

## 밍크 오일의 식물성 대체원료 개발

이 석 주<sup>\*,†</sup> · 김 민 태<sup>\*,†</sup> · 이 소 민<sup>\*,†</sup> · 정 소 영<sup>\*,†</sup> · Sofia Brito<sup>\*\*</sup> · 허 호 진<sup>\*\*</sup> · 차 병 선<sup>\*\*\*\*</sup> · 이 상 훈<sup>\*\*\*</sup> ·  
Lei Lei<sup>\*\*\*</sup> · 조 하 현<sup>\*\*\*</sup> · 천 유 연<sup>\*\*\*</sup> · 김 예 지<sup>\*\*\*</sup> · 이 미 기<sup>\*\*\*\*,††</sup> · 광 병 문<sup>\*\*\*\*,††</sup> · 빈 범 호<sup>\*\*\*\*,††</sup>

\*삼광켄 R&D center

\*\*아주대학교 응용생명공학과, 박사과정 학생

\*\*\*아주대학교 생명과학과, 석사과정 학생

\*\*\*\*아주대학교 응용생명공학과, 석사과정 학생

\*\*\*\*\*아주대학교 생명과학과, 박사과정 학생

\*\*\*\*\*경기도경제과학진흥원

\*\*\*\*\*아주대학교 생명과학과, 박사후연구원

\*\*\*\*\*아주대학교 응용생명공학과, 교수

(2022년 10월 13일 접수, 2023년 2월 10일 수정, 2023년 2월 23일 채택)

## Development of Vegetable Alternative Materials for Mink Oil

Seok-Ju Lee<sup>1,2,†</sup>, Min-Tae Kim<sup>1,†</sup>, So Min Lee<sup>3,†</sup>, So Young Jung<sup>2,†</sup>, Sofia Brito<sup>2</sup>, Hyojin Heo<sup>2</sup>, Byungsun Cha<sup>3</sup>,  
Sang Hun Lee<sup>3</sup>, Lei Lei<sup>3</sup>, Ha Hyeon Jo<sup>3</sup>, You-Yeon Chun<sup>3</sup>, Ye Ji Kim<sup>3</sup>, Mi-Gi Lee<sup>4,††</sup>,  
Byeong-Mun Kwak<sup>3,††</sup>, and Bum-Ho Bin<sup>2,††</sup>

<sup>1</sup>Samkwang-chem R&D center, #1005, B-dong, Heungdeok IT Vally, 13, Heungdeok 1-ro,  
Giheung-gu, Yongin-si, 16954, Gyeonggi-do, Korea

<sup>2</sup>Department of Applied Biotechnology, Ajou University

<sup>3</sup>Department of Biological Science, Ajou University

<sup>4</sup>GBSA, Gyeonggido Business and Science Accelerator

(Received October 13, 2022; Revised February 10, 2023; Accepted February 23, 2023)

**요약:** 본 연구는 식물성 유지와 진균 유래 효소를 이용하여, 밍크 오일과 유사한 식물성 재조합 오일의 개발에 관한 것이다. 식물성 유지와 지방산을 혼합하여 고정화 효소를 이용하여 유지의 지방산을 재조합하고, 탈산 및 정제과정을 통해 재조합 유지를 제조하였다. 합성된 재조합 유지는 gas chromatography 및 differential scanning calorimetry를 이용하여 화학적 조성 및 열적 물성 등에 대하여 비교 평가하였다. 본 연구는 밍크 오일과 식물성 재조합 오일의 높은 유사성을 보여주며, 화장품 원료로 점차 활용되지 못하고 있는 동물성 원료의 대체 소재로서 활용 가능성이 기대된다.

**Abstract:** This study focused on the development of a vegetable recombined oil to mimic the animal-derived mink oil. Various vegetable oils and fatty acid substrates were mixed and an immobilized enzyme was utilized in the reaction to synthesize a plant-derived mink oil through deacidification and purification processes. The chemical composition and thermal properties of the recombined oil were confirmed using gas chromatography and differential scanning calorimetry. Our results show a high similarity between mink oil and our synthesized plant-derived mink oil, revealing the potential of utilizing

†주 저자 (e-mail: sk@samkwang-chem.com)  
call: 031-8057-3051

††교신저자 (e-mail: bhb@ajou.ac.kr)  
call: 031-219-2618

vegetable alternatives for the substitution of animal raw materials, which have been gradually discontinued as cosmetic ingredients.

