

염모제의 자극 완화 기술

이 민 정 · 문 호 승 · 박 재 정 · 김 종 협 · 박 병 권 · 김 태 윤 · 김 왕 기 · 김 덕 희 · 박 준 성 · 한 상 훈 · 백 석 윤[†]

아모레퍼시픽 기술연구원 화장품연구소
(2010년 9월 13일 접수, 2010년 11월 10일 수정, 2010년 11월 15일 채택)

Abirritant Technology of Hair Coloring

Minjung Lee, Hyo Seung Moon, Jae Jung Park, Jonghyub Kim, Byung Kwon Park, Tae Yoon Kim,
Wang Gi Kim, Duck Hee Kim, Jun Seoung Park, Sang Hoon Han, and Seok Yun Baek[†]

Amorepacific Corporation, R&D Center, 314-1, Bora-dong, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 449-729, Korea
(Received September 13, 2010; Revised November 10, 2010; Accepted November 15, 2010)

요약: 이 연구에서 우리는 두피 자극을 완화시킬 수 있는 두피보호화우더를 개발하였으며 이 화우더를 염모제와 혼합하여 사용함으로써 디아민계 염료에 의한 자극이 감소됨을 임상시험을 통하여 확인하였다. 또한 염색력이 향상되고, 두피의 자극과 모발 손상의 완화 효과를 기대할 수 있었다. 이와 함께 본 연구에서의 염모제형은 액정 구조를 가짐으로써 염색력 증진과 암모니아 취 감소 효과를 나타냈다.

Abstract: In this study, we developed a scalp protect powder (scalp irritation abirritant). We proved this powder can lessen sensitivity of skin against diamine dyes (PPD, PTD, etc.) by carrying out safety test and clinical experiments. This scalp protect powder accelerates dyeing process, and reduces not only scalp irritation but also hair damage. Using our optimum formula, ammonia can be caught in liquid-crystalline structure, subsequently, bad odor is reduced dramatically.

Keywords: hair dye, PPD, scalp irritation, hair damage, ammonia odor

1. 서 론

염모 제품의 시장은 계속적으로 성장하고 있으며, 이에 따라 제품의 질도 향상되고 있다. 최근에는 스킨케어 제품이나 약물 전달 등 다른 분야의 여러 가지 기술들이 염모제에 접목되기도 한다. 특히 고령화 사회에 접어들면서, 새치커버를 필요로 하는 인구가 증가함에 따라 새치커버용 염모제의 시장은 점점 더 확대되고 있다. 또한, 자신의 개성을 표출하고 멋을 내기 위하여 자신의 모발의 색을 바꾸는 염모제에 대한 고객들의 관심이 커짐에 따라 멋내기용 제품도 매우 다양해지고 있다.

한국 소비자원의 2008년 자료를 보면, 소비자들은 염모제의 알레르기과 자극성에 대하여 걱정하고, 고통을

호소한다. 염모제에 쓰이는 염료 중 디아민계 염료, 즉, *p*-phenylenediamine (PPD), *p*-toluenediamine (PTD)와 같은 염료들이 알레르기 증상 및 피부에 자극감을 주는 것으로 알려져 있다[1]. PTD 염료는 PPD에 비하여 알레르기를 일으킬 가능성은 낮지만, 이 역시 알레르기 유발 물질로서 간과될 수 없다[2]. 염료에 의한 피부의 자극 및 알레르기 증상뿐만 아니라, 암모니아 취에 의한 자극은 소비자들에게 고통을 유발한다. 암모니아에 의한 자극취는 염색 시술 중 소비자에게 두통, 눈 시림 및 불쾌감을 유발하기 때문이다. 또한, 모발은 염모제의 시술 중 자극에 의하여 손상되기 쉽다. 소비자들은 모발의 염색 후 모발을 만져 보았을 때 느껴지는 촉감에서의 거칠기, 건조함 등에서 모발이 손상되었음을 인지한다. 이러한 경우, 현미경 관찰을 통하여 큐티클 층의 파괴가 일어남을 확인할 수 있다.

