

호호바 오일의 모발 보호 효과 연구

오마틸다 · 안춘순^{*†}

인천대학교 뷰티산업학과, *인천대학교 패션산업학과

Study on the Effect of Jojoba Oil on the Protection of Hair

Matilda Oh · Cheunsoon Ahn^{*†}

Dept. of Cosmetic Science & Management, Incheon National University

^{*}Dept. of Fashion Industry, Incheon National University

Received August 9, 2022; Revised (October 13, 2022; December 1, 2022); Accepted December 8, 2022

Abstract

This study examined the effect of Jojoba oil on the protection of virgin black hair and hair damaged by bleaching. Both hair types were treated for 35 days with 100% Jojoba oil or one of two types of hair conditioner, one formulated with 3% of Jojoba oil and the other formulated without Jojoba oil. The effect of protection was examined in terms of the change in the color, tensile stress, weight, and amount of protein leak compared to untreated black hair or bleached hair. The composition of fatty acids in the Jojoba oil was analyzed using the Gas chromatography mass spectrometry. The differences among the three treatments were statistically tested by one-way analysis of variance test and the Duncan post-hoc test at $\alpha = .05$. The main fatty acid contained in the Jojoba oil was 11-eicosenoic acid (75.14%). Based on the statistical test it was found that 100% Jojoba oil was the most effective in increasing the tensile stress of black hair and the weight of bleached hair after 35 days of treatment.

Key words: Jojoba oil, Hair, 100% Jojoba oil, Hair conditioner, Protection; 호호바 오일, 모발, 100% 호호바 오일, 헤어트리트먼트, 보호

I. 서 론

급변하는 소비자 시장과 빠른 경제성장으로 아름다운 모습을 추구하는 방법이 다양해지면서 헤어스타일에 대한 관심도가 높아지고 있다(Joo et al., 2017; Oh, 2019). 헤어스타일은 자신의 외모를 표현하는 방법이며 동시에 상대방에게 좋은 인상을 주기 위한 수단이 되기도 한다(Joo et al., 2017). 아름다운 헤어스타일을 유지하기 위해 모발 염색이나 퍼머넌트 웨이브, 탈색과 같은 전문 헤어스타일링이 일상화되면서 반복적인 화학적 시술로 인한 모발 손상으로 인해 어려움을 겪는 사

람들이 많아졌다(Oh, 2019; Park & Ahn, 2022). 잦은 헤어스타일링의 결과 발생하는 대표적인 모발 손상은 모발 표면의 거칠어짐, 광택 저하, 모발의 가늘어짐, 끊어짐 등이며 이와 같은 손상은 나아가서 탈모증상으로 발전할 수 있다(Gavazzoni Dias, 2015; Robbins, 2012).

과거에는 주로 헤어클리닉을 통해 전문적인 관리를 받는 경우가 많았던 반면 오늘날에는 집에서 스스로 손상모발을 관리하는 셀프케어가 일반화됨에 따라 셀프케어를 위한 다양한 종류의 모발 화장품이 시판되고 있다(Lee & Ko, 2021). 특히 인체친화적인 화장품에 대한 선호로 인해 천연 원료를 활용한 모발 화장품이 선호하는 소비자들 늘고 있다. 이와 같은 추세

[†]Corresponding author

E-mail: cssong@inu.ac.kr

에 의해 아르간 오일, 코코넛 오일 등을 비롯한 천연 식물성 오일을 활용한 제품들이 활발하게 판매되고 있다(Lee & Ahn, 2022; Oh, 2019). 특히 근래에는 스킨과 모발 겸용의 보습용 오일로 다양한 식물성 오일을 100% 원액 상태로 판매하는 경우도 많이 볼 수 있다.

호호바 오일(Joboba oil)은 호호바 식물의 씨앗으로부터 얻는 식물성 오일로 화장품 분야에서 활발하게 사용되는 오일 중 하나이다(Grand View Research, 2022). 호호바 씨앗에 함유된 오일은 씨앗 무게의 50%에 달하는데 이는 씨앗에서 오일을 생산하는 그 어떤 식물보다 높은 오일 함량을 나타낸다(Abu-Arabi et al., 2000). 호호바 오일은 C_{20} ~ C_{22} 의 탄소사슬 길이를 갖는 직쇄상의 모노에스테르 화합물, 알코올, 미량의 트리글리세라이드(Triglyceride) 등으로만 이루어진 액체 성상의 왁스로서 안정성이 뛰어나 유통기한이 매우 길다(“Jojoba oil,” 2022). 또한 유기용매나 고온을 사용하지 않는 냉각압착추출(Cold-press extraction) 방식으로 얻어지므로 친환경적이며 오일의 순도가 매우 높다(Çakaloğlu et al., 2018; Grand View Research, 2022). 호호바 오일을 이루는 지방산 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 11-Eicosenoic acid($C_{20}H_{38}O_2$)로 문헌에 따라 44.0~71.30%를 차지한다고 하였다(Gad et al., 2021; Nashy et al., 2011; Sandha & Swami, 2009; Turkey & El-Adly, 2017). 11-Eicosenoic acid는 20개의 탄소사슬에 이중결합을 1개 갖는 직쇄상의 단일불포화 지방산으로서 분자량이 310.51 g/mol이다(“11-Eicosenoic acid,” 2021).

호호바 오일은 헤어트리트먼트의 첨가물로서 널리 활용되고 있지만 스킨과 모발 겸용의 보습용 오일로 원액이 판매되는 대표적인 식물성 오일이다(FRANCOISE & Fragrance, n.d.). 이러한 제품이 가능한 이유는 호호바 오일이 인간의 피지와 가장 가까운 식물성 오일로 끈적임이 없고 부드러운 성상을 지녀 화장품에 사용했을 때 청량감을 줄 수 있기 때문이다(Sandha & Swami, 2009). 호호바 오일이 헤어트리트먼트의 첨가물로서 뿐만 아니라 원액으로도 판매되고 있는 현 상황과는 달리 모발 화장품의 원료 측면에서 두 가지 다른 제형 즉, 호호바 오일 100% 원액과 호호바 오일을 첨가한 헤어트리트먼트의 모발 보호 효과를 비교한 실증적인 연구는 찾기 어렵다. 모발 분야에서 호호바 오일을 다룬 연구의 예로, 로즈마리 오일, 페퍼민트 오일 등의 발모 효능을 조사함에 있어 호호바 오일을

대조군으로 사용하여 다소의 발모 효과를 보고한 경우가 있고, 라벤더 오일의 발모 효능을 조사함에 있어서 호호바 오일을 대조군으로 사용하였으며, 알로에 샴푸의 효과를 조사함에 있어 호호바 오일 함유 샴푸를 대조군으로 사용한 경우 등이 있다(Kim & Kim, 2010; Lee et al., 2016; Oh et al., 2014; Sbhatu et al., 2020). 또한, 관련 연구로 녹차씨 오일 추출원액의 염색 또는 탈색한 모발에 대한 보호 효과를 연구한 논문이 있으나 원액과 헤어트리트먼트의 효과를 비교하지는 않았다(Min et al., 2013). 모발 제품으로서 호호바 오일의 활용 범위를 고려할 때 소비자들의 제품 선택을 위해 호호바 오일 100% 원액과 호호바 오일을 첨가한 헤어트리트먼트 간의 모발 보호 효과를 비교한 실증적인 자료가 필요하다.

본 연구는 호호바 오일을 활용한 두 가지 모발 화장품 제형 즉, 100% 호호바 오일 원액과 호호바 오일을 첨가한 헤어트리트먼트가 모발 보호에 미치는 영향을 조사하는데 목적을 두었다. 이를 위해 호호바 오일을 첨가한 헤어트리트먼트를 제조하고 대조군으로서 호호바 오일을 첨가하지 않은 헤어트리트먼트도 제조하여 100% 호호바 오일과 2종의 헤어트리트먼트 간의 모발 보호 효과를 비교하였다. 본 연구를 통해 호호바 오일의 모발 보호 효과를 확인하고 100% 호호바 오일과 호호바 오일을 첨가한 헤어트리트먼트의 효능을 비교함으로써 모발 셀프케어를 위한 실증적 데이터를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 재료

모발 트레스(Hair tress)는 파마, 탈색 등 화학적 시술을 하지 않은 검정모발을 헤어월드(Korea)에서 구입하였다. 100% 호호바 씨앗 추출 오일을 The Jojoba Company(U.S.A)의 Jojoba Baby 제품을 구입하였다. 탈색제는 제1제에 알칼리제를, 제2제에 6% 과산화수소(35%)를 함유하는 것을 사용하고 샴푸는 A사의 중성샴푸를 사용하였다. 헤어트리트먼트의 원료는 화장품 원료 전문 업체를 통해 Hydroxyethylcellulose, Cetearyl alcohol, Glyceryl caprylate, Polysorbate 60, Sorbitan stearate를 구입하여 사용하였다. Behenyl alcohol은 K사를 통해 소량의 샘플을 지원받았다. Bradford

Protein Assay에 사용된 Chloroform, Tris-base, Urea, 2-Mercapto ethanol은 Sigma-Aldrich(U.S.A)에서 구입하고 Bio-Rad protein assay dye는 Bio-Rad Laboratories(U.S.A)에서 구입하였다. Thiourea는 Junsei Chemical(Japan), Ethanol과 Methanol은 Dae Jung(Korea) 것을 사용하였다.

2. 실험

1) 헤어트리트먼트 제조

헤어트리트먼트 제조방법은 You and Kang(2009)을 참고하고 기본 재료로 Hydroxyethylcellulose, Cetearyl alcohol, Glyceryl caprylate, Polysorbate 60, Sorbitan stearate, Behenyl alcohol을 사용하였다. 모발 보호에 영향을 미칠 수 있는 실리콘, 보습제 등은 첨가하지 않았다. 2종의 헤어트리트먼트 중 하나는 앞의 성분들에 3% 호호바 오일을 첨가하였고, 다른 하나는 대조군으로서 호호바 오일을 첨가하지 않고 제조하여 각각 250 g씩의 에멀전 타입 헤어트리트먼트를 제조하였다.

중류수에 Hydroxyethylcellulose를 넣고 75~80°C에서 용해하여 A상을 준비하였다. 정량의 재료들을 혼합한 뒤 70~75°C에서 용해하여 B상(Phase)을 만들었다. B상을 A상에 투입하여 유화시켰다. 유화를 위해 Homo mixer((Mark II Model 2.5, T.K PRIMIX, Japan)로 1,500 rpm에서 교반시키고 유화가 끝나면 얼음에 넣어 냉각시켰다. 제조한 헤어트리트먼트의 조성은 <Table 1>과 같다.

2) 모발 시료 준비

검정모발(이하 검정모발 또는 VH, Virgin hair라 함)

은 구입 후 별도 처리를 하지 않고 그대로 이용하였다. 탈색모발(이하 탈색모발 또는 BH, Bleached hair라 함)은 검정모발을 직접 탈색하여 제작하였으며 탈색방법은 다음과 같다. 탈색제의 제1제와 제2제를 각각 3.0 g씩 동일하게 혼합하여 개별 검정모발 트레스에 바른 후, 호일에 감싸 35분간 방치하여 탈색을 하였다. 탈색한 모발을 샴푸로 세정하고 흐르는 물에 깨끗이 헹군 후 자연건조하였다. 이를 5회 반복하여 5회 탈색한 탈색모발을 준비하였다.

3) 100% 호호바 오일과 헤어트리트먼트 처리

100% 호호바 오일(JO, Jojoba oil), 호호바 오일을 첨가한 헤어트리트먼트(JOT, Jojoba oil treatment), 호호바 오일을 첨가하지 않은 헤어트리트먼트(NJOT, No Jojoba oil treatment) 각 2.5 g씩을 검정모발과 탈색모발에 처리하였다. 처리방법은 35일간 매일 1일 1회 <샴푸 →수건건조→자연건조→JO 또는 JOT 또는 NJOT 처리>를 반복하였다. 샴푸 처리에 사용한 A사 샴푸의 전 성분은 <Table 2>와 같다.

