

패션비즈니스 제26권 3호

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

J. fash. bus. Vol. 26,
No. 3:87-97, July. 2022
[https://doi.org/
10.12940/jfb.2022.26.3.87](https://doi.org/10.12940/jfb.2022.26.3.87)

Corresponding author

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

지속 가능한 해초 함유 섬유의 천연염료 염색성에 관한 연구

김소진* · 최경미

*동아방송예술대학교 패션스타일리스트과 · 뉴에코테크

A Study on the Dyeability of Natural Dyes of Sustainable Seaweed-Containing Fiber

Sojin Kim* · Kyoungmi Choi

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

Keywords

seaweed fiber, sustainable,
natural dyes, dyeability,
seacell
해초 섬유, 지속 가능한,
천연염료, 염색성, 씨셀

Abstract

This study investigated the dyeability and color change of the natural dyes of SeaCell, a biodegradable functional fiber that is permanently added to cellulose fibers with natural additives extracted from seaweeds. The natural dyes used in the study are five dyes. Gardenia and turmeric, which are yellow-based natural dyes, Sappan wood and Lac, which are red-based natural dyes, and Indigo, a blue-based natural dye, were selected. The dyeability and color change according to the change of the mordant conditions and the number of times of dyeing were investigated. In addition, the dyeing properties and colors of cotton and silk fibers were compared under the same dyeing conditions as SeaCell. The study results are as follows. It was found that SeaCell had lower dyeing properties than silk, a protein fiber, in gardenia, sappan wood, and lac dyes, but had higher dyeing properties than cotton with the same cellulose component as SeaCell fibers. In the case of turmeric, it showed higher dyeing properties than cotton except for the no mordant condition. In the case of Indigo dye, SeaCell shows the best dyeability, indicating that it is a very suitable fiber for Indigo dyeing. As sustainable functional fibers are continuously developed in the future, natural dyes that are environmentally friendly and human-friendly are actively introduced and commercialized, and it is expected that they can be used as reference materials.

I. 서론

환경오염에 대한 두려움은 점차 현실로 다가오고 있다. 특히 섬유 패션산업은 전 세계 온실가스 배출량의 6~10%를 차지하고, 해양 미세플라스틱 배출량의 20~35%를 차지하는 등 심각한 환경오염의 주범으로 주목받고 있다(Lee & Park, 2021). 특히 SPA 브랜드가 호황을 누리고, 패스트패션이 성행하면서 값이 싸고 관리가 쉬운 폴리에스터 섬유가 전체 섬유의 60%에 이르게 되었다. 폴리에스터는 일단 매립되면 자연분해 되기까지 약 500년이 걸리며, 이 중 매년 50%는 버려지고 있어 환경오염에 막대한 영향력을 미친다(Cheon & Kim, 2020). 이렇듯 경제 성장에 따른 의류의 과다 소비로 인한 폐섬유와 의류생산과정에서 발생하는 염색폐수의 발생을 억제하기 위해 섬유패션업계는 친환경 생분해 섬유 소재를 개발하고 의류생산공정을 친환경화하는 노력에 박차를 가하고 있다. Cheon and Kim(2020)의 연구에서 지속가능성 소재를 단계별로 분류하면 1단계 천연소재, 2단계 업사이클링 소재, 3단계 제작과정에서 폐기될 때까지 환경오염의 최소화를 위해 새롭게 개발된 섬유 소재로 지속가능성 소재의 발전단계를 나누었다.

친환경소재 중에서도 씨셀(SeaCell) 섬유는 친환경 리오셀 공법으로 기존의 셀룰로오스 원료 외에 해조류 성분을 첨가해 생산된 것으로 해조류 성분이 지닌 칼슘, 마그네슘 등의 각종 미네랄 및 아미노산 그리고 비타민 등 건강 성분을 그대로 유지하고 있는 건강 기능성 섬유 소재이다(Cho, 2010). 이는 3단계인 친환경 섬유를 능가하여 기능성까지 겸비한 소재로 정의할 수 있다. 씨셀에 첨가되는 해조는 해조류의 전체가 아닌 다시 자라날 수 있는 부분만으로 채취하여 생태학적 가치를 지속적으로 유지하고 있으며, 유기 해조 분말은 섬유로 방사되기 전에 셀룰로오스의 액상 단계에서 첨가되어 방사한다. 씨셀 섬유의 특징은 항균 효과, 항산

