

## 새로운 천연염재로서 메타쉐콰이어 열매의 활용(3): 모섬유의 염색성과 항균성을 중심으로

### Utilization of Metasequoia(*Metasequoia glyptostroboides*) Cone as a New Natural Dye Resource(3): Dyeing Properties and Antimicrobial Functionality of Wool Fiber

#### \*Corresponding author

Younsook Shin  
(yshin@jnu.ac.kr)

염준, 류동일<sup>1</sup>, 신윤숙\*

전남대학교 의류학과/생활과학연구소, <sup>1</sup>전남대학교 고분자·섬유시스템공학과

Yan Jun, Dong Il Yoo<sup>1</sup> and Younsook Shin\*

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

<sup>1</sup>Department of Polymer and Fiber System Engineering, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Received\_August 01, 2018

Revised\_September 03, 2018

Accepted\_September 04, 2018

#### Textile Coloration and Finishing

TCF 30-3/2018-9/208-215

©2018 The Korean Society of  
Dyers and Finishers

**Abstract** The objective was to investigate the efficacy of Metasequoia(*Metasequoia glyptostroboides*) cone colorants as a new functional dye for wool fiber. Effects of dyeing conditions and mordanting on dye uptake, color change, and colorfastness were investigated for wool fiber. Compared with cotton and silk fibers, wool fiber showed better affinity for the Metasequoia cone colorants. Fe and Cu mordants improved dye uptake, and mordanting did not change the color of dyed fabric with YR Munsell color. Colorfastness to rubbing and washing was as good as grade 4, whereas lightfastness of the dyed fabrics was above grade 3. Antimicrobial activity of the colorants was very high 99.3% of reduction rate toward *S. aureus*. It was confirmed that Metasequoia cone colorants can be utilized as a new functional natural dye for wool fiber. In addition, considering its high antimicrobial functionality it could be applied to cosmetics and food.

**Keywords** *metasequoia glyptostroboides*, cone colorants, affinity, colorfastness, antimicrobial functionality

## 1. 서 론

현대 사회에서 산업 부산물이나 쓰레기의 양은 점점 증가하고 있는 실정이다. 2020년에는 쓰레기의 양이 1995년을 기준으로 45%가 증가할 것으로 예상하고 있다<sup>1)</sup>. 대부분의 쓰레기는 태우거나 땅에 묻거나 하여 환경적으로 경제적으로 많은 부담이 되고 있다. 따라서 이들로부터 유용한 물질을 추출하고 검증하여 이용 가능성에 대한 연구가 중요한 주제로 다루어지고 있으며 자원 활용의 지속가능성을 위해 매우 필요하다<sup>2-5)</sup>.

메타쉐콰이어의 전년에 맺힌 열매는 이듬해 봄에 새로운 잎이 나올 때 낙과되어 도로에 방치되거나 쓰레기로 처리되는 것을 볼 수 있다. 메타쉐콰이어에는 다양한 폴리페놀성 성분이 함유되어 있어서 항균활성, 항진균성, 항산화 작용 등 유용한 생리활성이 있는 것으로 보고되고 있다<sup>6-11)</sup>. 폐기되고 있는 메타쉐콰이어 열매도 항산화성이 있는 플라보노이드와 타닌 등 페놀성 화합물을 함유하고 있어서 기능성 물질로 활용되고 있다<sup>7,11)</sup>.

폐기되고 있는 메타쉐콰이어 열매로부터 추출한 색소의 활용을 위한 선행연구에서 면과 견섬유에 대한 메

타쉐콰이어 열매색소의 염색성과 기능성을 조사하였다. 실험 결과, 이 색소는 셀룰로스 섬유에 대한 친화력이 낮았으며 이와 비교하면 견섬유에 대한 친화력은 더 좋은 것으로 판단되었고 항균성이 발현됨을 확인하였다<sup>12,13</sup>.

