

# 녹차씨 오일이 염색 및 탈색된 모발의 재손상 및 탈색 방지에 미치는 영향

민명자<sup>1</sup>, 최문희<sup>1</sup>, 김귀철<sup>2</sup>, 신현재<sup>1\*</sup>

## Damage Prevention Effect of Green Tea Seed Oil on Colored and Decolored Hair

Myung-Ja Min<sup>1</sup>, Moon-Hee Choi<sup>1</sup>, Gwui Cheol Kim<sup>2</sup>, and Hyun-Jae Shin<sup>1\*</sup>

접수: 2013년 8월 10일 / 게재승인: 2013년 10월 15일  
© 2013 The Korean Society for Biotechnology and Bioengineering

**Abstract:** Stained and discolored hair will be damaged by the shampooing, daily UV disposal, and the use of hair dryer. Thus many studies about the effect of various natural substances on the re-secure the skin and scalp are recently reported. This study was carried out to investigate the effect of green tea (*Camellia sinensis*) seed oil on colored (dyed) and decolored (bleached) hair. The beneficial effects of green tea seed oil are already well known, but little research has been done about the hair treatment and fade-resistant effect. Dyed and bleached hair was pretreated with green tea seed oil to determine the tensile strength and elongation of the hair, to analyze the hair surface using SEM, and to compare the color fade using spectrophotometer. The results showed that the tensile strength increased with green tea seed oil pretreatment samples for virgin, dyed, and bleached hairs. Elongation showed the reverse results showing the presence of hair treatment effect. The results of the surface pre-treatment in all groups analyzed by SEM, the hair cuticle became sharper, so coating effect were identified with all samples. The value of the L\*, a\*, b\* decreased with washed hairs damaged by UV

irradiation and the values were decreased also in dyed and bleached hair. In summary, green tea seed oil prevent re-injury to the heat and UV rays for colored and decolored hairs. Cosmetic practice effects of the oil were identified in the field to be appropriate to the customer's skin and scalp that natural cosmetic oils would like to offer.

**Keywords:** Cuticle, Colored hair, Hair damage, Green tea seed oil, Tensile strength

### 1. 서론

모발은 케라틴 단백질로 구성되어 있는  $\alpha$ 나선 구조로 탄력을 제공하며 [1], cuticle, cortex, medulla로 이루어진 원통형으로 모발 끝 쪽을 향하여 배열되어 있다 [2]. 염색이란 다양한 색상을 모발에 주입하는 것을 말하며 탈색이란 모발내부의 멜라닌을 산화 분해하여 모발이 밝아지는 것을 말한다 [3]. 염모제란 불용성의 색소로, 모발에 침투, 확산, 중합반응 등의 단계로 최외곽 cuticle과의 접촉에서 부터 시작된다 [4]. 염모제는 소재에 따라 식물성염모제, 금속성염모제, 합성염모제로 구분되며, 염모효과의 지속성을 척도로 일시염모제 반영구염모제 영구염모제로 분류된다. 오늘날 사용하는 합성염모제는 19세기 후반 *p*-phenylenediamine의 개발 이후부터 색상의 선택폭이 다양하여 그동안 꾸준히 사용되어 왔다 [5]. 그러나 염색과 탈색 등 화학약품의 이용은 안료의 산화과정에서 돌연변이를 유발할 수도 있으며 [6], 극심한 모발손상을 가져오게 되며, 염료 중간체인 톨루엔의 노출로 청력

<sup>1</sup>조선대학교 생명화학공학과

<sup>1</sup>Department of Chemical & Biochemical Engineering, Chosun University, 375 Seosuk-dong, Dong-gu, Gwangju 501-759, Korea  
Tel: +82-62-230-7518, Fax: +82-62-230-7266  
e-mail: shinhj@chosun.ac.kr

<sup>2</sup>전남나노바이오연구센터

<sup>2</sup>Jeonnam Nano Bio Research Center, San 109, Santae-ri, Nammyun, Jangsung-gun, Jeollanam-do, 515-893, Korea

손실과 피부자극의 문제가 지적되기도 했다 [7]. 특히 탈색 헤어는 버진헤어 (virgin hair)에 비해 일광 노출로 인한 모발 손상 등 머리카락의 미세구조 변화가 크게 관찰되었다 [8]. 또한 모발은 매일 일상생활 중에서 불가피하게 사용하는 헤어드라이어나 아이론과 같은 열기구의 열에 의해서 변색되고 단백질 구조의 변성이 나타난다 [9]. 하지만 헤어칼라나 헤어스타일은 사람의 개성을 반영하며, 다양한 칼라와 스타일의 연출을 위해 헤어손상이 필연적으로 일어난다. 이러한 모발손상을 최소한으로 하기 위해 많은 사람들은 헤어트리트먼트제를 사용하는데 주로 모발을 강화하고 보습과 광택 기능을 부여하는 용도로 사용한다 [10]. 최근 천연물에 관한 연구가 화장품 산업분야에서 관심이 높아지고 그 개발과 연구가 활발하게 진행되고 있어 과학적 규명 또한 중요하다. 식물의 오일은 광범위하게 화장품이나 세안용품, 헤어트리트먼트 및 샴푸, 젤, 오일 등의 첨가물로 사용할 수 있으며 레몬오일, 로즈오일, 세이지오일, Basil 오일, Jojoba 오일 등이 사용되어 왔다 [11]. 이러한 천연원료의 헤어트리트먼트 화장품은 모발의 큐티클을 정돈하고 고객 만족도 조사에서 효과적이었으며 모발성장 효과 및 스트레스 완화와 피부질환에 효과가 보고되었다 [12]. 녹차씨 오일은 녹차나무 (*Camellia sinensis*) 열매로 지방, 단백질, 전분, 수분, 사포닌과 카페인 등을 함유하고 있으며, 아미노산 성분으로는 arginine, aspartic acid, leucine, lysine, alanine, serin, valine, glycine, phenylalanine, threonine, proline, cystine, isoleucine, methionine, tyrosine이 함유되어 있고, 지방산 조성은 불포화지방산을 포함하는 oleic acid, linoleic acid, arachidonic acid, linolenic acid 등이 있다 [13]. 천연오일을 이용한 두피 및 모발의 개선효과를 살펴보면 아로마 오일을 이용한 두피의 수기요법이 모발 밀도와 모발 굵기, 그리고 두피상태를 개선시키는 데 긍정적인 영향을 보였고 [14], 동백씨 오일 추출물은 모발 손상도 회복측정 실험에서 큐티클의 개선 효과가 있는 것으로 확인되었다 [15]. 이와 같이 식물추출 오일은 산업 분야에서의 활용이 보다 다양해지고 있으나 녹차씨 오일을 이용한 모발 트리트먼트 연구와 과학적인 증명은 미비한 실정이다. 이에 본 연구자들은 녹차씨 오일의 모발 탄력증강과 표면보호에 미치는 효과를 기대하며 광퇴색 및 자외선 방지에 미치는 영향을 조사하고, 특히 현재 다량 발생하고 있는 녹차씨의 활용도를 높여 환경 친화적인 모발 화장품 조성물로 이용해 보고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 녹차씨 오일 추출

#### 2.1.1. 재료

전남 순천시 승주읍 소재 명인신광수차로부터 유기농 녹차씨 5 kg을 공급받아 외피를 제거하고 열풍건조기에 건조하여 초임계유체추출 장비를 이용하여 추출하였다.