화 효과, 각질세포 억제, 부드러운 터치감, 세탁 후 기능 유지, 자연 친화적 제조, 자연 생분해 등이 있으며(Smart fiber AG, 2022) 이러한 특징으로 이너웨어나 직접 피부에 닿는 베이비웨어 아이템, 침구류로 더할 나위 없이 적합한 기능성 섬유이다. 이에 본 연구는 해조류에서 추출한 천연 첨가물을 셀룰로오스 섬유에 영구적으로 첨가하여 결합한 생분해성 기능성 섬유인 씨셀 섬유의 천연염색 상용화 가능 여부와 염색 조건에 따른 염색성 및 색상변화를 살펴보고자 한다. 천연염료의 선택은 황색계 염료인 치자와 울금, 적색계 염료인 소목과 락, 청색계 천연염료인 쪽을 선택하여 매염 조건과 염색 횟수 변화에 따른 염색성을 살펴볼 것이다. 한편 동일한 염색 조건에서 염색한 식물성 섬유인 면과 동물성 섬유인 견의 색상 및 염색성 비교를 통해 색상차를 분석하여 지속 가능한 생분해 기능성 씨셀섬유의 천연염료 염색성을 비교하고, 각 원단의 염료 및 염색 조건별 색상 차트를 제시하고자 한다.

II. 실험방법

1. 실험 재료

1) 직물

본 실험에 사용한 소재는 해초 함유 섬유인 씨셀, 식물성 섬유 면, 동물성 섬유 견으로 특성은 Table 1과 같다. 씨셀 원단은 유기농으로 지속가능하게 수확된 아이슬란드 해조류를 분말인 상태로 Lenzing AG사의 리오셀 액상 단계에 원단 무게의 4% 이상 첨가하여 방사, 제조한 섬유로 국내 수입처인 JA International에서 제공받았다. 씨셀은 자원의 재생이 가능하고 생산방법이 에너지 효율적이면서 생산과정에서 폐기물과 오염을 최소화하는 소재일 뿐 아니라 항균, 항산화 효과 및 부드러운 터치감을 갖는 기능성 소재이다.

Table 1. Characteristics of the Fabric

Fabric	Weave	Yarn Count	Density(threads/inch ²)		Thickness (mm)	Weight (g/m ²)
			warp	weft		
SeaCell	Plain	60S×40S	120	110	0.30	155
Cotton	Plain	50S×50S	100	98	0.22	115
Silk	Plain	-	120	115	0.16	80.8

2) 염료

염색에 사용된 염료는 황색계 2종, 적색계 2종, 청색계 1종 총 5가지 천연염료를 선정하여 실험하였다. 황색계 염료로는 치자, 울금을 선정하였고, 적색계 염료는 소목, 락을 선정하여 시판용 300메쉬 이상의 섬세한 분말 염료를 아티산 공방에서 2022년 1월(제조 시기 1년 이내)에 구매하여 사용하였다. 청색계 염료는 쪽 염료를 선정하였고, 쪽 염료는 인도 알프스사에서 제조된 분말 Indigo 천연염색 순도 40%를 구매하여 사용하였다.

2. 실험방법

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. 매염 조건은 알루미늄 (AlK(SO₄)₂·12H₂) 5%(o.w.f), 구리 (Cu(CH₃COO)₂·H₂O) 3%(o.w.f), 철(FeSO₄) 3%(o.w.f) 매염제를 사용하여 액비 1:200, 50°C에서 30분간 무매염, 선매염, 후매염의 조건으로 매염하였다. 모든 염색과 매염에 사용된 물은 시판 생수를 구매하여 사용하였다.

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 hydrosulfite/Na₂S₂O₄)를 3g/L 농도로 첨가하였다. 염액이 투명해지면 직물을 투입하여 50°C에서 5분간 염색 후 건져내어 흐르는 수돗물에 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

염색된 직물은 측색기(분광광도계, datacolor 110™, MAESTECH)를 사용하여 표준광원 D65의 조건에서 CIE Lab 값을 측정하였다. 염색 횟수는 치자, 울금, 소목, 락의 경우 1회이며, 쪽은 5회 반복 염색하였고, 각 조건의 염색포는 1장으로 각 염색포의 다른 영역을 3회 측정하여 평균값을 구하였다. L값은 명도값을 나타내며 0~100으로 그 수치가 낮으면 저명도, 높으면 고명도를 나타낸다. a와 b값은 색

상을 나타내며 a가 +로 갈수록 red, -로 갈수록 green, b값은 +로 갈수록 yellow, -로 갈수록 blue를 나타낸다. 미염 색포와 염색포 간의 색차를 ΔL, Δa, Δb 및 ΔE값으로 계산하여 비교하였다. 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)으로 0~360도의 각도로 표시하며, 0도는 red, 90도는 yellow, 180도는 green, 270도는 blue, 360(0)도는 다시 red를 나타낸다. 염착량은 최대 흡수 파장(λmax)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)이며, R은 분광반사율(reflectance of monochromatic)이다.

III. 결과 및 고찰

1. 치자의 염색성 및 표면색 분석

치자의 염색성과 표면 측정값을 Table 2에 나타내었고, 치자로 염색한 시료의 컬러 차트를 Table 3에 나타내었다. 치자 염료의 최대 흡수 파장은 씨셀 철 후매염(400nm)을 제외하고, 모두 450nm 부근에서 나타났다. K/S값을 비교하면 매염방법에 따라 약간 차이는 있지만 견>씨셀>면 순으로 염착량이 높게 나타나고 있으며, 모든 매염제에서 선매염이 후매염보다 높은 염착량을 나타내고 있다.

