탈색조건이 모발의 성질에 미치는 영향

신승엽 · 정혜원[†] · 황나원 · 황희종

인하대학교 의류학과

Effects of Bleaching Conditions on the Properties of Hair

Seung Yeop Shin · Haewon Chung[†] · Nawon Hwang · Hee Jong Hwang

Dept. of Clothing & Textiles, Inha University

접수일(2012년 5월 10일), 수정일(1차 : 2012년 6월 5일, 완료일 : 2012년 6월 20일), 게재확정일(2012년 7월 2일)

Abstract

Many Koreans have recently bleached their black hair to blond or a light color due to the influence of their favorite Korean idols. Bleaching effects were studied under various bleaching conditions, such as the concentration of oxidants, the ratio between bleach accelerant and oxidant, and treatment temperature and time. The degree of damage of bleached hair with the same color difference (ΔE) intervals was observed in SEM images, the retention of breaking load and the change of color after dyeing. The ratio between bleach accelerant and oxidant of 1:2.5 was an effective condition. L^* values of the bleached hair treated with 9% oxidant increased to 90 min. At a treatment temperature of 30°C, a^* values were maximum at 30 min and then decreased as time further increased; however, b^* values of the bleached hair increased as the treatment time increased. At 45°C, both of a^* and b^* values showed a maximum at a specific time. Bleaching efficiency was influenced most by temperature, followed in order by time, and oxidant concentration. As the treatment time increased, L^* values greatly increased with twice treatment; however, a^* and b^* values decreased. Bleached hair, which had a color difference of higher than 30, showed the scales were completely removed and the retention of the breaking load greatly decreased. Highly bleached hair showed a great decrease in L^* values by dyeing; however, dyeing with bright colors was more indicative to the effect of bleaching.

Key words: Hair, Bleaching, CIE $L^*a^*b^*$, Breaking load, Dyeing; 모발, 표백, CIE $L^*a^*b^*$, 인장력, 염색

I. 서 론

한국인은 흑갈색 내지 검정색 모발로 거의 대부분 유사한 색을 가지는데, 점차 아이돌 또는 매스미디어의 영향으로 개성을 드러내려는 요구가 커지며 다양한 모발 색을 원하거나 시도하는 경우가 많다. 동양인은 모발 색의 변화를 위해서는 반드시 탈색하여야 하는데, 탈색만하여 갈색부터 황색으로 옅은 색으로 하거나, 여

기에 염색하여 다른 색상이 되도록 한다.

모발은 모간부와 모근부로 분류되는데 모간부는 피부 바깥으로 나와 있는 부분이며 모근부는 피부 속에 묻혀 있는 부분이다. 모간부는 큐티클, 피질과 수질로 구성되어 있다. 큐티클은 외부로부터의 손상을 막아주는 각질세포층이며, 피질은 모발의 대부분을 차지하고 있는데 긴 다각형의 피질세포가 치밀하게 위치하고 여기에 모발의 색상을 결정하는 색소 멜라닌이 과립의 형태로 존재하고 있으며, 수질은 모발의 중앙에 다수의 빈 공간으로 되어 있다. 멜라닌 과립은 아미노산 티로신이 산화

[†]Corresponding author

E-mail: hwchung@inha.ac.kr

되어 형성되며 멜라닌에는 갈색에서 검정색의 eumelanin과 금색, 적갈색, 적색의 색조를 나타내는 pheomelanin 두 종류가 있는데, 두 종류의 비율, 멜라닌의 양과 밀집도에 따라 모발의 색상과 밝기가 달라진다(Pivot Point International, 1997). 모발의 탈색은 멜라닌의 산화작용에 의한 것으로, 멜라닌 과립은 피질의 케라틴 단백질과 결합되어있다. 탈색의 첫 단계는 멜라닌 과립의 용해를 위해시스틴 결합을 파괴하여야 하는데 이를 위해 암모니아가 포함된 알칼리성의 산화제로 처리하는 것이다. 과산화수소만으로 처리하면 반응이 매우 늦어 반응을 촉진시키기 위해 과황산 암모늄, 과황산 나트륨, 과황산 칼륨 등 즉 알칼리 용액을 혼합하여 사용한다(Chang & Lee, 2011). 모발의 표백과정에서 멜라닌 색소가 물리화학적 작용을 받아 비가역적으로 반응함으로써 모발 색소를 약화시키거나 제거될 때 모발 단백질인 케라틴 중시스틴 가교를 산화제로 결합을 끊어시스테인산이 생성되며 이때 멜라닌 뿐 아니라 기타 아미노산에서도 반응이 일어남으로써 모발의 큐티클 등에 손상을 초래한다(Wolfram et al., 1970). 모발 탈색 시 과도한 가열과 약품처리는 두피의 화상을 초래할 수 있어, 쥐의 피부에서 표백제를 처리하였을 때에 표피가 얇아지고 표피 아래층에 부종이 생기는 것으로 보고되었다(Jeong et al., 2010). 모발의 색상을 바꾼 후 그 색을 지속적으로 유지하기 위해서는 산화염색방법을 이용하며, 이 때 일반적으로 p-phenylenediamine(PPD)이 과산화수소에 의해 색을 갖는 quinine diimine을 생성하고 이것이 resorcinol과 산화축합 됨으로써 모발의 피질에 염료분자를 형성하는데, PPD는 피부에 부작용을 일으키는 경우도 많은 것으로 보고되었다(Lee et al., 2010). 이와 같이 탈색과 염색은 피부 또는 모발에 해를 끼치므로 되도록 완화된 조건과 비용의 절감이 필요하다.

