



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

한 지 수 교수지도  
박사학위 청구논문

바쿠치올의 피부 전달을 위한  
액정 에멀전의 연구

2025

성신여자대학교 대학원  
뷰티산업학과  
김 자 인

바쿠치올의 피부 전달을 위한  
액정 에멀전의 연구

한 지 수 교수 지도

이 논문을 박사학위 논문으로 제출함

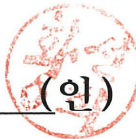
2024년 10월

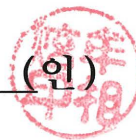
성신여자대학교 대학원  
뷰티산업학과  
김 자 인


# 인 준 서


김자인의 박사학위 논문으로 인준함


2025년 01월

심사위원장 황 선 희 (인) 

심사위원 오 상 현 (인) 

심사위원 박 초 희 (인) 

심사위원 지 흥 근 (인) 

심사위원 한 지수 (인) 

성신여자대학교 대학원

## 논문개요

화장품 산업은 제품에 새롭고 효과적인 활성 성분을 개발하고 통합하는데 상당한 진전을 이루었지만 피부의 장벽 기능은 이러한 활성 성분의 침투 및 흡수에 있어 여전히 제한적인 요소를 가지고 있다. 액정(Liquid Crystal)은 액체와 고체의 중간 형태로 피부 각질층과 유사한 구조를 보여 경피 전달 시스템(Trans Dermal Delivery System)으로 화장품 산업과 의약 산업에서 이용되고 있다. 본 연구 목적은 액정 제조에 있어 액정을 형성하는 주요 성분과 조성비를 다르게 처방하여 다양한 액정 에멀전을 제조하고, 다양한 기기 분석을 통해 확인된 액정 형성에 가장 우수한 성분과 조성비로 액정 에멀전을 제조하여 액정 구조 내에 식물성 성분인 바쿠치올(Bakuchiol)을 적용하여 고기능성 화장품에서의 응용 가치와 잠재적 가능성을 조사하고자 한다.

연구 내용은 다음과 같다.

첫째, 여섯가지의 계면활성제, 탄소 개수 별 다섯가지의 고급 알코올, 탄소 개수 별 네가지의 고급 지방산과 피부 구성 성분과 유사 성분인 피토스테롤, 세라마이드, 수소화 레시틴의 함량별로 30가지의 액정 에멀전을 제조하였다.

둘째, 편경현미경, 레오미터, 터비스캔을 이용하여 제조된 30가지의 액정 에멀전의 액정 형성, 레올로지 특징과 안정성을 측정하였다. E.I 지수 측정 결과, 계면활성제, 고급 지방산, 고급 알코올 종류별 액정 에멀전에서는 Montanov 202 4%, Cetyl alcohol 3%, Palmitic acid 1%가 가장 높은 탄성력을 보였고 Phytosterol, Ceramide NP, Hydrogenated Lecithin 함량별 액정 에멀전에서는 Phytosterol 0.5%, Ceramide NP 2%, Hydrogenated

Lecithin 0.5%가 가장 높은 탄성력을 보였다. M.V.I 지수에서는 30종 액정 에멀전 모두 대체적으로 변화는 Y축의 M.V.I  $10^{-1}$ ~10구간 안에서 유사한 곡선 패턴을 보이면서 측정 종료 시점에 평균 수치로 기록되어 안정한 점도를 유지하고 있음을 확인하였다. S.L.B 값은 30종의 액정 에멀전 모두 S.L.B 값이 0.5 이하로 측정되었으며, 점탄성이 강한 Solid-like System인 것을 확인하였다. 터비스캔을 이용하여 가혹 조건과 시간 변화에 따른 안정도를 분석한 결과, 종류별 액정 에멀전에서는 Montanov 202 4%, PhytoCare 4%, Behenyl alcohol 3%, Stearic acid 1%가 안정도가 가장우수하였다. Phytosterol, Ceramide NP, Hydrogenated Lecithin 함량별 액정 에멀전은 Phytosterol 0.5%, 1%, Ceramide NP 0.5%, 1%, Hydrogenated Lecithin 1%가 T.S.I. 지수가 0.5 이하로 가장 안정도가 우수하였다.

셋째, 제조된 30가지의 액정 에멀전을 편광현미경, 레오미터, 터비스캔 등의 기기분석을 통한 액정 형성 및 안정도에 있어 각 측정 항목에서 공통적으로 양호한 결과를 통합하여 계면활성제는 PhytoCare 4%, 고급 알코올 Behenyl alcohol 3%, 고급 지방산 Stearic acid 1% 와 Phytosterol 0.5%, Ceramide NP 0.5%, Hydrogenated Lecithin 1%의 성분 및 조성비로 바쿠치올이 2% 들어간 액정 에멀전과 바쿠치올이 2% 들어간 일반 에멀전을 제조하였다.

넷째, 바쿠치올 액정 에멀전을 Cryo-SEM을 사용하여 분석한 결과 다층의 구조임을 확인하였고, X선 산란 분석인 SAXS 기기를 사용하여 라멜라 구조가 형성됨을 확인하였다.

다섯째, HPLC(High Performance Liquid Chromatography)를 이용하여 바쿠치올 액정 에멀전과 일반 에멀전의 바쿠치올 함량 안정성을 비교 실험한 결과 바쿠치올 액정 에멀전이 30일동안 안정도가 일반 에멀전에 비해 우수한 것을 확인하였다.

여섯째, Franz diffusion cell을 이용하여 바쿠치올 액정 에멀전과 일반 에멀전의 피부 투과율을 비교 실험한 결과 액정 에멀전이 일반 에멀전보다 3.75배 더 높은 투과율을 보였다. 바쿠치올 액정 에멀전과 일반 에멀전을 평균 연령 49.5세인 12명의 성인 여성 대상으로 인체 적용 시험을 하여 피부 수분 함량 및 수분 장벽 개선 효능을 비교하였다. 그 결과, 4주 후 피부 수분 함량은 24.76%, 경피 수분 손실량 개선은 15.63%를 보이며 통계적으로 유의차를 나타냈다. 일반 에멀전과 비교하여 액정 에멀전의 피부 수분 함량 및 수분 장벽 개선이 우수함을 확인하였다.

본 연구에서 액정 에멀전이 일반 에멀전에 비하여 피부 친화적이며 식물성 유효 성분인 바쿠치올을 피부 흡수에 매우 효과적인 것이 검증된 바 본 연구 결과를 통해 화장품 산업의 기술 개발 및 기술 향상에 도움이 되기를 기대한다.

# 목 차

## 논문 개요

<b>I. 서론</b> .....	1
1. 연구의 필요성 및 의의 .....	1
2. 연구의 목적 및 내용 .....	4
<b>II. 이론적 배경</b> .....	7
1. 화장품 산업과 기술 .....	7
2. 피부 .....	12
3. 경피흡수 .....	17
4. 액정 .....	19
5. 바쿠치올 .....	27
<b>III. 실험재료 및 방법</b> .....	31
1. 용어 정의 .....	31
2. 실험 재료 .....	32
3. 액정 에멀전 제조 .....	34
4. 분석기기 .....	48
5. 액정 에멀전 분석 방법 .....	55
6. 바쿠치올이 함유된 액정 에멀전 분석 방법 .....	57

<b>IV. 실험결과 및 해석 .....</b>	<b>62</b>
1. 액정 에멀전의 편광현미경 분석 결과 .....	62
2. 액정 에멀전의 점도(Viscosity) 및 pH 측정 결과 .....	69
3. 액정 에멀전의 안정성(Stability) 측정 .....	76
4. 액정 에멀전의 레올로지 (E.I, M.V.I, S.L.B) 결과 .....	81
5. 바쿠치올 액정 에멀전의 편광현미경 분석 결과 .....	101
6. 바쿠치올 액정 에멀전의 전자현미경 Cryo-SEM 분석 결과 .....	102
7. 바쿠치올 액정 에멀전의 X선 산란 분석결과 .....	103
8. 바쿠치올 액정 에멀전의 액체크로마토그래피 분석 결과 .....	104
9. 바쿠치올 액정 에멀전의 경피 흡수율 실험(Franz Cell Test) 결과 .....	106
10. 바쿠치올 액정 에멀전의 피부 수분 함량 및 장벽 개선 실험 결과 .....	108
<b>V. 결론 .....</b>	<b>112</b>
1. 결론 .....	112

**참 고 문 헌**

**ABSTRACT**

**부 록**

## 표 목 차

<Table 1> Definition of Abbreviation .....	31
<Table 2> Information of Ingredients .....	32
<Table 3> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Types of Surfactants .....	35
<Table 4> The Structure of Fatty Alcohol .....	36
<Table 5> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Types of Fatty Alcohols .....	37
<Table 6> The Structure of Fatty Acids .....	38
<Table 7> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Types of Fatty Acids .....	39
<Table 8> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Amount of Phytosterol .....	41
<Table 9> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Amount of Ceramide .....	43
<Table 10> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Amount of Hydrogenated Lecithin .....	45
<Table 11> Bakuchiol Emulsion Production Prescription .....	47
<Table 12> HPLC conditions for Quantitative Analysis .....	59
<Table 13> Viscosity and pH according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion .....	70
<Table 14> Viscosity and pH according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion .....	71
<Table 15> Viscosity and pH according to the Type of Fatty Acid in	

Liquid Crystal Emulsion .....	72
<Table 16> Viscosity and pH according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion .....	73
<Table 17> Viscosity and pH according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion .....	74
<Table 18> Viscosity and pH according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion .....	75
<Table 19> Turbiscan Stability Index according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion .....	76
<Table 20> Turbiscan Stability Index according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion .....	77
<Table 21> Turbiscan Stability Index according to the Type of Fatty Acid in Liquid Crystal Emulsion .....	78
<Table 22> Turbiscan Stability Index according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion .....	79
<Table 23> Turbiscan Stability Index according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion .....	80
<Table 24> Turbiscan Stability Index according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion .....	81
<Table 25> Measured value of Percutaneous Absorption according to Time of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion .....	107
<Table 26> Skin Moisture Improvement Rate of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion .....	109
<Table 27> Skin Moisture Barrier Improvement Rate of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion .....	110

## 그림 목 차

<Figure 1> Schematic Representation of the Different Type of Lipid-based Vesicular Delivery Systems .....	12
<Figure 2> Explanation of the Lipid Organization in Human Stratum Corneum .....	14
<Figure 3> Structure of Lamellar Consists .....	16
<Figure 4> Routes of Skin Permeation .....	17
<Figure 5> Schematic of Typical Crystalline, Liquid Crystalline and Amorphous Systems .....	20
<Figure 6> Classification of Liquid Crystal .....	20
<Figure 7> Molecule Arrangement of Thermotropic Liquid Crystal .....	24
<Figure 8> Formation Process Model Lyotropic Liquid Crystal .....	25
<Figure 9> The Image of Psoralea Corylifolia .....	28
<Figure 10> The Structure of Barkuchiol and Retinol .....	29
<Figure 11> Efficacy between Barkuchiol and Retinol .....	30
<Figure 12> Image and Measuring Mechanism of Turbiscan Rane .....	49
<Figure 13> Image and Measuring Mechanism of Rheolaster .....	51
<Figure 14> Image and Measuring Mechanism of Franz Diffusion Cell System .....	53
<Figure 15> Image and Measuring Mechanism of Corneometer® CM 82554	
<Figure 16> Image and Measuring Mechanism of Tewameter TM-300	55
<Figure 17> Polarization Microscope Image according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion .....	63

<Figure 18> Polarization Microscope Image according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion .....	64
<Figure 19> Polarization Microscope Image according to the Type of Fatty Acid in Liquid Crystal Emulsion .....	65
<Figure 20> Polarization Microscope Image according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion .....	66
<Figure 21> Polarization Microscope Image according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion .....	67
<Figure 22> Polarization Microscope Image according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion .....	69
<Figure 23> E.I according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion .....	82
<Figure 24> E.I according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion .....	83
<Figure 25> E.I according to the Type of Fatty Acid in Liquid Crystal Emulsion .....	84
<Figure 26> E.I according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion .....	85
<Figure 27> E.I according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion .....	86
<Figure 28> E.I according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion .....	87
<Figure 29> M.E.I according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion .....	88
<Figure 30> M.E.I according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion .....	89

<Figure 31> M.E.I according to the Type of Fatty Acid in Liquid Crystal Emulsion .....	90
<Figure 32> M.E.I according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion .....	92
<Figure 33> M.E.I according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion .....	93
<Figure 34> M.E.I according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion .....	94
<Figure 35> S.L.B according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion .....	95
<Figure 36> S.L.B according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion .....	96
<Figure 37> S.L.B according to the Type of Fatty Acid in Liquid Crystal Emulsion .....	97
<Figure 38> S.L.B according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion .....	98
<Figure 39> S.L.B according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion .....	99
<Figure 40> S.L.B according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion .....	100
<Figure 41> Polarization Microscope Maltese Cross Image of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion .....	101
<Figure 42> Cryo-SEM Image of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion ..	103
<Figure 43> SAX of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion .....	104
<Figure 44> Bakuchiol Stability with Temperature and Light of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion .....	106

<Figure 45> Measured value of Percutaneous Absorption according to Time of Liquid Crystal Emulsion .....	107
<Figure 46> Skin Moisture Improvement Rate of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion .....	109
<Figure 47> Skin Moisture Barrier Improvement Rate of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion .....	111

# I. 서 론

## 1. 연구의 필요성 및 의의

여성의 미를 추구하는 화장품 산업은 전 세계적으로 경제가 어려운 상황에서도 수요가 지속적으로 창출되는 미래의 유망 산업으로 전망되고 있으며, 소비자들의 새로운 화장품 소비 트렌드와 다양한 유통채널의 높은 발전 가능성으로 향후 지속적인 발전이 예상된다<sup>1)</sup>. 식품의약품안전처의 ‘2023년 화장품실적 보고서’에 따르면 2023년 국내 화장품 생산 규모는 14조 5,202억 원으로 전년 대비 6.8% 성장하였으며, 특히 이 중에서도 기능성 화장품 생산 규모는 5조 4,391억 원으로 전체 화장품 생산 규모의 37.5%를 차지하여 전년 대비 18.2% 증가한 것으로 나타났다<sup>2)</sup>. 화장품법으로 정의된 기능성 화장품은 피부에 멜라닌 색소 침착을 방지하여 피부 미백에 도움을 주는 제품, 모발의 색을 탈색, 탈염으로 변화를 주는 제품, 모발의 탈모 증상에 완화를 주는 제품, 피부에 탄력을 주어 주름을 개선하는 제품, 피부를 자외선으로부터 곱게 태워주거나 자외선을 차단 및 산란시켜 피부를 자외선으로부터 보호하는 제품, 피부 장벽의 기능을 회복하여 가려움증 개선에 도움을 주는 화장품을 말한다<sup>3)</sup>.

2000년대 이후 여성들이 사회 생활을 시작하면서 경제 활동이 늘어나고 있으며 2023년도 여성 경제 활동 참가율은 55.6% 이에 따라 여성들의 구매력이 증가하였다<sup>4)</sup>. 화장품 구매에서는 안티에이징, 환경 오염에 따른 피부 보호, 자외선 차단, 피부성 질환에 대한 전문 치료 효능을 겸비한 기능성 화장품의 수

---

1) 장정윤, 송경현(2023), 포스트코로나 시대의 한국 화장품 산업 발전 방안 제언, *동아시아일본학회지*, 87(1), pp.225-248.

2) 식품의약품안전처, 화장품 산업의 주요 통계 보도자료, 2024.05.02.

3) 장민아(2021), 기능성 화장품 국내외 산업 동향 연구, *한국응용과학기술학회지*, 38(2), pp.618-627.

4) 통계청, 여성경제활동인구 및 참가율 보도 자료, (검색날짜:2024.06.).

요가 증가하면서 코스메슈티컬 시장이 활성화되고 있다. 코스메슈티컬은 일반 화장품에 비해 고가임에도 불구하고 기능성에 대한 ‘가치소비’를 추구하는 소비자들로부터 호응을 받음에 따라 향후 화장품 시장의 최대 유망 분야로 전망되고 있다<sup>5)</sup>. 이러한 소비자들의 수요로 인해 2023년 기능성 화장품은 전체 화장품 생산의 37.5%를 차지하면서 고기능성 화장품에 대한 개발이 활발하게 이루어지고 있으며 이로 인해 고기능성 성분에 대한 관심도 높아지고 있다<sup>6)</sup>. 각질층은 피부의 가장 최외각에 위치하여 체내의 수분이 증발되는 것을 보호하고, 외부의 스트레스나 물질로부터 인체를 보호하는 장벽 역할을 하지만 각질층의 피부 장벽 기능으로 효능이 좋은 고기능성 성분이라도 해도 피부에 적용했을 때 그 효과를 확실하게 보지 못하게 된다. 화장품 업계에서는 고기능성 소재 개발 뿐만 아니라 이러한 유효 성분을 피부에 자극을 주지 않으면서 흡수를 촉진시키고 효과를 최대화하는 약물전달 시스템(Drug delivery system:DDS)에 많은 관심을 갖고 있다<sup>7)</sup>. 경제 성장과 함께 풍요로운 소비문화가 확산되었으나, 경제 성장을 위한 동식물의 생태계를 파괴하는 무분별한 개발은 현대 사회와 경제 성장의 어두운 이면이다. 자원의 고갈과 지속되는 환경 파괴는 인간의 생활마저도 위협받는 사태에 이르게 되자 환경을 생각하는 윤리를 생각하는 소비 시장이 등장하였다. 전세계에 걸쳐 지속 가능성에 대한 관심이 계속 높아짐에 따라 화장품 업계는 천연 소재 등을 활용한 환경친화적 화장품 개발에 집중하고 있다<sup>8)</sup>. 미국의 데이터 브릿지 시장 조사 기관의 2020년도 4월 기준 비건 화장품 시장에 대한 조사에 따르면 2027년도까지 비건화장품은 236억 6,000만 달러의 규모가치를 가지며 6.25%의 성장율을 예상하였다<sup>9)</sup>. 이렇게 화장품 소비자들은 인체에 유해한 합성 화학 첨가물의 사

5) 장정윤,송정현(2023), 포스트코로나 시대의 한국 화장품 산업 발전 방안 제언, *동아시아일본학회지*, 87(1), pp.225-248.

6) 식품의약품안전처, 화장품 산업의 주요 통계 보도자료, 2024.05.02.

7) 장민아(2021),기능성 화장품 국내외 산업 동향 연구, *한국응용과학기술학회지*, 38(2), pp.618-627.

8) 백혜연(2020), 한국화장품시장에서 친환경 화장품 활성화 방안에 관한 연구, *한국화장품미용학회*, 10(1), pp.123-131.

용을 줄이면서 환경 친화적인 성분이 함유되어 있는 천연 화장품에 대한 관심 및 수요가 증가하고 있다<sup>10</sup>. 소비자들의 비건 화장품과 고기능성 화장품에 대한 수요가 높아짐에 따라 고기능성 식물유래 성분 개발이 늘어나고 있으며<sup>11</sup>, 고기능성 식물 유래 성분인 바쿠치올은 레티놀과 유사한 효능을 보여 레티놀 대체제로 주목받고 있다<sup>12</sup>. 액정은 주어진 온도 범위 내에서 액체가 가지는 유동성과 고체가 지닌 위치 질서의 일부를 함께 가지고 있는 중간상으로 현대 의학, 피부과학, 약학, 식품 등의 다양한 분야에서 사용되고 있다. 화장품 분야에서는 리오토로픽 액정(Lyotropic liquid crystal)이 주로 사용되고 리오토로픽 액정은 양친매성 물질의 농도에 의해 형성된다. 액정은 인간의 세포 표면이나 세포 내 소기관이 수십 개의 얇은 막으로 덮여 있는데 그 막이 액정 상태의 분자층과 비슷한 구조 Lamellar를 형성하여 유효 성분의 흡수가 좋아 액정 에멀전을 이용한 약물의 피부 침투에 관한 연구들이 많이 보고되고 있다<sup>13</sup>. 이와 관련한 최근의 연구로는 강진미(2022)의 다양한 계면활성제의 변화와 여러 가지 조성을 통한 액정 형성과 레티날(Retinal)을 함유한 액정 에멀전(Liquid Crystal Emulsion)제조를 통해 다양한 기기 분석에 관련한 연구가 있으며, Ana Vitoria Pupo Silvestrini(2020)의 액정 형성 구조에 따른 약물 방출 효과에 관한 연구가 있다. 액정은 다양한 합성 성분의 전달체로서 피부 침투 효과에 대한 연구 결과들은 많이 진행되어 왔지만 식물성 유효 성분에 대한 피부 침투 효과 및 다양한 기기를 활용한 결과 분석에 대한 연구는 미비한 실정이다. 또한 바쿠치올은 레티놀과 유사한 효능을 보여 식물성 레티놀로 불리며 레티놀과 비교 실험은 많이 진행되어 왔지만 바쿠치올의 피부 흡수율을 높

9) Data Bridge Market Research, 글로벌 비건 화장품 시장 업계 동향 통계자료, 2021.12.

10) J Lee, KH Kwon(2022), Good ingredients from foods to vegan cosmetics after COVID-19 pandemic, *Journal of Cosmetic Dermatology*, 21(8), pp.3190-3199.

11) Data Bridge Market Research, 글로벌 식물성 기능성 식품 성분 시장 통계자료, 2021.09.

12) 메저커머스, 2022년 1~4월 올리브영 제품 분석 보고서, 2022.06.01.

13) Cinthia Fernanda Zanatta(2010), Rheological behavior, zeta potential, and accelerated stability tests of Buriti oil (*Mauritia flexuosa*) emulsions containing lyotropic liquid crystals, *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 36(1), pp.93-101.

이는 분석에 대한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 선행 연구에서 보고된 액정 형성에 우수한 효능을 보인 다양한 계면활성제와 탄소 개수 별 고급 지방산과 고급 알코올을 이용하여 액정 형성과 물성의 특징을 분석하여 액정 에멀전 형성 및 안정도에 적합한 성분을 확인한다. 액정 에멀전의 형성과 안정도에 우수한 성분과 조성비를 이용하여 액정 에멀전을 제조 후 식물성 유효 성분인 바쿠치올을 함유하여 다양한 기기 분석과 임상 실험을 통해 액정 에멀전이 바쿠치올 피부 흡수율을 높이는 전달 체로써 적합한지 확인하며, 액정 에멀전의 화장품에서의 응용 가치와 잠재적 가능성을 탐색함으로써 향후 관련 산업에 유용한 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

## 2. 연구의 목적 및 내용

본 연구는 액정 에멀전의 제조와 형성에 영향을 미치는 성분을 항목별로 조성 비율을 다양하게 처방하여 실험하고, 에멀전의 액정 형성 정도와 안정성 분석을 위하여 인체 피부 보습 실험, 인공 피부 흡수 실험, 여러 가지 고성능 분석 장비들을 이용하여 효율적 피부 흡수에 용이한 라멜라 액정 구조를 확인한 후 최근 소비자들이 많이 선호하는 식물성 유효 성분인 바쿠치올(Bakuchiol)의 경피 전달 시스템(Trans Dermal Delivery System)로서 액정 에멀전의 활용 가치를 검증 하고자 하는데 목적이 있다.

첫째, 여섯가지의 계면활성제 (TegoCare450 3%, Nikkolipid81s 4%, Heliosoft 4%, PhytoCare 4%, Montanov202 4%, Olivem1000 4%), 다섯가지의 고급 알코올 (Myristyl alcohol 3%, Cetyl alcohol 3%, Stearyl alcohol 3%,

Cetearyl alcohol 3%, Behenyl alcohol 3%), 네가지의 고급 지방산 (Lauric acid 1%,

Myristic acid 1%, Palmitic acid 1%, Stearic acid 1%) 종류별 및 피토스테롤의 함량 (Phytosterol 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%), 세라마이드의 함량 (Ceramide NP 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%), 수소화 레시틴의 함량 (Hydrogenated Lecithin 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%) 함량별로 30가지의 액정 에멀전을 제조하고자 한다.

둘째, 제조된 30가지의 액정 에멀전을 액정의 광학 이방성 특징을 이용하여 편광현미경으로 Maltese cross 무늬를 관찰하여 액정 형성을 확인하였다.

30종 액정 에멀전의 시간 변화에 따른 레올로지(Rheology) 특성을 레오미터로 E.I(Elastic Index)지수, M.V.I(Microscopic Viscosity Index)지수, S.L.B(Solid Liquid Balance)값을 측정하며 터비스캔을 이용하여 가혹 조건과 시간 변화에 따른 안정도를 알아본다.

셋째, 제조된 30종의 액정 에멀전을 편광현미경, 레오미터, 터비스캔 등의 기기분석을 통한 액정 형성 및 안정도에 있어 각 측정 항목에서 공통적으로 양호한 결과를 통합하여 바쿠치올이 2% 들어간 액정 에멀전과 바쿠치올이 2% 들어간 일반 에멀전을 제조하고자 한다.

넷째, Cryo-SEM(Cryogenic Scanning Electron Microscope)과 SAXS(Small and Wide Angle X-ray Scattering)기기를 사용하여 제조한 바쿠치올 액정 에멀전의 구조 및 라멜라 구조 형성을 확인하고자 한다.

다섯째, HPLC(High-Performance Liquid Chromatography)을 이용하여 바쿠치올 액정 에멀전과 일반 에멀전의 바쿠치올 함량 안정성을 비교 분석하고자 한다.

여섯째, 바쿠치올 액정 에멀전의 피부 투과율 및 효능을 알아보하고자 Franz diffusion cell을 이용하여 바쿠치올 액정 에멀전과 일반 에멀전의 피부 투과량

을 비교 분석하고 인체 적용 시험으로 Corneometer® CM 825를 이용하여 피부 수분 함량 측정하고 Tewameter TM-300을 이용하여 수분 장벽 개선 측정하여 일반 에멀전과 액정 에멀전의 효능을 알아본다.

## II. 이론적 배경

### 1. 화장품 산업과 기술

#### 1) 화장품 산업 동향

아름다움과 젊음을 유지하고자 하는 욕구는 인간의 기본적인 욕구의 하나로 이것을 충족시키기 위한 화장기술은 인류의 역사와 함께 해왔다. 고대 이집트 시대에도 식물 추출물을 이용한 화장수를 사용한 기록들이 있으며 이목구비의 강조부터 피부 보습까지 다양한 화장기술이 시도되었다<sup>14)</sup>. 사람들의 건강, 외모, 청결에 대한 관심이 증대함에 따라 화장품 산업의 규모는 매해 증가하고 있으며 이것은 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 추세를 보이고 있다. 한국 화장품 산업의 시장규모는 2015-2019년의 기간 동안 평균 4% 성장을 보였으며 2023년에는 미국, 유럽, 일본 등의 수출 증가로 222년보다 6.4%가 증가하면서 세계 4위를 기록하는 등 한국 경제 성장에 주요 산업 중 하나로 자리 잡았다<sup>15)</sup>. 높은 경제 수준과 고령화로 인하여 아름답게 나이 들고 싶다는 욕구가 나타나면서 고기능성 화장품 즉 코스메슈티컬(Cosmeceutical) 화장품이 등장하였다. 이는 화장품(Cosmetics)과 의약품 (Pharmaceutical)의 합성어로 피부과 전문의인 앨버트 클리그먼(Albert Kligman)에 의해 정립되었고 화장품의 안전성과 의약품의 효과성을 같이 볼 수 있는 고기능성 화장품을 의미한다<sup>16)</sup>. 소

---

14) 박윤미, 장성호(2022), 코스메슈티컬 제품 소비가치가 구매의도에 미치는 영향: 제품 신뢰도의 매개효과, *한국콘텐츠학회논문지*, 22(12), pp.421-432.

15) 식품의약품안전처, 화장품 산업의 주요 통계 보도자료, 2024.05.02.

16) 정지연,한효선(2014), 화장품의 경피 흡수에 대한 최신 연구 동향, *아시안뷰티화장품학술지*, 12(5), pp.597-605.

비자들의 이러한 고기능성 화장품에 대한 욕구가 늘어나면서 고기능성 화장품에 대한 연구 개발이 활발하게 이루어지고 있으며 고기능성 화장품 신소재 개발과 더불어 실제적으로 피부에 적용 시 경피 흡수율을 높이는 기술이 중요한 과제로 자리잡고 있다<sup>17)</sup>. 따라서 화장품 산업에서는 효능 증거주의 요구에 따라 피부 기전 연구 등 과학화가 강화되고 있으며 물리적, 기능적 특성을 향상시키고자 하는 다양한 약물 전달 시스템(Drug delivery system; DDS)이 개발되고 있다<sup>18)</sup>.

## 2) 화장품 기술 현황

인구의 수명이 연장되면서 고령화로 인하여 제약과 바이오 업계 산업의 규모가 커지며 여러 신약의 개발과 함께 그 효과를 향상 시키는 ‘약물전달 시스템(Drug delivery system; DDS)’이 주목받고 있다. 2023년도 기준 세계 약물 전달 시스템 시장 규모는 427억 1천 달러로 평가되었으며 2032년까지 633억 8천 달러까지 성장할 것으로 예측된다<sup>19)</sup>. 약물 전달 시스템은 약리학적 활성을 갖는 물질을 안전하고 효과적으로 목표 부위까지 전달하고 또한 그 방출을 제어할 수 있는 기술 및 소재를 말한다<sup>20)</sup>. 화장품 산업에서 약물 전달 시스템은 유효 성분의 효과적인 적용을 위해 피부장벽을 극복하는 데 중점을 두고 집중적으로 연구되어 왔다<sup>21)</sup>. 화장품 산업은 제품에 새롭고 효과적인 활성 성분을 개발하고 통합하는데 상당한 진전을 이루었지만 피부의 장벽 기능은 이러한 활성 성분의 침투 및 흡수에 있어 여전히 제한 요소이다<sup>22)</sup>. 통상적으로 경피

17) 장정윤,송정현(2023), 포스트코로나 시대의 한국 화장품 산업 발전 방안 제언, *동아시아일본학회지*, 87(1), pp.225-248.

18) 피부기반기술개발산업단, 국내외 화장품 기술 및 소재 연구개발 동향 보도 자료,(검색날짜:2024.08.30.).

19) fortune business insights,약물 전달 시스템 시장 규모, 점유율 및 산업 분석, (검색날짜:2024.08.04.).

20) Kim, B., Cho, H. E., Moon, S. H., Ahn, H. J., Bae, S. H., Cho, H. D., & An, S. K. (2020), Transdermal delivery systems in cosmetics, *Biomedical Dermatology*, 4(1), pp.1-12.

21) AntunesI, A. F. (2017), Nanosystems for Skin Delivery: From Drugs to Cosmetics, *Current Drug Metabolism*, 18(1), pp.412-425.

흡수는 표피 및 부속 기관을 투과하여 진피까지 확인된다고 알려져 있으나, 피부 부속기관은 피부에서 차지하는 면적이 작아 약물 흡수에는 큰 영향을 미치지 못한다. 그러므로 화장품의 유효 성분이나 약물은 대부분 표피의 각질세포 사이로 투과된다고 할 수 있으나 각질층의 장벽기능으로 유효 성분 및 약물의 투과 가능성은 거의 희박하다고 볼 수 있다. 따라서 화장품 산업에서는 피부 장벽을 보호하면서 유효 성분의 경피 흡수를 높여 유효성분의 효과를 높이는 기술을 추구하고 있다<sup>23)</sup>. 화장품 산업에서 약물 전달 시스템으로 리포솜이 많이 활용되었으나 <Figure 1>과 같이 리포솜의 변형으로 피부를 통해 유효 성분 및 약물을 침투 또는 활성 성분을 용이하게 하는 니오솜, 에토솜 등 여러 가지 약물 전달 시스템이 개발되었다<sup>24)</sup>. 원하는 표적과 적용 유효 성분 에 맞는 약물 전달 시스템을 적용하는 것이 중요하며 다양한 약물 전달 시스템은 화장품과 의약 산업에서 활발하게 사용되고 있다<sup>25)</sup>.

#### (1) 리포솜(Liposome)

리포솜은 화장품의 활성 성분을 위한 약물 전달 시스템으로 많이 사용되어 왔다. 리포솜은 구형으로 배열된 인지질 막으로 구성되어 있으며 친수성과 친유성을 모두 지니고 있어 수상 중심부에는 수용성 성분을 봉입하고 인지질 이중 막에는 지용성 성분을 봉입한다<sup>26)</sup>. 리포솜은 수용성, 지용성, 약물, 백신 등

22) Damiri, F.(2022). Microneedle-Based Natural Polysaccharide for Drug Delivery Systems (DDS): Progress and Challenges. *Pharmaceuticals* (Basel, Switzerland), 15(2), pp.2-26.

23) 안소연(2023), 화장품 소재로의 생체분자 활용 동향, *한국산학기술학회논문지*, 24(2), pp.21-31.

24) Wiranowska, M. (2020), Preferential drug delivery to tumor cells than normal cells using a tunable niosome - chitosan double package nanodelivery system: a novel in vitro model, *Cancer Nanotechnology*, 11(3), pp.2-30.

25) 광경민(2023), 나노기술 기반 약물전달시스템 연구의 최근 동향, *한국생물공학회지*, 38(4), pp.203-211.

26) Amoabediny, G. (2018), Overview of preparation methods of polymeric and lipid-based (niosome, solid lipid, liposome) nanoparticles: A comprehensive review, *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 67(6), pp.383-400.

여러 물질 봉입이 가능하며 리포솜의 이중막을 강화시켜 이중막의 견고성을 높여 봉입물질의 방출을 조절할 수 있다<sup>27)</sup>.

### (2) 에토솜(Ethosome)

에토솜은 리포솜과 동일한 구성을 가진 소포체이지만 에탄올과 물의 농도가 비교적 높다<sup>28)</sup>. 에탄올이 지질을 유동화하는 효과로 인해 에토솜은 피부의 더 깊은층까지 흡수가 가능하며 알코올이 존재하면 소포막의 유연성도 증가하여 더 탄력있는 세포체가 형성된다<sup>29)</sup>. 현통일(2021)의 세라마이드를 함유한 에토솜의 피부 흡수 실험 결과 세라마이드를 에토솜에 적용하였을 때 피부 흡수율이 최대 14.98% 증가하는 실험 결과가 있다<sup>30)</sup>.

### (3) 트랜스퍼솜(Transfersome)

트랜스퍼솜은 리포솜과 형태적으로 동일하나 이중층에 의해 둘러 쌓여 있는 수분을 함유한 핵을 가지고 있는 변형이 가능한 소포체로, 적용력과 압력의 반응성을 가지고 있다<sup>31)</sup>. 트랜스퍼솜은 리포솜보다 막의 유연성으로 인해 크기보다 5-10배 작은 직경의 기공을 통해 침투할 수 있다. 트랜스퍼솜의 유연성은 적합한 계면활성제 성분을 적정 비율로 조합하여 얻어질 수 있다<sup>32)</sup>. 그

---

27) Naoto Oku(2017), Innovations in Liposomal DDS Technology and Its Application for the Treatment of Various Diseases, *The Pharmaceutical Society of Japan*, 40(2), pp.119-127.

28) Cortesi R.(2010), Liposomes- and ethosomes-associated distamycins: A comparative study, *Journal of Liposome Research*, 20(4), pp.277-285.

29) Garg, S. (2024), Innovative Vesicular Drug Delivery Systems: Unleashing the Power of Nanocarriers, *International Journal of Pharma Professional's Research*, 15(1), pp.72-87.