명도값을 나타내는 L값은 씨셀의 경우 철 매염이 낮게 나타나며, 이는 면과 견에서도 같은 경향성을 보인다. a값과 b값 모두 알루미늄 선매염이 모든 섬유에서 높게 나타나 가장 붉고 노란 색상을 나타내고 있다. 원단을 비교하면 a값은 씨셀이 가장 높아 붉은 기가 많고, b값은 견이 가장 높아 노란기가 더욱 많음을 알 수 있다. 원포와의 ΔE 값을 비교했을 때 씨셀, 면, 견의 경우 모두 선매염>무매염>후매염 순으로 색차 값이 크게 나타났으므로, 치자는 알루미늄, 구리, 철 매염 시 선매염이 더욱 좋은 염색성을 나타내는 것으로 해석할 수 있다. 컬러차트에서 염색포 이미지를 눈으로 확인해도 그 차이를 확실히 알 수 있는데, 모든 섬유에서 알루미늄, 구리, 철 매염 시 선매염>무매염>후매염 순으로 채도가 높고 선명한 색상을 나타내는 것을 알 수 있다.

Table 2. Dyeability and CIE Lab Value of Gardenia

Fabric	Mordant agent	Mordant method	λ_{max} (nm)	K/S	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE
SeaCell	No-mordant		450	3.45	77.27	12.37	59.45	-8.52	11.49	45.52	47.71
		Al	pre	450	3.95	76.76	13.18	62.06	-9.02	12.29	48.13
	Al	post	450	1.72	79.94	6.76	46.31	-5.84	5.88	32.37	33.42
		Cu	pre	450	4.53	74.41	13.51	61.74	-11.38	12.63	47.81
	Cu	post	450	1.51	78.20	2.84	40.51	-7.58	1.95	26.57	27.70
		Fe	pre	450	3.45	74.26	10.35	55.73	-11.52	9.46	41.79
	Fe	post	400	2.05	72.24	7.25	37.85	-13.54	6.37	23.91	28.20
		Cotton	No-mordant		450	2.63	81.12	7.84	58.90	-8.99	9.47
Al	pre			450	3.37	80.12	9.76	63.41	-9.98	11.39	60.37
Al	post		450	1.31	83.74	2.33	45.58	-6.36	3.96	42.55	43.20
	Cu		pre	450	3.01	80.33	8.84	60.92	-9.78	10.47	57.88
Cu	post		450	1.13	83.17	0.50	41.19	-6.94	2.13	38.15	38.84
	Fe		pre	450	2.82	79.14	8.83	57.77	-10.96	10.46	54.73
Fe	post		450	1.33	79.94	4.44	41.25	-10.16	6.08	38.21	40.00
	Silk		No-mordant		440	4.93	80.17	5.31	71.87	-9.48	6.97
Al		pre		440	5.93	79.06	6.12	74.22	-10.59	7.79	70.45
Al		post	450	3.49	80.77	2.01	63.94	-8.89	3.67	60.16	60.93
		Cu	pre	440	5.69	78.34	5.47	72.07	-11.31	7.13	68.29
Cu		post	450	3.22	77.65	-1.68	57.14	-12.01	-0.02	53.36	54.70
		Fe	pre	440	6.43	71.83	7.23	64.87	-17.83	8.90	61.09
Fe		post	440	3.36	73.26	2.89	51.48	-16.40	4.55	47.70	50.65

Table 3. Color Chart of Gardenia

Mordant agent		Non		Al		Cu		Fe	
Dyes	Fabric		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
Gardenia	SeaCell								
		60.73 / 78.24	63.45 / 78.01	46.80 / 81.69	63.21 / 77.66	40.60 / 85.99	56.68 / 79.48	38.53 / 79.16	
		Cotton							
59.42 / 82.42	64.16 / 81.25		45.64 / 87.07	61.56 / 81.75	41.19 / 89.31	58.44 / 81.31	41.49 / 83.85		
Silk									
	72.07 / 85.77	74.48 / 85.28	63.97 / 88.20	72.27 / 85.66	57.17 / 91.68	65.27 / 83.64	51.56 / 86.79		

2. 울금의 염색성 및 표면색 분석

울금의 염색성과 표면 측정값을 Table 4에 나타내었고, 울금 염색한 시료의 컬러차트를 Table 5에 나타내었다. 울금 염료의 최대 흡수파장은 400~440nm로 치자보다 다소 낮은 파장대에서 최대흡수율을 나타내고 있다. K/S값을 살펴보면 원단별로 비교했을 때, 견의 염착량이 가장 높고, 씨셀과 면은 무매염 면을 제외하고 씨셀, 면 순으로 나타났다. K/S값으로 매염제별 염착량을 비교해보면 매염순서에 따른 경향성은 보이지 않는다. 씨셀의 경우, 구리 후매염이 가장 염착량이 높고, 면은 무매염일 때가 가장 높으며, 견은 구리 선매염일 때 가장 높은 염착량을 보인다.