**Keywords:** *mink oil (MO), vegetable oil, plant-derived, immobilized enzyme, cosmetic ingredient*

## 1. 서 론

밍크의 오일은 일반적으로 피혁제품의 관리에 많이 활용되나, 주요 성분인 palmitoleic acid (PA)의 항산화력 등의 효과로 의약학에서 폭넓게 활용되고 있으며, 럭셔리한 이미지와 재생 효과 등으로 화장품에 많이 활용되어온 원료이다[1,2]. 밍크 오일은 당뇨로 인해 갈라진 피부 보습 및 진정 등의 용도로 활용되고 있으며[3], 벌레의 기피제로 활용되거나, 벌레에 물린 후 피부 진정 및 항염에 활용되고 있다[4]. 동일한 족제비과 동물인 오소리의 기름은 민간요법에서 화상, 욕창, 피부 질환 등에 활용되어 왔으며, 동의 보감, 의취 등에서 화상, 동창, 치창 등의 피부 질환에 약재로서 활용되어 왔음을 알 수 있다[5,6].

최근 일부 파생 물질의 감염성 등의 문제뿐만 아니라, 윤리적 문제 및 멸종 위기에 처한 동물에 대한 종의 보호와 생물의 다양성 보존에 대한 우려 등에 따라 동물 기원 원료의 사용이 줄어들고 있다[7,8].

이에 따라 멸종 위기에 처한 동물 종을 보호하기 위한 법률들이 제정되어, 많은 나라에서 야생 동물의 사냥이 제한되고 있으며, 제조자 및 소비자에 있어서도 이러한 인식이 증가되고 있다. 비건, 할랄 등과 같은 인증이 확대되고 있으며, 인증으로서 화장품의 성분이 동물의 학대나 동물에 해를 끼치지 않고 얻어졌음을 보증하고 이를 마케팅 적으로 활용되고 있다. 따라서 화장품 원료로서 활용되는 물질들은 점차 식물성 물질이나 합성 물질로 대체되어가고 있다[9,10].

밍크 오일은 높은 함량의 PA를 함유하고 있는 오일이다. PA는 피부 염증을 억제하고 상처의 치유에 도움이 된다고 알려져 있으며, 식물성 오일에는 일반적으로 소량 함유되어 있다. PA를 함유하고 있는 macadamia nut oil 등과 식물 유래 지방산 등을 활용하여 밍크 오일과 유사한 물리적/화학적 물성을 갖는 밍크 오일 유사체(plant-derived mink oil, PMO)를 개발하고자 하였다[11].

PMO를 개발하기 위하여 진균 유래 효소를 이용한 interesterification 반응을 이용하였다. 효소를 이용한 유지의 지방산 교환 반응은 식품공학에서 주로 활용되고 있으며, 식물유를 이용한 가공유지의 제조 등에 활용되고 있다. 이

러한 효소를 이용한 반응은 화학적 반응과 비교하여 불순물의 생성이 적으며, 용제 등이 사용되지 않기 때문에 화장품 원료로 활용하기에 안전하며 경제성 있는 공정설계가 가능한 장점이 있다.

본 연구에서는 식물성 효소를 이용한 interesterification 반응을 이용하여 밍크 오일의 대체 원료로서 PMO를 개발하였으며, 이 원료의 물성적, 효능적 특성을 평가하여 화장품 원료로서 활용 가능성에 대하여 평가하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. 실험 원료 및 기기

본 실험에서 기질로 사용된 오일은 macadamia nut oil (Jan Dekker, Netherlands), palm oil (Natural Sourcing, USA), seabuckthorn oil (Go Native, New Zealand), avocado oil (BiOrigins, UK), walnut oil (la Tourakgekke SAS, France)을 구매하여 활용하였으며, 첨가된 지방산으로는 myristic acid (대정화금, Korea)을 활용되었다. 재구성 지질의 합성에 사용된 고정화 효소는 lipozyme TL IM (*Thermomyces lanuginose*)와 lipozyme RM IM (*Rhizomucor miehei*)으로 nobozymes A/S (Krogshoejvej 36, 2880 Bagsvaerd, Denmark)에서 제공받아 사용하였다.

