

인디고 염료에 의한 모발 염색효과와 모질의 변화

김주섭[†]

상지대학교 뷰티디자인학과, 교수
(2020년 12월 14일 접수: 2021년 2월 8일 수정: 2021년 2월 10일 채택)

Effects of Hair Dyeing and Change of Hair Texture by Indigo Dye

Kim Ju-Sub[†]

Department of Beauty Design, Sangji University, 26339, Republic of Korea
(Received December 14, 2020; Revised February 8, 2021; Accepted February 10, 2021)

요약 : 본 연구는 인디고 염료로 모발에 도포하여 염색효과와 모질 특성 변화를 알아보려고 하였다. 연구방법은 인디고 염료를 증탕하여 사용하였다. 염료를 건강모와 탈색한 시료 모발에 도포 후 열처리와 자연방치 시간을 다르게 하였다. 측정은 시료별로 도포 전과 후를 측정하여 비교 분석하였다. 염색효과를 알기 위해 색차계를 이용하여 L^* , a^* , b^* 값과 물 빠짐을 측정하였다. 모질 변화를 알기 위해 인장강도, 메틸렌블루를 이용한 흡광도, 광택을 측정하였다. 결과는 염색효과 측정 결과 모든 시료에서 L^* 값, a^* 값, b^* 값의 도포 전과 후의 통계분석 결과는 유의미한 결과로 염색 효과가 있었다. 물 빠짐 측정결과는 1일차에는 가장 많이 빠졌고, 3일차부터는 더 이상의 물 빠짐이 없었다. 인장강도 측정결과는 모든 시료의 평균값은 증가하였다. 그러나 통계분석 결과 유의미하지 않은 결과로 모질의 특성 변화는 없었다. 메틸렌블루를 이용한 흡광도 분석결과 건강7L(3)을 제외 한 시료에서 통계분석 결과 모질의 특성 변화는 없었다. 광택 측정결과는 통계분석 결과 광택에 변화를 주는 것을 알 수 있었다. 결론은 인디고 염료에 의한 모발 염색효과가 있었고, 모질의 특성 변화는 광택은 있고, 인장강도와 흡광도 변화는 없었다. 차후 다양한 염색 처리 방법 연구와 신뢰성과 객관적 결과를 위한 측정 연구가 필요하다.

주제어 : 인디고, 염색효과, 개선, 모질, 염색

Abstract : This study was aimed to investigate the effects of hair dyeing and changes of hair quality by the application of indigo dye. Methods: Indigo dye was used after water bath. After application of the dye to healthy and bleached hair samples, they were treated with heat and remained naturally by different times. Each sample was measured before and after the application and compared for the analysis. To investigate the effects of dyeing, L^* , a^* , and b^* values and bleaching degree were measured using by color-difference meter. To understand the changes of hair quality, absorbance and gloss were measured using by tensile strength and methylene blue. Results: Upon the results of dyeing, all the samples showed the significant dyeing effects before and after the application in terms of L^* ,

[†]Corresponding author
(E-mail: cmiro@naver.com)

a^* , and b^* values. With respect to the bleaching effects, it showed the greatest change on Day 1 and did not show any changes from Day 3. For the measurement of tensile strength, mean values of all the samples were increased. However, the results were not significant, statistically, demonstrating no change of hair quality. No statistically significant results were found in the samples except healthy 7L(3) sample upon the absorbance results using methylene blue. Gloss of samples was changed upon the statistical analysis results. Conclusion: Indigo dye showed the hair dyeing effects, significantly, while gloss was changed and tensile strength and absorbance were not changed in terms of hair quality. Further studies are required on the processing with a variety of dyes and on the measurements for reliability and objectivity.

Keywords : Indigo, Dyeing effect, Improvement, Hair texture, Dye

1. 서 론

경제적 수준의 향상으로 인한 삶의 질적 수준 향상과 함께 자신의 외모에 대한 관심이 증가하고 있다. 다양한 매체의 시대에 살아가고 있는 현대인들은 자신만의 개성 있는 이미지를 만들어 자기 자신의 만족 뿐 만아니라 사회생활에서도 성공적인 대인관계를 맺을 수 있다[1]. 개성 있는 외모를 꾸미기 위한 다양한 방법 중 헤어스타일에 변화를 주는 방법이 있다. 헤어스타일 변화를 주는 방법으로는 커트, 퍼머먼트웨이브, 염색이 대표적이다. 이 중에서 염색은 다양한 컬러로 자신의 개성을 표현하여 나만의 스타일을 연출 할 수 있다. 염색은 1963년 산화수를 이용한 염색을 하였으며 1980년대에는 흰머리 염색에 그치지 않고 모발에 변화를 주는 염색이 시작되었다. 1990년대에는 모발염색이 급격히 유행하면서 다양한 색상으로 늘어났고[2], 현재는 아름다운 색상을 표현하기 위해 화학성분이 첨가된 합성염모제를 사용하고 있다[3]. 이렇게 모발 염색을 자주 하면서 모발과 두피가 반복되는 작업에서 화학성분에 의해 손상이 되고 있다. 염모제에 들어 있는 암모니아나 과산화수소가 손상모의 원인이 되며, 가장 문제가 되고 있는 것은 염모제 성분인 파라페닐렌디아민(Para-phenylene diamine)으로 알려져 있다[4]. 염색 후 염색제 제거를 위한 샴푸 시에도 샴푸제 성분인 기포제정제와 첨가제가 포함되어 있어 모발을 팽윤시키거나 거칠게 하여 모발이 손상되고 미적가치 또한 잃게 된다[5]. 이러한 모발 손상을 줄이면서 모발에 염색을 할 수 있는 방법으로 천연염색에 대한 관심이 높아지고 그에 따른 연구가 이루어지고 있다. 천연염색과

