

유기농 식물성 계면활성제의 합성과 베르가못오일에 대한 가용화력에 관한 연구

김인영^{1†} · 노지민¹

¹(주)바이오뷰텍 기업부설 연구소
(2019년 12월 7일 접수: 2019년 12월 20일 수정: 2019년 12월 23일 채택)

A Study on Synthesis of Organic Plant Surfactant and Its Solubilizing Action on Bergamot Oil

In-Young Kim^{1†} · Ji-Min Noh¹

¹Biobeautech Co., Ltd., Research and Development Center
¹710, Mega-dong, SKn-TechnoPark, 124 Sagimakgol-ro, Jungwon-gu, Seongnam-City,
Gyeonggi-do, 13207, Republic of Korea
(Received December 7, 2019; Revised December 20, 2019; Accepted December 23, 2019)

요 약 : 이 연구는 유기농 식물성 계면활성제의 화장품 가용화력에 관한 연구이다. 유기농으로 인증된 원료를 사용하여 고순도의 폴리글리세릴-10올리에이트와 폴리글리세릴-10스테아레이트를 합성하여 우수한 가용화력을 가진 계면활성제를 개발하였다. 이 혼합원료의 이름을 Solubil ORG-1300으로 칭하였다. 이 원료의 외관은 옅은 노란색의 페이스트이었고, 특이한 고유의 냄새를 가지고 있었다. 비중은 1.15, 산가는 0.072 ± 0.1 로 순도가 높았다. 이 계면활성제의 HLB값은 평균값=15.1로 Griffin식을 사용하여 계산하였다. 유기농 가용화제가 향과 오일을 어떻게 가용화되는가를 메커니즘적으로 해석하였다. 가용화 실험은 두 가지 오일에 대하여 성능실험을 통하여 육안으로 판별하고 UV분광광도계로 890nm에서 투과도를 측정하여 투명도를 평가하였다. 이 결과 베르가못오일을 가용화하는데 필요한 계면활성제의 농도는 약 2배정도가 필요한 것으로 나타났다. 또한 토코페릴아세테이트를 가용화하는데 필요한 계면활성제의 농도는 약 8배정도가 필요한 것으로 나타났다. pH변화에 따른 가용화력을 실험한 결과 pH=3.5의 산성영역, pH=7.2의 중성영역, pH=11.5의 알칼리성영역에서도 안정화된 가용화력을 보였다. 화장품의 응용분야로써 보습스킨토너 처방을 성공적으로 개발하였다. 이러한 결과를 바탕으로 스킨케어, 베이비 로션, 민감성 혹은 아토피 피부용 화장품에 폭넓게 응용이 가능할 것으로 기대한다.

주제어 : 식물성 계면활성제, 유기농, 가용화, 저자극성, 화장품

[†]Corresponding author
(E-mail: iykim200@naver.com)

Abstract : The study is on the cosmetic solubilizing power of organic plant surfactants. The blended high purity polyglyceryl-10 oleate and polyglyceryl-10 stearate mixtures were synthesized using organically certified raw materials to develop surfactants having excellent solubilizing power. The mixture is called "Solubil ORG-1300". The appearance of this material is a pale yellowish paste, with a specific odor. The specific gravity was 1.12 and it was high purity that acid value was 0.072 ± 0.1 . The HLB value of this natural surfactant was averaged = 15.1 and calculated through the Griffin equation. Mechanically it is explained how organic surfactant are available with fragrance and oils. The solubilizing test was determined by eye evaluation method through the dissolving performance test for the two oils and measured the transmittance at 890 nm using a UV spectrophotometer to measure the transparency. The results showed that the concentration of surfactant needed to make Bergamot oil available requires approximately more 2 times. It was also found that the concentration of surfactant needed to make the tocoperlyl acetate available was about 8 times higher. Experiments on the solubility resulting from pH changes showed stabilized usable solubilizing power even in acidic areas of pH=3.5, neutral areas of pH=7.2, and alkaline areas of pH=11.5. Experiments on the solubility according to pH variation showed good solubility stabilized in acidic areas of pH=3.5, neutral areas of pH=7.2, and alkaline areas of pH=11.5. As an application of cosmetics, the company successfully developed a prescription for moisturizing activity based on these results, it is expected that a wide range of applications will be available for skin care, baby lotion, sensitivity or atopic skin cosmetics.

Keywords : Natural Surfactant, Organic, Solubilizing Power, Low irritant, Cosmetic

1. 서론

피부의 역할은 외부로부터 침입을 막고, 생명을 유지하는 가장 중요한 역할을 하는 부분 중 하나이다[1]. 현대인들은 건강한 삶, 건강한 아름다움을 표현하면서 살아가고 있다[2]. 피부 노화는 지구온난화, 대기 환경오염, 과로, 스트레스 등의 요인으로 더욱 가속화되고 있고, 건강한 피부를 가지고 있는 사람들도 빠른 속도로 건성화되고 있으며, 노화가 더욱 일어날 경우 아토피 피부, 여드름이나 아토피성 피부로 변화고 있어 피부 저항력이 약화되고 있다[1,3]. 따라서 사람들은 아름답고 건강한 피부를 위해 내적, 외적으로 많은 노력을 하고 있으며 이에 발맞추어 많은 화장품 연구원들은 자극을 최소화하면서 유효성이 우수한 처방개발에 힘쓰고 있다[4].