### 2.2. PMO의 효소적 합성

Macadamia nut oil (MAO), palm oil (PO), seabuckthorn oil (SO), avocado oil (AO), walnut oil (WO), myristic acid을 각각 59.6% : 17.0% : 1.4% : 7.0% : 14.0% : 1.0% 비율과 56.0% : 16.0% : 8.0% : 13.0% : 5.5% : 1.5%로 혼합하여 반응시킬 기질로 활용하였다. 혼합된 기질은 플라스크에 총 200 g이 되도록 하여 충분히 교반 후 lipozyme RM IM ( $Aw \leq 0.155$ )을 전체 기질의 총 10%인 20 g을 취하여 반응에 사용하였다. 반응에 사용된 lipozyme RMIM은 *Rhizomucor miehei*로부터 유래한 lipase를 이용한 고정화한 효소이다. 이는 TAG의 sn-1과 3의 위치에 특이적으로 작용하며, triacylglycerol (TAG)의 ester 결합을 가수분해하여 glycerol과 지방산으로 분해 후 다시 transesterification 하는

작용을 가진다. water bath를 이용하여 반응 온도 65 °C로 설정하였고, 100 rpm의 속도로 교반하여 반응시켰다. 3, 5, 12, 24 h에 따른 시료를 채취하였다. 시료에 포함된 유리지방산을 제거하기 위하여 탈산을 수행하였으며, 재구성 지질 1.0 g에 1 N phenolphthalein solution을 지시약으로 첨가한 후 0.5 N KOH solution로 적정하여 생성된 유리지방산을 비누화 시켜 제거하였다. 시료에 포함된 수분 및 이물질 등을 제거하기 위하여 1.0 mL hexane과 2.0 mL ethanol을 첨가하여 vortex로 충분히 교반 후 상이 완전히 분리될 수 있도록 충분히 정치시켜 상등액인 hexane 층만 분리하여 수분과 불순물을 제거하였다. 이를 질소 가스를 사용하여 hexane을 완전히 제거 후 이화학적 분석을 적합한 기질의 비율을 결정하였다.

고정화 효소의 양에 따른 반응의 정도를 분석하기 위하여 효소의 양에 따른 반응의 정도를 확인하였다. MAO, PO, SO, AO, WO, myristic acid를 각각 56.0% : 16.0% : 8.0% : 13.0% : 5.5% : 1.5%로 혼합하고, 첨가되는 효소의 양을 각각 기질 대비 5%, 10%, 20%로 달리하여 반응 온도 65 °C, 100 rpm 조건에서 반응시키고, 0, 5, 12, 24 h에 샘플링하였다.

앞선 실험에서 얻어진 기질로 사용된 오일의 배합비, 효소의 양에 따른 효율 등을 비교하여 파일롯 설비를 이용하여 PMO를 제조하였다. MAO, PO, SO, AO, WO, myristic acid를 각각 56.0% : 16.0% : 8.0% : 13.0% : 5.5% : 1.5% 비율로 20 L stirred batch type reactor에서 24 h 반응하였다. double jacket으로 제작된 항온 수조는 물의 온도는 65 °C로 일정하게 유지하였으며, impeller를 이용하여 200 rpm으로 교반하여 반응시켰다. 반응 중 0, 5, 12, 24 h에 각각 샘플링 하였다. 샘플링 된 각각의 재구성 지질은 각각 filter paper (Advancec, 5C)를 이용하여 감압하여 여과하였으며, 알칼리로 탈산하고, 감압증류기로 정제하여 최종 결과물인 PMO를 얻었다.

### 2.3. DSC (Differential scanning Calorimetry) 분석

DSC (TA Instruments, Q2000, USA)를 이용하여 열적 물성을 분석하였다. 결정화온도(crystallization point)와 용점(melting point) 및 solid fat index (SFI)를 측정하였다. Baseline은 빈 cell을 통한 calibration 분석 결과를 이용하였으며, 각 분석시료는 약 40 µL을 취하여 분석하였다. 분석 조건은 80 °C에서 10 min 간 유지한 후 10 °C/min의 비율로 -60 °C까지 냉각하여 10 min 간 유지하고 다시 80 °C까

지 5 °C/min의 비율로 가온하여 thermogram을 얻었다.

