

에멀전형 액막에 의한 수용액중 o-cresol의 제거

박병섭*, 박선영, 정대수, 한상인¹, 최송천¹
 성균관대학교 화학공학과, 한국가스안전공사¹
 (pppark@hanafos.com*)

Removal of o-Cresol from Aqueous Solution by Emulsion Liquid Membrane

Byung-sub Park*, Sun-young Park, Tai-soo Chung, Sang-in Han¹, Song Chun Choi¹
 Department of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University,
 Korea Gas Safety Corporation¹
 (pppark@hanafos.com*)

서론

산업의 다양화, 대규모화 등으로 인하여 각종 중금속을 비롯하여 고농도 유기물질, 고도의 처리를 요하는 난 분해성 물질 등이 배출되고 있는데 중금속 함유 폐수는 생물농축이라는 순환사이클에 의해 결국 인간의 몸으로 되돌아와 무서운 환경질환 또는 공해병을 유발하게 되었다. 따라서 최근에는 폐수처리에 막분리 기술을 적용시키려는 연구가 시도되고 있다. 막분리 공정은 선택적 투과성을 가진 막을 이용하여 분리 대상물질의 두 상간의 농도차, 압력차, 전위차 등을 추진력으로 하여 물질을 분리 및 정제하는 공정이다. 또한 액막은 액체를 막으로 이용하여 분리하기 때문에 막의 두께가 얇아져 침투량이 증가하고 물질전달 표면적을 크게 할 수 있고 또한 막을 자유롭게 형성, 회수할 수 있는 점 등 여러 가지 장점을 가지고 있다.

o-cresol($C_6H_4(CH_3)OH$)은 소량의 페놀, 크실레놀 등을 함유하며, 페놀 냄새가 나고 유독한 물질로서 무색의 액체 또는 백색결정으로 용도로는 쿠마린, 윤활유정제용으로 사용되고, 이 물질이 피부나 눈에 닿으면 심한 화상을 입는다. 또한 액체 또는 증기에 접촉하면 피부염을 일으키고, 눈에는 특히 위험하다[1]. 본 실험에서는 초음파균질화 액막을 이용하여 수용액중의 o-cresol을 제거함에 있어서 NaOH 수용액 농도, 내부수용액 체적비, 에멀전 투여량이 o-cresol의 제거효율에 미치는 영향을 밝히고, 또한 유화시 초음파 균질화와 기계적 교반을 사용했을 경우 o-cresol의 제거효율을 비교하여 초음파 균질화가 더 좋은 제거효율을 나타냈음을 확인하였다.

실험

에멀전형 액막법은 계면활성제에 의하여 서로 섞이지 않는 유기용액과 수용액이 균일하게 혼합되어 에멀전 상태로 안정화하고 다시 연속상과 복 에멀전 형태를 유지하여 투과면적을 증대시킴으로써 투과속도를 크게 한 것이다. 에멀전형 액막의 형성법은, 먼저 회수액과 막용액의 같은 용적을 고속회전 균질화기 또는 초음파 균질화기를 사용하여 혼합 교반함에 따라 W/O형 에멀전을 만들고 이를 연속상인 용매와 접촉시켜 용질의 액막에 대한 투과도의 차이로 분리하는 것으로 액막을 구성하고 있는 상이 유기용매인가 수용액인가에 따라 W/O/W형이나 O/W/O형 에멀전으로 구분된다. 전자는 비이온성 계면활성제와 담체나 희석제 등을 첨가하여 사용하고 금속 성분의 분리와 농축, 폐수처리 등에 사용되고 후자는 주로 이온성 계면활성제를 사용하여 탄화수소 분리에 사용된다. 본 실험에서는 친유성 계면활성제를 사용하는 W/O/W형 액막 형태이다. 액막을 이용한 수용액중 o-cresol제거는 외수상에서의 o-cresol이 액막을 통

과한 후 유제안의 NaOH용액과 반응하여 $C_6H_4(CH_3)ONa$ 을 형성한다. 약산성인 *o*-cresol은 수용액 중에서 오일상인 액막에 녹일 수 있으나 내부수용액의 NaOH와 반응에 의해 생성된 $C_6H_4(CH_3)ONa$ 는 액막에 녹지 못하고 내부수용액 중에 갇히게 된다. 이를 이용하여서 외수상의 오염물인 *o*-cresol을 제거할 수 있다.

