

유화제의 HLB에 따른 O/W 및 W/S 에멀전의 유화 안정성에 관한 연구

연 제 영[†] · 신 보 람 · 김 타 곤 · 서 정 민 · 이 청 희 · 이 상 길 · 표 형 배

한불화장품(주) 기술연구원 화장품연구소
(2014년 2월 24일 접수, 2014년 3월 1일 수정, 2014년 4월 1일 채택)

A Study on Emulsion Stability of O/W and W/S Emulsion according to HLB of Emulsifier

Jae Young Yeon[†], Bo Ram Shin, Ta Gon Kim, Jeong Min Seo,
Cheong Hee Lee, Sang Gil Lee, and Hyeong Bae Pyo

Cosmetic Research Institute, Hanbul Cosmetics Co., Ltd., 547-62, Daesung-ro, Samsung-myun, Umsung-kun,
Chungcheongbuk-do 369-834, Korea

(Received February 24, 2014; Revised March 1, 2014; Accepted April 1, 2014)

요 약: 본 연구에서는 친수성 계면활성제와 친유성 계면활성제가 조합된 다양한 HLB (Hydrophilic Lipophilic Balance) 값을 갖는 유화 시스템의 조건에서, required HLB 값이 각기 다른 오일들을 적용하여 제조한 O/W 및 W/S 에멀전의 특성 및 유화 안정성을 조사해 보았다. 그 결과 O/W 에멀전은 유화제의 HLB 값이 낮을수록 점도가 높고, 유화입자는 작고 조밀한 경향을 나타내었으며, 원심분리에서도 더 안정한 경향을 나타내었다. W/S 에멀전은 유화제의 HLB 값이 높을수록 유화입자는 작고 조밀해지는 경향을 나타내었으며, 원심분리에서도 더 안정한 경향을 나타내었다. 그러나 W/S 에멀전은 시간이 경과할수록 모든 유화제의 HLB 조건에서 점도가 낮아지는 경향이 나타나 장기 안정도에서는 불안정한 특성을 나타내었다. 이번 연구의 결과는 O/W 에멀전은 HLB 값이 높은 비이온 계면활성제의 적용이 적합하며 W/S 에멀전은 HLB 값이 낮은 비이온 계면활성제의 적용이 적합하다는 기본 이론과 상반되는 결과로서 앞으로의 화장품 연구 개발 시 유용한 연구 자료가 될 것으로 사료된다.

Abstract: In this study, O/W and W/S emulsions were prepared by combining oils having different required hydrophilic lipophilic balance (HLB) values under the diverse conditions of HLB values composed of a hydrophilic surfactant and a lipophilic surfactant and their stability was investigated.

Results showed that the higher the viscosity of O/W emulsions was as the lower the HLB value of emulsifier and emulsion particle showed a tendency to be a smaller and compact and stabler in centrifugal filtration. W/S emulsions also showed a similar tendency to be a smaller and compact as HLB values of emulsifier was higher and stabler in centrifugal filtration. However, the viscosity of W/S emulsion tended to get lower in HLB conditions of all emulsifiers as the time passed. This indicated that the emulsions had an unstable feature in long-term stability.

In conclusion, the results showed opposite to the known theory that O/W emulsion is proper to be applied by nonionic surfactant with a high HLB value and W/S emulsion to be applied by nonionic surfactant with a low HLB value and provide useful information for the cosmetics research and related areas.

Keywords: HLB, emulsion stability, O/W emulsion, W/S emulsion, emulsifier

[†] 주 저자 (e-mail: daviz707@nate.com)

1. 서 론

에멀전(emulsion)은 서로 섞이지 않는 두 액체가 일정한 비로 작은 액적의 형태로 다른 액체에 분산되어 있는 상태를 말한다. 이 시스템은 두 액체 이외에 제 3의 성분을 포함하는 경우가 많은데 대표적으로 계면활성제를 들 수 있다. 이 계면활성제 분자는 계면에 흡착하는 특성이 있으며 한 방향으로 배향하여 막을 형성하거나 용액 중에서 미셀을 만들고 표면장력을 저하시키거나 그 밖에 전기 이중층을 형성함으로써 유화의 안정에 기여하기도 한다[1]. 에멀전의 입자 크기 및 모양 등을 포함한 물리적 성질은 유화제의 hydrophilic lipophilic balance (HLB), 유화제의 양, 유화제의 용해 위치 등의 조건과 유화 방법에 따라 다양한 양상을 나타내는데, 단일 유화제로는 에멀전의 안정성이 좋은 경우가 많지 않으며, 복합 유화제의 사용이 안정성을 향상시킨다고 알려져 있다. 에멀전은 일반적으로 높은 안정성이 요구되는데 에멀전계에서 최적의 유화제를 선정하는 것은 아주 중요하다[2,3].

