

패션비즈니스 제26권 4호

ISSN 1229-3350(Print)
ISSN 2288-1867(Online)

J. fash. bus. Vol. 26,
No. 4:100-111, Sept. 2022
[https://doi.org/
10.12940/jfb.2022.26.4.100](https://doi.org/10.12940/jfb.2022.26.4.100)

Corresponding author

Sojin Kim
Tel : +82-31-670-6745
E-mail : sjkim@dima.ac.kr

산화아연 함유 기능성 리오셀의 천연염색 상용화 가능성에 관한 연구

김소진* · 최경미

*동아방송예술대학교 패션스타일리스트과 · 뉴에코테크

A Study on the Commercial Potential of Natural Dyeing of Functional Lyocell Containing Zinc Oxide

Sojin Kim* · Kyoungmi Choi

*Dept. of Fashion Styling, Dong-Ah Institute of Media and Arts, Korea
New Eco Tech, Korea

Keywords

zinc oxide, lyocell,
functional, natural dyes,
dyeability
산화아연, 리오셀, 기능성,
천연염료, 염색성

Abstract

After the corona pandemic, when consumers choose clothes, the issue of sustainability has become a more important selection criterion. The eco-friendly functional fiber used in the study is a smartcell, which has functions such as UV protection, decomposition of harmful substances, deodorization, antibacterial and biodegradation. This eco-friendly functional fiber was dyed using five kinds of natural dyes to examine the color change according to dyeability and dyeing conditions. As natural dyes, gardenia, turmeric, sappan wood, lac, and indigo were used. For comparison with smartcell, rayon, a cellulose regenerated fiber, and wool fiber, a protein fiber, were dyed under the same conditions to compare dyeability and color. The study results are as follows. It was found that smartcell had superior dyeability compared to rayon and wool in gardenia dye and showed lower dyeability than wool when dyeing turmeric, sappan wood, and lac dyes, but showed superior or similar dyeability than rayon. In case of indigo dyeing, the dyeability of smartcell was the best when dyed once, but it was found that smartcell had a lower effect on repeated dyeing compared to wool or rayon. Therefore, smartcell has superior dyeability compared to rayon fiber in gardenia, turmeric, sappan wood, and lac dyeing, and in case of indigo dyeing, it is suitable for light dyeing. When smartcell is produced as textile fashion products, natural dyeing is actively introduced and commercialized, and it is hoped that this study can be a reference material.

I. 서론

코로나 팬데믹은 우리에게 환경에 대한 인식을 제고시켰으며, 그에 따라 소비자들이 패션의류 상품 선택 시 지속가능성의 문제를 더욱 중요한 선택 기준으로 삼게 하였다. 따라서 섬유 패션산업도 제품을 생산하는 데 있어 환경 및 인체 친화적인 섬유를 활용하여 소비자들의 이와 같은 요구를 반영할 필요가 있다. 섬유패션제품 및 원료의 생산과정에서 대량의 에너지, 물, 화학약품, 살충제 등의 사용에 따른 온실가스 및 수질 오염 물질 배출, 폐기물 발생, 해양 미세플라스틱 발생 등으로 환경문제가 야기되면서 환경오염 물질 배출 억제에 대한 요구가 증대되고 있다(Lee & Park, 2021).

친환경 섬유 가운데 리오셀 섬유는 비스코스 레이온 공정이 환경을 오염시키는 것을 극복하기 위해 무공해 공정을 추구로 개발되었는데, 셀룰로오스에 화학적 처리를 거치지 않고 직접 용매에 녹이는 방법으로 섬유를 제조하여 공해 물질 발생을 차단한 친환경 섬유이다(Yoon, Park, Kang, & Im, 2005). 이와 같은 친환경적인 특성 외에도 부드러운 촉감과 드레이프성, 탄력성 등이 우수하며, 내구성 또한 뛰어나고, 특히 습윤 상태에서 매우 높은 강도 유지율을 지니는 등 물리적 특성이 우수하다. 또한 실크에 버금가는 부드러운 촉감과 드레이프, 면과 같은 뛰어난 흡습성, 폴리에스터에 비견되는 강한 내구성에 물세탁이 가능함으로써 셀룰로오스 섬유의 결정적인 단점을 해결하였다(Cho, 2010). 따라서 리오셀 섬유는 세계의 섬유업계가 주목하는 섬유산업에서 21세기 변화를 선도하는 신소재 섬유로 여러 가지 측면에서 물성이 뛰어나 그린라운드 시대에 걸맞은 21세기의 꿈의 섬유로 주목받고 있다. 리오셀 섬유 제조에 사용되는 펄프는 100% 생분해되는 천연재료로 리오셀 제품은 사용 후 폐기된 후에 땅속에서의 생분해성도 탁월한 것으로 알려져 있다(Cho, 2010). 한편 스마트셀(smartcel) 섬유는 의약품 등급의 산화아연(ZnO)을 리오셀 섬유에 영구적으로 균일하게 결합시키는 smartfaber AG사의 기술을 통해 생산된 산화아연 함유 기능성 리오셀이다. 산화아연은 자외선 차단, 유해 물질 분해, 탈취, 향균 및 생분해 등의 기능을 가진 물질로 여러 분야에서 활용되고 있다(Hur & Lee, 2011). 이처럼 생산과정에서 친환경적 특성이 있으며, 다양한 가능성을 겸비한 소재인 스마트셀 섬유가 친환경 천연염색에 의한 염색성은 여타 섬유와 비교하여 어떠한 특성을 갖는지를 실험하여 향후 친환경 섬유 상품으로서의 가치성을 확인하고자 한다.

