

Beeswax와 실리콘계 계면활성제를 사용한 W/O 유화계에서 액정의 형성 및 안정도에 관한 연구

최문재* · 이영무** · 진병석†

*(주)네비온

**한양대학교 공과대학 화학공학부

†동덕여자대학교 자연과학대학 응용화학과

(2004년 7월 22일 접수 ; 2004년 11월 17일 채택)

Studies on the Formation of Liquid Crystal and the Stability in W/O Emulsion Systems using Beeswax and Silicone Surfactant

Moon-Jae Choi* · Young-Moo Lee** · Byung-Suk Jin†

*Nabion Corporation, Sunnam 462-120, Korea

**School of Chemical Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

Department of Applied Chemistry, Dongduk Women's University, Seoul
136-714, Korea

†e-mail : bsjin@dongduk.ac.kr

(Received July 22, 2004 ; Accepted November 17, 2004)

Abstract : Liquid crystal (LC) system was introduced into W/O emulsion in order to enhance the stability and moisturizing effect. The LC system, composed of beeswax, surfactant, and water was formed on the surface of emulsion droplet, which was investigated through a polarized microscope. The phenomenon that the viscosity in W/O emulsion system is decreased with time, was reduced by the formation of LC with the addition of beeswax. Centrifugal separation test showed that the stability of emulsion system was increased with the addition of beeswax to 3%. The color change of vitamin C was delayed in LC emulsion systems, which indicates stabilization effect against the oxidation of vitamin C. Evaporation rate in W/O emulsion was retarded by LC, so that high moisturizing effect is expected in W/O LC system.

Keywords : liquid crystal, W/O emulsion, beeswax, stability.

1. 서 론

유화 계에서 생성된 액정은 계의 안정도를 강화시키며 보습효과를 증가시킨다고 알려져 있어

이에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다. 액정에 의한 계의 안정도 증가에 대하여 Friberg 등[1]은 액정 다중 층이 분산된 오일 입자(droplet)와 물의 경계면 주위에 형성되어 유화된 입자 간

합일(coalescence)될 가능성을 줄여준다고 설명하였는데 이는 O/W 유화에서 액정이 오일 분산상 간 반 데르 왈스(Van der Waals) 인력을 감소시키고 액정상의 높은 점성이 합일 초기에 발생하는 계면활성제 필름 층의 얇아지는 현상을 지연시키기 때문이다. 또한 Shinoda 등[2]은 액정상에 전하를 띤 분자가 존재할 경우, 전기 이중층의 영향으로 안정도는 더욱 증가한다고 보고하였고, Rydhag 등[3]은 액정이 형성될 때 나타나는 다중 층이 광범위하게 물에 팽윤(swelling)되면서 안정도가 강화되고 물의 팽윤은 해리된 이온그룹에 의해 조정되며 이온성 계면활성제의 첨가에 의해 강화된다고 보고하였다. Lecocu 등[4]은 glucolipid를 이용한 실험을 통하여 glucolipid는 오일 입자 주위에 견고한(rigid) 네트워킹인 이중층, 즉 액정을 형성하며 이것은 5배 정도의 보습효과 증가를 나타낸다고 발표하였다. 이와 같이 계의 안정도와 보습효과를 증가시키는 다중 층의 액정은 대개 O/W 유화에서 나타나며 주로 계면활성제, 물, 지방산 알코올로 구성된 계에서 형성된다[5-6]. 이와 같은 계에서 형성되는 액정은 주로 유화입자의 계면에서 생성되는데 그 메커니즘을 살펴보면 다음과 같다. 오일 상에 녹아있는 지방산 알코올은 유화 후 냉각될 때 용해도가 감소하여 유화입자의 경계면으로 이동된다. 그와 동시에 수상에 존재하는 계면활성제와 만나 입자의 계면에서 액정을 생성한다.

한편 Suzuki 등[7]은 α -monoisostearyl glyceryl ether를 이용하면 역 육각기등 구조의 안정한 유방성(lyotropic) 액정을 W/O 유화에서 형성할 수 있다고 보고하였다. W/O 유화의 특징을 간략히 살펴보면, 계면에서 작용하는 힘은 O/W 유화에서 작용하는 수화력, 반 데르 왈스 힘, 그리고 폴리에틸렌 글리콜(PEG) 사슬의 배향 등과 같은 강한 상호작용에 의하지 않고, 오직 반 데르 왈스 힘으로만 구성되어 있기 때문에 강하고 안정적인 힘을 얻기가 쉽지 않다. 또한 연속상에 전기 이중층이 없으며 안정도의 중요 인자인 정전기적 반발력이 없어 일반적으로 W/O 유화의 제조는 쉽지 않다[8]. 이러한 제약 때문에 W/O 유화를 제조하기 위해서는 오일상의 비중을 높이고 다량의 계면활성제를 사용해야 한다. 또한 제조비용이 높고 사용감 측면에서 두껍고 번들거리고 걸쭉한(thick, greasy and draggy) 느낌을 피할 수가 없다. 이

러한 단점에도 불구하고 W/O 유화를 지속적으로 연구하는 이유는 보습효과 때문인데, W/O 유화는 O/W 유화에 비해 피부에 즉각적인 보습효과를 줄 뿐만 아니라 피부의 천연보습과정을 강화시켜주며 수분이 증발하는 것을 막고 장기간 지속시키는 효과가 탁월하다[9]. 이러한 W/O 유화의 특징을 갖는 유화 계에서 액정이 생성된다면 더욱 높은 보습효과의 상승 외에도 안정도의 증가를 기대할 수 있다. 따라서 본 연구는 이러한 관점에 기초를 두고 W/O 유화에서 액정의 생성과 생성된 액정의 안정도, 보습효과 등을 살펴보았다. W/O 유화의 사용감을 개선하기 위하여 번들거림이 덜하고 퍼짐성이 우수하고 독특한 계면성질을 지닌 실리콘을 사용하였으며 이와 상용성이 있는 실리콘 계통의 계면활성제를 액정형성에 필요한 beeswax와 함께 사용하였다[10-14].

