

## D-리모넨 오일의 유화특성

하 윤 식·장 윤 호·문 현 수\*·이 정 경\*\*·서 무 룡\*\*  
인하대학교 화학공학과·태평양 기술연구원  
\*진주보건대학 보건행정학과·\*\*경상대학교 화학과  
(1998년 8월 25일 접수)

## Characterization of Emulsion Properties for D-limonene

Youn-Shick Ha, Yoon-Ho Chang, Hyen-Soo Moon\*  
Jung-Kyung Lee\*\*, and Moo-Lyong Seo\*\*

Dept. of Chemical Eng., Inha Univ., Inchun, 420-751, Korea

\*Pacific R & D Center, Bora-Ri, Kiheung-Up, Yongin-Kun, Kyonggi-Do, 449-900, Korea

\*\* Dept. of Health Administration, Chinju Health College, Chinju, 660-757, Korea

\*\*\* Dept. of Chemistry, Gyeongsang National Univ., Chinju, 660-701, Korea

(Manuscript received 25 August 1998)

Microemulsion is prepared by the method of phase inversion emulsification with d-limonene that is environmental friendly substance and nontoxic to human body as dispersed phase. Emulsifier used for preparation of microemulsion is nonionic surfactants, polyoxyethylene nonylphenyl ether. Stability of prepared microemulsion was estimated by the various method of  $\xi$ -potential, hydrodynamic diameter and electric conductivity. When d-limonene is emulsified by NP series, microemulsion is most stable and narrowly distributed at HLB value of 12.3(either one emulsifier or mixed emulsifiers). Stability of microemulsion is increased as the amount of emulsifiers is increased at same HLB value of 12.3. In the case of using the same amount of emulsifiers, number of produced micelle are relatively large as hydrodynamic diameter is small. Therefore, the state of microemulsion is stable and the electric conductivity is increased. One can determine that higher electric conductivity value means that microemulsion has more micelles and is more stable.

**Key words :** emulsion properties, D-limonene

### 1. 서 론

D-limonene 오일은 오렌지와 귤에 다량 함유되어 있는 천연산 향유인 테르펜계 오일로서 상쾌한 향과 인체에 대한 무독성(Hink, W.F., B.J.Fee, 1986) 때문에 향수, 방향제, 비누 등의 화장품과 식품산업 등에 널리 사용되고 있다. 그리고 d-limonene 오일은 지방산, 광유, 플럭스와 같은 성분에 대한 용해력이 대단히 우수하고 생분해성(Florida Chemical Co., 1990)도 탁월하기 때문에 이들을 이용한 다양한 탈지제, 세정제가 선진 각국에서 개발되어 사용되고 있으며(Hayes, 1988; Matta, 1985), 왁스와 같은 광택제로도 사용되어지고 있다.

그러나 d-limonene 오일은 낮은 휘발온도, 특히 발화점이 낮으며 물에 녹지 않기 때문에 계면활성제를 이용하여 미세한 입자로 분산시켜 마이크로 에멀전화함으로써 인화점을 높이고 아울러 비표면적의 증가에 따라 오염물질에 대한 세정력을 높일 수 있다.

종래의 계면 활성제를 이용한 콜로이드 세정제인 경

우 CFC 대체 세정제로도 사용되고 있으나 d-limonene 오일의 함량이 낮은 경우 세정효능이 떨어지고, 물의 함량이 적은 W/O형태의 에멀전의 경우에는 물을 이용한 이차 세척이 요구된다는 문제점을 안고 있다. 그밖에 O/W 형태의 에멀전도 만들어져 널리 사용되고 있지만 에멀전의 안정성과 organic solvent 특성을 부여하는데는 아직도 많은 문제점을 안고 있다.

일반적으로 에멀전의 제조에는 colloid mill, homogenizer, 또는 homomixer 등을 이용하여 강제적인 힘으로 에멀전을 만드는 기계적인 방법과 계면화학적 성질을 이용하여 유화시키는 방법, 그리고 이 두 가지를 병용하는 방법이 있다. 계면화학적 성질을 이용하여 에멀전을 제조하는 방법에 대하여 1965년 Becher는 유화제의 첨가 방법에 따라 ① agent-in-oil법, ② agent-in-water법, ③ 비누화(Nascent soap(in situ))법, ④ 교호첨가(alternative addition)법 등으로 분류하였다(Becher, 1965). 따라서 본 연구에서는 미세하고 균일

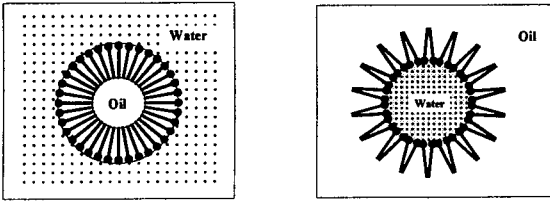


Fig. 1. Schematic diagram of O/W and W/O type emulsion.

