

# 당류계 계면활성제로 제조된 O/W 에멀전의 구조

홍세흠, 한창규\*, 조춘구  
승실대학교 환경·화학공학과  
\*라미화장품 피부과학연구소

## Structures of O/W Emulsion Prepared with Saccharide Surfactants

Se Heum Hong, Chang Gyu Han\*, Choon Koo Zhoh  
Department of Environmental & Chemical Engineering, Soongsil University  
\*Lamy Dermal Scientific Research Institute

### 요약

당류계 계면활성제인 sucrose distearate(S110), sucrose monostearate(S160), POE(20) methyl glucose stearate(SSE20)과 오일성분인 알칸 계열의 탄화수소 hexane(C<sub>6</sub>), decane(C<sub>10</sub>), tetradecane(C<sub>14</sub>), octadecane(C<sub>18</sub>)과 squalane(SQ), liquid paraffin(LP), octylpalminate(OP), octylstearate(OS), alkylbenzoate(AB), isostearylbenzoate(ISB)를 사용하여 에멀전을 제조하였으며 에멀전 입자의 구조 형태는 광산란법을 이용하여 fractal 차원으로 나타내었다. 에멀전 입자의 fractal 차원은 오일의 농도 및 탄소수와 오일의 비극성이 증가함에 따라 크게 나타났다. fractal 차원은 대부분 1.7~2.8으로 입자의 구조 형태는 fractal 구조를 이루고 있으나, S110계와 S160계의 C<sub>18</sub>, SQ, LP의 fractal 차원은 3.0~3.2으로 내부 구조가 비교적 조밀한 회합체 구조를 형성하였다. S160계와 S110계의 fractal 차원은 2.1~2.6으로 서로 비슷한 fractal 구조를 형성하며, SSE20의 fractal 차원은 1.5~2.1으로 S160계 및 S110계 보다 덜 조밀한 회합체 구조를 이루는 것으로 나타났다. 입자의 구조 형태는 오일과 계면활성제의 종류에 영향을 받으며 계면활성제의 친수부가 동일하면 비슷한 구조를 형성하였으며 S160의 친수부 구조인 sucrose보다 SSE20의 polyoxyethylene group에 의한 장애효과가 더욱 크게 나타났다.

## Abstract

The o/w emulsions were prepared with saccharide surfactants which were sucrose monostearate(S160), sucrose distearate(S110), and POE(20) methyl glucose stearate(SSE20). And for emulsion the oils used were n-hydrocarbon, squalane(SQ), liquid paraffin(LP), octylpalmitate(OP), octylstearate(OS), alkyl benzoate(AB), isostearyl benzoate(ISB). The structures of o/w emulsion droplet were investigated by laser light scattering and the fractal dimensions were calculated from light intensity curves. Increasing of concentration, chain length, and nonpolarity of oils, fractal dimensions of emulsion droplets were found greater. In general fractal dimensions were varied from 1.7 to 2.8 and its structures were fractal. But the fractal dimensions of octadecane(C<sub>18</sub>), SQ, and LP emulsified with S110 and S160 were varied from 3.0 to 3.2 and its structures were more dense. The overall fractal dimensions of S110 and S160 were varied from 2.1 to 2.6, that of SSE20 were varied from 1.5 to 2.1. So it was found that the structures of SSE20 system were less compact than that of S110 and S160 system, because the hindrance effect of polyoxyethylene group of SSE20 was stronger than that of sucrose of S160. The structures of emulsion droplets changed according to the nature of emulsifiers and to compositions of oil substances which they contained, and the structures were found similar when the hydrophilic moiety of emulsifiers was same.

## I. 서론

미세입자로 구성된 유화계는 연속상과 분상상 사이의 계면적 증가로 인하여 자유에너지가 증가하는 열역학적으로 불안정한 계이다. 이러한 계의 입자는 입자 간의 회합에 의하여 크기가 점점 증가하며 응집, 합일되어 유화계 물성에 영향을 끼치게 된다. 특히 nano 크기 입자의 경우에는 그 표면적 감소가 매우 크기 때문에 안정성과 같은 물성에 더욱 큰 변화를 초래할 수 있다. 따라서 제약, 정수처리, 화장품, 도료 등과 같은 여러 산업에서 응용되는 유화계 개발에 있어서 안정성이 매우 큰 비중을 차지하는 것이 바로 이러한 이유 때문이다.<sup>(1-3)</sup>

