Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers
Vol. 13, No. 5, pp.48~57(2001. 10)

〈硏究論文(學術)〉

Silane Coupling제를 이용한 면직물의 황토염색

김성우 · 남성우 · [1]김인회

텍스토시스템 엔지니어링, 성균관대학교

(2001년 8월 17일 접수)

Loess Dyeing on Cotton Fabrics using Silane Coupling Agent

Sung Woo Kim, Sung Woo Nam, and [1]In Hoi Kim

Dept. of Textile System Eng., SungKyunKwan University, Suwon, Korea

(Received August 17, 2001)

Abstract—The effects of silane coupling agent on the performance properties of cotton fabrics treated with loess and its washing durability were investigated. Mean average diameter of loess was 17.88㎛ and main components were SiO_2, Al_2O_3 and Fe_2O_3. By using the cationic agent, the dyeability of cotton fabrics was improved. The washing durability, antibacterial property and deodorization rate were improved and very good emissivities of far infra-red rays were obtained by using the silane coupling agent. And also the mechanical properties of cotton fabrics, such as primary hand values, were improved.

1. 서 론

우리의 건강에 대한 관심은 경제 성장과 더불어 더욱 고조되고, 환경문제가 대두됨에 따라 천연원료를 이용한 건강, 환경을 고려한 상품개발이 여러 분야에서 활발히 진행되고 있다. 특히, 오늘날 섬유제품 분야에서는 고기능, 고부가가치 상품 개발에 관심이 집중되어 착용시의 안정감이나, 시각적인 만족감에서 더 발전시켜, 심리적, 감각적인 만족과 건강과 안정성 등에 관심을 보이며 기술과 품질 향상에 힘쓰고 있다. 그러나, 경제적이고 편리한 여러 종류의 화학적 합성소재나 합성염료에 더 의존하고 있기 때문에 천연 소재나 천연염료에 관한 자료와 연구는 미흡하다. 따라서, 섬유 산업 분야에서도 자연친화적 소재를 이용한 섬유 가공에 관한 연구가 필요하다.

[1]Corresponding author. Tel. : +82-031-290-7316 ; Fax. : +82-031-290-7730 ; e-mail : ihkim316@yurim.skku.ac.kr

여러 가지 천연소재중에서 황토는 건강, 쾌적, 치료의 목적으로 황토집과 황토방, 황토 찜질방, 황토 매트 등으로 상품화 되어 있고, 건축재료로서 흙벽돌을 사용하여 보온, 단열, 습도 조절, 원적외선 방출 등을 하게 하고, 건축물 내장 및 외장 마감재, 도료 등으로 사용하고 있다. 또한 매트리스용, 침장 등에 안료로서 염색제품 생산에 사용되어 진다. 황토의 한 부류인 진흙을 이용하여 머드팩, 머드 샴푸, 머드 비누 등의 화장품에도 사용되어지고, 지장수, 잉어 양식, 죽염 등의 식품에도 응용되어지고 있다[1~5]. 황토의 색을 유지하기 위해 다른 합성염료나 천연염료와 같이 혼합하여 염색하는 경우도 있고, 내구성을 향상시키기 위하여 가교제나 binder를 사용하여 가공한 제품들이 상품화되고 있다. 하지만, 세탁내구성이 저하되고, 이때 사용되어진 가교제나 binder에 의해 뻣뻣한 감촉을 갖게되고, 물성이 저하되어, 유연성을 부여하면서 마와 같은 촉감을 부여하기 위해 제3의 합성 또는 천연고분자와 함께 처리하는 방법이 시도

되고 있다. 현재 제3의 합성 고분자로 폴리우레탄계가 주류를 이루고 있으나, 합성섬유에 적용된 예가 대부분이고, 천연섬유에 적용할 때 고유의 감촉이 사라지고 가죽과 같은 느낌이 나기 때문에 천연섬유의 고유한 물리적 성질과 태를 보존하면서 내구성을 향상시키기 위한 고착제의 개발이 필요하다[6].