유화제는 물과 오일의 계면에 흡착하여 계면장력을 저하시켜 유화 입자를 쉽게 생성시키고 생성된 계의 안정성을 부여하는 등의 역할을 하고 있어 유화 시에는 예외 없이 유화제가 사용된다. 그러나 유화제의 종류가 다양하고 그 특성도 각기 다르기 때문에, 목적으로 하는 제품의 유화에 가장 적합한 유화체계를 선택하는 것은 매우 중요한 일이다[4-6]. 1950년대의 계면활성제 제조사였던 Atlas사는 비이온 계면활성제의 성질을 나타내는데 HLB라는 지표를 처음 사용하였다. Atlas사의 Griffin은 비이온 계면활성제의 HLB를 친수기의 중량 분율로 표시하는 다음의 식을 제안하여, 어떤 종류의 오일을 유화할 때 최적의 조건은 유화제 분자 중의 친수기 중량 분율과 어떤 범위에서 일치한다고 주장하였다.

$$HLB\ value = 20\left(1 - \frac{M_o}{M}\right)$$

M_o : Hydrophobic portion molecular weight

M : Total molecular weight

그 후 유화제의 화학 구조로부터 HLB를 계산하는 방법이 여러 형태로 제안 되었지만, 그 수치는 HLB의

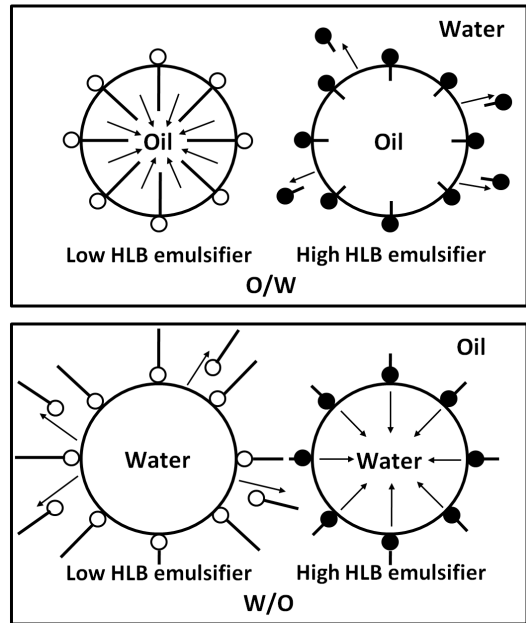


Figure 1. Diagram of O/W and W/O emulsions.

어원대로 유화제의 분자를 구성하는 친수기와 소수기의 비율을 가리키는 것이다. 그 값이 높으면 친수기의 분자량도 높아져 유화제는 물에 micelle 용해하는 데 반해, 그 값이 낮으면 반대 성질을 가리키는 것으로 정성적으로 이해되었다. Griffin이 HLB 개념을 도입한 이래 온도에 따른 변화 등의 약점을 지니고 있지만 HLB는 유화제의 선정에 현재까지도 편리하게 이용되고 있다[7]. 높은 HLB를 가진 계면활성제는 물과의 친화성이 좋고, 낮은 HLB를 가진 유화제는 오일과 친화성이 좋다. 따라서 높은 HLB를 가진 유화제는 O/W (oil-in-water) 에멀전 형성에 유리하고, 낮은 HLB의 유화제는 W/O (water-in-oil) 에멀전 형성에 유리하다. 그러나 O/W 에멀전의 유화에서는 일반적으로 친수성 계면활성제를 선택하지만 친수성 계면활성제는 친유성이 낮아 계면에 흡착되어야 할 계면활성제가 수상 중에 분산 용해되는 경향이 있으며, 반대로 W/O 에멀전의 유화에서는 일반적으로 친유성 계면활성제를 선택하지만 친유성 계면활성제는 친수성이 낮아 계면에 흡착되어야 할 계면활성제가 유상 중에 분산 용해되는 경향이 있어 물과 오일의 계면 안정화를 유도하기가 어렵다(Figure 1). W/O 에멀전에서는 외상 오일의 점도를 올리거나 고화시켜 내상의 물 입자들을 보호 유지시키는 방법 등이 강구되고 있으나, 유동도가 높

은 저점도이면서 안정한 에멀전의 조제 기술은 W/O 에멀전의 추후 과제이다[8-10].

본 연구에서는 친수성 계면활성제와 친유성 계면활성제가 조합된 다양한 HLB 값을 갖는 유화체계의 조건에서, required HLB 값이 각기 다른 오일들을 적용하여 제조된 O/W 및 W/O 에멀전들의 특성 및 유화 안정성을 조사해 보았다. 이를 위하여 광학 현미경을 이용한 각 에멀전들의 유화입자 크기와 형태 및 구조를 분석하였으며, 점도 측정을 통하여 유화제의 HLB와 오일의 required HLB의 상관 관계에 따른 점도 특성을 살펴보았다. 또한 각 에멀전들의 원심 분리를 실시하여 상 분리 유무에 따른 에멀전의 안정성을 비교 검토해 보았다.

2. 재료 및 실험

2.1. 원료 및 기기

2.1.1. 원료

본 실험에서 O/W 에멀전 제조에 사용된 유화제로는 sorbitan sesquioleate (Uniqema, USA; HLB = 3.7)와 polysorbate 80 (Uniqema, USA; HLB = 15)을 이용하였고, 유상에 사용된 오일로는 caprylic/capric triglyceride (Greenwell, USA), persea gratissima (Avocado) oil (N.O.I, USA), mineral oil (Kukdong Oil & Chemical, Korea), isopropyl myristate (Inolex, USA), C12-15 alkyl benzoate (Finetex, USA)를 이용하였으며, 증점제로 carbomer (Noveon, USA)를 사용하였다. W/S 에멀전의 제조에는 PEG-7 dimethicone (Nihon Emulsion, Japan; HLB = 4), PEG-10 dimethicone (Shin-Etsu, Japan; HLB = 4.5), 그리고 PEG-11 methyl ether dimethicone (KCC, Korea; HLB = 12)을 유화제로 사용하였고, 분산상의 오일로는 cyclopentasiloxane (GE Silicone, Sweden)을 사용하였으며, 염으로는 sodium chloride (Hanju, Korea)를 이용하였다. 이 외에 중화제와 보습제 등을 실험 원료로 사용하였다.

