

지속가능 천연염색을 이용한 한지직물의 색채공간 확장: 쪽염색과 복합염색을 중심으로

Expansion of Color Space in Hanji Fabrics by Using Sustainable Natural Dyeing: Focused on Natural Indigo Dyeing and Combination Dyeing

*Corresponding author

Kyunghee Son
(sonkh0704@scnu.ac.kr)

손경희

순천대학교 패션디자인학과

Kyunghee Son

Department of Fashion Design, Suncheon National University, Suncheon, Korea

Received_May 12, 2023

Revised_June 01, 2023

Accepted_June 14, 2023

Abstract The purpose of this study is to enhance the usability of hanji fabrics by expanding the color space of hanji fabrics. For the expression of various colors of hanji fabrics, single and combination dyeing were carried out using natural indigo(*Niram*, *Polygonum tinctorium*), marigold extract colorant, and madder extract colorant for three types of hanji fabrics with different fiber compositions(hanji, hanji/cotton, hanji/silk). The light, medium, and deep colors obtained through individual single dyeing were shown to be PB Munsell colors in the case of indigo dyeing, Y color for marigold dyeing, and R color for madder dyeing. For combination dyeing, indigo dyeing was first carried out under the conditions for light, medium, and deep colors, respectively, and marigold or madder dyeing was performed thereafter. Indigo and marigold combination dyeing produced PB, B, BG, G, and GY Munsell colors and indigo and madder combination dyeing produced PB, P, RP, and R Munsell colors. Overall, the color change of hanji/silk fabric was more diverse than that of hanji fabric and hanji/cotton fabric. In the indigo, marigold, and madder combination dyeing into individual deep colors, blackish PB and P Munsell colors was obtained. Colorfastness to washing, dry cleaning, rubbing, and light were relatively good with above rating 4. Finally, 9 colors excluding YR color out of 10 Munsell color were obtained. We confirmed that the expansion of the color space of Hanji fabrics by the single and combination dyeing with indigo, marigold, and madder.

Textile Coloration and Finishing

TCF 35-2/2023-06/82-97

© 2023 The Korean Society of Dyers and Finishers

Keywords hanji fabric, natural indigo, marigold, madder, combination dyeing, munsell colors

1. 서 론

섬유패션산업은 환경에 미치는 영향이 크며, 최근 코로나 펜

데믹 이후 기후변화와 환경오염에 대한 인류의 지속가능성이 대두되면서 친환경 텍스타일 소재에 대한 관심이 증가하고 있다.^{1,2)} 이에 발맞추어 환경에 무해한 염색공정 및 친환경적인 염료를 사용한 천연염색소재가 환경에 대한 의식이 높아지고

있는 기업과 소비자들에게 새롭게 주목받고 있으며³⁾ 우리나라 전통 한지의 새로운 가치를 발전시키려는 노력으로 개발된 한지직물 또한 친환경을 중시하는 현대사회의 트렌드를 반영하여 개발된 신소재로 한지직물의 상품적 가치를 높이기 위한 다양한 용도의 의복디자인들이 연구되었다⁴⁻⁷⁾.

한지섬유소재에 사용된 천연염재들을 오방정색 기준으로 살펴보면, 황색계열에 치자⁸⁻¹²⁾, 홍화 황색소¹⁰⁾, 울금^{10,12)}, 황벽^{10,12-14)}, 괴화^{10,11)}, 양파껍질^{15,16)}, 황련^{11,12)}, 적색계열에 소목^{8,9,11,12)}, 자근^{11,13,14)}, 쪽두서니¹³⁾, 홍화 홍색소^{11,12,14)}, 그리고 청색계열에 쪽^{11,12,14,17-19)}과 치자 청색소¹²⁾가 사용되었다. 기타 염재들은 오배자^{8,9,11,20)}, 신나무잎·감물·밤껍질²⁰⁾, 쪽²¹⁾, 오리나무 열매²²⁾, 찔레나무²³⁾, 차가버섯²⁴⁾으로 대부분이 오방간색 중의 하나인 갈색계열이다.

전통적으로 천연염색은 사용할 수 있는 염재들의 특성상 제한된 색채범위를 지니므로 좀 더 풍부한 색상을 표현하고자 2가지 이상의 염재를 사용하는 복합염색을 행한다²⁵⁻²⁷⁾. 여기서 복합염색이란 염료를 섞어 쓰지 않고 한가지 염료로 먼저 염색한 후 다른 염료로 염색하는 2욕 염색을 의미한다²⁵⁾. 그러나 대부분 연구들이 한 염재만 사용하여 색을 얻는 단일염색을 하였으며, 색상의 변화는 염색조건이나 매염제 처리로 얻고 있었다. 복합염색은 오배자와 소목 또는 치자와의 복합염⁹⁾ 그리고 검정색 구현을 위한 오배자와 감물, 밤껍질, 신나무 잎의 복합염²⁰⁾이 유일하다. 한지의 천연염색에서 매염제를 사용하지 않으면서 복합염색으로만 얻을 수 있는 녹색계열의 색상은 찾아볼 수 없으며, 자주색계열 또한 복합염색이 아닌 자근과 소목염색으로 대체하고 있었다.

다양한 천연염료 중에서 쪽은 염색성, 색상, 견뢰도, 기능성, 상품성 측면에서 가장 높게 평가되고 있으나²⁸⁾, 쪽염색을 이용한 한지섬유의 복합염색은 아직 찾아보기 어렵다. 또한 대부분 펄프나 한지 상태에서 천연염색이 이루어졌으며, 한지사로 제작한 한지직물에 적용한 경우^{17,24,29)}는 드물어, 한지직물의 천연염색에 의한 색상발현 연구들이 더 요구된다. 특히 쪽염료를 사용한 복합염색에 의한 색의 다양성 추구가 필요하다. 이를 위한 선행연구로 본 연구자는 니람과 효모를 사용한 친환경염색공정을 한지직물에 적용하여 반복염색에 따른 다양한 농담을 지닌 견뢰도가 우수한 한지직물들을 얻은 바 있다³⁰⁾.

매리골드는 여름용 화단용으로 많이 이용되는 국화와 타게테

스(Tagetes) 속의 1년생 화훼로 폐기되는 자원을 재활용한다는 측면에서 부가가치를 창출할 수 있는 천연염재로 이용가치가 크다^{31,32)}. 꽃잎에 노란색 색소인 제아잔틴(Zeaxanthin)과 염착 성능이 뛰어난 루테인(Lutein)이 다량 함유되어 있어 견뢰도가 우수하여 색소로의 효용성이 매우 크다^{33,34)}.

쪽두서니는 쪽두서니과(Rubiaceae)에 속하는 다년생 식물로 뿌리부분이 염색에 이용되며 대부분 선매염하여 염색한다³⁵⁾. 쪽과 함께 동서양 모두에서 고대부터 사용되어온 대표적인 붉은 색 색소로 적색계 천연염료 중 햇볕에 강하고 잘 퇴색되지 않으며, 특히 서양쪽두서니(*Rubia tinctorum* Linn.)는 푸르푸린(Purpurine) 외에 알리자린(Alizarine) 색소가 함유되어 있어 합성염료인 알리자린이 발명되기 전까지 적색염료로 많이 이용되어 왔다³⁶⁾.

이에 본 연구에서는 시판중인 한지직물들을 중심으로 염색견뢰도가 우수한 쪽염색에 의한 청색계열, 매리골드염색에 의한 황색계열, 그리고 쪽두서니염색에 의한 적색계열을 염색한 후, 쪽과 매리골드의 복합염색으로 녹색계열을, 쪽과 쪽두서니의 복합염색으로 자주색계열을, 그리고 쪽, 매리골드, 쪽두서니의 복합염색으로 흑색계열의 심색을 염색하여 한지직물의 색채공간을 확장시켜 부가가치 소재로의 활용성을 높이고자 한다. 단일염색 및 복합염색에서 얻을 수 있는 색상 범위를 최대화하기 위해 쪽염색은 경과일에 따른 반복염색으로, 매리골드와 쪽두서니염색은 최적염색조건에서 색소분말 농도를 달리한 염색으로 다양한 농담(color strength)을 지닌 시료를 얻었으며, 염착량을 기준으로 하여 담색, 중색, 농색의 염색조건을 설정하고 복합염색에 적용하였다. 또한 염색한 시료들의 색 특성을 측정하였고 실용성 검토를 위해 염색견뢰도를 평가하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

시료는 평직으로 제작된 100% 한지직물과 섬유 혼용율이 비슷한 2종의 한지교직물을 쌍영방직(주)에서 구입하여 사용하였다. 한지교직물의 경우 경사는 각각 면사와 견사로 구성되어

Table 1. Characteristics of the fabrics used

Fabrics	Fiber composition (%)	Weave	Density (w×f/5cm ²)	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)
Hanji	Hanji 100	Plain	100 × 70	164	0.50
Hanji/Cotton	Hanji 40, Cotton 60	Plain	245 × 140	148	0.28
Hanji/Silk	Hanji 60, Silk 40	Plain	145 × 70	176	0.45

있고, 위사는 모두 한지사이며 면사와의 교직물은 한지/면직물로 견사와의 교직물은 한지/견직물로 표기하였다. 모두 정련된 직물들로 각 시료의 특성은 Table 1과 같다.

쪽염색에는 우리나라 나주(국가무형문화재 염색장 정관채)에서 생산된 니람(*Polygonum tinctorium*)을 이용하였으며, 매리골드와 쪽두서니는 건조된 형태로 각각 천연염색박물관³⁷⁾과 하늘타리³⁸⁾에서 구입하여 사용하였다. 인디고 환원제로 사용한 효모는 과립상의 이스트(엔제스트 인스턴트 이스트 저당, *Saccharomyces cerevisiae* 99.5%, Angel Yeast Co., Ltd, Korea)를 구매하여 사용하였으며, 알칼리수용액 제조에는 NaHCO₃ (Duksan Pure Chemicals, Korea)와 NaOH(Duksan Pure Chemicals, Korea), 쪽염색한 직물의 중화에는 CH₃COOH (Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd, Korea), 매리골드와 쪽두서니염색의 매염제로는 AlK(SO₄)₂·12H₂O(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd, Korea)를 모두 1급 시약 그대로 사용하였다.

