

〈연구논문(학술)〉

제주 송이를 이용한 천연염색 면직물의 기능성 연구

임은숙[†] · 이혜선

제주대학교 의류학과

A Study on Function of Natural Dyeing with Cotton Fabrics Using *Jeju scoria*

Eun-Suk Im[†] and Hye-Sun Lee

Dept. of Clothing and Textile, Jeju National University

(Received: May 27, 2011/Revised: June 14, 2011/Accepted: August 9, 2011)

Abstract— For the application of *Jeju scoria* scattered around the island as a natural dye, cotton fabrics were dyed with the dye and their properties were measured including dyeability, colorfastness, antibacterial activity, deodorization efficiency, ultraviolet protection, and far-infrared emission. The dyed cotton fabrics were in yellowish red and optimal dyeing conditions were obtained with a colorant concentration of 25%(o.w.b) at a temperature of 80°C for the dyeing time of 120 minutes. The ratings of colorfastness to light, rubbing, perspiration, and washing were 8, 5, 5, and 4-5 respectively. After 15 wash cycles, colorfastness remained as much as 4-5 rating. The cotton fabric dyed with *Jeju scoria* demonstrated excellent antimicrobial activity and deodorization efficiency of 99.9% and 93.9% respectively. Ultraviolet protection factor was 50+. Far-infrared emission rate and far-infrared emission intensity were 90% and 362(W/m²·μm) respectively. The *Jeju scoria* can be introduced as a new colorant for the natural dyeing of cotton.

Keywords: *Jeju scoria*, natural dyeing, anti-bacterial activity, deodorization efficiency, ultraviolet-cut ability, far-infrared emission

1. 서 론

제주도는 화산섬으로서 후기 화산활동과 관련이 있는 화산 쇄설물로 구성되어 있다. 이와 같은 화산석을 제주도 방언으로 “송이”라 칭하며 송이는 화산이 폭발할 때 분출된 여러 물질 가운데 다공질의 화산암, 화산모래, 기타 화산회 등이 혼합되어 일반적인 화강 풍토나 사질토와는 공학적인 성질에 있어서 현저하게 다르다¹⁾.

제주 송이는 지역에 따라 조금씩 차이가 있으나 입자가 수cm 정도의 조립질인 Scoria가 주를 이루며 화산이 폭발할 때 발생한 고열에서 소성된 소성체로서 흡습성이 강하고 다공성이다. 색상은 암회색, 흑색, 적갈색, 황갈색이며 물리화학적 성질은 pH는 7.10~7.30, 표면적은 32~99 m²/g, 양이온치환용량(CEC)은 3.80~6.12 cmol/kg이다.

화학적 조성은 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃이 75%를 차지하며 기공이 많고 가벼우며, 유기불순물의 함량

이 비교적 적어 안정된 화학구성을 갖고 있다^{2,3)}.

본 연구는 식물성 천연염색의 종류가 다양함에 비해 그 수가 많지 않은 광물성 천연염색 소재를 개발하는 것을 목적으로 한다.

본 연구에서는 제주도 전 지역에 산재해 있는 제주 송이의 천연염색에 이용 가능성을 검토하기 위하여 염색성과 염색견뢰도를 평가하였으며 항균성, 소취성, 자외선 차단성, 원적외선 방사성을 측정하여 염색의 최적조건에 관한 기초자료와 염색포의 기능성을 평가하여 친환경 광물성 천연염료 개발 및 고부가가치를 창출할 수 있는 의류소재 및 다양한 상품소재를 위한 실용가치를 분석하였다.

2. 시료 및 실험 방법

2.1 시료

본 실험에서 사용된 시료는 시판 면직물을

[†]Corresponding author. Tel.: +82-64-754-3530; Fax.: +82-64-725-2591; e-mail: qu1113@daum.net

정련 표백 후 수세·건조하여 사용하였으며, 시료의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of cotton fabric

Fabric	Weave	Density (thread/inch)		Weight (g/m ²)	Thickness (mm)
		Warp	Weft		
Cotton	Plain	68	63	150±5	0.51

2.2 염재

본 실험에서 사용된 염료는 제주 송이 분말을 (주)송이산업에서 구입하여 사용하였다.

2.3 입도 분석

레이저입도분석기(LS-13-320, Beckman Coulter, U.S.A)를 사용하여 제주 송이 분말의 입도를 분석하였다.