안정성과 관련된 문제는 입자의 회합 과정과 그 결과 형성된 회합체인 cluster가 유화계 조성에 의하여 어떠한 영향을 받는가 하는 것이다. 여러가지 활성물질 전달계 중 특히 약물전달계의 경우 약물전달 입자의 크기 증가와 회합체의 형성은 여러 활성물질전달 기구에 변화를 주어 약효의 저하와 인체 내에서 크게 영향을 끼칠 수 있기 때문에 이들 입자에 대한 구조해석은 매우 중요하다.<sup>(4)</sup>

약물전달계로서는 유화<sup>(5-7)</sup>, 리포솜<sup>(8,9)</sup>, 미셀<sup>(10,11)</sup>, 고분자 입자<sup>(12,13)</sup> 등이 응용되고 있으며 이들 각각에 대한 투약법에는 인체에 관한 무독성, 약효 등과 같은 여러가지 제한이 따르게 되는데 이것은 활성화 물질의 전달이 입자의 크기, 계면막의 안정성, 회합에 의한 표면적의 변화, 회합체의 구조에 영향을 받기 때문인 것으로 알려져 있다.

당류계를 친수기로 하는 sucrose계 계면활성제는 polyoxyethylene계의 비이온계 계면활성제에 비하여 매우 작은 임계 미셀농도(cmc)를 갖으며 온도 변화에 따른 물과 친수기간의 상호작용이 작아서 비교적 안정한 계면을 형성한다. 또한 자기 회합능이 커서 vesicle을 형성할뿐만 아니라 인체에 대하여 유해성이 거의 없기 때문에 식품, 제약, 의약, 환경 등 분야에서 활성화물질 전달계로 연구되고 있다.<sup>(14)</sup>

따라서 본 연구에서는 sucrose ester계 계면활성제와 여러 종류의 오일을 사용하여 제조된 에멀전 입자의 구조형태에 관한 해석의 가능성을 광산란법을 이용하여 제시하고자 하였다.

## II. 실험

### 1. 실험재료

3성분계의 o/w형 에멀전을 조제하기 위하여 계면활성제로서는 sucrose monostearate(S160), sucrose distearate(S110), POE(20).methyl glucose stearate(SSE20)을 사용하였으며, 분상상인 오일은 알칸계열의 hexane(C<sub>6</sub>), decane(C<sub>10</sub>), tetradecane(C<sub>14</sub>), octadecane(C<sub>18</sub>)과 포화탄화수소계의 liquid paraffin(LP), squalane(SQ), 지방산 알킬에스테르계인 octylpalmitate(OP), octyl stearate(OS), 방향족 계열인 alkyl benzoate(AB), isostearyl benzoate(ISB)을 사용하였다. 수상으로는 2차 증류수를 사용하였다. Table 1, 2에 사용한 실험재료의 화학식과 제조회사를 나타내었다.

## 2. 실험방법

### 2.1. 에멀전의 제조

1wt% 계면활성제 수용액과 이 1wt% 계면활성제 수용액에 오일 성분이 0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0wt%로 구성된 각 시료를  $60\pm 1^{\circ}\text{C}$ 로 유지된 hot plate stirrer에서 500rpm으로 15분간 혼합한 후, 고압유화장치인 Microfluidizer(MY110Y, Microfluidics Co., U.S.A.)를 이용하여 작업압력 6,000psi에서 5회 통과시켜 o/w형 에멀전을 제조하였다. 각 에멀전 제조시 Microfluidizer내에 남아있는 잔유물은 각 시료와의 혼합을 방지하기 위하여 증류수로 충분히 세척한 후 작업하였다.

### 2.2 광산란 측정

#### a. 광산란 장치 개요

측정에 사용된 광산란 장치는 Malvern system(Malvern PCS 4700, Malvern Instruments, U.K.)으로 파장이 633nm인 50mW He-Ne laser(Siemens, LGK 7626)와 PMT(PCS100), stepmotor controller(PCS7), correlator(K7032ES), pump/filter unit(PR98), temperature controller(PCS8)으로 구성되어 있으며, 광산란 데이터는 Malvern 4700 software로 분석하였다.

