

## Natural Dyeing of Rayon Fabric using Loess

Yang-Sook Jung, Do-Gyu Bae\*

Department of Bio-Fibers and Materials Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, South Korea

### 황토를 이용한 인견직물의 천연염색

정양숙 · 배도규\*

경북대학교 농업생명과학대학 바이오섬유소재학과

#### Abstract

This study dyed rayon fabric using loess as a natural colorant. To obtain the optimal dyeing conditions, various dyeing conditions were examined (temperature, pH, time, and concentration). The color fastness was evaluated using standard washing and rubbing fastness tests. The results were as follows: The loess powder particle size ranged from 0.4 to 1.7  $\mu\text{m}$  with a distribution range of 1.1 to 1.4  $\mu\text{m}$ , representing a fine and uniform manufactured loess powder. The loess component analysis showed a large amount of silicon dioxide and aluminum oxide. The FT-IR spectra showed that the ammonium group in the rayon fabric produced N-H banding at 1,540  $\text{cm}^{-1}$ . The highest K/S value for the rayon fabric was obtained when the pH was 8.0, and this value increased rapidly with a longer dyeing time and when increasing the loess concentration to 30% (w/v). Pre-treatment with a soybean solution produced the highest K/S value for the rayon fabric with a loess concentration of 30% (w/v). The SEM analysis showed a higher amount of loess adhered to the rayon fabric surface when increasing the loess concentration. However, pre-treatment with a cationic agent and soybean solution resulted in a much higher attachment of loess to the fabric surface. Thus, the experimental results showed that using a cationized fabric and pre-treatment with a soybean solution are more effective when dyeing rayon fabric with loess than when using only loess.

**Keywords** : Cation, Loess, Natural dyeing, Rayon, SEM

#### 서 론

인간은 유사 이래 의생활을 영위하여 왔으며 의생활에는 의복의 색이 매우 중요한 역할을 하고 있다. 의복의 색은 과거 신분의 표시로부터 현대 개성의 표현에 이르기까지 역사적으로, 예술적으로 심지어 심리학적으로도 그 표현 방식과 상징성은 다양하게 나타나고 있다(Mcrae 1993). 오늘날 의복에 색을 부여하는 염색은 천연염료에 비해 편리성, 경제성과 다양성 등의 장점을 가진 합성염료에 의해 이루어지고 있으나, 최근 합성염료에 비해 단점이 많음에도 불구하고 천연염료에 대해서도 관심이 고조되고 있다. 특히 현대인들은 각종 공해와 스트레스로 인하여 위생적이고 쾌적한 생활환경을 추구하고 건강에 대한 관심이 증대되면서 피부 자극이나 독성이 거의 없고 안정성과 향균성(Leggett 1944)이 있는 여러 가지 생리적 기능을 지닌 천연소재와 천연 염제를 이용한 천연염색과 친환경 제품에 대한 관심이 높아지고 있으며(Kim and Jeon 2012 Chu 2006; Jang 2006), 그 중 황토는 식물 염료에 비해 대량

의 염료확보가 쉽고 재료가 저렴하고 손쉬운 염색법으로 많은 사람들이 염색할 수 있는 장점을 가진 광물성 천연 염료이다.

황토는 바람에 의해 운반되어 퇴적된 황회색 또는 담황색을 띠는 퇴적물(loess)을 일컫는다(Kim 1996). 우리나라에서 주로 볼수 있는 황토는 암석이 화학적 풍화작용을 받아 변질되어 토양화되는 과정에서 형성되는 풍화잔류토인 경우가 많아 색, 성분, 물리화학적 성질 등이 다양하게 나타날 수 있다(Steila 1976). 일반적으로 황토에는 점토광물이 가장 많이 함유되어 있는데, 이러한 점토광물의 특징이 무기물인면서도 유기물과 반응하여 그 구조의 일부분으로 만들며, 다른 이온과의 이온교환율이 아주 높다고 알려져 있다(Soil 1975).