30) 현통일(2021), 세라마이드 함유 에토솜의 물성과 피부흡수, *한국응용과학기술학회지*, 38(3), 801-812.

31) Simrah, A.(2024), Transfersome, an ultra-deformable lipid-based drug nanocarrier: an updated review with therapeutic applications, *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 397(2), pp.639-673.

32) Muhammad Waseem Akram(2022),Transfersomes: a Revolutionary Nanosystem for Efcient

결과 비 폐쇄 조건하에서 피부 내 소포체의 파괴 위험을 줄일 수 있고, 활성 물질을 보호 해주면서 점차적으로 방출한다<sup>33)</sup>. 이은희(2023)의 병풀추출물의 적용한 리포솜과 트랜스퍼솜의 안정도 및 피부 흡수율을 비교 실험 한 결과 트랜스퍼솜이 리포솜에 비해 안정도와 피부 흡수율이 우수한 것을 확인할 수 있다<sup>34)</sup>.

#### (4) 니오솜(Niosome)

니오솜은 비이온성 계면활성제로 구성된 이중막 수송체이다. 니오솜은 콜레스테롤이 포함된 단일 또는 이중 알칼 사슬 비이온성 계면활성제로 구성되어 있기 때문에 구조와 물리적 특성 면에서 리포솜과 유사하다<sup>35)</sup>. 니오솜은 리포솜에 대한 효과적인 대안으로 안정성이 더 높고 인지질 성분의 다양한 순도 및 높은 비용과 같은 리포솜의 단점을 보완한다<sup>36)</sup>.

---

Transdermal Drug Delivery, *AAPS PharmSciTech*, 23(7), pp.1-18.

33) Simrah, A.(2024), Transfersome, an ultra-deformable lipid-based drug nanocarrier: an updated review with therapeutic applications, *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 397(2), pp.639-673.

34) 이은희(2023), Edge Activator에 따른 병풀추출물 함유 트랜스퍼솜의 물리화학적 특성과 피부흡수, *대한화장품학회지*, 49(2), pp.147-157.

35) Ritwiset, A. (2016), Molecular structure and dynamical properties of niosome bilayers with and without cholesterol incorporation: A molecular dynamics simulation study, *Applied Surface Science*, 380(1), pp.21-31.

36) Moghasseni, S. (2014), Nano-niosomes as nanoscale drug delivery systems: An illustrated review, *Journal of Controlled Release*, 185(1), pp.22-36.

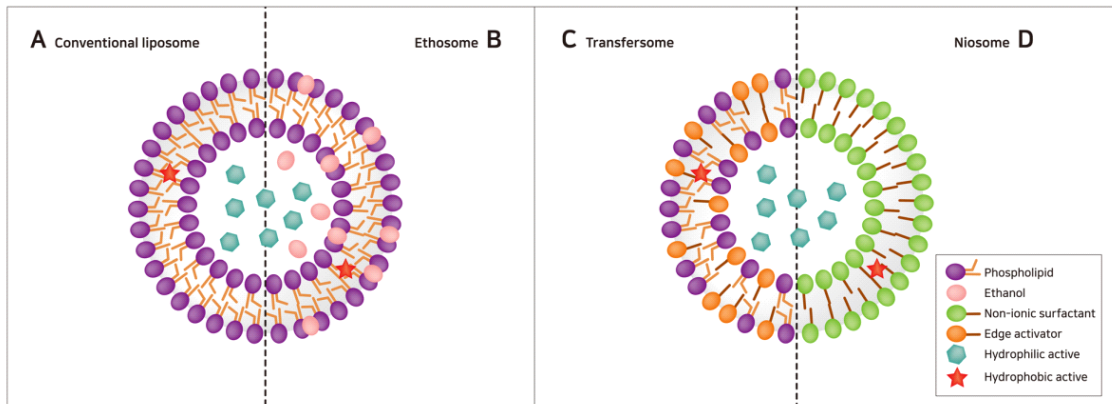


Figure 1. Schematic Representation of the Different Types of Lipid-based Vesicular Delivery Systems<sup>37)</sup>

## 2. 피부

### 1) 피부 구조

사람의 피부는 신체의 최외각에 존재하여 인체를 감싸고 있는 얇은 막과 같은 구조의 조직으로서 인체 재생 및 보호 등 중요한 역할을 담당하고 있다<sup>38)</sup>. 피부의 총 면적은 성인의 경우 약 1.6-1.8m<sup>2</sup>이다. 피부의 무게는 몸무게의 약 7%를 차지하며 피부의 두께는 부위, 성별, 연령에 따라 차이가 있다. 가장 두꺼운 부위인 손과 발은 약 6mm이며, 평균 약 1.2mm의 두께를 지니고 있다<sup>39)</sup>. 피부는 표피, 진피, 피하지방의 3개 층과 피부 부속기관인 혈관과 신경, 림프관, 한성, 피지선, 털 등으로 이루어져 있다<sup>40)</sup>.

37) Kim, B.(2020), Transdermal delivery systems in cosmetics, *Biomedical Dermatology*, 4(1), pp.1-12.

38) 고계숙 외 (2000), 피부과학, 수문사, 파주, pp.20-50.

39) 김주덕(2016), 최신화장품학, 광문각, 파주, pp.18-19.

피부 변화는 외부 환경에 대응하기 위해 인체 내부의 항상성을 유지하기 위한 장벽의 기능, 외부 환경의 변화를 인지하기 위한 감각 기능, 체온 조절 기능이 피부의 가장 대표적인 기능에 속하여 피부의 대표적인 기능 모두 외부 환경 변화에 대응하기 위해 인체 내부의 기능을 유지하는 항상성 역할을 한다. 다양한 피부의 기능 중 특히 피부의 장벽 기능은 주로 피부의 가장 외각에 위치하는 각질층에 의해 나타나게 된다<sup>41)</sup>.

## 2) 피부 각질층(Stratum corneum)

피부의 최외각층에 위치한 각질층은 피부 내 수분을 유지하고 다양한 외부 스트레스로부터 피부를 보호함으로써 소위 피부장벽의 역할을 한다<sup>42)</sup>. 각질층은 각질세포와 세포 간 지질로 구성되어 있다. 각질세포는 핵이 사라지고 죽어버린 표피 세포이며 각질층에서 층층이 쌓여 있기 때문에 각질층의 수화 역할을 하면서 자외선이나 외부 물리적인 성분의 자극으로부터 장벽의 역할을 하게 된다. 세포 간 지질은 각질층의 세포 이외의 영역으로 지질의 2중층이 각질세포 간 사이를 채우고 있는 구조이다. 이러한 구조는 체내의 수분 증발로부터 보호하고 외부 물질로부터의 장벽 기능의 역할을 한다고 알려져 있다<sup>43)</sup>. 세포 간 지질은 세라마이드, 콜레스테롤, 고급 지방산 성분으로 구성되어 라멜라 구조를 이루고 있다<sup>44)</sup>. 구조에 의해 수분을 유지하기 위한 보습 기능과 체외로부터의 이물질 침입, 체내로부터의 수분 증발을 막는 장벽 기능을

40) 하병조 외 (2002), 화장품 화학, 수문사, 파주, pp.40-42.

41) 장세규, 김현정(2009), 피부장벽과 각질세포간 지질, *한국피부장벽학회지*, 11(1), pp.13-27.

42) 김도훈, 오성근(2009), 세라마이드를 함유한 안정한 라멜라 구조체 제조 및 분산, *대한화장품학회지*, 35(3), pp.171-177.

43) Lee, S. H., & Jeong, S. K. (2006), An update of the defensive barrier function of skin, *Yonsei medical Journal*, 47(3), pp.293-306.

44) 허민근, 윤경섭(2021), Ceramide NP를 함유한 PLO Gel 에서 형성되는 액정에 관한 연구, *대한화장품학회지*, 47(1), pp.85-92.

갖고 있다. 피부 라멜라 구조는 <Figure 2>와 같다.

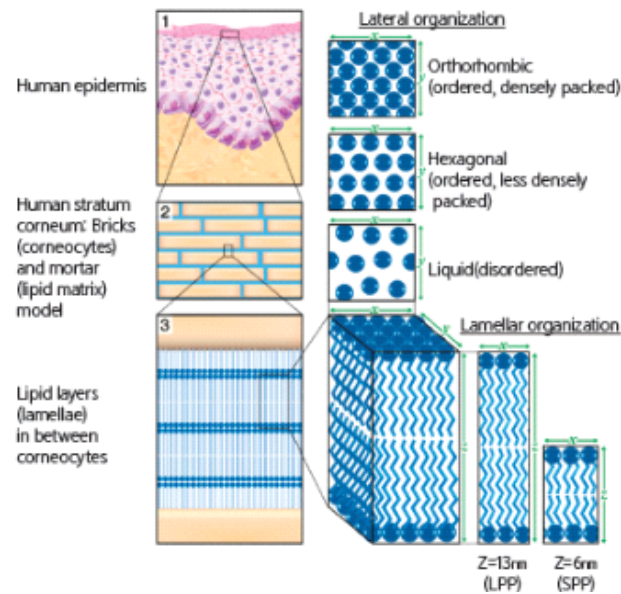


Figure 2. Explanation of the Lipid Organization in Human Stratum Corneum<sup>45)</sup>

### 3) 피부 장벽과 라멜라 구조

피부의 주요 기능은 신체와 외부 환경 사이에 장벽을 제공하는 것이다. 장벽은 자외선(UV), 화학 물질, 알레르기 유발 물질 및 미생물의 투과와 수분 및 신체 영양소의 손실을 보호한다<sup>46)</sup>. 피부 장벽은 표피층의 최외각에 위치하여

45) Janssens, M(2012), Increase in short-chain ceramides correlates with an altered lipid organization and decreased barrier function in atopic eczema patients, 53(12), *Journal of Lipid Research*, pp.2755-2766.

46) Benson, H. A. E. (2012), *Transdermal and Topical Drug Delivery Principles and Practice*, JWILEY, Hoboken, pp.287-308.

외부로부터 장벽의 역할을 하는 각질층을 말한다. 각질층은 각질세포와 세라마이드, 콜레스테롤과 자유 지방산으로 구성된 라멜라 구조로 형성되어있다<sup>47)</sup>. 이들은 벽돌과 그 사이를 시멘트가 메워주는 구조(Bricks and mortar model)처럼 각질세포 사이를 세포간 지질이 메워줌으로써 매우 단단한 장벽 층을 이루고 있고 있어 외부의 미생물 감염 및 유해 물질 노출로부터 피부를 보호하고 수분 손실을 방지하는 역할을 한다<sup>48)</sup>. 피부 대부분의 생체막은 양치매성인 포스파티딜콜린, 포스파티딜세린 등의 인지질, 스핑고미엘린, 콜레스테롤을 함유하고 있어 물에 잘 녹고 분자량이 낮은 물질에 대한 투과성이 강해 장벽으로서의 역할을 잘 수행하지 못하나 각질층의 지질은 세라마이드, 콜레스테롤, 고급 지방산 등으로 구성되어 직선으로 연결되어 있어 친수성 물질의 투과를 억제하는 피부 장벽으로써 우수한 기능을 수행하게 된다<sup>49)</sup>. 지질 함량은 피부의 장벽 기능과 직접적으로 관련이 있으며 <Figure 3>와 같이 세포 간 지질은 장주기 단계(LPP; 13nm) 및 단주기 단계(SPP; 6nm)라고 하는 긴 또는 짧은 반복 거리를 가진 특정 층상 구조로 배열된다. SPP는 수분 함량 유지에 기여하는 반면, 본질적으로 아실세라마이드로 구성된 LPP는 핵심적인 장벽 역할을 한다. 아실세라마이드의 부재 또는 감소는 심각한 병리학적 결과와 피부 장벽 기능에 대한 생리적 영향을 초래하게 된다<sup>50)</sup>. 피부 장벽의 구조적 특징으로 인해 피부의 수분 증발은 억제되고, 외부의 유해물질로부터 신체를 효과적으로 보호할 수 있지만 화장품의 유효성분 또한 쉽게 흡수되지 못하게 된다<sup>51)</sup>. 이러한 이유로 화장품 산업에서는 유효성분을 피부에 자극을 주지 않으

47) Rajkumar, J., Chandan, N., Lio, P., & Shi, V. (2023). The Skin Barrier and Moisturization: Function, Disruption, and Mechanisms of Repair. *Skin pharmacology and physiology*, 36(4), pp. 174-185.

48) Benson, H. A. E. (2012), *Transdermal and Topical Drug Delivery Principles and Practice*, JWILEY, Hoboken, pp.287-308.

49) A. V. RAWLINGS(2004), Moisturization and skin barrier function, *Dermatologic Therapy*, 17(1), pp.43-48.

50) Tashiro, T. (2022), Psoriasis and Systemic Inflammatory Disorders, *Molecular Sciences*, 16(3), p.4457.

51) Jungersted, J. M. (2010), Stratum corneum lipids, skin barrier function and filaggrin mutations in

면서 흡수율을 높여 효과를 최대화 하기 위한 피부 전달 시스템에 대한 연구가 꾸준히 이어지고 있다<sup>52)</sup>.

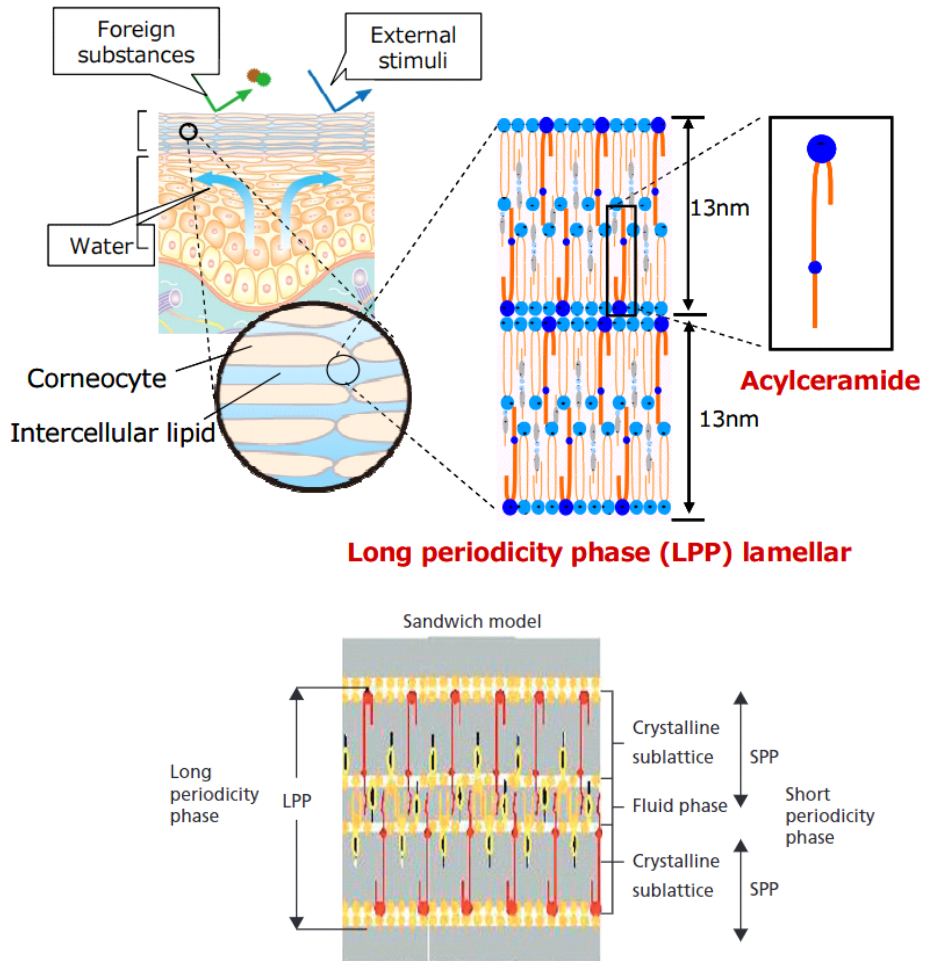


Figure 3. Structure of Lamellar Consists <sup>53)</sup>

patients with atopic eczema, *Allergy*, 65(7), pp.911-918.

52) 정지연, 한효선(2014), 화장품의 경피 흡수에 대한 최신 연구 동향, *아시안뷰티화장품학술지*, 12(5), pp.597-605.

53) Tashiro, T. (2022), Psoriasis and Systemic Inflammatory Disorders, *Molecular Sciences*, 16(3), p.4457.

### 3. 경피흡수

경피흡수란 피부 표면에 접촉한 외부 물질이 피부 내로 들어와서 표피를 지나고 진피에 이르거나 부속기관(모낭, 한선, 피지선)을 지나 진피에 이르는 것을 말한다<sup>54)</sup>. 부속기관은 피부 표면적의 0.1%를 차지하므로 이를 통한 피부 흡수량은 매우 적기 때문에 대부분의 성분들은 각질층을 통해 흡수된다. 이 경로는 <Figure 4>와 같이 Transcellular(각질세포 직접 통과)와 Intercellular(각질세포 사이 비극성 지질층 통과)로 나누어진다<sup>55)</sup>. 경피흡수는 수용성보다는 피지와 유사한 지용성이 잘 흡수되며, 분자 크기가 작은 것이 잘 흡수된다. 각질층의 두께에 따라서도 흡수량이 달라지게 되는데 각질층이 얇은 얼굴이나 점막 피부에서는 흡수가 매우 잘 되는 반면 각질층이 두꺼운 손과 발바닥에는 흡수가 비교적 잘되지 않는다<sup>56)</sup>.

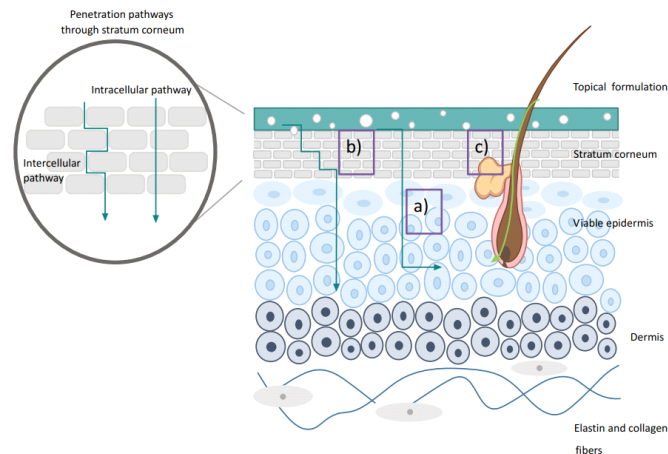


Figure 4. Routes of Skin Permeation<sup>57)</sup>

54) 김기연 외(2001), 피부과학, 수문사, 파주, pp.20-60.

55) 김은주(2010), 마이크로니들 시술에 의한 발효제품의 피부 재생 및 항상성 강화 기술, *한국생물공학회지*, 25(2), pp.116-122.

56) 하병조 외(2002), 화장품 화학, 수문사, 파주, pp.20-30

57) Antunes I, A. F. (2017), Nanosystems for Skin Delivery: From Drugs to Cosmetics, *Current Drug Metabolism*, 18(1), pp.412-425.

## 1) 각질층을 통한 흡수

각질층을 통한 흡수는 각질 세포 자체를 통과 하거나 각질 세포 간 지질을 통해 이루어진다<sup>58</sup>). 각질형성세포는 거의 결정구조인 keratin으로 구성되어있어 세포 내를 통과하기 어렵기 때문에 intercellular 경로가 주된 흡수 경로라고 할 수 있다<sup>59</sup>). 각질층에서 성분의 확산(Diffusion)과 분배(Division)가 이루어져 침투가 발생하고 표피를 통해 진피로 흡수되어 진피에서 모세혈관으로 흡수된 후 전신(Systemic circulation)으로 전달된다<sup>60</sup>). 표피와 진피에서는 성분이 각질층보다 이동이 빠르며 모세혈관으로의 전달도 용이하다. 각질층을 통한 흡수는 피부 부속기를 통한 흡수보다 속도는 느리지만 표면적이 넓기 때문에 상대적으로 피부에서 차지하는 흡수가 크다<sup>61</sup>).

## 2) 피부 부속기를 통한 흡수

피부 부속기를 통한 피부 흡수는 모낭과 피지선, 한선 등의 면적은 피부 표면적의 0.1%를 차지하므로 경피 흡수에서 차지하는 비율은 낮다<sup>62</sup>). 그러나 이온화된 약물이나 일부 수용성 약물들은 피부 부속기관을 통한 흡수 속도가 각질을 통한 흡수보다 빠르다<sup>63</sup>). 또한 피부 부속기는 표피부터 진피까지 구조적으로 길게 뻗어 있고 모낭의 밑 부분은 진피층 아래인 피하조직과 연결되어 있으며 각질층 보다 장벽 기능이 약화되어 있다<sup>64</sup>). 이러한 이유로 피부 부속

58) 권혜영 외(2014), 피부과학(개정판), 메디시언, 파주.

59) 정지연, 한효선(2014), 화장품의 경피 흡수에 대한 최신 연구 동향, *아시아뷰티화장품학술지*, 12(5), pp.597-605.

60) Ana F, op.cit, pp.412-425.

61) Engebretsen, K. A. (2016), Skin Barrier Function and Allergens, *Current Problems in Dermatology, Children (Basel)*, 49(1), pp.382-402.

62) 권혜영 외(2014), op.cit.

63) 하병조 외(2002), 화장품 화학, 수문사, 파주. pp.20-30.

64) 김기연 외(2001), 피부과학, 수문사, 파주. pp.45-60.

기를 통한 흡수는 피부 전체에서 비율은 매우 낮지만, 물질의 흡수 속도가 빠르며 용이하다는 장점이 있다<sup>65)</sup>.

#### 4. 액정(Liquid Crystal)

액정이란 겉으로 보이는 특징은 액체와 같으나 구조적 특성은 결정의 대칭점을 부분적으로 갖는 고체와 액체의 중간상이다<sup>66)</sup>. 순수한 물질이 원칙적으로 취할 수 있는 세가지 상태를 물질의 삼태라고 한다. 고체, 액체, 기체는 세가지 물질의 상을 구성하는 단위들이 각 상에서 다른 정도의 질서를 갖기 때문에 구분 된다. 고체는 기본 구성 단위가 3차원에서 주기적인 배열을 하고 있어 위치 뿐만 아니라 방향에 대한 장거리 질서를 보유하고 있다. 그러나 액체와 기체 상태에서는 장거리 질서가 존재하지 않으며 고체에 비해 상대적으로 쉽게 변형될 수 있다. <Figure 5>와 같이 액정은 고체와 액체의 중간 상태로 고체와 같이 분자의 배열이 일관성 있게 규칙적이지 않으며 액체보다는 규칙적으로 배열된 상태를 갖고 있다<sup>67)</sup>. 액정은 1888년 오스트리아 식물학자 F. Reinitzer가 콜레스테롤에서 두 개의 녹는 점을 발견하고 이것을 1889년 독일 물리학자 O. Lehmann이 광학적으로 분석하여 발견하게 되었다<sup>68)</sup>. <Figure 6>과 같이 온도 전이형 액정(Thermotropic LC)과 농도 전이형 액정(Lyotropic LC)으로 구분한다. 온도 전이형 액정은 열에 의해서만 분자 구조

---

65) Kim, B. (2020), Transdermal delivery systems in cosmetics, *Biomedical Dermatology*, 4(1), pp.1-12.

66) Aytakin, M., & Gursoy, R. N. (2013), Formulation and characterization of liquid crystal systems containing azelaic acid for topical delivery, *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 39(2), pp. 228-239.

67) Rajak, P., & Nath, L. K. (2019), Liquid Crystals: An Approach in Drug Delivery, *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 81(1), pp.11-19.

68) Rodrigues Ueoka, A. (2018), Development and Stability Evaluation of Liquid Crystal-Based Formulations Containing Glycolic Plant Extracts and Nano-Actives, *Cosmetics*, 5(2), pp.1-7.

가 바뀌고, 농도 전이형 액정의 경우에는 임계 농도치 이상으로 용해되었을 때, 여러 영향에 의해 변하게 된다<sup>69)</sup>.

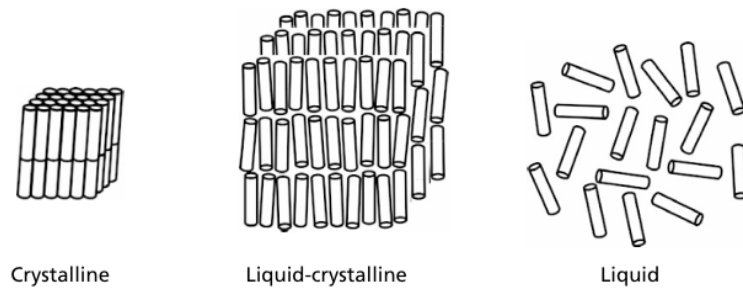


Figure 5. Schematic of Typical Crystalline, Liquid Crystalline and Amorphous Systems<sup>70)</sup>

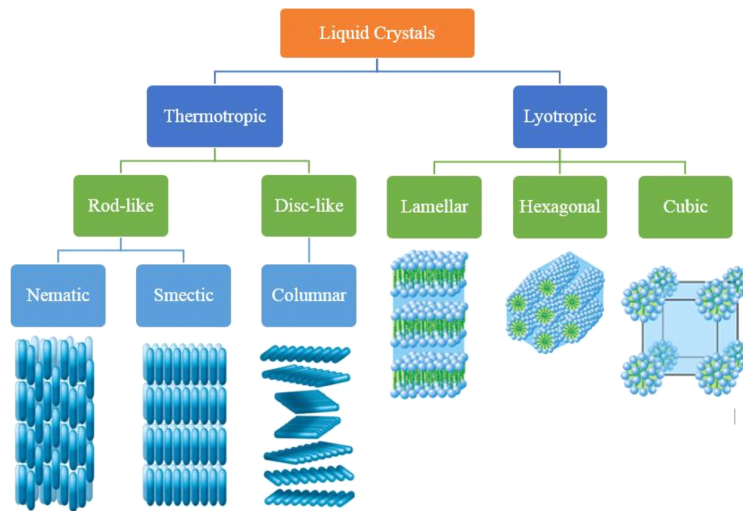


Figure 6. Classification of Liquid Crystal<sup>71)</sup>

69) Damiri, F. (2022). Microneedle-Based Natural Polysaccharide for Drug Delivery Systems (DDS): Progress and Challenges. *Pharmaceuticals* (Basel, Switzerland), 15(2), pp.2-26.

70) Rajak, P., & Nath, L. K. (2019), Liquid Crystals: An Approach in Drug Delivery, *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 81(1), pp.11-19.

71) Tunkara, E. (2017), Lyotropic liquid crystalline (LLC) phosphoric acid-10-laurylether: mesophases,

## 1) 액정(Liquid Crystal)의 종류

액정은 크게 온도 전이형 액정(Thermotropic liquid crystals)과 농도 전이형 액정(Lyotropic liquid crystals)으로 분류된다<sup>72)</sup>. 온도 전이형 액정은 열에 의해서 분자구조가 변하는 액정이며, 농도 전이형 액정은 임계 농도치 이상으로 용해되었을 때 여러 영향에 의해 변하는 액정이다<sup>73)</sup>.

### (1) 온도 전이형 액정 (Thermotropic liquid crystals)

온도 전이형 액정은 일반적으로 막대 모양을 가지는데, 위치 질서의 정도에 따라 네마틱(Nematic)상과 스멕틱(Smectic) 상으로 구분되며, 분자의 카이랄성(Chirality)에 따라 카이랄(Chiral) 액정과 비카이랄(Achiral) 액정으로 분류된다<sup>74)</sup>. 카이랄 네마틱 액정은 콜레스테릭(Cholesteric) 액정으로도 불리는데 이는 처음 발견된 액정인 콜레스테롤이 카이랄 네마틱 액정이었기 때문이다<sup>75)</sup>.

네마틱 상은 단지 방향 질서만을 가지고 있는 액정상이며 스멕틱 상은 방향 질서와 함께 1차원 또는 2차원의 위치 질서를 가지고 있는 상이다<sup>76)</sup>.

네마틱은 그리스 어원으로 ‘실’에서 유래되었다<sup>77)</sup>. 실이 지나가듯이 분자 그

---

proton conductivity and synthesis of transparent mesoporous hydroxyapatite thin films, The Graduate School of Engineering and Science of Bilkent University.

72) Oscar H(2022), Environmentally Responsive Emulsions of Thermotropic Liquid Crystals with Exceptional Long-Term Stability and Enhanced Sensitivity to Aqueous Amphiphiles, *American Chemical Society*, 38(3), pp.957-967.

73) Javaid A(2024), Therapeutic Potential of Molsidomine-Loaded Liquid Crystal Nanoparticles for the Treatment and Management of Niacin-Induced Varicose Veins: In Vitro and In Vivo Studies, *ACS applied bio materials*, 7(11), pp.7306-7323.

74) Miskovic, V., Malafronte, E. (2022), Thermotropic Liquid Crystals for Temperature Mapping, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *Frontiers*, 12(10), p.806363

75) De Gennes, P. G., Prost, J. (1995), The Physics of Liquid Crystals, *Physics Today*, 4(3), pp.70-71.

76) Axenov, K. V., & Laschat, S. (2011), Thermotropic Ionic Liquid Crystals, *Materials*, 4(1), pp.206-259.

롭이 긴 축을 평행하게 하여 자발적으로 배향되지만 층으로 정렬되지 않은 상태이다. 각각의 분자들은 위치가 고정되어 있지 않고 장축 방향으로는 비교적 자유로이 이동할 수 있다. 이 때문에 유동성이 높고 점도는 낮다. 분자들간의 상호작용은 존재하여 방향성을 가지며, 굴절률, 유전율, 자화율 등의 전기광학적 특성들에 대해 이방성을 보인다. 네마틱은 그리스 어원으로 ‘실’에서 유래되었습니다. 실이 지나가듯이 방향 질서만 있고 위치 질서는 없다. 만일 액정 분자들이 위치 질서까지 가지는 경우에는 스멕틱 상으로 불리며, 이는 네마틱 상보다 유동성이 작고 층 구조를 이루는 특징이 있다. 네마틱 액정은 막대 모양의 분자들이 서로 평행하게 스스로 배열하고 있다. 각각의 분자들은 위치가 고정되어 있지 않고 장축 방향으로는 비교적 자유로이 이동할 수 있다. 이와 같은 이유로 유동성이 높고 점도는 낮다. 분자들간의 상호작용은 존재하여 방향성을 가지며, 굴절률·유전율·자화율 등의 전기광학적 특성들에 대해 이방성을 보인다<sup>78)</sup>.

스멕틱이라는 용어는 그리스 어원의 ‘비누’에서 유래되었다<sup>79)</sup>. 분자들은 방향 질서와 함께 위치 질서도 이루고 있으며, 스멕틱 액정은 막대 모양의 분자들이 층 구조를 형성하며 각 층들은 평행으로 배열되고 층 내에서 분자들은 거의 수직으로 서 있는 구조이다<sup>80)</sup>. 분자층 사이의 결합은 비교적 약하여 비누처럼 서로 미끄러지기 쉬운 특성을 가진다. 이와 같은 이유에서 스멕틱 액정은 2차원적으로 유체의 성질을 나타낸다<sup>81)</sup>. 각 층들이 전체적으로는 자유로이 움직이는 반면에 층 내에서 분자들의 이동은 제한되어 네마틱 상에 비하여 약

77) Al Zubi, M. A., Afef, K.(2024), Assorted Spatial Optical Dynamics of a Generalized Fractional Quadruple Nematic Liquid Crystal System in Non-Local Media, *Symmetry*, 16(6), pp.778-797.

78) Zhang, W., & Liu, L. (2013), Study on the Formation and Properties of Liquid Crystal Emulsion in Cosmetic, *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Application*, 3(2), pp.1-6.

79) Neu, Y.-C. (2024), Reversible Molecular Conformation Transitions of Smectic Liquid Crystals for Light/Bias-Gated Transistor Memory, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 16(6), pp.7500-7511.

80) Kawahara, K. (2023), Effects of Smectic Layer Deformation on Mechanical Properties of Glassy Liquid Crystal Polymer Fibers, *Macromolecular Chemistry & Physics*, 224(12), pp.1-7.

81) Popov, P., Mann, E. K., & Jákli, A. (2017), Thermotropic liquid crystal films for biosensors and beyond, *Journal of Materials Chemistry*, 26(1), pp. 5061-5078.

간은 더 단단한 물질을 만들며, 액체에 비하면 점도는 매우 높아 전기광학적 응답 특성을 가지므로 역시 Liquid Crystal Display에 사용된다<sup>82)</sup>. 콜레스테릭(Cholesteric)액정, 혹은 카이랄 네마틱(Chiral nematic)액정은 네마틱 액정에 주기적인 나선 구조를 유도하는 카이랄 첨가물(Chiral dopant)이 첨가된 액정으로, 네마틱 액정의 방향자가 나선 축을 따라 꼬이면서 배열된 나선형의 구조를 가진다<sup>83)</sup>.

콜레스테릭 액정의 나선 방향은 카이랄 단위에 의해 결정되는데, 그 주기를 나선 피치라고 한다<sup>84)</sup>. 피치가 작은 경우, 나선축이 광학적 축으로의 역할을 하며, 콜레스테릭 액정의 광학적 특성은 나선 축의 방향에 의해 결정된다. 즉, 나선 피치에 상당하는 파장의 빛에 대해 카이랄성(Chirality), 편광 및 빛의 선택적인 반사와 색상 조절 특성을 나타나게 된다. 이러한 성질을 이용하여 광모리 소재나 광 기록 매체에 쓰이는 광학 소재로도 사용되며 콜레스테릭 액정은 온도에 따라 색이 민감하게 변하므로, 온도 표시 소자로도 사용된다<sup>85)</sup>. 온도 전이형 액정 분자들의 배열 모습은 <Figure 7>과 같다.

---

82) Popov, P., Mann, E. K., & Jákli, A. (2017), Thermotropic liquid crystal films for biosensors and beyond, *Journal of Materials Chemistry*, 26(1), pp. 5061-5078.

83) Liu K(2014), Thermotropic liquid crystals from biomacromolecules, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(52), pp.185-186.

84) Wang, K. (2024), Research Progress of Electrically Driven Multi-Stable Cholesteric Liquid Crystals, *Materials*, 17(1), pp.136-156.

85) Axenov, K. V., & Laschat, S. (2011), Thermotropic Ionic Liquid Crystals, *Materials*, 4(1), pp.206-259.

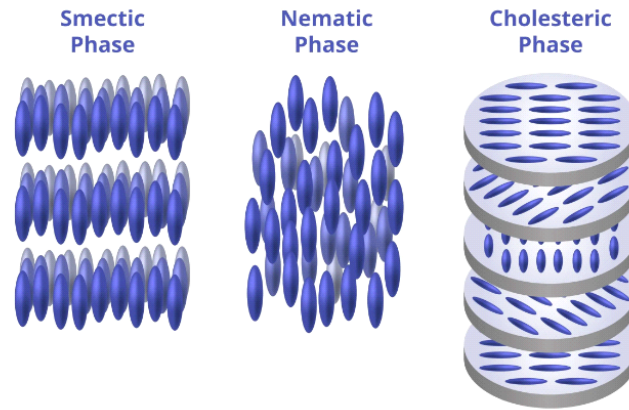


Figure 7. Molecule Arrangement of Thermotropic Liquid Crystal<sup>86)</sup>

(2) 농도 전이형 액정 (Lyotropic liquid crystals)

농도 전이형 액정은 양친매성 물질과 극성 용매에 의해 형성된다.