2. 실험

2.1. 시약

W/O 유화를 제조하는데 사용한 계면활성제는 cetyl dimethicone copolyol (ABIL EM 90, TH Goldsmith, 이하 CDC로 표기)이며 실리콘은 cyclomethicone (DC #345, Dow Corning)을 사용하였다. 그리고 beeswax (Lot No. 018, 정남유화, Korea), 비타민 C인 L-ascorbic acid (Takeda Chem. Ind. Ltd., Japan, 이하 Vit.C로 표기), 비타민 유도체인 magnesium L-ascorbic acid-2-phosphate (Phosman-C, Showa Denko, Japan, 이하 Vit. C-PMg로 표기) 등을 각각 오일상과 수상에 사용하였다. Glycerine (태평양, Korea)과 NaCl (Shinyo Pure Chem., Japan)은 각각 정제된 물에 녹여 사용하였다. 모든 원료는 INCI (International Nomenclature of Cosmetics and Toiletries) name을 따랐으며, 화장품용으로 흔히 사용되는 등급의 순도로 더 이상의 정제는 하지 않았다.

2.2. W/O 유화

W/O 유화는 beeswax의 양을 조절하면서 Table 1에 나타난 조성에 따라 제조하였다. 글리세린과 염화나트륨을 물에 넣은 후 70°C로 가열하였다. Beeswax, CDC, 실리콘으로 구성된 오일 상을 같은 온도로 가열한 후 여기에 글리

세린과 염화나트륨의 수상을 서서히 첨가하면서 2000 rpm이하에서 유화시켰다. 유화의 마지막 단계에서 6000 rpm 정도로 1분간 호모 믹싱 (T.K. homo mixer, Mark II, Tokushu Kika, Japan)을 하여 점도를 조정 한 후 유화물을 급냉시키고 25℃에서 1일 간 방치한 후 아래의 실험을 실시하였다.

2.3. 유화입자 및 액정의 확인

유화입자는 광학현미경(Optiphot-2, Nikon, Japan)을 이용하여 확인하였으며 액정의 형성과 희석시킨 W/O 유화입자의 액정은 편광현미경을 이용하여 확인하였다.

2.4. 유화의 안정성 확인

액정의 형성에 따른 유화의 점도 특성, 안정도, 유화물의 증발속도 등을 조사하였다. 온도 및 시간에 따른 점도의 변화는 viscometer (model DV-II⁺, Brookfield)를 이용하여 측정하였다. 유화의 안정도를 조사하기 위해 먼저 각각의 샘플을 45, 30, 5℃에서 2달 이상 저장하면서 상 분리 정도를 관찰하였다. 두 번째 방법으로는 고속원심분리기(Himac centrifuge, Hitachi)를 사용하여 원심분리(12000rpm, 30분, 30℃)에 의한 상 분리 정도를 관찰하였다. 동일한 무게의 유화시료를 원심분리한 후 석출되어 나온 오일의 양을 측정하여 다음 식에 의해 안정도를 평가하였다[15-17].

$$\begin{aligned} \text{분리된 오일비율 (wt\%)} &= W_s/W_o \times 100 \\ \text{상대적인 안정도} &= 1 - (W_s/W_o) \end{aligned}$$

여기서 W_s 는 원심 분리 후 석출된 오일의 무게이고 W_o 는 원심분리 하기 전 유화물 전체의 무게이다.

일정 파장 간격 당 반사광의 세기를 검출하는 multiple sensor가 부착된 분광기 (spectrophotometer CM-2002, Minolta, Japan)를 이용하여 시간에 따른 비타민 C의 변색정도를 측정하여 W/O 유화에서의 비타민 C의 산화안정도를 조사하였다. W/O로 유화된 계에서의 증발량의 변화를 비교하기 위하여 $1 \times 3 \times 0.5$ cm 크기의 직육면체 셀에 들어 있는 시료를 30℃, 50% 상대습도에 방치한 후 시간이 경과함에 따라 감소되는 무게를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. W/O 유화에서의 액정 형성 확인