### 2.4. 지방산 조성 분석

시료의 지방산 분석을 위해 saponification과 methylation을 실시하였다. 각각의 oil을 약 20 mg씩 test tube에 넣고 0.5 N NaOH in methanol을 1.5 mL을 가한 후 충분히 vortex 하였다. 그 후, 5 min 간 100 °C water bath에서 중탕시킨 후 냉각하고, 트리플루오르보란 메탄올 용액 2 mL을 가한 후 다시 2 min 간 중탕시켜 냉각하였다. iso-octane 2 mL과 포화 NaCl 1 mL을 실온 상태의 test tube에 넣고 vortex 하였다. 정치시킨 후 두 층으로 분리되면 iso-octane 층을 취하여 anhydrous sodium sulfate column을 통과시켜 수분 및 불순물을 제거한 후 GC로 분석하였다. GC (Hewlett-Packard 6890 series, USA) 분석을 위한 column은 SupelcowaxTM-10 (100 m × 0.25 mm, 0.2 µm film thickness, Bellefonte, USA)를 사용하였다. 검출기는 flame ionized detector (FID)를 사용하였고, 온도는 260 °C로 하였으며 carrier gas는 N<sub>2</sub>를 flow rate 50.0 mL/min로 하여 사용하였다. Injector의 온도는 260 °C를 유지하였으며 constant flow와 split (50 : 1) mode를 사용하였다. 시료 1 µL를 GC에 주입하여 지방산 분석을 실시하였다.

### 2.5. 산가 및 요오드가 녹는점 측정

재구성 지질의 이화학적 성질을 알아보기 위하여 산가와 요오드가를 AOCS의 방법에 따라 3 반복하여 측정하였다. 녹는점을 측정하기 위하여 AOCS 방법에 준하여 분석을 시행하였다. 완전히 용해된 시료는 capillary tube의 약 1 cm 정도 양을 채취하여 -10 °C에서 16 h 동안 보관하여 충분히 응고되도록 하였다. Distilled water (DW)를 사용한 water bath에서 0.5 °C/min으로 가온하여 전체적으로 균일한 열전도가 이루어지도록 하였으며 cupric sulfate (CuSO<sub>4</sub>) 용액이 든 column을 이용하였다. 시료가 담긴 tube는 온도계 하단에 부착하였고 column에 투입하여 DW에서 중탕하여 분석을 시행하였다. 온도 상승에 따른 시료의 melting 진행에 따라 시각적인 관찰 후 시료가 완전히 용해되는 지점을 녹는점으로 지정하였다.

### 2.6. 통계처리

본 연구의 데이터는 3 회 이상 반복 실험을 통하여 평균 ± 표준편차로 나타냈다. microsoft excel 프로그램을 활용하여 통계적 처리를 진행하였으며 프로그램에 내장되어

있는 통계분석 도구를 활용하였다. 반응 전후의 데이터 분석을 위해 t-검정 쌍체비교를 이용하여 분석을 수행하였으며, 통계학적 유의성은  $p < 0.05$ 를 유의한 수준으로 판단하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. Myristic Acid 함량 분석

기질의 비율을 달리하여 제조된 PMO를 GC로 유지에 결합되어 있는 myristic acid의 함량을 분석하였다. myristic acid는 기질에 혼합된 오일에는 소량만 존재하며, 지방산으로서 따로 투입하여 반응시킨 지방산으로, 탈산된 PMO에 존재하는 myristic acid의 양으로서 반응의 진행 정도를 파악할 수 있다. MAO, PO, SO, AO, WO, myristic acid를 각각 59.6% : 17.0% : 1.4% : 7.0% : 14.0% : 1.0% 비율로 혼합하여 반응시킨 경우 MO 대비 조성이 60% 미만으로 밍크 오일과 유사하다고 할 수 없으며, MAO : PO : SO : AO : WO : myristic acid = 56.0% : 16.0% : 8.0% : 13.0% : 5.5% : 1.5%로 배합된 B의 경우 24 h 반응 시 MO (2.79%) 대비 90% 일치하여 B의 조성비를 이용하여 실험하였다 (Table 1).

#### 3.2. PMO 효소적 합성

고정화 효소의 양에 따른 효율성에 대한 확인을 위해, 투입된 효소의 양을 달리하여 반응시켜 myristic acid의 함량 변화를 살펴보았다. 효소 함량을 20% 사용하였을 때 5 h 이후부터 함량의 변화에 뚜렷한 차이가 나타나지 않아, 5 h 이후에 평형에 도달한 것으로 보이며, 10% 사용하였

을 때에는 12 h 전후로 평형에 도달하였으며, 5% 사용 시에는 24 h 경과 후에도 평형에 도달하지 못한 것으로 보인다. 이로써 효소의 함량에 따라 평형에 도달하는 데에 시간이 소요되는 것을 알 수 있으며, 경제성을 고려하면 10% 정도의 효소를 사용하는 것이 적합하다고 사료된다 (Table 2).