본 연구에서는 메타쉐콰이어 열매로부터 추출한 색소의 활용 확대를 위해 모섬유에 대한 염색성과 항균성을 조사하였다. 이를 위하여 메타쉐콰이어 열매로부터 색소를 열수 추출하여 분말화하여 사용하였다. 색소농도, 염색온도 및 시간, 염액의 pH 등의 염색조건에 따른 염착량과 색상의 변화, 매염에 따른 염착량과 색상변화를 조사하였다. 실용성을 검토하기 위해 염색한 시료의 일광, 마찰, 세탁에 대한 견뢰도를 평가하였다. 또한, 색소의 기능성을 조사하기 위해 염색한 시료의 항균성을 측정하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 시약

실험에 사용한 모직물은 KS K 0905에 규정된 정련·표백한 100% 모직물(평직, 직물밀도:72×69/5cm<sup>2</sup>, 무게:102g/m<sup>2</sup>, 두께:0.25mm)을 사용하였다.

메타쉐콰이어 열매는 광주광역시 소재의 전남대학교 캠퍼스 내에서 2015년 4~5월 사이에 채취하여 서늘한 곳에 2~3주 건조하여 꼭지를 제거하고 사용하였다.

사용한 매염제의 종류는 5종이며 Table 1과 같다. pH 조절에 사용한 수산화나트륨(NaOH)과 아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)은 시약 1급 그대로 사용하였다.

### 2.2 색소 추출 및 분말화

건조 분쇄한 메타쉐콰이어 열매 100g을 증류수 1000mL에 넣고 100℃에서 60분간 추출하였다. 추출액은 여과한 후 60℃에서 농축, 오븐에 열풍건조를 거

쳐 분말로 만들었으며, 약 0.5%의 수율을 얻었다.

### 2.3 염색 및 매염처리

욕비 1:100에서 색소농도, 시간, 온도, pH를 변화시키면서 적외선 고압염색기(Ahiba Nuance, Data Color International, USA)를 사용하여 염색하였다. 매염처리는 농도 3%(o.w.f.), 40℃, 30분, 욕비 1:50에서 후매염(염색-수세-건조-수세-건조)방법으로 하였다.

### 2.4 염착량 및 색 특성 측정

D65 광원, 10° 시야 조건에서 색차계(Color-Eye 3100, Macbeth, Germany)를 사용하여 400nm에서 측정된 흡광도로부터 K/S값을 산출하여 염착량을 평가하였다. 색채변화는 CIELAB 표색계에 의한 명도 L\*와 색 좌표지수 a\*, b\*를 측정하고, 이로부터 Munsell의 H V/C 값을 변환하여 사용하였다.

### 2.5 염색견뢰도 평가

세탁견뢰도는 세탁견뢰도기(Laundry-Ometer, Type LHD-EF, Atlas Electric Devices Co., USA)를 사용하여 AATCC Test Method 61-1989의 1A법에 준하여 40±2℃에서 30분간 세탁한 후 변퇴색 판정용 그레이 스케일(gray scale)과 오염 판정용 스케일(chromatic transference scale)을 사용하여 평가하였다.

마찰견뢰도는 마찰견뢰도 측정기(Crockmeter, Model CM-5, Atlas Electric Devices Co., USA)를 사용하여 AATCC Test Method 116-1989에 준하여 건조와 습윤상태의 조건에서 각각 10회 마찰시킨 후 변퇴색 판정용 그레이 스케일과 오염판정용 스케일로 평가하였다.

일광견뢰도는 내광시험기(Xenon Test Chamber, Q-Sun Xe-1-b, USA)를 사용하여 카본아크 전류 15~17A, 아크전압 125~140V, 기체 내 온도는 블랙

Table 1. Chemical structure of mordants used

Code	Name	Chemical structure
Al-1	Aluminium ammonium sulfate	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> )SO <sub>4</sub> · 24H <sub>2</sub> O
Al-2	Aluminium potassium sulfate	AlK(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 12H <sub>2</sub> O
Cu	Cupric sulfate	CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O
Fe-1	Iron(II) sulfate	FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O
Fe-2	Iron(II) lactate hydrate	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> FeO <sub>6</sub>

패널(black panel) 온도계로 측정하여 63±3℃가 되게 하고 기내습도 50% 이내의 조건에서 20시간 광조사하여 KS K 0218의 방법에 따라 등급을 평가하였다.

