

서리태 발효추출물이 탈색을 통해 손상된 모발에 미치는 영향

정 희 훈 · 신 민 규 · 이 수 열 · 이 상 린 · 김 무 성[†]

(주)마크로케어 부설연구소
(2017년 5월 17일 접수, 2017년 6월 23일 수정, 2017년 6월 27일 채택)

Effect of Extract from Fermented Black Soybean (*Glycine max* var. *Seoritae*) on the Hair Damaged by Decolorization

Heehoon Jung, Min Kyu Shin, Su Yel Lee, Sang Rin Lee, and Moo Sung Kim[†]

R&D center, Macrocare Tech Co., Ltd., 32, Gangni 1-gil, Ochang-eup, Cheongwon-gu, Cheongju-si,
Chungbuk-do 28126, South Korea

(Received May 17, 2017; Revised June 23, 2017; Accepted June 27, 2017)

요약: 본 연구에서는 서리태 발효추출물의 모발보호효과를 확인하기 위한 연구를 수행하였다. 화학적 산화를 통해 손상된 모발을 준비한 뒤 서리태 발효추출물을 처리하였을 때 모발의 형태학적 특성, 인장강도, 구성성분의 변화를 분석하여 비교하였다. 그 결과 모발에 산화제를 처리하였을 때, 표피의 큐티클 층이 손상되고 모발의 인장강도가 $14.32 \pm 0.83 \text{ g/cm}^2$ 에서 $12.32 \pm 0.79 \text{ g/cm}^2$ 로 감소되었음을 확인하였다. FT-IR 분석결과 산화제를 처리한 모발은 버진 헤어에 비하여 1,077, 1,041, 801 cm^{-1} 에 해당하는 피크가 증가하였으며, 이를 통해 케라틴 단백질 간의 이황화 결합에 필수적인 시스테인이 산화되는 것을 확인하였다. 반면, 손상된 모발에 서리태 발효추출물을 처리한 경우에는 표피의 큐티클 층의 틈이 메워지고, 인장강도가 $14.27 \pm 0.96 \text{ g/cm}^2$ 로 회복되었으며, 모발의 성분 중 시스테인의 산화물 비율이 감소하는 것으로 분석되었다. 이러한 결과들을 통해 발효 서리태 추출물은 산화제에 의해 손상된 모발의 보호 소재로 연구될 가치가 있는 것으로 기대된다.

Abstract: This study was carried out to investigate the hair protection effect of fermented black soybean extracts. The morphological characteristics, tensile strength and constitutional changes of the hair were analyzed and compared when the hair was chemically oxidized and then treated with fermented black soybean extract. As a result, treatment of oxidizing agent on virgin hair caused damage on the cuticle layer of the epidermis and decreased in tensile strength of hair from $14.32 \pm 0.83 \text{ g/cm}^2$ to $12.32 \pm 0.79 \text{ g/cm}^2$. FT-IR analysis showed the peaks at 1,077, 1,041, and 801 cm^{-1} of the hair treated with oxidizing agent were increased compared to peak values of virgin hair, indicating that cysteine in hair was decreased which is crucial to disulfide bond between keratin. On the other hand, when the damaged hair is treated with the fermented black soybean extract, cracks in the cuticle layer of the epidermis were filled, tensile strength was restored to $14.27 \pm 0.96 \text{ g/cm}^2$ and the ratio of oxidized cysteine in hair was decreased. These results suggest that the fermented black soybean extract is worthy of further investigation as a protective material for hair damaged by oxidizing agents.

Keywords: hair care, decolorization, tensile strength, fermented black bean extract, biopolymer

