**Appl. Chem. Eng.,** Vol. 35, No. 2, April 2024, 122-127
https://doi.org/10.14478/ace.2024.1007

Article

# 신규 화장품용 천연유래 보존제의 물성 측정, 용액 거동 및 보존제 포함 화장품의 제형 안정성

**신수빈[1] · 박정은[1] · 고나연 · 김미정* · 신혜원 · 이다솜 · 김나래** · 엄태식***,† · 정국인**,† · 배준원†**

동덕여자대학교 응용화학과, *창원대학교 보건대학원 뷰티헬스전공,
**(주)비제이바이오켐, ***홍익대학교 화학공학과
(2024년 2월 24일 접수, 2024년 3월 17일 수정, 2024년 3월 18일 채택)

# Basic Properties and Solution Behavior of New Naturally Derived Cosmetic Preservative, and Stability of Cosmetic Formulation

**Subin Shin[1], Jeongeun Park[1], Nayeon Ko, Mijung Kim*, Hyewon Shin, Dasom Lee, Narae Kim**, Taeshik Earmme***,†, Gugin Jeong**,† and Joonwon Bae†**

*Department of Applied Chemistry, Dongduk Women's University, Seoul 02748, Republic of Korea*
**Major of Health and Beauty, Graduate School of Public Health, Changwon University, Changwon-si 51140, Republic of Korea*
***BJ BIOCHEM, Inc., Daejeon 34025, Republic of Korea*
****Department of Chemical Engineering, Hongik University, Seoul 04066, Republic of Korea*
*(Received February 24, 2024; Revised March 17, 2024; Accepted March 18, 2024)*

초 록

화장품 보존제는 화장품의 유효 사용 기간에 매우 중요한 성분으로, 최근에는 저독성 자연유래 화장품 보존제에 대한 관심이 급증하고 있다. 본 연구에서는 기존 다이올(diol) 계통 보존제를 대체할 수 있으며 천연유래 성분으로부터 얻어진 신규 보존제(laurimino bispropanediol, LB)의 기초적인 물성을 측정하고 신규 보존제를 포함한 수용액을 제조하여 용액 거동을 고찰하였다. 특히, 신규 보존제의 수용액에서의 micelle 형성 가능성을 pyrene 분자를 이용한 실험법으로 고찰하였다. 이를 통해 신규 보존제는 상대적으로 긴 소수성 탄화수소와 늘어난 하이드록실 그룹(hydroxyl group)으로 인해 micelle 형성이 가능함을 추론할 수 있었다. 보존제의 제형 속에서의 성능을 검증하기 위해 유화력 테스트를 수행하였으며, 유기용매와 유지 성분에 대해 유화력을 지님을 확인할 수 있었다. 추가로, 점도가 상대적으로 낮은 에센스 및 비교적 점도가 높은 로션 제형에 도입하였을 때 제형의 분산 안정성이 확보됨을 파악할 수 있었다. 본 연구는 향후 새로운 저독성 천연유래 화장품 보존제의 개발 및 사용에 중요한 정보를 제공할 것이다.

**Abstract**

Cosmetic preservatives are an important class of ingredients in terms of ensuring sustainable use and providing customer satisfaction. Recently, a great deal of interest has been drawn to the production and use of toxic-free, naturally derived preservatives. In this work, a new naturally derived preservative (laurimino bispropanediol, LB) was developed to replace the most widely used diol preservatives, such as 1,2-hexanediol or 1,2-octanediol. The basic properties of the obtained preservative were measured, and the solution behavior of the preservative in an aqueous medium was examined. The feasibility of micelle formation in the preservative solution was investigated using the fluorescence (FL) based pyrene method. Micelle formation was feasible owing to the relatively long hydrophobic chains and increased hydroxyl groups in the preservative molecules. The emulsification capability of the preservative was assessed using the Rosano and Kimura method, showing that the preservative possessed emulsifying capability in an organic solvent (benzene) and soy bean oil. In addition, the dispersion stability of cosmetic formulations, including the new LB preservatives such as essence and lotion, was demonstrated by comparing the light transmittance of the formulations. This article provides important information for future research regarding the synthesis and practical applications of new toxic-free naturally derived preservatives.

***Keywords***: *Cosmetic preservative, Emulsification, Dispersion stability, Solution behavior, Micelle*

1 Co-first authors

† Corresponding Author: T. Earmme: Hongik University, Department of Chemical Engineering, Seoul 04066, Republic of Korea;
G. Jeong: BJ BIOCHEM Inc., Daejeon 34025, Republic of Korea;
J. Bae: Dongduk Women's University, Department of Applied Chemistry, Seoul 02748, Republic of Korea
Tel: T. Earmme: +82-2-320-3061; G. Jeong: +82-42-863-2075; J. Bae: +82-2-940-4506
e-mail: T. Earmme: earmme@hongik.ac.kr; G. Jeong: bjbiochem@bjbiochem.com;
J. Bae: redsox7@dongduk.ac.kr

pISSN: 1225-0112 eISSN: 2288-4505 @ 2024 The Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry. All rights reserved.

