

## 생리활성 성분을 처방한 헤어토너가 탈색모발에 미치는 영향

박선화 · 안춘순<sup>\*†</sup>

인천대학교 뷰티산업학과, <sup>\*</sup>인천대학교 패션산업학과

### Effects of Hair Toner Formulated with Bioactive Substances on Bleached Hair

Seon-Hwa Park · Cheunsoon Ahn<sup>\*†</sup>

Dept. of Cosmetic Science & Management, Incheon National University

<sup>\*</sup>Dept. of Fashion Industry, Incheon National University

Received February 8, 2022; Revised March 13, 2022; Accepted March 29, 2022

#### Abstract

Hair toners containing polyphenol or Vitamin B<sub>5</sub> were investigated according to their recovering effects on hair damaged by bleaching. Surface morphology, CIE L\*a\*b\* values, and tensile properties of hair were measured. The amount of protein leaking from hair was investigated using the Bradford protein assay. The amino acid composition of hair was examined using the HPLC instrument. Hair became severely damaged after bleaching, showing cuticle structure with surface melt down and rolled up tip, a decrease in tensile strength, an increase in protein leak, and an increase in the proportion of cysteic acid. When bleached hair was treated with the two types of hair toner, positive effects were seen in the recovery of cuticle structure and retention of bleached color, an increase in tensile strength, a decrease in protein leak up to certain days, and an increase in the retention of protein examined by the HPLC analysis of amino acids. Hair treated with B<sub>5</sub> toner showed better effects on the increase of tensile strength compared to the hair treated with PP toner. Hair treated with PP toner showed better retention of color, less protein leak, and a lower proportion of cysteic acid compared to the hair treated with B<sub>5</sub> toner.

**Key words:** Hair, Hair toner, Bioactive, Polyphenol, Vitamin B<sub>5</sub>; 모발, 헤어토너, 생리활성, 폴리페놀, 비타민 B<sub>5</sub>

#### I. 서 론

건강하고 아름다운 신체를 표현하는 데 있어 피부나 화장, 의상 못지않게 중요한 것은 모발이다. 모발은

펌이나 염색, 탈색은 물론 커트나 일상적인 블로우드라이를 통해 자유롭게 변형시킬 수 있어 개성과 멋을 표현하는 도구로 이용된다. 그러나 펌이나 염색 등을 주기적으로 반복할 경우 모발손상이 불가피하며 특히 탈색에 의한 모발손상은 심각하다(Kweon et al., 2006). 건강한 모발은 신체 건강의 한 부분이므로 반복적인 헤어스타일링에 의해 손상되는 모발을 보호하고 건강한 모발로 회복하는 일은 매우 중요하다(Park, 2018).

<sup>†</sup>Corresponding author

E-mail: cssong@inu.ac.kr

본 논문은 인천대학교 2020년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

생리활성 성분(Bioactive substance)은 인체의 대사 과정을 조절하여 건강 증진에 도움이 되는 화학 물질을 말하며 우리 주변의 과일, 야채, 통곡물 등에 다량 함유되어 있다(Dhalaria et al., 2020; Galanakis, 2017). 대표적인 생리활성 성분으로 폴리페놀(Polyphenol)류, 비타민, 미네랄 등을 들 수 있다(Dhalaria et al., 2020; Murphy, 2019). 이 중 폴리페놀은 식물에서 발견되는 방향족 화합물로서 분자 하나에 두 개 이상의 페놀기가 결합되어 있는 화합물을 총칭하는 용어로서 페놀산과 플라보노이드에 속하는 다수의 화합물을 포함한다(Dhalaria et al., 2020). 생리활성 성분은 면역조절이나 지질저하, 항산화 활성 등의 기능을 통해 건강 증진뿐만 아니라 노화 방지에도 도움을 주는 것으로 알려져 있어 건강보조식품의 원료는 물론 바르는 화장품의 원료로도 널리 사용되고 있다(Dhalaria et al., 2020; Kim, 2019; Kusumawati & Indrayanto, 2013).

모발화장품도 예외가 아니어서 생리활성 성분이 함유된 식물성 오일을 원액 그대로 제품화하거나 여러 종류의 식물추출물을 조제 중에 처방한 샴푸나 헤어트리트먼트, 헤어오일 등이 판매되고 있다(Park, 2018). 그러나 식품분야와는 달리 바르는 화장품, 특히 모발화장품 조제로서 생리활성 성분의 효과에 대한 연구는 매우 미진하다. 헤어에센스 등과 같이 모발에 바르는 제품의 경우 생리활성 성분이 손상된 모발에 어떤 영향을 미치는지에 대해서는 연구가 필요한 상황이다(Lourenço et al., 2019; Xu et al., 2017). 이와 같은 연구는 생리활성 성분을 비롯해 다양한 성분이 복합적으로 들어있는 식물추출물을 적용한 헤어에센스를 대상으로 하기보다 생리활성 성분을 독립적으로 첨가한 헤어에센스를 대상으로 실험함으로써 실행 가능할 것으로 사료된다.

본 연구는 생리활성 성분 중 폴리페놀과 비타민 B<sub>5</sub>를 각각 첨가하여 만든 헤어토너가 탈색모발에 어떠한 영향을 미치는지 조사하는데 목적을 두었다. 헤어토너는 머리를 감고 물기를 제거한 후에 바르는 리브온(Leave-on) 타입 헤어에센스의 한 종류로서 끈적임이 적고 찰랑거리는 모발상태를 유지하므로 손상모발 보호와 회복을 위해 선호되는 헤어에센스 유형이다(Kozubal et al., 2014; Park, 2018). 폴리페놀과 비타민 B<sub>5</sub>는 다양한 식물에 함유되어 있으며 특히 모발유한방화장품에 널리 사용되는 인삼과 석류추출물에 다량 함유되어 있는 성분들이나 두 가지 성분이 개별적

으로 모발화장품 원료로 사용된 사례는 드물다(Ashokrao et al., 2019; Kim, 2016). 본 연구에서는 폴리페놀과 비타민 B<sub>5</sub>를 첨가하여 만든 헤어토너의 탈색모발에 대한 회복 효과를 조사함으로써 독립적인 모발화장품 원료로서 폴리페놀과 비타민 B<sub>5</sub>의 활용 가능성을 제안하고자 한다. 본 연구는 식물추출물에 초점을 맞춘 다수의 연구들과 달리 개별 생리활성 성분의 손상모발에 대한 보호 효능을 비교 조사하였다는 점에서 선행연구와 차별된다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 모발의 구조

모발은 바깥쪽부터 표피(Cuticle), 진피(Cortex), 그리고 모수(Medulla)로 이루어져 있으며 단백질(65~95%), 지질(1~9%), 멜라닌 색소(2~3%), 그리고 미량 원소들과 물로 구성된다(Robbins, 2012). 표피는 외부환경에 대한 모발의 방어막으로서 모발손상이 일어났을 때 이를 육안으로 확인할 수 있는 영역이다(Nutress Hair, 2016-2021).

모발의 표피는 각질세포가 비늘처럼 포개져 있는 구조를 이루며 각질세포들 사이는 세포막복합체(Cell membrane complex)로 메워져 있다(Robbins, 2012). 진피는 모발 전체 질량의 70~90%를 차지하는 영역으로서 모발의 강도와 탄성을 유지하고 멜라닌 색소가 존재한다(Robbins, 2012). 모발의 진피는 진피세포로 이루어져 있으며 표피와 마찬가지로 진피세포와 진피세포 사이를 세포막복합체가 메우고 있다(Robbins, 2012). 진피세포는 모발의 길이방향으로 배열된 섬유상의 케라틴 단백질(Intermediate filament)이 철근 역할을 하고 비섬유상의 각질 결합 단백질(Keratin associated protein)이 시멘트 역할을 하여 모발의 골격을 이룬다(Cruz et al., 2017). 케라틴 단백질의 최소단위는 이중나선(Coiled-coil)상의 알파 헬릭스( $\alpha$ -helix) 케라틴으로서 이중나선 사이에는 시스틴(Cystine) 아미노산에 의한 시스틴 가교가 형성되어 있다(Robbins, 2012). 시스틴 가교는 모발 전체에 존재하여 모발의 강도와 탄성에 기여한다(Robbins, 2012). 산화제 등에 의해 시스틴 가교가 파괴될 경우 모발은 강도와 탄성이 감소하는 등 손상에 이르게 된다(Robbins, 2012). 멜라닌 색소는 진피에 존재하므로 모발탈색을 위해서는

탈색제 성분이 진피까지 도달하여야 한다.

## 2. 모발의 탈색

모발탈색의 목적은 검정색 등 어두운 색상의 모발을 밝은 색으로 변화시키는데 있다. 모발의 멜라닌 색소는 검정색에서 짙은 갈색을 띠는 유멜라닌(Eumelanin)과 빨강색에서 노란색을 띠는 페오멜라닌(Pheomelanin)을 포함한다(“Human hair color”, 2020). 두 색소의 함유 비율에 따라 모발의 자연색이 달라지는데 유멜라닌 함량이 페오멜라닌 함량보다 많으면 모발은 검정색을 띄며 페오멜라닌만 있는 모발은 노란색을 띤다(“Human hair color”, 2020). 모발탈색은 멜라닌 색소를 산화작용에 의해 파괴하는 화학적 처리로서 페오멜라닌은 시스테인 아미노산과 단단하게 결합되어 있어 유멜라닌보다 파괴가 어렵다(Ha & Jo, 2001; Wolfram et al., 1970). 탈색과정에서 유멜라닌이 우선적으로 파괴되므로 탈색한 모발은 페오멜라닌의 영향으로 붉은빛을 띤 노란색을 띤다(Bleam et al., 2014).

대부분의 모발탈색제는 알칼리 성분이 들어있는 제 1제와 과산화수소 등의 산화제가 들어있는 제 2제로 이루어져 있다. 알칼리는 모발을 팽윤시켜 표피의 큐티클 층을 들뜨게 하고 그 사이로 산화제와 알칼리가 모발을 침투하여 진피에 존재하는 멜라닌 색소를 파괴함으로써 탈색이 이루어진다(Wolfram et al., 1970). 모발탈색은 강알칼리 환경 하에서 산화제를 적용하는 기법이기에 때문에 모발이 손상될 수 있으며 잦은 탈색은 심각한 모발손상을 초래할 수 있다(Kim, 2015).

구체적인 손상의 예로 탈색에 사용되는 알칼리제는 모발을 팽윤시켜 표피 큐티클 층을 들뜨게 하고 큐티클 세포 자체의 손상을 초래한다(Kim & Wang, 2005; Lim & Lim, 2019; Park, 2018). 큐티클이 손상된 모발은 윤기를 잃고 푸석푸석해 지며 마찰에 약해진다(Tokunaga et al., 2019). 탈색에 사용되는 산화제는 멜라닌 색소를 파괴할 뿐만 아니라 모발 표피 및 피질의 케라틴 단백질과 세포 사이를 메우고 있는 세포막복합체도 일부 파괴한다(Grosvenor et al., 2018). 세포막복합체가 손상되면 모발 내에 공극이 발생하며 이 공극들을 통해 탈색제나 염모제의 모발 내 출입이 용이해져 모발 단백질의 손상이 일어날 수 있다(Robbins, 2012). 손상된 단백질은 저분자량의 퇴화물질로 산화되어 샴푸, 염색, 탈색 등 헤어케어 및 스타일링 환경에서 공극

을 통해 모발 외부로 유출된다(Robbins, 2012; Wolfram et al., 1970). 특히 모발의 케라틴 단백질 성분 중 시스테인 아미노산은 산화제에 의해 손상되기 쉬운데 시스테인은 탈색제의 과산화수소에 의해 시스테인산(Cysteic acid)으로 분해된다(Wolfram et al., 1970).