Fig. 1의 (a)-(e)는 beeswax 자체, beeswax/CDC(1/1.2), beeswax/실리콘(1/18), 그리고 beeswax/CDC/실리콘(1/1.2/18)에 대한 편광현미경 사진이다. Beeswax 자체만의 결정(a)에 비하여 약간의 계면활성 능력이 있는 beeswax가 계면활성제인 CDC에 함께 용해되었다가 다시 냉각되면서 더욱 미세한 구조의 결정(b)이 형성되었다. (c)는 beeswax가 실리콘에 용해된 후 냉각되면서 형성된 모습으로 실리콘 오일 상에 분산되어 성장한 beeswax의 결정구조를 볼 수 있다. (d)와(e)는 beeswax/CDC/실리콘의 혼합 오일상이 고온(50℃)과 상온에 각각 있을 때의 결정모습을 비교한 것이다. 고온에서는 실리콘에 분산된 beeswax가 CDC의 도움으로 핵(nucleus)과 같은 하나의 입자(droplet) 형태를 유지하다가 온도가 낮아짐에 따라 점차 beeswax의 용해도가 감소되면서 결정이 성장하여 결국 (e)와 같은 형태의 일정한 클러스터의 결정으로 성장하게 된다. 이상의 결과들을 종합해 볼 때 beeswax는 계면활성제와 상호 작용함으로써 결정 형성이 용이해지며 계면활성제와 상용성이 우수한 실리콘은 결정생성에 필요한 유동성을 부여하는 매질의 역할을 하는 것으로 판단되었다.

Fig. 2는 앞서의 beeswax/CDC/실리콘의 혼합 오일상이 W/O 형태로 유화되었을 때 형성된 입자의 편광사진이다. BW0에서는 액정을 확인할 수 없었고 첨가한 beeswax가 증가할수록 분산 입자 표면 주위에 생성된 액정상이 증가함을 확인할 수 있었다. BW5의 경우에는 W/O 유화입자 표면이외의 곳에서도 왁스의 결정이 많이 형성됨을 확인할 수 있었다. 이와 같은 액정의 형성 메커니즘을 설명하기 전에 계면활성제에 대해 먼저 살펴보면, CDC는 친수성과 친유성기가 함께 결합되어 있는 실리콘계 계면활성제로 극히 유연한 주 사슬을 갖고 있다 [11,14]. 그리고 각각의 친수성과 친유성기는 수상과 유상을 향해 배향되어 있는데 이것들은 유연성이 큰 실리콘 주 사슬에 직접 결합되어 있기 때문에 계면 막의 유연성을 증가시키고 결과적으로 안정도를 향상시킨다. 또한 실리콘계 계면활성제의 구조로 볼 때 분자 당 피복면적이 넓어 효율적인 계면을 갖게 되며 계면에서 안정

한 점탄성 피막을 형성한다[14]. 이와 같은 특성을 지닌 계면활성제가 액정을 형성하는 메커니즘을 살펴보면 다음과 같다.

연속상인 실리콘 속에 녹아 있는 beeswax는

온도가 하강하면서 그 용해도가 감소하게 된다. 이에 따라 beeswax는 실리콘과 물의 계면에 있는 계면활성제 쪽으로 이동하며, 계면활성제의 친유기 사슬사이에서 일정하게 배향되면서 액정