한 에멀전을 만드는데 유효하다고 알려진 계면화학적 방법 가운데 agent-in-oil법(Lin et al, 1973; Lin et al, 1975)과 더불어 반전유화법(Sagitani, 1981)으로 O/W 에멀전을 제조하였다.

제타 전위는 계면 현상을 이해하는데 필수적인 변수이다. 이것은 콜로이드계의 동특성을 나타내는 변수일 뿐만 아니라 콜로이드계의 안정도와 응집 동력학을 표현하는 변수이기도하다. 또한 유화입자의 크기는 에멀전의 유화 안정성과 매우 밀접한 관계를 갖고 있는데 유화입자의 크기가  $\mu\text{m}$ 의 영역에서는 시간이 경과하면 서서히 침강하게 되어 결국 상분리가 일어나게 되지만  $\text{nm}$ 의 영역에서는 콜로이드의 특성을 띄게 되므로 상당히 안정한 유화 상태로 존재하게 된다. 특히  $10\text{nm}$  이하의 영역에서는 가용화에 가까워 열역학적으로도 안정한 마이크로 에멀전이 만들어 지게 된다. 그리고 전기전도도는 계면활성제의 CMC를 특징지을 수 있는 여러가지 물리·화학적 특성 가운데 하나(Mayer, 1988)로서 알려져 있는데, 용액속에서 에멀전의 제조시 형성되는 CMC를 기준으로 전기전도도는 변화하게 된다. 용액중에서 형성된 미셀의 수가 많아질 때 전기전도도가 증가하게 된다.

본 연구에서 제조한 에멀전들은 주로  $0.1\mu\text{m}$  이하의 마이크로 에멀전으로서 무색 투명하거나 약간의 푸른색을 띄는 투명 액체이다. 이 때 만들어진 마이크로 에멀전이나 일반적인 에멀전의 경우에 그 안정성은 실제 산업 분야에서 아주 중요한 문제가 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 organic solvent 효과를 지닌 d-limonene 오일을 반전유화법으로 O/W형태의 마이크로 에멀전을 제조할 때, 마이크로 에멀전의 유화특성을 고찰함으로써 에멀전의 상안정성을 높일 수 있는 방

안을 모색하였다. 특히 마이크로 에멀전을 제조할 때 첨가하는 유화제의 종류와 각 유화제의 사용량 및 혼합유화제의 비율을 조절함으로써 사용된 유화제의 HLB (hydrophilic lipophilic balance)의 변화에 따른 에멀전의 제타전위, 유화 입자 크기, 그리고 전기전도도 변화를 측정함으로써 유화특성을 고찰하였다.

2. 실험

2.1 에멀전의 제조

본 실험에서 분산상으로는 d-limonene 오일(4-iso-phenyl 1-methylcyclohexene;지보단루르 코리아 Co.)을 사용하였으며, 연속상으로는 1차 증류한 이온교환수를 사용하였다. 또한, 에멀전을 만들기 위한 유화제로는 polyoxyethylene nonylphenyl ether(NP-n, Ilchl Chem Co.) 계통의 유화제를 사용하였다.

에멀전의 제조 방법은 반전유화법으로 Fig. 2에서 보는 바와 같이 d-limonene 오일에 유화제를 첨가하고서 교반기로 300rpm.정도로 교반하여 균일하고 투명한 점성액상을 제조한 다음 소량을 물을 liquid crystalline phase가 형성될때까지 서서히 첨가하였다. 그리고 다시 white gel phase가 형성되도록 적당량의 물을 첨가하여 W/O에멀전을 제조하고 마지막으로 과량의 물을 첨가하면서 반전유화에 따른 O/W에멀전을 제조하였다.

혼합유화제의 조성에 따른 영향을 혼합비에 따라 에멀전을 제조하였다. 혼합유화제의 HLB값은 각 polyoxyethylene nonylphenyl ether의 혼합비를 변화시킴으로써 조절하였다.

