

## 양이온화된 대나무-면 복합직물의 천연염색에 관한 연구 -치자를 중심으로-

노영주<sup>†</sup>

경북대학교 의류학과

### The Study on Natural Dyeing of Cationized Bamboo-Cotton Blended Fabrics Using Gardenia Dye

Young-Ju Noh<sup>†</sup>

Dept. of Clothing & Textiles, Kyungpook National University; Daegu, Korea

**Abstract:** This study aimed to investigate the dyeing characteristics of bamboo-cotton-blended fabric after cationization treatment using Gardenia dye. After cationization, the K/S and L\*a\*b\*C\*h° values of the bamboo-cotton blended fabric were measured using a computer color-matching system (CCM). The dyeing characteristics were examined according to the cationization treatment concentration, dyeing temperature, and dyeing time, and K/S values were determined. Additionally, the washing and light fastness of the Gardenia-dyed bamboo-cotton blended fabrics were evaluated. The results revealed that as the cationization treatment concentration increased, the K/S values also increased. The surface color of the fabric changed from bright yellow to a less bright shade as the cationization concentration increased. The optimal dyeing temperature for Gardenia dyeing on bamboo-cotton blended fabric was 60°, with the optimal dyeing time being 40 minutes. The maximum absorption wavelength was ~ 450 nm, where the highest K/S value was recorded. In terms of washing fastness, the discoloration improved as the cationization concentration increased. The staining fastness was excellent, with most samples showing a rating of 4-5, except for cotton. For light fastness, the sample treated with CHATAC-0 exhibited a rating of 3, whereas the samples treated with CHPTAC-25 or higher showed ratings of 3-4, indicating improved light fastness.

**Key words:** bamboo-cotton(대나무-면), cationization(양이온화), CHPTAC(양이온화제), Gardenia jasminoides(치자), natural dyeing(천연염색)

## 1. 서 론

치자(*Gardenia jasminoides* Ellis)는 꼭두서니과(Rubiaceae) 치자나무속(*Gardenia*)에 속하는 상록 관목의 열매를 말하며, 천연 염료 재료로 널리 알려져 있다(Wenping et al., 2017). 치자는 전통적으로 천연 황색 염료로 사용되어 왔을 뿐만 아니라, 항당뇨, 항염증, 항우울, 항산화 등의 다양한 생리활성을 지니 수면의 질을 개선하는 데에도 활용되어 왔다(Jiarong et al., 2021). 원산지는 중국, 일본, 대만 등지이며, 우리나라에는 약 1,500년 전 중국으로부터 전래되어 남부 지방에서는 야외 재배가 가능하다. 치자나무는 6~7월경 향기로운 흰 꽃을 피우며, 9월경 주황색으로 열매가 익어 관상수로서의 가치도 높다. ‘치

자’란 이처럼 주황색으로 익은 열매를 지칭한다. 치자나무는 중국 여러 지역에 분포하며, 유기 천연 노란색 염료로 널리 이용되어 왔다(Chen et al., 2020).

치자 염료는 단색성 천연 염료에 속하며, 산업적 활용 범위가 넓다. 중국을 비롯해 일본, 한국, 인도, 북미 등 다양한 국가에서 우수한 천연 착색제로 인정받아 사용되어 왔다. 특히 치자의 노란색 색소로부터 얻어지는 genipin은 고대부터 천연 가교제로 활용되어 왔으며, 효과적이고 친환경적인 가교제로서 다양한 장점을 지닌 것으로 보고되고 있다. genipin은 일반적으로 모화합물인 geniposide로부터 유래하며, 치자나무로부터 분리·정제된다. 이로 인해 치자나무는 전통 의약품으로서뿐만 아니라 식품, 섬유, 화학 산업 등 다양한 분야에서도 중요한 가치가 있다(Yan et al., 2020).

치자 염료의 주요 색소 성분은 carotenoid의 일종인 crocin으로, crocetin과 gentiobiose가 결합된 형태를 가지고 있다. 또한 치자의 노란 색소로부터 얻어지는 genipin은 다양한 연구를 통해 천연 가교제로서의 효과성과 우수성이 입증되었다. 치자열매는 수용성의 황색색소를 다량 함유하고 있으며, crocin은 carotenoid의 일종으로 crocetine에 gentiobiose가 결합된 것이며

<sup>†</sup>Corresponding author: Young-Ju Noh

Tel. +82-53-581-1231, Fax. +82-53-587-2231

E-mail: nyj80style@gmail.com

©2025 The Korean Fashion and Textile Research Journal(KFTRJ). This is an open access journal. Articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ethyl ether, benzene, chloroform 등에 용해된다(Ozaki et al., 2002). 자외선에 의한 색소분해 또는 cis-trans 이성화가 일어나기 쉽고 산소나 산화물에 의해서 산화가 되기 쉽기 때문에 보관하는 것은 피하는 것이 좋다. 일반적으로 β-carotene은 지용성을 나타내지만 saffron이나 gardenia jasminoides의 황색색소는 crocetin의 카르복실기에 여러 가지 당이 결합된 배당체 상태의 구조이며, 그 중에서 crocetin digentiobioside인 crocin ester는 주성분이 수용성이다(Im, 1986; Kamikura & Nakazato, 1985; Oshima, 1998).