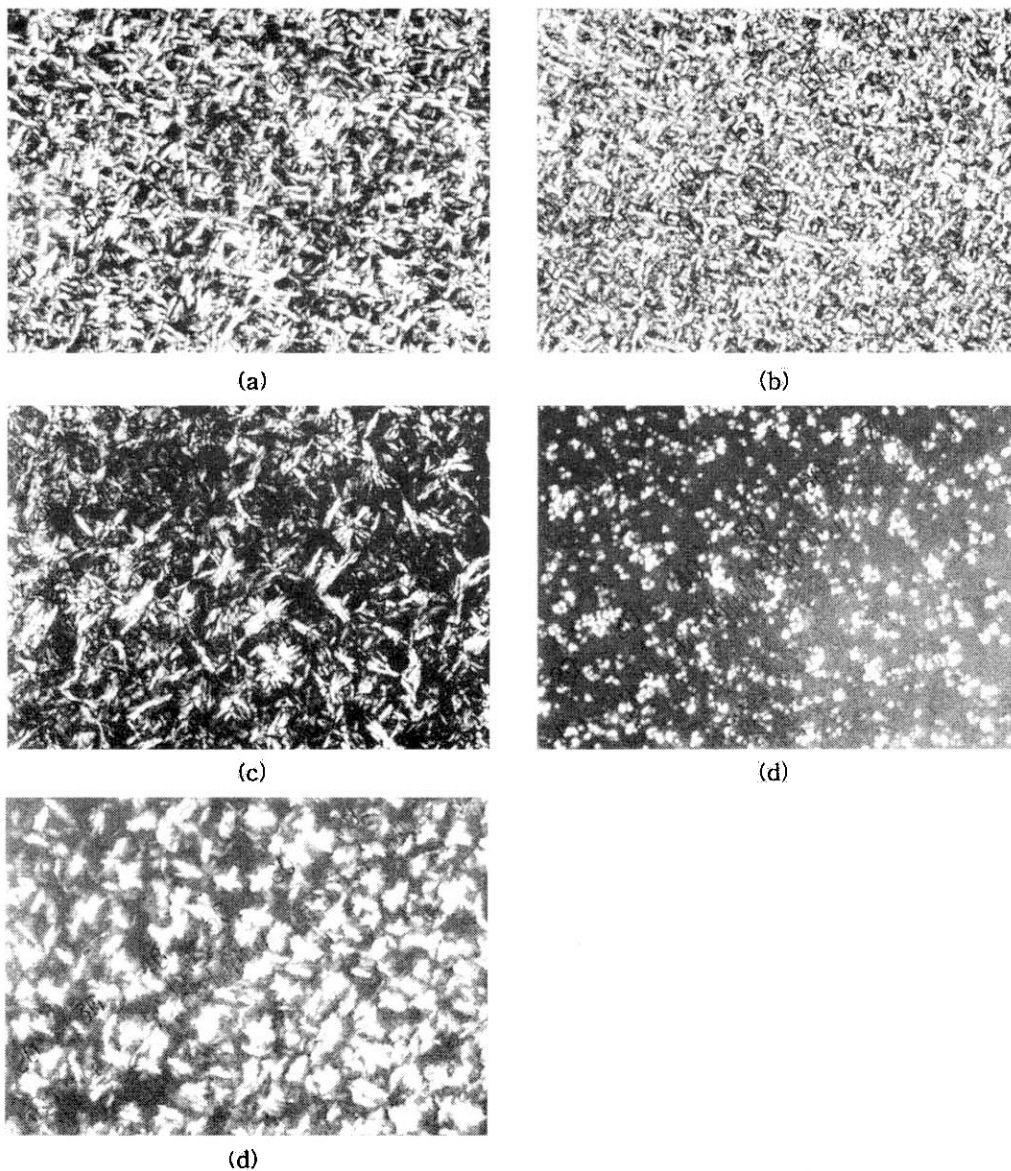


Fig. 1. Polarized optical micrographs ($\times 200$) of ingredients in oil phase.
 (a) beeswax (b) beeswax/CDC (1/1.2) (c) beeswax/silicone (1/18)
 (d) beeswax/CDC/silicone (1/1.2/18) at 50°C
 (e) beeswax/CDC/silicone (1/1.2/18) at R.T.

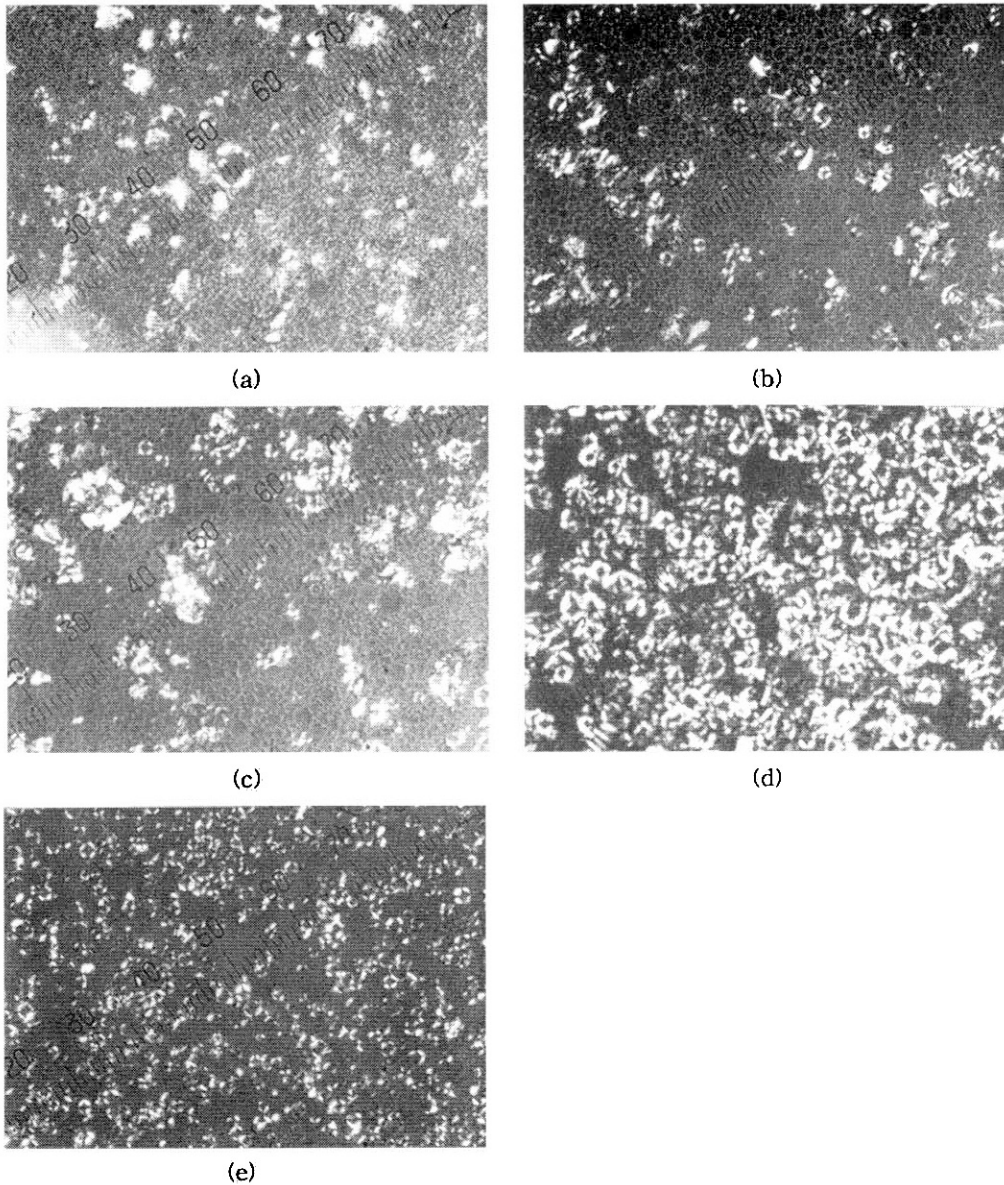


Fig. 2. Polarized optical micrographs ($\times 200$) of emulsion particles in W/O system.

