

# 천연색소 혼합과 매염기법을 이용한 모발염색 색채공간의 확장

## Expansion of Color Space in Hair Dyeing by Using Mixed Natural Colorants and Mordanting Technique

### \*Corresponding author

Dong Il Yoo  
(diyoo@jnu.ac.kr)

정찬희, 신윤숙<sup>1</sup>, 류동일\*

전남대학교 고분자융합소재공학부, <sup>1</sup>전남대학교 의류학과

Chanhee Jung, Younsook Shin<sup>1</sup> and Dong Il Yoo\*

School of Polymer Science and Engineering, Chonnam National University, Gwangju, Korea

<sup>1</sup>Department of Clothing and Textiles, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Received\_November 24, 2017

Revised\_December 15, 2017

Accepted\_December 19, 2017

### Textile Coloration and Finishing

TCF 29-4/2017-12/268-275

©2017 The Korean Society of Dyers and Finishers

**Abstract** As the substitute of synthetic coloring materials for hair dyeing, we selected some natural ones of three primary colors such as sappan wood, logwood(red), gardenia blue(blue) and amur cork tree(yellow). Mixed colorants and metallic mordanting technique were used to widen the color space of dyed samples. In view of similarity in morphological and chemical structure, wool was adopted as the reference material for human hair to evaluate the color properties of hair dyeing. The color properties of the dyed samples were evaluated by using CIE L\*a\*b\* and Munsell color systems. The addition of an alum or ferrous mordants was effective to expand the color space of hair and to increase the colorfastness to washing and light more than the rating of 1. Displaying the dyed samples by using Munsell color system, better linearity of hue values between the dyed samples of wool and human hair was shown when alum mordant was used.

**Keywords** hair dyeing, natural colorants, color space, wool, metallic mordanting, CIE L\*a\*b\*, Munsell color system

## 1. 서 론

최근 일상적으로 사용되는 화학제품에 대한 우려가 커지면서 모발염색 분야에서도 모발손상과 알레르기의 주요 원인으로 알려진 합성색소를 천연색소로 대체하려는 노력이 진행되고 있다<sup>1,2)</sup>. 그렇지만 천연색소는 같은 품목이더라도 생산, 가공방법 등에 따라 품질이 일정하지 않고 단순 혼합만으로 다양한 색상구현이 어렵다<sup>3-5)</sup>. 또한 모발염색은 직물염색과 달리 염색 온도, 시간 등에서 제약이 따르고 원하는 색상 구현을 위해서는 염색과정에 매염제를 첨가<sup>6)</sup>하거나 단일 색상으로 염색한 다음 다른 색상으로 반복하여 염색<sup>7)</sup> 등 복잡한 염색과정이 요구된다.

일반적으로 모발염색은 색소의 모표피에 대한 침투

를 거쳐 화학결합에 의한 염착과정을 거친다<sup>8)</sup>. 모발염색에 천연색소를 사용할 경우, 이들은 친수성기와 소수성기를 풍부하게 포함하고 있어 반영구적 염모제로서의 적용가능성을 지닌다<sup>9)</sup>. 또한 천연색소 중에서 삼원색에 가까운 색소를 택하고 다색성 색소에는 매염기법, 단색성 색소에는 색상구현 범위를 조절하는 접근을 한다면 이론적으로 무한하게 색 좌표를 나타낼 수 있다<sup>10)</sup>. 예컨대, 대표적인 적색계인 벤조피란계 색소구조를 갖는 소목과 로그우드는 Brazilin과 Hematoxylin이 주 성분인데 금속매염제를 첨가하면 적색, 갈색, 보라색 계열의 색상을 구현할 수 있다<sup>11)</sup>.

황색계인 황백은 단색성이면서 염기성 염료에 속하여 단백질계 섬유에 직접염색이나 청색염료와 복합염색을 통해 녹색을 나타낼 수 있는 것으로 보고되고 있

Table 1. Characteristics of wool fabrics

Fabrics	Weave	Yarn count		Density of fabric (treads/inch)		Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickness (mm)
		Warp	Weft	Warp	Weft		
Wool	Plain	2/120	1/60	74	71	102±5	0.28±0.02

다<sup>12)</sup>. 또한 황색계 치자 추출물의 Iridoid 배당체 등의 부산물도 미생물을 이용하여 청색을 나타내는 치자청으로 전환되는 내용도 알려져 있다<sup>13)</sup>.

그러나 합성염료와 비교할 때 천연색소의 색상구현은 매우 한정적이라는 점은 인정할 수밖에 없다. 이를 극복하기 위한 지속적인 노력이 가해졌지만 아직은 1욕법(one-bath)에 의한 단순 혼합<sup>14)</sup> 또는 적절한 금속매염<sup>15)</sup>을 포함하여 매염순서를 조절하는 정도이다. 또한 화학구조가 불안정한 천연색소 간의 혼합은 피염물에 따른 염착속도의 차이, 염욕에서 색소끼리의 응집현상 등 색상구현 및 염색건뢰도에 관련한 여러 문제들을 극복하지 못하고 있다.