관련 된 연구로는 홍화 적색소에 의한 모발 염색의 천연 계면활성제 첨가에 따른 효과[6], 백련초의 모발에 대한 천연염색 원료연구[7], 홍화를 이용한 모발의 천연염색[8], 천연치자 황색소와 전해수를 이용한 모발의 염색 및 변화 연구[9] 등이 있다. 염색의 색상은 크게 한색계열, 난색계열, 중성계열로 구분할 수 있는데 난색은 주황색을 중심으로 한 따뜻한 색, 한색계열은 파란색을 중심으로 한 주변의 차가운 색, 중성계열은 녹색 및 보라색 주변의 중간적인 느낌의 색이 있다[10]. 천연염료에 대한 연구에 있어 황색계열 등 난색계열에 대한 연구가 많고, 한색계열에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 한색계열의 천연 염료 인 인디고 염료를 이용하여 연구하고자 하였다. 인디고 관련 연구로는 천연 인디고를 이용한 텐셀직물의 염색[11], 인디고를 이용한 아스킨 섬유 염착특성[12], 인디고계 배트염료에 의한 합성섬유의 염색성[13]과 같이 의류 섬유에 관한 연구가 많다. 인디고는 산화된 형태로는 불용성이지만 발효 등 반응 환경에서 제공되는 환원력에 의해 물에 용해가 가능하여 염색이 된다[14]. 또한 세탁과 일광에 대한 견뢰도가 좋아 다른 식물성 염료에 비하여 천연 염료로 실용성을 지닌다[15].

따라서 본 연구 목적은 이러한 인디고 염료로 모발 염색 시에 모발의 염색효과와 모질의 특성 변화에 영향을 주는지 알아보려고 하였다. 실험을 위해 인디고 염료를 도포 한 후에 방치시간 차이를 두고 시료 별로 도포 전과 후를 비교 분석하였다. 비교 분석은 인디고 염료에 의해 모발의 염색효과를 알아보려고 색차계 측정과 물 빠짐을 측정하였고, 모질의 특성 변화가 있는지 알기 위

해 인장강도, 메틸렌블루를 이용한 흡광도 측정과 광택을 측정하였다.

2. 실험

2.1. 시료모발

연구에 사용된 시료 모발은 최근 2년 동안 모발에 화학적 시술을 하지 않은 여고생의 모발을 후두부에서 두피 3 cm 지점을 기준으로 20 cm로 채취하여 2 g 씩 모(hair) 다발을 만들었다. 모 다발을 플레인 린스 후 자연 건조하여 시료로 사용하였다. 시료는 건강모와 건강 모발에 탈색제 제1제(ammonium persulfate, potassium persulfate, sodium metasilicate, magnesium, sodium carboxymethyl cellulose) (Suanhj, Korea) 3 mg 과 제2제(6 % 의 과산화수소를 주 성분으로 water, etidronic acid, phosphoric acid, sodium phosphate dibasic, cetyl alcohol로 구성된 제품) (Suanhj, Korea) 3 mL 비율로 혼합, 도포하고 30 min 방치 후 세척하여 명도 7 레벨 시료 3다발과 명도 차에 의한 비교를 위해 한번의 탈색을 더 한 9레벨의 시료 1다발을 제작하였다. 실험에 사용된 모발 시료의 level 측정기(level scale, Wella, Germany) 사용 하였으며 level 측정하였다.

2.2. 인디고

실험에 사용 한 인디고 염료는 원산지는 중국 이고 앞에서 추출한 염료(Toyeon Co., Lt, Korea)를 구입하여 사용하였다.