2.1.2. 기기

O/W 및 W/S 에멀전의 제조를 위하여 호모 믹서 (T.K. Robo Mics, Tokushu Kika, Japan)를 사용하였고, 제조된 에멀전의 입자는 광학 현미경(Labophot-2,

Nikon, Japan)과 이미지 분석기(CP15U, Mitsubishi, Japan) 그리고, 입도 분석기(Master size 2000, Malvern, UK)를 이용하여 관찰 및 분석하였다. 또한 에멀전의 점도 측정을 위하여 점도계(Brookfield Viscometer RVT, Brookfield, USA)를 사용하였으며, 원심 분리기 (1580MGR, Gyrozen, Korea)를 이용하여 에멀전의 분리 유무를 확인하였다.

2.2. 실험 방법

본 실험은 유화제의 HLB와 오일의 required HLB에 따른 다양한 에멀전의 안정성을 조사하였다. O/W 에멀전에서는 required HLB가 각각 5, 7, 10.5, 11.5, 13인 caprylic/capric triglyceride, persea gratissima (Avocado) oil, mineral oil, isopropyl myristate, C12-15 alkyl benzoate를 유상으로 하고, sorbitan sesquioleate와 polysorbate 80의 함량을 조절하여 HLB를 각각 5, 7, 9, 11, 13, 15로 변화하여 에멀전을 제조하였다. W/S 에멀전에서는 required HLB가 7.8인 cyclopentasiloxane을 유상으로 하고, PEG-7 dimethicone, PEG-10 dimethicone 그리고 PEG-11 methyl ether dimethicone의 함량을 조절하여 HLB를 각각 4.1, 4.5, 5, 6, 7, 8로 변화하여 에멀전을 제조하였다[11,12]. 혼합 유화제의 HLB는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$HLB_{mix} = HLB_x A \% + HLB_y B \%$$

여기서 HLB_x와 HLB_y는 O/W 에멀전에서 각각 sorbitan sesquioleate와 polysorbate 80의 HLB, W/S 에멀전에서 PEG-7 dimethicone과 PEG-10 dimethicone, 또는 PEG-7 dimethicone과 PEG-11 methyl ether dimethicone의 HLB를 나타내고, HLB_{mix}는 혼합 계면활성제의 HLB를 나타내며, A와 B의 %는 무게 비율로 하였다 [3]. O/W 에멀전의 제조는 Table 1에 나타난 베이스의 조성으로 제조하였고, 수상과 유상을 약 80 °C까지 가열하여 완전 용해시키고 수상에 유상을 투입하여 H/M 2,000 rpm으로 10 min 유화한 후, 트리에탄올아민을 투입하여 H/M 2,500 rpm으로 5 min 중화하고 냉각하였다. 또한, Table 2에 나타난 베이스의 조성으로 W/S 에멀전을 제조하였고, 실온에서 유상에 수상을 10 min 동안 서서히 투입하면서 H/M 2,000 rpm으로 예비 유화를 한 후, H/M 3,500 rpm으로 10 min 동안

Table 1. Formulation of O/W Emulsion with HLB of Emulsifier and Required HLB of Oil

Ingredients	Sample (wt%)					
	I	II	III	IV	V	VI
Sorbitan Sesquioleate	1.76	1.42	1.06	0.70	0.35	0.00
Polysorbate 80	0.24	0.58	0.94	1.30	1.65	2.00
A : Caprylic/Capric Triglyceride						
B : Persea Gratissima (Avocado) Oil						
C: Mineral Oil	10.00					
D : Isopropyl Myristate						
E : C12-15 Alkyl Benzoate						
Carbomer	0.13					
Triethanolamine	0.13					
P.W.	to 100					

* HLB : I = 5, II = 7, III = 9, IV = 11, V = 13, VI = 15

* required HLB(± 1) : A = 5, B = 7, C = 10.5, D = 11.5, E = 13

Table 2. Formulation of W/S Emulsion with HLB of Emulsifier and Required HLB of Oil

Ingredients	Sample (wt%)					
	F	G	H	I	J	K
PEG-10 Dimethicone	0.50					
PEG-7 Dimethicone	1.50	1.87	1.74	1.48	1.24	1.00
PEG-11 Methyl Ether Dimethicone	0.13		0.26	0.52	0.76	1.00
Cyclopentasiloxane	15.00					
Glycerin	5.00					
Sodium Chloride	0.50					
GlycerinP.W.	to 100					

* HLB : F = 4.1, G = 4.5, H = 5, I = 6, J = 7, K = 8

* required HLB(± 1) : Cyclopentasiloxane = 7.8

2차 유화를 한 다음 내용물을 숙성시켰다. 숙성 후 유화 입자 측정, 점도 측정 및 원심 분리를 실시하여 각 에멀전의 안정성을 확인하였다.