#### 2.1.2. 초임계유체추출 조건

녹차열매는 온·열풍 건조기를 이용하여 건조하여 수분을 5% 이내로 조절하였다. 이후 핀형 분쇄기를 이용하여 0.5 mm 이하의 크기로 분쇄하였다. 전 처리된 시료는 400 bar의 압력, 반응기 안에서 CO<sub>2</sub>를 50°C 온도 조건 하에서 180 min 간 추출하였다. 추출 수율은 약 25% (w/w) 였다.

#### 2.1.3. 실험용액 제조

지방산의 표준용액과 시험용액을 각각 제조하고 GC로 분석하여 지방산을 정량 분석하였다.

#### 2.1.4. 지방산 분석

GC 분석은 주입 부피를 1 µL로 하고, SPTM-2560 (Supelco), fused silica capillary column, 100 m × 0.25 mm × 0.2 µm 칼럼을 구비한 Varian 450-GC를 이용하여 측정하였다. 이동상으로서 질소를 사용하였으며, 컬럼 유속은 1 mL/min였다. 지방산 주입구 온도는 240°C이고, FID 검출기 온도는 250°C이며, 컬럼오븐 온도는 245°C였다. 컬럼 오븐 온도는 초기 4 min 동안 100°C로 승온한 후 2.0°C/min 으로 245°C까지 올리고 40 min 동안 유지하여 분석하였다. 지방산 37종 (Pelco 37 Component FAME Mix)의 표준물질은 Sigma사로부터 구입하여 사용하였다.

## 2.2. 시료 모발 및 트리트먼트

### 2.2.1. 시료 모발 제작

1년간 퍼머와 염색 등 화학적 처리를 하지 않은 건강한 18세 여성의 후두부 모발을 두피로부터 2 cm 지점에서 약 15 cm 채취하여 각각 3 g씩 9개로 나누어 모근부를 실리콘으로 고정하였다. 고정된 모발 시료는 중성샴푸를 이용하여 미온수로 세척하여 상온에서 자연 건조하였다. 모발 시료는 각각 3 개씩 버진헤어, 염색헤어, 탈색헤어로 분류하고 염색 및 탈색하였다. 정상모 군은 B1, B2, B3이고 염색모발 군은 C1, C2, C3이며, 탈색모 군은 D1, D2, D3로하였다. 또한 버진헤어 대조군을 B1, 염색헤어 대조군을 C1, 탈색헤어 대조군은 D1으로 하였다. 각 군별 녹차씨 오일처리를 하지 않은 무처리 시료는 B2, C2, D2이고 녹차씨 오일 처리 시료는 B3, C3, D3로 명명하였다. 염모제는 (주)밀본코리아의 아주 밝은 황갈색 (Milbon ORDEVE 13CB)으로 염색약 1제의 주성분은 *p*-phenyldiamine, *m*-aminophenol, *p*-aminophenol, resorcin이며 2제는 과산화수소 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 35%의 산화제를 사용하였고 1제와 2제의 배합비율은 1:1로 하고 미용현장에서 일상적으로 사용하는 염색방치 시간으로 35 min씩 2회 처리하였다. 탈색모발 샘플은 (주)아모스 프로페셔널사의 헤어블리치 파우더 (아모스 칼라제닉 헤어블리치)를 사용하였고 파우더의 주성분은 과황산암모늄 (ammonium persulfate), 과황산칼륨 (potassium persulfate)이며 2제는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 35% 산화제를 사용하였으며 탈색제 파우더와 2제의 비율은 1:2로 배합하여 8 min씩 2회 처리하였다. 각기 염색 및 탈색한 모발 샘플들은 샴푸 세척하고 자연건조하였다.

### 2.2.2. 시료 모발의 재손상 및 트리트먼트

B1, C1, D1을 각 군별 대조군으로 하고 B2, C2, D2는 무처리 상태로 B3, C3, D3 샘플은 전처리를 위하여 녹차씨 오일 도포 후 50°C에서 5 min 간 lapping 가온, 10 min 자연방치 후 세척하여 건조하였다. 그리고 열처리 재손상 실험을 위하여 각 군별 대조군을 제외한 B2, B3, C2, C3, D2, D3 시료에 180°C 열아이론으로 10 sec 동안 가온하고 샴푸세척을 38°C에서 3 min 후 열풍 드라이 건조를 3 min 수행하였다.

## 3. 분석 방법

### 3.1. 인장강도 및 신장율 측정

Universal Testing Machine (UTM, Autograph AGS-500D, Shimadzu, Japan)을 이용하여 인장강도 및 신장율을 측정하였다. 절단시의 하중 (g strength)과 신장율 (elongation) 값을 측정하고 최대값과 최소값을 제외한 평균값을 구했다. 모발은 일정한 굵기로 선별하기 위해 vernier calipers micrometer (Guang Lu SF2000, China)를 사용하였다. 인장조건은 20 mm/min의 속도로 연신하여 10회 측정 후 평균값을 구하였다.

### 3.2. 모발 큐티클 표면분석

시료 모발을 전자주사현미경으로 촬영하기 전 모발 표면을 이온코팅기 (E-130 Hitahico, Japan)로 코팅하여 5.0 kv에서 Lens Mode = High, Emission Current = 11,000 nA, Working Distance = 11,100 μm, Calibration Scan Speed = 25, Scan Speed = Slow 3, Magnification = 3,000 배율로 확대하여 촬영하였다.