셀룰로오스 섬유는 다수의 수산기(-OH)를 포함하고 있어 합성섬유에 비해 화학적 반응성이 뛰어나다. 직접염료, 반응성염료, 황화염료, 견염염료 등으로 염색할 수 있지만, 염기성염료나 산성염료에 대해서는 염착성이 매우 낮다. 이에 따라 염색성을 향상시키기 위해서는 섬유에 염기성기 또는 산성기를 도입하는 화학적 개질이 필요하다(Sung et al., 1997).

셀룰로오스 섬유의 양이온화는 주로 아민기 또는 4급 암모늄기를 섬유에 도입하여 이루어지며, 최근에는 셀룰로오스 기반 섬유의 다양화 및 기능성 부여 방법으로 그 중요성이 부각되고 있다. 양이온화된 대나무-면 복합직물은 산성염료로 염색이 가능할 뿐만 아니라, 반응성염료로 염색할 경우에도 망초나 알칼리 없이 산성 또는 중성 조건하에서 고농도 염착이 가능해진다(Sung et al., 1997).

한편, 셀룰로오스계 섬유에 속하는 면섬유는 -OH 구조로 인해 음전하를 띠고 있어 음이온성 염료와 반발을 일으키며, 이는 천연염색에서 염착성을 저해하는 요인이 된다. 이러한 한계를 보완하기 위해 화학적 개질 방식인 양이온화 처리가 대안으로 제시되어 왔다. 본 연구는 고유의 물리적, 화학적 특성을 갖는 대나무-면 복합직물을 대상으로 한다. 해당 소재는 천연섬유(면)와 재생섬유(대나무 레이온)가 결합된 구조로, 면과는 다른 염색성 및 물리적 특성을 나타낸다. 대나무-면 복합직물은 우수한 흡수성, 통기성, 항균성을 보유하고 있으나, 이종섬유 간의 물리적 차이로 인해 염색 균일도 및 염착성의 확보가 쉽지 않다. 따라서 복합직물에 대한 염색성 연구는 실용적 가치가 충분하며, 단순히 면직물과 비교할 수 없는 특수성이 존재한다.

특히 본 연구는 기존에 수행된 코치닐을 이용한 유사 연구를 기반으로 하되, 염제와 염색 메커니즘의 차이점을 감안하여 치자 염제의 특성에 맞는 실험 방법 및 고찰을 독립적으로 구성하였다. 이에 본 연구에서는 양이온화된 대나무-면 복합직물에 천연 염료인 치자를 적용하여 염색특성을 알아보고, 양이온화 처리 농도에 따른 세탁견뢰도와 일광견뢰도 특성을 고찰하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시료 및 시약

본 실험에 사용된 대나무-면 복합직물은 경사 방향이 bamboo rayon, 위사 방향이 cotton으로 구성된 평직 직물이다.

**Table 1.** Characteristics of bamboo-cotton blended fabric

Material	Bamboo-cotton blended fabric
Weave	Plain
Warp	Bamboo rayon(65%)
Weft	Cotton(35%)
Density (threads/5 cm)	224 × 151
Weight (g/m <sup>2</sup> )	123.8

직물의 물리적 특성은 Table 1에 정리하였다. 혼용률은 KS K 0210에 따라 분석하였으며, 분석 결과 bamboo rayon 65%, cotton 35%로 나타났다. 시료의 특징은 Table 1과 같다.

본 실험에 사용된 시약은 양이온화제[3-chloro 2-hydroxypropyl trimethyl ammonium chloride: 이하 CHPTAC (Sigma-aldrich, USA)], 수산화나트륨[sodiumhydroxide(NaOH) (Duksan pure chemical Co. LTD, Korea)], 아세트산[acetic acid (Duksan pure chemical Co. LTD, Korea)] 등은 1급 시약으로 정제 없이 사용하였다.

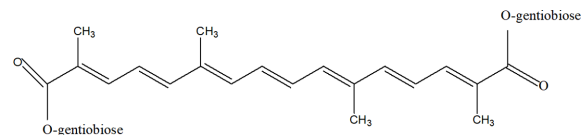
### 2.2. 치자 염액의 제조

치자는 껍질과 열매를 건조시킨 것을 국내 약재상에서 구입하였으며, 원산지는 중국산이다. 열매의 껍질 및 씨앗을 제거한 건조 치자를 3 g/100 m로 계량한 후 물이 들어 있는 용기에서 90°C에서 60분간 추출하였다. 추출 시 염액의 전체 양은 수시로 증류수를 보충하여 용비 30:1을 유지하였다. 치자의 주 색소 성분인 crocin의 화학구조는 Fig. 1과 같다.

