

[Original Article]

A study on the deep color for the wool fabrics dyeing using natural dyestuffs

Mi Kyung Kim and Taemi Kim^{*†}

Adjunct Professor, Dept. of Fashion Design, Suwon Women's College, Korea
Professor, Dept. of Smart Fashion Material, Korea Polytechnics, Korea^{*}

천연염료를 이용한 양모 직물의 심색 재현성에 대한 연구

김미경 · 김태미^{*†}

수원여자대학 패션디자인과 겸임교수, 한국폴리텍대학 스마트패션소재과 교수^{*}

Abstract

The purpose of this research was to revive the bathochromic effects of wool fabrics by using natural dyestuffs with minimum heavy metallic mordants. The natural dyestuffs used in this research were the indigo plant, *Phellodendron amurense*, and *Caesalpinia sappan*. Sample no. 1 was pre-dyed five times with indigo. Sample no. 2 was pre-dyed five times with indigo and then once dyed with *Phellodendron amurense*. Following the same method as sample no. 2 with an additional *Phellodendron*, Sample no. 3 consisted of a pre-dye five times with indigo and twice with *Phellodendron amurense*. Sample no. 4 was pre-dyed six times with indigo and then once dyed with *Caesalpinia sappan*. Sample no. 5 followed the same method as no. 4 with an additional dye of *Caesalpinia sappan*. Sample no. 6 was pre-dyed five times with indigo and then once dyed with *Phellodendron amurense* and once dyed with *Caesalpinia sappan*. The results were as follows: first, all samples showed deeper colors. Second, according to the results of the surface K/S measurement, the surface K/S of wool fabrics was >20. Third, the results of lightfastness measurement showed superiority over grade 4 in samples no. 1, 2, 3, 5, and 6. However, sample no. 4 was grade 3. In the colorfastness to washing measurement, sample no. 2 showed greater superiority than grade 3-4, while samples no. 1 and 3 were grade 3. In addition, the colorfastness to dry cleaning for all samples was satisfactory or excellent by more than grade 3.

Received September 20, 2020

Revised October 18, 2020

Accepted October 19, 2020

[†]Corresponding author
(taemik@naver.com)

ORCID

Mi Kyung Kim

<https://orcid.org/0000-0002-9445-8375>

Taemi Kim

<https://orcid.org/0000-0001-7065-1499>

This paper is a part of a
doctoral dissertation.

Keywords: natural dye stuff(천연염료), combination dyeing(복합 염색), wool fabric(양모 직물), deep color(심색)

I. Introduction

자연에서 염료를 채취하는 천연염색 인류가 색을 만들기 위한 시도로 19세기에 합성염료가 개발되면서 천연염색 방법은 그 사용 빈도가 감소하였게 되었다. 그러나 최근 친환경에 대한 선호와 감성적 욕구로 인해 천연염색 제품에 대한 수요가

높아짐에 따라 천연염색의 단점인 염색성이나 견뢰도를 향상시키고자 하는 움직임과 더불어 염색의 미적 기능 이외에 다양한 기능성에 대한 연구가 늘어나는 추세이다(Choi & Jeon, 2011; Jeon & Park, 2010; Kim & Choi, 2004; Kim & Choi, 2013; Kim & Kim, 2016; Park, Kim, & Song, 2009).

천연염료는 경제적인 장점과 다양한 색상, 친환경적이라는 경쟁력을 가지고 있으므로 국내생산에 적합한 천연염료의 선정과 그에 따른 생산과 기술개발이 이루어진다면 합성염료의 부분적인 대체도 가능할 것(Yoon & Lim, 2005)이라고 보고된 바 있다. 그러나 현재까지 천연염색 분야는 과학적 검증보다는 전수와 경험에 의한 색 재현이 주로 이루어지고 있는 추세로 합성염색 분야에 비해 경제적이고 효율적으로 제조를 통한 대량 생산을 하기 위해서는 좀더 다양한 접근과 체계적인 연구를 통해 그 결과를 계량화하고 표준화하여 활용도를 높이는 적극적인 연구가 필요하다.