(a) BW1 (b) BW2 (c) BW3 (d) BW5 (e) BWP

을 형성한다. Beeswax는 친유성기의 사슬사이에 배향될 때 실리콘과 상용성이 좋지 않기 때문에 친유성기 쪽으로 치우쳐서 더욱 더 조밀하게 배향된다. 이때 분산상은 그 계면에 형성된 액정에 고착되므로 안정도가 증가하게 된다[11]. 액정의 형성과 안정도와의 관계는 뒤에서 살펴

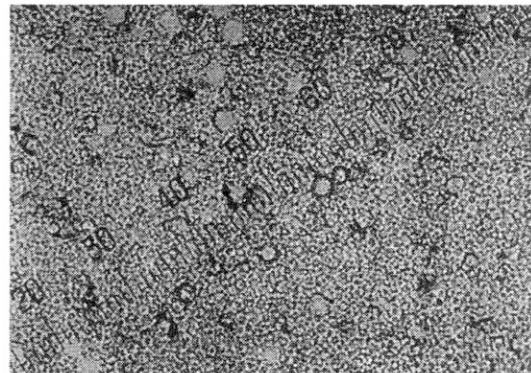
보겠다. 한편 Table 1의 BWP0는 액정을 확인할 수 없었으나 BWP의 경우 Vit.C-PMg 성분의 존재로 BW1에 비해 액정상이 조밀하게 더욱 잘 형성되었음을 확인할 수 있었다. 이는 2가지 측면에서 그 원인을 찾을 수 있다. 첫째는 Vit.C-PMg가 수상에 존재하면서 염의 효과, 즉

Table 1. Experimental Recipe to Prepare W/O Emulsion System (wt%)

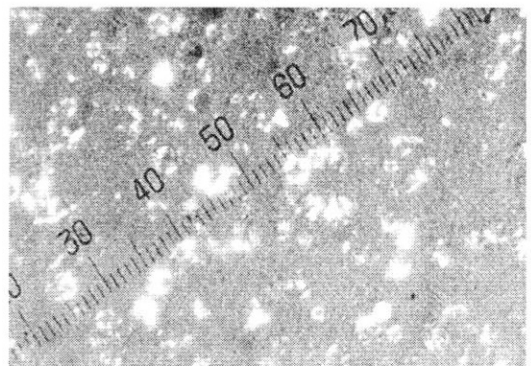
Sample no. Ingredient	BW0	BW1	BW2	BW3	BW5	BWP	BWP0
Glycerine	20						
NaCl	1.0						
Vit. C-PMg	-	-	-	-	-	1.0	1.0
Distilled Water	to 100						
Beeswax	-	1.0	2.0	3.0	5.0	1.0	-
CDC	1.2						
Silicone	18						

수상에서 계면활성제의 용해도를 감소시켜 계면활성제가 계면에 보다 강하게 배향할 수 있도록 하는 염석 효과를 염화나트륨과 함께 발휘한 결과로 생각된다. Zombeck 등[18]은 염의 농도가 높은 계에서는 염석효과와 더불어 확산이 차단되어 계면활성제는 계면에 이중으로 덮인다고 설명하였다. 다른 가능성은 Vit.C-PMg가 계면에 배향된 계면활성제의 친수성기와 상호작용의 결과 액정 형성이 촉진된 것으로 판단된다.

Fig. 3은 광학현미경을 통해서 본 W/O 유화입자(BW1)의 사진이다. 액정이 생성되는 위치는 O/W 유화에서와 마찬가지로 분산입자 표면에 특정한 경계 벽면을 형성하는 곳에서 주로 관찰되었다. 광학현미경에서 확인한 경계 벽이 관찰되는 입자를 편광으로 관측하면 입자 경계 벽에 액정이 형성됨을 확인할 수 있었다. Eccleston[19]은 cetrimide/cetostearyl alcohol에 의해 안정화된 O/W 크림에서 나타나는 반고체성 액체 파라핀을 물에 희석한 후 광학현미경을 이용하여 관찰하였다. 그는 이 구조를 일반 오일 입자보다 큰 입자를 둘러싸고 있는 "ordered onion ring" 구조의 라멜라 상 잔존물로 설명하였다. 유화된 일정량을 취해 실리콘에 10 wt%로 희석한 후 현미경으로 관찰하면 유화입자 표면에 액정이 관찰되는 입자는 움직이지 않고 고정되어 있었으나 나머지 유화입자는 지속적으로 불안정한 운동을 하고 있었다. 이러한 현상은 O/W 유화에서 나타난 secondary droplet과 마찬가지로 벽면에서 다중 층으로 구성된 액정상이 나타내는 특징이며 나머지 유화입자와는 다른 거동을 하고 있었다.