2.3. 인디고 염료 중탕

인디고 분말 염료를 모발에 도포하기 위해서 염료와 정제수 비율을 1 : 2 로 하여 중탕기(Ims co., P-2000YE, Korea) 50 °C에서 1 h 을 중탕한 후 20 g 씩 모발에 도포하였다

2.4. 측정기기 및 측정방법

2.4.1. 도포 전, 후의 염색효과 (L^* , a^* , b^*) 측정

인디고 염료로 도포 전과 후의 표면 색상 변화를 알아보기로 색차계(Color meter, CS-10; CHN spec, China)를 이용하여 CIELAB 표색계의 색상 값인 명도지수 L^* 과 색 좌표 지수인 a^* 와 b^* 값을 측정하였다. 측정값의 신뢰성을 높이

기 위해 10회 측정하여 통계분석을 하였다.

2.4.2. 물 빠짐 측정

인디고 염료의 물 빠짐 정도를 알기 위해 물 빠짐 측정 방법은 탁도계(Turbidity meter, TU-2016; Lutron electronic, Taiwan) 기기를 이용하여 측정하였다. 100 mL 비이커에 정제수를 넣고 시료를 담근 후 24 h 후에 탁도를 측정하였다. 측정 기간은 물 빠짐이 없을 때까지 24 h 주기로 측정하였다. 물 빠짐 측정을 위해서는 모든 시료를 사용하지는 않고, 가장 명도가 높은 9레벨의 시료로 물 빠짐 측정을 하였다.

2.4.3. 인장강도 측정

인디고 염료에 의한 모질의 변화 정도를 알기 위해 모발 시료에 도포 전과 후의 인장강도를 측정하였다. 측정기기(Digital force gauge, HF-20; Tripod, China)로 인장강도를 측정하였다. 측정값의 신뢰성을 위하여 5회 측정 후 측정하여 통계분석 하였다.

2.4.4. 메틸렌블루를 이용한 흡광도 측정

인디고 염료에 의한 모질의 변화 정도를 알기 위해 모발 시료에 도포 전과 후의 흡광도를 측정하였다. 측정기기로는 모발의 외경은 마이크로미터(Quickmike, Mitutoyo)를 이용하여 0.070-0.075 mm의 굵기 오차범위를 정하고 5 cm의 길이 잘랐다. 자른 모발을 tube에 넣은 후 MB solution에 담가 vortex mixer (Vortex genie 2, Scientific Industries, USA)를 이용하여 10 s 동안 vortexing하였다. 50 °C heat block (wise therm HB-48P; Daihan Scientific, Korea)에서 10min간 유지하여 MB solution을 흡착시키고, tube에 있는 3가닥의 시료를 꺼내어 표면에 묻어 있는 MB solution은 실험용 티슈를 이용하여 제거하고, 시료 3가닥을 각각 새 tube에 옮겨 담았다. 이 tube에 NR desorb solution을 5 mL를 넣고 상온에서 5 min 방치 후 10s vortexing 후 추출하였다. 추출한 용액을 큐벳(cuvettes)에 3000 μ L 분주하여 MB의 흡수 강도가 가장 높은 파장인 660 nm로 흡광도를 측정하였다. 모 다발 별로 3가닥 씩 같은 방법으로 측정하여 통계 분석하였다.

2.4.5. 모발 표면 광택 측정

염료에 의한 모질의 변화 정도를 알기 위해 모

발 시료에 도포 전과 후의 광택 변화를 측정하였다. 측정기기는 광택계(Gloss meter NHG268; Shenzhen Threenh Technology, China)를 이용하여 측정하였다. 측정값의 신뢰성을 높이기 위해 10회 측정하여 통계 분석하였다.

2.4.6. 도포 실험 방법

건강모와 탈색으로 시술 한 모발 시료 7레벨, 9레벨 시료에 중탕한 염료를 각각의 시료에 20 g 도포하였다. 도포 후 방치시간을 다르게 하였다. 방치시간 후에 세척하여 자연건조 시켜 측정하였다. 도포는 도포 량, 자연방치시간, 열처리 시간, 시술자의 숙련도에 등에 따라서 측정과 결과에 차이가 있을 수 있기 때문에 최대한 차이를 줄이기 위해 시술자는 각 단계별로 동일인이 시술하였다. 각 레벨과 방치시간에 따른 시료 표기는 Table 1과 같다.

2.4.7. 결과 분석

각 항목의 실험은 실험에 따라 표면색 변화와 광택측정은 10회, 인장강도는 5회 측정, 흡광도는 3회 측정한 값을 도포 전과 후를 비교하였다. 신뢰성과 객관성을 높이기 위한 통계분석을 위해 평균(mean), 표준편차(standard division, SD)를 구하고 사후 검증으로 통계 프로그램인 jamovi 1.2.27 solid를 이용하여 T-Tests(Paired sample T-Test)로 양측검정(two tailed test)실시하였고, 유의 수준은 $p < .05$ 수준에서 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 인디고 염료에 따른 도포 전, 후의 염색 효과 측정 결과

천연 염료의 연구 개발은 꾸준히 이루어지고

있다. 천연 인디고 염료로 시료에 도포 전, 후 염색 효과를 측정 한 결과 다음과 같다.