천연염료는 인체에 해가 없고(Baik & Song, 2003; Shin 2015), 환경에 영향을 거의 끼치지 않으므로 친환경 의류 소재 개발과 함께 주목받고 있다(Shin, Kim, & Choi, 2018). 천연에서 얻어진 염료를 사용하는 천연염색은 합성 염료로 발현된 색채와 달리 자연적이고 편안한 색채에서 자아내는 차별화된 시각적 감성을 나타내며 (Yang & Yi, 2010), 한 가지 염료에서 매염제의 종류와 처리 방법에 따라 다양한 컬러가 발현되는 특징이 있다(Choi, 2001). 그러나 견뢰도와 일정하게 낼 수 없는 컬러, 그리고 대량생산의 어려움 등의 문제가 있어 현재 섬유산업에서 천연염색의 이용은 매우 미미하다(Yu & Park, 2010). 이와 같은 어려움에도 불구하고 천연염색이 오늘날 주목받고 있는 이유는 공해가 없는 염색과정, 편안한 자연 색감, 재현의 창의성, 그리고 천연염색만이 갖는 독특한 기능성 때문이며(Choi, 2002), 최근 의식 수준의 향상으로 인한 환경 및 인체친화형 제품의 수요 증가, 기호(희소) 제품에 대한 인식 전환 등의 다양한 이유에 기인한다(Yoon, 2009). 천연염색은 환경에 해를 끼치지 않는 생산공정과 친환경적인 염료 및 섬유 소재를 사용함으로써 의류의 폐기 시에도 상대적으로 환경의 안정성을 훼손하지 않아 환경에 대한 의식이 높아지고 있는 이 시점에 기업과 소비자들에게 새롭게 주목받고 있다.

본 연구는 환경친화적인 생산과정을 거쳐 만들어진 섬유에 천연염색을 더함으로써 친환경성 강화 및 상품성 제고 가능성을 타진해보고자 한다. 그 방법론으로 산화아연(ZnO)을 리오셀 섬유에 영구적으로 균일하게 결합시켜 생산된 기능성 리오셀인 스마트셀(smartcel) 섬유에 5종의 천연염료를 사용하여 친환경 염색을 하여 염색성과 염색 조건에 따른 색상변화에 대해 살펴보고자 한다. 천연염료는 추후 복합 염색을 통해 다양한 색상을 표현할 수 있도록 황색계와 적색계 및 청색계 염료를 골고루 선택하였다. 황색계 염료인 치자와 울금, 적색계 염료인 소목과 락, 청색계 천연염료인 쪽을 선정하여 매염 조건과 염색 횟수 변화에 따른 염색성을 살펴보고자하였다. 스마트셀의 염색성과 염색 조건에 따른 컬러변화를 비교하기 위해 대조군으로 셀룰로오스 재생섬유인 레이온과 단백질 섬유인 양모섬유를 선택하여, 염색성과 염색 조건별 컬러를 비교하고자 한다. 염색조건별 컬러는 컬러차트로 제시하여 시각적 비교가 가능하게 하였다.

II. 실험방법

1. 실험 재료

1) 직물

본 실험에 사용한 소재는 산화아연을 함유한 리오셀 섬유인 스마트셀(smartcel)과 셀룰로오스 재생섬유인 레이온, 단백질 섬유인 양모이며 각 직물의 특성은 Table 1과 같다. 스마트셀 원단은 LenzingAG사의 리오셀인 유칼립투스 나무에서 추출한 목재펄프로 만든 셀룰로오스에 제약등급의 산화아연 미립자를 화이버 상태에서 16% 이상 결합하여 제조한 섬유로 국내 수입처인 JA International에서 제공받았다. 스마트셀은 자외선 차단, 유해 물질 분해, 냄새 감소 및 항균 특성을 가진 생분해성 기능성 소재이다. 염색 후 데이터 값 비교를 위해 염색 전 시료의 이미지와 CIE Lab값도 나타내었다.

2) 염료

염색에 사용된 천연염료는 황색 계열의 염료 2종과, 적색 계열의 염료 2종, 청색 계열의 염료 1종으로 총 다섯 종의 염료를 선정하였다. 황색 계열의 염료는 치자와 울금, 적색 계열의 염료는 소목과 락을 선정하였다. 상기 염료는 시판용 300메쉬 이상의 섬세한 분말 염료로 2022년 1월에 아티산 공방에서 구매하였다. 청색계 염료는 쪽을 선정하였으며, 인도 알프스사에서 제조한 분말 인디고로 순도 40%인 제품을 구매하여 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 치자, 울금, 소목, 락의 염색 및 매염 방법

위 4가지 염료의 염색 조건은 염료 5g/L, 액비 원단 무게의 1:200의 조건으로 50°C에서 30분간 염색하였다. 매염은 알루미늄 $(\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})$ 5%(o.w.f), 구리

$(\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 3%(o.w.f), 철(FeSO_4) 3%(o.w.f) 매염제를 사용하여 액비 1:200으로 50°C에서 30분간 무매염, 선매염, 후매염의 조건으로 매염하였다.

2) 쪽의 염색 방법




액비 1:200으로 50°C까지 승온하여 알칼리(Sodium hydroxide/NaOH) 1g/L를 넣어 녹인 후, 염료를 6g/L 농도의 조건으로 용해시켰다. 염료가 용해된 염액에 환원제인 하이드로 설파이트(Sodium hydro sulfite/ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)를 3g/L 농도로 첨가하였다. 염액이 투명해지면 직물을 투입하여 50°C에서 5분간 염색 후 건져내어 흐르는 물에 색이 빠져나오지 않을 때까지 충분히 수세하고, 동일한 방법으로 5회 반복염을 실시 후 각각 초산 1g/L로 중화시켰다.