한 가지 색상으로 염색한 후 가산혼합을 이용해 다른 색으로 반복 염색하는 2욕법(two-bath)은 먹물과 황토<sup>16)</sup>, 쪽과 홍화<sup>17)</sup>, 홍화와 황벽<sup>18)</sup> 등의 조합과 검정색구현<sup>19)</sup> 등의 연구를 통해 염색 순서, 반복 횟수 등을 조절하는 방식이 보고되고 있지만 아직 모발염색에 적용할 수준은 아니다.

선행연구<sup>20)</sup>에서 모발과 구조가 유사한 양모를 선택하여 염착에 영향을 주는 인자를 광범위하게 조사하여 삼원색에 가까운 천연색소의 조합에 따른 염색성을 검증하였다. 결과적으로, 단순 혼합만으로는 보라색과 흑색에 관련한 색 좌표를 얻을 수 없었지만 매염기법을 병용할 경우 이 문제를 극복할 수 있다고 보았다.

본 연구에서는 삼원색 천연색소를 혼합하면서 금속매염을 추가하였고 같은 단백질 섬유인 양모염색과 모발염색을 비교하는 접근을 통해 모발염색에서의 색채공간을 조사하였다. 염색과정에 단순혼합과 매염기법을 병용하였으며 흡광도 분석을 통해 삼원색에 가장 근접한 색소 및 매염제의 농도를 선정하였다. 또한, 색차분석 과정에 CIE L\*a\*b\* 및 Munsell 좌표계를 사용하였으며 세정과 자외선에 대한 건뢰도 분석도 진행하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 시약

본 연구에서 사용된 천연색소는 한국천연염색박물관에서 소목, 황벽, 로그우드를 건조된 상태로 구입하여 추출, 여과, 농축, 동결건조 단계를 거쳐 분말로 제조하였으며 치자청은 (주)ES식품원료에서 판매하는 색가 E1cm/10% 270의 식용색소를 선택하였다. 매염제로는 ferrous sulfate heptahydrate(FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O), aluminium sulfate(Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>16H<sub>2</sub>O), 양모 시료는 KS K 0905 염색건뢰도 시험용 백포를 사용하였으며 시료의 특성은 Table 1과 같다. 모발은 화학적 시술을 전혀 거치지 않은 20대 중반 여성의 모발 상단을 실리콘으로 고정하고 4회 탈색을 통해 멜라닌 색소를 제거하여 사용하였다. 탈색된 모발의 Munsell 색 좌표는 0.1Y 6.0/5.1로서 밝은 노란색에 가까웠다.

### 2.2 색소 추출 및 분말제조

소목, 황벽, 로그우드는 액비 1:10으로 100℃에서 60분간 환류냉각장치를 사용하여 추출하였다. 추출 용액은 유리섬유필터(1.2μm)를 이용하여 여과한 다음 진공중류장치로 1/10 수준으로 감압 농축하였다. 농축액은 다시 -80℃로 냉동한 후 동결건조기로 건조시켜 분말을 얻었다. 이때 회수된 색소분말의 수율은 소목 8.2%, 황벽 6.2%, 로그우드 10.45%였다.

### 2.3 양모 및 모발의 염색 및 매염처리

양모염색은 섬유무게 1.0g에 대해 염료농도 5%(on the weight of fiber, owf)를 사용하여 최적으로 염색될 수 있는 온도조건(80℃, 40min)에서 육비 1:50에서 염색했다. 모발염색은 미용 현장에서 사용하는 조건(40℃, 40min)을 선택하여 모발 무게 1.0g에 대해 농도 5%(on the weight of hair, owh)에 해당하는 색소를 육비 1:5로 물에 녹여 모발에 처리하고 알루미

높 호일에 싸서 염색을 진행하였다. 또한 매염처리는 양모의 경우 2%(owf), 모발의 경우 2%(owh)에 해당하는 매염제를 염욕에 추가하여 동시매염을 행하였다. 염색에 이은 세정은 실온에서 pH 5.5의 시판 샴푸(CC Shampoo, LG household&health care Ltd., Korea)를 액비 1:200으로 10초 정도 문질러 수세한 후 자연 건조하였다.

2.4 분광분석 및 색 측정

염색에 사용한 염액은 UV-Vis spectrophotometer(Optizen 2120UV, Mecasys Co. Ltd., Korea)로 가시영역 전 범위(400~700nm)의 흡수파장에서 흡광도(absorbance)를 측정하였다. 또한 염색된 피염물은 색차계(Color-Eye 3100, Macbeth, USA)를 사용하여 D65 광원, 10° 시야 조건에서 표면반사율을 측정하고, 이를 이용하여 CIE L\*a\*b\* 표색계의 명도 L\*(whiteness), 색 좌표지수 a\*(redness), b\*(yellowness)와 Munsell 표색계의 색상(Hue), 명도(Value)/채도(Chroma)값을 측정하여 표시하였다. K/S는 최대흡수파장(λ max)에서의 시료의 표면반사율을 측정하여 다음과 같은 Kubelka-Munk 식(1)에 의해 염착량을 평가하였다.