양친매성 분자는 동일한 분자 내 두가지 길항적 특성, 즉 소수성과 친수성을 모두 가지고 있다. 온도 전이형 액정 중, 스메틱 액정과 유사한 형태를 가지며 양극성 분자의 소수성과 친수성 정도에 따른 균형의 결과물이다<sup>87)</sup>. 양친매성 물질의 농도에 따라 다양한 형태를 보이는데 임계 미셀 농도 미만에서는 양친매성 물질이 용매에 분산되어 있지만 양친매성 물질의 농도가 증가하면서 양친매성 분자들은 공모양으로 배열되기 시작한다<sup>88)</sup>. 바깥쪽은 극성의 머리그룹으로, 안쪽 중심에는 탄화 수소 꼬리가 위치하는데 이를 미셀(Micelle)이라 한다. 미셀이 형성될 때의 농도를 임계미셀 농도라고 한다<sup>89)</sup>. 양친매성 물질의

86) <https://www.smartglassworld.net/liquid-crystal-thermometers>, (검색날짜: 2024.11.23).

87) Zanatta, C. F. (2010), Rheological behavior, zeta potential, and accelerated stability tests of Buri oil (*Mauritia flexuosa*) emulsions containing lyotropic liquid crystals, *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 36(1), pp.93-101.

88) Al-Zuhairy, S. A. S., Kadhun, W. R., Alhijaj, M., Kadhim, M. M., Al-Janabi, A. S., Salman, A. W., Al-Sharifi, H. K. R., & Khadom, A. A. (2023), Development and Evaluation of Biocompatible Topical Petrolatum-liquid Crystal Formulations with Enhanced Skin Permeation Properties, *Journal of Oleo Science*, 71(3), pp.459-468.

89) De Souza, J. F., Pontes, K. D. S., Alves, T. F. R., Amaral, V. A., Rebelo, M. D. A., Hausen, M.

농도가 더 증가하면 구형의 미셀 구조에서 막대형 미셀로 형태가 전이되며 이보다 양친매성 물질의 농도가 더 증가하게 되면 길쭉한 미셀 형태가 육각형 배열을 보이게 된다<sup>90)</sup>. 양친매성 친수성 그룹이 소수성 부분에 대해 충분히 강하지 않을 경우 분자들은 공모양의 베지클(Vesical)을 형성하기 시작하는데 이것은 내부와 외부에 물을 갖는 층을 갖고 있는 양친매성 분자들의 이중층(Bilayer) 구조이다<sup>91)</sup>. 이 구조는 피부의 각질층의 세포간지질의 구조와 매우 유사하여 우수한 사용감과 보습 효과와 친수성 및 소수성 모두 약물 방출 조절이 용이하여 국소 약물 전달 시스템으로 주목 받아왔다<sup>92)</sup>. 농도 전이형 액정 분자들의 배열 모습은 <Figure 8>과 같다.

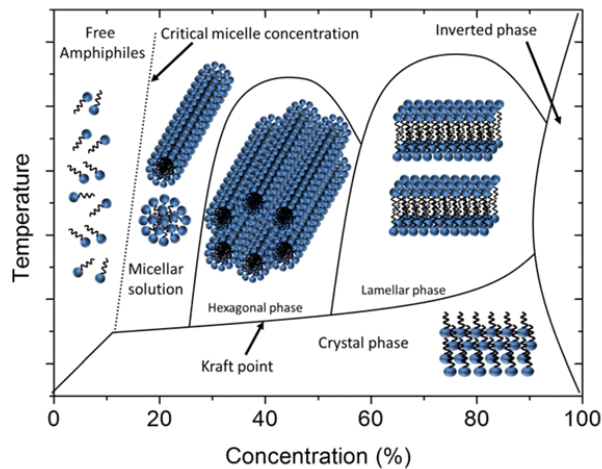


Figure 8. Formation Process Model Lyotropic Liquid Crystal<sup>93)</sup>

A., & Chaud, M. V. (2017). Spotlight on Biomimetic Systems Based on Lyotropic Liquid Crystal. *Molecules*, 22(3), p.419.

90) Dierking, I., & Martins, A. (2020), Novel Trends in Lyotropic Liquid Crystals, *Crystals*, 10(7), pp.1-24.

91) Rodrigues Ueoka, A. (2018), Development and Stability Evaluation of LiquidCrystal Based Formulations Containing Glycolic Plant Extracts and Nano-Actives, *Cosmetics*, 5(2), p.25.

92) Aytekin, M. (2013), Formulation and characterization of liquid crystal systems containing azelaic acid for topical delivery, *Drug Development & Industrial Pharmacy*, 39(2), pp.228-239.

93) Ingo Dierking(2017), Lyotropic Liquid Crystal Phases from Anisotropic Nanomaterials, *Nanomaterials*, 7(10), pp.1-28.

## 2) 액정 에멀전(Liquid Crystal Emulsion) 관련 선행 연구

농도 전이형 액정은 수용성과 지용성 물질을 모두 포함할 수 있고 피부 각질층과 유사한 구조로 피부 흡수가 뛰어나 제약 및 화장품 산업에서는 농도 전이형 액정을 활용한 약물 전달 시스템으로 주목 하고 있으며 관련 많은 연구가 진행되어왔다<sup>94</sup>). *p*-aminobenzoic acid(PAPB) 성분은 화장품, 건강 보충제 및 피부 질환 의약품의 활성 성분으로 효능은 뛰어 나지만 친수성 성분으로 각질층의 장벽을 극복하기 어려운 성분으로 알려져 있다. Abbas Washeel Salman(2023) 연구에서는 액정 에멀전에 PAPB를 적용하여 피부 흡수율을 높인 연구를 발표 하였다<sup>95</sup>). Jeffrey Rajkumara Neha Chandan(2023) 연구에서는 액정 에멀전을 도포하였을 때 대조군 크림에 비해 각질층의 수화가 상당히 증가하고 적용된 환자의 경피수분손실량(Transepidermal Water Loss, TEWL)을 감소한다고 발표하였다<sup>96</sup>). 또한 Myun Koo Kang(2015)의 연구에서는 레티닐팔미테이트(Retinyl palmitate) 성분을 액정 에멀전에 적용하여 일반 O/W 에멀전 보다 피부 흡수율 및 안정성이 높은 실험을 발표하였다 <sup>97</sup>). 농도 전이형 액정은 피부 라멜라 구조와 유사한 구조로 피부 장벽을 보호하면서 피부 흡수율을 높이는 연구에 많이 사용되고 있다<sup>98</sup>).

---

94) 정진우(2015), 글리시리직에씨드의 경피 전달을 위한 액정 에멀전의 제조와 물리적 특성 및 In Vitro 피부투과 연구, *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea*, 41(4), pp.315-324.

95) Al-Zuhairy, S. A. S.(2023), Development and Evaluation of Biocompatible Topical Petrolatum-liquid Crystal Formulations with Enhanced Skin Permeation Properties, *Journal of Oleo Science*, 71(3), pp.459-468.

96) Rajkumar, J., Chandan, N., Lio, P., & Shi, V. (2023). The Skin Barrier and Moisturization: Function, Disruption, and Mechanisms of Repair. *Skin pharmacology and physiology*, 36(4), 174-185.

97) Kang M. Y.(2015), Effects of Liquid Crystal-Based Formulation on Transdermal Delivery of Retinyl Palmitate and Proliferation of Epidermal Cell, *The Polymer Society of Korea and Springer*, 21(1), pp.44-50.

98) 김인영(2020), 피부모사체 계면활성제를 사용한 라멜라 액정의 생성에 관한 연구, *Journal of the Korean Applied Science and Tech*, 37(3), pp.484-495.

## 5. 바쿠치올(Bakuchiol)

바쿠치올은 Metha et al(1966)에 의해 *Psoralea corylifolia* 씨앗에서 분리된 메로테르펜 페놀이다<sup>99)</sup>. 식물의 산스크리트어 이름인 Bakuchi를 기반으로 Bakuchiol이라고 명명되었다<sup>100)</sup>.

바쿠치올은 일반적으로 *Psoralea corylifolia* 씨앗에서 추출되나 *Pimelea drupaceae*, *Ulmus davidiana*, *Otholobium pubescens*, *Piper longum*에서도 발견된다<sup>101)</sup>. <Figure 9>는 *Psoralea corylifolia*와 *Psoralea corylifolia* 씨앗의 이미지이다. *Psoralea corylifolia*은 고대부터 다양한 질병 치료에 사용된 약용 식물이다. *Psoralea corylifolia*은 인도 아유르베다 및 중국 의학에서 염증 및 피부 질환 치료에 사용되었다<sup>102)</sup>. *Psoralea corylifolia*의 효능에 대한 연구는 최근까지 발표되고 있으며 탈모, 염증, 색소 침착, 습진, 향균 등 다양한 효능을 갖고 있다<sup>103)</sup>. Kirandeep Kaur(2024)의 연구 결과로는 *Psoralea corylifolia*의 유래 바쿠치올은 화상 상처 치료 효능을 확인하였다<sup>104)</sup>.

---

99) 조영호(2011), 보골지 추출물의 피부 투과 촉진 시스템 개발, *Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal*, 26(6), pp.505-512.

100) G Jiangning, W Xinchu(2005), Antioxidants from a Chinese medicinal herb - *Psoralea corylifolia* L, *Food Chemistry*, 91(2), pp.287-292.

101) Adhikari, S.(2003), Antioxidant Activity of Bakuchiol: Experimental Evidences and Theoretical Treatments on the Possible Involvement of the Terpenoid Chain, *Chemical Research in Toxicology*, 16(9), pp.1062-1069.

102) Kurpet, K.(2023), Development of a new chromatographic method for the determination of bakuchiol in cosmetic products, *Nature Portfolio*, 13(1),pp.1-11.

103) Alam, F., Khan, G. N., & Asad, M. H. H. B. (2018). *Psoralea corylifolia* L: Ethnobotanical, biological, and chemical aspects: A review. *Phytotherapy research : PTR*, 32(4), pp.597 - 615.

104) Kaur, K.(2024), Bakuchiol nanoemulsion loaded electrospun nanofibers for the treatment of burn wounds, *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 397(8), pp.6075-6091.



Figure 9. The Image of *Psoralea Corylifolia*<sup>105)106)</sup>

레티놀은 효과적인 노화 예방 성분으로 활용되고 있다. 그러나 레티놀은 피부 홍반, 가려움증, 벗겨짐, 작열감, 민감성 등 피부 부작용이 있다고 알려져 있다<sup>107)</sup>. 피부 노화 방지 제품 시장이 확대됨에 따라 부작용이 제한적인 레티놀 유사 제품에 대한 욕구가 커지고 있다<sup>108)</sup>.

바쿠치올은 레티놀과 유사한 효능을 보여 화장품 산업에서 레티놀 대체제로 많이 이용되고 있다<sup>109)</sup>. 바쿠치올과 레티놀의 구조식은 <Figure 10>과 같다. 바쿠치올과 레티놀 구조를 확인하였을 때, 밀접하게 유사하지는 않다. 하지만 바쿠치올은 레티놀의 유전자 발현 및 단백질 합성 자극의 유사성을 보여 레티놀과 유사한 효능을 가지고 있다고 알려져 있다<sup>110)</sup>. 또한 바쿠치올은 레티놀

105) <https://indiabiodiversity.org/observation/show/1827693>, (검색날짜:2024.10.27.).

106) Chen, L. (2023), *Psoralea corylifolia* L.: a comprehensive review of its botany, traditional uses, phytochemistry, pharmacology, toxicology, quality control and pharmacokinetics, *Chinese Medicine*, 18(4), pp.1-38.

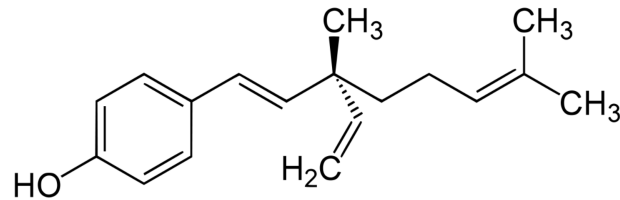
107) 박경덕(2022), 피부과에서의 레티노이드의 사용, *대한의사협회지* 65(5), pp.299-306.

108) 대한화장품협회, COSMETIC REPORT 보도자료, 2022.12.08.

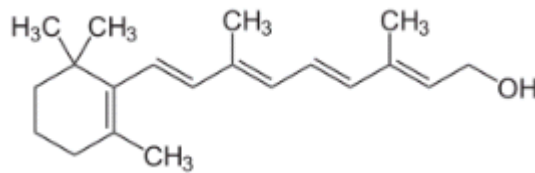
109) Chaudhuri, R. K. (2014), Bakuchiol: a retinol-like functional compound revealed by gene expression profiling and clinically proven to have anti-aging effects, *International Journal of Cosmetic Science*, 36(3), pp.221-230.

110) Dhaliwal, S.(2019), Prospective, randomized, double blind assessment of topical bakuchiol and retinol for facial photoageing, *British Journal of Dermatology*, 180(2), pp.289-296.

에 비해 안정성 및 광안정성이 우수하여 레티놀 대체제로 많은 연구가 진행되어 왔다.



Bakuchiol



Retinol

Figure 10. The Structure of Bakuchiol and Retinol<sup>111)112)</sup>

<Figure 11>은 레티놀 0.5% 함유한 크림과 바쿠치올 0.5% 함유한 크림의 효능 효과를 비교한 S. Dhaliwal(2019)의 연구 결과로 바쿠치올은 레티놀과 유사하게 주름 및 색소 침착을 감소시켰으며 레티놀 보다 피부 자극이 덜하다는 것을 확인 할 수 있다<sup>113)</sup>. Chaudhuri, R. K.(2014)의 연구에서는 바쿠치올이 레티놀 보다 콜라겐 합성 능력이 우수하다고 발표하였습니다<sup>114)</sup>. Martyna

111) <https://en.wikipedia.org/wiki/Bakuchiol>, (검색날짜: 2024.09.23.).

112) <https://en.wikipedia.org/wiki/Retinol>, (검색날짜: 2024.09.23.).

113) Dhaliwal, S.(2019), Prospective, randomized, double blind assessment of topical bakuchiol and retinol for facial photoageing, *British Journal of Dermatology*, 180(2), pp.289-296.

114) Chaudhuri, R. K. (2014), Bakuchiol: a retinol-like functional compound revealed by gene

Kuśmierska(2024)의 연구에서는 바쿠치올은 주름과 색소침착을 줄이는데 효과적이며 레티놀 보다 안전성이 우수한 것을 확인되었지만 광범위한 화장품 분야에서 잠재력을 확인하기 위해서는 심층 연구가 필요하다<sup>115)</sup>.

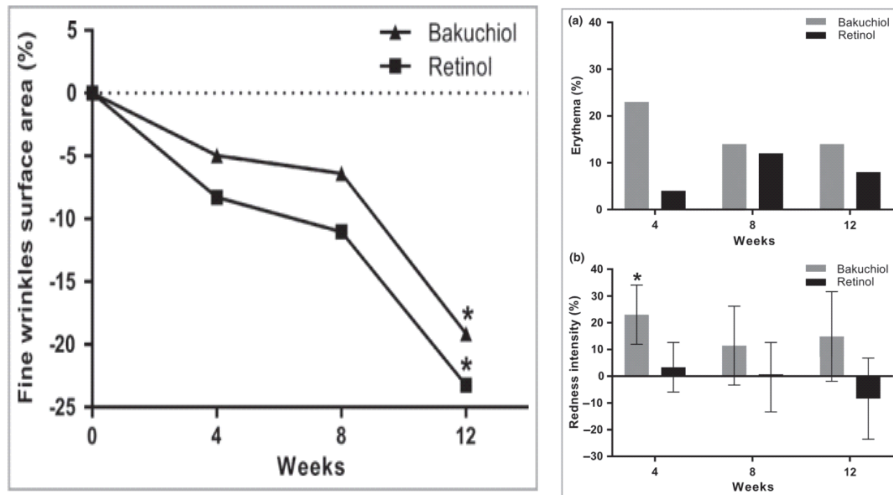


Figure 11. Efficacy between Barkuchiol and Retinol<sup>116)</sup>

expression profiling and clinically proven to have anti-aging effects, *International Journal of Cosmetic Science*, 36(3), pp.221-230.

115) Kuśmierska, M.(2024), Redefining skin health: The potential of plant-based bakuchiol as a sustainable substitute for retinoids, *Our Dermatology Online*, 15(4), pp345-348.

116) Chaudhuri, R. K(2014), Bakuchiol: a retinol-like functional compound revealed by gene expression profiling and clinically proven to have anti-aging effects, *International Journal of Cosmetic Science*, 36(3), pp.221-230.

### Ⅲ. 실험재료 및 방법

#### 1. 용어 정의

본 연구에서 기기 및 시약, 성분 등을 설명하기 위해 필요한 경우 외래어에 대한 약어를 정의하여 사용했으며 주로 사용된 용어는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Definition of Abbreviation

용어	영어 의미	한글 의미
DDS	drug delivery system	약물전달시스템
LCE	Liquid Crystal Emulsion	액정 에멀전
E.I	Elastic Index	액정 에멀전의 점도를 알아보기 위한 시험
M.V.I	Microscopic Viscosity Index	고체와 액체의 성향 정도를 알아보기 위한 시험
S.L.B	Solid-Liquid Balance	고체와 액체의 성향 정도를 알아보기 위한 시험
T.S.I	Turbiscan stability index	터비스캔 안정도 지수
TEWL	Transepidermal Water Loss	경피수분손실량
HPLC	High-Performance Liquid Chromatography	고성능 액체 크로마토그래피

## 2. 실험 재료

본 연구에서는 계면활성제, 고급 알코올, 고급 지방산의 종류와 피토스테롤, 세라마이드, 수소화 레시틴의 함량 다양하게 실험하여 액정 에멀전이 가장 우수한 배합으로 바쿠치올을 함유한 액정 에멀전과 일반 에멀전을 비교하였다. <Table 2>는 실험에 사용된 원료명, 성분명, 제조업체에 대한 정보이다.

<Table 2> Product Names and Manufacturers of Ingredients Used

No	Trade Name	INCI	Manufacture
1	대한약품공업	Water	대한약품공업 KOREA
2	TEA(Triethanolamine)	Triethanolamine	대정 KOREA
3	1.3BG	ButyleneGlycol	OXEA Germany
4	1.2diol((CD-12HD)	1,2-Hexanediol	ChungDo KOREA
5	Hyaluronic Acid	Hyaluronic Acid	Bloomage Freda Biopharm
6	Carbopol 940	Carbomer	Lubrizol USA
7	Glycerin(Palmera Refined Glycerine USP99.5%Liquid)	Glycerin	KLKOLEO Malaysia
8	G M S 105(KM-105)	GlycerylStearate	KWANGIL KOREA
9	6CS(SF1000NFX00 6D)	Dimethicone	KCCBeauty KOREA
10	Neossance™ Squalane	Squalane	AMYRIS USA
11	CEH	CethylEthylhexanoate	OHSUNG KOREA

No	Trade Name	INCI	Manufacture
11	Olive Oil	Olea Europaea (Olive) Fruit Oil	GUSTAVHEESS
12	TegoCare450	Polyglyceryl-3 Methylglucose Distearate	Evonik Germany
13	Nikkolipid 81s	Batyl Alcohol(and) Stearic Acid(and) Lecithin(and) Caprylic/Capric Triglyceride	Nikko Chemicals Japan
14	Heliosoft	Behenyl Alcohol (and) Glyceryl Behenate (and) Lecithin HydrogenatedLecithin(and) Glyceryl stearate(and)Cetearyl	Lucas Meyer Cosmetics
15	Phyto Care	Alcohol(and) Stearic acid(and) Polyglyceryl-3Methylglucose Distearate	H & A Pharmachem KOREA
16	Montanov 202	Arachidyl Alcohol (and) Behenyl Alcohol (and)ArachidylGlucoside	SEPPIC France
17	Olivem 1000	Cetearyl Oliviate (and) Sorbitan Olivate	The HallStar Company
18	KALCOL 4098	Myristyl alcohol	Pilipinas Kao
19	MASCOL 16/98P	Cetyl alcohol	Pastilles RSPO MB
20	KALCOL 8688	Stearyl alcohol	KAO Corporation
21	Lanett-O(KALCO L6850)	Cetearyl alcohol	Kao USA
22	BEHENYL ALCOHOL 70	Behenyl alcohol	KOKYU ALCOHOL KOGYO CO.,LTD
23	Palmac 98-12	Lauric acid	IOI OLEOCHEMICALS
24	Palmac 98-14	Myristic acid	IOI OLEOCHEMICALS
25	Palmitic acid	Palmitic acid	Protameen

No	Trade Name	INCI	Manufacture
26	PALMERA B1801	Stearic acid	Palm-Oleo Sdn. Bhd.
27	General R	Phytosterol	BASF Germany
28	Ceramide NP	Ceramide NP	Croda
29	lipoid S75-3	Hydrogenated Lecithin	Lipoid Germany
30	SYTENOL A	Bakuchiol	SYTHEON USA
31	TEGO® Care LTP	Sorbitan Laurate (and) Polyglyceryl-4 Laurate (and) Dilauryl Citrate	Evonik Germany

### 3. 액정 에멀전 제조

#### 1) 계면활성제 종류별 실험

액정 에멀저 Sample 1-6까지는 고급 알코올은 Behenyl Alcohol 3%, 고급 지방산은 Stearic Acid 1%로 고정시킨 후, 계면활성제의 종류를 다르게 처방하였다. 성분과 조성비는 <Table 3>과 같다. A상과 B상 각각 80℃로 가열하여 완전히 용해한다. B상을 먼저 호모믹서(HOMOGENIZING MIXER, MARK Model 2.5, PRIMIX, Japan)를 사용하여 2500 rpm으로 1분 정도 교반시켜준 후 A상을 천천히 넣어주며 3분간 교반하여 유화시킨다. 유화가 진행됨에 따라 유백색을 띄며 점도가 높아지는 것을 확인하면서 B-1상을 첨가하고 호모믹서를 1분간 교반시켜 준 후 마지막으로 C상을 첨가하고 천천히 저으면서 30℃까지 냉각한다.

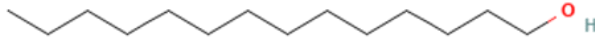

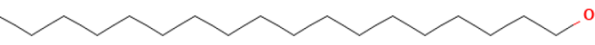
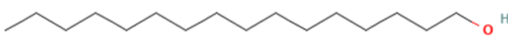
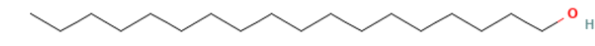
<Table 3> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the types of surfactants

		% by weight					
Phase	Ingredient	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6
A	Behenyl Alcohol	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Stearic Acid	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Olive Oil	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	CEH	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	Neo Squalane	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	6CS	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	GMS	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
B	<b>TegoCare450</b>	3.00	-	-	-	-	-
	<b>Nikkolipid 81s</b>	-	4.00	-	-	-	-
	<b>Heliosoft</b>	-	-	4.00	-	-	-
	<b>Phyto Care</b>	-	-	-	4.00	-	-
	<b>Montanov 202</b>	-	-	-	-	4.00	-
	<b>Olivem1000</b>	-	-	-	-	-	4.00
	Glycerin	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Carbopol 940(2.5%)	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Hyaluronic Acid(0.5%)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Water	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100
B-1	1.2diol	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	1.3BG	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
C	TEA	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	Water	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

2) 고급 알코올 종류별 실험

액정 에멀전 Sample 7-11까지는 고급 지방산은 Stearic Acid 1%, 계면활성제는 Phytocare 4%로 고정시킨 후 <Table 4>와 같이 탄소 개수에 따른 고급 알코올의 종류를 다르게 처방하였다. 성분과 조성비는 <Table 5>와 같다. A상과 B상 각각 80℃로 가열하여 완전히 용해한다. B상을 먼저 호모믹서(HOMOGENIZING MIXER, MARK Model 2.5, PRIMIX, Japan)를 사용하여 2500 rpm으로 1분 정도 교반시켜준 후 A상을 천천히 넣어주며 3분간 교반하여 유화시킨다. 유화가 진행됨에 따라 유백색을 띄며 점도가 높아지는 것을 확인하면서 B-1상을 첨가하고 호모믹서를 1분간 교반시켜 준 후 마지막으로 C상을 첨가하고 천천히 저으면서 30℃까지 냉각한다.

<Table 4> The Structure of Fatty Alcohol

Fatty Alcohol	Structure
Myristyl alcohol	
Cetyl alcohol	
Stearyl alcohol	
Cetearyl alcohol	
Behenyl alcohol	

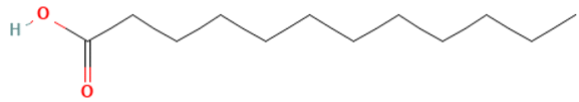
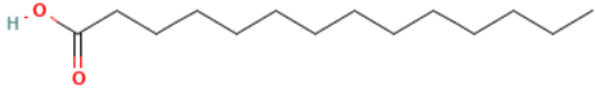
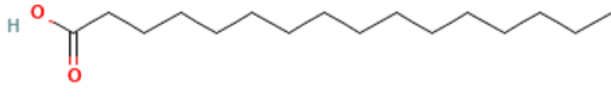
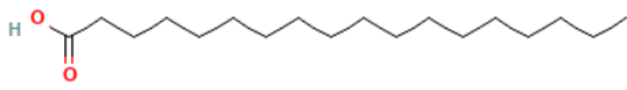
<Table 5> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Types of Fatty Alcohols

Phase	Ingredient	% by weight				
		Sample 7	Sample 8	Sample 9	Sample 10	Sample 11
A	<b>Myristyl Alcohol</b>	3.00	-	-	-	-
	<b>Cetyl Alcohol</b>	-	3.00	-	-	-
	<b>Stearyl Alcohol</b>	-	-	3.00	-	-
	<b>Cetearyl Alcohol</b>	-	-	-	3.00	-
	<b>Behenyl Alcohol</b>	-	-	-	-	3.00
	Stearic Acid	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Olive Oil	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	CEH	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	Neo Squalane	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	6CS	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
GMS	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
B	Phytocare	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Glycerin	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Carbopol 940(2.5%)	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Hyaluronic Acid(0.5%)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Water	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100
B-1	1.2diol	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	1.3BG	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
C	TEA	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	Water	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

### 3) 고급 지방산 종류별 실험

액정 에멀전 Sample 12-15까지는 고급 알코올은 Behenyl Alcohol 3%, 계면활성제는 Phytocare 4%로 고정시킨 후 <Table 6>과 같이 탄소 개수에 따른 고급 지방산의 종류를 다르게 처방하였다. 성분과 조성비는 <Table 7>과 같다. A상과 B상 각각 80℃로 가열하여 완전히 용해한다. B상을 먼저 호모믹서(HOMOGENIZING MIXER, MARK Model 2.5, PRIMIX, Japan)를 사용하여 2500 rpm으로 1분 정도 교반시켜준 후 A상을 천천히 넣어주며 3분간 교반하여 유화시킨다. 유화가 진행됨에 따라 유백색을 띄며 점도가 높아지는 것을 확인하면서 B-1상을 첨가하고 호모믹서를 1분간 교반시켜 준 후 마지막으로 C상을 첨가하고 천천히 저으면서 30℃까지 냉각한다.

<Table 6> The Structure of Fatty Acids

Fatty Acids	Structure
Lauric Acid	
Myristic Acid	
Palmitic Acid	
Stearic Acid	

<Table 7> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Types of Fatty Acids

Phase	Ingredient	% by weight			
		Sample 12	Sample 13	Sample 14	Sample 15
A	Behenyl Alcohol	3.00	3.00	3.00	3.00
	<b>Lauric Acid</b>	1.00	-	-	-
	<b>Myristic Acid</b>	-	1.00	-	-
	<b>Palmitic Acid</b>	-	-	1.00	-
	<b>Stearic Acid</b>	-	-	-	1.00
	Olive Oil	6.00	6.00	6.00	6.00
	CEH	5.00	5.00	5.00	5.00
	Neo Squalane	4.00	4.00	4.00	4.00
	6CS	0.10	0.10	0.10	0.10
	GMS	0.50	0.50	0.50	0.50
B	Phytocare	4.00	4.00	4.00	4.00
	Glycerin	4.00	4.00	4.00	4.00
	Carbopol 940(2.5%)	14.00	14.00	14.00	14.00
	Hyaluronic Acid(0.5%)	4.00	4.00	4.00	4.00
	Water	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100
B-1	1.2diol	2.00	2.00	2.00	2.00
	1.3BG	3.00	3.00	3.00	3.00
C	TEA	0.40	0.40	0.40	0.40
	Water	1.00	1.00	1.00	1.00

#### 4) 피토스테롤 함량별 실험

액정 에멀전 Sample 16-20까지는 고급 알코올은 Behenyl Alcohol 3%, 고급 지방산은 Stearic Acid 1%, 계면활성제는 Phytocare 4%로 고정시킨 후 Phyto sterol의 함량을 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%으로 성분 조성을 다르게 처방하였다. 제조처방은 <Table 8>과 같다. A상과 B상 각각 80℃로 가열하여 완전히 용해한다. B상을 먼저 호모믹서(HOMOGENIZING MIXER, MARK Model 2.5, PRIMIX, Japan)를 사용하여 2500 rpm으로 1분 정도 교반시켜준 후 A상을 천천히 넣어주며 3분간 교반하여 유화시킨다. 유화가 진행됨에 따라 유백색을 띄며 점도가 높아지는 것을 확인하면서 B-1상을 첨가하고 호모믹서를 1분간 교반시켜 준 후 마지막으로 C상을 첨가하고 천천히 저으면서 30℃까지 냉각한다.

<Table 8> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Amount of phytosterol

Phase	Ingredient	% by weight				
		Sample 16	Sample 17	Sample 18	Sample 19	Sample 20
A	Behenyl Alcohol	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Stearic Acid	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Olive Oil	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	CEH	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	Neo Squalane	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	6CS	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	GMS	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	<b>Phytosterol</b>	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00
B	Phytocare	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Glycerin	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Carbopol 940(2.5%)	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Hyaluronic Acid(0.5%)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Water	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100
B-1	1.2diol	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	1.3BG	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
C	TEA	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	Water	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

#### 5) 세라마이드 함량별 실험

액정 에멀전 Sample 21-25까지는 고급 알콜올은 Behenyl Alcohol 3%, 고급 지방산은 Stearic Acid 1%, 계면활성제는 Phytocare 4%로 고정시킨 후 Ceramide NP의 함량을 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%으로 성분 조성을 다르게 처방하였다. 제조 처방은 <Table 9>와 같다. A상과 B상 각각 80℃로 가열하여 완전히 용해한다. B상을 먼저 호모믹서(HOMOGENIZING MIXER, MARK Mode 1 2.5, PRIMIX, Japan)를 사용하여 2500 rpm으로 1분 정도 교반시켜준 후 A상을 천천히 넣어주며 3분간 교반하여 유화시킨다. 유화가 진행됨에 따라 유백색을 띄며 점도가 높아지는 것을 확인하면서 B-1상을 첨가하고 호모믹서를 1분간 교반시켜 준 후 마지막으로 C상을 첨가하고 천천히 저으면서 30℃까지 냉각한다.

<Table 9> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Amount of Ceramide

		% by weight				
Phase	Ingredient	Sample 21	Sample 22	Sample 23	Sample 24	Sample 25
A	Behenyl Alcohol	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Stearic Acid	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Olive Oil	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	CEH	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	Neo Squalane	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	6CS	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	GMS	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	<b>Ceramide NP</b>	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00
	Phytocare	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Glycerin	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
B	Carbopol 940(2.5%)	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Hyaluronic Acid(0.5%)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Water	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100
B-1	1.2diol	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	1.3BG	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
C	TEA	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	Water	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

#### 6) 수소화 레시틴 함량별 실험

액정 에멀전 Sample 26-30까지는 고급 알코올은 Behenyl Alcohol 3%, 고급 지방산은 Stearic Acid 1%, 계면활성제는 Phytocare 4%로 고정시킨 후 Hydrogenated Lecithin의 함량을 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%으로 성분 조성을 다르게 처방하였다. 제조 처방은 <Table 10>과 같다. A상과 B상 각각 80℃로 가열하여 완전히 용해한다. B상을 먼저 호모믹서(HOMOGENIZING MIXER, MARK Model 2.5, PRIMIX, Japan)를 사용하여 2500 rpm으로 1분 정도 교반시켜준 후 A상을 천천히 넣어주며 3분간 교반하여 유화시킨다. 유화가 진행됨에 따라 유백색을 띄며 점도가 높아지는 것을 확인하면서 B-1상을 첨가하고 호모믹서를 1분간 교반시켜 준 후 마지막으로 C상을 첨가하고 천천히 저으면서 30℃까지 냉각한다.

<Table 10> Liquid Crystal Emulsion Production Prescription by Changing the Amount of Hydrogenated Lecithin

		% by weight				
Phase	Ingredient	Sample	Sample	Sample	Sample	Sample
		26	27	28	29	30
A	Behenyl Alcohol	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Stearic Acid	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Olive Oil	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	CEH	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	Neo Squalane	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	6CS	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	GMS	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	<b>Hydrogenated Lecithin</b>	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00
	Phytocare	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Glycerin	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
B	Carbopol 940(2.5%)	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Hyaluronic Acid(0.5%)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Water	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100	up to 100
B-1	1.2diol	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	1.3BG	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
C	TEA	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	Water	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

## 7) 바쿠치올 액정 에멀전 제조

30종의 액정 에멀전을 시료로 편광현미경, 레올로지(Viscosity, pH, E.I, M.V.I, S.L.B), 안정성(Stability) 실험 및 측정과 분석을 통하여, 항목별 측정과 분석에서 공통적으로 가장 우수한 결과를 나타낸 계면활성제 Phyto Care, 고급 알코올 Behenyl Alcohol, 고급 지방산 Stearic Acid, Phytosterol 0.5%, Ceramide NP 0.5%, Hydrogenated Lecithin 1%의 배합으로 액정 에멀전이 피부에 미치는 효능을 알아보기 위해 바쿠치올이 2%가 들어간 액정 크림, 일반 크림을 각각 제조하였다. 크림의 제조 처방은 <Table 11>과 같다. 두가지 크림 모두 동일한 방법으로 제조하였다. A상과 B상 각각 80℃로 가열하여 완전히 용해한다. B상을 먼저 호모믹서(HOMOGENIZING MIXER, MARK Model 2.5, PRIMIX, Japan)를 사용하여 2500 rpm으로 1분 정도 교반시켜준 후 A상을 천천히 넣어주며 3분간 교반하여 유화시킨다. 유화가 진행됨에 따라 유백색을 띄며 점도가 높아지는 것을 확인하면서 B-1상을 첨가하고 호모믹서를 1분간 교반시켜 준 후 마지막으로 C상을 첨가하고 천천히 저으면서 30℃까지 냉각한다. 냉각 후 D상을 첨가하여 천천히 저으면서 교반시켜 준다.