(a)



(b)

Fig. 3. Comparison of W/O emulsion particles between non-polarized and polarized optical microscopes. (a) non-polarized (b) polarized

3.2. 유화의 점도 특성

Fig. 4는 시간에 따른 점도변화를 나타낸 것이다. 60일간의 점도변화를 살펴보면 BW0의 경우 15% 정도의 점도강하가 있으나 나머지는 대략 3% 미만의 점도강하가 있었다. W/O 유화에 있어서 시간이 지남에 따라 점도가 낮아지는 현상의 발생은 부적절한 오일/수상의 비율, 교반시간의 부족, 계면활성제나 점증제의 잘못 사용 등으로 인하여 안정도가 불안해지기 때문이다[9]. 점도강하는 이와 같은 원인들을 개선하여 막을 수 있지만 왁스를 사용해서도 방지할 수 있다. Beeswax를 비롯한 왁스를 사용할 경우 점도 변화가 작운데 이것은 오일 상에 녹아있는 왁스가 냉각되면서 굳어져 계에서 일어날 수 있는 점도강하의 가능성을 줄이기 때문이다. 또한 점도의 강하에 따라 야기될 수 있는 합일도 방지시킨다. Fig. 5는 온도에 따른 점도의 변화를

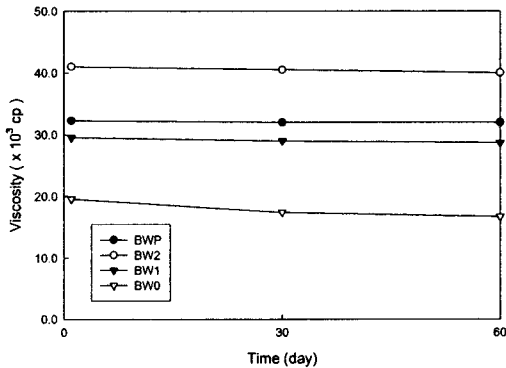


Fig. 4. Viscosity change in W/O emulsion system with time.

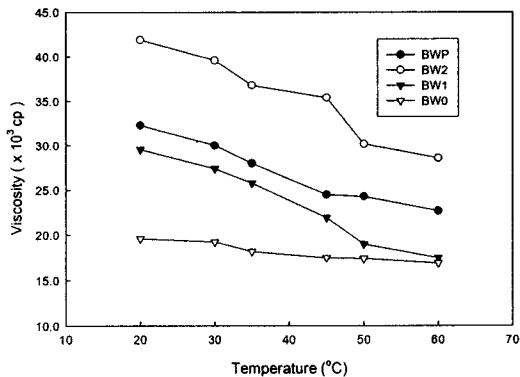


Fig. 5. Viscosity change in W/O emulsion system with temperature.

나타낸 것이다. BW0인 경우 온도에 따른 점도의 변화가 그리 크지 않지만 beeswax 사용량이 증가하면 온도에 따른 점도변화가 크게 나타난다. 따라서 beeswax를 사용하여 시간 경과에 따른 점도의 변화를 방지할 수도 있고 또한 beeswax 사용량에 따라 원하는 점도로 조절할 수도 있다.

3.3. 유화의 안정도 및 증발 속도

원심분리를 통한 유화의 안정도를 평가하는 것은 상대적인 방법으로 장기간 저장에 따른 안정도를 단시간에 평가하기 위한 것이다. R.D. Void 등[16]은 새로이 제조된 유화를 원심분리함으로써 장기간 안정도를 예측하는 것에는 많은 의문의 여지가 있지만 물리적 조건의 차이를 고려하면 많은 경우에 있어서 거의 일치한다고 보고하였다. 원심분리의 경우, 초기의 구형 오일 입자는 응집(flocculation)되고 foam-like 구조의 다변형으로 변형된다. 잔여수상은 원심력의 영향으로 오일입자 사이의 평평한 수상 라멜라로부터 방출되고 이들이 만나는 지점에서 더 큰 통로가 형성된다. 이에 따라 흡수된 계면활성제의 필름에서는 합일이 일어나기 전 붕괴가 시작되고 이후 유리 오일층이 모여진다. 한편 장기간 저장할 때 일어나는 유화의 분리는 원심분리의 경우와는 달리 고려해야 할 많은 변수, 즉 흡착된 계면활성제의 피복면적, 흡수된 필름의 유변 특성, 그리고 연속상의 방출속도 등이 존재한다. 이러한 상황에서 분리는 중력장의 영향을 받은 입자들이 서로 충돌하여 응집되면서 시작된다. 입자들은 점차 가까워져서 수력학적으로 반응하고 모세관력(capillary force)은 입자의 계면을 변질시켜 입자 사이에 오일 라멜라를 형성한다. 이러한 중력장과 모세관력의 영향으로 형성된 오일 라멜라의 일부는 점차 사라지고 오일 필름은 파괴된다. 이후 입자의 크기는 커지며 다변형구조가 형성되어 분리가 진행된다[17]. 장기간 저장의 경우 45, 30, 5°C로 유지되는 항온실에 넣어 둔 각각의 시료들은 2달 이상 변화가 없었으나 BW5는 45°C에서 40일 정도 지나자 표면에서 분리가 관찰되었다. 그리고 원심분리기를 이용하여 오일이 분리되는 정도를 측정하여 그 정도에 따라 상대적인 안정도를 관찰한 결과 beeswax의 양이 증가함에 따라 오일이 분리되는 정도는 점차 감소하면서 유화 안정도의 증가를 가져 왔지만 BW5인 경우는 오히려

