

〈연구논문(학술)〉

## 제주 송이를 이용한 견직물의 염색성 및 기능성

임은숙<sup>†</sup> · 이혜선 · 한충훈<sup>1</sup>

제주대학교 의류학과, <sup>1</sup>제주대학교 원자력과학기술연구소

### Dyeability and Functionality of Silk Fabrics Dyed with *Jeju scoria*

Eun-Suk Im<sup>†</sup>, Hye-Sun Lee and Chung-Hun Han<sup>1</sup>

Dept. of Clothing and Textile, Jeju National University

<sup>1</sup>Institute for Nuclear Science and Engineering, Jeju National University

(Received: September 8, 2011/Revised: September 19, 2011/Accepted: September 20, 2011)

**Abstract**— This study used *Jeju scoria* to dye cotton fabric and measured its dyeability, colorfastness, antibacterial activity, deodorization efficiency, ultraviolet protection, and far-infrared emission. The cotton fabric was colored to yellowish red and optimal dyeing can be achieved at a temperature of 80°C for a dyeing time of 120 minutes with a colorant concentration of 25%(o.w.b). The colorfastness to light, rubbing, perspiration, and washing was 8, 5, 5, and 4-5 ratings respectively, where the wash colorfastness remained after 15 wash cycles. The cotton fabric dyed with *Jeju scoria* demonstrated excellent antimicrobial activity to *Staphylococcus aureus* and high deodorization efficiency. Ultraviolet protection factor was as high as 50+. The *Jeju scoria* can be used as a new colorant for the natural dyeing of silk.

**Keywords:** *Jeju scoria*, dyeability, anti-bacterial activity, deodorization efficiency, ultraviolet protection

## 1. 서 론

최근 경제성장으로 문화적 가치의 존중과 건강, 환경, 고기능, 고감성에 대한 관심이 늘고 있다. 천연염색은 은은한 색감을 낼 뿐 아니라 인체에 무해하며 환경을 오염시킬 우려가 적은 것이 특징으로 염재의 종류에 따라 항균성, 소취성 등 고기능성을 갖고 있어 다양하고 많은 연구가 이루어 지고 있다.

본 연구는 식물성 천연염재의 종류가 다양한데 비해 그 수가 많지 않은 광물성 천연염재 신소재 개발을 목적으로 오염된 공기를 정화시키고, 인체의 혈액순환을 촉진시키는 효과를 지니고 있으며 현재 화장품재료와 타일, 벽돌, 벽지 등 기능성 건축 산업용으로 생산하여 이용되고 있는 제주도 방언으로는 “송이”라 칭하며 제주도 전 지역에 산재하고 있는 제주 천연 화산석 송이를 천연광물성 염료에 이용 가능성을 검토하고자 한다.

화산석 송이(Scoria)는 화산이 폭발할 때 분출된 여러 물질 가운데 다공질의 화산암, 화산모래, 기타 화산회 등이 혼합되어 일반적인 화강 풍토나 사질토와는 공학적인 성질에 있어서 현저하게 다르다<sup>1)</sup>.

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 m<sup>2</sup>/g, 양이온치환용량(CEC)은 3.80~6.12 cmol/kg이다. 화학적 조성은 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이 75%를 차지하며 기공이 많고 가벼우며, 유기불순물의 함량이 비교적 적어 안정된 화학구성을 갖고 있다<sup>2,3)</sup>.

본 연구에서는 제주 송이를 천연염색에 이용 가능성을 검토하기 위하여 염색성과 염색견뢰도를 평가하였으며 항균성, 소취성, 자외선 차단성

<sup>†</sup>Corresponding author. Tel.: +82-64-754-3530; Fax.: +82-64-725-2591; e-mail: qu1113@daum.net

및 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. 실험

### 2.1 실험재료

#### 2.1.1 시료

본 실험에서 사용된 시료는 시판 견직물을 정련한 후 수세·건조하여 사용하였으며, 시료의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of silk fabric

Fabric	Weave	Density (thread/inch)		Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickness (mm)
		Warp	Weft		
Silk	Plain	87	74	64±2	0.28

#### 2.1.2 염재

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

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 입도 분석

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

#### 2.2.2 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°C, 60°C, 80°C, 100°C, 염색시간은 30분, 60분, 90분, 120분까지 조절하여 염색하였다.