본 연구에서는 요즘 많이 알려져 있는 황토를 면직물에 처리하고 실리콘계 고분자화합물인 silane coupling agent[10~13]를 가교제로 사용하여, 황토가 지니고 있는 자연스러운 색상을 발현하면서 황토가 갖고 있는 항균성과 소취성 및 높은 원적외선 방사 특성[7~9]을 유지하고 직물에 유연성을 부여하며 내구력을 향상시킬 수 있는 방법을 조사하고 황토염색 면직물의 세탁 내구성 및 기능성 등을 살펴보았다.

2. 시료 및 실험방법

2.1 시료 및 시약

2.1.1 시 료

실험에 사용한 면직물은 KS K 0905 염색견뢰도 시험용 백면포를 사용하였으며 사용한 시료의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of cotton fabrics

sample	weave	counts		fabric density (tread/inch)		weight (g/m^3)
		warp	weft	warp	weft	
cotton	plain	36's	36's	75	68	100±5

2.1.2 시 약

(3-chloro-2-hydroxypropyl) trimethyl ammoniumchloride(Aldrich chem. co., Inc), Sodium Hydroxide(德山藥品工業(株), 시약 제1급), sodium carbonate(德山藥品工業(株), 시약 제1급), vinyltrimethoxysilane (Aldrich chem. co., Inc), 초산(大井化學(株), 시약 제1급)등은 정제없이 사용하였다.

2.1.3 염 재

충북 영동군 상촌면 광산에서 구입한 황토를 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 황토 입도 및 성분 분석

황토의 입자 크기는 입도분석기(FREICH particle analyzer, U.S.A.)를 이용하여 분석하였으며, 황토의 구성 성분과 조성은 X-ray 회절분석기(Rigaku RAD-C system, Japan)를 이용하여 조사하였다.

2.2.2 면섬유의 카티온화

카티온화제로 (3-chloro-2-hydroxypropyl) trimethyl ammoniumchloride를 사용하여 카티온화제 농도와 NaOH 농도 등을 변화시켜 침지법으로 면직물을 카티온화 하였다. 카티온화는 FT-IR (Perkin Elmer, U.S.A.)을 사용하여 확인하였다.

2.2.3 황토 염색

황토 염색실험은 고온고압 염색기(Roaches, TPC-300, U.K.)을 이용하여 액비를 1:30으로 고정시키고 다양한 황토의 농도, 염색온도, 염색시간 및 pH를 조절하면서 행하였다.

2.2.4 Silane coupling agent(SCA) 처리

카티온화 처리 후 황토를 부착한 면직물에 다음과 같은 방법으로 SCA후처리를 하였다. 먼저 증류수를 황토 부착포에 대해 1:30의 액비로 준비하고 증류수의 %농도로 준비한 SAC(vinyltrimethoxysilane (H_2C=CHSi(OCH_3))에 초산을 첨가하여 pH를 5로 맞춘 다음 황토 염색 면직물을 침지시켜 95℃로 승온한 뒤 20분간 반응시켰다. 그 다음 SCA 후처리한 가공포를 망글을 이용하여 압착 및 탈수를 시킨 후 100℃에서 5분간 건조하고 130℃에서 1분30초간 열처리한 후 수세 및 건조를 하였다.

2.2.5 염착농도 측정

피염물의 겉보기 염착량 측정은 spectrophotometer(X-Rite, Model SP-B8, U.S.A.)를 이용하여 최대 흡수 파장에서 표면 반사율을 측정한 후 Kubelka-Munk 식에 따라 K/S값을 산출하였다.

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

Where, K : light absorption factor
S : light scattering factor
R : reflectance

2.2.6 세탁 내구성 측정

KS K 0430의 A-1 법에 준하여 Launder-O-meter (LHD-EF type, Atlas Electric Device Co.,

U.S.A.)를 이용하여 각각 1회, 5회, 10회, 15회 세탁한 후 세탁 전과 후의 색차를 구하여 견뢰도를 측정하였다.

2.2.7 주사 현미경(SEM) 관찰

황토만 부착시킨 면직물의 표면 상태와 황토 부착 후 SCA 후처리한 면직물의 표면 상태를 비교하고 세탁 15회 이후의 표면 상태를 관찰하기 위하여 주사 전자현미경(JEOL JSM-35CF, Japan)을 사용하였다.