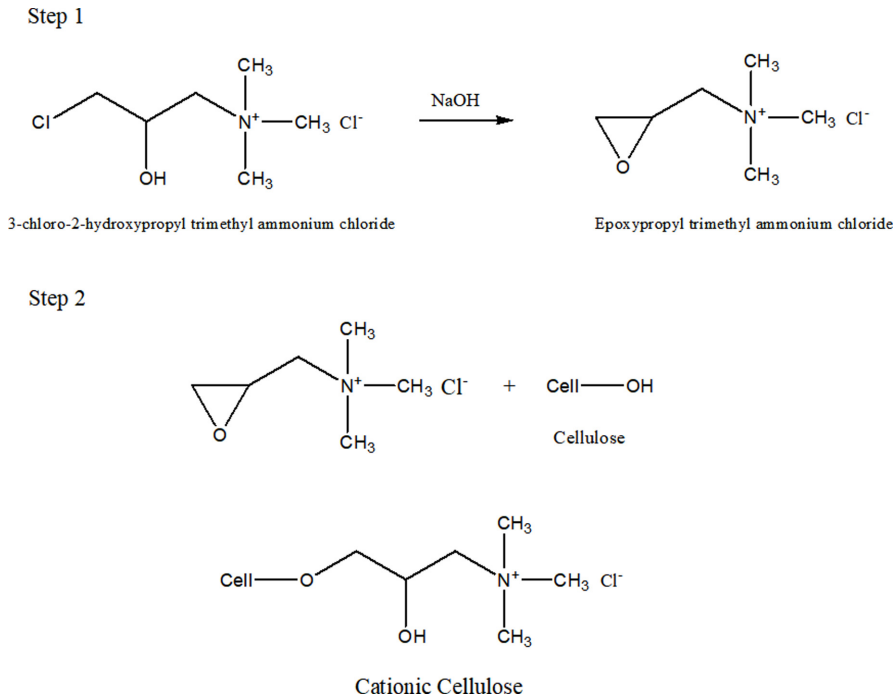
### 2.3. 양이온화

CHPTAC 용액은 60% 수용액으로 이루어진 것을 각각 0, 25, 50, 100, 125, 150 g/로 나누고, CHPTAC 대비 NaOH를 mol ratio 2.2:1로 구성하여 혼합하여 사용하였다. 각 농도에서 양이온화시킨 대나무-면 복합직물을 각각 CHPTAC-0, CHPTAC-25, CHPTAC-50, CHPTAC-75, CHPTAC-100, CHPTAC-125, CHPTAC-150이라 하였다. 시료는 양이온의 안정적인 침투를 위해, CHPTAC 용액에 침지하기 전 증류수에 30분간 침지 후 각각의 농도로 나누어진 CHPTAC 용액에 30분간 침지 후 사용하였다.

양이온화는 pad-dry-cure(PDC) 공정으로 진행하였다. Padding은 mangle(Heung Shin Tester Co. HS-126, Korea)을 사용하여 양이온화제 용액이 100% pick up율이 되도록 하였다. Padding된 각각의 대나무-면 복합직물은 5분간 자연건조 후 tenter(Hyunmin machine co., Korea)를 이용하여 115°C에서 4



**Fig. 1.** Structure of the crocin.



Scheme 1. Reactions of CHPTAC showing cationization of bamboo-cotton blended fabric(Khatiri et al., 2013).

분간 curing하였다. Curing된 대나무-면 복합직물을 1-2 g/l 아세트산 수용액에 1분간 침지하여 중화시킨 후 수세·건조하였다.

양이온화는 셀룰로오스의 -OH 기와 CHPTAC가 반응해 epoxy 고리 개환을 통해 양이온기를 도입하는 방식이며, 이는 셀룰로오스 계열인 bamboo rayon과 cotton 모두에 적용된다. 그 반응 기구는 scheme 1과 같다. 셀룰로오스의 양이온화는 크게 2단계로 이루어지는데 첫 번째 단계는 3-chloro-2-hydroxypropyl trimethyl ammonium chloride(CHPTAC)의 epoxypropyl trimethyl ammonium chloride이며, 두 번째 단계는 epoxypropyl trimethyl ammonium chloride와 cellulose의 반응으로 epoxy 고리의 개환반응으로 양이온화된 셀룰로오스(cationic cellulose)가 생성된다(Noh & Lee, 2022).

2.4. 염색

양이온 처리된 대나무-면 복합직물은 염색 전에 증류수에 30분간 침지하여 습윤 상태로 만든 후, 치자 염액과 함께 염색 실험기에 넣고 염색하였다. 염색 시작 온도는 30°C로 설정하고, 이후 1분당 2°C씩 승온하여 실험 조건에 따라 염색 온도와 시간을 조절하였다. 염색은 IR-염색기(Korea Science, KS-W24, Korea)를 이용하여 진행하였다.

양이온화 처리 농도에 따른 염색 실험은 CHPTAC를 각각 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150 g/l 농도로 처리한 직물을 사용하였으며, 염욕비 30:1, 염색 온도 60°C, 염색 시간 40분의 조건에서 수행하였다.

염색 온도에 따른 실험은 염욕비 30:1 조건에서 염색 시간을 40분으로 고정하고, 염색 온도를 각각 30, 40, 50, 60, 70, 80,

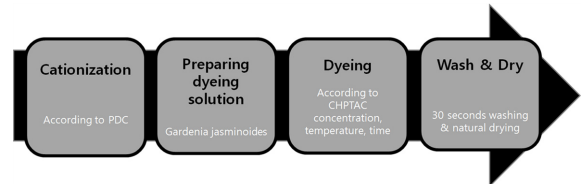


Fig. 2. Scheme diagram of process.

90, 100°C로 달리하여 염색하였다.

염색 시간에 따른 실험은 염욕비 30:1, 염색 온도 60°C의 조건에서 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100분으로 시간을 달리하여 염색하였다. 염색 후 시료는 30°C까지 식힌 후 흐르는 물에 30초간 수세하고 자연 건조하였다.

Fig. 2는 연구진행절차를 나타낸 것이다.

2.5. 측색 및 표면염색농도(K/S)

염색된 시료는 CCM(Computer Color Matching System)을 사용하였으며, CIE(Commission Internationale de l'Eclairage: 국제조명위원회)의 SCE모드에서 표준광 D65와 10° 표준관측자에 기초하여 K/S와 L\*a\*b\*c\*h° 값으로 변환되었다.