### 3.3. 모발의 광퇴색 (photo-yellowing)

모발의 열처리와 수세 및 자외선에서 광퇴색 정도를 알아보고자 색차계 분석기 (Color meter JS-555, Color Techno System Co, Japan)을 사용하였다. 국제조명위원회 (CIE)에서 규정한 Lab 좌표의 색차식에서 시료들의 명도지수 (lightness) L\*값은 색의 밝기를 나타내고, 적색도 (red chromaticity) a\*값은 적색감과 녹색감의 지각색도지수를 황색도 (yellow chromaticity) b\*값은 황색감과 청색감 등 지각 색도를 나타낸다. 각각으로 색을 인지하는 정도를 공유하는 그 색차는 ΔE 값이다 [16]. 시료는 각각 10개씩 측정하고 그 평균값을 구하였다. ΔE는 spectrophotometer를 사용하여 모발샘플의 L\*, a\*, b\* 변화에 의해 산출되며 반응식으로 사용된 총 색상의 차이 값 산출식은 다음과 같다 [17].

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

### 3.4. 자외선 인공조사

모발이 자외선에서의 광퇴색 정도를 알아보고자 인공적으로 자외선을 조사시키기 위해 자외선 조사기 RPR-3500Å과 RPR-2540Å를 사용하여 365 nm와 254 nm 파장으로 UV lamp에서 10 cm 거리에 시료를 두고 매시간 뒤집어주며 10 h 동안

조사하였다.

### 3.5. 녹차씨 오일의 항산화능 조사 (DPPH/ABTS)

산화물 일으키는 활성산소의 생성은 자동산화 반응으로 연속적으로 일어난다. 인체 내에서는 항산화제가 수소원자를 자동산화반응 중에 생성되는 라디칼 (radical)에 공여함으로써, 그 반응을 종결시킨다 [18]. 전자를 주는 능력을 환원력이라 하며, 이 환원력이 클수록 강력한 항산화제가 되는데 대표적인 측정방법으로는 DPPH(2,2-di-phenyl-1-picrylhydrazyl) radical 제거법이 있다. DPPH는 자신이 갖는 홀수 전자 때문에 517 nm에서 특징적인 흡수 band를 가지는데 이것이 수소원자를 제공해주는 전자 공여체와 반응하면 hydrogen radical을 받아 phenoxy radical을 생성하게 된다 [19]. 또 다른 항산화 활성 측정 방법인 ABTS+는 극성시료와 비극성 시료 모두의 소거활성을 측정할 수 있어 그 적용 범위가 넓고 재현성이 좋아 널리 사용되고 있다. ABTS+의 원리는 ABTS와 potassium persulfate를 1:1의 비율로 혼합하여 암소에 12~16 h 정도 두면 짙은 청록색을 띠는 ABTS+ABTS radical cation이 형성된다 [20]. 이 용액에 항산화능이 있는 물질을 넣으면 ABTS+과 반응한 물질은 산화되고 ABTS+가 갖고 있던 본래의 무색으로 환원된다. 본 실험에서는 항산화 활성 측정의 대표적인 방법인 DPPH와 ABTS법을 사용 하였으며, DPPH의 경우 methanol에 녹인 DPPH 용액 1 mL과 각 농도별 추출물 200 μL를 혼합한 후 vortex machine에 3 min 정도 mixing 하고 암실 상태에서 30 min간 반응시킨 후 microplate reader (Molecular Devices, USA)를 이용하여 517 nm에서 측정하였다. 양성 대조군으로는 gallic acid를 사용하였으며, 비교군으로 olive oil을 사용하였다. ABTS+소거 활성을 평가하기 위해 ABTS와 potassium persulfate를 혼합하여 만든 ABTS+용액 1 mL과 각 농도별 추출물 200 μL를 혼합한 후 암실 상태에서 15 min간 반응시켰으며, microplate reader (Molecular Devices, USA)를 이용하여 730 nm에서 흡광값을 측정하였다. 양성 대조군으로 gallic acid를 사용하였으며, 비교군으로는 DPPH 법과 동일하게 올리브 오일을 사용하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1. 녹차씨 오일의 지방산 분석결과

녹차씨 오일의 지방산 분석결과 capric acid는 0.37%, palmitic acid는 16.10%, stearic acid는 1.85%, oleic acid는 60.92%, linoleic acid 60.14%, arachidic acid는 0.78% 이었다. 이 같은 결과로 볼 때 녹차씨 오일의 지방산 함량은 포화 지방산 (capric acid, palmitic acid, stearic acid, arachidic acid)보다 불포화 지방산 (oleic acid, linoleic acid) 함량이 높은 것을 확인할 수 있었다 (Table 1).

### 4.2. 녹차씨 오일 처리군의 인장강도 및 신장율의 변화

건강모발에 비하여 탈색모발은 인장강도가 감소한다 [21].

**Table 1.** Fatty acid composition in green tea seed oil used in this study

Name	RT [min]	Area [ $\mu$ V.min]	Area %
capric acid	26.45	591.4	0.376
palmitic acid	48.78	25,344	16.10
stearic acid	55.43	2,915	1.85
oleic acid	57.49	95,885.4	60.93
linoleic acid	60.14	31,405.3	19.96
arachidic acid	62.96	1,241.9	0.79

건강모발에 염색과 탈색을 시술하여 모발을 화학적으로 손상시키고 녹차씨 오일을 전처리 한 후 열처리 재손상을 시켜서 녹차씨 오일 처리 시료와 무처리 시료의 인장강도 변화를 조사하였다 (Table 2). 버진헤어군에서는 B1 > B3 > B2로 대조군이 인장강도가 가장 높았고 열처리 재손상시킨 B2는 B1에 비해 27% 감소, B3는 24% 감소하였으며, 염색군에서는 C2는 C1에 비하여 7% 감소하고 C3는 C1에 비하여 5% 감소하였다. 염색군에서의 인장강도는 C1 > C3 > C2 순으로 나타났으나 탈색군에서 D3 > D1 > D2로 D3와 D1은 거의 유사(1% 증가)하였으며, D2는 D1에 비하여 13% 감소하였다.