2.2 단일염색

2.2.1 쪽염색

- 1) 환원액 준비: pH 10.7 알칼리수용액(NaHCO₃/NaOH 완충용액) 4.8L에 니람 600g을 액비 1:8로 풀어 준 후 효모를 12.5g/L로 첨가하여 환원용액을 만들고 32°C 인큐베이터에서 반응시켰다. 환원염색하는 동안에는 4M NaOH 수용액을 사용하여 염욕의 pH가 10.7이 유지되도록 하였으며 염색 후에는 침전된 인디고를 잘 교반하여 주었다.
- 2) 염색: 염색은 환원상등액에 시료(20×20cm(wxf))를 20분 동안 침지시킨 후 공기 중에서 충분히 산화발색시켰다. 선행연구의 결과³⁰⁾를 바탕으로 담색은 경과일 3일째 1회 염색, 중색은 5일째 2회 반복염색, 그리고 농색은 9일째 4회 반복염색하였다. '상등액 침지-산화' 과정을 1회, 2회 또는 4회까지 연속해서 반복한 후 충분히 수세하고 0.1% (w/w) 아세트산 용액에서 10분 동안 중화하고, 수세, 건조하였다.

2.2.2 매리골드염색

- 1) 색소추출 및 분말화: 액비 1:15에서 60분 동안 열수 추출하고 다시 액비 1:10에서 2차로 열수 추출한 염액을 혼합하여 필터링하고 120±5rpm, 50°C 조건에서 감압농축하여 -80°C에서 급냉시킨 후 -50°C에서 동결건조하여 색소분말을 얻었다. 색소분말의 수율은 27.6%이었고, 색소 추출액의 pH는 4.6이었다.
- 2) 염색 및 매염: 염색은 액비 1:40에서 염색온도, 염색시간, 염액 pH, 그리고 색소농도를 변화시키면서 행하였고, 매염은 알루미늄 매염제 농도 5%(owf)에서 60°C, 30분, 액비 1:40으로 후매염을 행하였다. 염색과 매염은 모두 적외선 고압염색기(Infrared Rays Dyeing Machine, Model KSL-24 KOREA SCIENCE Co., Ltd, Korea)를 사용하였다. 담색, 중색, 그리고 농색 조건을 설정하여 복합염색 조건으로 사용하였다.

2.2.3 쪽두서니염색

- 1) 색소추출 및 분말화: 서양쪽두서니를 잘게 분쇄하여 매리골드와 같은 방법으로 색소를 추출 및 동결건조하여 색소분말을 얻었으며 얻어진 색소분말 수율은 19.2%였고 색소 추출액 pH는 5.7이었다.
- 2) 염색 및 매염: 매리골드염색과 동일한 방법으로 염색하였으며, 매염은 같은 조건에서 선매염하였다.

2.3 복합염색

복합염색은 두 색소를 사용하는 복합염색과 세 색소를 사용하는 복합염색으로 하였으며, 모두 쪽, 매리골드, 쪽두서니 염색 순서로 행하였다.

2.3.1 쪽과 매리골드의 복합염색

담색, 중색, 농색으로 쪽염색한 시료 각각에 매리골드염색의 담색, 중색, 농색조건에서 염색한 후 알루미늄 매염하여 각 한지직물별로 9개의 녹색계열 색상의 시료를 얻었다.

2.3.2 쪽과 쪽두서니의 복합염색

담색, 중색, 농색으로 쪽염색한 시료 각각에 알루미늄으로 매염하고, 쪽두서니염색의 담색, 중색, 농색 조건에서 염색하여 각 한지직물별로 9개의 자주계열 색상 시료를 얻었다.

2.3.3 쪽과 매리골드, 쪽두서니의 복합염색

농색으로 쪽염색한 시료에 매리골드염색의 농색조건에서 염색한 후 알루미늄으로 매염하고, 마지막으로 쪽두서니염색의 농색조건에서 염색하여 3종의 흑색계열 시료를 얻었다.

2.4 염착량 측정

염색한 직물의 최대흡수파장에서 얻은 K/S 값을 염착량으로 평가하였으며, K/S 값은 색차계(Color-eye 3100, Macbeth, USA)를 이용하여 D65 광원, 10°시야 조건에서 측정하였다.

2.5 색 측정

염색한 직물의 색 특성은 CIELAB 표색계에 의한 명도지수 L*, 색좌표지수 a*(redness-greenness), b*(yellowness-blueness), 색차(ΔE*), 그리고 먼셀(Munsell)의 색상(Hue), 명도(Value), 채도(Chroma)인 H V/C 값을 색차계(Color-eye 3100, Macbeth, USA)를 사용하여 D65 광원, 10°시야 조건에서 측정하였다. 색차는 염색하지 않은 각 시료를 기준으로 하였다.

2.6 염색견뢰도 평가

염색견뢰도는 세탁견뢰도(AATCC Test Method 61-1989 1A), 드라이클리닝견뢰도(AATCC Test Method 132-1989 1A), 마찰견뢰도(AATCC Test Method 8-1989)를 각 시험법

에 준하여 선행연구³⁰⁾에서와 같은 방법으로 평가하였다. 일광건되도는 AATCC Test Method 16-2004 Option 3에 준해 내광시험기(Xenon Test Chamber, Q-SUN, Xe-1-B, USA)를 사용하여 20시간 광조사 후 변퇴색 판정용 그레이 스케일(gray scale)을 사용하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 단일염색에 의한 염착량과 색 특성

3.1.1 쪽염색

쪽염색은 선행연구³⁰⁾에서 얻은 결과를 바탕으로 담색은 경과 일 3일째 1회 염색, 중색은 5일째 2회 반복염색, 그리고 농색은 9일째 4회 반복염색하여 담색, 중색, 농색 시료를 얻었으며, 이들 시료를 이후 매리골드와 꼭두서니의 복합염색에 사용하였다.

각 한지직물의 색의 농도에 따른 염착량(K/S value)과 색 특성은 Table 2와 같다. 세 직물 모두 효모를 사용한 천연인디고의 환원염색성이 우수하였고 한지종류에 따른 담중농색의 염착량에는 큰 차이를 보이지 않았다. 환원염색 조건인 완충능력이 충분한 염욕 pH 10.7³⁹⁾에서 환원된 인디고는 섬유에 직접성이 높은 모노이온 류코인디고 형태로 존재하므로^{40,41)}, 각 섬유와 염료와의 염착은 류코화합물 중의 비이온 류코화합물인 =C-NH, =C-OH 결합기에 의한 수소결합이나 공액이중결합기의 반데르발알스인력에 의한 결합^{42,43)}으로 볼 수 있다.

색의 농도에 따른 색 특성의 경우, 한지직물 종류에 상관없이 농색으로 갈수록 L*값은 감소하였고, a*값은 증가하고, (-)b*

절대값은 감소하였다. 육안으로도 밝은 파랑에서 어두운 남색으로 점차 변하는 것을 알 수 있다.

면셀색상은 모두 PB(Purple Blue, 남색)계열로 나타났으며, 염착량이 증가함에 따라 한지직물은 2.6PB에서 5.8PB까지, 한지/면직물은 4.3PB에서 6.2PB까지, 그리고 한지/견직물은 2.7PB에서 6.4PB까지 변하여 보라기운이 점차 가미된 남색계열의 색상을 띄었다. 최대흡수파장도 담색과 중색에서는 660nm에서 나타났으나 농색은 한지와 한지/면직물은 640nm, 한지/견직물은 620nm까지 단파장으로 이동하였다. 다른 두 직물에 비해 한지/견직물이 지니는 색상범위가 가장 컸으며, 다음으로는 한지직물, 한지/면직물 순이었다. 명도(V)와 채도(C) 또한 모두 농색으로 갈수록 계속 감소하였다.




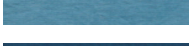
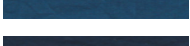
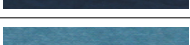



3.1.2 매리골드염색

매리골드 추출액 색소를 사용한 한지직물의 염색에서 염착량에 따른 담색, 중색, 그리고 농색의 염색조건을 설정하기 위해 염색온도, 염색시간, 염욕 pH, 그리고 색소농도에 따른 염착량의 변화를 살펴보았다(Figure 1). 염색온도에 따른 염착성은 염색온도 40, 60, 80, 100°C에서 색소농도 2%(o.w.b.)로 60분간 염색하였다. 한지직물 종류에 상관없이 60°C 이상의 염색온도에서는 염착량이 감소하는 경향을 보였다.

선행연구에 따르면 견직물이나 장어가죽의 매리골드 염색에서는 염색온도 증가에 따라 염착량이 계속 증가^{31,32)}한 반면, 면직물은 60°C 이상의 고온에서는 염착성 증가가 나타나지 않았다⁴⁴⁾.