2.6 항균성 평가

염색포의 항균성 측정은 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*, ATCC No.6538)을 공시균으로 하여 KS K 0693:2011에 준하여 실험하였다. 균을 뉴트리언트 한천 평판 배지에 접종하여 37℃에서 48시간 배양한 후에 뉴트리언트 배지 20ml에 접종하여 37℃에서 24시간 진동 배양하였다.

흡광도를 측정하여 생균수가 1±0.3×10<sup>5</sup>개/ml가 되도록 조제한 후에 0.4g의 시험포와 대조시험포에 0.2ml을 골고루 살포, 접종하여 37℃에서 18시간 배양한다. 그 후 각 검체로부터 균액을 추출하여 생리 식염수로 100, 101, 102, 103, 104배로 희석시킨 후 각각 1ml을 채취하여 뉴트리언트 한천배지에 골고루 섞어 37℃에서 48시간 배양한 후 생균수를 산출하였다. 평균 감소율은 다음 식(1)에 의해 계산하였다.

$$Bacteria\ reduction\ rate(\%) = (Mb - Mc) / Mb \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

where,

Mb : Number of bacteria recovered from the undyed fabric

Mc : Number of bacteria recovered from the dyed fabric

3. 결과 및 고찰

3.1 염색조건이 염착량에 미치는 영향

메타쉐콰이어 열매 색소에 대한 모섬유의 염착성을 면, 견섬유와 비교하였다.

Figure 1에 보이는 바와 같이 모섬유는 견섬유보다 염착량이 2배 정도 높게 나왔다. 이는 모섬유는 견섬유에 비해 구조 내에 메타쉐콰이어 열매 색소 타닌의 카르복실기(-COOH)와 결합 할 수 있는 아미노기(-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>)가 더 많기 때문이다. 면, 견, 모섬유 중에서 모섬유가 가장 높은 염착성을 나타내었으며 견섬유, 면섬유 순으로 염착성이 좋았다. 이는 메타쉐콰이어 색소 중의 타닌 수산기, 카르복실기와 면, 견, 모섬유가 갖는 작용기 차이로 인한 상호 결합력의 차이에 기인한다. 메타쉐콰이어 열매 색소농도가 증가함에 따라 K/S값이 증가하였으며, 모섬유와 메타쉐콰이어 열매 색소인 타닌은 이온결합에 의해 염착이 이루어지는 것으로 사료된다(Scheme 1).

Figure 2는 색소농도 3%(o. w. b.), 염색시간 60min로 고정하고 염색온도에 따른 염착량의 변화이다.

염색온도에 따른 60~90℃는 온도가 상승하면서 염착량도 점진적으로 증가하다가 90~100℃는 염착 증가폭이 큰 변화를 보인다. 이로부터 메타쉐콰이어 열매 색

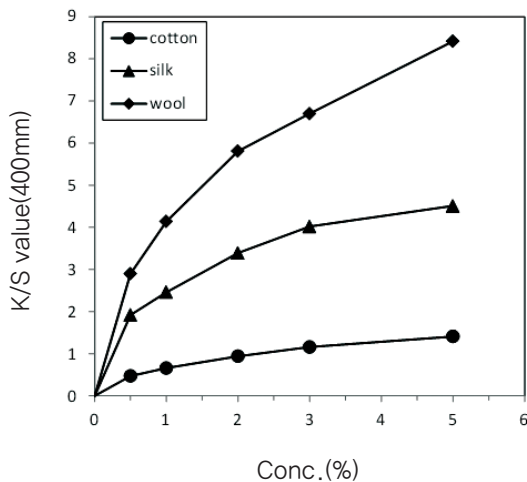


Figure 1. Effect of concentration on the dye uptake of cotton, silk and wool fabrics(100℃/60min, pH 4.7).