2.4 염색

적외선고압염색기(DL-6000, Daelim Starlet Co. Ltd., Korea)를 이용하여 액비 1:20, 염액의 농도는 1%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%(o.w.b), 염색온도는 40℃, 60℃, 80℃, 100℃, 염색시간은 30분, 60분, 90분, 120분을 변인으로 하여 염색하였다.

2.5 염착량 및 표면색 측정

각각의 염색조건에 따른 염색성을 알아보기 위해 색차계(CM-2500D, Minolta, Japan)를 사용하여 400nm에서 염색포의 표면반사율을 측정 한 후 Kubelka-Munk식에 의해 K/S값을 구하여 염착량을 평가하였으며 표면색은 Hunter 식 L*, a*, b* 값을 측정하고 색차(ΔE)를 산출하였다.

2.6 직물의 표면관찰

염색포의 표면흡착 상태와 표면흡착 입도를 확인하기 위해 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope; S-3000N, Hitach, Japan)을 사용하여 10kV의 가속전압에서 1,000배, 3,000배, 4,000배로 확대하여 관찰하였다.

2.7 염색건뢰도 측정

일광건뢰도는 KS K 0700에 따라 Fade-O-meter

(HS-213, Korea)를 사용하여 크세논 아크광으로 320시간 이상 광조사하여 측정하였으며, 땀건뢰도는 KS K 0715에 따라 Perspiration Tester (DL-2012, Daerim Eng., Korea)를 사용하여 산성 땀액과 알칼리성 땀액으로 나누어 4.54kg 하중에서 38±1℃의 건조기에서 6시간 방치 후 측정하였다.

세탁건뢰도는 KS K 0430 A-1법에 따라 Launder-O-meter(Yasuda Seiki Seisakusho, Japan)에서 40±2℃에서 30분 세탁 후 평가하였으며, 마찰건뢰도는 KS K 0650에 따라 Crockmeter (Yasuda Seiki Seisakusho, Japan)를 이용하여 건조시와 습윤 시의 마찰 건뢰도를 측정하여 변·퇴색용 Gray scale(JIS L 0804)로 등급을 판정하였다.

2.8 기능성 평가

항균성 : ASTM E2149-2001법에 따라 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538)을 접종하여 24시간 후에 균 감소율을 구하여 항균성을 측정하였다.

소취성 : JTETC 일본 섬유평가기술협회의 시험법을 사용하여 5L의 테트라백에 10×10cm의 시료를 넣고, 초기농도를 100ppm으로 조정 한 암모니아가스 3L를 주입한 후, 120분 후의 암모니아가스의 농도를 검지관으로 측정하였다.

자외선 차단성 : KS K 0805-2009법에 따라 UV/Vis NIR Spectrometer(Perkin Elmer, Lambda 950, U.S.A)를 사용하여 280~400nm에서의 자외선 투과율을 측정하고 UPF(ultraviolet protection factor)를 구하였다.

원적외선 방사성 : KCL-FIR-1005:2011법에 따라 FT-IR(with wide range MCT detector, Nicolet, U.S.A)을 이용하여 40℃, 5~20 μ m 범위에서의 원적외선 방사율과 방사강도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 제주 송이 분말의 입도분석

Fig. 1은 제주 송이 분말의 입도를 분석한 결과로서 입도분포는 0.375 μ m~2000 μ m 크기임을 알 수 있다.

3.2 염색성

Fig. 2는 염액의 농도를 1%, 5%, 10%, 15% (o.w.b)로 하고 액비는 1:20으로 하여 염색 온도를 40℃, 60℃, 80℃, 100℃로 변화시켜 60분간 염색하여 얻은 제주 송이 염색 직물의 염착량을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

제주 송이로 면직물에 염색한 표면색은 황적색(yellowish red)으로 나타났으며, 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 80℃까지는 염색 온도가 상승함에 따라 K/S값이 증가하였으나 100℃에서는 다시 K/S값이 감소하였다. 이는 80℃까지는 온도가 올라감에 따라 면직물이 팽윤하여 섬유와 섬유 사이에 제주 송이 입자가 물리적으로 흡착하여 염색성이 향상된 것이며, 100℃에서는 입자들의 분자운동성이 더욱 활발해지면서 면직물 표면에 물리적으로 흡착되었던 입자들이 물속으로 다시 분산·탈락되면서 염착량이 감소된 것으로 분석된다^{4,8)}. 따라서 제주 송이를 이용한 면직물의 적정 염색온도는 80℃임을 알 수 있었으며 이후의 실험에서는 염색온도를 80℃로 고정하였다.

