

산성 아미노산 후처리가 헤어컬러링 시 모발에 미치는 영향

이진영¹, 이상현^{2*}

¹건국대학교 일반대학원 생물공학과 대학원생, ²건국대학교 생물공학과 교수

Effect of Post-treatment Using Acidic Amino Acids during Hair Coloring on Hair Condition

Jin Young Lee¹, Sang Hyun Lee^{2*}

¹Graduate Student, Dept. of Biological Engineering, Konkuk University

²Professor, Dept. of Biological Engineering, Konkuk University

요약 현대인들은 헤어컬러링을 통하여 아름다움을 표출하는데 반복적인 화학적 시술에 의하여 모발은 손상을 받는다. 염색의 지속력을 높이고 모발 손상을 최소화하기 위해 본 연구에서는 헤어컬러링 시 산성 아미노산인 아스파르트산(Asp)과 글루탐산(Glu)으로 모발을 후처리하였다. 탈색모에 체리레드와 블루실버 색상으로 염색하고 0.75%의 Asp와 Glu 용액을 실온에서 20분간 후처리를 한 후 1회, 5회, 10회, 15회, 20회, 25회 샴푸 후 $L^*a^*b^*$ 값을 측정하여 염색 지속력을 확인하였고, 모발의 상태를 알아보기 위하여 모발의 인장강도, 기공도, 표면 특성의 변화를 분석하였다. 체리레드와 블루실버 염색을 진행한 경우 모두 Asp와 Glu 실험군이 대조군 보다 높은 색 지속력을 보였고 Asp와 Glu 실험군은 대조군보다 높은 인장강도, 낮은 기공도, 매끄러운 표면특성을 나타냈다. 특히 Asp 실험군이 Glu 실험군 보다는 우수한 색 지속력과 낮은 모발 손상도를 나타냈다. 따라서 본 연구가 현장에서 탈색과 염색 시 손상된 모발의 후 처리제로 Asp와 Glu을 조합한 모발 화장품 개발의 기초자료가 되기를 기대해 본다.

주제어 : 모발 염색, 후처리, 아스파르트산, 글루탐산, 염색 지속성, 모발 보호

Abstract Modern people express their beauty through hair coloring, but hair can be damaged by repeated chemical treatments. In order to increase the durability of dyeing and minimize the hair damage, in this study, the acidic amino acids including aspartic acid (Asp) and glutamic acid (Glu) were used to post-treat hair during hair coloring. The post-treatment with 0.75% Asp and Glu solution was carried out at room temperature for 20 minutes after dyeing bleached hair with cherry red and blue silver colors. After repeated shampooing of 1, 5, 10, 15, 20, and 25 times, $L^*a^*b^*$ value of dyed hair was measured to confirm the dyeing durability, and the changes in tensile strength, porosity, and surface properties of the hair were also analyzed to determine the condition of the hair. In the case of cherry red and blue silver staining, the Asp and Glu experimental group showed higher color persistence than the control group, and the Asp and Glu experimental group showed higher tensile strength, lower porosity and smooth surface properties than the control group. In particular, the Asp test group showed superior color persistence and lower hair damage than the Glu test group. This study, therefore, if damaged in dyeing and bleaching in the field of hair after treatment with asp glu a combination of hair cosmetics in the development of basic data look forward to be.

Key Words : Hair coloring, Post-treatment, Aspartic acid, Glutamic acid, Hair dye persistence, Hair protection

*Corresponding Author : Sang Hyun Lee(sanghlee@konkuk.ac.kr)

Received October 6, 2021

Revised November 5, 2021

Accepted November 20, 2021

Published November 28, 2021

1. 서론

최근에는 블루, 핑크 등과 같은 다양한 네온 컬러 염색의 유행으로 파스텔 또는 비비드 톤의 컬러로 염색하여 자신만의 개성을 표현하는 현대인들이 증가하고 있다. 동양인들은 모발에 유멜라닌을 함유하고 있어 원색이나 파스텔 계열 색상 표현이 안되기 때문에 이러한 컬러로 연출하기 위해서는 염색 전에 탈색을 수차례 해야 하는데 탈색을 하게 되면 모피질층에 있는 간층물질과 멜라닌 색소가 유출되고 모발의 큐티클 세포들은 모두 떨어져 나가 모발은 점점 다공성으로 변한다[1]. 특히 탈색과 영구염색 과정은 대부분 과산화수소를 이용한 산화 반응으로 이루어지기 때문에 케라틴 단백질의 변성 및 유출로 인한 모발의 손상을 유발한다. 탈색과 염색 과정에서 사용하는 약품들은 대부분 pH 9-11의 강한 알칼리성으로 이러한 조건하에서 80-90%의 단백질로 구성된 모발은 크게 손상된다[2]. 또한 탈색한 모발은 다공성 모발이기 때문에 염색 후 염모제의 색소가 모발에 부착이 잘 안되어 색소의 용출 현상이 심해서 고가의 금액을 지불 하고도 일주일 이상 유지하지 못하는 실정이다[3]. 탈색 후 염색이 오래 유지 되지 않는 이유 중의 하나는 과산화수소에 의한 멜라닌 색소 파괴로 모발의 기공도가 올라가고 산화적 조건에서 내부 케라틴 단백질의 시스템 결합이 절단되어 시스테인산을 발생시키는 모발의 손상을 유발하기 때문이다[4]. 모발 내부에 염색제가 남아서 색상을 유지해야 하나 모발의 손상된 부분으로 염색약이 빠져나오며 색상이 얼어지는 것이다.

