

## 고분자화된 Vesicles의 투과 특성 (II)

배 덕 환 · 김 공 수\* · 신 재 섭

충북대학교 자연과학대학 화학과 · \*충북대학교 공과대학 공업화학과  
(1992년 3월 30일 접수, 1992년 5월 18일 채택)

### Permeability Characteristics of Polymerized Vesicles (II)

Duck-Hwan Bae, Kong-Soo Kim\*, Jae-Sup Shin

Department of Chemistry, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 360-763, Korea

\*Department of Industrial & Engineering Chemistry, Chungbuk National University, Cheongju,  
Chungbuk 360-763, Korea

(Received March 30 1992, Accepted May 18, 1992)

**요 약 :** 중합반응을 할 수 있는 계면활성제들을 합성하여 이것으로부터 고분자화된 vesicle들을 형성시켜 이것들의 투과도를 고분자화되기 전의 vesicle들과 비교하였다. 가교결합이 되었을 때가 가장 효과적으로 투과도를 낮출 수 있었으며 vesicle의 내부와 겉쪽이 모두 고분자화되었을 때 투과도가 가장 낮았다. 계면활성제의 alkyl기에 의한 vesicle내의 분자들의 packing 정도도 투과도에 영향을 주었다.

**Abstract:** Polymerized vesicles were formed from monomeric surfactants and permeability of polymerized vesicles were compared with that of monomeric analogs. The results showed that crosslinking get the permeability of vesicle decrease. And when the vesicle was polymerized at both inside and outside of vesicle, the vesicle got the lower permeability. Packing structure in the vesicle which is dependent upon the molecular structure of alkyl group in surfactant had an effect on permeability of vesicle.

### 1. 서 론

고분자화된 vesicle들에 관한 연구는 biological membrane의 model system으로서 뿐만이 아니라 의약의 운반체 등 많은 분야에서 연구가 이루어지고 있다[1-12]. Biological membrane의 가장 중요한 특성은 생물체에 필요한 화합물을 투과시키는 성질이므로 투과성을 조절할 수 있는 고분자화된 vesicle의 개발은 이러한 점에 있어서 매우 중요하다. 또한 controlled released drug delivery system에 있어서 투과되는 속도를 조절하는 것은 매우 중요한 문제이다.

원하는 곳이나 원하는 시간에 의약의 방출을 조절할 수 있다면 한정된 곳에만 약을 투여해야 하는 병, 예를 들어 암과 같은 병의 치료약의 개발에 이러한 연구가 좋은 model system이 될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 여러가지 계면활성제들을 합성하여 이것으로부터 vesicle을 형성시켜 이것들의 투과특성을 살펴보았다. 그리고 이러한 vesicle의 투과 특성에 계면활성제의 중합반응이 어떠한 영향을 주는지를 실험하였다. 본 연구에서 사용한 계면활성제들은 다음과 같다.

$[\text{CH}_2 = \text{CH}(\text{CH}_2)_8\text{COOCH}_2\text{CH}_2]_2 \text{N}^+ \text{CH}_3$   
( $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ )  $\text{Br}^-$

bis[2-(10-undecenoyloxy)ethyl] (2-hydroxyethyl)methylammonium bromide (1)

$[\text{CH}_2 = \text{CH}(\text{CH}_2)_8\text{COOCH}_2\text{CH}_2]$   
 $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}] \text{N}^+ \text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) \text{Br}^-$   
[2-(10-undecenoyloxy)ethyl](tetradecyl)  
(2-hydroxyethyl)methylammonium bromide  
(2)

$[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{COOCH}_2\text{CH}_2]_2 \text{N}^+ \text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) \text{Br}^-$

bis[2-(undecanoyloxy)ethyl](2-hydroxyethyl)methylammonium bromide (3)

$[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}]_2 \text{N}^+ \text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) \text{Br}^-$   
(ditetradecyl)(2-hydroxyethyl)methylammonium bromide(4)