L\*(Whiteness), a\*(redness-greeness), b\*(yellowness-blueness), C\*(chroma), h°(hue angle)로 정의하며, 각 항목은 5회 측정 후 평균을 사용하였다. K/S 값은 최대 흡수 파장에서 표면 반사율을 측정하여 Kubelka-Munk식으로 계산하였다. Kubelka-Munk식의 함수식은 다음과 같다.

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

3차원 공간 좌표상의 점으로 두 점 사이의 거리를 나타내는 색차( $\Delta E^*$ )는 Hunter 식을 이용하여  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값을 구하였다. 이 때,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값은 측색기(Color-view spectrophotometer(BYK-Gardner, Model CG-9005, U.S.A))를 사용하여 각각 5회씩 측정 한 후 그 평균값을 사용하였다. 색차( $\Delta E^*$ )의 정의는 다음과 같다.

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

### 2.6. 염색견뢰도

세탁견뢰도는 KS K ISO 105-C10:2006에 따라 Launder-O-meter(SDL ATLAS)를 사용하고, 세제의 양은 5g/L(standard soap)로 40°C, 30분 동안 세탁하여 측정하였다. 세탁 후 시료를 변퇴색 정도와 오염 정도를 각각 판정하였다. 견뢰도 판정으로는 KS K ISO 105-A02에 근거하여 표준회색표(grey scale)를 이용하여 변퇴색 정도를 판정하고, KS K ISO 105-A03에 근거해 다섬교직포(DW)를 이용하여 오염 정도를 등급으로 평가하였다.

일광견뢰도는 KS K ISO 105-B02: 2014에 따라 Weather-O-meter(ATLAS)로 Water-cooled Xenon-arc Lamp를 사용하여 표준 퇴색시간(규정 복사 에너지량 3456 KJ/m<sup>2</sup>, 20h)동안 광조사 후 측정하였으며, 견뢰도의 판정으로는 일광 후의 시료를 KS K ISO 105-B02에 따라 표준회색표를 이용하여 등급으로 평가하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 양이온화 처리농도에 따른 염색성

Fig. 3은 양이온화 처리농도에 따른 K/S를 나타낸 것으로, 최대 흡수파장은 450 nm에서 나타났다. Fig. 3에서 알 수 있듯이 CHPTAC처리 농도가 높을수록 K/S 값은 증가하였다. CHPTAC-0~100 구간은 K/S 값의 증가가 완만했으나, CHPTAC-100→CHPTAC-125 구간에서 급격한 상승이 나타났다. 이는 일

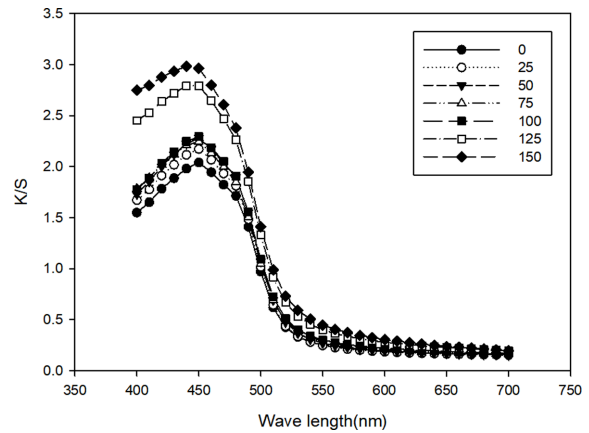


Fig. 3. Effect of CHPTAC concentration on the K/S value of bamboo-cotton blended fabric dyed with Gardenia jasminoides(dyeing condition : 60°C, 40min).

정 농도 이상에서 양이온기 도입량이 임계값을 초과하여, 음이온 염료인 crocin과의 전기적 상호작용이 극대화된 것으로 해석된다. 또한 대나무 레이온은 화학적 반응성이 면보다 낮기 때문에, 초기 농도에서는 반응이 제한적이나 일정 수준 이상의 농도에서 bamboo 성분까지 양이온화가 활성화되어 염착성을 급증시킨 것으로 판단된다.

또한, 양이온화로 개질된 면직물의 산성염료와의 염색 시 양이온제를 첨가할수록 K/S 값이 증가하였다는 연구가 보고된 바 있다(Park & Ryu, 2000). 본 연구에서 사용된 치자는 산성염료로써, 산성염료와는 전혀 친화력이 없는 대나무-면 복합직물을 화학적으로 개질시킴으로써 치자 염료와의 염색성 향상에 도움이 된 것으로 판단된다. 따라서 양이온화 처리농도가 높을수록 대나무-면 복합직물에 대한 치자의 K/S 값은 더욱 높을 것으로 판단된다.