#### 3.3. Solid Fat Index 측정

MO와 제조된 PMO, 원료 오일들을  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  구간에서 SFI를 측정하였다. 식물성 오일 중에서는 MAO가 가장 유사함을 알 수 있고, PMO의 경우 이보다 MO에 가까운 SFI 변화를 보임을 확인하였다. MAO의 경우 지방산 조성이 MO와 가장 유사하며, 재조합 PMO의 경우 대부분의 지방산 조성을 일치시켰기 때문에 유사한 SFI를 보임을 확인할 수 있다. 이러한 SFI의 유사성은 실제 오일을 피부에 도포하였을 때 체온에 의하여 녹으면서 부드럽게 발리는 특성이 유사함을 유추할 수 있다.

PMO와 MO 모두  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 녹기 시작하여  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 모두 녹는 것을 알 수 있으며, MAO는 낮은 온도( $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ )에서, PO는 높은 온도( $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ )에서 모두 녹는 것을 알 수 있다. 온도 별 PMO, MO, MAO, PO의 SFI에 나타내었다 (Figure 1).

#### 3.4. DSC분석을 이용한 Crystallization 및 Melting Point 특성

재조합된 PMO와 함께 주요 반응 기질인 MAO, PO의 녹는점(melting point) 및 결정화점(crystallization point) 등에 대한 물성을 측정하였다. PMO의 melting point는  $-17.30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-10.25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 였으며, crystallization point는  $-10.20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 넓은 구간에 걸쳐서 나타났다. PMO의 경우 melting point는  $-25.45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-9.26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 였으며, crystallization point는  $-14.64\text{ }^{\circ}\text{C}$ 으로 나타

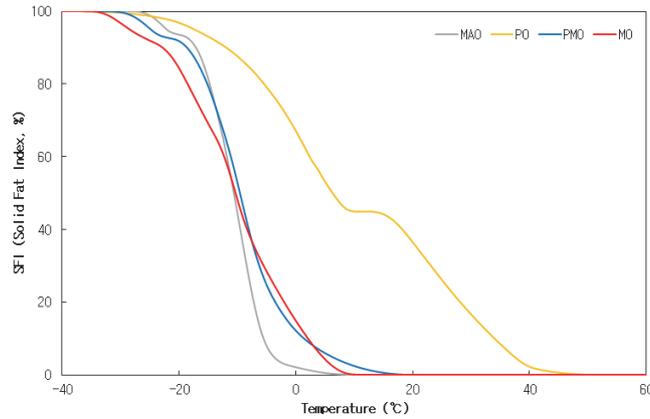
**Table 1.** Myristic Acid Contents in PMO to the Proportion of Oils and Fatty Acids

Reaction time (h)	C <sub>14</sub> : 0 Myristic acid contents (%)	
	A	B
0	0.48 ± 0.00	1.30 ± 0.01
3	0.93 ± 0.01	2.10 ± 0.02
5	1.18 ± 0.00	2.44 ± 0.01
12	1.23 ± 0.01	2.51 ± 0.02
24	1.33 ± 0.03	2.52 ± 0.02

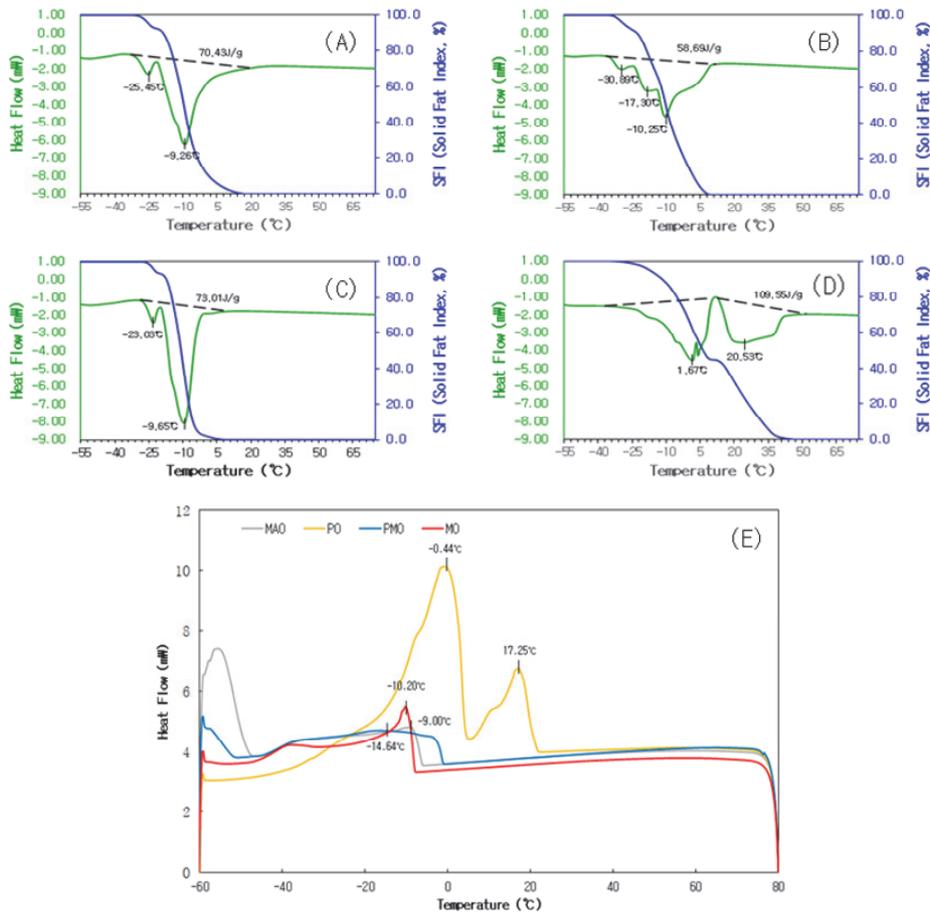
Ratio of oil used in reactions are (A) MAO : PO : SO : AO : WO : Myristic acid = 59.6% : 17.0% : 1.4% : 7.0% : 14.0% : 1.0%, (B) MAO : PO : SO : AO : WO : Myristic acid = 56.0% : 16.0% : 8.0% : 13.0% : 5.5% : 1.5%.