지금까지 행해진 모발의 탈색에 관한 연구는 탈색 조건에 따른 색상과 강도의 변화를 살펴보았는데, Kim et al.(2006)은 pH 10의 과산화수소수용액으로 반복 처리하였을 때의 색상과 손상을 조사하였지만 실제 처리과정인 반응촉진을 위한 과황산 칼륨 사용 시의 영향에 대한 조사는 없었으며, 산화제와 산화촉진제를 사용하여 탈색 후 인장강도를 측정하였다는 연구도(Kim & Chun, 2005; Lee et al., 2007; Lee & Chang, 2008) 인장강도가 아닌 절단 시의 하중이었으며 인장력의 단위가 서로 달라 차이가 너무 심하고, 처리 목적인 탈색에 관

한 조사는 보고되지 않았다. 한편 Yuen et al.(2009)은 탈색 시 각각의 조건을 따로따로 선정하고 그때의 탈색효과를 원모와의 색차 ΔE 로 나타내어 시간, 온도 농도가 증가하면 탈색효과가 좋아짐을 알 수 있으나 실제 탈색조건 선정에는 도움이 못되었다.

현재 모발의 탈색과 염색을 위한 많은 제품들이 있으며 또한 이를 사용하여 널리 행해지고 있으나, 이들 제품을 사용하는 조건에 따른 효과 및 영향이 체계적으로 연구 보고되지 않았다. 그러므로 본 연구에서는 성분과 조성을 알 수 있는 탈색제를 선정하여 탈색조건을 달리 하였을 때의 탈색효과를 규명하고, 일정 간격으로 탈색 효과가 다를 때의 손상도를 SEM과 인장력으로 조사하였으며, 이와 함께 염색효과도 알아봄으로써 탈색에 의한 모발의 종합적인 성질을 규명하고자 하였다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

시료는 시판되는 검정색 모발(한국모발과학협회)을 구입하여 사용하였는데, 다발로 되었으며 길이 10 ± 0.1 cm로 무게 0.95 ± 0.05 g이었다. 모발은 샴푸용액에 여러 차례 충분히 세척하여 모발에 붙어있는 불순물 등을 제거했으며, 자연건조 시킨 후 흰색 모발 또는 검은 색이 아닌 옅은 색 모발이나 이물질은 제거하였다. 실험 전 모발은 항온 항습기에서 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $65 \pm 2\%$ 에서 24시간 보관 후 사용하였다.

모발 탈색은 탈색촉진제와 산화제를 섞어 사용하였다. 일반적으로 탈색촉진제를 1제, 산화제를 2제라 표현하기도 하므로 여기서는 탈색촉진제를 먼저 쓰기로 한다. 탈색촉진제는 시판 제품(Blonder lightening powder, Wella)을 사용하였는데 과황산 칼륨과 과황산 암모늄이 주성분으로 알칼리성이며 증류수에 용해한 10% 용액의 pH는 11.0이었다. 산화제도 시판 제품(Koleston perfect creme developer, Wella)을 사용하여 과산화수소의 함량 3%(w/v), 6%(w/v), 9%(w/v)의 효과를 비교하였다. 또한 모발 염색에는 염료로 적색인 체리레드와 청색의 블루실버(Koleston perfect, Wella)의 두 가지 색상에서 명도 8과 10의 2종류씩 선택하여 사용하였다. 적색 염료의 주성분은 레소르신, α -나프톨, p-아미노페놀이며, 청색 염료의 주성분은 황산톨루엔2,5-디아민, 염산2,4-디아미노 페녹시에탄올이었다.

2. 실험방법

1) 탈색과 염색

모발의 탈색을 위해 탈색촉진제와 산화제 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:4의 무게비로 혼합하여 탈색액을 제조하였고, 모발 한 속에 탈색제 3g을 모발용 브러시로 고르게 바르고 알루미늄 호일로 씌운 후 시험관에 넣고 항온 수조에서 교반하며 일정 시간 처리하였다. 일반적으로 실온에서 모발 속의 온도를 측정하였을 때에 30°C 내외로 처리온도는 30°C와 열을 가한 45°C의 두 조건을 선택하였으며, 처리시간은 15분부터 90분까지 변화시켰다. 염색은 염모제와 산화제를 1:1의 무게비로 혼합한 염액 4g을 한 속의 모발에 고르게 바르고, 역시 탈색과 마찬가지로 알루미늄 호일로 씌운 후 시험관에 넣고 항온 수조에서 교반하며 일정 시간 처리하였다. 이 때 산화제는 농도 6%를 사용하였고 온도 30°C에서 30분간 처리하였다. 탈색제와 산화제로 처리 후 또는 염색한 모발은 샴푸용액으로 세척하고 증류수로 충분히 행구고, 상온에서 건조하였다. 모든 실험은 각각 4속 이상의 모발을 사용하여 색상을 측정한 후 평균을 구하였다.