또한 황토는 미세한 모래가 모여 만들어진 흙으로 2억 마리의 미생물이 살아 숨 쉬고 있는 생명체라고 하여 예부터 엄청난 약성을 가진 무병장수의 흙으로 사용되어 왔다. 그리고 황토 염색한 양모직물의 항균 도는 99% 이상으로

매우 우수한 항균효과를 나타낸다고 한다(Ryu 1995). 근래에 들어 황토의 높은 원적외선 방사성능을 이용한 다양한 제품이 개발되고 있어, 혈액순환 및 신진대사 촉진, 항균성, 방취성, 난연성 등의 기능을 강조한 내의류, 침장류, 인테리어 용품 등이 개발되어 출시되고 있다(Yoo et al. 1997; Kim and Choi 2000; Kim 2000 ). 황토염색이 일반의 관심을 끌면서 황토에 관한 연구도 끊임없이 이루어지고 있으나 천연 셀룰로오스 섬유에 대한 연구가 대부분이었고 인견직물에 대한 염색은 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 천연 무기염재인 황토로 인견직물을 염색함에 있어 염색성 향상을 위해 카티온화를 실시하였으며 그에 따른 염색특성이 조사되었다. 그리고 염색 전·후처리 방법으로 천연재료인 콩즙 처리가 황토염색에 미치는 영향을 알아보았으며, 황토 염색 후 인견에 부착된 황토의 상태를 확인하기 위해 전자현미경으로 직물 표면을 관찰하였으며, 염색건뢰도 등을 조사하였다.

**재료 및 방법**

**시료 및 시약**

본 실험에 사용한 직물시료는 정련되어 시판되고 있는 인견을 그대로 사용하였으며 그 특성은 Table 1과 같다. 본 연구에 사용된 시약은 Sodium Hydroxide (Duksan Pharmaceutical Co., Ltd), Acetic Acid (Duksan Pharmaceutical Co., Ltd), Hydrochloric Acid (Duksan Pharmaceutical Co., Ltd), Hydrochloric Acid (Duksan Pharmaceutical Co., Ltd), Trishydroxymethyl-aminomethane (Aldrich Chemical Co., Inc) 으로 특급의 것을 사용하였다. 콩은 충북 단양산 흰콩 (2012년산)을 구입하여 사용하였다. 시험에 사용된 황토는 경상북도 풍기면에서 채취한 황토를 수비법으로 불순물과 입자가 큰 황토를 제거한 후 최종적으로 미세한 침전물로 만든 후 건조하여 사용하였다.

**양이온화 직물의 제조**

양이온화제로 SNOGEN CAT-850(Snogen Coporation)을 사용하였으며, 처리 조건은 양이온화제 농도 20 % o.w.f., 수산화나트륨 2g/L, 처리온도 60, 처리시간 2hr., 욕비 1:50으로 처리 후 수세 건조하였다.

**염색**

염색 조건은 황토 농도 5~40 % (w/v), 염액 pH 5~11로 pH는 수산화나트륨과 아세트산으로 조정하여 사용하였다. 염색 시간 10~90 min.을 조절하면서, 욕비 1:50, 70℃에서 염색하였다.

**염색 전·후처리**

콩즙은 우선 콩을 실온에서 4시간 불린 후 믹서로 5분간 분쇄하여 준비하였다. 콩즙 전처리는 콩즙의 농도, 황토의 농도 조건에 따라 처리하였다. 콩즙을 처리한 시료는 수세하지 않고 자연 건조하였다.

**기기분석**

**황토의 입도 분석**

황토의 입자 크기는 Paticle size analyzer(Beckman Coulter, N5/LS-13320, USA)를 이용하여 측정하였다.

**황토의 성분 분석**

황토의 성분 분석은 X-선 형광분석기(X-Ray Fluorescence Spectrometer, XRF, Philips, WD-XRF(PW 2400), 네덜란드)를 이용하여 측정하였다.

**FT-IR 측정**

FT-IR(Nicolet 380, Thermo Fisher Scientific, USA)을 사용하여 600-4,000cm<sup>-1</sup> 범위에서 ATR법으로 측정하였다.

**염색성 측정**

피염물의 염착량 측정은 PHOTOMETER(CM-700d, KONICA MINOLTA SENSING,INC.)를 사용하여 최대흡수파장에서 반사율을 구하여 Kubelka-Munk식에 의하여 K/S값을 산출하였다(Kubelka, 1948, 1954).

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

K : 염료의 흡광계수(Absorption coefficient)

S : 산란계수(Scattering coefficient)

R : 표면반사율(Reflectance of monochromatic light)

**Table 1. Characteristics of fabrics**

Material	Weave	Yarn Count		Density (threads/inch <sup>2</sup> )	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickness (mm)
		Warp	Weft			
Rayon	plain	45	70	140X84	60±1	0.11±0.01

**염색견뢰도 측정**

각 시료의 세탁견뢰도는 KS K ISO 105-C06, 마찰견뢰도는 KS K ISO 105-B02에 준하여 온도 20±2℃, 습도 65±4% R.H. 조건하에서 측정되었다.