2.2.1. 유화 입자 분석

광학 현미경(Labophot-2, Nikon, Japan)과 이미지 분석기(CP15U, Mitsubishi, Japan) 그리고, 입도 분석기(Master size 2000, Malvern, UK)를 이용하여, Table 1, 2의 조성으로 제조된 O/W 및 W/S 에멀전의 유화입자

를 관찰 및 분석하였다.

2.2.2. 점도 측정

점도계(Brookfield Viscometer RVT, Brookfield, USA)를 이용하여 Table 1의 조성으로 제조된 O/W 에멀전의 점도를 측정하였고, Table 2의 조성으로 제조된 W/S 에멀전의 점도 변화를 4주간 측정하였다.

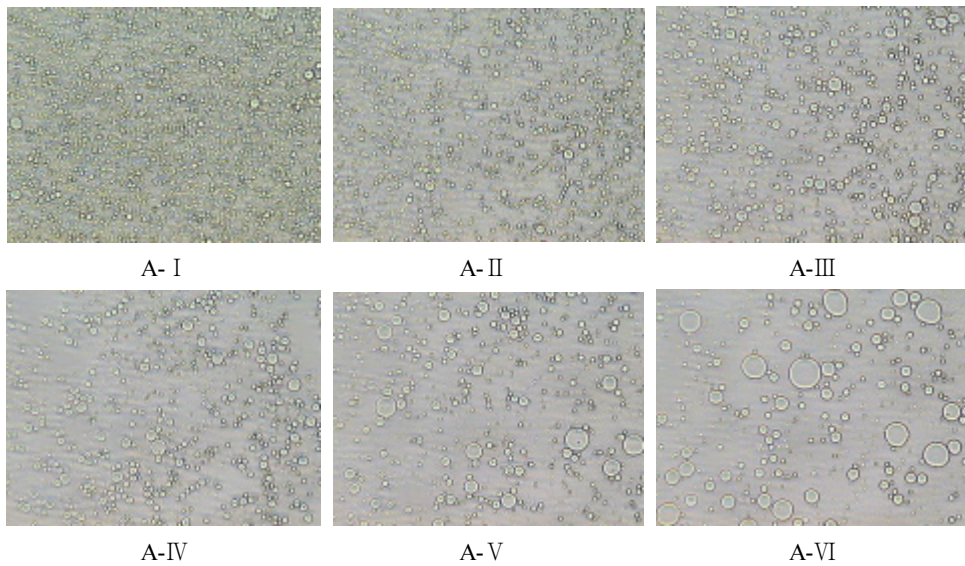


Figure 2. Particle shape and distribution pattern of O/W emulsions with caprylic/capric triglyceride (× 200).

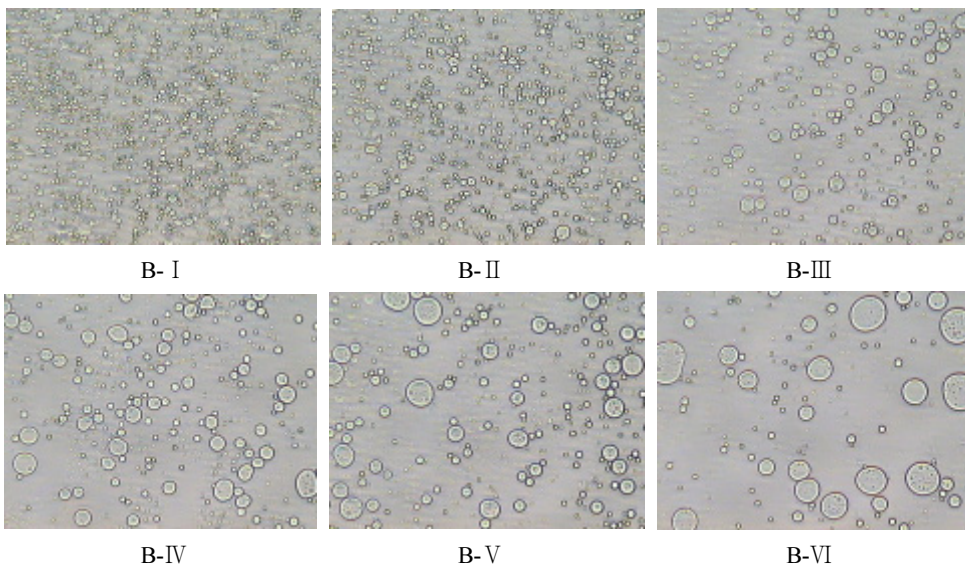


Figure 3. Particle shape and distribution pattern of O/W emulsions with persea gratissima (Avocado) oil (× 200).

2.2.3. 원심 분리 확인

원심 분리기(1580MGR, Gyrozen, Korea)를 이용하여 Tables 1, 2의 조성으로 제조된 O/W 및 W/S 에멀전의 분리 유무를 확인하여 각 에멀전의 안정성을 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 유화제의 HLB와 오일의 required HLB에 따른 에멀전의 유화 입자 비교

Tables 1, 2의 조성으로 제조된 O/W 및 W/S 에멀전의 유화 입자를 광학 현미경과 이미지 분석기를 이용하여 200배율로 관찰하였고, 입도 분석기를 이용하여 유화 입자의 크기를 측정해 보았다. 그 결과 O/W 에