2) 모발의 색 측정

모발은 색차계(Color i5, X-rite)를 사용하여 D65 광원, 10° 시야에서 CIE L*a*b* 값을 측정하였으며 ΔE 값을 구하여 탈색과 염색에 따른 색차를 비교하였다. 정확한 L*a*b* 값을 얻기 위해 동일 조건에서 4속 이상의 모발을 실험하였다. 원모의 L* 값은 16.25, a* 값은 2.15, b* 값은 2.07 이었다.

3) 모발의 표면 형태 관찰

모발을 탈색 또는 탈색 후 염색하였을 때에 표면에 있

는 스케일의 손상 정도를 알아보기 위하여 이온 sputter (E-1030, Hitachi)에서 180초 동안 백금 증착한 후 SEM(S-4300SE, Hitachi)에서 15 kV, 500배로 관찰하였다.

4) 모발의 강도 측정

탈색처리에 따른 모발의 강도 감소를 알아보기 위하여 원모, 그리고 원모와의 색차 $\Delta E = 20, 30, 40, 50$ 인 탈색모발을 표준 상태에서 보관하였을 때와 습윤 시의 인장강도를 만능시험재료기(Instron 5569, USA)로 측정하였다. 이 때 파지거리는 50mm, 인장속도는 300mm/min으로 하였다.

5) 통계처리

탈색색상에 따른 탈색조건을 군집화하기 위해서 탈색모발의 CIE L*a*b* 값으로 PASW Statistics 18프로 그램을 이용하여 회귀분석을 통하여 탈색효과인 ΔE 에 대한 탈색조건에의 회귀식을 구하였고, K-평균 군집분석을 실시하여 5개의 군집으로 분류하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 탈색조건에 따른 모발 색상

탈색이 진행됨에 따른 색상 변화는 ΔE 값으로 나타낼 수 있으나 이 경우에는 전체 색상의 차이이며 실제 색의 변화를 알 수 없으므로 여기서는 L*, a*, b* 값으로 나타내었다.

탈색촉진제가 산화제에 비하여 가격이 비싸므로 산화제의 농도 6%를 사용하여 탈색촉진제와 산화제의 비율에 따른 탈색효과를 실험한 결과는 <Fig. 1>과 같다. 원모의 L* 값은 16.25이었으며 탈색촉진제와 산화

Fig. 1. CIE L* values of hair bleached at various ratios between the bleach activator and oxidant.

제의 모든 비율에서 처리시간이 길어질수록 L^* 값이 증가하여 밝은 색으로 되었는데, 15분 처리 시 증가율이 가장 크며, 점차 증가율이 줄어들었다. 생산화제는 탈색촉진제와 산화제의 비율 1:2를 권장하였는데, 산화제의 비율을 가장 높은 1:4는 처리온도 30°C와 45°C에서 모두 L^* 값이 현저하게 낮아 탈색효과가 떨어졌으며, 비율 1:3은 90분에서는 차이가 적으나 이보다 시간이 짧은 30분에서 60분까지는 1:2보다 떨어졌다. 탈색촉진제와 산화제의 비율 1:2.5에서는 30°C, 45°C 동일한 처리시간에서 탈색효과가 1:2와 거의 차이가 없으므로 탈색촉진제와 산화제의 비율 1:2.5가 더 효율적이라 할 수 있다.

탈색 처리시간이 15, 30, 45, 60, 90분으로 길어질 때에 탈색에 따른 색상 즉 CIE a^* , b^* 값의 변화를 <Fig. 2>에 나타내었는데 화살표 시작점은 15분을, 90분은 끝점으로 표시하였다. 탈색시간이 길어질수록 a^* , b^* 값이