이 같은 결과로 볼 때 본 연구에서 염색과 탈색을 반복한 모발 섬유질의 인장특성은 주로 피질의 손상에 의한 것임을 알 수 있으며, 열기구 아이론 등의 사용으로 모발의 재손상 시 인장강도는 기존의 연구결과와 유사하였다 [22]. 그러나 녹차씨 오일을 전처리제로 사용하고 열기구에 의해 재손상시킨 시료의 인장강도는 무처리 시료에 비해 다소 높았고, 탈색군에서는 녹차씨 오일 처리시료가 2% 증가하였으나 무처리 시료는 13% 감소하여 녹차씨 오일의 모발 재손상 방지 효과는 건강모발보다 손상이 가중된 탈색헤어에서 인장강도가 증가되었다. 모발의 신장율을 측정된 결과 버진헤어 41%, 염색헤어 47%, 탈색헤어 48%로 D1 > C1 > B1의 순이었으며 버진헤어 건강모발보다 염색과 탈색을 반복한 손상모 시료의 신장율이 더 증가했음을 알 수 있었다. 각 군별 열처리 재손상과 녹차씨 오일의 전처리 사용에 따른 모발 신장율은 버진헤어 군에서 B3 (47%) > B2 (47%) > B1 (41%) 순으로 녹차씨 오일 전처리 시료는 무처리 시료에 비해 유의한 차이가 없었으며, 염색군에서는 C1 (47%) > C2 (45%) > C3 (43%), 탈색군에서는 D1 (48%) > D2 (47%) > D3 (46%) 순으로 염색 및 탈색헤어군의 녹차씨 오일 전처리 시료의 신장율

이 더 감소하였다. 선행 연구에서 화학적 시술이 반복될수록 인장강도는 낮아지고 신장율의 증가 변화를 나타내며, 모발의 아미노산 함량이 높아지면 인장강도는 증가하고 신장율은 낮아진다고 보고되었으며 [23], 모발은 손상정도에 따라 탈색 등 횡수를 반복 시술하여 그 손상도가 클수록 인장강도는 현저히 감소하고 신장율은 오히려 증가하는 것으로 확인되었다 [24]. 기존의 다른 연구에 의하면 신장율만으로 모발 손상을 확인하기에는 어려웠다고 하였으나, 본 실험결과 녹차씨 오일로 전처리 한 각 시료들의 모발 인장강도는 모두 무처리 시료에 비해 증가하여 모발 트리트먼트 효과를 확인할 수 있었다 [25]. 신장율은 버진헤어 시료에서는 차이가 유사하였으나, 염색 및 탈색헤어 시료들의 신장율은 낮아져서 녹차씨 오일 전처리는 염색과 탈색헤어의 트리트먼트에 좋은 결과를 확인할 수 있었다.

#### 4.3. 녹차씨 오일 처리군의 큐티클 SEM 형태의 변화

녹차씨 오일 처리군의 큐티클 형태의 변화를 주사전자현미경 (SEM)을 이용하여 3,000 배로 확대하여 비교하였다 (Fig. 1). 버진 헤어를 염색 및 탈색하여 각각 화학적 손상을 시키고 열기구 가열과 수세를 반복하여 열기구 재 손상을 시키는 과정 중 녹차씨 오일 처리군 B3, C3, D3와 무처리군 B2, C2 D2의 큐티클 형태 변화를 비교하였다. 대조군 B1은 큐티클의 문리 상태가 균일하고 안정적이며, 트리트먼트 무 처리 열기구 재손상시료 B2는 큐티클이 박리되고 구멍이 뚫려있었다. 녹차씨 오일 처리 후 열기구 재 손상을 가한 시료 B3은 B2에 비해 큐티클의 상태가 선명하고 일정하여 안정되어 보인다. 염색 대조군 C1은 큐티클이 약간 들떠 있고 박리가 되어 있어 염색 과정 중의 큐티클 손상을 확인할 수 있었으며, 염색 헤어를 열 아이론과 헤어드라이어를 이용하여 열기구 재 손상을 시킨 C2는 큐티클이 녹차씨 오일 처리한 C3보다 더욱 들떠 있었으며 C3은 C2에 비해 큐티클의 경계선이 분명하여 개선의 효과를 보이거나 큐티클에 이물질도 함께 흡착되는 것이 보여 오일의 흡착성도 확인되었다. 탈색헤어 대조군 D1은 큐티클의 문리가 심하게 용해되어 있고 들떠 있어 염색모발보다 시술시간은 짧았음에도 불구하고 손상은 더욱 심하였다. 선행연구에서 살펴보면 모발에 알칼리성분이 exo-cuticle 과 세포막복합체의 틈으로 침투하여 모표피를 팽윤·연화시키므로, 모표피의 비늘과 비늘 사이의 결합력을 약화시켜 모

**Table 2.** Change in tensile strength and elongation properties of the green tea seed oil treated hair group (g<sub>t</sub>,%)

Group	Sample characteristics	Name	T.S.	E.
Virgin hair group	Control virgin hair	B1	2.26	41.27
	Untreated and heating on the virgin hair	B2	1.65	47.23
	Green tea seed oil pre-treatment and heating on the virgin hair	B3	1.72	47.45
Colored hair group	Colored hair	C1	1.71	46.82
	Untreated and heating on the colored hair	C2	1.59	45.28
	Green tea seed oil pre-treatment and heating on the colored hair	C3	1.62	43.35
Decolored hair group	Decolored hair	D1	1.82	48.09
	Untreated and heating on the decolored hair	D2	1.59	47.17
	Green tea seed oil pre-treatment and heating on the decolored hair	D3	1.84	46.37

\*T.S.: Tensile Strength, E.: Elongation.

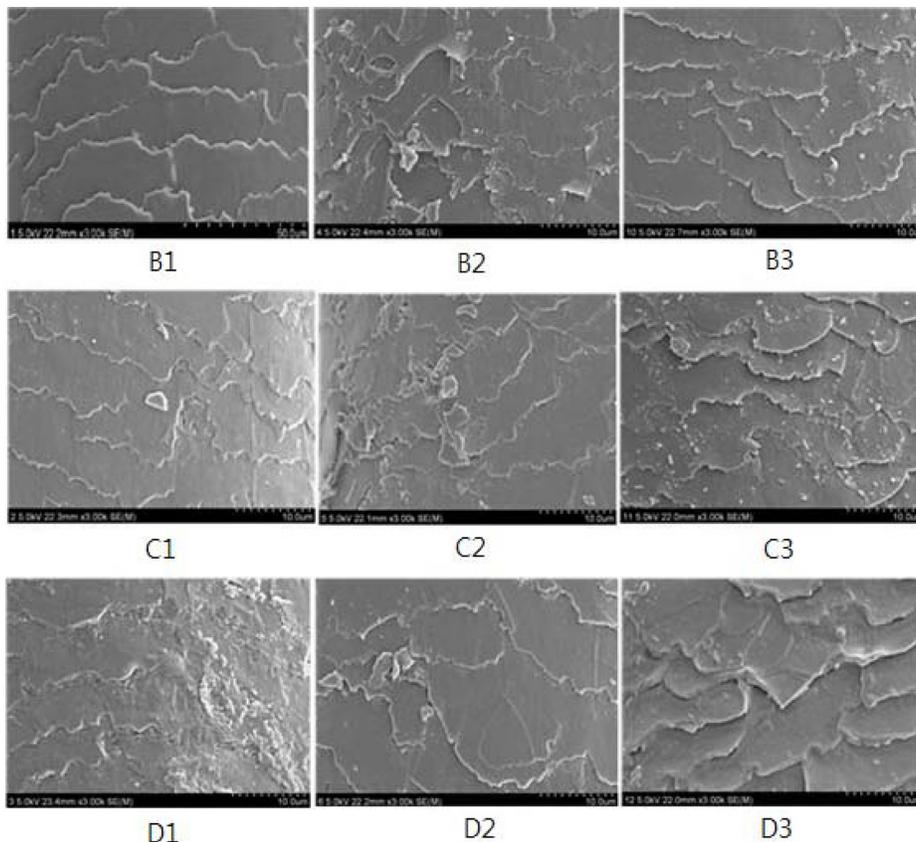


Fig. 1. SEM image of cuticle changed showing of the green tea seed oil treated group (up: virgin hair group, middle: colored hair group, down: decolored hair group).