<Table11> Bakuchiol Emulsion Production Prescription

Phase	Ingredient	% by weight	
		액정크림	일반크림
(A)	Lanett-O	3.00	
	Stearic Acid	1.00	
	Behenyl Alcohol	0.60	
	GMS 105	0.50	
	Phyto Care	4.00	-
	Olive oil	6.00	
	CEH	5.00	
	Neo-squalane	4.00	
	6CS	0.10	
	Phytosterol	0.50	-
	Ceramide NP	0.50	-
	Hydrogenated Lecithin	1.00	-
	TEGOCARE LTP	-	2.50
(B)	Water	up to 100	up to 100
	Glycerine	4.00	4.00
	Carbopol 940(2.5%)	14.00	14.00
	Hyaluronic Acid(0.5%)	4.00	4.00
	1,2 hexandiol	2.00	2.00
	1,3 BG	3.00	3.00
(C)	TEA	0.40	0.40
	Water	1.00	1.00
(D)	바쿠치올	2.00	2.00

## 4. 분석 기기

### 1) 터비스캔(Turbiscan Range)

일반적으로 분산된 형태들은 운동학적으로 안정한 상태이지만 열역학적으로는 불안정한 상태이다<sup>117)</sup>. 이때, 크게 2가지 현상으로 분리가 일어날 수 있는데, 하나는 입자의 이동현상에 의한 크리밍/침강 현상이고, 다른 하나는 입자 크기 증가에 따른 응집/합일 현상이다. 크리밍 현상은 분산된 상이 연속상에 비해 비중이 작을 때 일어나는 현상이다. 응집은 졸(Sol) 중의 콜로이드 입자가 집합해서 보다 큰 입자를 형성하는 현상이다. 응집은 가역적으로 일어나는 반응이지만 합일은 비가역적 반응이다<sup>118)</sup>.

Turbiscan Range는 에멀전과 같은 다양한 액체 분산용액을 희석하지 않고 실제 농도에서 일어날 수 있는 분산 안정성의 변화를 분석 할 수 있는 기기이다. <Figure 12>는 Turbiscan Range의 이미지로 분석원리는 Multiple Light Scattering 기법이다. 880 nm의 단일 파장을 사용하지만 농도가 진한 시료 내부로 보내진 Photon이 여러개의 입자들과 산란을 일으키기 때문에 다중광산란법 이라고 한다. 후방산란(Backscattering) 및 전송(Transmission)된 빛의 세기는 궁극적으로 분산상태를 나타내는 두 변수, 입자의 크기(d)와 농도 ( $\Phi$ )에 따라 결정된다. 시간에 따라 반복해서 시료 전체 높이를 Scan하여 Particle Migration(Creaming/Sedimentation)과 Particle Size Variation(Flocculation /Coalescence)현상에 의한 안정성의 변화를 측정한다<sup>119)</sup>. 시료가 담긴 전체 높이 (Bottom to Top)에 대한 시간에 따른 안정성지수 T.S.I(Turbiscan Stability I

117) 손승연(2021), 다양한 큐보솜을 이용한 레틴알의 안정화 연구, *한국화장품미용학회지*, 11(3), pp.401-409.

118) 유지수, 김자인(2024), 지용성 비타민 C 유도체 및 갈릭산을 함유한 지질나노입자 제조 및 특성, *대한화장품학회지*, 50(2), pp.103-110.

119) <https://jhbaik.tistory.com/13>(검색날짜:2024.11.04.).

ndex)가 산출되는데, T.S.I 지수는 0에서부터 10으로 분류된다. 0.5까지는 No Significant Variation, 1까지는 Early Stage destabilization, 3까지는 Destabilization phenomena로 수치 3까지 기기판독으로만 관찰되어 육안으로 확인이 안 되는 고르게 분산된 안정도라고 볼 수 있다. 4부터 10까지는 Important destabilization, 10 이상은 High destabilization으로 육안으로도 분리, 침전, 응집 등이 확인이 되는 정도이며 상대적으로 불 안정한 상태라고 판단 할 수 있다<sup>120)</sup>. 즉, T.S.I 지수가 낮을수록 안정한 것으로 확인할 수 있다.

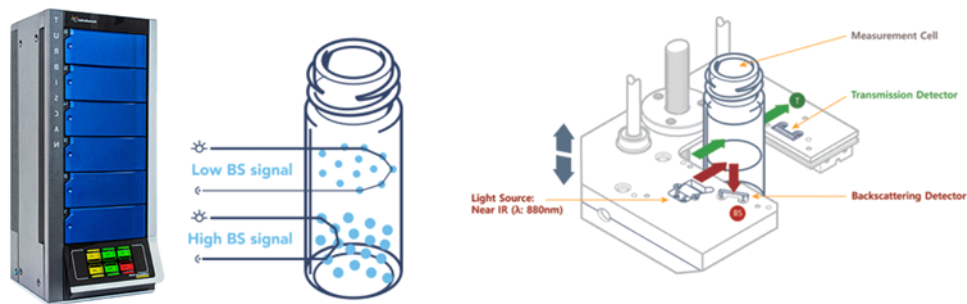


Figure 12. Image and Measuring Mechanism of Turbiscan Rane<sup>121)</sup>

## 2) 레오미터(Rheolaser Master)

Rheolaser Master는 외력을 가하지 않고 시료 자체가 가진 점탄성적인 다양한 특성을 분석할 수 있는 기기이다<sup>122)</sup>. <Figure 13>은 Rheolaser Master의 이미지이다. 유변물성은 유체의 흐름성, 퍼짐성, 회복력, 안정성 등 다양한 제품의 최종 물성에 영향을 미치는 중요한 물성 중 하나이다. 점탄성은 시간에

120) [http://www.leanontech.co.kr/html/turbiscan\\_tech.html](http://www.leanontech.co.kr/html/turbiscan_tech.html)(검색날짜:2024.10.27.).

121) [http://leanontech.co.kr/html/turbiscan\\_how.html](http://leanontech.co.kr/html/turbiscan_how.html)(검색날짜:2024.10.27.).

122) <http://www.leanontech.co.kr/>(검색날짜:2024.11.04.).

따라 관찰 시, 고체 또는 액체와 같은 거동을 보이게 되는데, 고체와 같은 거동은 탄성적인 특성을, 그리고 액체와 같은 거동은 물질의 점성적인 특성에 기인한다<sup>123</sup>). 해당 분석은 입자의 이동성을 DLS(Dynamic Light Scattering) 기법을 이용하여 측정하게 되고, 점탄성을 갖는 시료의 입자들은 브라운 운동에 의해 계속해서 움직이고 있으며, 이 움직임으로 인해 시간에 따라 이미지에 변형이 일어난다. 이때, 점탄성 특성에 따라 입자들이 움직이는 속도는 다르며, 이로 인한 변형 속도 또한 달라진다. 따라서, 이미지의 변형 속도를 측정하면, 시료의 점탄성을 분석할 수 있으며, MSD(Mean Square Displacement) Curve는 일정한 평균 면적 내에서 시간에 따른 기준 위치에 대한 입자 위치의 표준편차를 측정할 수 있다<sup>124</sup>).

E.I(Elastic Index)는 액정 에멀전의 탄성 정도를 알아보기 위한 시험 과정으로 X축의 측정 시간(h)부터 종료시점까지 Y축의 Elastic Index( $\text{nm}^{-2}$ ) 지수를 측정하는데 수치가 높을수록 탄성률이 높으며 액정 에멀전이 보다 안정적 측면인 것으로 판단한다.

M.V.I.(Microscopic Viscosity Index)는 액정 에멀전의 점도를 알아보기 위한 것으로, 앞서 HB Viscometer 기기에서 1차적으로 측정한 결과값과는 다른 각도로 시간 흐름에 따른 액정 에멀전 사이에서 점도 변화를 보다 세밀하게 관찰할 수 있다. X축의 측정 시간(h)부터 종료시점까지 Y축의 Microscopic Viscosity Index( $(G'')\text{nm}^{-2}$ ) 지수를 측정하는데 수치가 높을수록 점도적 측면이 높은 것으로 판단한다.

S.L.B(Solid-Liquid Balance)는 고체와 액체의 성향 정도를 알아보기 위한 것으로, 액정구조의 물리적 특성 중 하나인 고체와 액체의 중간적 성향을 확

---

123) 이영지(2004), 화장품 사용감과 레올로지 물성치 및 물리적인 특성 값들에 대한 상관관계 연구, *대한 화장품학회지*, 30(2), pp. 141-145.

124) Cristiano, M. C. (2020), The Rheolaser Master and Kinexus Rotational Rheometer® to Evaluate the Influence of Topical Drug Delivery Systems on Rheological Features of Topical Poloxamer Gel, *Molecules*, 25(8), pp.5-21.

인한다. X축은 측정 시간(h) 0부터 72시간이고 Y축은 Solid-Liquid Balance( $\tan\delta$ ) 정도를 나타내는데 액정 에멀전들간의 차이를 확인할 수 있으며 기본적으로 수치  $5 \cdot 10^{-1}$  이하이면 점탄성이 강한 Solid-like System으로 판단 할 수 있다.

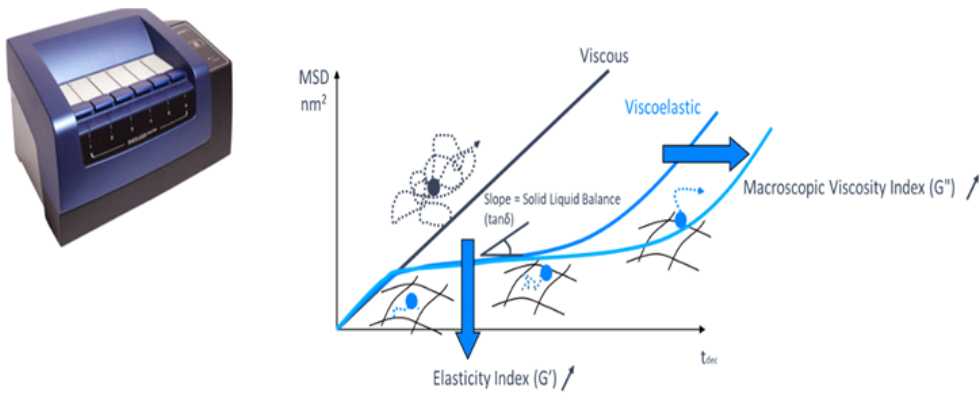


Figure 13. Image and Measuring Mechanism of Rheolaster<sup>125)</sup>

### 3) 주사전자현미경 Cryo-SEM(Cryogenic Scanning Electron Microscope)

Cryo-SEM은 초저온에서 급속 냉각된 상태를 건조시켜 시료를 관찰하는 원리의 장비로 상온에서 연성을 띠는 물질의 과단면을 용이하게 얻어낼 수 있기 때문에 내부 구조 및 형태를 상세히 확인 할 수 있다.

125) <https://www.tainstruments.com/products/rheology/?lang=ko>(검색날짜: 2024.10.27.).

#### 4) X선 회절분석기(Multipurpose X-ray diffractometer)

Multipurpose X-ray diffractometer는 X선 산란 기법을 이용한 분석기기로 생체구조물 및 유·무기물 등 다양한 물질의 구조분석에 효과적으로 활용된다. 시료에 조사된 X선이 통과하면서 원자들의 상대적인 위치에 따라 산란하며 상호 간섭이 발생하는데 이때 원자의 종류 및 위치에 의하여 정도가 달라지며 이로써 물질 내의 전자분포에 대한 정보를 얻을 수 있다.

#### 5) 액체크로마토그래피 HPLC(High-Performance Liquid Chromatography)

액체크로마토그래피 분석은 혼합물의 액체를 이동상으로 하여, 시료 내 성분 물질을 이동상과 고정상을 이용하여 분리하는 원리이다. 펌프를 사용하여 고압의 일정한 유속으로 밀어내어 시료의 화학물질이 녹아있는 이동상을 충전제가 충전되어 있는 고정상인 칼럼을 통과하도록 하여 시료 내 성분물질이 이동상과 고정상에 대한 친화도에 의하여 다른 시간대 별로 칼럼을 통과하는 원리를 활용하여 측정된다. 시간대 별 반응의 크기를 검출기로 측정하여 바쿠치올의 함량을 정량한다

#### 6) 프란츠셀(Franz Diffusion Cell)

화장품 개발에 있어 동물 실험은 동물 실험 윤리법의 강화로 금지되어 동물 실험을 대체하는 여러 실험법이 개발되고 있다<sup>126)</sup>.

Franz Diffusion Cell은 피부 투과도 실험을 위해 만들어진 실험 기기로 제약

---

126) 김강민(2021), Franz diffusion cell을 이용한 참당귀 추출물 함유한 로션제형의 피부 투과 연구, *한국생명과학회지*, 31(11), pp.1004-1009.

및 화장품 분야에서 동물 실험을 대체하여 많이 이용하고 있다<sup>127)</sup>. <Figure 14>은 Franz Diffusion Cell의 이미지이다.

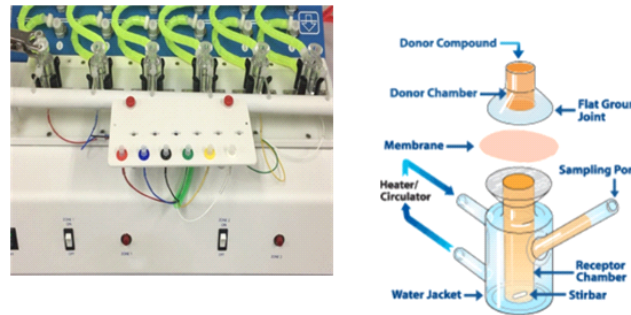


Figure 14. Image and Measuring Mechanism of Franz Diffusion Cell System<sup>128)</sup>

#### 7) 피부 표면 수분 함유량 측정기(Corneometer® CM 825)

Corneometer®(Courage+Khazaka electronic GmbH, Germany)는 피부 피부의 정전용량(capacitance)이 수분함량과 비례하여 증가하는 성질을 이용하여 간접적으로 수분함량을 측정하는 장비이다. 재현성이 높고 다루기가 쉬우며 측정 시간이 짧아 피부의 수분량을 측정할 때 세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 기기이다. <Figure 15>은 Corneometer®의 기기와 메커니즘의 이미지이다.

127) 권순범(2022), 프란츠 셀을 이용한 아세트아미노펜의 피부투과 특성 연구, *바이오산업연구학술지*,10(0), pp.32-36.

128) <https://permeagear.com/franz-cells/1>(검색날짜:2024.10.27.).

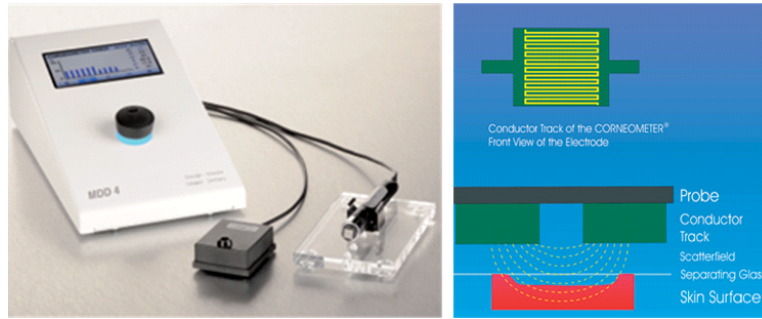


Figure 15. Image and Measuring Mechanism of Corneometer® CM 825<sup>129)</sup>

#### 8) 경표피 수분증발량 측정기(Tewameter TM-300)

Tewameter TM-300(Courage+Khazaka electronic GmbH, Germany)는 피부를 통한 수분의 손실을 측정하는 기계로서 피부를 둘러싸고 있는 미세환경 내에 피부 표면과 주위 공기간에 water vapor gradient의 존재를 Tewameter의 open chamber 내에 있는 센서가 인지하여 단위 시간 당 경피수분손실량 (TEWL, transepidermal water loss)을 측정하는 장비이다. <Figure 16>은 Tewameter TM-300의 기기와 메커니즘의 이미지이다.

129) [https://medelink.ca/wp-content/uploads/2018/05/Brochure\\_CM825.pdf](https://medelink.ca/wp-content/uploads/2018/05/Brochure_CM825.pdf) (검색날짜:2024.10.27.).

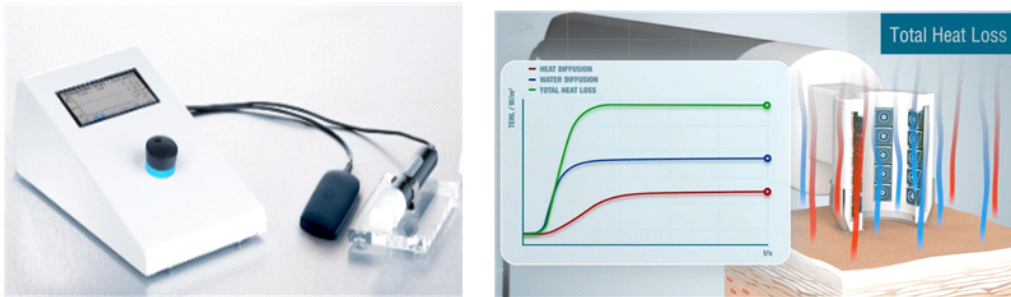


Figure 16. Image and Measuring Mechanism of Tewameter TM-300<sup>130)</sup>

## 5. 액정 에멀전 분석 방법

### 1) 액정 에멀전의 편광현미경 분석

액정 에멀전의 광학 이방성으로 액정 형성을 확인하였다. 제조된 액정 에멀전의 물리적 특성 중 광학 이방성을 살펴보기 위해서 편광 현미경(Optical Microscope, Model BX53F2, Japan)을 사용하여 실온(25℃)에서 측정하였다. 액정의 특징인 Maltese Cross 무늬는 편광현미경에서 관찰 할 수 있으며 발현과 선명도 등으로 분석한다. 제조한 30종 액정 에멀전의 광학 이방성을 확인하기 위해 30종 각각의 액정 에멀전을 소량 취하여 슬라이드 글라스 위에 위치시키고, 그 위에 커버글라스를 올려 일정한 도포를 유지할 수 있도록 동일한 힘을 가하여 시료 준비한 후, Sample Stage에 고정하여 200배율로 관찰하였다.

130) <https://medelink.ca/research-devices/probes/sub-page-tm-330t/> (검색날짜:2024.10.27.)

## 2) 액정 에멀전의 점도(Viscosity) 및 pH 측정

액정 에멀전은 액정의 Solid-Liquid 성질로 인한 특성을 갖고 있어 Solid-Liquid 성질을 갖고 있지 않은 일반 에멀전보다 상대적으로 높은 점도를 갖고 있다<sup>131)</sup>. 액정 에멀전의 레오로지적 성향을 1차적으로 확인하기 위해 HB Viscometer (DV2THBTJ0, AMETEK BROOKFIELD, USA)를 이용하여 Spindle 7과 50 rpm 기준으로 각각 1분 동안 제조된 30종의 액정 에멀전의 점도(Viscosity)를 측정하였다. 액정 에멀전 30종의 액정 에멀전의 수소이온농도를 측정하기 위하여 pH Meter(Orien Star Eries, Thermo Scientific, USA)를 사용하였다. 측정하기 전에 버퍼 완충액(Buffer, Orion Application Solution, Thermo Scientific, USA) 세 가지를 각각 4.01, 7.01, 10.01을 기준값으로 맞춘 후 측정 준비를 하였다. pH Meter기의 Glass Rod가 시료에 잠기도록 위치시킨 후, Stabilizing이 멈출 때까지 측정하여 기록하였다. 온도는 25℃에서 측정하고 점도 및 pH 측정값 모두 각각 3회 이상 측정하여 평균값을 기록하였다.

## 3) 액정 에멀전의 안정성(Stability) 측정

Turbiscan Range(Turbiscan LAB, Formulacion, France)를 이용하여 액정 에멀전 30종의 분산 안정성(Stability)을 분석하였다. 분석조건은 48시간 동안, 온도는 45℃의 가혹 조건에서 측정하였다.

---

131) 강진미(2022), 레티알의 경피 전달을 위한 다양한 액정 에멀전의 구조분석 및 피부흡수 연구, 성신여자대학교 대학원 박사학위논문, pp.57-60

#### 4) 액정 에멀전의 레올로지 (E.I, M.V.I, S.L.B) 측정

30종 액정 에멀전의 유변학적 특성 즉, 점탄성 및 레올로지 정도를 알아보기 위하여 Rheolaser Master 2020(Formulation, France)기기를 사용하여 E.I.(Elastic Index), M.V.I.(Microscopic Viscosity Index), SLB(Solid-Liquid Balance) 지수를 측정하였다. Rheolaser 측정 원리가 시료에 닿는 Interfering Back Scattering Waves를 이용하는 것이므로 기기분석 전, 바이알에 시료를 취할 때 기포가 생기지 않도록 하였고 조사되는 빛의 교란과 간섭이 발생하지 않도록 바이알 끝까지 채워서 시료를 준비하였다. 온도는 상온 기준 25℃, 24 시간 동안 측정하였다.

## 6. 바쿠치올이 함유된 액정 에멀전 분석 방법

### 1) 바쿠치올 액정 에멀전의 전자현미경 Cryo-SEM(Cryogenic Scanning Electron Microscope) 측정

바쿠치올 액정 에멀전의 다중 층상구조를 확인하기 위하여 Quanta 3D FEG(FEI, Netherland), Alto 2500 Cryo-Transfer System(Gatan, UK)을 사용하여 측정 하고 이미지를 도출하였다. 시료 준비는 탄소 테이프를 사용하여 ALTO 2500의 구리 Stub에 시편을 고정시키고, 고착성 액적을 기관에 분사한 후, 진공상태에서 액체 질소 환경에 급속 동결하여 극저온(-210 ℃) 상태로 Slush Freezing 하였다. Vacuum transfer 하기 위하여 Slush Freezing된 시편을 ALTO 2500의 Cold stage로 이동 시킨 후, 앞서 Slush Freezing단계의 급속 동결 과정 중 표면에 형성된 아이스를 승화시켜 제거하여 Etching 하였다.(-95℃, 30 min 조건) Charging 현상을 방지하기 위하여 Au/Pd 으로 표면

코팅을 실시하였다. FIB 챔버로 시편을 이동시킨 후 -160에서 -190°C까지의 온도, 5keV의 에너지 전자빔과 11.8pA의 전자 전류로 분석을 진행하여 Cryo-SEM 이미지를 확인하였다.

## 2) 바쿠치올 액정 에멀전의 X선 산란(Small Angle X-ray Scattering) 분석

X선 산란분석기법을 사용하여 바쿠치올 액정 에멀전의 라멜라 다층구조 형성 확인과 배열상태를 측정하였다. Multipurpose X-ray diffractometer (Empyrean, PANalytical, Netherlands)를 사용하여 분석하였다. 분석을 위해 ScatterX78, SAXS-WAXS stage를 이용하였고, X-ray source는 Cu radiation with a focusing mirror로 적용하였으며, 빔 소스 파워는 45kV, 40mA로 진행하였다. 디텍터는 PIXel3D solid-state detector였으며, 소각 X선 산란 Camera length 는 240mm의 조건에서 실험하였다. 파장은 1.5418Å, 시료의 홀더는 1.0mm diameter quartz capillary, Irradiation time은 25 min이었고, 0.08 - 5deg 의 측정범위 내에서 측정하였다.

## 3) 바쿠치올 액정 에멀전의 액체크로마토그래피 분석

바쿠치올이 함유된 액정 에멀전과 일반 에멀전의 바쿠치올 함량 안정성을 비교 실험하기 위해 액체크로마토그래피(HPLC, HighPerformance Liquid Chromatography)를 사용하여 분석하였다. 바쿠치올이 함유된 액정 에멀전과 일반 에멀전을 30일간 25°C(차광), 40°C(차광)와 광안정도를 보기 위해 차광하지 않은 실온에 보관하여 7일마다 바쿠치올 함량을 액체크로마토그래피를 사용하여 분석하였다. 분석조건은 <Table 12>와 같다.

<Table 12> HPLC Conditions for Quantitative Analysis

기기명	HPLC (DAD detector)
컬럼	CAPCELL PAK C18 (4.6*150mm, 5 $\mu$ m)
컬럼온도	35 $^{\circ}$ C
이동상	(A) Water (B) Acetonitrile
용매	(C)100% MeOH
유속	1mL/min
주입량	10 $\mu$ L
측정파장	262nm

#### 4) 바쿠치올 액정 에멀전의 피부 흡수율 및 효능 실험

바쿠치올 액정 에멀전을 인공 피부와 프란츠셀(Franz Cell)을 이용하여 경피 흡수율을 확인하였고 실제 인체 피부에 적용하였을 때 수분함량과 피부 장벽 효능을 알아보기 위해 인체 적용시험을 진행하였다.

##### (1) 바쿠치올 액정 에멀전의 경피 흡수율 실험

바쿠치올이 함유된 액정 에멀전과 일반 에멀전의 피부 침투율을 비교 실험하기 위하여 경피 흡수 효과 실험을 진행하였다. 인공피부인 Strat-M® Membrane (Transdermal Diffusion Test Model)을 사용하여 Franz-type Diffusion Cell(Transdermal Semi-Auto Diffusion Cell, LOGAN Instruments, USA)에 장착하여 실험하였다. Franz-type Diffusion Cell의 Receptor용기(5mL)에 50 mM 인산염 완충액(pH 7.4, 0.1M NaCl)을 넣어준 후, Diffusion Cell을 32 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C, 600 rpm으로 혼합, 분산시켜 주었으며, 일반 에멀전과 , 액정 에멀전 샘플을 donor용기에 넣어 주었다. Franz diffusion cell 과 Media 사

이에 인공피부를 넣고 고정시킨 뒤, 48시간 동안 흡수 경과를 지켜본 후, 고정된 주사기로 media 용액을 모두 회수하였다. 유효성분의 흡수 확산이 끝난 후에는 건조된 와이퍼 또는 10 mL의 에탄올로 흡수되지 못하고 인공피부에 남아 있는 유효물을 씻어주고, 팁-타입균등기를 사용하여 유효성분이 흡수 확산되어 있는 인공피부를 갈아준 후, media 내부로 흡수된 용액을 모두 회수한 후 HPLC 분석을 통해 회수한 media 용액 내에 포함되어 있는 바쿠치올 함량을 정량적으로 평가하였다.

## (2) 바쿠치올 액정 에멀전의 피부 수분 함량 및 수분 장벽 개선 실험

액정 에멀전이 피부에 미치는 영향을 알아보기 위해 피부 보습 개선 실험을 하였다. 시험에 사용한 시험군 액정 에멀전과 대조군 일반 에멀전의 재료 및 성분 비는 <Table 8>과 같다. 인체 적용시험에 참여한 시험 대상자는 보습 기닝의 효율설을 고려하여 평균 연령 49.5세인 12명의 성인 여성으로 측정하였으며 인체적용시험 선정기준에 적합하고 제외기준에 해당 되지 않는 참여 시험 대상자로, 시험 기간은 2024년 05월 23일부터 2024년 06월 21일까지, 약 4주 동안 중도 탈락 없이 최종 시험을 완료하였다.

시험 부위는 시험 대상자의 안면부에 실시하였으며 1일 2회(아침, 저녁) 선정된 시험 부위 세정 후 바쿠치올 액정 에멀전과 바쿠치올 일반 에멀전을 각각 적당량 덜어 사용 하도록 하였다. 평가를 위하여 시험 대상자의 시험 부위를 세정제를 사용하여 흐르는 물로 깨끗하게 세정한 뒤, 항온·항습( $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ , RH40-60%) 조건의 대기실에서 30분 간 안정을 취하여 피부 표면 온도와 습도를 측정 공간의 환경에 적응하게 하였다. 객관적 측정을 위하여 연구자 1인이 측정하였으며 사용 전, 사용 2주 후, 사용 4주 후 측정하였다. 피부 수분 함량 개선은 Corneometer® CM 825 (Courage+Khazaka electronic GmbH,

Germany)를 사용하여 피부 수분 함량을 측정하였고 피부 수분 장벽 개선은 Tewameter TM-300 (Courage+Khazaka electronic GmbH, Germany)을 사용하여 경피수분손실량 (TEWL)을 측정하였다. 시험 부위를 3회씩 측정하여 그 평균치를 측정값으로 처리하였으며 측정값이 커질수록 피부 수분량이 증가한 것을 의미하고 피부 수분 함량 개선율(%)은 다음 아래 식에 따라 산출하였다.

$$\cdot \text{개선율(\%)} = \left\{ \sum_{k=1}^n \left( \frac{k^{\text{th}} \text{ 연구 대상자 시험 후 측정치} - k^{\text{th}} \text{ 연구 대상자 시험 전 측정치}}{k^{\text{th}} \text{ 연구 대상자 시험 전 측정치}} \times 100 \right) \right\} / n$$

통계 분석 프로그램은 IBM SPSS Statistics ver.28.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하여 유의성을 확인하였다. 모든 통계 결과는 생물학적 통계 분석에서 가장 많이 사용하는 유의차 5%(p<0.05)일 때 통계적 유의성이 있다고 간주하였다.

## IV. 실험결과 및 해석

### 1. 액정 에멀전의 편광현미경 분석 결과

30종의 액정 에멀전의 액정 형성을 하기 위하여 편광현미경 상에 나타난 액정의 광학 이방성 특징인 Maltese cross 무늬를 확인하였다. 각각 3회 이상 촬영하여 결과물을 채택하였다.

#### 1) 계면활성제 종류에 따른 액정 에멀전

계면활성제 종류에 따른 액정 에멀전 Sample-1(TegoCare450 3%), Sample-2(Nikkolipid 81s 4%), Sample-3(Heliosoft 4%), Sample-4(Phyto Care 4%), Sample-5(Montanov 202 4%), Sample-6(Olivem1000 4%)의 편광현미경 이미지 결과는 <Figure17>과 같다.

Sample-1(TegoCare450 3%), Sample-3(Heliosoft 4%), Sample-6(Olivem1000 4%)에서는 액정 구조에서 나타나는 Maltese cross 무늬가 관찰되지 않았고 Sample-2(Nikkolipid 81s 4%), Sample-4(Phyto Care 4%), Sample-5(Montanov 202 4%)번에서는 Maltese cross 무늬가 관찰이 되었으며 Sample-4(Phyto Care 4%)에서 비교적 Maltese cross 무늬가 선명하고 크기 또한 일정하게 관찰되었다. 이러한 결과는 강진미(2021)의 ‘Phyto Care 4% 적용시 액정 Maltese Cross 무늬가 선명하게 관찰되다’ 라는 선행 연구와 동일한 결과를 보였으며 계면활성제 종류가 액정 형성에 중요한 역할을 한다 라는 것을 확인할 수 있었다<sup>132</sup>).

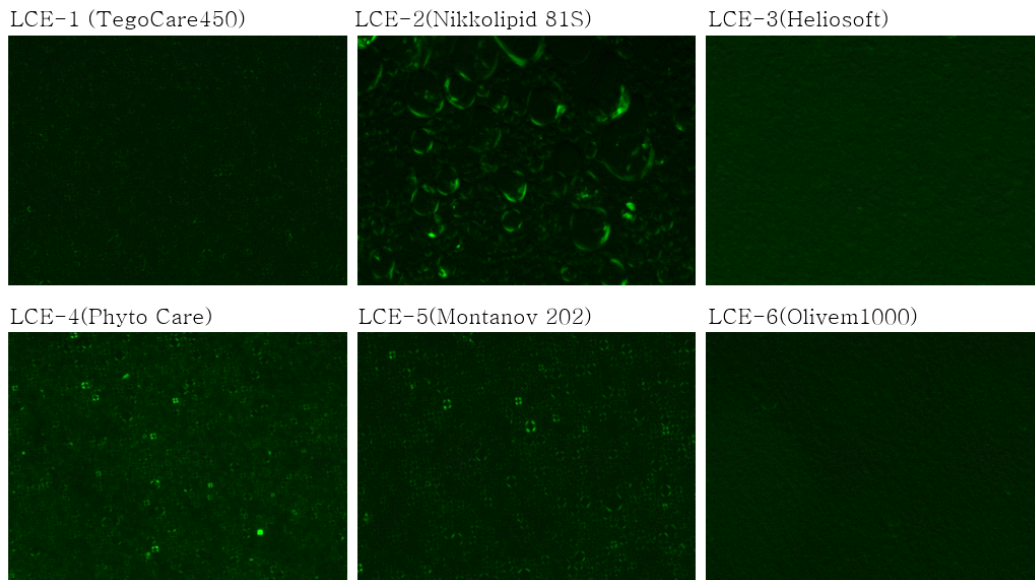


Figure 17. Polarization Microscope Image according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion

## 2) 고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전

고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전 Sample-7(Myristyl alcohol 3%), Sample-8(Cetyl alcohol 3%), Sample-9(Stearyl alcohol 3%), Sample-10(Cetearyl alcohol 3%), Sample-11(Behenyl alcohol 3%)의 편광현미경 이미지 결과는 <Figure 18>과 같다. 본 연구에서 사용한 다섯가지 고급 알코올을 적용한 모든 샘플에서 Maltese cross 무늬가 관찰 되어 액정이 형성 된 것으로 보였으나 Sample-10(Cetearyl alcohol 3%)의 Maltese cross 무늬가 가장 선명하였으며, 일정한 크기도 다량 발견 되었다.

132) 강진미(2022), 레티알의 경피 전달을 위한 다양한 액정 에멀전의 구조분석 및 피부흡수 연구, 성신여자대학교 대학원 박사학위논문, pp. 50-57

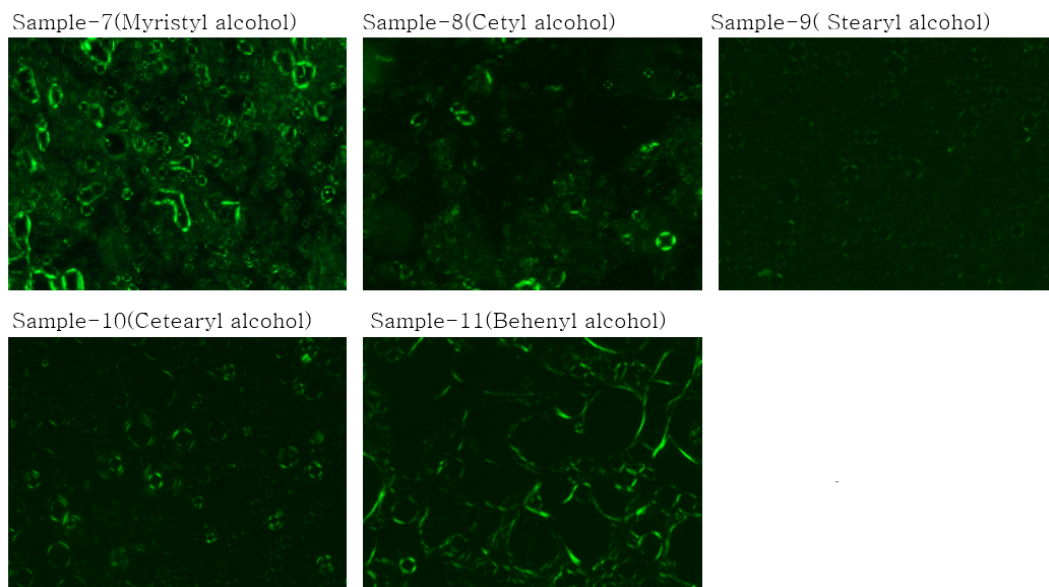


Figure 18. Polarization Microscope Image according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion

### 3) 고급 지방산 종류에 따른 액정 에멀전

고급 지방산 종류에 따른 액정 에멀전 Sample-12(Lauric acid 1%), Sample-13(Myristic acid 1%), Sample-14(Palmitic acid 1%), Sample-15(Stearic acid 1%)의 편광현미경 이미지 결과는 <Figure 19>와 같다. 본 연구에서 사용한 네가지 고급 지방산을 적용한 모든 샘플에서 Maltese cross 무늬가 관찰 되어 액정이 형성 된 것으로 보이나 Sample-12(Lauric acid 1%), Sample-13(Myristic acid 1%)에서는 Maltese cross 무늬가 희미하게 보이는 반면, Sample-14(Palmitic acid 1%), Sample-15(Stearic acid 1%)에서는 Maltese cross 무늬가 선명하게 관찰되었으며, Sample-15(Stearic acid 1%)에서는 Maltese cross 무늬가 가장 많이 관찰되었다. 이러한 결과는 고급 지방산의 탄소 개수가 늘어

날수록 액정 형성이 잘 되는 것으로 보여진다.