[†] 주 저자 (e-mail: MJ23@amorepacific.com)

우리는 이 연구를 통하여, 염모제의 자극을 완화하는 기술을 개발하였다. 두피보호파우더를 통해 알레르기 반응을 감소시키고 두피의 자극을 완화해주며 염색력을 향상시킬 수 있었다. 또한 액정 구조의 염모제형을 통해 암모니아 취 저감 및 염색성 향상, 모발 손상 완화 효과를 얻을 수 있었다.

2. 재료 및 실험

2.1. 기기 및 시약

염모제의 액정 구조는 편광현미경(11020518102, Leica Microsystems, Germany)을 통하여 확인할 수 있었다. 이미지의 저장은 디지털카메라(CA-560, Canon, Japan)를 이용하였다. 염색성 평가는 색차계(Labscan XE, Hunterlab, USA)를 이용하여 색을 측정하였다. 모발 손상의 정도를 관찰하기 위하여 주사전자현미경(S-4300, Hitachi, Japan)을 사용하였다.

2.2. 제 1제 및 2제의 제조

산화형 염모제는 산화형 염료를 사용하여 염료의 산화 반응에 의해 색을 나타낸다. 1제인 염모제와 2제인 산화제로 구성되어 있으며 1제에는 색을 내기 위한 염료와 모발을 팽윤시키고 과산화수소의 분해를 촉진시켜 산화 반응을 일으키게 하는 알칼리제 및 산화반응을 조절하는 환원제 혹은 항산화제를 포함한다. 또한 그 이외에도 금속이온을 봉쇄하기 위한 킬레이트제와 고급알코올류, 계면활성제, 양이온 폴리머 등의 모발 컨디셔닝제와 향 등이 포함된다. 위 실험에 사용된 1제의 조성물은 Table 1과 같이 나타내었다.

제 2제인 산화제에는 주로 멜라닌 분해와 염료의 산화 반응을 촉진시키는 과산화수소가 포함되어 있으며 그 조성물은 Table 2와 같다.

2.3. 두피보호파우더의 제조

두피보호파우더를 제조하기 위하여 한방 성분들에 대한 조사와 스크리닝, 자극 테스트를 시행했다. 스크리닝에 있어서는 동의보감 등 고의서에 나타난 청열 효능을 갖는 약재(100여 종)를 1차 채택하였다. 또한 채택된 성분들을 대상으로 자극 테스트를 행하였다. 건강한 성인 남녀 35명을 대상으로 closed patch test의 방법으로, 도포는 24 h 동안 이루어졌으며 첩포 제거 후 30 min, 24 h 후를 관찰하였다.

이런 과정을 통해 자란, 고삼, 작약, 한련초, 녹차 성분

Table 1. Composition of 1st Colorant (wt%)

Name	wt%
Cetostearyl alcohol	8
Mineral oil	3
Polyoxyethyl stearylether	2
Polyoxyethylenelaurylether	2
Disodium EDTA	0.2
Erythorbic acid	0.5
Sodium sulfite	0.5
<i>p</i> -phenylenediamine	0.8
<i>m</i> -aminophenol	0.2
Resorcinol	1.3
Ammonia (28 %)	2
Monoethanolamine	2
Fragrance	0.3
Distilled water	to 100

Table 2. Composition of 2nd Developer (wt%)

Name	wt%
Lanette O	3.5
Mineral oil	1
Isoparaffin	1.5
Polyoxyethylenelaurylether	0.5
Polyoxyethyl stearylether	1.5
Phenacetin	0.03
Disodium EDTA	0.2
Phosphoric acid	0.16
Hydrogen peroxide (35 %)	17
Distilled water	to 100