[†] 주 저자 (e-mail: rmd@macrocare.net)
call: 043)214-3657

1. 서 론

현대인의 미용에서 모발은 매우 중요한 위치를 차지하며, 그에 따라 과학적으로 많은 관심이 생기고 있다. 특히 모발 미용기술의 발전을 통해 모발에 다양한 색상을 부여하거나 구조를 변형시키는 것이 가능해졌다. 그러나 이러한 기술의 다양화에 따라 모발의 손상 역시 문제가 되고 있다. 특히 흑발과 같이 어두운 모발의 색을 밝은 계열로 전환하고자 하는 경우 탈색 후 원하는 색의 염모제를 적용해야 한다. 그러나 탈색 과정에서 많은 손상이 발생하기 때문에 그 메커니즘을 파악하고 탈색으로 인해 발생하는 손상을 억제하기 위한 연구가 필요한 실정이다[1]. 모발은 표피(cuticle), 피질(cortex), 수질(medulla)로 되어 있으며 그중 표피는 비늘 모양의 다층구조로 관찰된다. 표피를 구성하는 주 단백질은 소수성 단백질인 케라틴(keratin)이며, 모발의 피질을 외부의 물리적, 화학적 자극으로부터 보호하는 기능을 수행한다. 피질에는 콜라겐 단백질과 함께 색상을 결정하는 멜라닌 색소도 포함되어 있는데, 과산화수소 등의 산화제를 처리하면 분해되어 탈색된다. 과산화수소(hydrogen peroxide)는 강한 산화력을 가지는 물질로 수용성이며, 휘발성이 있어 사용 후 모발에 잔류하지 않는 장점이 있어 오래전부터 탈색에 활용되어 왔다. 그러나 탈색 과정에서 과산화수소가 표피의 단백질 층을 뚫고 피질에까지 영향을 미치기 때문에 반복적으로 탈색을 하게 되면 표피의 케라틴 층에 손상을 줄 수 있다. 케라틴이 손상되면 모표피 특유의 비늘구조인 큐티클 층이 약화되어 비늘 사이의 간극이 벌어지고 표면이 거칠어지며 심한 경우에는 비늘이 떨어져 나가 피질이 노출되기도 하는 것으로 보고되었다[2-4]. 피질을 구성하는 주 단백질인 케라틴은 모발의 인장강도에 관여하는데, 표피가 손상되면 피질의 수분이 감소하고 피질을 구성하는 케라틴 단백질이 쉽게 손상되어 모발의 탄성 및 인장강도가 감소할 수 있으며 심한 경우 단백질이 유출되어 쉽게 끊어진다. 따라서 건강한 모발을 유지하기 위해서는 표피의 손상을 방지하고 손실된 성분을 보충할 필요가 있다. 모발의 표면에 기름이나 고분자물질로 막을 형성하거나 손실된 단백질을 보충하는 기술은 모발의 추가적인 손상을 줄이는데 효과가 있는 것으로 알려져 있다[5-7]. 모발의 보호를 위하여 필요한 물질은 천연소재로부

터도 얻을 수 있는데, 특히 바실러스(*Bacillus*) 속에 해당하는 미생물을 접종하여 발효한 콩류의 추출물에는 gamma-PGA를 비롯하여 아미노산으로 구성된 고분자 물질이나 poly-fructan 등의 당질 고분자물질이 함유되어 있는 것으로 조사되었다[5,8,9]. 이러한 천연 고분자 물질들은 유기합성을 통해 만든 고분자물질에 비해 생체적 합성이 높아 인체에 적용하여도 부작용이 거의 발생하지 않는다고 알려져 있다[10]. 뿐만 아니라 모발의 표면에 흡착되어 마찰력을 줄이고 외부로부터의 충격으로부터 모발을 보호하며, 수분이나 단백질과 같은 모발 구성성분의 유출을 방지하기 때문에 손상된 모발을 복원하는데 도움이 될 것으로 예상된다[11]. 한편, 서리태(*Glycine max* Merr.)에는 통상적인 콩에서도 얻을 수 있는 이소플라본과 더불어 강한 항산화 효능을 가진 안토시아닌도 풍부하여 산화적 스트레스로 인한 영향을 억제하는 활성이 더 높다고 보고되었다[12]. 이에 본 연구에서는 과산화수소를 통해 손상된 모발을 치료하고 추가적인 손상을 방지하기 위한 연구의 일환으로 20대 여성의 모발에 과산화수소를 이용하여 탈색하는 과정을 통해 손상된 모발의 모델을 만들고 서리태 발효추출물을 처리하였다. 그에 따라 변화되는 모발의 역학적 성질변화는 인장강도기(rheometer)를, 형태학적 변화는 주사전자현미경(scanning electron microscopy)을, 케라틴을 구성하는 시스테인(cysteine)의 산화정도는 푸리에 변환 적외선(Fourier transform infrared, FT-IR) 분석을 수행하여 서리태 발효추출물 처리하기 전의 모발과 비교하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 균주

서리태 발효추출물의 제조를 위해 (주)마크로케어에서 일본산 낫토로부터 분리한 *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*)를 배양하여 사용하였다. 균주의 전배양액은 200 mL의 tryptic soy broth (Difco, USA)에 접종 후 37 °C, 200 RPM의 조건으로 18 h 동안 교반하여 준비하였다.