$[\text{CH}_2 = \text{CH}(\text{CH}_2)_8\text{COOCH}_2\text{CH}_2]_2 \text{N}^+ \text{CH}_3$   
( $\text{CH}_2\text{CH} = \text{CH}_2$ )  $\text{Br}^-$

bis[2-(10-undecenoyloxy)ethyl](allyl)methylammonium bromide(5)

## 2. 실험

### 2.1. 시약 및 기기

본 실험에 사용된 10-undecenoyl chloride, *N*-methyl-diethanolamine, undecanoyl chloride, 1-bromotetradecane, 2-(methylamino)ethanol, 2-bromoethanol은 Aldrich 제품을 사용하였으며, [ $^3\text{H}$ ]glucose(18 Ci/mmol)는 ICN Laboratories 제품을 사용하였다. Nuclear magnetic resonance spectrometer는 Varian EM 360 L을, 전자현미경은 Zeiss EM 109를, liquid scintillation counter는 Beckman LS 5000 TA를, sonicator는 Cole-Parmer 4710 250W sonicator를 사용하였다.

### 2.2. Bis[2-(10-undecenoyloxy)ethyl](2-hydroxyethyl)methylammonium Bromide (1)의 합성

이미 보고한 방법을 이용하여 합성하였다 [11]. (69% yield), mp 64-65°C, NMR( $\text{CDCl}_3$ ,

0.95-1.85(s, 24H), 2.10(d, 4H), 2.36(t, 4H), 3.45(s, 3H), 3.70-4.25(m, 9H), 4.58(t, 4H), 4.75-5.95(m, 6H)

### 2.3. [2-(10-Undecenoyloxy)ethyl](tetradecyl)(2-hydroxyethyl)methylammonium Bromide(2)의 합성

13.87g(50mmol)의 1-bromotetradecane을 30.04g(400mmol)의 2-(methylamino)ethanol에 더한 후, 60ml의 acetone에 넣고 3시간 동안 reflux하였다. 반응혼합물을 separatory funnel에 옮겨 아래층은 버리고 윗층만을 모은 후, ether에 녹이고 sodium bicarbonate 수용액으로 두번 처리하였다. 그 다음  $\text{MgSO}_4$ 로 수분을 제거한 후 건조시켰다.

*N*-methyl-*N*-(2-hydroxyethyl)tetradecylamine(6)이 viscous한 oil 형태로 얻어졌다. 10.32g(yield, 76%), NMR( $\text{CDCl}_3$ ) 0.92(t, 3H), 1.26(s, 24H), 2.25(s, 3H), 2.40(m, 4H), 3.52(s, 1H), 3.62(t, 2H).

9.53g(35mmol)의 6을 40ml의 *N,N*-dimethylformamide에 녹인 용액에 8.11g(40mmol)의 10-undecenoyl chloride를 더한다. 상온에서 1시간동안 반응시킨 후에 250ml의 diethyl ether를 더하고, 이 혼합물을 -10°C로 낮춰 filter한 후, ethyl acetate에서 재결정하여

[2-(10-undecenoyloxy)ethyl](tetradecyl)-methylamine hydrochloride(7)를 합성하였다(12.8g, 88% yield).

mp 102-104°C, NMR( $\text{CDCl}_3$ ) 0.92(t, 3H), 0.95-1.85(s, 36H), 2.10(m, 4H), 2.25(t, 2H), 2.85(s, 3H), 3.38(m, 4H), 4.50(t, 2H), 4.65-6.03(m, 3H), 6.40(s, 1H).

4.74g(10mmol)의 7을 0.5M NaOH 용액과 dichloromethane으로 extract하여 7을 free amine 형태로 dichloromethane에 녹인 후, 1.87g(15mmol)의 2-bromoethanol과 80°C에서 4시간 동안 반응시켰다. 이 반응물을 진공하에서 용매를 반 정도 증발시킨 후 benzene을 가하여 결정화시켰다(3.66g, 65% yield) mp 59-61°C, NMR( $\text{CDCl}_3$ ) 0.92(t, 3H), 0.95-1.85(s, 36H), 2.10(m, 2H), 2.35(t, 2H), 3.40(s, 3H), 3.70-4.30(m, 9H), 4.60(t, 2H), 4.75-6.00(m, 3H).