3. 모발 손상 및 회복력 측정

1) 모발의 색 측정

모발의 색을 분광측색계(Color i5, X-rite, U.S.A.)를 이용하여 Reflectance 모드에서 D₆₅ 표준광원, 10° 표준관찰자, SCI(Specular component included) 모드, 측정구경(Aperture) 6 mm 조건에서 측정하였다. 분광측색계에 연결된 Color iQC 소프트웨어를 이용하여 CIE 1976 L* a* b* (이하 CIELAB라 함) 색공간의 L*, a*, b* 값과 색차 ΔE*_{ab} 값을 구하였다. 측색은 모발 트레스 상

Table 1. Composition of two types of hair conditioner prepared in the study

Phase	Material	Function	JOT		NJOT	
			g	%	g	%
A	D-Water	Solvent	212.50	85.00	220.00	88.00
	Hydroxyethylcellulose	Viscosity	1.25	0.50	1.25	0.50
B	Cetearyl alcohol	Emulsion stabilizer	12.50	5.00	12.50	5.00
	Behenyl alcohol	Emulsion stabilizer	3.75	1.50	3.75	1.50
	Glyceryl caprylate	Surfactant	5.00	2.00	5.00	2.00
	Polysorbate 60	Surfactant	2.50	1.00	2.50	1.00
	Sorbitan stearate	Surfactant	5.00	2.00	5.00	2.00
	Jojoba oil	Hair conditioning	7.50	3.00	0.00	0.00
Total			250.00	100.00	250.00	100.00

JOT: Jojoba oil treatment. NJOT: No Jojoba oil treatment.

Table 2. Ingredients of commercial shampoo used in the study

	Ingredients
Shampoo	Water, Sodium lauryl sulfate, Dimethicone, Royal jelly extract, Argania spinosa kernel oil, Sunflower seed oil, Hydroxypropyltrimonium hydrolyzed keratin, C12-15 Pareth-3, Guar hydroxypropyltrimonium chloride, DI-C12-13 Alkyl malate, Disodium EDTA, Laureth-2, Lauric acid, Mica, Lauryl hydroxysultaine, Cetyl alcohol, Sodium salicylate, Sodium citrate, Sodium chloride, Sorbitol, Citric acid, Cetrimonium chloride, Amodimethicone, Ferric oxide, Ethylhexyl salicylate, Ethylhexyl methoxycrylene, Cocamide MEA, Cocamido propyl betaine, Tin oxide, Trihydroxystearin, Titanium dioxide, Potassium chloride, PEG-14M, Sodium benzoate, Phenoxyethanol, Perfume

태로 이루어졌으며 측정 시 수직방향의 측정구경을 모발 트래스로 완전히 덮고 측정계의 시료 고정 팔 (Sample arm)이 시료를 압착한 상태로 측정하였다.

2) 주사전자현미경(SEM)을 이용한 모발 표면 측정

주사전자현미경(JEOLJSM-700F, Japan)을 이용하여 모발의 표면형태를 측정하였다. 시료는 백금코팅 (Platinum coating)하였고 1000× 배율로 관찰하였다.

3) 모발의 인장강도 측정

모발 트래스 시료별로 총 6개의 모발을 트래스에서 임의로 취하여 모발의 인장강도(Tensile stress)를 측정하였다. 인장강도 시험기는 MPT-320 모델(TMA, Korea)을 이용하였으며 측정 조건은 인장속도 50 mm/min, 모발 굵기 0.07 mm로 하고, 하중(Load)은 한 가닥 모발의 인장강도 측정 시 해당 측정기에 제시된 하중 0.1 N으로 세팅하였다. 인장강도 측정은 ASTM D2256/D2256M-10(Standard test method for tensile properties of yarns by the single-strand method)(ASTM International, 2015) 규격과 Kunchi et al.(2018)을 참고하였다.

4) 모발 무게 측정

오븐 건조기를 이용하여 50°C에서 60분 동안 모발을 건조한 후 데시케이터(Desiccator)에서 냉각시키고 분석저울(Mettler Toledo, Swiss)을 이용하여 모발의 무게를 측정하였다.

5) 모발의 단백질 유출량 분석

Shindai법을 이용해 모발로부터 단백질을 추출하고 Bradford protein assay를 이용해 추출된 단백질을 정량하였다(Nakamura et al., 2002; PanReac Appli-Chem, n.d.). 모발로부터 불순물을 제거하기 위해 E-

thanol(73~75%)로 3회 반복 세척한 후 헤어드라이어기로 건조하였다. 건조된 모발을 미세한 크기로 자른 후 0.01~0.02 g을 15 mL 용량의 Conical tube에 넣었다. Chloroform과 Methanol을 2:1의 비율로 혼합하여 탈지액을 만들고 이를 4 mL씩 모발이 들어 있는 Conical tube에 넣고 24시간 탈지하였다. 이후 다음의 방법으로 Buffer액을 제조하였다. 250 mL 용량의 Volumetric flask에 Tris-Base(0.03 g), Thiourea(19.80 g), Urea(30.30 g)를 넣고 Volumetric flask를 증류수로 채운 후 내용물을 가열용해 하였다. 내용물이 다 용해된 후 2-Mercapto ethanol을 혼합하고 pH를 8.5로 맞추었다. 탈지한 모발 시료가 들어 있는 Conical tube에 Buffer액을 5 mL씩 넣고 50°C 오븐에서 24시간 동안 모발로부터 단백질을 추출하였다. 모발의 단백질 추출액에 Bio-Rad dye (Coomassie brilliant blue G-250)를 첨가한 후 자외.가 시광선분광분석기(Lambda 25, Perkin Elmer, U.S.A)로 분석하여 최대흡수파장 595 nm에서의 흡광도(Absorbance)를 구하였다. Bovin serum albumin(BSA)과 Bio-Rad dye 혼합액을 이용하여 단백질 표준액(2, 4, 6, 8 µg/mL)을 만든 후 표준액의 흡광도(0.3641, 0.4788, 0.5670, 0.6173)를 바탕으로 산출한 표준식(Eq. 1)에 대입하여 모발 시료로부터 추출된 단백질을 정량하였다.

$$y = 0.0424x + 0.2949 \quad (R^2 = 0.9718) \cdots \text{Eq. 1.}$$

4. 가스크로마토그래피 질량분석법(Gas chromatography mass spectrometry, GC-MS)을 이용한 호호바 오일의 지방산 성분 분석

호호바 오일을 동결건조하여 곱게 가루로 만든 다음 일정량의 호호바 시료를 메틸화 혼합물(Methylation mixture) 1 mL, Heptane 1 mL, Pentadecanoic acid와 함

깨 테플론 캡이 있는 바이알에 넣고 혼든 후 80°C에서 2시간 추출하였다. 메틸화 혼합물은 Methanol, Benzen, 2,2-Dimethoxy-propane, Sulfuric acid를 39:20:5:2 비율로 혼합해 준비하였다. 추출액을 상온냉각하여 형성된 두 층 중 상층액을 일정량 취해 질량분석기(Mass spectrometry)가 장착된 Agilent 7890A(Agilent, U.S.A) 가스크로마토그래피(Gas chromatography)로 분석하였다. 가스크로마토그래피 컬럼은 DB-23(Agilent, 60 mm × 0.25 mm × 0.25 μm)을 사용하였다. 검출기는 Flame ionization detector를 사용하였으며 검출 조건은 Injector temperature 80°C, Flow rate는 H₂ 35 mL/min, Air 350 mL/min, He 35 mL/min로 하였다. 지방산 표준물은 Supelco 37 Component FAME(Fatty acid methyl ester) Mix(Supelco® Analytical, U.S.A)를 사용하고 내부 표준물(Internal standard)로 Pentadecanoic acid를 사용하였다.

5. 자료분석

수집한 데이터는 엑셀로 정리하고 SPSS 통계분석 프로그램의 일원배치분산분석(ANOVA, One-way Analysis of Variance)을 활용하여 미처리 모발과 처리 모발 간의 L^* , a^* , b^* 값의 차이 및 ΔE^*_{ab} 값, 인장강도 값의 차이, 무게의 차이, 단백질 유출량 차이에 대해 3개 처리 집단(100% 호호바 오일, 호호바 오일 첨가 헤어트리트먼트, 호호바 오일 무첨가 헤어트리트먼트) 간의

차이 유무를 조사하였다. Duncan multiple range test로 사후분석을 실시하여 ANOVA F 값이 유의미한 경우 구체적으로 어떤 집단들 간에 차이가 있는지 조사하였다. ANOVA 분석과 Duncan post-hoc test의 통계적 유의미성은 $\alpha=.05$ 에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 호호바 오일의 지방산 조성

본 연구에서 사용한 100% 원액 호호바 오일의 지방산 조성을 조사하기 위해 가스크로마토그래피 질량분석을 실시하였다(Fig. 1). 호호바 오일의 가스크로마토그램에서 4개의 주요 피크가 발견되었으며 이를 표준물(Supelco 37 Component FAME Mix)의 가스크로마토그램과 비교한 결과 16.923 min, 25.592 min, 33.320 min, 42.989 min 피크는 각각 Pentadecanoic acid (C15:0), Oleic acid(C18:1), 11-Eicosenoic acid(C20:1), Erucic acid(C22:1)로 확인되었다. 이 중 Pentadecanoic acid는 GC-MS 분석을 위한 내부 표준물로 시료에 첨가된 것으로서 실험에 사용된 호호바 오일에 함유된 것이 아니다. 앞의 피크들 외에 19.126 min, 24.754 min, 52.783 min에 작은 피크들이 보였는데 이들은 차례로 Palmitic acid(C16:0), Stearic acid(C18:0) Nervonic acid(C24:1)로 확인되었다.

표준물의 GC-MS에서 확인된 각 지방산(C4~C24)

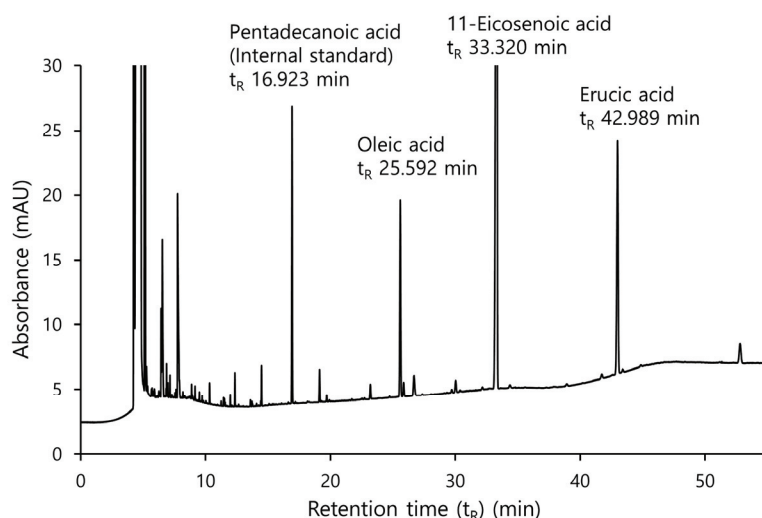


Fig. 1. GC chromatogram of Jojoba oil used in the study.