L값은 씨셀과 면, 견 모두 철 매염 시 특히 철 후매염일

때 가장 낮은 값을 나타내지만, a값은 제일 높게 나타나 저명도이면서 가장 붉은 색상을 나타냈다. b값의 경우 모든 섬유에서 알루미늄 매염일 때 가장 높게 나타났다. ΔE 값으로 비교했을 때, 씨셀은 알루미늄, 구리와 철 매염제 모두 후매염 시 색차가 약간 크게 나타났고, 면과 견의 경우 알루미늄과 구리는 선매염, 철은 후매염이 색차가 약간 크게 나타나 원단에 따라 매염 순서에 따른 염색성이 상이함을 알 수 있었다.

컬러 차트를 살펴보면 치자에 비해 매염순서에 따른 색차는 크게 나타나지 않았다. 씨셀, 면, 견 모두 공통적으로 철 매염 시 채도가 낮아지고 h°가 0도에 가까운 값을 나타내었으며, 눈으로도 붉은 기를 확인할 수 있다.

Table 4. Dyeability and CIE Lab Value of Turmeric

Fabric	Mordant agent	Mordant method	λmax(nm)	K/S	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE	
SeaCell	No-mordant		440	1.48	80.15	1.44	41.29	-5.64	0.56	27.35	27.93	
		Al	pre	440	2.19	79.32	1.71	49.54	-6.47	0.83	35.60	36.19
	Al	post	440	1.99	80.48	2.57	50.55	-5.30	1.68	36.61	37.03	
		Cu	pre	430	2.51	76.13	-0.17	46.17	-9.65	-1.06	32.24	33.67
	post		440	2.78	74.74	0.03	47.74	-11.04	-0.85	33.80	35.57	
	Fe	pre	420	1.80	72.30	3.58	33.23	-13.48	2.69	19.29	23.69	
		post	400	2.07	69.27	7.37	31.44	-16.51	6.49	17.50	24.92	
	Cotton	No-mordant		440	3.39	80.47	1.11	40.07	-9.63	2.74	37.03	38.36
			Al	pre	440	2.08	81.40	-0.55	51.26	-8.70	1.09	48.22
		Al	post	440	1.27	83.77	-2.11	43.69	-6.33	-0.48	40.65	41.14
Cu			pre	430	2.42	77.10	-0.55	46.77	-13.01	1.08	43.73	45.63
		post	440	1.73	80.38	-2.08	45.09	-9.72	-0.44	42.05	43.17	
Fe		pre	430	1.51	78.06	2.10	37.98	-12.04	3.73	34.94	37.15	
		post	400	2.01	73.09	8.35	36.85	-17.02	9.98	33.81	39.15	
Silk		No-mordant		400	3.54	82.38	-4.00	54.92	-7.28	-2.34	51.15	51.71
			Al	pre	400	4.53	80.51	-2.87	59.95	-9.15	-1.21	56.17
		Al	post	400	2.92	81.67	-3.71	54.83	-7.99	-2.05	51.05	51.71
	Cu		pre	420	6.02	73.17	-3.26	55.96	-16.49	-1.60	52.18	54.75
		post	430	4.74	72.45	-2.20	53.07	-17.21	-0.54	49.30	52.22	
	Fe	pre	400	4.33	66.55	3.30	37.67	-23.11	4.96	33.89	41.32	
		post	400	5.78	61.82	7.82	39.11	-27.84	9.48	35.33	45.97	

Table 5. Color Chart of Turmeric

Mordant agent		Al		Cu		Fe		
Dyes	Fabric	Non	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Turmeric	SeaCell							
		41.31 / 88.00	49.57 / 88.02	50.61 / 87.09	46.17 / 90.22	47.74 / 89.96	33.42 / 83.85	32.29 / 76.81
	Cotton							
	44.09 / 88.42	51.26 / 90.61	43.74 / 92.77	46.77 / 90.68	45.14 / 92.64	38.04 / 86.84	37.78 / 77.24	
	Silk							
	55.07 / 94.16	60.02 / 92.74	54.95 / 93.88	56.06 / 93.33	53.12 / 92.38	37.82 / 85.00	39.88 / 78.69	