2.2. 서리태 발효추출물 제조

모발보호효과를 가지는 서리태 발효추출물을 제조하기 위하여 강원도 영월산 서리태를 구입하여 사용하였다. 1 kg 서리태를 체에 담아 흐르는 물에서 20 min

동안 세척 후 12 h 동안 증류수에 담아 보관하였다. 이후 콩을 건져 121 °C에서 20 min 동안 멸균한 뒤 전배양한 *B. subtilis*를 50 mL 고르게 접종하였다. 균주를 접종한 서리태는 40 °C에서 24 h 발효한 후 증류수를 3 L 첨가하여 40 °C, 200 RPM의 조건으로 3 h 동안 추출하였다. 발효추출물을 회수하기 위해 100 mesh 체로 콩 부산물을 제거하고 GF/C 필터(Whatman, UK)를 이용하여 여과한 뒤 액량 부피의 10배에 해당하는 95% 에탄올(Duksan, Korea)을 가하여 25 °C에서 24 h 동안 정치하였다. 이후 상층액을 제거하고 침전을 증류수에 용해하여 서리태 발효추출물 용액을 준비하였다.

2.3. 모발선정

24세 한국인 여성의 건강한 모발에서 광학현미경을 사용하여 손상이 없는 버진 헤어(virgin hair)를 선정하였다. 모발은 두피로부터 약 15-20 cm 떨어진 곳에서 길이 35-40 cm가 되도록 잘라서 채취하였다.

2.4. 탈색

버진 헤어를 10% 과산화수소(Duksan, Korea)가 포함된 10% 암모니아수(Duksan, Korea)에 30 min 동안 침지한 뒤 흐르는 물에서 30 s 동안 세척한 후 35 °C, 상대습도 45%에서 18 h 동안 건조하여 손상된 모발을 준비하였다.

2.5. 탈색된 모발에 추출물 처리

탈색된 모발을 서리태 발효추출물 처리구와 대조구로 나누어 진행하였다. 서리태 발효추출물 처리 시험구를 제조하기 위해 손상된 모발을 추출물에 30 min 동안 침지한 뒤 흐르는 물에서 30 s 동안 세척한 후 헤어 드라이기로 10 s 동안 건조하는 것을 3회 반복하였다. 대조구는 손상된 모발을 물에 침지한 후 헤어 드라이기로 10 s 동안 건조하여 준비하였다.

2.6. 건조중량 분석

서리태 발효추출물 수용액에 포함된 고형분의 비율을 측정하기 위하여 시료를 알루미늄 접시에 넣고 105 °C에서 2 h 이상 상압가열건조 하여 건조물의 무게를 측정하였다[8].

2.7. 총당 함량 분석

발효추출물에 포함된 총당 함량을 분석하기 위하여 M. Dubois 등의 페놀-황산법을 참조하여 분석을 진행하였다[13]. 흡광도는 분광광도계(UV mini 1240, Shimadzu, Japan)을 이용하여 490 nm에서 분석하였다.

2.8. 아미노산 분석

발효추출물에 포함된 단백질을 구성하는 아미노산의 함량을 분석하기 위하여 아미노산 분석기(L-8900 Hitachi high-speed amino acid analyzer, Hitachi, Japan)를 이용하였다. 분석방법은 M. Chang 등의 방법을 참조하였다[15].

2.9. 주사전자현미경

시료의 형태학적 특성을 분석하기 위하여 건조된 모발에 이온침착기(IB-5, Eiko, Japan)를 이용하여 20 nm 두께로 백금코팅을 하였다. 전처리된 시료는 주사전자현미경(TM3030, Hitachi, Japan)을 이용하여 촬영하였다.