의 반응계수(Response factor)를 이용하여 호호바 오일에 함유된 지방산의 함량을 산출하였다(Supelco® Analytical, 2008)(Table 3). 가장 함량이 높은 것은 11-Eicosenoic acid로 호호바 오일로부터 검출된 전체 지방산의 75.14%를 차지하였다. 이는 Turkey and El-Adly (2017), Gad et al.(2021) 등이 보고한 것보다 높은 11-Eicosenoic acid 함량이다. 함량이 높은 4종의 지방산은 모두 탄소수가 18 이상인 장쇄지방산이며 단일 이중결합이 있는 화합물로서 이와 같은 조성은 실험에

사용한 호호바 오일의 모발 보호 효과에도 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

2. 호호바 오일 및 헤어트리트먼트 처리 효과

1) 모발의 외관

<Fig. 2>는 35일간의 처리 후 100% 호호바 오일을 처리한 검정모발(이하 JOVH, Jojoba oil virgin hair라 함)과 탈색모발(이하 JOBH, Jojoba oil bleached hair라

Table 3. Fatty acids found in the Jojoba oil by GC-MS analysis

Peak No.	Retention time (min)	Compound detected	Lipid number	Area (pA*s)	Amount	
					mg/g	%
1	19.126	Palmitic acid	C16: 0	8.74	4.23	0.96
2	24.754	Stearic acid	C18: 0	0.46	0.21	0.05
3	25.592	Oleic acid	C18: 1	73.22	35.05	7.93
4	33.320	11-Eicosenoic acid	C20: 1	653.94	331.97	75.14
5	42.989	Erucic acid	C22: 1	131.78	63.24	14.31
6	52.783	Nervonic acid	C24: 1	14.84	7.12	1.61
Totals				882.98	441.82	100.00



JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair

Fig. 2. Photographs of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) after 35 days of treatment. JOVH, JOBH were treated with 100% Jojoba oil. JOTVH, JOTBH were treated with hair conditioner containing Jojoba oil. NJOTVH, NJOTBH were treated with hair conditioner without Jojoba oil.

함), 호호바 오일을 3% 첨가한 헤어트리트먼트로 처리한 검정모발(이하 JOTVH, Jojoba oil treatment virgin hair라 함)과 탈색모발(이하 JOTBH, Jojoba oil treatment bleached hair라 함), 호호바 오일을 첨가하지 않은 헤어트리트먼트로 처리한 검정모발(이하 NJOTVH, No Jojoba oil treatment virgin hair라 함)과 탈색모발(이하 NJOTBH, No Jojoba oil treatment bleached hair라 함)의 실험 사진이다. 탈색으로 인해 푸석푸석하고 광택이나 윤기가 없어진 모발이 세 종류의 처리 후 부드러워졌고 육안으로 보았을 때 윤기가 흘렀으며 광택이 좋아진 것으로 보였다. 검정모발도 세 종류의 모발 모두 처리 전보다 부드러워졌고 윤기가 흐르는 것을 볼 수 있었다.

2) 모발의 색

<Table 4>는 미처리 검정모발과 탈색모발, 100% 호호바 오일과 2종의 헤어트리트먼트로 처리한 검정모발과 탈색모발의 색을 측정한 결과이다. CIELAB 색 공간에서 L^* 값은 밝기를 나타내고, a^* 값은 붉은기운(+)에서 초록기운(-), b^* 값은 노란기운(+)에서 파란기운(-)을 나타낸다(ISO/CIE, 2019). CIELAB 색 공간의 색차 정의에 따라 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 와 ΔE_{ab}^* 값은 <Eq. 2>와 같이 산출되며 이때 L_0^* , a_0^* , b_0^* 는 Reference의 색값, L_1^* , a_1^* , b_1^* 는 시료의 색값을 말한다(ISO/CIE, 2019). 본 연구에서 Reference는 각 처리 집단별로 0일 시료로 하였다.

$$\begin{aligned}\Delta L^* &= L_1^* - L_0^* \\ \Delta a^* &= a_1^* - a_0^* \\ \Delta b^* &= b_1^* - b_0^* \\ \Delta E_{ab}^* &= [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad \dots \text{Eq. 2.}\end{aligned}$$

각 시료별로 0일의 값은 미처리 검정모발과 탈색모발의 색값을 나타낸다. 탈색에 의해 검정모발은 L^* 값이 현저하게 밝아졌으며 붉은기운은 4배 이상, 노란기운은 16배 이상 증가하였다. 검정모발을 탈색하면 붉은색을 띤 노란색으로 변하며 a^* 값의 증가보다는 b^* 값의 증가가 크다는 것은 여러 연구에서 이미 확인된 바 있다(Lee & Ahn, 2022; Park & Ahn, 2022). 탈색에 의해 검정모발이 붉은기운을 띤 노란색으로 변한 이유는 탈색에 의해 모발의 자연색소인 멜라닌(Melanin) 색소가 파괴되었기 때문이다(Wolfram et al., 1970). 모든 인간의 모발에는 유멜라닌(Eumelanin)과 페오멜

라닌(Pheomelanin)의 두 가지 종류의 멜라닌 색소가 존재하는데 유멜라닌은 브라운 색에서 검정색을, 페오멜라닌은 오렌지색에서 노란색을 나타낸다(Robbins, 2012; Wolfram et al., 1970). 페오멜라닌은 모발의 시스템인 아미노산과 공유결합을 형성하고 있어 유멜라닌보다 모발과 단단하게 결합되어 있으며 이에 따라 탈색과정에서 페오멜라닌은 유멜라닌보다 산화제에 대한 내성이 강하여 더 늦게 분해된다(Kim et al., 2006; Robbins, 2012; Wolfram et al., 1970). 탈색모발은 유멜라닌이 더 많이 파괴되고 페오멜라닌은 덜 파괴되어 붉은색을 띤 노란색으로 변하였다.

각 시료별 7~35일의 값은 세 종류의 처리에 의한 검정모발과 탈색모발의 색값과 색차값(ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{ab}^*)을 나타낸다. 색차값에 있어서 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 값의 경우 부호는 변화의 방향, 숫자는 변화의 정도를 나타낸다(X-rite, 2016). 즉 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 는 절대값이 작을수록 미처리 모발 대비 처리 모발의 색이 변하지 않은 것이다. ΔE_{ab}^* 값은 <Eq. 2>에 따라 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 의 제곱값으로 계산되므로 부호가 항상 (+)이며 따라서 ΔE_{ab}^* 값의 크기 그대로, ΔE_{ab}^* 값이 클수록 색차가 큰 것이다. 따라서 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 의 절대값이 작을수록, ΔE_{ab}^* 값이 작을수록 검정모발의 색 유지에도 좋고 특히 탈색모발은 탈색주기를 길게 할 수 있으므로 모발 보호에 유리하다.

처리 기간 동안 검정모발은 JOVH(-0.71, -0.58), JOTVH(-1.04, -0.98), NJOTVH(-0.28, -0.22) 모두 Δa^* , Δb^* 의 평균값이 음수로 미처리 시료(0일) 대비 붉은기운과 노란기운이 감소하였다. ΔL^* 값은 JOTVH는 평균값이 -0.13으로 다소 어두워졌고 JOVH와 NJOTVH는 평균값이 각각 0.40, 0.49로 다소 밝아졌다. 탈색모발은 JOBH(-1.80, -0.13, -0.88), JOTBH(-4.22, -0.45, -2.50), NJOTBH(-0.81, -1.55, -3.76) 모두 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 평균값이 음수로 어두워지고, 붉은기운과 노란기운이 감소하였다.

위와 같은 결과가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 ANOVA를 실시하였다(Table 5). ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{ab}^* 평균값에 대한 ANOVA 분석 결과 검정모발은 ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{ab}^* 값 모두에서 유의미한 차이가 확인되지 않았다. 탈색모발은 Δa^* 값과 Δb^* 값에 있어서 $\alpha=0.05$ 에서 유의미한 차이를 나타내었다. 탈색모발의 Δa^* 값과 Δb^* 값에 대한 Duncan 사후분석 결과 JOBH는 NJOTBH보다 Δa^* , Δb^* 값 모두 유의미하게 작았고, JOTBH는 NJOTBH보다 Δa^* 값이 유의미하게

Table 4. Color change of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) by 3 different treatments

Hair	Treatment	Days	N	L^*	a^*	b^*	ΔL^*		Δa^*		Δb^*		ΔE^*_{ab}	
				Mean	Mean	Mean	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
VH	JOVH	0 day	2	18.49	2.50	2.26	-	-	-	-	-	-	-	-
		7 day	2	19.31	1.92	1.56	0.82	0.24	-0.58	0.54	-0.70	0.62	1.30	0.72
		14 day	2	19.08	1.53	1.53	0.59	1.17	-0.97	0.72	-0.73	0.88	1.78	1.13
		21 day	2	19.67	1.67	1.41	1.18	0.89	-0.83	0.60	-0.85	0.85	1.70	1.33
		28 day	2	18.73	2.51	2.90	0.24	0.31	0.01	0.08	0.65	0.74	0.97	0.41
		35 day	2	17.66	1.34	0.99	-0.84	0.76	-1.16	0.11	-1.27	0.23	2.00	0.52
		Mean		18.89	1.79	1.68	0.40	0.67	-0.71	0.41	-0.58	0.66	1.55	0.82
	JOTVH	0 day	2	18.93	2.71	2.50	-	-	-	-	-	-	-	-
		7 day	2	19.98	2.76	2.76	1.05	0.11	0.05	0.05	0.27	0.13	1.09	0.14
		14 day	2	18.97	1.91	1.85	0.05	0.18	-0.81	0.21	-0.65	0.36	1.07	0.37
		21 day	2	18.01	1.54	1.16	-0.92	0.23	-2.87	1.32	-2.76	0.79	4.10	1.50
		28 day	2	18.48	1.68	1.39	-0.45	0.03	-1.04	0.31	-1.11	0.43	1.59	0.48
		35 day	2	18.57	2.18	1.84	-0.36	0.05	-0.54	0.17	-0.66	0.35	0.93	0.36
		Mean		18.80	2.01	1.80	-0.13	0.12	-1.04	0.41	-0.98	0.41	1.76	0.57
	NJOTVH	0 day	2	18.80	2.49	2.40	-	-	-	-	-	-	-	-
		7 day	2	18.25	2.21	1.91	-0.55	0.27	-0.28	0.31	-0.49	0.52	0.85	0.57
		14 day	2	20.85	2.49	2.77	2.06	0.93	0.01	0.79	0.38	0.85	2.48	0.64
		21 day	2	18.17	2.25	2.10	-0.63	0.43	-0.24	0.28	-0.30	0.61	1.08	0.01
		28 day	2	19.42	2.13	2.39	0.62	1.20	-0.36	0.19	-0.01	0.17	1.27	0.64
		35 day	2	19.76	1.97	1.72	0.97	0.03	-0.52	0.16	-0.68	0.48	1.36	0.28
		Mean		19.29	2.21	2.18	0.49	0.57	-0.28	0.35	-0.22	0.53	1.41	0.43
BH	JOBH	0 day	2	56.29	9.10	28.97	-	-	-	-	-	-	-	-
		7 day	2	52.66	11.14	29.69	-3.63	2.44	2.04	1.48	0.73	0.65	4.45	2.55
		14 day	2	54.60	7.90	26.72	-1.69	1.66	-1.20	0.54	-2.25	0.45	3.53	0.33
		21 day	2	56.17	8.78	28.21	-0.12	0.93	-0.32	0.13	-0.76	0.24	1.25	0.27
		28 day	2	54.73	8.21	26.81	-1.56	1.30	-0.89	0.02	-2.16	0.02	3.02	0.66
		35 day	2	54.31	8.80	29.00	-1.98	0.27	-0.30	0.53	0.03	0.16	2.06	0.33
		Mean	2	54.49	8.97	28.09	-1.80	1.32	-0.13	0.54	-0.88	0.30	2.86	0.83
	JOTBH	0 day	2	55.47	9.75	28.92	-	-	-	-	-	-	-	-
		7 day	2	56.79	8.86	27.78	1.32	2.08	-0.90	0.93	-1.14	1.03	3.08	0.78
		14 day	2	48.18	8.81	24.40	-7.29	3.51	-0.95	0.37	-4.52	2.62	8.64	4.37
		21 day	2	49.26	9.89	25.86	-6.21	0.91	0.14	0.67	-3.07	0.23	6.98	0.72
		28 day	2	51.95	9.65	27.09	-3.52	3.52	-0.11	0.34	-1.83	0.62	4.37	3.09
		35 day	2	50.07	9.31	27.00	-5.40	2.05	-0.45	0.40	-1.92	1.03	5.79	2.22
		Mean		51.25	9.30	26.43	-4.22	2.41	-0.45	0.54	-2.50	1.11	5.77	2.24
	NJOTBH	0 day	2	58.55	9.42	31.00	-	-	-	-	-	-	-	-
		7 day	2	60.53	6.95	27.75	1.98	3.20	-2.47	1.36	-3.25	0.47	5.34	2.10
		14 day	2	53.21	7.49	24.64	-5.34	1.11	-1.93	0.70	-6.36	2.61	8.90	1.35
		21 day	2	56.12	8.08	26.76	-2.43	0.99	-1.34	1.09	-4.24	1.78	5.10	2.24
		28 day	2	58.33	8.61	28.15	-0.22	0.53	-0.81	1.25	-2.85	1.06	3.21	1.22
		35 day	2	60.53	8.21	28.89	1.98	0.47	-1.21	0.88	-2.11	1.66	3.54	1.02
		Mean		57.74	7.87	27.24	-0.81	1.26	-1.55	1.06	-3.76	1.52	5.22	1.59

JOVH, JOBH were treated with 100% Jojoba oil. JOTVH, JOTBH were treated with hair conditioner containing Jojoba oil. NJOTVH, NJOTBH were treated with hair conditioner without Jojoba oil.

JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair

Table 5. Result of Analysis of Variance test on the color difference of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) treated with 3 different treatments ($\alpha = .05$)

Hair	Variable	Treatment	N	Mean	F	p
VH	ΔL^*	JOVH	10	0.40a	.996	.383
		JOTVH	10	-0.13a		
		NJOTVH	10	0.49a		
	Δa^*	JOVH	10	-0.71a	2.024	.152
		JOTVH	10	-1.04a		
		NJOTVH	10	-0.28a		
	Δb^*	JOVH	10	-0.58a	1.528	.235
		JOTVH	10	-0.98a		
		NJOTVH	10	-0.22a		
BH	ΔE^*_{ab}	JOVH	10	1.55a	.240	.788
		JOTVH	10	1.76a		
		NJOTVH	10	1.41a		
	ΔL^*	JOBH	10	-1.79ab	2.786	.079
		JOTBH	10	-4.22a		
		NJOTBH	10	-0.81b		
	Δa^*	JOBH	10	-0.13b	3.859	.034
		JOTBH	10	-0.45b		
		NJOTBH	10	-1.55a		
	Δb^*	JOBH	10	-0.88b	5.734	.008
		JOTBH	10	-2.50ab		
		NJOTBH	10	-3.76a		
	ΔE^*_{ab}	JOBH	10	2.86a	3.174	.058
		JOTBH	10	5.77b		
		NJOTBH	10	5.22ab		

Based on the significance of *F*-value, only those Duncan subsets of Δa^* and Δb^* values of BH are statistically meaningful. Δa^* : JOBH (Subset a) and JOTBH (a) are significantly different from NJOTBH (b) at $\alpha = .05$. Δb^* : JOBH (a) and NJOTBH (b) are significantly different at $\alpha = .05$. The result indicates that JOBH showed the least color difference after the treatment in both a^* and b^* . JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair

작은 것이 확인되었다. 즉, JOVH는 NJOTBH보다 미처리 모발 대비 붉은기운과 노란기운의 변화가 작았고 JOTBH는 NJOTBH보다 미처리 모발 대비 붉은기운의 변화가 작았다.

전반적인 색차를 나타내는 ΔE^*_{ab} 값은 ANOVA 분석에 의해 검정모발과 탈색모발 모두 100% 호호바 오일이나 호호바 오일을 3% 첨가한 헤어트리트먼트로 처리한 모발이 호호바 오일 무첨가 헤어트리트먼트로 처리한 모발과 유의미하게 다르지 않음이 확인되었다. 이는 호호바 오일을 100% 원액 상태로 사용하든, 호호바 오일을 3% 첨가한 헤어트리트먼트 상태로 사

용하든 제형과 무관하게 호호바 오일 사용여부가 모발의 색 보존에 영향을 미치지 않음을 시사한다. 다만, 탈색모발의 Δa^* 와 Δb^* 값에 대한 ANOVA 분석 결과와 Duncan 사후분석 결과를 볼 때 100% 호호바 오일은 탈색모발의 붉은기운과 노란기운의 보존 측면에서 효과가 있는 것으로 보였으며, 호호바 오일을 3% 첨가한 헤어트리트먼트는 탈색모발의 붉은기운의 보존에 효과가 있는 것으로 보였다. a^* 와 b^* 값 모두 색의 변화 방향은 붉은기운의 감소, 노란기운의 감소로 나타났다. 본 연구의 결과는 헤어트리트먼트에 함유된 시어버터의 농도가 높아질수록 L^* , a^* , b^* 값이 감소하였

다고 한 Kim et al.(2021)의 연구와 녹차씨 오일의 추출 원액으로 처리한 모발의 L^* , a^* , b^* 값이 감소하였다고 한 Min et al.(2013)의 연구와 유사한 결과이다. Kim et al.(2021)은 시어버터 헤어트리트먼트를 처리한 모발의 a^* 와 b^* 값 등이 감소하는 이유는 시어버터가 탈색 모발 표면에 피막을 형성하기 때문이라고 하였다. Lee and Ahn(2022)은 21일간 삼푸만 처리한 검정모발과 탈색모발은 미처리 검정모발, 탈색모발에 비해 단백질 유출량이 증가하였다고 삼푸 행위만으로도 하여 모발의 공극을 통해 단백질이 지속적으로 유출될 수 있음을 시사하였다.

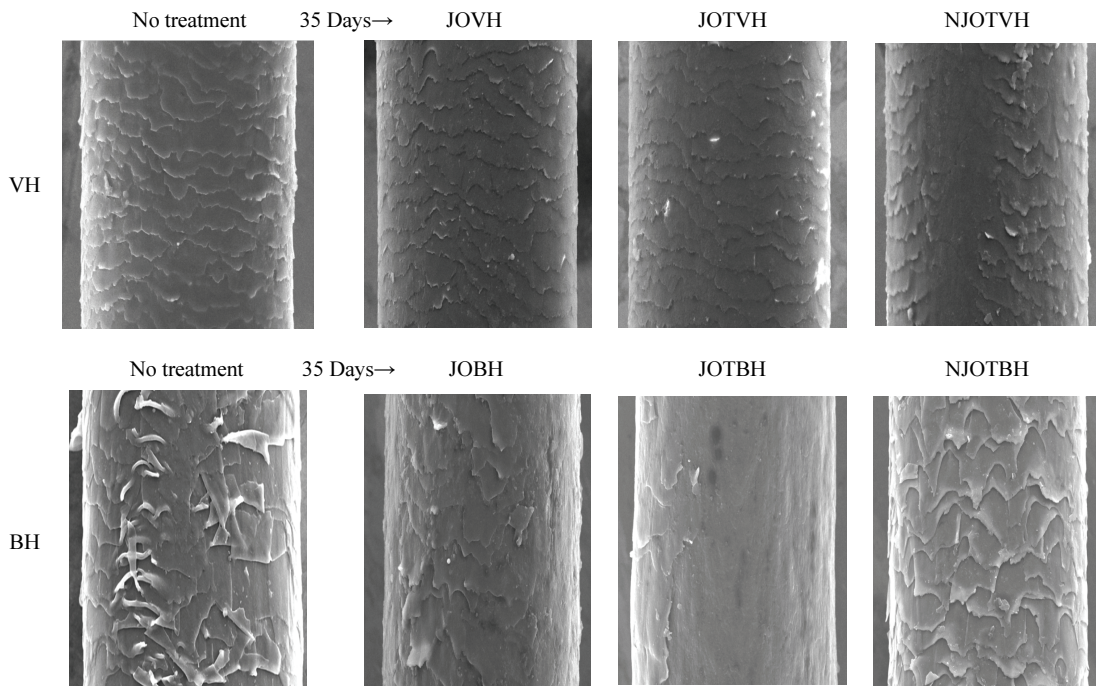
3) 모발의 표면구조

<Fig. 3>은 미처리 검정모발과 탈색모발, 그리고 35일간 100% 호호바 오일 또는 호호바 오일을 첨가하였거나 첨가하지 않은 헤어트리트먼트로 처리한 모발의 주사전자현미경 사진을 나타낸다. 화학적 처리를 하지 않은 검정모발은 표면의 표피세포들에 의한 비늘

구조가 뚜렷하게 보이고 표피세포들의 들뜸 현상이 보이지 않았다. 반면 탈색모발은 선명한 비늘구조가 더 이상 보이지 않고 표피세포의 끝이 심하게 뒤집어졌거나 들떠있고 녹아내리는 것과 같은 모습을 나타내었다. 이와 유사한 결과로서 Cho(2018)는 모발의 탈색횟수가 증가함에 따라 비늘모양의 표피가 떨어져 나갔고, 표피의 겹쳐진 모양이 모호해졌다고 하였으며 Kim et al.(2006)은 4회 탈색에 의해 표면의 스케일이 용해되어 사라졌고 피질이 드러났고 탈색조건이 강할수록 이와 같은 현상은 더 심하게 나타났다고 하였다. 탈색한 모발의 표피세포가 뒤집어지고 녹아내리는 듯한 모습을 띠는 것은 알칼리에 의한 세포막복합체의 파괴, 모발 표면 단백질의 분해로 인한 표피세포 파괴 등에 기인한다(Kim et al., 2006; Robbins, 2012; Wolfram et al., 1970).

4) 모발의 인장강도

<Table 6>에 미처리 검정모발과 탈색모발, 100% 호



JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair

Fig. 3. Scanning electron microscopy of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) after 35 days of treatment. JOVH, JOBH were treated with 100% Jojoba oil. JOTVH, JOTBH were treated with hair conditioner containing Jojoba oil. NJOTVH, NJOTBH were treated with hair conditioner without Jojoba oil.

Table 6. Change in the tensile stress of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) by 3 different treatments

Hair	Treatment	Days	N	Tensile stress (MPa)			Δ Tensile stress (MPa)	
				Mean	SE	%	Mean	SE
VH	JOVH	0 day	6	289.80	37.14	100.00	-	-
		7 day	6	273.00	26.18	94.20	-16.80	49.01
		14 day	6	408.57	48.13	140.98	118.77	68.83
		21 day	6	387.97	37.23	133.88	98.17	46.91
		28 day	6	372.65	29.96	128.59	82.85	60.56
		35 day	6	389.53	38.18	134.41	99.73	39.32
		Mean		366.34	35.94	126.41	76.54	52.93
	JOTVH	0 day	6	386.98	38.04	100.00	-	-
		7 day	6	307.12	21.33	79.36	-79.87	47.93
		14 day	6	354.80	32.87	91.68	-32.18	52.28
		21 day	6	352.72	42.30	91.15	-34.27	42.62
		28 day	6	313.60	20.25	81.04	-73.38	53.17
		35 day	6	402.10	22.85	103.91	15.12	54.96
		Mean		346.07	27.92	89.43	-40.92	50.19
	NJOTVH	0 day	6	376.37	31.84	100.00	-	-
		7 day	6	266.32	23.02	70.76	-110.05	41.74
		14 day	6	362.17	44.38	96.23	-14.20	31.29
		21 day	6	355.85	29.09	94.55	-20.52	37.69
		28 day	6	266.58	14.17	70.83	-109.78	37.95
		35 day	6	397.92	56.42	105.73	21.55	71.33
		Mean		329.77	33.42	87.62	-46.60	44.00
BH	JOBH	0 day	6	247.19	47.84	100.00	-	-
		7 day	6	233.68	23.42	94.53	-13.50	41.49
		14 day	6	200.18	17.53	80.98	-47.00	51.32
		21 day	6	266.58	36.78	107.84	19.40	57.69
		28 day	6	264.77	25.54	107.11	17.58	47.04
		35 day	6	419.57	25.51	169.74	172.38	48.20
		Mean		276.96	25.76	112.04	29.77	49.15
	JOTBH	0 day	6	221.90	28.63	100.00	-	-
		7 day	6	233.52	26.32	105.24	11.62	39.82
		14 day	6	245.28	25.76	110.54	23.38	49.06
		21 day	6	329.95	29.22	148.69	108.05	28.89
		28 day	6	334.65	30.48	150.81	112.75	47.28
		35 day	6	329.53	30.03	148.50	107.63	47.73
		Mean		294.59	28.36	132.76	72.69	42.56
	NJOTBH	0 day	6	223.43	27.75	100.00	-	-
		7 day	6	217.60	19.21	97.39	-5.83	42.00
		14 day	6	233.25	22.76	104.40	9.82	30.02
		21 day	6	264.87	22.91	118.55	41.43	30.70
		28 day	6	311.95	40.20	139.62	88.52	57.76
		35 day	6	386.32	29.33	172.90	162.88	44.19
		Mean		282.80	26.88	126.57	59.36	40.93

JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair.

