

어성초 추출색소를 이용한 친환경 염색: 양모직물의 염색성과 기능성을 중심으로

Eco-friendly Dyeing using *Houttuynia cordata* Extract: Dyeability and Functionality of Wool Fabrics

*Corresponding author

Kyunghee Son
(sonkh0704@naver.com)

손경희*
전남대학교 의류학과

Kyunghee Son*

Department of Clothing and Textiles/Human Ecology Research Institute, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Received_February 19, 2020

Revised_March 09, 2020

Accepted_March 15, 2020

Abstract The objective was to study the efficiency of *Houttuynia cordata* extract colorants as eco-friendly and functional dye for wool fabric. Effects of dyeing conditions and mordanting on dye uptake, color change, and colorfastness were investigated. Also, antimicrobial activity and deodorization performance were evaluated. The *Houttuynia cordata* colorants showed good affinity to wool fabric and produced YR Munsell color. The optimum condition of dyeing was 2.0% of colorants concentration(o.w.b.) at 100°C for 60 minutes under pH 5.3. Regardless of the mordant type and mordanting method, mordants improved dye uptake and the increase in dye uptake by Fe mordant was higher than that of Al mordant. Al post-mordanting and Fe mordanting changed the color of dyed fabric with Y Munsell color. The colorfastness of un-mordanted and Al post-mordanted fabrics were excellent above grade 4. Bacteria reduction rate(*Staphylococcus aureus*) of wool fabric dyed with *Houttuynia cordata* colorants was excellent at 98.2%. Also, the deodorization was good at 81%. The results show *Houttuynia cordata* colorants can be used as a functional natural dye for wool fabric.

Textile Coloration and Finishing

TCF 32-1/2020-3/1-8

© 2020 The Korean Society of Dyers and Finishers

Keywords *Houttuynia cordata*, wool, mordant, dyeability, antimicrobial activity, deodorization

1. 서 론

21세기는 녹색 생산과 녹색 소비를 지향하는 시대로 소비자들은 건강과 환경에 부담을 최소화한 자연친화적인 천연소재 제품에 관심을 지니게 되었다¹⁾. 이에 자연에서 얻은 염료를 이용하여 인체에 해가 없고 친환경적이면서도 자연스런 색감을 부여하는 천연염색은 친환경에 부합하는 하나의 사회적 트렌드로 자리 잡아 가고 있다. 전통의학에서 약재로 사용하는 재료를 염색에 사용하는 경우에는 그 특성에 따라서 항균성, 자외

선차단, 원적외선 등의 기능성이 부여되어 기능성 섬유제품 소재로서 용도 확대가 가능하다. 이에 다양한 약리활성을 지닌 천연염료의 활용이 꾸준히 주목받고 있다²⁻⁴⁾.

어성초(*Houttuynia cordata*)는 삼백초과(Saururaceae)에 속하는 다년생 초본으로 잎에서 비린내가 난다고 하여 붙여진 이름이며 약모밀, 중약초, 즈채라고도 한다. 주로 음식에서 왕성하게 번식하여 주위에서 쉽게 구할 수 있으므로 재료의 사용이 용이하다. 항염증, 항균, 항산화 및 다양한 면역조절 효과를 지닌 동아시아 지역의 전통적인 약용식물로⁵⁻⁹⁾, 최근에는 건강 증진 관련 식품산업이나 아토피피부염 치료를 위한 목욕용품,

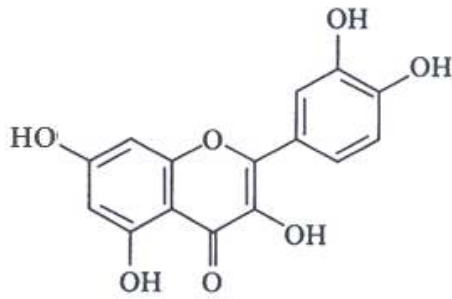


Figure 1. Chemical structure of quercetin.

화장품 등의 산업에도 널리 활용되고 있다⁸⁻¹⁰. 어성초의 생리 활성 기능은 주요 생리활성물질인 퀘르세틴(quercetin)에 의한 것으로 보고되었다^{10,11}. 또한 퀘르세틴은 황색이나 적황색의 색상발현이 가능하도록 하는 천연색소 성분으로^{12,13}, 화학구조는 Figure 1과 같다. 어성초 추출물을 이용한 섬유제품 염색은 기능성 의류소재 개발로서 이용가치가 매우 클 것이다.

어성초 추출물을 이용하여 염색한 선행연구로는 면섬유와 견섬유에 대한 어성초 추출물의 염색성과 항균성을 검토한 것^{14,15}과 에탄올 추출에 의한 견섬유의 염색성에 대한 연구¹⁶, 그리고 모발염색의 직접 적용은 아니지만, 모발염색제 성분에 대한 어성초 추출물의 항산화 및 미백효과를 살펴본 연구¹⁷가 있다. 아직까지 어성초 추출물을 이용하여 모섬유 염색을 검토한 연구는 없는 실정이다.

본 연구에서는 어성초 추출물에 대한 모직물의 염색성과 기능성을 조사하여 유용한 천연색소로서의 활용 가능성을 확대하고자 하였다. 어성초로부터 색소를 열수 추출 및 분말화하여 사용하였다. 색소농도, 염색온도와 시간, 그리고 염액 pH 등의 염색조건에 따른 염착량과 색상의 변화, 그리고 매염이 염착량과 색상에 미치는 영향을 조사하였다. 다양한 염색건뢰도를 평가하여 실용성을 검토하였으며, 항균성 및 소취성을 측정하여 어성초 추출물로 염색한 모직물의 기능성을 살펴보았다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

염색에 사용한 시료는 100% 모직물로 표준시험포를 사용하였으며, Table 1에 그 특징을 나타내었다. 염재로 사용한 어성초는 자연초(www.jherb.com)에서 건초를 구입하여 사용하였다. 매염제로는 aluminium ammonium sulfate ($Al_2(SO_4)_3(NH_4)_2 \cdot 24H_2O$)와 ferric sulfate heptahydrate ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)를 사용하였으며, pH 조절에는 sodium hydroxide(NaOH, Duksan Pure Chemicals, Korea)와 acetic acid(CH_3COOH , Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd, Korea)을 사용하였다. 시약은 모두 1급을 사용하였다.