증가하여 갈색으로 변하였는데, a^* 값보다는 b^* 값의 증가가 컸다. 시간이 길어질수록 값의 증가는 적어졌는데 특히 30분까지 값이 크게 증가하였다. 탈색촉진제와 산화제 간의 비율과 시간에 따른 차이는 45°C보다 30°C에서 더 컸으며, 30°C에서 가장 약한 조건인 1:4의 비율로 15분 처리 시 a^* 값 8.3, b^* 값 11.8이었으며, 가장 강한 조건인 1:2로 90분은 a^* 값 12.6, b^* 값 24.8이었다. 또한 45°C에서는 1:4로 15분은 a^* 값 10.1, b^* 값 16.4에서 1:2로 90분일 때 a^* 값 12.6, b^* 값 27.9이었다. 온도가 높아질 때 a^* 값보다 b^* 값이 더 크게 증가하였는데 시간이 증가되어도 a^* 값보다 b^* 값의 증가율이 컸다. 본 실험에서 측정된 L^* , a^* , b^* 값의 편차는 L^* 값 1.64, a^* 값 0.38, b^* 값 0.89 이내가 되도록 모발 속 4개 이상을 실험하였다. 탈색촉진제와 산화제비율 1:4는 a^* , b^* 값이 낮아 1:2와 차이가 컸으며, 1:3은 L^* 값과 같이 90분에서는 차이가 적으나 60분까지의 시간에서는 1:2보다 낮았으며, 1:2.5에서는 a^* , b^* 값이 모든 시간에서 차이가 없어 탈색촉진제와 산화제의 비율 1:2.5가 효율적이라 할 수 있다.

산화제 농도가 3%, 6%, 9%에서의 모발 탈색효과를 알아보기 위하여 탈색촉진제와 산화제의 비율 1:2.5로 처리 시 L^* 값의 변화는 <Fig. 3>과 같다. 산화제 농도가 크고 온도가 높으며 처리시간이 길 때 L^* 값이 더 컸는데, 30°C와 45°C 모두 산화제 농도 3%, 6%는 60분 이상에서의 증가는 적으나 9%는 90분까지 계속 증가하였다. 이는 9%는 산화제의 농도가 커서 작용할 수 있는 양이 많기 때문이다. 처리시간 60분까지는 산화제 농도가 3%에서 6%로 되면 6%에서 9%로 될 때보다 L^* 값이 더 크게 증가하였으나, 90분에서는 산화제 농도 9%로 처리 시의 증가율이 더 컸다. 산화제 농도가 낮은 3%는 45분 이내에서, 산화제 9%는 60분 이상에서 온도 증

Fig. 2. Change of a^* , b^* values of hair bleached at various ratios between bleach activator and oxidant as the treatment time increased from 15 min to 90 min.

Fig. 3. CIE L^* values of hair bleached at various oxidant concentrations.

가 효과가 컸는데 이는 역시 총 산화제 량에 기인한다.

처리시간이 15분에서 30분, 45분, 60분, 90분으로 증가될 때의 a^* , b^* 값의 변화는 <Fig. 4>와 같다. a^* , b^* 값의 변화는 온도에 따라 차이가 있었다. 30°C에서 산화제 농도 3%, 6%는 시간이 90분까지 증가될 때 a^* , b^* 값이 모두 증가하였지만 농도 9%는 a^* 값은 30분에서 최대값 11.18이고 그 후에는 감소하였으나 b^* 값은 계속 증가하였다. 즉 3%, 6%의 산화제로 처리 시 시간이 경과함에 따라 모발의 색상이 흑색에서 적색으로 변하지만 9% 농도에서는 시간이 경과함에 따라 흑색에서 붉은색을 띄다가 붉은색도 연해지며 탈색효과가 커짐을 알 수 있다. 45°C에서 a^* 값은 산화제 농도 3%는 90분에서 12.6, 6%와 9%는 45분에서 각각 12.2, 11.8의 최대값을 보였으며, 산화제 농도가 높을수록 a^* 값의 최대값이 낮았다. 그러나 b^* 값의 최대값은 모두 60분에서 산화제 농도 3%는 25.6, 6%는 27.7, 9%는 29.3으로 산화제 농도가 높아지면 b^* 값의 최대값이 커졌다. 그러므로 45°C에서 처리 시에는 갈색으로 변한 뒤에는 붉은색이 열어지며 노란색으로 변하고 그 후에는 노란색도 열어짐을 알 수 있다. 즉 온도가 높아질 때 산화제 농도가 높을수록 a^* 값은 적어져서 9%는 30분 이상에서는 오히려 낮은 값으로 붉은색이 적어졌으며 b^* 값도 감소하여 밝아짐을 알 수 있다.

실제로 모발을 탈색할 때에는 경험과 함께 처리과정 중 탈색 정도를 확인하며 시간을 결정하여 끝내는 경우가 많아 원하는 탈색을 얻지 못하는 경우가 있으므로 조건에 따른 탈색 정도를 미리 예측하는 것은 탈색 시 크게 도움이 될 것이다. 또한 탈색에 미치는 처리조건

Fig. 4. Change of CIE a^* , b^* values of hair bleached at various oxidant concentrations as the treatment time increased from 15 min to 90 min.

도, 탈색촉진제에 대한 산화제의 비율, 온도, 시간에 대한 탈색을 원모에 대한 ΔE 값과의 회귀식을 구한 결과는 다음과 같다.

$$\Delta E = 5.230 + 1.597C - 3.538R + 0.482T + 0.159M$$

Where, C: concentration of oxidant (%)

R: ratio between bleach accelerator and oxidant

T: temperature (°C)

M: time (min)

탈색효과에서 처리조건 상의 대적 중요도를 알아볼 수 있는 베타계수는 산화제 농도는 0.424, 산화제에 대한 탈색촉진제의 비율은 -0.276, 온도는 0.537, 시간은 0.552로 처리시간이 가장 중요하고 다음으로 온도임을 알 수 있었다.