3. 소목의 염색성 및 표면색 분석

소목의 염색성과 표면 측정값을 Table 6에 나타내었고, 컬러차트를 Table 7에 나타내었다. 소목 염료의 최대 흡수 파장은 씨셀과 면, 견 모두 무매염일 때 400nm에서 관찰되었고, 대체적으로 500~570nm 사이에서 나타났다. 이는 치자나 울금보다 높은 파장으로 붉은 기 나타냄을 알 수 있다. K/S값으로 비교해보면 소목 염료는 모든 매염제와 매염조건에서 견>씨셀>면 순으로 염착량이 높음을 알 수 있다. 또한 모든 매염제에서 선매염이 후매염보다 높은 염착량을 보여주고 있어 선매염이 효과가 좋음을 알 수 있다. L값의 경우 씨셀은 구리매염이 낮게 나타나며 이는 면과 견도 같은 경향성을 보인다. a값의 경우 알루미늄 선매염 시 모든 섬유에서 눈에 띄게 높이 나타나 붉은 색상을 나타내고 있다. 원포와의 ΔE 값으로 비교했을 때 씨셀, 면, 견의 경우 모두 선매염이 후매염 보다 색차값이 크게 나타났으므로 선매염의 효과가 더 좋은 것을 다시 확인할 수 있고, 무매염의 경우는 후매염보다 약간 높거나 비슷한 값을 나타냈다. 염색 시료를 컬러차트에서 눈으로 비교하면 견이 가장 선명한 컬러를 나타내며 씨셀, 면 순으로 채도가 가장 낮아짐을 확인할 수 있다. 알루미늄 매염은 레드, 구리 매염은 바이올렛, 철 매염은 그린과 가까운 색상을 나타내며, 매염제별

h° 값이 가장 넓은 스펙트럼으로 나타나 매염제별 색상차가 다른 염료에 비해 크다는 것을 알 수 있었다.

4. 락의 염색성 및 표면색 분석

락의 염색성과 표면 측정값을 Table 8에 나타내었고, 컬러차트를 Table 9에 나타내었다. 락 염료의 최대 흡수 파장은 원단과 매염방법에 따라 400~540nm까지 특별한 경향성 없이 나타났다. K/S값을 보면 락 염료는 모든 매염제와 매염조건에서 견>씨셀>면 순으로 값이 높게 나타났는데 특히 견의 경우 매우 높은 값을 나타내어 염색성이 매우 좋음을 알 수 있다. 명도값을 나타내는 L값은 면>씨셀>견 순으로 면이高明도, 견이 저명도를 나타내고 있고, 원포와의 ΔE 값으로 비교해도 견이 가장 큰 색차값을 나타내고 있어 가장 진하게 염색됨을 알 수 있다. a값은 견의 무매염과 알루미늄 매염 시 매우 높게 나타나 매우 강한 적색을 나타내며, 동시에 b값도 높아 농색을 나타냄을 알 수 있다. 컬러 차트에서 눈으로 비교하면 견이 역시 가장 선명한 컬러를 나타내며 씨셀, 면 순으로 채도가 가장 낮아져 색상이 약하게 표현됨을 알 수 있다.

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
SeaCell	No-mordant		400	0.90	67.37	19.77	9.17	-18.41	18.89	-4.77	26.80
		Al	pre	540	2.60	53.72	31.77	6.72	-32.06	30.89	-7.22
	Al	post	400	0.54	78.60	9.71	11.72	-7.19	8.83	-2.21	11.60
		Cu	pre	570	5.99	37.02	13.26	-7.17	-48.77	12.37	-21.10
	Cu	post	540	1.11	61.20	14.79	4.55	-24.58	13.91	-9.39	29.76
		Fe	pre	540	2.67	46.18	6.88	-2.02	-39.60	6.00	-15.96
	Fe	post	400	1.44	61.52	3.74	6.30	-24.26	2.86	-7.64	25.60
		No-mordant		400	0.47	75.47	15.98	2.95	-14.63	17.61	-0.09
Al	pre		540	2.06	57.05	31.38	6.26	-33.06	33.01	3.22	46.83
	Al	post	400	0.24	85.09	5.41	6.11	-5.01	7.04	3.07	9.17
Cu		pre	570	3.82	43.97	13.79	-6.70	-46.14	15.42	-9.74	49.61
	Cu	post	560	0.47	72.21	10.05	0.29	-17.89	11.68	-2.75	21.55
Fe		pre	550	1.74	52.93	7.26	-0.89	-37.18	8.89	-3.93	38.43
	Fe	post	400	0.84	70.88	3.39	6.49	-19.22	5.02	3.45	20.16
Silk		No-mordant		400	1.35	69.22	17.34	14.00	-20.44	19.00	10.22
	Al		pre	540	5.74	43.50	38.12	7.71	-46.16	39.78	3.93
	Al	post	400	0.86	72.85	16.18	11.78	-16.81	17.84	8.00	25.79
		Cu	pre	510	14.70	22.61	8.23	-0.19	-67.05	9.90	-3.97
	Cu	post	520	3.05	49.06	23.91	5.89	-40.60	25.58	2.11	48.03
		Fe	pre	540	9.99	27.26	6.74	-2.57	-62.40	8.40	-6.35
	Fe	post	400	3.93	41.84	3.32	0.95	-47.82	4.99	-2.83	48.16