2.2.8 원적외선 방사 측정

황토가 부착된 면직물의 원적외선 방사를 조사하기 위해 FT-IR(MIDAC2000)을 사용하여방사율(emissivity)과 방사강도(emissive power)를 측정하였다. 원적외선 방사율을 측정하기 위해 황토만 부착시킨 시료와 황토부착 후 후처리 가공한 시료의 방사율을 비교하였으며 세탁 15회 이후의 원적외선 방사율을 각각 측정하였다. 인체의 체온과 유사한 온도를 측정하기 위하여 온도는 40℃로 유지하였고 파장범위는 5~20㎛로 하여 측정하였다. 원적외선 방사 강도는 방사율 측정시 FT-IR에 의해 자동적으로 측정된 방사율과 파장 범위에 대한 방사강도를 흑체를 기준으로 계산하여 그래프화하였다. 방사율이 1인 흑체의 방사강도는 Planck 공식에 의해 각 파장에 대해 계산하였다.

$$E_b\lambda = \frac{C_1 \cdot \lambda^5}{\exp(C_2/\lambda T)-1}$$

$E_b\lambda$: emissive power of black body at λ ($W/m^2 \cdot \mu m$)
λ : wavelength (μm)
T : absolute temperature (K)
C_1 : $3.7402 \times 10^8 (W \cdot \mu m^4/m^2)$
C_2 : $1.43 \times 10^4 (\mu mK)$

각 조건별로 처리한 시료의 방사강도는 방사율을 측정할 때 FT-IR에 입력되어진 각 파장별에 대한 방사율을 흑체의 방사강도에 곱함으로써 얻을 수 있다.

2.2.9 항균성 시험

항균성 시험법으로 Shake flask test법을 이용하여 미처리 면직물과 황토를 부착한 면직물, SCA 후처리 가공한 면직물의 균 감소율을 측정하였고 항균성에 대한 세탁 내구성을 조사하였다. 균 감소율 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Bacteria reduction rate } (\%) = \frac{A-B}{B} \times 100$$

Where, A : Bacteria number per 1㎖ in flask before shaking(0-time)
B : Bacteria number per 1㎖ in flask before shaking(test-time)

2.2.10 소취성 시험

검지관법을 이용하여 암모니아 가스를 측정용기에 직접 떨어뜨린 후 일정시간이 지난 후 암모니아 가스의 감소정도를 측정하였다. 시료는 미처리 면직물과 황토를 부착한 면직물, SCA 후처리 가공한 면직물을 사용하였고 각각 30, 60, 90, 120 분 처리한후 소취율을 조사하였다. 시료는 5×10cm의 크기로 하였고 주입된 암모니아 수성액의 양은 1㎕로, 실험에 사용된 용기의 부피는 500㎖로 하였다. 소취율 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Deodorization } (\%) = \frac{A-B}{B} \times 100$$

A : gas concentration of blank
B : gas concentration of blank of specimen existence

2.2.11 직물의 태 측정

Kawabata가 제시한 직물의 역학적 특성치를 관능량인 Hand Value로 나타내기 위해 KES-FB System을 이용하여 미처리 면직물과 황토를 부착한 면직물, SCA 후처리 가공한 면직물의 태 값을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 황토의 입자 크기와 성분 분석

본 실험에서 사용한 황토의 입자 크기를 조사하기 위해 입도분석기를 이용하여 분석하여 Fig. 1에 나타내었다. 황토의 구성 성분과 조성은 X-ray 회절분석기를 이용하여 분석하였으며 Table 2에 나타내었다. Fig. 1에 나타난 것과 같이 충북 영동군 상촌면 광산에서 구한 황토는 여러 가지 광물들로 구성되어 있으며 크기가 다양하였다. 평균 입경은 17.88㎛로 나타났다. Table 2에서와 같이 주성분은 SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3로 본 실험에 쓰인 황토의 90% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 이들은 모두 원적외선 방사율이 높은 물질로서 황토를 이용하면 원적외선 방사율을 높일 수 있으리라 예상할 수 있다.