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \dots\dots\dots (1)$$

where,  
 K: absorption coefficient  
 S: scatter coefficient  
 R: reflectance

2.5 염색견뢰도 측정

모발의 세정견뢰도는 KS K ISO 105-C01 세탁견뢰도 시험방법을 변형하여 실제 현장에서 사용하는 모발 세정조건을 모사하여 모발을 샴푸액(액비 1:200)에 담가 10초 동안 문질러 세척하고 자연 건조하였다. 동일한 방법으로 30회 실시하여 세정 전후의 시편을 변퇴색 판정용 그레이 스케일(Gray scale)로 등급을 평가하였다. 일광견뢰도는 Xenon Test Chamber(Q-Sun Xe-1-B, Q-Lab corporation, USA)를 사용하여 카본아크 전류 15~17A, 아크전압 125~140V의 조건에서 KS K ISO 105-B02(Artificial light fastness, Xenon Arc Test Methods)에 준하여 100시간 광조사하여 등급을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 매염 조건에 따른 분광분석

천연색소는 매염제인 금속염과 착염을 형성하면 염색견뢰도 개선과 함께 다양한 색상 구현이 가능하다. 하지만 화학구조가 불안정한 천연색소의 혼합은 색소의 함유율, 염착속도의 차이, 염욕에서의 응집현상 등의 문제를 일으킨다. 이 연구에서는 염료의 양을 섬유중량 대비 5%(owf, owh)로 정하여 모발염색에 적용할 때 재현성을 담보하고자 하였다.

Figure 1(a)은 소목, 황벽, 치자청, 로그우드 색소 분말을 증류수에 용해하여 분석한 UV-Vis 흡수 스펙트럼이다. 이들은 각각 446, 424, 602, 444nm에서 최대흡수파장을 나타내고 있으며 흡수곡선과 육안관찰로부터 소목, 로그우드는 적색, 황벽은 황색, 치자청은 청색계열 색소임을 보여준다. 다색성 염료인 소목과 로

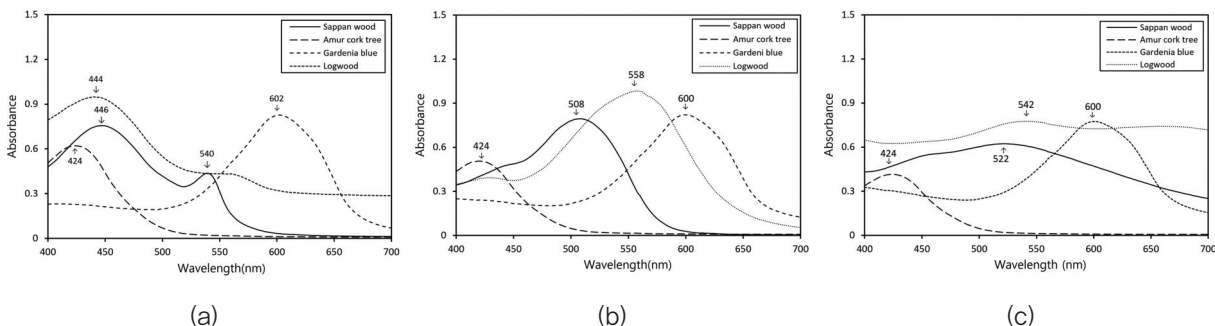


Figure 1. UV-Vis color spectra obtained by using some colorants : (a) Un-mordanting, (b) Al mordanting, (c) Fe mordanting.

그우드의 흡광도는 446nm, 540nm 부근 파장대가 유사한 모습을 보이다가 550nm 이상 영역에서 로그우드에 비해 소목의 흡광도가 낮아지고 있다. 같은 적색계열이지만 UV-Vis 흡수 스펙트럼 분석을 통해 소목은 황적색, 로그우드는 적갈색 색소임을 확인할 수 있었다.

Figure 1(b)과 (c)는 각 색소의 금속 매염제 첨가에 따른 흡광도 변화를 나타낸 것이다. Al 첨가에 따라 소목은 508nm 로그우드는 558nm로 최대흡수영역이 장파장 쪽으로 이동하면서 선명한 색조의 명도가 높아진 적색과 보라색으로 바뀌고 있다. 반면 Fe 첨가에 따라 소목은 522nm, 로그우드는 542nm로 매염제에 의하여 장파장으로 이동하였음에도 가시광선 영역에서 전반적으로 흡광도가 상승하였고 낮은 명도의 갈색을 띠었다.