2.2 제타전위, 유화 입자 크기 측정

제조된 에멀전의 제타전위와 유화 입자 크기는 dynamic light scattering방법[Malvern Instruments Ltd., 1993]을 이용하여 측정하였다. 제타전위는 electrophoretic mobility를 먼저 측정하여 이 값을 Henry's equation에 대입함으로써 제타전위를 계산해 내는 Zeta Sizer IV (PCS v 1.23, Malvern Instruments, England)를 이용하여 측정하였는데, 광원은 He-Ne laser로서 633nm의 파장을 갖고 있으며, 출력은 15mW이다. 측정 시료는 지름 8-mm의 cell에 담겨진 후, 일정온도로 조절가능한 vessel에 넣어 측정된다. 그리고 유화 입자 분포 및 유화 입자 크기의 측정은

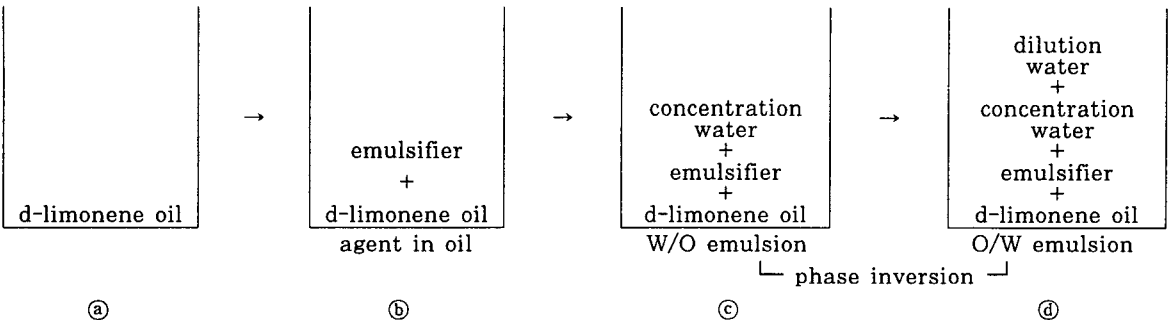
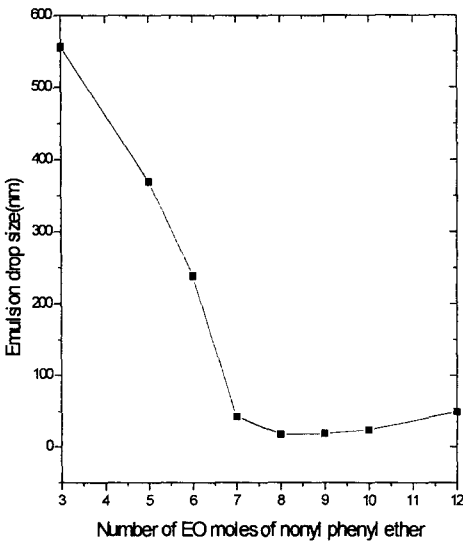


Fig. 2. Emulsification procedure by agent-in-oil method and phase inversion method.

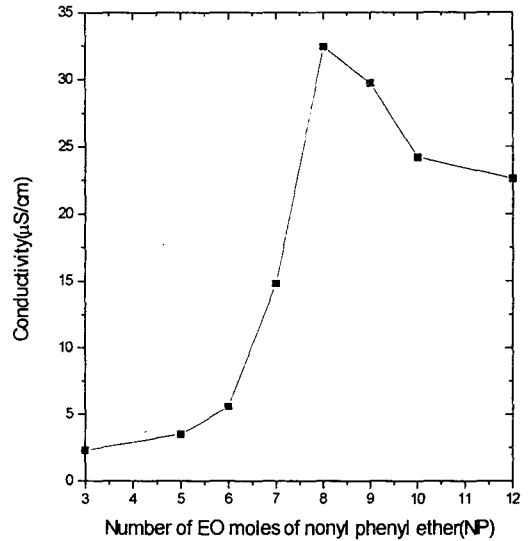
Table 1. CMC and HLB value of nonyl phenyl ethoxylate

Emulsifier	Experimental CMC(mol/l)	* CMC(mol/l)	HLB value	Molecular weight
NP-3			7.5	334
NP-5			10.0	422
NP-6	$67 \times 10^{-6}$	$61 \times 10^{-6}$	10.9	468
NP-7	$85 \times 10^{-6}$	$70 \times 10^{-6}$	11.6	512
NP-8	$50 \times 10^{-6}$	$44 \times 10^{-6}$	12.3	556
NP-9	$80 \times 10^{-6}$	$67 \times 10^{-6}$	12.9	600
NP-10	$80 \times 10^{-6}$	$68 \times 10^{-6}$	13.3	644
NP-6 + NP-9	$51 \times 10^{-6}$	.	12.3	556
NP-5 + NP-10	$55 \times 10^{-6}$	.	12.3	570

\* M. R. POTER, BSc, PhD, CChem, MRSC Maurice R.(1994). "Handbook of Surfactants", Blacie Academic & Professional, p181.