1) 시료 별 L^* 측정

인디고 염료로 시료에 도포 전과 후 통계 분석 결과 L^* 값은 Table 2와 같다. 도포 전 같은 7레벨의 L^* 값이 차이가 나는 것은 모 다발 별로 모질의 차이에 의한 것이다. 건강모 시료에 인디고 염료로 도포 전 평균값은 14.50이고 도포 후의 값은 12.60으로 1.90차이를 나타낸다. 이런 차이가 표본을 추출 할 때 발생하는 표본 오차에 의한 차이인지 아니면 모평균 차이에 의한 것인지 판단하기 위해 모든 시료에 대응표본 t-검정을 통해 검증하였다. 유의확률(p-value) 0.001로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있었다. 이는 연구가설이 채택되어 건강모에서 염료에 의한 L^* 값 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 이는 인디고 염료가 모발의 모표피에 흡착이 된 결과로 사료된다. 7L(1)시료는 도포 전 평균값이 42.70이고 도포 후 값은 40.40으로 2.3차이를 나타낸다. 검증결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 7L(2)시료는 도포 전 평균값이 42.00이고 도포 후의 값은 37.90으로 4.1차이를 나타낸다. 검증결과 유의확률이 0.001로 유의 기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 7L(3)시료는 도포 전 평균값이 45.70이고 도포 후의 값은 36.80으로 8.9차이를 나타낸다. 검증결과 유의확률이 0.001로 유의 기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 L^* 값 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 9L(3)시료는 도포 전 평균값이 66.80이고 도포 후의 값은 44.00으로 22.8차이를 나타낸다. 검증결과 유의확률이 0.001로 유

Table 1. Expression method for samples

Sample	Content
Virgin hair	Undamaged hair(natural drying 30 min)
7L(1)	Treatment of level-7 sample with Indigo 20 g (natural drying 30 min)
7L(2)	Treatment of level-7 sample with Indigo 20 g (heat treatment 10 min + natural drying 20 min)
7L(3)	Treatment of level-7 sample with Indigo 20 g and (heat treatment 20 min + natural drying 10 min)
9L(3)	Treatment of level-9 sample with Indigo 20 g and (heat treatment 20 min + natural drying 10 min)

의 기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 7레벨 모든 시료에서 염착에 의한 L^* 값은 시료의 명도가 높을수록 또는 방치타임 시 열처리를 할수록 높은 값의 차이를 보인다는 것을 알 수 있었고 도포 후의 L^* 값이 감소함을 알 수 있었다. 이는 염색 시 온도가 높을수록 염착량이 높고 [16], 염색온도 및 염색시간에 따른 L^* 값이 감소한다[17]는 내용과 같음을 알 수 있었다.

2) 시료 별 a^* 측정

인디고 염료로 시료에 도포 전과 후 통계분석 결과 a^* 값은 Table 3과 같다. 도포 전 같은 7레벨의 a^* 값이 차이가 나는 것은 모 다발 별로 모질의 차이에 의한 것이다. 건강모 시료에 도포 전과 후 평균 값은 1.58로 차이를 나타내고, 유의확률(p-value) 0.001로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 이는 연구가설이 채택되어 건강모에서 염료에 의한 a^* 값 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 7L(1)시료에 도포 전과 후의 평균값은 7.95차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 변화가 있는 것을

알 수 있었다. 7L(2)시료에 도포 전과 후의 평균 값은 6.90차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있었다. a^* 값 변화를 주는 것을 알 수 있었다. 7L(3)시료에 도포 전과 후의 평균값은 12.11차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 변화를 주는 것을 알 수 있었다. 9L(3)시료에 도포 전과 후의 평균 값은 5.43차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있었다. a^* 값 감소로 표면 색상 변화를 주는 것을 알 수 있었다. 이는 청색을 띄는 인디고 염료의 염착에 의한 효과로 사료된다.

3) 시료별 b^* 측정

인디고 염료로 시료에 도포 전과 후 통계분석 결과 b^* 값은 Table 4와 같다. 도포 전 같은 7레벨의 b^* 값이 차이가 나는 것은 모 다발 별로 모질의 차이에 의한 것이다. 건강모시료에 도포 전과 후 평균값은 0.38로 차이를 나타낸다. 이런 차이가 표본을 추출 할 때 발생하는 표본 오차에 의한 차이인지 아니면 모평균 차이에 의한 것이

Table 2. Statistical analysis result value of brightness L^*

Sample		Pre	Post	statistic	p
		Mean \pm SD	Mean \pm SD		
Virgin hair	L^*	14.50 \pm 0.40	12.60 \pm 0.39	18.50	0.001*
7L(1)	L^*	42.70 \pm 1.31	40.40 \pm 0.87	5.82	0.001*
7L(2)	L^*	42.00 \pm 0.64	37.90 \pm 0.35	14.40	0.001*
7L(3)	L^*	45.70 \pm 1.04	36.80 \pm 0.95	24.90	0.001*
9L(3)	L^*	66.80 \pm 1.38	44.00 \pm 0.26	50.10	0.001*

* $p < 0.05$.