Table 1. Characteristics of the wool fabrics used

Weave	Density (w×f/5cm ²)	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)
Plain	142×136	102	0.25

2.2 색소추출 및 분말화

잘게 분쇄한 어성초 50g에 증류수 1500mL를 가하여 100°C에서 60분간 색소를 추출하였다. 추출액은 G5 glass filter로 필터링한 후 60°C 열풍건조기에서 휘발 건조하고 분말로 만들었다. 추출한 염액의 pH는 5.3이었고, 색소 수율은 약 23%였다. 수율은 얻어진 색소분말 무게를 추출에 사용한 어성초 무게에 대한 백분율(%)로 계산하였다.

2.3 염색 및 매염처리

염색은 액비 1:50에서 색소농도 0.2~5.0%(o.w.b.), 온도 40~120°C, 시간 30~150분, 그리고 염액의 pH를 3.0~11.0으로 변화시키면서 적외선 고압염색기(Ahiba Nuance, Detac Color International Inc., USA)를 사용하여 염색하였다. 매염은 고압염색기(Ahiba Nuance, USA)를 사용하여 매염제 농도 1.0%(o.w.f.), 60°C, 30분, 그리고 액비 1:50에서 선매염(매염-수세-건조-염색-수세-건조), 동시매염(염색&매염-수세-건조), 그리고 후매염(염색-수세-건조-매염-수세-건조)으로 하였다.

2.4 염착량 및 색 특성 측정

염색한 직물은 D65 광원, 10°시야 조건에서 색차계(Color-eye 3100, Macbeth, USA)를 사용하여 시료의 최대흡수파장(λ_{max} , 400nm)에서 얻은 K/S 값을 염착량으로 평가하였다.

시료의 색 특성은 CIELAB 표색계에 의한 명도지수 L^* 와 색좌표지수 a^* (redness-greenness), b^* (yellowness-blueness), 그리고 먼셀(Munsell)의 색상(Hue), 명도(Value), 채도(Chroma)인 H V/C 값을 측정하였다.

2.5 염색건뢰도 평가

세탁건뢰도와 드라이클리닝건뢰도는 세탁기시험기(Laundry-O-Meter, Hanwon Soway Co., Ltd, Korea)를 사용하여 시험하였다. 세탁건뢰도는 AATCC Test Method 61-1989 1A에 따라 40°C에서 45분간 세탁하였으며, 세제는 표준 세제 대신 시판 중성 세제를 사용하였다. 드라이클리닝건뢰도는 AATCC Test Method 132-1989 1A에 따라 퍼클로로에틸렌 200mL로 30°C에서 30분간 행하였다. 땀건뢰도는 AATCC 15에 따라 산성 및 알칼리성 인공 땀액에 각각 30분간 침지한 후 땀건뢰도 시험기(HS-255, Hanwon Soway Co., Ltd, Korea)에 장착하여 38±1°C에서 6시간 유지 시켰다. 각 건뢰도 등급은 변퇴색 판정용 그레이 스케일(gray scale)과 오염 판정용 스케일(chromatic transference scale)로 평가하였다.

마찰견뢰도는 마찰견뢰도시험기(Crockmeter, Daclim Engineering, DL-2007, Korea)를 사용하여 AATCC Test Method 8-1989에 따라 건조 및 습윤상태에서 10초에 10회(하중 900g/1.5φ cm) 마찰시킨 후 오염판정용 스케일을 사용하여 평가하였다.

일광견뢰도는 AATCC Test Method 16-2004 Option 3에 준하여 Xenon Test Chamber(Q-SUN, Xe-1-B, Q-panel la b Products, USA)를 사용하여 5, 10, 20, 그리고 40시간 광조사 후 광조사하지 않은 시료와의 색차(ΔE, Color-eye 3100, Macbeth, USA)로 평가하였다.

2.6 항균성 및 소취성 평가

염색한 시료의 항균성은 KS K 0693-2001에 준하여 정균감소율을 측정하였다. 공시균은 그람양성균인 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538)과 폐렴균(*Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352)을 사용하였으며, 접종균의 농도는 각각 1.3×10^5 개/mL와 1.1×10^5 개/mL이었고 비이온계면활성제(Tween 80) 0.05%를 첨가하여 평가하였다.

소취성은 오염원으로 암모니아수를 사용하여 가스검지관법으로 측정하였다. 사용한 용기의 부피는 1000mL, 주입한 암모니아 수용액 양은 2μL이다. 시료는 1g으로 하여 30, 60, 90, 그리고 120분의 시간경과에 따른 가스 농도를 측정하였고, 암모니아수만을 넣은 후 시간 변화에 따른 가스 농도(blank test)를 함께 측정하여 아래 식(1)에 의해 소취율을 계산하였다.

$$\text{Deodorization rate(\%)} = \{(A-B)/A\} \times 100 \quad (1)$$

where,

A : Gas conc. of blank

B : Gas conc. under sample existence

3. 결과 및 고찰

3.1 염색조건이 염착량과 색상에 미치는 영향

어성초 추출물을 이용한 모직물 염색에서 색소농도, 염색온도와 시간, 그리고 염액 pH 등의 염색조건들이 모직물의 염착량과 색상에 미치는 영향을 살펴보았다. 먼저 색소농도에 따른 염착량 변화를 알아보기 위해 염색온도 100°C에서 색소농도를 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 그리고 5.0%(o.w.b.)로 변화시키고 60분 동안 염색하였다.