**처리 직물의 표면관찰**

황토 염색된 직물의 표면을 금으로coating 한 후SEM (Scanning Electron Microscope, Hitachi, S-570)으로 3,000배의 비율로 관찰하였다.

**결과 및 고찰**

**황토 입자 크기 및 성분 분석**

Figure 1에서수비법으로 제조한 황토 분말의 입자는 0.4~1.7µm 범위 크기로 나타났으며 특히 1.1~1.4µm 범위 내에 분포가 가장 많은 것으로 나타나 미세하고 균일한 황토 분말을 제조 할 수 있음을 확인하였다.

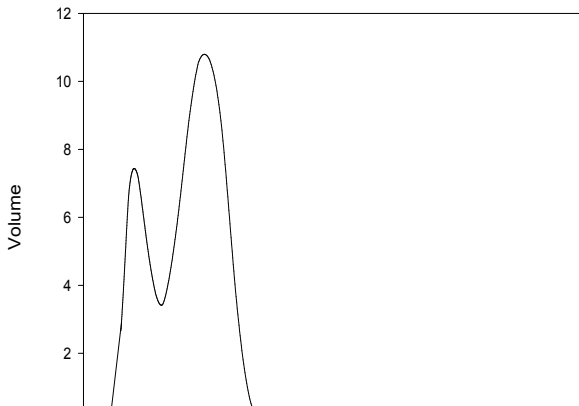


Figure 1. Particle size distribution of loess.

경상북도 풍기 지역에서 채취한 황토의 성분을 XRF를 이용해 분석한 결과를 Table 2에 나타냈다. 이산화규소와 산화알루미늄이 많은 양을 차지하고 있고 이들과 산화철이 전체의 대략 83%를 차지하는 것으로 나타났다. 황토는 성분 중에 포함되어있는 산화철과 산화알루미늄의 함량에 따라 색상이 결정된다. 산화철은 대체로 붉은색을 띠고 산화알루미늄은 노란색을 나타낸다. 본 실험에서 사용된 황토는 타 지역(충북 영동과 경남 하동)에서 채취한 황토와 비교했을 때 산화알루미늄의 함량은 조금 많으며 산화철의 함량은 적게 나타났다. 이러한 성분차이로 인해 황토의 색상이 상대적으로 더 노랗게 나타남을 알 수 있었다.

**양이온화제 처리에 의한 카티온화 직물의 제조**

분자중에 아미노기 특히 암모늄기를 양이온성기로서 함

Table 2. Element analysis of loess by regions

Elements (Weight %)	Regions		
	Yeongjusi	Youngdonggun*	Hadonggun**
SiO <sub>2</sub>	44.91	53.28	47.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30.08	25.72	31.70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.64	12.68	11.27
K <sub>2</sub> O	1.77	1.72	0.56
MgO	0.68	0.68	0.90
TiO <sub>2</sub>	0.66	0.01	2.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.29	0.01	-
CaO	0.23	1.36	0.21
MnO	0.07	1.18	0.10
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	-	-
Na <sub>2</sub> O	0.01	-	-
etc.	0.66	3.25	5.36

\* : Kim 2001  
\*\* : Noh 1999

유하고 있는 반응형 양이온화제(McMillan et al. 1959 Heveish et al. 1980)는 일반적으로 알칼리의 존재하에서 클로로히드린기, 에폭시기, 클로로피리미딘기, 하이드로시디아제티지니움클로라이드기 등의 반응성기에 의하여 셀룰로오스의 활성수소와 쉽게 반응하므로 제 4급 암모늄기가 도입된 양이온화 면직물이 얻어진다.

Figure 2는 미처리 직물과 인견의 양이온화 처리에 의해 암모늄기가 도입된 직물의 FT-IR 흡수스펙트럼을 나타낸 것으로 양이온화 처리된 직물의 spectra의 변화가 있음을 보여주고 있다. 1540cm<sup>-1</sup> 부근의 peak는 N-H bending bands(Pavia et al, 1996)에 의한 peak로서 암모늄기의 도입에