Table 3. Statistical analysis result value of a^*

Sample		Pre	Post	statistic	p
		Mean \pm SD	Mean \pm SD		
Virgin hair	a^*	-9.72 \pm 0.51	-11.30 \pm 0.40	7.57	0.001*
7L(1)	a^*	14.30 \pm 0.65	6.35 \pm 0.36	27.10	0.001*
7L(2)	a^*	13.90 \pm 0.38	7.00 \pm 0.64	30.00	0.001*
7L(3)	a^*	12.50 \pm 0.32	0.39 \pm 0.84	46.10	0.001*
9L(3)	a^*	2.03 \pm 0.34	-3.40 \pm 0.16	57.20	0.001*

* $p < 0.05$.

지 판단하기 위해 대응표본 t-검정을 통해 검정하였다. 유의확률(p-value) 0.024로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 b^* 값 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 7L(1)시료에 도포 전과 후의 평균값은 6.4차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 이는 인디고 염료의 효과 때문으로 사료된다. 7L(2)시료에 도포 전과 후의 평균값은 5.5차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 변화를 주는 것을 알 수 있었다. 7L(3)시료에 도포 전과 후의 평균값은 13.0차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있었어 변화를 주는 것을 알 수 있었다. 9L(3)시료에 도포 전과 후의 평균값은 10.0차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 b^* 값 감소로 인디고 염료에 의한 염색 효과가 있는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 염색 시간이 증가함에 따라 염색성도 증가하고 그 이유는 모발의 구조와 염료의 구조가 결합을 하여 모발에 흡착이 되는 화학적 메카니즘에 의한 현상[18]의 연구결과와 같음을 알 수 있었다.

3.2. 물 빠짐 측정 결과

인디고 염료로 도포한 시료의 물 빠짐 측정 결과는 Table 5와 같다. 물 빠짐 측정을 위해서 가

장 명도가 높은 9레벨의 시료로 물 빠짐 측정을 하였다. 이는 9레벨의 모발 손상이 7레벨보다 손상이 심할 것으로 판단하였기 때문이다. 측정결과 1일차에는 가장 많이 17.61 NTU가 빠졌고, 2일차에는 7.37, 3일차에는 1.58 이고, 4일차부터 더 이상의 물 빠짐이 없었다. 인디고의 푸른색 염료가 빠진 것으로 사료되며, 1-3 일차까지 물 빠짐이 있는 이유는 염료가 모발표면이나 모피질 속으로 침투, 흡착이 된 것으로 사료된다. 1-3일차까지 미비하지만 물 빠짐이 일어난 이유는 모발 표면에 흡착이 된 색소가 유실되기 때문인 것으로 반영구적 염모제의 염착방법으로 염색분자 입자는 작은 분자와 큰 분자가 혼합되어 작은 분자는 큐티클 안에 침투하여 발색하고 큰분자는 표면에 이온결합으로 흡착 되었다가 떨어진다 [19].

3.3. 인장강도 측정 결과

인디고 염료로 시료에 도포 전, 후 인장강도 측정 결과는 Table 6과 같다. 도포 전 같은 7레벨의 인장강도 값이 차이가 나는 것은 모 다발 별로 모질의 차이에 의한 것이다. 건강모 시료에 도포 전과 후 평균 값은 0.09차이를 나타낸다. 이런 차이가 표본을 추출 할 때 발생하는 표본 오차에 의한 차이인지 아니면 모평균 차이에 의한 것인지 판단하기 위해 모든 시료에 대응표본 t-검정을 통해 검정하였다. 유의확률(p-value) 0.400으로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 큰 값으로 유의미하지 않음을 알 수 있었다. 이는 연구가설이 기

Table 4. Statistical analysis result value of b^*

Sample		Pre	Post	statistic	p
		Mean \pm SD	Mean \pm SD		
Virgin hair	b^*	-0.56 \pm 0.33	-0.18 \pm 0.38	-2.70	0.024
7L(1)	b^*	39.10 \pm 1.49	32.70 \pm 0.89	10.50	0.001*
7L(2)	b^*	38.40 \pm 1.04	32.90 \pm 0.69	17.80	0.001*
7L(3)	b^*	37.40 \pm 0.50	24.40 \pm 1.02	38.90	0.001*
9L(3)	b^*	28.50 \pm 0.96	18.50 \pm 0.15	34.10	0.001*

* $p < 0.05$.