Fig. 3은 염액의 농도를 1%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%(o.w.b)로 하여 액비는 1:20으로 하고 염색 온도는 80℃에서 염색시간을 각각 30분, 60분, 90분, 120분으로 변화시켜 염색한 면직물의 염착량을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 90분까지는 K/S값이 급격히 증가하였으나, 그 이후에는 증가폭이 다소 둔화되었고, 염액의 농도가 1%

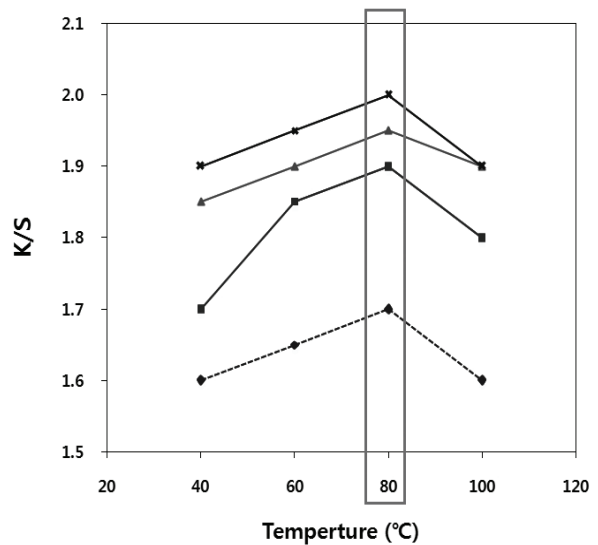


Fig. 2. K/S values of cotton fabrics according to the dyeing temperature and concentration of *Jeju scorja* (dyeing time : 60 min.).

(o.w.b)인 경우를 제외하고는 염색시간이 증가할수록 K/S값이 증가되었다. 그러므로 제주 송이는 면직물이 염액에 들어가면서 바로 염색이 되는 즉시형 염재가 아닌 서서히 염색되는 완염형 염재라는 것을 알 수 있다⁹⁾.

염액농도 변화에 따른 염색성을 살펴보면 염액농도 1%(o.w.b)에서 25%(o.w.b)로 증가함에 따라 K/S값이 증가 하였다. 제주송이(Scoria) 염색성은 염액농도 증가에 비례하는 것을 알 수 있었으며 염액농도 25%(o.w.b)에서 가장 높은 염색성을 나타내었다.

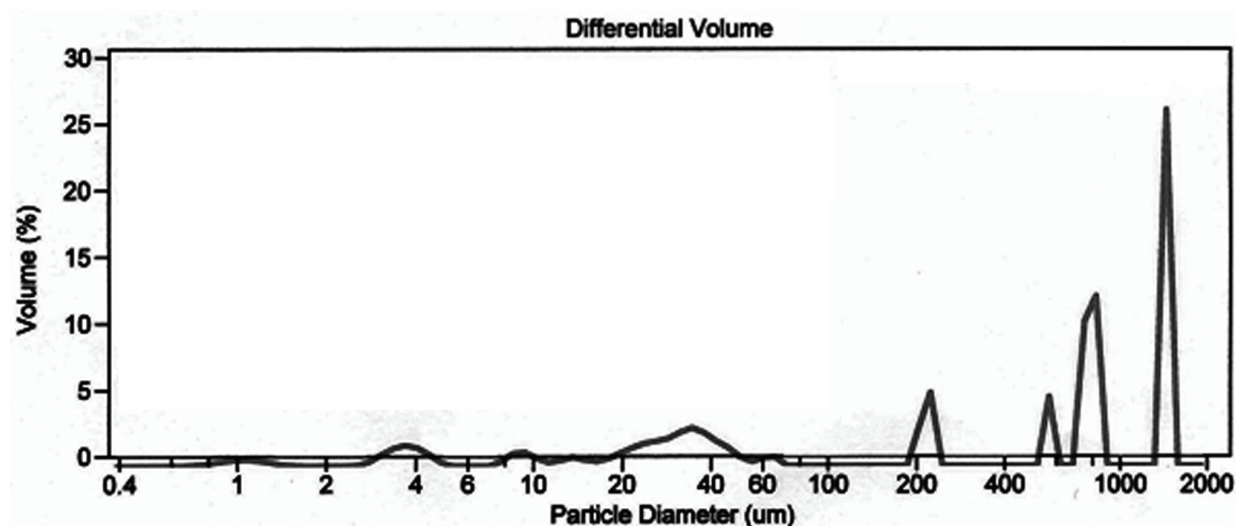


Fig. 1. Size distribution of *Jeju scorja*.