Figure 2에서 보는 바와 같이 단색성 염료는 매염제 농도가 달라져도 흡광도 변화가 나타나지 않았다. 그러나 다색성 염료에서는 흡광도가 매염제 농도 2%(owf)까지 급격히 증가하다가 그 이상이 되면 그 변화가 완만하게 바뀌었다. 이를 근거로 다색성 염료와 매염제 종류 및 농도 조절을 통한 색상조절이 가능하다고 판단하여 충분한 매염효과가 얻어지는 농도조건으로서 2%(owf)를 선정하였다.

3.2 매염에 따른 염색성 비교

Figure 3는 소목(R), 황벽(Y), 치자청(B), 로그우드(P) 색소분말을 단독염색과 1:1의 비율로 혼합한 상태와 Al, Fe 매염제로 동시매염한 경우의 염착량을 K/S 값으로 나타낸 것이다. 여기에서 섬유다발 형태의 모발

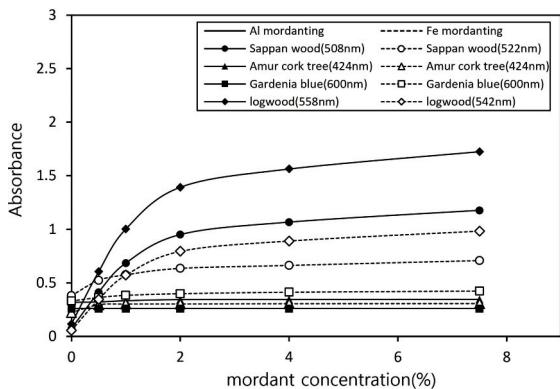


Figure 2. Absorbance ( $\lambda$  max) vs. mordant concentration for Al and Fe mordanting.

과 식물 형태인 양모를 다른 염색조건에서 염색성을 비교하는 대상으로 적합한가에 대한 판단이 요청된다. 이 연구에서는 동일한 무게의 시편을 기준으로 염색하였지만 액비, 온도를 동일하게 다룰 수 없어서 양모는 최적염색으로 판단되는 80°C에서 실시하였으며 모발은 현장에서 사용되는 40°C에서 적용하였다.

Figure 3에서 모발이 양모보다 높은 염착량(K/S값)을 나타내고 있지만 유사한 염색성을 보이고 있다. 이는 동일한 무게의 시편을 기준으로 충분히 잡힐 수 있

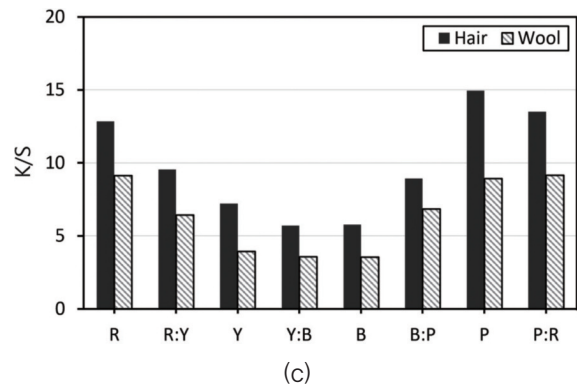
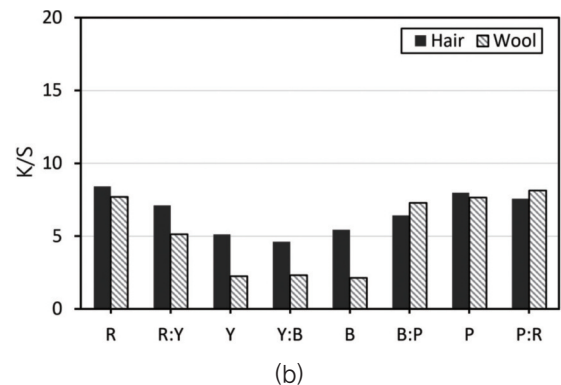
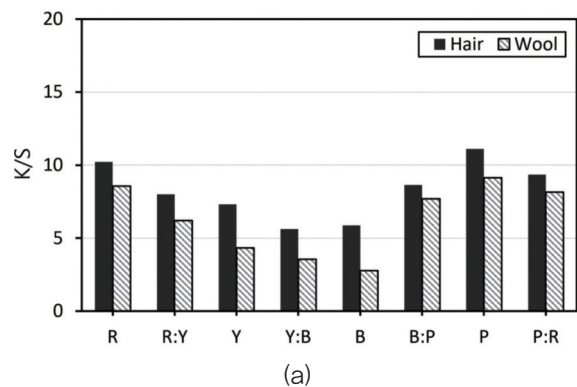
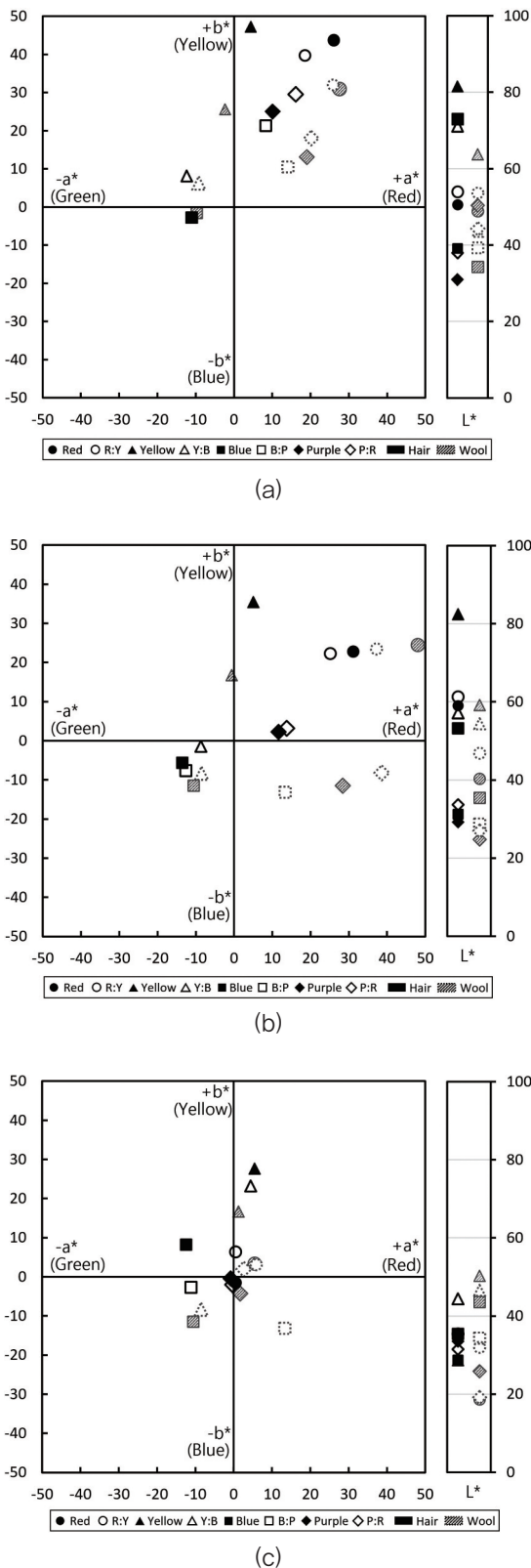