## 1. 서 론

최근 개인적 취향이 다양화되고, 개인의 만족을 중요시하는 경향에 따라 여러 종류 및 형태의 미용, 향장 제품들이 개발되고 있다. 이러한 추세에 따라, 향장 제품(화장품)에 쓰이는 주요 성분들도 다양해지고 있는 추세가 보인다. 향장 제품에는 정제수, 오일, 계면활성제, 유화제, 습윤제, 점도조절제, 색소, 향료, 보존제, 기능성 성분 등이 주로 투입된다[1]. 향장 제품의 종류와 형태는 다양하지만, 실제로는 대량으로 생산되어 가격 경쟁력을 지닌 소수의 대표적인 성분들이 대부분의 향장 제품에 쓰이고 있다[1]. 개별적인 성분들은 향장 제품의 성능을 개선하고 사용자의 만족감을 향상시키기 위해 독자적으로 발전되어 오고 있다. 예를 들어, 계면활성제 및 유화제는 친수성 및 소수성 파트를 각각 천연 유래 성분으로부터 얻고자 노력하고 있다[2,3]. 기존의 실리콘 및 고분자를 대신하여 자연에 풍부한 저독성 물질을 점도조절제로 도입하는 노력이 활발하게 진행되고 있다[4]. 한편, 천연색소 및 향료에 대한 관심은 지속되고 있다[5,6]. 보존제 측면에서는 최근 파라벤(paraben)류의 안전성 논란으로 인해 좀 더 안전한 보존제를 개발하고자 하는 관심이 끊임없이 이어지고 있다[7].

이러한 화장품 성분들 중에서 보존제는 특히 중요한데, 그것은 화장품에 포함되거나 자생적으로 성장하는 미생물 또는 균들을 제어함으로써 제품을 안전하게 사용할 수 있는 기간을 획기적으로 연장시켜준다. 사용자의 피부에 직접 적용하는 향장 제품의 특성으로 인해 보존제가 포함되지 않으면 향장 제품의 유효 안전 사용 기간이 급격하게 줄어들어, 결과적으로 제품의 성능 및 가격 경쟁력에 치명적으로 작용한다. 따라서, 다양한 보존제가 필수적으로 사용되어 왔으며, 정해진 용량을 준수하여 사용할 경우 대체로 안전하다는 것이 알려져 있다. 그러나, 기존에 널리 사용되던 대표적인 보존제들 특히, 페녹시에탄올(phenoxyethanol), 트리클로산(triclosan), 파라벤(paraben)류 등의 인체 및 환경 안전성 논란으로 인해 더욱 안전한 보존제에 대한 관심이 급증하고 있다[8]. 특히, 위에서 언급한 대표적인 보존제들은 향장 제품외 세정제와 식품에도 사용되고 있으므로 더욱 안전에 대한 반응이 커지고 있다. 이러한 경향을 반영하여 최근에는 향장 제품에 많이 사용되던 파라벤류를 대체하여 다이올(diol) 계통의 헥산디올(1,2-hexanediol)이 널리 사용되고 있다[7,8]. 이 보존제의 성능과 효과는 기존 보존제를 대체할 수준으로 인정되고 있으나, 가격이 상대적으로 비싸고 국내 생산을 위해서는 특허 이슈가 아직 남아있는 등의 애로 사항이 존재한다.

본 연구에서는, 현재 널리 사용되고 있는 헥산디올 보존제를 대체하기 위해 새로운 자연유래 보존제를 합성하고 얻어진 신규 보존제의 기본적인 물성을 고찰하였다. 신규 분자는 기존에 사용되고 있는 다양한 형태의 diol 계 보존제와 비교하여 분자 구조가 유사하며 특히 보존제 기능에 크게 영향을 주는 OH 그룹의 수가 4개이다. 일반적으로 diol 분자가 미생물의 세포벽에 침투하여 구조를 와해시키는 역할을 하는데 OH 그룹이 결정적인 역할을 하는데, 이 관능기 수가 늘어남으로써 기능이 향상될 것으로 예상된다. 신규 물질의 합성을 위해 친수성 및 소수성 부분은 모두 천연 성분에서 유래하도록 고안하였다. 특히, 소수성 탄화수소는 기존 석유화학 경로로 얻어지는 것을 대체하여 식물성 오일에서 유래하고, 전체 분자량 대비 천연유래 파트의 비율이 70% 이상이 되도록 고안하였다.

소수성 탄화 수소는 얻어진 보존제의 분자적 특성인 제타 전위와 표면 장력을 측정하였다. 이어서, 수용액에서의 신규 보존제의 거동을 살펴봄으로써 마이셀화가 가능한지 살펴보았다. 마이셀 형성 여부를