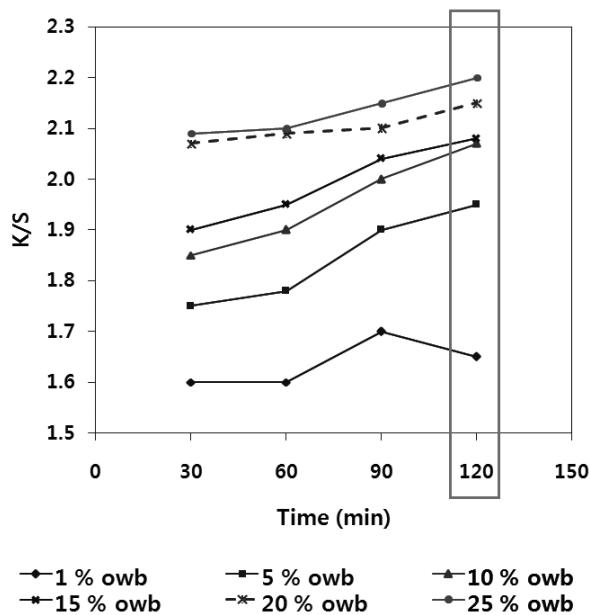


Fig. 3. K/S values of cotton fabrics according to the dyeing time and concentration of *Jeju scorja* (dyeing temp. : 80 °C).

Table 2는 Fig. 4와 같은 조건으로 염색하여 얻은 면직물의 표면색을 Hunter식 L^* , a^* , b^* 값과 색차(ΔE)를 측정된 결과를 나타낸 것이다.

ΔE 는 시료 직물과 염색한 직물의 색의 차이를 나타낸 값으로 색차가 클수록 인지되는 염착량이 높게 나타난다. ΔE 는 염액농도가 1% (o.w.b)인 경우에는 31.45~32.32 범위로 염색되었으며, 염액의 농도가 짙어짐에 따라 점차 증가하여 염액농도가 25%(o.w.b)인 경우에는 41.09~44.69로 가장 높음을 알 수 있었다.

L^* 값은 높을수록 밝은 색상을 의미한다. L^* 값은 염액의 농도가 같은 경우에는 염색 시간이 길어짐에 따라 점차 감소하였으며, 염색 시간이 같은 경우에는 염액의 농도가 짙어짐에 따라 점차 감소하여 색상이 어두워졌음을 알 수 있었다.

a^* 값은 클수록 적색기가, b^* 값이 클수록 황색기가 많음을 의미한다. 염액농도가 짙어짐에 따라 a^* 값과 b^* 값 모두 증가하였으며 b^* 값이 좀 더 증가하여 제주 송이로 염색한 면직물의 전체적인 표면색은 염색시간과 염색농도의 증가에 따라 점차 황적색(yellowish red)으로 염색되었다.

3.3 제주 송이 염색 면직물의 표면관찰

Fig. 4는 액비 1:20, 염액 농도 25%(o.w.b), 80°C, 120분간 5회 반복 염색한 제주 송이 면직물을 염색전의 면직물과 염색후의 면직물 표면을 염

착상태를 고찰하기 위하여 주사전자현미경을 사용하여 각각 1,000배, 3,000배, 4,000배로 확대한 사진이다.

사진을 보면 식물성 염제로 침염한 경우와는 달리 제주송이(*Scoria*)의 미세한 입자가 면직물의 섬유 내부로 침투하지 못하고 직물의 표면에 부착된 것을 알 수 있으며, 부착된 제주 송이 분말의 입도는 $0.75\mu m \sim 3.41\mu m$ 임을 알 수 있다.