(a)



(b)

Fig. 3. The change of emulsion drop size and electroconductivity with added EO mole of NP type emulsifier(Emulsifier : d-limonen oil = 0.9 : 1). (a) emulsion drop size, (b) electroconductivity

4700 type particle analyser(Malvern Instruments, England)를 이용하였는데, 광원은 argon-lazer로 488nm의 파장을 갖고 있으며, 출력은 75mW이다. 측정 시료는 지름 8-mm의 cell에 담겨진후, 일정온도로 조절가능한 vessel에 넣어 측정된다. 산란된 빛의 세기는 산란각 90°에서 측정되었다. 측정된 데이터는 Malvern 7023 correlator로 cumulants 방법(Berne and Percora, 1976)에 의해 분석하였다. 이때 제조된 에멀전의 입자가 큰 경우, 예를 들면 매크로 에멀전과 같이 레이저광선이 투과하기 어려워 정확한 측정을 할 수 없을 때에는 에멀전을 증류수로서 5배 희석하여 실온에서 측정하였다.

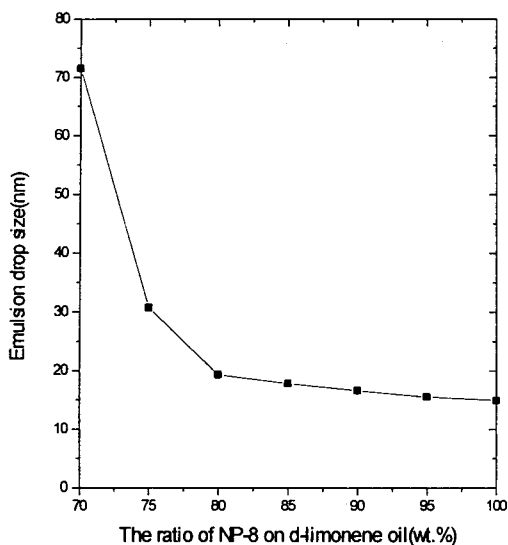
2.3 전기전도도 측정

전기전도도의 측정은 conductivity meter(Kyoto社, Japan)로 immersion cell을 사용하여 시행하였다. 전

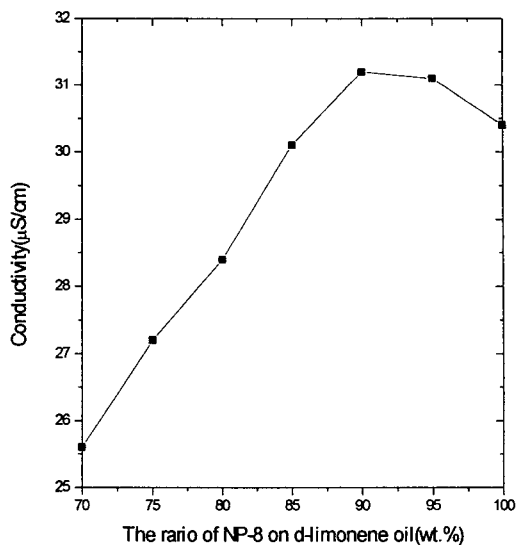
기전도도는 마이크로 에멀전을 제조한 직후 측정하였다. 전기전도도는 에멀전의 형태와 이의 변환을 결정하는데 쓰이는데, 양성 phase와 수성 phase중에 어느 상이 분산상이고 분산매인가에 따라 전기전도도 값이 변하게 된다. 전기전도도 값이 높으면 수성 phase가 연속상이고 따라서 에멀전의 형태는 O/W이고, 전기전도도가 낮으면 연속상이 양성 phase이고 에멀전은 W/O 형태로 된다(Lim and Smith, 1990).

3. 결과 및 고찰

본 실험에서는 제타전위, 유화 입자 크기, 그리고 전기전도도를 측정하여 이때 나타난 값으로 유화특성을 살펴보았다. 그런데 제조된 에멀전의 경우 제타전위가 거의 대부분 ±1mV 이내의 범위에서 측정되는 것으로 보아 에멀전의 제조시 제타전위에 의한 영향은 거의 없는 것으로 판단된다. 따라서 이후에는 유화입자의 크기