을 채택하였다. 대표 약재의 효능은 아래와 같으며 두피 보호파우더의 원료로 쓰인 물질들을 Table 3에 나타내었다. 각 원료는 같은 비율로 배합하였으며, 수렴효과를 갖는 약재들 간의 최적 비를 도출하여 항염 및 수렴 효능이 최적화된 복합 제제를 개발하는 과제는 추후에 연구되어야 할 것이다. 동의보감에 의하면, 자란(본초명 : 백급(白芨))은 난초과에 속하는 다년생 본초로서 수렴지혈(收斂止血), 소종생기(消腫生肌) 등의 효능이 있다. 각종 출혈증 및 종기나 창양에 내복 또는 외복으로 사용하며, 기름 성분이 많아서 궤양이나 창상 면의 유합을 촉진한다. 고삼은 콩과에 속하는 다년생 본초로서 청열조습(淸熱燥濕), 거풍살충(祛風殺蟲) 등의 효능이 있다. 피부소양(皮膚瘙癢), 창개(瘡疥, 음), 치질(痔疾) 등의 병증 등

Table 3. Composition of Scalp Protection Powder (wt%)

Ingredient	wt%
Bletilla striata	20
Sophora flavescens	20
Peony root	20
Eclipta alba	20
Green tea	20

에 활용된다.

자란(*Bletilla striata*)은 1 h 동안 삶은 후 물을 넣고 환류 추출 후 침적 시켰다. 그 후, 여과포 여과와 원심분리를 통해 잔사와 여액을 분리하고, 분리된 여액을 감압 농축하여 자란 추출물을 얻었다. 고삼(*Sophora flavescens*)도 자란과 같은 방법으로 추출물을 얻을 수 있었다. 작약(*Peony root*)은 작약 5 kg을 잘 건조 시킨 후 분쇄기를 이용하여 분쇄, 분말을 제조하였으며, 한련초(*Eclipta alba*)도 같은 방법으로 분말로 제조 하였다. 녹차는 건조 녹차 잎을 분쇄하여 용매 추출을 통하여 제조하였다.

2.4. 액정 구조의 확인

제조된 제1제와 제2제를 혼합한 후 0.5 g을 취하여 슬라이드글라스 위에 얇게 펼쳐 발랐다. 그 후 현미경(11020518102, Leica Microscopy Systems, Germany)의 편광렌즈를 이용하여 액정 구조를 확인하였다. 액정 구조의 이미지는 디지털 카메라(CA-560, Canon, Japan)를 이용하여 저장하였다.

2.5. 효능 평가(*in vitro*)

제조된 제3제인 두피보호파우더의 효능을 평가하기 위하여 우리는 동물실험을 대체할 수 있는 *in vitro* 상에서 이루어지는 h-CLAT (human cell line activation test) 시험을 하였다. h-CLAT 시험은 THP-1 cell line (Human leukemia monocytic cell line)을 *in vitro*에서 활성화 시켰을 때 배양 액에 생성되는 MIP-1 beta cytokine 수준에 있어서, 세포 배양 시 첨가되는 피부 감작성 물질과 비 감작성 물질 간 차이가 있음에 근거한다[3]. THP-1 cell은 피부 감작성 물질로 처리 되었을 때 MIP-1 beta cytokine을 더 많이 생산하며, 이 값은 Fluorescence Intensity 측정을 통하여 비교할 수 있다. 우리는 THP-1을 배양하면서 PPD로 감작 유도한 대조군을 마련하고, 두피보호파우더를 10 µg/mL부터 1,000 µg/mL사이의 여러 농도로 처리하였다. 3일간 배양 후, Relative Fluorescence Intensity (RFI)와 Cell Viability를 측정하였다.