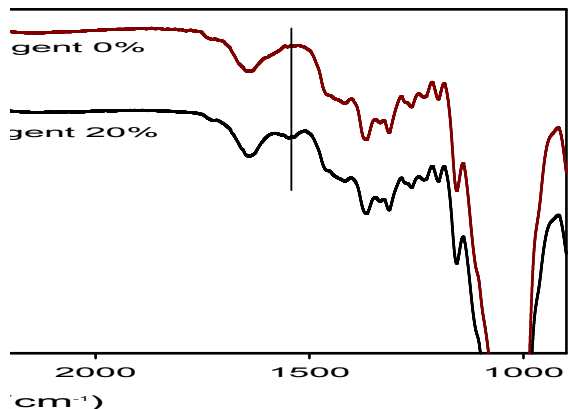
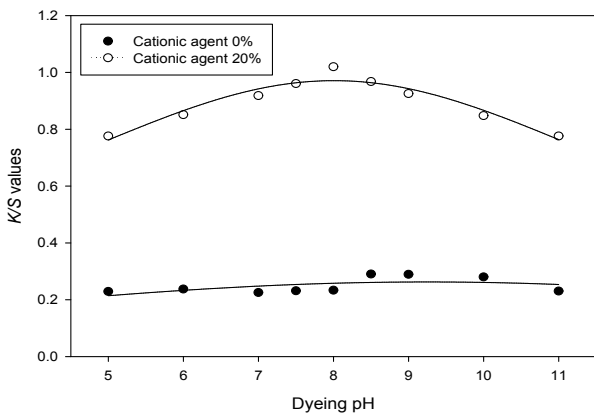


Figure 2. FT-IR spectrum of cationized rayon fabrics.

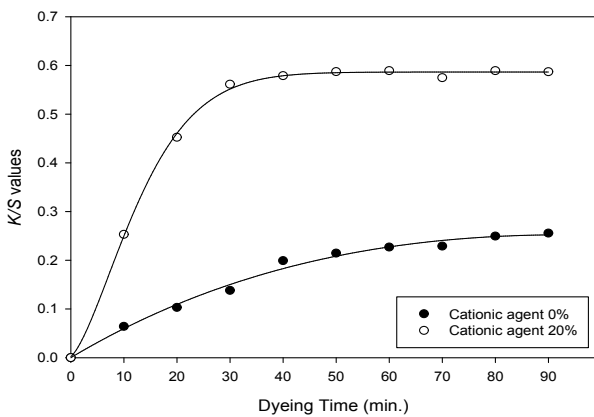
기인한 것으로 고찰되며 그 결과로 양이온화가 이루어졌다고 생각할 수 있다.

**염색조건이 염착성에 미치는 영향**

황토 염액의 pH가 염착성에 미치는 영향을 알아보기 위해 양이온화 처리된 직물을 이용하여 황토 농도 25% (w/v), 욕비 1:50, 온도 70°C에서 염색하였다. 황토 염색 pH를 5에서 11까지 변화를 주어 염색한 인견의 K/S 값의 변화를 Figure 3에 나타내었다. 전반적으로 K/S 값이 1을 넘는 경우가 드물어 염색성이 우수하지는 않지만, pH에 따라 염색성의 변화가 있음을 알 수 있다. 약산성에서 중성으로 갈수록 K/S 값이 증가하다가 알칼리로 갈수록 감소하는 경향을 보이고 있다. 중성에서 가장 높은 K/S 값을 나타내고 있다. pH 8에서 가장 높은 K/S 값을 보이고 있는 결과에



**Figure 3. K/S values according to the dyeing pH ; loess concentration : 25% (w/v), dyeing temp. : 70°C L.R. : 1:50**

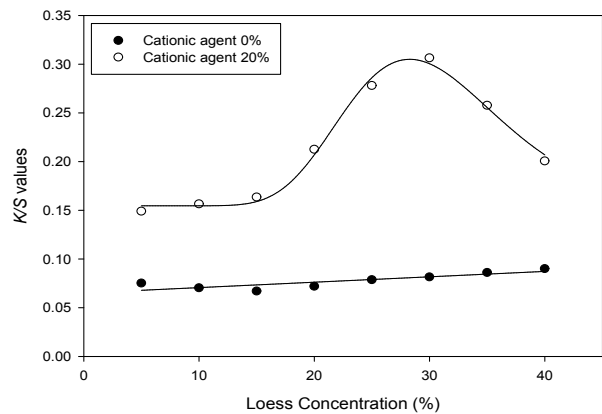


**Figure 4. K/S values according to the dyeing time ; loess concentration : 25% (w/v), dyeing pH : 8, dyeing temp. : 70°C, L.R. : 1:50**