**Table 2.** Myristic Acid Contents Relative to Different Amounts of Enzyme

Reaction time (h)	Amount of enzyme (%)		
	5	10	20
0	1.30 ± 0.02	1.30 ± 0.02	1.30 ± 0.02
3	1.72 ± 0.02	2.07 ± 0.03	2.34 ± 0.02
5	2.11 ± 0.03	2.43 ± 0.01	2.50 ± 0.03
12	2.30 ± 0.02	2.52 ± 0.03	2.52 ± 0.01
24	2.42 ± 0.01	2.54 ± 0.03	2.55 ± 0.03



**Figure 1.** SFI of MO, PMO, MAO, PO. It shows the ratio of solid fat in each oil depending on the temperature, and it can be estimated that MO and PMO have similar thermal properties as the content of solid fat for each temperature part is similar.



**Figure 2.** DSC melting and crystallization curves of oils. (A) DSC heating curve of MO, (B) DSC heating curve of PMO, (C) DSC heating curve of MAO, (D) DSC heating curve of PO, (E) DSC crystallization curves of oils. The heating curve of (A) to (C) shows similar melting property, and PMO shows relatively low heat of fusion. The cooling curve shows a similar pattern, but the crystallization heat emitted by the MAO at  $-50^{\circ}\text{C}$  is reduced through conversion to the PMO.

났다. 각각의 peak의 위치는 다소 차이가 발생하였으나, 피크의 높이나 형태에 있어서는 유사한 결과를 확인할 수 있다. 원료 유지로 사용된 MAO의 경우 melting point는  $-23.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-9.65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 였으며, crystallization point는  $-9.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이고, PO의 경우 melting point는  $1.67\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $20.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ 였으며, crystallization point는  $-0.44\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $17.25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 확인되었다. PMO는 원료 오일인 MAO와 PO의 지방산이 조합되어 위와 같은 결과가 나온 것으로 사료된다(Figure 2).

### 3.5. MO와 PMO의 지방산 조성 분석

Interesterification 반응 시간 0, 5, 12, 26 h에 따라 제조된 PMO와 MO의 지방산 조성을 분석하였다(Table 3). MO의 피부에 대한 효능을 나타낸다고 알려져 있는 주요성분인 PA의 경우 실제 MO에서는 13.98%, 24 h 반응한 PMO에는 14.6% 함유하고 있음을 확인할 수 있다. Myristic acid 반응 시간에 따른 함량을 통해 교환반응의 정도를 추정할 수 있다. 첨가된 myristic acid의 경우, 교환반응이 일어나지 않은 상태에서는 탈산공정을 통해 모두 제거되어

소량만 존재하지만, 교환반응을 통해 유지에 결합되어 반응 시간이 경과함에 따라 점차 함량이 증가함을 확인할 수 있다. myristic acid의 함량 변화를 보면 반응 시간 5 h 경과에서 투입한 양의 약 75%가 교환반응을 통해 결합한 것을 확인할 수 있으며, 5 h 이후에는 반응 속도가 줄어듦을 확인할 수 있다. 첨가된 포화 지방산의 교환반응으로 인해 시간 경과에 따라 총 포화 지방산의 함량이 점차 증가하여,  $\Sigma\text{SFA}$ 가 20.12%까지 증가함을 확인할 수 있으며, 이는 MO의  $\Sigma\text{SFA}$ 인 20.64%와 유사함을 확인할 수 있다. 지방산 조성의 유사성은 89.6% 일치하는 것을 확인하였다(Figure 3).