3. 염색성 평가방법

1) 염색성 및 표면색 측정

다섯 가지 염료로 염색된 직물은 측색기(분광광도계, datacolor 110TM, MAESTECH)를 사용하여 표준광원 D65의 조건에서 CIE Lab 값과 CIE C 및 CIE h 값을 측정하였다. 염색 횟수는 치자, 울금, 소목, 락 염료의 경우 각 1회이며, 쪽은 5회 반복 염색하였다. 각 조건의 염색포는 보다 균일한 측색 값을 얻기 위해 한 장의 염색포의 다른 영역을 3회 측색하여 평균값을 구하였다. L값은 명도값을 나타내며 0~100으로 그 수치가 낮으면 저명도, 높으면 고명도를 나타낸다. a와 b값은 색상을 나타내며 a가 +로 갈수록 red, -로 갈수록 green, b값은 +로 갈수록 yellow, -로 갈수록 blue를 나타낸다(Kim & Choi, 2022). 염색포와 미염색포간의 색차를 ΔL , Δa , Δb 및 ΔE 값으로 계산하여 비교하였

Table 1. Characteristics of the Fabric

Fabric	Weave	Image	CIE Lab			Density (threads/cm)		Thickness (mm)	Weight (g/m ²)
			L	a	b	warp	weft		
Smartcel	Plain		88.27	-0.28	11.39	15	14	0.25	140
Rayon	Dobby		90.61	-1.47	3.60	15	14	0.24	138
Wool	Plain		87.58	-2.19	11.07	14	13	0.22	136

다. ΔL , Δa , Δb 값은 각각 염색포-미염색포의 값을 기준으로 계산하였고, ΔE 값은 $\Delta E_{Lab}=[(\Delta L)^2+(\Delta a)^2+(\Delta b)^2]^{1/2}$ 식으로 계산하였다. 또한 컬러 차트로 염색포 이미지와 CIE C(C*)값과 CIE h(h°)값을 제시하여 비교하였다. C*값은 Chroma(채도)이며 수치가 클수록 고채도를 나타낸다. h°이란 Hue(색상)이며 0~360도의 각도로 표시하며 0도는 Red, 90도는 Yellow, 180도는 green, 270도는 Blue, 360(0)도는 다시 Red를 나타낸다(Kim & Choi, 2022). 염착량은 최대 흡수 파장(λ_{max})에서 염색한 직물의 표면반사율을 측정하여 Kubelka Munk식($K/S=(1-R)^2/2R$)에 의해 K/S value(amount of dye uptake)를 산출하였다. K는 염색물의 흡광계수(absorption coefficient), S는 염색물의 산란계수(scattering coefficient), R은 분광반사율(reflectance of monochromatic)이다(Shin, 2015).

III. 결과 및 고찰

1. 치자의 염색성 및 표면색 분석

치자의 염색성과 표면 측정값을 Table 2에 나타냈고, 치자로 염색한 시료의 컬러차트를 Table 3에 나타냈다. 치자 염료의 최대 흡수 파장은 스마트셀과 레이온은 450nm에서 나타나고, 양모는 400nm에서 나타나 셀룰로오스 섬유와 단백질 섬유에서의 치자 염료 흡수 파장의 차이가 있음을 알 수 있다. K/S값은 스마트셀과 레이온을 비교했을 때, 구리매염을 제외하고 스마트셀이 레이온보다 조금 높게 나타났다. 양모의 경우 철매염을 제외하고는 2 이하의 낮은 염착량을 나타내 치자염료의 염색성이 좋지 않음을 알 수 있었다. 스마트셀과 레이온은 알미늄, 구리, 철 매염제 모두 선매염이 후

Table 2. Dyeability and CIE Lab Value of Gardenia

Fabric	Mordant agent	Mordant method	$\lambda_{max}(nm)$	K/S	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE		
SmartCell	No-mordant		450	3.14	79.13	11.52	59.96	-9.14	11.80	48.57	50.81		
		Al	pre	450	3.69	77.79	12.44	62.14	-10.48	12.72	50.75	53.36	
			post	450	1.44	81.63	5.47	44.74	-6.64	5.75	33.35	34.49	
	Cu	pre	450	3.27	77.27	11.12	58.01	-11.01	11.40	46.62	49.24		
		post	450	1.19	79.64	0.68	36.90	-8.63	0.96	25.51	26.95		
	Fe	pre	450	3.13	73.40	8.45	50.48	-14.87	8.73	39.09	42.73		
		post	400	2.88	69.04	13.09	37.26	-19.24	13.37	25.87	34.90		
	Rayon	No-mordant		450	2.93	80.84	6.63	60.76	-9.78	8.11	57.16	58.55	
			Al	pre	450	3.29	80.52	7.41	63.53	-10.09	8.89	59.92	61.41
				post	460	1.21	83.57	1.77	43.60	-7.04	3.24	40.00	40.74
Cu		pre	450	3.41	79.99	7.73	63.56	-10.63	9.20	59.95	61.58		
		post	450	1.17	83.00	0.84	41.42	-7.61	2.31	37.82	38.64		
Fe		pre	450	3.07	80.14	6.72	60.90	-10.48	8.19	57.30	58.82		
		post	450	1.23	81.70	2.74	41.18	-8.92	4.22	37.57	38.85		
Wool		No-mordant		400	1.30	81.01	-0.34	38.30	-6.57	1.84	27.22	28.07	
			Al	pre	400	1.52	81.79	-0.25	44.34	-5.80	1.94	33.27	33.82
				post	400	1.30	81.26	-1.19	36.73	-6.33	1.00	25.66	26.45
	Cu	pre	400	1.57	77.49	-1.85	35.15	-10.10	0.34	24.07	26.11		
		post	400	1.71	74.37	-8.89	25.46	-13.22	-6.70	14.39	20.65		
	Fe	pre	400	2.16	67.14	-1.26	24.84	-20.44	0.93	13.76	24.66		
		post	400	2.92	67.69	2.58	26.33	-19.90	4.76	15.26	25.52		