호바 오일 또는 호호바 오일을 첨가하였거나 첨가하지 않은 헤어트리트먼트로 처리한 검정모발과 탈색모발의 인장강도 값을 제시하였다. 탈색모발의 인장강도는 미처리 시점인 0 일에 247.19, 221.90, 223.43 MPa로 미처리 검정모발의 인장강도(289.80, 386.98, 376.37 MPa)보다 현저히 낮았다. 탈색제에 함유된 알칼리는 세포막복합체에 있는 지질을 파괴하고 산화제는 단백질을 파괴하여 결과적으로 모발 내부에 무수한 공극이 발생하게 한다(Cruz et al., 2016; Lee & Ahn, 2022; Robbins, 2012). 산화제는 또한 모발의 케라틴 단백질의 α -헬릭스 사슬 간에 존재하는 이황화 결합(Disulfide bond)을 파괴하여 모발 단백질의 기본 골격을 손상시키는 결과를 초래한다(Cruz et al., 2016; Robbins, 2012; Wolfram et al., 1970). 이와 같은 일련의 손상 기전은 모발의 강도 저하로 이어지며 따라서 탈색한 모발은 강도가 현저하게 낮아질 수밖에 없다.

처리 모발과 미처리 모발 간의 인장강도 차이 값을 Δ Tensile stress로 명명하고 각 시료별로 7~35일의 결과에 제시하였다. Δ Tensile stress는 아래 <Eq. 3>과 같이 산출되었다. 양(+)의 Δ Tensile stress값은 미처리 모발에 비해 인장강도가 증가한 것을 나타내고 음(-)의 Δ Tensile stress값은 미처리 모발에 비해 인장강도가 감소한 것을 나타낸다.

$$\Delta\text{Tensile stress} = \text{Tensile stress}_{\text{sample}} - \text{Tensile stress}_{\text{0day}} \quad \dots\dots \text{Eq. 3.}$$

검정모발은 Δ Tensile stress 평균값이 JOVH가 76.54

MPa, JOTVH가 -40.92 MPa, NJOTVH가 -46.60 MPa로 JOVH는 미처리 모발보다 인장강도가 증가하였고, JOTVH와 NJOTVH는 감소하였다. JOTVH의 Δ Tensile stress는 NJOTVH보다 인장강도의 감소폭이 작았으나 그 차이는 미미하였다. 탈색모발은 Δ Tensile stress 평균값이 JOBH가 29.77 MPa, JOTBH가 72.69 MPa, NJOTBH가 59.36 MPa로 세 가지 처리에 의해 인장강도가 미처리 모발보다 모두 증가하였다. 가장 증가폭이 큰 것은 JOTBH였으며 JOBH는 증가폭이 가장 작았다.

위의 결과가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 Δ Tensile stress값에 대한 ANOVA 분석을 실시하였다(Table 7). 분석 결과 검정모발은 JOVH, JOTVH, NJOTVH 간에 $\alpha=.05$ 에서 유의미한 결과를 나타내었고 Duncan 사후검정 결과 JOVH는 JOTVH 및 NJOTVH보다 Δ Tensile stress가 유의미하게 큰 것으로 확인되었다. 탈색모발의 ANOVA 분석 결과는 Δ Tensile stress 수치상으로 보여지는 차이와는 달리 세 집단 간에 $\alpha=.05$ 에서 유의미한 차이가 없는 것이 확인되었다.

5) 모발의 무게

<Table 8>에 미처리 검정모발과 탈색모발, 100% 호호바 오일 또는 호호바 오일을 첨가하였거나 첨가하지 않은 헤어트리트먼트로 처리한 검정모발과 탈색모발의 무게를 제시하였다. 탈색모발의 무게는 미처리 시점인 0일에 941.57 mg, 939.49 mg, 1,000.05 mg으로 미처리 검정모발의 무게(1,084.16, 1,119.30, 1,080.21 mg)보다 낮았다. 탈색모발의 무게가 감소한 원인은

Table 7. Result of analysis of variance test on the tensile stress of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) treated with three different treatments ($\alpha = .05$)

Hair	Variable	Treatment	N	Mean	F	p
VH	Δ Tensile stress (MPa)	JOVH	30	76.54b	9.496	.000
		JOTVH	30	-40.92a		
		NJOTVH	30	-46.60a		
BH	Δ Tensile stress (MPa)	JOBH	30	29.77a	1.002	.371
		JOTBH	30	72.69a		
		NJOTBH	30	59.36a		

Based on the significance of *F*-value, only the Duncan subset of VH is statistically meaningful. JOVH (b) is significantly different from JOTVH (a) and NJOTVH (a) at $\alpha = .05$. The result indicates that only JOVH showed statistically significant increase in tensile stress after the treatment.

JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair.

Table 8. Change in the weight of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) by 3 different treatments

Hair	Treatment	Days	N	Weight (mg)			Δ Weight (mg)	
				Mean	SE	%	Mean	SE
VH	JOVH	0 day	2	1084.16	0.19	100.00	-	-
		7 day	2	1146.23	8.50	105.73	62.07	8.31
		14 day	2	1142.72	1.70	105.40	58.56	1.89
		21 day	2	1132.61	3.89	104.47	48.45	3.70
		28 day	2	1149.05	4.21	105.99	64.89	4.02
		35 day	2	1186.64	5.79	109.45	102.48	5.60
		Mean		1151.45	4.82	106.21	67.29	4.70
	JOTVH	0 day	2	1119.30	68.78	100.00	-	-
		7 day	2	1175.90	72.27	105.06	56.60	3.49
		14 day	2	1185.25	74.63	105.89	65.95	5.85
		21 day	2	1187.77	87.12	106.12	68.47	18.34
		28 day	2	1202.31	81.15	107.42	83.01	12.37
		35 day	2	1210.03	81.01	108.11	90.73	12.23
		Mean		1192.25	79.24	106.52	72.95	10.46
	NJOTVH	0 day	2	1080.21	29.34	100.00	-	-
		7 day	2	1115.40	23.15	103.26	35.20	6.19
		14 day	2	1135.74	27.04	105.14	55.54	2.30
		21 day	2	1135.87	24.49	105.15	55.67	4.85
		28 day	2	1176.50	6.47	108.91	96.29	22.87
		35 day	2	1175.93	24.55	108.86	95.73	4.79
		Mean		1147.89	21.14	106.26	67.69	8.20
BH	JOBH	0 day	2	941.57	10.81	100.00	-	-
		7 day	2	989.21	9.37	105.06	47.64	1.44
		14 day	2	972.35	6.22	103.27	30.78	4.59
		21 day	2	948.20	23.41	100.70	6.63	12.60
		28 day	2	972.85	7.43	103.32	31.28	18.24
		35 day	2	959.85	4.80	101.94	18.28	15.61
		Mean		968.49	10.25	102.86	26.92	10.50
	JOTBH	0 day	2	939.49	19.55	100.00	-	-
		7 day	2	973.98	13.40	103.67	34.49	32.95
		14 day	2	958.56	3.96	102.03	19.07	15.60
		21 day	2	923.04	8.31	98.25	-16.45	11.24
		28 day	2	938.88	36.12	99.94	-0.62	16.57
		35 day	2	960.60	45.79	102.25	21.11	26.24
		Mean		951.01	21.52	101.23	11.52	20.52
	NJOTBH	0 day	2	1000.05	28.21	100.00	-	-
		7 day	2	1020.41	24.10	102.04	20.36	4.11
		14 day	2	1012.96	29.97	101.29	12.91	1.76
		21 day	2	966.86	29.27	96.68	-33.19	1.06
		28 day	2	987.17	40.39	98.71	-12.88	12.18
		35 day	2	991.23	35.40	99.12	-8.82	7.20
		Mean		995.73	31.83	99.57	-4.32	5.26

JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair.

탈색에 의해 손상된 표피세포가 일부 탈락하고, 모발 내부에 발생한 공극을 통해 단백질이 유출되었기 때문으로 판단된다(Wolfram et al., 1970).

처리 모발과 미처리 모발 간의 무게 차이 값을 Δ Weight로 명명하고 각 시료별로 7~35일의 결과에 제시하였다. Δ Weight는 Δ Tensile stress와 동일한 방법으로 산출되었다. 양(+)의 Δ Weight값은 무게 증가를, 음(-)의 Δ Weight값은 무게 감소를 나타내며 무게 증가가 클수록 보호 효과가 크다. 검정모발은 평균 Δ Weight값이 JOVH가 67.29 mg, JOTVH가 72.95 mg, NJOTVH가 67.69 mg으로 무게가 모두 증가하였다. 증가폭이 큰 것은 JOTVH이었으나 JOVH, NJOTVH와 비교하여 근소한 차이였다. 탈색모발은 평균 Δ Weight값이 JOBH가 26.92 mg, JOTBH가 11.52 mg으로 두 모발은 무게가 증가하였으나 NJOTBH는 -4.32 mg으로 무게가 유일하게 감소하였다. 전체적으로 검정모발이 탈색모발보다 무게 증가가 현저하게 컸다.

위의 결과가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 Δ Weight에 대해 ANOVA 분석을 실시하였다(Table 9). 분석 결과 검정모발은 Δ Weight 수치상에 나타난 차이와는 달리 세 종류의 처리 간에 $\alpha=.05$ 에서 유의미한 차이가 없었다. 반면, 탈색모발은 세 종류의 처리 간에 유의미한 차이를 나타내었다. Duncan 사후검정 결과 JOBH는 NJOTBH보다 Δ Weight가 유의미하게 큰 것이 확인되었다.

6) 모발의 단백질 유출량

<Table 10>에 미처리 검정모발과 탈색모발, 100%

호호바 오일 또는 호호바 오일을 첨가하였거나 첨가하지 않은 헤어트리트먼트로 처리한 검정모발과 탈색모발의 단백질 유출량 제시하였다. 단백질 유출량은 Shindai법을 이용해 모발로부터 단백질을 추출하고 Bradford protein assay에 근거하여 BSA와 Bio-Rad dye의 혼합액으로 구한 표준검량선<Eq. 1>을 이용해 추출된 단백질의 농도(μ g/mL)를 산출하여 구하였다(Nakamura et al., 2002; PanReac AppliChem, n.d.).

미처리 탈색모발은 단백질 유출량이 8.64 μ g/mL, 8.81 μ g/mL, 9.47 μ g/mL로 미처리 검정모발의 단백질 유출량(8.50, 8.53, 8.30 μ g/mL)보다 많았다. 이는 탈색에 의해 모발로부터 새어 나가는 단백질 양이 많아진 것을 뜻하며 이로 인해 모발의 강도 저하가 촉진되고 모발이 손상이 일어나는 것이 불가피하다.