Figure 2는 어성초 색소농도에 따른 염착량의 변화이다. 색소농도가 증가함에 따라 K/S 값이 계속 증가하였으며 2.0% 이상에서는 증가 폭이 점차 작아졌다. 이는 랭뮤어(Langmuir)형 등온흡착곡선과 유사한 형태로, 퀘르세틴 색소를 포함하는 양파껍질로 된피를 염색한 경우에도 비슷한 경향을 확인할 수 있었다¹⁸⁾. 염액의 pH는 5.3으로, 퀘르세틴에 존재하는 수산기는 산성영역에서 보다 크게 분극(-O^{δ-}H^{δ+})된다¹⁹⁾. 그러므로 어성초

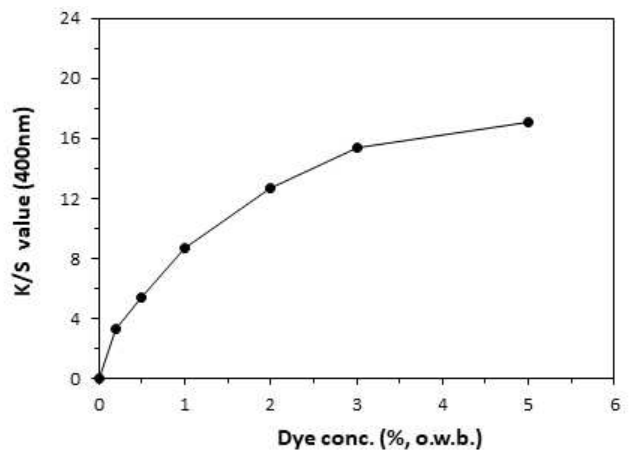
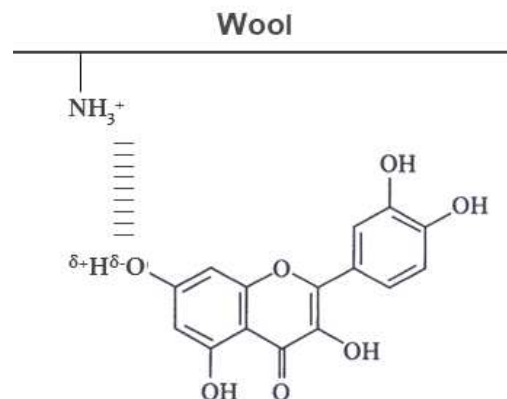


Figure 2. Effect of dye concentration on the dye uptake of wool fabrics(100°C, 60min).

색소에 대한 양모섬유의 염착은 주로 퀘르세틴 색소의 분극된 -OH기와 양모섬유의 -NH₃⁺기 간의 이온-쌍극자 결합(ion-dipole bonding)에 의해 이루어지는 것으로 여겨진다(Scheme 1). 이후 염색은 색소농도 2.0%(o.w.b.)에서 행하였다.

Figure 3은 염색온도에 따른 염착량의 변화이다. 염색온도를 40, 60, 80, 100, 그리고 120°C로 변화시키고 색소농도 2.0% o.w.b.)에서 60분 동안 염색하였다. 40°C에서의 K/S 값은 5.91, 60°C와 80°C에서는 각각 8.62와 9.82로 염색온도가 높아질수록 염착량이 증가하였고, 80°C에서 보다는 100°C(K/S 값 12.68)에서, 그리고 120°C(K/S 값 18.61)에서 염착량의 증가 폭이 더 크게 나타났다. 이는 염액 온도의 상승으로 색소의 분자운동이 활발해지고 더욱 느슨해진 섬유 비결정영역으로의 접근성(accessibility)이 향상되었기 때문이다²⁰⁾. 고온에서의 모섬유 손상을 고려하여 이후의 염색온도는 100°C로 하였다.



Scheme 1. Ion-dipole bonding between wool and *Houttuynia cordata* colorants(quercetin).

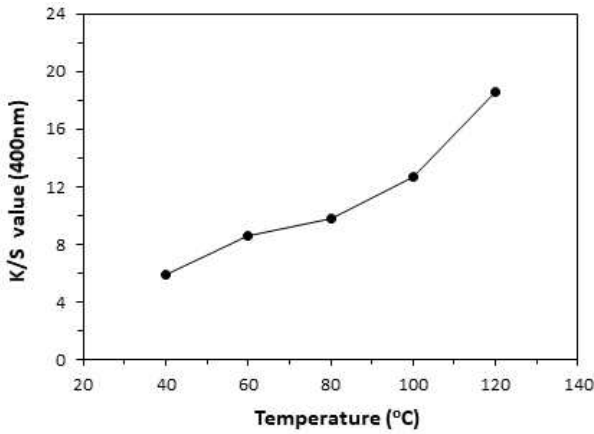


Figure 3. Effect of dyeing temperature on the dye uptake of wool fabrics(2.0% o.w.b., 60min).

염색시간에 따른 염착량의 변화를 Figure 4에 나타내었다. 염색온도 100°C, 색소농도 2.0%(o.w.b.)에서 염색시간을 30, 60, 90, 120, 그리고 150분까지 변화시켜서 염색하였다. 염색시간에 따른 K/S 값은 각각 10.41, 12.68, 14.50, 15.39, 그리고 16.00으로 염색시간이 증가함에 따라 계속 증가하였으며, 증가 폭은 염색시간이 길어질수록 더 적게 나타났다. 이후의 염색시간은 60분으로 하였다.