#### b. 시료준비 및 cell 세척

제조한 o/w 에멀전을  $25\pm 0.01^{\circ}\text{C}$  항온조에서 1일 방치한 후 각각의 에멀전을 0.05wt% 농도가 되도록 2차 증류수로 희석한 시료 2ml를 취하여 석영 원통형셀 (quartz round cuvette, 5ml, 20mm)에 넣어 사용하였다. 측정 cell은 초음파 세척기에서 20분간 세척한 후 여과된 물로 다시 세척하여 건조한 후 사용하였다. 시료를 측정 cell에 넣기 전 측정 cell을 회전시키면서 PMT에서 측정되는 산란강도 값으로 측정 cell 표면의 흠집이나 오염 여부를 확인하였다. 측정할 시료들은 시료 내부의 먼지를 제거하기 위하여 측정 전에  $0.45\mu\text{m}$  millipore filter로 여과하여 사용하였다.

#### c. 측정방법

Vat내의 온도 조절은 PCS8을 이용하여 측정 온도를  $25\pm 0.01^{\circ}\text{C}$  로 일정하게 유지시켰으며 vat내의 먼지 제거 여부는 filter unit(PR98)으로 매회 측정마다 10분간 여과하여 PMT를 통해 측정되는 산란강도 값이 0.2KCPS 이하이면 깨끗한 상태로 간주하였다. 한 시료에 대하여 5회씩 측정하여 평균값을 데이터로 하였다.

#### d. 정적광산란 (SLS)

제조한 o/w 에멀전의 산란강도는 정적광산란법(SLS)으로 구하였다. 측정각도( $\theta$ )는  $30^\circ$ 에서  $150^\circ$ 까지  $5^\circ$ 간격으로 25개의 측정각도에 대한 산란강도( $I(q)$ )를 측정하여 산란 벡터( $q$ )에 대한 산란강도의 변화로부터 fractal 차원을 구하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. Fractal 구조

먼저 입자나 콜로이드 상의 입자 입자들은 서로 달라붙어서 cluster를 형성하며 이 cluster는 각 입자나 cluster와 연속적으로 결합하여 거대한 cluster로 성장하게 된다. 이 cluster들의 모양은 대부분 나뭇가지가 성글게 가지를 친 모양과 같이 불규칙하며 내부 밀도가 균일하지 않은 특징을 갖고 있다. 이와 같이 형태가 불규칙하며 내부 밀도가 중심에서 멀어질수록 평균적으로 작아지는 구조물을 fractal 구조물이라 하며 유클리드 차원과 다르게 fractal 차원의 개념으로 표현된다. 유클리드 구조물은 직선이나 원같이 선(line)의 개념으로<sup>(15,16)</sup> 그 차원이 1, 2, 3 등과 같은 정수의 차원으로 표시되는 반면 fractal 차원은 일반적으로 정수가 아닌 값으로 나타낸다.

Tatsumi Korenaga<sup>(17,18)</sup> 등은 fractal 차원이 증가할수록 fractal 구조의 밀도는 증가하며 조밀한(compact)한 구조를 나타낸다고 하였으며 fractal 차원 값이 1.6에서 2.5는 완전히 발달된 fractal 구조임을 나타내며 1.6이하의 영성한(loose) fractal 구조이며, 3.0에서 4.0사이에는 매우 조밀한 non-fractal 구조임을 시사하였다

이와 같이 fractal 차원은 용액 내의 고분자 사슬<sup>(19)</sup>, 콜로이드 회합체<sup>(20)</sup>, 고분자 겔<sup>(21,22)</sup>, 금콜로이드<sup>(23)</sup> 등과 같은 구조를 해석하는데 매우 유용하게 사용되고 있다.