Table 2. Color values of cotton fabrics dyed with *Jeju scorja* at 80°C

Time (min)	Concentration (% o.w.b)	L^*	a^*	b^*	ΔE
Control	-	95.77	3.16	-16.11	0.00
30	1	76.22	8.62	7.96	31.45
	5	74.92	9.12	8.96	33.12
	10	72.48	9.48	10.37	35.80
	15	69.87	10.46	13.45	39.94
	20	68.51	10.58	12.41	40.83
	25	68.09	10.18	13.48	41.09
60	1	75.99	8.78	8.41	31.97
	5	72.48	9.48	10.37	35.80
	10	71.74	9.79	12.25	37.73
	15	68.51	10.58	12.41	40.83
	20	68.09	10.18	13.48	41.09
	25	67.35	10.51	14.44	42.33
90	1	75.69	8.92	8.59	32.32
	5	71.86	9.90	10.62	36.47
	10	70.71	10.07	12.56	38.67
	15	66.31	10.18	13.48	41.09
	20	68.09	10.51	14.44	42.33
	25	67.35	10.59	14.68	43.23
120	1	75.69	8.92	8.59	32.32
	5	71.74	9.79	12.25	37.73
	10	71.12	10.16	13.34	39.01
	15	67.35	10.51	14.44	42.33
	20	66.31	10.59	14.68	43.23
	25	65.92	9.94	16.50	44.69

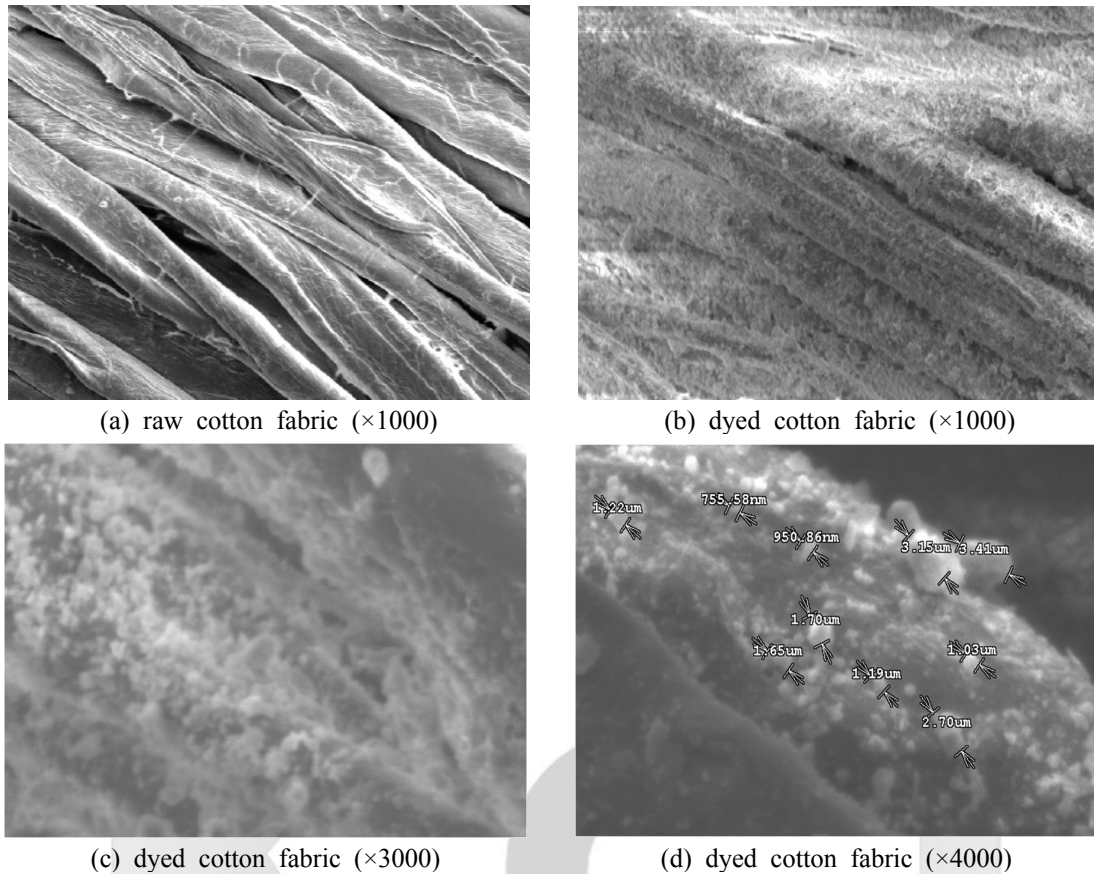


Fig. 4. SEM photographs of cotton fabrics dyed with *Jeju scorja*.

3.4 염색견뢰도

Table 3은 액비 1:20, 염액 농도 25%(o.w.b), 80℃, 120분간 5회 반복 염색한 면직물의 염색견뢰도를 측정한 결과이다.