Table 5. Pigment loss

(Unit: NTU)

Sample 9L(3)	1 day	2 day	3 day	4 day
Pigment loss value	17.61	7.37	1.58	0

각되어 건강모에서 염료에 의한 인장강도 변화가 없는 것을 알 수 있었다. 7L(1)시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.08 차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.281로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 큰 값으로 유의미하지 않음을 알 수 있어 염료에 의한 인장강도 변화는 없는 것을 알 수 있었다. 7L(2) 시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.09차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.084로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 큰 값으로 유의미하지 않음을 알 수 있어 인장강도 변화가 없음을 알 수 있었다. 7L(3)시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.09 차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.402로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 큰 값으로 유의미하지 않음을 알 수 있어 인장강도 변화가 없음을 알 수 있었다. 9L(3)시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.01차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.824로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 큰 값으로 유의미하지 않음을 알 수 있어 인장강도 변화가 없음을 알 수 있었다. 통계분석 결과 유의미하지 않은 결과로 인디고 염료에 의한 인장강도 변화가 없음을 알 수 있었다.

3.4. 메틸렌블루를 이용한 흡광도 측정 결과

인디고 염료로 시료에 도포 전, 후 흡광도 측

정 결과는 Table 7과 같다. 도포 전 같은 7레벨의 흡광도 값이 차이가 나는 것은 모 다발 별로 모질의 차이에 의한 것이다. 건강모시료에 도포 전과 후 평균값은 0.006 차이를 나타낸다. 이런 차이가 표본을 추출 할 때 발생하는 표본 오차에 의한 차이인지 아니면 모평균 차이에 의한 것이 지 판단하기 위해 모든 시료에 대응표본 t-검정을 통해 검정하였다. 유의확률(p-value) 0.437로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 큰 값으로 유의하지 않음을 알 수 있었다. 이는 연구가설이 기각되어 건강모에서 염료에 의한 흡광도 변화가 없는 것을 알 수 있었다. 7L(1)시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.074차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.060으로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 큰 값으로 유의하지 않음을 알 수 있어 염료에 의한 흡광도 변화는 없는 것을 알 수 있었다. 7L(2)시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.091차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.215로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 큰 값으로 유의미하지 않음을 알 수 있어 흡광도 변화가 없음을 알 수 있었다. 7L(3)시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.046차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.041로 유의기준 $p < 0.05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 흡광도 변화가 있음을 알 수 있었다. 9L(3)시료에 도포 전과

Table 6. Statistical analysis result value of tensile strength (Unit: N)

Sample	Pre	Post	statistic	p
	Mean ± SD	Mean ± SD		
Virgin hair	1.25 ± 0.13	1.34 ± 0.21	-0.94	0.400
7L(1)	0.98 ± 0.11	1.06 ± 0.07	-1.25	0.281
7L(2)	0.88 ± 0.08	1.30 ± 0.39	-2.28	0.084
7L(3)	0.91 ± 0.18	1.00 ± 0.12	-0.93	0.402
9L(3)	0.56 ± 0.04	0.57 ± 0.17	-0.22	0.824

* $p < 0.05$.

Table 7. Statistical analysis result value of optical density (Unit: Abs)

Sample	Pre	Post	statistic	p
	Mean ± SD	Mean ± SD		
Virgin hair	0.064 ± 0.02	0.058 ± 0.03	1.22	0.437
7L(1)	0.202 ± 0.01	0.128 ± 0.01	10.6	0.060
7L(2)	0.230 ± 0.00	0.139 ± 0.04	2.84	0.215
7L(3)	0.148 ± 0.00	0.102 ± 0.00	15.3	0.041*
9L(3)	0.213 ± 0.09	0.144 ± 0.01	1.17	0.451

* $p < 0.05$.

후의 평균값은 0.069차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.451로 유의기준 $p < .05$ 보다 큰 값으로 유의미하지 않음을 알 수 있어 흡광도 변화가 없음을 알 수 있었다. 7레벨과 9레벨 시료에서의 흡광도 평균값 변화는 도포 후에 감소하였다. 그러나 통계분석 결과로 7L(3)을 제외한 나머지 시료는 유의미하지 않은 결과로 인디고 염료에 의한 흡광도 변화가 없음을 알 수 있었다. 다른 시료와 달리 7L(3)의 흡광도 변화가 있는 것은 손상이 9레벨보다 적고, 열처리를 많이 한 결과로 같은 7레벨 시료들 보다 염료에 의한 흡착과, 칩투가 많은 것으로 사료된다. 이는 모발이 손상될수록 흡광도의 값이 커진다[20]는 결과와 반대인 결과로 모질에 변화를 준 것을 알 수 있었다.

3.5. 광택 측정 결과

인디고 염료로 시료에 도포 전, 후 광택 측정 결과는 Table 8과 같다. 도포 전 같은 7레벨의 광택 값이 차이가 나는 것은 모 다발 별로 모질의 차이에 의한 것이다.