탈색촉진제와 산화제의 비율 1:2와 1: 2.5에서 탈색 효과에 따른 탈색조건을 5그룹으로 군집화하였을 때에 각 군집의 CIE $L^*a^*b^*$ 의 중심값은 <Table 1>, 탈색 조건이 속하는 군집은 <Table 2>에 제시하였다. 1군집에서 5군집으로 갈수록 탈색효과가 커서 L^* 값과 b^* 값은 함께 증가하였으나 a^* 값은 4군집까지는 증가하다가 5군집에서는 낮아졌다. 군집 간 값의 차이는 L^* 값이 가장 크고 a^* 값이 가장 작았다. 1, 2군집의 모발 색은 갈색이나 3군집은 옅은 갈색, 4군집은 노란색이며 5군집은 4군집보다 a^* 값의 차이가 0.9에 불과하나

Table 1. CIE $L^*a^*b^*$ mean values of clusters by bleaching efficiency

Cluster Color	1	2	3	4	5
L^*	28.4	33.5	37.5	42.7	48.3
a^*	9.8	11.3	11.7	11.9	11.0
b^*	15.9	20.7	23.7	26.8	28.4

Table 2. Clustering of hair-bleaching conditions

Temperature (°C)	30			45		
Oxidant (%)	3	6	9	3	6	9
Time (min)						
15	1	1	2	1	2	4
30	1	2	3	2	3	4
45	2	3	3	3	4	5
60	2	3	4	3	4	5
90	3	3	5	3	5	5

붉은 기운이 없는 밝은 노란색이었다.

탈색 정도에 따라 군집화된 탈색조건을 나타내었을 때에 일반적으로 온도가 30°C에서 45°C로 높아지면 탈색군집이 하나씩 증가하였으나 산화제 농도 3%, 15분과 90분에서는 동일한 군집에 속하였는데 이는 3% 산화제 농도가 낮기 때문이며, 6%로 90분과 9%로 15분에서는 두 군집이 높아져 온도 영향이 매우 큼을 알 수 있고, 3%로 90분과 9%로 90분에서는 동일한 군집이었는데 이는 산화제가 더 이상의 작용을 할 수 없기 때문이다. 탈색조건을 군집으로 제시한 결과는 적절한 탈색조건 선정에 도움이 될 것이다.

탈색을 반복할 때에 모발의 색상 변화를 알아보기 위하여 산화제의 농도 6%, 탈색제와 산화제의 비율 1:2.5에서 처리시간은 1회당 15, 30, 45, 60분의 동일한 조건으로 두 번 탈색시킨 모발의 L* 값은 <Fig. 5>, a*, b* 값은 <Fig. 6>과 같다. 두 번 탈색 시 L* 값은 한 번 탈색 시보다 훨씬 컸으나 2배에는 미치지 못하였다. 30°C에서 두 번 탈색하였을 때가 45°C에서 한 번 탈색 시의 L* 값보다 더 높았다. 온도에 따른 반복 탈색효과는 동일 시간일 때 30°C보다 45°C에서의 증가율이 약간 더 컸으며 시간의 경과에 따른 증가는 30°C에서 더 컸는데 이는 45°C로 15분의 탈색에서 그 효과가 매우 높으나 30°C에서는 15분으로는 시간이 충분치 않아 탈색효과 즉 표백제가 작용하기 위해서는 더 긴 시간이 필요함을 알 수 있어 45°C에서는 30분, 30°C에서는 45분을 효과적인 조건으로 볼 수 있다.

a*, b* 값은 처음 탈색 시와 두 번째 탈색 시 다른 경향을 보임을 <Fig. 6>에서 알 수 있다. 탈색시간 15분부터 60분으로 길어지면 1회 탈색 시에는 a*, b* 값이

Fig. 5. CIE L* values of hair bleached with repetition. Bleach conditions: a bleach accelerant to oxidant ratio 1:2.5, oxidant 6%.

모두 증가하였는데 특히 b* 값이 크게 증가하여 노란색이 진해짐을 알 수 있으나 두 번째 탈색 시는 a*, b* 값이 모두 감소하여 붉은색과 노란색이 모두 연해져서 밝아짐을 알 수 있다. 60분으로 1회 탈색 시에는 30°C보다 45°C에서 L*, a*, b* 값이 모두 높았으나 2회 탈색 시에는 색이 열어져 L* 값은 높으나 a*, b* 값이 낮았다.