화장품에 사용되고 있는 계면활성제는 석유계로부터 유래한 합성계면활성제, 비이온성 계면활성제, 식물성 계면활성제가 사용되고 있다[5~7]. 특히 투명한 제형인 스킨토너, 보습에센스, 알로에 수분젤리크림, 시트마스크 등의 처방에서는 우수한 가용화력을 가진 계면활성제를 사용하는데

지금까지 가장 많이 알려진 원료는 피이지-40하이드로제네이티드캐스터오일, 폴리솔베이트-20, 피이지-60하이드로제네이티드 캐스터오일이 대표적인 원료로 사용되고 있다[8,9]. 이러한 계면활성제는 에틸렌옥사이드가 부가되어 강력한 계면활성력을 가지고 있어서, 피부에 사용할 경우 피부에 보호막을 형성하고 있는 지방층을 필요이상으로 과도하게 제거하여 피부에 자극이나 피부 건조증을 가속화할 가능성이 있다고 주장하는 연구들이 나오고 있다[10]. 미국의 환경보호단체에서는 화장품에 사용되고 있는 원료들에 대하여 피부 안전등급을 매겨서 피부의 자극 및 유해성을 공개하여 소비자들이 알 수 있게 하는 제도를 실행하고 있다[11]. 일본의 Kenji Aramaki는 폴리글리세릴 지방산 에스터 (polyglyceryl fatty acid ester)의 계면활성제를 이용하여 투명한 에멀전이 생성되는 것을 밝혔다. 이 계면활성제는 향이나 오일을 가용화하는데 적용할 수 있다고 보고하였다[12]. 또한 독일의 Ljiljana Djekic은 비이온계면활성제를 베이스로하여 마이크로에멀전 (microemulsion)을 형성시킬 경우 보조계면활성제 (co-surfactant)와 오일이 미치는 영향에 대

하여 연구하였다[13].

따라서 본 저자는 식물성 폴리글리세릴-10몰에 식물성 올레익에씨드과 스테아릭에씨드이 혼합된 지방산을 에스터 결합시켜 계면활성제를 합성하였고, 이에 대한 물성평가, 가용화의 원리와 메커니즘에 대하여 연구한 결과를 보고한다. 유기농 소재로 합성된 계면활성제의 HLB 평가, 베르가못오일과 토크페릴아세테이트에 대한 가용화 성능에 대하여 연구하였다. 또한 유기농 식물성 가용화제를 이용한 보습스킨로션, 주름개선 하이드로 겔의 처방을 개발하여 화장품 산업에 유효한 가치와 기술을 제공하는데 목적을 두어 연구한 결과를 보고한다.

2. 재료 및 실험방법

2.1. 실험재료

본 연구에 사용된 시약은 다음과 같다. 계면활성제의 합성을 유기농의 소재로써 폴리글리세릴-10 (Glycerol-10M, 바이오부텍, 한국)을 사용하였고, 유기농으로 인증된 44%의 올레익에씨드와 56%의 스테아릭에씨드가 혼합된 유기농 원료 (Ester-1800, 바이오부텍, 한국)를 구입하여 별도의 처리 없이 그대로 합성하는데 사용하였다. 베르가못오일은 아로마뱅크사의 원료를 사용하였다. 토크페릴아세테이트는 시그마사 원료를 구입하여 그대로 사용하였다. 또한 글리세린 (LG, 한국), 1,3-부틸렌글라이콜 (Oxea사, USA), 정제수(바이오부텍, 한국)를 사용하였다. 그밖에 본 실험에 사용된 모든 원료는 화장품용 등급의 원료를 별도의 처리 없이 그대로 사용하였다.

2.2. 기기 및 장치

본 연구에 사용된 기기는 계면활성제 합성을 위한 장치로써 진공장치, 온도조절장치가 장착된 합성 반응조를 별도로 제작하여 사용하였다. 가용화 실험을 위하여 호모믹서(HY-0001A, 한양기계, 한국), 디스퍼믹서 (한성기계, 한국), 아지테이터(AG1, 우원기계, 한국), 초음파소니케이터(KSU-80, 한국코프로텍, 한국)를 사용하였다. 가용화된 물질의 투명도를 측정하기 위하여 UV분광광도계 (LAMBDA-365, (주)신코, 한국)를 사용하였다.

2.3. 실험방법

2.3.1. HLB 측정실험법

가용화 용도로 개발된 계면활성제는 Griffin식에 의하여 HLB (hydrophilic-lipophilic balance: HLB)값을 측정해야 하는데 이해하기 쉽도록 아래와 같이 나타내었다[14,15]. 우선 (1)식에 나타낸 바와 같이 친수기의 분자량 (molecular weight)을 친수기와 친유기를 모두 더한 총분자량 (total molecular weight)으로 나누어 HLB백분율로 계산한다. HLB값은 (2)식에 나타낸 바와 같이 HLB백분율에 대하여 5로 나누면 HLB값을 계산할 수 있다.

$$\text{HLB 백분율 \%} = \frac{\text{친수기의 분자량}}{(\text{친수기의 분자량} + \text{친유기의 분자량})} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{HLB 값} = \frac{\text{HLB 백분율 \%}}{5} \quad (2)$$

또한, HLB 표준시료를 사용하여 가용화력을 실험하여 얻어진 결과를 가지고, 본 연구에서 합성한 계면활성제를 동일한 방법으로 실험하여 표준시료와 비교하여 가용화력을 가지고 있는가를 가늠할 수가 있다. 본 연구에서는 Griffin식에서 알려진 이론 값으로 계산하였고, 실제 오일과 오일을 선택하여 이에 대한 가용화 실험을 수행하였다.

2.3.2. 계면활성제의 가용화력 실험방법

본 연구에서 합성된 계면활성제의 가용화력을 실험하는 방법으로 다음과 같은 실험을 하였다. 베르가못오일과 토크페릴아세테이트를 각각 0.1wt%를 가용화하기 위하여 필요한 계면활성제의 농도를 증가시켜가며 투명하게 용해되는지를 측정하였다. 이것을 육안으로 판정하였고, UV분광광도계를 사용하여 시료의 투과도 (transmittance)를 측정하여 좀 더 정밀하게 측정하였다.