## 3. 생리활성 성분의 모발에의 영향

생리활성 성분은 인체에 생성된 활성산소를 비활성 물질로 바꾸거나 산화반응을 억제함으로써 유해한 활성산소가 인체에 과다하게 생성되는 것을 막아준다(Lourenço et al., 2019). 천연 생리활성 성분은 식물에 따라 함유된 성분의 종류와 함량 등이 다르다(Dhalaria et al., 2020; Murphy, 2019). 대표적인 생리활성 성분인 폴리페놀은 베리류, 체리류, 사과, 포도 등의 과일 등에 풍부하게 함유되어 있다(Dhalaria et al., 2020). 폴리페놀에 해당하는 화합물은 매우 다양하며 그 중 일부로 Gallic acid, Chlorogenic acid, Ferulic acid, Quercetin, Rutin, Catechin, Ellagic acid 등을 들 수 있다(Dhalaria et al., 2020). 폴리페놀은 항산화 기능이 높고 모발과 관련하여서는 모낭의 성장주기에 있어 가장 중요한 부위인 모유두(Dermal papilla)의 세포증식 효과가 높아 탈모 개선을 위한 육모제 소재로 활용이 가능하다고 보고되었다(Cho & Kim, 2016; Kwon et al., 2007). Esfandiari and Kelley(2005)는 녹차 잎에서 추출한 폴리페놀을 혼합한 물과 혼합하지 않은 물을 쥐에 먹인 결과 폴리페놀을 혼합한 물을 먹은 쥐는 현저하게 털이 자라 폴리페놀이 발모에 효과가 있다고 하였다.

비타민 중에서는 특히 비타민 A, C, E, 그리고 비타민 B군의 생리활성이 우수한데 비타민 A, C, E는 오렌지, 베리류, 자몽, 체리, 사과 등의 과일에, 비타민 B군은 통곡물과 육류 및 유제품, 인삼 등에 풍부하다(Dhalaria et al., 2020; Galanakis, 2017). 비타민 B군의 경우 비타민 B<sub>5</sub>(Pantothenic acid)는 흰머리가 생기는 것을 늦추고 모낭의 세포분화를 도와 모발성장을 촉진하며 모발을 촉촉하게 한다고 보고되었다(Goluch-Koniuszy, 2016). 모발의 물리적 측면에서는 습윤 기능이 있어 모발을 촉촉하게 하고 탄성을 유지하는 기능이 있으며, 빗질이나 샴푸, 펌, 염색 등으로 인한 물리적, 화학적 손상에서 회복시키고 모발을 강하게 하는 기능이 있어 샴푸, 컨디셔너 등에 이용된다고 하였다(Lupo, 2001).

이상의 연구들을 볼 때 모발분야에 있어서 폴리페놀과 비타민에 대한 연구는 해당 성분을 쥐에 직접 먹여서 실험하였다는 점, 주로 발모 효과를 보았다는 점 등을 특징으로 들 수 있다. 비타민 B<sub>5</sub>가 모발을 촉촉하게 한다고 보고한 연구가 있으나 모발에 직접 발라서 데이터를 얻은 결과는 아니었다(Esfandiari & Kelley, 2005; Goluch-Koniuszy, 2016).

폴리페놀이나 비타민 B<sub>5</sub>는 인삼과 석류추출물에 풍부하게 함유되어 있다(Ashokrao et al., 2019; Kim, 2016; Park, 2018). Ashokrao et al.(2019)은 식용 주스의 배합을 위해 석류, 오렌지, 라임 등을 수압 프레스법으로 추출한 뒤 생리활성 성분을 조사한 결과 석류의 폴리페놀 함량은 갈릭산 기준 2546.66 mg GAE/L로 함께 조사한 과일류 중 가장 높았으며 비타민 B<sub>5</sub>의 함량은 0.6 mg/100 g이라고 하였다. Kim(2016)은 국내산 인삼의 부위별 생리활성 성분을 조사한 결과 폴리페놀은 갈릭산 기준으로 인삼의 뿌리에 12.10 mg GAE/100 g, 잎에 95.98 mg GAE/100 g, 수염뿌리에 10.46 mg GAE/100 g 함유되어 있고, 비타민 B<sub>5</sub>는 뿌리에 316.94±8.46 mg/100 g, 잎에 191.74±17.84 mg/100 g, 수염뿌리에 324.28±10.27 mg/100 g 함유되어 있다고 하였다. 특히, 비타민 B<sub>5</sub>는 인삼에 함유된 비타민 B<sub>1</sub>~B<sub>12</sub>, 비타민 C 등의 수용성 비타민 전체 함량의 46.42%에 달하였다(Kim, 2016).

국내외 모발화장품 시장에서 인삼이나 석류 성분을 활용한 제품이 다수 판매되고 있는 것을 볼 때 폴리페놀이나 비타민 B<sub>5</sub> 등은 식물추출물 성분의 일부로서 이미 활발하게 사용되고 있는 것을 알 수 있다(Amorepacific Corporation, n.d.). 본 연구에서는 폴리페놀과 비타민 B<sub>5</sub>가 모발화장품의 독립적 원료로서 손상모발에 미치는 보호 효과를 조사하고자 한다.

### III. 실험

#### 1. 재료 및 시약

모발은 염색이나 펴, 탈색 등을 전혀 하지 않은 검정색 인모 버진 헤어(Virgin hair)로 제작한 모발 트레스(Bona Hair, Korea)를 구입하여 사용하였다. 모발 탈색제는 제 1제 알칼리제와 제 2제 산화제가 들어있는 파우더 타입의 시중 J사 제품을 온라인 헤어 전문숍에서 구입하여 사용하였다. 실험 모발의 세정은 시중에서 판

매하는 L사의 샴푸를 이용하였다.

폴리페놀의 표준물로 Gallic acid(170.12 g/mol)를, 비타민 B<sub>5</sub>의 표준물로 D-Panthenol(비타민 B<sub>5</sub>, 205.251 g/mol)를 Sigma-Aldrich(USA)에서 구입하였다(“Gallic acid”, 2022; “Panthenol”, 2022)(Fig. 1). 헤어토너 제조를 위해 Propylene glycol, Nicotinamide, Menthol, Salicylic acid, 1,2-Heanediol, Ethanol, Menthol 등을 온라인 화장품 전문숍(Cosnet, Korea)에서 구입하였다. 모발의 단백질 추출에 사용한 Chloroform, Urea, Tris-base, 2-Mercapto ethanol은 Sigma-Aldrich(USA)에서 구입하였고 Thiourea는 Junsei Chemical(Japan)에서, pH 조절을 위한 Sodium hydroxide는 OCI Company(Korea)에서 구입하였다. Bradford protein assay를 활용한 모발 단백질 분석에는 Bovine serum albumin(Sigma-Aldrich, USA)과 Bio-Rad protein assay dye(Bio-Rad Laboratories, USA)를 사용하였다. 모발 단백질 분석을 위한 여과는 Whatman glass microfiber filter(No. 1822-110, Pore Size 1.2 µm, Whatman, USA)를 사용하였다. 헤어토너 제조에는 증류수 제조기(Human Power, Korea)로 처리한 물을 사용하였다.

#### 2. 실험 재료의 준비

##### 1) 표준활성분 토너 제조

폴리페놀 헤어토너는 PP 토너로, 비타민 B<sub>5</sub> 헤어토너는 B5 토너로 명명하였다. PP 토너는 260 g 용량으로 제조하였으며 폴리페놀 성분으로 갈릭산을 사용하였다. 토너 제조 시 시중의 모발화장품에 일반적으로 첨가되는 Propylene glycol, Nicotinamide, 1,2-Hexanediol, Ethanol, Menthol, Salicylic acid, 증류수 등을 <Table 1>의 용량으로 첨가하였다(Park, 2018). 갈릭

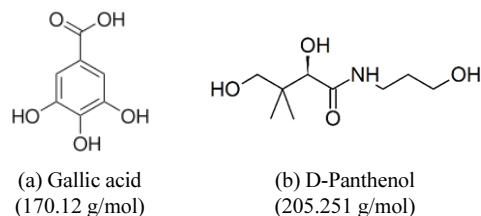


Fig. 1. Structure of Gallic acid and D-Panthenol (Vitamin B<sub>5</sub>).

Adapted from “Gallic acid” (2022) <https://en.wikipedia.org>; “Panthenol” (2022). <https://en.wikipedia.org>

Table 1. Composition of hair toner containing polyphenol compound (PP)

Ingredient	Amount in percent (%)	Amount in gram (g)
D-Water	82.62	214.81
Propylene glycol	2.00	5.20
Nicotinamide	0.50	1.30
1,2-Hexanediol	2.00	5.20
Ethanol	2.00	5.20
Menthol	0.20	0.52
Salicylic acid	0.10	0.26
D-Water	10.00	26.00
Gallic acid	0.58	1.51
Total	100.00	260.00

산은 전체 용량 대비 0.58% 첨가하여 PP 토너를 제조하였으며 구체적인 성분과 용량은 <Table 1>과 같다 (Park, 2018; Park & Ahn, 2018). 정량한 모든 재료를 Homogenizing mixer(Homo Mixer Mark II Model 2.5, T.K PRIMIX, Japan)로 혼합하여 헤어토너를 제조하였다. 제조한 토너는 실온에 두고 40일간 사용하였다. B5 토너는 PP 토너와 동일한 방법으로 Vitamin B<sub>5</sub>(D-Panthenol)를 전체 용량 대비 0.58% 첨가하여 제조하였다 (Park, 2018)(Table 2).

## 2) 모발탈색 및 토너처리

모발 탈색제에 들어 있는 제 1제 알칼리제와 제2제 산화제를 각각 3 g씩 혼합하여 탈색제를 준비한 후 모발 트레스에 바르고 트레스를 알루미늄 호일에 감싸 30분간 방치하였다. 탈색한 모발은 시중 L사의 샴푸로 세정하고 흐르는 물에 깨끗하게 행구어 자연건조시켰다. 토너처리를 위한 모발 트레스는 위 방법을 이용해 총 5회 탈색을 반복하였다. 별도로 탈색에 의한 인장강신도 변화 및 외관색의 변화를 보기 위해 별도

로 8회 탈색한 모발 트레스도 제조하였다. 5회 탈색한 모발은 40일간 PP 및 B5 토너를 처리하였다. 헤어토너 처리는 매일 1일 1회 [샴푸 → 수건건조 → 자연건조 → 토너처리]를 반복하였으며 토너의 양은 매회 시료별로 마이크로피펫을 사용해서 정확하게 0.8 mL씩 도포하였다. 탈색하지 않은 모발은 검정모발(Black), 탈색한 모발은 탈색모발(Bleached)라 칭하였다.

## 3. 모발 평가

모발의 상태를 평가하기 위해 총 40일의 헤어토너 처리 기간 중 헤어토너를 처리하기 전 단계(0일)를 포함하여 10일 간격으로 다음의 실험을 진행하였다.