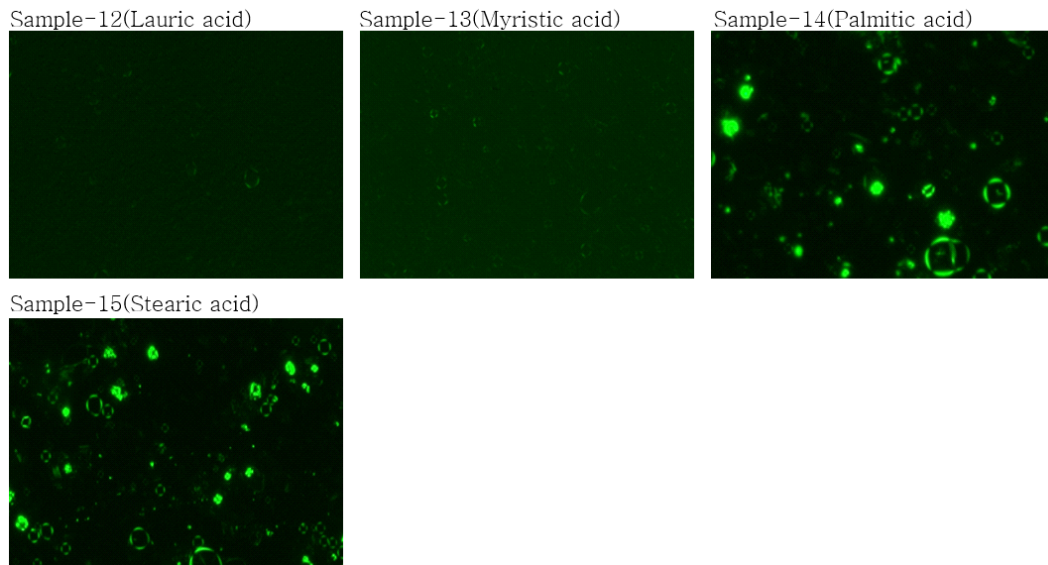


Figure 19. Polarization Microscope Image according to the Type of Fatty Acid in Liquid Crystal Emulsion

#### 4) 피토스테롤 함량에 따른 액정 에멀전

피토스테롤 함량에 따른 액정 에멀전 Sample-16(Phytosterol 0%), Sample-17(Phytosterol 0.5%), Sample-18(Phytosterol 1%), Sample-19(Phytosterol 1.5%), Sample-20(Phytosterol 2%)의 편광현미경 이미지 결과는 <Figure 20>과 같다. Phytosterol 0-2% 적용 시 모두 Maltese cross 무늬가 관찰 되었으나, Phytosterol의 함량이 늘어 날수록 Maltese cross 무늬가 선명해지고 수량이 많아진 것을 확인 할 수 있었다. Sample-19(Phytosterol 1.5%), Sample-20(Phytosterol 2%)은 거의 유사하게 Maltese cross 무늬가 선명했고 다량 관찰 되었다. Phytosterol 함량이 늘어날수록 Maltese cross 무늬가 선명해지고 수량

이 많아진 것으로 보아 Phytosterol은 액정 형성에 긍정적 영향을 주는 것으로 보여진다.

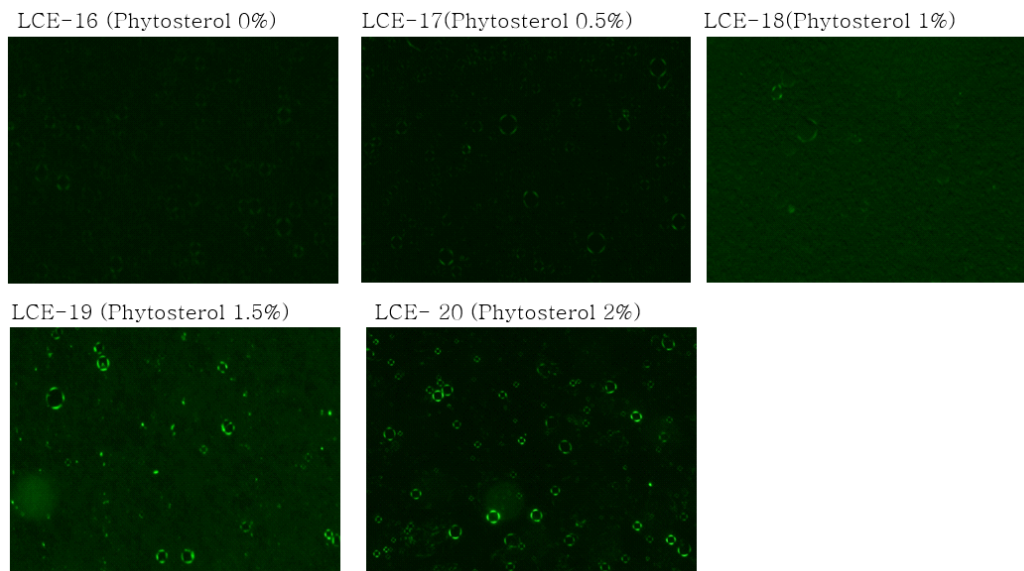


Figure 20. Polarization Microscope Image according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion

##### 5) 세라마이드 함량에 따른 액정 에멀전

세라마이드 함량에 따른 액정 에멀전 Sample-21(Ceramide NP 0%), Sample-22(Ceramide NP 0.5%), Sample-23(Ceramide NP 1%), Sample-24(Ceramide NP 1.5%), Sample-25(Ceramide NP 2%)의 편광현미경 이미지 결과는 <Figure 21>과 같다. 세라마이드 함량 0-1% 사이에서는 세라마이드 함량이 높아질수록 Maltese cross 무늬가 선명하고 수량이 다량 관찰 되었지만 세라마이드 1% 이상 부터는 함량이 늘어 날수록 Maltese cross 무늬가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 박인애(2007)의 ‘세라마이드는 높은 액정 형성

능을 보인다<sup>133)</sup>’ 라는 선행 연구와 오유경(2009)의 ‘세라마이드가 액정 형성에 긍정적 영향을 준다<sup>134)</sup>.’ 라는 선행연구와 세라마이드 적정 함량 적용 시 액정 형성에 긍정적인 영향을 준다는 점에서 동일한 결과를 보였지만 세라마이드 함량이 어느 정도 높아지면 액정 형성에 오히려 부정적인 영향을 주는 것으로 보여진다.

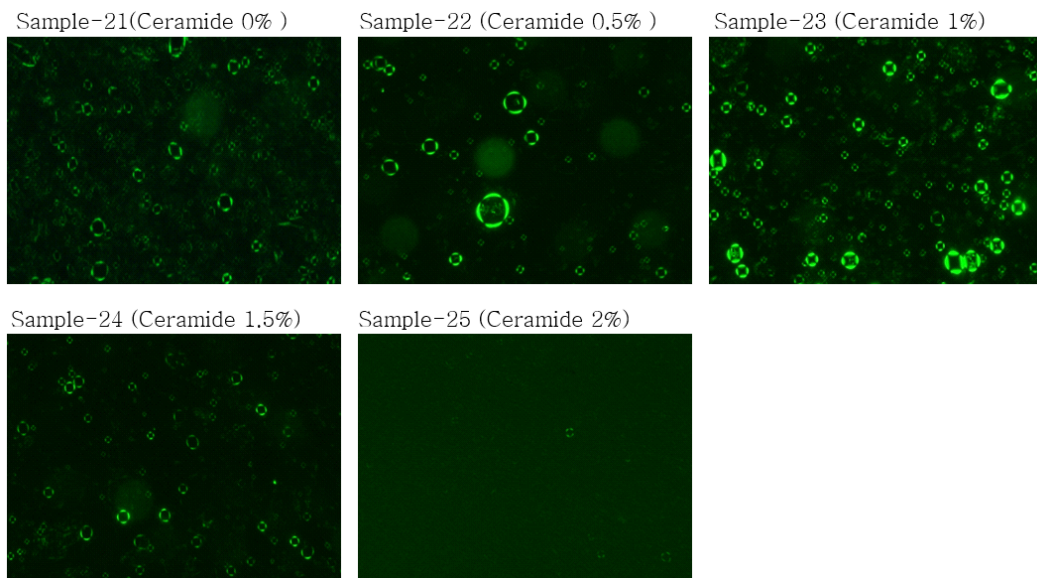


Figure 21. Polarization Microscope Image according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion

133) 박인애, 안인숙(2007), 유화제와 액정 형성에 관한 연구, 아시안뷰티화장품학술지, 5(2), pp. 115-128

134) 오유경(2009), 화장품용 유화제를 이용한 액정형 크림제조 및 특성에 대한 연구, 건국대학교 대학원 박사 학위 논문, pp. 43-45

#### 6) 수소화 레시틴 함량에 따른 액정 에멀전

수소화 레시틴 함량에 따른 액정 에멀전 Sample-26(Hydrogenated Lecithin 0%), Sample-27(Hydrogenated Lecithin 0.5%), Sample-28(Hydrogenated Lecithin 1%), Sample-29(Hydrogenated Lecithin 1.5%), Sample-30(Hydrogenated Lecithin 2%)의 편광현미경 이미지 결과는 <Figure 22>와 같다. Hydrogenated Lecithin 0-2% 모두 Maltese cross 무늬가 관찰 되었으나 Sample-29(Hydrogenated Lecithin 1.5%)이 비교적 선명하게 관찰되었으며 Sample-28(Hydrogenated Lecithin 1%)은 일정한 크기로 다량 관찰되었다. 이러한 결과는 Na Wu(2024)의 ‘수소화 레시틴과 피토스테롤의 조합으로 안정화된 액정 에멀전 제조 할 수 있다<sup>135)</sup>.’ 라는 선행연구와 동일한 결과를 보였다. 수소화 레시틴은 피부 구성 성분과 유사 물질로 액정 형성에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보여지나 적정 함량 이상 적용시 오히려 액정 형성에 부정적인 영향을 주는 것으로 보여진다.

---

135) Na Wu(2024), Construction and Properties of O/W Liquid Crystal Nanoemulsion, *Langmuir*, 40(14), pp.7723-7732,

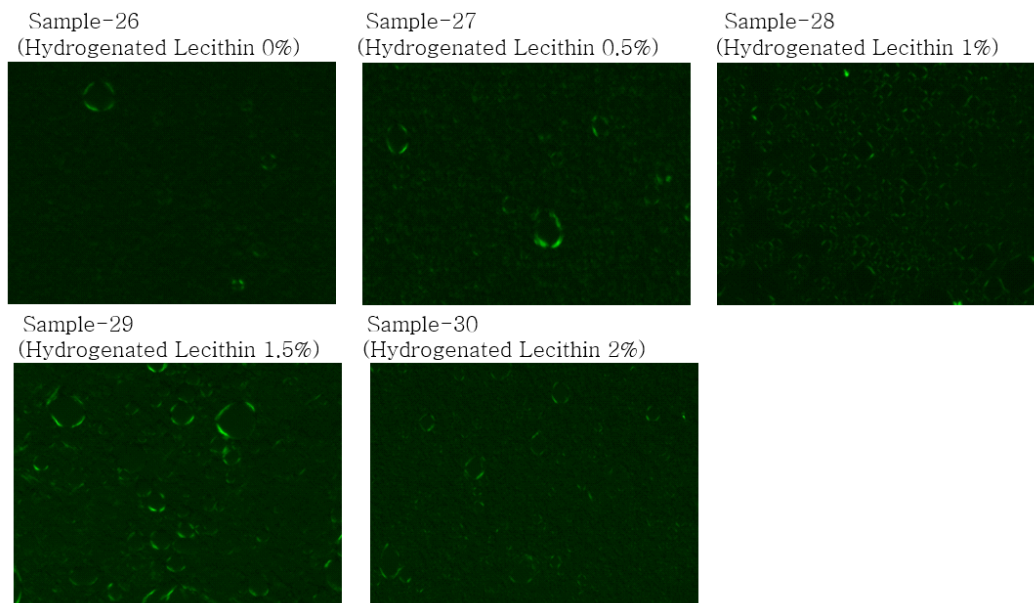


Figure 22. Polarization Microscope Image according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion

## 2. 액정 에멀전의 점도(Viscosity) 및 pH 측정 결과

제조된 30종 액정 에멀전은 O/W 제형이지만, 액정 특성인 Solid-Liquid Balance를 지니고 있기 때문에 O/W임에도 불구하고 상대적으로 높은 점도를 보였다. 피부는 박테리아로부터 몸을 보호하기 위해 일반적으로 pH 4.5-5.5의 약산성 또는 미산성 pH를 유지하고 있다<sup>136)</sup>. 따라서 화장품의 pH가 약산성 또는 중성 이하가 되어야 피부의 민감도를 낮추고 자극을 최소화할 수 있다. pH에 따라 제형의 안정성이 달라질 수 있으므로 pH 변화는 일정 범위 내에서 안정해야 한다<sup>137)</sup>.

136) Jin-Sun Roh(2021), A Study on the Antioxidant and MMPs Protein Expression Inhibitive Effect of Punica granatum L. Extract and Its Stabilization with Liquid Crystal Emulsion, *Journal of Life Science*, 31(2), pp.164-174.

137) 양주승, 김범상(2013), Effect of pH-Sensitive P(MAA-co-PEGMA) Hydrogels on Release and

1) 계면활성제 종류에 따른 액정 에멀전 점도 및 pH 측정 결과

계면활성제 종류에 따른 액정 에멀전 Sample-1(TegoCare450 3%), Sample-2(Nikkolipid 81s 4%), Sample-3(Heliosoft 4%), Sample-4(Phyto Care4%), Sample-5(Montanov 202 4%), Sample-6(Olivem1000 4%)의 점도 및 pH 측정 결과는 <Table 13>과 같다. 점도 측정 결과 Sample-2(Nikkolipid 81s 4%)가 23,040cP로 점도가 가장 낮았으며, Sample-1(TegoCare450 3%)이 43,520 cP로 점도가 가장 높았다. pH 측정 결과는 Sample-2(Nikkolipid 81s 4%)가 약산성으로 5.79로 pH가 가장 낮았으며 Sample-1(TegoCare450 3%)이 중성에 가까운 6.24로 pH가 가장 높게 측정되었다.

<Table 13> Viscosity and pH according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	pH	(Spindle 07, 50rpm) 점도[cP]
1	TegoCare450	6.24	43,520
2	Nikkolipid 81s	5.79	23,040
3	Heliosoft	5.95	35,840
4	Phyto Care	6.11	37,760
5	Montanov 202	6.03	32,640
6	Olivem1000	5.95	36,480

Stability of Albumin, *한국고분자학회지*, 37(3), pp. 262-268.

2) 고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전 점도 및 pH 측정 결과

고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전 Sample-7(Myristyl alcohol 3%), Sample-8(Cetyl alcohol 3%), Sample-9(Stearyl alcohol 3%), Sample-10(Cetearyl alcohol 3%), Sample-11(Behenyl alcohol 3%)의 점도 및 pH 측정 결과는 <Table 14>와 같다. 점도 측정 결과 Sample-10(Cetearylalcohol 3%)이 32,000 cP로 점도가 가장 낮았으며, Sample-8(Cetyl alcohol 3%)은 56,320 cP로 점도가 가장 높았다. pH 측정 결과는 Sample-7(Myristyl alcohol 3%)이 약산성으로 5.89로 pH가 가장 낮았으며 Sample-11(Behenyl alcohol 3%)이 중성에 가까운 6.24로 pH가 가장 높았다.

<Table 14> Viscosity and pH according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	pH	(Spindle 07, 50rpm) 점도[cP]
7	Myristyl alcohol	5.89	37,120
8	Cetyl alcohol	5.99	56,320
9	Stearyl alcohol	6.01	38,400
10	Cetearyl alcohol	5.92	32,000
11	Behenyl alcohol	6.24	39,040

3) 고급 지방산 종류에 따른 액정 에멀전 점도 및 pH 측정 결과

고급 지방산 종류에 따른 액정 에멀전 Sample-12(Lauric acid 1%), Sample-13(Myristic acid 1%), Sample-14(Palmitic acid 1%), Sample-15(Stearic acid 1%)의 점도 및 pH 측정 결과는 <Table 15>와 같다. 점도 측정 결과 Sample-15(Stearic acid 1%)가 35,200 cP로 점도가 가장 낮았으며, Sample-12(Lauric acid 1%), Sample-13(Myristic acid 1%)의 점도가 거의 유사하게 나왔으며, Sample-13(Myristic acid 1%)이 44,800 cP로 점도가 가장 높았다. pH 측정 결과는 4가지 샘플간에 큰 차이를 보이지 않았다. Sample-14(Palmitic acid 1%)는 6.17로 pH가 가장 낮았으며 Sample-12(Lauric acid 1%), Sample-13(Myristic acid 1%)이 중성에 가까운 6.32로 동일하게 pH가 가장 높게 나타났다.

<Table 15> Viscosity and pH according to the Type of Fatty Acid in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	pH	(Spindle 07, 50rpm) 점도[cP]
12	Lauric acid	6.32	44,160
13	Myristic acid	6.32	44,800
14	Palmitic acid	6.17	39,040
15	Stearic acid	6.25	35,200

4) 피토스테롤 함량에 따른 액정 에멀전 점도 및 pH 측정 결과

피토스테롤 함량에 따른 액정 에멀전 Sample-16(Phytosterol 0%), Sample-17(Phytosterol 0.5%), Sample-18(Phytosterol 1%), Sample-19(Phytosterol 1.5%), Sample-20(Phytosterol 2%)까지의 점도 및 pH 측정 결과는 <Table 16>과 같다. 점도 측정 결과, 피토스테롤 함량이 많아질수록 점도가 높은 경향을 보였다. pH 측정 결과는 피토스테롤 함량에 따른 규칙성은 보이지 않았으며, Sample-16(Phytosterol 0%)이 6.18로 pH가 가장 낮았고, Sample-18(Phytosterol 1%)이 6.27로 pH가 가장 높았다.

<Table 16> Viscosity and pH according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	pH	(Spindle 07, 50rpm) 점도[cP]
16	Phytosterol 0%	6.18	36,480
17	Phytosterol 0.5%	6.24	39,040
18	Phytosterol 1%	6.27	39,760
19	Phytosterol 1.5%	6.21	42,240
20	Phytosterol 2%	6.25	43,520

5) 세라마이드 함량에 따른 액정 에멀전 점도 및 pH 측정 결과

세라마이드 함량에 따른 액정 에멀전 Sample-21(Ceramide NP 0%), Sample-22(Ceramide NP 0.5%), Sample-23(Ceramide NP 1.0%), Sample-24(Ceramide NP 1.5%), Sample-25(Ceramide NP 2%)의 점도 및 pH 측정 결과는 <Table 17>과 같다. 점도 측정 결과 피토스테롤 함량이 많아질수록 점도가 높은 경향을 보인 것과 다르게 세라마이드 함량은 점도와 연관성을 보이지 않았다. Sample-24(Ceramide NP 1.5%)가 42,240 cP로 점도가 가장 낮았으며, Sample-25(Ceramide NP 2%)이 66,560 cP로 점도가 가장 높았다. pH 측정 결과는 세라마이드 함량에 따른 규칙성은 보이지 않았으며, Sample-21(Ceramide NP 0%)이 6.15로 pH가 가장 낮았으며 Sample-23(Ceramide NP 1.0%)이 6.36으로 pH가 가장 높게 측정되었다.

<Table 17> Viscosity and pH according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	pH	(Spindle 07, 50rpm) 점도[cP]
21	Ceramide NP 0%	6.15	43,520
22	Ceramide NP 0.5%	6.25	55,040
23	Ceramide NP 1%	6.36	48,640
24	Ceramide NP 1.5%	6.18	42,240
25	Ceramide NP 2%	6.22	66,560

6) 수소화 레시틴 함량에 따른 액정 에멀전 점도 및 pH 측정 결과

수소화 레시틴 함량에 따른 액정 에멀전 Sample-26(Hydrogenated Lecithin 0%), Sample-27(Hydrogenated Lecithin 0.5%), Sample-28(Hydrogenated Lecithin 1%), Sample-29(Hydrogenated Lecithin 1.5%), Sample-30(Hydrogenated Lecithin 2%)의 점도 및 pH 측정 결과는 <Table 18>과 같다. 점도 측정 결과 수소화 레시틴 함량에 따른 규칙성은 보이지 않았으며, Sample-27(Hydrogenated Lecithin 0.5%), Sample-28(Hydrogenated Lecithin 1%)이 26,880 cP로 동일하게 점도가 가장 낮았으며, Sample-29(Hydrogenated Lecithin 1.5%)이 39,040 cP로 점도가 가장 높았다. pH 측정 결과 역시 수소화 레시틴 함량에 따른 규칙성은 보이지 않았으며, Sample-27(Hydrogenated Lecithin 0.5%)이 6.25로 pH가 가장 낮았고, Sample-30(Hydrogenated Lecithin 2%)이 6.33으로 pH가 가장 높게 측정되었다.

<Table 18> Viscosity and pH according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	pH	(Spindle 07, 50rpm) 점도[cP]
26	Hydrogenated Lecithin 0%	6.26	30,080
27	Hydrogenated Lecithin 0.5%	6.25	26,880
28	Hydrogenated Lecithin 1%	6.29	26,880
29	Hydrogenated Lecithin 1.5%	6.29	39,040
30	Hydrogenated Lecithin 2%	6.33	30,080

### 3. 액정 에멀전의 안정성(Stability) 측정

Turbiscan을 이용하여 형성된 30종의 액정 에멀전의 안정도를 확인하였다. 분석조건은 가혹조건 45℃에서 약 48시간, 그래프에서 T.S.I(Global)는 시료가 담긴 전체 높이(Bottom to Top)에서 시간에 따른 안정성 지수를 의미하며 지수가 낮을수록 액정 에멀전이 안정한 것으로 분석한다.

#### 1) 계면활성제 종류에 따른 액정 에멀전 안정도 측정 결과

계면활성제 종류에 따른 액정 에멀전 Sample-1(TegoCare450 3%), Sample-2(Nikkolipid 81s 4%), Sample-3(Heliosoft 4%), Sample-4(Phyto Care 4%), Sample-5(Montanov 202 4%), Sample-6(Olivem1000 4%)의 T.S.I 지수 측정 결과는 <Table 19>와 같다. TegoCare450 3%, Phyto Care4%, Montanov 202 4% 항목이 T.S.I 지수가 1.0 이하로 안정도가 우수했고, 그 중 Montanov 202 4%와 PhytoCare 4%의 안정도가 가장 우수하였다.

<Table 19> Turbiscan Stability Index according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	Turbiscan stability index (T.S.I)
1	TegoCare450	0.94
2	Nikkolipid 81s	1.00
3	Heliosoft	1.05
4	Phyto Care	0.71
5	Montanov 202	0.84
6	Olivem1000	0.91

2) 고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전 안정도 측정 결과

고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전 Sample-7(Myristyl alcohol 3%), Sample-8(Cetyl alcohol 3%), Sample-9(Stearyl alcohol 3%), Sample-10(Cetearyl alcohol 3%), Sample-11(Behenyl alcohol 3%)의 안정도 측정 결과는 <Table 20>과 같다. 모든 항목이 T.S.I 지수가 1.0 이하로 안정도가 우수했고, Behenyl alcohol 3%의 안정도가 가장 안정도가 우수하였다.

<Table 20> Turbiscan Stability Index according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	Turbiscan stability index (T.S.I)
7	Myristyl alcohol	0.97
8	Cetyl alcohol	0.75
9	Stearyl alcohol	0.73
10	Cetearyl alcohol	0.88
11	Behenyl alcohol	0.65

3) 고급 지방산 종류에 따른 액정 에멀전 안정도 측정 결과

고급 지방산 종류에 따른 액정 에멀전 Sample-12(Lauric acid 1%), Sample-13(Myristic acid 1%), Sample-14(Palmitic acid 1%), Sample-15(Stearic acid 1%)의 안정도 결과는 <Table 21>과 같다. 모든 항목이 T.S.I 지수가 1.0 이하로 안정도가 우수했고, Stearic acid 1%가 가장 안정도가 우수하였다.

<Table 21> Turbiscan Stability Index according to the Type of Fatty Acid in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	Turbiscan stability index (T.S.I)
12	Lauric acid	0.93
13	Myristic acid	0.77
14	Palmitic acid	0.83
15	Stearic acid	0.71

4) 피토스테롤 함량에 따른 액정 에멀전 안정도 측정 결과

피토스테롤 함량에 따른 액정 에멀전 Sample-16(Phytosterol 0%), Sample-17(Phytosterol 0.5%), Sample-18(Phytosterol 1%), Sample-19(Phytosterol 1.5%), Sample-20(Phytosterol 2%)까지의 안정도 측정 결과는 <Table 22>와 같다. Phytosterol 0%, Phytosterol 0.5%, Phytosterol 1%, Phytosterol 1.5% 항목이 T.S.I 지수가 1.0 이하로 우수했고, 그 중 Phytosterol 0.5%, Phytosterol 1%가 안정도가 가장 우수하였다.

<Table 22> Turbiscan Stability Index according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	Turbiscan stability index (T.S.I)
16	Phytosterol 0%	0.87
17	Phytosterol 0.5%	0.74
18	Phytosterol 1%	0.69
19	Phytosterol 1.5%	0.95
20	Phytosterol 2%	1.03

5) 세라마이드 함량에 따른 액정 에멀전 안정도 측정 결과

세라마이드 함량에 따른 액정 에멀전 Sample-21(Ceramide NP 0%), Sample-22(Ceramide NP 0.5%), Sample-23(Ceramide NP 1.0%), Sample-24(Ceramide NP 1.5%), Sample-25(Ceramide NP 2%)의 안정도 측정 결과는 <Table 23>과 같다. 모든 항목에서 T.S.I. 지수가 1.0 이하로 안전도가 우수했고, Ceramide NP 1.0%가 T.S.I 지수 0.5 이하로 안정도가 가장 우수하였다.

<Table 23> Turbiscan Stability Index according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	Turbiscan stability index (T.S.I)
21	Ceramide NP 0%	0.76
22	Ceramide NP 0.5%	0.54
23	Ceramide NP 1%	0.34
24	Ceramide NP 1.5%	0.64
25	Ceramide NP 2%	0.65

6) 수소화 레시틴 함량에 따른 액정 에멀전 안정도 측정 결과

수소화 레시틴 함량에 따른 액정 에멀전 Sample-26(Hydrogenated Lecithin 0%), Sample-27(Hydrogenated Lecithin 0.5%), Sample-28(Hydrogenated Lecithin 1%), Sample-29(Hydrogenated Lecithin 1.5%), Sample-30(Hydrogenated Lecithin 2%)의 안정도 측정 결과는 <Table 24>와 같다. Hydrogenated Lecithin 0.5%, Hydrogenated Lecithin 1%, Hydrogenated Lecithin 1.5%, Hydrogenated Lecithin 2% 가 T.S.I 지수가 1.0이하로 안정도가 우수했고, Hydrogenated Lecithin 1%와 Hydrogenated Lecithin 1.5%가 T.S.I 값 1.0 이하로 안정도가 가장 우수하였다. 이러한 결과는 수소화 레시틴은 액정 에멀전의 안정도에 긍정적인 영향을 준다는 것을 보여준다.

<Table 24> Turbiscan Stability Index according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion

Sample No.	항목	Turbiscan stability index (TSI)
26	Hydrogenated Lecithin 0%	1.03
27	Hydrogenated Lecithin 0.5%	0.74
28	Hydrogenated Lecithin 1%	0.68
29	Hydrogenated Lecithin 1.5%	0.68
30	Hydrogenated Lecithin 2%	0.81

#### 4. 액정 에멀전의 레올로지 (E.I, M.V.I, S.L.B) 결과

##### 1) 계면활성제 종류에 따른 액정 에멀전 E.I(Elasticity Index) 결과

계면활성제 종류에 따른 액정 에멀전의 탄성을 분석하기 위하여 E.I 지수를 측정 한 결과는 <Figure 23>과 같다. X축 시간에 따라 Y축의 E.I 가 높을수록 탄성적인 측면이 더 높은 시료로 볼 수 있는데, 40시간 기준으로 Sample-5 (Montanov 202 4%), Sample-1 (Tegocare 450 3%), Sample-2(Nikkolipid 81s 4%), Sample-3 (Heliosoft 4%), Sample-6 (Olivem1000 4%), Sample-4 (Phytocare 4%) 순으로 탄성력이 높은 것을 확인할 수 있다.

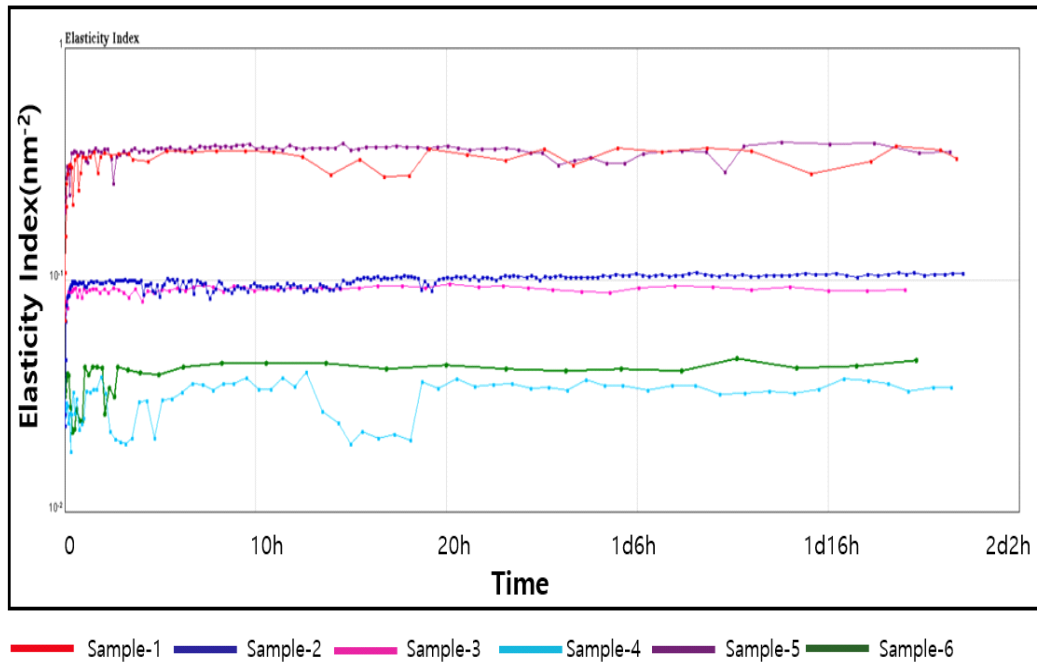


Figure 23. E.I according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion

2) 고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전 E.I(Elasticity Index) 결과

고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전의 탄성을 분석하기 위하여 E.I 지수를 측정된 결과는 <Figure 24>와 같다. Sample 7-11를 40시간 기준으로 E.I를 비교했을 때, Sample-8(Cetyl alcohol 3%), Sample-9(Stearyl alcohol 3%), Sample-7(Myristyl alcohol 3%), Sample-11(Behenyl alcohol 3%), Sample-10(Cetearyl alcohol 3%)순으로 탄성력이 높은 것을 확인할 수 있다.

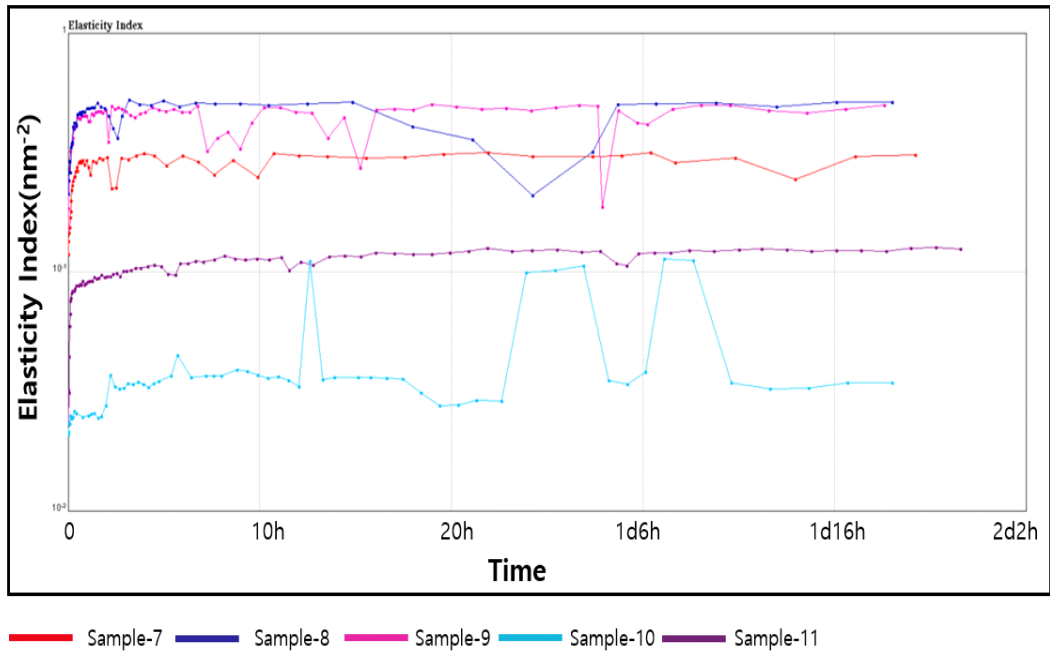


Figure 24. E.I according to the Type of Fatty alcohol in Liquid Crystal Emulsion

### 3) 고급 지방산 종류에 따른 액정 에멀전 E.I(Elasticity Index) 결과

고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전의 탄성을 분석하기 위하여 E.I 지수를 측정된 결과는 <Figure 25>와 같다. Sample 12-15를 40시간 기준으로 E.I를 비교했을 때, Sample-14(Palmitic acid 1%), Sample-13(Myristic acid 1%), Sample-15(Stearic acid 1%), Sample-12(Lauric acid 1%) 순으로 탄성력이 높은 것을 확인할 수 있다. 이때, Sample-14(Palmitic acid 1%)와 Sample-13(Myristic acid 1%)은 탄성력이 거의 유사한 것으로 보인다.