2. 탈색에 따른 모발 손상

탈색 정도에 따라 모발의 손상을 확인하기 위하여 원모와의 색차 $\Delta E = 20 \sim 50$ 까지 약 10의 간격인 모발을 선택하였다. 이는 각 군집 간의 간격이 동등한 색차가 아니었으며 동등한 간격의 색차에 따른 성질을 알아보는 것이 더 유효할 것으로 생각하였기 때문이다. 이때 $\Delta E = 20$ 은 1군집, $\Delta E = 30$ 은 3군집, $\Delta E = 39$ 은 4군집에 속하였다. 탈색촉진제와 산화제 비율 1:2.5, 산화제 농도 6%로 처리온도와 시간, CIE L*a*b* 값과 모발의 실제 색상은 <Table 3>, 모발 표면의 SEM 사진은 <Fig. 7>과 같다. 원모의 색상은 검정색이었으며, $\Delta E = 30$ 까지는 붉은색을 띠나 $\Delta E = 39$ 에서는 붉은색이 적어졌으며 $\Delta E = 50$ 은 2회 탈색하여서만 얻을 수 있었는데 밝은 노란색을 갖고 있다.

원모와의 색차가 커질수록 큐티클층이 손상되어 $\Delta E = 20, 30$ 은 큐티클층의 스케일이 확인되나 $\Delta E = 39, 50$ 에서는 스케일이 없고 모발이 가늘어져서 크게 손상되었을 뿐 아니라 큐티클층이 없으므로 외부로부터 가해지

Fig. 6. Change of CIE a*, b* values of hair bleached with repetition as the treatment time increased from 15 min to 90 min. Bleach conditions: bleach accelerant to oxidant ratio 1:2.5, oxidant 6%.

Table 3. Bleach conditions, CIE L*a*b* values and the photographs of hair according to color differences (ΔE) between unbleached and bleached hair

ΔE	Bleach conditions	L*	a*	b*	Hair
0	-	16.3	2.2	2.1
20	30, 15 min	28.7	10.0	16.0
30	30, 45 min	36.17	11.69	22.81
39	45, 60 min	44.06	11.95	27.69
50	45, 45 min/ 2 times	59.75	8.08	27.50

는 물리적, 화학적 자극에 의해 더욱 쉽게 손상될 것으로 예상된다.

탈색 정도에 따른 모발의 손상 정도를 알아보기 위하여 원 모발과의 색차가 $\Delta E = 20, 30, 39, 50$ 인 모발의 표준 상태와 젖은 상태에서 인장강도 보유 정도를 원모에 대하여 나타내었다(Fig. 8). 모발의 인장강도를 측정하기 위해서는 각 모발의 굵기를 알아야 하며 이를

Fig. 8. Breaking load retention of bleached hair relative to unbleached hair.

위해서는 길이와 무게를 정확히 측정하여야 하는데, 여기서 무게를 측정하기 위해 모발의 길이를 일정한 길이로 맞추는 것이 매우 어려워 50mm의 파지거리에서 끊는데 필요한 힘을 비교하였다. 인장강도는 일정 굵기에 대한 파단력으로 나타내야 하는데 모발의 인장 강도를 측정하였다는 연구에서 대부분 모발의 굵기에 대한 언급 없이 인장강도로 나타내어(Kim & Chun, 2005; Lee et al., 2007; Lee & Chang, 2008) 강도가 아닌 강력을 잘못 표시한 경우가 많고, 측정된 원모의 인장강력도 129.75mg에서 177g까지 차이가 매우 컸다. 강도 측정 시의 파지거리, 파지속도가 강도에 영향을 미치는데

Fig. 7. SEM photographs of bleached hair according to color differences (ΔE) between unbleached and bleached hair.

본 연구에서는 5가닥의 머리카락을 함께 파지거리 50mm, 속도 300mm/min로 절단 시의 인장력을 측정 한 후 1가닥의 값으로 계산하였을 때에 원모의 인장력은 0.902 N이었다. 탈색이 커질수록 강력 보유력은 감소하였는데 노란색이라 할 수 있는 $\Delta E = 40$ 이 되면 강력이 크게 감소하였는데 이는 모발 표면에 스케일이 전부 제거된 것과도 일치된다. 그리하여 색차 $\Delta E = 50$ 일 때는 원모에 대해 66%의 강력만 유지하였다. 또한 원모는 표준 상태와 습윤 시 강도 차이가 거의 없었으나 탈색이 커질수록 습윤강도는 크게 낮아져서 $\Delta E = 50$ 의 젖은 모발은 원모에 비하여 1/3의 힘으로도 절단되었다. 그러므로 탈색한 젖은 모발은 힘을 가하여 인장시키면 쉽게 끊어지므로 젖은 모발의 손질 시에는 주의하여야 한다.

3. 탈색에 따른 염색효과

탈색 정도가 다른 모발을 염색하였을 때의 염색효과를 알아보기 위하여 붉은 체리레드와 푸른 실버블루를 명도가 높으며, 다른 2가지씩 총 4종의 모발용 염제를 사용하였다. 우선 염색시간을 결정하기 위하여 탈색조건으로 산화제 농도 6%, 탈색촉진제와 산화제 비율 1:2.5, 온도 30°C에서 45분 처리한 모발을 체리 레드 중 명도 8의 염색제로 염색시간 15, 30, 45, 60분에서의 색상 변화를 살펴본 결과는 <Fig. 9>와 같다. 염색시간이 길어질 때 변화는 크지 않은데 L^* , b^* 값은 저하였으나 오히려 a^* 값은 거의 변화가 없었다. 즉 시간이 지남에 따라 붉은색이 진해지는 것이 아니라 어두워지는 경향이었으며, 염색시간은 30분으로 정하였다.