표피 비늘의 들뜸현상이나 탈락현상이 관찰되었고 [26], 탈색 후 트리트먼트 무 처리 열기구 재 손상을 가한 시료 D2는 큐티클의 간격이 넓어지고 문리가 선명하지 않으며 큐티클의 분리가 바리되었다. 탈색헤어 녹차씨 오일 처리 후 열기구 재손상을 가한 시료 D3은 모발표면에 유막이 많이 흡착되므로 녹차씨 오일 성분이 모발큐티클 층을 덮고 있는 것이 보인다. 큐티클은 모발의 바깥층으로 매우 중요하며 세척 및 건조과정에서 마모되고 빗질에 의해 소수성층이 제거되며 화장품 처리에 의한 영향을 미치므로 큐티클의 상태는 건강장애 진단에도 도움을 줄 수 있다 [27]. 또한 전자주사현미경의 결과는 인장특성의 큰 변화 검출이 없이도 큐티클에서 쉽사리 손상을 확인할 수 있다 [28]. 선행연구에 의하면 동백오일을 이용하여 모발염색 전처리제로 사용 시 문제점으로 제기되는 모발손상을 감소시켜 주는 것으로 확인되었다 [29]. 하지만 녹차씨 오일을 이용한 실험의 사례는 보고된 바 없어서 본 실험에서는 녹차씨 오일을 사용하여 손상된 큐티클을 전처리 했을 때의 결과로부터 전처리한 시료의 모발이 열처리 재손상에 의한 큐티클 바리와 들뜸 현상을 보호하고 피막을 형성하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 녹차씨 오일은 일상생활 중 환경적으로 인한 2차적 모발손상을 예방하는데 천연 트리트먼트제로 좋은 소재라고 사료된다.

4.4. 열과 수세의 반복에 의한 모발 재손상 · 퇴색 비교

염색 및 탈색된 모발이 일상생활 중 사용하는 열기구와 매일 시술하는 수세에 의해 어느 정도 퇴색이 되는지 알아보고자 버진헤어, 염색헤어, 탈색헤어로 구분하고 각 시료의 모발에 열기구 아이론을 이용하여 180°C에서 10 sec 가온하고 중성 샴푸를 이용하여 38°C에서 3 min 간 세척한 후 건조시켜서 반복 3회 시술하였다. 각각의 시료들은 색차계를 이용하여 측정하였다 (Table 3). 버진헤어군에서 B3는 B2에 비하여 L\*값이 감소하였고 B1보다도 감소하여 녹차씨 오일 처리가 모발의 밝기를 감소시키는 결과를 보여주었다. a\*값이 감소하여 모발의 적색도가 감소된 것을 알 수 있었으며 b\*값의 감소로 모발의 황색도 또한 감소하여 색의 방향은 녹색감과 청색감으로 약간씩 이동되는 것으로 보였다. B1에 비하여 B2와 B3는 ΔE가 3.0 이상으로 색의 차이를 육안으로 감지할 수 있을 정도였다. 염색헤어군에서 C3은 C2에 비하여 L\*값이 다소 감소하였으며, a\*, b\*값도 각각 감소하여 ΔE값 또한 많은 차이를 보였다. 탈색헤어군에서 D3는 D2에 비하여 L\*값이 감소하여 모발의 밝기가 감소됨을 알 수 있었으며, ΔE값의 차이가 훨씬 높아져서 색의 차이를 육안으로도 감지할 수 있었다. 기존의 연구에 의하면 모발은 환경에 의해 지속적으로 노출이 되는데 세정제, 염소화합물 등 중화에 의해 모발단백질의 분해, 멜라닌 과립파괴, 모발건조, 모발색상 변화

**Table 3.** The color changed by heat iron treatment and washing after warm dryer test formulations

Group	Sample characteristics	Name	L*	a*	b*	ΔE
Virgin hair group	Control virgin hair	B1	35.036	0.302	1.926	0
	Untreated and heating on the virgin hair	B2	37.408	0.613	-0.384	3.326
	Green tea seed oil pre-treatment and heating on the virgin hair	B3	33.885	0.481	-1.292	3.422
Colored hair group	Colored hair	C1	39.078	4.076	5.434	0
	Untreated and heating on the colored hair	C2	37.947	2.876	1.73	4.391
	Green tea seed oil pre-treatment and heating on the colored hair	C3	36.033	1.637	1.417	5.599
Decolored hair group	Decolored hair	D1	48.702	7.003	9.803	0
	Untreated and heating on the decolored hair	D2	39.808	4.372	5.312	10.305
	Green tea seed oil pre-treatment and heating on the decolored hair	D3	36.051	2.986	4.079	14.456

L\*: Lightness, a\*: Red chromaticity, b\*: Yellow chromaticity, ΔE: Total color changes.

**Table 4.** The color changed of UV irradiation hair (10 h) formulations

Group	Sample characteristics	Name	L*	a*	b*	ΔE
Virgin hair group	Control virgin hair	B1	35.036	0.302	1.926	0.000
	Untreated and UV irradiation on the virgin hair	B2	34.307	0.391	-0.827	2.850
	Green tea seed oil pre-treatment and UV irradiation on the virgin hair	B3	36.612	0.349	-0.362	2.779
Colored hair group	Colored hair	C1	39.078	4.076	5.434	0.000
	Untreated and UV irradiation on the colored hair	C2	42.472	4.876	5.702	3.498
	Green tea seed oil pre-treatment and UV irradiation on the colored hair	C3	36.241	2.017	1.572	5.216
Decolored hair group	Decolored hair	D1	48.702	7.003	9.803	0.000
	Untreated and UV irradiation on the decolored hair	D2	43.564	5.701	10.271	5.321
	Green tea seed oil pre-treatment and UV irradiation on the decolored hair	D3	41.938	4.909	8.063	7.292

L\*: Lightness, a\*: Red chromaticity, b\*: Yellow chromaticity, ΔE: Total color changes.