#### 2.2.3 염착량 및 표면색 측정

각 염색조건에 따른 염색성을 알아보기 위해 색차계(CM-2500D, Minolta, Japan)를 사용하여 400nm에서 염색포의 표면반사율을 측정된 후 Kulbelka-Munk식에 의해 K/S값을 구하여 염착량을 평가하였으며 표면색은 Hunter식 L\*, a\*, b\* 값을 측정하고 색차(ΔE)를 산출하였다.

#### 2.2.4 직물의 표면관찰

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

#### 2.2.5 염색견뢰도 측정

일광견뢰도는 KS K 0700에 따라 Fade-O-meter (HS-213, Korea)를 사용하여 크세논 아크 광으로 320시간 이상 광조사하여 측정하였으며, 땀 견뢰도는 KS K 0715에 따라 Perspiration Tester (DL-2 012, Daerim Eng., Korea)를 사용하여 산성 땀액과 알칼리성 땀액으로 나누어 4.54kg 하중에서 38±1°C의 건조기에서 6시간 방치 후 측정하였다.

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

#### 2.2.6 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 조정된 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°C, 5~20μm 범위에서의 원적외선 방사율과 방사강도를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 입도분석

제주 송이 분말의 입도를 레이저 입도 분석기를 사용하여 분석한 결과 2000 $\mu\text{m}$ 이하의 입도를 가지고 있고 입도분포는 4 $\mu\text{m}$ , 40 $\mu\text{m}$ , 220 $\mu\text{m}$ , 600 $\mu\text{m}$ , 800 $\mu\text{m}$ , 1500 $\mu\text{m}$ 로 증가하는 것을 알 수 있었고 염색포의 표면에 흡착된 제주 송이 분말의 입도는 주사전자현미경을 사용하여 0.56 $\mu\text{m}$  ~ 1.30 $\mu\text{m}$ 임을 확인 하였다.

#### 3.2 염색성

Fig. 1는 염액의 농도를 1%, 5%, 10%, 15% (o.w.b)로 하고 액비는 1:20으로 하여 염색 온도를 40 $^{\circ}\text{C}$ , 60 $^{\circ}\text{C}$ , 80 $^{\circ}\text{C}$ , 100 $^{\circ}\text{C}$ 로 변화시켜 60분간 염색하여 얻은 제주 송이 염색 직물의 염착량을 측정하여 나타낸 것이다.

제주 송이로 견직물에 염색한 표면색은 황적색(yellowish red)으로 나타났으며, 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 80 $^{\circ}\text{C}$ 까지는 염색 온도가 상승함에 따라 K/S값이 증가하였으나 100 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 다시 K/S값이 감소하였다. 이는 80 $^{\circ}\text{C}$ 까지는 온도가 올라감에 따라 견직물이 팽윤하여 섬유와 섬유 사이에 제주 송이 입자가 물리적 흡착이 증가하여 염색성이 향상되었고, 100 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 입자들의 분자운동성이 더욱 활발해지면서 견직물 표면에 물리적으로 흡착되었던 입자들이 물속으로 다시 분산·탈락되면서 염착량이 감소된 것으로 분석된다<sup>4,8)</sup>. 따라서 제주 송이를 이용한 견직물의 적정 염색온도는 80 $^{\circ}\text{C}$ 임을 알 수 있었으며 이후의 실험에서는 염색온도를 80 $^{\circ}\text{C}$ 로 고정하였다.

Fig. 2은 염액의 농도를 1%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%(o.w.b)로 하여 액비는 1:20으로 하고 염색 온도는 80 $^{\circ}\text{C}$ 에서 염색시간을 각각 30분, 60분, 90분, 120분으로 변화시켜 염색한 견직물의 염착량을 측정하여 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 90분까지는 K/S값이 서서히 증가하였으나, 그 이후 120분에서는 K/S값이 감소하였다.