용액 내의 입자에 대한 산란강도  $I(q)$ 는  $qR_g$ 의 크기에 따라 다른 형태를 나타낸다. 여기서  $I(q)$ 는 산란벡터  $q$ 에서의 산란강도,  $R_g$ 는 입자의 관성회전반경(radius of gyration)을 나타내며  $q$ 는 산란벡터로서 다음과 같다.

$$q = 4\pi n / \lambda \sin(\theta / 2)$$

여기서  $\lambda$ 는 입사광의 파장,  $n$ 은 용매의 굴절률,  $\theta$ 는 산란각도이다.  $qR_g \ll 1$ 인 경우 산란강도  $I(q)$ 는 산란벡터와 무관한 등산란강도를 보인다. 즉 입사광의 파장보다 작은 입자( $\lambda/20$ )의 경우 입자 내의 서로 다른 입자소(particle element)에서 산란된 빛들은 모두 같은 위상을 가지므로 건설적(construction)으로 더해지게 되어 등산란강도를 나타내지만 입자의 크기가 어느 정도 큰(일반적으로  $\lambda/10$ ,  $qR_g < 1$ ) 경우에는 입자소에서 산란된 빛들 사이 간의 위상차를 나타내어 산란광 간의 보강 또는 간섭현상으로 인하여 산란강도  $I(q)$ 는 산란각도에 대한 선형적 관계를 나타낸다

다. 그러나 산란각도가 큰 경우( $R_g q > 1$ )와 fractal 구조에 대해서는 선형적 관계는 성립되지 않고 산란강도  $I(q)$ 는 입자의 모양에 크게 영향을 받게되어 산란강도  $I(q)$ 는 산란벡터  $q$ 에 대하여 아래 식과 같이 지수적으로 감소하는 현상을 보인다.

$$I(q)/I(0) \propto q^{-D} \quad (1)$$

위 식에서 지수상수  $D$ 를 fractal 차원이라 하며 산란벡터가 큰 쪽에 대한 점근선의 기울기로부터  $D$ 를 구할 수 있다.<sup>(24,25)</sup>

## 2. Fractal 차원

제조된 에멀전 입자들에 관한 fractal 차원을 구하기 위하여 산란벡터  $q$ 에 대한 산란강도  $I(q)$ 을 구한 다음 식 (1)을 log plot하여  $\log I(q)/I(0)$ 와  $\log q$ 의 결과와 fractal 차원을 Fig. 1~3과 Table 3~5에 각각 나타내었다.

Fig. 1은 S110을 사용하여 제조한 유화제(이하 계면활성제-오일, 예:S110-C<sub>6</sub>)에 관한 그림이다. 그림에서 S110-C<sub>6</sub>의 경우 C<sub>6</sub>의 농도가 0.25wt%인 시료는 전 산란벡터  $q$  범위에서 산란강도  $I(q)/I(0)$ 가 거의 직선형으로 감소함을 알 수 있다. 그리고 농도가 0.25~2.0wt%으로 증가함에 따라 전 시료에 대한 산란강도는 직선형에서 지수형태로 감소한다. 즉, 산란벡터  $q$ 의 의존성이 증가함을 볼 수 있다. 농도가 0.25~2.0wt%으로 증가함에 따라 각 시료에 대한 fractal 차원은 1.7~2.0으로 증가하는 것으로 나타났다. fractal 차원은 입자들 간의 회합정도를 나타내는 척도로서 C<sub>6</sub>의 농도가 증가함에 따라 fractal 차원이 증가했다는 것은 입자 간의 회합이 많이 이루어졌다고 할 수 있으며 그 구조는 잘 발달된 fractal 구조라고 할 수 있다.<sup>(18,24)</sup>

S110-C<sub>18</sub>에서는 전시료에 대하여 산란강도가 지수형태로 감소하며 산란벡터  $q$ 의 의존성 역시 농도가 증가함에 따라 커짐을 볼 수 있다. C<sub>18</sub>의 농도가 0.25~2.0wt%으로 증가함에 따라 fractal 차원은 3.0~3.2으로 나타났다. C<sub>6</sub>보다 C<sub>8</sub>의 fractal 차원이 큰 것으로 보아 SS110-C<sub>18</sub>의 입자의 내부 구조는 S110-C<sub>6</sub>보다 더욱 조밀한 형태의 회합체라고 생각된다.