Figure 3. K/S values of dyed wool and human hair samples : (a) Un-mordanting, (b) Al mordanting, (c) Fe mordanting.



**Figure 4.** CIEL  $a^*b^*$  plot of dyed samples depending on mixed condition : (a) Un-mordanting, (b) Al mordanting, (c) Fe mordanting.

는 액비가 선정되어 더 높은 농도가 주어진 때문으로 판단된다. 두 가지 색소 혼합이나 매염제를 사용하면 다색성 염료의 경우 염착량과 색상이 크게 변화하였다. 그러나 단색성 염료인 황벽, 치자청의 경우, 매염제 사용여부에 무관하게 K/S 값의 변화를 보이지 않았다.

Figure 4에 Redness와 Yellowness를 의미하는  $a^*$ 와  $b^*$  값과 명도  $L^*$ 값을 통합적으로 나타내었다. 매염여부와 무관하게 양모와 모발에서 모두 노란색, 청색 색상을 구현할 수 있었으며 중간색 색상에 해당하는 초록색 영역도 얻을 수 있었다. 그러나 소목, 로그우드는 매염제를 사용하지 않을 경우 적색계열에 해당하는 주황색, 갈색의 색상에서 벗어나지 못하였고 중간색에 해당하는 보라색을 구현할 수 없었다. 또한 황벽과 치자청은 K/S값이 5이하로 염착량이 작아 색소배합에 적용하기에는 매우 제한적인 가능성을 나타내었다.

일반적으로 매염에 따른 색상변화는 금속에 따라 두드러진 차이를 보였다. Al의 경우,  $L^*$ 은 큰 변화 없이  $b^*$ 값이 낮아지며 선명한 색조를 보였다. Fe의 경우,  $L^*$ 값이 낮아지며 어두운 색상으로 변화한 색감 조절이 가능하였다. 다색성 염료인 소목과 로그우드는 Al 매염에서  $b^*$ 값에 비해  $a^*$  증가폭이 훨씬 커지면서 선명도가 높은 적색 계열로 이동하였다. 특히 명도  $L^*$  값은 모발 양모보다 높으면서 보다 선명도가 높은 색상을 얻을 수 있었으며 소목은 진한 붉은색, 로그우드는 보라색에 가까운 색상이 구현되었다. Fe 매염제에 의해 K/S값이 증가하면서 Al 매염효과 보다 높은 염착성을 보이며  $L^*$ 이 감소하였다. 또한  $a^*$ 값,  $b^*$ 값 모두 작아진 무채색에 가까운 흑갈색 영역으로 위치하였다. 특히 로그우드 모발염색의 경우, K/S값이 15 이상인 염착량 증가를 보였다. 이러한 결과는 로그우드 색소의 혼합비율과 매염제 농도를 조절하는 방식으로 높은 염착량과 함께 그간 천연색소로는 도달이 어려웠던 흑색 구현도 가능하다는 점을 시사한다.