이는 120분 부터는 견직물의 표면에 약하게 흡착되었던 송이입자가 염색시간이 길어지면서 탈락되어 K/S값이 감소한 것으로 분석된다.

염액농도 변화에 따른 염색성을 살펴보면 염

액농도 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<sup>9)</sup>.

Table 2는 Fig. 3와 같은 조건으로 염색하여 얻은 견직물의 표면색을 Hunter식 L\*, a\*, b\* 값과 색차( $\Delta E$ )를 측정하여 나타낸 것이다.

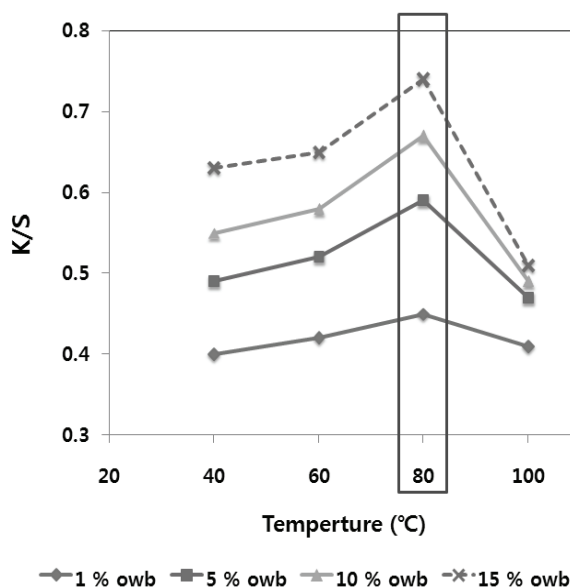


Fig. 1. K/S values of silk fabrics according to the dyeing temperature and concentration of *Jeju scoria* (dyeing time : 60 min).

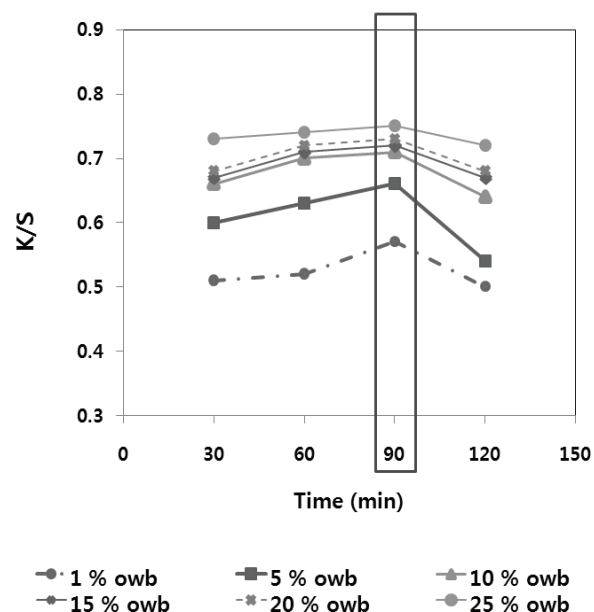


Fig. 2. K/S values of silk fabrics according to the dyeing time and concentration of *Jeju scoria* (dyeing temp. : 80 $^{\circ}\text{C}$ ).

Table 2. Color values of silk fabrics dyed with *Jeju scoria* at 80°C

Time (min)	Concentration (% o.w.b)	L*	a*	b*	ΔE
Control	-	94.22	0.20	4.12	0.00
30	1	85.13	4.18	12.96	13.99
	5	83.17	4.83	14.25	16.10
	10	82.98	5.12	16.58	17.60
	15	81.22	5.43	15.06	17.89
	20	81.27	5.81	15.74	18.40
	25	78.97	6.28	16.65	20.77
60	1	84.29	4.12	14.12	14.18
	5	82.76	4.99	15.16	16.45
	10	82.16	5.62	17.70	19.07
	15	80.19	5.92	16.04	19.40
	20	79.52	6.14	16.33	20.45
	25	79.18	6.45	16.03	20.97
90	1	84.07	4.57	15.25	15.80
	5	82.68	5.41	16.55	17.86
	10	81.86	5.59	17.73	19.27
	15	79.87	5.95	15.99	19.86
	20	79.08	6.75	17.36	20.72
	25	78.51	6.76	17.42	21.24
120	1	85.59	3.59	12.39	12.53
	5	84.62	4.26	15.02	15.19
	10	82.55	4.92	14.71	16.56
	15	81.40	5.69	15.12	18.27
	20	80.87	5.95	15.84	18.42
	25	78.79	6.15	16.44	20.74