카복실산(carboxylic acid)은 카르복실기를 가지는 유기산으로 모발을 구성하는 케라틴 단백질과 다양한 상호작용을 할 수 있다. 단백질 측쇄로 존재하는 염기성 아미노산인 라이신(Lysine, Lys)이나 아르기닌(arginine, Arg)과 카르복실기의 음이온은 서로 정전기적 인력이 작용하고 단백질의 펩티드 결합은 카르복실기와 수소 결합을 형성할 수 있다. 이러한 카복실산과 단백질 사이의 결합력을 이용하여 펩 시술시 모발의 손상을 억제하고자 하는 연구가 최근 이루어지고 있다. 펩 시술시 adipic acid, tartaric acid, aspartic acid 등의 카복실산을 중간처리제로 사용한 경우에 웨이브 형성 효율이 향상되고 웨이브 지속성도 올라가는 결과가 보고되었다[5-7]. 이는 펩 시술시 환원되었던 이황화 결합을 산화하여 재형성하는 과정에서 모발의 손상이 일어나는데 카복실산 중간처리제를 사용하면 단백질 사이의 결합을

증가시켜 단백질을 안정화 시키는 효과가 있는 것으로 해석된다. 특히 다이카복실산(dicarboxylic acid)은 2개의 카르복실기를 가지고 있고 양쪽 끝의 카르복실기가 각각 양이온을 띠는 키토산이나 단백질 표면과 정전기적 인력으로 결합을 형성하면 이온성 가교결합(ionic cross-linking)으로 서로 연결하여 안정화 시킬 수 있다는 것이 보고되었다[8]. 산성 아미노산인 아스파르트산(aspartic acid, Asp)이나 글루탐산(glutamic acid, Glu)도 2개의 카르복실기를 가지고 있는 다이카복실산이며 이온성 가교결합을 위한 가교제로 사용이 가능하다.

산화형 영구염모제는 염료 중간체와 염료 수정체에 양이온의 아민 그룹을 주로 포함하고 있는데 산화물인 색소가 모발에 오래 머무를 수 있도록 하려면 색소의 아민 그룹과 모발 단백질 사이의 결합을 향상시키는 것이 효율적인 방법이다. 이러한 목적으로 가교제로 사용할 수 있는 다이카복실산을 적용할 수 있는데 그중에서도 단백질과의 친화력이 매우 높은 Asp와 Glu와 같은 산성 아미노산은 매우 훌륭한 후보군이 될 수 있다. 산성 아미노산은 산화적 조건에서 변성된 단백질과의 결합력 또한 우수하여 케라틴 단백질의 보호를 목적으로 사용될 수 있다.

한편 염색 시술 시에는 주로 알칼리 조건을 적용하는데 이때 모발은 팽윤 되어 색소가 모발 내부로 들어가게 된다. 염색 후 알칼리제는 모발에 잔류하여 모발 손상을 유발할 수 있으며 염색 후에 후처리를 통하여 단백질의 용출을 막고 큐티클을 보호해줄 수 있다[9]. 이때 산성 아미노산을 후처리제로 사용하면 모발에 잔류 되어 있는 알칼리제를 중화하여 모발의 손상 억제에도 도움이 될 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 염색 시술시 산성 아미노산인 Asp와 Glu를 후처리제로 사용하여 염색 지속성을 향상시키고 모발을 보호하고자 하였다. 염색 시술 이후 샴푸를 반복하고 염색이 지속되는지 확인하기 위하여 색차계로 모발의 $L^*a^*b^*$ 값의 변화를 분석하였고 모발의 보호 효과를 확인하기 위하여 모발의 인장강도, 기공도, 표면 특성 변화를 알아보았다.

2. 실험 방법

2.1 실험용 모발 채취 및 제작

미용실에서 수집한 익명의 버진헤어를 구입하여 사용

하였다. 구입한 모발을 1g씩 정량하고 끝부분을 실리콘으로 고정하여 모다발을 만들었다. 그 후 pH 6 정도의 중성 샴푸제를 이용해 미온수로 세척 하고 타올 드라이하고 온풍으로 건조 시켜 시료 모발을 제작하였다.