처리 모발과 미처리 모발 간의 단백질 유출량의 차이를 Δ Protein leak로 명명하고 각 시료별로 7~35일의 결과에 제시하였다. Δ Protein leak는 Δ Tensile stress 및 Δ Weight와 동일한 방법으로 산출되었다. 양(+)의 Δ Protein leak값은 단백질 유출이 미처리 모발보다 증가했음을 나타내고, 음(-)의 Δ Protein leak는 미처리 모발보다 단백질 유출량의 감소했음을 나타낸다. 모발의 단백질 유출량이 감소하였다는 것은 모발의 단백질 손실이 줄어들었다는 것을 의미하며 모발 보호 효과가 있음을 나타낸다.

검정모발의 Δ Protein leak 평균값은 JOVH가 -0.39 μ g/mL, JOTVH가 0.21 μ g/mL, NJOTVH가 0.20 μ g/mL로 JOVH는 미처리 모발보다 단백질 유출량이 감소하였고 JOTVH와 NJOTVH는 미처리 모발보다 증가

Table 9. Result of analysis of variance test on the weight of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) treated with three different treatments ($\alpha = .05$)

Hair	Variable	Treatment	N	Mean	F	p
VH	Δ Weight (mg)	JOVH	10	67.29a	.197	.822
		JOTVH	10	72.95a		
		NJOTVH	10	67.68a		
BH	Δ Weight (mg)	JOBH	10	26.92b	4.232	.025
		JOTBH	10	11.52ab		
		NJOTBH	10	-4.32a		

Based on the significance of *F*-value, only the Duncan subset of BH is statistically meaningful. JOBH (b) and NJOTBH (a) are significantly different at $\alpha = .05$. The result indicates that only JOBH showed statistically significant increase in weight after the treatment.

JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair

Table 10. Change in the protein leak of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) by 3 different treatments

Hair	Treatment	Days	N	Protein leak ($\mu\text{g/mL}$)			Δ Protein leak ($\mu\text{g/mL}$)	
				Mean	SE	%	Mean	SE
VH	JOVH	0 day	2	8.50	0.12	100.00	-	-
		7 day	2	7.52	0.41	88.47	-0.98	0.53
		14 day	2	7.81	0.77	91.88	-0.69	0.65
		21 day	2	8.68	0.42	102.12	0.19	0.30
		28 day	2	8.04	0.82	94.59	-0.45	0.94
		35 day	2	8.49	0.40	99.88	0.00	0.28
		Mean		8.11	0.56	95.39	-0.39	0.54
	JOTVH	0 day	2	8.53	0.13	100.00	-	-
		7 day	2	8.32	0.31	97.54	-0.21	0.18
		14 day	2	8.50	0.22	99.65	-0.03	0.09
		21 day	2	9.31	0.02	109.14	0.78	0.11
		28 day	2	9.16	0.04	107.39	0.63	0.17
		35 day	2	8.41	0.33	98.59	-0.13	0.46
		Mean		8.74	0.18	102.46	0.21	0.20
	NJOTVH	0 day	2	8.30	0.30	100.00	-	-
		7 day	2	8.20	0.26	98.80	-0.10	0.56
		14 day	2	8.32	0.46	100.24	0.01	0.16
		21 day	2	9.37	0.21	112.89	1.06	0.51
		28 day	2	8.45	0.59	101.81	0.14	0.29
		35 day	2	8.21	0.03	98.92	-0.10	0.27
		Mean		8.51	0.31	102.53	0.20	0.36
	JOBH	0 day	2	8.64	0.05	100.00	-	-
		7 day	2	9.44	0.29	109.26	0.80	0.35
		14 day	2	9.09	0.05	105.21	0.45	0.10
		21 day	2	7.94	0.54	91.90	-0.70	0.59
		28 day	2	8.80	0.18	101.85	0.16	0.13
		35 day	2	8.91	0.82	103.13	0.27	0.88
		Mean		8.84	0.38	102.27	0.20	0.41
BH	JOTBH	0 day	2	8.81	0.20	100.00	-	-
		7 day	2	9.81	0.05	111.35	1.00	0.15
		14 day	2	9.48	0.60	107.60	0.67	0.40
		21 day	2	9.26	0.38	105.11	0.45	0.58
		28 day	2	8.42	0.10	95.57	-0.39	0.09
		35 day	2	9.47	0.01	107.49	0.66	0.21
		Mean		9.29	0.23	105.42	0.48	0.29
	NJOTBH	0 day	2	9.47	0.08	100.00	-	-
		7 day	2	8.41	1.40	88.81	-1.06	1.33
		14 day	2	9.37	0.58	98.94	-0.10	0.50
		21 day	2	8.40	1.16	88.70	-1.06	1.24
		28 day	2	7.92	0.12	83.63	-1.55	0.20
		35 day	2	9.37	0.11	98.94	-0.10	0.04
		Mean		8.69	0.67	91.80	-0.78	0.66

JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair.

하였다. 탈색모발은 JOBH가 0.20 µg/mL, JOTBH가 0.48 µg/mL, NJOTBH가 -0.78 µg/mL로 NJOTBH만 단백질 유출량이 감소하고 JOBH와 JOTBH는 미처리 모발보다 증가하였다.

위의 결과가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 Δ Protein leak에 대해 ANOVA 분석을 실시하였다 (Table 11). 분석 결과 Δ Protein leak 수치상으로 나타난 차이와는 달리 검정모발은 세 종류의 처리 간에 $\alpha=.05$ 에서 유의미한 차이가 없었다. 반면, 탈색모발은 $\alpha=.05$ 에서 유의미한 차이가 있었으며 Duncan 사후검정 결과 NJOTBH만 유일하게 단백질 유출량이 감소하였으며 JOBH, JOTBH의 Δ Protein leak와 다른 것이 유의미하였다.

단백질 유출량에 있어서 검정모발은 JOVH가 미처리 모발보다 감소하였으나 탈색모발은 JOBH가 미처리 모발보다 다소 증가한 것은 다소 일관되지 않은 결과였다. 또한 탈색모발은 NJOTBH만 단백질 유출량이 감소하고 해당 결과가 통계적으로 유의미하게 나타난 것은 예상 외의 결과였다. 이와 같은 결과가 나타난 이유는 검정모발은 100% 호호바 오일에 의한 피막 형성 효과가 탈색모발보다 크고, 호호바 오일에 의해 모발 표면이 소수성이 되어 내부로부터의 단백질 유출이 제어되었을 가능성이 있기 때문으로 해석된다. 반면 탈색모발은 모발 표면이 심하게 손상되었으므로 호호바 오일에 의한 피막이 형성되었다 하더라도 결과적인 피막의 효과가 검정모발보다 적었을 것으로 예상된다. 또한, 탈색의 결과로 모발 내부에 생긴 공극을 11-Eicosenoic acid보다 분자량이 적은 트리트리먼트 기본 성분들이 비교적 잘 메웠기 때문인 것으로 유추

할 수 있다.

7) 고찰

검정모발과 탈색모발에 100% 호호바 오일, 호호바 오일을 3% 첨가한 헤어트리트먼트, 호호바 오일 무첨가 헤어트리트먼트를 처리한 후 미처리 모발 대비 35일 동안 처리한 모발의 색, 인장강도, 무게, 단백질 유출량의 변화를 조사한 결과 검정모발 또는 탈색모발에서 유의미한 결과가 도출되었다. 색의 경우 탈색모발의 Δa^* 값과 Δb^* 값에 대해 세 종류의 처리 집단 간 유의미한 결과가 나타났으나 전체적인 색차를 나타내는 ΔE^*_{ab} 값은 검정모발과 탈색모발 모두 세 종류의 처리 집단 간 유의미한 차이가 없었다. ANOVA 분석에 의해 세 종류의 처리 집단 간 유의미한 결과가 나타난 인장강도, 무게, 단백질 유출량의 결과를 <Table 12>에 요약하였다. 검정모발의 경우 JOVH만이 유일하게 미처리 모발 대비 인장강도가 증가하였고 이는 통계적으로도 유의미한 결과였다. 미처리 모발 대비 무게 변화를 나타내는 Δ Weight는 JOVH, JOTVH, NJOTVH 모두 증가하였으며 그 차이가 미미하였고 통계적 유의미성도 없었다. 미처리 모발 대비 단백질 유출량을 나타내는 Δ Protein leak의 경우 JOVH만 미처리 모발 대비 단백질 유출량이 감소한 결과를 보였으나 세 집단 간의 차이는 유의미하지는 않았다. 탈색모발의 경우 JOBH, JOTBH, NJOTBH 모두 인장강도가 증가하였으며 JOTBH의 증가폭이 컸으나 세 집단 간 유의미한 차이는 없었다. 무게 변화에 있어서는 JOBH와 JOTBH의 무게가 미처리 모발 대비 증가하였는데 JOBH는 NJOTBH와 유의미하게 달랐으며

Table 11. Result of analysis of variance test on the protein leak of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) treated with three different treatments ($\alpha = .05$)

Hair	Variable	Treatment	N	Mean	F	p
VH	Δ Protein leak (µg/mL)	JOVH	10	-0.39a	2.851	.075
		JOTVH	10	0.21a		
		NJOTVH	10	0.20a		
BH	Δ Protein leak (µg/mL)	JOBH	10	0.20b	6.180	.006
		JOTBH	10	0.48b		
		NJOTBH	10	-0.78a		

Based on the significance of *F*-value, only the Duncan subset groups of BH is statistically meaningful. NJOTBH (a) is significantly different from JOBH (b) and JOTBH (b) at $\alpha = .05$. The result indicates that only NJOTBH decreased in protein leak after the treatment. JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair.

Table 12. Summary of ANOVA on the tensile stress, weight, and protein leak of virgin hair (VH) and bleached hair (BH) treated with three treatments

Treatment	Variable	ΔTensile stress (MPa)	F statistic (p-value)	ΔWeight (mg)	F statistic (p-value)	ΔProtein leak (μg/mL)	F statistic (p-value)
VH	JOVH	76.54b	9.496 (.000)	67.29a	.197 (.822)	-0.39a	2.851 (.075)
	JOTVH	-40.92a		72.95a		0.21a	
	NJOTVH	-46.60a		67.68a		0.20a	
BH	JOBH	29.77a	1.002 (.371)	26.92b	4.232 (.025)	0.20b	6.180 (.006)
	JOTBH	72.69a		11.52ab		0.48b	
	NJOTBH	59.36a		-4.32a		-0.78a	

Superscripts a, b, ab indicate different Duncan subset groups. Subset group a and Subset group b are significantly different at $\alpha = .05$. Subset group ab intersects with subset groups a and b.

JOVH: Jojoba oil virgin hair, JOBH: Jojoba oil bleached hair, JOTVH: Jojoba oil treatment virgin hair, JOTBH: Jojoba oil treatment bleached hair, NJOTVH: No Jojoba oil treatment virgin hair, NJOTBH: No Jojoba oil treatment bleached hair.

JOTBH와는 차이가 없었다. 단백질 유출량은 JOBH, JOTBH는 미처리 모발보다 유출량이 증가하였고 NJOTBH만 감소하였으며 NJOTBH는 위 두 개 집단과 유의미한 차이를 나타내었다.

Sureka et al.(2022)은 검정색 인도인의 모발을 코코넛 오일로 처리하거나 또는 미네랄 오일(77%)과 식물성 오일 및 기타 성분으로 된 헤어오일로 처리한 결과 코코넛 오일로 처리한 모발보다 후자의 헤어오일로 처리한 모발의 강도가 현저하게 높아졌다고 하였다. Sureka et al.(2022)이 제시한 결과는 통계적 유의미성 조사를 수반하지는 않았으나 본 연구의 결과와 다소간의 공통점이 발견된다. Sureka et al.(2022)의 결과에서 코코넛 오일로 처리한 모발보다는 미네랄 오일과 식물성 오일 등을 혼합한 헤어오일로 처리한 모발이 강도 증가가 더 높았던 것은 100% 호호바 오일로 처리한 검정모발의 강도가 유의미하게 증가한 것과 유사한 결과이다.