각 실험의 결과로부터 어성초 추출물에 의한 적정 염색조건을 색소농도 2.0%(o.w.b), 염색온도 100°C, 염색시간 60분으로 설정하였다. 이 염색조건에서 염액의 pH에 따른 염착량과 색상의 변화를 살펴보았다. 플라보놀이 결합한 수산기는 페놀성으로 약산성을 나타내며 수용액 중에서 약간 해리한다(21). 어성초 추출액 그대로의 pH는 5.3으로 약산성이었고, 염액의 pH를 더 낮은 산성인 3.0 그리고 더 높은 7.0, 9.0, 11.0으로 변화시켜서 염색하였다.

Figure 5는 염액의 pH에 따른 염착량의 변화이다. pH 3.0

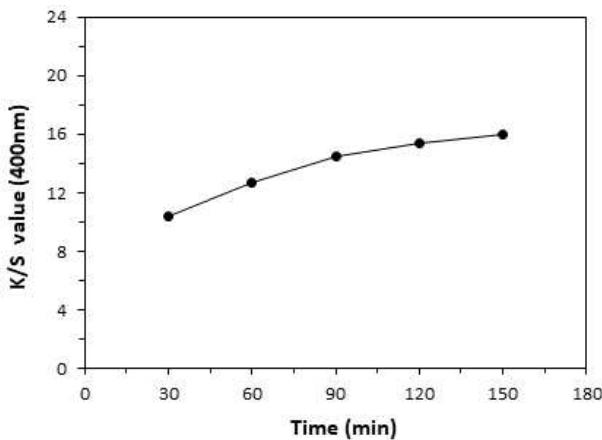


Figure 4. Effect of dyeing time on the dye uptake of wool fabrics(2.0% o.w.b., 100°C).

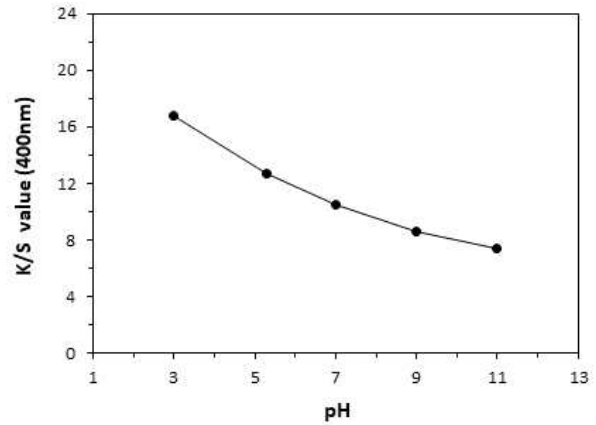


Figure 5. Effect of pH on the dye uptake of wool fabrics (2.0% o.w.b., 100°C, 60min).

에서 가장 높은 염착량(K/S 값 16.82)을 보였으며, 알칼리 조건으로 갈수록 염착량은 계속 감소하여 pH 11.0에서는 가장 낮은 K/S 값(7.37)을 보였다. 양모섬유는 등전점(pH 5.0)보다 산도가 높은 용액에서는 양전하를 더 많이 띠고, 알칼리도가 높은 수용액에서는 음전하가 더 발현되는 양상을 나타낸다(22,23). 즉, 염액의 pH가 증가함에 따라 섬유와 음이온성 색소와의 전기적 반발로 염착량이 계속 저하한 것으로 여겨지며, 어성초 추출물을 이용한 견직물의 염색에서도 염액 pH가 증가함에 따라 K/S 값이 점차 감소하는 경향이 보고되었다(4).

염액의 pH에 따른 색상변화를 Table 2에 나타내었다. L*는 명도지수로 값이 클수록 밝은 색을 의미한다. L* 값은 pH 9.0까지는 계속 증가하다가 pH 11.0에서는 약간 감소하는 경향으로, 이는 pH가 증가함에 따라 염착량이 감소한 결과와 연관된다. a*는 값이 클수록 빨강기운이 많고, b*는 값이 클수록 노랑기운이 더 많음을 의미한다. a* 값은 pH 7.0까지는 감소하다가 이후에는 조금씩 증가하였고, b* 값은 pH 9.0까지는 감소하다가 pH 11.0에서는 약간 증가하였다. 즉, 알칼리성 염액보다는 산성 염액에서 염색한 시료들이 빨강과 노랑기운이 더 강하게 나타났다. 먼셀 색상(H)은 모두 YR 계열로 염색되었다.

Table 2. Effect of pH on L*, a*, b*, and H V/C value of the dyed wool fabrics

pH	L*	a*	b*	H V/C
3.0	43.942	9.528	23.466	8.17YR 4.24/4.06
5.3	51.143	7.079	23.002	9.29YR 4.94/3.88
7.0	56.483	6.298	23.161	9.63YR 5.46/3.86
9.0	57.092	6.362	21.848	9.31YR 5.52/3.70
11.0	56.886	6.623	22.670	9.31YR 5.50/3.84

여성초 추출물로 염색한 면직물은 Y 계열로, 같은 단백질섬유인 견직물은 모직물과 같은 YR 계열로 염색되었다¹⁴⁾. pH가 9.0까지 높아질수록 명도(V)는 점차 증가한 반면, 채도(C)는 감소하여 여성초 색소로 염색한 모직물은 산성염욕에서 좀 더 진하고 선명한 색상으로 염색됨을 알 수 있었다. 강한 산성염욕이나 강알칼리염욕에서는 모섬유 손상이 우려되므로²⁴⁾ 이후에는 여성초 추출액 그대로인 약산성조건(pH 5.3)에서 염색하였다.