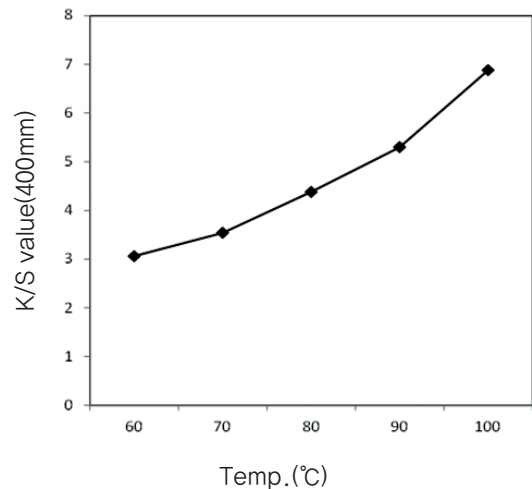
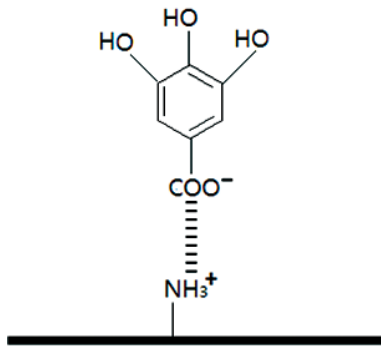


Figure 2. Effect of dyeing temperature on the dye uptake of wool fabrics.



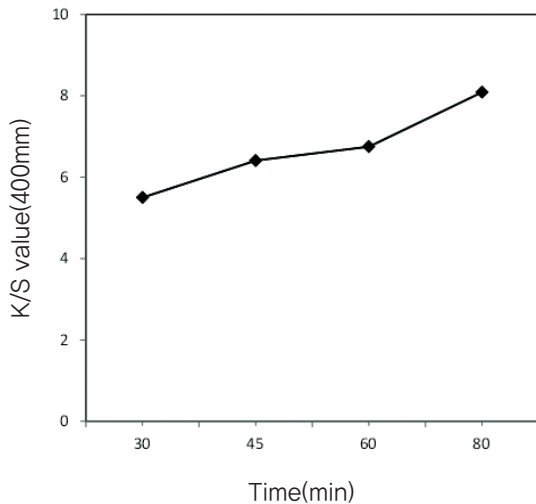
**Scheme 1.** Ionic bonding between wool and hydrolyzable tannin(elagic acid).

소에 대한 모섬유의 염착은 온도의 영향을 받고 100℃ 정도에서 적당한 것으로 판단된다. 염액의 온도가 상승하면 색소의 분자운동 증가와 섬유 내부구조의 접근성(accessibility) 향상에 의해 염착량이 증가한다.

Figure 3은 3%(o.w.b.), 염색온도 100℃에서 염색시간에 따른 메타쉐콰이어 열매 색소 염착량의 변화이다. 시간이 증가함에 따라 염착량은 증가하였으며, 60분에서 80분 사이에 증가폭이 약간 더 컸지만 메타쉐콰이어 열매 색소의 모섬유에 대한 염착은 60분 정도가 적당한 것으로 판단하였다.

Figure 4는 색소농도 3%(o.w.b.), 염색조건 100℃/60min에서 염액의 pH에 따른 염착량의 변화를 나타낸 것이다.

pH는 3.5, 4.7, 6, 7, 9로 변화를 주었는데 메타쉐



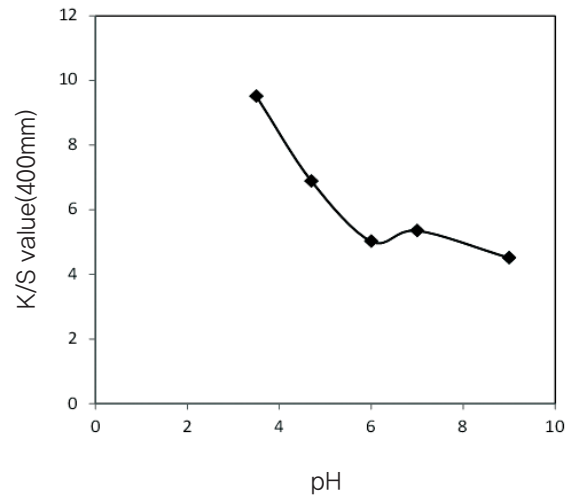
**Figure 3.** Effect of dyeing time on the dye uptake of wool fabrics.