본 실험에서 사용한 실험장치는 크게 유화기와 접촉기로 나눌 수 있다. 초음파 균질화기(Ultrasonic Generator Model 450, Branson Ultrasonics Co., U.S.A.)를 사용한 유화기에 내부수용액(NaOH용액)과 막상용액(Span 80+ Kerosene)을 여러 비율로 혼합하여 초음파균질화기의 flat tip(1/2 in. diameter)을 사용하여 조사강도 115watt로 30초간 유화시켜 W/O형 에멀전을 제조했다. 유화기에서 제조한 W/O 에멀전을 접촉기에서 외수상인 *o*-cresol 1000ppm 수용액에 접촉시켜 W/O/W형 복에멀전을 만들었다. 이때 접촉기에 사용된 교반기는 직경 45 mm의 four-blade paddle를 사용하였다. 그리고 내부수용액의 농도를 변화시키고 교반기로 속도와 교반시간을 변화시키면서 교반하고 일정시간 동안 정지시킨 후에 시료를 채취하여 UV spectrophotometer(Hitachi Co, Japan, Model UV-3210)로 분석하였다. 유화와 접촉시 항온을 유지하기 위해 water bath로부터 유화기와 접촉기의 외부자켓으로 물을 순환시켜 $25 \pm 1^\circ C$ 의 항온을 유지하였다.

결과 및 고찰

1. NaOH 수용액 농도의 영향

Fig. 1은 초음파 균질화기의 조사시간 30초, 조사강도 115 watt, *o*-cresol의 초기농도 1000 ppm, 계면활성제 농도 5.0 vol%, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1.0, 에멀전/외수상의 체적비 0.5, 교반속도 400 rpm으로 하여 내부수용액 NaOH 농도 변화에 따른 *o*-cresol의 제거효율을 나타내었다. 1 wt% 일 경우에는 NaOH의 낮은 농도로 인해 *o*-cresol이 액적상 안에서 NaOH 용액과 빨리 중화가 이루어져 *o*-cresol의 제거효율이 떨어지는 것을 볼 수 있고 3 wt% 농도에서 접촉시간 7분에서 가장 좋은 제거효율 98.98% (10.182 ppm)을 나타내었고 접촉시간 7분 이후에는 제거효율이 떨어짐을 볼 수 있는데 이는 두 가지 원인에 기인한다고 사료되며 첫째는 높은 NaOH 농도로 인해 계면활성제의 친수성을 감소시켜 유제를 파괴하여 차차 불안정한 액막을 형성하게 되어 제거효율이 떨어지게 된다[2]. 둘째는 삼투압차로 인한 액막 양측간의 물분자의 이동을 들 수가 있다. 접촉시간이 길어짐에 따라 외수상은 내수상보다 농도가 낮게 형성된다. 따라서 외수상 물분자들이 높은 농도의 내수상으로 액막을 통해서 이동을 하여 팽윤현상을 유발, 막파괴율의 증가를 일으키게 된다[3,4].

2. 내부수용액 체적비의 영향

Fig. 2는 초음파 균질화기의 조사시간 30초, 조사강도 115 watt, *o*-cresol의 초기농도 1000 ppm, 계면활성제 농도 5.0 vol%, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1.0, 에멀전/외수상의 체적비 0.5, 교반속도 400 rpm으로 하여 내부수용액의 체적비에 따른 *o*-cresol의 제거효율을 나타내었다. NaOH 수용액:계면활성제 용액의 체적비가 1 : 1 인 경우에 접촉시간 7분에서 가장 좋은 제거효율 98.96%(10.377 ppm)를 나타내었고 체적비가 2 : 1 인 경우에는 막을 형성하는 계면활성제 용액이 부족하여 막이 얇아져 안정성이 떨어지므로 전체적으

로 제거효율이 많이 떨어지는 것을 알 수 있다. 체적비가 1 : 2 와 1 : 1 에서 접촉시간에 따른 o-cresol의 제거량의 경향이 비슷하게 나타났지만 1 : 1 에서 좀더 안정한 에멀전을 형성하였다.