2.6. 자극감 평가

자극감은 직접 사용 시험을 통하여 이루어졌으며, 염모제의 디아민계 염료(*p*-phenylenediamine, *p*-toluenediamine)에 대한 알레르기접촉피부염 반응 검사에서 양성 반응을 나타내는 환자 15명을 병원에서 모집하여 이루어졌다. 실험은 한 대학병원에서 이루어졌으며 디아민계 염료인 PTD를 포함한 제품을 사용하였다. 제품은 1제 60 g, 2제 60 g으로 이루어져 있으며, 두피보호파우더는 1.5 g을 배합하였다. 1제와 2제, 그리고 3제를 모두 한 번에 혼합하여 모발에 골고루 바른 후 30 min 방치하고 모발을 미지근한 물로 깨끗이 행구었다. 실제 염색할 때와 동일하게 시행한 후 1주일 동안 가려움, 따가움, 붓기, 홍반 등의 증상이 있는지 확인하되, 증상이 있을 경우 내원하도록 하고 없을 경우 발생하지 않았다고 하더라도 1주 후에는 내원하도록 하였다. 설문을 통하여 예전의 제품 사용할 때 보다 붓기, 가려움, 따끔거림, 피부홍반의 4가지 항목에 대하여 발생 유무와 정도에 대하여 주관적인 평가를 하도록 하였다.

2.7. 염색력 평가

두피보호파우더를 함유하였을 때와 함유하지 않았을 때의 염색력을 평가하기 위하여 Table 1과 Table 2의 제1제와 2제 조성물을 제조하여 60 g씩 1 : 1 비율로 혼합한 후 모발 무게의 2배 되는 양을 취해 길이 12 cm의 실험용 사람 모발에 골고루 도포하였다. 대조군으로 두피보호파우더의 효과를 확인하기 위하여 제1제와 2제 조성물을 60 g씩 1 : 1의 비율로 혼합한 후 제3제인 두피보호파우더를 1 g 첨가 하였다. 그리고 앞서 시행하였던 것과 마찬가지로 모발 무게의 2배 되는 양을 취하여 길이 12 cm 모발에 골고루 도포하였다. 모발은 모두 백모와 흑모의 비율이 3 : 7인 새치모를 사용하였다. 30 min 방치한 후 샴푸 액을 이용하여 흐르는 물에 1 min 세척한 후 헤어드라이어를 이용하여 건조시켰다. 건조시킨 모발을 색차계(Labscan XE, Hunterlab, USA)를 이용하여 색을 측정하였다. 결과는 색차계로 측정한 명도 값인 L*을 이용하여 염색 전후를 비교하는 ΔL*을 비교하였다.

2.8. 모발 손상감 평가

모발 손상감을 평가하기 위하여 앞서 염색성 평가 방법과 마찬가지로 두피보호파우더를 넣은 경우와 넣지 않은 경우로 나누어 12 cm의 실험용 사람 모발에 염색을 하였다. 염색한 모발을 전문 패널 5명이 매우 부드러움, 부드러움, 보통, 거침의 4단계로 평가를 하도록 하였다.

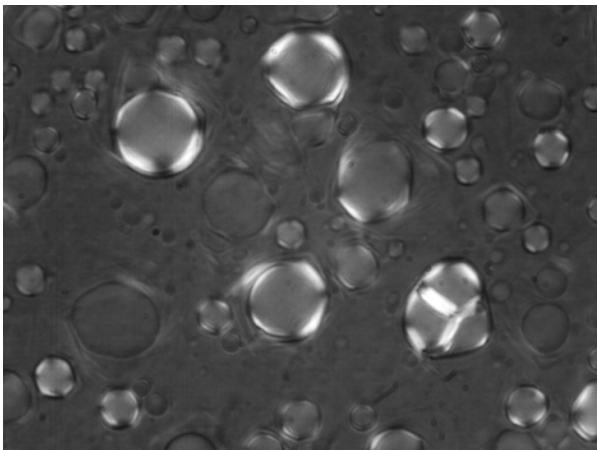


Figure 1. Polarized microscope image of 1st colorant (× 1,000).

매우 부드러움은 5점, 부드러움은 4점, 보통은 3점 그리고 거침은 0점을 부여하였다. 이후 평가 점수는 평균값을 구하여 정리 하였다.