Lee and Jung(2004)은 섬유컬러 분류 체계의 기본 원색군에 검정이 주로 혼합된 색상군을 심색(deep color)으로 정의에 따라 블랙과 회색이 혼합된 저명도와 저채도의 어둡고 진한 색을 심색의 범주로 정하였다. 염색의 심색(深色)화에 대한 연구는 합성염색 분야와 천연염색 분야의 주요 연구대상 중 하나이다. 합성염색 분야에서 심색화 연구는 폴리에스테르의 심색화 증진을 위한 연구가 주를 이루고 있다(Kim, Jang, & Lee, 2008). 그러나 합성섬유의 심색 재현을 위한 다량의 염료 사용은 염료의 흡착률이 낮아져 섬유에 염색되지 않고 폐수로 배출되는 양이 많아져 환경문제가 야기되며, 비효율적인 염료소비는 고비용을 가져온다. 따라서 최소한의 염료를 사용하여 원하는 흑색을 얻기 위한 방법에서 염색폐수의 처리 및 재사용에 대한 연구 또한 이루어지고 있다(Kim et al., 2008; Lee & Jung, 2004).

천연염색 분야에서 심색화 연구를 살펴보면 면 염색 시 온도조건 60℃에서 시간은 20분이 최적의 염색 조건이며, 전 섬유의 경우 산 처리 이후 염색 농도가 매우 진하게 나타난다고 발표된 바 있다(Shin, Kim, & Cho, 2005). 또한 염색 재료를 이용한 한지의 검정색 염색 특성 연구에서 한지의 흑색 재현을 위해 오배자, 신나무잎, 감즙, 밤껍질, 묵즙을 염색료 사용하여 단독염색과 복합 염색을 매염제 및 염색 순서를 다르게

하여 연구한 결과, 복합 염색의 경우 오배자 염색, 초산구리 염색, 신나무잎 염색의 철 매염의 순서가 가장 우수한 경우 심색 방법임을 밝혔으며(Lee, Yoo, Choi, Sin, & Choi, 2009), Kim and Kim(2016)은 면과 레이온을 쪽 염색을 기본 선염으로 하여 순서에 따른 복합 염색을 실시하여 심색을 얻었다고 발표하였다.

이와 같이 합성염색 분야와 천연염색 분야에서 심색을 재현하기 위한 연구들을 조사한 결과, 합성염색 연구에서는 심색에 대한 연구가 비교적 많이 이루어지고 있는 반면, 과도한 염료의 사용으로 자원낭비와 자연환경파괴가 문제점으로 나타났으며, 친환경적인 천연염색 연구에서 심색화에 관한 연구는 미비한 수준으로 이에 대한 연구가 지속적으로 이루어질 필요가 있다. 또한, 천연염색이 충분히 다양한 색상을 가졌음에도 이를 복합적으로 사용한 다양한 색상의 재현에 대한 연구나 시도가 활발하게 이루어지지 않고 있어 이를 통해 고부가가치의 천연염색 상품을 위한 노력과 연구가 필요하다고 판단되었다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 KS A 0011: 2003의 계통색에 나타난 칙칙한(dull), 짙은(deep), 아주 어두운(very dark) 색의 범주를 심색의 범주로 정하였으며, 일반적인 염색에서 많이 사용되는 중금속 매염제의 사용을 제한하고, 환경 친화적인 천연염색을 사용한 양모 직물의 심색에 대해 연구해 보고자 한다.

II. Experimental

1. Materials

연구를 위해 KS K 0905에 규정된 염색견뢰도 시험용 표준포 기준을 준용하여 양모 100%의 시료를 선택하였다. 사용된 실험포의 특성은 <Table 1>과 같다.

실험포의 염색에 사용된 염색료는 쪽, 황백, 소목으로 쪽은 인도산 분말 쪽을, 황백과 소목은 한약재상에서 국내산 약재를 구입하였다. 본 실험에서 시약은 수산화나트륨(NaOH), 맥아당 55%, 효모(비살균제), 빙초산(C₄H₆O₃), 0.4% 표준 가루세탁비누를 사용하였다.

2. Extraction condition of dyestuff

각 염색료별 염액 추출 조건은 다음과 같다.

쪽 염액의 추출은 물 1L에 분말상태의 쪽 1kg을 넣고, 수산화나트륨 5%(o.w.f), 맥아당 1%(o.w.f), 효모

<Table 1> Characteristics of experimental materials

Fiber content (%)	Structure	Density (Threads / 5×5cm)		Thickness (mm)	Weight (g/m ²)
		Warp	Weft		
Wool(100%)	Plain	146	146	0.28	97

Note. KS K 0905.