3. 에멀전 투여량의 영향

Fig. 3은 초음파 균질화기의 조사시간 30초, 조사강도 115 watt, o-cresol의 초기농도 1000 ppm, 계면활성제 농도 5.0 vol%, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1.0, 에멀전/외수상의 체적비 0.5, 교반속도 400 rpm으로 하여 에멀전 투여량과 외부수용액상의 체적비에 따른 o-cresol의 제거효율을 나타내었다. 에멀전의 양이 증가할수록 제거효율은 증가한다. 이는 에멀전 양이 증가할수록 W/O/W 복 에멀전 제조 교반시 외수상에 분산되어 만들어지는 복에멀전의 양이 증가함에 따라 o-cresol이 에멀전의 막과 접촉할 수 있는 면적이 증가되어 o-cresol의 투과도 증가되어 제거효율이 증가하게 된다. 3 : 1 일 때 접촉시간 1분에서 외수상에서의 o-cresol의 농도 실험측정치는 62.027 ppm으로 Fig. 3에 표시할 수 없다. 3 : 1 일 경우를 보면 제거효율이 떨어짐을 볼 수 있다. 외부수용액:에멀전 상의 체적비가 2 : 1 인 경우에 접촉시간 7분에서 98.97%(10.311 ppm)으로 가장 좋은 제거효율을 나타내었다.

4. 유화시 초음파 균질화와 기계적 교반의 비교

Fig. 4는 초음파 균질화기의 조사시간 30초, 조사강도 115 watt, o-cresol의 초기농도 1000 ppm, 계면활성제 농도 5.0 vol%, NaOH 수용액/계면활성제 용액의 체적비 1.0, 에멀전/외수상의 체적비 0.5, 교반속도 400 rpm으로 하여 유화시 초음파 균질화와 기계적 교반을 사용하여 o-cresol의 제거효율을 비교한 것이다. 유화시 기계적 교반기의 유화시간은 예비실험을 통해 충분한 교반으로 안정한 W/O를 만들 수 있는 교반속도 3000 rpm, 교반시간 9분으로 하였다. 접촉시간 초기에는 기계적 교반기가 더 좋은 제거효율을 나타냈으나 접촉시간 4분 이후에는 기계적 교반기를 사용한 경우에 막이 상대적으로 불안정하게 형성되어 초음파 균질화에 의한 제거효율보다 낮아졌다. 유화시 기계적 교반기를 사용하여 o-cresol을 제거하였을 경우 가장 좋은 제거효율은 접촉시간 4분에서 98.68% (13.230 ppm)을 나타내었고 유화시 초음파균질화기를 사용하였을 경우 가장 좋은 제거효율은 접촉시간 7분에서 98.88%(11.188 ppm)을 나타내었다. 따라서 유화시 기계적 교반기를 사용하는 것보다 초음파균질화기를 사용하는 것이 보다 안정한 에멀전을 형성하여 더 좋은 제거효율을 나타내고 있다는 사실을 알 수 있다.

참고문헌

1. 문성명 : “화학약품대사전”, 교육서관, 735(1991).
2. J. Draxler, W. Furst and R. Marr : "Separation of Metal Species by Emulsion Liquid Membranes", *J. Memb. Sci.*, **38**, 281(1988).
3. 서장원, 석사학위논문, 성균관대학교 화학공학과, PP. 19-20(1999).
4. J. K. Kim and W. S. Kim : "Swelling Phenomena and Enrichment Effect of L-Phenylalanine Utilizing (W/O)/W Liquid Emulsion Membrane", *HWAHAK KONGHAK*, **31**(5), 502(1993).