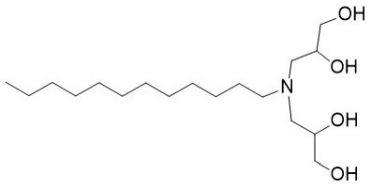


**Figure 1. Chemical structure of the new preservative, laurimino bispropanediol (LB).**

판단할 수 있는 가장 간단한 방법인 피렌(pyrene)법으로 임계 마이셀 농도(critical micelle concentration, CMC)의 측정을 시도하였다[9-12]. 추가로 신규 보존제가 향장 제품에 도입될 수 있는지 판단하기 위해 유기 용매인 벤젠(benzene)과 대표적인 유지인 대두유(soy bean oil)에 대한 유화력을 간단한 실험적 방법으로 테스트하였다[13]. 나아가, 신규 보존제를 사용한 화장품 제형을 제안하고 제형 안정성을 옥탄디올(1,2-octanediol) 보존제와 비교하여 확인하였다[14,15]. 상대적으로 점도가 낮은 에센스 제형으로 제조하였을 때, 신규 보존제는 옥탄디올과 비슷한 수준의 분산 안전성을 나타내었고, 점도가 높은 로션 제형으로 제조하였을 때에는 신규 보존제를 포함한 제형의 안정성이 약화된 결과를 나타내었다.

## 2. 실 험

### 2.1. 재료

신규 보존제인 laurimino bispropanediol (LB)는 ㈜비제이바이오켐(대전, 대한민국)에서 제공받아 추가적인 정제 과정없이 사용하였다. 신규 보존제의 화학구조는 Figure 1에 나타나 있다.

임계 마이셀 농도(CMC) 측정을 위해 사용한 염료인 피렌(pyrene)과 용매인 클로로폼(chloroform)은 시그마알드리치(Sigma Aldrich, Wisconsin, USA)에서 구매하여 그대로 사용하였다. 유화력 테스트에 사용한 벤젠(benzene)은 시그마알드리치(Sigma Aldrich, Wisconsin, USA)에서 구매하여 그대로 사용하였으며, 대두유는 시판중인 식용유를 구매하여 사용하였다. 신규 보존제와 비교를 위해 사용한 옥탄디올(1,2-octanediol)은 시그마알드리치(Sigma Aldrich, Wisconsin, USA)에서 구매하여 그대로 사용하였다.

### 2.2. 피렌(pyrene)법을 이용한 임계 마이셀 농도(CMC) 측정을 위한 용액 제조

용량이 200 mL인 부피 플라스크에 LB stock solution (50 mg/mL, 200 mL)을 제조하고 균일화를 위해 sonication 하였다. 여기에 피렌이 포함된 클로로폼 용액(0.2 mg/mL, 20 mL)을 dropwise로 투입하고 교반하면서 클로로폼을 증발시켰다. 이 때, 피렌은 마이셀 안으로 들어가고, 들어가지 못한 자유 피렌은 제거하였다. 이후 증발된 물 부피만큼 증류수를 채워 다시 200 mL로 만들었다.

위 용액 40 mL를 취해 다른 200 mL 부피 플라스크에 넣고 증류수를 160 mL 채워 농도가 10 mg/mL 용액 200 mL를 만들고 sonication 하였다. 이 용액 12.5 mL를 취해 25 mL 부피 플라스크에 넣고 증류수 12.5 mL을 채워 5 mg/mL 용액을 만들고 30분 동안 sonication하였다. 이 용액 5 mL를 취해 25 mL 부피 플라스크에 증류수 20 mL를 채워 1 mg/mL 용액을 만들고 30분 동안 sonication하였다. 같은 방식으로 LB 농도 0.5, 0.1, 0.05, 0.01 mg/mL을 갖는 용액들을 제조하였다[9].

**Table 1. Ingredient Composition of Essence Formulation Containing New Preservative (LB)**

| Aqueous | | Organic | | Addition | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ingredient | Composition (g) | Ingredient | Composition (g) | Ingredient | Composition (g) |
| Water | 78.00 | Lavender oil | 0.10 | Silk aminoacid | 0.50 |
| EDTA 2Na | 0.01 | Geranium oil | 0.10 | Copper peptide | 1.40 |
| Allantoin | 0.04 | Rose oil | 0.05 | | |
| LB | 1.00 | HCO-60 | 0.60 | | |
| Butylene glycol | 3.00 | Tocopherol acetate | 0.20 | | |
| Glycerin | 15.00 | | | | |
| Sum | 97.05 | Sum | 1.05 | Sum | 1.90 |
| Total | | | 100.00 | | |

**Table 2. Ingredient Composition of Lotion Formulation Containing New Preservative (LB)**

| Aqueous | | Organic | | Addition | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ingredient | Composition (g) | Ingredient | Composition (g) | Ingredient | Composition (g) |
| Water | 77.76 | Cetearyl alcohol | 0.50 | Carbomer | 0.12 |
| Glycerin | 5.00 | Glyceryl stearate/PEG-100 strarate | 1.00 | | |
| Butylene glycol | 5.00 | Glyceryl stearate | 1.00 | | |
| L-arginine | 0.12 | Caprylic/capric triglyceride | 3.00 | | |
| LB | 1.00 | Squalane | 5.00 | | |
| | | Sorbitan stearate | 0.50 | | |
| Sum | 88.88 | Sum | 11.00 | Sum | 0.12 |
| Total | | | 100.00 | | |

### 2.3. 유화력 테스트

신규 보존제의 유화력은 Rosano와 Kimura의 방법을 개량하여 측정하였다[16]. 신규 보존제가 용해된 수용액(1.0 wt%, 100 mL)을 200 mL 비이커에 넣고 벤젠을 100 mL 취하여 섞은 후 균질기를 이용하여 3000 rpm에서 10분간 교반하였다. 유화된 액체를 200 mL 메스플라스크에 넣고 실온에서 방치한 다음 72시간 동안 일정시간마다 유화된 액상 전체 부피에 대한 감소비율을 구하여 유화력으로 표시하였다. 식물유인 대두유에 대한 유화력은 위의 실험에서 벤젠대신 대두유 100 mL를 투입하여 실시하였다.