### 3.3 매염에 따른 색채 공간 변화

Figure 5는 단순혼합 혹은 매염기법 추가에 의한 색채 공간 확장가능성을 표현한 것이다. 구체적으로 양모-모발 염색결과를 Munsell Hue 값으로 교차시켜 상관성을 조사하였다. 여기서  $y=x$  형태의 직선성은 양모와 모발이 유사한 색상을 보임을 의미한다. 또한 모든 염색 시편의 색 좌표와 사진을 Table 2와 Table 3에

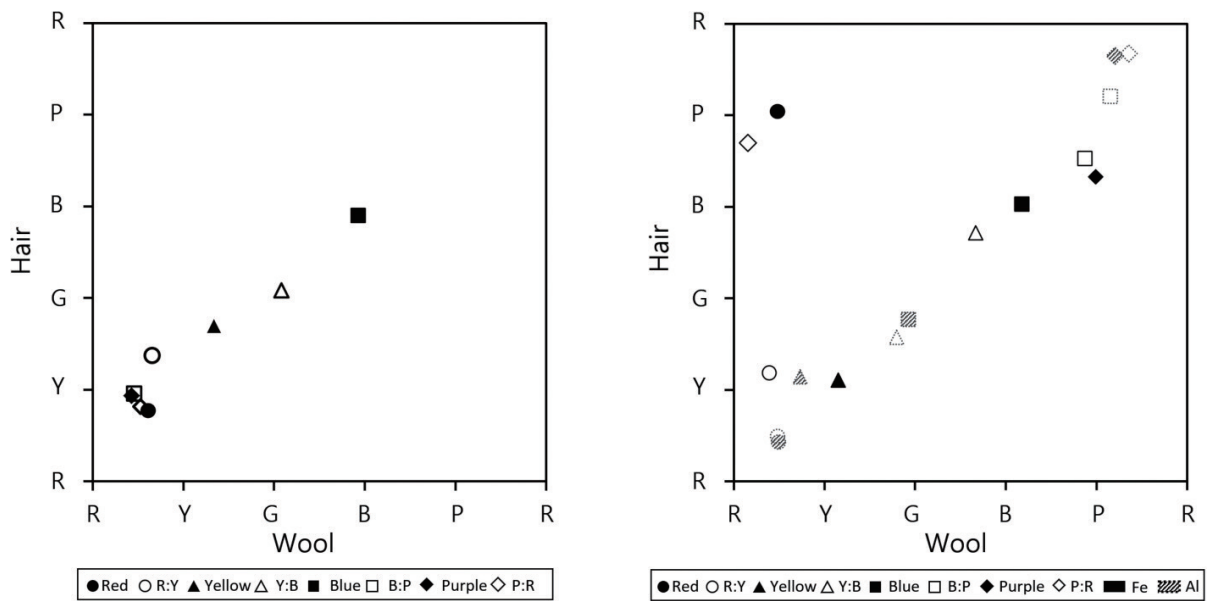


Figure 5. Hue correlation between wool and hair dyed samples : (a) Un-mordanting, (b) metal mordanting.

나타내었다.

Figure 5(a)에서 단순혼합에 의한 양모 및 모발염색 결과는 R-Y-G-B 범위의 제한적인 선형성을 볼 수 있다. 이처럼 제한적인 선형성이 나타난 이유는 당초 적색과 청색 색소의 단순혼합만으로는 보라색, 진한 남색 등의 B-P-R 영역에 관련한 색 좌표를 얻을 수 없었기 때문이다. 다양한 시도를 거쳐 매염기법의 추가가 이를 극복할 수 있는 방안임을 알게 되었다.

Figure 5(b)에서의 Al 매염을 할 경우, P-RP-R 영역에까지 확장된 색 좌표의 선형성을 얻을 수 있었다. 그러나 Fe 매염제를 사용하게 되면, 명도와 채도가 낮게 변화하여 양모와 모발에서 모두 PB 영역까지 확장되었지만 Munsell 색표계로는 선형성을 보여줄 수

없었다. 이러한 차이는 육안관찰로는 보라색, 진한 남색이 나타나고 있음에도 Munsell 색상 좌표계로는 표현이 불가능한 근본적인 한계로 보인다.

### 3.4 염색견뢰도 평가
























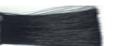
Table 4는 모든 모발염색 시편을 세정견뢰도와 일광견뢰도를 평가한 결과이다. 모발은 매염제의 종류에 상관없이 단색성 염료에 해당하는 황벽, 치자청 색소의 견뢰도가 3등급 수준으로 소목, 로그우드의 4등급에 비해 상대적으로 낮았다. 또한 혼합염색에 의한 염색물의 견뢰도 또한 단독염색의 중간 수준임을 보여준다.