미네랄 오일은 탄소수가 20 이상인 지방족 탄화수소가 주된 성분으로서 Keis et al.(2005)은 미네랄 오일은 분자 크기와 소수성 성질로 인해 모발에 흡수되기 어렵다고 하였다. 반면 코코넛 오일은 탄소사슬 길이가 짧은 중쇄지방산을 다량 함유하는 오일로서 Ruetsch et al.(2001), Keis et al.(2005) 등은 코코넛 오일에 함유된 라우르산 등은 코코넛 오일의 모발 흡수를 돕는다고 하였다. 호호바 오일은 탄소수가 20이며 이중결합을 1개 갖고 있는 11-Eicosenoic acid가 다량 함유된 오일로서 본 연구에 사용된 호호바 오일에 대한 GC-MS 분석 결과 11-Eicosenoic acid가 75.14%, 탄소수가

22에 이중결합이 1개 있는 Erucic acid가 14.31% 함유되어 있는 것으로 확인되었다. Rele and Mohile(1999)은 식물성 오일을 이루는 성분 중 분자량이 1,000 g/mol 이하인 것들은 진피까지 침투할 수 있다고 하였다. Keis et al.(2005)은 단쇄 및 중쇄 지방산의 모발 확산은 지방산의 카르복시기와 모발 단백질 간의 산-염기 간 상호작용에 의한 것이라고 하였다. 11-Eicosenoic acid와 Erucic acid는 분자량이 각각 310.51 g/mol, 338.57 g/mol이며 말단에 카르복시기(-COO)를 갖고 있는 지방산이다(Fig. 4)(“Erucic acid,” 2022; “11-Eicosenoic acid,” 2021). 11-Eicosenoic acid와 Erucic acid는 코코넛 오일에 다량 함유된 중쇄지방산에 비해서는 모발 침투가 떨어질 수 있으나 분자량의 기본 크기는 모발 침투가 가능한 크기이며 말단의 카르복시기로 인해 리신(Lysine), 히스티딘(Histidine) 등 모발의 염기성 아미노산과 친화력이 있을 것으로 판단된다(Boggs, 1987; Rele

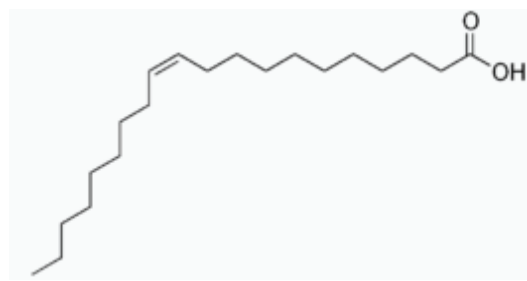


Fig. 4. Structure of 11-Eicosenoic acid abundant in Jojoba oil.

Adapted from 11-Eicosenoic acid (2021).

<https://en.wikipedia.org>

& Mohile, 1999).

모발의 표피세포와 표피세포 사이, 진피세포와 진피세포 사이를 메우고 있는 세포막복합체는 외부에서 모발 내부로 물질이 들어가는 통로인데 세포막복합체에 공극이 발생하면 모발 내부의 단백질이 모발 밖으로 유출될 수 있다(Cruz et al., 2016; França-Stefoni et al., 2015). Gavazzoni Dias(2015)는 식물성 오일을 손상된 모발에 사용하면 일부의 오일이 모발 내부로 침투하여 공극을 메워 줌으로써 모발의 골격을 유지해 주고 공극을 통한 모발 단백질 유출을 막아준다고 하였다. 검정모발의 JOVH의 경우 인장강도가 유의미하게 증가($p=.000$)하고 유의미성은 없었으나 단백질 유출량도 감소($p=.075$)한 것은 100% 호호바 오일이 모발 내부로 어느 정도 침투하여 세포막복합체의 공극을 메운 결과라고 유추된다.

탈색모발의 경우 통계적 유의미성은 없었으나 JOBH의 인장강도 증가가 세 처리 집단 중 가장 낮게 나온 것은 검정모발과 상충되는 결과이다. 단백질 유출량 또한 JOBH는 미처리 모발보다 오히려 많았으며 NJOTBH만 미처리 모발보다 유의미하게 적게($p=.006$) 나온 것은 매우 의외의 결과였다. 현재의 데이터를 토대로 그 해답을 찾기는 어려우며 더 많은 시료를 사용한 반복 실험, 헤어트리트먼트에 첨가하는 호호바 오일의 농도 다변화 등 추가적인 실험이 필요한 것으로 판단된다. 한편 이와 같은 결과가 나타난 이유 중 하나는 탈색에 의해 일어나는 모발 손상과 어느 정도 연관이 있을 것으로 추측 가능하다. 모발 탈색과정에서 탈색제에 함유된 과산화수소는 멜라닌 색소를 파괴할 뿐만 아니라 모발의 시스틴(Cystine) 아미노산 및 시스테인(Cysteine) 아미노산을 산화하고 그 부산물로 시스테인산(Cysteic acid)을 생성한다(Robbins, 2012; Wolfram et al., 1970). 건강한 모발의 표면은 음전하를 띠는데 탈색한 모발의 표면은 시스테인산의 술폰산기($-SO_3^-$) 등으로 인해 음전하의 수가 더 많다(Fernández-Peña & Guzmán, 2020; Robbins, 2012). 11-Eicosenoic acid, Erucic acid 등의 말단에 있는 카르복시기는 탈색모발의 표면 음전하와 서로 반발하여 호호바 오일의 모발 흡착 및 내부 침투를 방해하였을 가능성이 있다고 추측된다. 이와 같은 추론은 100% 호호바 오일 또는 호호바 오일이 3% 첨가된 헤어트리트먼트로 처리한 탈색모발의 무게 증가 평균값이 11.52~26.92 mg으로 같은 처리 조건의 검정모발의 무게 증가 평균값 67.29~72.95

mg보다 상당히 적게 나타난 결과로 일부 뒷받침될 수 있다고 사료된다.

Rele and Mohile(1999), Keis et al.(2005) 등에 의거 본 연구에 사용된 호호바 오일은 함유량이 75.14%에 이르는 11-Eicosenoic acid와 함유량이 14.31%인 Erucic acid의 분자구조, 분자량 등에 힘입어 모발 표면의 흡착과 더불어 어느 정도의 모발 내부 침투가 이루어졌을 것으로 추측되며 이는 특히 검정모발의 결과에서 확인된다. 11-Eicosenoic acid 및 Erucic acid의 모발 흡착은 모발의 염기성 아미노산의 아미노기($-NH_3^+$)와 11-Eicosenoic acid 및 Erucic acid의 카르복시기 사이의 전기적 인력에 의한 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 100% 호호바 오일 원액과 호호바 오일을 첨가한 헤어트리트먼트가 모발 보호에 미치는 영향을 조사하였으며 이를 위해 100% 호호바 오일, 호호바 오일(3%) 헤어트리트먼트, 호호바 오일 무첨가 헤어트리트먼트로 검정모발과 탈색모발을 35일간 처리하고 7일 간격으로 미처리 검정모발과 탈색모발 대비 처리 모발의 색, 인장강도, 무게, 단백질 유출량의 변화를 조사하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같이 요약된다

1. 호호바 오일에 함유된 지방산 중 함유량이 가장 큰 것은 11-Eicosenoic acid(C20:1)로 함유량이 전체 지방산의 75.14%에 달하였고 그 다음은 Erucic acid(C22:1)로 전체 지방산의 14.31%이었다.
2. 100% 호호바 오일, 호호바 오일 헤어트리트먼트, 호호바 오일 무첨가 헤어트리트먼트 등 세 종류의 처리에 의해 탈색모발은 색이 어두워지고 붉은기운과 노란기운이 감소하였다. 검정모발은 붉은기운과 노란기운이 감소하였으며 밝기의 변화에 있어서는 처리 종류별로 차이가 있었다.
3. 미처리 모발 대비 색차(ΔE_{ab}^*)는 검정모발과 탈색모발 모두 100% 호호바 오일, 호호바 오일(3%) 헤어트리트먼트, 호호바 오일 무첨가 헤어트리트먼트 등 세 종류의 처리 집단 간에 유의미한 차이가 없어 호호바 오일 사용 여부가 모발의 색 보존에 영향을 미치지 않은 것으로 확인되었다.
4. 모발의 인장강도 측면에서는 검정모발의 경우 100% 호호바 오일로 처리한 모발만 유일하게 미처리

모발 대비 인장강도가 증가하였고 그 유의미성이 통계적으로 확인되었다. 탈색모발의 경우 세 종류의 처리 모발 모두 인장강도가 증가하였으며 호호바 오일 무첨가 헤어트리트먼트로 처리한 모발의 인장강도 증가가 그 중 컸으나 세 집단 간 유의미한 차이는 없었다.

5. 검정모발은 세 종류의 처리에 의해 미처리 모발 대비 무게가 증가하였으나 처리 집단 간 유의미한 차이가 없었다. 탈색모발의 경우 100% 호호바 오일로 처리한 모발과 호호바 오일 헤어트리트먼트로 처리한 모발의 무게가 증가하였고 100% 호호바 오일로 처리한 모발은 호호바 오일 무첨가 헤어트리트먼트로 처리한 모발과 유의미하게 차이가 있었으며 호호바 오일 헤어트리트먼트로 처리한 모발과는 차이가 없었다.

6. 세 종류의 처리 집단 중 100% 호호바 오일로 처리한 모발만 미처리 모발 대비 단백질 유출량이 감소하였으나 세 집단 간 차이가 유의미하지는 않았다. 탈색모발은 100% 호호바 오일로 처리한 모발과 호호바 오일 헤어트리트먼트로 처리한 모발은 단백질 유출량이 증가하고 호호바 오일 무첨가 헤어트리트먼트로 처리한 모발은 단백질 유출량이 감소하였으며 이와 같은 결과는 통계적으로 유의미하였다.

7. 통계적으로 유의미한 결과를 정리하면 100% 호호바 오일이 검정모발의 인장강도 증가 및 탈색모발의 무게 증가에 효과가 있는 것이 확인되었다.

본 연구의 결과 100% 호호바 오일을 1개월 이상 검정모발에 1일 1회씩 바르고 행구어 낼 경우 사용 전의 모발에 비해 인장강도가 증가하고 탈색모발에 사용할 경우 사용 전의 모발에 비해 무게가 증가할 수 있음을 실험과 통계분석을 통해 확인하였다. 반복적인 탈색 등에 의해 손상된 모발은 모발이 가늘어지고 결국 탈모증상으로 발전될 수 있음을 고려할 때 100% 호호바 오일을 탈색모발에 사용하였을 때 사용 전 모발에 비해 무게가 증가하였다는 것은 모발의 굵기 증가를 의미하는 것으로서 모발 셀프케어 소비자들에게 매우 고무적인 결과이다. 본 연구의 결과로 호호바 오일이 첨가된 헤어트리트먼트보다는 100% 호호바 오일이 손상된 모발의 보호는 물론 검정모발의 보호에도 효과적임을 확인하였다. 호호바 오일은 사람의 피지와 가장 유사한 식물성 오일로서 100% 원액 상태로 모발에 바르더라도 행구 뒤엔 끈적임이 없다는 장점이 있다. 또한 친환경적인 생산 공정으로 만들어지며 유통기한도 길어 그린(Green) 소비와 동시에 효율성을 추구하는 오늘날의 소비자 경향에 적합한 모발 화장품

재료이다. 본 연구의 결과와 호호바 오일 본연의 특성을 바탕으로 손상된 모발의 보호를 위해 100% 호호바 오일의 활용을 추천하는 바이다.