### 1) 주사전자현미경(SEM) 분석

모발 트레스에서 임의로 2가닥을 채취하여 2 cm 정도 자른 후 Sample Stub에 고정시키고 진공 상태에서 백금 도금(Platinum coating)으로 표면을 코팅하였다. 준비된 시료를 주사전자현미경(SEM-JSM 7800, Ja-

Table 2. Composition of hair toner containing Vitamin B<sub>5</sub> (B5)

Ingredient	Amount in percent (%)	Amount in gram (g)
D-Water	82.62	214.81
Propylene glycol	2.00	5.20
Nicotinamide	0.50	1.30
1,2-Hexanediol	2.00	5.20
Ethanol	2.00	5.20
Menthol	0.20	0.52
Salicylic acid	0.10	0.26
D-Water	10.00	26.00
D-Panthenol (Vitamin B <sub>5</sub> )	0.58	1.51
Total	100.00	260.00

pan)을 사용해 1000× 배율로 관찰하였다.

## 2) 모발의 착색

분광측색계(Color i5, X-rite, USA)를 사용해 모발 표면에서 CIELAB 표색계의  $L^*a^*b^*$ 를 측정하고  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  및  $\Delta E^*$  값을 구하였다.

## 3) 인장강도 및 신도분석

모발강도 측정용 인장강도 시험기(MPT-320, TMI, Korea)를 사용하여 파지 간격을 60 mm로 고정시킨 다음 인장속도를 50 mm/min로 하여 모발 트레스별로 총 3개의 모발 가닥의 인장강도와 신도를 측정하고 평균 값을 구하였다.

## 4) 모발 단백질 정량분석

모발의 손상 정도를 측정할 수 있는 척도로서 모발로부터 유출되는 단백질 양을 분석하였으며 이를 위해 Shindai법을 이용해 모발로부터 단백질을 추출하고 Bradford protein assay를 이용해 추출한 단백질을 정량분석하였다(Nakamura et al., 2002; PanReac Appli-Chem, n.d.; Park, 2018). Shindai법에 따라 모발로부터 단백질을 추출한 방법은 다음과 같다. Ethanol(73~75%)로 3회 반복 세척한 모발 트레스를 드라이기로 건조시킨 다음 미세한 크기로 잘라 0.01~0.02 g 취하고 이를 Chloroform과 Methanol을 2:1의 비율로 혼합해 제조한 용액에 담가 24시간 탈지하였다. Buffer액을 만들기 위해 Tris-base(0.03 g), Thiourea(19.80 g), Urea(30.30 g)를 적당량의 증류수와 혼합한 후 가열 용해시키고 2-Mercapto ethanol을 혼합하였다. HCl 희석액으로 혼합액의 pH를 8.5로 맞춘 다음(pH Meter, Mettler Toledo, USA) 250 mL 용량의 메스플라스크에 넣고 증류수로 250 mL를 맞춰 Buffer액을 제조하였다. 앞서 탈지한 모발을 5 mL의 Buffer액에 담그고 50°C의 오븐에 24시간 방치하여 모발로부터 단백질을 추출하였다.

추출된 단백질의 양은 Coomassie Brilliant Blue G-250(Bio-Rad Laboratories, Korea), 일명 Bio-Rad dye를 사용해 Bradford protein assay법으로 정량하였다. 이를 위해 Bovine serum albumin과 Bio-Rad dye를 혼합한 용액의 표준희석액을 0.003, 0.004, 0.005, 0.007 mg/mL 농도로 만들고 자외·가시광선 분광분석기(Lambda 25, Perkin Elmer, USA)를 이용해 각각의 흡광도값을 최대 흡수파장인 595 nm에서 구하였다. 표준희석액의 흡광도값을 이용해 표준검량선을 제작하고 이로부터 단

백질 농도를 계산할 수 있는 표준회귀식을 얻었다(Park & Ahn, 2018). 모발에서 추출한 단백질의 흡광도값을 표준회귀식에 대입하여 샘플 모발의 단백질을 정량하였다.

## 5) 아미노산 분석

Fluorescence Detector 및 UV/VIS Diode Array Detector가 장착된 고속액체크로마토그래피(HPLC)를 이용하여 검정모발, 탈색 후 헤어토너를 처리하지 않은 모발, 1일 1회 헤어토너 처리 후 40일이 경과한 모발 등 3 종류의 모발의 구성 아미노산을 다음과 같은 방법으로 정량분석하였다.

모발 시료는 과산화포름산 산화 및 염산 가수분해를 다음과 같은 방법으로 전처리하였다. 모발 시료 일정량 취하여 과산화포름산에 침지시켜 냉장 상태로 하룻밤 방치한 후 건조된 시료를 6N HCl 30 mL에 넣고 130°C에서 24시간 가수분해한 다음 HCl을 건조하고 초순수로 씻어낸 후 0.45  $\mu$ m Syringe filter로 여과하여 HPLC 분석 시료로 하였다.

HLPC 분석은 Binary pump와 Autosampler가 장착된 Ultimate 3000(Thermo Dionex, USA)을 사용하였으며 검출기로 UV/VIS Diode Array Detector(Thermo Dionex, USA)와 Fluorescence Detector(1260 FLD, Agilent, USA)를 활용하였다. 고정상으로 VDSpher 100 C18-E(I.D. 4.6 mm × Length 150 mm, 3.5  $\mu$ m, VDS Optilab, Germany) 칼럼을 사용하고 이동상은 Solvent A(40 mM Sodium phosphate, pH 7)와 Solvent B(3DW: Acetonitrile:Methanol 10:45:45 v/v%)로 하였으며 이동상의 Gradient는 <Table 3>과 같이 하였다. 시료의 Injection volume은 1  $\mu$ L, Column temperature는 40°C, Sample temperature는 20°C로 하였다.

HPLC 분석을 통해 검출된 아미노산을 정량하기 위해 표준 아미노산 화합물을 0.1 N HCl로 용해하고 3차 증류수로 희석한 후 1000, 500, 100, 10 pmol/ $\mu$ L 농도로 만들어 표준검량선을 제작하고 그로부터 얻은 회귀식을 이용하여 모발 시료의 아미노산을 정량하였다.

# IV. 결과 및 고찰

## 1. 탈색 및 토너처리에 의한 모발의 표면형태 변화

<Table 4>는 아무런 처리를 하지 않은 검정모발과

Table 3. HPLC gradient analysis for analyzing amino acids

Retention time (Min)	Flow rate (mL/Min)	Mobile phase A (%)	Mobile phase B (%)
0.0	1.5	95	5
3.0	1.5	95	5
24.0	1.5	45	55
25.0	1.5	20	80
31.0	1.5	20	80
34.5	1.5	95	5
35.0	1.5	95	5

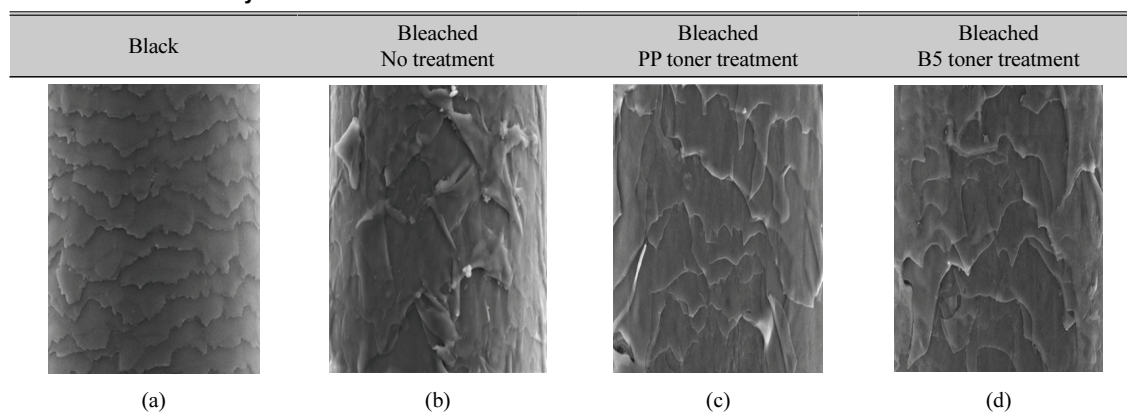
탈색한 모발, 그리고 탈색 이후 40일간 폴리페놀 및 비타민 B 토너로 처리한 모발을 주사전자현미경으로 관찰한 결과이다. 탈색을 하지 않은 검정모발은 큐티클이 규칙적인 패턴으로 겹쳐져 있으며 각각의 큐티클 레이어가 매끄럽고 경계선이 뚜렷하였다(Table 4(a)). 이는 Kim and Wang(2005)을 비롯한 다수의 연구에서 건강모발은 큐티클이 벗겨지거나 벌어지지 않고 서로 밀착되어 있다고 평가한 결과와 같다. 큐티클 층은 서로 견고하게 겹쳐져 있어 모발 내부의 물질이 외부로 유출되거나 외부의 이물질이 안으로 유입되는 것이 어려워 보였다(Kim & Han, 2013).

탈색한 모발은 검정모발에서 관찰되었던 큐티클 층의 규칙적인 패턴이 없어졌으며 큐티클이 흘러내리거나 끝이 말리고 뒤집어진 양상이 현저하였다(Table 4(b)). 이는 단단히 밀착되어 있던 최외부의 큐티클 층이 분리된 것을 나타내며 큐티클과 큐티클을 접착해주는 세포막복합체가 손상 또는 유실된 결과로 보인다.

다. Kim and Wang(2005)은 탈색 이후 모발의 표면이 들뜨고 큐티클의 박리현상이 보였다고 하였으며, Kim and Han(2013)은 탈색을 3회까지 진행한 결과 모표피 층의 손상이 심해지고 큐티클이 얇아졌다고 하였다. 한편 Lim and Lim(2019)은 탈색제의 입자 크기에 따른 탈색모발의 손상도를 조사하는 연구에서 입자 크기가 큰 탈색제로 3회 탈색한 모발의 큐티클은 흘러내림 정도가 심하고 큐티클 가장자리의 갈라짐, 벌어짐, 탈락, 및 용해가 심하다고 하였으며 큐티클 가장자리가 뒤집힌 모습을 제시하였다. 또한 Lim and Lim(2019)은 탈색한 모발의 큐티클 가장자리가 말리는 등 극심한 손상이 일어났다고 하여 모발탈색에 대한 본 연구의 결과는 선행연구의 결과들과 전반적으로 일치하였다.

큐티클을 이루는 단백질은 시스템 가교가 풍부한 경질의 단백질로서 큐티클 세포의 골격이 유지되도록 한다(Robbins, 2012). 모표피를 겹겹이 이루는 큐티클 세포는 세포막복합체에 의해 서로 접착되어 있는데

Table 4. SEM images (1000×) of untreated black hair, bleached hair, and bleached hair treated with PP and B5 toner for 40 days





세포막복합체는 시스틴 가교가 적은 부드러운 재질의 단백질과 지질로 이루어져 있어 탈색제에 포함된 알칼리에 의해 쉽게 파괴될 수 있다(Robbins, 2012). 탈색 이후 큐티클이 벗겨져 뒤집어진 현상은 큐티클 층간을 접착하고 있는 세포막복합체의 파괴에 일차적인 원인이 있는 것으로 판단되며 탈색제의 알칼리에 의해 큐티클 세포를 이루는 아미노산, 특히 시스틴 등이 파괴되어 모발의 골격구조에 손상이 일어났을 가능성 또한 배제할 수 없다(Robbins, 2012). Grosvenor et al. (2018)은 탈색한 모발의 구조적 특성으로 멜라닌 과립의 퇴화, 비케라틴 성분의 퇴화, 큐티클 층의 감소, 엔도큐티클(Endocuticle) 층의 공극 증가, 큐티클 세포막 복합체 감소 등을 들었으며 이와 같은 구조적 변화는 모발 단백질의 화학적 변화에서 비롯된다고 하였다.