Al, Fe 매염은 세정과 일광견뢰도 모두에서 4등급 이상을 보였는데 이는 매염하지 않은 경우보다 1등급

Table 2. Hue(Value/Chroma) values of dyed wool samples with the variation of mordants

		Red	R:Y	Yellow	Y:B	Blue	B:P	Purple	P:R
Un	H(V/C)	2.2YR (5.5/7.5)	3.1YR (5.3/7.4)	6.8Y (8.1/3.4)	1.6G (6.9/1.5)	8.6BG (7.1/1.7)	9.1R (3.8/3.4)	8.6R (3.1/4.5)	0.6YR (3.7/5.1)
	sample								
Al	H(V/C)	9.8R (4.8/7.4)	9.6R (5.1/7.2)	4.7Y (8.2/2.1)	5.9B (5.5/3.1)	8.5B (5.1/3.6)	3.1P (3.0/3.2)	4.1P (2.8/2.9)	7.1P (3.3/2.4)
	sample								
Fe	H(V/C)	9.6R (3.3/1.1)	7.8R (3.7/1.2)	3.1Y (6.9/2.3)	3.4G (5.8/1.3)	3.6BG (5.5/1.6)	7.5PB (3.5/1.3)	9.9PB (3.2/0.9)	3.1R (3.1/0.5)
	sample								

**Table 3.** Hue(Value/Chroma) values of dyed hair samples with the variation of mordants

		Red	R:Y	Yellow	Y:B	Blue	B:P	Purple	P:R
Un	H(V/C)	5.4YR (4.9/8.6)	7.5YR (5.3/7.1)	3.8Y (6.3/6.8)	1.6G (4.3/2.4)	8.0BG (3.3/2.2)	9.1YR (3.9/3.6)	8.6YR (5.0/4.3)	6.3YR (4.4/5.6)
	sample								
Al	H(V/C)	8.5R (4.0/7.6)	9.9R (4.6/6.4)	2.8Y (5.8/5.2)	1.5GY (4.0/2.8)	5.4GY (4.9/3.2)	4.1P (2.1/2.5)	3.0RP (2.4/2.4)	3.5RP (2.7/2.4)
	sample								
Fe	H(V/C)	0.8P (1.8/0.4)	3.6Y (3.1/1.0)	2.1Y (4.9/4.1)	4.3BG (3.2/0.8)	0.6B (3.1/1.4)	0.5PB (2.2/0.2)	2.5B (2.5/0.4)	3.9RP (1.8/0.5)
	sample								

이상 높은 결과였다. 특히 Fe 매염제는 B-P-R 구간에서 세정견뢰도가 5등급, 일광견뢰도 또한 4-5등급을 나타냈다.

이상과 같이 모발염색에 천연색소 단순혼합과 매염기법을 적용한 결과 색채 공간의 확대와 견뢰도 증진효과를 얻을 수 있었다.

#### 4. 결 론

이 연구에서 삼원색 천연색소의 단순혼합과 매염기법을 모발염색에서 적용하여 색채 공간의 확대 가능성이 확인되었다. 이를 위해, 삼원색 천연색소로서 적색계에 속하는 소목과 로그우드(이상 다색계), 황색계로서 황벽(단색계), 청색계로는 치자청(단색계)이 선택되었다. 또한 모발과 양모의 화학 및 형태학적 구조가 유사한 점을 고려하여 양모염색의 결과를 비교하는 방식을 적용하였다.

소목, 황벽, 치자청, 로그우드 중에서 두 종을 단순

혼합한 결과 양모-모발의 색 좌표는 한정된 R-Y-G-B 영역에서 선형성을 보였다. 이를 개선하기 위한 시도로서, Al 매염을 추가하였을 때 소목과 로그우드는 진한 R계열, 로그우드는 P계열로 이동하면서 P-RP-R 영역을 포함하는 확장된 색 좌표 선형성이 나타났다. 구체적으로 소목과 로그우드는 b\*값에 비해 a\*값의 증가폭이 훨씬 커지면서 혼합비율에 따른 보라색에 가까운 중간색구현이 가능하였다. Fe 매염에 의해 명도와 채도가 낮게 변화하였고 염색조건에 따라서는 색 좌표는 P-R 영역으로 확대되었다. 특히 Fe 매염에 의해 a\*값, b\*값 모두 작아져 무채색 계열로 바뀌었고 견뢰도가 높은 흑색계열이 얻어졌다.

Al, Fe 매염은 세정과 일광에 대해 모두 4등급 이상의 견뢰도를 보였는데 이는 매염하지 않은 경우보다 1등급 이상 높은 결과였다. 특히 Fe 매염제는 B-P-R 구간에서 세정견뢰도 5등급, 일광견뢰도 4-5등급을 나타냈다.