분리정도가 다소 증가하였다(Fig. 6). 이러한 현상들로부터 beeswax가 유화 계에 첨가됨으로써 계의 안정도를 증가시키지만 일정량 이상에서는 오히려 유화를 불안정하게 만든다는 것을 알 수 있었다. Y. H. Kim 등[17]은 유화가 분리되지 않고 장기간 안정한 상태를 유지하기 위해서는 높은 필름 탄력성, 계면활성제의 낮은 확산성, 그리고 높은 계면 활성력을 가져야 한다고 보고하였다. 본 실험에 사용한 계면활성제인 CDC는 주사슬에 있는 친수성·친유성기가 각각 수상과 오일상에 고착되어 확산성이 비교적 낮고, 생성된 액정은 다중 층으로 유화입자의 표면 주변에 벽면을 생성함으로써 합일을 막아주어 안정도의 향상에 기여하였다.

Beeswax로 인해 형성된 액정이 수용성 성분인 비타민 C의 산화 안정성에 영향을 끼치는지

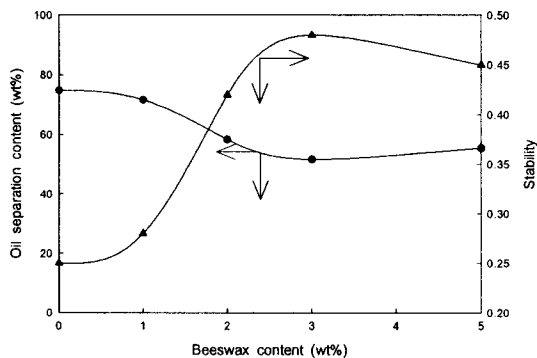


Fig. 6. Change of oil separation ratio (wt%) by centrifuge and emulsion stability with the addition of beeswax.

여부에 대해 조사하여 보았다. Table 2에 나타난 처방에 따라 비타민 C와 beeswax의 양을 조절하면서 비타민 C의 변색정도를 분광기를 이용하여 측정하였다. Fig. 7과 8은 각각 30, 45 °C 에서 시간에 따라 변화된 노란색 파장의 reflectance를 나타낸 것이다. 이것은 W/O 유화에서 수상에 있는 비타민 C가 시간이 지남에 따라서 산화되어 나타내는 색의 정도를 측정한 것으로 이 값이 낮을수록 그만큼 산화가 덜 진행된 것으로 생각할 수 있다. Beeswax가 증가할수록 시간에 따른 색의 변화가 둔화되었으며 reflectance가 낮은 값을 나타내었다. 이와 같은 결과로부터 beeswax를 넣어 액정을 형성시킨 유화 시스템이 비타민 C의 산화에 대한 안정성을 향상시키는데 기여한다는 사실을 알 수 있다.

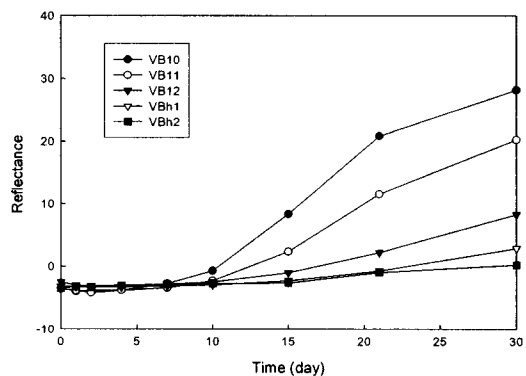


Fig. 7. Reflectance value change in W/O emulsion system by oxidation of vitamin C at 30°C.

Table 2. Experimental recipe to measure the color change of vitamin C(wt%)

Sample No.	VB10	VB11	VB12	VBh1	VBh2
Glycerine	20				
NaCl	1.0				
Vit. C	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
D.I.-Water	to 100				
Beeswax	-	1.0	2.0	1.0	2.0
CDC	1.2				
silicone	18				

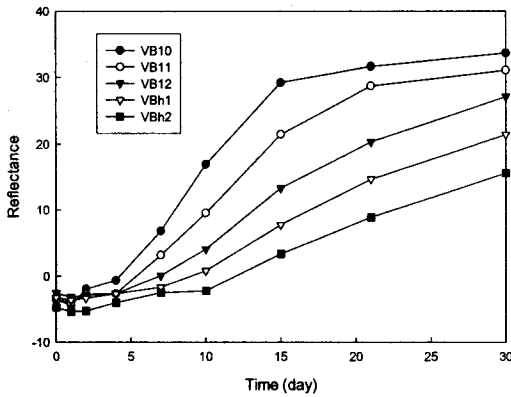


Fig. 8. Reflectance value change in W/O emulsion system by oxidation of vitamin C at 45°C.

Fig. 9는 시간에 따른 W/O 유화계의 증발속도를 나타낸 그림이다. Beeswax가 증가할수록 유화계의 증발속도는 둔화되어 증량변화가 줄어들는데 이는 생성된 액정에 의해 유화계의 점도가 증가하고 또한 액정이 많을수록 더 많은 물을 보유 일반적으로 왁스에 의해 확산이 차단되는 효과와 비슷한 결과를 나타내었다. 이러한 결과를 통하여 유화에서 생성된 액정은 유화계의 증발속도를 지연시켜 피부에 도포 시 보습효과를 향상시킬 것으로 판단된다.