ΔE는 시료 직물과 염색한 직물의 색의 차이를 나타낸 값으로 색차가 클수록 인지되는 염착량이 높게 나타난다. 염액농도가 1%(o.w.b)인 경우에는 ΔE가 13.99~15.80 범위로 염색되었으며, 염액의 농도가 짙어짐에 따라 점차 증가하여 염액농도가 25%(o.w.b)인 경우에는 20.77~21.24로 증가함을 알 수 있다.

L\*값은 높을수록 밝은 색상을 의미한다. L\*값은 염액의 농도가 같은 경우에는 염색 시간이 길어짐에 따라 90분까지는 점차 감소하였으나 120분 부터는 다시 증가하였다. 염색 시간이 같은 경우에는 염액의 농도가 짙어짐에 따라 점차 감소하여 색상이 어두워졌음을 알 수 있었다.

a\*값은 클수록 적색기가, b\*값이 클수록 황색

기가 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 표면관찰

Fig. 3는 액비 1:20, 염액 농도 25%(o.w.b), 80°C, 90분간 5회 반복 염색한 제주 송이 견직물을 염색 전의 견직물과 염색후의 견직물 표면의 염착상태를 고찰하기 위하여 주사전자현미경을 사용하여 각각 1,000배, 3,000배, 4,000배로 확대한 사진이다. 사진을 보면 식물성 염재로 침염한 경우와는 달리 제주송이(Scoria)의 미세한 입자가