본 연구에서도 면과 같은 셀룰로오스섬유인 한지섬유의 영향으로 60°C 이상에서는 더 이상 염착량 증진이 없음을 확인하였

Table 2. Color properties of hanji fabrics dyed with indigo according to the color strength

Fabric	Color strength	K/S value	L*	a*	b*	ΔE*	H V/C (λ _{max})	Sample
Hanji	Light	3.68	56.33	-6.38	-20.59	43.88	2.6PB 5.4/5.6 (660)	
	Medium	9.78	33.99	-1.96	-22.32	63.72	4.5PB 3.2/5.3 (660)	
	Deep	19.02	21.76	1.08	-16.49	73.05	5.8PB 2.1/3.8 (640)	
Hanji /Cotton	Light	3.73	56.80	-3.99	-25.77	38.26	4.3PB 5.5/6.9 (660)	
	Medium	11.01	35.31	-0.47	-26.93	59.63	5.4PB 3.3/6.5 (660)	
	Deep	19.85	21.44	2.29	-18.54	70.96	6.2PB 2.0/4.4 (640)	
Hanji /Silk	Light	3.50	53.33	-5.62	-19.71	47.55	2.7PB 5.1/5.3 (660)	
	Medium	10.21	33.25	-1.71	-21.18	64.68	4.6PB 3.2/5.0 (660)	
	Deep	20.56	20.62	2.04	-15.36	73.71	6.4PB 2.0/3.6 (620)	

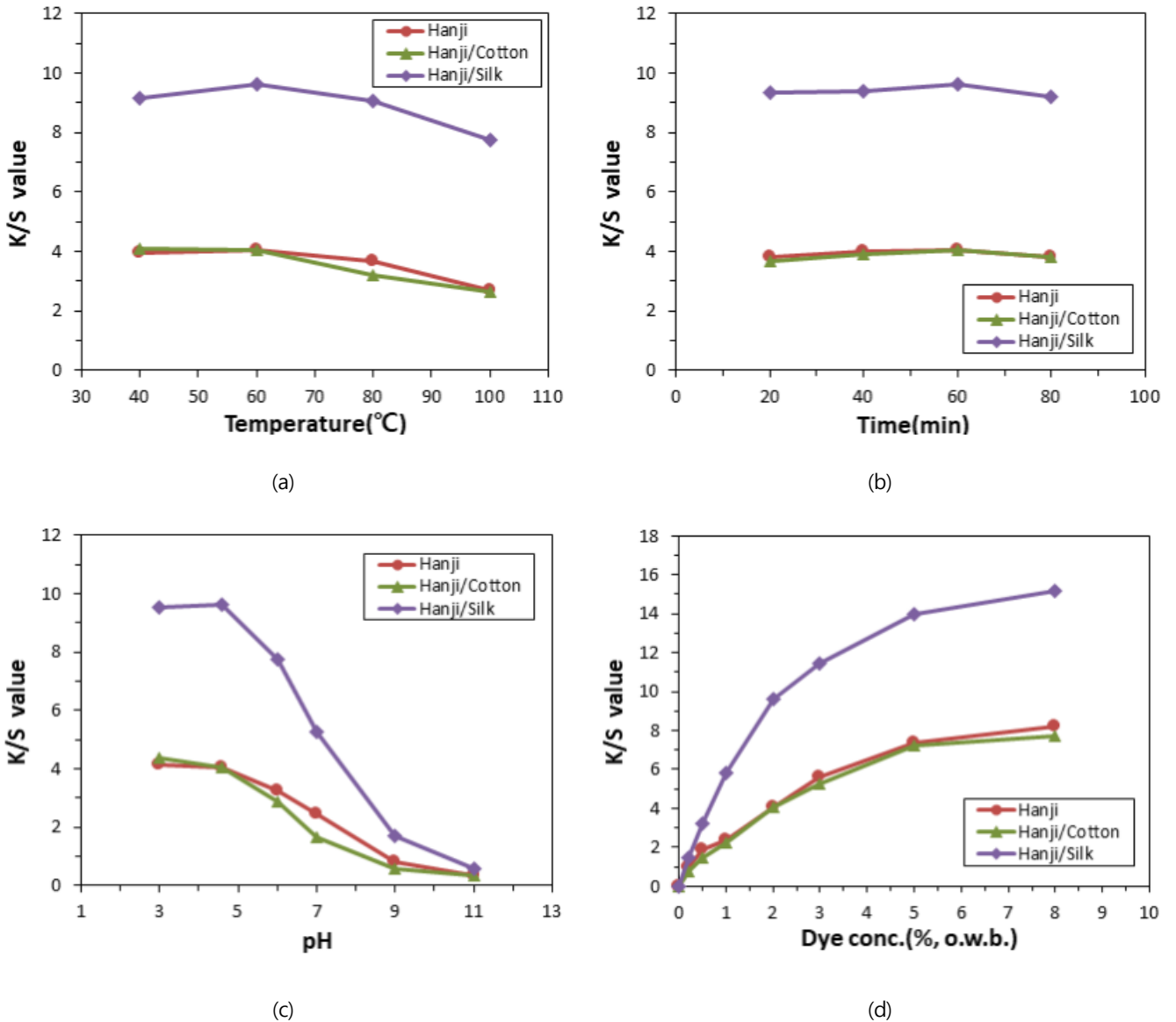


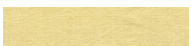
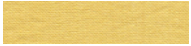


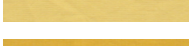
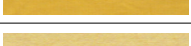



Figure 1. K/S value of hanji fabrics dyed with marigold according to (a) dyeing temperature, (b) dyeing time, (c) pH, and (d) colorant concentration.

다. 이후 염색에서는 염색온도를 60°C로 행하였다. 염색시간에 따른 염착성은 60°C에서 20, 40, 60, 80분 동안 색소농도 2% (o.w.b.)로 염색하였다. 세 직물 모두 염색시간 증가에 따른 염착량 변화는 크지 않았으나 섬유내부로의 충분한 침투를 위해 염색시간은 60분으로 설정하였다.

다음으로 염액 pH에 따른 염색성을 알아보하고자 색소농도 2%(o.w.b.)에서 염액의 pH를 3.0, 4.6(추출 원액), 7.0, 9.0, 11.0으로 변화시켜 60°C에서 60분 동안 염색하였다. 추출한 염액의 pH인 4.6 이상에서는 모두 급격히 염착량이 감소하였고, 색상도 높은 pH로 갈수록 b*값이 점차 감소하여 노랑기운이 더 적은 Y계열로 바뀌었으며 채도도 계속 감소하여 더 탁한 색상이 되었다. 매리골드추출물로 셀룰로오스섬유를 염색할 때

선매염을 하는 경우는 거의 발색되지 않으나 후매염에서는 매염제에 따라 특유의 색상으로 발색되며⁴⁵⁾, 셀룰로오스섬유와 단백질섬유의 염색 거동은 유사하다³⁴⁾. 매리골드의 주색소인 제아잔틴과 루테인은 모두 수산기(-OH)를 지니므로 한지섬유와 면섬유의 수산기, 견섬유의 주쇄(-CONH-)나 아미노기(-NH₂)와의 수소결합 그리고 비결정영역에 확산되는 물리적 결합이 형성된 후 알루미늄 후매염에 의한 킬레이트 작용으로 염착된다⁴⁵⁾. 세 직물 모두 알칼리도가 높은 염욕으로 갈수록 염착량이 급격히 감소하는 것은 색소음이온과 음이온으로 하전된 각 섬유 (cell-O⁻, silk-COO⁻) 간의 전기적 반발력이 증가하기 때문이다^{46,47)}. 이후 매리골드염색은 추출액 그대로의 약산성 조건(pH 4.6)에서 행하였다.

Table 3. Color properties of hanji fabrics dyed with marigold according to the color strength

Fabric	Color strength	K/S value	L*	a*	b*	ΔE^*	H V/C**	Sample
Hanji	Light	0.94	85.13	-1.20	36.48	32.15	6.1Y 8.5/5.0	
	Medium	2.38	80.04	1.87	50.07	46.62	4.8Y 8.0/7.1	
	Deep	7.37	70.92	5.32	60.09	59.17	4.3Y 7.1/8.7	
Hanji /Cotton	Light	0.78	85.37	-2.59	25.06	36.23	7.3Y 8.5/3.2	
	Medium	2.21	79.50	0.38	43.96	55.62	5.2Y 7.9/6.1	
	Deep	7.22	71.21	4.25	57.48	70.81	4.4Y 7.1/8.3	
Hanji /Silk	Light	1.46	80.69	0.36	40.43	31.22	5.1Y 8.0/5.7	
	Medium	5.85	70.47	3.20	50.98	45.40	4.7Y 7.0/7.3	
	Deep	13.96	60.87	6.39	56.33	54.46	3.9Y 6.1/8.1	

** λ_{max} : 420nm

최종적으로 색소농도에 따른 담중농색 조건을 설정하고자 염색온도 60°C, 염색시간 60분, 그리고 염액 pH를 조절하지 않은 상태에서 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 8.0%(o.w.b.)로 색소농도에 변화를 주어 염색하였다.

세 직물 모두 색소농도가 증가함에 따라 K/S 값은 계속 증가하였으며 5% 농도 이상에서는 증가폭이 다소 완만하였다. 5% 농도에서 한지직물의 K/S 값은 7.37, 한지/면직물은 7.22, 한지/견직물은 13.96으로, 전체적으로 한지직물과 한지/면직물의 염색성은 비슷한 경향을 보인 반면, 한지/견직물은 셀룰로오스 직물들에 비해 2배 정도 더 높은 염착량을 보여 매리골드에 대한 견직물의 염색성이 더 우수함을 알 수 있었다. 이는 매리골드염료가 셀룰로오스섬유보다 동물성섬유와의 친화성이 더 크게 나타난 선행연구³⁴⁾와 같은 경향이다. 전체적인 염착량을 기준으로 하여 염색온도 60°C, 염색시간 60분 조건에서 담색은 0.2%, 중색은 1.0%, 그리고 농색은 5.0%로 설정하였으며 이후 복합염색 조건으로 사용하였다.

Table 3은 매리골드염색한 한지직물들의 색의 농담에 따른 색 특성으로, 염착량도 함께 제시하였다. 모두 농색으로 갈수록 염착량 증가로 L*값은 감소하고, a*값과 b*값은 계속 증가하여 육안으로도 밝은 노랑에서 빨강기운과 노랑기운이 더 가미된 노랑으로 점차 변화함을 알 수 있다. 면셀 색상은 모두 Y(Yellow, 노랑)계열로 나타났으며 염착량이 증가함에 따라 한지직물은 6.1Y에서 4.3Y까지, 한지/면직물은 7.3Y에서 4.4Y까지, 그리고 한지/견직물은 5.1Y에서 3.9Y까지 변화하여 세 직물 모두 농색으로 갈수록 빨강기운이 점차 가미된 노랑을 나타내었다. 또한 농색일수록 명도는 낮으나 채도는 높아 진하면서도 선명한 색상으로 염색되었다. 최대흡수파장은 한지직물의 종류 및

색의 농담에 상관없이 모두 420nm로 일정하였다.