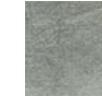
Table 7. Color Chart of Sappan Wood

Mordant agent		Non	Al		Cu		Fe	
Dyes	Fabric		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Sappan wood	SeaCell							
		21.79 / 24.88	32.48 / 11.94	15.22 / 50.36	15.07 / 331.61	15.47 / 17.08	7.17 / 343.61	7.32 / 59.29
	Cotton							
		16.25 / 10.45	32.00 / 11.28	8.16 / 48.46	15.33 / 334.10	10.05 / 1.66	7.31 / 353.00	7.32 / 62.43
	Silk							
		22.28 / 38.91	38.89 / 11.43	20.01 / 36.04	8.24 / 358.66	24.63 / 13.83	7.21 / 339.09	3.46 / 15.96

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	
SeaCell	No-mordant		400	1.90	55.77	16.29	6.07	-30.01	15.40	-7.86	34.64	
		Al	pre	510	2.67	50.89	21.91	6.57	-34.90	21.02	-7.37	41.40
			post	530	3.50	47.01	24.96	-1.54	-38.78	24.08	-15.48	48.20
	Cu	pre	530	7.28	33.79	16.96	-0.85	-52.00	16.08	-14.79	56.40	
		post	400	3.23	48.37	9.40	2.12	-37.42	8.52	-11.82	40.15	
	Fe	pre	500	3.31	45.07	11.37	4.01	-40.71	10.48	-9.93	43.19	
		post	400	3.45	45.84	3.29	2.91	-39.94	2.41	-11.02	41.51	
	Cotton	No-mordant		530	0.78	66.59	14.59	1.65	-23.51	16.22	-1.39	28.60
Al			pre	530	1.30	59.76	16.81	0.90	-30.34	18.44	-2.14	35.57
			post	400	1.13	62.62	18.48	-2.19	-27.49	20.11	-5.23	34.46
Cu		pre	540	2.82	47.17	15.43	-2.21	-42.93	17.07	-5.25	46.50	
		post	400	1.43	60.78	7.81	1.67	-29.32	9.45	-1.37	30.83	
Fe		pre	400	2.07	52.87	8.79	1.92	-37.24	10.42	-1.11	38.68	
		post	400	1.72	57.15	3.22	2.88	-32.95	4.85	-0.16	33.31	
Silk		No-mordant		490	17.13	31.02	31.65	18.48	-58.64	33.31	14.70	69.02
	Al		pre	500	16.55	28.46	27.93	13.71	-61.20	29.59	9.94	68.70
			post	490	14.78	30.21	27.96	14.34	-59.45	29.63	10.56	67.26
	Cu	pre	510	13.92	25.10	15.05	4.14	-64.56	16.71	0.36	66.69	
		post	530	15.58	22.11	9.41	1.39	-67.55	11.07	-2.39	68.49	
	Fe	pre	490	16.73	22.67	9.70	4.68	-66.99	11.36	0.90	67.95	
		post	400	16.39	20.26	0.92	-0.11	-69.40	2.58	-3.88	69.56	

Table 9. Color Chart of Lac

Dyes	Fabric	Mordant agent		Al		Cu		Fe	
		Non	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
SeaCell									
		17.38 / 20.45	22.87 / 16.69	25.01 / 356.47	16.99 / 357.14	16.99 / 357.14	9.64 / 12.70	12.05 / 19.41	
		Lac	Cotton						
14.68 / 6.45	16.83 / 3.05			18.61 / 353.25	15.59 / 351.85	7.99 / 12.06	8.99 / 12.36	4.32 / 41.78	
Silk									
		36.64 / 30.28	31.11 / 26.16	31.42 / 27.14	15.61 / 15.39	9.51 / 8.39	10.77 / 25.76	0.93 / 353.47	

5. 쪽의 염색성 및 표면색 분석

쪽의 염색성과 표면 측정값을 Table 10에 나타냈고, 컬러 차트를 Table 11에 나타냈다. 쪽 염료의 최대 흡수 파장은

씨셀의 경우 610~ 640nm, 면은 630~ 650nm, 견은 600 ~ 700nm 사이에서 관찰되었다. 쪽 염색 원단에 따른 K/S 값을 비교해보면 씨셀>면>견 순으로 염착량이 높음을 알 수 있다. 앞의 네 가지 염료에 비해 쪽은 유일하게 단백질 섬