### 2.4. 분산 안정성 테스트를 위한 제형 제조

신규 보존제를 포함한 제형의 분산 안정성을 평가하기 위해 두 가지 형태의 제형, 에센스 및 로션을 제조하였다. 먼저 에센스 및 로션의 제조 처방은 Table 1, 2와 같다. 에센스 제형 제조 시 수상과 유상을 각각 65 ℃까지 천천히 수조에서 가열한 후에, 수상에 유상을 첨가하고 1분간 교반하였다. 혼합된 제형의 온도가 50 ℃ 정도로 식은 후에 후첨 성분을 추가하고 10분간 천천히 교반하였다. 제조된 제형을 상온에서 하루 동안 두었다. 로션 제형 제조 시 카보머를 제외하고, 수상과 유상을 계량하여 약 70 ℃ 정도로 가열하였다. 그리고, 블렌더를 사용하여 1분간 교반하면서 섞었다. 이후 카보머를 천천히 첨가하며 블렌더로 추가 5분간 교반하였다. 이후 상온에서 하루 동안 두었다.

### 2.5. 분석 및 측정

자외선 분광 스펙트럼은 Shimadzu UV 1200 분광기를 통해 얻어졌다. 신규 보존제의 제타 전위는 ELSZ-2000 제타 전위 및 입자 사이즈 분석기(Otsuka, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 신규 보존제를 포함한 용액의 표면 장력은 DST-30 수동형 표면장력분석계((주)SEO, 경기도, 대한민국)로 측정하였다. 피렌법에서 형광은 Cary Eclipse Fluorescence spectrophotometer (Agilent, CA, USA)를 이용하여 254 nm 파장을 갖는 자외선을 excitation광으로 조사하여 측정하였다. 신규 보존제를 포함한 화장품 제형의 분산 안정성은 LumiSizer 분산 및 입도 측정기 (LUM, Berlin, Germany)를 통해 분석하였다. 시료에 광을 조사하여 투과(transmittance)된 빛의 양을 측정하면 분산 상태의 변화를 감지하여, 전체 제형의 분산 안정성을 파악한다.

## 3. 결과 및 고찰

신규 보존제 분자의 특성은 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 용액 및 유화 거동에 관심을 갖고 있으므로 이와 연관되는 특성에 초점을 두고 실험을 수행하였다. 먼저, 분자의 흡수 스펙트럼을 측정하였다(Figure 2). 스펙트럼에서 보듯이 눈에 띄는 흡수 피크가 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다. 신규 보존제의 분자 구조를 고려해볼 때, 만약 신규 보존제 분자에 공명 구조가 발생할 경우 흡수 피크가 발생할 수 있는데, 이러한 현상이 나타나지 않았다는 점은 보존제 LB의 합성이 적합하게 이루어졌음을 의미한다. 한편, 신규 보존제 분자의 제타 전위를 측정해 본 결과 약 33 mV가 얻어졌다. 이는, 신규 보존제 분자에 존재하는 평균 전하가 약하게 양의 값을 갖는다는 의미이다. 일반적으로, 제타 전위의 값이 ± 30 이상일 때 비교적 안정적인

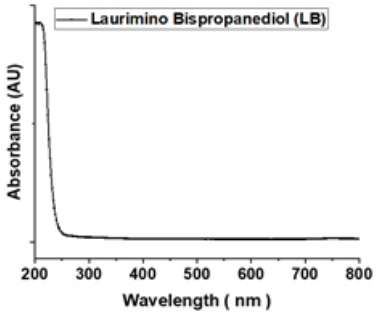


Figure 2. UV/Vis spectrum of new preservative molecule (LB).

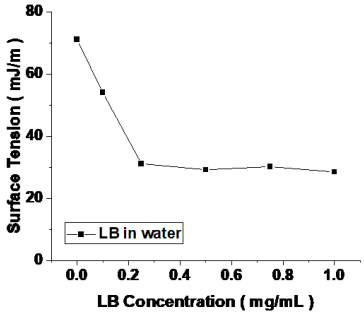


Figure 3. Surface tension of an aqueous solution containing LB as a function of LB concentration.