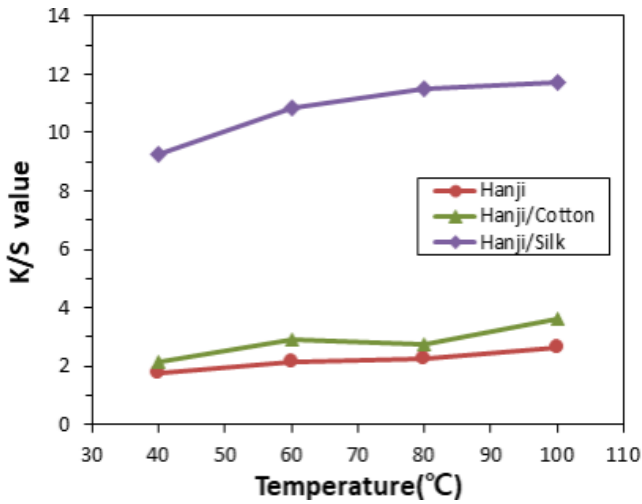
3.1.3 쪽두서니염색

쪽두서니 추출액 색소를 사용한 한지직물들의 염색에서 염착량에 따른 담색, 중색, 농색의 염색조건을 설정하기 위해 염색온도, 염색시간, 염액 pH, 그리고 색소농도에 따른 염착량의 변화를 살펴보았다(Figure 2).

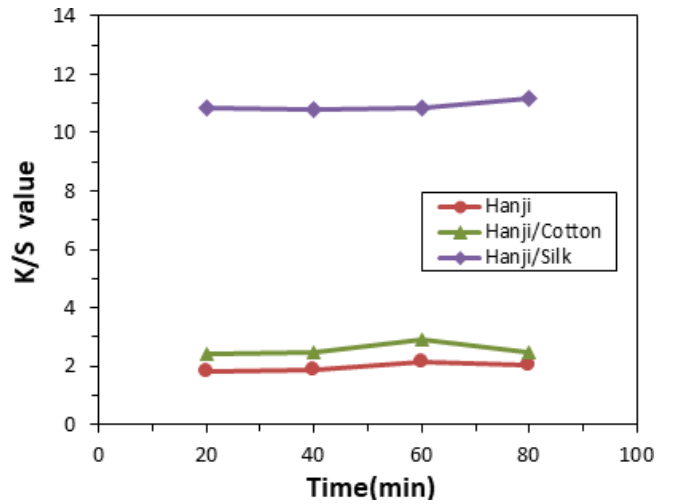
염색온도에 따른 염착성은 염색온도 40~100°C 범위에서 20°C씩 증가시키면서 색소농도 1%(o.w.b.)에서 60분 동안 염색하였다. 한지직물 종류에 상관없이 염색온도 상승에 따라 염착량이 조금씩 증가하였으나 60°C 이상에서는 증가 폭이 더 적어 적정 염색온도를 60°C로 설정하였다. 염색시간에 따른 염착성은 20~80분 범위에서 20분씩 변화를 주어 60°C에서 색소농도 1%(o.w.b.)로 염색하였다. 염색시간 증가에 따른 염착량의 변화도 크지 않아 적정 염색시간은 60분으로 정하였다.

다음으로 염액 pH에 따른 염색성을 알아보려고 색소농도 1%(o.w.b.)에서 염액의 pH를 3.0, 4.5, 5.7(추출 원액), 7.0, 9.0, 11.0으로 변화시켜 60°C에서 60분 동안 염색하였다. 한지직물은 pH 5.7까지 한지/면직물과 한지/견직물은 pH 7.0까지 pH가 증가함에 따라 K/S 값이 증가하였고 이후 알칼리 조건으로 갈수록 더 낮은 염착량을 보였으며, 특히 한지/견직물에서 염액 pH에 따른 염착량의 변화가 가장 크게 나타났다. 이후 염색은 추출액 그대로의 약산성 조건(pH 5.7)에서 행하였다.

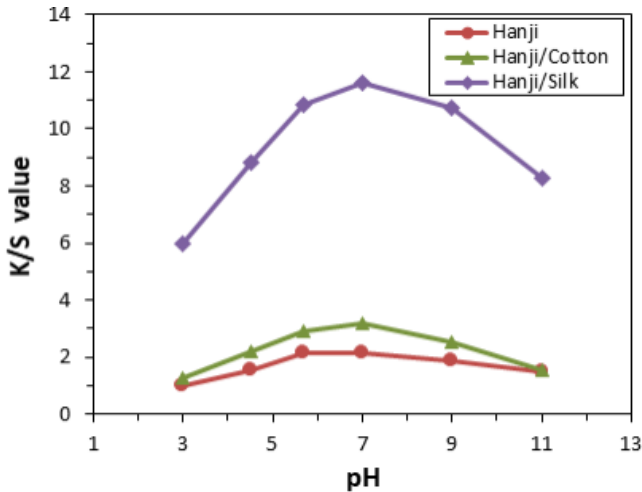
최종적으로 색소농도에 따른 담중농색 조건을 설정하고자 염색온도 60°C, 염색시간 60분, 그리고 염액 pH를 조절하지 않은 상태에서 0.02, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 그리고 2.0%(o.w.b.)로



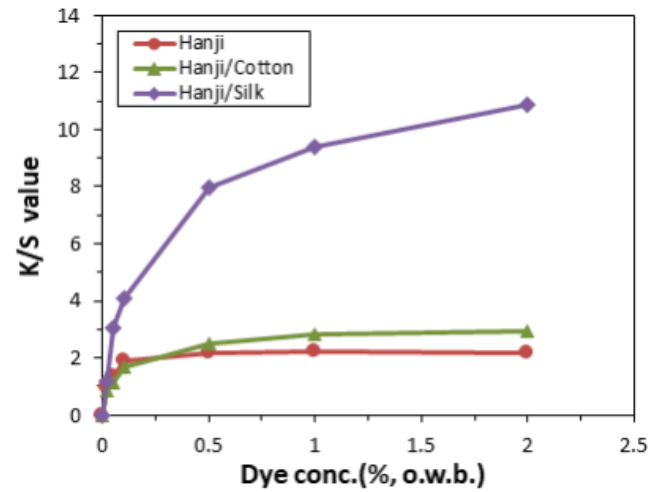
(a)



(b)



(c)





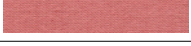






(d)

Figure 2. K/S value of hanji fabrics dyed with madder according to (a) dyeing temperature, (b) dyeing time, (c) pH, and (d) colorant concentration.

색소농도에 변화를 주어 염색하였다. 한지직물과 한지/면직물은 0.1%까지 급격한 염착량의 증가를 보이다가 이후에는 큰 변화를 보이지 않았으며, 한지/견직물은 0.5%까지 K/S 값이 급격히 증가하였고 1.0% 농도 이상에서는 증가폭이 다소 작아졌다. 한지직물, 한지/면직물, 그리고 한지/견직물의 1.0% 농도에서의 K/S 값은 각각 2.23, 2.85, 9.37로, 전체적으로 한지 직물이나 한지/면직물에 비해 한지/견직물의 염착량이 3배 이상 더 높게 나타났다. 전체적인 염착량을 기준으로 하여 60°C, 60분 조건에서 담색은 0.02%, 중색은 0.1%, 그리고 농색은 1.0%로 설정하였고, 이후 복합염색 조건으로 사용하였다.

Table 4는 꼭두서니염색한 한지직물들의 색의 농도에 따른 색 특성으로 염착량도 함께 제시하였다. 한지직물 종류에 상관 없이 농색으로 갈수록 염착량 증가로 L*값은 감소하였고, a*와 b*값은 계속 증가하여 빨강기운과 노랑기운이 계속 가미된 색상으로 점차 변화함을 알 수 있다. 먼셀 색상은 모두 R(Red, 빨강)계열로 담색에서 농색으로 갈수록 한지직물은 3.2R에서 4.5R까지, 한지/면직물은 0.6R에서 2.4R까지, 그리고 한지/견직물은 6.8R에서 5.8R까지 변화하여 세 직물 모두 농색으로 갈수록 5R에 근접한 색상으로 나타났으며, 특히 한지/면직물은 자주기미가 있는 빨강으로, 한지/견직물은 주황기미가 있는 빨

Table 4. Color properties of hanji fabrics dyed with madder according to the color strength

Fabric	Color strength	K/S value	L*	a*	b*	ΔE^*	H V/C**	Sample
Hanji	Light	0.99	69.58	28.63	10.49	34.96	3.2R 6.9/7.1	
	Medium	1.88	61.36	32.19	12.06	45.27	3.4R 6.0/8.0	
	Deep	2.23	58.65	29.97	13.03	45.75	4.5R 5.8/7.3	
Hanji /Cotton	Light	0.84	71.70	27.01	6.41	34.20	0.6R 7.1/6.8	
	Medium	1.70	62.24	31.59	8.17	45.44	1.2R 6.1/7.9	
	Deep	2.85	55.53	33.47	10.38	50.76	2.4R 5.5/8.1	
Hanji /Silk	Light	1.21	68.43	27.61	16.25	34.69	6.8R 6.8/6.9	
	Medium	4.11	54.55	35.78	20.18	51.03	6.4R 5.3/8.6	
	Deep	9.37	41.00	37.14	18.94	61.77	5.8R 4.1/8.7	

** λ_{\max} : 500nm

강으로 발현되었다. 모두 농색일수록 명도는 낮으나 채도가 높은 선명한 색상을 보였으며, 최대흡수파장은 한지직물의 종류 및 색의 농도에 상관없이 모두 500nm에서 나타났다.

서양쪽두서니의 주색소인 알리자린은 구조 중에 수소성 부분이 강하기 때문에 그대로는 분산흡착에 의한 낮은 농도의 염착 밖에 이루어지지 않으며, 섬유를 적색계열로 염색하기 위해서는 알루미늄 이온과 배위하여 500~550nm 부근에서 최대흡수를 갖는 색소가 용출되어 섬유에 흡착하여야 한다⁴⁸⁾. 즉 알리자린 구조 중의 카르보닐기와 수산기가 알루미늄 선매염으로 알루미늄 이온과 안정한 배위결합을 형성⁴⁹⁾하여 세 한지직물 모두 500nm에서 최대흡수를 나타내고 R계열로 염색되었음을 알 수 있다.