Table 3. Color Chart of Gardenia

Mordant agent		Al		Cu		Fe		
Dyes	Fabric	Non	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
SmartCell								
		61.06/79.12	63.37/78.68	45.08/83.03	59.07/79.15	36.91/88.94	51.19/80.50	39.50/70.64
Gardenia	Rayon							
		61.12/83.77	63.96/83.34	43.64/87.68	64.02/83.07	41.43/88.84	61.27/83.71	41.27/86.19
	Wool							
		38.30/90.52	44.34/90.32	36.75/91.85	35.19/93.01	26.97/109.24	24.87/92.91	26.46/84.41

매염보다 K/S값이 높게 나타나 염색 효과가 더 좋다.

CIE Lab값을 살펴보면, 스마트셀의 경우 같은 매염 조건에서 레이온이나 양모보다 a값이 우수하여 적색 색소를 더 많이 함유하였을 것으로 예상되며, 이는 컬러차트에서 더욱 붉은 기가 느껴지는 것으로 확인할 수 있다. 염색포 이미지를 눈으로 관찰했을 때 스마트 셀은 알루미늄과 구리매염 시 선매염의 결과가 더 선명하며, 철의 경우 후매염일 때 붉게 나타났다. 레이온과 양모는 스마트셀에 비해 색상 발현이 약하며 특히 양모는 전체적으로 회색조에 가깝게 확인되었다.

2. 울금의 염색성 및 표면색 분석

울금의 염색성과 표면 측정값을 Table 4에 나타냈고, 울금으로 염색한 시료의 컬러차트를 Table 5에 나타냈다. 울금 염료의 최대 흡수 파장은 스마트셀의 철 후매염 400nm를 제외하고 스마트셀과 레이온은 모두 430~440nm에서 나타났고, 양모는 400nm에서 나타났다. 원단별로 K/S값을 비교해보면 양모섬유가 가장 염착량이 높으며, 스마트셀과 레이온은 큰 차이를 보이지 않고 매염 조건에 따라 ±0.5 정도의 차이를 보였다. 매염제별 K/S값을 비교해보면, 알루미늄과 구리매염의 경우 선매염, 철 매염의 경우 후매염이 효과적으로 보인다.

L값은 모든 섬유에서 철 매염의 경우 가장 낮은 명도를 나타내며, a 값과 b값이 높아 어두운 갈색조를 띠는 경향성

을 보고 있으며, 이는 컬러차트에서 눈으로도 확인된다. 눈으로 관찰했을 때, 치자에 비해 매염순서에 따른 색차가 크지 않았으며, 세 종류의 직물 간 색차도 크지 않음을 알 수 있었다.

3. 소목의 염색성 및 표면색 분석

소목의 염색성과 표면 측정값을 Table 6에 나타내었고, 컬러차트를 Table 7에 나타내었다. 소목 염료의 최대 흡수 파장은 세 가지 원단 모두 매염 조건에 따라 400~570nm에서 나타났다. 원단별로 K/S값을 비교해보면 모든 매염제와 매염 조건에서 양모>스마트셀>레이온 순으로 염착량이 높게 나타났다. 특히 양모의 경우 구리와 철 매염 시 높은 염색성을 나타냈다. 스마트셀의 경우는 알루미늄 선매염과 구리 선매염에서 염착량이 높아 염색성이 좋게 나타났다.

명도값을 나타내는 L값은 모든 매염제에서 선매염일 때 저명도로 나타나 후매염보다 농염으로 염색됨을 알 수 있었다. 스마트셀의 경우, 알루미늄 선매염의 경우 a값이 높아 적색 색소를 많이 흡수하는 것으로 보이고, 구리 선매염의 경우 b값이 -8.30으로 청색 기미가 더 나타날 것으로 보였다. 이는 컬러차트에서 스마트셀의 알루미늄 선매염 시료가 진한 핑크색을 나타내고, 구리 선매염 시료가 푸른 기를 띠는 진한 보라색을 나타내는 것으로 확인할 수 있다. 레이온의 경우 CIE Lab값이 스마트셀과 같은 경향성을 보이나 스마트셀 보다 L값이 높고, a와 b의 값도 약간 낮게 나타났