2.2 시술약제

본 연구에 사용된 탈색제와 염모제는 W사의 제품을 사용하였다. 탈색제 1제는 파우더 타입이고 2제는 액체 타입의 산화제인 6% 과산화수소수를 사용하였다. 염모제의 1제는 증명도의 체리레드(8.45)와 블루실버(8.88)를 사용하였고 2제는 6% 과산화수소수를 사용하였다. Asp와 Glu는 시그마사(미국) 제품을 사용하였다.

2.3 Aspartic acid 와 Glutamic acid 용액 제조

가장 효과적인 Asp와 Glu 용액을 찾기 위해 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1.0% 농도로 Asp와 Glu를 열을 가하여 증류수에 용해하고 1 M의 NaOH로 pH 6.0으로 조절하였다. 탈색모에 염색 처리 후 농도별로 희석된 Asp와 Glu 용액을 처리한 결과 0.75%의 Asp와 Glu 용액에서 염색의 효율성 가장 높게 나타났다. 탈색모에 염색 처리 후 흐르는 물에 미온수로 염색제를 세척하고 0.75%의 Asp와 Glu 용액 20 mL에 넣어 실온에서 20분간 자연 방치하여 후처리한 후 중성 샴푸제를 이용해 미온수로 세척 하였다.

2.4 탈색 및 염색 처리

자연모를 시료로 사용하였고 염색 후 Asp와 Glu 용액으로 후처리한 실험군과 증류수로 후처리한 대조군(Cont.)은 다음과 같이 준비하였다. 먼저 시료 모발을 탈색하기 위해서 1제와 2제를 1:2 비율로 섞어 모발에 도포 하고 38℃ 인큐베이터(Mir-153, Sanyo, Japan) 안에서 20분간 방치한 후 중성 샴푸와 미온수로 세척하였고 같은 방법으로 2회 탈색하여 탈색모를 준비하였다. 탈색이 완료된 모발은 건조 후에 염색을 실시하였으며 1제와 2제의 비율을 1:1로 섞어 모발에 도포하고 25분간 자연 방치하였다. 탈색모에 염색을 했기 때문에 염색 후 바로 샴푸제 사용 시 다공도가 높아 색소가 용출되므로 산성 아미노산 후처리로 내부에 공극을 줄이고 pH를 조절할 수 있기 때문에 흐르는 물에 미온수로 염색제를 세척한 후에 Asp와 Glu 용액 20 mL에 넣어 20분간 실온에서 후처리하였다. 대조군은 동일한 방법으로 탈색과

염색을 진행하되 산성 아미노산 대신에 동량의 증류수로 후처리하였다.

2.5 L*a*b* 측정

탈색 및 염색 후 색의 착색력과 지속력의 변화를 보기 위해 color system을 기준으로 색차계(DT-265, CEM, China)를 이용하여 L*a*b* 값을 측정하였다.

L*: CIELAB 의 white-black 축에서의 명도지수

a*: CIELAB 의 red-green 축에서의 채도지수

b*: CIELAB 의 yellow-blue 축에서의 채도지수

반복적인 샴푸 후에 염색의 지속력을 확인하기 위하여 염색된 모발을 중성 샴푸제를 이용하여 일반 수돗물로 세정 후 드라이하여 색의 변화를 측정하였다. 각각의 샘플에 대해서 1회, 5회, 10회, 15회, 20회, 25회 샴푸 후 색상의 변화를 측정하였다.

2.6 인장강도 측정

모다발 시료를 20가닥씩 무작위로 선별한 후 만능재료 강도시험기(Instron, model no. 4465, USA)로 한국 산업규격 섬유 단사를 측정하는 인장강도 시험방법(KS K ISO 5079:2007)을 기준으로 인장강도를 측정하였다.

2.7 모발 기공 측정

염색된 모발을 2 cm 단위로 잘라 실험모로 사용하였다. 메틸렌 블루 용액은 50mL 에탄올에 1g 메틸렌 블루를 녹인 후 증류수로 100mL로 맞추어 제조하였다. 실험모는 10개를 선별하여 메틸렌 블루에 넣어 실험모의 표면 및 내부에 착색이 이루어지도록 30분간 방치하였다. 착색된 실험모는 wiper를 이용해 표면에 남아있는 메틸렌 블루를 제거한 뒤, 50% 에탄올 용액 10mL에 넣어 30분간 모발 내부에 착색된 메틸렌 블루가 녹아져 나오도록 방치한다. Spectrophotometer (Ultrospec 3100 pro, GE Healthcare)를 이용하여 희석된 에탄올 용액의 흡광도를 650nm에서 측정하였다.