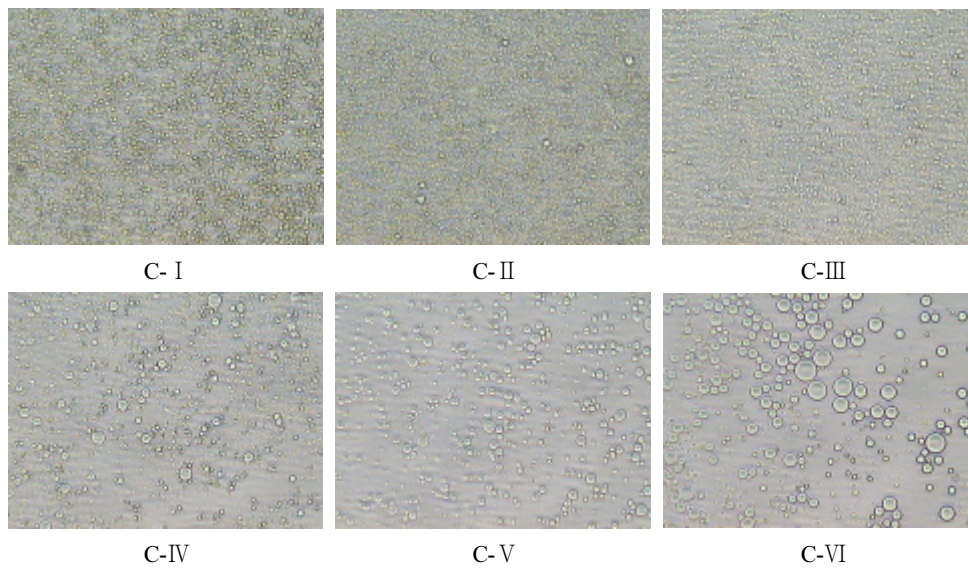


Figure 4. Particle shape and distribution pattern of O/W emulsions with mineral oil ($\times 200$).

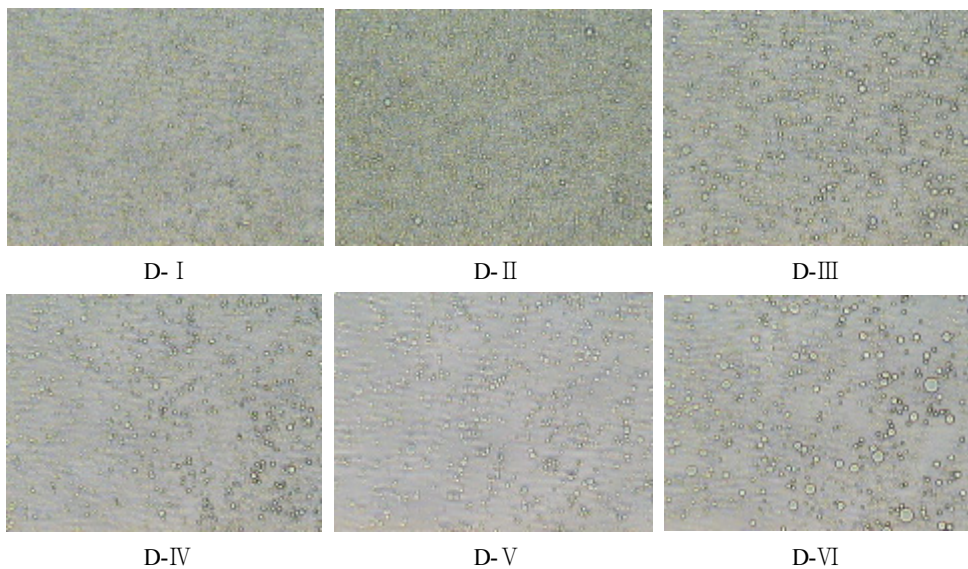


Figure 5. Particle shape and distribution pattern of O/W emulsions with isopropyl myristate ($\times 200$).

멀전에서 요구 HLB 값이 각각 5, 7인 caprylic/capric triglyceride와 persea gratissima (Avocado) oil은 혼합 유화제의 HLB가 15에서 5로 낮아질수록 유화 입자는 작고 조밀한 경향을 나타내었고, 요구 HLB 값이 10.5인 mineral oil은 혼합 유화제의 HLB가 7과 9에서 유화 입자가 비교적 작고 조밀한 경향을 나타내었으며, 요구 HLB 값이 각각 11.5, 13인 isopropyl myristate와 C12-15 alkyl benzoate에서는 혼합 유화제의 HLB가 7

에서 가장 작고 조밀한 유화 입자의 형태를 나타내었다. caprylic/capric triglyceride와 persea gratissima (Avocado) oil은 유화제의 HLB가 친수성을 나타낼수록 요구 HLB 값이 상대적으로 높은 mineral oil, isopropyl myristate, C12-15 alkyl benzoate보다 유화 입자의 형태가 크고 불규칙한 경향을 나타내어 유화제의 HLB와 오일의 required HLB는 에멀전 형성에 있어서 밀접한 상관관계가 있음을 알 수가 있다. 그러나 전체

