

소포로리피드의 특성과 응용

전재춘, 임경희
중앙대학교 화학공학과

Properties of sophorolipids and Their Applications

Jae-Choon Jeon, Kyung-Hee Lim
Department of Chemical Engineering, Chung-Ang University

서론

계면활성제의 응용분야는 이루 말할 수 없이 많다. 지금까지의 계면활성제는 성능향상을 목적으로 연구 되어왔다. 그 결과 여러 응용분야에 사용될 수 있는 우수한 계면활성제를 만들어 낼 수 있었지만 사용 후 분해 속도가 느리거나 2차 오염을 일으킬 수 있어 환경에 관심이 많아진 현재에는 문제로 대두되고 있다. 이러한 관점에서 같은 성능을 가지면서 생분해 되는 물질인 생체계면활성제의 연구가 진행되고 있다. 생체계면활성제는 다양한 화학적 구조를 가져 선택성이 높고 고온 및 염도 변화에 잘 견디며 독성이 낮고 생분해되는 장점을 가지고 있다. 이러한 생체계면활성제의 종류는 미생물의 종류와 친수기 및 소수기의 구성에 따라 분류하는데 (1)Glycolipids (2)Phospolipids (3) Fatty acids (4) Lipopetide and Lipoprotein (5) Lipopolysaccharides (6) Sugar esters (7)Lipid 로 구분할 수 있다[1][2]. 글리코리피드의 한 종류인 소포로리피드의 구조는 Fig. 1과 같다. 긴 사슬 부분은 2차 탄소원의 종류에 따라 여러 가지 형태로 나타날 수 있어 그 구조는 다양하다. 이러한 구조를 크게 고리형인 (A)는 락톤형, (B)는 산형, H가 알킬기로 치환된 (C)는 알킬 소포로리피드라 한다[3]. 생체계면활성제는 모든 분야에서 사용되어 질 수 있으나 생산 단가면에서 합성계면활성제 보다 비싸 그 중요성이 부각되는 화장품, 식품, 의약, 환경에의 응용에 대해 연구가 되어지고 있다. 지금까지 상용화 된 것은 해양 유류제거제인 에멀산 정도이고 화장품에서는 보습제 등 첨가제로 상용되고 있다[4].

본 연구에서는 글리코리피드 계통인 소포로리피드를 구조 변환시키고 구조에 따라서 유화능력을 보았으며 그 응용분야 연구에 중점을 두었다. 유화능력면에서 CMC, 용해도, 거품력을 테스트했고 응용분야로는 세척력과 토양에 오염된 오일 및 금속이온 제거에 대해 연구하였다.