3.2 복합염색에 의한 염착량과 색 특성

3.2.1 쪽과 매리골드의 복합염색

Table 5는 담색, 중색, 그리고 농색 조건에서 쪽염색한 직물에 매리골드의 담색, 중색, 그리고 농색 조건으로 복합염색한 한지직물들의 염착량과 색 특성이다. 염착량의 경우, 세 직물 모두 담색으로 쪽염색한 시료에서는 매리골드 색소농도가 증가할수록 염착량이 증가한 반면, 중색과 농색으로 쪽염색한 시료들은 대부분 매리골드 색소농도가 증가하여도 염착량의 증가가 나타나지 않아 중색 이상의 쪽염색에서는 복합염색한 매리골드의 색소농도가 염착량에 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

CIELAB 색 특성의 경우, 세 한지직물 모두 담색, 중색, 농색으로 쪽염색 후 매리골드로 복합염색한 색상이 진해질수록 L* 값은 계속 감소하여 점차 어두워졌으며, 색차표지수 (-)a* 절대

값과 b*값은 점차 증가하여 녹색기운과 노랑기운이 더 가미된 색상으로 나타났다.

면셀색상의 경우, 담중농색으로 쪽염색한 모든 시료들의 색상이 매리골드 복합염색의 색상이 진해질수록 점차 쪽 단일염색의 남색계열에서 매리골드염색의 노란색이 가미된 색상으로 변화했다. 구체적으로 한지직물의 색상변화를 먼저 살펴보면, 담색으로 쪽염색(2.6PB) 후 매리골드로 복합염색한 한지직물은 매리골드의 색상이 진해질수록 점차 8.7BG(Blue Green, 청록), 1.2G(Green, 녹색), 그리고 5.8GY(Green Yellow, 연두)까지 변하여 남색계열의 색상에서 점차 녹색, 그리고 연두계열의 색상까지 발현되었다. 특히 매리골드 농색 조건에서는 660nm의 최대흡수파장이 노란색을 흡수하는 420nm까지 이동하였다. 중색으로 쪽염색(4.5PB) 후 매리골드의 담중농색으로 복합염색한 한지직물은 각각 1.2PB, 1.9B(Blue, 파랑), 8.5G 색상으로 발현되었다. 즉, 매리골드 담색에서는 매리골드의 색상이 연하여 쪽염색 색상인 PB계열에 변화가 없었으며 매리골드 중색과 농색 조건에서는 파랑기운을 띠는 색상에서 점차 녹색기운을 띠는 색상으로 바뀔 수 있다. 농색으로 쪽염색(5.8PB) 후 매리골드 복합염색한 한지직물은 각각 5.0PB, 1.2PB, 5.4B 색상으로 나타나 매리골드 색상이 진할수록 파랑기운이 더 많은 색상으로 발현되었으며 담색이나 중색으로 쪽염색한 시료들에 비해 색상의 변화 정도는 더 적었다.

다음으로 한지/면직물의 면셀색상을 살펴보면, 담색으로 쪽염색(4.3PB)한 시료들은 각각 3.2B, 2.5G, 6.1GY, 중색으로 쪽염색(5.4PB)한 시료들은 2.3PB, 4.4B, 6.6G, 그리고 농색으로 쪽염색(6.2PB)한 시료들은 5.8PB, 3.6PB, 6.8B 색상으로 발현되어, 담색으로 매리골드 복합염색한 경우를 제외하고는 모두

Table 5. Color properties of hanji fabrics dyed with combination dyeing of indigo and marigold according to the color strength




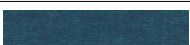








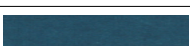


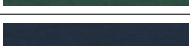

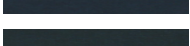
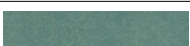





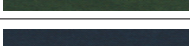
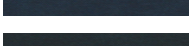
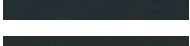
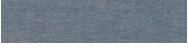
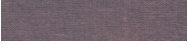
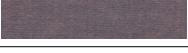


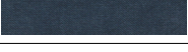
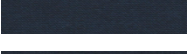
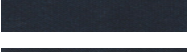
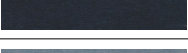
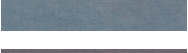
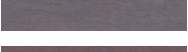
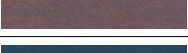
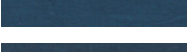
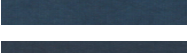
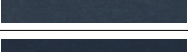



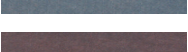
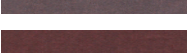

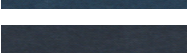
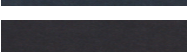
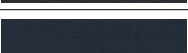
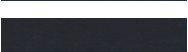

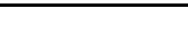
Fabrics	Color strength		K/S value	L*	a*	b*	ΔE^*	H V/C (λ_{max})	Sample
	Indigo	Marigold							
Hanji	Light	Light	2.90	55.29	-12.21	-3.78	39.01	8.7BG 5.3/2.7 (660)	
		Medium	3.20	51.82	-14.21	10.90	42.36	1.2G 5.0/3.2 (660)	
		Deep	6.73	51.11	-13.08	26.05	47.23	5.8GY 5.0/4.6 (420)	
	Medium	Light	11.84	33.68	-5.77	-14.91	60.50	1.2PB 3.2/3.6 (660)	
		Medium	12.77	31.94	-9.78	-6.21	61.32	1.9B 3.1/2.4 (660)	
		Deep	12.72	30.76	-12.14	2.73	60.51	8.5G 3.1/2.5 (660)	
	Deep	Light	20.24	22.06	-0.49	-14.22	71.62	5.0PB 2.1/3.3 (640)	
		Medium	20.26	21.19	-3.08	-8.08	71.60	1.2PB 2.0/2.0 (640)	
		Deep	20.89	20.61	-4.48	-4.43	71.66	5.4B 2.0/1.5 (640)	
Hanji /Cotton	Light	Light	2.50	57.38	-11.16	-6.46	37.30	3.2B 5.5/2.9 (660)	
		Medium	3.06	52.33	-13.85	8.53	40.77	2.5G 5.1/3.1 (660)	
		Deep	6.61	52.02	-13.97	25.91	56.26	6.1GY 5.1/4.6 (420)	
	Medium	Light	12.57	33.61	-5.18	-17.99	59.29	2.3PB 3.2/4.3 (660)	
		Medium	13.72	30.91	-9.33	-7.95	62.15	4.4B 3.0/2.6 (660)	
		Deep	12.18	32.35	-13.06	4.17	63.20	6.6G 3.1/2.7 (660)	
	Deep	Light	22.18	20.97	1.07	-16.70	71.22	5.8PB 2.0/3.9 (640)	
		Medium	22.57	20.28	-1.79	-11.31	71.75	3.6PB 1.9/2.7 (640)	
		Deep	22.06	20.16	-4.69	-5.34	72.25	6.8B 1.9/1.6 (640)	
Hanji /Silk	Light	Light	3.15	55.29	-12.21	-3.78	39.01	1.6BG 5.1/2.3 (660)	
		Medium	5.74	51.82	-14.21	10.90	42.36	7.2GY 4.6/3.6 (420)	
		Deep	14.05	51.11	-13.08	26.05	47.23	3.3GY 4.4/4.8 (420)	
	Medium	Light	12.91	33.68	-5.77	-14.91	60.50	0.8PB 2.9/3.1 (660)	
		Medium	12.20	31.94	-9.78	-6.21	61.32	2.9BG 2.9/2.2 (660)	
		Deep	13.31	30.76	-12.14	2.73	60.51	9.5GY 2.8/2.8 (420)	
	Deep	Light	19.01	22.06	-0.49	-14.22	71.62	5.0PB 2.1/2.9 (640)	
		Medium	19.86	21.19	-3.08	-8.08	71.60	8.8B 2.0/1.5 (640)	
		Deep	19.52	20.61	-4.48	-4.43	71.66	2.5BG 2.0/1.2 (640)	

Table 6. Color properties of hanji fabrics dyed with combination dyeing of indigo and madder according to the color strength

Fabrics	Color strength		K/S value	L*	a*	b*	ΔE^*	H V/C (λ_{max})	Sample
	Indigo	Madder							
Hanji	Light	Light	2.50	50.44	2.94	-10.58	44.12	8.3PB 4.9/2.7 (660)	
		Medium	3.03	44.82	8.44	-5.00	48.67	9.9P 4.4/2.3 (540)	
		Deep	3.34	43.92	9.50	-3.65	49.49	2.4RP 4.3/2.2 (520)	
	Medium	Light	12.44	30.64	-0.02	-18.53	65.30	5.2PB 2.9/4.1 (660)	
		Medium	12.47	29.57	1.04	-14.18	64.90	5.8PB 2.8/3.1 (660)	
		Deep	12.28	28.71	1.16	-12.87	65.35	5.9PB 2.8/2.7 (660)	
	Deep	Light	21.74	19.84	1.82	-13.80	74.17	6.3PB 1.9/3.1 (640)	
		Medium	21.40	19.86	1.58	-12.23	73.76	6.4PB 1.9/2.6 (640)	
		Deep	21.23	19.23	1.63	-9.93	73.89	6.5PB 1.8/2.1 (640)	
Hanji /Cotton	Light	Light	2.42	57.38	-11.16	-6.46	37.30	3.2B 5.5/2.9 (660)	
		Medium	2.54	47.51	8.09	-8.92	44.75	5.3P 4.6/2.8 (540)	
		Deep	3.73	42.79	11.58	-4.29	50.29	2.6RP 4.2/2.7 (520)	
	Medium	Light	13.38	31.59	-0.13	-21.40	61.38	5.3PB 3.0/4.9 (660)	
		Medium	12.27	30.59	1.40	-17.83	61.78	6.0PB 2.9/3.9 (660)	
		Deep	12.59	28.41	2.48	-13.81	63.57	6.8PB 2.7/3.0 (660)	
	Deep	Light	22.88	20.37	2.50	-17.16	71.86	6.4PB 1.9/3.9 (640)	
		Medium	22.71	19.40	2.38	-13.86	72.58	6.6PB 1.8/3.2 (640)	
		Deep	22.16	19.19	2.11	-11.36	72.71	6.8PB 1.8/2.5 (640)	
Hanji /Silk	Light	Light	3.10	48.25	1.47	-9.51	45.98	6.8PB 4.7/2.4 (660)	
		Medium	4.70	39.30	9.42	-1.56	52.59	5.4RP 3.8/1.9 (520)	
		Deep	9.99	31.60	16.32	4.05	60.61	3.0R 3.1/3.2 (500)	
	Medium	Light	12.43	29.91	-0.03	-17.09	65.77	5.3PB 2.9/3.8 (660)	
		Medium	12.54	26.51	2.53	-10.94	66.69	7.3PB 2.5/2.2 (660)	
		Deep	15.49	21.53	4.72	-5.21	70.03	5.7P 2.1/1.3 (540)	
	Deep	Light	20.24	20.06	2.29	-13.63	73.66	6.7PB 1.9/3.0 (640)	
		Medium	20.23	18.46	2.93	-9.23	73.89	8.2PB 1.8/1.9 (620)	
		Deep	21.81	17.17	3.03	-4.46	74.04	2.8P 1.7/1.0 (540)	

한지직물과 같은 계열의 색상을 보였다.