천연색소의 단순혼합 혹은 매염기법을 모발염색에

**Table 4.** Colorfastness to light and washing of the dyed hair samples

Colorfastness	Mordant	Red	R:Y	Yellow	Y:B	Blue	B:P	Purple	P:R
Washing	Un-	4	4	3	3	3	3	3-4	4
	Al	4-5	4-5	4	4	4	4-5	4-5	4-5
	Fe	5	5	4-5	4-5	4-5	5	5	5
Light	Un-	3-4	3-4	3	3	3	3-4	4	3-4
	Al	4	4	3-4	3-4	3-4	4	4	4
	Fe	4	3-4	3-4	3-4	3-4	4	4-5	4

적용하여 색채 공간 확대와 견뢰도 증진효과를 얻을 수 있었다.

## 감사의 글

이 연구는 2016년도 전남대학교 학술연구비(2016-0224) 지원에 의해 이루어졌으며 연구자들은 이에 감사드린다.

## References

1. C. Boga, C. Delpivo, B. Ballarin, M. Morigi, S. Galli, G. Micheletti, and S. Tozzi, Investigation on the Dyeing Power of Some Organic Natural Compounds for a Green Approach to Hair Dyeing, *Dyes and Pigments*, **97**(1), 9(2013).
2. P. Boonsong, N. Laohakunjit, and O. Kerchoechuen, Natural Pigments from Six Species of Thai Plants Extracted by Water for Hair Dyeing Product Application, *J. of Cleaner Production*, **37**, 93(2012).
3. M. Choi, Y. Shin, and D. I. Yoo, Evaluation of Hair-Dyeing by Using *Rubus coreanus* Miquel Sludge, *Fibers and Polymers*, **14**(12), 2032(2013).
4. S. W. Nam and K. T. Kim, Preparation and Screen Printing of Natural Dye Powders, *Textile Coloration and Finishing*, **22**(4), 314(2010).
5. S. Y. Kim, H. J. Choi, and M. S. Na, The Characteristics of Human Hair by Combination Dyeing of *Phellodendron amurense* R. and *Caesalponia sappan* L. Extract, *J. of the Korean Society of Cosmetology*, **21**(4), 679(2015).
6. E. K. Hwang, M. S. Kim, D. S. Lee, and K. B. Kim, Color Development of Natural Dyes with Some Mor-dants: Combination Dyeing of Sappan Wood and Turmeric, *J. of Korean Fiber Society*, **35**(8), 490(1998).
7. S. Y. Kim, Color Change of Combination Dyeing of Safflower, Gromwell and Sappan Wood, *Fashion and Textile Research J.*, **11**(6), 968(2009).
8. H. Zollinger, "Color Chemistry, Syntheses, Properties, and Applications of Organic Dyes and Pigments, 2nd ed.", Wiley-VCH, New York, pp.293-298, 1991.
9. A. R. Cho, Y. Shin, and D. I. Yoo, Hair-dyeing by Using Pomegranate Hull Extract, *Textile Coloration and Finishing*, **20**(6), 42(2008).
10. S. Komboonchoo and T. Bechtold, Natural Dyeing of Wool and Hair with Indigo Carmine(C.I. Natural Blue 2) a Renewable Resource Based Blue Dye, *Cleaner Production*, **17**, 1487(2009).
11. H. Puchtler, S. N. Meloan, and F. S. Waldrop, Application of Current Chemical Concepts to Metal-hematein and -brazilein Stains, *Histochemistry*, **85**, 353(1986).
12. K. R. Cho and M. J. Kang, Studies of the Natural Dyes(12): Dyeing Properties of Amur Cork Tree Colors for Silk, *J. of the Korean Society of Dyers and Finishers*, **12**(4), 13(2000).
13. H. G. Kim and S. J. Lee, Production of Gardenia Blue Color from Gardenia Waste by the *Bacillus subtilis*, *Korean J. Food and Nutrition*, **11**(6), 606(1998).
14. S. W. Nam, S. R. Lee, and I. H. Kim, Dyeing with Natural Dye(III) : Combination Dyeing. *Textile Coloration and Finishing*, **8**(4), 52(1996).
15. C. B. Moon, Synthesis and Dyeing Properties of Mor-dant Dyes for Human Hair, M.S. Thesis, Seoul National University, 2003.
16. Y. E. Kang and S. O. Park, Mixed Dyeing of the Chinese Ink and Loess, *Textile Coloration and Finishing*, **17**(2), 1(2005).
17. H. J. Yoo and H. J. Lee, Color Matching of Fabrics by Natural Dyeing using Indigo and Safflower, *J. of the Korean Society of Dyes and Finishers*, **15**(4), 32(2003).
18. S. Y. Jung and J. D. Jang, Light Fastness of Silk Fabric Dyed with Safflower and Amur Cork Tree Extract for Combination Dyeing, *J. of the Korean Society of Dyes and Finishers*, **16**(5), 8(2004).
19. Y. M. Yeo, Developing Black Color by Natural Dyeing for Modern Fashion, M.S. Thesis, Chonnam National University, 2017.
20. C. H. Jung, Y. Shin, and D. I. Yoo, Wool and Hair Dyeing by Using Mixed Natural Colorants: Optimized Coloration System, Proceedings of 51th KSDF Conference, Gumi, Vol 27(1), p.66, 2015.