등을 일으킨다고 하였다 [30]. 모발은 열과 수세의 반복에 의해서 컨디셔너가 유실되어지는데, 모발은 친수성으로 물을 흡수했을 때 그 무게의 40%까지 증가하고, 모든 극성용매나 pH 변화에 의해서도 수소결합이 끊어지며 온도의 증가에도 영향을 받는다 [31]. 모발의 풍화과정은 결국 건조하고 표면이 거칠어지며 색상이 퇴색되면서 쉽게 부서지게 된다 [32].

본 실험에서 열과 수세에 의한 환경적인 손상을 알아보고자 모발의 퇴색값을 비교해 본 결과 모발이 밝아지는 정도를 나타내는 L\*값은 염색헤어, 탈색헤어군에서 각각 C3, D3가 감소하여 녹차씨 오일의 효과를 볼 수 있으며, 특히 탈색헤어군에서 D3는 ΔE가 D2에 비해 그 값의 차이가 Δ4 이상으로 색상의 차이를 육안으로 감지할 수 있어 염색 및 탈색헤어가 일상생활 중에서 모발이 밝아지거나 퇴색방지에 녹차씨 오일의 전처리 도포는 유용하리라 판단된다.

#### 4.5. 자외선에 의한 모발 퇴색 비교

모발의 광퇴색은 주로 자외선의 영향을 받는데 Chandrashekar와 Ranganathaiah [8]의 보고에 의하면 UV 구성요소는 헤어섬유의 손상 원인이 되며, UVB는 모발의 멜라닌 색소와 케라틴 단백질의 일부를 공격하고, 내생감광제의 상호작용을 통해 활성 산소종 (ROS)를 생성한다. 또한 UV 처리는 단백질과 지질저해, 색상 및 광택의 변화를 가져 오며, 전처리제로 천연 산화방지제에 의해 모발섬유의 색상을 보존 유지할 수 있다. 모발손상은 254~400 nm 파장에서 주로 나타나며 자외선은 모발의 멜라닌 파괴로 적색화를 일으키기도 한다. 장병수 등의 연구에 의하면 [33], 자외선 조사에 의해 손상된

모발의 피질은 정상모발의 피질에서와 달리 각화세포의 세포막과 막 사이에 많은 공포가 형성되어 멜라닌 과립과 인접한 부위의 각화된 섬유유 한계막 (limiting membrane)에도 공포가 형성된다. 본 연구에서는 버진헤어와 염색 및 탈색된 헤어에 자외선을 인공으로 조사하고 녹차씨 오일 처리 모발이 자외선으로 인한 광퇴색에 영향을 미치는지를 알아보고자 L\*, a\*, b\*값과 ΔE값을 색차계를 이용해 비교하였다 (Table 4). 버진헤어군에서 B3는 B2에 비하여 L\*값이 증가하였으며 a\*는 버진헤어보다는 증가하여 적색감을 나타내었으나 B2보다는 감소하였으며 b\*는 B3가 B1보다 감소하여 색의 차이 정도를 감지할 수 있는 ΔE는 0으로 거의 육안으로 인지하기에 어려웠다. 염색헤어군에서 C3은 C2에 비하여 L\*값이 현저히 감소하고 C1보다도 약간 감소하여 녹차씨 오일 처리는 염색된 헤어의 자외선을 조사 후 모발이 광퇴색되는 것을 방지하는데 영향을 미치는 것으로 확인되었다. a\*, b\*에서도 C3는 C2에 비하여 모발의 적색도와 황색도가 감소하였고 ΔE는 C2에 비하여 ΔE값이 1.7로 약간의 차이를 보였다. 탈색헤어군에서 D3의 L\*값은 D2에 비하여 다소 감소하였고, D1보다 더욱 감소하였다. a\*, b\*도 각각 D2에 비하여 D3는 감소하였으며 D2보다 1ΔE 칼라의 감소가 확인되었다. 버진헤어는 ΔE1 칼라 감소 차이가 없었으며 염색 및 탈색헤어에서는 각각 그 값의 차이가 있는 것으로 확인되었다. Hoting 등의 보고에 의하면 [34], 모발의 멜라닌은 광산화 보호에 효과적이며 자외선에서 밝은 갈색의 모발이 검은 모발에 비하여 현저한 탈색이 발생한다고 보고하였다 [35]. 또한 염색 및 탈색된 헤어의 자외선 차단 필요성이 자연의 검은 모발보다 더 요

구되며 녹차씨 오일은 모발 손상 방지 및 광퇴색 보호에 영향을 미치는 것으로 사료되어 모발이 탈색되는 것을 예방할 수 있는 화장품 조성물로서 사용이 가능하리라 사료된다.

**4.6. 녹차씨 오일의 항산화능 (DPPH/ABTS)**

모발에서 항산화능의 효능은 자외선 조사된 헤어 샘플이 화학적, 기계적인 파손을 감소하는 특성이 있고 광택과 칼라의 손실을 보여 주었다. 하지만 항산화추출물 처리된 샘플에서는 지방질의 과산화물과 단백질 손실이 감소하였는데 UV 조사에 방어하고 손상을 예방할 수 있는 능력이 확인되었다 [36]. 또한 버진헤어와 염색헤어의 칼라의 손실을 감소시키기 위해 항산화 추출물을 처리한 결과 폴리페놀은 강력한 항산화 콘텐츠로 인하여 레드칼라로 염색된 헤어에서 컬러의 퇴색을 환원하는 데 효과적이었다고 보고되었다 [37]. 최근 염색, 탈색 등의 급속한 증가로 손상의 복구를 촉진하고 모발 모세관 구조의 악영향을 방지하며 산화적 손상으로부터 보호할 수 있는 모발 화장품의 확산이 주도하고 있어 녹차씨 오일의 항산화능을 비교하였다. DPPH radical 소거능의 양성 대조군으로는 gallic acid를 사용하였으며, 농도는 0.125 mg/mL, 0.175 mg/mL, 0.225 mg/mL의 농도로 희석하여 소거능을 확인하였다. 양성 대조군인 gallic acid IC<sub>50</sub>는 0.003 mg/mL이었으며, 녹차씨 오일과 올리브 오일의 DPPH 소거능 (IC<sub>50</sub>)을 확인한 결과 양성 대조군인 gallic acid에 비해 상대적으로 낮은 항산화 활성을 보였고 IC<sub>50</sub>는 도출되지 않았다. 녹차씨 오일의 ABTS radical 소거능을 730 nm에서 측정된 결과, 양성 대조군인 gallic acid의 IC<sub>50</sub>는 3 µg/mL로 확인되었으며, 녹차씨 오일의 IC<sub>50</sub>는 190 mg/mL, 올리브 오일의 IC<sub>50</sub>는 1000 mg/mL으로서 양성 대조군에 비해 상대적으로 낮은 항산화능을 보여주었다. 이 같은 결과는 선행연구에서 녹차씨 오일을 초임계 추출 (SC-CO<sub>2</sub>)하여 DPPH radical 소거능을 확인한 결과 35.8 mg/mL에서 IC<sub>50</sub>을 확인한 결과보다 낮은 결과이며, Soxhlet으로 추출한 59.6 mg/mL보다 낮은 항산화능을 보여 준다 [38]. 기존의 실험에서는 DPPH radical로 실험한 결과 녹차씨 오일의 MeOH 추출물의 경우 57.77 µg/mL의 농도에서 IC<sub>50</sub> 값 확인하였으며, ABTS radical 소거능의 경우 40.30 µg/mL의 농도에서 IC<sub>50</sub>이 확인되었다 [39]. 이 같은 결과로 볼 때, 녹차씨 오일이 갖고 있는 소수성 (hydrophobicity) 때문에 DPPH radical 소거능보다는 ABTS radical 소거능의 활성이 더 높게 확인됨을 알 수 있으며, 오일에 대한 다른 항산화능의 추가연구가 필요하다고 사료된다.