탈색에 의해 원모와 색차 $\Delta E = 20, 30, 39, 50$ 인 모발을 염색하였을 때의 색상을 측정 한 결과는 <Fig. 10>,

염색 후 색차는 <Table 4>와 같다. 탈색이 클수록 염색에 의하여 L^* 값이 크게 낮아져서 탈색 정도에 따른 L^* 값의 차이는 비교적 적었으나 명도가 높은 blue, red/10은 blue, red/8보다 각 탈색 정도에서 L^* 값이 높았다. ΔE 값에 따른 색상의 변화는 $\Delta E = 20$ 을 화살표의 시작점으로, $\Delta E = 50$ 을 화살표의 끝점으로 표시하였을 때에 red/8, 10으로 염색 시 탈색이 커질수록 적색인 a^* 값이 크게 증가하였을 뿐 아니라 황색인 b^* 값도 증가하였는데 명도가 더 높은 red/10에서 a^* , b^* 값이 모두 높았다. Red로 염색한 모발을 직접 보았을 때에 탈색모발의 색차 $\Delta E = 20$ 도 붉은색으로 염색되었음을 알 수 있었다. Blue/8, 10 염색 시 탈색이 커질수록 a^* , b^* 값 모두 감소하였으며 푸른색의 염료이므로 b^* 값이 크게 감소하였는데 이 경우에도 명도가 높은 blue/10에서 감소율이 컸지만, 푸른색의 속성인 a^* , b^* 값이 음의 값을 가지는 것은 탈색모발 $\Delta E = 50$ 뿐으로 이것만 푸른색 계열의 회색으로 인식될 수 있었으며, $\Delta E = 20-40$ 은 모두 푸른 기가 있는 갈색이었다. 그러므로 푸른색으로 염색 시에는 탈색

Fig. 9. CIE $L^*a^*b^*$ values of hair dyed after bleaching as the dyeing time increased from 15 min to 60 min. Bleach condition: oxidant concentration 6%.

Fig. 10. CIE $L^*a^*b^*$ values of the hair dyed after bleaching as the color difference between unbleached and bleached hair increased from 20 to 50.

Table 4. Color change of dyed hair after bleaching with different levels

ΔE (Virgin-bleached)	ΔE (Dyed-bleached)			
	Blue 10	Blue 8	Red 10	Red 8
20	6.8	8.2	10.1	9.1
30	14.4	18.5	17.3	15.1
40	25.2	27.6	26.7	21.7
50	42.9	42.6	38.0	34.8

을 심하게 하여야 염색효과가 나타남을 알 수 있었다. 또한 염색에 의한 색상 변화값인 ΔE 도 탈색 정도가 커질수록 증가하였는데 이는 모발 색이 열려 흡착된 염료가 모두 드러나기도 하였겠지만 탈색이 클수록 모발에 남아있는 멜라닌의 양이 적어질 뿐 아니라 모발 손상이 커져 스케일이 제거 되고 코텍스가 노출되며 염착량도 증가된 결과로 추정된다. 색상과 명도가 다를 때의 효과는 red로 염색 시에는 명도가 높은 10이 8보다 염색효과가 높았다. Blue로 염색 시에는 푸른색으로 인지되는 탈색 정도가 $\Delta E = 50$ 에서만 blue10이 blue8보다 약간 높은데 이때의 색차는 0.3이었어도 눈으로 색에 차이가 있음을 감지할 수 있었다. 하지만 $\Delta E = 20\sim 40$ 에서는 원래의 모발 색인 갈색의 영향으로 명도가 높은 blue10보다 명도가 낮은 blue8에 의해 a^* , b^* 값이 낮아져 ΔE 값은 blue8이 더 컸다.

IV. 결 론

본 연구에서는 한국인을 포함한 동양인의 모발인 흑색 내지 흑갈색의 모발을 탈색조건에 따른 색상, 인장력, 표면 형태와 염색 시의 색상을 조사하였다. 탈색 시의 조건으로는 산화제의 농도 3%, 6%, 9%, 탈색촉진제와 산화제의 비율 1:2, 2.5, 3, 4, 처리온도 30°C, 45°C, 탈색시간 15분, 30분, 45분, 60분, 90분으로 변화시켜 실험하여 다음의 결론을 얻었다.