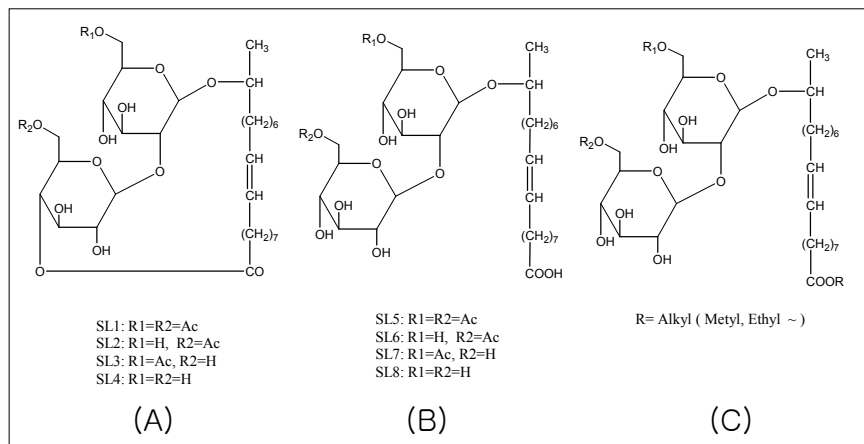


Fig. 1. Structures of Sopholipids

실험

본 실험에 사용된 미정제 소포로리피드 (Crude SL)는 1차 탄소원을 글루코스, 2차탄소원을 Oleic acid 와 Soybean Oil을 사용하여 회분식으로 발효하여 에틸아세테이트로 추출한 것을 이용하였다. 이 미정제 소포로리피드를 NaOH 와 methanol로 hydrolysis 반응 후 산촉매 상에서 메틸 치환하여 deacyl SL, alkyl SL로 구조 변환시켜 응용실험에 사용하였다[5]. 반응 중 TLC를 이용하여 반응 정도와 구조 변환된 수를 관찰했으며 반응 후에는 유동상이 8/2 (v/v) acetonitrile/H₂O인 HPLC를 이용하여 확인하였다[6]. 각 구조는 LC-Mass, NMR, IR을 이용하여 확인하였다. CMC는 농도에 따른 surface tension을 구하여 급격히 감소하다 일정해지는 점을 이용하여 구했으며 용해도는 일정량의 소포로리피드에 물을 첨가하면서 완전히 녹는점을 찾아내었다.

세척력실험은 오염포와 옷감에 인위적으로 오염을 시킨 후 반사율을 측정하여 세척 정도를 측정하였다. 반사율은 오구의 균일한 정도에 따라 차이가 나므로 관능검사를 같이 병행했다. 반사율을 이용한 세척력은 다음과 같다.
$$D = \frac{R_w - R_s}{R_o - R_s} \times 100\%$$
 여기에

서 D는 세척률, R_o는 원포(백포)의 표면반사율, R_s는 오염포의 표면반사율, R_w는 세탁 후 오염포의 표면반사율이다[7]. 토양오염 물질 제거 실험은 모래 250 ml에 오염물질(oil 2 ml, ZnCl₂ 0.3 g)을 잘 섞은 후 회분식 세척과 칼럼(지름 5 cm, 길이 30 cm)에 오염 모래를 충전시키고 일정한 소포로리피드가 녹아있는 수용액을 흘린 후 이 수용액을 비교 분석하였다. 오일에 대한 제거 능력은 UV 흡광도를 조사하여 측정했으며 Beer-Lambert law (A=Elc)를 이용하여 오염물질제거 양을 계산하였다. 여기에서 A는 흡광도, E는 흡광계수 l은 셀의 두께, c는 샘플의 농도이다[8]. 금속오염은 소포로리피드 수용액에 ZnCl₂를 첨가하여 100ppm~1000ppm의 standard curve를 미리 만들고 금속제거 실험을 한 용액을 ICP Atomic Emission Spectrometer를 이용하여 오염물질 제거 양을 측정하였다.

결과 및 고찰

본 실험에서 사용한 소포로리피드의 CMC는 Fig. 2와 같이 농도를 증가시키면서 surface tension을 측정했을 때 감소하다가 일정하게 되는 지점을 잡았다. 용해도는 물을 첨가하면서 샘플이 다 녹을 때의 wt %이다. 하지만 초기 성분이 차이가 많아 평균적인 값(10개씩)으로 나타내었다. 락톤형은 용해도가 작은데 반응을 진행하면서 산형으로 바뀌기 때문에 deacyl SL과 alkyl SL의 용해도가 커진다. 이 결과를 Table 1에 나타내었다.

