉기의 실험을 행하고 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 항온을 유지하였다.

결과 및 고찰

1. 유화시 초음파균질화기의 조사강도의 영향

Fig. 2은 초음파 균질화기의 조사강도 변화에 따른 p-chlorophenol의 분리효율을 나타내었다. 본 실험은 p-chlorophenol의 초기농도 1000ppm, 계면활성제(Span 80, HLB 4.3) 농도 9vol%, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1/1, 초음파 균질화기의 조사시간 90s, 에멀전/외수상의 체적비 1/4, NaOH 수용액 농도 5wt%의 조건으로 실험을 수행하였다. 조사강도 40watt에서 접촉시간 10분일 때 가장 좋은 분리효율 99.27%(7.26ppm)를 나타내었다. 조사강도 13watt일때 충분한 교반이 일어나지 않아 불안정한 W/O 에멀전이 형

성되어 W/O/W 제조시 충분한 액적을 만들지 못하여 접촉시간이 증가함에 따라 분리효율이 낮아졌다. 조사강도 67watt보다 클 때 온도상승의 원인이 되어 불안정한 액막을 형성하게 되어 분리효율이 떨어진 것으로 사료된다[5].

2. 막과피울 실험

Fig. 3는 에멀전 유화시 초음파 균질화기와 기계적 교반기를 이용하여 계면활성제 Span 80의 농도변화에 따른 막과피울을 비교한 것을 나타내었다. 유화시 초음파균질화기를 사용하였을 경우 조사강도 40watt에서 실험하였고 유화시 기계적 교반기를 사용하였을 경우 교반속도 2800rpm을 사용하였다. p-chlorophenol의 초기농도 1000ppm, 초음파 균질화기의 조사시간 90s, 계면활성제(Span 80, HLB 4.3)농도 9vol%, 에멀전/외수상의 체적비 1/4, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1/1, NaOH 수용액 농도 5wt%, 접촉기에서의 교반속도 400rpm으로 하였고 접촉기에서의 접촉시간은 5분으로 고정하여 유화시 내부수용액인 Direct Red 2를 녹인 후 유화시키고 외부 수용액과 접촉시킨 다음 시료를 채취하여 초음파 균질화기와 기계적 교반기를 사용하였을 경우의 막과피울을 실험하였다. 초음파균질화기를 사용했을 때의 막과피울이 기계적 교반기를 사용했을 때의 막과피울보다 훨씬 낮은 것을 볼 수 있다.

3. 외수상의 pH에 따른 영향

Fig. 4은 외수상에서의 pH에 따른 p-chlorophenol의 분리효율을 나타내고 있다. p-chlorophenol의 초기농도 1000ppm, 계면활성제(Span 80, HLB 4.3)농도 9vol%, 초음파 균질화기 조사강도 40watt, 초음파 균질화기의 조사시간 90s, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1/1, 에멀전/외수상의 체적비 1/4, NaOH 수용액 농도 5wt%, 접촉기에서의 교반속도 400rpm의 조건으로 실험을 수행하였다. pH를 조절하지 않은 외수상의 pH 4.95에서 분리효율이 높아짐을 알 수 있다.

참고문헌

1. Park, H. J. and Chung, T. S.: "Removal of Phenol from Aqueous Solution by Liquid Emulsion Membrane" *Korean J. Chem. Eng.*, **20**(4), 731-735(2003)
2. Becher, P. (editor) : "Encyclopedia of Emulsion Technology", Marcell Dekker, Inc., New York, N.Y., 1, 65-67, 129-285 (1983).
3. Awate, S. V., Waghmode, S. B., Patil, K. R., Agshe, M.S. and Joshi, P. N. : "Influence of Preparation Parameters on Characteristics of Zirconia-Pillared Clay Using Ultrasonic Technique and Its Catalytic Performance in Phenol Hydroxylation Reaction", *Korean J. Chem. Eng.*, **18**, 257 (2001)
4. 문성명 : 화학약품대사전, 교육서관, 1738-1739 (1991)
5. Nam, S. I. and Chung, T. S.: "Separation of Aniline from Aqueous Solution by Ultrasonically Homogenized Liquid Membrane", *HWAHAK KONGHAK* **41**(1), 64-67(2003)