2.8 주사전자현미경(FE-SEM) 촬영

대조군과 실험군 모표피의 형태학적 변화를 관찰하기 위해 모발 시료를 각각 1.5 cm의 길이로 커트해서

copper holder 위에 carbon tape를 부착한 표면에 나열하였다. 이온 침착기(Baltec Scd 005, Swiss)를 이용하여 20 nm 두께로 백금 코팅(platinum coating) 하고 주사전자현미경(SU 8010, Hitachi, Japan)으로 15 kV에서 표면을 500배, 1000배율로 관찰·촬영하였다.

2.9 통계분석

통계분석은 SPSS program(ver 20.0) 통계패키지를 이용하여 분석하였으며, t-test를 통해 대조군과 실험군 측정값의 유의성을 검정하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

3.1 체리레드 염색 시 산성 아미노산 후처리가 모발에 미치는 영향

3.1.1 염색 지속성에 미치는 영향

체리 레드 염색 후 샴푸 횟수에 따른 색상의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1을 보면 세척 횟수가 1회, 5회, 10회, 15회, 20회, 25회 증가함에 따라 실험군이 대조군보다 물빠짐이 덜하며 염색 색소의 지속력과 착색력이 좋은 것을 알 수 있다.



Fig. 1. Color changes of cherry red dyed hair after repeated shampooing process

체리레드로 염색한 모발을 반복적으로 샴푸한 이후 명도를 나타내는 L*값의 변화는 Fig. 2a와 같다. Fig. 2a를 보면 Asp와 Glu 실험군의 경우 1회부터 대조군에 비해 명도에 있어서 유의미한 차이를 나타내었으며 25회 샴푸 후에도 대조군에 비해 명도가 현저하게 낮았다. 25회 샴푸 후 Asp와 Glu 실험군의 명도는 대조군보다 각각 61%와 58% 만큼 낮았다($p < 0.05$). 실험군의 경우에는 25회의 샴푸를 반복하는 동안 명도가 거의 변화하지 않은 것으로 보아 후처리제로 사용한 Asp와 Glu가 색소의 유출을 효율적으로 억제한 것으로 보인다.

체리레드로 염색한 모발을 반복적으로 샴푸한 이후의 레드계열 채도지수인 a*값의 변화는 Fig. 2b와 같다. Fig. 2b를 보면 대조군과 비교하여 Asp 실험군은 50%, Glu 실험군은 41% 정도 높은 a* 값을 유지하여 실험군은 대조군보다 색소 유지에 효과적이었다($p < 0.05$). Fig. 2a와 Fig. 2b를 보면 Asp 실험군은 Glu 실험군 보다 조금 높은 염색 지속성을 나타냈는데 Asp 실험군이 Glu 실험군과 비교하여 L*값은 약 2% 낮게 유지 하고 a*값은 9% 가량 높게 유지하였다. Glu의 화학구조를 보면 Asp 보다 하나의 추가적인 methylene group을 가진다는 차이점이 있다. 그러므로 조금 더 작은 크기의 Asp가 큐티클 사이의 침투나 흡수에 유리할 수 있다[10]. 또한 Asp가 Glu 보다 단백질의 측쇄에 있는 Arg 또는 Lys과 더 강하게 결합하는 것으로 확인되었다[11]. 선행연구에서 펩 시술 시 Glu는 모발의 전반적인 펩타이드 결합력을 강하게 하고 아미노산의 유실까지 방지하여 알칼리 시술 과정에서 모발 손상을 최소화 한다고 하였다[12]. 따라서 본 연구에서 산성 아미노산인 Asp와 Glu는 알칼리 조건에서의 염색 과정 후 후처리 과정에서 pH 변화를 유도하여 큐티클을 닫아 간층 물질이 유출되는 것을 막고 단백질 측쇄와의 높은 결합력으로 모발의 공극을 줄여 주어 내부에 착색된 염료의 유출을 억제하여 색소 지속력을 높이는 데 도움이 되었을 것으로 생각된다.

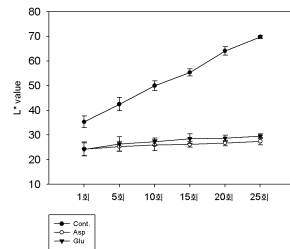


Fig. 2a. Changes of L* value of cherry red dyed hair after repeated shampooing process($p < 0.05$)

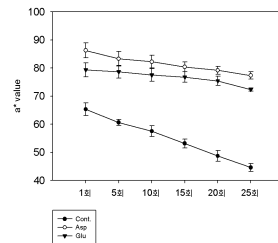


Fig. 2b. Changes of a* value of cherry red dyed hair after repeated shampooing process($p < 0.05$)

3.1.2 모발의 인장강도에 미치는 영향

체리레드로 염색한 모발의 인장강도는 Fig. 3과 같다. Fig. 3을 보면 증류수로 후처리한 대조군 모발의 인장강도는 76.8 ± 10.8 gf/strand로 나타났고 Asp 실험군 모발은 104.4 ± 9.3 gf/strand이며 Glu 실험군 모발은 102.8 ± 8.9 gf/strand로 나타났다. Asp 실험군의 인장강도는 대조군에 비하여 36% 높았고 Glu 실험군은 대조군 보다 24% 높은 인장강도를 나타냈다($p < 0.05$). Asp는 Glu 보다 색소 지속력과 모발의 인장강도 향상에 더 좋은 효과를 나타냈다.