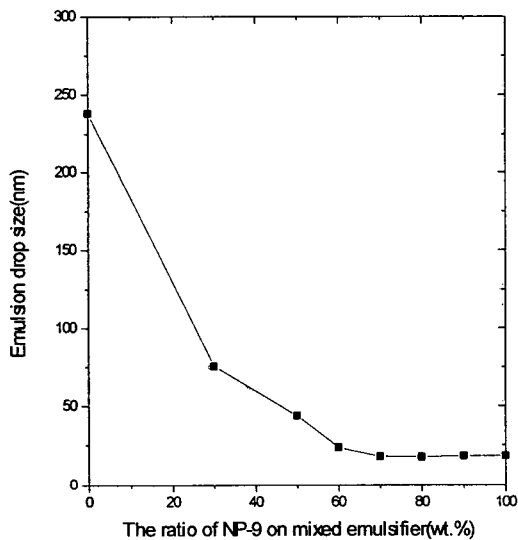


(a)

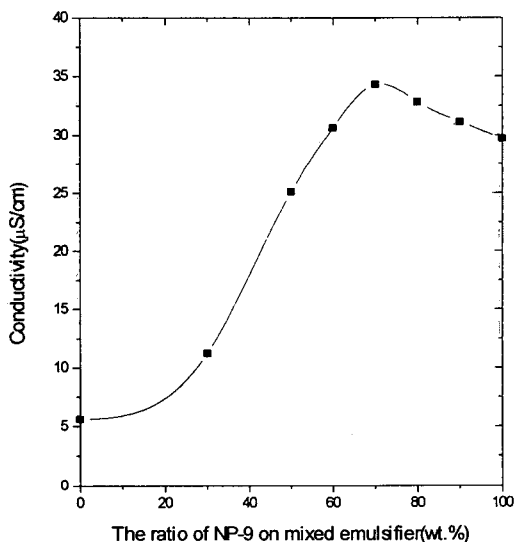


(b)

Fig. 4. The change of emulsion drop size and electroconductivity with amount of emulsifier(NP-8). (a) emulsion drop size, (b) electroconductivity



(a)



(b)

Fig. 5. The change of emulsion drop size and electroconductivity with ratio of NP-9 on mixed emulsifier (NP-6 + NP-9, Emulsifier : d-limonene oil = 0.9 : 1). (a) emulsion drop size, (b) electroconductivity

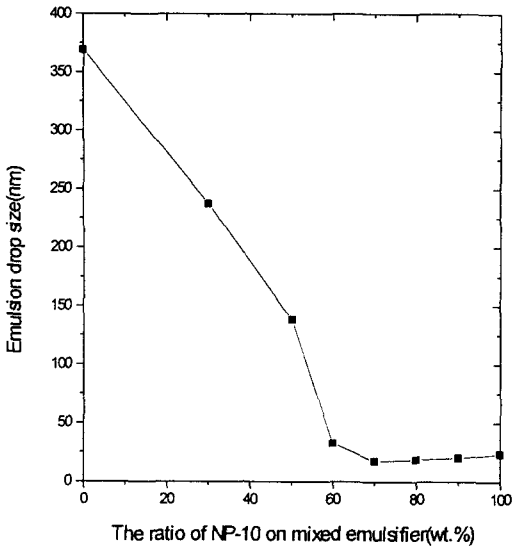
와 전기전도도를 중심으로 살펴보기로 한다. 전기전도도는 용액중에서 cmc를 넘어서면서 증가하게 되는데 이것은 형성된 미셀의 수가 많을수록 전기전도도가 증가한다는 것을 의미한다. 이러한 결과의 에멀전의 제조에서도 마찬가지로 결과를 갖는데 동일한 양의 유화제로서 마이크로에멀전의 제조시 유화입자의 크기가 작으면 형성된 미셀의 수는 상대적으로 증가하게 되어 유화상

태가 보다 더 균일해지기 때문에 전기전도도는 증가하게 됨을 알 수 있다.

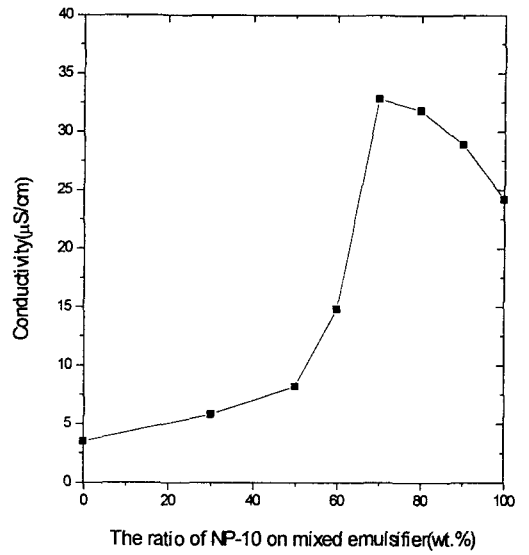
### 3.1. 유화제의 CMC

Table 1은 실험에 많이 사용된 유화제들의 CMC 값과 HLB(hydrophilic lipophile balance) 값을 나타내고 있다. 일반적으로 비이온 계면활성제의 경우에는 음이