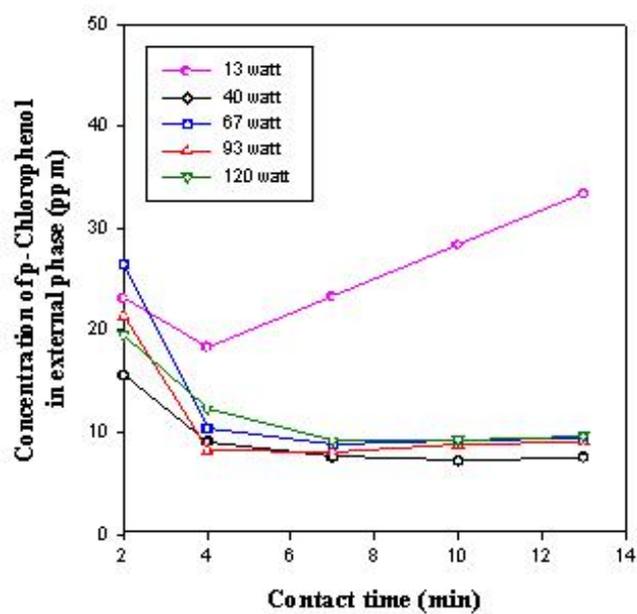


Fig. 2. Effect of ultrasonic intensity on p-Chlorophenol separation

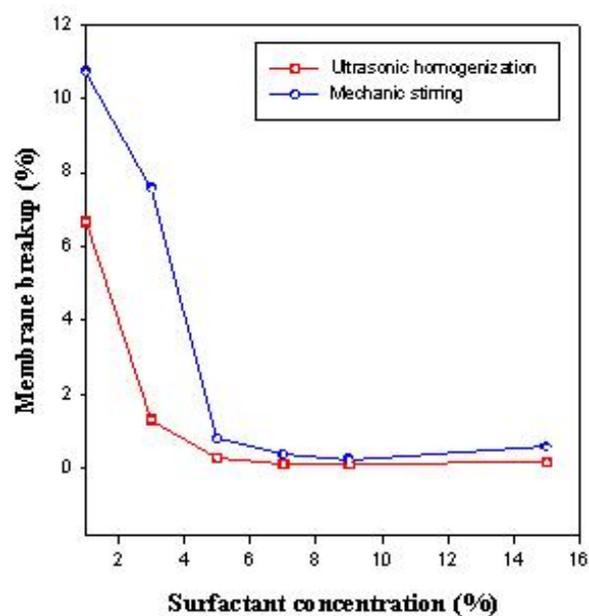


Fig. 3. Membrane breakup versus surfactant concentration

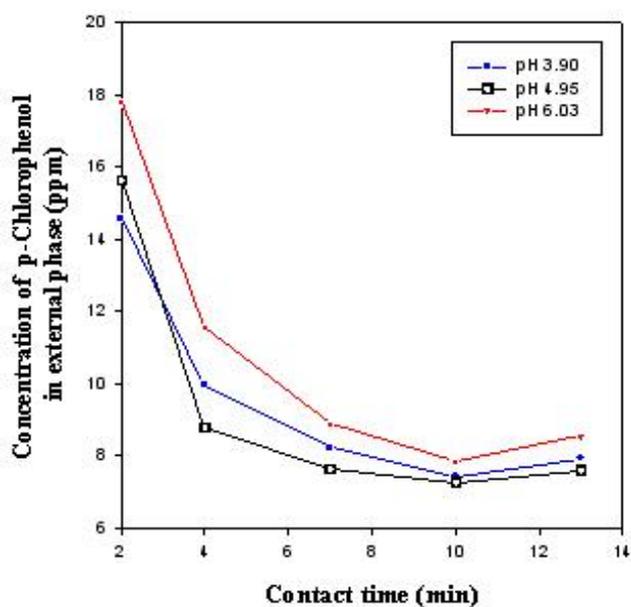


Fig. 4. Effect of pH of external solution on p-Chlorophenol separation