PP와 B5 토너로 40일간 처리한 모발은 탈색하지 않은 검정모발 상태로까지는 회복하지 못하였으나 토너를 처리하지 않은 탈색모발에 비해서는 큐티클의 뒤집힌 양상이 개선되었으며 전반적으로 큐티클 레이어가 가지런히 가라앉은 모습을 보여주었다((Table 4(c))-(Table 4(d)). 가지런하게 가라앉은 큐티클 층은 탈색모발의 뒤집힌 큐티클 층에 비해 빛의 반사를 용이하게 하여 모발의 외관상 광택과 매끄러움을 향상시켜 줄 수 있다. 따라서 PP와 B5 토너처리는 탈색으로 인해 손상된 모발의 외관을 개선할 수 있는 한 방안이 될 것으로 판단된다.

## 2. 탈색과 토너처리에 의한 모발의 색 변화

탈색에 의한 외관색의 변화와 인장강도의 변화를 알아보기 위해 헤어토너 처리를 위한 탈색모발 시료와 별도로 8회 반복 탈색한 모발 시료를 제작하였다. 반복하여 8회 탈색한 모발의 실물 색상은 <Table 5>에 제시된 바와 같다. 탈색처리한 검정모발은 처음에는 붉은 기운이 돌다가 탈색횟수가 증가함에 따라 점차 붉은 기운이 사라지고 노란색 계열로 변화하였다. 탈색 초기에 붉은 색조를 띤 것은 모발에 함유된 유멜라닌과 페오멜라닌 중 갈색을 띄는 유멜라닌의 산화·분해가 먼저 일어나고 산화제에 대해 상대적으로 내성이 강한 페오멜라닌은 산화가 시작되지 않은데 기인한다(Bleam et al., 2014; Ha & Jo, 2001). 페오멜라닌은 빨간색에서 노란색을 띄므로 유멜라닌의 산화가 시작된 모발은 붉은색을 띄게 된다(Bleam et al., 2014). 탈색횟수가 증가함에 따라 유멜라닌의 파괴가 더 심화되므로 페오멜라닌만이 남게 되어 모발은 검정색과 붉은색을 점차 잃고 노란색을 띄게 된다.

PP와 B5 토너처리가 탈색모발에 미치는 영향을 조사하기 위해 각 토너를 대상으로 탈색횟수를 5회 반복한 탈색모발을 제작하였다. <Table 6>과 <Fig. 2>는 검정모발, 5회 탈색하고 헤어토너를 처리하지 않은 모발, 5회 탈색하고 헤어토너를 처리한 모발을 분광측색계를 이용해 측색한 결과이다. <Table 6>에서  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,

Table 5. Photographs of hair bleached up to 8 times









Number of bleaching times								
Black	1	2	3	4	5	6	7	8
								



Table 6. Color values of bleached hair after hair toner treatment

Toner	Day	L*	$\Delta L^*$	a*	$\Delta a^*$	b*	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
PP	None	52.06	0.00	8.03	0.00	24.21	0.00	0.00
	10 day	49.47	-2.59	8.77	0.74	25.73	1.52	3.09
	20 day	49.16	-2.90	8.45	0.42	25.20	0.99	3.09
	30 day	49.71	-2.35	7.81	-0.22	24.88	0.67	5.40
	40 day	43.66	-8.40	9.78	1.75	26.42	2.21	8.86
B5	None	57.30	0.00	8.25	0.00	25.58	0.00	0.00
	10 day	52.56	-4.74	7.14	-1.11	23.83	-1.75	5.17
	20 day	51.81	-5.49	7.39	-0.86	23.44	-2.14	5.94
	30 day	52.82	-4.48	7.43	-0.82	25.28	-0.30	4.56
	40 day	52.21	-5.09	7.65	-0.60	25.64	0.06	5.12

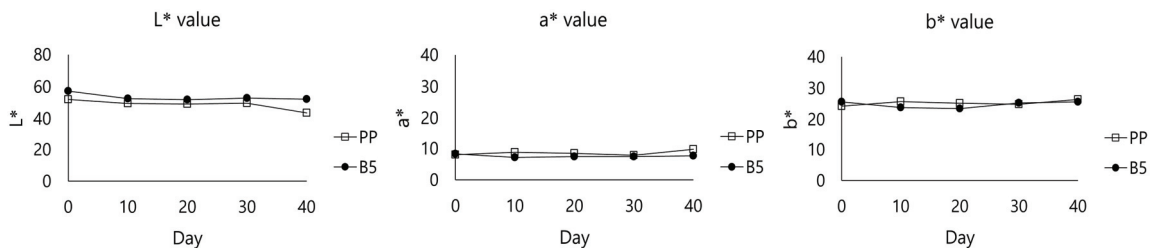


Fig. 2. Change in hair color values during 40 days of hair toner treatment.

$\Delta b^*$  값은 각각 헤어토너로 처리 한 모발의  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값에서 처리하지 않은(None) 모발의  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값을 빼서 산출하였다. 측정값을 통해 탈색모발은 검정모발에 비해  $L^*$  값(52.06, 57.30)과  $b^*$  값(24.21, 25.58)이 현저하게 높아지고  $a^*$  값(8.03, 8.25) 또한 높아져서 탈색에 의해 모발이 붉은 색조가 도는 노란색을 띄고 밝아진 것을 확인하였다.

PP 토너의 경우 처음 10일간의 처리 후  $L^*$  값이 다소 감소( $\Delta L^*$ : -2.59)한 이후 30일 처리까지 큰 변화 없이 유지되었으나 40일간 처리로 눈에 띄게 감소( $\Delta L^*$ : -8.40)한 경향을 보였다.  $a^*$  값은 처음 10일간 처리 후 다소 증가하였다가 30일 처리까지 감소하는 결과를 보였으나 변화 폭은 0.74~0.22로 매우 미약하였고 40일 처리에 의해서는 다소 증가( $\Delta a^*$ : 1.75)하였다.  $b^*$  값은 처음 10일간 처리에 의해 다소 증가( $\Delta b^*$ : 1.52)하였고 40일간의 처리에 의해 미처리 탈색모발에 비해 2.21만큼 증가하였다. 즉 PP 토너의 경우 30일 처리까지는 처리하지 않은 탈색모발에 비해  $L^*$  값,  $a^*$  값,  $b^*$  값의 변화가 크지 않았으나 40일째에는 특히  $L^*$  값이 크게 감소하여 어두워졌으며 붉은 색조와 노란 색조가 다

소 증가한 것으로 보였다.

B5 토너처리의 경우 처음 10일( $\Delta L^*$ : -4.74)을 포함하여 30일( $\Delta L^*$ : -4.48)까지의  $L^*$  값의 변화는 PP 토너 처리에 적었다.  $a^*$  값의 경우 처음 10일 처리 후 토너 처리하지 않은 모발 대비 1.11이 낮았으나 이후부터 40일 처리까지  $\Delta a^*$  값이 -0.86~-0.60으로 차이가 미약해졌다.  $b^*$  값의 경우 10일과 20일 처리에 의해  $\Delta b^*$  값이 -1.75, -2.14를 나타내었으나 30일과 40일 처리에는 -0.30, 0.06 등으로 토너처리하지 않은 탈색모발 대비 매우 미약한 차이밖에 관찰되지 않았다. 즉 B5 토너의 경우 토너처리 10일부터 PP 토너보다 탈색모발의 색이 더 많이 어두워졌고 40일 처리까지 그 정도가 유지되었으며 토너처리하지 않은 탈색모발에 비해 붉은 색조가 매우 적어졌고 노란 색조가 다소 감소하는 경향을 보였다.





전반적인 색의 변화를  $\Delta E^*$  값으로 볼 때 PP 토너는 20일까지는 3.09를 유지하다 30일 처리부터 색의 변화가 두드러졌다. B5 토너의 경우 10일에  $\Delta E^*$  값이 5.17로 PP 토너처리 30일과 유사하였으며, 40일 처리 동안  $\Delta E^*$  값은 4.56에서 5.94로 큰 변화를 보이지 않았

다. Schuessler(n.d.)는  $\Delta E^*$  값이 2~10일 경우 두 색의 차이를 눈으로 감지할 수 있으며 11~49일 경우 두 색은 유사색이라 하였다.  $\Delta E^*$  값으로 볼 때 PP와 B5 토너를 처리한 탈색모발은 토너처리하지 않은 탈색모발에 비해 색의 차이를 눈으로 감지할 수 있는 정도이나 두드러진 색의 차이는 없는 것으로 판단된다. 토너처리 초기에는 PP 토너가 색의 변화를 덜 일으키나 장기간 처리 이후에는 B5 토너보다 색의 변화가 더 일어난 것으로 확인되었다.  $\Delta E^*$  값에 가장 큰 영향을 미친 것은 밝기( $L^*$ )라고 사료되며 이와 같은 색의 변화는 토너를 처리하지 않은 탈색모발 대비 40일간 PP 토너와 B5 토너로 처리한 모발의 실물 사진을 통해 확인할 수 있다 (Table 7).

### 3. 탈색과 토너처리에 의한 모발의 인장강도와 신도 변화

탈색횟수에 따른 모발의 인장강도와 신도의 변화를 보기 위해 총 8회까지 탈색한 모발의 인장강도와 신도는 <Fig. 3>-<Fig. 4>와 같다. 탈색한 모발의 인장강도는 탈색하지 않은 검정모발의 인장강도 대비 1회 탈색 후 116.1% 증가하는 양상을 보이고 2회 탈색 이후 감소하여 5회 탈색한 모발은 검정모발에 비해 인장강도가 87.0%까지 감소하고 8회 탈색한 모발은 검정모발의 75.6%가 되었다(Table 1). 탈색에 의해 모발의 강도가 낮아지는 현상은 Kim et al.(2006)을 비롯해 다수의 연구에서 보고되었다. Kim et al.(2006)은 탈

Table 7. Photographs of black hair and bleached hair after 40 days of hair toner treatment

Black	Bleached (5 times) hair after 40 days of toner treatment		
	None	PP	B5
			
$L^*$ : 20.04 $a^*$ : 2.61 $b^*$ : 2.56	$L^*$ : 52.06 $a^*$ : 8.03 $b^*$ : 24.21	$L^*$ : 43.66 $a^*$ : 9.78 $b^*$ : 26.42	$L^*$ : 52.21 $a^*$ : 7.65 $b^*$ : 25.64

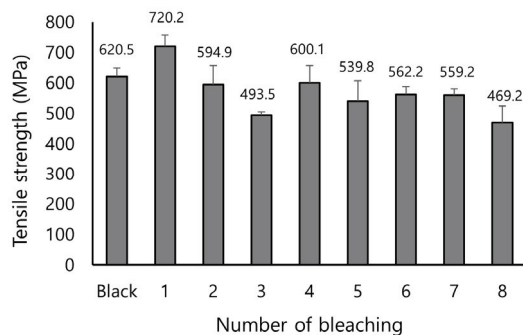


Fig. 3. Tensile strength of hair bleached up to 8 times.