D-리모넨 오일의 유화특성

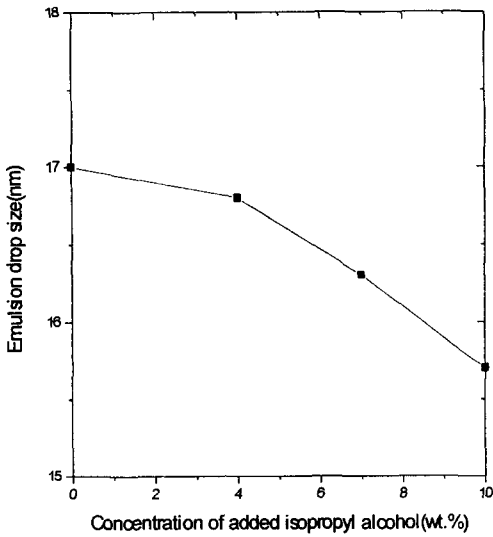


(a)

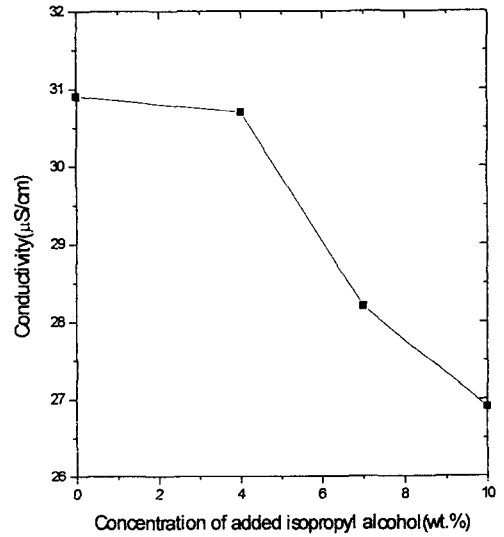


(b)

Fig. 6. The change of emulsion drop size and electroconductivity with ratio of NP-10 on mixed emulsifier (NP-5 + NP-10, Emulsifier : d-limonen oil = 0.9 : 1). (a) emulsion drop size, (b) electroconductivity



(a)



(b)

Fig. 7. The change of emulsion drop size and electroconductivity with ratio of co-emulsifier (Iso-propyl alcohol + NP-8, Emulsifier : d-limonen oil = 0.9 : 1). (a) emulsion drop size, (b) electroconductivity

은이나 양이온 계면활성제에 비하여 전해질의 영향을 적게 받고, 아울러 낮은 CMC를 갖는 장점이 있기 때문에 유화제로서 비이온계면활성제를 사용하였다. 대체로 oil을 유화시켜 에멀전을 제조할 때 유화시키려는 oil과 소수기가 비슷한 구조를 갖는 유화제를 사용하는 것이 보통이다. 따라서 본 연구에서는 polyoxyethylene no-

nyl phenyl ether의 NP계 유화제를 사용하였다.

3.2 Ethylene Oxide(EO) 부가 물수에 따른 유화특성

Fig. 3은 NP계통의 유화제를 단독으로 사용하는 경우, EO 부가 물수의 증가에 따른 유화입자의 크기와 전기전도도의 변화를 나타내고 있다. NP에 부가된 EO의

물수가 3몰에서 12몰까지 증가할 때의 변화를 실험하였다. Fig. 3-a에서 나타나는 것처럼 EO 부가물수가 6몰 이하에서는 유화입자의 크기가 200nm 이상으로서 입자가 상당히 큰 에멀전이 제조되었고, 7몰에서 10몰 정도의 EO가 부가된 유화제를 사용한 경우에는 20nm 내외의 균일하고 열역학적으로도 안정한 것으로 널리 알려진 마이크로 에멀전을 제조할 수 있었다. 그러나 EO가 12몰이 부가된 경우에는 입자의 크기가 다소 증가하는 현상을 보이는 것으로 보아 EO부가 물수가 약 8몰 부근에서 가장 작은 입자를 가진 마이크로 에멀전을 제조할 수 있었다. Fig. 3-b는 EO 부가물수에 따른 전기전도도의 변화를 나타낸 것으로 부가된 EO 물수가 증가함에 따라 전기전도도값이 증가하면서 8몰이 부가된 경우에 최대값을 나타내고, EO 부가 물수가 그 이상에서는 오히려 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이는 8몰의 EO가 부가된 유화제를 사용하였을 때 형성된 유화입자의 수가 증가하여 전기전도도가 증가된 것으로 판단되는데, 이때 가장 균일하고 안정된 O/W 형의 마이크로 에멀전이 제조된 것으로 보인다.