**5. 결론**

본 연구는 천연물 시료중 피부와 두피에 무해하고 모발에 윤기를 부여할 수 있는 천연오일의 화장품소재 적합성을 살펴보고자 녹차씨 오일을 선택하여 일상생활상에서 겪는 2차적인 모발손상에 그 효과를 확인하였다. 모발의 인장강도 측정 결과 버진헤어, 염색헤어, 탈색헤어에서 녹차씨 오일 전처리

시료는 무처리 시료에 비해 인장강도가 모두 증가하여 녹차씨 오일의 모발 재손상 방지 효과를 확인하였으나, 신장율은 버진 헤어에서는 유사한 값을 보이고 염색헤어 탈색헤어에서는 신장율이 낮아져서 녹차씨 오일은 염색과 탈색헤어에서 모발 재손상 방지에 효과적이었다. 또한 모발 큐티클 표면 분석에서 녹차씨 오일 전처리 시료는 큐티클의 들뜸과 박리를 안정적으로 보호하고 피막을 형성하는 것이 확인되었으며 모발 광퇴색 비교에서는 열과 수세의 반복에 의한 퇴색은 녹차씨 오일 처리 시료는 버진, 염색, 탈색헤어군 모두 모발의 퇴색이 감소하여 퇴색방지에 효과적이었다고 자외선에 의한 모발 퇴색 비교 결과 염색과 탈색헤어에서 우수하였다. 그러나 항산화 실험에서는 낮은 항산화 활성을 보여 추출방법에 따라 항산화능은 다른 결과를 보였다. 이상의 실험 결과 녹차씨 오일은 열과 자외선, 수세에 의한 색상 퇴색의 방지 효과와 모발 큐티클을 보호하고 모발을 개선할 수 있는 헤어제품의 천연소재로 개발이 가능할 것으로 판단된다.

**요약**

염색 및 탈색된 헤어는 일상생활 중의 자외선, 열기구 사용 수세 (샴푸)에 의해 재손상되며, 이의 해결을 위해 최근 피부와 두피에 안전한 각종 천연물질의 연구가 활발하다. 이 연구는 녹차씨 오일의 광퇴색 방지와 모발 트리트먼트 효과를 확인하고자 수행되었다. 그러나 녹차의 기능은 이미 많이 알려져 있으나 녹차씨 오일을 이용한 모발 트리트먼트 및 퇴색 방지의 연구는 미비하다. 염색 및 탈색된 헤어에 녹차씨 오일을 이용한 전처리 트리트먼트 효과를 알아보기 위해 인장강도 및 신장율을 측정하고 모발표면을 SEM으로 분석하였으며 색차계를 이용한 모발 광퇴색을 비교하였다. 실험결과 모발의 인장강도와 신장율의 측정에서 녹차씨 오일 전처리 시료는 버진헤어, 염색헤어, 탈색헤어에서 모두 증가하였고 신장율은 염색헤어와 탈색헤어에서 낮아져 염색헤어와 탈색헤어에서 트리트먼트 효과가 있었다. 모발표면을 촬영한 결과 모든 군에서 전처리된 모발 큐티클의 문리가 더 선명하고 코팅효과가 확인되었다. 모발의 광퇴색 값은 열과 수세의 반복 실험에서 전처리된 각 시료 모두 L\*, a\*, b\*값이 감소하였고 자외선 조사 실험에서는 염색과 탈색헤어에서 L\*, a\*, b\*값이 각각 감소하였다. 위의 실험결과에 의해 녹차씨 오일은 염색 및 탈색모발의 재손상 방지와 열과 자외선에 의한 색상의 퇴색방지 효과를 확인하였으며 앞으로 미용 실무현장에서 고객의 피부와 두피에 적합한 천연화장품 오일로 사용이 가능하리라 사료된다.

**REFERENCES**

1. Wagner, R. C. C., P. K. Kiyohara, M. Silveira, and I. Joekes (2007) Electron microscopic observations of human hair medulla. *J.*