또한, 주사전자현미경을 이용하여 두피보호파우더를 함유한 제품과 함유하지 않은 제품을 모발 손상도의 측면에서 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 액정 구조의 확인

제조된 제 1제를 편광 현미경을 통하여 1,000배로 관찰한 결과를 Figure 1에 나타내었다. Figure 1에서 보이듯이 제조한 염모제가 액정 구조(Liquid-Crystal Structure)를 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

액정 구조를 형성함으로써 기대되는 효과는 두 가지가 있다. 첫 번째는 제1제와 2제의 혼합 후 급격한 염료의 산화반응이 일어나는 것을 방지하는 것이다. 염료는 산화염료 전구체와 커플러의 두 가지가 있는데, 이 두 가지 염료가 모발 내부에 침투하고, 중합 반응을 일으켜 더 큰 분자량을 이루게 되면서 비로소 색깔을 띠게 된다. 그런데 반응이 너무 급속하게 일어나게 되면, 염료가 모발의 내부 깊숙이 들어가기 전에 중합되어 분자량이 커지기 때문에 모발 내부로 들어가지 못하게 된다. 이는 곧, 염색성 저하를 의미한다. 그러므로 지나치게 빠르게 반응이 일어나지 않도록 반응 속도를 조절하는 것이 중요하다. 염료의 산화반응 속도를 조절하는 데에는 일반적으로 항산화제와 환원제가 사용되나, 계면에 라멜라 액정구조를 형성시켜 염료와 과산화수소 간의 산화반응을 지연시킴

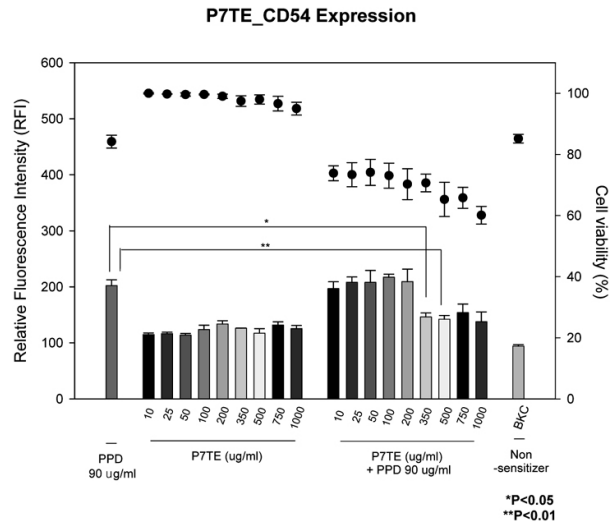


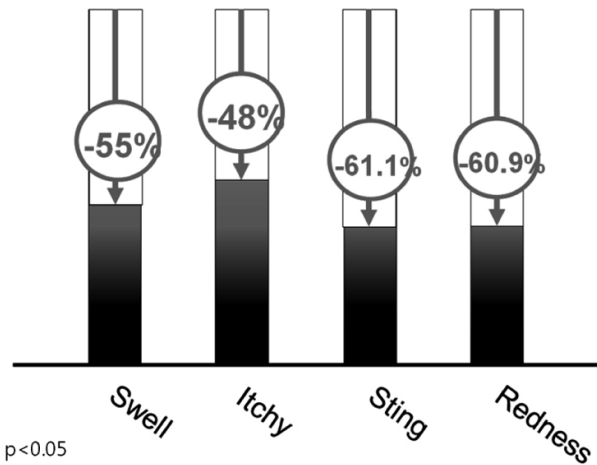
Figure 2. Confirmation of efficacy of scalp protect powder (*in vitro*).

으로써 침투효율의 증진과 시술 시간의 단축에 기여할 수도 있다.