탈색조건으로 탈색촉진제와 산화제의 비율 1:2.5일 때에 탈색효과가 좋고 경제적임을 알 수 있었다. 산화제의 농도가 높고, 탈색시간이 길고, 온도가 높으면 L^* 값은 증가하는데, 처리시간에 따른 효과는 산화제 농도 3%, 6%에서는 60분까지 증가되었으나 9%는 90분까지도 계속 증가되었다. 또한 a^* , b^* 값은 온도에 따라 변화되는 경향이 달라 30°C에서 산화제 농도 3%, 6%는 90분까지 계속 증가하였으나 9%는 a^* 값은 30분에서 최대를 보이고 그 이후에는 감소하였어도 b^* 값은 계

속 증가하였다. 하지만 45°C에서는 산화제의 농도가 높을수록 최대의 a^* 값을 나타내는 시간이 짧으며 최대값도 낮았고, b^* 값은 모두 60분에 최대값이나 농도가 클수록 높았다. 탈색에 대한 처리조건과의 회귀식에서 시간의 영향이 가장 크며, 온도, 산화제 농도의 순이었다. 반복 탈색 시 L^* 값은 2배가 되지는 못하였으나 크게 증가하였고, a^* , b^* 값은 시간이 증가함에 따라 감소하여 붉은색과 노란색이 모두 열어지고 밝아짐으로써 탈색효과가 매우 높음을 알 수 있었다.

탈색에 따른 손상 정도를 원모와의 색차 $\Delta E = 20\sim 50$ 까지 조사하였을 때에 탈색이 커질수록 모발의 손상이 커져 $\Delta E = 40$ 이상에서는 스케일이 모두 제거되었는데 이로 인해 인장력의 보존율도 급격히 감소하였으며 특히 습윤상태의 인장력은 표준 상태에서의 인장력보다 더 심하게 감소하였다. 그러므로 탈색모발을 젖은 상태에서 손질 시에는 인장력이 가해지지 않도록 주의하여야 한다. 탈색 후 염색하였을 때에 탈색 정도가 클수록 염색으로 인해 L^* 값이 모두 감소하여 탈색 정도에 따른 L^* 값의 차이는 크지 않으나 색상에 따라 a^* , b^* 값의 변화가 더 컸으며, 염색에 의한 색차도 크게 증가하였다. 또한 색상에 따라 염색효과가 나타나는 탈색 정도가 달라 붉은 색은 적은 탈색으로도 효과가 있으나 푸른색은 심하게 탈색하는 것이 필요하다.

이상의 결론으로부터 최적의 탈색조건은 모두 탈색촉진제와 산화제의 비율 1:2.5이며 온도가 높으면 두피에 미치는 약품의 영향이 커질 것으로 예상되어 30°C로, 갈색은 산화제 6%로 15분, 옅은 갈색은 산화제 6%로 45분, 짙은 노란색은 산화제 9%로 60분, 밝은 노란색은 산화제 9%로 90분이 적절하며 염색 시에도 모발이 손상되므로 모발의 손상을 고려할 때 염색을 위한 탈색 시에는 $\Delta E = 30$ 이내 즉 산화제 6%로 45분 이내로 처리할 것을 제안한다.

References

- Chang, B. S., & Lee, G. Y. (2011). *The latest trichology*. Seoul: Kwangmoonkag.
- Jeong, M. S., Lee, C. M., Jeong, W. J., Kim, S. J., & Lee, K. Y. (2010). Significant damage of the skin and hair following hair bleaching. *Journal of Dermatology*, 37(10), 882-887.
- Kim, C. W., & Chun, H. S. (2005). Effects of bleaching time and hydrogen peroxide concentration on hair damage. *Korean Journal of Human Ecology*, 14(3), 433-439.

- Kim, K. S., Jeon, D. W., & Ha, B. J. (2006). Studies on the surface color and tensile property of hair according to bleaching treatment. *Journal of Fashion Business*, 10(1), 94–105.
- Lee, E. K., Hwang, J. D., & Kim, H. J. (2007). The comparison of physical & morphological damage of hair according to the bleaching methods by the H_2O_2 concentration. *Journal of Korean Society of Fashion & Beauty*, 5(1), 71–77.
- Lee, G. Y., & Chang, B. S. (2008). Study on the tensile strength of bleached hair. *Journal of Korean Association of Microscopy*, 38(3), 251–257.
- Lee, M. J., Moon, H. S., Park, J. J., Kim, J. H., Park, B. K., Kim, T. Y., Kim, W. G., Kim, D. H., Park, J. S., Han, S. H., & Baek, S. Y. (2010). Abirritant technology of hair coloring. *Journal of Korean Society of Cosmetic Scientists*, 36(4), 289–294.
- Pivot Point International. (1997). *Colorpath*. Chicago: Pivot Point International Inc.
- Wolfram, L. J., Hall, K., & Hui, I. (1970). The mechanism of hair bleaching. *Journal of Society of Cosmetic Chemistry*, 21, 875–900.
- Yuen, C. W. M., Kan, C. W., Lau, K. W., & Chow, Y. L. (2009). Effect of different human hair bleaching conditions on the hair coloration with hair boosting shampoo as colorant. *Fibers and Polymers*, 10(5), 709–715.