일반적으로 천연염색의 일광견뢰도가 1~2급으로 좋지 않은데 비하여 제주송이로 염색한 면직물의 일광견뢰도는 320시간이상 조광

하여도 변색되지 않아 8급으로 매우 우수하게 나타났다. 세탁견뢰도는 1회, 5회 세탁 후 변·퇴색과 오염 모두 5급으로 매우 우수한 결과를 보였으며 10회, 15회 세탁 후 변·퇴색은 4~5급, 오염은 5급으로 반복 세탁 후에도 세탁견뢰도가 우수하게 나타났다. 땀 견뢰도는 산성 땀액과 알칼리성 땀액에서 변·퇴색과 오염 모두 5급으로 나타나 매우 우수한 결과를

Table 3. Colorfastness of cotton fabrics dyed with *Jeju scorja*

Perspiration				Rubbing			
Acidic		Alkaline		Dry		Wet	
Fade	Stain	Fade	Stain	Fade	Stain	Fade	Stain
5	5	5	5	5	5	5	5
Washing							
Washing Cycles							Light
1		5		10		15	
Fade	Stain	Fade	Stain	Fade	Stain	Fade	Stain
5	5	5	5	4-5	5	4-5	5
							8

보였다. 마찰 견뢰도는 건조시와 습윤시 모두 변·퇴색과 오염이 5급으로 나타나 매우 우수한 결과를 보였다.

이와 같은 결과로부터 제주 송이 염색 면직물은 일반 천연염료가 합성염료에 비해 염색 견뢰도가 좋지 않은 점을 개선할 수 있는 천연염료로서 의복소재 및 다양한 상품제작에 활용할 수 있을 것이다.

3.5 기능성

제주 송이로 염색한 면직물의 기능성을 측정하기 위해 액비 1:20, 염액 농도 25%(o.w.b), 80℃, 120분 염색한 면직물의 항균성, 소취성, 자외선 차단성, 원적외선 방사성을 측정하였다.

Fig. 5은 제주 송이로 염색한 면직물에 황색 포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538)을 접종한 후 24시간배양 후 항균성을 측정한 결과로서 염색하지 않은 면직물의 항균성은

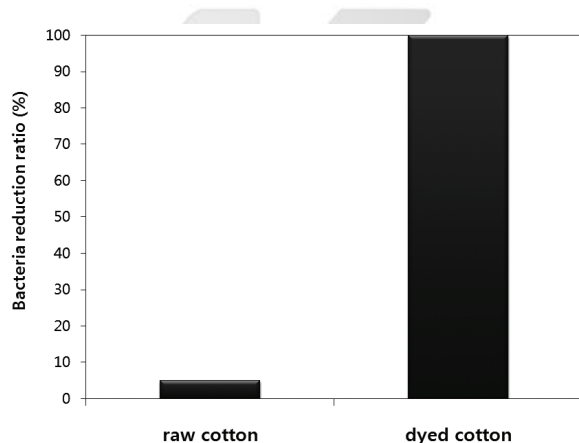


Fig. 5. Bacteria reduction ratio of cotton fabrics dyed with *Jeju scorja*.

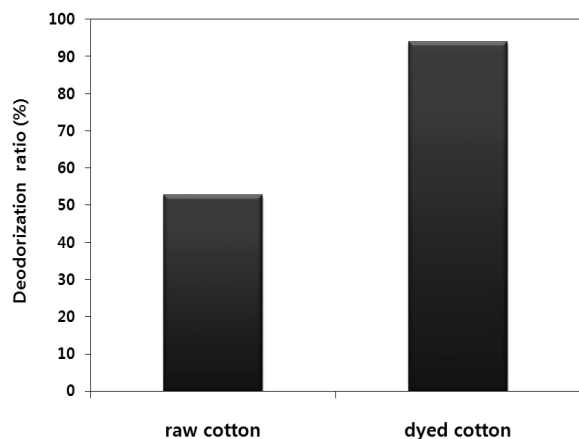


Fig. 6. Deodorization ratio of cotton fabrics dyed with *Jeju scorja*.

5% 미만인데 비하여 제주 송이 염색한 면직물은 99.9%의 매우 우수한 항균효과를 나타낼 수 있다.

Fig. 6은 제주 송이로 염색한 면직물의 소취성을 측정하여 얻은 결과를 나타낸 것이다. 염색하지 않은 면직물의 소취성이 52.7%인데 비하여 제주 송이 염색 면직물은 93.9%로 제주 송이 염색 면직물의 소취성이 우수함을 알 수 있다.