콰이어 열매 색소는 pH 3.5의 염액에서 최고의 K/S값을 나타내었다. pH 4-6의 염액에서 K/S값이 급속하게 감소하는 경향을 보였으며, pH 7-9에서는 감소폭이 크지 않았다. 이는 모섬유의 등전점(pH 5~6) 이하에서는 섬유 표면의 양이온기와 메타쉐콰이어 열매 색소의 음이온기 사이에 이온결합이 활발히 이루어지며, pH 7 이상에서는 섬유표면에 (-)계면전위를 나타내어 메타쉐콰이어 열매 색소의 음이온기와 전기적 반발을 일으키면서 K/S값이 감소하는 것으로 보인다. pH가 높아지면서 색소와 모섬유 간에 이온결합이 감소하여 K/S값이 빠르게 감소하다가 pH 6-7 사이에서 K/S값이 약간 증가하였다. 이는 타닌 색소의 수산기와 모섬유 사이에 수소결합이 형성되기 때문으로 사료된다.

위의 실험 결과를 고려하여 메타쉐콰이어 열매 색소 농도를 3%(o.w.b.), 염색온도는 100℃, 염색시간은 60분으로 정하고 pH를 조정하지 않고 그대로인 약산성 조건(pH 4.7)에서 염색하였다.

Table 2는 pH에 따른 색상변화이다. L\* 값은 pH가 증가함에 따라 점진적으로 증가의 경향을 보여 색상이 밝아졌으며, pH 3.5에서 가장 낮은 값을 나타냈다. a\* 값은 pH 6 이상에서 감소를 보여 빨간색기운이 약간 줄어들었으며, 이후에도 비슷한 경향을 보였다. b\* 값은 pH 6까지는 감소하다가 pH 7에서 증가, pH 9에서 다시 감소를 나타냈다.

색상(H)은 모두 YR 계열이고 pH의 증가함에 따라 값이 감소하면서 빨강색계열로 이동하였으며, pH 7에



**Figure 4.** Effect of pH on the dye uptake of wool fabrics.

**Table 2.** Effect of pH on the  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  and H V/C values of wool fabrics<sup>†</sup>

pH	$L^*$	$a^*$	$b^*$	H	V/C
3.5	49.27	11.75	23.95	7.6YR	4.9/4.3
4.7	54.42	12.15	23.18	6.7YR	5.4/4.4
6.0	52.34	15.50	17.04	2.2YR	5.1/4.3
7.0	52.26	15.76	18.24	2.7YR	5.1/4.4
9.0	51.34	17.35	15.35	0.3YR	5.0/4.5

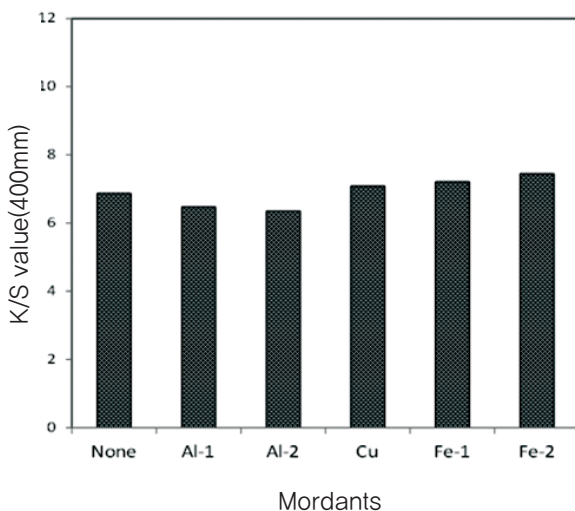
<sup>†</sup> dye conc. : 3%(o.w.b.), 100°C/60min

서 값이 크게 증가하여 노란색계열로 이동하는 경향을 보이다가 pH 9에서 다시 빨강색계열로 이동했다. 명도(V)는 pH의 증가함에 따라 고명도로 값이 증가를 보였다. 채도(C)는 변화가 크지 않고 pH 9에서 제일 낮은 값을 나타냈다.