입자간의 회합은 입자표면의 성질에 크게 영향을 받기 때문에 유화 입자 간의 회합이란 계면활성제 막의 성질 즉, 계면막의 물리적 안정성, 전기적 성질, 기하학적 구조 등에 의해서 영향을 받는다고 할 수 있다. C<sub>6</sub>의 농도가 증가함에 따라 C<sub>6</sub>이 S110 내부에서 차지하는 공간이 커짐에 따라 계면막이 팽윤되어 계면막의 안정성이 감소되어 회합체를 형성한다고 생각된다. 계면활성제 내부에 존재하는 오일상의 탄소수 길이가 증가할수록 계면막과 오일간의 응집력 보다 오일상 간의 응집력이 더욱 크게 작용하여 불안정한 계면막이 형성되기 때문에 C<sub>18</sub>의 경우에는 S110과 C<sub>18</sub> 간의 응집력보다 C<sub>18</sub> 간의 응집력이 보다 강하게 작용하여 불안정한 계면막이 형성되어 회합체

가 보다 많이 형성된 것으로 생각된다.

S110-AB와 S110-LP의 또한 S110-C<sub>6</sub> 및 S110-C<sub>18</sub>과 비슷한 지수형태의 산란강도 감소율을 나타내고 있다. AB와 LP의 농도가 0.25~2.0wt%으로 증가함에 따라 S110-AB와 S110-LP의 fractal 차원은 각각 2.0~2.1와 2.9~3.2으로 S110-AB보다 S110-LP가 크게 나타났다. 따라서 S110-C<sub>6</sub> 및 S110-C<sub>18</sub>의 경우에서처럼 비슷하게 S110-AB는 fractal 구조를 이루고 있으며 S110-LP는 S110-AB보다 내부구조가 조밀한 회합체라고 생각된다. AB의 fractal 값이 LP의 경우보다 작은 것은 극성류 오일인 AB가 S110 계면막 사이에 위치할 확률이 비극성류인 LP보다 커서 계면막에 극성을 부여함으로써 입자간의 회합이 어려워 작은 fractal 차원을 보이는데 반하여 비극성류인 LP는 S110 내부에 위치하여 불안정한 계면막으로 인하여 입자들간의 회합이 보다 쉽게 이루어져 큰 fractal 차원을 나타내는 것으로 생각된다.

Fig. 2는 S160을 사용하여 제조한 유화계에 관한 그림이다. Fig. 1의 S110 계의 결과와 유사하게 C<sub>6</sub>, C<sub>18</sub>, AB, LP의 농도가 0.25~2.0wt%으로 증가함에 따라 전 시료에 대한 산란강도는 지수형태로 감소하였다. S160-C<sub>6</sub>와 S160-C<sub>18</sub>의 fractal 차원이 각각 1.5~2.0과 2.1~3.1으로 S160-C<sub>6</sub>은 fractal 구조를 형성하며 S160-C<sub>18</sub>은 보다 조밀한 fractal 구조를 형성한다고 할 수 있다. 즉, 산란벡터  $q$ 의 의존성이 증가함을 알 수 있다. 또한 AB와 LP의 경우에 있어서도 S110계의 AB와 LP의 결과와 유사하게 S160-AB와 S160-LP의 fractal 차원은 각각 2.2~2.0과 3.0~3.2으로 S160-AB는 잘 발달된 fractal 구조를 이루며 S160-LP는 보다 조밀한 회합체를 형성하는 것은 Fig. 1의 S110계의 결과와 동일하게 설명될 수 있다. S160 계의 fractal 차원이 S110 계보다 다소 작은 것은 S110의 소수기는 2중 구조인 반면 S160은 단일 구조로서 동일한 오일 성분이 유화될 경우 S110보다 S160의 내부에서 오일 성분이 차지하는 공간적 부피가 상대적으로 작기 때문에 계면막이 비교적 안정하여 입자 간의 회합이 어려워지기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 3은 SSE20을 사용하여 제조한 유화계에 관한 그림이다. 그림에서 SSE20-C<sub>6</sub>의 경우 S110 및 S160의 C<sub>6</sub>과는 다르게 농도가 0.25~2.0wt%으로 증가함에 따라 전 시료에 대한 산란강도가 직선형에 가까운 형태로 감소하였다. SSE20-C<sub>18</sub> 역시 S110과 S160의 C<sub>18</sub>보다 적은 산란강도 감소율을 보이고 있다. 즉, 산란벡터  $q$ 의 의존성이 적음을 알 수 있다. SSE20-C<sub>6</sub>와 SSE20-C<sub>18</sub>의 fractal 차원은 각각 1.0~1.5와 1.9~2.5으로, SSE20-AB와 SSE20-LP의 값은 각각 1.8~2.2, 2.6~2.8으로 S110 계와 S160 계와 유사하게 C<sub>6</sub>보다 C<sub>18</sub>이, AB보다 LP의 fractal 차원이 크게 나타났다. 그러나 전체적으로 SSE20 계가 S110계와 S160 계보다 작은 차원값을 보이고 있는데 이것은 S110와 S160의 친수부인 sucrose보다는 SSE20의 친수부인 glucose에 연결된 polyoxyethylene group에 의한 장애 효과가 상대적으로 커서 입자 간의 회합이 다소 어려워 낮은 fractal 차원 값을 나타낸다고 생각된다.