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
SeaCell	1	640	20.99	21.05	-0.05	-14.66	-64.73	-0.93	-28.60	70.77
	2	610	20.99	19.93	0.45	-12.33	-65.86	-0.43	-26.26	70.90
	3	610	22.64	18.93	0.50	-12.01	-66.85	-0.38	-25.95	71.71
	4	610	21.70	19.57	0.22	-12.12	-66.21	-0.66	-26.06	71.16
	5	610	26.19	17.26	0.57	-11.36	-68.52	-0.32	-25.29	73.04
Cotton	1	650	16.76	26.60	-2.53	-16.14	-63.50	-0.90	-19.18	66.34
	2	640	17.94	23.46	-1.47	-13.96	-66.64	0.16	-17.00	68.78
	3	630	17.61	23.79	-1.77	-13.80	-66.31	-0.13	-16.84	68.42
	4	640	19.66	22.35	-1.27	-13.50	-67.75	0.37	-16.54	69.74
	5	640	19.55	23.08	-1.92	-13.75	-67.02	-0.28	-16.79	69.09
Silk	1	600	14.00	23.87	1.74	-13.38	-65.79	3.41	-17.16	68.08
	2	600	15.96	21.80	2.56	-12.41	-67.86	4.22	-16.19	69.89
	3	700	15.89	21.43	2.79	-8.69	-68.23	4.45	-12.47	69.50
	4	700	19.04	20.08	2.76	-8.04	-69.58	4.42	-11.82	70.71
	5	700	19.54	19.15	3.05	-6.67	-70.50	4.71	-10.45	71.43

Table 11. Color Chart of Indigo

Dyes	Fabric	1	2	3	4	5
Indigo	SeaCell					
		14.66 / 269.81	12.33 / 272.09	12.02 / 272.39	12.12 / 271.05	11.37 / 272.86
	Cotton					
		16.33 / 261.08	14.04 / 263.98	13.91 / 262.70	13.56 / 264.64	13.88 / 262.07
	Silk					
13.50 / 277.43		12.67 / 281.66	9.13 / 287.78	8.50 / 288.91	7.33 / 294.53	

유보다 식물성 섬유에 염색이 잘 되는 천연염료를 알 수 있다. 이는 쪽 염색 사전 연구 논문인 Choi and Ra(2020), Kim(1995), Kim and Choi(2013)와 동일한 결과임을 알 수 있었다. 씨셀이 면보다 염착량이 높은 이유는 리오셀이 면에 비해 쪽에 대한 염색성이 우수한 것으로 사료된다. 모든 원단에서 5회 반복 염색함에 따라 K/S값이 약간씩 증가하는 경향을 보이며, 5회 염색 시 K/S가 가장 높은 값을 나타냈다.

명도값을 나타내는 L값은 씨셀의 경우 반복 횟수가 증가할수록 감소하나, 2, 3, 4회 염색 시 큰 차이가 없게 나타났다. 면과 견의 경우도 약간씩 감소하는 경향을 보이나 그 수치가 매우 적다. 이는 Kim and Jeon(2011)의 연구에서 설정한 쪽 염색의 최적 조건에 따라 염색 조건을 설정하였는데, 천연염료의 특성상 염료에 따라 재현성이 낮아 동일 조건인 염색 농도 6g/L로 설정한 것은 이미 매우 농염의 상태로 염색이 되었기 때문으로 판단된다. 원포와의 ΔE 값으로 비교했을 때 씨셀, 면, 견의 경우 반복 염색함에 따라 색차 값이 2~4 정도선에서 증가함을 알 수 있다. 즉 반복염의 효과를 크게 관찰하기 힘든 조건이었음을 알 수 있었다. b값이 가장 낮은 씨셀이 가장 파란색을 나타내며 면 견의 순으로 b값이 작아짐을 알 수 있다.

염색포 이미지를 눈으로 확인해도 씨셀과 면, 견 모두 반복 염색에 따른 차이가 크게 나타나고 있지 않으며, 씨셀>면>견 순으로 h° 값이 블루인 270° 에 가까운 수치를 가지므로 가장 파란 색상을 나타내고 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 유기농으로 지속가능하게 수확되는 아이슬란드 해조류에서 추출한 천연 첨가물을 리오셀 액상 단계에 첨가하여 방사, 제조한 씨셀 섬유를 천연염료로 염색하여 보다 친환경 웰빙 섬유로 활용될 수 있는지를 면과 견의 염색성과 비교하여 살펴보고자 하였다. 천연염색에 사용된 염료는 황색계 염료인 치자와 울금, 적색계 염료인 소목과 락, 청색계 염료인 쪽 등 천연염료 5종으로 CMYK 컬러를 실현할 수 있도록 각 컬러군을 대표하는 염료를 선정하였다. 치자와 울금, 소목과 락은 알루미늄, 구리, 철 매염제를 선매염, 후매염, 무매염의 조건으로 염색하여 염착량을 비교하였다. 각 염료에 대한 염색성은 염색이 완료된 시료를 측색하여 최대 흡수 파장의 K/S값을 구하여 비교하였고, CIE Lab값과 색차값 ΔE 를 계산하여 명도 값과 색상 값을 분석하였으며, 염색 원단 이미지를 눈으로 확인할 수 있도록 컬러

차트를 제시하여 비교하였다. 치자와 울금, 소목과 락, 쪽 염료에 대한 씨셀, 면, 견의 염색성을 비교하고 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 치자 염료의 경우, K/S값을 비교한 결과 견>씨셀>면 섬유 순으로 염착량이 높았으며, 알루미늄, 구리, 철 매염제 모두 선매염>무매염>후매염 순으로 염색성이 높게 나타났다. CIE Lab값으로 비교했을 때 철 매염 시 L값이 모든 섬유에서 낮아졌다. a값은 씨셀이 가장 높고, b값은 견이 가장 높아 씨셀이 붉은 기가 많이 느껴졌는데 이것은 h° 값 및 컬러차트에서도 확인할 수 있었다.