3.2 매염에 의한 염착량과 색상의 변화

일반적으로 천연염색에서 매염제 처리는 색상 다양화 및 염색견뢰도 향상을 위해 행해지고 있다. 여성초 색소의 매염제와 매염방법에 따른 염색성을 알아보려고 Al과 Fe 매염제를 사용하여 선매염과 동시매염 그리고 후매염을 행하였다. 선매염과 후매염은 액비 1:50, 농도 1.0%(o.w.f.)에서 60°C, 30분 하였으며, 이때의 염색은 색소농도 2.0%(o.w.b)에서 100°C, 60분 동안 하였다. 동시매염은 색소와 함께 매염제를 1.0%(o.w.f.) 농도로 첨가하여 염색 조건에서 동욕으로 행하였다.

Figure 6은 매염제 종류와 매염방법에 따른 염착량의 변화이다. 그림에서 동시매염(simultaneous mordant)은 약어 sim-mordant로 표기하였다. 무매염의 K/S 값은 12.68, Al 매염한 경우는 13.91(선매염), 13.31(동시매염), 그리고 13.22(후매염)로 매염방법에 상관없이 모두 염착량이 증가하였다. Fe 매염한 시료의 경우에도 K/S 값이 15.51(선매염), 15.65(동시매염), 그리고 15.72(후매염)로 매염방법에 상관없이 모두 염착량 증가를 보였다. 두 매염제 모두 매염방법에 따른 염착량 차이는 미미하였으며, Al 매염보다는 Fe 매염이 염착량 증가에 더 효과적이었다.

Table 3에 여성초 색소의 매염에 따른 색 특성 변화를 나타내었다. Al 매염한 경우, 매염방법에 상관없이 염착량 증가

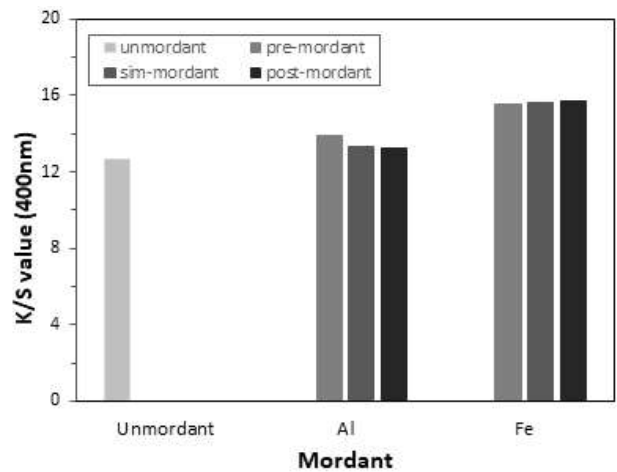


Figure 6. Effect of mordanting on the dye uptake of wool fabrics(dyeing: 2.0% o.w.b., 100°C, 60min, mordanting: 1.0% o.w.f., 60°C, 30min).

(Figure 6)에도 불구하고 모두 밝아졌으며 특히 후매염의 L* 값 변화가 가장 컸다. 선매염과 후매염은 빨강기운은 감소하고 노랑기운은 증가하였으며, 동시매염은 빨강과 노랑기운이 모두 증가하였다. 무매염 시료와의 차이는 후매염에서 가장 크게 나타났다.

면셀 색상도 후매염한 시료에서만 Y 계열로 바뀌었으며, 가장 밝고 선명한 색상으로 염색되었다. Al 매염시 염착량 측면에서는 매염방법에 따른 차이가 크지 않았으나 색상의 다양성 측면에서 살펴보면 후매염이 더 나은 매염방법으로 생각된다. Fe 매염한 시료는 매염방법에 상관없이 ΔL* 값이 모두 (-)로

Table 3. Effect of mordanting on L*, a*, b*, and H V/C value of the dyed wool fabrics

None		L*	a*	b*	H V/C	Sample
		51.143	7.079	23.002	9.29YR 4.94/3.88	
Mordants	Mordanting method	ΔL*	Δa*	Δb*		
Al	Pre-	0.461	-0.100	0.683	9.47YR 4.98/3.96	
	Sim-	0.865	0.144	1.167	9.40YR 5.02/4.06	
	Post-	1.715	-0.887	3.532	0.44Y 5.10/4.26	
Fe	Pre-	-8.954	-3.781	-6.407	1.10Y 4.07/2.53	
	Sim-	-9.821	-4.389	-6.991	1.50Y 3.98/2.40	
	Post-	-12.003	-5.547	-8.927	2.42Y 3.77/2.08	

무매염 시료보다 모두 어두운 톤으로 염색되었다. Δa^* , Δb^* 값도 모두 (-)로 나타나 빨강과 노랑 기운이 함께 감소하였으며, 빨강에 비하여 노랑기운의 감소가 상대적으로 더 크게 나타났다. L^* , a^* , b^* 값 모두 선매염보다는 동시매염, 동시매염 보다는 후매염에 의한 차이가 더 컸다. 먼셀 색상은 모두 Y 계열로 바뀌었고 명도와 채도도 모두 작아졌다. Al 매염과 같이 Fe 매염에서도 매염방법에 따른 염착량의 차이는 크지 않았으나, 색상 변화는 후매염 방법에서 가장 크게 나타났다. 또한 염착량 증가에서처럼 Al 매염보다는 Fe 매염에 의한 전체적인 색상변화가 더 크게 나타났다.

퀘르세틴은 매염제를 이용하여 양모를 염색하는 경우 크롬매염은 적갈색, 알루미늄 매염은 등갈색, 주석매염은 밝은 등색, 그리고 철매염은 올리브 흑색으로 염색된다¹³⁾. 색소의 수산기가 금속이온과 킬레이트 화합물을 생성하고, 각각 금속 특유의 색조로 발색하였기 때문이다.