Munsell 색상으로는 모두 YR계열을 나타냈으며 직물색상의 변화는 pH 3.5에서 가장 진한 황갈색이고 pH 7과 pH 4.7 황갈색 약간차이가 있는 것으로 보였으며, pH가 증가함에 따라  $a^*$ 값이 증가하여 염색한 색상은 붉은색이 더 강한 것으로 관찰되었다.

### 3.2 매염에 의한 염착량과 색상의 변화

Figure 5는 매염제 종류에 따른 K/S값을 각각 나타낸 것이다. 염색은 메타쉐콰이어 열매 색소농도 3%(o.w.b.), 40°C, 30분, 욕비 1:50, 후매염(염색-수세-건조-매염-수세-건조)으로 행하였다.



**Figure 5.** Effect of post-mordanting on the dye up-take of wool fabrics.

제시된 바와 같이 모섬유에서 무매염한 시료보다 알루미늄 매염한 두 시료를 제외하고 매염처리에 의해 K/S값이 약간 증가하였으며, 특히 철( $C_5H_{10}FeO_6$ ) 매염시 가장 높은 K/S값을 보이고 있다. 알루미늄 매염한 두 시료가 무매염에 비해 낮은 염착량을 나타낸 것은 염색 중 모섬유에서 알루미늄이온이 탈락하였기 때문으로 생각된다.

이로부터 구리와 철 매염시 K/S값이 무매염보다 크게 나타난 것은 모섬유와 매염제 사이의 친화성이 모섬유와 메타쉐콰이어 열매 색소 사이의 친화성보다 크다는 것을 의미한다. 하지만 알루미늄 매염시 친화성이 크지 않다는 것도 알 수 있었다.

Table 3에 매염제에 따른 염색한 모직물의 색상을 제시하였다. 색상은 매염에 상관없이 모두 YR 계열을 나타냈다. 무매염한 시료는 색상 5.1YR, 명도 5.4, 채도 4.1,  $L^*$  55.12,  $a^*$  12.62,  $b^*$  19.81이다.

매염한 경우에는 색상은 값이 커짐에 따라 노란색이 많아진 것을 알 수 있다. 명도는 매염제에 의해 감소를 나타냈으며, 채도도 비슷한 경향으로 저하되었다.  $L^*$  값은 알루미늄( $AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) 매염시 제일 큰 값을 보이고 그 외의 매염제에 의해 감소하는 경향을 나타냈으며 색상이 어두워졌다. 철 매염한 두 시료는 다른 시료와 비교했을 때,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값이 모두 크게 감소하여 갈색을 보였으며, 그 외에는 황갈색으로 관찰되었다.

### 3.3 염색견뢰도

견뢰도 측정을 위한 시료의 염색 조건은 메타쉐콰이어 열매 색소농도 3%(o.w.b.), 100°C, 60분, 욕비 1:100에서 염색하였으며, 매염처리는 후매염 기준으로 하였고 견뢰도 측정 결과는 Table 4에 제시하였다.

세탁견뢰도의 경우에는 탈색은 3/4등급 이상, 이염

**Table 3.** Color change of the dyed wool fabrics by mordanting

Mordants	H	V/C	L*	a*	b*	Dyed samples
None	6.7YR	5.4/4.4	54.42	12.15	23.18	
Al-1	7.2YR	5.4/4.3	54.38	11.43	23.02	
Al-2	7.3YR	5.5/4.3	55.41	11.35	23.11	
Cu	7.9YR	5.2/4.0	53.01	10.13	22.14	
Fe-1	9.3YR	4.7/2.8	48.10	6.42	16.76	
Fe-2	9.8YR	4.5/2.3	45.97	5.09	14.58	