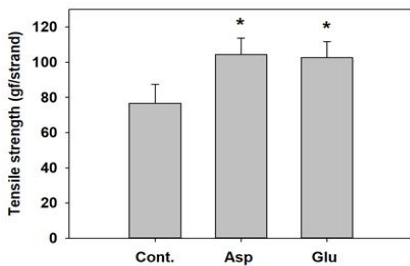


Fig. 3. Tensile strength of cherry red dyed hair post-treated with Asp and Glu($p < 0.05$)

3.1.3 모발의 기공 변화에 미치는 영향

Methylene blue 염색법을 이용한 모발의 기공을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. Fig. 4를 보면 대조군의 흡광도는 0.150 ± 0.010 , Asp 실험군은 0.117 ± 0.012 , Glu 실험군은 0.119 ± 0.010 이었다. 대조군의 다공도가 Asp 실험군보다 1.28배 Glu 실험군보다 1.26배 높게 나왔다. Asp와 Glu는 통계적으로 유의미하게 모발의 다공도 증가를 방지하였다($p < 0.05$). 이는 탈색 과정에서 멜라닌이 제거되어 생성된 기공에 산성 아미노산이 제공되어 단백질 및 색소와의 결합을 강화하여 기공의 크기를 줄였기 때문으로 판단된다[10].

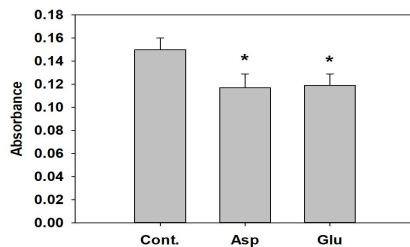


Fig. 4. Porosity of cherry red hair post-treated with Asp and Glu($p < 0.05$)

3.1.4 모발의 표면 변화에 미치는 영향

대조군과 실험군의 모표피를 촬영한 결과는 Fig. 5와 같다. Fig. 5를 보면 실험군에서는 모표피 전반에 걸쳐 응집력이 집중되고 들뜸이나 분리 현상이 나타나지 않았으나 대조군에서는 큐티클 조각화, 파절 등 손상모에서 나타나는 특징을 보여주고 있다.

선행연구에서 Asp 와 Glu가 모발 내부의 펩타이드 결합과 모발 표면 손상을 최소화한다고 하였다[10]. 따라서 염색 시술 후 Asp와 Glu를 이용한 후처리가 모발 내부의 펩타이드 결합을 강하게 하고 모발 표면에도 손상을 최소화하는 것으로 사료 된다.

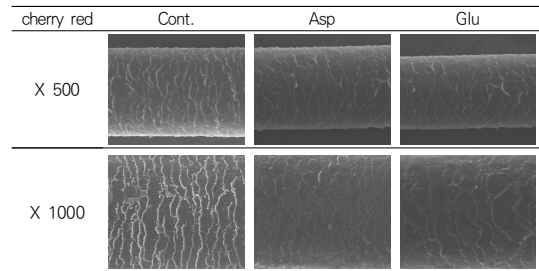


Fig. 5. SEM images of cherry red dyed hair post-treated with Asp and Glu

3.1 블루실버 염색 시 산성 아미노산 후처리가 모발에 미치는 영향

3.2.1 염색 지속성에 미치는 영향

블루실버 염색후 샴푸 횟수에 따른 색상의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6를 보면 세척 횟수가 1회, 5회, 10회, 15회, 20회, 25회 증가함에 따라 실험군이 대조군보다 물빠짐이 덜하며 염색의 색소의 지속력과 착색력이 좋은 것을 알 수 있다.