Table 2는 양이온화 처리 농도에 따른 표면색 변화와 염색 시료의 사진을 나타낸 것이다. 그 결과 CHPTAC-0의 경우  $L^*$  값이 73.04,  $a^*$  값이 3.11,  $b^*$  값이 39.53,  $h^\circ$  85.50으로 나타나 밝은 노란색 시료임을 알 수 있다. 양이온화 처리 농도에 따른 변화를 분석한 결과, CHPTAC 농도가 증가함에 따라  $L^*$

Table 2. Color change of the dyed fabrics with Gardenia jasminoides according to CHPTAC concentration(dyeing condition : 60°C, 40min)

Color factors	CHPTAC concentration(g/l)						
	0	25	50	75	100	125	150
$L^*$	73.04	73.08	72.38	71.87	71.37	68.49	67.38
$a^*$	3.11	3.47	4.13	3.88	4.09	5.34	5.87
$b^*$	39.53	41.19	41.26	40.11	39.79	40.25	40.01
$C^*$	39.65	41.34	41.47	40.29	40.00	40.61	40.44
$h^\circ$	85.50	85.19	84.28	84.47	84.13	82.45	81.65

Surface color



값은 점차 감소하는 경향을 보였으며, 이는 양이온화 농도가 높아질수록 직물의 색상이 어두워지는 것을 의미한다.  $a^*$  값은 양이온화 처리 농도가 증가함에 따라 전반적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 시료의 색상이 붉은 방향으로 이동하고 있음을 나타낸다.  $b^*$  값은 전반적으로 39.53~41.26 범위 내에서 변동하며 큰 차이는 나타나지 않았으나, CHPTAC-50의 처리 농도에서 최대치를 보였다가 이후 다소 감소하는 경향을 보였다. 따라서 CHPTAC 농도가 황색-청색 계열의 색상에 미치는 영향은 제한적인 것으로 판단된다.  $C^*$  값은 CHPTAC 농도가 증가함에 따라 약간의 변동은 있었으나, 전반적으로 CHPTAC-0의 39.65 에서 CHPTAC-150의 40.44로 큰 변화 없이 유지되었다. 이는 양이온화 농도 증가가 색의 선명도에는 큰 영향을 미치지 않음을 의미한다.

$h^\circ$ 의 경우 양이온화 처리 농도가 높아질수록 감소하는 경향을 보여, CHPTAC-0 의 85.50에서 CHPTAC-150의 81.65로 변화하였다. 이는 색상이 점차 적색 계열로 이동하고 있음을 의미한다.

염색 시료의 표면색상은 CHPTAC-0의 밝은 노란색에서 CHPTAC 농도가 높을수록 붉은 기미가 있는 약간 어두운 노란색으로 변화되었다.

3.2. 염색온도에 따른 염색성

Fig. 4는 염색 온도에 따른 K/S 값을 나타낸 것이다. 그 결

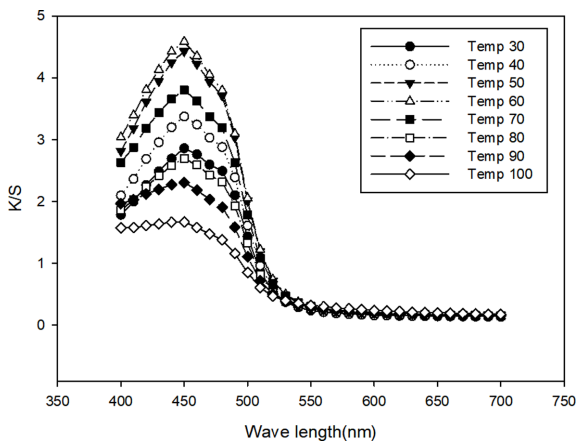


Fig. 4. Effect of dyeing time on the K/S value of bamboo-bottom blended fabric dyed with Gardenia jasminoides (dyeing time. 40min).

과, 염색 온도 60°C까지는 K/S 값과  $C^*$  값이 증가하였으나, 70°C 이상에서는 감소하였다. 70°C 이상의 고온에서는 염료의 탈락뿐만 아니라 섬유의 미세구조 변화(팽윤 및 표면 결합력 약화)에 따른 것으로 판단된다. 치자 염료는 열 안정성이 있으나, 섬유 표면의 변형은 염착 안정성을 저하시킬 수 있다. 또한 고온 조건에서는 crocin 색소가 cis-trans 이성화 또는 산화되어 구조적으로 불안정해지고, 섬유와 염료 사이의 결합이 느슨해지며 염료가 다시 유출되는 현상이 나타날 수 있다. 특히 bamboo rayon과 같은 재생셀룰로오스 섬유는 고온에서 팽윤 (swell) 또는 표면 손상이 발생할 가능성이 있으며, 이러한 구조적 변화는 염착력 저하의 주요 원인으로 작용할 수 있다.

염색 온도가 일정 수준 이상으로 상승할 경우, 색 농도가 오히려 감소하는 현상은 실험적 관찰을 통해 확인된 바 있으며, 이는 열에 의한 염료의 분해나 탈착 가능성과 관련될 수 있다. 이러한 결과로 볼 때, 대나무-면 복합직물의 치자 염색 시 적정 염색 온도는 60°C로 판단된다.