5%(o.w.f)를 첨가하여 밀봉하고 60℃를 유지하면서 3시간 증탕하였다. 추출된 염액의 pH는 11 이상이였다.

황백 염액의 추출은 30℃의 물 3.6L에 황백 1.2kg을 넣고 24시간 불린 후, 60℃에서 60분 동안 추출하였으며, 1차 염액을 추출하고 건져 낸 황백에 3.6L의 물을 첨가하여 같은 방법으로 2차 추출 염액을 얻은 후 1차 염액과 혼합하여 원액으로 사용하였다. 추출된 염액의 pH는 5-6이였다.

소목 염액의 추출은 30℃의 물 3.6L에 소목 1.2kg을 넣고 24시간 불린 후, 60℃에서 60분 동안 추출하였으며, 1차 추출한 소목에 3.6L의 물을 첨가하여 같은 방법으로 2차 추출 염액을 얻은 후 1차 염액과 혼합하여 원액으로 사용하였다. 추출된 염액의 pH는 5-6이였다.

3. Dyeing

복합염색을 통한 심색(沈色) 표현을 위한 쪽염 5회를 선염색하였다. 복합염색은 쪽으로 선염색한 시험포에 황백, 소목을 <Table 2>에서 제시한 각 시험 조건에 따라 반복하여 복합 염색하였다. 심색 표현을 위해 쪽을 5회 반복염색 한 후, 황백 1회와 2회, 쪽 5회를 선염한 후 소목 1회와 2회, 쪽 5회를 선염하여 황백 1회 후 소목 1회를 단계별로 복합 염색하여 총 6중

으로 실시하였다.

1) Indigo

준비된 시험포를 40℃에 1시간 이상 담가 두었다가 wet-pick up를 60%로 탈수 후 쪽 발효원액 1L에 60℃ 물 3L를 붓고, 욕비 1:30인 염욕에서 50℃~60℃의 온도를 유지하며 염색하였다. 실험포를 5분간 염액에 넣어 염색하고 건져내어 유리판에 올려놓고 잘 펴서 얼룩을 방지하기 위하여 문질러서 퍼주었다. 수세한 후 걸어서 공기 중에서 30분간 놓아두어 산화 황록색의 꽃이 피어 발색시켰으며, 본 연구는 단일 쪽염 실험포를 제작하기 위하여 쪽 염색 과정을 시험포에 5회 반복하였다. 반복염색할 때 매회 염액의 상태를 살피고 발효 조건이 이루어졌는가를 확인하고 염색하였다. 수세 후 마지막 단계에서 초산(3cc/1L)에 5~10분간 담가두었다가 중화처리하여 탈수, 수세하여 자연 건조하였다.

2) Indigo and *Phellodendron amurense*

황백의 염착력을 높이기 위해 선염 실험포를 탄닌산으로 선매염을 한 후 황백을 복합 염색을 하였다. 쪽염을 5회 염색한 선염 실험포를 물에 적서 wet-pick up를 60%로 탈수 후, 탄닌산(10%/o.w.f.) 처리하여 욕비 1:30인 염욕에서 60℃의 온도로 20분간 염색한다.

<Table 2> List of natural dye and dyeing methods

Sample No.	Dyeing
1	Indigo 5 times
2	Indigo 5 times + <i>Phellodendron amurense</i> 1 time
3	Indigo 5 times + <i>Phellodendron amurense</i> 2 times
4	Indigo 5 times + <i>Caesapinia sappan</i> 1 time
5	Indigo 5 times + <i>Caesapinia sappan</i> 2 time
6	Indigo 5 times + <i>Phellodendron amurense</i> 1 time + <i>Caesapinia sappan</i> 1 time

2회째도 같은 방법의 조건에서 반복하여 복합 염색을 실시하였다.

3) Indigo and *Caesalpinia sappan*

쪽염을 5회 염색한 실험포를 물에 적서 wet-pick up를 60% 탈수한 후 소목을 추출한 염액을 욕비 1:30 인 염욕에서 60℃의 온도로 20분간 복합 염색 하였다. 2회째도 같은 방법의 조건에서 소목염색을 반복하여 복합 염색 후 60℃의 물에 명반($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}(1\text{g/L})$)을 넣고 녹인 후 30분간 매염하였다.