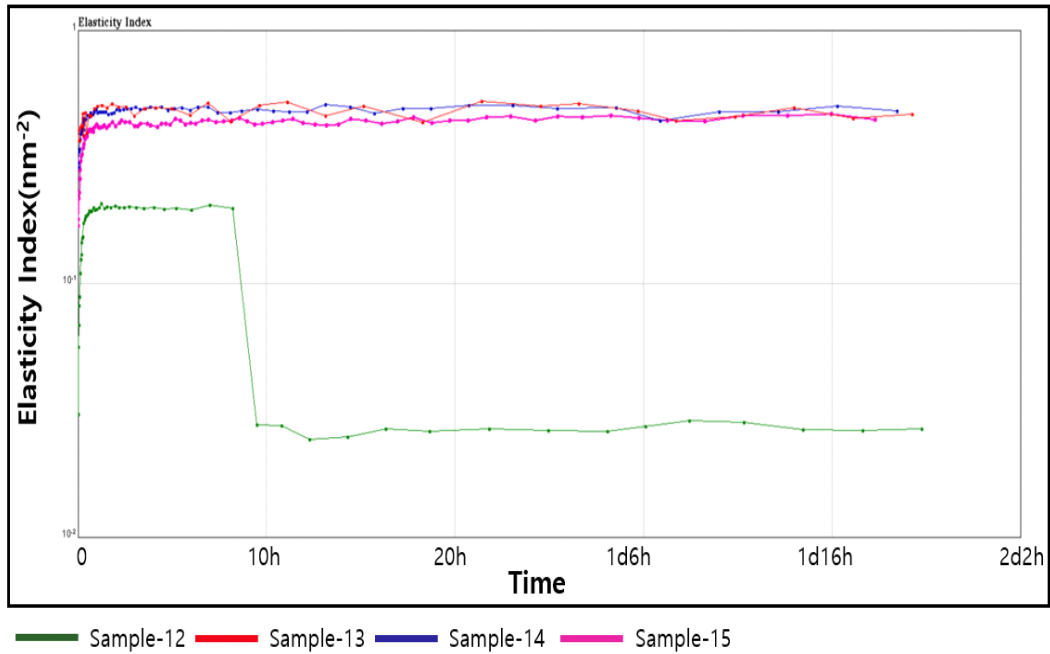


Figure 25. E.I according to the Type of Fatty acid in Liquid Crystal Emulsion

#### 4) 피토스테롤 함량에 따른 액정 에멀전 E.I(Elasticity Index) 결과

피토스테롤 함량에 따른 액정 에멀전의 탄성을 분석하기 위하여 E.I 지수를 측정된 결과는 <Figure 26>과 같다. Sample 16-20을 40시간 기준으로 E.I(Elasticity Index)를 비교했을 때, Sample-17 (Phytosterol 0.5%), Sample-20 (Phytosterol 2%), Sample-19 (Phytosterol 1.5%), Sample-18 (Phytosterol 1%), Sample-16 (Phytosterol 0%) 순으로 탄성력이 높은 것을 확인할 수 있다. 피토스테롤 함량에 따른 규칙성은 보이지 않았다.

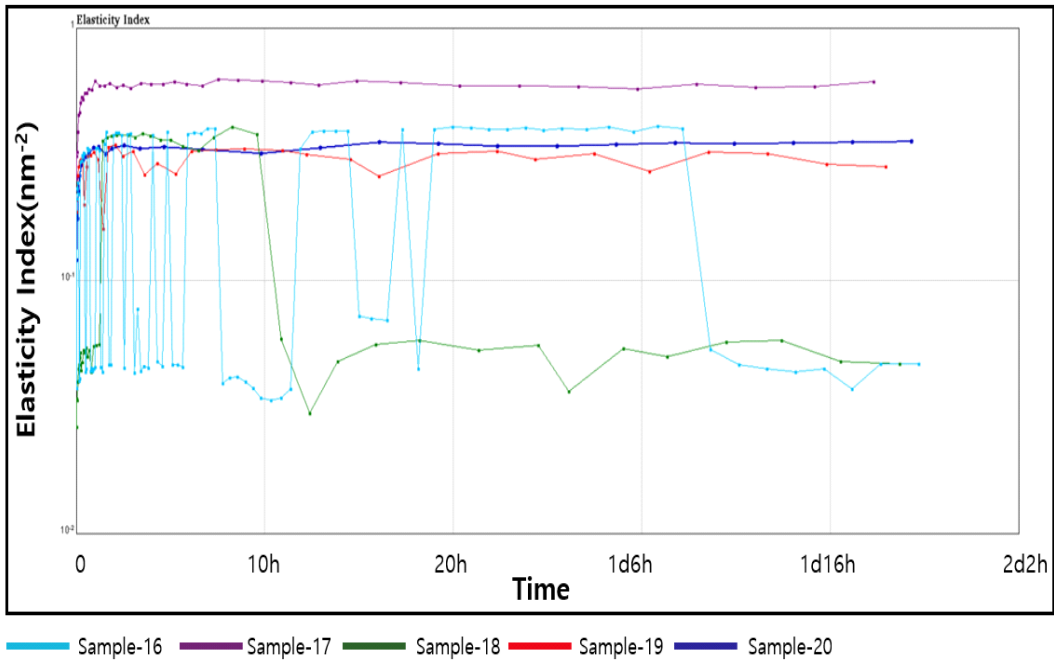


Figure 26. E.I according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion

5) 세라마이드 함량에 따른 액정 에멀전 E.I(Elasticity Index) 결과

세라마이드 함량에 따른 액정 에멀전의 탄성을 분석하기 위하여 E.I 지수를 측정된 결과는 <Figure 27>과 같다. Sample 21-25를 40시간 기준으로 E.I를 비교했을 때, Sample-25 (Ceramide 2%), Sample-23 (Ceramide 1%), Sample-21 (Ceramide 0%), Sample-24 (Ceramide 1.5%), Sample-22 (Ceramide 0.5%) 순으로 탄성력이 높은 것을 확인할 수 있다. 세라마이드 함량에 따른 규칙성은 보이지 않았다.

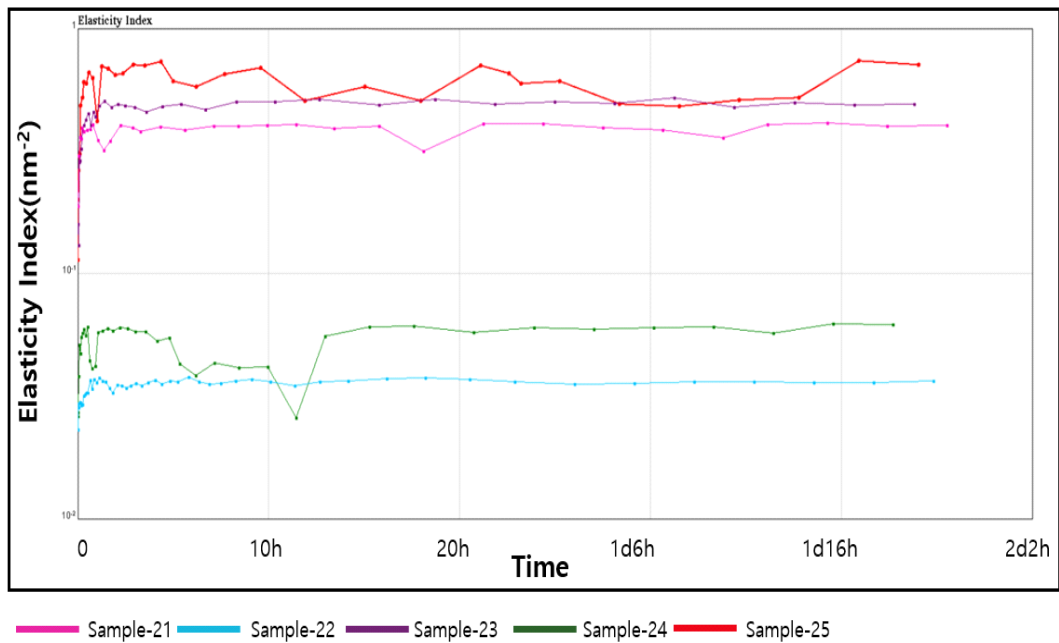


Figure 27. E.I according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion

6) 수소화 레시틴 함량에 따른 액정 에멀전 E.I(Elasticity Index) 결과

수소화 레시틴 함량에 따른 액정 에멀전의 탄성을 분석하기 위하여 E.I 지수를 측정된 결과는 <Figure 28>과 같다. Sample 26-30을 40시간 기준으로 E.I를 비교했을 때, Sample-27 (Hydrogenated Lecithin 0.5%), Sample-26 (Hydrogenated Lecithin 0%), Sample-29 (Hydrogenated Lecithin 1.5%), Sample-30 (Hydrogenated Lecithin 2%), Sample-28 (Hydrogenated Lecithin 1%) 순으로 탄성력이 높은 것을 확인할 수 있다. 수소화 레시틴 함량에 따른 규칙성은 보이지 않았다.

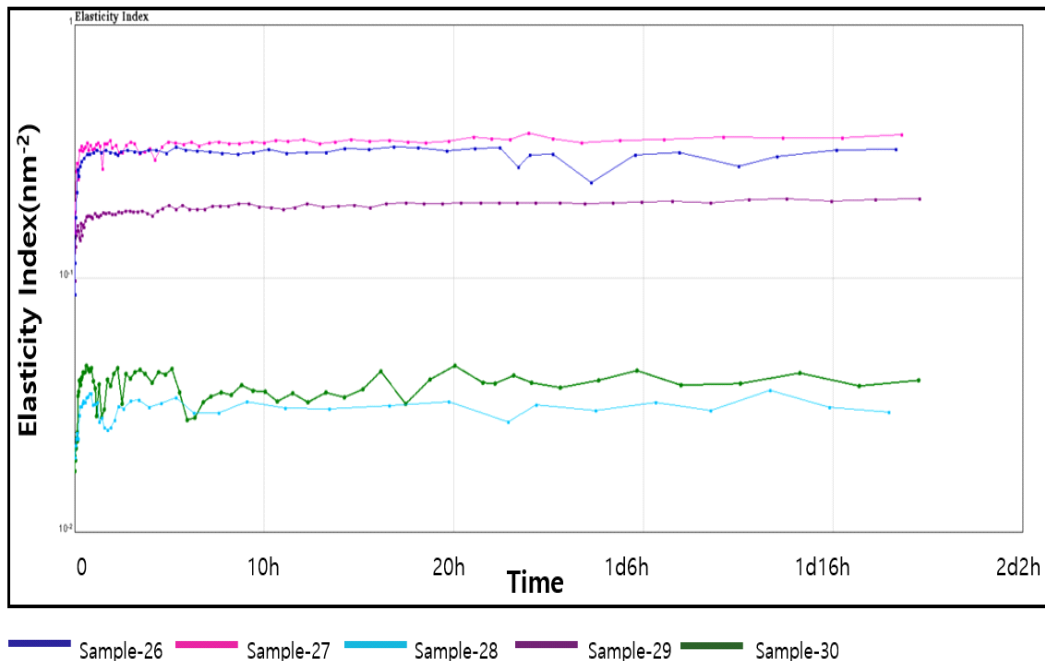


Figure 28. E.I according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion

7) 계면활성제 종류에 따른 액정 에멀전 M.V.I(Macroscopic Viscosity Index) 결과

계면활성제를 달리하여 제조한 Sample 1-6까지의 상온(25℃-30℃)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Microscopic Viscosity 분석 결과는 <Figure 29>와 같다. Y축의 M.V.I가 더 높을수록 점성적인 측면이 높은 액정 에멀전이라 할 수 있다. Sample 1-6 의 M.V.I를 비교했을 때, Sample-6(Olivem1000 4%), Sample-1(Tegocare 450 3%), Sample-3(Heliosoft 4%), Sample-5 (Montanov 202 4%), Sample-4(Phytocare 4%), Sample-2(Nikkolipid 81s 4%) 순으로 점성이 높은 것을 확인할 수 있다. 시간에 따른 점성 변화는 Y

축의 M.V.I  $10^{-1}$  ~ 10구간 안에서 유사한 곡선 패턴을 보였다. 측정 종료 시점에 평균 수치로 기록되어 모두 대체적으로 안정한 점도를 유지하였다.

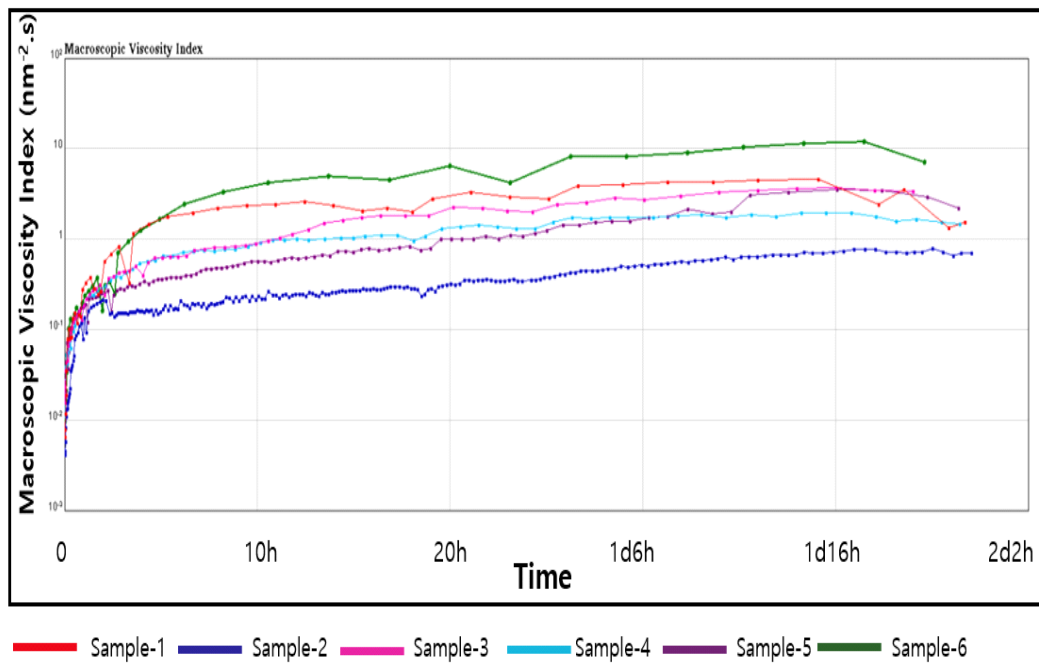


Figure 29. M.E.I according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion

8) 고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전 M.V.I(Macroscopic Viscosity Index)결과

고급 알코올을 달리하여 제조한 Sample 7-11까지의 상온(25℃-30℃)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Microscopic Viscosity 분석 결과는 <Figure 30> 과 같다. Y축의 M.V.I가 더 높을수록 점성적인 측면이 높은 액정 에멀전이라 할 수 있다. Sample 7-11의 M.V.I를 비교했을 때, Sample-8

(Cetyl alcohol 3%), Sample-7(Myristyl alcohol 3%), Sample-9(Stearyl alcohol 3%), Sample-10(Cetearyl alcohol 3%), Sample-11(Behenyl alcohol 3%) 순으로 점성이 높은 것을 확인할 수 있다.

시간에 따른 점성 변화는 Y축의 M.V.I  $10^{-1} \sim 10$  구간 안에서 유사한 곡선 패턴을 보였으며 시간이 지날수록 M.V.I이 높아지다가 1d 6h 지점에서 낮아지다가 다시 높아졌다. 측정 종료 시점에 평균 수치로 기록되어 모두 대체적으로 안정한 점도를 유지하였다.

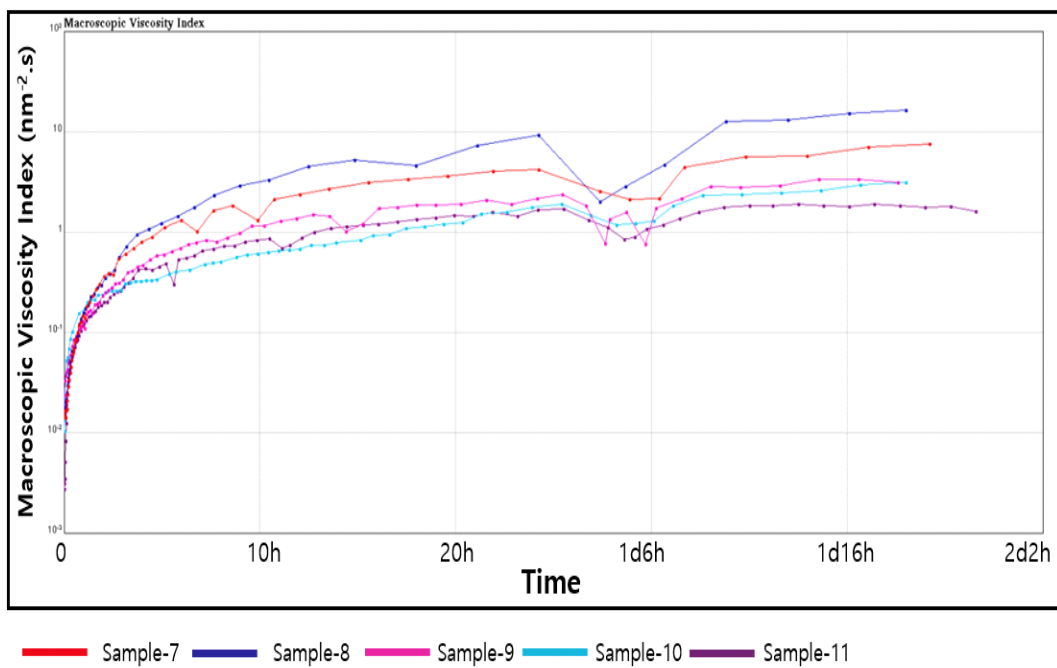


Figure 30. M.E.I according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion

9) 고급 지방산 종류에 따른 액정 에멀전 M.V.I(Macroscopic Viscosity Index)결과

고급 지방산을 달리하여 제조한 Sample 12-15까지의 상온(25℃-30℃)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Microscopic Viscosity 분석 결과는 <Figure 31> 과 같다. Y축의 M.V.I가 더 높을수록 점성적인 측면이 높은 액정 에멀전이라 할 수 있다. Sample 12-15의 M.V.I를 비교했을 때, Sample-13(Myristic acid 1%), Sample-14(Palmitic acid 1%), Sample-12(Lauric acid 1%), Sample-15(Stearic acid 1%) 순으로 점성이 높은 것을 확인할 수 있다. 시간에 따른 점성 변화는 Y축의 점차 높아지는  $10^{-1} \sim 10^2$  구간 안에서 유사한 곡선 패턴을 보였다. 측정 종료 시점에 평균 수치로 기록되어 모두 대체적으로 안정한 점도를 유지하였다.

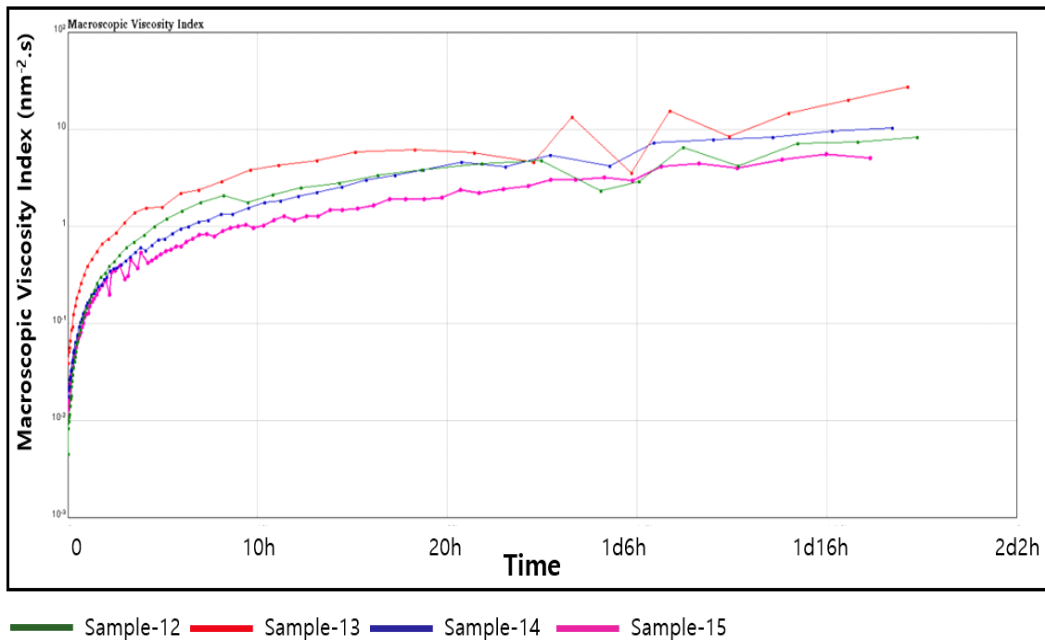


Figure 31. M.E.I according to the Type of Fatty Acid in Liquid Crystal Emulsion

10) 피토스테롤 함량에 따른 액정 에멀전 M.V.I(Macroscopic Viscosity Index)결과

피토스테롤 함량을 달리하여 제조한 Sample 16-20까지의 상온(25℃-30℃)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Microscopic Viscosity 분석 결과는 〈Figure 32〉와 같다. Y축의 M.V.I가 더 높을수록 점성적인 측면이 높은 액정 에멀전이라 할 수 있다. Sample 16-20의 MVI를 비교했을 때, Sample-20 (Phytosterol 2%), Sample-17 (Phytosterol 0.5%), Sample-19 (Phytosterol 1.5%), Sample-18 (Phytosterol 1%), Sample-16 (Phytosterol 0%) 순으로 점성이 높은 것을 확인할 수 있다. 시간에 따른 점성 변화는 전체적으로 M.V.I가 높아지다가 측정 종료 시, 내려가는 수치를 나타냈다. 측정 종료 시점에 평균 수치로 기록되어 모두 대체적으로 안정한 점도를 유지하였다.

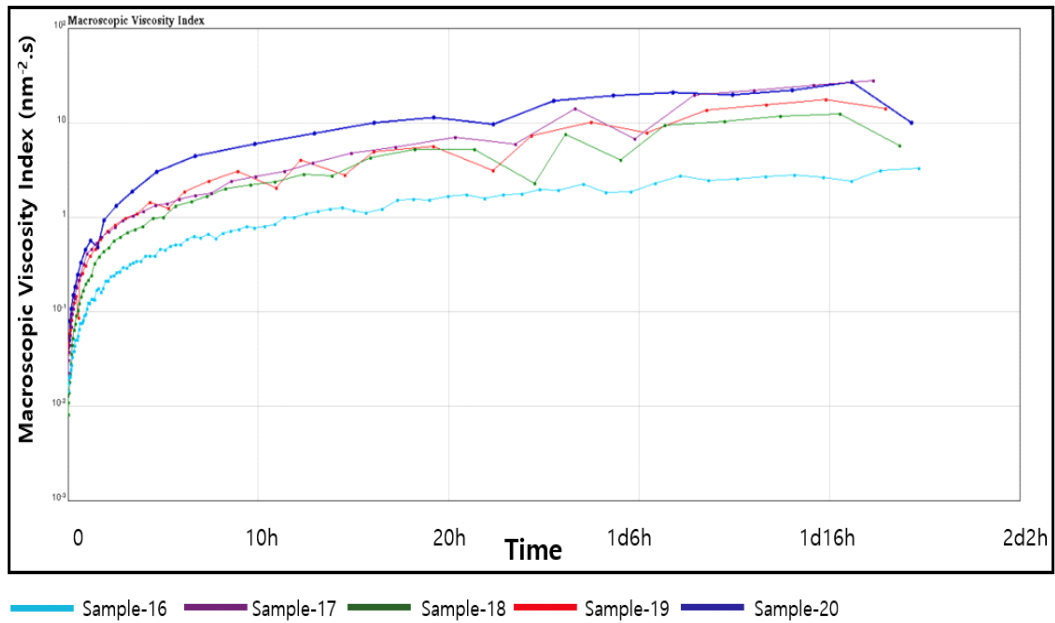


Figure 32. M.E.I according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion

11) 세라마이드 함량에 따른 액정 에멀전 M.V.I(Macroscopic Viscosity Index)결과

세라마이드 함량을 달리하여 제조한 Sample 21-25까지의 상온(25°C-30°C)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Microscopic Viscosity 분석 결과는 <Figure 33>과 같다. Y축의 M.V.I가 더 높을수록 점성적인 측면이 높은 액정 에멀전이라 할 수 있다. Sample 21-25의 MVI를 비교했을 때, Sample-25 (Ceramide NP 2%), Sample-21 (Ceramide NP 0%), Sample-23 (Ceramide NP 1%), Sample-22 (Ceramide NP 0.5%), Sample-24 (Ceramide NP 1.5%) 순으로 점성이 높은 것을 확인할 수 있다. 시간에 따른 점성 변화는 전체적으로 M.V.I가 높아지다가 측정 종료 시, 내려가는 수치를 나타냈다.

측정 종료 시점에 평균 수치로 기록되어 모두 대체적으로 안정한 점도를 유지하였다.

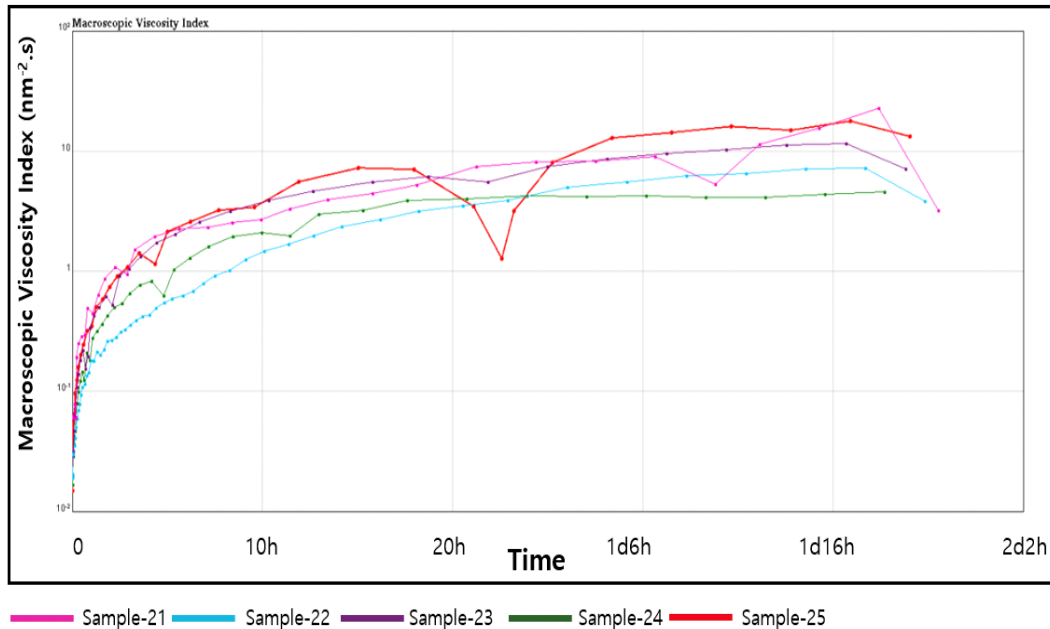


Figure 33. M.E.I according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion

12) 수소화 레시틴 함량에 따른 액정 에멀전 M.V.I(Macroscopic Viscosity Index)결과

수소화 레시틴 함량을 달리하여 제조한 Sample 26-30까지의 상온(25℃-30℃)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Microscopic Viscosity 분석 결과는 <Figure 34>와 같다. Y축의 M.V.I가 더 높을수록 점성적인 측면이 높은 액정 에멀전이라 할 수 있다. Sample 26-30 의 MVI를 비교했을 때, Sample-27 (Hydrogenated Lecithin 0.5%), Sample-30 (Hydrogenated Lecithin

2%), Sample-28 (Hydrogenated Lecithin 1%), Sample-26 (Hydrogenated Lecithin 0%), Sample-29 (Hydrogenated Lecithin 1.5%) 순으로 점성이 높았다. 시간에 따른 점성 변화는 전체적으로 M.V.I 가 점점 높아졌으며 다른 그룹에 비해 점성이 높은 것으로 나타났다.

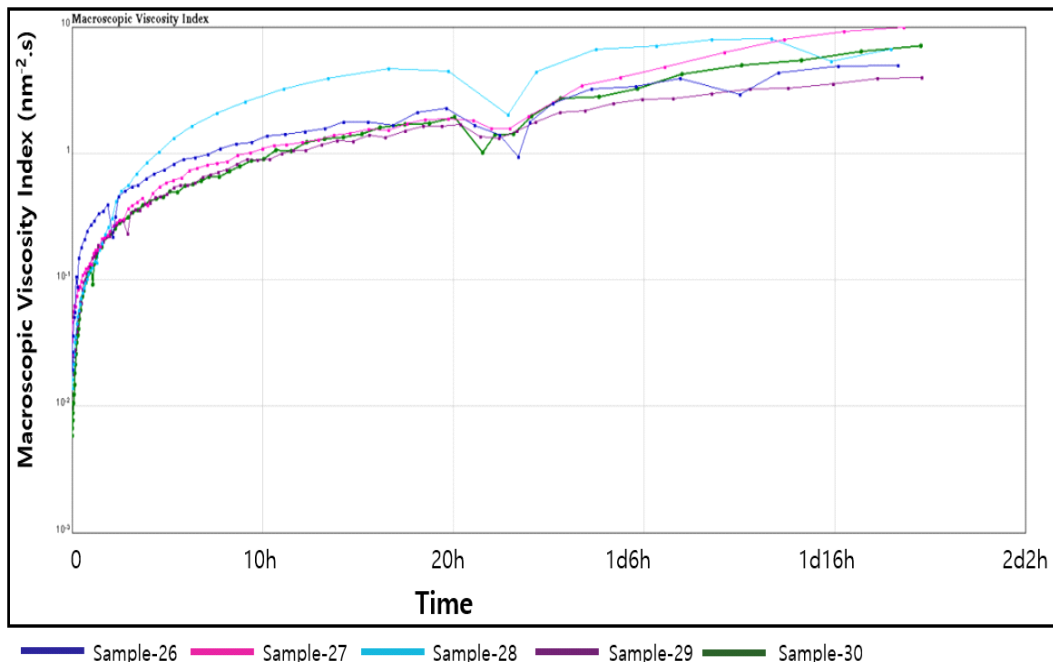


Figure 34. M.E.I according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion

### 13) 계면활성제 종류에 따른 액정 에멀전 S.L.B(Solid Liquid Balance)결과

계면활성제를 달리하여 제조한 Sample 1-6까지의 상온(25℃-30℃)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Solid Liquid Balance 분석 결과는 <Figure 35> 와 같다. X축은 측정시간(h) 0부터 40시간이고 Y축의 Solid-Liquid

값이 0.5 이하이면 점탄성이 강한 Solid-like System 으로 판단 할 수 있다. Sample-1(TegoCare450 3%), Sample-2(Nikkolipid 81s 4%), Sample-3(Heliosoft 4%), Sample-4(Phyto Care4%), Sample-5(Montanov 202 4%),Sample-6(Olivem1004 4%) 모두 S.L.B 값이 0.5 이하인 것으로 보아 점탄성이 강한 Solid-like System 으로 평가된다.

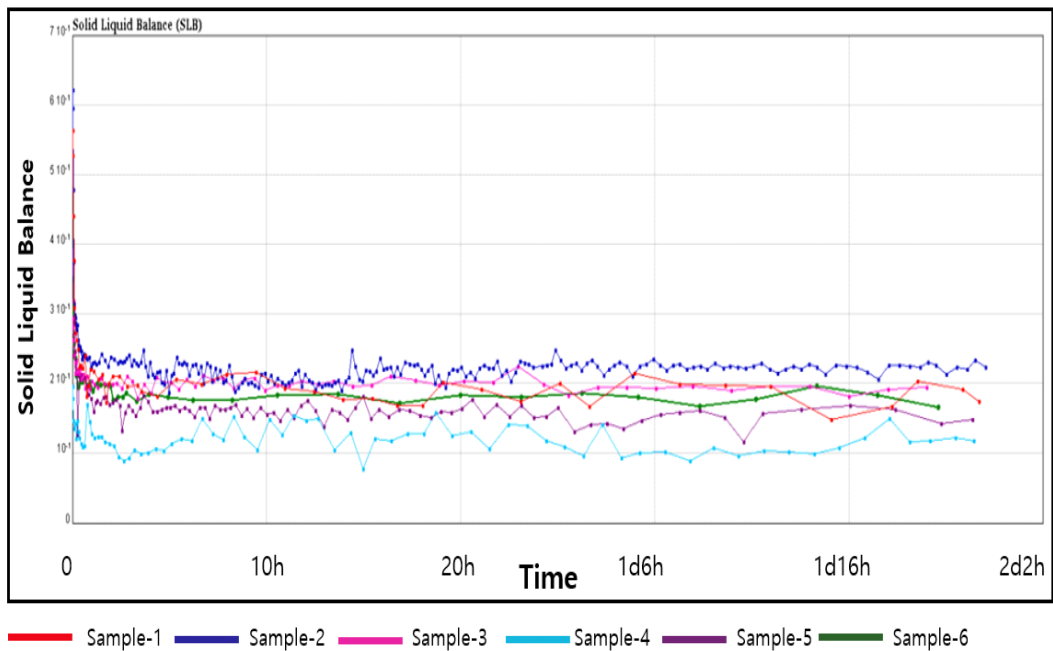


Figure 35. S.L.B according to the Type of Surfactant in Liquid Crystal Emulsion

14) 고급 알코올 종류에 따른 액정 에멀전 S.L.B(Solid Liquid Balance)결과

고급 알코올을 달리하여 제조한 Sample 7-11까지의 상온(25℃-30℃)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Solid Liquid Balance 분석 결과는 <Figure 36> 과 같다. X축은 측정시간(h) 0부터 40시간이고 Y축의 Solid-Liquid 값이 0.5 이하이면 점탄성이 강한 Solid-like System 으로 판단 할 수 있다. Sample-7(Myristyl alcohol 3%), Sample-8(Cetyl alcohol 3%), Sample-9(Stearyl alcohol 3%), Sample-10(Cetearyl alcohol 3%), Sample-11(Behenyl alcohol 3%) 모두 S.L.B 값이 0.5 이하인 것으로 보아 점탄성이 강한 Solid-like System 으로 평가된다.

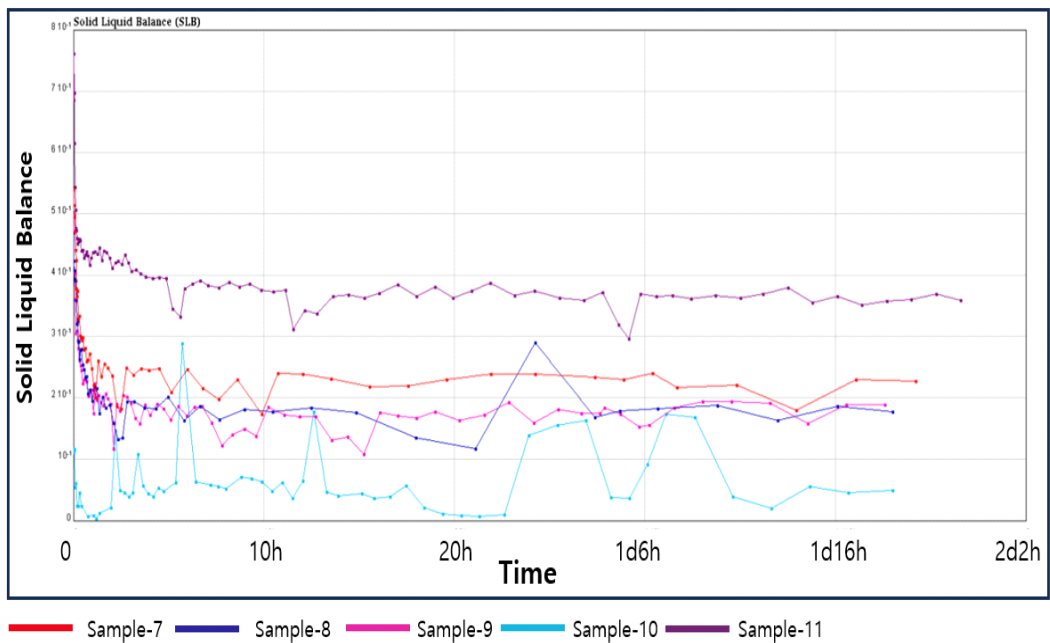


Figure 36. S.L.B according to the Type of Fatty Alcohol in Liquid Crystal Emulsion

15) 고급 지방산 종류에 따른 액정 에멀전 S.L.B(Solid Liquid Balance)결과

고급 지방산을 달리하여 제조한 Sample 12-15까지의 상온(25°C-30°C)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Solid Liquid Balance 분석 결과는 <Figure 37> 과 같다. X축은 측정시간(h) 0부터 40시간이고 Y축의 Solid-Liquid 값이 0.5 이하이면 점탄성이 강한 Solid-like System 으로 판단 할 수 있다. Sample-12(Lauric acid 1%), Sample-13(Myristic acid 1%), Sample-14(Palmitic acid 1%), Sample-15(Stearic acid 1%) 모두 S.L.B 값이 0.5 이하인 것으로 보아 점탄성이 강한 Solid-like System으로 평가된다.