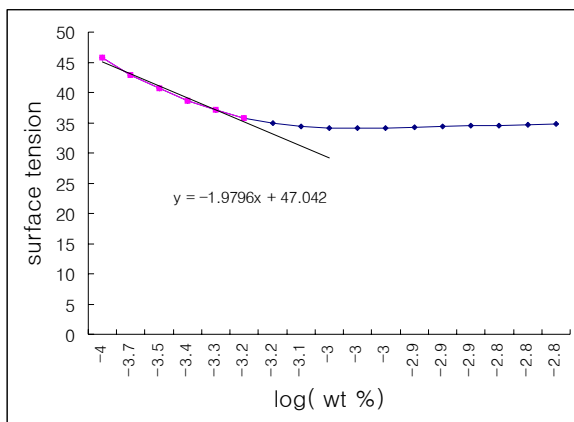


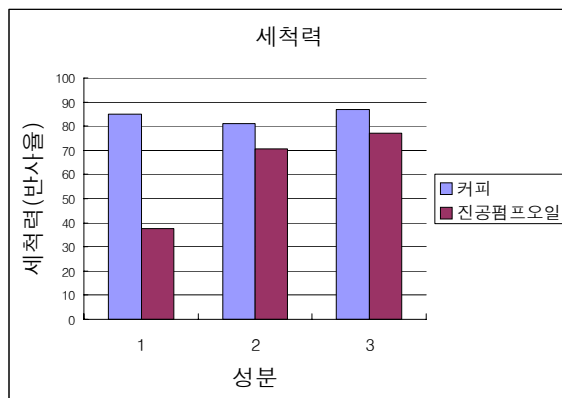
Fig. 2. CMC of Sophorolipids

	Crude SL	Deacyl SL	Alkyl SL
용해도 (wt %)	~0.15	0.2~0.31	0.24~0.33
CMC (wt %)	1.08×10^{-3}	8.1×10^{-4}	4.0×10^{-4}

Table 1. Solubility and CMC of Sophorolipids

세척력 실험은 오염포와 인공적으로 커피, 오일을 오염시킨 천을 1000 ml 비이커에 소

포로리피드를 녹인 수용액 500 ml를 같이 넣고 100 rpm으로 10분간 세척한다. 물로 행구고 말린 후 반사율을 조사하였다. 세척력은 식 ($D = \frac{R_w - R_s}{R_o - R_s} \times 100\%$)을 이용하여 구하였고, Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 보는 것과 같이 1번 소포로리피드의 한 성분을 넣었을 때는 커피에 대한 세척력이 조금은 있었지만 오일에 대한 세척력은 40%에도 미치지 못했다. 2번은 세제로 많이 사용했던 성분 ABS(Sodium Dodecylbenzenesulfonate)인데 커피와 오일에 대해서 70% 이상의 세척력을 보였다. 3번은 소포로리피드와 ABS를 같이 혼합했을 때 커피와 오일에 대한 세척력이 증가함을 알 수 있었다. 하지만 관능검사에서는 오일부분의 얼룩이 다 빠지지 않고 남아 있었다. 실제 세제에서는 계면활성제가 20%정도 들어가고 나머지는 성분은 세탁을 도와주거나 표백, 재오염 방지제 등이 들어가 있다. 결과에서 보는 것과 같이 소포로리피드는 단독으로 쓰는 것보다 세제에 들어가는 보조 계면활성제로 이용 가능성이 있다.



1. 0.2% Deacyl SL 0.2% Na₂SO₄
2. 0.2% Na₂SO₄ 0.2% ABS
3. 0.2% Deacyl SL 0.2% Na₂SO₄
0.2% ABS

Fig. 3. Washing graph of sophorolipids

토양오염물질 제거에 대한 실험은 250 ml의 모래에 Oil과 Zn을 오염시키고 소포로리피드가 포함된 물로 씻어내는 회분식 제거와 단순화한 지층구조와 같은 원리로 칼럼에 충전시키고 소포로리피드 수용액을 흘려 실험후 수용액을 분석하였다. 오일 제거에 대한 분석은 UV spectrometer를 이용하였다. 물에 대한 0.2% 소포로리피드 수용액은 흡광도는 255 nm에서 0.47878이었다. 0.2% 소포로리피드를 기준으로 실험 후 용액의 흡광도를 조사한 결과 Fig. 4와 같다. Fig. 5에서 A와 B는 일정농도로 기준을 잡은 것이고 C는 250 ml 소포로리피드 용액을 칼럼에 통과 후 마이크로 필터로 거른 후 짙은 것이고 D는 C 실험 후 500 ml의 물을 칼럼에 넣어 씻은 것이다. 실험에 사용된 오일은 soybean oil, vacuum pump oil, decane 이다. 이들의 제거량은 120 ppm 정도로 낮은 수치를 보였다. 토양과 같은 부피로 한번만 칼럼에 흘려보내 접촉시간이 너무 짧아서 충분히 오일을 마이셀 안에 가둘 시간이 부족했던 것 같다. 제거정도는 decane, vacuum pump oil, soybean oil 순서였다.