Table 3은 염색 온도에 따른 대나무-면 복합직물의 표면색 변화를 나타낸 것이다. 염색 온도 변화에 따른 변화를 분석한 결과, 염색 온도가 50°C에서 60°C 사이일 때  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  값이 최대치를 기록하며, 색상의 채도 및 노란색 성분이 가장 선명하게 표현되는 것으로 나타났다. 반면, 염색 온도가 70°C를 초과하면  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  값이 점차 감소하는 경향을 보이며, 이는 고온에서 색소의 분해 또는 염료의 탈락 현상이 높다는 것을 의미한다. 염색 온도 30°C의 경우  $L^*$  값이 72.68로 밝은 명도를 나타내었으며,  $a^*$  값이 6.28,  $b^*$  값이 47.23 그리고  $h^\circ$ 가 82.43 인 것으로부터 밝은 노란색임을 알 수 있다. Table 4에서 알 수 있듯이 염색 온도에 따른  $L^*$  값은 전 온도 범위에서 비교적 안정적인 값을 유지하였으며(약 70~72), 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 염색 온도 변화가 색의 명도보다는 주로 색상의 채도 및 색상각에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

$C^*$  값은 염색 온도 60°C까지는 증가하여 시료가 점차 진한 색상으로 염색되어 순도가 증가하였으나 70°C 이상에서는 점차 감소하는 것을 알 수 있다. 특히, 염색 온도 60°C에서 55.57로 나타나, 본 실험에서 가장 높은 색의 선명도를 보였다. 한편,  $h^\circ$ 는 염색 온도 30°C의 82.43에서 염색 온도 100°C에서 84.65°를 나타내었다.  $h^\circ$ 는 전반적으로 81°~85° 범위에서 완만한 증가세를 나타내었으며, 이는 염색 온도가 증가할수록 색상이 약간 더 노란색 계열로 이동했음을 의미한다.

Table 3. Color change of the dyed fabrics with Gardenia jasminoides according to temperature(dyeing time : 40min)

Color factors	Dyeing temperature(°C)							
	30	40	50	60	70	80	90	100
$L^*$	72.68	72.35	70.23	70.24	70.42	71.98	71.72	71.35
$a^*$	6.28	7.23	7.96	8.64	7.74	5.51	4.53	3.02
$b^*$	47.23	50.78	53.98	54.89	50.70	44.74	40.69	32.19
$C^*$	47.65	51.29	54.56	55.57	51.29	45.07	40.94	32.33
$h^\circ$	82.43	81.90	81.62	81.05	81.32	82.97	83.65	84.65

**Table 4.** Fastness to washing of dyed fabric with *Gardenia jasminoides* according to CHPTAC concentration

CHPTAC concentration (g/l)	Color change	Stain					
		Acetate	Cotton	Nylon	Poyester	Acrylic	Wool
0	2-3	4-5	1-2	4-5	4-5	4-5	4-5
25	2-3	4-5	1-2	4-5	4-5	4-5	4-5
50	3	4-5	1-2	4-5	4-5	4-5	4-5
75	3	4-5	1-2	4-5	4-5	4-5	4-5
100	3	4-5	1	4-5	4-5	4-5	4-5
125	3-4	4-5	2	4-5	4-5	4-5	4-5
150	3-4	4-5	2	4-5	4-5	4-5	4-5

Dyeing condition : 60°C, 40min

이러한 결과로부터 염색 온도 조절이 최종 색상 구현에 있어 중요한 변수임을 알 수 있으며, 목표 색상에 따라 적정 염색 온도 범위를 설정하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

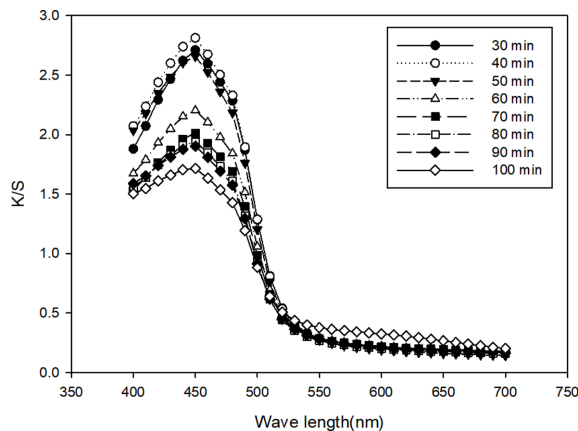
### 3.3. 염색시간에 따른 염색성

Fig. 5는 염색시간에 따른 K/S를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 알 수 있듯이 염색 초기에는 염료의 흡착이 증가하여 40분 시점에서 최대치를 보였으나, 이후 시간이 길어지면서 오히려 K/S 값이 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 crocin 색소의 수용성 특성과 선형 구조로 인해 빠른 시간 내에 포화상태에 도달한 후, 시간이 길어지면서 염료가 다시 용출되는 탈염 현상 때문으로 해석된다. 즉, 섬유와 염료 간의 결합이 동적 평형에 도달하면, 이후에는 재흡착보다 탈색이 우세해지는 전환점이 형성된다.

대나무-면 복합직물에 대한 치자의 염색은 치자 색소 주성분인 crocin과 -OH 기의 결합에 의한 상호작용에 기인한다. 염색시간 40분 이후에는 섬유와 염료의 결합 등이 동적 평형상태에 도달(Shin et al., 2005)하여 염색시간이 경과하더라도 K/S 값은 오히려 감소한다는 연구가 보고된 바 있다. 또한 crocin 색소는 60°C에서 30분 추출 시 안정성을 보였으며(Kim &

Kim, 1997), 염색시간이 60분을 초과하면 면직물에서 염착량이 감소한다는 보고(Ko, 2011)도 본 연구 결과와 일치한다.