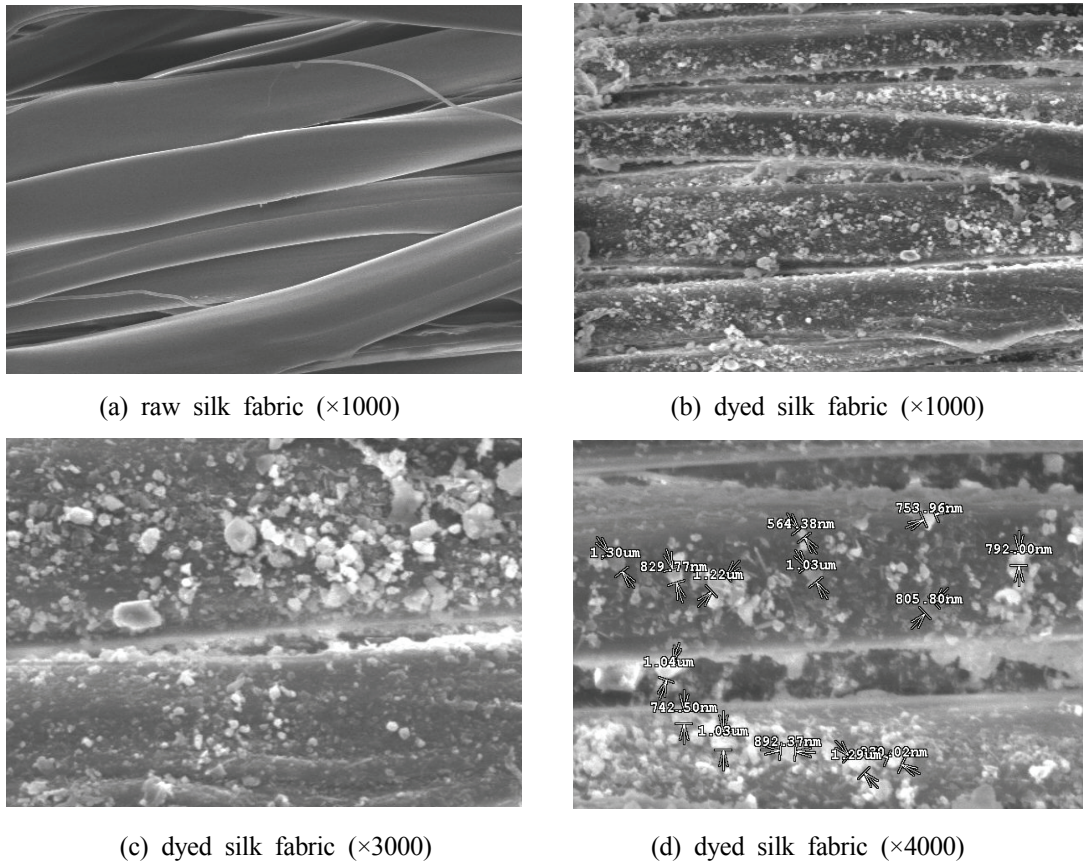


Fig. 3. SEM photographs of silk fabrics dyed with *Jeju scorja*.

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

Perspiration				Rubbing			
Acidic		Alkaline		Dry		Wet	
Fade	Stain	Fade	Stain	Fade	Stain	Fade	Stain
5	5	5	5	4-5	5	4-5	5
Washing							Light
Washing Cycles							
1		2		3		4	
Fade	Stain	Fade	Stain	Fade	Stain	Fade	Stain
5	5	5	5	4-5	5	4	5

견직물의 섬유 내부로 침투하지 못하고 직물의 표면과 섬유와 섬유사이 공간에 흡착된 것을 알 수 있으며, 흡착 된 제주 송이 분말의 입도는 0.56 $\mu$ m~1.30 $\mu$ m임을 알 수 있다.

### 3.4 염색견뢰도

Table 3은 액비 1:20, 염액 농도 25%(o.w.b), 80 $^{\circ}$ C, 120분간 5회 반복 염색한 견직물의 염색

견뢰도를 측정한 결과이다.

일반적으로 천연염색의 일광견뢰도가 1~2급으로 좋지 않은데 비하여 제주송이로 염색한 견직물의 일광견뢰도는 320시간이상 조광하여도 변색되지 않아 8급으로 매우 우수하게 나타났다.

세탁견뢰도는 1회~4회 세탁 후 변·퇴색은 5급에서 4급, 오염정도는 모두 5급으로 우수한 결과를 보였으며 땀 견뢰도는 산성 땀액과 알



칼리성 팜액에서 변·퇴색과 오염 모두 5급으로 나타나 매우 우수한 결과를 보였다. 마찰 견뢰도는 건조시와 습윤시 모두 변·퇴색과 오염이 4-5급과 5급으로 나타나 우수한 결과를 보였다.

### 3.5 기능성

제주 송이로 염색한 견직물의 기능성을 측정하기 위해 액비 1:20, 염액 농도 25%(o.w.b), 80°C, 90분 염색한 견직물의 항균성, 소취성, 자외선 차단성, 원적외선 방사성을 측정하였다.

Fig. 4은 제주 송이로 염색한 견직물에 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538)을 접종한 후 24시간배양 후 항균성을 측정한 결과로서 염색하지 않은 견직물의 항균성은 1% 미만인데 비하여 제주 송이 염색한 견직물은 99.9%의 매우 우수한 항균효과를 나타냄을 알 수 있다.

Fig. 5은 제주 송이로 염색한 견직물의 소취성을 측정하여 얻은 결과를 나타낸 것이다. 염색하지 않은 견직물의 소취성이 25%인데 비하여 제주 송이 염색 견직물은 76.6%로 제주 송이 염색 견직물의 소취성이 증가 하였다. 이는 다공성인 미세한송이 입자표면의 기공에 흡착되어 소취성이 증가한 것으로 분석된다.