은 5등급으로 비교적 좋은 결과를 나타내었다. 마찰견뢰도의 경우에는 건조 상태에서 구리 매염시 5등급으로 매우 우수하였으며, 그 외는 모두 4/5등급을 나타냈다. 습윤 상태에서 마찰견뢰도는 철(Fe-2)매염시 3등급으로 낮은 견뢰도를 나타냈지만 그 외는 모두 4등급으로 우수하였다. 일광견뢰도 경우에는 구리와 철매염한 두 시료는 모두 4등급으로 좋은 결과를 나타냈으며, 그 외의 시료는 모두 3등급을 나타냈다.

일반적으로 타닌으로 염색한 시료를 세탁하거나 일광에 노출시키면 발색하여 색상이 진해지는 현상을 볼 수 있다. 이로 인해 색차가 커져 세탁견뢰도나 일광견뢰도가 낮게 평가된다. 모섬유의 경우는 견섬유보다 이러한 발색현상이 더 적게 나타남으로써 일광견뢰도가 상대적으로 더 좋게 나타난 것으로 생각한다.

### 3.4 염색포의 항균성

K/S 값이 5.2인 염색시료를 사용하여 항균성을 측정하였으며, 포도상구균의 균감소율이 99.3% 결과를

얻었다. 메타쉐콰이어 열매 색소는 우수한 항균성을 가지고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 추출한 색소에 항산화성, 항진균성 및 항균성을 갖는 폴리페놀성인 타닌화합물을 포함되어 있기 때문이다.

타닌화합물의 항균성은 철(iron)에 대한 강한 결합(binding)력에 기인한 것으로 보고된 바 있으나<sup>14)</sup>, 항균 메카니즘은 불명확해서 이에 대한 연구가 필요하다. 한편, 메타쉐콰이어 열매 추출색소는 식품, 화장품 등 항균성이 필요한 여러 분야에 더 폭넓게 응용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구는 폐기되는 메타쉐콰이어 열매로부터 추출한 색소의 활용가능성을 검증하기 위해 모섬유에 대한 염색성과 염색한 시료의 견뢰도와 항균성을 조사하였다.

메타쉐콰이어 열매 색소에 대한 모섬유의 친화력은 매우 우수하였고 산성 조건에서 염착량이 높았으며, 염

**Table 4.** Colorfastness of the dyed wool fabrics

Mordants	Washing				Rubbing		Lightfastness (20hr)
	Color change	Stain		Drying	Wetting		
		First	Second				
None	4	5	5	4/5	4	3	
Al-1	3/4	5	5	4/5	4	3	
Al-2	4	5	5	4/5	4	3	
Cu	4/5	5	5	5	4	4	
Fe-1	4	5	5	4/5	4	4	
Fe-2	4/5	5	5	4/5	3	4	

색한 모직물의 색상은 YR 계열로 육안으로는 황색~황갈색으로 관찰되었다. 매염에 의한 염착량 변화는 매염제에 따라 차이가 났으며, 알루미늄 매염제의 경우에는 오히려 염착량이 감소하였으며 철과 구리 매염제 경우에 염착량이 증가하였다. 매염제에 의한 색상 변화는 YR 계열로 큰 변화는 없었다. 세탁과 마찰에 대한 견뢰도는 우수한 편으로 4등급 이상이었으며, 일광견뢰도는 3이상의 등급으로 천연염료로서는 좋은 편이었다. 매염처리에 의해 세탁, 마찰에 대한 견뢰도는 무매염의 경우와 같았으며, 철과 구리매염의 경우 일광견뢰도가 4등급으로 향상되었다. K/S값이 5.2인 염색한 모직물시료는 포도상구균에 대한 균감소율이 99.3%로 높은 항균성을 보였다.

