

초음파균질화 에멀전형 액막에 의한 수용액 중 p-Chlorophenol의 분리

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

Separation of p-Chlorophenol from Aqueous Solution by Ultrasonically Homogenized Emulsion Liquid Membrane

Byung-Sub Park, Jun-On Kang, Tai-Soo Chung*
 Department of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University
 (tschung@yurim.skku.ac.kr*)

서론

산업의 발달은 우리 삶에 많은 편리함을 제공하지만 공장에서의 다량의 폐수 방류와 가정에서의 생활폐수 등으로 인하여 수질 오염이 악화되고 있다. 수질 오염에 따른 음용수 및 공업용수를 비롯한 수자원의 부족을 해결하고자 폐수처리에 막분리 기술을 적용시키려는 연구가 시도되고 있다. 막분리 공정은 선택적 투과성을 가진 막을 이용하여 분리물질의 두 상간의 농도차, 압력차, 전위차 등을 추진력으로 하는 물질을 분리 및 정제하는 공정이다. 또한 상변화에 따른 열 흡수 및 방출과정을 필요로 하지 않아 경제적이고 열에 약한 물질이나 용질의 구조, 특성, 파괴나 손상 없이 물질을 분리할 수 있는 장점이 있다. 액막은 서로 섞이지 않는 2종의 액 사이에 형성된 아주 얇은 용액상의 격막이며 액체를 막으로 이용하기 때문에 막의 두께가 얇아져 침투량이 증가하고 물질전달 표면적을 크게 할 수 있고, 막을 자유롭게 형성, 회수할 수 있다는 여러 장점들을 가지고 있다. 특히 에멀전형 액막은 다른 액막에 비해 막의 안정성이 시간이 지남에 따라 저하되어 분리효율이 떨어진다. 따라서 유화장치를 이용해 분산상을 연속상 중에 분산시켜 완전히 형성된 에멀전의 분산상 입자 크기를 작게 하여 일정기간 동안 입자의 크리밍이나 입자의 합일을 일으키지 않도록 한다.

p-Chlorophenol은 페놀과 염화술피닐을 함유하며, 침상결정으로 물에 거의 녹지 않고 에탄올, 에테르에 녹으며, 퀴니자린계염, 의약품, 농약의 원료로 쓰인다[1]. 본 실험에서는 초음파균질화 액막을 이용하여 수용액중의 p-Chlorophenol을 제거함에 있어서 초음파균질화기의 조사 강도와 조사시간, 에멀전농도, NaOH 수용액 농도가 p-Chlorophenol의 제거효율에 미치는 분리효율을 측정하였다.

실험

에멀전형 액막법은 유기용액과 수용액이 계면활성제에 의해 균일하게 혼합되어 에멀전 상태로 안정화하고 다시 연속상과 복에멀전 형태를 유지하여 투과면적을 증대시킴으로써 투과속도를 크게 한 것이다. 이 방법은 용액과 계면 활성제를 고속으로 교반시켜 에멀전을 만들고 이를 연속상인 용매와 접촉시켜 용질의 액막에 대한 투과도의 차이로 분리하는 것이다. 본 실험에서는 수용액중의 p-Chlorophenol을 액막을 이용하여 내부 수용액과 막상(유기용매, 친유성 계면활성제)용액을 교반 또는 초음파 균질화해서 W/O형 에멀전을 조제하고, 이것을 연속상에 교반, 분산시켜 W/O/W형 복에멀전을 조제한다. 하나의 W/O/W형 에멀전 액상은 내부에 수많은 소액

적들을 포함하고 있는데 보통 1~100 μ m의 직경으로 분포되어 있으며, 에멀전 액상의 직경은 0.1~2mm 정도이다[2]. 액막을 이용한 수용액중 p-Chlorophenol 제거는 외수상에서의 p-Chlorophenol이 액막을 통과한 후 유제안의 NaOH용액과 반응하여 $\text{ClC}_6\text{H}_4\text{Na}$ 를 형성한다.