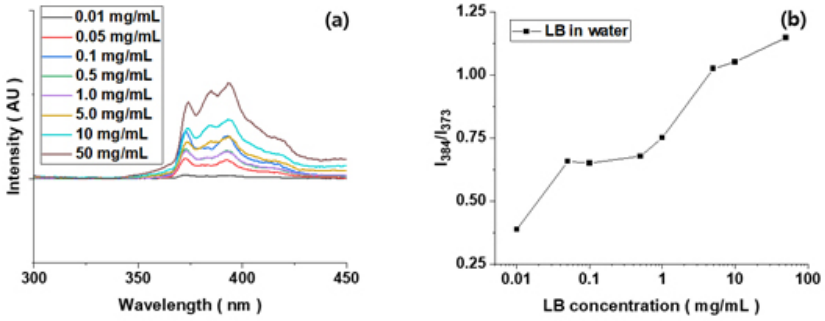


Figure 4. (a) Fluorescence spectra of pyrene in aqueous LB solution and (b) emission intensity ratio between 373 and 384 nm as a function of LB concentration.

상태를 유지한다고 알려져 있다[17]. 얻어진 제타 전위 값으로 유추해 볼 때, LB 분자는 용액 속에서 비교적 전기적으로 안정적인 상태를 유지할 것으로 예상되며, 이러한 특성으로 인해 분자의 응집 또는 침전 현상은 약할 것으로 추론된다. 소수성 부분의 탄소 수가 12개이고, 제타 전위가 콜로이드 상태를 이루는 범위에 해당하므로, 마이셀의 형성 가능성도 고려할 수 있다. 이는 이후 자세히 고찰될 것이다.

이어서 신규 보존제 분자를 포함한 수용액의 계면 장력을 농도 변화에 따라 측정하여 제시하였다(Figure 3). 농도 변화에 따른 수용액의 계면 장력 변화는 신규 보존제의 용액상 거동, 특히 마이셀 형성 등과 매우 밀접하게 연관되어 있다. 신규 보존제 분자의 농도가 증가할 때, 이를 포함한 수용액의 계면 장력은 특정한 농도까지는 감소하다 이후로는 비교적 유사한 값을 나타내었다. 농도가 0.01 mg/mL일 경우 물의 계면 장력(72 mJ/m)과 매우 가까운 값을 나타내었다. 이후 농도가 0.05 또는 0.1 mg/mL일 경우 낮아진 값을 나타내었고, 0.25 mg/mL보다 높을 경우 유사한 값에서 일정하게 유지되었다. 이 현상은 수용액의 신규 보존제 농도가 0.25 mg/mL 근처에서 상당히 큰 변화가 발생할 수 있음을 암시한다. 특히, 표면 장력이 일정하게 유지된다는 것은 LB 농도가 0.25 mg/mL 이상일 때 더 이상 수용액의 표면에 LB 분자가 더 이상 추가될 수 없음을 의미한다. 이 현상은 해당 농도 이상에서 마이셀이 형성될 수 있음을 나타낸다.

위에서 살펴본 것과 같이 신규 보존제를 포함한 수용액의 계면 장력이 급격한 변화를 보이는 현상이 마이셀의 형성과 연관되어 있을 것으로 추론하여 이를 확인하기 위해 피렌법으로 형광의 변화를 검출하였다. 피렌은 매우 소수성이 강한 염료 분자로 물에 거의 녹지 않으며, 신규 보존제 분자가 수용액에 존재하더라도 마이셀이 형성되지 않으면 용해도가 지극히 낮다. 반면, 신규 보존제 분자가 물에 녹아 마이셀 구조를 형성하게 되면 피렌 분자들이 마이셀 속으로 들어가서 응집하게 된다. 이렇게 응집된 분자들이 존재하는 용액을 형광으로 분석하면 응집된 분자에 의해서 나타나는 형광의 비율이 유의미하게 변화한다. 우선, 자극 파장은 256 nm를 선택하였는데, 이는 이 실험에서 주의 깊게 봐야하는 373, 384, 및 396 nm의 형광을 얻기에 가장 적합한 것으로 나타났기 때문이다. 즉, 신규 보존제 분자가 마이셀을 형성하고, 도입된 피렌이 유효하게 마이셀 안으로 들어가면 위에 언급된 373, 384, 및 396 nm의 형광 피크가 대체적으로 증가하게 된다. 특히, 373 nm와 384 nm 발광의 비율이 연관되어 변화한다. 이 변화양상을 모니터함으로써 마이셀 형성 가능성을 파악할 수 있다.

Figure 4(a)는 신규 보존제의 농도가 변화함에 따라 측정된 형광 스펙트럼을 나타내고 있다. LB 농도가 증가함에 따라 373, 384, 및 396 nm의 형광 피크 세기가 비례하여 증가하는 경향을 보인다. 이는 다음과 같이 설명될 수 있다. 피렌법을 통한 형광 측정을 위한 stock 용액 제조 시 LB 농도가 높은 용액부터 제조하여 묽히는 방식으로 낮은 LB 농도를 갖는 용액을 제조하므로, 피렌의 농도는 LB 농도가 높은 용액에서 상대적으로 높게 나타난다. 따라서, 피크의 상대적인 세기는 LB 농도가 높을수록 증가하는 경향이 있다. 그러나, 마이셀의 형성 유무를 판단하기 위해서는 마이셀이 형성되었을 때 마이셀 안쪽에 존재하는 피렌에 의한 형광 발광 피크들의 변화에 주목할 필요가 있다. 따라서, 피크의 세기보다는 피크들 간의 세기 비율이 더욱 중요한 의미를 지닌다[18]. 그 중에서도, 373 nm 형광 대비 384 nm 형광의 비율을 주요한 지표로 인식하였고, 이 두 피크 간의 발광세기 비율을 계산하여 LB 농도에 따라 표현하면 Figure 4b처럼 나타난다. 두 피크의 비율이 급격하게 변화하는 지점 또는 영역에 마이셀이 생성되는 농도(CMC)가 존재하는 것으로 알려져 있다. 그림을 자세히 보면, 두 피크 간의 세기 비율이 LB 농도가 0.01 mg/mL일 때는 농도가 너무 낮아 정확한 값으로 보기 어렵다. 농도가 0.05~0.1 mg/mL인 경우 일정하게 유지되다가 0.5