염모제의 제 1제와 제 2제를 혼합할 때, 염모제에는 전단 응력이 발생한다. 전단 응력이 가해졌을 때, 결정 구조는 쉽게 파괴되는 것에 비하여 액정구조는 결정구조처럼 파괴되지만 빠르게 다시 복원되는 현상을 보여준다[4]. 이러한 현상 때문에 염모제의 1제와 2제가 혼합될 때 파괴된 액정구조는 곧 복원되므로 염료가 한꺼번에 쏟아져 나와서 급격한 반응을 일으키는 것을 어느 정도 방지할 수 있다. 이는 염색성이 향상되는 효과를 기대할 수 있게 한다. 염모제가 액정 구조를 가졌을 때 효과의 두 번째는, 암모니아 취 저감 효과이다. Suzuki *et al.*에 의하면 액정 구조는 친수 도메인 안에 결합되지 않은 수분을 함유할 수 있다고 한다. 이는 전통적인 o/w 제형에 비하여 수분이 오랫동안 저장되는 현상을 통해서 확인 된다[5]. 암모니아는 친수성이며 물에 녹으므로 염모제의 1제 안에서 물과 함께 액정 구조 안에 존재할 것임을 예상할 수 있다. 이를 통하여, 암모니아가 공기 중에서 증발 되는 것이 방지 되어 암모니아 취에 의한 자극이 다소 완화 되는 효과를 기대할 수 있다.

3.2. 효능 평가(*in vitro*)

Figure 2는 PPD에 대한 두피보호파우더의 효능을 확인하는 실험의 결과를 보여준다. THP-1 세포에 PPD만 처리하였을 경우와 두피보호파우더만 처리한 경우, PPD를 처리한 후 두피보호파우더(P7TE)를 처리한 경우의 Cell viability와 Relative Fluorescence Intensity (RFI)



p<0.05

Figure 3. Result of irritation relief efficacy test.

값을 비교하였다. PPD 처리를 한 후 처리한 두피보호파우더의 농도가 350 µg/mL, 500 µg/mL일 경우 RFI 값은 PPD 처리를 하지 않고 두피보호파우더만 처리하였을 때와 거의 동일 수준을 보여주었다. 이 결과가 의미하는 것은, 두피보호파우더의 농도가 350 µg/mL, 500 µg/mL일 때, 피부에 가해지는 자극의 수준은 PPD만 감작유도 했을 때보다 유의적으로 감소되었으며, PPD로 감작유도 하지 않고 두피보호파우더만 처리했을 때와 유사한 수준임을 의미한다. 이 결과를 통하여 두피보호파우더가 PPD 염료에 의한 피부 자극을 줄여줄 수 있을 것으로 예상할 수 있다. Cell viability의 측면에서 두피보호파우더는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

3.3. 자극감 평가

디아민계 염료는 염모제에서 가장 널리 쓰이는 염료임에도 불구하고, 피부 접촉 시 알레르기 반응을 일으키거나 자극감을 준다는 사실은 많은 연구들을 통하여 기정사실화 되었다[6]. 디아민계 염료에 의하여 나타날 수 있는 자극감은 여러 가지가 있고, 이는 복합적으로 나타난다. 우리는 고객들이 가장 호소를 많이 하는 증상 네 가지를 기준으로 연구를 하였다. 그 것은 부어오름, 따가움, 가려움 그리고 붉어짐이다. 우리는 PPD와 PTD 염료에 대하여 알레르기 접촉 피부염 검사 결과 양성 반응을 나타낸 15명의 환자를 대상으로 두피보호파우더가 함유된 염모제와 함유되지 않은 염모제를 사용하게 한 후, 자극감 증상에 관한 설문 조사를 시행하였다. 자극감과 알레르기 증상은 의사의 시진보다는 환자 자신의 개인적인 불쾌감에 속하는 것이기 때문에 주로 설문 조사를 통하여 조사하였다. 그 결과는 Figure 3에 나타내었다. 조사