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)으로 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 조절한다. 그리고 초음파 균질화기의 조사강도(watt)와 조사시간(s), 계면활성제의 농도(v/v%), NaOH 수용액(w/w%)의 농도를 변화시키면서 4분 동안 정치시킨 후에 시료를 채취하여 UV spectrophotometer(Hitachi Co., Japan, Model UV-3210)로 분석하였다. 접촉기의 향온을 유지하기 위해 water bath내에서 유화기와 접촉기의 실험을 행하고 25 \pm 0.5 $^{\circ}$ C의 향온을 유지하였다.

결과 및 고찰

1. 초음파 균질화기의 조사강도의 영향

Fig. 1은 초음파 균질화기의 조사강도 변화에 따른 p-Chlorophenol의 분리효율을 나타내었다. 본 실험은 초음파 균질화기의 조사시간 90s, p-Chlorophenol의 초기농도 1000ppm, 계면활성제(Span 80, HLB 4.3)농도 9vol%, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1/1, 에멀전/외수상의 체적비 1/4, NaOH 수용액 농도 5wt%, 접촉기에서의 교반속도 400rpm의 조건으로 실험을 수행하였다. 조사강도 105watt에서 접촉시간 7분일 때 가장 좋은 분리효율 99.237%(7.63ppm)를 나타냈었다. 90watt에서 105watt로 조사강도가 커질수록 분리효율이 좋아지지만 113watt에서 떨어짐을 알 수 있다. 조사강도가 너무 커질 경우에 온도상승의 원인이 되어 불안정한 액막을 형성하게 된다[3].

2. 초음파 균질화기의 조사시간의 영향

Fig. 2는 초음파 균질화기의 조사시간 변화에 따른 p-Chlorophenol의 분리효율을 나타내었다. 초음파 균질화기 조사강도 105watt, p-Chlorophenol의 초기농도 1000ppm, 계면활성제(Span 80, HLB 4.3)농도 9vol%, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1/1, 에멀전/외수상의 체적비 1/4, NaOH 수용액 농도 5wt%, 접촉기에서의 교반속도 400rpm의 조건으로 실험을 수행하였다. 충분한 유화를 위해서는 어느 정도 이상의 조사시간을 필요로 한다. 조사시간이 부족할 경우 충분한 유화가 되지 않아 안정한 W/O에멀전을 형성하지 못한다. 조사시간 90초 접촉시간 7분에서 가장 좋은 효율인 98.585%(14.15ppm)을 나타냈다.

3. NaOH 내부수용액 농도의 영향

Fig. 3은 NaOH 수용액의 농도에 따른 외수상에서의 p-Chlorophenol의 분리효율을 나타내고 있다. 초음파 균질화기 조사강도 105watt, 초음파 균질화기의 조사시간 90s, p-Chlorophenol의 초기농도 1000ppm, 계면활성제(Span 80, HLB 4.3)농도 9vol%, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1/1, 에멀전/외수상의 체적비 1/4, 접촉기에서의 교반속도 400rpm의 조건으로 실험을 수행하였다. 외수상에서 확산을 통해 액막을 통과한 p-Chlorophenol이 내부 수용액상에서 화학반응에 의하여 다른 물질로 전환함으로써 액막사이의 농도구배를 초기상태와 같은 정도로 유지시켜 지속적인 투과가 이루어질 수 있다[4]. 내부수용액 NaOH 5wt%일 때, 접촉시간 7분에서 가장 좋은 분리효율인 98.912%(10.88ppm)를 나타내었다.

4. 계면활성제 농도의 영향

Fig. 4는 계면활성제의 농도에 따른 외수상에서의 p-Chlorophenol의 분리효율을 나타내고 있다. 초음파 균질화기 조사강도 105watt, 초음파 균질화기의 조사시간 90s, p-Chlorophenol의 초기농도 1000ppm, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1/1, 에멀전/외수상의 체적비 1/4, NaOH 수용액 농도 5wt%, 접촉기에서의 교반속도 400rpm의 조건으로 실험을 수행하였다. 계면활성제의 농도 9vol%, 접촉시간 7분에서 98.823%(11.77ppm)의 가장 좋은 분리효율을 나타내었다.