한지/견직물의 경우에는, 담색으로 쪽염색(2.7PB)한 시료들은 각각 1.6BG, 7.2GY, 3.3GY, 중색으로 쪽염색(4.6PB)한 시료들은 0.8PB, 2.9BG, 9.5GY, 그리고 농색으로 쪽염색(6.4PB)한 시료들은 5.0PB, 8.8B, 2.5BG 색상으로 발현되었다. GY계열을 보인 세 시료들은 최대흡수파장이 660nm에서 420nm로 이동하여 한지/견직물이 한지직물이나 한지/면직물에 비해 매리골드와의 복합염색으로 색상변화가 가장 크게 나타남을 알 수 있다. V값과 C값은 일반적으로 쪽염색의 색상과 매리골드의 색상이 진할수록 작은 값을 보였으나, 담색으로 쪽염색한 한지직물과 한지/면직물은 매리골드 복합염색의 색상이 진해질수록 C값이 계속 증가하여 더 선명한 색상으로 발현되었다.

전체적으로 살펴보면 쪽염색 후 매리골드 복합염색으로 한지직물은 PB, B, BG, G, GY, 한지/면직물은 PB, B, G, GY, 그리고 한지/견직물은 PB, B, BG, GY계열의 색상을 발현하였고, 매리골드 복합염색에 의한 노랑기운의 증가는 세 직물들 중 한지/견직물에서 그리고 세 직물 모두 담색의 쪽염색에서 가장 크게 나타남을 확인하였다.

3.2.2 쪽과 꼭두서니의 복합염색

Table 6은 담색, 중색, 그리고 농색 조건에서 쪽염색한 직물에 꼭두서니의 담색, 중색, 그리고 농색 조건으로 염색한 한지직물들의 염착량과 색 특성이다. 염착량의 경우, 한지/견직물에 담색과 중색으로 쪽염색 후 농색으로 꼭두서니염색한 경우에만 꼭두서니 복합염색에 의한 염착량 증가가 뚜렷하게 나타났으며, 이외의 경우에는 모두 쪽염색의 농도에 상관없이 꼭두서니의 색소농도 증가에 따른 염착량에는 큰 변화를 보이지 않았다. 쪽과 매리골드의 복합염색에서와는 달리 담색으로 쪽염색한 한지직물과 한지/면직물에서 꼭두서니 색소농도 증가에 따른 염착량 증가가 크지 않은 것은 꼭두서니 단일염색에서의 중색과 농색의 염착량 차이가 크지 않기 때문이다.

CIELAB 색 특성의 경우 한지직물과 한지/면직물의 경우에는 일반적으로 담색, 중색, 그리고 농색의 쪽염색 후 복합염색한 꼭두서니의 색상이 진해질수록 L*값은 감소하였으며, a*값은 증가하고 (-)b* 절대값은 점차 감소하여 빨강기운은 증가하면서 파랑기운이 감소하는 특성을 보였다. 특히 담색으로 쪽염색 후 꼭두서니염색한 시료들의 a*값과 b*값의 변화가 가장 컸으며,

농색으로 쪽염색한 시료들은 꼭두서니 색상이 농색으로 갈수록 오히려 a*값이 다소 감소하여 꼭두서니 복합염색 효과가 더 적게 나타났다. 한지/견직물의 경우에는 담중농색으로 쪽염색한 시료 모두 꼭두서니 색상이 진해질수록 L*값은 감소하였고, a*값은 증가하고 (-)b* 절대값은 감소하여 빨강기운은 증가하면서 파랑기운은 감소하는 경향을 보였다.

면셀색상의 경우 먼저 한지직물의 경우를 살펴보면, 담색으로 쪽염색한 한지직물(2.6PB)은 담중농색의 꼭두서니 복합염색으로 각각 8.3PB, 9.9P(Purple, 보라), 2.4RP(Red Purple, 자주), 중색의 한지직물은 4.5PB에서 5.2PB, 5.8PB, 5.9PB로, 그리고 농색의 한지직물은 5.8PB에서 6.3PB, 6.4PB, 6.5PB로 각각 발현되었다. 즉, 담중농색으로 쪽염색한 시료들의 색상이 모두 꼭두서니 복합염색의 색상이 진해질수록 점차 쪽 단일염색의 남색계열에서 꼭두서니 단일염색의 빨간색이 가미된 색상으로 점차 변화였다. 특히 담색으로 쪽염색한 시료들에서 P계열과 RP계열로 색상변화가 크게 나타났고 이외의 조건에서의 색상변화는 미비하였다. 한지/면직물의 경우에도 담색으로 쪽염색한 시료들에서 꼭두서니 복합염색에 의한 색상변화가 3.2B, 5.3P, 2.6RP로 컸고 중색과 농색으로 쪽염색한 시료들의 면셀색상은 한지직물과 유사한 경향으로 꼭두서니 색상이 진해질수록 보라기운이 조금씩 더 가미된 PB계열로 발현되었다. 한지/견직물에서 담색으로 쪽염색(2.7PB)한 시료들은 각각 6.8PB, 5.4RP, 3.0R, 중색으로 쪽염색(4.6PB)한 시료들은 5.3PB, 7.3PB, 5.7P, 그리고 농색으로 쪽염색(6.4PB)한 시료들은 6.7PB, 8.2PB, 2.8P 색상으로 발현되었다. P계열 색상들은 최대흡수파장이 540nm, RP계열 색상은 520nm, 그리고 R계열의 색상은 500nm로 이동하여 매리골드와의 복합염색에서처럼 한지/견직물의 색상변화가 세 직물들 중 가장 크게 나타났다.

전체적으로 쪽염색 후 꼭두서니 복합염색으로 한지직물은 PB, P, RP, 한지/면직물은 PB, B, P, RP, 그리고 한지/견직물은 PB, P, RP, R계열의 색상을 발현하였고, 꼭두서니 복합염색에 의한 빨강기운의 증가는 세 직물들 중 한지/견직물에서 그리고 세 직물 모두 담색의 쪽염색에서 가장 크게 나타났다.

3.2.3 쪽과 매리골드, 꼭두서니의 복합염색

Table 7은 각각의 농색에서 복합염색으로 얻은 색 특성이다. 쪽염색 후 매리골드염색을 하고 꼭두서니염색을 하였다. 한지

Table 7. Color properties of hanji fabrics dyed with combination dyeing of indigo, marigold, and madder according to the color strength

Fabrics	K/S value	L*	a*	b*	ΔE*	H V/C (λ _{max})	Sample
Hanji	20.02	19.32	0.50	-8.15	73.43	5.6PB 1.8/1.7 (640)	
Hanji/Cotton	21.95	18.61	0.86	-8.26	73.54	6.1PB 1.8/1.7 (640)	
Hanji/Silk	20.20	17.85	1.70	-3.72	73.33	0.3P 1.7/0.8 (540)	

Table 8. Colorfastness of hanji fabrics dyed with combination dyeing of indigo and marigold according to the color strength

Fabrics	Color strength		Washing			Dry cleaning			Rubbing		Irradiation (20hr)
	Indigo	Marigold	Color change	Stain		Color change	Stain		Dry	Wet	
				Cotton	Silk		Cotton	Silk			
Hanji	Light	Light	4	5	5	5	5	5	5	4-5	3-4
		Medium	4	5	4-5	5	5	5	4-5	4-5	4
		Deep	4	5	4-5	4-5	5	5	4-5	4-5	4-5
	Medium	Light	5	5	5	5	5	5	4-5	4	4
		Medium	4	5	4-5	5	5	5	4-5	4	4
		Deep	4	5	4-5	5	5	5	4-5	4	4-5
	Deep	Light	5	5	5	5	5	5	4	3-4	4-5
		Medium	4-5	5	4-5	5	5	5	4	3-4	4-5
		Deep	4-5	5	4-5	5	5	5	4	3	4-5
Hanji /Cotton	Light	Light	4	5	5	5	5	5	5	4-5	3
		Medium	4	5	4-5	5	5	5	4-5	4-5	4
		Deep	4	5	4-5	4-5	5	5	4-5	4-5	4-5
	Medium	Light	5	5	5	5	5	5	4-5	4	4
		Medium	4	5	4-5	5	5	5	4-5	4	4
		Deep	4	5	4-5	5	5	5	4-5	4	4-5
	Deep	Light	5	5	5	5	5	5	4	3-4	4-5
		Medium	4-5	5	4-5	5	5	5	4	3-4	4-5
		Deep	4-5	5	4-5	5	5	5	4	3	4-5
Hanji /Silk	Light	Light	4-5	5	5	5	5	5	4-5	4-5	3-4
		Medium	4-5	5	4-5	5	5	5	4-5	4-5	4
		Deep	4-5	5	4-5	4-5	5	5	4-5	4-5	4
	Medium	Light	4-5	5	5	4-5	5	5	4-5	4	4
		Medium	4-5	5	4-5	5	5	5	4-5	4	4
		Deep	4-5	5	4-5	5	5	5	4-5	4	4
	Deep	Light	4-5	5	5	4-5	5	5	4	3-4	4-5
		Medium	4-5	5	4-5	5	5	5	4	3	4-5
		Deep	4-5	5	4-5	5	5	5	4	3	4-5

직물이나 한지/면직물에 비해 한지/견직물이 빨강기운이 더 강하고 파랑기운이 더 적은 색 특성을 보였으며, 면셀색상은 한지직물과 한지/면직물은 PB계열을 한지/견직물은 P계열을 나타내었다.