## 2. 4. Bis[2-undecanoyloxy]ethyl](2-hydroxyethyl)methylammonium Bromide(3)의 합성

11.9g(0.10mol)의 *N*-methyl-diethanolamine을 80ml의 *N,N*-dimethylformamide에 녹인 용액에 45.0g(0.22mol)의 undecanoyl chloride를 더한다. 상온에서 1시간동안 반응시킨 후에 250ml의 diethyl ether를 더하고, 이 혼합물을  $-10^{\circ}\text{C}$ 로 낮춰 filter한 후, ethyl acetate에서 재결정하여 bis[2-(undecanoyloxy)ethyl]methylamine hydrochloride(8)를 합성하였다(42.8g, 87% yield).

mp 115-117 $^{\circ}\text{C}$ , NMR( $\text{CDCl}_3$ ) 0.92(t, 6H), 1.26(s, 32H), 2.27(t, 4H), 2.85(s, 3H), 3.38(t, 4H), 4.50(t, 4H), 6.30(s, 1H).

4.92g(0.010mol)의 8을 0.5M NaOH 용액과 dichloromethane으로 extract하여 8을 free amine 형태로 dichloromethane에 녹인 후, 1.87g(0.015mol)의 2-bromoethanol과 80 $^{\circ}\text{C}$ 에서 4시간 동안 반응시켰다. 이 반응물을 진공하에서 용매를 반 정도 증발시킨 후 benzene을 가하여 결정화시켰다(4.12g, 71% yield) mp 68-70 $^{\circ}\text{C}$ , NMR( $\text{CDCl}_3$ ) 0.92(t, 6H), 1.26(s, 32H), 2.37(t, 4H), 3.45(s, 3H), 3.70-4.25(m, 9H), 4.58(t, 4H).

## 2. 5. (Ditetradecyl)(2-hydroxyethyl)methylammonium Bromide(4)의 합성

위에서 얻어진 8.95g(33mmol)의 6과 13.86g(50mmol)의 1-bromotetradecane를 100ml의 ethanol에 넣고 24시간 동안 reflux시켰다. 이 용액을 진공 건조시키면 하얀 고체를 얻게되는데 이것을 ethyl acetate에서 두번 재결정한 후 진공 건조하였다. 12.62g(23mmol, 70% yield), mp 63-65 $^{\circ}\text{C}$ , NMR( $\text{CDCl}_3$ ) : 0.92(t, 6H), 1.27(s, 44H), 3.3-3.9(m, 9H), 4.13(t, 2H), 4.90(s, 1H).

## 2. 6. Bis[2-(10-undecenoyloxy)ethyl](allyl)methylammonium Bromide(5)의 합성

이미 보고한 방법을 이용하여 bis[2-(10-undecenoyloxy)ethyl]methylamine hydrochloride(9)를 합성하였다[11]. (41.5g, 85% yield).

mp 109-110 $^{\circ}\text{C}$ , NMR( $\text{CDCl}_3$ ) 0.95-1.85(s, 24H), 2.10(m, 4H), 2.26(t, 4H), 2.85(s, 3H), 3.38(t, 4H), 4.50(t, 4H), 4.67-6.02(m, 6H), 6.30(s, 1H).

4.92g(10mmol)의 9를 0.5M NaOH 용액과 dichloromethane으로 extract하여 9를 free amine 형태로 dichloromethane에 녹인 후, 7.02g(58mmol)의 allyl bromide와 80 $^{\circ}\text{C}$ 에서 4시간 동안 반응시켰다. 이 반응물을 진공하에서 용매를 반 정도 증발시킨 후 benzene을 가하여 결정화시킨 후, ethyl acetate에서 재결정하였다(3.72g, 65% yield).

mp 64-65 $^{\circ}\text{C}$ , NMR( $\text{CDCl}_3$ ) 0.95-1.85(s, 24H), 2.10(d, 4H), 2.36(t, 4H), 3.45(s, 3H), 3.70-4.25(m, 7H), 4.58(t, 4H), 4.75-6.15(m, 9H).