본 연구에서는 환경친화적인 측면에서 크롬과 주석 매염을 하지 않았으며, Fe 매염에 의한 색상이 올리브 흑색보다 더 연한 갈색으로 나타난 것은 매염제 사용량이나 Fe 매염제 종류에 따른 차이로 여겨진다²⁵⁾. 이처럼 어성초 색소는 다색성 염료로의 활용이 가능하므로, 실크스크린이나 홀치기염 등에 적용하여 패턴의 색상을 다양하게 표현함으로써²⁶⁾, 천연염료의 활용범위를 넓힐 수 있을 것이다.

3.3 염색견뢰도

무매염 시료와 매염한 시료 중에서 색상 변화가 비교적 크게 나타난 후매염 시료의 염색견뢰도를 평가하였고, 그 결과를 Table 4에 제시하였다. 세탁견뢰도의 경우, 변퇴색은 3-4등급 이상, 이염은 5등급으로 비교적 좋은 결과를 보였다. 드라이클링견뢰도는 변퇴색과 이염이 모두 5등급으로 매우 우수하였다. 땀견뢰도는 알칼리성 땀견뢰도가 Fe 매염시 3등급으로 낮은 견뢰도를 보였지만, 그 외는 모두 4-5등급으로 우수하였다. 특히 산성 땀에 대한 견뢰도가 Fe 매염에서 5등급으로 가장 우수하였다. 건조시 마찰견뢰도는 모두 4-5등급으로 좋았고, 습윤시 마찰견뢰도는 Fe 매염한 시료(3-4등급)를 제외하고는 모두 4등급 이상으로 좋은 결과를 보였다.

전체적으로 Fe 매염시 세탁견뢰도와 습윤시의 마찰견뢰도, 알칼리성 땀견뢰도가 3, 3-4등급인 상대적으로 낮은 견뢰도를

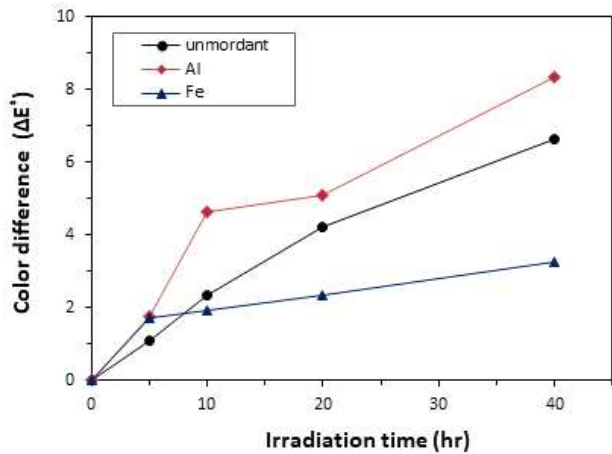


Figure 7. Effect of irradiation time on the color difference of wool fabrics dyed with *Houttuynia cordata* colorants.

보였지만 천연염료로서는 좋은 편이었다. 이외에는 모두 4등급 이상의 우수한 염색견뢰도를 지녀 어성초 색소의 실용성을 확인할 수 있었다.

Figure 7은 무매염 시료와 후매염 시료의 5, 10, 20, 그리고 40시간 광조사에 따른 색차를 나타낸 것이다. 광조사 시간이 길어짐에 따라 모두 색차가 증가하였으며, 특히 Al 매염 시료의 색차 증가가 가장 컸다. Fe 매염한 경우에는 5시간 광조사 이후에는 큰 차이를 보이지 않아 일광 노출에 따른 퇴색이 가장 적게 나타났다. 어성초 추출물을 이용하여 염색한 모직물을 일광 노출이 많은 용도로 사용하는 경우에는 Fe 후매염이 필요할 것으로 생각된다.

3.4 항균성과 소취성

어성초 추출물로 염색한 모직물의 기능성을 조사하고자 염색하지 않은 원포와 색소농도 0.2, 0.5, 1.0, 그리고 2.0%(o.w.b)에서 100°C, 60분 염색한 시료의 항균성과 소취성을 평가하였다.

어성초 색소의 주성분인 퀘르세틴은 플라보놀 유도체로 강한 항균작용이 있고 세균뿐만이 아니라 진균류에도 살균력이 있다고 알려져 있다.

Table 4. Colorfastness of the dyed wool fabrics

Post-mordanted	Washing			Dry-cleaning			Perspiration (acidic)			Perspiration (alkaline)			Rubbing	
	Color change	Stain		Color change	Stain		Color change	Stain		Color change	Stain		Dry	Wet
		Wool	Cotton		Wool	Cotton		Wool	Cotton		Wool	Cotton		
None	4-5	5	5	5	5	5	4-5	5	5	4-5	5	4-5	4-5	4
Al	4	5	5	5	5	5	4-5	5	5	4-5	5	5	4-5	4
Fe	3-4	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	4-5	3-4

Table 5. Antimicrobial activity of dyed wool fabrics

Dye conc. (%, o.w.b.)	K/S value	<i>Staphylococcus aureus</i> reduction rate(%)
undyed	-	0.0
0.2	3.28	22.7
0.5	5.40	33.8
1.0	8.72	84.5
2.0	12.68	98.2

항균성은 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538)과 폐렴균(*Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352)에 대한 정균감소율을 측정하였고, 그 결과를 Table 5에 나타내었다.

모든 시료에서 그램 음성균인 폐렴균에 대한 정균감소율은 0%로 항미생물성이 전혀 없어 Table 5에 따로 제시하지 않았다. 어성초 추출물로 염색한 면직물과 견직물의 경우에는 폐렴균에 대한 높은 균감소율을 지니¹⁴⁾ 모직물과는 다른 경향을 보였다. 그램 양성균인 황색포도상구균에 대해서는 색소농도가 높을수록 즉, 시료의 K/S 값이 증가할수록 균감소율이 증가하였다. 특히 색소농도 1.0%에서 균감소율이 84.5%까지 현저히 증가하였으며, K/S 값이 12.68로 가장 높은 색소농도 2.0%에서는 98.2%의 매우 높은 균감소율을 나타내었다. 즉 퀘르세틴 색소가 모섬유에 부착되어 있어 미생물과의 접촉시 항균효과를 나타내는 것으로 볼 수 있으며, 염착량을 높이면 더 좋은 항균성을 보일 것으로 생각된다.