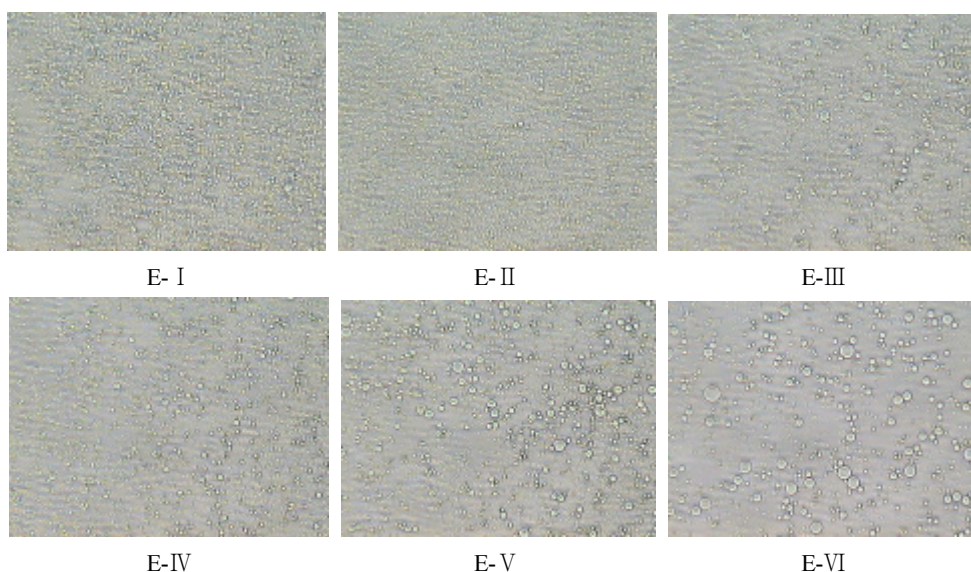


Figure 6. Particle shape and distribution pattern of O/W emulsions with C12-15 alkyl benzoate (× 200).

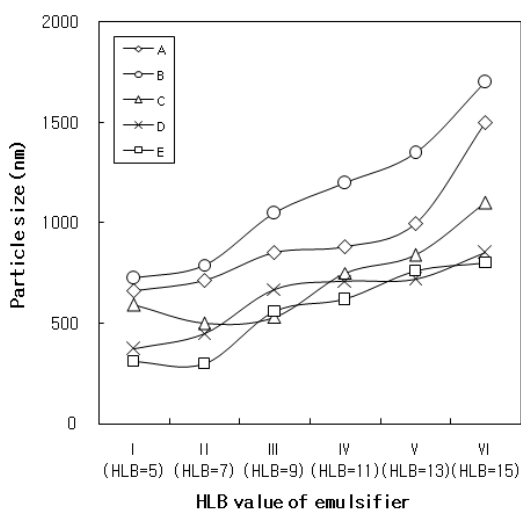


Figure 7. Particle size of O/W emulsions with HLB of emulsifier and required HLB of oil.

적으로 모든 오일은 혼합 유화제의 HLB가 낮아질수록 유화 입자는 작고 조밀한 경향을 나타내었고, 혼합 유화제의 HLB가 높아질수록 크고 불규칙한 유화 입자의 형태를 나타내었는데, 이것은 분산상인 유상이 유화제의 친유성 사슬과 친화력이 있어 유화제의 HLB가 낮을수록 유화 입자의 조밀도가 높아지는 것으로 판단된다(Figures 2-7).

W/S 에멀전에서는 혼합 유화제의 HLB가 cyclopen-

tasiloxane의 요구 HLB 값인 7.8에 근접할수록 작고 조밀한 유화 입자를 나타내었으나 유화제의 HLB가 8인 처방에서는 유상과 수상이 전상되어 W/S 에멀전이 형성되지 않았다. W/S 에멀전은 혼합 유화제의 HLB가 높을수록 비교적 작고 조밀한 유화 입자의 형태를 나타내었고 혼합 유화제의 HLB가 낮을수록 유화 입자는 커지는 경향을 나타내었는데, 이것은 O/W 에멀전과는 반대로 분산상인 수상이 유화제의 친수기와 친화력이 있어 유화제의 HLB가 높을수록 유화 입자의 조밀도가 높아지는 것으로 판단된다(Figure 8). 혼합 유화제의 HLB가 8인 처방에서 W/S 에멀전을 형성하지 못하고 전상이 일어난 것은, 이 부근의 HLB에서 친수성과 친유성의 균형을 이루어 과도기적인 상전이 (transitional phase inversion, TPI)가 일어나 연속상인 유상이 견딜 수 있는 HLB의 한계에 도달하였음을 나타낸다. 또한 상기 실험들에서 O/W 및 W/S 에멀전의 내상 비율(phase volume) 변화에 따라서도 에멀전의 유화 입자에 영향이 있을 것으로 예상되지만, 각 시료마다 동일한 내상 비율이 적용된 상대 비교는 본 실험들의 결과와 유사한 경향성을 나타낼 것으로 판단된다.