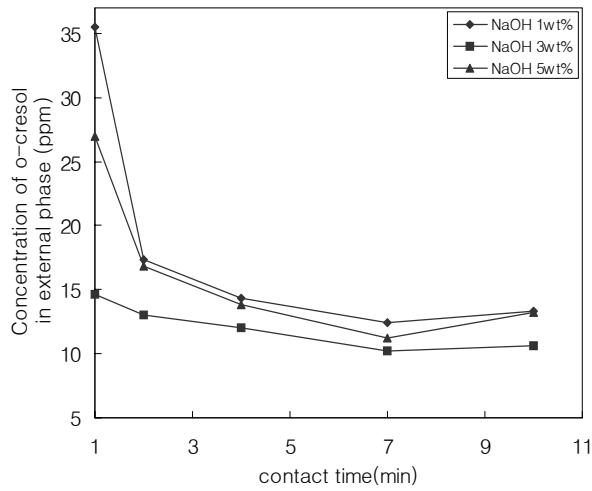


Fig. 1. Effect of NaOH concentration on o-cresol removal.

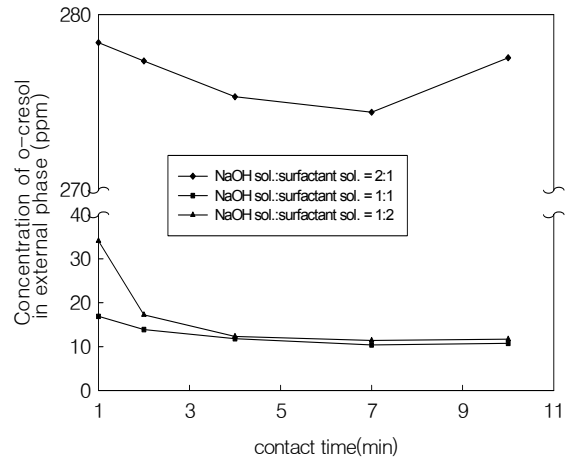


Fig. 2. Effect of NaOH/surfactant ratio in W/O emulsion on o-cresol removal.

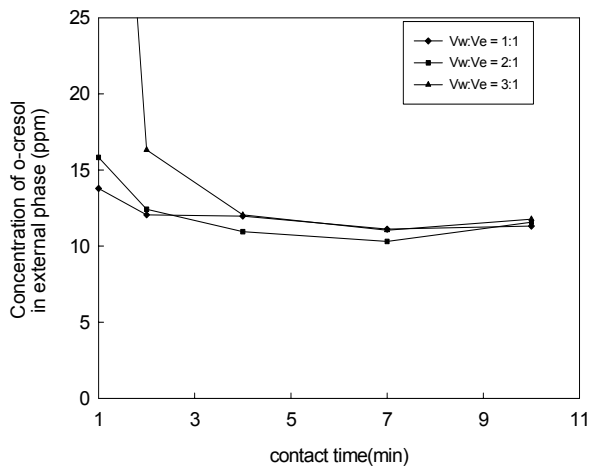


Fig. 3. Effect of the amount of W/O emulsion solution on o-cresol removal.

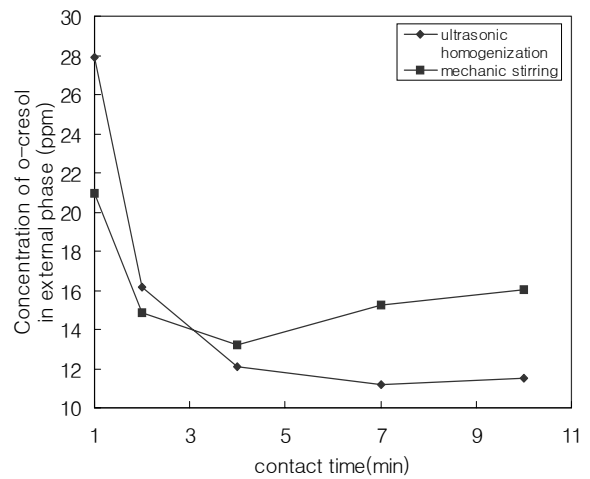


Fig. 4. Comparison of o-cresol removal between ultrasonic homogenization and mechanical stirring in emulsification.