Table 2. Component analysis of loess

Component	Ratio(%)	Component	Ratio(%)
SiO_2	53.28	Al_2O_3	25.72
Fe_2O_3	12.68	K_2O	1.72
CaO	1.36	MnO	1.18
MgO	0.68	P_2O_5	0.01
TiO_2	0.01	S	0.11
Igloos	2.38	The others	0.87

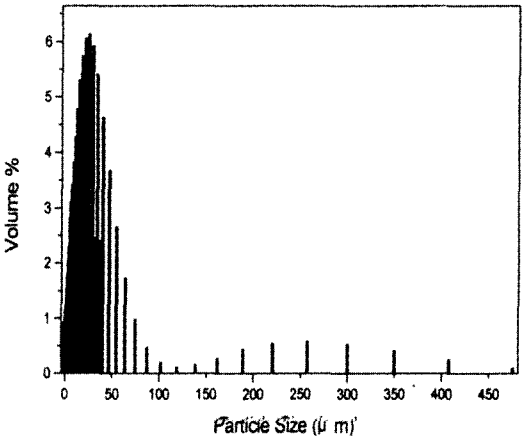


Fig. 1. Particle size distribution of loess.

3.2 카티온화제 농도에 따른 카티온화도 변화

카티온화제로서(3-chloro-2-hydroxypropyl) trimethylammoniumchloride를 사용하여 침지법으로 카티온화 처리한 면직물의 표면의 화학적 변화를 알아보기 위해 FT-IR를 사용하여 ATR법으로 미처리 면직물과 카티온화 처리한 면직물의 특성 피크를 비교 분석하여 Fig. 2와 같은 결과를 얻었다. 1500cm^{-1}~1400cm^{-1} 부근에서 N과 CH_3의 진동에 의한 Peak가 나타났고 1700cm^{-1}부근에서 질소 이온과 염소 이온 사이의 진동에 의한 피크가 나타났다. 이상의 IR 결과로부터 면직물 표면에 질소 이온이 도입되어 면직물에 카티온화 반응이 일어난 것을 확인하였다.

면직물의 카티온화 최적 조건을 찾기 위해 NaOH의 농도는 카티온화제 중량의 30%로 하고 액비는 1 : 50으로 고정시킨 후 카티온화제의 농도를 액비의 0, 5, 10, 15, 20, 30, 35%로 변화시켜가면서 카티온화 처리를 하였다. 그 후 황토를 부착시켜 카티온화제 농도의 최적 조건을 찾았다. Fig. 3은 카티온화제 농도가 황토 부착에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 카티온화제의 농도가 15%일 때 황토가 가장 잘 부착되었으며 그 이후에는 점차 감소되어서 카티온화제의 농도는 액비의 15%일 때 가장 카티온화가 잘 이루어짐을 확인할 수 있었다.

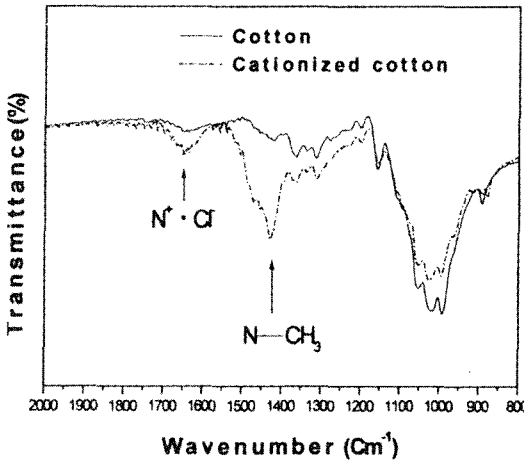


Fig. 2. FT-IR spectra of cationized cotton fabrics.

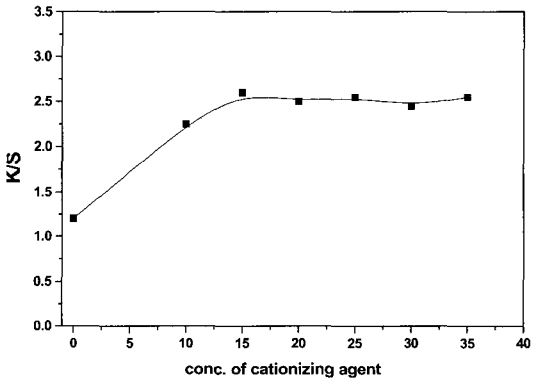


Fig. 3. Effect of cationic agent on K/S values of cationized cotton fabrics treated with loess.