현재 다수의 식물성 오일이 헤어트리트먼트 제형으로서 뿐만 아니라 100% 원액의 헤어오일로서도 시판되고 있는 반면 그 효과를 실증적으로 비교조사한 연구는 찾기 어렵다. 본 연구는 모발 화장품 성분으로서 천연 식물성 원료인 코코넛 오일의 제형에 따른 모발 보호 효과를 검증하고 실험을 바탕으로 한 실증적 데이터를 제공하였다는 데에 학술적 의의가 있다. 향후 헤어트리트먼트 제형과 100% 원액이 동시에 활용되고 있는 다양한 식물성 오일들 각각에 대하여 제형에 따른 모발 보호 효과를 비교분석하는 연구가 필요하다고 사료된다.

1. 사사

해당사항 없음

2. 연구윤리

해당사항 없음

3. 데이터 및 자료 가용성

본 연구에 사용된 데이터 세트는 합당한 요청이 있는 경우 교신저자가 제공 가능함.

4. 이해관계 상충

해당사항 없음

5. 연구비 지원

해당사항 없음

6. 저자의 기여

MO는 본 연구의 설계 및 실험, 데이터 수집을 담당하였고 CA는 데이터 분석과 원고 작성을 담당하였음. 모든 저자가 최종 원고를 읽고 승인하였음.

7. 저자 정보

오마틸다 인천대학교 대학원 뷰티산업학과, 석사
안춘순 인천대학교 패션산업학과, 교수

References

- Abu-Arabi, M. K., Allawzi, M. A., Al-Zoubi, H. S., & Tamimi, A. (2000). Extraction of jojoba oil by pressing and leaching. *Chemical Engineering Journal*, 76(1), 61–65. doi:10.1016/S1385-8947(99)00119-9
- ASTM International. (2015). ASTM D2256/D2256M-10(2015) Standard test method for tensile properties of yarns by the

- single-strand method. *ANSI Webstore*. Retrieved from <https://webstore.ansi.org/Standards/ASTM/astmd2256d2256m102015>
- Boggs, J. M. (1987). Lipid intermolecular hydrogen bonding: influence on structural organization and membrane function. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Reviews on Biomembranes*, 906(3), 353–404. doi:10.1016/0304-4157(87)90017-70
- Çakaloğlu, B., Özyurt, V. H., & Ötleş, S. (2018). Cold press in oil extraction. A review. *Ukrainian Food Journal*, 7(4), 640–654. doi:10.24263/2304-974X-2018-7-4-9
- Cho, J.-H. (2018). A study on the hair protection effect of peptide components during dyeing. *Journal of the Korean Society of Cosmetics and Cosmetology*, 8(1), 79–86.
- Cruz, C. F., Costa, C., Gomes, A. C., Matamá, T., & Cavaco-Paulo, A. (2016). Human hair and the impact of cosmetic procedures: A review on cleansing and shape-modulating cosmetics. *Cosmetics*, 3(3):26. doi:10.3390/cosmetics3030026
- Erucic acid. (2022, February 9). *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Erucic_acid
- Fernández-Peña, L., & Guzmán, E. (2020). Physicochemical aspects of the performance of hair-conditioning formulations. *Cosmetics*, 7(2):26. doi:10.3390/cosmetics7020026
- França-Stefoni, S. A., Dario, M. F., Sá-Dias, T. C., Bedin, V., de Almeida, A. J., Baby, A. R., & Velasco, M. V. R. (2015). Protein loss in human hair from combination straightening and coloring treatments. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 14(3), 204–208. doi:10.1111/jocd.12151
- FRANCOISE & Fragrance. (n.d.). 프랑스와즈 유기농 호호바 오일 페이스오일 50ml 1+1+1 [FRANCOISE organic jojoba oil face oil 1+1+1]. *FRANCOISE & Fragrance*. Retrieved from https://francoise.co.kr/product/detail.html?product_no=3128&cate_no=410&display_group=1
- Gad, H. A., Roberts, A., Hamzi, S. H., Gad, H. A., Touiss, I., Altyar, A. E., ... Ashour, M. L. (2021). Jojoba oil: An updated comprehensive review on chemistry, pharmaceutical uses, and toxicity. *Polymers*, 13(11):1711. doi:10.3390/polym13111711
- Govazzoni Dias, M. F. R. (2015). Hair cosmetics: An overview. *International Journal of Trichology*, 7(1), 2–15. doi:10.4103/0974-7753.153450
- Grand View Research. (2022). Jojoba oil market size, share & trends analysis report by type (cold pressed, refined), by application (cosmetics & personal care, pharmaceutical, industrial), by sales channel (B2B, B2C), and segment forecasts, 2020 - 2027 (Report ID: GVR-1-68038-016-3). *Grand View Research*. Retrieved from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/jojoba-oil-market>
- ISO/CIE. (2019, June). ISO/CIE 11664-4:2019 Colorimetry - Part 4: CIE1976 L*a*b* colour space. *CIE Online Standard Store*. Retrieved from https://www.techstreet.com/cie/standards/iso-cie-11664-4-2019?gateway_code=cie&product_id=2078733
- Jojoba oil. (2022, April 26). *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Jojoba_oil
- Joo, Y.-B., Kim, Y.-B., & Lim, S.-N. (2017). Morphological changes in hair by the bleaching agent's mixing conditions. *Journal of Digital Convergence*, 15(9), 533–541. doi:10.14400/JDC.2017.15.9.533
- Keis, K., Persaud, D., Kamath, Y. K., & Rele, A. S. (2005). Investigation of penetration abilities of various oils into human hair fibers. *Journal of Cosmetic Science*, 56(5), 283–295. doi:10.1111/j.1467-2494.2006.00304_4.x
- Kim, H.-R., Sung, Y.-W., & Choi, W.-J. (2021). Effects of hair treatment with shea butter on bleached hair. *Journal of Convergence for Information Technology*, 11(3), 212–219. doi:10.22156/CS4SMB.2021.11.03.212
- Kim, K.-S., Jeon, D.-W., & Ha, B.-J. (2006). Studies on the surface color and tensile property of hair according to bleaching treatment. *Journal of Fashion Business*, 10(1), 94–105.
- Kim, M. H., & Kim, Y. C. (2010). The promoting effect of rosemary oil on hair growth by gross and histological observation in C57BL/6 mice. *The Journal of Cosmetological Science*, 6(2), 121–129. doi:10.15810/jic.2010.6.2.004
- Kunchi, C., Venkateshan, K. C., Reddy, N. D., & Adusumalli, R. B. (2018). Correlation between mechanical and thermal properties of human hair. *International Journal of Trichology*, 10(5), 204–210. doi:10.4103/ijt.ijt_24_18
- Lee, B. H., Lee, J. S., & Kim, Y. C. (2016). Hair growth-promoting effects of lavender oil in C57BL/6 mice. *Toxicological Research*, 32(2), 103–108. doi:10.5487/TR.2016.32.2.103
- Lee, B.-R., & Ko, K.-S. (2021). The effect of home care hair treatment on hair during permanent wave treatment. *Journal of Convergence for Information Technology*, 11(10), 270–276. doi:10.22156/CS4SMB.2021.11.10.270
- Lee, S. H., & Ahn, C. (2022). Effect of rinse-off hair conditioner containing argan oil or camellia oil on the recovery of hair damaged by bleaching. *Fashion and Textiles*, 9:17. doi:10.1186/s40691-021-00282-5
- Min, M.-J., Choi, M.-H., Kim, G. C., & Shin, H.-J. (2013). Damage prevention effect of green tea seed oil on colored and decolored hair. *Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal*, 28(5), 287–294. doi:10.7841/ksbbj.2013.28.5.287
- Nakamura, A., Arimoto, M., Takeuchi, K., & Fujii, T. (2002). A rapid extraction procedure of human hair proteins and iden-

- tification of phosphorylated species. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 25(5), 569–572. doi:10.1248/bpb.25.569
- Nashy, E.-S. H. A., Megahed, M. G., & El-Ghaffar, M. A. A. (2011). Preparation of fat-liquor based on jojoba oil under phase transfer catalysis. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(8), 1239–1246. doi:10.1007/s11746-011-1778-z
- Oh, J. Y., Park, M. A., & Kim, Y. C. (2014). Peppermint oil promotes hair growth without toxic signs. *Toxicological Research*, 30(4), 297–304. doi:10.5487/TR.2014.30.4.297
- Oh, M. (2019). *A study on the protection effect of hair treatment using jojoba oil on damaged hair* (Unpublished master's thesis). Incheon National University, Incheon.
- PanReac AppliChem. (n.d.). Bradford - Solution for protein determination [PDF document]. *PanReac AppliChem*. Retrieved from https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://www.itwreagents.com/download_file/product_infos/A6932/en/A6932_en.pdf&ved=2ahUKEwjorIaCqu_1AhUTJzQIHdbbChYQFnoECAQQAQ&usq=AOvVaw2GGuEi5SU36pMu-k8CX2wK
- Park, S.-H., & Ahn, C. (2022). Effects of hair toner formulated with bioactive substances on bleached hair. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 46(3), 494–512. doi:10.5850/JKSCT.2022.46.3.494
- Rele, A. S., & Mohile, R. B. (1999). Effect of coconut oil on prevention of hair damage. Part I. *Journal of Cosmetic Science*, 50(6), 327–339.
- Robbins, C. R. (2012). *Chemical and physical behavior of human hair* (5th ed.). Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ruetsch, S. B., Kamath, Y. K., Rele, A. S., & Mohile, R. B. (2001). Secondary ion mass spectrometric investigation of penetration of coconut and mineral oils into human hair fibers: Relevance to hair damage. *Journal of Cosmetic Science*, 52(3), 169–184.
- Sandha, G. K., & Swami, V. K. (2009). Jojoba oil as an organic, shelf stable standard oil-phase base for cosmetic industry. *RASAYAN Journal of Chemistry*, 2(2), 300–306.
- Sbhatu, D. B., Berhe, G. G., Hndeya, A. G., Abdu, A., Mulugeta, A., Abraha, H. B., ... Kidanemariam, H. G. (2020). Hair washing formulations from *Aloe elegans* Todaro gel: The potential for making hair shampoo. *Advances in Pharmaceutical and Pharmaceutical Sciences*, 2020:8835120. doi:10.1155/2020/8835120
- Supelco[®] Analytical. (2008). Fatty acid/FAME application guide: Analysis of foods for nutritional needs [PDF document]. *Axial Scientific*. Retrieved from http://www.axialscientific.com/files/Supelco_Free_Fatty_FAME.pdf
- Sureka, P., Agrawal, T., Majumder, S., & Ritambhara, K. (2022). A method to measure oil penetration into hair and correlation to tensile strength. *International Journal of Trichology*, 14(4), 128–134. doi:10.4103/ijt.ijt_122_20
- Turky, G. M., & El-Adly, R. A. (2017). Study of phase separation and anomalous molecular behavior of Jojoba oil using dielectric spectroscopy. *Journal of Molecular Liquids*, 242, 1–7. doi:10.1016/j.molliq.2017.06.126
- Wolfram, L. J., Hall, K., & Hui, I. (1970). The mechanism of hair bleaching. *Journal of the Society of Cosmetic Chemists*, 21(13), 875–900.
- X-rite. (2016). A guide to understanding color [PDF document]. *X-rite PANTONE[®]*. Retrieved from https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/whitepaper_pdfs/110-001_a_guide_to_understanding_color_communication/110-001_understand_color_en.pdf
- You, S.-E., & Kang, S.-M. (2009). Study on development and retentive force of hair conditioner using a earthworm autolysate - Centering around the bleached hair -. *Korean Journal of Aesthetics Society*, 7(4), 239–251.
- 11-Eicosenoic acid. (2021, April 15). *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/11-Eicosenoic_acid