건강모 시료에 도포 전과 후 평균 값은 0.07차이를 나타낸다. 이런 차이가 표본을 추출 할 때 발생하는 표본 오차에 의한 차이인지 아니면 모 평균 차이에 의한 것인지 판단하기 위해 모든 시료에 대응표본 t-검정을 통해 검정하였다. 유의확률(p-value) 0.025로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있었다. 이는 연구가설이 채택되어 건강모에서 염료에 의한 광택 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 7L(1)시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.09차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.004로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 염료에

의한 광택 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 7L(2)시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.07차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.045로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 염료에 의한 광택 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 7L(3)시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.19차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 염료에 의한 광택 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 9L(3)시료에 도포 전과 후의 평균값은 0.4차이를 나타낸다. 검정결과 유의확률이 0.001로 유의기준 $p < .05$ 보다 작은 값으로 유의미한 결과를 알 수 있어 염료에 의한 광택 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 도포 전과 도포 후의 평균값의 변화는 7L(1), 7L(2)시료를 제외한 나머지 시료들은 모두 광택 값이 감소하였다. 건강모 자체에 염료를 도포하며 광택의 변화가 감소하였고, 열처리를 20 min 처리 한 7L(3), 9L(3)시료에서 감소하였다. 이는 인디고 염료가 열처리에 의하여 광택에 변화를 준 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 인디고 염료로 건강모와 탈색한 7레벨, 9레벨 시료에 도포하여 도포 전과 후의 염색 효과와 염료에 의한 모질의 특성 변화가 있는지를 연구하였다. 인디고 염료를 정제수와 혼합 후 중탕하여 시료에 도포하였다. 방치 한 후 플레인 린스 하여 모발을 자연 건조하였다. 건조한 시료의 도포 전, 후의 염색효과를 측정하고자 L^* , a^* , b^* 값, 물 빠짐 값을 비교 분석하였고, 모질

Table 8. Statistical analysis result value of gloss meter

(Unit: GU)

Sample	Pre	Post	statistic	p
	Mean \pm SD	Mean \pm SD		
Virgin hair	0.35 \pm 0.05	0.28 \pm 0.04	2.69	0.025*
7L(1)	0.88 \pm 0.06	0.97 \pm 0.04	-3.89	0.004*
7L(2)	1.06 \pm 0.06	1.13 \pm 0.06	-2.33	0.045*
7L(3)	1.15 \pm 0.05	0.96 \pm 0.05	6.86	0.001*
9L(3)	1.84 \pm 0.09	1.44 \pm 0.14	12.00	0.001*

* $p < 0.05$.

의 특성 변화를 알기 위해 인장강도, 메틸렌블루를 이용한 흡광도, 광택 측정을 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 모발 염색효과를 알기 위한 L^* , a^* , b^* 값 측정 결과로 L^* 값은 건강모의 경우 L^* 값은 통계분석 결과 변화가 있음을 알 수 있었고, 7L(1), 7L(2)과 7L(3), 9L(3) 시료 모두 변화가 있는 것으로 염색 효과가 있음을 알 수 있었다. a^* 값과 b^* 값의 도포 전과 후의 통계분석 결과 건강모, 7L(1)과 7L(2), 7L(3), 9L(3) 시료 모두 유의미한 결과로 염색 효과가 있음을 알 수 있었다.

둘째, 인디고 염료 의 물 빠짐을 알기 위한 측정 결과로는 1일차에는 가장 많이 빠졌고, 4일차부터는 더 이상의 물 빠짐이 없었다.

셋째, 모질의 특성 변화를 알기 위한 인장강도 측정 결과는 건강모, 7L(1), 7L(2), 7L(3), 9L(3) 모두 평균값은 증가함을 알 수 있었으나, 통계분석으로는 변화가 없음을 알 수 있었다.

넷째, 모질의 특성 변화를 알기 위한 흡광도 측정 결과는 건강모와 7L(1), 7L(2), 7L(3), 9L(3) 모두 평균값은 감소함을 알 수 있었으나, 7L(3) 시료를 제외한 나머지 시료는 통계분석으로는 변화가 없음을 알 수 있었다.

다섯째, 모질의 특성 변화를 알기 위한 광택 측정 결과는 평균값은 7L(1)과 7L(2)는 증가하고, 건강모와 7L(3), 9L(3)에서는 감소하였다. 통계분석으로 유의미한 결과로 광택에 변화를 주는 것을 알 수 있었다.