2.3.3. pH변화에 따른 가용화력 평가방법

본 연구에서 합성된 계면활성제의 가용화 성능을 평가하는 방법 중에서 pH 조건에 따른 효과를 관찰하였다. pH의 조건은 산성영역, 중성영역, 알칼리성의 영역에서 시료가 투명하거나 현탁되는 영향을 보이는가에 대하여 평가하였다. pH 조절은 시트릭에씨드와 소듐시트레이트를 사용하

여 산성과 알칼리성 영역을 조정하여 실험하였다. 가용화제로써 중요한 판단 기준이 될 수 있기 때문이다.

2.4. UV분광광도계를 사용한 투명도 평가방법

본 연구를 통하여 얻어진 시료의 투명도를 측정하는 방법은 육안 판별법과 UV 분광광도계를 사용하여 측정하였다. UV분광광도계를 사용한 투명도의 측정 조건은 가로와 세로가 각각 1cm인 셀에 시료를 넣은 후, 기포를 제거하기 위하여 30초간 소니케이션 시킨 다음 890nm에서 투과도를 측정하여 판정하였다[16].

2.5. 계면활성제의 응용 처방개발

본 연구에서 개발된 계면활성제를 이용하여 보습스킨토너와 보습주름개선하이드로겔 처방을 개발하였다. 베르가못오일과 토코페릴에스테이트를 주성분으로 하여 모든 구성성분이 EWG그린 등급에 포함되는 몇 가지의 응용처방을 개발하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 가용화력을 가진 계면활성제의 분자구조 및 특성

본 연구에서 개발된 폴리글리세릴계의 유기농 가용화제는 코코넛이나 팜열매로부터 얻어진 폴리글리세릴-10몰의 친수성 헤드그룹을 가진 저자극성의 식물성 보습제를 사용하였으며, 여기에 올레익에씨드와 스테아릭에씨드가 혼합된 지방산을 결합하여 합성하였다. 합성방법은 유기농 식물성 계면활성제의 제한된 합성조건을 고려하여 촉매제를 선택하여 개발하였다. 우선 폴리글리세릴

-10몰을 180~230°C로 진공상태에서 가온하여 유기농 식물성 지방산은 스테아릭에씨드와 올레익에씨드가 자연적으로 혼합된 성분을 몰 비율이 1:1이되도록 하여 투입하였다. 여기에 알칼리성 pH 9.8~11 범위가 되도록 맞춘 다음 190~210°C범위에서 4시간동안 반응하여 합성하였다. 반응이 이루어 졌는가를 TLC를 이용하여 확인하였으며, 완전반응을 시키기 위하여 2시간동안 추가로 반응시켜 합성을 완료하였다. 이렇게 하여 합성된 계면활성제 및 분자모식도를 Fig. 1에 나타내었다.

그림의 좌측은 폴리글리세릴-10스테아린산과 폴리글리세릴-10올리에이트의 분자구조를 나타내었으며 이것을 사용하여 형성될 마이셀을 쉽게 설명하기 위하여 그림으로 표현하였다. 스테아릭에씨드는 직쇄구조를 가지고 있으며, 올레익에씨드는 9번탄소에 이중결합으로 이루어져 시스(cis-) 형태의 약간 굽어진 상태로 형성하고 있음을 보여주고 있다. 이 혼합계면활성제를 반복적으로 사용하는 것이 번거로워 이후부터는 Solubil ORG-1300으로 표현하여 내용전개를 좀 더 알기 쉽게 기술하였다. HLB는 최대 20까지만 적용되는 이론이며, Table 1에 나타낸 바와 같이 HLB값에 따라 작용과 기능이 다르고 적용 처방이 다르다. SLS나 SLES 등의 20이상은 HLB에 해당되지 않음을 밝혀둔다. [17~19]

Table 1에서 보면 HLB가 낮은 0~3은 소포제의 기능을 가지고 있으며, 3~7은 W/O 유화기능이 있으며, 7~11은 분산제로써의 기능을 가지고 있다. 또한 HLB가 12~20은 넓은 범위의 표현으로 O/W 유화기능이 있으며, 상세하게 12~15는 세척제, 15~20은 가용화제의 기능을 가지는 것으로 분류하고 있다. 이러한 기능을 알고 있으면

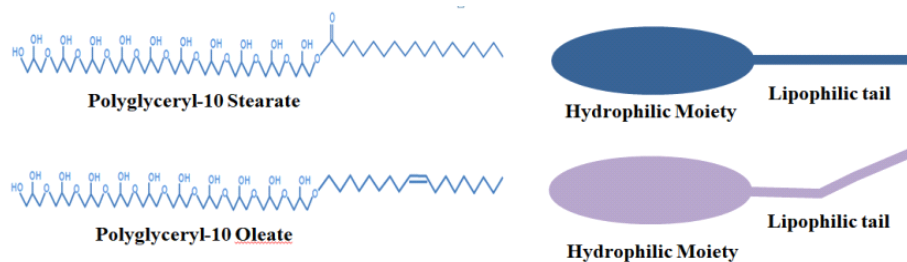


Fig. 1. High purified surfactant mixture both polyglyceryl-10 stearate and polyglyceryl-10 oleate; 56wt% : 44wt%. Right: Schematic diagrams of stearate and oleate types.