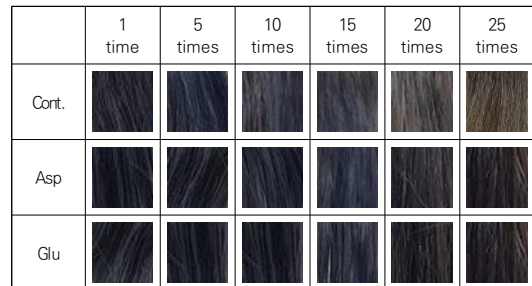


Fig. 6. Color changes of blue silver dyed hair after repeated shampooing process

블루실버로 염색한 모발을 반복적으로 샴푸한 이후 명도를 나타내는 L*값의 변화는 Fig. 7a와 같다. Fig. 7a를 보면 Asp와 Glu 실험군의 경우 모두 1회부터 대조군에 비해 유의미한 차이를 나타냈다. 25회 샴푸 후 실험군의 L*값은 대조군에 비해 현저히 낮았으며 Asp와 Glu 실험군은 각각 30%와 27%만큼 대조군보다 낮았다. 평균적으로는 Asp가 27%, Glu가 26%만큼 대조군보다 낮아서 실험군은 모발에서 색소가 빠져나가는 것을 효율적으로 억제하였음을 확인하였다(p<0.05).

블루실버로 염색한 모발을 반복적으로 샴푸한 이후의 블루계열 채도지수인 b*값의 결과는 Fig. 7b와 같으며 Fig. 7b를 보면 25회 샴푸에서 b*값은 대조군에 비해 Asp 실험군은 247%, Glu 실험군은 149% 노랑기가 적어 블루실버 채도 유지를 잘해주었다(p<0.05).

선행연구에 의하면 염색 시 펩타이드 처리가 모발을 보호하여 물 빠짐으로 인한 색상의 변화를 방지한다고 하였다[13]. 또한 Asp는 carboxylic group과 amino group을 가지고 있어서 다양한 아미노산과 상호작용을 하며 물에 용해되어 산성을 나타내기 때문에 펄 시술시 모발에 잔류 되어 있는 알칼리 성분을 중화하여 팽윤된 모발의 손상을 완화 시킨다고 하였다[7]. 염색 시술 시에도 Asp와 Glu를 사용하면 비슷한 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

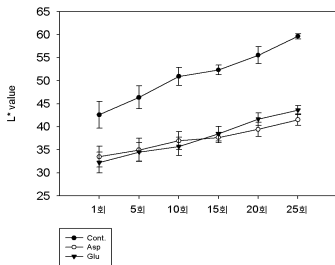


Fig. 7a. Changes of L* value of blue silver dyed hair after repeated shampooing process(p<0.05)

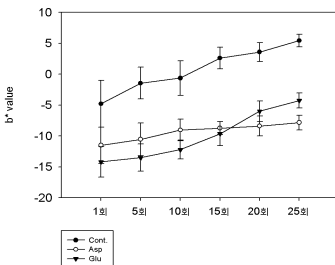


Fig. 7b. Changes of b* value of blue silver dyed hair after repeated shampooing process(p<0.05)

3.2.2 모발의 인장강도에 미치는 영향

블루실버로 염색한 모발의 인장강도를 측정된 결과는 Fig. 8과 같으며 Fig. 8를 보면 대조군은 82.8±7.5 gf/strand로 나타났고 Asp 실험군은 111.5±8.8 gf/strand이며 Glu 실험군은 109.7±8.5 gf/strand로 나타났다. Asp 실험군의 인장강도는 대조군보다 35% 증가하였고 Glu 실험군의 인장강도는 대조군 대비 33% 높았다(p<0.05). 선행연구에 의하면 단백질내 이황화 결합이 인장강도와 가장 관련 있는 결합으로 모발 손상을 줄이기 위해서는 알칼리화 된 모발의 pH를 조절해 주거나 유실된 단백질을 보충해 주면 효과적이라고 하였다[14]. 따라서 염색 과정 후 산성 아미노산인 Asp와 Glu로 후 처리하면 모발의 pH를 조절하여 모발의 손상을 최소화 하고 케라틴 단백질을 견고하도록 작용하여 인장강도를 개선 시킨 것으로 사료 된다.

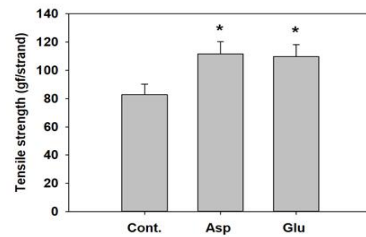


Fig. 8. Tensile strength of blue silver dyed hair post-treated with Asp and Glu(p<0.05)

3.2.3 모발의 기공 변화에 미치는 영향

블루실버로 염색한 모발의 기공도 측정결과는 Fig. 9와 같다. Fig. 9를 보면 대조군은 0.141±0.013, Asp 실험군은 0.107±0.011, Glu 실험군은 0.106±0.011의 흡광도를 나타내었다. 이는 대조군의 다공도가 Asp 실험군보다 1.32배, Glu 실험군보다 1.33배 높다는 것을 의미한다(p<0.05). 탈색 시 과산화수소에 의해서 모발의 멜라닌 입자가 산화되어 제거되고 기공을 형성하게 되고 염색 시에 pH가 강알칼리로 변화하여 모발이 팽윤 되어 염색제가 모발에 침투하게 되는데 이 과정에서 단백질의 파괴가 일어나고 기공도는 커지게 된다[15]. 따라서 산성 아미노산인 Asp와 Glu를 이용하여 후처리하면 pH 중화효과로 알칼리 조건에 의해서 팽창한 모발의 손상을 방지하고 아미노산이 모발 내로 침투하여 모피질층의 간층물질을 채워주고 모발 내부에 케라틴 단백질과 상호 작용하여 모발의 손상을 감소시킬 것으로 생각한다.