## 2. 7. Polymerized Vesicle의 합성

50ml의 비이커에 100mg의 surfactant를 아주 소량의 chloroform에 녹이고 또한 2, 2'-azobisisobutyronitrile(AIBN)(3.5mol%)을 chloroform의 용액 형태로 취해서 위의 비이커에 더해 함께 용액으로 만든 다음, 진공하에서 용매를 증발시켜 얇은 막이 비이커의 바닥에 형성되게 하였다(25 $^{\circ}\text{C}$ , 4hr, 1mmHg). 그리고 10ml의 증류수를 이 비이커에 넣고 sonication을 이용하여 vesicle을 형성시켰다(10min, 50 $^{\circ}\text{C}$ ). 이 vesicle용액을 시험관에 옮겨 stopper를 사용하여 공기를 차단한 후 두개의 주사바늘을 이용해 질소 기체를 purge하였다. 이렇게해서 형성된 vesicle 용액을 80 $^{\circ}\text{C}$ 에서 6시간 동안 놓아두어 중합반응을 시켰다.

## 2. 8. Transmission Electron Microscopy

2% uranyl acetate 용액을 vesicle 용액과 1:1로 혼합한 후, copper grid 위에 이 용액 한 방울을 살짝 올려 놓았다. 이것을 2시간 정도 hood에서 조심스럽게 건조시킨 후, transmission electron microscopy(Zeiss EM 109)를 사용해서 vesicle의 크기와 모양을 관찰하였다.

## 2.9. 투과도 측정

위에서 50ml의 비이커에 lipid와 AIBN을 첨가할 때 8 $\mu$ l의 [ $^3$ H]glucose stock solution(9 : 1 ethanol/water)을 함께 더하여 진공하에서 용매를 증발시켰다. 그러면 sonication 후 vesicle이 형성되었을 때 [ $^3$ H]glucose가 vesicle의 외부와 내부에 모두 존재하게 된다. 그리고 중합 반응을 시켰다. 이렇게 해서 얻어진 고분자화된 vesicle 용액을 sephadex G-50를 이용하여 gel filtration을 하면 vesicle 부분과 외부의 free [ $^3$ H]glucose를 분리할 수 있다. Gel filtration 과정은 다음과 같다. Sephadex G-50로 column(1  $\times$  40cm)을 채운 뒤 0.5ml의 vesicle 용액을 더한 후 증류수를 elute하였다. 1.16ml 씩 받았을 때, 11번째와 12번째에서 주로 vesicle 용액이 나왔다. 이렇게 분리한 vesicle 부분, 즉 [ $^3$ H]glucose를 내부에 함유하고 있는 vesicle 용액을 가지고 투과도 측정을 실시하였다. Vesicle 용액 1ml를 dialysis bag에 넣고 200ml의 증류수에 대하여 20 $^{\circ}$ C에서 dialysis를 실시하였다. 그리고 일정한 시간마다 40 $\mu$ l씩 dialysis bag 내에서 sampling을 해서 liquid scintillation counter를 이용하여 남아있는 [ $^3$ H]glucose의 양을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 고분자화된 Vesicle의 합성

합성된 고분자화된 vesicle의 전자현미경 사진으로부터 구형모양의 vesicle이 형성되었음을 확인할 수 있었다. 그 크기는 직경이 1, 2, 3, 5로부터 형성된 vesicle들은 800-1200 $\text{\AA}$ 이었으며 4로부터 형성된 vesicle은 조금 작아서 직경이 600-1000 $\text{\AA}$ 이었다. Fig. 1에 1에 의해 형성된 고분자화된 vesicle의 전자현미경 사진이 있으며, Fig. 2에 5에 의해 형성된 고분자화된 vesicle의 전자현미경 사진이 있다.