따라 이후의 실험에서는 염색 pH는 8로 고정하였다. 황토 염색 시간을 10분에서 90분으로 변화를 주어 염색시간에 따른 K/S 값의 결과를 Figure 4에 나타내었다. 이때 황토 농도 25%(w/v), 염색온도는 70°C, 염색 pH는 위에서 나타난 결과에 따라 8로 고정하였다. 염색시간이 증가함에 따라 K/S 값이 염색초기에는 급격히 증가하다 일정시간이 지나면 K/S 값이 더 이상 증가하지 않는 것을 알 수 있다. 양이온화 하지 않은 인견의 경우는 염색시간이 증가할수록 K/S 값이 약간 증가하는 경향을 보이고 있는데, 양이온화한 인견과는 차이를 보이고 있다. 양이온화 하지 않은 인견의 경우 초기 염착량이 많지 않아 시간이 증가함에 따라 K/S 값이 증가하는 것으로 보인다.

황토 염색 농도에 따른 염착성에 미치는 영향을 Figure 5에 나타내었다. 저농도에서는 K/S 값의 변화가 크지 않지만, 25% 이상에서는 염색성이 향상되었다가 감소하는 경향을 보이고 있다. 30% 이상에서는 K/S 값이 감소하는 경향을 보이고 있는 것은 황토 염색 시 화학적인 결합보다는 주로 섬유와 황토입자 간의 물리적인 결합에 의해 황토가 부착되는 것으로 추측되며, 따라서 황토입자와 섬유 간의 충분한 물리적 결합의 기회가 증가하는 고농도의 조건에서 염색이 잘 되며, 황토의 농도가 30% 이상이 되면 인견과 황토의 물리적 결합이 충분한 수준에 도달한 것으로 생각할 수 있다.

위에서 제시한 바와 같이 화학약품을 사용하여 양이온화시키는 방법 외에 천연 불용성 안료를 사용하는 염색의 전처리 과정으로, 또한 직물의 염료에 대한 친화성을 향상시키는 방법으로 이용되어 온 것이 다양한 동·식물성 단백질 용액에 직물을 침지하는 방법이다(Kim 2001). 우유나 계란 단백질, 콩즙 등을 사용한 것이 그 것인데, 콩즙의 경우는 염색시료의 전처리용으로 사용되었을 뿐만 아니라 날염의 바인더, 방염제로 사용되기도 하였다.



**Figure 5. K/S values according to the concentration of loess ; dyeing pH : 8, dyeing temp. : 70°C, L.R. : 1:50**

콩은 단백질을 20~40% 함유하고 있으며, 이 단백질 성분이 황토입자를 셀룰로오스 섬유에 부착시키는 물리적 결합의 효과를 낼 수 있을 것으로 추측된다(Yoo et al. 1994). Figure 6 에서는 인견에 천연 무기염재인 황토를 사용한 염색 시에 천연재료인 콩즙의 처리 농도가 황토염색의 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 결과에 따르면 콩즙 농도가 30%에 이를 때 까지는 K/S 값의 향상이 관찰되나, 그 이상의 농도에서 더 이상의 K/S 값 증가는 나타나지 않았고 오히려 K/S 값이 감소하는 경향이 나타났다. 이는 콩즙의 농도가 증가함에 따라 콩즙 내의 단백질이 서로 응집될 확률이 커지므로 단백질의 크기가 커져 황토의 부착을 방해하고 부착된 황토입자의 탈락을 용이하게 하

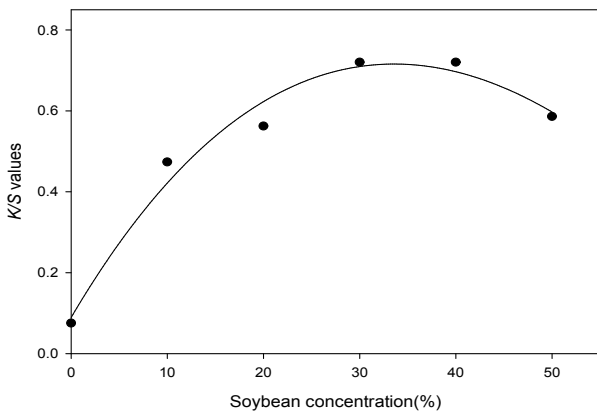


Figure 6. K/S values according to the pre-treatment of soybean ; loess concentration : 30% (w/v), dyeing pH : 8, dyeing temp. : 70°C, L.R. : 1:50