땀, 배설물, 담배, 쓰레기 등 모든 악취에 포함되어 있는 암모니아 가스²⁾에 대한 소취성을 30, 60, 90, 그리고 120분 시간 경과에 따라 측정하였으며, 그 결과를 Figure 8에 나타내었다.

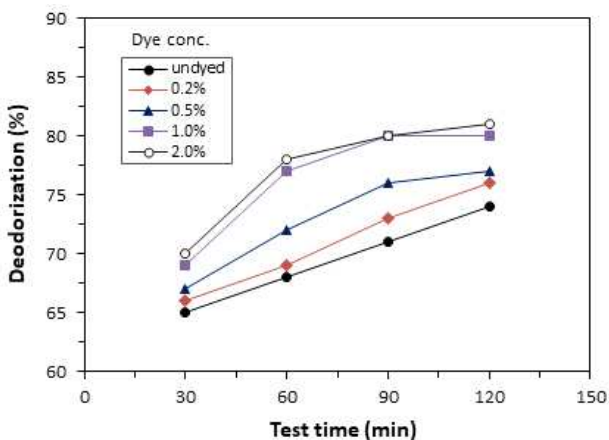


Figure 8. Effect of elapsed time on the deodorization performance of wool fabrics dyed with *Houttuynia cordata* colorants.

염색하지 않은 원포 자체에서도 소취성이 있는 것으로 나타났으며, 모든 시료에서 측정시간이 증가함에 따라 소취율이 점차 증가하는 경향을 보였다. 같은 측정 시간에서는 색소농도가 높을수록 더 좋은 소취율을 보였으며, 특히 항균성이 현저히 증가했던 색소농도 1.0%에서 증가 폭이 가장 크게 나타났다.

일반적으로 식물에서 추출한 플라보놀 유기화합물은 암모니아 가스의 소취제로 널리 이용되고 있다. 어성초로 염색한 모직물은 화학반응에 의한 중화형 소취섬유로²⁷⁾, 악취물질로 사용한 암모니아(NH₃)와 퀘르세틴 색소의 수산기(ROH)와의 중화반응(RONH₂)을 생각할 수 있으며 이 때문에 소취효과가 있다고 여겨진다. 자초 추출물로 염색한 경우에도 시코닌(shikonin) 색소의 수산기와 암모니아와의 화학반응에 의한 중화반응을 소취 메카니즘으로 설명하였다²⁸⁾.

색소농도가 높을수록 즉, 시료의 K/S 값이 증가할수록 항균 및 소취 효과가 모두 증가함을 알 수 있었다. 이처럼 어성초 추출 색소로 염색한 모직물은 다양한 색색발현과 함께 항균성, 소취성 등의 기능성을 지니므로 부가가치 높은 소재로 충분히 활용 가능할 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 어성초로부터 추출한 색소의 활용 확대를 위해 모직물에 대한 염색성과 기능성을 살펴보았다. 색소를 열수 추출하고 분말화한 후 염색조건에 따른 염색성을 조사하였고, 매염이 염착량과 색상 및 견뢰도에 미치는 영향을 살펴보았다. 또한 항균성과 소취성 등의 기능성을 알아보았다.

어성초 색소는 모직물에 높은 염착량을 보였으며 색상은 YR 계열이었다. 염색의 적정조건은 색소농도 2.0%(o.w.b.), 100°C, 60분으로 나타났다. 산성조건에서 염착량이 높았으며, 색상도 알칼리성 염액보다는 산성염액에서 빨강기운과 노랑기운이 더 강하고 선명한 YR 계열로 염색되었다. 매염한 시료의 염착량은 매염제 종류와 방법에 상관없이 모두 증가하였으며, Al 매염보다는 Fe 매염에 의한 염착량 증가가 더 컸다. Al과 Fe 매염 모두 후매염에서 L*, a*, b* 값의 변화가 가장 컸고, Al 후매염한 시료와 Fe 선/동시/후매염한 시료들의 면색 색상은 Y 계열로 나타났다.

세탁, 드라이클리닝, 땀, 그리고 마찰견뢰도가 모두 4등급 이상으로 우수하였다. Al 후매염한 경우의 염색견뢰도는 무매염과 비슷하였고, Fe 후매염의 경우에는 산성 땀에 대한 견뢰도가 5등급으로 향상되었다. 특히 Fe 후매염 시료의 광조사 시간에 따른 퇴색이 가장 적었다. 항균성과 소취성은 모두 염착량이 높을수록 증가하는 경향을 보였고, 색소농도 2.0%(o.w.b.)에서 98.2%의 황색포도상구균에 대한 높은 정균감소율과 81%의 소취율을 나타내었다. 실험결과로부터 어성초로부터 추출한 색소는 모직물에 우수한 염착성을 보이며 항균성과 소취성도 뛰어나므로 차별화된 기능성 천연염료로의 활용이 충분함을 알 수 있었다.

앞으로 실용성과 함께 항균방취능이 요구되는 다양한 섬유 제품에 적용하여 부가가치가 높은 기능성 천연색소로의 용도를 넓힐 수 있을 것이다.