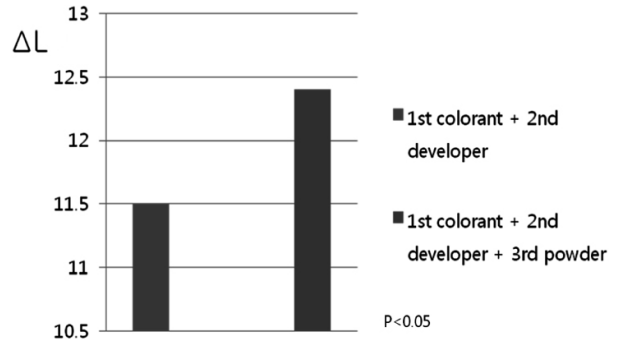


Figure 4. ΔL value measured by Labskan XE colorimeter.

결과, 두피보호파우더의 첨가 유무에 따라 환자들의 체감 정도에는 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 대표적인 4가지 증상인 부어오름, 따가움, 가려움 그리고 붉어짐은 거의 절반의 수준으로 줄어들었음을 알 수 있었다. 이를 통하여, 두피보호파우더에 의하여 환자가 느끼는 자극감이 감소함을 확인할 수 있었다.

3.4. 염색성 향상 확인

색차계(Labskan XE, Hunterlab, USA)를 이용하여 명도를 의미하는 값 L* 값을 구하였으며, 건조된 모발 1개의 샘플 당 3회씩 총 5개의 샘플을 측정하여 평균값을 분석에 이용하였다. 측정 후 정리한 결과, 두피보호파우더를 포함하지 않는 경우 L* 값은 15.42, 두피보호파우더를 포함하는 경우 13.15의 값을 가졌다. 색차계로 측정한 명도 값, L* 값은 값이 클수록 색이 밝음을 의미하고, 작을수록 색이 어두움을 의미한다. 두피보호파우더를 포함하는 경우, 더 작은 L* 값을 가지므로 염색력이 향상되었음을 예상할 수 있다. 염색 전후의 모발의 명도는 ΔL을 통하여 더욱 정확히 비교할 수 있으며, ΔL값을 비교하였을 때, 두피보호파우더가 함유된 염모제로 염색을 하였을 경우, 값이 큼을 알 수 있었다. 이것은 염색 전후에 모발의 명도 값의 차이가 크다는 것을 의미하므로 더 많이 어두워졌음을 알 수 있다. ΔL 값을 비교한 결과는 Figure 4에 나타내었다.

3.5. 모발 손상감 평가

전문 패널을 통한 모발 손상감 평가를 통하여 두피보호파우더가 들어있는 염모제를 이용하여 염색한 경우, 두피보호파우더가 들어있지 않은 경우 보다 상대적으로 매끄러움을 알 수 있었다. 두피보호파우더를 사용한 경우, 패널들이 부여한 평균 점수가 4.2점이었던 것에 비하여 두피보호파우더를 사용하지 않은 경우 평균 점수는