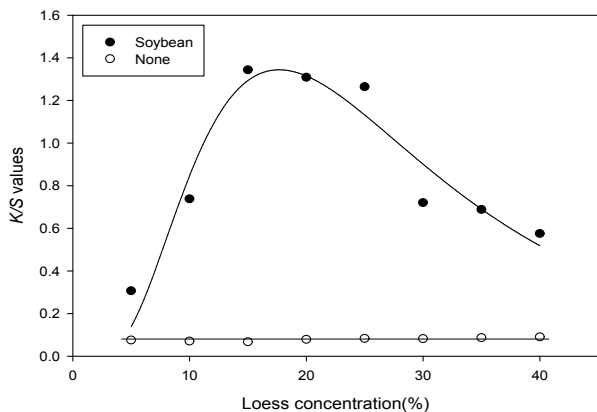


Figure 7. K/S values according to the concentration of loess of pre-treated rayon. ; soybean concentration : 30% (w/v), dyeing pH : 8, dyeing temp. : 70°C, L.R. : 1:50

기 때문인 것으로 추측된다. 따라서 콩즙 전처리시 콩즙의 농도는 30%로 고정하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 콩즙 전처리가 황토 염색의 조건에 미치는 영향을 알아보기 위하여 염색 시 황토 농도를 5, 10, 15, 30, 35, 40%(w/v)로 변화시키며 염색성을 조사한 결과를 Figure 7 에 제시하였다.

결과에 따르면 황토 단독 처리시와 마찬가지로 일정 황토 농도 이상에서 염색성이 더 이상 증가하지 않는 것으로 나타났다. 황토 단독 염색 할 때보다 저 적은 황토 농도로 높은 K/S 값을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

**SEM 관찰**

황토염색직물의 황토염착 분포 및 염착 상태를 관찰하고자 SEM분석하여 직물표면을 관찰하였다. Figure 9 에서 볼 수 있듯이 황토 염색 농도가 증가함에 따라 황토입자의 부착량이 많아짐을 알 수 있다. 양이온화 처리에 의해서도 황토의 부착량이 증가하는 것을 Figure 10 에서 볼 수 있다. Figure 11 에서 콩즙을 처리하면 콩즙이 직물의 표면을 감싸는 모습을 볼 수 있으며, 콩즙을 처리하지 않은 시료에 비해 콩즙을 전처리한 시료에 더 많은 양의 황토입자가 부착되어 있는 것을 확인 할 수 있다.

**염색견뢰도**

Table 3은 인견직물의 세탁 및 마찰 견뢰도를 나타낸 것으로 양이온화 처리 인견을 제외하고는 변퇴색은 2-3급으로 동일하였으며 오염의 경우 염색 전후처리와 관계없이 동일한 등급(4-5급)을 나타내었다. 양이온화 처리한 인견에 비해 양이온화 처리하지 않은 인견의 변퇴색 등급이 높은 것은 염색 시 황토의 부착량 자체가 아주 적기 때문인 것으로 보인다. 마찰견뢰도는 콩즙 처리를 한 경우 34급으로 약간 감소되어 나타났다. 콩즙 처리의 의해 황토의 부착량은 증가했지만, 물리적 결합에 의한 섬유와 황토의 결합이 강하지 않기 때문인 것으로 보인다.