4) Indigo, *Phelloden amurense*, and *Caesalpinia sappan*

쪽염을 5회 염색한 선염 실험포를 물에 적서 탈수한 후 위와 같은 방법으로 황백염색 1회를 한 후 소목 염색 1회 염색하였다.

4. Color measurement

복합염에 따른 색상변화를 알아보기 위해 3자극치 X, Y, Z를 측정 후 Munsell 표색계 H V/C, CIELAB 표색계의 L^* (whiteness), a^* (redness), b^* (yellowness)로부터 ΔE^*ab 를 산출하였다. 이때, Y_n 은 표준광원하에서 완전확산면의 3자극치이다.

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

a^* : CIE LAB 표색계의 red-green 측에서 채도지수

b^* : CIE LAB 표색계의 yellow-blue 측에서 채도지수

또한, 염색물의 염착농도를 알아보기 위해 KS K 0205: 2008에 따라 부분광 측정계 Minolta 3700D 를 사용하여 D65 광원, 10° 시야 조건에서 염색물의 표면 반사율을 측정하고, Kubelka-Munk식으로부터 표면 염착농도(K/S)를 측정하여 염착량을 평가하였다.

$$K/S = (1-R)^2/2R$$

R: 표면반사율, K: 흡광계수, S: 산란계수

5. Color fastness

염색견뢰도의 실험은 섬유실험실의 표준상태 KS K ISO 105인 20±2℃의 온도, 상대습도 65±2%에서 이루어졌다.

1) Colorfastness to light

일광견뢰도(Testing method of color fastness)는 염색물의 일광견뢰도 실험방법인 Xenon-Arc Lamp KS K ISO 105 B02: 2010에 따라 Fade-O Meter기와 변퇴색용 표준회색표 (KS K 0911)를 사용하여 판정하였다.

2) Colorfastness to washing

세탁견뢰도(Color-fastness to washing)는 KS K ISO 105-C06: 2007에 의하여 실험하였다. 실험기는 Launderometer(Atlas electric devices Co, U.S.A)를 사용하여 측정하였으며, 변퇴색과 침부백포에 대한 오염을 표준회색표에 의거하여 판정하였다.

3) Colorfastness to drycleaning

변퇴색 및 오염의 판정은 KS K ISO 105-D01: 2010에 규정된 변퇴색 판정기준에 따라 실험전후의 실험편의 색채와 변퇴색용 표준 회색 표표 간의 색차를 비교하여 각각 판정하였다.

6. Tensile strength

인장강도 실험은 KS K 0520: 2009, C. R. E, 그레브법(Grab method)으로 실시하였다. 측정기는 만능재료 시험기(Instron: C.R.E)를 사용하여 단사를 잡아당기는 파괴 강도를 측정하였다.

7. Density

밀도의 측정은 시료의 규격을 5×5cm로 하여 규격 내의 경사와 위사의 수를 세어 측정하였다.




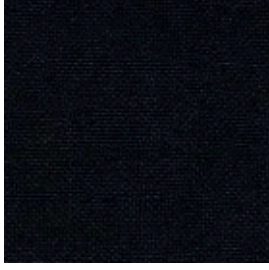


III. Result and Discussion

1. Color measurement

본 실험에 사용한 시료는 <Table 3>과 같으며, 각 시료의 색상과 색차를 측정된 결과는 <Table 4>와 같다.

본 실험에 사용한 양모 염색직물의 측정 결과는 시료 1의 L값은 13.9, a값은 1.9, b값은 -3.7로 나타났다.

<Table 3> Color of wool fabrics dyed with dyeing methods

		
Sample no. 1 Indigo 5 times	Sample no. 2 Indigo 5 times + <i>Phellodendron amurense</i> 1 times	Sample no. 3 Indigo 5 times + <i>Phellodendron amurense</i> 2 times
		
Sample no. 4 Indigo 5 times + <i>Caesapinia sappan</i> 1 times	Sample no. 5 Indigo 5 times + <i>Caesapinia sappan</i> 2 times	Sample no. 6 Indigo 5 times + <i>Phellodendron amurense</i> 1 times + <i>Caesapinia sappan</i> 1 times