중합반응이 잘 일어났는가를 확인하기 위하여 중합반응 전후의 thin-layer chromatography(TLC)를 측정한 결과, chloroform, chloroform/methanol(1/1, v/v) 두 용매 조건에서 중합반응 전에는 모두 올라가는데 비해 중합반응 후에는 모두 원점에 남아있었다. 또한 중합반응

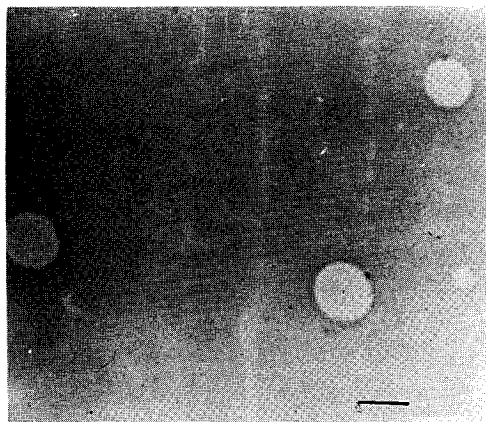


Fig. 1. Electron micrograph of the polymerized vesicle from 1. (2% uranyl acetate stain, bar represents 1000  $\text{\AA}$ )

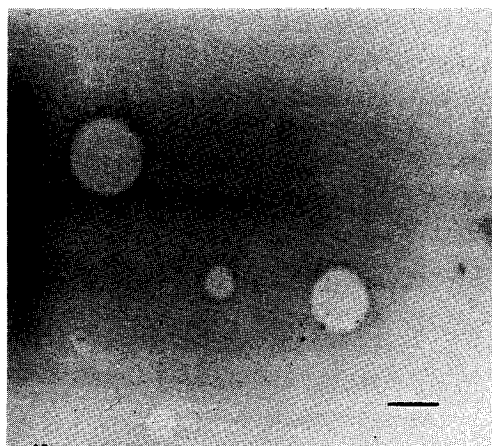


Fig.2 Electron micrograph of the polymerized vesicle from 5.(2% uranyl acetate stain, bar represents 1000  $\text{\AA}$ )

후 고분자화된 vesicle 용액을 freeze-dry한 다음에  $\text{CDCl}_3$ 에 녹여 NMR을 찍어 본 결과 vinyl proton이 거의 완전히 사라지는 것이 확인되었다. 이 두 가지의 실험결과가 중합이 매우 잘 진행되었음을 나타내준다.

중합반응을 하기 전과 중합반응을 하고난 후의 전자현미경 사진을 비교해 본 결과 vesicle의 모양이나 크기에 큰 차이를 발견할 수 없었으며 이것은 중합반응이 vesicle의 모양이나 크기에 영향을 별로 주지않음을 말해준다.

계면활성제 1-4로부터 형성된 고분자화된 vesicle은 매우 안정하여 30일 후에도 매우 깨끗한 vesicle 용액을 유지하였다. 또한 유기용매인 ethanol을 첨가하면서 400nm에서 turbidity를 측정해본 결과 10%의 ethanol을 첨가한 후 고분자화 되지않은 vesicle은 즉각적인 변화를 보여주었지만 고분자화된 vesicle은 한 시간 후까지도 큰 변화를 보여주지 않았다. 다만 5로부터 형성된 고분자화된 vesicle은 합성한 후 3-4일이 지나면 turbidity에 변화가 나타나기 시작해 7일이 지나면 많은 변화가 나타났다. 이것은 중합반응이 안정도를 높이는 경향을 보여주었던 지금까지의 많은 결과와 상반되는 결과이다. 그러나 본 실험을 수행하는데 있어서 안정도에 문제는 없었다. 이러한 결과가 나타난 이유에 대해서는 계속 연구 중이다.