- Microscopy* 226: 54-63.
2. Dawber, R. (1996) Hair: its structure and response to cosmetic preparations. *Clin. Dermatol.* 14: 105-112.
  3. Ham, M. Y. (2007) *Studies on the hair coloring using catechin components of green tea*. M.S. Thesis. Konkuk University.
  4. Mitsui, T. K. (2004) *New Cosmetic Science*. pp. 92-93; 550-557. Towa Technology, Tokyo, Japan.
  5. Kim, M. S., J. H. Kim, S. H. Bae, Y. J. Yoo, H. J. Yoo, J. Y. Jung, K. H. Choi, and C. H. Hwang (2003) *Hair color design*. pp. 12. Yelim Publishing Company, Seoul, Korea.
  6. Watanabe, T., T. Hirayama, and S. Fukui (1990) Mutagenicity of commercial hair dyes and detection of 2, 7-diaminophenazine. *Mut. Res. Lett.* 244: 303-308.
  7. Campo, P., D. Waniusiow, B. Cossec, R. Lataye, B. Rieger, F. Cosnier, and M. Burgart (2008) Toluene-induced hearing loss in phenobarbital treated rats. *Neurotoxicol. Teratol.* 30: 46-54.
  8. Chandrashekar, M. N. and C. Ranganathaiah (2010) Chemical and photochemical degradation of human hair: A free-volume microprobe study. *J. Photochem. Photobiol. B: Biology* 101: 286-294.
  9. Kim, O. Y. (2006) *The relationship of physical and chemical hair treatment to hair damage and hair care*. M.S. Thesis. Sookmyung Women's University.
  10. Hyun, J. W. (2009) *A study on the conditioning effect of the hair care products containing silk peptide*. Ph.D. Thesis. Konkun University.
  11. Jin, K. S., Y. N. Oh, J. Y. Lee, B. Y. Son, W. B. Choi, E. W. Lee, H. J. Kwon, and B. W. Kim (2012) Anti-oxidative and anti-inflammatory activities of seven medicinal herbs including *Tetrapanax papyriferus* and *Piper longum* Linne. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 41: 253-262.
  12. Kim, S. H. (2012) *A study on the development and clinical application of natural hair essences based on oriental medicine raw materials*. Ph.D. Thesis, Seokyeong University.
  13. Kim Y. S., R. Kim, M. S. Na, and D. B. Choi (2010) Effect of extraction process on the physicochemical characteristics of seed oil of *Camellia sinensis*. *Appl. Chem. Eng.* 21: 149-153.
  14. Park, S. Y. and M. S. Lee (2012) The effect of scalp manual technique using aroma oils on scalp and hair condition. *J. Inv. Cosmetol.* 8: 263-269.
  15. Choi, M.-H., M. J. Min, D. S. Oh, and H.-J. Shin (2013) Antimicrobial and antioxidant activity of *Camellia japonica* extracts for cosmetic applications. *KSBB J.* 28: 99-105.
  16. Park, J. A. (2005) *The effect of color change of hair by the UV irradiation*. M.S. Thesis. Kwangju Women's University.
  17. Gao, T., J. M. Tien, A. Bidaye, S. Cardinali, and J. Kinney (2009) A diester to protect hair from color fade and sun damage. *Cosmet. Toilet.* 124: 70-78.
  18. Lee, Y. A. and R. S. Seo (2012) Analysis of natural ingredient cosmetic image using natural ingredients containing cosmetics for women. *Kor. J. Aesthet. Cosmetol.* 10: 99-105.
  19. Kang, Y. H., Y. K. Park, and G. D. Lee (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 28: 232-239.
  20. Choi, M.-H., E. M. Ryu, D. S. Oh, and H.-J. Shin (2012) Improvement of acne condition in skin care using *Camellia japonica* L. extracts. *Kor. J. Aesthet. Cosmetol.* 10: 661-672.
  21. Lee, G. Y. and B. S. Chang (2008) Study on the tensile strength of bleached hair. *Kor. J. Microscopy* 38: 251-257.
  22. Shin, J. E. and S. M. Kang (2012) Treatment effects of hair using hydrolysate of egg white by *Bacillus subtilis* K-54 crude protease. *Kor. J. Aesthet. Cosmetol.* 10: 783-790.
  23. Kim, H. H., J. Y. Lee and C. S. Lee (2005) A study of hair dyeability of vegetable dye and black soybean. *J. Kor. Soc. Cosm.* 11: 1-8.
  24. Kang, G. Y. (2008) *Determination of hair damage caused by bleaching or permanent wave agents and treatment effect of hair care products*. Ph.D. Thesis. Konkuk University.
  25. Song, P. Y., M. H. Leem, T. B. Choe, and S. S. Lee (2006) Measurement of hair damage rate and mechanical properties after chemical treatment. *Kor. J. Aesthet. Cosmetol.* 4: 107-108.
  26. Lee, H. N. and H. S. Cho (2011) A comparative analyze of wheat flour and egg white on scalp and hair damage in straight permanent. *Kor. J. Aesthet. Cosmetol.* 9: 9-18.
  27. Velasco, M. V. R., T. C. D. S. Dias, A. Z. D. Freitas, N. D. V. Jnior, C. A. S. D. O. Pinto, T. M. Kaneko, and A. R. Baby (2009) Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties. *Braz. J. Pharm. Sci.* 45: 153-162.
  28. Robbins, C. R. and R. J. Crawford (1991) Cuticle damage and the tensile properties of human hair. *J. Soc. Cosmet. Chem.* 42: 59-67.
  29. Lee, M. S., J. S. Joung, and D. Y. Park (2013) Analysis of the effects of camellia oil-mediated pre-treatment in hair dyeing on scalp and hair. *Kor. J. Aesthet. Cosmetol.* 11: 159-165.
  30. Kim S. H. (2008) *Photochemical properties of human hair shaft following UV wavelength*. Ph. D. Thesis. Seokmyeong University.
  31. Kim, K. E., G. Y. Lee, D. H. Kim, J. H. Ham, J. C. Lee, and B. S. Chang (2009) Morphological changes of hair by repeated treatments of permanent wave. *Kor. J. Microscopy* 39: 199-204.
  32. Chang B. S., S. K. Na, and G. Y. Lee (2006) Study on the physicochemical change of human hair shaft following radiation with ultraviolet. *Kor. J. Electron Microscopy* 36: 109-118.
  33. Hoting, E., M. Zimmermann, and S. Hilterhaus-Bong (1995) Photochemical alterations in human hair I: Artificial irradiation and investigations of hair proteins. *J. Soc. Cosmet. Chem.* 46: 85-99.
  34. Fernandez, E., B. Martinez-Teipe, R. Armengol, C. Barba, and L. Coderch (2012) Efficacy of antioxidants in human hair. *J. Photochem. Photobiol. B: Biology* 117: 146-156.
  35. Dario, M. F., R. Pahl, J. R. D. Castro, F. S. D. Lima, T. M. Kaneko, C. A. Pinto, and M. V. R. Velasco (2013) Efficacy of *Punica granatum* L. hydroalcoholic extract on properties of dyed hair exposed to UVA radiation. *J. Photochem. Photobiol. B: Biology* 120: 142-147.
  36. Mary, P. and M. D. Lupo (2001) Antioxidants and Vitamins in cosmetics. *Clin. Dermatol.* 19: 467-473.
  37. Wang, Y., S. D. Sun, H. Chen, L. Qain, and P. Xu (2011) Fatty acid composition and antioxidant activity of tea (*Camellia sinensis* L.) seed oil extracted by optimized supercritical carbon dioxide. *J. Mol. Sci.* 12: 7708-7719.
  38. Jo, H. Y., H. G. Yuk, J. H. Lee, J. C. Kim, R. M. Kim, and S. C. Lee (2012) Antioxidant, tyrosinase inhibitory, and acetylcholinesterase inhibitory activities of green tea (*Camellia sinensis* L.) seed and its pericarp. *Food Sci. Biotechnol.* 21: 761-768.