<Table 4> Color and color difference of dyed wool fabrics by dyeing methods

Sample of dyeing	Color differenc ΔE	CIE			Munsell		
		L*	a*	b*	H	V	C
1	73.4	13.9	1.9	-3.7	1.0 P	1.3	0.6
2	70.4	17.7	-0.9	-6.8	4.2 PB	1.7	1.5
3	65.0	21.5	-6.2	3.9	1.4 G	2.1	1.8
4	70.8	16.1	1.6	-1.4	8.0 P	1.6	0.3
5	70.5	15.7	1.9	4.9	1.5 Y	1.5	0.7
6	65.2	20.9	2.4	8.7	3.4 Y	2.1	1.6

Note. H: hue, V: value, C: chroma.

면셀 값으로 확인해 보면 P계열의 색상이었다.

시료 2와 시료 3은 시료 2가 시료 3에 비해 L값이 17.7에서 21.5로 증가하였으며 V값과 C값은 증가하였다. 시료 4와 시료 5의 경우, 시료 4에 비해 시료

5가 L값은 16.1에서 15.7로 감소하였고 a값은 증가하여 1.6에서 1.9로, b값도 증가하여 -1.4에서 4.9로 변화가 있었다. 면셀 값은 시료 4가 P계열의 색상이었으며, 시료 5는 시료 4에 비해 Y의 색상으로 변화하였

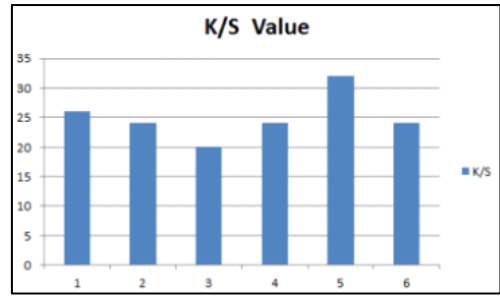
다. 시료 5의 Y색상으로의 변화는 쪽 염색 후 소목염색 시 소목의 양에 따라 황색화되는 경향을 보인다는 결과와 일치한다. 명도는 1.6에서 1.5로 거의 변화가 없었으며 채도는 0.3에서 0.7로 약간 증가하였다. 시료 6의 L값은 20.9, a값은 2.4, b값은 8.7이었으며 먼셀 수치 확인 결과 3.4Y로, V값은 2.1, C값은 1.6의 결과가 나타났다. 각 시료별 표면 염착농도를 나타낸 결과는 <Fig. 1>과 같으며, 양모의 염착농도는 모든 시료가 20 이상으로 높게 나타나, 모두 심색의 범주에 든다고 할 수 있다.

2. Color fastness

본 실험에 사용한 시료의 일광견뢰도를 측정된 결과는 <Table 5>이다. 6번 시료가 2-3등급, 3번 시료는 3등급으로 나타났으며 그 외에는 모든 섬유가 4등급 이상으로 우수하게 나타났다. 물세탁견뢰도는 모든 시료의 오염포에서 3등급 이상으로 나타났다. 물세탁에 의한 염색물의 변퇴색에 대한 견뢰도는 시료 1, 2는 3등급 이상으로 양호하였으나, 그 외 시료는 1에서 2등급으로 낮았다. 드라이클리닝견뢰도는 모든 시료의 오염포에서 4-5등급 이상으로 우수하게 나타났다. 염색물의 변퇴색에 대한 견뢰도는 시료 6에서만 2-3등급 이하로 낮게 나타났으나, 그 외의 시료들은 3등급 이상으로 나타났다.

3. Tensile strength

본 실험에 사용한 시료의 인장강도를 측정된 결과는 <Fig. 2>와 같다. <Fig. 2>를 살펴보면 모든 시료에서 인장강도가 매우 크게 감소하였으며, 특히 경사의



<Fig. 1> K/S value of dyed wool fabrics

인장강도는 시료 2가 120 N의 수치를 나타낸 것을 제외하고는 모두 60%-70% 정도로 감소하였다. 쪽으로 반복 염색하였을 때 경사와 위사 모두 인장강도가 약간 증가하였으며, 황백과 복합염의 경우 반복염색의 차이가 그리 크지 않았고 소목과의 복합염 시료는 위사의 강도가 91 N에서 80 N으로 감소하였는데, 이러한 결과는 반복된 염색과정에서 반복된 세탁과 마찰 등에 의한 것으로 보여진다.