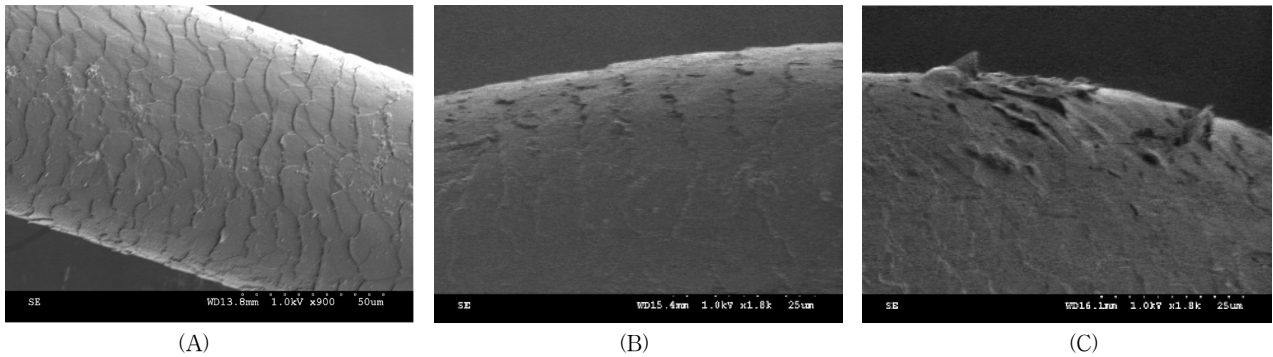


Figure 5. SEM image of virgin hair ($\times 900$) (A), hair colored with hair dye including scalp protect powder ($\times 1800$) (B), and hair colored with commercial hair dye without scalp protect powder ($\times 1800$) (C).

2.7점이었다. 이를 통하여 두피보호파우더를 사용하면 염색하는 과정에서 발생하는 모발 손상을 예방할 수 있음을 알 수 있었다.

모발의 손상은 큐티클 층의 손상도를 척도로 모발의 손상도를 가늠할 수 있었다. 주사전자현미경을 이용하여 900배와 1,800배로 관찰한 결과는 Figure 5에 나타내었다. 손상된 모발의 경우, 정상 모발과 비교하였을 때 (A), 모발 표면의 큐티클이 일어나거나, 모양이 일정하지 않고 파괴된 모습을 보인다. Figure 5에서 두피보호파우더가 함유된 염모제로 염색을 한 경우 (B), 두피보호파우더를 함유하지 않은 염모제를 이용하여 염색했을 때 (C) 보다 큐티클 층의 파괴와 일어남이 덜한 것을 확인할 수 있었다. 아무런 처리를 하지 않은 경우 (A)보다는 큐티클 층이 경미하게 거칠어졌지만, 큐티클 층의 파괴가 관찰되는 (C)의 경우보다 매끄러운 것으로 미루어 보아, 두피보호파우더가 염색 시 모발을 보호하는 것으로 생각된다.

4. 결 론

위 연구를 통하여 자란, 고삼, 작약, 한련초, 녹차 복합 제제로서 염모제와 혼합 사용하는 두피보호파우더와 액정 구조의 염모제를 개발할 수 있었다.

임상시험결과 두피보호파우더는 디아민계 염료를 사용한 염모제의 알레르기 및 자극을 완화시켜주는 효과가 있음을 알 수 있었다. 또한 두피보호 파우더를 사용한 염모제는 염색력의 향상과 모발 손상의 완화 효과를 보였다.

또한 본 연구에서는 염모제형의 액정 구조를 확인하였

다. 이 액정 구조는 급격한 염료의 산화를 막아줌으로써 염색력을 향상시켰고 염모제에 사용된 암모니아의 취 감소 효과를 유발했다.

참 고 문 헌

1. S. A. Devos and P. G. Van Der Valk, The risk of active sensitization to PPD, *CONTACT DERMATITIS*, **44**, 273 (2001).
2. R. Dawber, Blackwell Science, Hoboken, NJ, U.S., *Diseases of the hair and scalp*, **3**, 509 (1997).
3. H. Hirota and M. Osamu, MIP-1beta, a novel biomarker for *in vitro* sensitization test using human monocytic cell line, *Toxicol In Vitro*, **20**, 736 (2006).
4. C. C. Muller-Goymann, Physicochemical characterization of colloidal drug delivery systems such as reverse micelles, vesicles, liquid crystals and nanoparticles for topical administration, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, **58**, 343 (2004).
5. M. Makai, E. Csanyi, Zs. Nemeth, J. Palinkas, and I. Eros, Structure and drug release of lamellar liquid crystals containing glycerol, *International Journal of Pharmaceutics*, **256**, 95 (2003).
6. J. F. Corbett, An historical review of the use of dye precursors in the formulation of commercial oxidation hair dyes, *Dyes and Pigments*, **41**, 127 (1999).