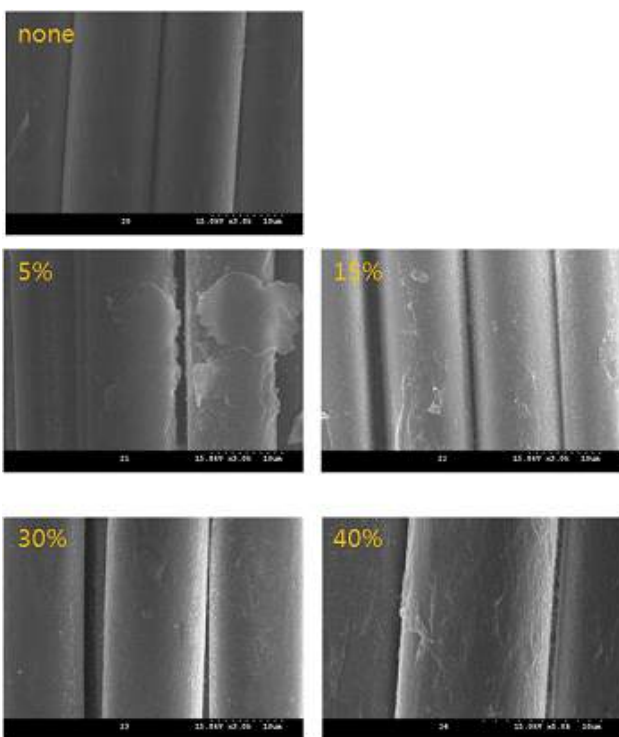
**요 약**

본 연구에서는 황토를 이용한 인견직물의 천연염색에 대한 연구의 일환으로, 인견직물의 카티온화가 이루어졌으며, 여러가지 염색조건 즉 염색온도, 염색시간, 염색 pH와 욱비에 따른 염착특성을 평가하여 적정 염색조건을 설정하였으며 이에 따른 염색된 인견직물의 견뢰도 평가를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다. 수비법으로 얻은 황토 분말의 입자 크기는 0.4~1.7µm 범위로 나타났으며 1.1~1.4 µm 범위내의 분포가 가장 많은 것으로 나타났다. 황토성분을 분석한 결과, 이산화규소와 산화알루미늄이 많은 양을 차지하는 것으로 나타났다. 인견 직물의 암모늄기의 도입에 의한 양이온화는 FT-IR 흡수스펙트럼에서 1,540 cm<sup>-1</sup> 부근의 N-H bending에 의한 출현 peak로 확인할 수 있었다.

**Table 3. Washing and rubbing fastness of rayon fabric**

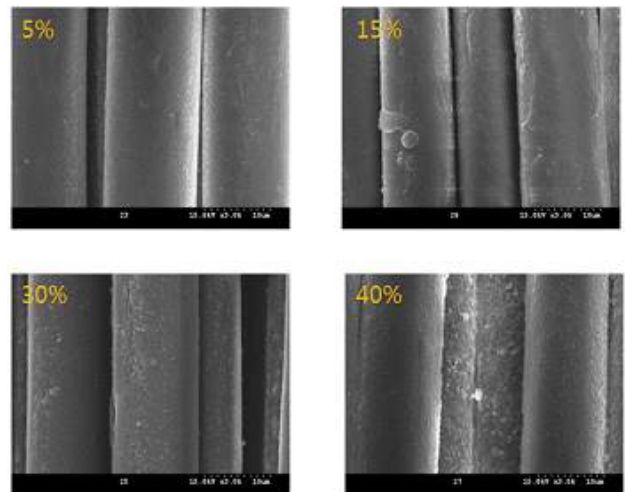
	Washing fastness							Rubbing fastness	
	fade	stain						Dry	Wet
		Acetate	Cotton	Nylon	Polyester	Acryl	Wool		
L	2-3	4-5	4-5	4-5	5	5	4-5	4-5	
C+L	1-2	4-5	4-5	4-5	5	5	4	4	
S+L	2-3	4-5	4-5	4-5	5	5	3-4	3-4	

L : dyed with loess, C : Cationized fabric, S : Soybean

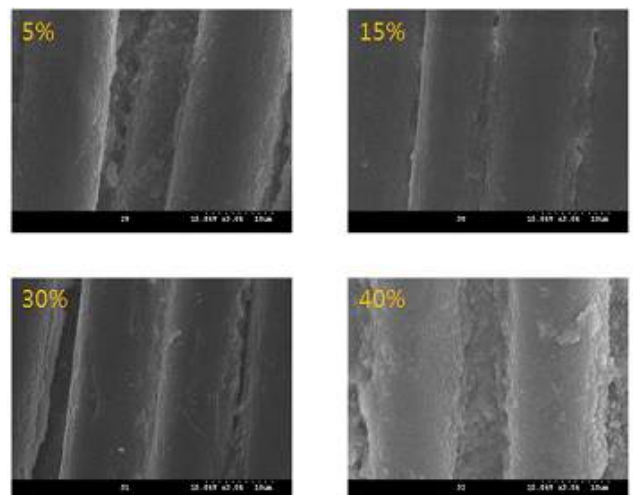


**Figure 8. SEM of surface of rayon fabrics dyed with loess ; loess concentration : 5~40% (w/v), dyeing pH : 8, dyeing temp. : 70°C, L.R. : 1:50**

염색 pH에 따른 K/S 값은 pH 8에서 가장 높게 나타났으며, 염색시간에 따른 K/S 값은 시간이 경과함에 따라 염색시간 30분까지는 급격히 증가하다가 그 이상의 시간에서는 거의 증가하지 않았다. 황토농도에 따른 K/S 값은 20% 이하의 농도에서는 약간 증가하지만 30%에서 최고값을 보여준 후 점차 감소하는 경향으로 나타났다. 콩즙의 전처리 농도에 따른 K/S 값은 처리농도 30%까지는 증가하였으나 그 이상의 농도에서는 오히려 약간 감소하는 경향으로 나타났다. 황토염색직물의 황토염착 분포 및 염착 상태를 관찰한 결과 황토 염색 농도가 증가함에 따라 황토입자의 부착량이 많아짐을 알 수 있다. 양이온화 처리에 의해서도