2.10. 인장강도분석

시료의 안정화를 위하여 모발은 온도 20 ± 2 °C, 습도 65 ± 4%에서 24 h 동안 보관하였다. 버진 헤어와 탈색된 시료 및 탈색 후 발효추출물을 처리한 시료는 전자식버니어캘리퍼스(Neiko 01407A electronic digital caliper, Neiko, Japan)로 두께를 측정하여 굵기가 0.8 mm 내외인 것을 선별하여 인장강도 분석에 사용하였다. 인장강도 및 기타 물리학적 특성은 인장강도기(CR-500DX-S, Japan)를 사용하여 KS K ISO 5079 표준: 2014에 수록된 측정방법에 따라 측정하였다.

2.11. FT-IR

FT-IR (iS50, Thermo, Japan)의 probe에 모발을 고정하여 각 시료마다 10회 측정하였다. 파수(wavenumber)는 700-1200 cm⁻¹로 조절하여 진행하였다.

3. 결과 및 해석

3.1. 서리태 발효추출물을 구성하는 성분

상압가열건조법을 통해 분석한 서리태 발효추출물의 건조중량은 0.64%로 확인되었으며 페놀-황산법을 통해 분석한 총당 함량은 0.23%로 분석되었다. 시료에

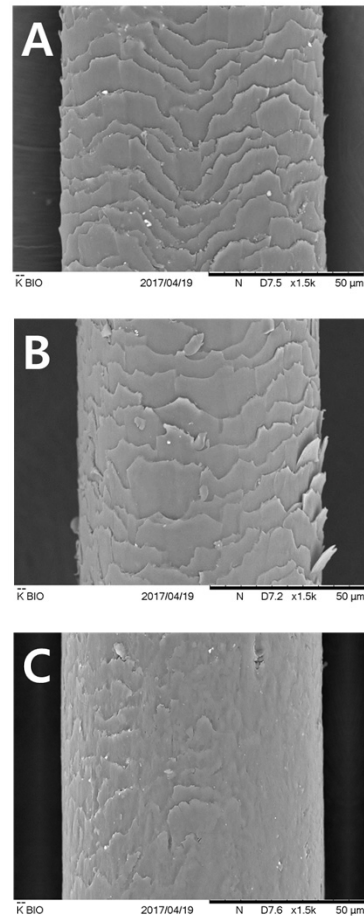
Table 1. Amino Acid Contents in Extract from Black Soybean Ferment (Unit: mg/100 g Sample Weight)

Free amino acid	Contents
Glutamic acid	135.4
Aspartic acid	22.6
Lysine	22.5
Arginine	20.8
Histidine	8.8
Glycine	6.6
Tyrosine	6.8
Cysteine	5.8
Threonine	4.8
Alanine	3.8
Phenylalanine	3.6
Proline	10.8
Serine	9.2
Valine	3.4
Isoleucine	2.8
ETC	48.8
Total	316.5

포함된 아미노산을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 서리태 발효추출물 100 g에 포함된 glutamic acid는 135.4 mg, aspartic acid는 22.6 mg, lysine은 22.5 mg, arginine은 20.8 mg, histidine은 8.8 mg, glycine은 6.6 mg, tyrosine은 6.8 mg, cysteine은 5.8 mg, threonine은 4.8 mg, alanine은 3.8 mg, phenylalanine은 3.6 mg, proline은 10.8 mg, serine은 9.2 mg, valine은 3.4 mg, isoleucine은 2.8 mg, 기타 48.8 mg으로 총 316.5 mg 함유된 것으로 분석되었다. glutamic acid는 음이온성 고분자인 gamma PGA의 지표로 사용될 수 있는데, P. K. Dutta 등의 보고내용에 따르면 음이온성 고분자 물질은 정전기적 인력을 통해 모발의 표면에 막을 형성하는 특징이 있어 손상된 모발 보호에 활용하기 위한 연구가 이루어지고 있다[16].