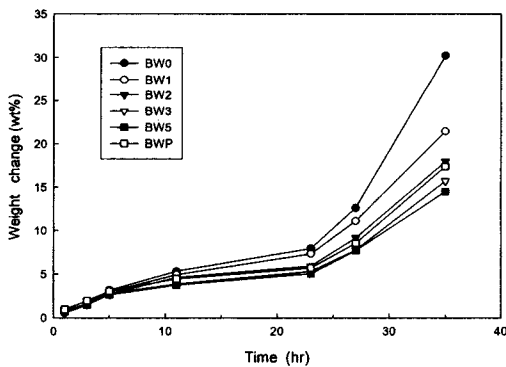


Fig. 9. Weight change (wt%) in W/O emulsion system with time.

4. 결론

O/W 유화에서 주로 생성되는 액정을 W/O

유화시스템에 도입하였다. Beeswax, 계면활성제, 그리고 물로 이루어진 액정시스템을 편광현미경을 통하여 확인한 결과, 유화 입자의 경계벽면에 생성된다는 사실을 확인하였다. 액정형성에 절대적으로 필요한 beeswax를 사용하여 W/O 유화에서 나타나는 시간에 따른 점도 변화를 줄일 수 있었다. 또한 원심분리와 비타민 C의 변색을 통한 안정도 실험에서는 beeswax 사용량 증가에 따라 액정 형성이 많아지면서 유화 안정도는 강화되고 비타민 C 산화에 대한 안정성이 증가함을 확인할 수 있었다. 액정은 W/O 유화 계의 안정성을 향상시키며 더불어 액정이 형성된 W/O 유화계를 피부에 적용할 경우 높은 보습효과를 기대할 수 있다.

참고문헌

1. S. E. Friberg and K. Larsson, "Adv. in Liquid Crystals", vol. 2, p. 13, G. M. Brown, Academic Press, London (1976).
2. K. Shinoda and S. E. Friberg, "Emulsion and Solubilization", p. 159, John Wiley & Sons (1986).
3. L. Rydhag and I. Wilton, The Function of Phospholipids of Soybean Lecithin in Emulsions, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **58**, 830 (1981).
4. N. Lecocu, Michel, and C. Amalric, Glucolipids : Liquid Crystal Promoters, *Cosmetic and Toiletries Manufacturer Worldwide*, 91 (1994).
5. T. Suzuki, H. Tsutsumi, and A. Ishida, Secondary Droplet Emulsion ; Contribution of Liquid Crystal Formation to Physicochemical Properties and Skin Moisturizing Effect of Cosmetic Emulsion, p. 117, 12th IFSCC International Congress, Paris (1982).
6. S. E. Friberg, Micelles, Microemulsions, Liquid Crystals and the Structure of Stratum Corneum Lipids, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, **41**, 155 (1990).
7. Y. Suzuki and H. Tsutsumi, Emulsifying Characteristics of α -monoalkyl glyceryl ether, *油化學*, **36**, 588 (1987).

8. D. R. Clymans and H. M. Brand, Polymeric Emulsifiers : An Alternative to Traditional Emulsifiers based on Stability of Multi-phase Systems, *Cosmetic and Toiletries Manufacturer Worldwide*, 119 (1995).
9. Dow Corning ASIA, Personal Household and Autocare Catalog (1998).
10. C. Todd, Volatile Silicone Fluids for Cosmetic Formulations, *Cosmetics and Toiletries*, **91**(1), 29 (1976).
11. H. Brand, Octopussy, *Cosmetic and Toiletries Manufacturer Worldwide*, 159 (1996).
12. K. A. Kasprzak, Emulsion Techniques Using Silicone Formulation Aids, *DCI*, **5**, 39 (1996).
13. K. Yokooji, Cosmetic Raw Materials Contain Polysiloxane Chains, *Fragrance Journal*, **12**, 21 (1996).
14. H. Kondo, New Formulation Possibilities based on Silicone Polyeters as W/O Emulsifier, *Fragrance Journal*, **12**, 87 (1996).
15. D. Y. Lee, C. N. Jung, K. D. Suh, H. K. Choi, and Y. H. Park, Studies on the Preparation of Silicone Emulsions Using Mixed Surfactants and Its Stability, *J. Korean Ind. & Eng. Chem.*, **6**(6), 1124 (1995).
16. R. D. Void and M. C. Acevedo, Comparison of Ultracentrifugal Stability Parameters with Long Term Shelf Stability of Emulsions, *J. Amer. Oil Chemist's Soc.*, **54**, 84 (1977).
17. Y. H. Kim, A. D. Nikolov, D. T. Wasan, H. D. Arauzo, and C. S. Shetty, Demulsification of Water-in-Crude Oil Emulsions : Effects of Film Tension, Elasticity, Diffusivity and Interfacial Activity of Demulsifier Individual Components and Their Blends, *J. Dis. Sci. & Tec.*, **17**(1), 33 (1996).
18. A. Zombeck and G. Dahms, Novel Formulations based on Nonaqueous Emulsions of Polyols in Silicones, p. 111, 19th IFSCC International Congress, Sydney (1996).
19. G. M. Eccleston, Application of Emulsion Stability Theories to Mobile and Semisolid O/W Emulsions, *Cosmetics & Toiletries*, **101**(3), 73 (1986).