### 3.6. 산가 및 요오드가 녹는점 분석

PMO의 화학적 성질 분석을 위해 산가 및 요오드가를 측정하였다. PMO는 모두 탈산 및 증류공정을 통해 유리 지방산이 대부분 제거되어 0.5 미만의 낮은 산가를 나타냄을 확인할 수 있다. 지질의 불포화도를 확인할 수 있는 요오드가의 경우 반응시간이 경과함에 따라 유의적으로 감소하는 부분을 확인할 수 있는데, 이는 첨가된 포화 지방

**Table 3.** Fatty Acid Composition Table of MO and PMO

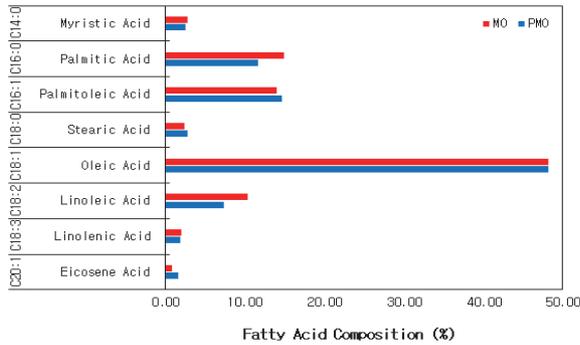
Fatty acid	PMO reaction times (h)				MO
	0	5	12	24	
C <sub>14</sub> : 0 Myristic acid	1.30 ± 0.02	2.43 ± 0.01	2.52 ± 0.03	2.54 ± 0.03	2.79 ± 0.01
C <sub>16</sub> : 0 Palmitic acid	11.75 ± 0.02	11.62 ± 0.02	11.67 ± 0.02	11.69 ± 0.02	14.98 ± 0.02
C <sub>16</sub> : 1 Palmitoleic acid	14.76 ± 0.02	14.62 ± 0.01	14.67 ± 0.02	14.66 ± 0.02	13.99 ± 0.01
C <sub>18</sub> : 0 Stearic acid	2.83 ± 0.02	2.82 ± 0.03	2.80 ± 0.02	2.80 ± 0.01	2.37 ± 0.02
C <sub>18</sub> : 1 Oleic acid	48.02 ± 0.05	48.40 ± 0.06	48.34 ± 0.05	48.28 ± 0.07	48.13 ± 0.04
C <sub>18</sub> : 2 Linoleic acid	7.36 ± 0.02	7.36 ± 0.02	7.41 ± 0.02	7.32 ± 0.02	10.43 ± 0.02
C <sub>18</sub> : 3 Linolenic acid	1.93 ± 0.01	1.92 ± 0.01	1.91 ± 0.01	1.90 ± 0.01	2.02 ± 0.01
C <sub>20</sub> : 1 Eicosene acid	1.61 ± 0.01	1.59 ± 0.01	1.62 ± 0.01	1.61 ± 0.01	0.81 ± 0.01
$\Sigma\text{SFA}^{\text{1)}$	18.32 ± 0.05	20.10 ± 0.04	20.13 ± 0.05	20.23 ± 0.06	20.64 ± 0.06

Fatty acid composition according to reaction time of PMO. The reaction progress can be known through the myristic acid content of the prepared PMO. The composition of PMO results was compared with MO.

**Table 4.** Acid Value and Iodine Value of PMO with Reaction Time and MO

	PMO reaction times (h)				MO
	0	5	12	24	
Iodine value	89 ± 0.70	79 ± 0.60	79 ± 0.90	80 ± 0.70	79 ± 0.50
Acid value	0.45 ± 0.02	0.52 ± 0.00	0.43 ± 0.01	0.46 ± 0.03	0.47 ± 0.01

The iodine value of PMO decreased by reaction time, which is consistent with the change in the content of myristic acid. A decrease in iodine value means that some unsaturated fatty acids have been exchanged for myristic acid.