이와 같은 결과로 인디고 염료로 모발에 도포 시 염색 효과가 있음을 알 수 있었고, 모질의 특성 변화는 통계분석 결과 흡광도와 인장강도 변화는 없는 것을 알 수 있었고, 광택에는 변화를 주는 것을 알 수 있었다. 이로서 모발 염모제 성분으로는 사용 가능성을 알 수 있었다. 모발 손상을 줄이기 위한 천연 염료에 대한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 다양한 연구방법에 의한 염색효과 측정과 모질 특성 변화에 관한 연구는 미비한 실정이다. 차후 연구 시 염색효과를 측정을 위해 다양한 처리방법에 의한 연구가 필요하고 신뢰성과 객관적 결과를 위한 측정 방법 연구가 필요하다.

References

1. H. J. Oh, Y. J. Yeon, "Analysis of Natural Dye-based Hair Coloring", *Oriental Art*, Vol.37 pp. 165-184, (2017)
2. J. H. Cho, J. S. Lee, M. J. Kim, "Review on the Market for Hair Dye", *Journal of The Korean Society of Cosmetology*, Vol.8, No.1 pp. 139-147, (2002).
3. J. S. Kim, "Comparison of hair damage caused by synthetic hair dyes", *Journal of The Korean Society of Cosmetology*, Vol.12, No.1 pp. 67-73, (2006).
4. G. J. Kim, M. S. Kang, D. H. Moon, "Hair Damage According to Type of Hair Dye Components Used", *Journal of the Korea Soc. Beauty and Art*, Vol.12, No.4 pp. 83-96, (2011).
5. J. J. Kang, H. J. Wang, "The Influence of Shampoo Treatment on the Dye Hair Coated with an Acid Coating Agent", *Journal of the Korean Society of Beauty and Arts*, Vol.7, No.3 pp. 89-100, (2006).
6. E. S. Bae, M. H. Chang, "Effect of Natural Surfactants Addition on Hair Dyeing with Safflower Red Colorants", *Journal of the Korean Society Design Culture*, Vol.24, No.4 pp. 135-144, (2018).
7. J. S. Kim, S. E. You, "Natural Dyeing Materials from Opuntia humifusa for Hair", *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, Vol.17, No.1 pp. 129-128, (2019).
8. W. M. Cha, H. S. Kim, "Regular Articles : Natural Dyeing of Hair Using Carthamus tinctorius", *Journal of Investigative Cosmetology*, Vol.4, No.2 pp. 177-182, (2008).
9. S. E. Yoo, W. J. Choi, "A Study of Hair Dyeing Using Natural Gardenia(Gardenia jasminoidesEllis) Yellow Pigment and Electrolyzed Water and Changes in Hair Color", *Journal of the Korean Society of Beauty and Arts*, Vol.18, No.1 pp. 189-201, (2017).
10. J. S. Kim, Hair Coloring. p.19, Kuhmins, (2017).
11. Y. S. Shin, K. H. Son, D. I. Yoo, "Tencel

- Dyeing by Natural Indigo Prepared from Dyer's Knotweed", *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, Vol.32, No.12 pp. 1963-1970, (2008).
12. S. H. Kim, Y. S. Kim, J. P. Hong, S. H. Yoon, Y. A. Son, "Dyeing Properties of Askin Fabric with Indigo", *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, Vol.21, No.2 pp. 1-6, (2009).
 13. H. Y. Jang, H. J. Kim, M. C. Lee, "Dyeing Properties of Synthetic Fibers with Indigoid Vat Dye", *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, Vol.13, No.5 pp. 41-47, (2001).
 14. Y. S. Shin, M. Choi, D. I. Yoo, "Utilization of By-products for Organic Reducing Agent in Indigo Dyeing", *Fibers and Polymers*, Vol.14, No.12 pp. 2027-2031, (2013).
 15. Y. S. Shin, A. R. Cho, D. I. Yoo, "Natural Indigo Dyeing of Cotton Fabric-One-step reduction/dyeing process-", *Textile Coloration and Finishing*, Vol.22, No.2 pp. 101-109, (2010).
 16. E. J. Kang, J. W. Ryu, "Natural Hair Dyeing of *Rubia tinctorum* according to Type of Mordant, Dyeing Temperature". *The Journal of the Korean Society of Makeup Design*, Vol.15, No.2 pp. 37-48, (2019).
 17. E. S. Seo, C. H. Park, "Hair Dyeing and Colorfastness Using Extracts of Blueberry", *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, Vol.15, No.3 pp. 323-332, (2017).
 18. E. S. Bae, M. H. Chang, "Effect of Natural Surfactants Addition on Hair Dyeing with Safflower Red Colorants", *Journal of the Korean Society Design Culture*, Vol.24, No.4 pp. 135-144, (2018).
 19. J. S. Kim, C. S. Kim, Y. J. Kim, S. E. You, *Hair Science*, p.158, Hoonmins, (2010).
 20. H. N. Lee, M. Y. Ham, "Hair Damage Rates and Morphological Changes from Application of a Reducing Agent Prescribing Ginseng Extract", *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, Vol.8, No.8 pp. 211-223, (2010).