3.2. 유화제의 HLB와 오일의 required HLB에 따른 에멀전의 점도 특성

Tables 1, 2의 조성으로 제조된 O/W 및 W/S 에멀전의 점도를 측정하여 각 에멀전들의 점도 특성을 비교

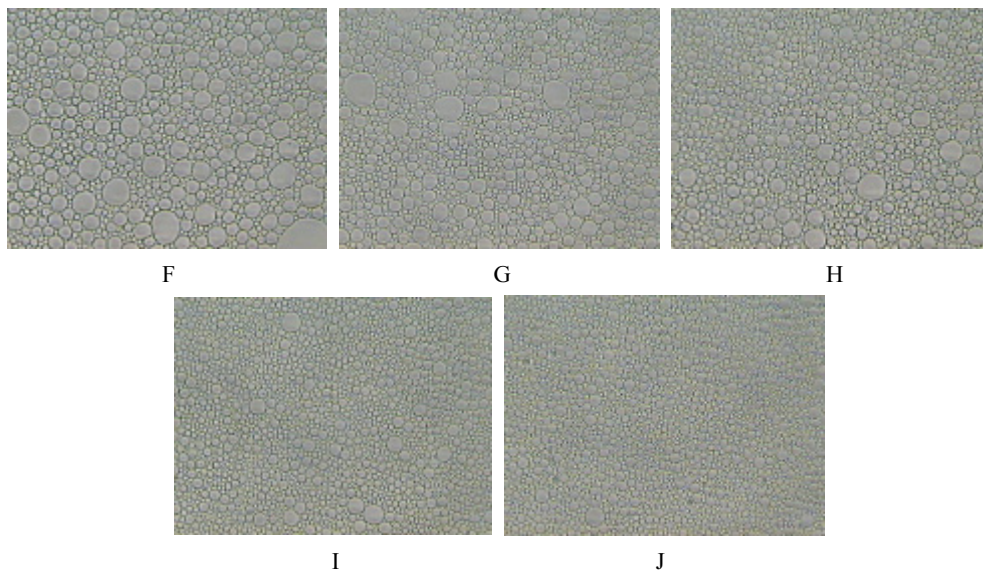


Figure 8. Particle shape and distribution pattern of W/S emulsions with cyclopentasiloxane (× 200).

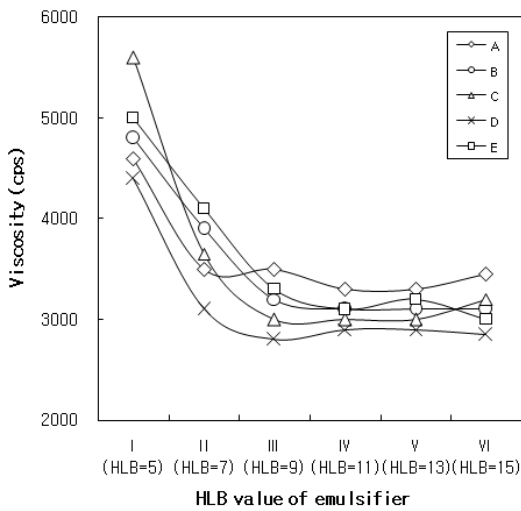


Figure 9. Viscosity of O/W emulsions with HLB of emulsifier and required HLB of oil.

검토해 보았다. 그 결과 O/W 에멀전에서는 모든 오일에서 혼합 유화제의 HLB가 낮아질수록 점도가 높아지는 경향을 나타내었으며, HLB 5 부근에서는 특히 높은 점도를 나타내었다. 또한 이것은 유화 입자들의 조밀도가 높을수록 점도가 높아지는 특성을 보여 주었다(Figure 9). W/S 에멀전에서는 제조 후 4주간에 걸쳐 점도 변화를 측정하였는데, 혼합 유화제의 HLB가 4.1인 F 샘플과 4.5인 G 샘플은 유사한 점도 변화 양

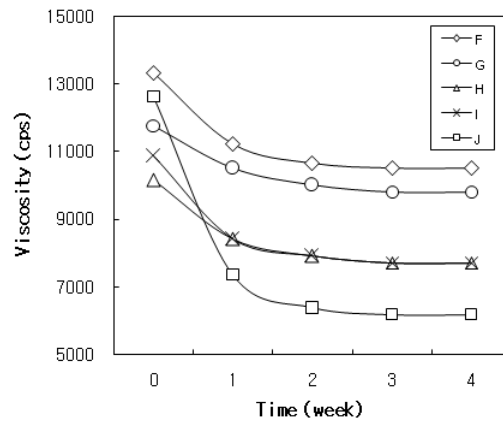


Figure 10. Viscosity of W/S emulsions with HLB of emulsifier and required HLB of oil.

상을 나타내었다. 비교적 작고 조밀한 유화 입자의 형태를 지닌 H 샘플과 I 샘플도 유사한 점도 변화의 양상을 나타내었지만 F와 G 샘플에 비해서는 낮은 점도를 나타내었다. 유화 입자가 가장 작고 조밀하게 분포된 J 샘플은 초기 점도는 높은 편이었으나 일주일이 지난 후부터는 점도가 급격히 낮아져 장기 보관 안정도에서의 불안정한 특성을 나타내었다(Figure 10).

Table 3. Centrifugation of O/W Emulsions with HLB of Emulsifier and Required HLB of Oil (10,000 rpm, 10 min)

	I	II	III	IV	V	VI
A	Stable	Stable	Stable	Unstable	Unstable	Unstable
B	Stable	Unstable	Unstable	Unstable	Unstable	Unstable
C	Stable	Stable	Stable	Unstable	Unstable	Unstable
D	Stable	Stable	Stable	Stable	Unstable	Unstable
E	Stable	Stable	Stable	Stable	Stable	Stable

* HLB : I = 5, II = 7, III = 9, IV = 11, V = 13, VI = 15
 * Required HLB(± 1) : A = 5, B = 7, C = 10.5, D = 11.5, E = 13

Table 4. Centrifugation of W/S Emulsions with HLB of Emulsifier and Required HLB of Oil