Table 4. Dyeability and CIE Lab Value of Turmeric

Fabric	Mordant agent	Mordant method	$\lambda_{max}(nm)$	K/S	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE	
SmartCell	Al	No-mordant	430	1.51	79.49	2.51	40.66	-8.78	2.79	29.27	30.69	
		pre	440	2.43	79.43	2.29	51.96	-8.84	2.56	40.57	41.60	
		post	440	1.84	79.74	2.13	46.20	-8.53	2.40	34.81	35.92	
	Cu	pre	430	2.57	76.20	0.82	46.96	-12.07	1.10	35.57	37.58	
		post	440	2.01	76.69	-0.23	43.24	-11.59	0.05	31.84	33.89	
	Fe	pre	420	1.80	73.52	4.07	35.20	-14.75	4.35	23.81	28.35	
		post	400	2.30	69.03	8.45	32.95	-19.25	8.73	21.56	30.19	
	Rayon	Al	No-mordant	440	1.90	82.61	-2.78	50.84	-8.01	-1.31	47.24	47.93
			pre	440	2.23	80.34	-0.74	51.20	-10.28	0.73	47.60	48.70
			post	440	1.47	83.81	-2.61	47.41	-6.80	-1.14	43.80	44.34
Cu		pre	430	2.24	78.75	-2.23	47.56	-11.86	-0.75	43.95	45.53	
		post	440	2.52	78.38	-0.29	51.08	-12.23	1.18	47.48	49.04	
Fe		pre	430	1.33	79.30	-0.14	37.47	-11.31	1.33	33.86	35.73	
		post	430	1.94	72.16	7.49	35.56	-18.45	8.96	31.96	37.98	
Wool		Al	No-mordant	400	2.54	77.97	1.28	41.43	-9.62	3.47	30.36	32.03
	pre		400	3.19	75.86	2.72	47.02	-11.73	4.91	35.95	38.13	
	post		400	2.29	78.67	0.95	44.55	-8.91	3.14	33.47	34.78	
	Cu	pre	420	3.75	70.24	0.54	45.14	-17.34	2.72	34.06	38.32	
		post	400	2.90	68.66	-0.38	37.17	-18.92	1.81	26.09	32.28	
	Fe	pre	400	3.91	60.20	5.51	28.33	-27.38	7.70	17.26	33.27	
		post	400	4.01	59.16	7.73	27.25	-28.42	9.92	16.18	34.17	

Table 5. Color Chart of Turmeric



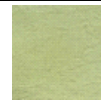



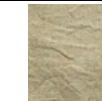



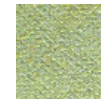































Dyes	Fabric	Mordant agent		Al		Cu		Fe	
		Non	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
Turmeric	SmartCell								
		40.74/86.46	52.01/87.48	46.25/87.36	46.97/89.00	43.24/90.30	35.44/83.40	34.02/75.62	
		Rayon							
50.92/93.13	51.21/90.83		47.48/93.15	47.61/92.68	51.08/90.33	37.47/90.21	36.34/78.11		
Wool									
	41.45/88.23	47.10/86.68	44.56/88.78	45.14/89.32	37.17/90.58	28.86/79.00	28.33/74.16		

Table 6. Dyeability and CIE Lab Value of Sappan Wood

Fabric	Mordant agent	Mordant method	$\lambda_{max}(nm)$	K/S	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE
SmartCell	No-mordant		550	1.24	61.91	22.75	3.14	-26.36	23.03	-8.25	35.97
		Al	pre	540	3.62	49.92	35.28	7.76	-38.35	35.56	-3.63
	Al	post	530	0.95	65.45	19.52	4.74	-22.82	19.80	-6.66	30.94
		Cu	pre	570	6.32	36.36	13.04	-7.30	-51.92	13.32	-18.69
	Cu	post	550	1.35	58.96	16.62	-0.35	-29.31	16.90	-11.75	35.82
		Fe	pre	540	2.79	45.80	8.67	-0.99	-42.47	8.95	-12.38
	Fe	post	400	1.98	55.04	5.85	4.15	-33.23	6.13	-7.24	34.56
		Rayon	No-mordant		400	0.86	70.40	19.40	8.42	-20.22	20.87
Al	pre		550	1.61	60.73	28.16	5.37	-29.88	29.63	1.76	42.12
	post		400	0.39	81.29	9.17	8.66	-9.32	10.64	5.05	15.02
Cu	pre		570	4.84	42.63	17.15	-6.96	-47.98	18.62	-10.56	52.54
	post		560	0.68	68.41	13.74	1.02	-22.20	15.22	-2.58	27.04
Fe	pre		550	1.57	56.73	13.26	3.31	-33.88	14.73	-0.29	36.95
	post		400	1.12	62.90	5.03	2.97	-27.71	6.50	-0.63	28.47
Wool	No-mordant			400	1.97	67.56	12.31	15.60	-20.02	14.50	4.53
	Al	pre	400	3.11	51.56	30.17	10.85	-36.02	32.36	-0.23	48.42
		post	400	1.44	68.36	15.32	12.89	-19.22	17.51	1.81	26.07
	Cu	pre	550	11.94	26.93	15.03	-1.87	-60.65	17.22	-12.94	64.36
		post	560	6.83	36.30	19.96	-2.00	-51.28	22.14	-13.08	57.37
	Fe	pre	550	6.02	33.72	4.33	-2.09	-53.86	6.52	-13.16	55.83
		post	540	4.48	37.65	3.55	-1.43	-49.93	5.74	-12.50	51.79

Table 7. Color Chart of Sappan Wood

Dyes	Fabric	Mordant agent		Al		Cu		Fe	
		Non	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
Sappan wood	SmartCell								
		22.97/7.87	36.13/12.41	20.09/13.64	14.95/330.76	16.62/358.78	8.73/353.50	7.17/35.34	
	Rayon								
	21.14/23.46	28.66/10.79	12.61/43.36	18.50/337.92	13.78/4.25	13.67/14.02	5.84/30.57		
	Wool								
	19.87/51.73	32.06/19.78	20.02/40.07	15.15/352.92	20.06/354.27	4.81/334.31	3.83/338.11		

다. 이는 컬러차트에서 레이온이 스마트셀보다 색의 선명도가 낮아 보이는 이유로 확인되었다. 양모의 경우, 구리 선매염시 L값이 매우 낮으며 a값이 높고 b값이 낮게 측정이 되었는데, 이는 컬러차트에서 진한 보라 색상으로 확인할 수 있다. 소목염색 결과물의 경우 컬러차트에서 눈으로 비교하면, 세 가지 원단에서 공통적으로 알루미늄 매염 시료는 레드 계열, 구리 매염 시료는 바이올렛, 철매염은 푸른기가 도는 회색조로 관찰되었다.