둘째, 울금 염료의 경우, K/S값을 비교한 결과 견의 염착량이 가장 높았으며, 면 무매염 조건을 제외하고 씨셀>면 순으로 염착량이 높게 나타났다. 철 후매염 시 L값이 모든 섬유에서 가장 낮은 값을 나타냈다. 치자와 달리 모든 섬유에서 매염순서에 따른 색상차가 크게 나타나지 않았다.

셋째, 소목 염료의 경우, K/S값을 비교한 결과 모든 매염제와 매염조건에서 견>씨셀>면 순으로 염착량이 높았다. 또한 모든 매염제에서 선매염이 후매염보다 높은 염착량을 나타냈다. 알루미늄 매염은 레드, 구리 매염은 바이올렛, 철 매염은 그린과 가까운 색상을 나타내며, 매염제별 h° 값이 가장 넓은 스펙트럼으로 나타나 매염제별 색상차가 다른 염료에 비해 크게 나타났다.

넷째, 락 염료의 경우, K/S값을 비교한 결과 모든 매염제와 매염 조건에서 견>씨셀>면 순으로 염착량이 높았으며, 특히 견의 경우 매우 높은 값을 나타냈다. 컬러차트에서도 견이 가장 선명한 컬러를 나타내며, 씨셀, 면 순으로 채도가 낮아 색상이 약하게 표현됨을 알 수 있다.

다섯째, 쪽 염료의 경우, K/S값을 비교한 결과 씨셀>면>견의 순서로 높은 염착량을 나타내어 씨셀이 가장 높은 염색성을 나타냈다. 염색 반복 횟수에 따라 염착량이 증가하고, L값이 감소하였다. 씨셀 섬유의 h° 값이 블루인 270° 에 가장 가까운 수치를 나타내고 있어 가장 파란 색상을 나타냈다.

이와 같은 결과로부터 씨셀 섬유가 치자, 소목, 락 염료에서 단백질 섬유인 견보다는 염착성이 떨어지지만, 식물성 섬유인 면보다 높은 염착성을 가지고 있음을 알 수 있다. 울금의 경우 무매염을 제외하고 면보다 높은 염착성을 나타냈다. 쪽 염료에서는 씨셀이 가장 좋은 염색성을 보여주어 쪽 염색에 매우 적합한 섬유임을 알 수 있다. 앞으로 지속가능한 기능성 섬유가 계속 개발됨에 따라 환경과 인체 친화적인 천연염색이 적극적으로 도입되어 상용화되는데, 참고자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

References

- Cheon, E. H., & Kim, S. Y. (2020). Trend analysis on sustainable fiber materials -Focused on the use of alternative materials-. *Korea Society of Basic Design & Art, 21*(5), 589-600.
- Cho, S. M. (Ed.). (2010). *Fashion Information and Technology* (Vol. 7). Seoul, Korea: KSCT.
- Choi, M. J., & Ra, J. Y. (2020). A comparative study on the dyeing property of natural and artificial fiber. *Korea Society of Basic Design & Art, 21*(5), 601-611.
- Kim, A. S. (1995). The study on the dyeing properties of natural dyes(II). *Journal of the Korea Society of Dyers and Finishers, 7*(4), 16-24.
- Kim, M. K., & Choi, I. R. (2013). A study of indigo fermented dyeing using natural yeast. *The Journal of the Korean Society of Knit Design, 11*(3), 1-9.
- Kim, M. K., & Jeon, D. W. (2011). A study on the effect of the changes of dyeing conditions on the dyeability of cotton fabrics dyed with natural polygoum tinctoria. *Journal of Fashion Business, 15*(4), 144-154.
- Lee, J. Y., & Park, H. (2021). *Strategies to foster eco-friendly recycled textile and fashion industry*. Sejong, Korea: Yusungsa.
- Shin, Y. J. (2015). A study on the dyeing properties of yellow and red natural dyes. *Korean Fashion & costume Design Association, 17*(2), 45-61.
- The power of seaweed in a fiber. (2022). *Smart fiber AG natural fibers*, Retrieved April 20, 2022, from <https://smart-fiber.kr>

Received (June 30, 2022)

Revised (July 14, 2022)

Accepted (July 15, 2022)