3.2. 형태학적 특성

버진 헤어, 탈색한 모발, 탈색한 뒤 서리태 발효추출물을 처리한 모발을 주사전자현미경으로 촬영한 사진은 Figure 1과 같다. 버진 헤어의 경우 표면이 비늘모양의 큐티클 층으로 덮여있는 구조가 관찰되었다(Figure 1A). 과산화수소를 가하여 손상된 모발의 경우 전반적으로 큐티클 층의 끝부분이 들떠있으며 표면의 굴곡이

**Figure 1.** SEM image of virgin hair (A), bleached hair (B) and bleached hair treated with fermented black bean extract (C).

많은 것이 관찰되었다(Figure 1B). 탈색 후 서리태 발효추출물을 처리한 모발은 큐티클 층간 틈이 거의 보이지 않으며 굴곡이 적은 것으로 확인되었다(Figure 1C). 이러한 현상은 큐티클 층 사이에 흡착된 고분자물질이 층과 층을 고정하는 역할을 수행하는 것과 모표피의 외곽에 고분자물질의 막이 형성되기 때문에 추가적인 갈라짐을 방지하는 것을 원인으로 들 수 있다. G. Y. Lee 등에 의하면 모발의 최외각에 배치된 큐티클세포들이 바깥쪽으로 휘어지는 현상은 강알칼리 성분이 함유된 탈색제를 사용한 영향으로, 모발 세포막 사이에서 큐티클 층의 가교역할을 수행하는 복합체를 구성하는 물질 중 일부가 용출되는 현상이 촉진되기 때문으로 예상된다[1].

Table 2. Mechanical Properties of Virgin Hair, Bleached Hair and Bleached Hair Treated with Fermented Black Bean Extract

Sample	Average diameter (mm)	Peak stress (g)	Distance (mm)	Tensile energy (erg/cm ²)	Tensile strength (g/cm ²)
Virgin hair	0.80 ± 0.03	145.81 ± 6.02	12.15 ± 0.61	105.16 ± 3.17	14.32 ± 0.83
Bleached hair	0.80 ± 0.05	129.12 ± 7.49	11.52 ± 0.57	85.29 ± 2.82	12.82 ± 0.79
Bleached hair treated with fermented black bean extract	0.81 ± 0.04	147.26 ± 8.03	12.40 ± 0.68	106.33 ± 4.04	14.27 ± 0.96

3.3. 인장강도 측정

버진 헤어, 과산화수소 및 암모니아수를 처리하여 탈색한 모발 및 탈색한 뒤 서리태 발효추출물을 처리한 모발의 물리적 강도를 비교하기 위해 인장강도기로 측정된 결과는 Table 2와 같다. 각 모발 시료를 10개 선택하여 반복실험 후 평균값을 구하였다. 버진 헤어 (virgin hair)의 최고응력(peak stress)은 145.81 ± 6.02 g, 인장거리(distance)는 12.15 ± 0.61 mm는 인장에너지 (tensile energy)는 105.16 ± 3.17 erg/cm², 인장강도(tensile strength) 14.32 ± 0.83 g/cm²으로 분석되었으나, 탈색 후 모발(bleached hair)의 최고응력은 129.12 ± 7.49 g, 인장 거리는 11.52 ± 0.57 mm, 인장에너지는 85.29 ± 2.82 erg/cm², 인장강도는 12.82 ± 0.79 g/cm²로 감소되었다. 이는 G. Y. Lee 등이 발표한 내용과 유사한 값으로 확인되었다[3]. 그러나 서리태 발효추출물을 처리한 탈색된 모발(bleached hair treated with fermented black bean extract)의 경우 최고응력 147.26 ± 8.03 g, 인장거리 12.40 ± 0.68 mm, 인장에너지 106.33 ± 4.04 erg/cm², 인장강도 14.27 ± 0.96 g/cm²로 각각 증가하여 버진 헤어와 비슷한 수준으로 회복되었다.