Fig. 7은 제주 송이로 염색한 면직물의 자외선 차단지수를 나타낸 것이다. 자외선차단지수인 UPF(ultraviolet protection factor)는 태양광과 유사한 스펙트럼을 갖는 규정된 인공광을 인체피부에 조사하고 피부에 자외선 차단제품을 사용하였을 때 최소 홍반량을 차단제품을 사용하지 않았을 때 최소 홍반량으로 나눈 값이다. 면직물의 UPF는 염색하지 않은 면직물은 23(good)으로 어느 정도의 차단성을 갖고 있지만 제주 송이 염색 면직물은 50+(excellent)으로 매우 높은 자외선 차단성을 나타내었다. 그러므로 제주 송이는 자외선차단 효과가 매우 큰 친환경 광물성 천연소재임을 알 수 있었다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이 원적외선 방사강도는 염색하지 않은 면직물이 최대방사강도가 $358 \text{ W/m}^2 \cdot \mu\text{m}$ (at 40℃)인데 비하여 제주 송이로 염색한 면직물은 $362 \text{ W/m}^2 \cdot \mu\text{m}$ (at 40℃)로 측정되었다. 인체의 원적외선 방사강도가 대략 200인 것에 비하여 제주송이(*Scoria*)로 염색한 면직물은 $162 \text{ W/m}^2 \cdot \mu\text{m}$ (at 40℃)차이를 보여 우수한 원적외선 방사특성을 갖고 있다는 것을 알 수 있다¹⁰⁾.

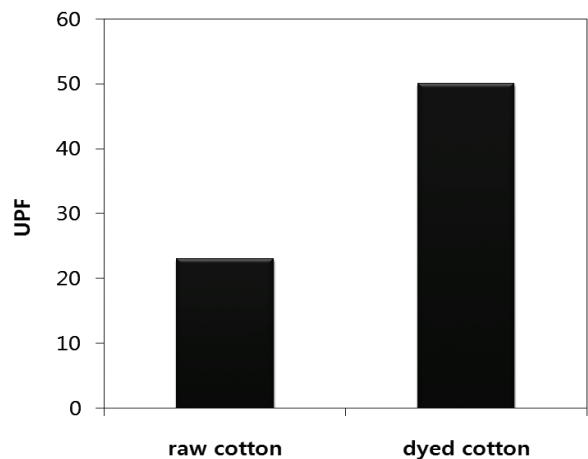


Fig. 7. UPF values of cotton fabrics dyed with *Jeju scorja*.

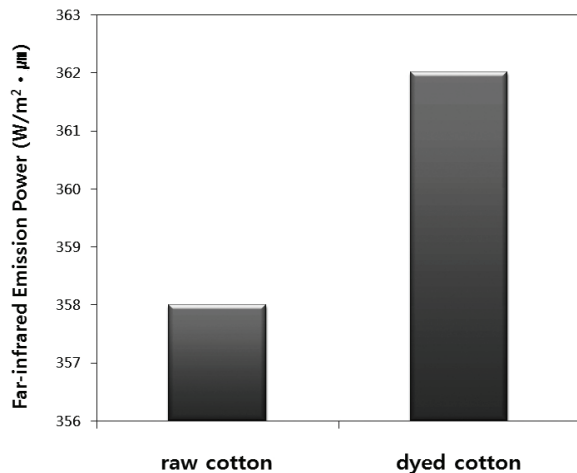


Fig. 8. Far-infrared emission power of cotton fabrics dyed with *Jeju scoria* (5~20μm).

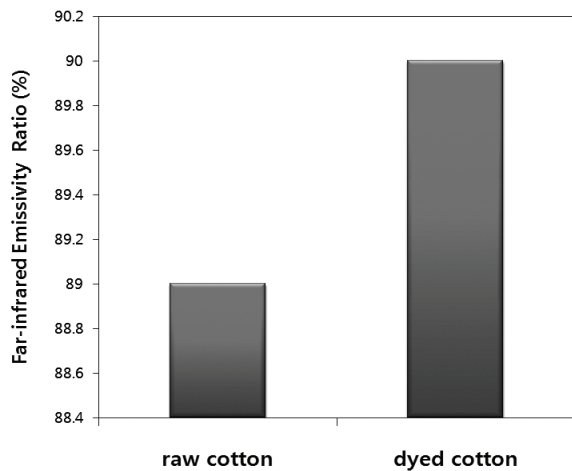


Fig. 9. Far-infrared emissivity ratio of cotton fabrics dyed with *Jeju scoria* (5~20μm).