콜로이드 계면과학을 이용하는데 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

Table 1. Function and Behavior of Surfactant Depend on the HLB Value (Griffin Equation)

HLB	Behavior in water	Functions	
0	No dispersion	Antifoaming agent	
2			
4	Weak dispersion	W/O emulsifier	
6			
8	Milk phase dispersion	Humectant	
10	Stabilized dispersion	Dispersant	
12	Transparent dispersion	Detergent	O/W emulsifier
14			
16	Transparent colloid solution	Solubilizer	
18			
20			

3.2. 유기농 계면활성제의 합성제조

유기농 가용화력을 가진 계면활성제를 합성하기 위하여 폴리글리세릴-10을 미반응물이 없이 고순도로 재합성하여 폴리글리세릴-10을 먼저 추가로 충분히 반응시킨 다음 여기에 유기농 인증을 받은 지방산을 넣어 에스터 반응시켜 합성하였다. 여기에 사용된 반응 촉매제는 유기농화장품임을 고려하여 특별한 성분이 아닌 단순한 알칼리성 영역에서 반응시켰으며, 중간에 TLC로 반응이 되었는가를 측정하였다. 이 때 지방산의 잔분이 남지 않도록 충분히 반응시키는 것이 중요하다. 최종적으로 pH를 조절하여 합성을 완성하였다. 이렇게 하여 얻어진 시료의 외관은 미황색의 페이스트이였으며, 약간의 고유 냄새를 가지고 있었다. 비중은 1.15이었고, 산가는 0.072±0.1로 아주 낮은 값을 보이는 것으로 보아 완전 반응이 일어났다는 것을 알 수 있었다. 간단한 확인 방법으로 베르가못오일 0.1g을 위하여 합성한 계면활성제 0.5g을 혼합한 후, 여기에 정제수를 넣어 혼합하였을 때 투명한 상태가 되면 합성이 완료된 것으로 판단하였다.

3.3. Hydrophilic Lipophilic Balance (HLB) 값 측정

본 연구에서 합성된 계면활성제인 Solubil ORG-1300은 두 종류의 계면활성제가 혼합물로 존재한다. 이것은 폴리글리세릴-10스테아레이트가 56%, 폴리글리세릴-10올리에이트가 44% 함유되어 있었다. 친수기/친유기의 균형 (Hydrophilic Lipophilic Balance; HLB)값을 계산하기 위하여, 이미 알려진 Griffin식을 기초로 하여 계산한 결과를 아래와 같이 알기 쉽게 나타내었다.

$$\frac{895}{(895 + 283.62)} \times 100 (\%) = 75.94\%$$

$$\frac{75.94\%}{5} = 15.12$$

우선 친수성기를 가진 폴리글리세릴-10의 분자량은 약 895 g/mol이다. 또한 스테아릭에씨의 분자량은 284.5g/mol이다. 올레익에씨의 분자량은 282.5g/mol이다. 두 성분의 혼합비율에 대하여 평균으로 계산하면 약 283.62g/mol이 된다. Solubil ORG-1300의 총분자량은 1187.62g/mol이다. 이 값을 가지고 Griffin식에 대입하여 계산하면, HLB 값은 약 15.12가된다. 따라서 Solubil ORG-1300의 HLB값은 약 15.1이 됨을 알 수 있었다. 통상 계면활성제의 HLB값이 14~18의 범위에 있을 때 충분한 가용화력을 가질 수 있다는 보고가 있다. 따라서 이 계면활성제는 충분한 가용화력이 있다고 해도 된다. 본 저자는 이 계면활성제가 단순한 계면활성력 보다는 -OH기가 많기 때문에 기본적으로 피부 보습력이 우수하며, 식물성 지방산이 결합되어 유연효과도 있을 것으로 기대하며, 피부에 안전하다는 것에 특징점이 있을 것으로 고찰하고 있다.

3.4. Solubil ORG-1300의 가용화메커니즘

Solubil ORG-1300을 물에 용해하였을 때 가용화적 마이셀 (micelle)이 생성되며 이것을 알기 쉽도록 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 좌측은 마이셀이 생성된 구조도이며, 이 내부에 베르가못오일 혹은 토코페릴아세테이트가 포집되어 투명한 에멀전이 생성되는 것을 의미한다. Fig. 2 우측은 Solubil ORG-1300에 함유된 두 종류의 계면활성제로부터 형성된 마이셀의 패키징에 관한 분자구조적 형성을 모식도로 표현하였다. 이것을 마이셀

안에 베르가못오일 혹은 토코페릴아세테이트가 함유하여 수소결합이 이루어져 봉입되어 우수한 가용화력을 높일 수 있다는 것을 제시하였다. 불용성의 오일류들이 계면활성제와 혼합하였을 때 그림과 같은 구조에 의하여 마이셀 내부로 포집되어 안정하게 생성되기 때문이라고 저자는 형성되는 자기조직체를 메커니즘적으로 설득력 있게 제시하였다. 좌측의 그림은 계면활성제를 친수그룹과 친유그룹으로 나누어 임계미셀농도 (critical micelle concentration; cmc) 이상에서 마이셀로 자기조직체가 형성되며, 이때 목표성분의 유용성의 오일과 토코페릴아세테이트가 결합 패킹되어 안정한 마이셀이 형성됨으로 가용화를 할 수 있다는 것을 그림으로 설명해 주고 있다. 또한 우측은 실제 두 개의 계면활성제의 분자구조를 그려서 용해하고자 하는 것을 봉입한다는 것을 구조적으로 설득력 있게 메커니즘적으로 나타내 주고 있다.