Table 5의 농색으로 쪽염색 후 농색으로 매리골드 복합염색한 시료와 비교해 보면 쪽두서니염색에 의한 빨강기운의 첨가

로 한지직물과 한지/면직물은 B계열에서 PB계열로, 한지/견직물은 BG계열에서 P계열로 발전되었음을 알 수 있다. 또한 Table 6의 농색으로 쪽염색 후 농색으로 쪽두서니 복합염색한 시료의 a*와 b*, 그리고 면셀색상을 비교해 보면 색상계열은 같으나 매리골드염색의 영향으로 빨강기운과 파랑기운이 더 적은 색 특성을 보였다.

Table 9. Colorfastness of hanji fabrics dyed with combination dyeing of indigo and madder according to the color strength

Fabrics	Color strength		Washing			Dry cleaning			Rubbing		Irradiation (20hr)
	Indigo	Madder	Color change	Stain		Color change	Stain		Dry	Wet	
				Cotton	Silk		Cotton	Silk			
Hanji		Light	4-5	5	5	4	5	5	5	4-5	4
	Light	Medium	4	5	4-5	5	5	5	4-5	4	4
		Deep	4	4	4	5	5	5	4-5	4	4-5
		Light	4-5	5	5	5	5	5	4-5	4-5	4
	Medium	Medium	4-5	5	4-5	5	5	5	4-5	4	4-5
		Deep	4	4	4	5	5	5	4-5	4	4-5
		Light	5	4-5	4-5	5	5	5	4-5	4	4
	Deep	Medium	4-5	4-5	4-5	5	5	5	4-5	3-4	4-5
		Deep	4-5	4	4	5	5	5	4-5	3-4	4-5
Hanji /Cotton		Light	4-5	5	5	4	5	5	4-5	4-5	3
	Light	Medium	4-5	5	4-5	5	5	5	4-5	4	3-4
		Deep	4	4	4	5	5	5	4-5	4	4
		Light	4-5	5	5	4-5	5	5	4-5	4-5	4
	Medium	Medium	4-5	5	4-5	5	5	5	4-5	4	4
		Deep	4	4	4	5	5	5	4-5	4	4
		Light	4-5	4-5	4-5	5	5	5	4-5	4	4-5
	Deep	Medium	4-5	4	4	5	5	5	4-5	3-4	4-5
		Deep	4-5	3-4	3-4	5	5	5	4-5	3-4	4-5
Hanji /Silk		Light	5	5	4	4	5	5	4-5	4-5	3
	Light	Medium	4-5	5	4-5	4-5	5	5	4-5	4	4
		Deep	4	4	4	4-5	5	5	4-5	4	4
		Light	5	5	4	4-5	5	5	4-5	4	3-4
	Medium	Medium	4-5	5	4-5	4-5	5	5	4-5	4	4
		Deep	4-5	3-4	3-4	5	5	5	4-5	4	4-5
		Light	5	4-5	4-5	5	5	5	4-5	3-4	4-5
	Deep	Medium	4-5	4-5	4-5	5	5	5	4-5	3-4	4-5
		Deep	4-5	3-4	3-4	5	5	5	4-5	3-4	4-5

심색은 깊은 느낌을 주는 진한 색조를 위해 한국 전통색에서는 다른 색과의 관계에서 상대적으로 검게 보이는 흑색범주의 색을 의미한다²⁷⁾. 심색에 관한 선행연구^{27,50)}에 비추어보아 농색의 쪽염색과 매리골드 그리고 꼭두서니의 복합염색으로 K/S값 20이상, L*값 20이하, 먼셀의 V값과 C값이 모두 2.0이하인 심색이 발현되었음을 알 수 있다.

3.3 염색견뢰도

Table 8 ~ Table 10에 복합염색한 식물들의 염색견뢰도를 제시하였다. 쪽과 매리골드로 복합염색한 식물들의 경우(Table 8), 색의 농담이나 한지직물의 종류에 상관없이 세탁견뢰도는 4 ~ 5등급, 드라이클리닝견뢰도는 4-5 ~ 5등급, 건조시 마찰견뢰

Table 10. Colorfastness of hanji fabrics dyed with combination dyeing of indigo, marigold, and madder

Fabrics	Washing			Dry cleaning			Rubbing		Irradiation (20hr)
	Color change	Stain		Color change	Stain		Dry	Wet	
		Cotton	Silk		Cotton	Silk			
Hanji	4-5	4	4	5	5	5	4-5	4	4-5
Hanji/Cotton	4-5	4	4	5	5	5	4-5	4	4-5
Hanji/Silk	4-5	4	4	5	5	5	4-5	4	4-5

도는 4~5등급으로 우수하였으며, 습윤시 마찰견뢰도는 농색으로 쪽염색 후 매리골드염색한 시료들의 등급이 3~3-4로 비교적 낮았고 이외에는 모두 4등급 이상이었다. 일광견뢰도는 담색으로 쪽염색 후 담색으로 매리골드염색한 경우가 3~3-4등급으로 낮은 반면, 이외의 시료들은 4~4-5등급으로 좋았다.

쪽과 쪽두서니로 복합염색한 직물들의 염색견뢰도(Table 9)에서 세탁견뢰도는 한지/면직물과 한지/견직물은 농색으로 쪽염색 후 농색으로 쪽두서니염색한 경우만 오염이 3~4등급으로 낮게 나타났고 이외에는 모두 4등급 이상이었다. 드라이클리닝 견뢰도는 모두 4등급 이상이었으며, 특히 한지직물은 대부분 5등급으로 가장 우수하였다. 건조시 마찰견뢰도는 4~5등급 이상이었으며, 습윤시 마찰견뢰도도 농색으로 쪽염색 후 쪽두서니염색한 시료들(3~4등급) 이외에는 4~4-5등급으로 좋았다. 일광견뢰도는 한지직물은 모두 4~4-5등급, 한지/면직물과 한지/견직물은 쪽 담색 후 쪽두서니 담색으로 염색한 경우(3~3-4등급)를 제외하고는 모두 4~4-5등급으로 우수하였다.

쪽, 매리골드, 그리고 쪽두서니 농색으로 복합염색한 직물들의 염색견뢰도(Table 10)는 모두 4등급 이상으로 우수하였다. 세 직물 모두 Table 6의 농색으로 쪽염색 후 농색으로 쪽두서니염색한 시료들의 색상과는 큰 차이가 없으나 염색견뢰도 측면에서는 한지/면직물과 한지/견직물의 세탁시 오염등급과 습윤시 마찰견뢰도 등급이 모두 0.5등급씩 상승하여 복합염색에 의한 견뢰도 증진효과를 볼 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 한지직물의 다양한 색상 발현을 위해 섬유조성을 달리한 3종의 한지직물에 쪽(니람), 매리골드 추출색소, 쪽두서니 추출색소를 사용하여 단일염색과 복합염색을 행하였다.

쪽염색은 바이오 촉매로서 효모를 사용하여 경과일에 따른 반복염색으로 담색, 중색, 농색의 시료를 얻었으며, 매리골드와

쪽두서니염색은 최적 염색 온도와 시간에서 담중농색의 색소농도를 설정하여 각 조건에서 복합염색을 하였다. 염색 시료들의 염착량과 색 특성을 측정하였으며, 실용성 검토를 위한 염색견뢰도를 평가하였다.

쪽염색에서는 한지직물 종류에 따른 염착량에 큰 차이를 보이지 않은 반면, 매리골드와 쪽두서니염색에서는 한지/견직물의 염착량이 다른 두 직물에 비해 더 크게 나타났다. 매리골드와 쪽두서니염색의 최적 염색 온도와 시간은 모두 60°C, 60분으로 설정하였으며, 매리골드염색의 담색은 색소농도 0.2%, 중색은 1.0%, 농색은 5.0%에서, 쪽두서니염색은 각각 0.02%, 0.1%, 그리고 1.0%에서 얻어졌다. 각각의 단일염색에서 얻어진 담색, 중색, 농색의 색상들은 한지직물 종류에 상관없이 모두 쪽염색은 P계열, 매리골드염색은 Y계열, 그리고 쪽두서니염색은 R계열로 나타났다.

쪽과 매리골드의 복합염색으로는 한지직물은 PB, B, BG, G, GY, 한지/면직물은 PB, B, G, GY, 그리고 한지/견직물은 PB, B, BG, GY계열의 색상이 발현되었고, 쪽과 쪽두서니 복합염색으로 한지직물은 PB, P, RP, 한지/면직물은 PB, B, P, RP, 그리고 한지/견직물은 PB, P, RP, R계열의 색상을 발현하였다. 복합염색에 의한 색상변화는 세 직물들 중에서는 한지/견직물에서 그리고 세 직물 모두 담색의 쪽염색에서 가장 크게 나타났다. 그리고 쪽과 매리골드, 쪽두서니의 복합염색에서는 심색의 P계열(한지직물, 한지/면직물)과 P계열(한지/견직물) 색상이 발현되었으며 세탁, 드라이클리닝, 마찰, 일광견뢰도가 모두 4등급 이상으로 염색견뢰도가 우수하였다.

전체적으로 쪽염색, 매리골드염색, 쪽두서니염색, 그리고 쪽과의 복합염색으로 먼셀 10색상 중 YR(Yellow Red, 주황)계열을 제외한 9계열 색상 및 심색이 발현되어 견뢰도가 우수한 한지직물의 색채공간의 확장을 확인하였다. YR계열 색상은 추후 매리골드와 쪽두서니의 복합염색으로 얻고자 한다.

이와 같은 쪽, 매리골드, 쪽두서니의 색의 농담에 따른 복합염색은 전통문화가 배어있는 한지직물을 활용한 제품의 색상 다양성을 부여하여 국제적으로 경쟁력 있는 지속가능한 고부가가치 소재로의 용도 확대에 기여할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구결과입니다(NRF-2020S1A5B5A17091844).