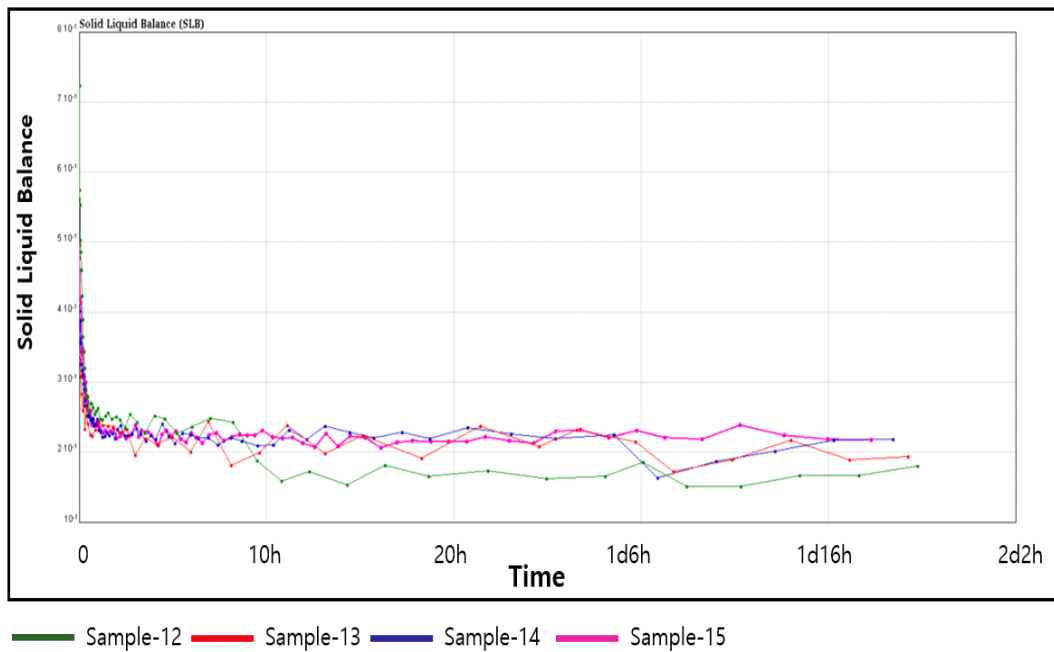


Figure 37. S.L.B according to the Type of Fatty Acid in Liquid Crystal Emulsion

16) 피토스테롤 함량에 따른 액정 에멀전 S.L.B(Solid Liquid Balance)결과

피토스테롤 함량을 달리하여 제조한 Sample 16-20까지의 상온(25℃-30℃)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Solid Liquid Balance 분석 결과는 <Figure 38> 과 같다. X축은 측정시간(h) 0부터 40시간이고 Y축의 Solid-Liquid 값이 0.5 이하이면 점탄성이 강한 Solid-like System으로 판단 할 수 있다. Sample-16(Phytosterol 0%), Sample-17(Phytosterol 0.5%), Sample-18(Phytosterol 1%), Sample-19(Phytosterol 1.5%), Sample-20(Phytosterol 2%) 모두 SLB 값이 0.5 이하인 것으로 보아 점탄성이 강한 Solid-like System 으로 평가된다.

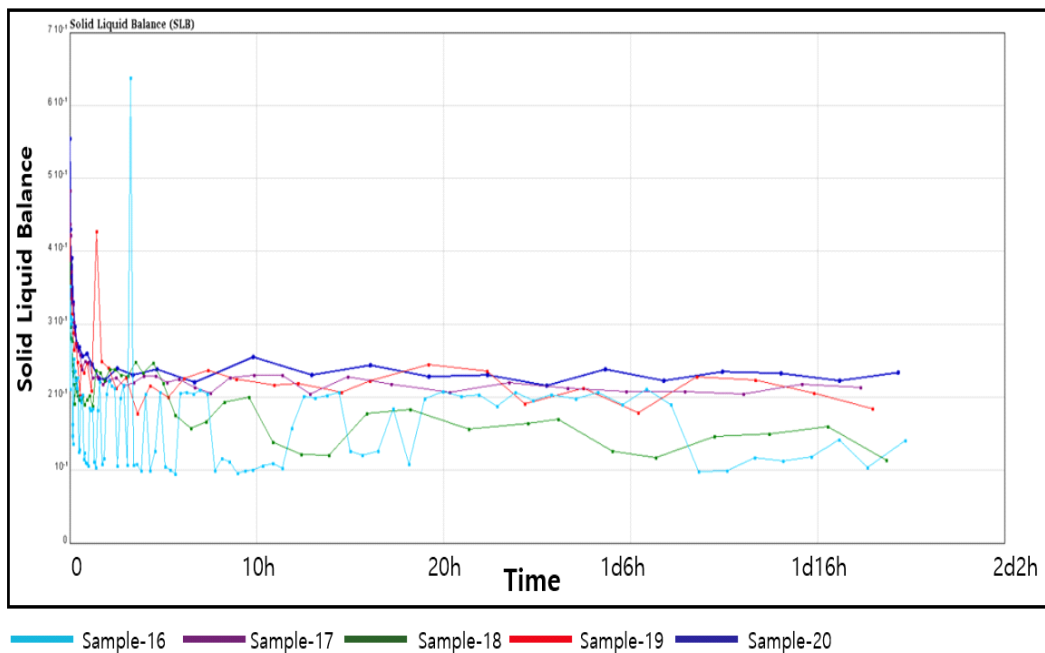


Figure 38. S.L.B according to the Amount of Phytosterol in Liquid Crystal Emulsion

17) 세라마이드 함량에 따른 액정 에멀전 S.L.B(Solid Liquid Balance)결과

세라마이드 함량을 달리하여 제조한 Sample 21-25까지의 상온(25℃-30℃)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Solid Liquid Balance 분석 결과는 <Figure 39> 와 같다. X축은 측정시간(h) 0부터 40시간이고 Y축의 Solid-Liquid 값이 0.5 이하이면 점탄성이 강한 Solid-like System 으로 판단 할 수 있다. Sample-21(Ceramide NP 0%), Sample-22(Ceramide NP 0.5%), Sample-23(Ceramide NP 1.5%), Sample-24(Ceramide NP 1.5%), Sample-25(Ceramide NP 2%) 모두 S.L.B 값이 0.5 이하인 것으로 보아 점탄성이 강한 Solid-like System 으로 평가된다.

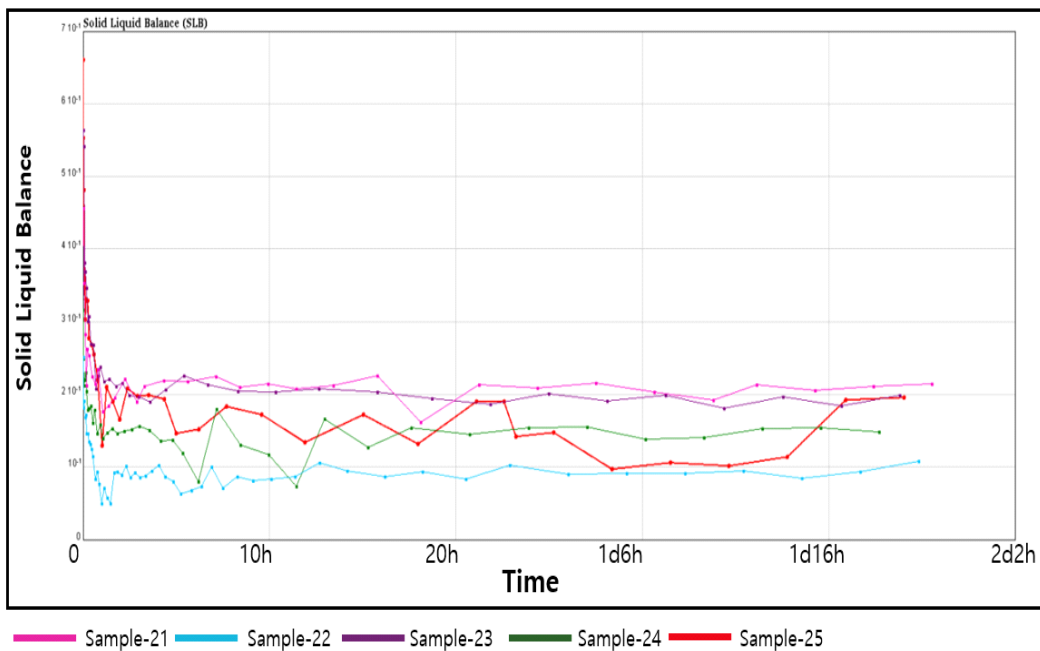


Figure 39. S.L.B according to the Amount of Ceramide in Liquid Crystal Emulsion

18) 수소화 레시틴 함량에 따른 액정 에멀전 S.L.B(Solid Liquid Balance)결과

수소화 레시틴 함량을 달리하여 제조한 Sample 26-30까지의 상온(25℃-30℃)에서 40시간 동안 시간변화에 따른 액정 에멀전 Solid Liquid Balance 분석 결과는 〈Figure 40〉 과 같다. X축은 측정시간(h) 0부터 40시간이고 Y축의 Solid-Liquid 값이 0.5 이하이면 점탄성이 강한 Solid-like System 으로 판단할 수 있다. Sample-26(Hydrogenated Lecithin 0%),Sample-27(Hydrogenated Lecithin 0.5%), Sample-28(Hydrogenated Lecithin1%), Sample-29(Hydrogenated Lecithin 1.5%), Sample-30(Hydrogenated Lecithin 2%) 모두 S.L.B 값이 0.5 이하인 것으로 보아 점탄성이 강한 Solid-like System 으로 평가된다.

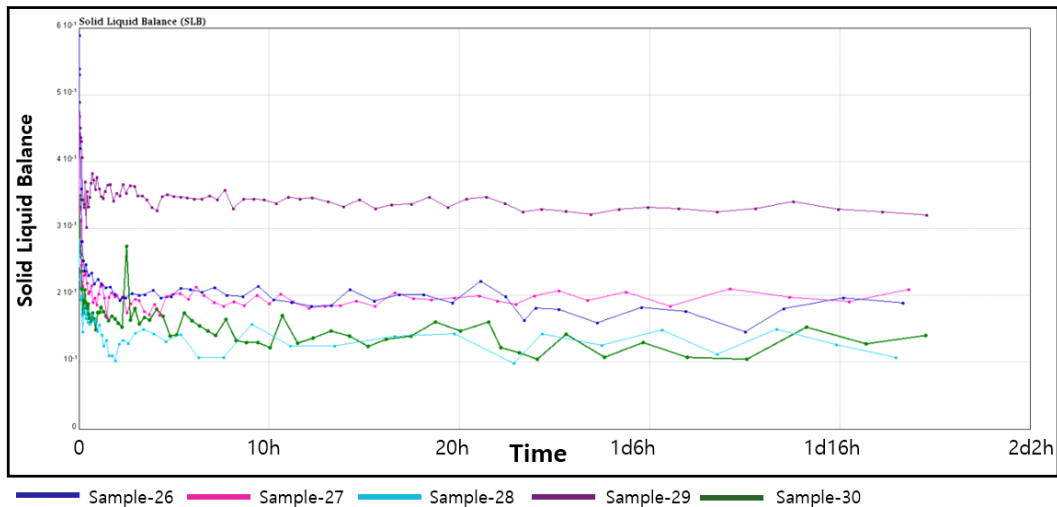
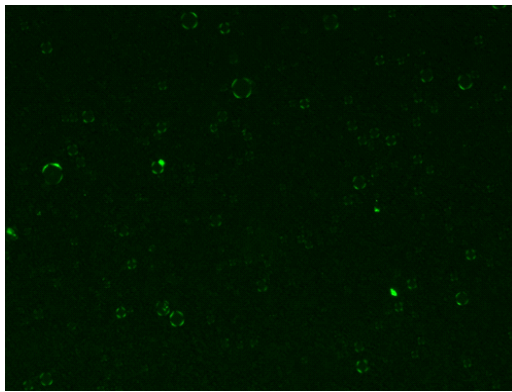


Figure 40. S.L.B according to the Amount of Hydrogenated Lecithin in Liquid Crystal Emulsion

## 5. 바쿠치올 액정 에멀전의 편광현미경 분석 결과

30종 액정 에멀전을 대상으로 편광현미경, 안정성 및 점탄성 실험 및 측정과 분석을 통하여, 항목별 측정과 분석에서 공통적으로 가장 우수한 결과를 나타낸 Phytocare 4%, Behenyl Alcohol 3%, Stearic Acid 3%, Phytosterol 0.5%, Ceramide NP 0.5%, Hydrogenated Lecithin 1%의 배합에 바쿠치올 2%를 첨가한 바쿠치올 액정 에멀전을 제조한 바쿠치올 액정 에멀전과 바쿠치올 2% 들어간 일반 에멀전의 액정의 광학 이방성 특징인 Maltese cross 무늬를 확인하여 액정 형성을 확인하고 비교 하였다. 각각 3회 이상 촬영하여 결과물을 채택하였다. 편광 현미경 측정 결과는 <Figure 41>과 같다. 바쿠치올 액정 크림은 Maltese cross 무늬가 선명하게 일정하게 관찰되어 액정이 생성되었다고 판단할 수 있으며 바쿠치올 일반 크림은 Maltese cross 무늬가 관찰되지 않았다.

< 바쿠치올 액정 크림 >



<바쿠치올 일반 크림>

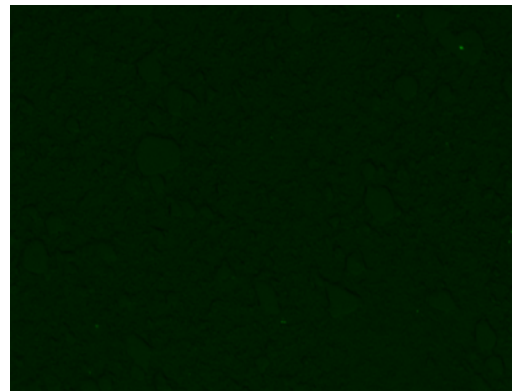


Figure 41. Polarization Microscope Maltese Cross Image of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion

## 6. 바쿠치올 액정 에멀전의 전자현미경 Cryo-SEM(Cryogenic Scanning Electron Microscope) 분석 결과

제조된 바쿠치올 액정 에멀전의 액정 구조를 확인하기 위해 Cryo-SEM 분석하였다. Cryo-SEM 분석기법은 시료를 준비하는 복잡한 과정과 정교한 관찰 및 세밀한 이미지 도출 과정을 필요로하는 만큼 상온에서 고체의 형태가 아닌 유연학적 성질을 가진 물질의 내부 구조를 상세히 확인할 수 있다<sup>138)</sup>. <Figure 42> 의 Cryo-SEM 측정 이미지에서 다층 층으로 잘 형성된 액정의 라멜라 구조를 확인할 수 있었으며, 이는 액정 에멀전이 피부와 유사한 구조를 잘 갖추고 있는 것으로 판단된다.

피부 지질은 주로 Ceramide, Cholesterol 및 Free fatty acid로 층상의 회합체를 형성하여 채내 수분 유지나 세포간 접촉 혹은 외부 자극에 대하여 장벽으로서의 기능에 기여하고 있다<sup>139)</sup>. ‘Ceramide를 피부 외용제나 화장품에 이용시 피부 각질층의 지질의 층상구조와 유사하도록 Cholesterol, Fatty acid 등의 각질세포 간 지질 성분과 같이 배합하면 다층의 라멜라 구조의 회합체를 형성한다<sup>140)</sup>.’라는 박인애(2007)의 선행 연구 결과는 Ceramide, Cholesterol, Fatty acid는 피부 지질 구성 성분으로 피부 각질층의 라멜라 구조와 유사하게 Ceramide, Cholesterol, Fatty acid를 같이 배합하였을 때 다층의 라멜라 구조가 형성되었다고 보여지며 본 연구에서는 Ceramide 와 식물성 콜레스테롤인 Phytosterol, 피부 인지질 성분인 Hydrogenated Lecithin을 같이 배합했을 때 앞선 선행연구와 유사하게 다층에 라멜라 구조를 형성 한다는 것을 시사한다.

---

138) Azad MOHAMMED(2018), SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM): A REVIEW, International Conference on Hydraulics and Pneumatics, 9(1), pp.77-85

139) effrey Rajkumara Neha Chandan(2023),The Skin Barrier and Moisturization: Function, Disruption, and Mechanisms of Repair, Skin Pharmacol Physiol, 36(4), pp.174-185

140) 박인애, 안인숙(2007), 유화제와 액정 형성에 관한 연구, 아시안뷰티화장품학술지, 5(2), pp. 115-128

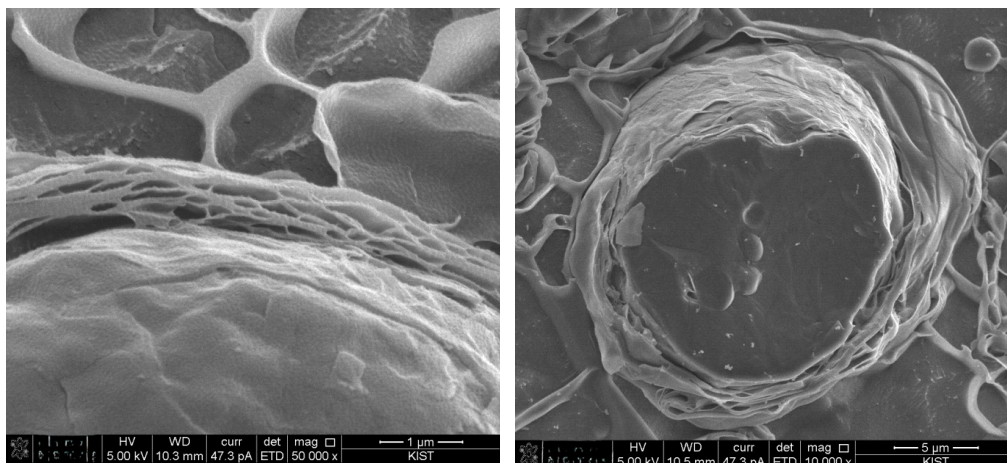


Figure 42. Cryo-SEM Image of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion

## 7. 바쿠치올 액정 에멀전의 X선 산란(Small Angle X-ray Scattering) 분석결과

소각 X선 산란장치(SAXS)를 사용하여 액정 에멀전의 라멜라 다중층 구조를 관찰하여 측정 한 결과, <Figure 43> 과 같이 소각 X선 산란의 피크값(peak), q값이 0.29, 0.57, 0.87으로 측정되어 대략적으로 1:2:3의 비율이 되었다. X선 산란분석을 통해 액정의 Cubic, Hexagonal, Lamella의 구조를 확인할수있는데 브래그 법칙(Bragg spacing Ratio)에 따르면 X선 산란의 피크 (peak) q값이 1:2:3일 때 라멜라구조를 나타낸다<sup>141)</sup>. <Figure 39> 에서 q 값이 0.29, 0.57, 0.87으로 1: 2: 3 의 비율로 브래그 법칙(Bragg Spacing Ratio)에 의해, 해당 비율의 X선 산란 피크는 라멜라 구조를 갖는 것으로 확인할 수 있다.

141) 박소연, 김수지(2016), X선 산란분석법을 이용한 액정에멀전 구조분석,대한화장품학회지 42(3), pp.297-302

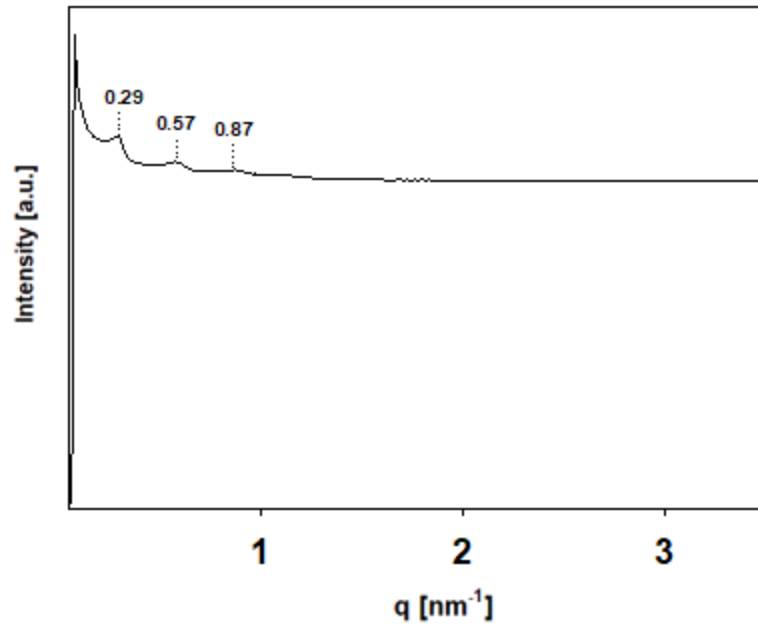
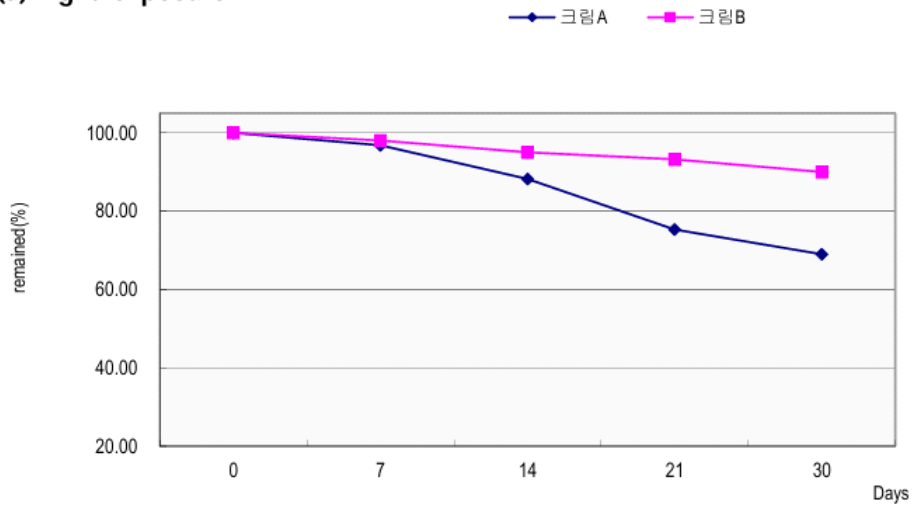


Figure 43. SAX of Bakuchiol Liquid Crystal Emulsion

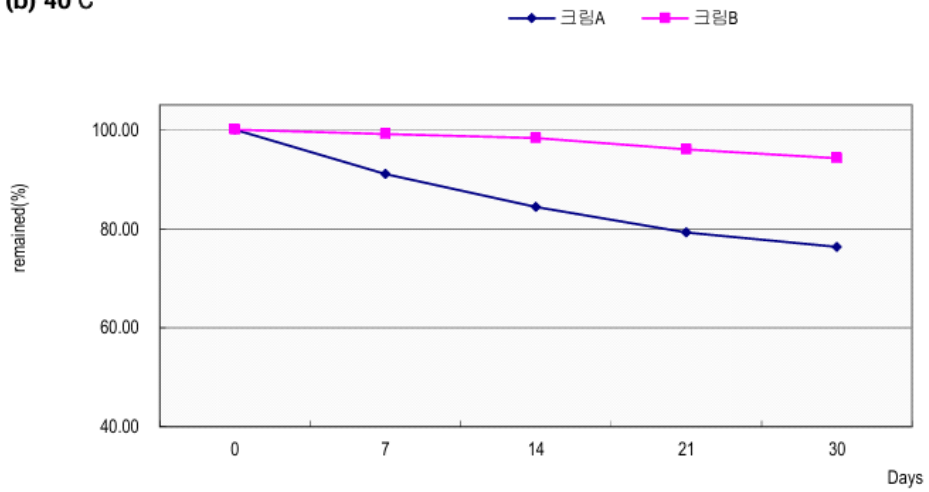
## 8. 바쿠치올 액정 에멀전의 액체크로마토그래피 분석 결과

바쿠치올이 함유된 액정 에멀전(크림 B)과 일반 에멀전(크림 A)의 바쿠치올 함량 안정성을 비교 실험하기 위해 30일간 Light exposure, 25°C, 40°C 조건에 보관하여 7일마다 바쿠치올 함량을 액체크로마토그래피를 사용하여 분석하였다. <Figure 44>는 분석 결과이며, Light exposure, 25°C, 40°C 세가지 모든 조건에서 액정 에멀전(크림 B)에서 안정도가 더 우수한 결과를 보였다.

**(a) Light exposure**



**(b) 40°C**



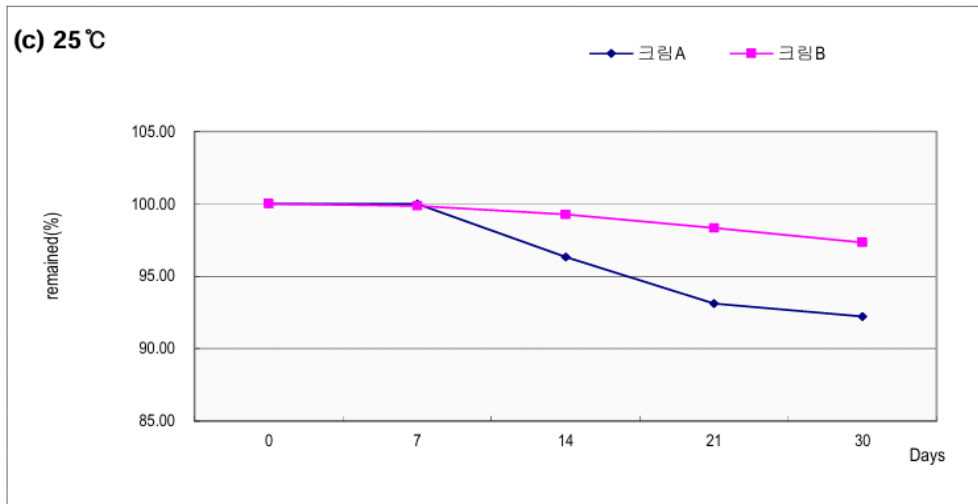


Figure 44. Bakuchiol Stability with Temperature(25°C, 40°C) and Light of Bakuchiol Liquid Crystal emulsion

## 9. 바쿠치올 액정 에멀전의 경피 흡수율 실험(Franz Cell Test) 결과

바쿠치올이 2% 함유된 액정 에멀전과 일반 에멀전의 피부 투과율을 비교하기 위하여 Franz diffusion cell을 사용하여 제조된 각 제형의 피부투과율을 측정하였다. 그 결과는 <Table 25>, <Figure 45>와 같다. 48시간 경과 후 바쿠치올 피부 투과율을 비교했을 때, 일반 에멀전은 0.08%, 액정 에멀전은 0.3%로 액정 에멀전이 일반 에멀전보다 3.75배 더 높은 투과율을 보였다.

<Table 25> Measured value of Percutaneous Absorption according to Time of Bakuchiol Liquid Crystal emulsion

시간(h)	0	4	8	16	24	30	48
일반 에멀전	0	0	0	0	0.024	0.057	0.08
액정 에멀전	0	0	0	0	0.061	0.147	0.3

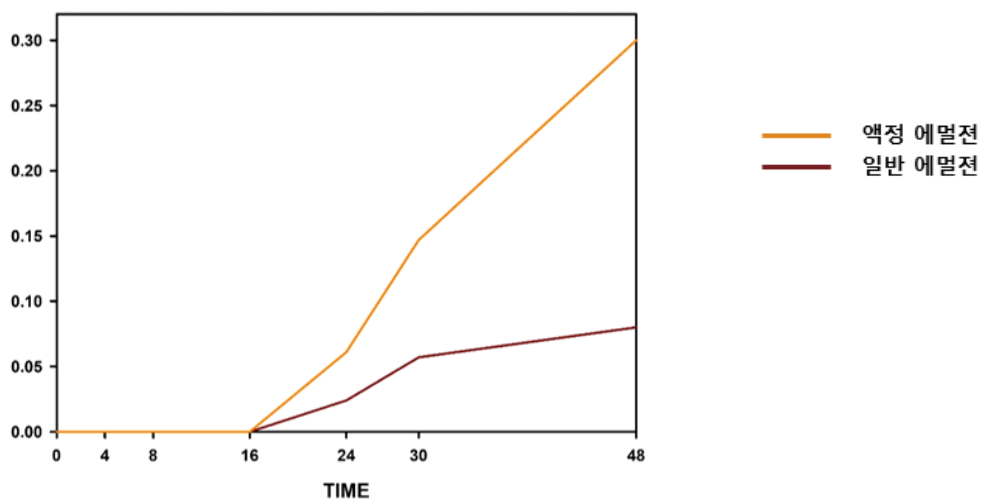


Figure 45. Measured value of Percutaneous Absorption according to Time of Liquid Crystal Emulsion

## 10. 바쿠치올 액정 에멀전의 피부 수분 함량 및 수분 장벽 개선 실험 결과

### 1) 피부 수분 함량 개선 실험 결과

인체적용 시험으로 피부 수분 함량을 측정된 결과 시험 바쿠치올 액정 에멀전 과 바쿠치올 일반 에멀전의 사용 전(0주)과 비교하여 <Table 26>, <Figure 46>에 나타난 바와 같이, 에멀전 사용 2주 후, 4주 후에서 통계적으로 유의미한 차이를 나타냈다.( $p < 0.05$ ) 바쿠치올 액정 에멀전의 경우 사용 2주 후 14.58%, 사용 4주 후 24.76%의 피부 수분함량 개선 효과를 나타냈다. 이와 비교하여 일반 에멀전은 사용 2주 후 10.00%, 사용 4주 후 16.76%로 액정 에멀전과의 차이를 보였으므로 피부 수분함량의 개선에 있어서 액정 에멀전이 보다 우수한 것으로 판단할 수 있다. 인체대상 적용 시험으로 기관생명윤리위원회 심의 절차를 거쳐 승인 결과 IRB 승인번호는 KDRI-IRB-240448이며 상세내용은 부록에 첨부하였다.

<Table 26> Skin Moisture Improvement Rate of Bakuchiol Liquid Crystal emulsion

구분		평균 ± 표준편차	개선율	p-value (그룹 내)	p-value (그룹 간)
액정 에멀전	시험 전	52.38 ± 6.54 <sup>a</sup>	-	<0.001 <sup>1)</sup>	0.048 <sup>2)</sup>
	시험 2주 후	59.70 ± 6.06 <sup>b</sup>	14.58%		
	시험 4주 후	64.81 ± 5.65 <sup>c</sup>	24.76%		
일반 에멀전	시험 전	52.45 ± 6.61 <sup>a</sup>	-	<0.001 <sup>1)</sup>	
	시험 2주 후	57.52 ± 6.57 <sup>b</sup>	10.00%		
	시험 4주 후	60.84 ± 5.60 <sup>c</sup>	16.76%		

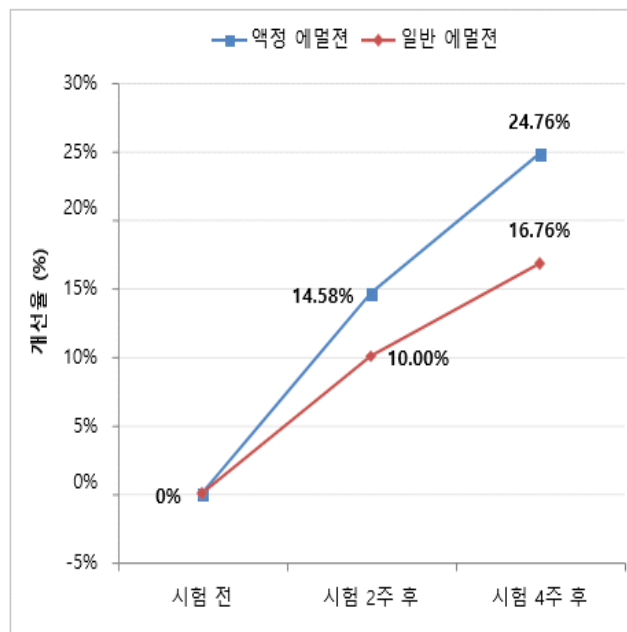


Figure 46. Skin Moisture Improvement Rate of Bakuchiol Liquid Crystal emulsion

2) 피부 수분 장벽 개선 실험 결과

인체적용 시험으로 경피수분손실량(TEWL) 개선 함량을 측정한 결과 시험 바쿠치올 액정 에멀전 과 바쿠치올 일반 에멀전의 사용 전(0주)과 비교하여 <Table 27>, <Figure 47>에 나타 난 바와 같이, 에멀전 사용 2주 후, 4주 후에서 통계적으로 유의미한 차이를 나타냈다.( $p < 0.05$ ) 바쿠치올 액정 에멀전의 경우 사용 2주 후 9.52%, 사용 4주 후 15.63%의 경피수분손실량 개선 효과를 나타냈다. 이와 비교하여 일반 에멀전은 사용 2주 후 5.52%, 사용 4주 후 7.20%로 액정 에멀전과의 차이를 보였으므로 경피수분손실량의 개선에 있어서 액정 에멀전이 보다 우수한 것으로 판단할 수 있다. 인체대상 적용 시험으로 기관생명윤리위원회 심의 절차를 거쳐 승인 결과 IRB 승인번호는 KDRI-IRB-240449이며 상세내용은 부록에 첨부하였다.