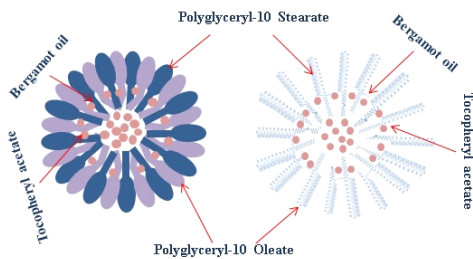


Fig. 2. Solubilizing mechanism of Bergamot oil and tocopheryl acetate using Solubil ORG-1300 organic surfactant by packing lipophilic area into surfactant.

3.5. 베르가못오일의 가용화 실험결과

베르가못오일을 가용화 실험을 통하여 Solubil ORG-1300의 가용화력에 대하여 실험한 결과를 Table 2에 나타내었다. 베르가못오일을 0.1wt%로 고정하고, Solubil ORG-1300의 농도를 변화시켜가며 수용액화 하였을 때 투명하게 되는가를 관찰하여 판단하였다. 이것을 Table 2에 나타내었다. 0.1wt%의 베르가못오일에 대하여 계면활성제가 0.05wt%, 0.1wt%에서는 유백색으로 현탁되는 현상을 보였다. 그러나 0.3wt%, 0.5wt%로 농도가 증가될수록 투명하게 되는 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 이것을 Fig. 3에 사진으로 나타내었다. 사진에서 좀 더 명확하게 확인할 수 있었다.

이것을 Fig. 3에 사진으로 나타내었다. 사진에서 좀 더 명확하게 확인할 수 있었다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 계면활성제가 오일보다 낮은 농도에서는 가용화력이 낮다는 것을 보여주고 있고, 오일과 동일 농도 이상에서는 우수한 가용화력을 가지고 있음을 알 수 있었다. 육안으로도 명확하게 구분할 수가 있었다.

Fig. 4는 0.1wt%의 베르가못오일을 가용화력을 측정하기 위하여 Solubil ORG-1300을 0.01~0.8wt%의 농도를 증가시켜 실험한 결과를 나타내었다. UV분광광도계를 사용하여 890nm에서 투과도를 측정하였는데, 계면활성제의 농도가 0.01~0.05wt%의 영역에서는 유백색 혹은 반투명한 에멀전 상으로 투과도가 43.5~82.8% 정도를 보였다. 이것은 가용화력이 약하다는 의미를 뜻한다. 또한 0.1~0.8wt%의 영역에서는 투명한 상을 얻었고 이에 대한 투과도는 97.7~100.05%

Table 2. Formulation of Solubilizing Power in order to dissolve 0.1% Bergamot oil depend on increasing Solubil ORG-1300 Organic Surfactant

Ingredient Name	Formulas					Remark
	A	B	C	D	E	
Solubil ORG-1300	0.02	0.05	0.1	0.3	0.5	Surfactant
Butylene Glycol	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	Humectant
Bergamot oil	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	Emollient
Water	96.88	96.85	96.8	96.6	96.4	Solvent
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
Result	X	△	○	○	○	

X : White, △ : Semi-transparent, ○ : Transparent ⁽¹⁾ Solubil ORG-1300 : Polyglyceryl-10 Stearate, Polyglyceryl-10 Oleate Mixtures

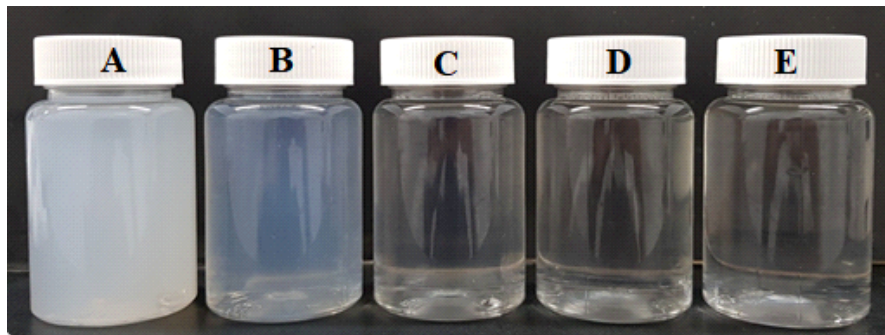


Fig. 3. Picture of Solubilizing power of Bergamot oil using Solubil ORG-1300 organic surfactant by packing lipophilic area into surfactant; Solubil ORG-1300 usage (A: 0.02%, B: 0.05%, C: 0.1%, D: 0.3%, E: 0.5%)

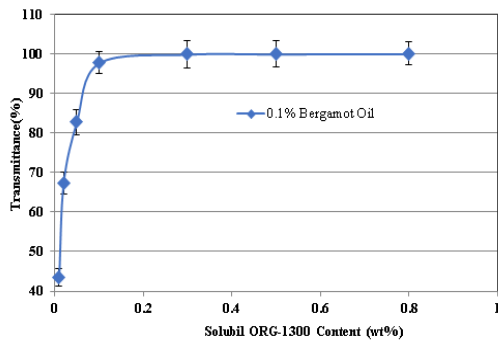


Fig. 4. Transmittance of solubilized 0.1% Bergamot oil depend on Solubil ORG-1300 content; wavelength:890nm.

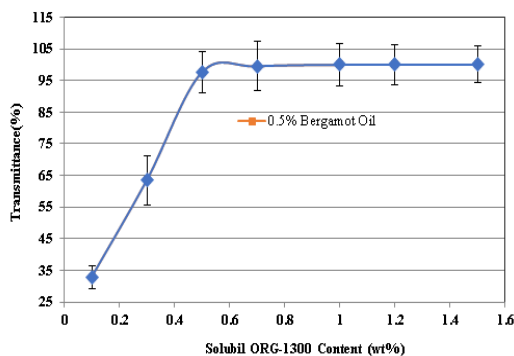


Fig. 5. Transmittance of solubilized 0.5% Bergamot oil depend on Solubil ORG-1300 content; wavelength: 890nm..