3.4. FT-IR

버진 헤어, 탈색한 모발 및 탈색한 모발에 서리태 발효추출물을 처리한 시료의 FT-IR 분석결과는 Figure 2와 같다. 버진 헤어(Figure 2 적색)에 비하여 탈색 후 (Figure 2 보라색) 1,077, 1,041, 801 cm⁻¹ 주변에서 분석치가 높게 측정되었다. B. J. Ha 및 C. R. Robbins의 연구결과에 의하면 과산화수소에 노출된 케라틴은 산화되어 단백질사슬 간 이황화결합을 형성하는 시스틴의 구조가 변화하게 되는데, 이는 FT-IR의 1,041, 801 cm⁻¹ 피크 증가를 통해 시스테인산(cysteic acid)이 생성되는 것을, 1,077 cm⁻¹ 피크 증가를 통해 시스틴모노옥사이드(cystine monoxide)가 생성되는 것을 확인할 수 있었다[17,18]. 한편, 서리태 발효추출물을 처리한 뒤에는 시스테인산 및 시스틴모노옥사이드와 관련된 피크가 다소 감소되는 것으로 분석되었다(Figure 2 녹색).

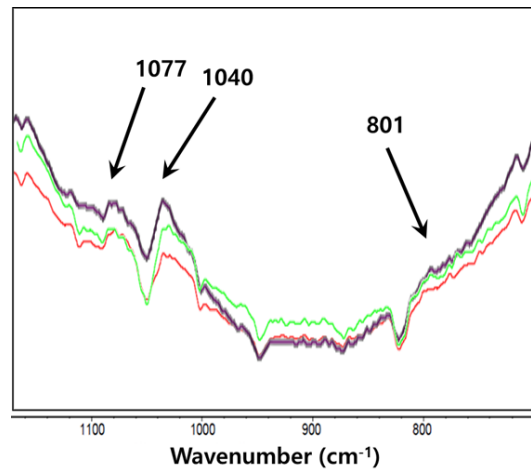


Figure 2. FT-IR spectra of virgin hair (red), bleached hair (purple) and bleached hair treated with fermented black bean extract (green).

드(cystine monoxide)가 생성되는 것을 확인할 수 있었다[17,18]. 한편, 서리태 발효추출물을 처리한 뒤에는 시스테인산 및 시스틴모노옥사이드와 관련된 피크가 다소 감소되는 것으로 분석되었다(Figure 2 녹색).

4. 결 론

과산화수소로 탈색하여 손상된 20대 한국인 여성의 모발을 서리태 발효추출물로 복구할 수 있는지 확인하기 위하여 형태학적, 물리적, 분광학적 특성을 통해 비교하였다. 주사전자현미경으로 탈색을 통해 손상된 모발을 관찰한 결과 버진 헤어에 비하여 표피의 비늘구조가 벌어지거나 떨어져 나간 것이 관찰되었다. 한편, 서리태 발효추출물을 처리한 모발의 경우에는 비늘 사이의 틈이 메워져 있어 상대적으로 매끈한 표면을 가지는 것으로 확인되었다. 그에 따라 인장력이 회복되

었으며 FT-IR에서도 비교적 시스테인산이나 시스틴모노옥사이드로 인해 발생된 피크가 감소된 것으로 확인되었다. C. R. Robbins의 보고에 의하면 산화된 모발은 큐티클 층을 구성하는 케라틴단 백질에 포함된 시스테인이 시스테인산이나 시스틴모노옥사이드로 전환되어 이황화결합을 수행할 수 없게 되는 것으로 확인되었다 [18]. 이 감소한 모발은 이황화결합이 약화된 인장력이 감소하게 된다. Y. Z. Hesseford 등의 보고에서는 탈색시킨 모발에 대하여 기체포집법(gas sorption)으로 기낭(pore)의 증가량을 분석한 결과 화학적 산화제를 처리한 시간에 따라 의해 모발의 기공이 증가하며 그에 따라 인장강도는 감소하였다. 이는 모발을 구성하는 케라틴 섬유다발이 구조를 유지하지 못하게 되어 영구적으로 파괴되었기 때문인데, 전자현미경으로 분석한 결과 또한 유사한 경향성을 가지는 것으로 보고하였다 [19]. 이는 본 연구에서 확인한 결과와 일치하는 것으로, 모발의 탈색을 위해 처리한 과산화수소가 모발의 이황화 결합을 영구적으로 파괴하고 표피의 큐티클층의 결합을 약화시키는 결과를 초래하였음을 알 수 있다. 한편, 콩 펩타이드를 처리한 시험구의 경우 FT-IR 피크의 시스테인 산화물의 비율이 감소하였고 인장강도가 일부 회복되었으며, 주사전자현미경을 통해 바깥으로 휘어진 비늘이 관찰되지 않는 것으로 관찰되었다. 이를 통해 서리태 발효추출물 처리를 통해 산화제로 인해 발생한 모발의 손상을 보완할 수 있음을 확인하였다.