4. Density

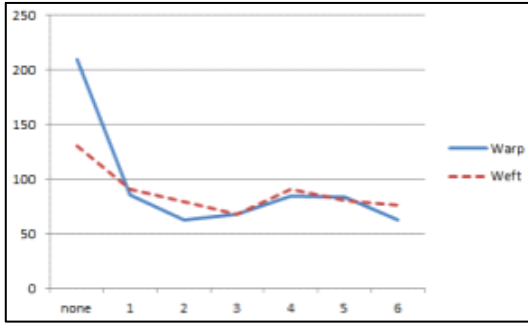
본 실험에 사용한 시료의 밀도를 측정된 결과는 <Fig. 3>과 같다. 양모의 밀도는 대부분의 시료에서 경사와 위사의 밀도가 10% 이상 증가하였으며, 이는 단백질계 섬유가 염색과정에서 20%의 수축이 일어나 밀도가 증가한 것으로 사료된다.

IV. Conclusion

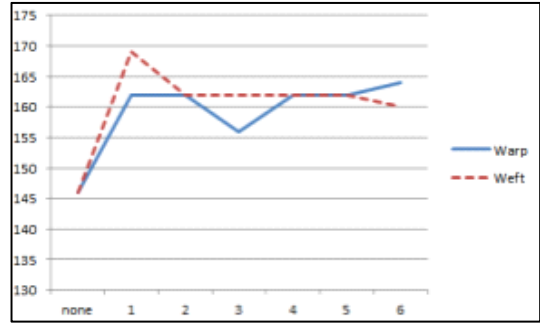
본 연구는 염색에서 많이 사용되는 중금속 매염제

<Table 5> Colorfastness of dyed wool fabrics

Sample No.	1	2	3	4	5	6		
Colorfastness to light	4	4	3	4	4	2-3		
Colorfastness to washing (KS K ISO 105 C06: 2007)	Color change		3	3	2	2	1-2	1
	Staining	Cotton	4-5	4-5	4	4	3	3
		Wool	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
Colorfastness to drycleaning (KS K ISO 105 D01: 2010)	Color change		3	4	3	3	3-4	2-3
	Staining	Cotton	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
		Wool	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5



<Fig. 2> Tensile strength
KS K 0520: 2009



<Fig. 3> Density
KS K 0520: 2009

의 사용을 제한하고, 환경친화적인 천연염재를 사용하여 양모 직물을 염색하여 심색 재현성을 하고자 한 연구로 효모를 사용하여 천연염재인 쪽으로 5회 선염한 후 이를 황백과 소목을 이용하여 추가적으로 염색하는 복합 염색을 통해 심색을 재현하기 위한 연구로 중금속 매염제를 제한한 친환경적인 방법으로 실시되었다.

연구결과는 다음과 같다.

첫째, 색차측정 결과는 양모의 복합염에서는 쪽 5회를 선염한 후 황백으로 2회 복합 염색한 시료의 L 값이 21.5, 쪽 5회를 선염한 후 소목과 황백을 각각 1회 복합 염색한 시료가 20.9로 어두운 심색으로 나타났다.

둘째, 표면 염착농도를 측정한 결과, 모든 시료의 염착농도가 20 이상으로 높게 나타나 심색의 범주에 들었다.

셋째, 견뢰도를 측정한 결과, 일광견뢰도는 양모 직물을 쪽 5회를 선염한 후 황백으로 2회 복합 염색한 시료가 3, 쪽 5회를 선염한 후 황백과 소목으로 복합 염색한 시료가 2-3으로 나타났으며, 그 외에는 시료는 4등급 이상으로 우수하게 나타났다. 물세탁견뢰도를 측정결과는 쪽염색 5회 반복한 시료와 쪽염색 후 황백 1회 염색한 시료가 3등급으로 나타났으며, 염색물의 변퇴색에 대한 견뢰도는 모든 시료가 3등급 이상으로 나타났다. 드라이클리닝견뢰도를 측정한 결과, 쪽 5회를 선염한 후 황백과 소목으로 복합 염색한 시료가 2-3으로 낮게 나타났으며, 그 외의 시료의 오염포에서 3등급 이상으로 양호하거나 우수하게 나타났으며, 염색물의 변퇴색에 대한 견뢰도는 4-5등급으로

높게 나타났다.