References

1. S. J. Park, "Eco-Clothing for LOHAS", Gyeongchunsa Publisher, Seoul, pp.3~4, 2012.
2. E. Ko and H. Lee, Dyeability and Functionality of Wool Fabrics Dyed with *Zizania latifolia Turcz.* Extract, *J. Kor. Soc. Cloth. Ind.*, **21**(2), 231(2019).
3. K. Y. Kim and M. S. Lee, Natural Dyeing of Fabrics with *Corydalis Tuber* Extract: Dyeability and Functionality of Wool Fabrics, *Fashion and Text. Res. J.*, **19**(5), 620(2017).
4. M. D. Teli, J. Sheikh, M. Kamble, and R. Trivedi, Simultaneous Dyeing and Antibacterial Finishing of Bamboo Rayon Using Catechu and Natural Mordants, *J. of the Textile Association*, **74**(2), 68(2013).
5. J. Y. Choi, J. A. Lee, J. B. Lee, S. J. Yun, and S. C. Lee, Anti-Inflammatory Activity of *Houttuynia cordata* against Lipoteichoic Acid-Induced Inflammation in Human Dermal Fibroblasts, *Chonnam Medical Journal*, **46**(3), 140(2010).
6. H. R. Jeong, J. H. Kwak, J. H. Kim, G. N. Choi, C. H. Jeong, and H. Jin, Antioxidant and Neuronal Cell Protective Effects of an Extract of *Houttuynia cordata* Thunb (a Culinary Herb), *Korean J. Food Preserv.* **17**(5), 720(2010).
7. M. Kumar, S. K. Prasad, and S. Hemalatha, A Current Update on the Phytopharmacological Aspects of *Houttuynia cordata* Thunb. *Pharmacogn Rev.*, **8**(15), 22(2014).
8. L. Yang and J. G. Jiang, Bioactive Components and Functional Properties of *Houttuynia cordata* and Its Applications, *Pharmaceutical Biology*, **47**(12), 1154(2009).
9. M. L. Kim, A Study on Comparison of Characteristics of Fermentability and Fermented Broth for *Houttuynia cordata* Thunb Extracts, *Korean J. Food Preserv.*, **16**(1), 122(2009).
10. <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=5704254&cid=42776&categoryId=59916>, 2020.02.03.
11. M. S. Miao and Z. G. Li, "Modern Practical Chinese Traditional Medicine Quality Control Technology", People's Hygiene Press, Beijing, p.43, 2000.
12. X. Xu, H. Ye, W. Wang, L. Yu, and G. Chen, Determination of Flavonoids in *Houttuynia cordata* Thunb and *Saururus Chinensis*(Lour.) Bail. By Capillary Electrophoresis with Electrochemical Detection, *Talanta*, **68**(3), 759(2006).
13. K. R. Cho, "Natural Dyeing Research", Hyungseol Publisher, Seoul, p.109, 2010.
14. S. J. Kim, B. J. Kim, E. J. Kim, H. S. Jung, and J. Jang, Antimicrobial Dyeing of Cotton and Silk Fabrics using *Houttuynia cordata* Extract, *Textile Coloration and Finishing*, **27**(3), 194(2015).
15. J. S. Kim, Natural Dyeing Properties and Antibacterial Activities of Fabrics Dyed with Mordant: Focused on *Gardenia*, *Scutellaria*, *Houttuynia*, *Phellodendron*, *The Journal of the Korea Society of Art and Design*, **18**(3), 222(2015).
16. M. S. Jean and L. J. Soon, Dyeability of *Houttuynia cordata* Ethanol Extract: Additive Effect of Dispersant, Proceedings of Korean Society for Emotion and Sensibility Conference, Ilsan, pp.63-64, 2018.
17. J. Y. Jung, Y. H. Oh, S. H. Park, M. Y. Yoon, A. J. Pyo, S. J. Kim, Y. W. Yu, and I. J. Jung, Antioxidative and Whitening Effects of *Houttuynia cordata* Extract on Lead Acetate of Hair Dye Autumn Component, *Journal of Investigative Cosmetology*, **10**(2), 99(2014).
18. Y. Yeo and Y. Shin, Eco-friendly Leather Dyeing using Biomass Wastes(II): Improving the Dyeability of Pig Leather to Onion Skin Colorant by Pre-treatment, *Textile Coloration and Finishing*, **30**(4), 294(2018).
19. K. R. Cho, "Natural Dyeing Research", Hyungseol Publisher, Seoul, p.304, 2010.
20. K. C. Ahn, "The Science of Dyeing", Gyeongchunsa, Seoul. pp.192-193, 2000.
21. K. R. Cho, "Natural Dyeing Research", Hyungseol Publisher, Seoul, p.110, 2010.
22. T. Vickerstaff, "The Physical Chemistry of Dyeing", London, Oliver and Boyd, pp.351-353, 1954.
23. G. J. Kim and J. M. Lee, "Dyeing Chemistry, 2nded.", Hyungseol Publisher, Daegu, pp.211-212, 1996.
24. S. H. Choi, Dyeability of Protein Fiber Treated with *Wisteria Floribunda* Leaf Extract, *Textile Coloration and Finishing*, **26**(3), 254(2014).
25. J. Yan, D. I. Yoo, and Y. Shin, Utilization of *Metasequoia glyptostroboides* Cone as a New Natural Dye Resource(2): Dyeing Properties and Antimicrobial Functionality of Silk Fiber, *Textile Coloration and Finishing*, **27**(4), 281(2015).
26. K. B. Kim and M. S. Kim, A Study on the Pattern Dyeing with Pleochroic Natural Dyes: Pre-treatment of the Mordants Printing, *The Korean Society of Design Culture*, **20**(3), 79(2014).
27. E. K. Hwang, Deodorizing Properties and Antibacterial Activity of Cotton, Silk, and Wool Fabrics with Various Natural Colorants Extracts, Ph.D. Thesis, Pusan National University, 2009.
28. M. H. Han, The Dyeability and Antibacterial Deodorization Activity of Silk Fabrics by Gromwell Extracts, *Textile Coloration and Finishing*, **12**(5), 29(2000).

Authors

손경희 전남대학교 의류학과 시간강사