Crocin의 선형(linear) 염료 구조는 섬유에 대한 높은 결합 친화성과 빠른 확산성을 제공하여 단시간 내 염색을 가능하게 하며, 균일한 색상 구현에도 기여한다. 선형 구조를 가진 염료 분자는 섬유에 배향성을 부여하여, 섬유의 표면과 더 잘 결합할 수 있다. 이러한 배향성은 염색된 섬유에 균일한 색상을 제공하고, 색상 고정력을 증가시킬 수 있는 중요한 요소로 작용한다. 또한, 선형 구조는 염료가 섬유 내에서 확산되는 방식에 영향을 미친다. 선형 구조의 염료는 물리적으로 더 쉽게 이동할 수 있기 때문에, 섬유 전체에 고르게 퍼져 염색 효과를 더욱 향상시킬 수 있다. 이와 같은 특성은 셀룰로오스 섬유에 대한 직접 염료의 확산 거동을 분석한 연구에서도 확인된 바 있다(Keraania et al., 2021). 해당 연구에서는 염료 구조, 섬유 특성, 염욕 조성이 염료의 확산 속도에 미치는 영향을 살펴본 것으로, 염료의 선형 구조가 염료 확산에 중요한 역할을 한다고 언급하였다. 이러한 결과는 선형 구조를 가진 염료가 섬유와의 결합력이 강하고, 균일한 색감을 제공하여 염색 효과가 우수하다는 본 연구의 주장과도 일치하며, 치자 염료의 빠르고 효과적인 염착 특성을 뒷받침한다.



**Fig. 5.** Effect of dyeing time on the K/S value of bamboo-cotton blended fabric dyed with *Gardenia jasminoides* (dyeing temp. 60°C).

### 3.4. 염색견뢰도

#### 3.4.1. 세탁견뢰도

Table 4는 양이온화 처리 농도에 따른 세탁견뢰도를 변퇴색과 오염으로 나누어 나타낸 것이다. 변퇴색의 경우 CHPTAC-0에서는 2-3등급, CHPTAC-0~25에서는 3등급, CHPTAC-50~100에서는 3등급, CHPTAC 125~150에서는 3-4등급으로 나타나, 양이온제 처리 농도가 높아질수록 변퇴색 견뢰도가 전반적으로 개선된 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 양이온화 처리에 따라 섬유 표면의 양이온화가 강화되어 염료의 고착력이 증가한 것으로 판단된다.

오염의 경우 양이온화 처리 농도에 따른 견뢰도는 면을 제외한 시료에서는 4-5등급으로 우수한 것으로 나타났다. 면과의 세탁 시 CHPTAC-0~75에서는 1-2등급, CHPTAC-100에서는 1등급, CHPTAC-125~150에서는 2등급으로 낮은 견뢰도 결과

**Table 5.** Fastness to light of dyed fabric with *Gardenia jasminoides* according to CHPTAC concentration

CHPTAC concentration(g/l)	Color change
0	3
25	3-4
50	3-4
75	3-4
100	3-4
125	3-4
150	3-4

Dyeing condition: 60°C, 40min

값이 나타나 면과 함께 세탁 시 오염이 많이 일어난다는 것을 알 수 있다. 면과 함께 세탁 시 낮은 오염견뢰도를 보인 이유는, 면섬유가 흡수성이 높아 탈색된 염료를 재흡수하기 쉽기 때문으로 판단된다. 반면, 합성섬유(폴리에스터, 나일론 등)는 표면이 소수성이며 염료 친화력이 낮아 오염 정도가 낮게 나타난다.

이러한 결과로부터 치자 염색 시, 양이온 처리 농도에 따른 견뢰도 변화는 나타나지 않으며, 면을 제외한 다른 직물들과의 세탁 시 높은 오염견뢰도를 가지는 것을 알 수 있다.

#### 3.4.2. 일광견뢰도

Table 5는 양이온화 처리 농도에 따른 일광견뢰도를 나타낸 것이다. 양이온화 처리 전 (CHPTAC-0)의 일광견뢰도는 3등급으로 나타나 비교적 보통 수준의 견뢰도를 지닌 것으로 나타났다. CHPTAC-25 이상에서 처리한 일광견뢰도는 3-4등급으로 나타나 견뢰도가 향상되었으며, 일광견뢰도가 일정 수준 이상으로 유지되는 것으로 나타났다. 특히, CHPTAC-25에서 즉시 등급이 상승하고 이후 농도 증가에도 일광견뢰도 등급이 유지된다는 점은, 약간의 양이온화 처리만으로도 색소의 고착력 향상에 기여하는 것으로 판단되며, 이는 양이온화제가 섬유의 표면 전하를 변화시켜 음이온성 염료의 부착력을 높이고, 결과적으로 염색물의 색상 변화를 감소시킨 효과로 판단된다.

CHPTAC-25 이상에서 일광견뢰도는 3-4등급으로 향상되었지만, 이후 농도 증가에 따른 추가적인 개선 효과는 뚜렷하지 않았다. 이는 일정 농도를 초과하면 염료의 광안정성에 미치는 양이온화 효과가 포화 상태에 도달했음을 의미한다. 따라서 경제성과 효율성을 고려할 때, 일광견뢰도 유지에 가장 적합한 양이온화 처리 농도는 CHPTAC-25로 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 양이온화 처리한 대나무-면 복합직물에 대해 천연염료인 치자의 염색 특성 고찰을 위하여 적정 양이온화 처리 농도와 염색온도 및 염색시간에 따른 염색성을 고찰하였으며, 양이온 처리 농도별 세탁 및 일광견뢰도를 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 양이온 처리 농도별 실험결과, 양이온 처리 농도가 높을수록 K/S 값이 높은 것으로 나타났다. 표면색은 CHPTAC-0의 밝은 노란색에서 양이온 처리 농도가 높을수록 붉은기가 있는 어두운 노란색으로 변화하였다.