4. 락의 염색성 및 표면색 분석

락의 염색성과 표면 측정값을 Table 8에 나타냈고, 컬러차트를 Table 9에 나타냈다. 락 염료의 최대 흡수 파장은 스마트셀은 400~ 530nm, 레이온은 400nm, 양모는 490~

520nm에서 나타났다. 원단별로 K/S값을 비교해보면, 양모>스마트셀>레이온 순으로 염착량이 높았다. 특히 양모섬유의 경우 염착량이 구리 선매염을 제외하고 20 이상을 나타내어 높은 염색성을 보여주었다. 스마트셀의 경우 알루미늄, 구리, 철 매염 모두 선매염의 염착량이 많다. 이는 컬러차트에서 선매염이 후매염보다 선명한 색상을 띠는 것으로 확인할 수 있다. 레이온의 경우 모든 매염제에서 비슷하거나 후매염의 효과가 약간 좋게 나타났다. 양모의 경우 구리매염시 후매염이 훨씬 효과가 좋다.

명도값을 나타내는 L값은 양모섬유가 스마트셀이나 레이온보다 훨씬 낮은 값을 나타냈고 a값은 높게 나타났는데, 컬러차트에서 스마트셀이나 레이온보다 양모가 강한 레드 컬러를 나타내는 것으로 확인할 수 있었다.

Table 8. Dyeability and CIE Lab Value of Lac

Fabric	Mordant agent	Mordant method	$\lambda_{max}(nm)$	K/S	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE		
SmartCell	No-mordant		400	2.93	46.76	13.56	1.46	-41.51	13.83	-9.93	44.87		
		Al	pre	520	5.67	39.60	23.27	4.03	-48.68	23.55	-7.36	54.57	
			post	530	4.68	41.30	20.54	-2.44	-46.97	20.82	-13.83	53.21	
	Cu	pre	530	10.04	28.93	14.26	-0.53	-59.34	14.53	-11.93	62.25		
		post	400	3.56	45.00	8.83	0.76	-43.27	9.11	-10.63	45.48		
		Fe	pre	510	6.11	34.68	8.07	1.22	-53.60	8.35	-10.18	55.19	
			post	400	3.48	44.05	3.01	1.25	-44.22	3.28	-10.15	45.49	
	Rayon	No-mordant		400	1.64	58.01	19.24	1.78	-32.60	20.72	-1.82	38.67	
			Al	pre	400	2.09	54.40	20.83	2.28	-36.22	22.30	-1.33	42.55
				post	400	2.49	52.30	23.35	-2.60	-38.31	24.82	-6.21	46.07
Cu		pre	400	3.28	46.83	19.67	0.13	-43.79	21.15	-3.48	48.75		
		post	400	3.35	49.92	11.83	2.23	-40.69	13.30	-1.38	42.83		
		Fe	pre	400	2.66	51.14	19.78	2.97	-39.48	21.25	-0.64	44.84	
			post	400	3.40	45.45	4.32	2.24	-45.16	5.79	-1.36	45.55	
Wool		No-mordant		490	21.75	27.47	28.79	15.75	-60.11	30.98	4.67	67.79	
			Al	pre	490	22.21	27.57	29.82	16.35	-60.02	32.01	5.28	68.22
				post	500	23.57	25.05	26.62	12.94	-62.54	28.81	1.86	68.88
	Cu	pre	510	11.95	29.30	20.54	6.23	-58.28	22.73	-4.85	62.74		
		post	520	22.06	21.94	21.08	5.70	-65.64	23.27	-5.37	69.85		
		Fe	pre	490	21.42	22.18	13.35	6.70	-65.41	15.54	-4.37	67.37	
			post	500	20.45	23.00	16.75	7.00	-64.59	18.94	-4.08	67.43	

Table 9. Color Chart of Lac






















Mordant agent		Non	Al		Cu		Fe	
Dyes	Fabric		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
	SmartCell							
		13.64/6.15	23.62/9.82	20.69/353.23	14.27/357.85	8.87/4.93	8.16/8.56	3.26/22.53
Lac	Rayon							
		19.33/5.30	20.95/6.24	23.50/353.64	19.67/0.37	12.03/10.67	20.00/8.53	4.86/27.42
	Wool							
		32.82/28.68	34.01/28.74	29.60/25.92	21.46/16.86	21.84/15.14	14.93/26.66	18.16/22.68

Table 10. Dyeability and CIE Lab Value of Indigo

Fabric	Number of dyes	$\lambda_{max}(nm)$	K/S	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE
SmartCell	1	630	21.04	20.92	0.02	-14.70	-67.36	0.30	-26.09	72.23
	2	620	23.04	19.41	0.04	-13.37	-68.87	0.32	-24.76	73.18
	3	610	23.31	18.62	0.69	-12.23	-69.65	0.97	-23.63	73.56
	4	610	21.45	19.29	0.42	-11.26	-68.99	0.70	-22.66	72.61
	5	630	22.12	19.25	-0.19	-11.38	-69.03	0.09	-22.77	72.68
Rayon	1	700	25.72	16.13	2.46	-5.25	-74.48	3.93	-8.86	75.11
	2	700	27.28	15.44	2.93	-3.93	-75.18	4.40	-7.53	75.68
	3	700	33.77	14.59	2.38	-4.47	-76.03	3.85	-8.08	76.55
	4	700	35.17	14.79	1.99	-4.81	-75.83	3.47	-8.42	76.37
	5	700	44.39	13.84	2.00	-4.38	-76.78	3.48	-7.98	77.27
Wool	1	640	19.89	22.28	-0.59	-14.97	-65.30	1.60	-26.04	70.32
	2	610	24.00	18.06	1.55	-12.41	-69.53	3.74	-23.48	73.48
	3	590	26.65	16.20	2.46	-10.84	-71.39	4.65	-21.92	74.82
	4	700	31.81	14.40	3.10	-8.74	-73.18	5.29	-19.82	76.00
	5	700	37.30	13.85	2.94	-7.88	-73.73	5.13	-18.95	76.30