참고문헌

1. 문성명 : “화학약품대사전, 교육서관 1738-1739(1991)
2. Marr,R. and Kopp, A. : "Liquid Membrane Technology - A Survey of Phenomena, Mechanisms, and Models", *int.Chem. Eng.*, **22**(1), 44-60 (1982)
3. Park.H.S. and Chung.T.S., "Removal of Phenol from Aqueous Solution by Liquid Emulsion Membrane" *Korean J.Chem.eng.*, **20**(4), 731-735(2003)
4. 강윤석, 석사학위논문, 성균관대학교 화학공학과, PP. 38-40

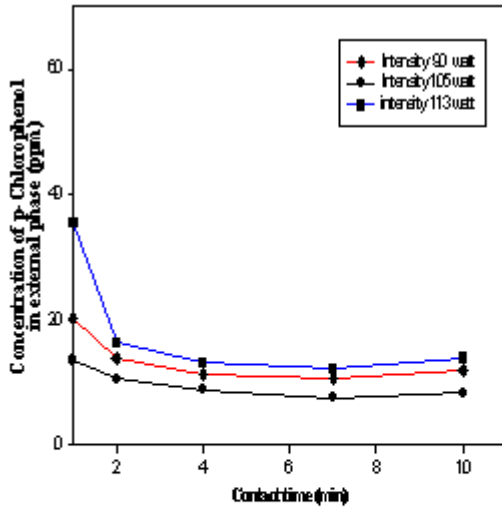


Fig. 1. Effect of ultrasonic intensity on p-Chlorophenol separation

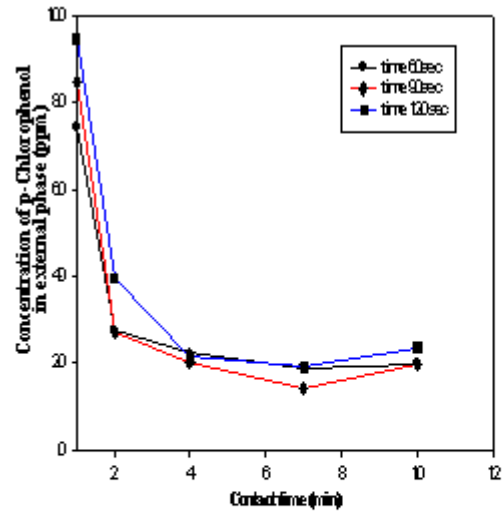


Fig. 2. Effect of the duration of ultrasonic homogenization on p-Chlorophenol separation

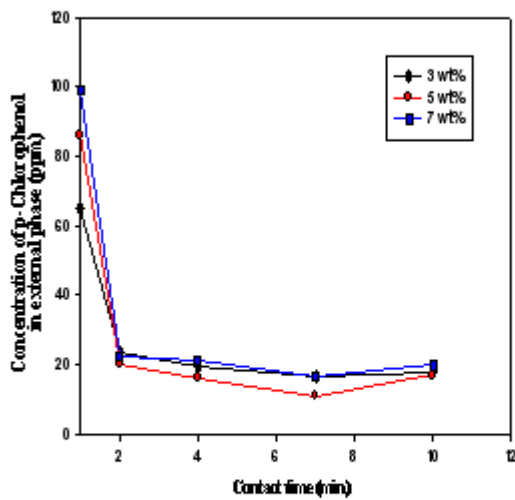


Fig. 3. Effect of NaOH concentration on p-Chlorophenol separation

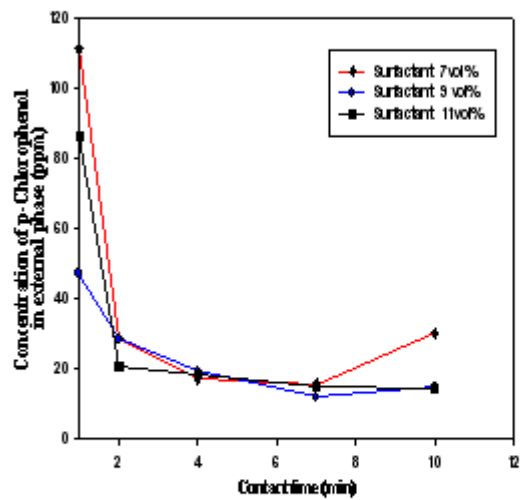


Fig. 4. Effect of Span80 surfactant concentration on p-Chlorophenol separation