### 3.2. 투과도 실험

Vesicle의 투과도를 실험하는 방법은 여러가지가 있지만 그 중에서 가장 좋은 방법은 [ $^3\text{H}$ ]glucose와 같은 radio active한 substrate를 이용하는 것이다. 실험방법은 [ $^3\text{H}$ ]glucose가 함께 들어있는 vesicle 용액을 gel filtration하여, [ $^3\text{H}$ ]glucose를 vesicle 내에만 갖고있는 vesicle 용액을 분리한다. 위에서 얻은 vesicle 용액을 dialysis bag에 넣고 200ml의 증류수에 대해 dialysis하여 투과도를 측정한다. 일단 vesicle을 투과해 나온 [ $^3\text{H}$ ]glucose는 vesicle을 투과해 나온 속도보다 5배 이상의 빠른 속도로 dialysis bag의 membrane을 투과해 나간다. 그러므로 dialysis bag 내의 [ $^3\text{H}$ ]glucose의 양을 측정하면 바로 그 값을 vesicle 내의 [ $^3\text{H}$ ]glucose의 양을 측정할 값으로 볼 수 있다.

Captured volume은 vesicle이 용액 내에서 차지하는 부피를 나타내는 값으로 vesicle에 entrap 된 substrate의 양을 이용하여 부피 분율을 구해, 이것을 사용한 surfactant의 mole 수로 나눈 값을 말한다. 즉 vesicle 용액을 gel filtration하여 vesicle에 entrap된 [ $^3\text{H}$ ]glucose의 양과 용액에 남아있는 free [ $^3\text{H}$ ]glucose의 양을 비교하여 vesicle이 차지하는 부피 분율을 구한 후 이것을 사용된 surfactant의 mole 수로 나누어 captured volume을 구한다. 1, 2, 5로부터

얻은 고분자화된 vesicle의 captured volume은 모두  $1.7 \pm 0.1$  l/mol이었다.

투과도 측정에서 얻은 data는 이미 보고한 방법[11]을 이용하여 처리하였다.

$$\ln \left[ \frac{N_0 V_0}{V_1 + V_0} - N_t \right] = \ln \frac{N_0 V_0}{V_1 + V_0} - k \frac{V_1 + V_0}{V_0} t \quad (1)$$

$$k = (A/V_1)P \quad (2)$$

$N_0$  : 초기의 vesicle 내부의 counts

$N_t$  : t시간 후의 vesicle 내부의 counts

$V_0$  : dialysate의 부피

$V_1$  : vesicle 내부의 부피

$A$  : vesicle 내부의 표면적

$P$  : vesicle의 permeability

$$\ln \left[ \frac{N_0 - N_t}{N_0} \right] = -kt \quad (3)$$

(1)식에서  $V_1$ 은  $V_0$ 에 비해 매우 작으므로 (1)식을 정리하여 (3)식과 같이 쓸 수 있다. 매 30분마다 dialysis bag 내에 남아있는 substrate의 양을 측정하여 (3)식에 의해 y축을  $\ln[(N_0 - N_t)/N_0]$ 로 하고 x축을 t(hr)로 하여 그래프를 그리면 투과시작 후 3시간 정도까지는 (3)식에 아주 잘 맞았으며 그 이후로는 (3)식을 벗어났다[11]. 이와같은 초기 투과속도로부터 1, 2, 3, 4, 5 각각의 경우에 k값을 구한 후, (2)식에 의해 P값을 구하였다. 구한 k값과 P값이 Table 1에 정리되어 있다.

Table 1에서 보듯이 고분자화된 경우가 고분자화되지 않은 경우보다 투과도가 매우 작음을 알 수 있다. 1의 경우는 고분자화된 것이 고분자화되지 않은 것에 비해 투과도가 5배 낮았으며 이것은 이 계면활성제가 한 분자에 vinyl기 두개를 가지고 있어 가교결합이 가능하며 또 vesicle의 double layer가 서로 인접한 곳에 vinyl group이 있어 윗층과 아래층 간의 가교결합도 가능하여 매우 단단한 가교결합이 된 고분자 구조가 형성되었기 때문으로 생각된다.