	F	G	H	I	J
4,000 rpm, 5 min.	Unstable	Unstable	Unstable	Stable	Stable
8,000 rpm, 5 min.	Unstable	Unstable	Unstable	Unstable	Unstable

* HLB : F = 4.1, G = 4.5, H = 5, I = 6, J = 7
 * Required HLB(± 1) : Cyclopentasiloxane = 7.8

3.3. 유화제의 HLB와 오일의 required HLB에 따른 에멀전의 원심 분리 확인

원심 분리를 이용하여 Tables 1, 2의 조성으로 제조된 O/W 및 W/S 에멀전의 원심 분리를 실시하여 각 에멀전들의 상 분리 유무를 관찰해 보았다. 그 결과 O/W 에멀전에서는 혼합 유화제의 HLB가 낮은 샘플들에서 전체적으로 상 분리가 일어나지 않아 안정한 경향을 나타내었고, 요구 HLB 값이 13인 C12-15 alkyl benzoate는 모든 조건에서 안정하였다. 식물성 오일인 persea gratissima (Avocado) oil은 에스테르 계열의 오일들과는 달리 유화제의 HLB가 7, 9인 샘플에서도 상 분리가 발생하여 불안정한 오일 특성을 나타내었다 (Table 3). W/S 에멀전은 혼합 유화제의 HLB가 6과 7인 유화 입자가 비교적 작고 조밀한 샘플들이 4000 rpm, 5 min 조건에서 상 분리가 발생하지 않았으나, 8000 rpm, 5 min 조건에서는 모든 샘플들에서 상 분리가 발생하였다. 오일이 분리된 층 높이의 정도는 $J < I < H < F = G$ 순으로 높은 경향을 나타내었다(Table 4).

4. 결 론

1. O/W 에멀전의 유화 입자 비교에서 required HLB가 낮은 오일보다는 높은 오일이 보다 작고 조밀한 유화 입자의 형태를 나타내었으며, 모든 오일은 혼합 유화제의 HLB가 낮을수록 유화 입자는 작고 조밀해지는 경향을 나타내었다. W/S 에멀전은 혼합 유화제의 HLB가 높을수록 비교적 작고 조밀한 유화 입자의 형태를 나타내었다.

2. O/W 에멀전은 모든 오일에서 혼합 유화제의 HLB가 낮아질수록 점도가 높아지는 경향을 나타내었고, W/S 에멀전은 시간이 지날수록 모든 혼합 유화제의 HLB 조건에서 점도가 낮아지는 경향을 나타내어 불안정한 유동 특성을 나타내었다.

3. 원심 분리 실험에서 식물성 오일을 제외한 모든 오일의 조건에서 O/W 에멀전은 혼합 유화제의 HLB가 낮을수록 안정한 경향을 나타내었다. W/S 에멀전은 전체적으로 모든 조건에서 불안정한 경향을 나타내었지만, 혼합 유화제의 HLB가 6과 7인 조건에서는 상대적으로 안정한 특성을 나타내었다.

Reference

1. J. D. Kim, Theory of interface phenomena, ed. H. J. Lee, 454, Arche Publishing House, Seoul, Korea (2000).
2. B. W. Brooks and H. N. Richmond, Dynamics of liquid-liquid phase inversion using nonionic surfactants, *Colloids and Surfaces*, **58**, 131 (1991).
3. H. J. Yang, J. H. Kim, W. G. Cho, and S. N. Park, The stability of emulsion formed by phase inversion with variation of HLB of surfactant, *J. Kor. Oil Chemists' Soc.*, **26**(2), 117 (2009).
4. I. Matsaridou, P. Barmapalexis, A. Salis, and I. Nikolakakis, The influence of surfactant HLB and oil/surfactant ratio on the formation and properties of self-emulsifying pellets and microemulsion reconstitution, *AAPS Pharm. Sci. Tech.*, **13**(4), 1319 (2012).
5. H. S. Lee and J. S. Kim, The flow properties and stability of O/W emulsion composed of various mixed nonionic surfactants, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **4**(1), 196 (1993).
6. Y. H. Kim, The effects of HLB value of the surfactants added in the silicon oil emulsion antifoamer on the antifoaming ability, *J. Korean Oil Chemists' Soc.*, **27**(3), 223 (2010).
7. W. C. Griffin, Classification of surface active agents by HLB, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, **1**, 311 (1949).
8. Y. S. Kang, K. Y. Gyeong, M. J. Rang, D. H. Bae, Y. G. Lee, W. G. Cho, S. G. Choi, and S. G. Han, The science of cosmetic, household and health care product, ed. Y. H. Lee, 1, 63, Shin Kwang Pub., Seoul, Korea (2008).
9. W. D. Bancroft, The theory of emulsification, *J. Phy. Chem.*, **17**, 501 (1913).
10. T. Tadros, P. Izquierdo, J. Esquena, and C. Solans, New formation and stability of nanoemulsions, *Adv. Colloid Interface Sci.*, **108**, 303 (2004).
11. T. J. Lin, Surfactant location and required HLB, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, **21**, 365 (1970).
12. R. C. Pasquali, C. Bregni, and M. P. Taurozzi, New values of the required hydrophilic lipophilic balance for oil in water emulsions of solid fatty acids and alcohols obtained from solubility parameter and dielectric constant values, *J. Disper. Sci. Technol.*, **30**(3), 328 (2009).