**Figure 3.** Fatty acid composition of MO and PMO. The fatty acid composition of MO and the synthesized PMO was compared by GC. The major fatty acid composition constituting the MO is similar to the PMO.

산이 유지에 결합되어 있는 불포화 지방산과 교환되면서 유지 내의 불포화 지방산이 줄어든 것으로 사료된다(Table 4).

#### 4. 결 론

MO는 윤리적인 이슈와 수급 문제, 멸종 위기종의 보호 문제 등의 이유로 화장품 원료로서 점차 배제되어가고 있다[7,8].

본 연구에서는 식물성 오일과 식물유래 지방산을 효소적 방법을 통하여 MO와 유사한 재조합 유지를 제조하였다. SFI 분석 결과, PMO와 MO 모두 -30 °C에서 녹기 시작하여 15 °C에서 모두 녹는 것을 확인할 수 있었고, 온도가 상승함에 따라 유사한 SFI 곡선을 형성하는 것을 확인하였다. melting point와 crystallization point의 경우 peak의 위치는 다소 차이를 보였지만, 전반적인 DSC curve는 매우 유사한 패턴을 보임을 알 수 있었고, 융해열 및 결정화열 역시 유사한 결과를 나타내었다.

반응시간에 따른 지방산 조성 변화를 GC를 이용하여 분석 결과, 5 h 반응에서 75% 이상의 반응이 일어난 것을 알 수 있었고, 이후 반응 효율이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 재조합된 오일의 지방산 조성비는 MO와 비교하였을 때, 약 89.6% 일치하는 것이 확인되었다.

최근 화장품 산업에서 동물유래 원료들이 시장에서 배제됨에 따라 식물성 대체원료의 개발이 필요한 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 식물유래 원료를 이용하여 MO와 유사한 물리적/화학적 물성을 갖는 식물성 대체 원료 개발의 가능성을 확인하였다.

#### Acknowledgement

This research was supported by a grant from the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Korean government (MSIT) (No. 2019005607 to B. H.B. and NRF-2021R111A1A01053991 to B. M. K), the Ajou University Research Fund (to B. H. B.), a grant provided by the Korea Initiative for fostering University of Research and Innovation Program of the National Research Foundation (NRF) funded by the Korean government (MSIT) (No. NRF2021MBH1A104892211; to B. H. B. and B. M. K.), the Gyeonggido Business & Science Accelerator (GBSA) grant and the project (to B. H. B and B. M. K) and a grant provided by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF 2021R1A6A1A10044950; to B. H. B and B. M. K).

#### References

1. A. V. Dyshuk, N. V. Kondratiuk, and O. I. Petukhova, Omega-acid mink fat as an aspect of commodity evaluation in the strategy for creating new health products, *Oles Honchar Dnipro National University*, 166 (2018).
2. Anonymous, Final amended report on the safety assessment of mink oil, *Int J Toxicol*, **24**(3), 57 (2005).
3. R. K. Bernstein, MD Dr. Bernstein's Diabetes solution, Little, Brown and company, New York (2007).
4. B. S. Modjtahedi, S. P. Modjtahedi, A. M. Mansury, and H. I. Maibach, Mosquito bite therapy: evidenced-based, *Exog. Dermatol.*, **3**(6), 332 (2004).
5. 許浚, Donguibogam: Principles and Practice of Eastern Medicine (東醫寶鑑), 雜病篇卷之八, 諸瘡 (1613).
6. 錦里散人, 宜彙, 卷之三, 諸瘡, 火爛傷 (1871).
7. L. Cristiano and M. Guagni, Zoocuticals and cosmetic ingredients derived from animals, *Cosmetics*, **9**(1), 13 (2022).
8. C. Barros and R. B. G. Barros, Natural and organic cosmetics : definition and concepts, *Journal of Cosmetology & Trichology*, **6**, 2 (2020).
9. K. Fischer, Testing bans and marketing bans under the

- cosmetics directive, *European Food and Feed Law Review*, **4**(3), 172 (2009).
10. N. Abedin, R. Bashar, A. N. Jimmy, and N. A. Khan, Unraveling consumer decisions towards animal ingredients in personal-care items, *American Journal of Marketing Research*, **6**(2), 19 (2020).
11. E. Weimann, M. B. B. Silva, G. M. Murata, J. R. Bortolon, A. Dermargos, R. Curi, and E. Hatanaka, Topical anti-inflammatory activity of palmitoleic acid improves wound healing, *PLoS One.*, **13**(10), e0205338 (2018).