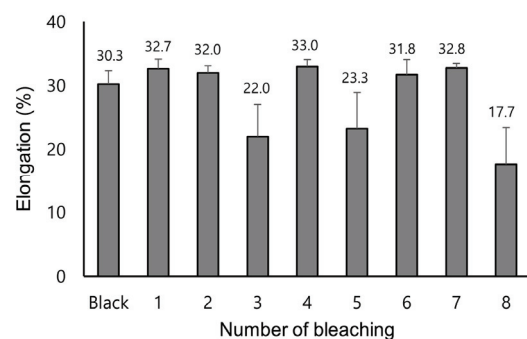


Fig. 4. Elongation of hair bleached up to 8 times.

색횡수가 증가함에 따라 모발의 초기 신장에 필요한 하중이 증가하였고 신도도 증가하였다고 하였다. Lee and Chang(2008)은 1회 탈색한 모발의 인장강도는 검정모발의 77.80%, 3회 탈색모발은 검정모발의 73.35%인 것으로 보고하였다. 본 연구의 경우 2회 탈색부터는 검정모발에 비해 인장강도가 감소하기 시작하여 선행 연구와 유사한 결과를 나타내었으나 1회 탈색모발의 인장강도 값은 검정모발보다 높게 나타났다. 이는 의외의 결과인데 이와 같은 결과가 나타난 원인은 인장강도 측정을 위해 모발 트레스에서 임의로 추출한 모발 시료들의 굵기가 일정하지 않았기 때문일 것으로 추측된다. Lee and Cho(2011)는 소맥분과 난백분을 이용한 스트레이트퍼머먼트 기술이 모발손상에 미치는 영향을 조사한 연구에서 모발의 굵기가 굵은 모발이 인장강도가 높다고 하였다. 또한 알칼리제 적용이 모발손상에 미치는 연구에서도 퍼머먼트제를 처리한 모발은 정상모발에 비해 모발의 굵기가 가늘어지며 이와 동시에 인장강도도 낮아진다고 하였다(Lee & Cho, 2010). 본 연구에서 인장강신도 측정을 위해 모발 트레스에서 임의로 선정된 모발 시료의 굵기가 불균칙하였을 것으로 예상되며 굵기의 차이가 인장강도 측정값에 영향을 미쳤을 것으로 추측된다. 차후의 연구에서는 인장강도 측정 시 모발의 굵기 측정을 수반할 필요가 있다고 사료된다.

모발의 탈색은 탈색제에 함유된 알칼리가 모발을 팽윤시켜 큐티클 층을 벌어지게 하고 벌어진 큐티클 층 사이로 침투한 산화제와 알칼리가 모피질에 있는 색소를 산화시켜 파괴함으로써 이루어진다(Wolfram et al., 1970). 이 과정에서 모발의 골격을 이루는 아미노산 중 일부가 산화제에 의해 파괴될 수 있으며 이로 인해 모발의 강도가 약해질 수 있다(Wolfram et al., 1970).

특히, 케라틴 단백질의 알파 헬릭스 사슬 사이에 가교를 형성하여 모발의 골격을 단단하게 해 주는 시스템 아미노산은 산화제에 의해 파괴되기 쉬운데 시스템 가교가 절단되면 모발의 강도가 저하된다(Lee & Ahn, 2022; Wolfram et al., 1970). Grosvenor et al.(2018)은 탈색에 의해 모발의 골격을 이루는 단백질 사슬간(Inter) 및 사슬내(Intra) 결합이 절단되고 이로 인해 새로운 위치에서 가교가 형성되면서 모발 본래의 구조에 변화가 생기고 강도 저하가 일어난다고 하였다.

신도는 탈색 4회차, 6회차, 7회차에 탈색하지 않은 검정모발보다 오히려 신도가 증가하고 3회차와 5회차, 8회차에는 현저히 감소하는 등 불규칙한 결과를 나타내었다(Fig. 2). 이와 같이 불규칙한 결과가 나타난 것은 인장강도의 결과와 마찬가지로 임의로 선정된 모발 시료의 굵기가 불균일했던 데에 원인이 있을 것으로 추측된다. 다수의 연구에서 탈색에 의해 모발의 강도는 저하되었으나 신도는 증가하였다고 하였다(Kim et al., 2006, Lee & Ahn, 2022; Min et al., 2011; Wolfram et al., 1970). 탈색으로 인해 신도가 증가하는 이유는 시스템 가교가 분해되면 모발 내 케라틴 단백질 사슬간의 미끄러짐 현상이 발생하여 모발이 더 잘 늘어날 수 있기 때문으로 추측된다(Lee & Ahn, 2022).

<Fig. 5>-<Fig. 6>은 PP와 B5 토너로 40일간 처리한 모발의 인장강도와 신도를 나타낸다. PP 토너로 처리한 모발은 처음 10일간 처리한 이후 토너처리하지 않은 탈색모발에 비해 인장강도가 111.4% 증가하였으나 30일 처리 후에는 처리하지 않은 탈색모발에 비해 인장강도가 70.0%로 감소하는 등 처리 10일 이후에는 토너처리에 의한 인장강도의 개선이 관찰되지 않았다. 반면, B5 토너로 처리한 탈색모발은 토너로 처리하지 않은 탈색모발에 비해 처리 10일차 인장강도가

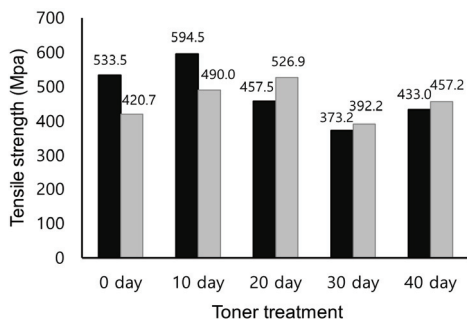


Fig. 5. Tensile strength of bleached hair after hair toner treatment.

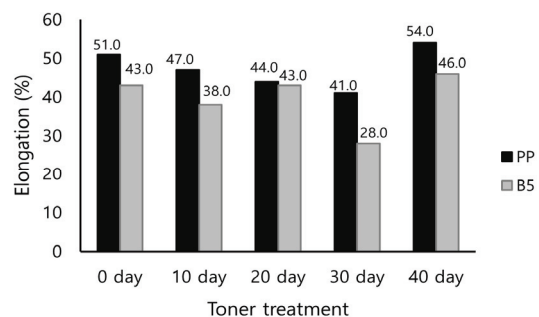


Fig. 6. Elongation of bleached hair after hair toner treatment.

116.5%, 20일차에 125.2%, 40일차에 108.7% 증가하는 등 토너처리에 의해 인장강도가 개선되는 것으로 나타났다. 신도의 경우에는 40일 후에 PP 토너로 처리한 모발은 미처리 모발 대비 105.9%, B5 토너로 처리한 모발은 107.0% 증가하였다. 요약하여 탈색 후 매일 샴푸와 헤어토너 처리를 반복한 결과 PP 토너로 처리한 모발은 탈색 후 10일까지, B5 토너로 처리한 모발은 탈색 후 20일까지 모발의 인장강도 값이 증가하였으며 40일까지도 어느 정도의 증가 효과가 나타났다. B5 토너는 PP 토너보다 좀 더 긴 기간 동안 탈색모발의 인장강도 개선에 효과가 있는 것으로 추정된다.

Min et al.(2011)은 숯추출물을 활용한 트리트먼트제가 염색과 탈색을 한 모발에 미치는 영향을 조사한 연구에서 트리트먼트제를 처리한 모발은 미처리 모발에 비해 강도가 증가하였다고 하였으며, Choi and Jin(2019)은 시어버터를 이용한 헤어트리트먼트가 탈색으로 인해 손상된 모발의 인장강도를 증가시켰다고 하여 본 연구의 결과와 일치하는 것을 알 수 있다. 헤어토너를 비롯한 모발 컨디셔닝제는 재료 성분의 입자 크기에 따라 작은 것은 모발의 피질 내부까지, 큰 것은 모발의 표피에 확산되어 모발을 보호한다(Gavazzoni Dias, 2015). 컨디셔닝제가 모발 내로 확산하는 주된 경로는 표피세포들 사이, 진피세포들 사이를 메우고 있는 세포막복합체 그리고 모발 단백질이 파손되어 생긴 공극들이다(Gavazzoni Dias, 2015). 탈색으로 인해 손상된 모발은시스틴 가교가 파괴되어 모발 내부에 공극이 발생하고 케라틴 사슬의 미끄러짐이 발생할 수 있다(Robbins, 2012; Wolfram et al., 1970). 컨디셔닝제가 공극을 메우면 케라틴 사슬의 미끄러짐이 줄어들고 이에 따라 PP 토너는 10일차, B5 토너는 10~20일차 측정에서 모발의 강도가 증가한 것으로 판단된다(Lee & Ahn, 2022).

#### 4. 탈색과 토너처리에 의한 모발의 단백질 유출량 변화

모발 표피의 큐티클 층이 들뜨거나 표피 및 진피 층의 단백질이 손상되면 모발 내부에 공극이 발생하고 이를 통해 모발 단백질의 유출이 일어난다(Wolfram et al., 1970). 모발의 단백질 유출량 분석은 모발의 손상 정도를 측정할 수 있는 하나의 척도로서 Shindai법을 이용해 모발로부터 단백질을 추출하고 Bradford pro-

tein assay를 이용해 추출된 단백질을 정량화하는 방법으로 조사할 수 있다(Nakamura et al., 2002). 본 연구에서는 Bradford protein assay법에 입각하여 Bovine serum albumin과 Bio-Rad dye 혼합액(0.003~0.007 mg/mL)의 흡광도값( $\lambda_{\max}$ : 595 nm)을 이용해 표준검량선을 제작하고 이로부터 단백질 농도를 계산할 수 있는 표준회귀식  $y=0.0302x+0.1967$ ( $R^2=0.9749$ )을 얻었다(Fig. 7)(Park & Ahn, 2018). 검정모발, 탈색모발, 토너 처리한 모발로부터 단백질을 추출하고 위 식을 이용해 단백질 유출량을 계산한 결과는 <Table 8>과 같다.

검정모발의 단백질 유출량은 186.53 ug/mL, 탈색모발의 유출량은 218.48 ug/mL로 탈색 후 단백질 유출량이 117.12% 증가하였다(Park & Ahn, 2018). 탈색 후 모발로부터 유출되는 단백질의 양이 증가한 것은 탈색에 의해 큐티클 층이 들뜨고 세포와 세포 사이를 메우고 있는 세포막복합체가 일부 손상되었기 때문이다(Robbins, 2012). 탈색제에 함유된 산화제는 멜라닌 색소뿐만 아니라 케라틴 단백질에도 손상을 일으킬 수 있으며 특히 케라틴 사슬간에 가교를 이루고 있는시스틴 아미노산을 손상시킬 수 있다(Wolfram et al., 1970).시스틴 아미노산은 모발의 골격을 유지하는데 중요한 역할을 하므로시스틴 아미노산의 손상이 일어나면 케라틴 사슬의 미끄러짐이 발생하여 모발의 골격이 상하게 되고 결과적으로 모발의 손상이 초래된다(Robbins, 2012; Wolfram et al., 1970). Grosvenor et al.(2018)은 반복 탈색한 모발을 45°C의 Sodium dodecyl sulphate 용액에 24시간 침지한 결과 탈색횟수가 많을수록 유출되

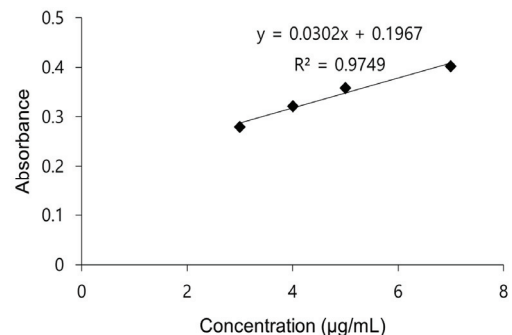


Fig. 7. Standard graph derived from the UV absorbance ( $\lambda_{\max}$ : 595 nm) of known concentrations of Bovin serum albumin mixed with Bio-Rad dye. Adapted from Park (2018). p. 70; Park and Ahn (2018). p. 253.