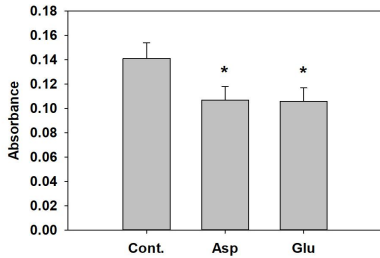


Fig. 9. Porosity of blue silver hair post-treated with Asp and Glu(p<0.05)

3.2.4 모발의 표면 변화에 미치는 영향

주사전자현미경으로 대조군과 실험군의 모표피를 촬영한 결과는 Fig. 10과 같다. Fig. 10를 보면 대조군에서는 균대균대 마모가 관찰되었고 질감이 거친 느낌이 나며 손상모에서 나타나는 특징을 보여주고 있었다. 실험군에서는 대조군에 비해 모표피 전반에 모표피의 들뜸이나 분리 현상이 나타나지 않았다. 형태학적 손상은 모표피의 용해, 박리, 열모 등이며 촉감과 광택이 저하되는 양상을 띠고 있다. 모발의 내부적 손상은 모표피층 내부에 있는 화학적 결합이 변성되면서 간층물질, 천연보습인자, 수분 및 지질 등이 유실되어 강도와 탄력성이 저하되어 건조한 모발이 된다[16]. 따라서 Asp와 Glu 후처리는 알칼리 조건으로 인해 팽창한 모발의 수축을 돕고 모표피의 큐티클 박리 및 들뜸 현상을 줄인 것으로 사료 된다.

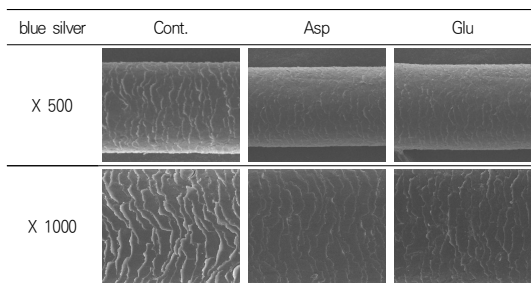


Fig. 10. SEM images of blue silver dyed hair post-treated with Asp and Glu

4. 결론

탈색과 염색과 같은 화학 시술은 모발의 케라틴 단백질을 분해하여 모발의 신축성 및 강도의 상실을 초래하고 모발 내부에 있는 많은 간층물질의 유출을 유발하여 머리카락

내부에 공극을 발생시키고 염모제의 색소 지속성을 약화시킨다. 이러한 문제를 극복하고자 본 연구에서는 0.75% Asp와 0.75% Glu 용액을 이용한 후처리로 모발의 펩타이드 결합을 강화하고 알칼리화 된 모발의 pH를 조절하여 분자 간의 상호작용을 증가시켜 염모제의 색 지속성을 높이고 모발 손상을 최소화하였다. 체리레드와 블루실버 색상으로 탈색모에 염색을 진행한 결과 산성 아미노산인 Asp와 Glu를 이용하여 후처리한 실험군은 대조군에 비하여 색 지속성과 모발의 인장강도를 향상시키고 모발의 기공을 줄여주며 모발 표면을 보호하는 결과가 측정되었다. 염색모의 색 지속성이 향상된 것은 염료, 산성 아미노산, 모발 사이의 상호작용이 증가한 결과로 판단된다. 체리레드와 블루실버 색상에 사용하는 염료 중간체와 염료 수정체는 양이온의 아민 그룹을 포함하고 있고 이는 산성 아미노산의 음이온인 카르복실기 그룹과 정전기적 상호작용을 할 수 있고 수소결합 또한 형성할 수 있다. 이는 산성 아미노산은 카르복실기를 2개 가지고 있는 다이카복실산이며 비공유결합을 이용한 이온성 가교결합을 형성할 수 있는 가교제이기 때문이다.