### 3.3 유화제의 양의 변화에 따른 유화특성

앞의 결과에서 살펴보면, NP계통의 유화제를 단독으로 사용할 때는 HLB가 12.3인 NP-8을 유화제로 사용한 경우에 가장 작은 입자를 가지면서 가장 높은 전기전도도를 갖는 마이크로 에멀전이 제조되는 것을 알 수 있었다. 따라서 여기서는 유화제를 NP-8로 정하고서 사용량을 변화시켰을 때의 유화입자크기와 전기전도도의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. NP-8을 유화제로 사용한 경우에는 대체로 유화입자의 크기가 작았는데 그 중에서도 오일에 대한 유화제의 양이 80% 이상 일 때 유화입자의 크기가 20nm 내·외로 특히 미세한 마이크로 에멀전을 제조할 수 있었다. 그런데 전기전도도의 경우에는 오일에 대한 유화제의 양이 90% 일 때 가장 높은 전기전도도 값을 나타내었으며 그 이상의 농도에서는 전기전도도가 감소하는 것으로 보아 마이크로 에멀전이 점점 가용화되는 것으로 판단된다. 따라서 오일에 대한 유화제의 양이 90% 일 때 보다 더 미세하고 안정된 마이크로 에멀전을 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.4 혼합유화제의 사용에 따른 유화 특성

여기서는 HLB 값이 다른 두가지의 유화제를 혼합하여 그들의 혼합비로서 HLB 값을 변화시켜 유화제로서 사용하였다. 혼합 유화제를 사용할 경우에는 유화제 하나만 사용하는 것에 비해 보다 더 미세하고 안정된 에멀전을 제조할 수 있다. 즉 단일 유화제를 사용한 경우보다 혼합유화제를 사용한 에멀전의 경우, 친수성·소수성 성질이 각기 다른 두 계면활성제의 회합에 의해 오일과 물의 계면에 더 조밀하고 강한 계면활성제 intermolecular complex 층을 형성하기 때문이다. Fig. 5는 NP-6과 NP-9의 혼합유화제를 Fig. 6은 NP-5와 NP-10의 혼합유화제를 각각의 혼합비에 따라 HLB 값이 변화할 때, 유화 입자 크기와 전기전도도의 변화를 나타낸 것이다.

O/W 형의 에멀전을 제조하기 위해서는 일반적으로 유화제의 HLB 값이 높은 것을 사용하여야 한다. 두 혼합 유화제를 사용하였을 때는 Fig. 5와 Fig. 6에서 보여지는 것처럼 HLB 값이 약 12 이상인 경우에 미세한 마이크로 에멀전을 제조할 수 있다. 즉 혼합유화제로 NP-6과 NP-9를 사용한 경우에는 Fig. 5에 나타난 것처럼 전체 유화제 중에서 NP-9의 비가 60% 이상이면 미세한 마이크로 에멀전을 제조할 수 있는데, 70% 일 때 HLB 값이 12.3으로 가장 미세한 마이크로 에멀전이 만들어지고 NP-9의 양이 증가하면 HLB 값의 증가에 따라 다시 유화 입자 크기도 약간씩 증가한다. 그리고 혼합유화제로 NP-5와 NP-10을 사용한 경우에는 Fig. 6에 나타난 것처럼 전체 유화제 중에서 NP-10의 비가 70% 이상이면 미세한 마이크로 에멀전을 제조할 수 있는데, 70% 일 때 HLB 값이 12.31로 가장 미세한 마이크로 에멀전이 만들어지나 NP-10의 양이 증가하면 HLB 값의 증가에 따라 유화 입자 크기도 다소 증가한다. Fig. 5과 Fig. 6에서 살펴보면, NP-6과 NP-9의 혼합유화제가 NP-5와 NP-10의 혼합유화제를 사용할 때 보다 전체적으로 높은 전기전도도 값을 나타낸다. 그러나 두 혼합유화제 모두 HLB 값이 12.3에서 역시 전기전도도가 최대 값을 나타내고 있다. 그러므로 d-limonen 오일의 경우 혼합유화제를 사용하거나 단일 유화제를 사용하거나 모두 HLB 값이 12.3 부근에서 가장 균일하고 안정한 마이크로 에멀전을 제조할 수 있음을 알 수 있다.