Table 8. Amount of protein leak before and after the hair toner treatment

Hair toner	Protein leak	Protein leak (μg/mL)	Percent leak (%)
PP	None	218.48	100.00
	10 day	178.70	81.79
	20 day	152.32	69.72
	30 day	164.45	75.27
	40 day	236.87	108.42
	Average	183.09	83.80
B5	None	218.48	100.00
	10 day	187.87	85.99
	20 day	167.31	76.58
	30 day	221.56	101.41
	40 day	252.50	115.57
	Average	207.31	94.89

는 단백질의 양이 많았으며 유출된 단백질은 주로 수용성으로서 단백질 사슬간 가교의 절단으로 인한 것, 표피와 진피 중 파괴된 세포 등을 포함한다고 하였다.

탈색모발에 PP 토너를 처리한 결과 30일 처리까지는 토너처리하지 않은 탈색모발에 비해 단백질 유출량이 크게 감소하였다. PP 토너로 처리한 모발은 처리하지 않은 탈색모발에 비해 처리 10일차에 81.79%, 20일차에 69.72%, 30일차에 75.27%로 토너처리에 의해 단백질 유출량이 크게 감소한 것을 확인할 수 있었다. 반면 40일차에는 토너처리하지 않은 탈색모발의 108.42%로서 유출량이 다시 증가하는 현상을 보였다. B5 토너를 처리한 모발의 경우 10일차 처리 후 단백질 유출량이 85.99%, 20일차에 76.58%로 토너처리하지 않은 탈색모발에 비해 감소하였으나 30일차에는 101.41%, 40일차에는 115.57%로 토너처리하지 않은 탈색모발과 단백질 유출량이 유사하거나 더 증가하는 양상을 보였다. 두 종류 헤어토너의 결과를 볼 때 탈색 이후 20일 내지 30일까지는 샴푸와 PP 또는 B5 토너를 사용하면 토너처리하지 않은 탈색모발에 비해 단백질 유출이 감소하여 모발보호에 효과가 있는 것으로 사료된다. 단백질 유출의 측면에서는 PP 토너가 B5 토너보다 단백질 유출을 더 오래 저지하는 것으로 확인되었다. 토너처리한 탈색모발의 단백질 유출량이 처리하지 않은 탈색모발에 비해 감소한 것은 PP와 B5 토너 성분이 모발 내부로 확산되어 손상으로 인해 생긴 공극을 메워 모발의 단백질 입자가 외부로 유출되는 경로를 일부 차단

했기 때문으로 판단된다.

Gavazzoni Dias(2015)는 헤어트리트먼트 성분 중 입자가 1000 Da(대략 1000 g/mol)보다 작은 것은 진피로 침투하여 확산되고 입자가 큰 것은 표피에서 확산된다고 하였다. 본 연구에서 사용한 PP 성분은 갈릭산으로서 분자량이 170.12 g/mol, 비타민 B<sub>5</sub>(D-Panthenol)는 분자량이 205.251 g/mol이다(Fig. 1). 분자 크기로 볼 때 두 성분은 진피까지 침투가 가능하며 진피로 침투한 성분은 탈색으로 인해 생긴 공극을 메워 Shin-dai법에 의한 단백질 추출 시 유리단백질이 외부로 유출되는 것을 어느 정도 막아 준 것으로 추측된다. 그러나 <Table 8>에 제시된 바와 같이 토너 성분이 단백질 유출을 저지하는 효과는 PP 토너의 경우 30일차까지, B5 토너의 경우 20일차까지만 나타났다. 이후의 측정 시 토너처리한 탈색모발의 단백질 유출량이 처리하지 않은 탈색모발보다 더 많아진 것은 현 시점에서 해석하기 어려우며 갈릭산과 D-Panthenol의 농도에 따른 단백질 유출량 조사 등 다각적인 후속연구를 통해 현상을 면밀히 검토할 필요가 있다고 사료된다.

## 5. 모발의 아미노산 분석

<Fig. 8>은 검정모발, 5회 탈색한 모발, 헤어토너로 처리한 모발을 각각 2~3 mg 취하여 가수분해한 후 HPLC로 분석하여 얻은 크로마토그램이다. 각 피크가 나타내는 아미노산의 확인은 표준 아미노산 화합물을

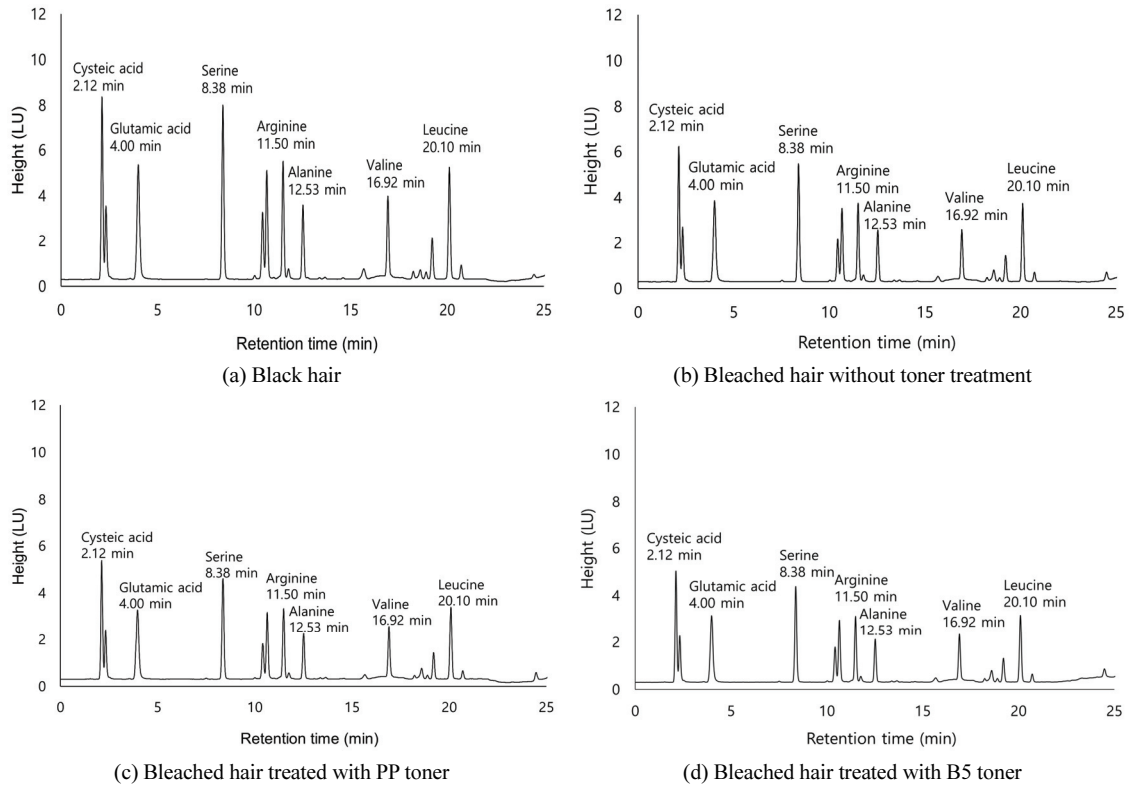


Fig. 8. HPLC chromatogram of protein extracted from black hair, bleached hair, and bleached hair after 40 days of PP and B5 toner treatment.

이용하여 동일 기기 조건에서 분석하여 얻은 표준 아미노산 피크의 머무름 시간(Retention time)을 바탕으로 이루어졌다. 표준 아미노산 화합물의 검량선에서 얻은 회귀식을 이용하여 아미노산을 mg/g 단위로 정량하고 각 모발의 총 단백질에 대한 아미노산의 퍼센트 비율을 구하여 <Table 9>에 나타내었다. 또한 각 아미노산별로 탈색모발은 검정모발에 대한, PP와 B5 토너로 처리한 모발은 탈색모발에 대한 퍼센트 비율도 제시하였다. 본 연구에 도입한 HPLC 분석은 시료의 전처리법으로 과산화포름산 산화 및 염산 가수분해 방법을 이용하여 시스틴을 시스테인산으로 전환시켜 분석하는 방법으로서 시스틴은 검출되지 않는다(Hicks et al., 2015).

총 아미노산 함량은 검정모발의 경우 846.42 mg/g으로 확인된 데 반해 5회 탈색한 모발은 809.49 mg/g으로 탈색 후 총 아미노산 함량이 감소하였다. 탈색한 모발이 검정모발에 비해 아미노산 총량이 낮은 것은 탈

색모발의 단백질 유출량이 검정모발보다 높은 것과 관련이 있는 것으로 보인다(Table 7). 이는 탈색에 의해 모발 단백질의 일부가 손상되고 저분자량의 퇴화물로 변화하여 샴푸과정에서 단백질 유출이 용이해졌기 때문에 결과적으로 모발에 잔존하는 총 아미노산 함량은 낮아진 것으로 해석된다(Grosvenor et al., 2018; Lee & Ahn, 2022; Robbins, 2012).

모발을 이루는 아미노산 중 탈색제의 산화작용에 가장 민감하게 반응하고 모발의 케라틴 단백질 손상의 지표가 되는 아미노산은 시스틴이다(Grosvenor et al., 2018; Robbins, 2012; Wolfram et al., 1970; Zahn et al., 1986). Wolfram et al.(1970)은 탈색에 의한 모발 단백질의 변화를 조사한 연구에서 탈색제의 산화작용은 모발을 구성하는 아미노산 중 시스틴 아미노산에만 영향을 미쳤으며 탈색 이후 시스틴이 감소한 양만큼 시스틴의 퇴화물인 시스테인산이 증가하였다고 하였다(Wolfram et al., 1970). Zahn et al.(1986)은 모발을 가



**Table 9. Amount of amino acids in black hair, bleached hair, and bleached hair after 40 days of PP and B5 toner treatment**