넷째, 인장강도를 측정한 결과, 양모 직물의 복합염색시 인장강도가 줄어드는 경향이 나타났다.

다섯째, 밀도를 측정한 결과, 양모 직물의 밀도는 경사와 위사가 모두 증가하였다.

본 연구결과에 따른 결론은 다음과 같다.

첫째, 기존의 천연염색의 단점인 낮은 견뢰도를 해결하기 위해 본 연구에서는 견뢰도가 높은 쪽을 선염한 후 황백과 소목을 복합 염색함으로써 염착농도가 높으면서도 일광견뢰도와 드라이클리닝 견뢰도, 물세탁 견뢰도가 일부 향상된 심색을 재현할 수 있었다.

둘째, 복합염색의 방법으로 견뢰도가 높은 쪽 염료의 선염 시 효모를 이용한 발효 방법을 실시하였으며, 그 결과 중금속의 염재의 사용을 제한하는 친환경적인 방법을 통해 심색을 재현할 수 있었다.

셋째, 복합 염색을 하는 과정에서 반복된 세탁과 수세 과정에서 마찰 등으로 인해 시료의 인장강도가 감소하였으나, 경사와 위사 밀도는 증가하는 결과가 나타났다.

본 연구는 천연염재로 심색의 재현하기 위해 쪽, 황백, 소목으로 제한하여 복합 염색을 실시하였으며, 다른 요인들에 대한 조건을 제한한 한계가 있기에 추후의 연구에서는 더욱 다양한 천연염재를 사용하여, 이를 더욱 다양한 조건과 시료에 시도하는 후속 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 또한, 미적으로 아름다운 양모 직물을 천연염료를 이용한 복합 염색을 함으로써 그린 뉴딜의 시대에 염색과 관련된 산업이 전통적이면서도 더욱 인체 친화적이고 고부가가치화되기를 기대한다.

References

- Choi, I.-R., & Jeon, M.-S. (2011). Dyeing properties and ultraviolet-cut ability of dyed fabrics with petasites Japonicus extract. *The Research Journal of the Costume Culture*, 19(1), 96-103.
- Jeon, M.-S., & Park, M.-J. (2010). Components of pine needles extract and functionality of the dyed fabrics. *The Research Journal of the Costume Culture*, 18(2), 371-381.
- Kim, H.-L., Jang, H.-K., & Lee, J.-J. (2008). Black dyeing of PET with disperse dyes of three primary color. *Journal of the Korean Fiber Society*, 45(6), 331-336.
- Kim, M. K., & Choi, I. R. (2013). A study of indigo fermented dyeing using natural yeast. *The Journal of the Korean Society of Knit Design*, 11(3), 1-9. doi:10.35226/kskd.2013.11.3.1
- Kim, M. K., & Kim, T. M. (2016). A study of complex dyeing using natural dyestuff - Focus on cellulose fiber. *The Research Journal of the Costume Culture*, 24(4), 431-440. doi:10.7741/rjcc.2016.24.4.431
- Kim, W. S., & Choi, I. R. (2004). A study on ultraviolet-cut ability of silk fabric dyed with natural dyestuffs. *The Research Journal of the Costume Culture*, 12(1), 1-11.
- Lee, J. J., & Jung, J. W. (2004). A study on the color grouping system to fashion. *Journal of Korean Society of Design Science*, 17(3), 27-38.
- Lee, S.-H., Yoo, S.-I., Choi, M.-G., Sin, S., & Choi, T.-H. (2009). Natural dyeing characteristics of black color to the Korean traditional hand-made paper (Hanji). *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 37(4), 406-413.
- Park, A. Y., Kim, I. Y., & Song, H. S. (2009). The effect of gallnut mordanting on gromwell dyed silk fabric. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 33(2), 256-265. doi:10.5850/JKSCT.2009.33.2.256
- Shin, N.-H., Kim, S.-Y., & Cho, K.-R. (2005). A study on using gray color dyeing from gallapple. *Fashion & Textile Research Journal*, 7(5), 547-552.
- Yoon, S. H., & Lim, Y. J. (2005). Stabilization of natural dyeing stuff and development of dyeing properties. *Fiber Technology and Industry*, 9(2), 162-176.