### 3.5 보조 유화제의 영향

마이크로 에멀전의 제조에 있어서 보조유화제는 중요한 역할을 한다. NP 계통의 유화제 이외에 보조유화제를 사용하여 유화특성을 살펴보았다. 보조유화제로는 일반적으로 많이 사용되고 있는 octanol, 2-ethyl hexanol, isopropyl alcohol(IPA), 그리고 polyoxyethylene glycol(M=200, 400)을 사용하였다. 그 결과 탄소수가 적은 IPA를 제외한 다른 보조유화제들을 사용한 경우에는 유화상태가 NP 계통을 사용하였을 때 보다 안정하지 못했으며, 전기전도도나 입자크기에 있어서도 좋지 못한 결과가 나타났다. Fig. 7은 보조유화제로서 IPA를 NP-8 유화제에 대한 보조유화제로서 첨가농도를 변화시킬 때의 유화 입자 크기와 전기전도도의 변화를 나타낸 것이다. 에멀전의 유화 입자 크기와 전기전도도는 IPA를 첨가하지 않았을 때 최대값을 보이다가 양이 점점 증가하면서 감소하는 경향을 보이고 있는 것으로 보아 친수성의 증가에 따라 유화안정성에 다소 기여하고 있음을 알 수 있다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 인체에 대한 독성이 거의 없는 천연 향유인 d-limonene 오일을 분산상으로 사용하고 유화제로 비이온 계면활성제인 NP(polyoxyethylene nonylphenyl ether)를 사용하여 반전유화법으로 에멀전을 만든 후 dynamic light scattering 장치를 이용하여 유화 입자 크기와 제타전위 및 전기전도도를 측정하여 검토하였다. 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) D-limonene을 유화할 경우, 단일 유화제로는 HLB값이 12.3인 NP-8을 사용하였을 때, 가장 높은 전기전도도를 나타냄으로써, 가장 균일하고 안정된 마이크로 에멀전을 제조되어짐을 알 수 있었다.

2) 유화제의 양에 따른 유화특성을 살펴보면, NP-8을 단일유화제로 사용한 경우 유화제의 양이 80% 이상에서 마이크로 에멀전이 만들어고 유화제의 양이 증가하는 경우, 특히 d-limonene 오일에 대하여 90%의 유화제가 사용되었을 때, 전기전도도가 가장 높은 것으로 보아 가장 균일하고 안정한 마이크로 에멀전이 만들어진 것으로 판단된다.

3) 혼합유화제를 사용하여 유화할 경우, 역시 혼합 조성에 따른 HLB값이 12.3 부근일때 가장 균일하고 안정된 마이크로 에멀전을 제조할 수 있었으며, 그 중에서 NP-5와 NP-10의 혼합유화제보다 NP-6과 NP-9의 혼합유화제가 보다 더 입자 크기가 미세한 마이크로 에멀전이 제조되었으며, 아울러 보다 더 높은 전기전도도를 나타내는 것으로 보아 보다 더 균일하고 안정된 마이크로 에멀전이 제조됨을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

Becher, P., 1965, *Emulsion: Theory and Practice*, Reinhold Publishing, 267.

Berne, B.J. and Percora, R., 1976, *Dynamic Light Scattering*, Wiley-Interscience.

Florida Chemical Co., 1990, *The Safety, Toxicology, and Biodegradation of d-Limonene*, 1-4.

Hayes, M.E., Hood, C.C., Miller, R.E. and Sharpe, R.: U.S. Patent, 4,740,247(1988)

Hink, W.F., B.J.Fee, 1986, *Toxicity of D-Limonene, The Major Component of Citrus Peel Oil, to All Life Stages of the Cat Flea, Ctenocephalides Fies*, *J.Med.Entomol.*, 23(4), 399.

Lim, K.H. and Smith, D.H., 1990, *J Dispersion Sci. Tech.*, 11, 529.

Lin, T.J., H. Kurihara and H. Ohta, 1973, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, 24, 797.

Lin, T.J., H. Kurihara and H. Ohta, 1975, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, 26, 121.

Malvern Instruments Ltd., 1993, *Application Manual; Particle Sizing by Light Scattering*, Malvern Instruments Ltd., pp 2.3-2.5

Matta, G.H.: U.S. Patent, 4,511,488(1985)

Mayer, D., 1988, *Surfactant Science and Technology*, VCH, 9pp.

Sagitani, H., 1981, *J. Am Oil Soc.*, 58, 738.