Type	Amino acid	Rt (min)	Black		Bleached			PP			B5		
			Amount (mg/g)	%	Amount (mg/g)	%	Relative to black	Amount (mg/g)	%	Relative to bleached	Amount (mg/g)	%	Relative to bleached
Aliphatic hydrocarbon	Glycine	10.44	25.25	2.98	20.90	2.58	82.77	22.16	2.41	106.03	20.51	2.50	98.13
	Alanine	12.53	30.01	3.55	28.95	3.58	96.47	31.98	3.47	110.47	28.88	3.53	99.76
	Valine	16.92	38.89	4.59	30.87	3.81	79.38	39.57	4.30	128.18	33.32	4.07	107.94
	Isoleucine	19.21	20.44	2.41	17.77	2.20	86.94	22.54	2.45	126.84	18.93	2.31	106.53
	Leucine	20.10	57.78	6.83	54.55	6.74	94.41	63.59	6.91	116.57	55.72	6.80	102.14
Aromatic	Phenylalanine	18.91	4.81	0.57	3.39	0.42	70.48	4.05	0.44	119.47	3.56	0.43	105.01
-OH Containing	Serine	8.38	91.51	10.81	83.92	10.37	91.71	91.08	9.89	108.53	82.09	10.03	97.82
	Threonine	10.66	61.86	7.31	55.27	6.83	89.35	63.91	6.94	115.63	56.31	6.88	101.88
Sulfur containing	Cysteic acid	2.12	171.20	20.23	170.91	21.11	99.83	190.74	20.72	111.60	170.69	20.85	99.87
	Methionine sulfone	11.78	8.37	0.99	7.41	0.92	88.53	9.14	0.99	123.35	7.93	0.97	107.02
Acidic	Aspartic acid	2.33	54.94	6.49	55.16	6.81	100.40	63.43	6.89	114.99	55.94	6.83	101.41
	Glutamic acid	4.00	140.90	16.65	134.32	16.59	95.33	152.34	16.55	113.42	135.49	16.55	100.87
Basic	Histidine	10.03	5.95	0.70	3.01	0.37	50.59	3.28	0.36	108.97	3.96	0.48	131.56
	Arginine	11.50	81.24	9.60	74.76	9.24	92.02	83.62	9.08	111.85	75.55	9.23	101.06
	Lysine	20.72	23.18	2.74	20.78	2.57	89.65	23.95	2.60	115.26	21.86	2.67	105.20
Heterocyclic	Proline	25.28	30.09	3.55	47.52	5.87	157.93	55.19	6.00	116.14	48.10	5.87	101.22
Total			846.42	100.00	809.49	100.01	95.64	920.57	100.00	113.72	818.84	100.00	101.16

수분해하는 시약의 종류와 방법에 따라 시스테인산의 검출량이 달라지며 염산만을 이용한 가수분해는 염산에 티오글리콜산을 혼합하여 가수분해를 진행했을 때보다 시스테인산이 더 많이 얻어졌다고 언급하였다 (Zahn et al., 1986). Grosvenor et al.(2018)은 탈색제에 의한 모발 단백질 산화는 주로 피질의 섬유상 단백질 (Intermediate filament)에 일어나며 시스틴 아미노산이 산화의 주 타깃이 되고 탈색이 중단된 이후에도 단백질 산화가 계속해서 일어난다고 하였다.

본 연구에서는 탈색모발의 시스테인산 함량이 170.91 mg/g으로 검정모발에서 확인된 시스테인산(171.20 mg/g) 함량보다 오히려 감소하였다. 이는 Wolfram et al. (1970) 및 Zahn et al.(1986)의 연구와는 다른 결과인데 이와 같은 결과가 나타난 원인은 모발의 아미노산 총량의 관점에서 설명될 수 있을 것으로 사료된다. 탈색모발의 아미노산 총량은 809.49 mg/g으로서 이는 검정모발의 아미노산 총량의 95.64%를 나타낸다. 즉, 탈

색 이후 모발의 총 단백질 양이 적어졌으며 이는 <Table 8>에서 관찰되는 바와 같이 탈색모발에 함유된 대부분의 아미노산의 함량이 전반적으로 낮아진 데 기인한다. 반면 탈색모발의 총 아미노산에서 시스테인산이 차지하는 비율은 21.11%로서 검정모발(20.23%)보다 시스테인산이 차지하는 비율이 더 높아 총 아미노산 함량으로 볼 때 탈색모발은 검정모발에 비해 시스테인산이 증가한 것으로 해석된다.

검정모발에 비해 탈색모발에서 더 많이 검출된 아미노산으로 아스파르트산과 프롤린을 들 수 있다(Table 9). 아스파르트산은 검정모발에서 54.94 mg/g, 탈색모발에서 55.16 mg/g 검출되어 탈색모발에 함유된 아스파르트산은 검정모발보다 소량 증가(100.40%)하였다. 반면 프롤린은 검정모발에서 30.09 mg/g, 탈색모발에서 47.52 mg/g 검출되어 전체적인 함량은 적었지만 탈색 이후 가장 많이 증가(157.93%)한 아미노산이다. 이는 탈색횟수에 따른 모발의 단백질 유출량 변



화를 연구한 선행연구의 결과와 유사한데 Grosvenor et al.(2018)은 유출물을 HPLC로 분석한 결과 대부분의 아미노산은 탈색이 반복됨에 따라 함량이 감소한 반면 시스테인산, 글루탐산, 세린, 프롤린은 함량이 증가하였다고 하였다. 모발 탈색제가 이들 아미노산에 미치는 영향을 다룬 선행연구는 찾기 어려워 모발분야의 연구를 통해 이러한 결과가 나타난 이유를 파악하는 데는 한계가 있다. 한편, Ben Rejeb et al.(2015)은 식물에 있어서 과산화수소는 프롤린 합성을 유도하는 촉매 역할을 하며 환경 요인에 의해 식물내 과산화수소가 증가하면 프롤린 생합성이 유도되어 식물내 프롤린이 축적된다고 하였다. 모발 케라틴의 생화학적 환경은 식물의 생화학적 환경과 다르므로 Ben Rejeb et al.(2015)의 이론을 모발에 직접 적용하기는 어려우나 탈색제에 함유된 과산화수소가 탈색모발의 프롤린에 어느 정도 기여하였을 것으로 추측해 볼 수 있다.

PP와 B5 토너로 40일간 처리한 모발은 탈색모발에 비해 총 아미노산 함량이 증가하였다(Table 9). PP 토너로 처리한 모발은 총 아미노산 함량이 920.57 mg/g으로 탈색모발(113.72%)에 비해 높은 함량을 나타내었고 검정모발의 108.76%가 되었다. 토너처리한 탈색모발의 총 아미노산 함량이 처리하지 않은 탈색모발보다 높았던 원인은 토너 성분이 모발 내부로 침투하여 손상으로 인해 생긴 모발의 공극을 메워 유리단백질의 유출을 저지하기 때문인 것으로 판단된다(Gavazzoni Dias, 2015; Lee & Ahn, 2022). PP 토너로 처리한 모발의 총 아미노산 함량이 B5 토너로 처리한 모발보다 높았던 이유는 PP 토너의 주성분으로 사용한 갈릭산의 분자량이 비타민 B<sub>5</sub>의 분자량보다 적어 작은 입자로 말미암아 모발 내부로의 침투가 더 용이했기 때문으로 추정된다(Gavazzoni Dias, 2015).

개별 아미노산은 모두 탈색모발보다 mg/g 함량이 증가하였는데 가장 많은 양이 증가한 아미노산은 발린(128.18%), 이소류신(126.84%), 메티오닌(123.35%), 페닐알라닌(119.47%) 등이었다. 시스테인산의 경우 111.60% 증가하였다. B5 토너로 처리한 모발의 경우 총 아미노산 함량이 818.84 mg/g으로 탈색모발(101.16%)보다는 소량 많고 검정모발(96.74%)보다는 적은 함량을 나타내었다. B5 토너로 처리한 모발은 글리신(98.13%), 알라닌(99.76%), 세린(97.82%), 시스테인산(99.87%)은 탈색모발보다 감소하고 나머지 아미노산은 탈색모발보다 소폭 증가하였다. 토너처리에 의해 개별 아미

노산이 증가하거나 감소하는 이유는 본 연구를 통해 해석하기는 어려우며 각각의 아미노산 표준물을 대상으로 체외(In vitro)방식 등을 도입한 개별적인 연구가 필요하다고 사료된다.

탈색제의 산화제와 알칼리는 멜라닌 색소의 파괴 외에 표피와 피질의 케라틴 단백질, 세포 사이를 메우고 있는 세포막복합체에 손상을 일으키거나 일부 파괴한다(Grosvenor et al., 2018; Robbins, 2012). 이로 인해 모발 내에는 미세한 공극들이 발생하고 이 공극들을 통해 산화·분해된 저분자량의 아미노산 또는 그 산화물들이 샴푸나 염색, 탈색 등의 과정에서 유출되며 이로 인해 모발의 강도 저하가 일어난다(Robbins, 2012; Wolfram et al., 1970). 헤어트리트먼트제의 성분은 크기가 작은 경우 공극을 통해 모발 내부로 유입될 수 있으며 유입된 성분들은 공극을 메워 저분자량화된 모발의 단백질 성분들이 외부로 유출되는 것을 막아 준다(Rele & Mohile, 1999). Rele and Mohile(1999)는 모발 내부로 침투할 수 있는 분자량 기준을 1000 g/mol 이하로 보았다. PP와 B5 토너로 40일간 처리한 탈색모발이 토너처리하지 않은 탈색모발에 비해 총 아미노산 함량이 더 높았던 것은 위와 같은 이론에 근거하며 이는 <Table 8>에 제시한 단백질 유출량과 일맥상통하는 결과이다. Rele and Mohile(1999)의 이론에 따르면 PP 토너의 생리활성 성분인 갈릭산은 분자량이 170.12 g/mol, B5 토너의 생리활성 성분인 비타민 B<sub>5</sub>는 분자량이 205.25 g/mol 로서 모발 내부로 침투하여 공극을 메울 수 있을 것으로 추측된다. 토너처리한 모발의 단백질 유출량<Table 8>과 아미노산 분석<Table 9>의 결과를 고려할 때 B5 토너보다 PP 토너의 모발 단백질 보존 효과가 더 높은 것으로 판단된다.

## V. 결론 및 제언

본 연구는 생리활성 성분 중 폴리페놀과 비타민 B<sub>5</sub>를 포함하는 헤어토너가 탈색으로 인해 손상된 모발에 어떠한 영향을 미치는지 조사하는데 목적을 두었다. 이를 위해 갈릭산과 비타민 B<sub>5</sub>를 첨가한 리브온 타입의 헤어토너를 조제하여 각각 PP와 B5로 칭하고 5회 탈색한 모발에 각각 40일간 처리한 결과는 다음과 같다.

1. 탈색에 의해 모발 큐티클의 규칙적인 패턴이 없어지고 흘러내리거나 끝이 뒤집힌 모양이 되었으며

모발의 색은 현저히 밝아지고 노란색이 되었다. 탈색 횟수가 증가함에 따라 인장강도가 낮아졌으며 탈색에 의해 모발로부터의 단백질 유출이 증가하였고 모발의 총 아미노산 대비 시스테인산 함량비가 높아졌다.

2. PP와 B5 토너는 탈색모발의 큐티클 회복에 효과가 있었으며 탈색한 색상의 보존은 PP 토너가 B5 토너보다 효과적인 것으로 나타났다.

3. B5 토너는 대체로 탈색모발의 인장강도 회복에 효과를 나타내었으며 특히 처리 20일까지 효과가 높았다. PP 토너는 처리 10일까지 인장강도 회복 효과를 나타내었다.

4. PP 토너는 처리 30일까지, B5 토너는 처리 20일까지 처리하지 않은 탈색모발에 비해 단백질 유출이 적게 나타나 PP 토너는 30일 사용 때까지, B5 토너는 20일 사용 때까지 모발 단백질 보존에 효과가 있는 것으로 나타났다.

5. PP와 B5 토너로 40일간 처리한 탈색모발은 모두 처리하지 않은 탈색모발에 비해 모발의 총 아미노산 함량이 높았으며 PP 토너로 처리한 모발은 특히 검정 모발보다도 총 아미노산 함량이 높아 단백질 보존에 효과가 큰 것으로 나타났다.