**Figure 9. SEM of surface of cationized 20% rayon fabrics dyed with loess; loess concentration : 5~40% (w/v), dyeing pH : 8, dyeing temp. : 70°C, L.R. : 1:50**



**Figure 10. SEM of surface of dyed rayon fabrics treated with soybean; loess concentration : 5~40% (w/v), soybean concentration : 30% sol'n, dyeing pH : 8, dyeing temp. : 70°C, L.R. : 1:50**

황토의 부착량이 증가하는 것을 볼 수 있으며, 콩즙을 처리하면 콩즙이 직물의 표면을 감싸는 모습을 볼 수 있으며, 콩즙을 처리하지 않은 시료에 비해 콩즙을 전처리한 시료에 더 많은 양의 황토입자가 부착되어 있는 것을 확인할 수 있다.

주요 추가어: 카티온화, 황토, 천연염색, 인견, 표면관찰

## 사 사

본 연구는 영주시에서 시행한 농업연구개발사업으로 수행중인 지역 황토를 이용한 인견직물 천연염색기술 개발 과제에서 나온 결과물입니다.

## 인용문헌

- Chu YJ (2006) Study on the utilization of natural dyeing materials as household supplies. *Journal of Korean Society of Costume* 56: 73-80.
- Heveish A., Walay A., Moyrsi A. Z. and Mohdy F. A. (1980) Dyeing of chemically modified cellulose. of cellulose bearing aromatic amino, nitro, and acrylamidomethyl groups. *J Appl Polym Sci* 25: 457-67
- Jang JD (1999) The maximumneedle piercing force through fabrics dyed with loess. *Journal of Korean Society of Clothing and Textile* 23: 971-79.
- Kim JH and Jeon HS (2012) A study on the organic loungewear design followed by the LOHAS trend. *Journal of Korean Society of Costume* 62: 88-95.
- Kim SJ (1996) The mineral chemistry (Woosung Co., INC, Korea), pp. 442
- Kim SJ, Ryu HS (2001) Dyeing of cotton fabrics with loess using soybean milk. *Journal of Korean Society of Clothing and Textile* 25: 1170-78.
- Kim SY, Choi MS (2000) The natural dyeing of silk fabrics with loess. *Journal of Korean Society of Clothing Industry* 2: 118-122.
- Kim A.S (2000) Dyeing with han jee with loess. *Journal of Korean Society of Clothing and Textile* 24: 619-27.
- Lee MH, Yoo KY, Chang CS, Ko SW (1990) A study on the cationization of cotton Fiber. *Journal of Korean Fiber Society* 27: 39-46.
- Lee WS (1997) The therapy of red clay (DongBang Media Co., INC, Korea), pp. 53
- Leggett WF (1944) Ancient and Medical Dyes (Chemical Publishing Co., INC), pp 92-3
- McMillan OJ, Decossas KM, Drake GL, Guthrie JD, Pollard EF (1959) Chemical modification of cotton. *American Dyestuff Reporter* 48: 37-8
- McRae BA (1993) Colors from Nature; Growing Collecting and using Natural Dyes (Storey Communications Inc., USA), pp. 7-8
- Noh EH (1999) An experimental study of loess dyeing in the natural mineral dyeins. *Journal of Korean Society Dyers & Finishers* 13: 11-21.
- Pavia DL, Lampman GM, Kriz GS (1996) Introduction to Spectroscopy (Harcourt Brace College Publishers, USA), pp. 27-29
- P. Kubelka, 1948, JOSA 38, 448
- P. Kubelka, 1954, JOSA 44, 330
- Ryu DW (1995) The mistry of red clay (Pyeongminsa Co., INC, Korea), pp. 123-124
- Soil survey Staff (1975) Soil Taxonomy (USDA, Washington, D.C. Agriculture Handbook, USA), pp 436
- Steila D (1976) The Geography of Soils (Prentice Hall Inc., UK), pp. 45
- Yoo HJ, Lee HJ, Rye BS (1997) The natural dyeing on cotton fabrics using loess. *Journal of Korean Society of Clothing and Textile* 21: 600-07.