References

1. J. A. Choe, Post-COVID-19, Textile Trends and Prospects According to Consumption Trend Changes, *Journal of Basic Design and Art*, **23**(2), 425(2022).
2. E. H. Cheon and S. Y. Kim, Trend Analysis on Sustainable Fiber Materials: Focused on the Use of Alternative Materials, *Journal of Basic Design and Art*, **21**(5), 589(2020).
3. S. J. Kim, A Study on the Commercial Potential of Natural Dyeing of Functional Lyocell Containing Zinc Oxide, *Journal of Fashion Business*, **26**(4), 100(2022).
4. M. K. Han and E. H. Park, A Study on Development of Casual Hanbok Design Made of Hanji Yarn Textiles for the New Silver Generation Woman, *Fashion and Textile Research Journal*, **10**(5), 702(2008).
5. M. J. Kwon and K. W. Yu, A Study on the Fashion Design of Hanji(Korean Traditional Paper) Textile Using the Formative Features of Scallop, *Journal of the Korea Fashion and Costume Design Association*, **13**(3), 149(2011).
6. S. H. Beom, H. O. Lee, and Y. M. Shon, A Study on the Development of Uniform Design by Using the Hanji Thread Fabric: Focusing on the Music Hall Uniform, *Fashion and Textile Research Journal*, **12**(2), 149(2010).
7. H. R. Jeon, H. J. Kwon, T. Y. Park, S. K. Kwon, and S. Y. Ko, Development and Vitalization of K-Fashion Design with the Use of Hanji and Hanji Fabric, Proceedings of the Korean Society of Knit Design Conference, Seoul, pp.79-81, 2017.
8. M. O. Park and S. L. Yoon, Properties of Natural Dyeing of Bast Fiber (Part 1): Properties of Dye and Extraction Condition of Sappan Wood, Gardenia and Gallnut, *Journal of Korea TAPPI*, **41**(3), 49(2009).
9. M. O. Park and S. L. Yoon, Properties of Natural Dyeing of Bast Fiber (Part 3): Combination Dyeing of Gallnut-sappan Wood and Gardenia, *Journal of Korea TAPPI*, **43**(1), 1(2011).
10. C. Jeon and Y. M. Jin, Studies on the Dyeing of Hanji by Natural Dye-stuffs (I): With a Focus on the Color Tone of Yellow Color Series, *Journal of Korea TAPPI*, **32**(3), 48(2000).
11. S. K. Oh, Dyeing and Color Fastness Characteristics of Natural Dyed Korean Traditional Paper (Hanji), M.S. Thesis, Chungbuk University, 2009.
12. H. M. Jang, H. J. Nam, I. H. Go, and T. H. Choi, Manufacture of Colored Hanji for Interior Materials from Natural Pigments (Part 1): Manufacture of Super Eight Colors Changhoji, *Journal of Korea TAPPI*, **43**(1), 36(2011).
13. T. H. Choi, Natural Dyeing Characteristics of Korean Traditional Paper, *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, **34**(3), 90(2006).
14. J. S. Jung, Making Culture Products using Hanji-fabric Natural Dyeing, *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, **5**(4), 23(2019).
15. C. Jeon, Studies on the Dyeing of Hanji by Natural Dye-stuffs (II): With a Focus on the Onion-peelings, *Journal of Korea TAPPI*, **35**(1), 48(2003).
16. S. M. Ko and S. Y. Kim, Study about the Characteristics of Hanji and Washi through the Analysis of Dye, Extracted from the Peel of an Onion: Focused on Oeabal Process in Traditional Korean Way and Ssangbal Process in Traditional Japanese Way, *Journal of Korea Design Forum*, **60**, 109(2018).
17. H. R. Woo, Physical Specifications and Functionality Regarding Natural Indigo Dyeing on Hanji Fabrics, Ph.D. Thesis, KunKuk University, 2010.
18. M. J. Choi and R. J. Young, Development of Modular Textile Products Using Eco-friendly Materials: Focusing on Natural Indigo Dyed Hanji Leather, *Journal of Basic Design and Art*, **22**(4), 435(2021).
19. J. K. Roh, H. J. Jo, H. W. Lee, and O. K. Lee, Traditional Dyeing Properties of Hanji with *Persicaria Tinctoria* (Aiton) Spach for Reproduction of Gamji, *Journal of Agriculture and Life Science*, **56**(6), 37(2022).
20. S. H. Lee, S. I. Yoo, M. G. Choi, S. Sin, and T. H. Choi, 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(2009).
21. C. Jeon, Y. H. Ahn, and H. J. Jeon, Studies on the Dyeing of Hanji by Natural Dyestuffs (III): With a Focus on the Mugwort, *Journal of Korea TAPPI*, **38**(3), 61(2006).
22. T. H. Choi, S. I. Yoo, S. H. Lee, H. W. Jeong, and E. J. Yang, Natural Dyeing of Hanji with *Alnus japonica* Fruit Extractive, *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, **37**(4), 414(2009).
23. T. H. Choi, Natural Dyeing Characteristics of Korean Traditional Paper, *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, **34**(3), 90(2006).
24. S. H. Kim, The Change of Comfort Properties of Cotton and Hanjee Fabrics with Natural Dyeing and Functional Mineral Treatment, *Fashion and Textile Research Journal*, **12**(2), 219(2010).

25. Y. M. Kim, A Study on Combination Dyeing of Green Natural Dyes, M.S. Thesis, Hongik University, 2010.
26. J. D. Shin, Y. W. Kim, and J. M. Choi, Effects of Colorimetric Properties and Color Sensibility Factors on Color Preferences for Green Yellow Natural Dyed Silk Fabrics: Focused on Combination Dyeing with Indigo and Japanese Pagoda Tree, *Science of Emotion and Sensibility*, **21**(1), 143(2018).
27. M. K. Kim and T. M. Kim, A Study of Complex Dyeing using Natural Dyestuffs: Focus on Cellulose Fiber, *The Research Journal of the Costume Culture*, **24**(4), 431(2016).
28. M. N. You and E. K. Roh, A Preliminary Study on Natural Dyeing by the Delphi Method (Part III): Developing Valuation of Natural Dyes, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **30**(5), 733(2006).
29. J. S. Jung, Making Culture Products using Hanji-fabric Natural Dyeing, *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, **5**(4), 23(2019).
30. K. Son, Natural Indigo Dyeing of Hanji Fabric using Baker's Yeast: Effect of Yeast Concentration and Repeat Dyeing, *Textile Coloration and Finishing*, **33**(4), 191(2021).
31. G. Lee and Y. Shin, Eco-friendly Leather Dyeing Using Biomass Wastes (III): Imparting Functionality by Combination Dyeing with Marigold(*Tagetes erecta L.*) and Hinoki Cypress (*Chamaecyparis obtusa*) Leaf Extracts, *Textile Coloration and Finishing*, **31**(1), 1(2019).
32. B. G. Heo, H. G. Jang, S. H. Kim, W. N. Hou, J. Y. Cho, and Y. J. Park, Effects of Dyeing Conditions of Natural Colorants from Disused Marigold Plants on Dyeability of Silk Fabrics, *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, **22**(3), 364(2004).
33. K. S. Kim and D. W. Jeon, Effect of Absorbed Metal Ion Concentration by After-treated Mordanting on the Color and Fastness in Human Hair and Wool Fiber Dyed with African Marigold Petals Extract, *Journal of Fashion Business*, **10**(5), 45(2006).
34. K. S. Kim and D. W. Jeon, Effect of Dyeing Bath, Mordanting and Chitosan Treatment on the Dyeing of Natural Proteinic Fabrics Using African Marigold (*Tagetes erecta L.*) Petals Extract, *Journal of Fashion Business*, **11**(2), 92(2007).
35. K. R. Cho, "Natural Dye, Dyeing Dictionary", Bokwang Publisher, Busan, pp.58-60, 2001.
36. J. N. Lee, "Natural Dyeing That We Really Need to Know", Hyeonamsa, Seoul, pp.400-404, 2004.
37. <http://www.naju1000.co.kr/main/index>, 2023. 04. 27.
38. <http://www.naturaldyeing.kr/>, 2023. 04. 27.
39. K. Son and Y. Shin, Eco-friendly Indigo Dyeing using Baker's Yeast: Reducing Power according to Alkaline Solution Type, *Textile Coloration and Finishing*, **31**(4), 249 (2019).
40. J. N. Eppers and M. Hou, Equilibrium Sorption Isotherms of Indigo on Cotton Denim Yarn: Effect of pH, *Textile Research Journal*, **61**(12), 773(1991).
41. J. Y. Kang and H. S. Ryu, Natural Indigo Dyeing on Wool Fibers (I), *Textile Coloration and Finishing*, **13**(4), 241 (2001).
42. K. Son, Y. Shin, and D. I. Yoo, Natural Indigo Dyeing of Wool by the One Step Reduction/Dyeing Method, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **34**(3), 508 (2010).
43. N. S. Kim, "Dyeing Chemistry", Kyomunsa, Seoul, p.311, 1996.
44. S. K. Bai, The Dyeability of *Tagetes patula L.* on the Cotton Fabric, *Journal of Korean Traditional Costume*, **8**(2), 19(2005).
45. K. S. Kim, D. W. Jeon, and J. J. Kim, Effect of Dyeing Bath, Mordant and Chitosan Treatment on the Dyeing of Natural Cellulose Fabrics Using African Marigold (*Tagetes erecta L.*) Petals Extract, *Journal of Fashion Business*, **11**(1), 136(2007).
46. Y. Shin and A. Cho, Natural Dyeing using the Colorants Extracted from American Fleabane (Part II): Dyeing Properties on Cotton, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **28**(12), 1625(2004).
47. S. Kim, A Study on the Natural Dyeing of *Crataegi fructus* Extracts, *Journal of Fashion Business*, **23**(4), 100(2019).
48. K. R. Cho, "Natural Dyeing Research", Hyungseol Publisher, Seoul, pp.297-298, 2010.
49. Y. J. Chu, The Study on the Dyeing Properties of *Rubia akane Nakai*, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **26**(9/10), 1301(2002).
50. M. K. Kim and T. M. Kim, A Study on the Deep Color for the Wool Fabrics Dyeing using Natural Dyestuffs, *The Research Journal of the Costume Culture*, **28**(5), 669(2020).

Authors

손경희 순천대학교 패션디자인학과 교수