탈색의 기본적인 목적은 모발의 색을 밝게 하기 위함이다. 밝은 색을 유지하기 위해서는 반복적 및 주기적으로 모발을 탈색해야 하며 이로 인한 모발손상은 불가피하다. 실험을 통해 폴리페놀 또는 비타민 B5를 첨가한 리브온 타입 헤어토너가 토너 사용 20~30일까지는 탈색으로 인해 손상된 모발에 대해 회복 효과가 있는 것이 확인되었다. 색상 보존이나 모발의 단백질 보존 측면에서 폴리페놀이 비타민 B5보다 다소 우수한 것으로 사료되나 통계적 검증을 위해 모발 시료의 수를 확대하는 등 추가적인 조사가 필요한 것으로 보인다. 향후 다양한 생리활성 성분을 모발화장품에 도입할 수 있도록 관련 연구가 지속되기를 바란다.

## References

- Amorepacific Corporation. (n.d.). RYO hair loss care treatment (root strength). RYO. Retrieved from [https://www.ryo.com/my/en/products/1197258\\_1468.html](https://www.ryo.com/my/en/products/1197258_1468.html)
- Ashokrao, B. A., Nivruti, G. N., Jagannath, S. S., Kaushik, B., & Manisha, D. P. (2019). Fermentation studies on pomegranate and sweet orange blended juice. *Annals Food Science and Technology*, 20(4), 735–745.
- Ben Rejeb, K., Lefebvre-De Vos, D., Le Disquet, I., Leprince, A.-S., Bordenave, M., Maldiney, R., ... Savouré, A. (2015). Hydrogen peroxide produced by NADPH oxidases increases proline accumulation during salt or mannitol stress in *Arabidopsis thaliana*. *New Phytologist*, 208(4), 1138–1148. doi:10.1111/nph.13550
- Bleam, W., Goode, R., McKinney, D., Sitzman, B., & Tempest, R. (Eds.). (2014). December 2014 teacher's guide for red, brown, black, orange hair today, bleached tomorrow [Word document]. *ChemMatters - American Chemical Society*. Retrieved from [https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/resources/highschool/chemmatters/teacherguide/chemmatters-tg-dec2014-hair-bleach.doc&ved=2ahUKEwjyuqy-pe\\_1AhX\\_HDQIHcRkA14QFnoECAsQAg&usq=A0vVaw0L8G39u-5ekgxZ09XwXlJp](https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/resources/highschool/chemmatters/teacherguide/chemmatters-tg-dec2014-hair-bleach.doc&ved=2ahUKEwjyuqy-pe_1AhX_HDQIHcRkA14QFnoECAsQAg&usq=A0vVaw0L8G39u-5ekgxZ09XwXlJp)
- Choi, S., & Kim, O.-H. (2016). Antioxidative activity and protein expression effects of the extracts from *Cinnamomum camphora* on the hair-growth relevant factors. *Asian Journal of Beauty & Cosmetology*, 14(1), 18–29. doi:10.20402/a-jbc.2016.0010
- Choi, J. S., & Jin, B. S. (2019). Hair protection effects of hair conditioner containing shea butter. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, 25(2), 593–605. doi:10.18208/ksdc.2019.25.2.593
- Cruz, C. F., Azoia, N. G., Matamá, T., & Cavaco-Paulo, A. (2017). Peptide—protein interactions within human hair keratins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101, 805–814. doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.03.052
- Dhalaria, R., Verma, R., Kumar, D., Puri, S., Tapwal, A., Kumar, V., ... Kuca, K. (2020). Bioactive compounds of edible fruits with their anti-aging properties: A comprehensive review to prolong human life. *Antioxidants*, 9(11):1123. doi:10.3390/antiox9111123
- Esfandiari, A., & Kelley, A. P. (2005). The effects of tea polyphenolic compounds on hair loss among rodents. *Journal of the National Medical Association*, 97(8), 1165–1169.
- Galanakis, C. M. (2017). Introduction. In C. M. Galanakis (Ed.), *Nutraceutical and functional food components: Effects of innovative processing techniques* (pp. 1–14). London, San Diego, Cambridge, and Oxford: Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-805257-0.00001-6
- Gallic acid. (2022, January 6). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Gallic\\_acid](https://en.wikipedia.org/wiki/Gallic_acid)
- Gavazzoni Dias, M. F. R. (2015). Hair cosmetics: An overview. *International Journal of Trichology*, 7(1), 2–15. doi:10.4103/0974-7753.153450
- Goluch-Koniuszy, Z. S. (2016). Nutrition of women with hair

- loss problem during the period of menopause. *Menopause Review*, 15(1), 56–61. doi:10.5114/pm.2016.58776
- Grosvenor, A. J., Deb-Choudhury, S., Middlewood, P. G., Thomas, A., Lee, E., Vernon, J. A., ... Clerens, S. (2018). The physical and chemical disruption of human hair after bleaching – studies by transmission electron microscopy and redox proteomics. *International Journal of Cosmetic Science*, 40(6), 536–548. doi:10.1111/ics.12495
- Ha, B.-J., & Jo, P.-r. (2001). Studies on the bleaching and dyeing effects of oxidative permanent hair color product. *Journal of The Korean Society of Cosmetology*, 7(2), 105–112.
- Hicks, T. M., Verbeek, C. J. R., Lay, M. C., & Manley-Harris, M. (2015). Changes to amino acid composition of blood-meal after chemical oxidation. *RSC Advances*, 5(81), 66451–66463. doi:10.1039/C5RA10587K
- Human hair color. (2022, May 20). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Human\\_hair\\_color](https://en.wikipedia.org/wiki/Human_hair_color)
- Kim, G.-S., & Wang, H.-J. (2005). Mechanical and morphological change of hair on the physical and chemical treatment. *Journal of The Korean Society of Beauty and Arts*, 6(4), 5–19.
- Kim, J.-S. (2015). The effects that the moisture content affects hair damaging when bleach. *The Research Journal of Korean Society Beauty Art*, 9(3), 35–41.
- Kim, J.-S. (2016). Investigation of phenolic, flavonoid, and vitamin content in different parts of Korean Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(3), 263–270. doi:10.3746/pnf.2016.21.3.263
- 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.-S., & Han, J.-S. (2013). A study of effect of natural extract on improvement of hair damage. *Journal of the Korean Society of Beauty and Art*, 14(4), 249–262.
- Kim, Y. J. (2019, August 14). ‘천연 노화방지제’ 피부가 좋아하는 음식 5 [‘Natural anti-ageing agent’, 5 food items skin like]. *HiDoc*. Retrieved from <https://www.hidoc.co.kr/healthstory/news/C0000474512>
- Kozubal, C., Baca, A. L., & Navarro, E. (2014). Hair conditioners. In A. O Barel, M. Paye, & H. I. Maibach (Eds.), *Handbook of cosmetic science and technology* (4th ed.) (pp. 561–572). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Kusumawati, I., & Indrayanto, G. (2013). Natural antioxidants in cosmetics. *Studies in Natural Products Chemistry*, 40, 485–505. doi:10.1016/B978-0-444-59603-1.00015-1
- Kweon, S.-A., Roh, J.-A., & Park, Y. (2006). Hair damage and wave shape according to dyeing, bleaching, permanent wave treatment. *Korean Journal of Human Ecology*, 15(6), 1083–1089.
- Kwon, O. S., Han, J. H., Yoo, H. G., Chung, J. H., Cho, K. H., Eun, H. C., & Kim, K. H. (2007). Human hair growth enhancement in vitro by green tea epigallocatechin-3-gallate (EGCG). *Phytomedicine*, 14(7-8), 551–555. doi:10.1016/j.phymed.2006.09.009
- Lee, G. Y., & Chang, B. S. (2008). Study on the tensile strength of bleached hair. *Korean Journal of Microscopy*, 38(3), 251–257.
- Lee, H.-N., & Cho, H.-S. (2010). Study of the damage rate change in alkaline chemical treatment according to hair. *Korean Journal of Aesthetics and Cosmetology*, 8(4), 223–236.
- Lee, H.-N., & Cho, H.-S. (2011). A comparative analyze of wheat flour and egg white on scalp and hair damage in straight permanent. *Korean Journal of Aesthetics and Cosmetology*, 9(4), 9–18.
- 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
- Lim, H.-S., & Lim S.-N. (2019). Analysis of hair damage from bleach particles. *Journal of Digital Convergence*, 17(1), 357–364. doi:10.14400/JDC.2019.17.1.357
- Lourenço, S. C., Moldão-Martins, M., & Alves, V. D. (2019). Antioxidants of natural plant origins: From sources to food industry applications. *Molecules*, 24(22):4132. doi:10.3390/molecules24224132
- Lupo, M. P. (2001). Antioxidants and vitamins in cosmetics. *Clinics in Dermatology*, 19(4), 467–473.
- Min, M.-J., Na, M.-S., Ryu, E.-M., & Cha, W.-S. (2011). Gray mullet extract on physical damage of colored and bleached hair. *Korean Journal of Aesthetics and Cosmetology*, 9(1), 133–141.
- Murphy, R. (2019, June 15). 10 foods that give you vitamin B. *Insider*. Retrieved from <https://www.insider.com/foods-that-are-high-vitamin-b-2019-6>
- Nakamura, A., Arimoto, M., Takeuchi, K., & Fujii, T. (2002). A rapid extraction procedure of human hair proteins and identification of phosphorylated species. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 25(5), 569–572. doi:10.1248/bpb.25.569
- Nutress Hair. (2016–2021). Hair damage repair – Causes and remedies. *Nutress Hair*. Retrieved from <https://nutresshair.com/hair-damage-repair/>
- PanReac AppliChem. (n.d.). Bradford - Solution for protein determination [PDF document]. *PanReac AppliChem*. Retrieved

- rieved 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\\_1AhUTJzQIHdbhChYQFnoECAQQAg&usg=AOvVaw2GGuEi5SU36pMu-k8CX2wK](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_1AhUTJzQIHdbhChYQFnoECAQQAg&usg=AOvVaw2GGuEi5SU36pMu-k8CX2wK)
- Panthenol. (2022, April 3). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Panthenol>
- Park, S. (2018). *Study on the effect of hair toner formulated with Rubus Occidentalis L. extract on damaged hair* (Unpublished doctoral dissertation). Incheon National University, Incheon.
- Park, S. H., & Ahn, C. (2018). Study on the effect of hair toner formulated with *Rubus Occidentalis* L. extract on the hair damaged by bleaching. *Journal of the Korean Society of Beauty And Art*, 19(4), 243–264. doi:10.18693/jksba.2018.19.4.243
- Rele, A., & 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.
- Schuessler, Z. (n.d.). Delta E 101. *GitHub Inc*. Retrieved from <http://zschuessler.github.io/DeltaE/learn/>
- Tokunaga, S., Tanamachi, H., & Ishikawa, K. (2019). Degradation of hair surface: Importance of 18-MEA and epicuticle. *Cosmetics*, 6(2):31. doi:10.3390/cosmetics6020031
- Wolfram, L. J., Hall, K., & Hui, I. (1970). The mechanism of hair bleaching. *Journal of the Society of Cosmetic Chemists*, 21(13), 875–900.
- Xu, D-P., Li, Y., Meng, X., Zhou, T., Zhou, Y., Zheng, J., Zhang, J.-J., & Li, H.-B. (2017). Natural antioxidants in foods and medicinal plants: Extraction, assessment and resources. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(1):96. doi:10.3390/ijms18010096
- Zahn, H., Hilterhaus, S., & Strüßmann, A. (1986). Bleaching and permanent waving aspects of hair research. *Journal of the Society of Cosmetic Chemists*, 37(3), 159–175.

---

#### 박 선 화

인천대학교 뷰티산업학과 박사

#### 안 춘 순

인천대학교 패션산업학과 교수

---