감사의 말

이 논문은 2016년 산업통상지원부의 경제협력권산업 육성사업을 통해 지원을 받아 연구되었음(R0002893).

Reference

- G. Y. Lee and B. S. Chang, Study on the tensile strength of bleached hair, *Korean J. Microscopy*, **38**(3), 251 (2008).
- W. S. Hong, B. S. Chang, D. S. Lim, S. O. Park, and S. M. Yoe, Morphological change of men's hair shaft by weathering, *Korean J. Electron Microscopy*, **30**, 11 (2000).
- G. Y. Lee and B. S. Chang, Study on the tensile strength of oxidative permanent dyed hair, *Korean J. Microscopy*, **38**(4), 339 (2008).
- S. A. França, M. F. Dario, V. B. Esteves, A. R. Baby, and M. V. R. Velasco, Types of hair dye and their mechanisms of action, *Cosmet.*, **2**, 110 (2015).
- B. R. Lee, O. S. Lee, T. J. Kang, and S. C. Lim, Development of shampoo formulated by EPA for the damaged hair, *Korean J. Clin. Pharm.*, **21**(3), 256 (2011).
- M. J. Min, M. S. Na, E. M. Ryu, W. S. Cha, and G. Mullet, Extract on physical damage of colored and bleached Hair, *Korean educ. J. aesthetic soc.*, **9**(1), 1 (2011).
- S. Y. Kim and J. S. Kim, The study on hair according to keratin treatment method, *J. Beau. Tricho.*, **4**(1), 63 (2008).
- H. E. Kim, S. Y. Han, J. B. Jung, J. M. Ko, and Y. S. Kim, Quality characteristics of doenjang (soybean paste) prepared with germinated regular soybean and black soybean, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**(3), 361 (2011).
- W. J. Yoon, S. W. Lee, H. K. Moon, J. N. Moon, B. G. Kim, B. J. Kim, and G. Y. Kim, Quality characteristics of traditional soybean paste (doenjang) manufactured with mixed beans, *J. East Asian Soc. Dietary Life*, **21**(3), 375 (2011).
- S. A. Park, J. H. Lee, and W. Kim, Development of biomimetic scaffold for tissue engineering, *Elastomers Composites*, **44**(2), 106 (2009).
- W. G. Cho, Application of polymers in cosmetics, *J. Korean Oil Chemists' Soc.*, **30**(3), 411 (2013).
- C. M. Im, S. H. Kwon, M. S. Bae, K. O. Jung, S. H. Moon, and K. Y. Park, Characteristics and increased antimutagenic effect of black soybean (var. Seoritae) chungkukjang, *Cancer Prevention Res.*, **11**(3), 218 (2006).
- M. DuBois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith, Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, **28**(3), 350 (1956).

14. B. N. Kim, C. H. Park, B. M. Yun, M. C. Jung, and S. Y. Lee, Changes of saccharides and amino acids in natto added with spice during fermentation, *Korean Soc. Food Nutr.*, **24**(1), 114 (1995).
15. M. Chang and H. C. Chang, Characteristics of bacterial-koji and doenjang made by using *B. subtilis* DJI, *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, **35**(4), 325 (2007).
16. P. K. Dutta, J. Dutta, and V. S. Tripathi, Chitin and chitosan: chemistry, properties and applications, *J. Sci. Ind. Res.*, **63**, 20 (2004).
17. C. R. Robbins, Chemical and physical behavior of human hair, 263, Springer-Verlag, New York Washington, D.C. (2012).
18. B. J. Ha, Spectroscopic evaluation on the chemical damage of hair by hydrogen peroxide, *Appl. Chem. Eng.*, **22**(5), 579 (2011).
19. Y. Z. Hesseford, B. T. Holland, and R. W. Cloud, True porosity measurement of hair: A new way to study hair damage mechanisms, *J. Cosmet. Sci.*, **59**, 303 (2008).