Fig. 9에서는 원적외선 방사율을 측정한 것으로 염색하지 않은 면직물은 89%, 제주 송이로 염색한 면직물은 90%로 원적외선 방사율이 향상 되었음을 알 수 있다¹⁰⁾.

4. 결 론

광물성 천연염재의 신소재 개발을 위해 제주도 전 지역에 산재해 있는 제주 화산석 송이를 면직물에 염색하여 염색성과 염색견뢰도를 알아보았으며, 항균성, 소취성, 원적외선 방사성, 자외선 차단성을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제주 송이를 이용하여 면직물에 염색한 결과 염색에 대한 면직물의 색상은 황적색(yellowish red)으로 염색되었으며, 염색의 최

적조건은 염색온도 80℃, 염색시간 120분, 염색농도 25%(o.w.b)로 나타났다.

2. 염색견뢰도는 일광견뢰도 8급, 마찰견뢰도 5급, 땀 견뢰도 5급, 세탁견뢰도는 15회 반복 세탁 후에도 4~5급으로 매우 우수한 결과를 나타냈으며 합성염료와 비교하여도 손색이 없는 좋은 견뢰도 결과가 나타났다.
3. 항균성은 99.9%로 매우 우수한 항균성을 나타내었고 소취성은 93.9%로 매우 우수한 소취효과를 나타내었다. 자외선차단지수 UPF (ultraviolet protection factor)는 50+로 매우 높은 자외선 차단성을 나타내었고 원적외선 방사성은 90%, 최대 방사강도는 362(W/m² · μm)로 높은 원적외선 방사성을 갖고 있음을 알 수 있었다.

이상의 결과로 보아 제주 화산석 송이는 염색견뢰도가 매우 우수하고 항균성, 소취성, 자외선 차단성, 원적외선 방사성과 같은 기능성이 우수한 천연염료 재료로서 의복소재 및 다양한 상품제작에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. S. K. Kam, J. Y. Hong, S. S. Hyun, B. J. Ahn and M. G. Lee, Removal of Copper Ion by Na-P1 Synthesized from *Jeju scoria*, *J. Environmental Sci.*, **11**(1), 75-83(2002).
2. S. H. Lee, D. W. Lee and M. G. Lee, Removal Characteristics of Benzene in the Biofilter Packed with Scoria, *Hwahak Konghak*, **41**(6), 781-787(2003).
3. S. K. Kam, S. S. Hyun, and M. G. Lee, Adsorption Characteristics of Copper and Lead Ion by *Jeju scoria*, *J. Kor. Soc. Environmental Engineers*, **24**(1), 57-69(2002).
4. S. H. Kim and Y. S. Shin, The Effect of Chitosan Treatment on Cotton Knits Dyed with Bamboo Charcoal, *Textile Science and Engineering*, **46**(2), 83-89(2009).
5. M. S. Kwon, D. W. Jeon and J. J. Kim, The Effect of Chitosan Treatment of Fabrics on the Natural Dyeing using Loess, *J. Kor. Soc. Cloth. Ind.*, **7**(3), 327-332(2005).
6. K. H. Bae, J. S. Kwon and S. H. Lee, Bicomponent Finishing of Cotton Fabrics(I)

- Loess and Chitosan-, *J. Kor. Soc. Cloth. Ind.*, **10**(4), 552-559(2008).
7. K. H. Bae, J. S. Kwon and S. H. Lee, Bicomponent Finishing of Cotton Fabrics(II)-Chitosan and Charcoal-, *J. Kor. Soc. Cloth. Ind.*, **10**(5), 748-755(2008).
8. M. R. Han and J. S. Lee, Natural Dyeing of Cotton Fabrics with *Rumex crispus* L. Root, *J. Kor. Soc. Clothing and Textiles*, **33**(2), 222-229(2009).
9. S. K. Bai, Dyeing Properties of *Morus alba* L. Fruit Powder on the Silk Fabrics, *J. Kor. Soc. Cloth. Ind.*, **10**(5), 779-783(2008).
10. S. J. Kim, Dyeing of Cotton Fabrics with Loess Using Soybean Milk, Ph. D. Thesis, Seoul National University, 2001.

K C I