이 결과는 1회에 대한 제거율이므로 여러 번의 반복실험으로 오염된 오일을 제거 할 수 있다. 하지만 토양에는 이온성분들과 다른 무기물질들이 많이 있어 실제로 적용하기에는 더 많은 연구가 선행되어야 한다.

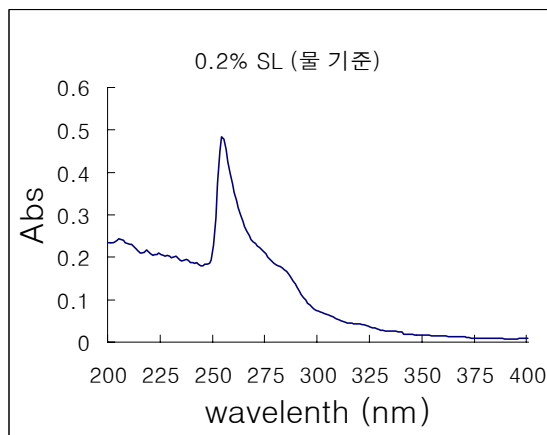


Fig 4. UV graph of 0.2% SL solution

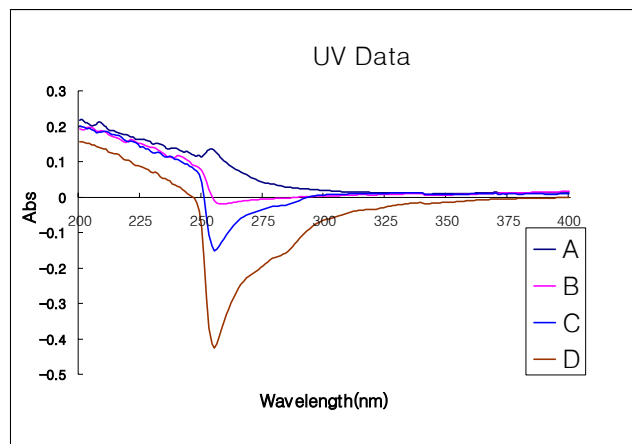


Fig 5. UV graph of Oil removal

토양에 오염된 금속(Zn, Ag, Cu, Na, K) 제거 실험도 같은 방법으로 진행하였고 ICP Atomic Emission Spectrometer를 이용하여 실험 후 용액의 Zn의 양을 측정한 결과 1회 회분세척으로 28%의 Zn을 제거하였고 칼럼에 충전시킨 후 수용액을 흘려 세척한 것은 최대 45 %의 Zn이 제거되었다.

결론

소포로리피드는 초기 성분이 일정하지 않아 용해도도 0.05 wt %이하 인것도 있다. 이런 미정제 소포로리피드는 화학반응을 거쳐야 3성분 이하로 줄일 수 있다. 따라서 본 실험에서 사용한 값들은 평균적인 값이다. 소포로리피드의 세척력과 토양중의 금속제거 능력은 다른 계면활성제보다 뛰어난 편이 아니지만 오염물질제거에 사용되어지는 계면활성제의 2차 오염을 방지하기 위해서는 이러한 생체계면활성제가 연구되어야 한다.

참고문헌

1. 김경준; 석사 논문, 중앙대학교 화학공학과, (2000).
2. 임경희, *J. Korean Oil Chmists' Soc.*, **13**, 1~20, (1996).
3. A. P. Tulloch, A. Hill, and J. F. T. Spencer, *Can. J. Chem.*, **46**, 3337 (1968).
4. Y. Hu and L.-K. Ju, *J. Biotech*, **87**, 263 (2001).
5. S. Steurer et al, *European J. Pharm. Sci.*, **4**, S125 (1996).
6. Y. Hu and L.-K. Ju, *Enzyme and Microbial Technology*, **29**, 593 (2001).
7. 김성련, "세제와 세탁의 과학", 개정판, p. 349~362 (1998).
8. R. F. Boyer, "Modern Experimental Biochemistry", 2nd edition, p. 147~172 (1992).