5. 쪽의 염색성 및 표면색 분석

쪽의 염색성과 표면 측정값을 Table 10에 나타냈고, 컬러 차트를 Table 11에 나타냈다. 쪽 염료의 최대 흡수 파장은 스마트셀이 610~630nm 레이온은 700nm에서 나타나고, 양모는 590~700nm에서 나타났다. 원단별로 K/S값을 비교해보면 1회 염색시 레이온>스마트셀>양모로 나타났으나, 2회 반복 염색부터 양모의 K/S값이 증가하여 레이온>양모>스마트셀 순으로 높게 나타났다. 염색 횟수에 따른 K/S값을 살펴보면 스마트셀의 경우 3회 반복까지 염색성이 약간 증가하는 것으로 보이나 더 증가하지 않았다. 레이온과 양모의 경우 염색 횟수가 증가함에 따라 염착량이 늘어나는 것을 확인할 수 있다.

레이온과 양모는 반복 염색에 따라 L값이 감소하는 경향을 관찰할 수 있으나, 스마트셀의 경우 K/S값 분석에서와 마찬가지로 3회 염색 이후 L값이 감소하지 않았다. 양모의 경우 반복 염색에 따라 a값이 올라가고 b값이 감소하는 경향이 보인다. 이는 반복염색 시 붉은 염료가 푸른 염료보다 더 많이 흡착한다고 추측할 수 있다. 컬러차트에서 눈으로 확인 시 반복 횟수에 따라 붉은 기가 더 많이 느껴지는 것으로 확인할 수 있었다. 스마트셀의 경우 반복염에 따라 a값의 변화가 1 이하로 매우 낮고, b값이 상승하는 것을 볼 수 있으며, 레이온은 a와 b값이 모두 유사하고 L값만 낮아지는 것으로 나타나 반복염에 따른 색소흡착 비율이 달라지
















지 않음을 알 수 있었다.

IV. 결론

본 연구에서는 자외선 차단 및 항균성과 탈취성능이 우수한 산화아연 미립자를 16% 이상 함유한 기능성 리오셀 섬유인 스마트셀의 천연염료에 대한 염색성을 알아보기 위해 황색계 염료인 치자와 울금, 적색계 염료인 소목과 락, 청색계 염료인 쪽을 이용한 천연염색을 하였다. 염색성 비교를 위해 셀룰로오스계 레이온 100% 섬유와 단백질계 양모 100% 섬유를 함께 염색하여 최대 흡수 파장에서의 염착량과 CIE Lab 값을 측정하여 비교하고, 염색시료 결과물을 컬러차트로 제시하여 눈으로 함께 비교 분석하였다. 치자와 울금, 소목과 락은 각각 알루미늄과 구리, 철 매염제를 사용하여 선매염, 후매염, 무매염의 조건으로 염색하여 비교하였다. 쪽의 경우 5회 반복염 하여 염색회수에 따른 염색성을 비교해보았다. 실험 결과는 다음과 같다.

첫째, 치자 염료의 경우, K/S값에 따른 원단별 염색성을 비교해보면 구리매염을 제외하고 모든 매염 조건에서 스마트셀>레이온 순으로 염착량이 높았고, 양모는 낮은 염착량을 나타내 치자 염료의 염색성이 좋지 않음을 알 수 있었다. 매염제별 염착성을 살펴보면 스마트셀과 레이온은 모든 매염제에서 선매염이 후매염보다 염착량이 높게 나타났다. CIE Lab값을 살펴보면 스마트셀이 레이온이나 양모보다 a

Table 11. Color Chart of Indigo

Dyes	Fabric	1	2	3	4	5
Indigo	SmartCell					
		14.70/270.07	13.37/270.18	12.25/273.24	11.27/271.13	11.38/369.07
	Rayon					
		5.80/295.06	4.90/306.70	5.07/297.99	5.21/292.51	4.81/294.58
	Wool					
		14.98/267.73	12.50/277.12	11.12/282.77	9.28/289.50	8.41/290.46

값이 높아 적색 색소를 많이 함유하며 이는 컬러차트에서 눈으로 스마트셀 섬유가 가장 붉은 기를 띠는 것으로 확인할 수 있었다. 레이온과 양모는 스마트셀에 비해 색상 발현이 약하고 특히 양모는 탁한 회색조를 나타냈다.

둘째, 울금 염료의 경우, K/S값에 따른 원단별 염색성은 양모가 약간 높고 스마트셀과 레이온은 큰 차이를 보이지 않았다. 매염제별 K/S값을 살펴보면 알루미늄과 구리매염의 경우, 선매염, 철매염의 경우 후매염의 염색성이 약간 우수했다. CIE Lab값을 살펴보면, 철매염의 경우 세 가지 원단 모두에서 낮은 L값을 나타냈고, a값과 b값이 높아 갈색조를 띠는 경향성을 보였는데, 이는 컬러차트에서 눈으로 확인되었다. 치자염료에 비해 매염순서와 직물간 색상 차이가 크게 보이지 않았다.