Fig. 6은 제주 송이로 염색한 견직물의 자외선 차단지수를 나타낸 것이다. 자외선차단 지수인 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. 견직물의 UPF는 염색하지 않은 견직물은 3+로 자외선차단성을 갖고 있지 않지만 제주 송이 염색 견직물의 자외선 차단성은 35+(very good)로 측정되었다. 그러므로 제주 송이는 자외선차단 효과가 매우 좋은 친환경 광물성 천연소재임을 알 수 있다.

원적외선은 전자파의 일종으로 적외선의 범주에 속하며 적외선은 가시광선의 적색영역보다 파장의 길고 열 효과가 큰 전자파의 일종이다.

가시광선보다 강한 열작용을 하여 방사에너지가 직접적이고 순간적인 열전달로 인하여 인체 내의 물 분자를 활성화 시켜 활성화에너지로 변화시키는 원적외선은 의료분야에서 혈액순환 촉진, 신진대사촉진, 세포기능 활성화, 생육촉진작용 및 숙성효과 등으로 인해 열원으로 널리 이용되고 있다<sup>10)</sup>.

리 이용되고 있다<sup>10)</sup>.

방사강도는 최대 방사능력을 갖은 흑체(인체에 유사한 온도대인 40°C에서 측정범위 5~20μm, 방사율 100%, 방사강도 400W/m<sup>2</sup>·μm)를 기준으로 FT-IR을 사용하여 방사율과 방사강도를 측정한 결과를 Figs. 7-8에 나타내었다.

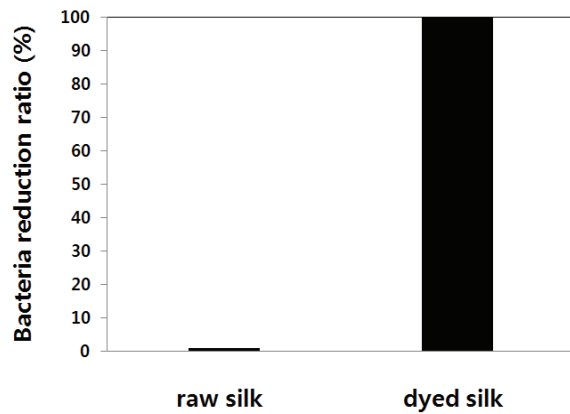


Fig. 4. Bacteria reduction ratio of silk fabrics dyed with *Jeju scorja*.

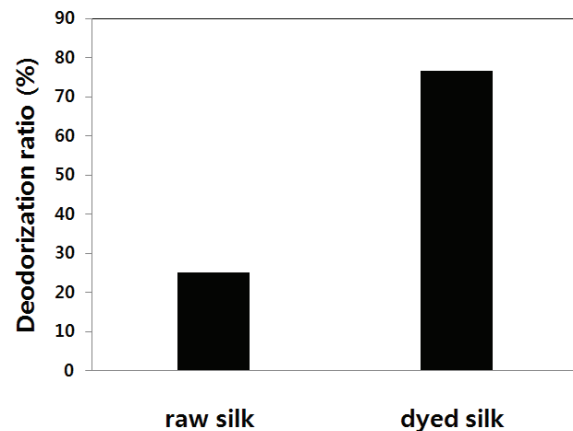


Fig. 5. Deodorization ratio of silk fabrics dyed with *Jeju scorja*.

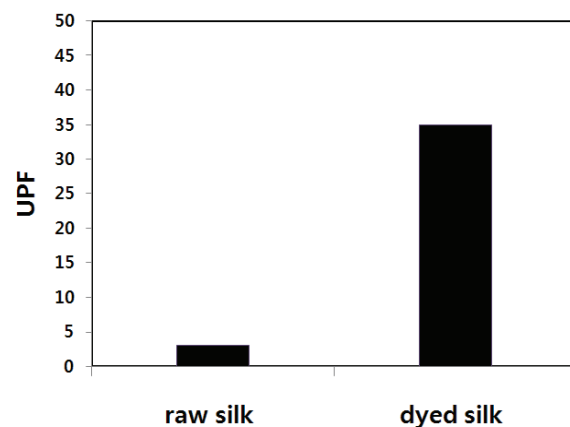


Fig. 6. UPF values of silk fabrics dyed with *Jeju scorja*.