로 우수한 가용화력을 보였다. 이것은 0.1wt%의

베르가못을 용해하는데 충분한 양이라고 할 수 있다. 또한 Fig. 5는 함량을 증가시켜 0.5wt%의 베르가못오일을 용해하기 위한 Solubil ORG-1300의 필요한 농도를 측정해 보았는데, 0.1~0.3wt%의 농도에서는 유백색 혹은 반투명한 에멀전 상으로 투과도가 32.9~63.5% 정도를 보였다. 이것은 역시 가용화력이 약하다는 의미이다. 또한 0.5~0.7wt%의 영역에서는 육안으로는 투명한 상이라고 보였으나, 투과도는 97.6~99.5%로 미세하게 충분치 않은 가용화력을 보였다. 1~1.5wt%의 영역에서의 투과도는 99.99~100.05%로 우수한 가용화력을 보였다. 따라서 0.5wt%의 베르가못오일을 가용화하는 데는 이에 두배정도 많은 1wt%이상을 사용해야 하는 것으로 나타났다.

3.6. 토코페릴아세테이트의 가용화 실험결과

토코페릴아세테이트에 대하여 가용화력을 측정 한 결과를 Table 3에 나타내었다. 토코페릴아세테이트를 0.1wt%로 고정하고, Solubil ORG-1300의 농도를 증가시키면서 수용액화 하였을 때 투명하게 가용화되는가를 측정하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 0.1%의 토코페릴아세테이트에 대하여 계면활성제가 0.1wt%에서는 유백색으로 현탁되는 현상을 보였다. 그러나 0.3wt%, 0.5wt%로 농도가 증가될수록 투명하게 되는 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 이것을 Fig. 6에 사진으로 나타내었다. 사진에서 보는 바와 같이 0.1~0.3wt%의 낮은 농도에서는 유화상을 얻었으며, 0.5~1.3wt%의 범위에서는 육안으로 볼 때 투명한 가용화상을 보였다.

Table 3. Formulation of Solubilizing Power in order to dissolve 0.1% Tocopheryl Acetate depend on increasing Solubil ORG-1300 Organic Surfactant

Ingredient Name	Formulas						Remark
	F	G	H	I	J	K	
Solubil ORG-1300	0.1	0.3	0.5	0.8	1	1.3	Surfactant
Butylene Glycol	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	Humectant
Tocopheryl acetate	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Emollient
Water	96.8	96.7	96.4	96.1	95.9	95.6	Solvent
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Appearance	X	△	△	○	○	○	

X : White, △ : Semi-transparent, ○ : Transparent, ⁽¹⁾ Solubil ORG-1300 : Polyglyceryl-10 Stearate, Polyglyceryl-10 Oleate Mixtures

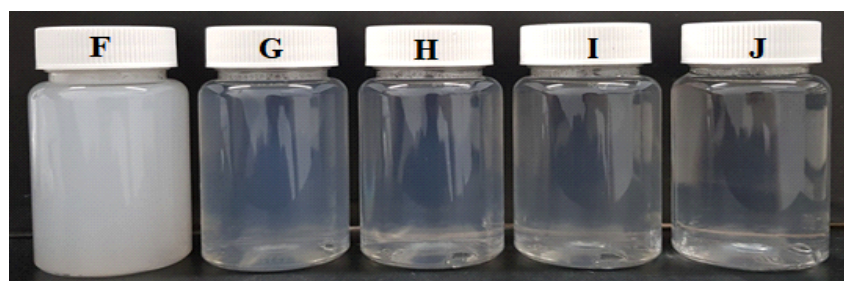


Fig. 6. Picture of Solubilizing power of tocopheryl acetate using Solubil ORG-1300 organic surfactant by packing lipophilic area into surfactant; Solubil ORG-1300 usage (A: 0.02%, B: 0.05%, C: 0.1%, D: 0.3%, E: 0.5%)

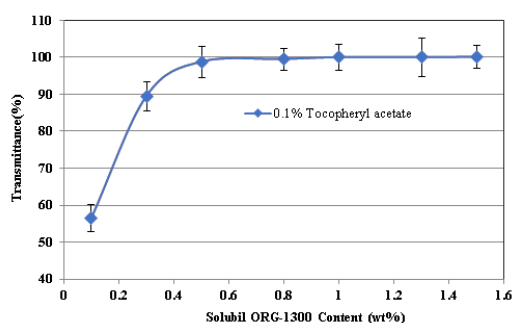


Fig. 7. Transmittance of solubilized 0.1% tocopheryl acetate depend on increasing Solubil ORG-1300 content; wavelength:890nm.

이것을 Fig. 6에 사진으로 나타내었다. 육안으로 쉽게 이해할 수 있도록 사진에서 좀더 명확하게 확인할 수 있었다. Fig. 7의 그래프에서 보는 바와 같이 0.1wt%의 오일에 대하여 0.1~0.6wt%

에서는 현탁되는 것을 확인하였고, 이것은 가용화력이 낮다는 것을 보여주고 있고, 0.8wt%이상의 계면활성제가 함유될 경우, 충분히 가용화되는 것을 확인할 수 있었다.