특히 5의 경우는 vesicle 내부에서의 중합반

**Table 1.** Estimated Permeability of Unpolymerized and Polymerized Vesicles to [<sup>3</sup>H]glucose at 20°C

surfactant	u, p <sup>a</sup>	k(hr <sup>-1</sup> )	P(10 <sup>-7</sup> cm hr <sup>-1</sup> )
1 <sup>b</sup>	u	0.14	2.3
	p	0.027	0.45
2 <sup>b</sup>	u	0.075	1.3
	p	0.079	1.3
3 <sup>b</sup>	u	0.050	0.83
4 <sup>c</sup>	u	0.048	0.64
5 <sup>b</sup>	u	0.15	2.5
	p	0.023	0.38

a u : unpolymerized, p : polymerized

b Calculated by using a mean vesicle diameter of 1000 Å

c Calculated by using a mean vesicle diameter of 800 Å

응 뿐아니라 vesicle의 겉 부분에서의 중합반응도 가능하기 때문에 가장 낮은 투과도를 보여 주었으며, 고분자화된 경우가 고분자화되지 않은 경우에 비해 투과도가 6.5배 느렸다.

2의 경우를 보면 고분자화된 경우와 고분자화되지 않은 경우에 별 차이를 보여주지 않는데 이것은 고분자화되므로 인해 투과도가 떨어지는 정도와 고분자화되므로 인해 vesicle 내의 alkyl 기들의 packing 구조가 무너져서 투과도가 커지는 정도가 서로 상쇄되었기 때문으로 생각된다.

또한 1, 2, 5 경우의 고분자화되지 않은 때와 3, 4의 경우를 비교해보면 4의 경우가 투과도가 가장 낮았는데 이것은 vesicle을 형성하는 계면활성제의 alkyl 기들에 의한 packing 정도가 투과도에 영향을 미치고 있음을 말해준다. 즉 다른 작용기의 방해없이 chain이 alkyl기로만 이루어진 경우가 vesicle내 분자들의 packing이 잘 이루어져 투과도를 느리게 한다고 생각된다.

#### 4. 결 론

중합반응을 할 수 있는 계면활성제들을 합성하여 이것으로부터 고분자화된 vesicle들을 형

성시켜 이것들의 투과도를 고분자화되기 전의 vesicle들과 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Vesicle의 투과도를 크게 낮추려면 가교결합을 시켜야 한다.
2. 계면활성제의 alkyl기에 의한 vesicle 내의 분자들의 packing 정도도 투과도에 영향을 주었다.
3. Vesicle의 내부와 겉쪽이 모두 고분자화되었을 때 투과도가 가장 낮았다.

#### 감 사

이 논문은 1991년도 한국과학재단 목적기초연구 지원에 의하여 연구되었음을 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. J. H. Fendler, *Acc. Chem. Res.*, **17**, 3(1984).
2. Y. Yuan, P. Tundo, and J. H. Fendler, *Macromolecules*, **22**, 29(1989).
3. R. Elbert, A. Laschewsky, and H. Ringsdorf, *J. Am. Chem. Soc.*, **107**, 4134(1985).
4. N. K. P. Samuel, M. Singh, K. Yamaguchi, and S. L. Regen, *J. Am. Chem. Soc.*, **107**, 42(1985).
5. T. Kunitake, M. Nagai, H. Yanagi, K. Takarebe, and N. Nakashima, *J. Macromol. Sci. Chem.*, **A 21**, 1237(1984).
6. I. Cho and K. C. Chung, *Macromolecules*, **21**, 565(1988).
7. S. L. Regen, J. S. Shin, and K. Yamaguchi, *J. Am. Chem. Soc.*, **106**, 2446(1984).
8. S. L. Regen, J. S. Shin, J. F. Hainfeld, and J. S. Wall, *J. Am. Chem. Soc.*, **106**, 5756(1984).
9. J. S. Shin, *Polymer(Korea)*, **12**, 156(1988).
10. I. Cho and J. S. Shin, *Polymer(Korea)*, **13**, 198(1989).
11. I. Cho and J. S. Shin, *Polymer(Korea)*, **15**, 170(1991).
12. J. S. Shin, *공업화학*, **2**, 64(1991).