2. 염색온도별 실험 결과, 최대 흡수파장은 450 nm이며, 적정 염색 온도는 60°C로 나타났다. 염색 온도가 올라갈수록 L\* 값은 약간 감소하였으나, 전 온도 범위에서 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. C\* 값은 염색온도 60°C까지는 증가하였으나 70°C 이상에서는 점차 감소하였다.

3. 염색시간별 실험 결과, 최대 흡수 파장은 450 nm이며, 적정 염색 시간은 40분으로 나타났다.

4. 양이온 처리 농도에 따른 세탁견뢰도 분석 결과, 변퇴색 견뢰도는 양이온 처리 농도가 높아질수록 전반적으로 향상된 것으로 나타났다. 오염의 경우 양이온 처리 시 면을 제외한 직물들에서 4-5 등급으로 우수한 것으로 나타났다.

5. 양이온화 처리 농도에 따른 일광견뢰도 분석 결과, CHPTAC-0에서 3등급으로 나타났으며, CHPTAC-25 이상의 농도에서 처리한 시료 모두에서 3-4등급으로 나타나 일광견뢰도는 향상되었다.

본 연구는 천연염색 분야에서 대나무-면 복합직물에 대한 실용적 가공 기술 가능성을 제시하며, 향후 복합섬유 기반 친환경 제품 개발에 기초자료로 활용될 수 있다.

## References

- Chen, L., Li, M., Yang, Z., Tao, W., Wang, P., Tian, X., Li, X., & Wang, W. (2020). *Gardenia jasminoides* Ellis: Ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacological and industrial applications of an important traditional Chinese medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 257, 112829. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112829>
- Im, K. S. (1986). A study on the development of natural dyes. *Journal of the College of Agriculture, Chung-Ang University*, 7, 175.
- Jiarong, C., Gabriel, M. T., Xinzhi, Z., Weizhuo, T., Fang, L., Minzhuo, L., Chenxi, Z., Xinhua, S., & Zhihong, Z. (2021). Anti-inflammatory activities of *Gardenia jasminoides* extracts in retinal pigment epithelial cells and zebrafish embryos. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 22(700). <https://doi.org/10.3892/etm.2021.10132>
- Kamikura, M., & Nakazato, K. (1985). Comparison of natural yellow colors extracted from saffron (*Crocus sativus* Linne) and gardenia fruit (*Gardenia jasminoides*). *Eisei Shikenjo Hokoku*, 103, 157-160.
- Keraania, B., Mahjoub, T., Hamdaoui, M., Jabli, F., & Fayala, F. (2021). An insight into the diffusion of direct dyes into cellulosic materials: Effect of fabric characteristics, dye structure, and bath composition. *Journal of Natural Fibers*, 18(21), 5271-5281. <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1875369>
- Khatri, Z., Mayakrishnan, G., Hirata, Y., Wei, K., & Kim, I. S. (2013). Cationic-cellulose nanofibers: Preparation and dyeability with anionic reactive dyes for apparel application. *Carbohydrate Polymers*, 91, 434-443.

- Kim, K. S., & Kim, Y. J. (1997). A study on the extraction of soluble colorants of the *Gardenia jasminoides* Ellis. *Textile Coloration and Finishing*, 9(3), 10-17.
- Ko, H. R. (2011). Study on the dyeability of cotton fabrics dyed with natural gardenia blue powder. *Textile Coloration and Finishing*, 23(1), 21-27.
- Noh, Y. J., & Lee, S. H. (2022). A study of the cationization of bamboo-cotton blended fabric. *The Korean Fashion and Textile Research Journal*, 24(2), 260-266. <https://doi.org/10.5805/SFTI.2022.24.2.260>
- Oshima, T. (1998). Determination of geniposide, gardenoside, geniposidic acid and liquid chromatography. *Journal of Chromatography*, 25, 410-414.
- Ozaki, A., Kitamo, M., Furusawa, N., Yamaguchi, H., Kuroda, H., Kuroda, K., & Endo, G. (2002). Genotoxicity of gardenia yellow and its components. *Food and Chemical Toxicology*, 40(11), 1603-1616.
- Park, E. K., & Ryu, H. S. (2000). A study on improving the dyeability of BTCA treated cotton fabrics containing nitrogenous cationic additives. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 24(6), 819-827.
- Sung, W. K., Park, S. J., & Lee, W. C. (1997). The improvement of dyeing property of cotton fabric by cationic agent treatment. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 9(1), 33-43.
- Shin, N. H., Kim, S. Y., & Cho, K. R. (2005). A study on using gray color dyeing from gallapple. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 7(5), 547-552.
- Wenping, X., Shiming, L., Siyu, W., & Chi-Tang, H. (2017). Chemistry and bioactivity of *Gardenia jasminoides*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 43-61. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.005>
- Yan, L. P., Wang, Y. J., Ren, L., Wu, G., Caridade, S. G., Fan, J. B., Wang, L. Y., Ji, P. H., Oliveira, J. M., & Oliveira, J. T. (2020). Genipin-cross-linked collagen/chitosan biomimetic scaffolds for articular cartilage tissue engineering applications. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 95, 465-475. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.32869>

(Received April 30, 2025; 1st Revised May 20, 2025;  
2nd Revised June 4, 2025; Accepted June 18, 2025)