3.7. pH 변화에 따른 가용화력 평가

가장 최적의 가용화가 가능한 Table 3의 I 시료의 조성을 가지고, pH변화에 따른 가용화력을 실험하였다. Solubil ORG-1300의 가용화 성능은 pH=3.5의 산성영역, pH=7.2의 중성영역, pH=11.5의 알칼리영역에서도 안정하다는 것을 알 수 있었다. 0.1wt%의 베르가못오일을 가용화하기 위하여 사용된 계면활성제의 농도는 0.2wt%이상 사용하는 것이 바람직하다. 0.1wt%의 토크페릴아세테이트를 가용화하기 위하여 사용된 계면활성제의 농도는 0.8wt%로, 약 8배 이상의 가용화제가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 화장품에서의 가용화력은 다양한 보습제의 배합량이 다르기 때문에 계면활성제의 정확한 농도를 측정하는 것은 다양한 실험을 통하여 결정하는

것이 현명하다는 것을 밝혀준다. 이렇게 하여 만들어진 화장료들은 일반 다른 에틸렌옥사이드가 부가된 가용화제를 사용하는 처방보다는 월등하게 자극이 낮을 것으로 기대하고 있다.

3.8. 보습스킨토너 개발에 응용

본 연구를 통하여 개발된 Solubil ORG-1300의 유기농 식물성 계면활성제를 사용하여 간단한 처방을 제시함으로써 더욱 독자들에게 도움이 되는 연구가 되도록 하고자 한다. 보습스킨토너의 처방을 Table. 4에 나타내었다.

콘트롤 군으로 에틸렌옥사이드가 부가된 1%의 피이지-60하이드로제네이티드캐스터 오일을 사용하였으며, 동일한 함량으로 본 연구에서 합성한 유기농 식물성 계면활성제 Solubil ORG-1300을 사용하여 처방을 완성하였다.

0.1wt%의 베르가못오일과 0.1wt%의 토코페릴 아세테이트가 함유하는 처방으로 통상의 화장품에서 많이 사용하는 원료를 사용하였다. 그 결과 투명도는 모두 투명하게 가용화가 잘되었으며,

pH는 6.32, 6.76으로 적정범위에 포함되었다. 안정성도 30일동안 45°C와 5°C, Cycle에서도 안정한 상태를 유지하였다. 이러한 결과는 폴리글리세릴-10에 -OH기가 다량 결합되어 있어 피부에 충분한 보습효과를 부여하며, 올레익에씨드과 스테아릭에씨드가 결합되어 피부유연효과를 제공하기 때문에 우수한 보습효과를 발휘하는 것으로 고찰하였다.

4. 결론

결론적으로 이 연구는 이 연구는 유기농 식물성 계면활성제를 합성하여 가용화력을 가진 원료 소재를 발굴하는데 목표를 두어 수행된 연구이다. 우수한 계면활성력을 갖도록 하기 위하여 고순도의 폴리글리세릴-10올리에이트와 폴리글리세릴-10스테아레이트가 혼합된 계면활성인 Solubil ORG-1300을 합성하여 아래와 같은 실험결과를 얻었다.

Table 4. Development of Moisturizing Skin Toner Formulation using Solubil ORG-1300 Organic Surfactant

Phase	INCI name	Control	F-1	Remarks
A	Glycerin	2	2	Humectant
	Butylene Glycol	3	3	Humectant
	Solubil ORG-1300 ⁽¹⁾	-	1	Organic Surfactant
	PEG-60 Hydrogenated Castor Oil	1	-	EO type Surfactant
	1,2-Hexanediol	2	2	Preservative
	Bergamot Oil	0.1	0.1	Emollient Oil
	Tocopheryl Acetate	0.1	0.1	Emollient Oil
	EDTA-2Na	0.05	0.05	Chelating Agent
B	Water			Solvent
	Adenosine	0.04	0.04	Additive
	Niacinamide	2	2	Additive
	Dipotassium Glycyrrhizate	0.1	0.1	Additive
C	Green Tea Extract	0.5	0.5	Additive
	Aloe Vera Leaf Extract	0.5	0.5	Additive
Total		100.0	100.0	
Appearance		Transparent	Transparent	
pH		6.32	6.76	
Solubilizing power		Good	Good	
Stability		Good	Good	
Skin irritation		Weak	Good	

⁽¹⁾ Solubil ORG-1300 : Polyglyceryl-10 Stearate, Polyglyceryl-10 Oleate Mixtures

첫째: 유기농 식물성 계면활성제인 Solubil ORG-1300의 외관은 옅은 노란색의 페이스트이었고, 특이한 고유의 냄새를 가지고 있었으며, 비중은 1.15, 산가는 0.072 ± 0.1 로 나타났다.

둘째: 이 계면활성제가 어떻게 하여 가용화력을 가지는가를 메커니즘적으로 해석하였으며, Bragg식을 통하여 계산한 HLB값은 약 15.1이었다. 이것은 동일한 HLB를 가진 표준품과 가용화 성능을 비교한 결과 유사한 가용화력을 가지 있음을 확인할 수 있었다.

셋째: 0.1wt%의 베르가못오일을 가용화하는데 필요한 계면활성제의 농도는 약 2배정도가 필요한 것으로 나타났고, 0.1wt%의 토코페릴아세테이트를 가용화하는데 필요한 계면활성제의 농도는 약 8배정도가 필요한 것으로 나타났다.

넷째: 본 연구에서 수행된 시료의 가용화력을 UV분광광도계를 사용하여 890nm에서 투과도를 측정하였으며, 그 결과 Solubil ORG-1300은 용해하고자 하는 향이나 오일을 가용화하는데 적합한 계면활성제라는 것을 확인할 수 있었다.

다섯째: pH변화에 따른 가용화력을 실험한 결과 pH=3.5의 산성영역, pH=7.2의 중성영역, pH=11.5의 알칼리성영역에서도 안정화된 가용화력을 보임을 알 수 있었다.

여섯째: 응용처방으로써, 피부에 안전하면서 보습력을 가진 유기농 식물성 계면활성제를 사용하여 베르가못오일과 토코페릴아세테이트가 함유된 투명한 상을 가진 보습스킨토너를 개발할 수 있었다.