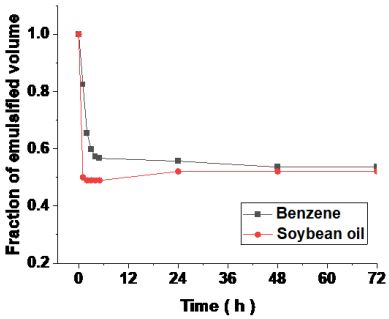


**Figure 5. Fraction of emulsifying volume of benzene and soybean oil with LB.**

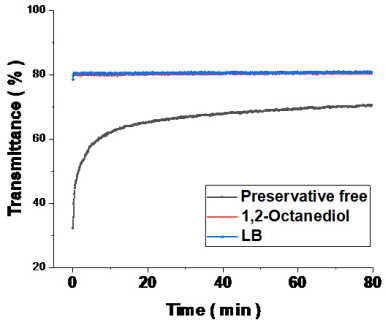


**Figure 6. Dispersion stability of cosmetic essence formulations containing preservative in terms of light transmittance.**

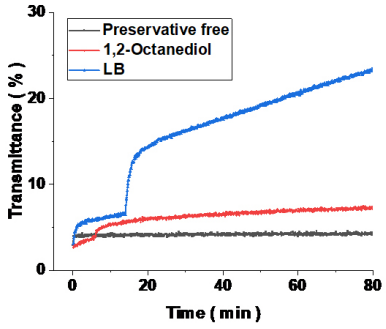


**Figure 7. Dispersion stability of cosmetic lotion formulations containing preservative in terms of light transmittance.**

mg/mL가 되면서 증가하는 추세를 나타내고 이후부터 5 mg/mL까지 증가하고 이후에는 다시 완만한 증가세를 보인다. 이러한 추세로부터 0.5 mg/mL에서 어떠한 형태의 transition이 일어나고 있음을 추론할 수 있고, 이는 마이셀의 형성일 가능성이 크다고 판단된다. 이전 그림에서 보여주는 계면 장력 측정 결과와 비교해 볼 때, 0.25~0.5 mg/mL 영역에서 마이셀이 형성될 가능성이 있음을 보여주는 결과로 해석할 수 있다. 피렌의 경우 자외선 영역에 형광 피크들이 발생하고 있으며, 소수성이 강하고 마이셀 용액에서도 마이셀로 유입되지 못하고 응집 현상을 일으키는 경향도 있으므로, 가시광선 영역에서 형광을 나타내는 다른 염료를 사용한 실험으로 추가로 분석해볼 필요성이 크다. 일례로, 이온성 염료인 Fluorescein을 이용하여 형광 측정을 한 결과 528 nm 발광 피크의 강도가 농도에 의존하였으며, pyrene을 사용한 경우와 비슷한 농도 영역에서 발광 강도가 변화하는 양상을 보였다. 이는 광산란 실험을 통해서 추가적으로 확인할 필요가 있다.

한편, 신규 보존제가 화장품에 도입되었을 때 어떠한 실용적인 효용성이 있는지 살펴보기 위해 몇 가지 측정을 실시하였다. 먼저, 대표적인 유기 용매인 벤젠(benzene)과 유지 성분인 대두유에 대한 유화력 테스트를 Kimura & Rosano 방법을 개량하여 측정하였다. 그림에서 보듯이 두 가지 유지 성분에 대한 신규 보존제의 유화력은 초기에 다소 급한 감소 경향을 보여주나 12시간 이후부터 72시간까지 일정 범위에서 유지됨을 알 수 있다. 이것은 유화력이 매우 높은 편은 아니지만, 일정하게 유지되는 것을 의미한다. 따라서, 화장품 제형 제조 시 유화력을 높이기 위해서는 투입되는 신규 보존제의 양을 허용 가능한 범위에서 증가시키거나 또는 유지 성분의 비율을 제어함으로서 극복할 수 있다.

신규 보존제가 제조된 화장품 제형의 분산 특성 및 안정성에 미치는 영향을 알아보기 위해 광투과도 측정을 실시하였다. 화장품의 제형은 다양하게 나누어질 수 있는데, 본 연구에서는 낮은 점도를 갖는 대표 제형으로 에센스를, 높은 점도를 지니는 대표 제형으로 로션을 선택하였고, Table 1, 2에 제시된 성분을 조합하여 화장품을 제조하였다. 이 때 신규 보존제의 특성을 비교해 살펴보기 위해 보존제가 없는 제형, 신규 보존제 대신 디올(diol)계 보존제의 대표 물질로 1,2-octanediol을 포함한 제형을 함께 제조하여 비교하였다.