단백질의 측쇄에 존재하는 양이온성 아미노산 잔기인 Arg, Lys, His 등은 Asp나 Glu와 정전기적 인력에 의하여 상호작용할 수 있다. 그러므로 후처리 과정에서 제공된 Asp와 Glu는 손상된 모발에 부족한 간층 물질로 제공되어 자연스럽게 건강한 모발로 회복시켜줄 수 있다. 또한 산성 아미노산은 염색 과정의 알칼리 조건을 중화시켜 팽윤된 모발을 축소 시켜 내부 단백질의 유출을 막을 수 있다. 이러한 이유로 산성 아미노산은 모발의 인장강도를 높이고 기공도를 낮추고 모발 표면을 보호하는 효과를 유발했을 것이다.

본 연구에서 사용된 2가지의 산성 아미노산 중에서는 Asp가 Glu 보다 색 지속성 향상, 모발의 인장강도 향상, 기공도 감소, 표면 보호 등에 조금 더 효과가 좋은 것으로 나타났다. Asp의 더 작은 크기가 단백질과의 강한 상호작용에 의해서 Glu 보다 모발의 보호에 더 좋은 결과를 얻었던 것으로 판단된다.

따라서 본 연구를 통해서 염색 시 후 처리제로 산성 아미노산을 포함하는 제품의 개발 가능성을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] G. Y. Lee. (2009). *Study on the physicochemical and morphological changes of hair treated with dye agent*. Doctoral dissertation. hanseo University, Seosan
- [2] E. B. Kim. (2019). *Changes in conditions with the use of mist during hair coloring*. Master's thesis. Dongshin University, Naju.
- [3] J. A. Park (2018). *The effects of earthworm autolysate on the dyeing of bleached hair of Korean hair*. Doctoral dissertation. Konkuk University, Seoul.
- [4] J. W. Hwang, D. S. Kwon, S. O. Kim & Y. J. Choi. (2002). *Hair color design*, Seoul. Gomunsa, p.13.
- [5] Y. H. Jeon. (2019). *The effect of intermediate treatment with adipic acid on permanent wave and hair protection*. Doctoral dissertation. Konkuk University, Seoul.
- [6] H. R. Park. (2019). *The effects of intermediate treatment with tartaric acid on permanent waves a hair protection*. Doctoral dissertation. Konkuk University, Seoul.
- [7] G. E. Jung. (2020). *The effects of intermediate treatment with aspartic acid on permanent waves and hair protection*. Doctoral dissertation. Konkuk University, Seoul.
- [8] H. M. C. Azeredo & K. W. Waldron (2016). Crosslinking in polysaccharide and protein films and coatings for food contact-A review. *Trends in Food Science & technology* 52, 109-122. DOI : 10.1016/j.tifs.2016.04.008
- [9] J. S. Kim, D. P. Kim & E. J. Park. (2018) Hair thickness and amino acid change by brightness pre-treatment and after-treatment in hair dyeing. *Journal of Beauty Art Management* 12-1, 19-33. DOI : 10.22649/JBAM.2018.12.1.19
- [10] H. I. Cho. (2021). *Hair response of hair chemical products with glutamic acid and aspartic acid*. Doctoral dissertation. Seokyeong University, Seoul.
- [11] M. V. T. Rao, M. Atreyi, & M. R. Rajeswari. (1986). Specific interactions between amino acid side chains-A partial molar volume study. *Canadian Journal of Chemistry* 66(3), 487-490. DOI : 10.1139/v88-083
- [12] S. E. Yoo & W. J. Choi. (2016). A study of effects of monosodium glutamate (MSG)-based hair hardener on hair perm. *The Korean Society of Beauty and Art* 17(1), 41-58. DOI : 10.18693/jksba.2016.17.1.41
- [13] J. H. Cho. (2018). *The protective effects of peptide components on hair damage during hair coloring*. Doctoral dissertation. CHA University, Pocheon.
- [14] H. W. Cho. (2016). *Research about hair damage due to intermediate treatment method during heat perm connection procedure of dyed and bleached hair*. Master's thesis. Wonkwang University, Iksan.
- [15] S. Y. Kim. (2012). *A study on bleaching and hair damage by concentration of sodium metasilicatein bleaching agent*. Master's thesis. Konkuk University, Seoul.
- [16] S. M. Park. (2019). *A study on coloration and hair change in accordance to pigmentation dyeing technique: Focusing on measure after dyeing against after washing*. Master's thesis. Konkuk University, Seoul.

이진영(Jin Young Lee)

[정회원]



- 2015년 2월 : 건국대학교 향장학과 향장미용학석사
- 2015년 9월 ~ 현재 : 건국대학교 생물공학과 대학원생
- 관심분야 : 헤어, 화장품, 모발과학
- E-mail : leajin2000@naver.com

이상현(Sang Hyun Lee)

[정회원]



- 2005년 8월 : POSTECH 화학공학과 공학박사
- 2009년 3월 ~ 현재 : 건국대학교 생물공학과 교수
- 관심분야 : 화장품, 헤어
- E-mail : sanghlee@konkuk.ac.kr