셋째, 소목 염료의 경우, K/S값에 따른 원단별 염색성을 비교해보면 양모>스마트셀>레이온 순으로 염색량이 높게 나타났다. 특히 양모의 경우 구리와 철매염 시 염색성이 좋고, 스마트셀의 경우 알루미늄 선매염과 구리 선매염이 염색성이 우수했다. Lab값을 살펴보면, 모든 매염제에서 선매염일 때 L값이 낮아 후매염보다 저명도를 나타냈다. 세 가지 원단에서 공통적으로 알루미늄 매염은 레드계열, 구리 매염은 바이올렛, 철매염은 푸른 기가 도는 회색조로 관찰되었다.

넷째, 락 염료의 경우, K/S값에 따른 원단별 염색성을 비교해보면 양모>스마트셀>레이온 순으로 염색량이 높았다. 스마트셀의 경우 알루미늄, 구리, 철 매염 모두 선매염이 효과적이었다. Lab값을 살펴보면 양모의 L값이 스마트셀과 레이온보다 훨씬 낮은 값을 나타내고, a값은 높게 나타났는데 컬러차트에서 양모의 컬러가 선명한 레드를 나타내는 것으로 확인할 수 있었다.

다섯째, 쪽 염료의 경우, 원단별로 K/S값을 비교해보면 1회 염색시 레이온>스마트셀>양모 순으로 나타났으나, 2회 염색부터 양모의 K/S 값이 증가하여 레이온>양모>스마트셀 순으로 높게 나타났다. 스마트셀의 염착량은 3회 반복염까지만 효과가 있었다. 그에 비해 레이온과 양모는 염색 횟수에 따라 염착량이 계속 증가했다.

양모는 반복염에 따라 a값은 상승하고, b값은 감소하여 붉은 색소 흡착량이 상대적으로 많은데 반하여 레이온은 L값만 낮아지는 것으로 나타나 반복염에 따른 색소흡착 비율이 달라지지 않음을 알 수 있었다.

이외같이 스마트셀 섬유가 황색계 염료인 치자 염료 염색에서 레이온과 양모에 비해 염색성이 우수함을 알 수 있었으며, 알루미늄, 구리, 철 매염시 선매염의 효과가 더욱 좋음을 알 수 있었다. 울금 염료 염색에서는 양모보다 염색성

이 떨어졌지만 레이온과 비슷한 염색성과 컬러를 나타냈다. 적색계 염료인 소목염색의 경우, 레이온보다 염색성이 좋았으며, 특히 알루미늄 선매염과 구리 선매염시 진한 분홍색과 진한 보라색을 각각 얻을 수 있었다. 락의 경우, 양모가 월등히 염색성이 좋았지만 레이온보다 염색성이 좋았으며, 특히 모든 매염제에서 선매염의 효과가 좋음을 알 수 있었다. 청색계 염료인 쪽의 경우, 1회 염색 시 스마트셀의 염색성이 가장 우수하였으나, 스마트셀은 반복 염색에 대한 효과가 양모나 레이온에 비해 떨어져 반복 염색에 대한 염색성이 기대만큼 높지 않음을 알 수 있었다. 산화아연을 원단 무게의 16%를 함유하여 자외선 차단, 항균, 탈취 가능성을 지닌 생분해성 친환경 섬유인 스마트셀이 치자, 울금, 소목, 락, 쪽 염색에 있어 레이온 100% 섬유에 비해 우수한 염색성을 지님을 확인하였으며, 스마트셀 섬유가 다양한 섬유 패션제품으로 생산될 때 천연염색이 적극적으로 도입되어 상용화 되는데 본 연구가 참고자료가 될 수 있기를 기대한다.

References

- Baik, C., & Song, K. (2003). A study on natural dyeing using artmisia by season. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association*, 5(3), 7-14.
- Cho, S. M. (Ed.). (2010). *Fashion Information and Technology* (Vol. 7). Seoul, Korea: KSCT.
- Choi, C. (2002). About the commercialization of clothes using natural dyed fabrics. *Proceedings of the Korean Society of Community Living Science Conference* (pp. 41-43). Sunchun, Korea: Korean Journal of Community Living Science.
- Choi, I. R. (2001). A study on colorfastness of the natural dye. *Korea Fashion & Costume Design Association*, 3(1), 5-14.
- Hur, Y., & Lee, S. (2011). Fabrication of ZnO and TiO₂ nanocomposite fibers and their photocatalytic decomposition of harmful gases. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 35(11), 1297-1308.
- Kim, S., & Choi, K. (2022). A study on the dyeability of natural dyes of sustainable seaweed-containing fiber. *Journal of Fashion Business*, 26(3), 87-97.
- Lee, J. Y., & Park, H. (2021). *친환경·리사이클 섬유패션 산업 육성전략* [Strategies to foster eco-friendly recycled textile and fashion industry]. Sejong, Korea:

- Yusungsa.
- Shin, J., Kim, Y., & Choi, J. (2018). Effect of colorimetric properties and color sensibility factors on color preferences for green yellow natural dyed silk fabrics. *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 21(1), 143-154.
- Shin, Y. (2015). A study on the dyeing properties of yellow and red natural dyes(1). *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association*, 17(2), 45-61.
- Yang, Y., & Yi, E. (2010). Color sensibility image of naturally dyed silk fabric. *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 13(2), 403-412.
- Yoon, C., Park, C., Kang, Y., & Im, S. (2005). Biodegradability of Viscose Rayon and Lyocell fibers. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 29(3/4), 470-477.
- Yoon, S. (2009). Industrial value of natural dyeing and future prospects. *Dyeing and Finishing*, 4, 47-52.
- Yu, J., & Park, Y. (2010). Study on the utilization of natural dyeing colors (focusing on organic cotton). *Journal of Korean Society of Color Studies*, 24(1), 95-104.
-
- Received (July 24, 2022)
Revised (July 24, 2022)
Accepted (August 16, 2022)