Fig. 7에서 보면 방사율은 5~20 $\mu\text{m}$ 사이에서 측정된 것으로 염색하지 않은 견직물은 88%를 나타내었고, 제주 송이로 염색한 견직물은 89%로 측정되었다.

Fig. 8에서는 원적외선 방사강도는 40 $^{\circ}\text{C}$ 에서 측정범위를 5~20 $\mu\text{m}$ 로 하여 측정된 결과 염색하지 않은 견직물의 방사강도 361 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}$ 로 나타났고, 제주 송이로 염색한 견직물은 362 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}$ 로 방사에너지가 측정되었다.

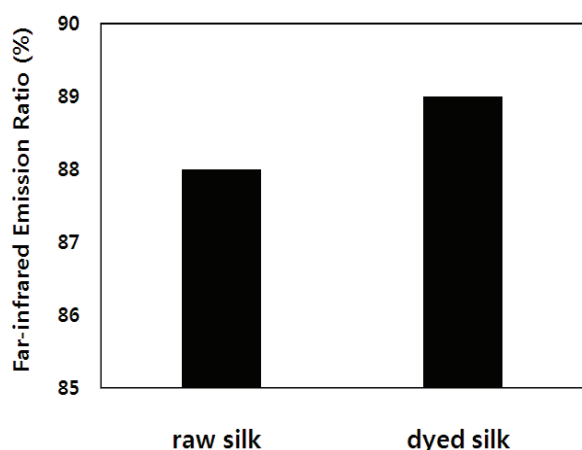


Fig. 7. Far-infrared emission ratio of silk fabrics dyed with *Jeju scorja* (5~20 $\mu\text{m}$ ).

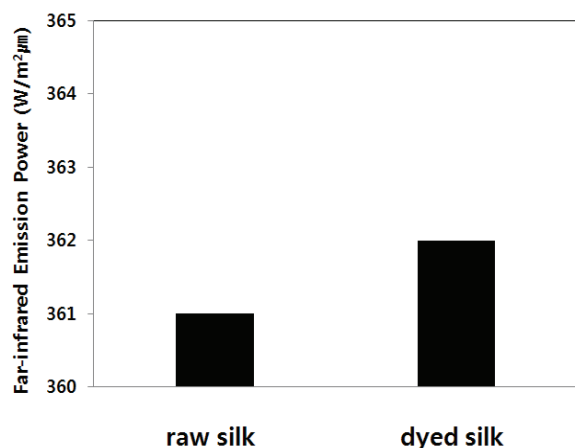


Fig. 8. Far-infrared emission power of silk fabrics dyed with *Jeju scorja* (5~20 $\mu\text{m}$ ).

#### 4. 결 론

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

1. 제주 송이를 이용하여 견직물에 염색한 결과 염색에 대한 견직물의 색상은 황적색(yellowish red)으로 염색되었으며, 염색의 최적조건은 염색온도 80 $^{\circ}\text{C}$ , 염색시간 90분, 염색농도 25% (o.w.b)로 나타났다.
2. 염색견뢰도는 일광견뢰도 8급, 마찰견뢰도 4-5급, 땀 견뢰도 5급, 세탁견뢰도는 4급으로 우수한 결과가 나타났다.
3. 항균성은 99.9%로 매우 우수한 항균성을 나타내었고 소취성은 76.6%로 우수한 소취효과를 나타내었다. 자외선차단지수 UPF(ultraviolet protection factor)는 35+로 매우 좋은 자외선 차단성을 나타내었으며 원적외선 방사성은 89%, 최대 방사강도는 362( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}$ )로 측정되었다.

이상의 결과로 보아 제주 화산석 송이는 염색견뢰도에서 특히 일광견뢰도가 매우 우수하고 항균성, 소취성, 자외선 차단성, 원적외선 방사성과 같은 기능성이 우수한 천연염료 재료로서 의복소재 및 다양한 상품제작에 활용될 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 Scorja*, *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 Scorja, *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 Scorja*, *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.