Table 3, 4, 5에 각각 제조한 S110계, S160계, SSE20계에 대한 fractal 차원 값을 나타내었다. 표를 통하여 S110계, S160계, SSE20계 모든 경우에 대하여 오일 성분의 농도가 0.25~2.0wt%으로 증가함에 따라, 그리고 탄화수소계의 탄소수가 C<sub>6</sub>, C<sub>10</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>18</sub>으로 증가함에 fractal 차원이 증가함을 알 수 있다. 이것은 계면 내부에서 차지하는 오일의 공간이 커짐에 따라 계면막이 불안정하게 되어 입자 간의 회합이 증가되어 fractal 차원값이 증가하는 것으로 생각된다. 또한 오일 성분의 극성이 AB, ISB, OP, OS, SQ, LP순으로 감소함에 따라 fractal 차원은 증가함을 알 수 있는데 이것은 극성류 오일은 계면막 사이 위치하여 계면막에 약한 극성을 부여함으로 입자 간의 회합을 방해하는 한편 비극성류 오일은 계면 내부에 위치하므로 탄화수소계의 경우에서와 같이 입자 간의 회합이 증가하여 fractal 차원이 증가하는 것으로 생각된다.

Table 6에 S110계, S160계, SSE20계에 관한 오일 성분별 평균 fractal 차원값을 나타내었다. S110계, S160계, SSE20계에 대한 탄화수소계의 평균 fractal 차원은 각각 2.3, 2.1, 1.5이며 극성류 및 비극성류 오일 성분에 대한 평균 fractal 차원값은 2.6, 2.4, 2.1이다. S110과 S160의 fractal 값이 2.1~2.6으로 비슷하게 발달된 fractal 구조를 보이는 것은 이들 친수부의 구조가 모두 sucrose 구조로 되어있기 때문인 것으로 추측된다. 그리고 SSE20의 경우에는 S110과 S160의 fractal 값보다 작은 1.5~2.1을 보이고 있는데 이것은 S110과 S160의 친수부인 sucrose보다는 SSE20의 친수부인 glucose에 연결된 polyoxyethylene group에 의한 장애 효과가 상대적으로 커서 입자 간의 회합이 다소 어려워 낮은 fractal 차원 값을 나타낸다고 생각된다. Fractal 차원은 입자들 간의 회합정도를 나타내는 척도로서 fractal 값이 증가했다는 것은 입자 간의 회합이 많이 이루어 졌다고 할 수 있다.<sup>(18,24)</sup> 따라서 SSE20의 fractal 값이 S110과 S160의 값보다 작다는 것은 내부구조가 비교적 덜 조밀하다고 볼 수 있으며 fractal 값이 1.5인 것은 fractal 구조를 거의 형성하지 않는 독립된 형태로 존재한다고 해석할 수 있다.

위와같이 극성류 오일 및 계면활성제의 친수부 구조에 따른 계면막의 물성변화가 fractal 구조의 형성에 중요 인자가 된다고 생각된다. 따라서 계면막의 성질을 잘 제어한다면 원하는 물성을 나타낼 수 있는 구조형태를 만들 수 있을 것으로 생각된다.