이러한 결과를 바탕으로 자극에 민감한 시트마스크, 아토피용 화장품, 피부건조증, 피부알러지 및 피부암, 지루성피부염 등에 노출된 피부환자들에게 응용된다면, 저자극성 가용화제형은 물론 O/W형의 식물성유화제로써 응용이 가능하며, 차별화된 한국형 화장품을 개발하는데 폭넓게 응용이 가능할 것으로 기대한다. 이 원료는 미국, EU, 중국, 일본 등에 수출이 가능한 원료로 국제적으로 표준화된 ISO GMP시설에서 공업화되고 있어 다양한 분야로 확대될 것으로 전망하고 있다.

References

1. C. S. Yu, S. H. Kim, J. D. Kim, "A Study of the Safety & Effect of Products Containing Ceramide, Glucan for Atopic Dermatitis", *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea*, Vol.30, No.4, pp. 533~541, (2004).
2. Bae K. H., Chae S. N., "The study of correlation between living habits and sebum, moisture and elasticity", *The Korean Society for Aesthetics and Cosmetology*, Vol.4, No.2, pp. 90~105, (2003).
3. J. H. Shim, "Anti-inflammatory Effect of *Galium aparine* Extract in RAW 264.7 Cells", *Asian J Beauty Cosmetol*, Vol.16, No.2, pp. 233-242, (2018).
4. S. N. Kim, S. H. Lee, G. H. Choi, I. S. Jang, "Effects of Parsley Extract on Skin Anti-aging and Anti-irritation", *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea*, Vol.30, No.1, pp. 79-83, (2004).
5. T. J. Lin, H. Kurihara, H. Ohta, "Effects of Phase Inversion and Surfactant Location on the Formation of O/W Emulsions", *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea*, Vol.26, No.3, pp. 121-139, (1975).
6. J. W. John, N. Coupl, D. Brathwaite, D. J. McClements, "Influence of molecular structure of hydrocarbon emulsion droplets on their solubilization in nonionic surfactant micelles", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol.121, No.1, pp. 53-60, (1997).
7. J. R. David, J. McClements, "Lemon oil solubilization in mixed surfactant solutions: Rationalizing microemulsion & nanoemulsion formation", *Food Hydrocolloids*, Vol.26, No.1, pp. 268-276, (2012).
8. P. Garidel, C. Hoffmann, A. Blume, "A thermodynamic analysis of the binding interaction between polysorbate 20 and 80 with human serum albumins and immunoglobulins: A contribution to understand colloidal protein stabilisation", *Biophysical Chemistry*, Vol.143, No.1, pp. 70-78, (2009).
9. Marco V. C., Pollyanna T., Andréa C. L., "Solid dispersions with hydrogenated castor oil increase solubility, dissolution rate and

- intestinal absorption of praziquantel”, *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, Vol.46, No.3, pp. 12~23, (2010).
10. E. Kawai, N. Kumazawa, K. Ozawa, M. Denda, “Skin surface electrical potential as an indicator of skin condition: observation of surfactant-induced dry skin and middle-aged skin”, *Experimental Dermatology*, Vol.20, No.9, pp. 757-759, (2011).
 11. Dreher F., Walde P., Luisi P. L., Elsner P., “Human Skin Irritation Studies of a Lecithin Microemulsion Gel and of Lecithin Liposomes”, *Skin Pharmacology and Physiology*, Vol.9, pp. 124-129, (1996).
 12. L. K. Shrestha, M. D. Otto, G. K. Aramaki, “Structure of Polyglycerol Oleic Acid Ester Nonionic Surfactant Reverse Micelles in Decane: Growth Control by Headgroup Size”, *Langmuir*, Vol.26, No.10, pp. 7015-7024, (2010).
 13. L. Djekic, M. Primorac, “The influence of cosurfactants and oils on the formation of pharmaceutical microemulsions based on PEG-8 caprylic/capric glycerides”, *International Journal of Pharmaceutics*, Vol.352, No.1, pp. 231-239, (2008).
 14. X. Guo, Z. Rong, X. Ying, “Calculation of hydrophile-lipophile balance for polyethoxylated surfactants by group contribution method”, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol.298, No.1, pp. 441-450, (2006).
 15. D. B. Miraglia, J. L. Rodríguez, R. M. Minardi, P. C. Schulz, “Critical Micelle Concentration and HLB of the Sodium Oleate - Hexadecyltrimethylammonium Bromide Mixed System”, *Journal of Surfactants and Detergents*, Vol.14, No.3, pp. 401-408, (2011).
 16. B. J. You, J. M. Shim, “Effects of processing conditions on water vapor permeability and solubility of Alaska Pollack meal protein isolate film”, *Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol.33, No.5, pp. 413-417, (2000).
 17. I. Matsaridou, P. Barmplexis, A. Salis, I. Nikolakakis, “The Influence of Surfactant HLB and Oil/Surfactant Ratio on the Formation and Properties of Self-emulsifying Pellets and Microemulsion Reconstitution”, *AAPS PharmSciTech*, Vol.13, No.4, pp. 1319-1330, (2012).
 18. H. J. Yang, S. N. Park, J. H. Kim, “The Stability of Emulsions Formed by Phase Inversion with Variation of HLB of Surfactant”, *The Korea Society of Applied Science and Technology*, Vol.26, pp. 117-123, (2009).
 19. Y. H. Kim, “The Effects of HLB Value of the Surfactants Added in the Silicon Oil Emulsion Antifoamer on the Antifoaming Ability”, *The Korea Society of Applied Science and Technology*, Vol.27, No.3, pp. 223-232, (2010).