Figure 6은 제조된 에센스 제형들의 광투과도 변화를 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 보존제가 포함되지 않은 제형에서는 초기에 광투과가 시간에 따라서 증가하는 경향을 나타내고 있다. 그러나, 신규 보존제와 1,2-octanediol이 포함된 제형에서는 초기부터 매우 안정적인 양상을 보이고 변화가 거의 없는 것으로 관찰된다. 측정 원리를 고려해 본다면 시간에 따른 투과도 변화가 없는 경우 분산 안정성이 상대적으로 우수하다고 판단할 수 있다. 따라서, 보존제를 투입한 제형의 분산 안정성이 보존제가 없는 제형에 비해서 다소 낫다고 볼 수 있다. 그러나, 일정 시간 이후에는 투과도 변화량이 모두 거의 없음을 알 수 있다. 한편, 투과도의 절대값은 보존제가 들어간 제형이 약간 높은 값을 나타내는데, 이는 제형의 원천적인 탁도에 의해 발생하는 값으로 분산 안정성을 나타내는 직접적인 지표로 보기는 어렵다. 이를 통해서 볼 때, 신규 보존제를 포함한 화장품 제형은 분산 안정성을 지니는 것으로 판단할 수 있다.

점도가 높은 제형에서 신규 보존제가 분산 안정성에 미치는 영향을 알아보기 위해 로션 제형에 대한 측정을 추가로 실시하였다. Figure 7에서 보듯이 보존제가 없는 제형의 경우 투과도 자체값도 매우 낮고, 변화도 거의 없다. 이는 점도가 높은 제형이 형상을 그대로 유지하고 있음을 의미한다. 신규 보존제가 포함된 제형의 경우 투과도가 초기에 급격히 증가하다가 완만하게 증가하며, 어느 시점(15 min)에서 다시 급격히 증가하다 완만한 증가로 바뀌어 유지된다. 이 현상의 원인에 대해서는 좀 더 세심한 고찰이 필요하나, 신규 보존제가 로션 제형에 투입되며 점도를 낮추는 효과를 일으켜 투과도가 다소 증가하는 것으로 판단된다. 옥탄디올을 포함한 제형의 경우 중간 형태를 보이고 있다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 천연성분으로부터 제조된 신규 보존제(laurimino bispropanediol)의 물성과 용액 거동 및 제형 안정성에 미치는 영향을 고찰하였다. 신규 보존제는 소수성 파트와 친수성 파트를 포함하고 있으며, 이 보존제를 포함한 수용액의 표면 장력의 변화를 신규 보존제 농도를 변화시켜 측정하고 수용액을 피렌법으로 형광 분석한 결과

계면활성제로서의 특성이 존재함을 파악할 수 있었고, 마이셀의 형성 가능성도 탐색할 수 있었다. 한편, 유기 용매인 벤젠 및 유지 성분인 대두유에 대한 유화력을 보유하고 있어 향후 다양한 화장품 제형에 도입할 수 있을 것으로 나타났다. 추가로, 신규 보존제를 포함한 실제 화장품 제형을 제조하여 제형의 분산 안정성에 미치는 신규 보존제의 영향을 고찰하여, 신규 보존제를 포함한 화장품 제형은 분산 안정성이 보존제가 없는 제형보다 낫다는 것을 알 수 있었고, 많이 사용되는 보존제인 1,2-octanediol과 동등한 수준으로 나타났다. 본 연구는 신규 보존제의 특성, 거동, 활용성에 대한 후속 연구 및 관련 분야 향후 연구에 중요한 정보를 제공할 것이다.

## 감 사

이 연구는 한국보건산업진흥원 (KHIDI) 지원으로 수행되었습니다. (HP23C0239)