## IV. 결 론

Sucrose distearate(S110), sucrose monostearate(S160), POE(20) methyl glucose stearate(SSE 20)을 사용하여 제조한 에멀전 입자의 구조형태를 광산란법을 이용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 오일 종류에 따른 fractal 차원은 탄소수가 C<sub>6</sub>, C<sub>10</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>18</sub>으로, 오일



의 극성이 AB, ISB, OS, OP, SQ, LP 순으로 증가함에 따라 fractal 차원은 증가하였으며 오일의 농도가 증가할 수록 0.25~2.0wt%으로 증가하였다. 일반적으로 fractal 차원은 1.7~2.8으로 fractal 구조를 이루고 있으나, S110 계와 S160 계의 C<sub>18</sub>, SQ, LP의 값은 3.0~3.2으로 내부 구조가 비교적 조밀한 구조를 형성하는 것으로 나타났다. 또한 계면활성제의 종류에 대한 fractal 차원 값은 sucrose monostearate(S160)와 sucrose distearate(S110)가 2.1~2.6으로 서로 비슷하게 나타났으나 POE(20)methyl glucose stearate(SSE20)의 경우에는 1.5~2.1으로 보다 작은 fractal 차원을 나타냈다. Fractal 차원은 오일의 종류와 크기 그리고 계면활성제의 소수부 보다는 친수부의 영향을 받는 것으로 나타났다. 계면막의 물성변화는 fractal 구조의 형성에 중요 인자로서 계면막의 성질을 잘 제어한다면 원하는 물성을 나타낼 수 있는 구조형태를 만들 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 본 실험에서 나타난 회합체의 구조가 단순한 입자 간의 회합인지 아니면 강한 응집에 의한 단일 구조 형태인지는 밝혀지지 않았기 때문에 지속적인 연구가 중요하다.

## 참고 문헌

1. M.Tirado, A. Schmitt, J. Callejas-Fernandes, and A. Fernandez-Barbero, *Langmuir*, 1999, 15, 3437-3444.
2. Fernandez and Nieves, A., *J. Non Equilib. Thermodyn.*, 1998, 23, 45.
3. Masuzawa, S., Stoll, S., and Lanet, V., *J. Colloid Interfaec Scie.*, 1993, 157, 302.
4. Brita Sjostrom, Alon Kaplum, Yeshayahu Talmon, and Bernad Cabane, *Pharmaceutical Research*, 1995, 12, 1.
5. M. Y. Levy and S. Benita, *Int. J. Pharm.*, 1989, 54, 1, 103.
6. R. J. Prankerd and V. I. Stella, *J. Parent. Sci. Technol.*, 1990, 44, 139.
7. L. Hlum, P. West, C. Washington, and S. S. Davis, *Int. J. Pharm.*, 1989, 54, 41.
8. S. M. Ostro, *Liposomes from Biophysics to Therapeutics*, Marcel Dekker, New York, 1987.
9. S. M. Moghimi, C. J. H. Porter, L. Hlum and S. S. Davis, *Int. J. Pharm.*, 1991, 68, 121.

10. S. H. Yalkowsky, *Techniques of Solubilization of Drugs*, Marul Dekker, New York 1981.
11. O. Von Dardel, C. Mebius and T. Mossberg, *Acta Anaesth. Scand*, 1976, 20, 221.
12. R. Gurny, N. A. Peppas, D. D. Harrington and G. S. Banker, *Drug. Dev. Ind. Pharm* 1981, 7. 1.
13. R. H. Muller, *Colloidal Carriers for Cotrolled Drug Delivery*, 1991, CRC.
14. Tianghong Zang and Roger E. Marchant, *J. Col. Int. Sci.*, 1996, 177, 149.
15. Family and D. P. Landau(eds.), *Kinetic of aggregation and Gelation*, 1984, North-Holland, Amsterdam.
16. Feder, *Fractals*, 1988, Plenum, New York.
17. Tatsumi Korenaga, Hidetoshi Oikawa and Hachiro Nakanishi, *J, Macromol. Sci-Phys.*, 1997, B36, 4, 487.
18. C. Jeffery Brinker and George W. Scherer, *Sd-Gel science ; The physics and Chemistry fo Sol-Gel Proceeding*.
19. Schaefer, D. W., and Keefer, K. D., *Lette.*, 1984,. 53, 1383.
20. Feder, J., and Jossang, T., *Phys. Rev. Lett.*, 1984, 53, 1403.
21. Chambon, F., and Winter, H. H., *Polym. Bull.(Berlin)*, 1985, 13, 499.
22. Muthukumar M., and Winter H. H., *Macromolecules*, 1986, 19, 1284.
23. Weitz, D. A., Huang, J. S., and Lin M. Y., *J. Phys. Rev. Lett.*, 1985, 54, 416.
24. Tatsumi Korenaga, Hidetoshi Oikawa and Hachiro Nakanishi, *J, Macromol. Sci-Phys.*, 1997. B36, 4, 487.
25. Jyotsana Lal, Jacque Bastide, Rama Bansil and Francois Boue, *Macromolecules*, 1993, Vol. 26, No.22, 6092.