<Table 27> Skin Moisture Barrier Improvement Rate of Bakuchiol Liquid Crystal emulsion

구분		평균 ± 표준편차	개선율	p-value (그룹 내)	p-value (그룹 간)
액정 에멀전	시험 전	18.46 ± 2.78 <sup>a</sup>	-	<0.001 <sup>1)</sup>	0.030 <sup>2)</sup>
	시험 2주 후	16.73 ± 3.06 <sup>b</sup>	9.52%		
	시험 4주 후	15.55 ± 2.54 <sup>b</sup>	15.63%		
일반 에멀전	시험 전	19.23 ± 2.33 <sup>a</sup>	-	<0.001 <sup>1)</sup>	
	시험 2주 후	18.22 ± 2.81 <sup>b</sup>	5.52%		
	시험 4주 후	17.81 ± 2.05 <sup>b</sup>	7.20%		

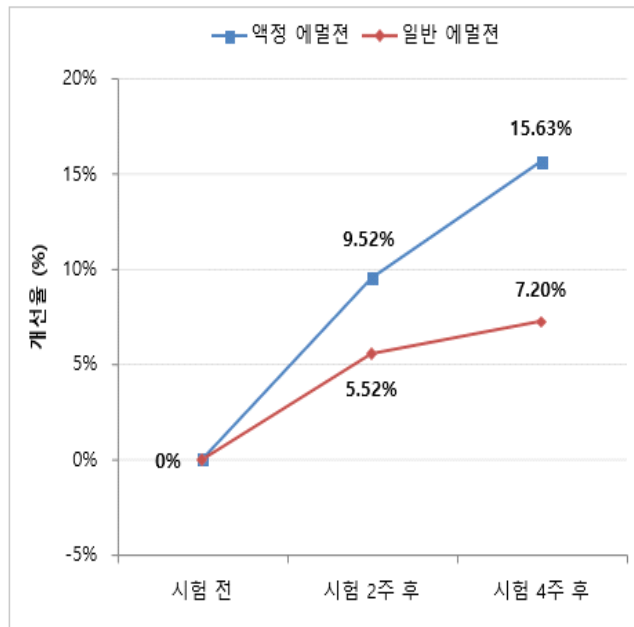


Figure 47. Skin Moisture Barrier Improvement Rate of Bakuchiol Liquid Crystal emulsion

## V. 결론

본 연구는 피부 구조와 유사하고 피부 친화적인 경피 전달 시스템인 액정 에멀전을 계면활성제, 고급 알코올, 고급 지방산의 종류와 피토스테롤, 세라마이드, 수소화 레시틴의 함량을 다양하게 처방하여 30가지의 액정 에멀전을 제조하였다. 제조된 30가지의 액정 에멀전을 여러 가지 기기분석을 통해 액정의 형성 및 안정성을 확인 한 후 가장 안정하고 액정이 잘 형성된 성분 및 조성비를 도출하여 식물성 레티놀이라고 불리는 바쿠치올을 액정 에멀전에 적용하여 일반 에멀전보다 안정하고 경피흡수가 우수한 것을 확인함으로써 고기능성 화장품에서의 활용가치를 검증하였다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 여섯가지의 계면활성제 TegoCare450 3%, Nikkolipid 81s 4%, Heliosoft 4%, PhytoCare 4%, Montanov 202 4%, Olivem1000 4%, 다섯가지의 고급 알코올 Myristyl alcohol 3%, Cetyl alcohol 3%, Stearyl alcohol 3%, Cetearyl alcohol 3%, Behenyl alcohol 3%, 네가지의 고급 지방산 Lauric acid 1%, Myristic acid 1%, Palmitic acid 1%, Stearic acid 1% 종류별 및 피토스테롤의 함량 (Phytosterol 0%, 0.5%, 1% 1.5%, 2%), 세라마이드의 함량 (Ceramide NP 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%), 수소화 레시틴의 함량 (Hydrogenated Lecithin 0%, 0.5%, 1% 1.5%, 2%) 함량별로 30가지의 액정 에멀전을 제조하여 각 항목에서 액정 형성 및 안정도가 우수한 성분 및 조성비를 확인하고자 하였다.

둘째, 제조된 30가지의 액정 에멀전을 액정의 광학 이방성 특징을 이용하여 편광현미경으로 Maltese cross 무늬를 관찰하여 액정 형성을 확인하였다.

30종 액정 에멀전의 시간 변화에 따른 레올로지 특성을 레오미터로 E.I 지수,

M.V.I지수, SLB 값을 측정하였다. E.I 지수 측정결과, 계면활성제 종류별 액정 에멀전에서는 Montanov 202 4%가 가장 높은 탄성력을 보였으며 고급 알코올 종류별 액정 에멀전에서는 Cetyl alcohol 3%, 고급 지방산 종류별 액정 에멀전에서는 Palmitic acid 1%이 가장 높은 탄성력을 보였다. 피토스테롤, 세라마이드, 수소화 레시틴 함량별로 제조한 액정 에멀전에서는 Phytosterol 0.5%, Ceramide NP 2%, Hydrogenated Lecithin 0.5% 가 가장 높은 탄성력을 보였다. M.V.I 지수에서는 30종 액정 에멀전 모두 대체적으로 변화는 Y축의 M.V.I  $10^{-1}$ ~10구간 안에서 유사한 곡선 패턴을 보이면서 측정 종료 시점에 평균 수치로 기록되어 안정한 점도를 유지하고 있음을 확인하였다. SLB 값은 30종의 액정 에멀전 모두 SLB 값이 0.5 이하로 측정되었으며, 점탄성이 강한 Solid-like System인 것을 확인하였다. 터비스캔을 이용하여 가혹 조건과 시간 변화에 따른 안정도를 분석한 결과, 계면활성제 종류별 액정 에멀전에서는 Montanov 202 4%와 PhytoCare 4%의 T.S.I 지수가 0.5 이하로 안정도가 가장 우수하였다. 고급 알코올 종류별 액정 에멀전의 T.S.I 지수 측정 결과 Behenyl alcohol 3%가 가장 안정도가 우수하였다. 고급 지방산 종류별 액정 에멀전의 T.S.I 지수 측정 결과 Stearic acid 1%가 가장 안정도가 우수하였다. Phytosterol, Ceramide NP, Hydrogenated Lecithin 함량별 액정 에멀전은 Phytosterol 0.5%, 1%, Ceramide NP 0.5%, 1%, Hydrogenated Lecithin 1%가 T.S.I 지수가 0.5 이하로 가장 안정도가 우수하였다.

셋째, 제조된 30종의 액정 에멀전을 편광현미경, 레오미터, 터비스캔 등의 기기분석을 통한 액정 형성 및 안정도에 있어 각 측정 항목에서 공통적으로 양호한 결과를 통합하여 계면활성제는 PhytoCare 4%, 고급 알코올 Behenyl alcohol 3%, 고급 지방산 Stearic acid 1% 와 Phytosterol, 0.5%, Ceramide NP 0.5%, Hydrogenated Lecithin 1% 의 성분 및 조성비로 바쿠치올이 2% 들어간 액정 에멀전과 바쿠치올이 2% 들어간 일반 에멀전을 제조 하였다.

넷째, 바쿠치올 액정 에멀전을 Cryo-SEM을 사용하여 분석한 결과 여러겹으로 이루어진 멀티라멜라의 다층구조를 확인하였다. X선 산란 분석인 SAXS 기기를 사용하여 분석한 결과 라멜라 구조가 형성됨을 확인하였다.

다섯째, HPLC을 이용하여 바쿠치올 액정 에멀전과 일반 에멀전의 바쿠치올 함량 안정성을 비교 실험한 결과 바쿠치올 액정 에멀전이 30일간, Light 차광 상태에서 25℃, 40℃ 조건과 차광하지 않은 실온 세가지 모든 조건에서 안정도가 일반 에멀전에 비해 우수한 것을 확인하였다.

여섯째, Franz diffusion cell을 이용하여 바쿠치올 액정 에멀전과 일반 에멀전의 피부 투과율을 비교 실험한 결과 액정 에멀전이 일반 에멀전보다 3.75배 더 높은 투과율을 보였다. 바쿠치올 액정 에멀전과 일반 에멀전을 인체 적용 시험으로 피부 수분 함량 및 수분 장벽 개선 실험한 결과, 피부 수분 함량은 사용 전 비교하여 바쿠치올 에멀전은 사용 2주 후 14.58%, 4주 후 24.76%의 통계적으로 유의차를 나타냈으며, 경피 수분 손실량 개선은 사용 2주 후 9.53%, 4주 후 15.63%의 통계적으로 유의차를 나타냈다. 일반 에멀전과 비교하여 액정 에멀전의 피부 수분 함량 및 수분 장벽 개선이 우수함을 확인하였다.

이와 같은 실험을 통하여 액정 에멀전 형성의 가장 이상적인 계면활성제, 고급 알코올, 고급 지방산의 종류와 피토스테롤, 세라마이드, 수소화 레시틴의 함량을 도출하고 이러한 성분과 조성비로 제조된 액정 에멀전에 바쿠치올을 적용하여 안정도 및 피부 투과율을 확인하였다. 다양한 분석 기기를 활용하여 액정 에멀전의 안정성과 피부 구조와 유사한 다층의 라멜라 구조를 검증하였고 일반 크림보다 액정 크림에서 바쿠치올이 피부 투과율이 높을 것을 확인하였다.

인체 피부 적용 임상 실험으로 피부 수분량 및 피부 장벽 개선 효과에 있어

일반 에멀전보다 액정 에멀전이 효과가 우수한 것을 확인 할 수 있었다.

본 연구는 액정 에멀전이 바쿠치올 효능을 높이는 제제로서의 가능성을 확인한것에 의의가 있다. 본 연구 결과로 액정 에멀전은 유효성분의 안정화 및 유효성분의 피부 전달에 있어서 적합한 피부 흡수 전달시스템이 될 수 있음을 확인하였으며, 화장품 산업의 개발 및 기술 향상에 유용한 자료로서 도움이 되길 바라며 화장품에 적용되어 우수한 고기능성 제품을 만드는데 활용 될 수 있을 것이라고 사료된다.

## 참 고 문 헌

### 국내 문헌

- 강유진, 손승연(2022), 폴리머-리피드 하이브리드 나노입자를 이용한 레티놀의 합성, *한국화장품미용학회지*, 12(2), pp.255-26.
- 강진미. (2022), 레티알의 경피 전달을 위한 다양한 액정 에멀전의 구조분석 및 피부흡수 연구, 성신여자대학교 대학원 박사학위논문, pp.57-60.
- 김강민. (2021), Franz diffusion cell을 이용한 참당귀 추출물 함유한 로션제형의 피부투과 연구, *한국생명과학학회지*, 31(11), pp.1004-1009.
- 김도훈, 오성근(2009), 세라마이드를 함유한 안정한 라멜라 구조체 제조 및 분산, *대한화장품학회지*, 35(3), pp.171-177.
- 김인영. (2020), 피부모사체 계면활성제를 사용한 라멜라 액정의 생성에 관한 연구, *Journal of the Korean Applied Science and Tech*, 37(3), pp.484-495.
- 김은주. (2010), 마이크로니들 시술에 의한 발효제품의 피부 재생 및 항상성 강화 기술, *한국생물공학학회지*, 25(2), pp.116-122.
- 김재훈. (2007), 액정 디스플레이 기술의 현황과 전망, *대한금속재료학회지*, 20(2), pp.4-12
- 김주덕. (2016), 최신화장품학, 광문각, 파주, pp.18-19.
- 고재숙 외 (2000), 피부과학, 수문사, 파주, pp.20-50.
- 권순범. (2022), 프란츠 셀을 이용한 아세트아미노펜의 피부투과 특성 연구, *바이오산업연구학술지*, 10(0), pp.32-36.
- 박경덕. (2022), 피부과에서의 레티노이드의 사용, *대한의사협회지*, 65(5), pp.299-306.
- 박소연, 김수지(2016), X선 산란분석법을 이용한 액정에멀전 구조분석, *대한화장품학회지*, 42(3), pp.297-302.

- 박윤미, 장성호 (2022), 코스메슈티컬 제품 소비가치가 구매의도에 미치는 영향: 제품 신뢰도의 매개효과, *한국콘텐츠학회논문지*, 22(12), pp.421-432.
- 박인애, 안인숙 (2007), 유화제와 액정 형성에 관한 연구, *아시아뷰티화장품학술지*, 5(2), pp.115-128.
- 백혜연. (2020), 한국화장품시장에서 친환경 화장품 활성화 방안에 관한 연구, *한국화장품미용학회지*, 10(1), pp.123-131.
- 손승연. (2021), 다양한 큐보솜을 이용한 레틴알의 안정화 연구, *한국화장품미용학회지*, 11(3), pp.401-409.
- 안소연. (2023), 화장품 소재로의 생체분자 활용 동향, *한국산학기술학회논문지*, 24(2), pp.21-31.
- 양주승, 김범상 (2013), Effect of pH-Sensitive P(MAA-co-PEGMA) Hydrogels on Release and Stability of Albumin, *한국고분자학회지*, 37(3), pp. 262-268.
- 이동렬. (2010), 가용화법에 의해 제조된 나노에멀전의 안정성, *대한화장품학회지*, 36(4), pp.265-269.
- 이영지. (2004), 화장품 사용감과 레올로지 물성치 및 물리적인 특성 값들에 대한 상관관계 연구, *대한화장품학회지*, 30(2), pp.141-145.
- 이은희. (2023), Edge Activator에 따른 병풀추출물 함유 트랜스퍼솜의 물리화학적 특성과 피부흡수, *대한화장품학회지*, 49(2), pp.147-157.
- 오유경. (2009), 화장품용 유화제를 이용한 액정형 크림제조 및 특성에 대한 연구, 건국대학교 대학원 박사 학위 논문, pp.43-45.
- 유지수, 김자인(2024), 지용성 비타민 C 유도체 및 갈릭산을 함유한 지질나노입자 제조 및 특성, *대한화장품학회지*, 50(2), pp.103-110.
- 장민아. (2021), 기능성 화장품 국내외 산업 동향 연구, *한국응용과학기술학회지*, 38(2), pp.618-627.
- 장세규, 김현정(2009), 피부장벽과 각질세포간 지질, *한국피부장벽학회지*, 11(1),

pp.13-27.

- 장정윤, 송정현 (2023), 포스트코로나 시대의 한국 화장품 산업 발전 방안 제언, *동아시아일본학회지*, 87(1), pp.225-248.
- 정지연, 한호선 (2014), 화장품의 경피 흡수에 대한 최신 연구 동향, *아시아뷰티화장품학술지*, 12(5), pp.597-605.
- 정진우. (2015), 글리시리직에씨드의 경피 전달을 위한 액정 에멀전의 제조와 물리적 특성 및 In Vitro 피부투과 연구, *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea*, 41(4), pp.315-324.
- 조영호. (2011), 보글지 추출물의 피부 투과 촉진 시스템 개발, *Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal*, 26(6), pp.505-512.
- 최세빈. (2015), 전단유동에서 온도, 전단속도, 계면장력 변화에 따른 에멀전의 유변학적 특성, *대한기계학회논문집*, 39(8), pp.677-682.
- 하병조 외 (2002), 화장품 화학, 수문사, 파주, pp.40-42.
- 허민근, 윤경섭(2021), Ceramide NP를 함유한 PLO Gel 에서 형성되는 액정에 관한 연구, *대한화장품학회지*, 47(1), pp.85-92.
- 현통일. (2021),세라마이드 함유 에토솜의 물성과 피부흡수, *한국응용과학기술학회지*, 38(3), pp.801-812.

## 국외 문헌

- Adhikari, S., Joshi, R., Patro, B. S., & Ghanty, T. K. (2003), Antioxidant Activity of Bakuchiol: Experimental Evidences and Theoretical Treatments on the Possible Involvement of the Terpenoid Chain, *Chemical Research in Toxicology*, 16(9), pp.1062-1069.
- Alam, F., Khan, G. N., & Asad, M. H. H. B. (2018). Psoralea corylifolia L: Ethnobotanical, biological, and chemical aspects: A review. *Phytotherapy research : PTR*, 32(4), pp.597 - 615.
- Al Zubi, M. A., Afef, K., & Az-Zo'bi, E. A. (2024), Assorted Spatial Optical Dynamics of a Generalized Fractional Quadruple Nematic Liquid Crystal System in Non-Local Media, *Symmetry*, 16(6), pp.778-797
- Al-Zuhairy, S. A. S., Kadhum, W. R., Alhijaj, M., Kadhim, M. M., Al-Janabi, A. S., Salman, A. W., Al-Sharifi, H. K. R., & Khadom, A. A. (2023), Development and Evaluation of Biocompatible Topical Petrolatum-liquid Crystal Formulations with Enhanced Skin Permeation Properties, *Journal of Oleo Science*, 71(3), pp.459-468.
- Antunes1, A. F. (2017), Nanosystems for Skin Delivery: From Drugs to Cosmetics, *Current Drug Metabolism*, 18(1), pp.412-425.
- Amoabediny, G. (2018), Overview of preparation methods of polymeric and lipid-based (niosome, solid lipid, liposome) nanoparticles: A comprehensive review, *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 67(6), pp.383-400.
- Axenov, K. V., & Laschat, S. (2011), Thermotropic Ionic Liquid Crystals, *Materials*, 4(1), pp.206-259.
- Aytekin, M. (2013), Formulation and characterization of liquid crystal systems

- containing azelaic acid for topical delivery, *Drug Development & Industrial Pharmacy*, 39(2), pp.228-239.
- Aytekin, M., & GURSOY, R. N. (2013), Formulation and characterization of liquid crystal systems containing azelaic acid for topical delivery, *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 39(2), pp.228-239.
- Benson, H. A. E. (2012), *Transdermal and Topical Drug Delivery Principles and Practice*, JWILEY, Hoboken, pp.287-308.
- Chen, L. (2023), *Psoralea corylifolia* L.: a comprehensive review of its botany, traditional uses, phytochemistry, pharmacology, toxicology, quality control and pharmacokinetics, *Chinese Medicine*, 18(4), pp.1-38.
- Chaudhuri, R. K. (2014), Bakuchiol: a retinol-like functional compound revealed by gene expression profiling and clinically proven to have anti-aging effects, *International Journal of Cosmetic Science*, 36(3), pp.221-230.
- Cristiano, M. C. (2020), The Rheolaser Master and Kinexus Rotational Rheometer® to Evaluate the Influence of Topical Drug Delivery Systems on Rheological Features of Topical Poloxamer Gel, *Molecules*, 25(8), pp.5-21.
- Cortesi R.(2010), Liposomes- and ethosomes-associated distamycins: A comparative study, *Journal of Liposome Research*, 20(4), pp.277-285.
- Damiri, F., Kommineni, N., Ehbodaghe, S. O., Bulusu, R., Jyothi, V. G. S. S., Sayed, A. A., Awaji, A. A., Germoush, M. O., Al-Malky, H. S., Nasrullah, M. Z., Rahman, M. H., Abdel-Daim, M. M., & Berrada, M. (2022). Microneedle-Based Natural Polysaccharide for Drug Delivery Systems (DDS): Progress and Challenges. *Pharmaceuticals* (Basel, Switzerland), 15(2), pp.2-26.
- De Gennes, P. G., & Prost, J. (1995), *The Physics of Liquid Crystals*, *Physics*

*Today*, 4(3), pp.70–71.

De Souza, J. F., Pontes, K. D. S., Alves, T. F. R., Amaral, V. A., Rebelo, M. D. A., Hausen, M. A., & Chaud, M. V. (2017). Spotlight on Biomimetic Systems Based on Lyotropic Liquid Crystal. *Molecules*, 22(3), p.419.

Dhaliwal, S. (2019), Prospective, randomized, double blind assessment of topical bakuchiol and retinol for facial photoageing, *British Journal of Dermatology*, 180(2), pp.289–296.

Dierking, I. (2017), Lyotropic Liquid Crystal Phases from Anisotropic Nanomaterials, *Nanomaterials*, 7(10), pp.1–28.

Dierking, I., & Martins, A. (2020), Novel Trends in Lyotropic Liquid Crystals, *Crystals*, 10(7), pp.1–24.

Engelbrechtsen, K. A. (2016), Skin Barrier Function and Allergens, Current Problems in Dermatology, *Children (Basel)*, 49(1), pp.382–402.

Garg, S. (2024), Innovative Vesicular Drug Delivery Systems: Unleashing the Power of Nanocarriers, *International Journal of Pharma Professional's Research*, 15(1), pp.72–87.

Janssens, M (2012), Increase in short-chain ceramides correlates with an altered lipid organization and decreased barrier function in atopic eczema patients, 53(12), *Journal of Lipid Research*, pp.2755–2766.

Javaid, A. (2024), Therapeutic Potential of Molsidomine-Loaded Liquid Crystal Nanoparticles for the Treatment and Management of Niacin-Induced Varicose Veins: In Vitro and In Vivo Studies, *ACS applied bio materials*, 7(11), pp.7306–7323.

Jungersted, J. M. (2010), Stratum corneum lipids, skin barrier function and filaggrin mutations in patients with atopic eczema, *Allergy*, 65(7), pp.911–918.

- Kang, M. Y.(2015), Effects of Liquid Crystal-Based Formulation on Transdermal Delivery of Retinyl Palmitate and Proliferation of Epidermal Cell, *The Polymer Society of Korea and Springer*, 21(1), pp.44-50.
- Kaur, K. (2024), Bakuchiol nanoemulsion loaded electrospun nanofibers for the treatment of burn wounds, *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 397(8), pp.6075-6091
- Kawahara, K. (2023), Effects of Smectic Layer Deformation on Mechanical Properties of Glassy Liquid Crystal Polymer Fibers, *Macromolecular Chemistry & Physics*, 224(12), pp.1-7.
- Kim, B., Cho, H. E., Moon, S. H., Ahn, H. J., Bae, S. H., Cho, H. D., & An, S. K. (2020), Transdermal delivery systems in cosmetics, *Biomedical Dermatology*, 4(1), pp.1-12.
- Kurpet, K. (2023), Development of a new chromatographic method for the determination of bakuchiol in cosmetic products, *Nature Portfolio*, 13(1), pp.1-11.
- Kuśmierska, M. (2024), Redefining skin health: The potential of plant-based bakuchiol as a sustainable substitute for retinoids, *Our Dermatology Online*, 15(4), pp.345-348.
- Lee, E.-K. (2017), Emulsification of Chloroprene Rubber(CR) by Interfacial Chemistry; Stabilization and Enhancement of Mechanical Properties, *Elastomers and Composites*, 52(4), pp.257-26.
- Lee, J., & Kwon, K. H. (2022), Good ingredients from foods to vegan cosmetics after COVID-19 pandemic, *Journal of Cosmetic Dermatology*, 21(8), pp.3190-3199.
- Lee, S. H., & Jeong, S. K. (2006), An update of the defensive barrier function of

- skin, *Yonsei medical Journal*, 47(3), pp.293–306.
- Liu K(2014), Thermotropic liquid crystals from biomacromolecules, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(52), pp.185–186.
- Miskovic, V., & Malafronte, E. (2022), Thermotropic Liquid Crystals for Temperature Mapping, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *Frontiers*, 12(10), p.806363.
- Moghasssemi, S. (2014), Nano-niosomes as nanoscale drug delivery systems: An illustrated review, *Journal of Controlled Release*, 185(1), pp.22–36.
- Mohammed, A. (2018), Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review, *International Conference on Hydraulics and Pneumatics*, 9(1), pp.77–85.
- Neu, Y.-C. (2024), Reversible Molecular Conformation Transitions of Smectic Liquid Crystals for Light/Bias-Gated Transistor Memory, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 16(6), pp.7500–7511.
- Oscar, H. (2022), Environmentally Responsive Emulsions of Thermotropic Liquid Crystals with Exceptional Long-Term Stability and Enhanced Sensitivity to Aqueous Amphiphiles, *American Chemical Society*, 38(3), pp.957–967
- Popov, P., Mann, E. K., & Jákli, A. (2017), Thermotropic liquid crystal films for biosensors and beyond, *Journal of Materials Chemistry*, 26(1), pp. 5061–5078.
- Rajak, P., & Nath, L. K. (2019), Liquid Crystals: An Approach in Drug Delivery, *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 81(1), pp.11–19.
- Rajkumar, J., Chandan, N., Lio, P., & Shi, V. (2023). The Skin Barrier and Moisturization: Function, Disruption, and Mechanisms of Repair. *Skin pharmacology and physiology*, 36(4), pp.174–185.

- Rawlings, A. V. (2004), Moisturization and skin barrier function, *Dermatologic Therapy*, 17(1), pp43-48.
- Ritwiset, A. (2016), Molecular structure and dynamical properties of niosome bilayers with and without cholesterol incorporation: A molecular dynamics simulation study, *Applied Surface Science*, 380(1), pp.21-31.
- Rodrigues Ueoka, A. (2018), Development and Stability Evaluation of Liquid Crystal-Based Formulations Containing Glycolic Plant Extracts and Nano-Actives, *Cosmetics*, 5(2), pp.1-7.
- Rodrigues Ueoka, A. (2018), Development and Stability Evaluation of LiquidCrystal Based Formulations Containing Glycolic Plant Extracts and Nano-Actives, *Cosmetics*, 5(2), p.25.
- Roh, J.-S., & Yeom, H.-J. (2021), A Study on the Antioxidant and MMPs Protein Expression Inhibitive Effect of Punica granatum L. Extract and Its Stabilization with Liquid Crystal Emulsion, *Journal of Life Science*, 31(2), pp.164-174.
- Simrah, A., Hafeez, A., Usmani, S. A., & Izhar, Mishkaat, P. (2024), Transfersome, an ultra-deformable lipid-based drug nanocarrier: an updated review with therapeutic applications, *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 397(2), pp.639-673.
- Tashiro, T. (2022), Psoriasis and Systemic Inflammatory Disorders, *Molecular Sciences*, 16(3), p.4457.
- Tunkara, E. (2017), Lyotropic liquid crystalline (LLC) phosphoric acid-10-lauryl ether: mesophases, proton conductivity and synthesis of transparent mesoporous hydroxyapatite thin films, The Graduate

School of Engineering and Science of Bilkent University.

- Wang, K. (2024), Research Progress of Electrically Driven Multi-Stable Cholesteric Liquid Crystals, *Materials*, 17(1), pp.136-156.
- Wiranowska, M. (2020), Preferential drug delivery to tumor cells than normal cells using a tunable niosome - chitosan double package nanodelivery system: a novel in vitro model, *Cancer Nanotechnology*, 11(3), pp.2-30.
- Zanatta, C. F. (2010), Rheological behavior, zeta potential, and accelerated stability tests of Buriti oil (*Mauritia flexuosa*) emulsions containing lyotropic liquid crystals, *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 36(1), pp.93-101.
- Zhang, W., & Liu, L. (2013), Study on the Formation and Properties of Liquid Crystal Emulsion in Cosmetic, *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Application*, 3(2), pp.1-6.

## 기타자료

식품의약품안전처, 화장품 산업의 주요 통계 보도자료, 2024.05.02.

통계청, 여성경제활동인구 및 참가율 보도 자료, 2024.06

대한화장품협회, COSMETIC REPORT 보도자료, 2022.12.08.

Data Bridge Market Research, 글로벌 식물성 기능성 식품 성분 시장 통계자료, 2021.09.

Data Bridge Market Research, 글로벌 비건 화장품 시장 업계 동향 통계자료, 2021.12.

Data Bridge Market Research, 글로벌 비건 화장품 시장 업계 동향 통계자료, 2021.12.

<https://jhbaik.tistory.com/13>(검색일: 2024.08.04.)

[http://www.leanontech.co.kr/html/turbiscan\\_tech.html](http://www.leanontech.co.kr/html/turbiscan_tech.html)(검색일 :2024.10.27.)

<http://www.leanontech.co.kr/>(검색일:2024.09.04.)

<https://www.smartglassworld.net/liquid-crystal-thermometers>, (검색일 2024.09.23.)

<https://indiabiodiversity.org/observation/show/1827693>, 검색일 (검색일 :2024.10.27.)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Bakuchiol>, (검색일 2024.09.23.)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Retinol>, (검색일 2024.09.23.)

[http://leanontech.co.kr/html/turbiscan\\_how.html](http://leanontech.co.kr/html/turbiscan_how.html)(검색일 :2024.10.27.)

<https://permeagear.com/franz-cells/1>(검색일 :2024.10.27)

[https://medelink.ca/wp-content/uploads/2018/05/Brochure\\_CM825.pdf](https://medelink.ca/wp-content/uploads/2018/05/Brochure_CM825.pdf)(검색일 :2024.10.27.)

# ABSTRACT

## Study of Liquid Crystal Emulsion for Skin Delivery of Bakuchiol

Ja In Kim  
Department of Beauty Industry  
Graduate School of  
Sungshin University

The cosmetics industry has achieved significant progress in the development and integration of innovative active ingredients into products. Nevertheless, the skin barrier continues to pose challenges for the penetration and absorption of these ingredients. Liquid crystals, which exist in a state between liquid and solid, exhibit a structure similar to the skin's stratum corneum and are utilized based on the transdermal delivery system within the cosmetic and pharmaceutical industries. This study focuses on formulating diverse liquid crystal emulsions by modifying the key ingredients and their composition ratios critical for liquid crystal formation. Through extensive analytical evaluations, the study identifies the most effective formulations and incorporates plant-derived bakuchiol into the liquid crystal structure.

First, 30 different liquid crystal emulsions were formulated using six types of surfactants, five types of higher alcohols classified by carbon chain length, and four types of higher fatty acids also categorized by

carbon chain length. Additionally, components similar to the skin's natural composition—such as phytosterol, ceramide, and hydrogenated lecithin—were incorporated in varying concentrations.

Second, the study assessed the liquid crystal formation, rheological characteristics, and stability of the 30 formulated emulsions using polarized light microscopy, a rheometer, and a Turbiscan. The E.I index analysis revealed that among the emulsions categorized by surfactant, higher alcohol, and higher fatty acid types, the combination of Montanov 202 (4%), cetyl alcohol (3%), and palmitic acid (1%) exhibited the greatest elasticity. Meanwhile, among emulsions formulated with different amounts of phytosterol, ceramide NP, and hydrogenated lecithin, the optimal elasticity was observed in samples containing phytosterol (0.5%), ceramide NP (2%), and hydrogenated lecithin (0.5%). Regarding the M.V.I index, all 30 emulsions displayed similar curve patterns within the Y-axis range of  $10^{-1}$  to 10, maintaining consistent viscosity levels, as reflected by the average values recorded at the end of the measurement period. As for the S.L.B value, all emulsions scored below 0.5, confirming their strong viscoelastic properties as solid-like systems. Furthermore, stability under accelerated conditions and over time was analyzed using the Turbiscan. Among emulsions categorized by ingredient type, those containing Montanov 202 (4%), PhytoCare (4%), behenyl alcohol (3%), and stearic acid (1%) demonstrated the highest stability. For emulsions varying in concentrations of phytosterol, ceramide NP, and hydrogenated lecithin, the samples containing phytosterol (0.5% and 1%), ceramide NP (0.5% and 1%), and

hydrogenated lecithin (1%) achieved the lowest T.S.I index values (below 0.5), signifying superior stability.

Third, the analysis of the 30 liquid crystal emulsions using polarized light microscopy, rheometry, and Turbiscan showed consistently good results in terms of crystal formation and stability across all measurement parameters. Integrating these results, emulsions were formulated with 4% PhytoCare, 3% behenyl alcohol, 1% stearic acid, 0.5% phytosterol, 0.5% Ceramide NP, and 1% hydrogenated lecithin. Using these ingredients and proportions, two types of emulsions were produced: one liquid crystal emulsion and one regular emulsion, each containing 2% bakuchiol.

Fourth, analysis of the bakuchiol liquid crystal emulsion using Cryo-SEM confirmed its multilayer structure, while SAXS (Small-Angle X-ray Scattering) analysis verified the formation of a lamellar structure.

Fifth, a comparative study using HPLC (High Performance Liquid Chromatography) to assess the stability of bakuchiol content in both the liquid crystal emulsion and a regular emulsion revealed that the liquid crystal emulsion maintained superior stability over 30 days compared to the regular emulsion.

Sixth, a comparative experiment using the Franz diffusion cell to test skin permeability between bakuchiol liquid crystal cream and regular cream showed that the liquid crystal emulsion had a permeability rate 3.75 times higher than that of the regular emulsion. Human trials on 12 adult women with an average age of 49.5 years compared the effects on skin hydration and barrier improvement between the bakuchiol liquid crystal emulsion and the regular emulsion. After four weeks, the skin

hydration content increased by 24.76% and transepidermal water loss improved by 15.63%, showing statistically significant differences. The liquid crystal emulsion was found to enhance skin hydration and moisture barrier more effectively compared to the regular emulsion.

This research confirms that liquid crystal emulsions are more skin-friendly and effectively enhance the skin absorption of bakuchiol, a plant-based active ingredient, compared to regular emulsions. The findings are expected to contribute to technological development and enhancement in the cosmetics industry.

## 부록

### 2. 신뢰성 보증 및 개정 이력 확인서

- 시험명 성신여자대학교 뷰티산업학과 “바쿠치올 액정크림”  
피부 수분함량 개선 효능 평가 시험
- 시험번호 KDRI-2024-0448
- IRB 승인번호 KDRI-IRB-240448

본 연구는 연구 책임자의 주관 하에, 대한피부과학연구소의 표준작업지침서(SOP)를 바탕으로 한 시험 계획에 따라 성실하게 실시되었습니다. 시험 기간 중 획득한 모든 시험 결과는 본 보고서에 사실 그대로 기재되었으며, 본 연구의 모든 과정을 신뢰성 보증 책임자가 점검하여, 연구 책임자의 최종 승인을 받았음을 아래와 같이 보증합니다.

점검	점검 내용	최종 점검일	연구 책임자 보고일
시설	1. 시험 기기 및 시설 점검	2024.05.22	2024.05.22
절차	2. 시험 계획서 점검	2024.05.22	2024.05.22
시험	3. 연구 대상자 관리에서의 점검	2024.07.02	2024.07.02
	4. 본 시험 단계에서의 점검	2024.07.02	2024.07.02
	5. 결과 분석 단계에서의 점검	2024.07.02	2024.07.02
	6. 최종 보고서 점검	2024.07.02	2024.07.02
보관 서류 점검		2024.07.02	2024.07.02

\* 세부 점검 내용 다음 장 참조

본 보고서의 개정사항은 아래와 같습니다.

개정번호	개정 승인 일자	주요 내용
0	해당 없음	해당 없음

## 2. 신뢰성 보증 및 개정 이력 확인서

- 시험명 성신여자대학교 뷰티산업학과 “바쿠치올 액정크림”  
피부 수분 장벽 개선 효능 평가 시험
- 시험번호 KDRI-2024-0449
- IRB 승인번호 KDRI-IRB-240449

본 연구는 연구 책임자의 주관 하에, 대한피부과학연구소의 표준작업지침서(SOP)를 바탕으로 한 시험 계획에 따라 성실하게 실시되었습니다. 시험 기간 중 획득한 모든 시험 결과는 본 보고서에 사실 그대로 기재되었으며, 본 연구의 모든 과정을 신뢰성 보증 책임자가 점검하여, 연구 책임자의 최종 승인을 받았음을 아래와 같이 보증합니다.

점검	점검 내용	최종 점검일	연구 책임자 보고일
시설	1. 시험 기기 및 시설 점검	2024.05.22	2024.05.22
절차	2. 시험 계획서 점검	2024.05.22	2024.05.22
시험	3. 연구 대상자 관리에서의 점검	2024.07.02	2024.07.02
	4. 본 시험 단계에서의 점검	2024.07.02	2024.07.02
	5. 결과 분석 단계에서의 점검	2024.07.02	2024.07.02
	6. 최종 보고서 점검	2024.07.02	2024.07.02
보관 서류 점검		2024.07.02	2024.07.02

\* 세부 점검 내용 다음 장 참조

본 보고서의 개정사항은 아래와 같습니다.

개정번호	개정 승인 일자	주요 내용
0	해당 없음	해당 없음

별첨 2. 기관윤리위원회(IRB) 심사 정보

Korea Dermatology Research Institute

가. 심사번호 : KDRI-IRB-240449

나. 심사결과

구분	심사 일시	심사 결과	비고
연구계획 심사	2024. 05. 22	승인	-
연구결과 심사	2024. 06. 26	승인	-

별첨 2. 기관윤리위원회(IRB) 심사 정보

Korea Dermatology Research Institute

가. 심사번호 : KDRI-IRB-240448

나. 심사결과

구분	심사 일시	심사 결과	비고
연구계획 심사	2024. 05. 22	승인	-
연구결과 심사	2024. 06. 26	승인	-