결론적으로 메타세콰이어 열매로부터 추출한 색소는 모섬유에 대한 염착성이 매우 우수하고 높은 항균성을 보이므로 부가가치가 높은 기능성 천연염료로서 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 색소의 우수한 항균 활성을 고려할 때 섬유 염색 외에 화장품과 식품 등에도 적용할 수 있을 것으로 보인다. 폐기되는 생물자원에서 부가가치가 있는 물질을 추출하여 활용함으로써 환경적인 측면에서 지속가능성을 높이는데 의미를 부여할 수 있다.

## 감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(BK21플러스사업, S13HR15D0801).

## References

1. C. Piccirillo, S. Demiray, A. R. Franco, P. M. L. Castro, and M. E. Pintado, High Added-Value Compounds with Antibacterial Properties from Ginja Cherries By-products, *Waste and Biomass Valorization*, **1**, 209(2010).
2. S. R. Couto, E. Rosales, M. Gundin, and M. A. Sanroman, Exploitation of a Waste from the Brewing Industry for Laccase Production by Two Trametes Species, *J. Food Engineering*, **64**, 423(2004).
3. D. Peshev, D. Mitev, L. Peeva, and G. Peev, Valorization of Spent Coffee Grounds - A New Approach, *Separation and Purification Technology*, **192**, 271(2018).
4. M. Kebaili, S. Djellali, M. Radjai, N. Drouiche, and H. Lounici, Valorization of Orange Industry Residues to form a Natural Coagulant and Adsorbent, *J. of Industrial and Engineering Chemistry*, **64**, 292(2018).
5. A. D. Maria and K. V. Acker, Turning Industrial Residues into Resources: An Environmental Impact Assessment of Goethite Valorization, *Engineering*, **4**, 421(2018).
6. V. K. Bajpai and S. C. Kang, Antibacterial Abietanetype Diterpenoid, Taxodone from *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu, *J. Bioscience*, **35**(4), 533(2010).
7. V. K. Bajpai, M. K. Na, and S. C. Kang, The Role of Bioactive Substance in Controlling Foodborne Pathogens derived from *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu, *Food and Chemical Toxicology*, **48**(7), 1945(2010).
8. L. B. Dong, J. He, Y. Y. Wang, X. D. Wu, X. Deng, Z. H. Pang, G. Xu, L. Y. Peng, Y. Zhao, Y. Li, X. Gong, and Q. S. Zhao, Terpenoids and Norlignans from *Metasequoia glyptostroboides*, *J. Natural Products*, **74**(2), 234(2011).
9. W. Feucht, D. Treuter, and J. Polster, Flavanol Binding of Nuclei from Tree Species, *Plant Cell Reports*, **22**(6), 430(2004).
10. V. K. Bajpai, J. I. Yoon, and S. C. Kang, Antioxidant and Antidermatophytic Activities of Essential Oil and Extracts of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu, *Food and Chemical Toxicology*, **47**(6), 1355(2009).
11. V. K. Bajpai, A. Rahman, and S. C. Kang, Chemical Composition and Antifungal Properties of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu, *Industrial Crops and Products*, **26**(1), 28(2007).
12. J. Yan, D. I. Yoo, and Y. Shin, Utilization of *Metasequoia*(*Metasequoia glyptostroboides*) Cone as a New Natural Dye Resource(1): Dyeing of Cotton Fiber, *Textile Coloration and Finishing*, **27**(2), 142(2015).
13. J. Yan, D. I. Yoo, and Y. Shin, Utilization of *Metasequoia*(*Metasequoia glyptostroboides*) Cone as a New Natural Dye Resource(2): Dyeing Properties and Antimicrobial Functionality of Silk Fiber, *Textile Col-*

- oration and Finishing*, **27**(4), 281(2015).
14. K. T. Chung, Z. Lu, and M. W. Chou, Mechanism of Inhibition of Tannin Acid and Related Compounds on the Growth of Intestinal Bacteria, *Food Chem. Toxicol.*, **36**(12), 104(1998).

### Authors

---

- 염 준 전남대학교 의류학과/생활과학연구소 석사과정 학생  
류동일 전남대학교 고분자·섬유시스템공학과 교수  
신윤숙 전남대학교 의류학과/생활과학연구소 교수