## Figure Legends

- Figure. 1. The log-log plot of the  $q$  dependence of the reduced scattering intensity as a function of oil concentrations for S110 system.
- Figure. 2 The log-log plot of the  $q$  dependence of the reduced scattering intensity as a function of oil concentrations for S160 system.
- Figure. 3. The log-log plot of the  $q$  dependence of the reduced scattering intensity as a function of oil concentrations for SSE20 system.

Table 1. The Chemical Formula of Surfactants

Surfactants	Chemical formula	Maker
sucrose distearate (S110)		Croda Chemical Inc., U. K.
sucrose monostearate (S160)		Croda Chemical Inc., U. K.
POE(20) methylglucose stearate(SSE20)		Amerchol Corp., U. S. A.

Table 2. The Chemical Formula of Oils

Oil	Chemical formula	Maker
Hydrocarbon	$C_nH_{2n+2}(n=6, 10, 14, 18)$	Kanto Chemical Co., Inc., Japan
Liquid paraffin (LP)	$CH_3(CH_2)_{18-20}CH_3$	Dow Corning U. S. A.
Squalane (SQ)		Nippon Petro. Chem. Co., Japan
Octyl palmitate (OP)		Unichema U. S. A.
Octyl stearate (OS)		Unichema U. S. A.
Alkyl benzoate (AB)		Fintex U. S. A.
Isostearyl benzoate (ISB)		Fintex U. S. A.

Table 3. Fractal Dimensions as a Function of Oil Concentrations for S110 System

oil \ con(wt%)		con(wt%)				
		0.25	0.5	1.0	1.5	2.0
	C <sub>6</sub>	1.7	1.7	1.7	1.9	2.0
	C <sub>10</sub>	1.6	1.7	1.7	2.0	3.2
	C <sub>14</sub>	2.0	2.1	2.2	2.3	2.8
	C <sub>18</sub>	3.0	3.1	3.2	3.1	3.2
	ISB	2.0	2.5	2.6	2.7	2.7
	AB	2.0	2.1	2.0	2.1	2.2
	OS	2.6	2.5	2.9	2.8	3.0
	OP	2.3	2.3	2.5	2.8	3.0
	SQ	2.6	2.9	3.0	3.0	3.1
	LP	2.9	3.1	3.1	3.2	3.2

Table 4. Fractal Dimensions as a Function of Oil Concentrations for S160 System

oil \ con(wt%)		con(wt%)				
		0.25	0.5	1.0	1.5	2.0
	C <sub>6</sub>	1.5	1.4	1.7	1.9	2.2
	C <sub>10</sub>	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2
	C <sub>14</sub>	2.1	2.0	2.5	2.9	2.4
	C <sub>18</sub>	2.1	2.2	2.4	2.7	3.1
	ISB	2.1	2.0	2.1	2.2	2.4
	AB	2.2	2.1	1.9	2.0	1.9
	OS	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7
	OP	2.3	2.5	2.5	2.6	2.8
	SQ	2.9	3.1	3.1	3.2	3.2
	LP	3.0	3.0	3.0	3.2	3.2

Table 5. Fractal Dimensions as a Function of Oil Concentrations for SSE20 System

oil \ con(wt%)		con(wt%)				
		0.25	0.5	1.0	1.5	2.0
	C <sub>6</sub>	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5
	C <sub>10</sub>	1.2	1.1	1.3	1.4	1.5
	C <sub>14</sub>	1.5	1.4	1.6	1.3	1.7
	C <sub>18</sub>	1.9	1.7	1.9	2.3	2.5
	ISB	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
	AB	1.8	1.8	1.9	2.1	2.2
	OS	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5
	OP	2.1	2.0	2.1	2.3	2.2
	SQ	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9
	LP	2.6	2.7	2.7	2.6	2.8

Table 6. Mean Fractal Dimensions for Different Type of Surfactants

Surfactants	n-alkanes	ISB,AB,OP,OS,SQ,LP
S110	2.3	2.6
S160	2.1	2.4
SSE20	1.5	2.1