## References

1. S. Gupta, S. Sharma, A. K. Nadda, M. S. B. Husain, and A. Gupta, Biopolymers from waste biomass and its applications in the cosmetic industry: A review, *Mater. Today*, **68**, 873-879 (2022).
2. N. Halla, I. P. Fernandes, S. A. Heleno, P. Costa, Z. Boucherit-Otmani, K. Boucherit, A. E. Rodrigues, I. C. F. R. Ferreira, and M. F. Barreiro, Cosmetics preservation: A review on present strategies, *Materials*, **23**, 1571 (2018).
3. K. H. Park and J. C. Lim, Synthesis of phospholipid based zwitterionic surfactant from coconut oil source and characterization of their interfacial, antiseptic and antiviral properties, *J. Ind. Eng. Chem.*, **115**, 241-250 (2022).
4. J. R. Costa, T. Neto, S. S. Pedrosa, S. C. Sousa, J. Azevedo-Silva, D. Tavares-Valente, A. Mendes, M. E. Pintado, J. C. Fernandes, A. L.S. Oliveira, and A. R. Madureira, Biogenic silica microparticles as a new and sustainable cosmetic ingredient: Assessment of performance and quality parameters, *Colloids Surf. B Biointerfaces*, **226**, 113305 (2023).
5. P. Martz, T. Phan, J. L'Haridon, M. -H. Beausoleil, K. Lafaye, Y. Gérand, and C. Gallardo, Environmental profile of the production of fragrance ingredients used in cosmetic products: Comparative analysis of results obtained by life cycle assessment and the green chemistry-based eco-design tool GREEN MOTION, *Green Chem.*, **25**, 6365-6382 (2023).
6. N. Lourith and M. Kanlayavattanakula, Sustainable approach to natural makeup cosmetics containing microencapsulated butterfly pea anthocyanins, *Sustainable Chem. Pharm.*, **32**, 101005 (2023)
7. N. Matwiejczuk, A. Galicka, and M. M. Brzóska, Review of the safety of application of cosmetic products containing parabens, *J. Appl. Toxicology*, **40**, 176-210 (2020).
8. H. Mekata, Review of the safety of application of cosmetic products containing parabens, *J. Soc. Cosmet. Chem. Jpn.*, **51**, 2-11 (2017).
9. S. W. Hong, K. H. Kim, J. Huh, C. -H. Ahn, and W. H. Jo, Drug release behavior of poly( $\varepsilon$ -caprolactone)-*b*-poly(acrylic acid) shell crosslinked micelles below the critical micelle concentration, *Macromol. Res.*, **13**, 397-402 (2005).
10. J. K. Salem, I. M. El-Nahhal, and S. F. Salama, Determination of the critical micelle concentration by absorbance and fluorescence techniques using fluorescein probe, *Chem. Phys. Lett.*, **730**, 445-450 (2019).
11. W. Al-Soufi and M. Novo, A surfactant concentration model for the systematic determination of the critical micellar concentration and the transition width, *Molecules*, **26**, 5339 (2021).
12. J. Krawczyk, Thermodynamic studies of the micellar properties of a surfactant used for membrane protein solubilization and stabilization, *Sustainability*, **15**, 6618 (2023).
13. J. -E. Cho, S. -C. Lee, J. -K. Park, K. -S. Kim, H. -L. Shin, Y. -R. Kim, S. -H. Shin, and N. -H. Jeong, Synthesis and properties of polyoxyethylene reactive surfactant, *Appl. Chem. Eng.*, **30**, 241-246 (2019).
14. J. Y. Yeon, B. R. Shin, T. G. Kim, J. M. Seo, C. H. Lee, S. G. Lee, and H. B. Pyo, A study on emulsion stability of O/W and W/S emulsion according to HLB of Emulsifier, *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea*, **40**, 227-236 (2014).
15. S. Hong, K. Zhu, C. Zuo, and S. B. Lee, Evaluation of coconut oil-based emulsion stability using tween-span type nonionic mixed surfactant, *Appl. Chem. Eng.*, **30**, 453-459 (2019).
16. H. L. Rosano, D. Jon, and J. H. Whittam, Considerations on formation and stability of Oil/Water dispersed systems. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **59**, 360-363 (1982).
17. S. Bhattacharjee, DLS and zeta potential − What they are and what they are not?, *J. Control. Release*, **235**, 337-351 (2016).
18. H. Li, D. Hu, F. Liang, X. Huang, and Q. Zhu, Influence factors on the critical micelle concentration determination using pyrene as a probe and a simple method of preparing samples, *R. Soc. Open Sci.*, **7**, 192092 (2020).

**Authors**

Subin Shin; Undergraduate Student, Department of Applied Chemistry, Dongduk Women's University, Seoul 02748, Republic of Korea; ssky0917@naver.com

Jeongeun Park; Undergraduate Student, Department of Applied Chemistry, Dongduk Women's University, Seoul 02748, Republic of Korea; 20190881@dongduk.ac.kr

Nayeon Ko; Undergraduate Student, Department of Applied Chemistry, Dongduk Women's University, Seoul 02748, Republic of Korea; 20190873@dongduk.ac.kr

Mijung Kim; Ph.D., Lecturer, Major of Health and beauty, Graduate School of Public Health, Changwon University, Changwon-si 51140, Republic of Korea; herb0422@daum.net

Hyewon Shin; Undergraduate Student, Department of Applied Chemistry, Dongduk Women's University, Seoul 02748, Republic of Korea; 20190887@dongduk.ac.kr

Dasom Lee; Undergraduate Student, Department of Applied Chemistry, Dongduk Women's University, Seoul 02748, Republic of Korea; 20190893@dongduk.ac.kr

Narae Kim; M.Sc., Researcher, BJ BIOCHEM Inc., Daejeon 34025, Republic of Korea; bio1@bjbiochem.com

Taeshik Earmme; Ph.D., Assistant Professor, Department of Chemical Engineering, Hongik University, Seoul 04066, Republic of Korea; earmme@hongik.ac.kr

Gugin Jeong; Ph.D., BJ BIOCHEM Inc., Daejeon 34025, Republic of Korea; bjbiochem@bjbiochem.com

Joonwon Bae; Ph.D., Professor, Department of Applied Chemistry, Dongduk Women's University, Seoul 02748 Republic of Korea; redsox7@dongduk.ac.kr