또한 카티온화제의 농도를 15%로 고정시키고 액비는 1 : 50으로 하여 NaOH의 농도를 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35(% of cationic agent) 로 변화시켜가며 카티온화 처리한 다음 황토를 부착시켜 NaOH 농도의 최적 조건을 조사한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. NaOH의 농도가 20% 정도까지는

황토의 부착량이 꾸준히 상승하여 25%에서 최고치를 유지하였고 그 이상에서는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 NaOH 농도 25%를 NaOH의 최적농도로 설정하였다.

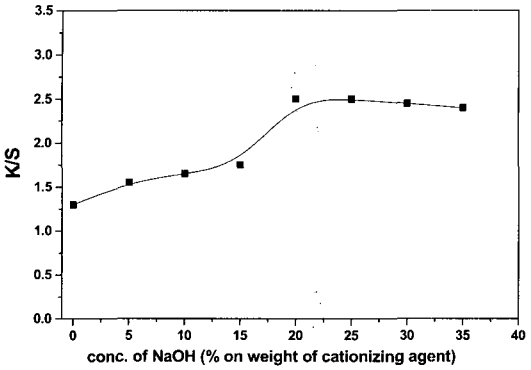


Fig. 4. Effect of NaOH on K/S values of cationized cotton fabrics treated with loess.

3.3 황토의 농도 및 pH가 염착성에 미치는 영향

황토의 농도가 염착성에 미치는 영향을 알아보기 위해 카티온화 농도를 15%, NaOH의 농도를 25%로 하여 카티온화 처리를 한 후 액비를 1 : 30으로 한 상태에서 황토의 농도를 염액의 10, 20, 30, 40, 50, 60%로 하여 100℃에서 120분간 염색하였다. Spectrophotometer를 이용하여 표면 반사율을 측정하고 K/S값을 구하여 황토의 농도에 따른 염착농도를 조사한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 황토의 농도가 30%까지는 꾸준히 상승하다가 그 이상에서는 더 이상의 증가를 보이지 않아 30%가 황토의 최대 포화치임을 확인하였다.

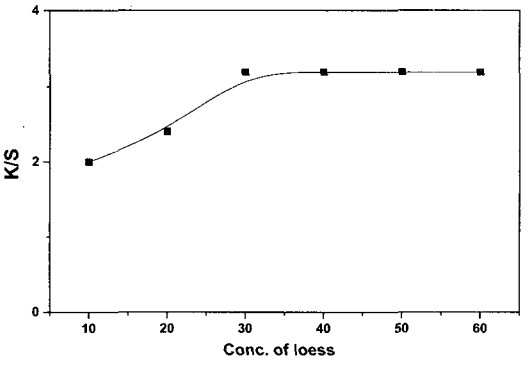


Fig. 5. Effect of concentration of loess on K/S values of cationized cotton fabrics treated with loess.

pH가 염착성에 미치는 영향을 알아보기 위해 카티온화 처리 후 액비를 1 : 30으로 고정시키고 황토의 양은 염액의 30%, 시간은 120분으로 온도는 100℃로 한 후 pH를 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11까지 변화를 시켜가며 처리하였다. Fig. 6은 pH에 따른 염착량을 측정한 결과이다. 측정 결과 pH가 8.5일 때가 가장 염착량이 높음을 알 수 있다. 산성 조건에서는 염착량이 현저히 낮았으며 중성일 때부터 염착량의 증가율이 상승하여 약염기인 pH 8.5 정도에 가장 높은 염착량을 나타내었다. 이와 같은 결과로 부터 음이온을 띄고 있는 황토는 면직물의 카티온화에 의하여 전기적인 반발력을 감소시켜 황토가 섬유표면에 용이하게 접근하리라 예상할 수 있으며 pH가 중성-약알칼리 조건하에서 높은 염착량을 나타내는 현상으로부터 산성조건하에서는 카티온화 면직물에 포함되어있는 양이온성기가 이온화하는 현상에 의하여 염착이 방해되어 염착농도가 감소하리라 생각되어지며 이러한 현상은 면섬유에 대한 황토의 염색은 섬유에 결합된 카티온화제와 황토의 이온상호 작용에 의한 것이라기보다는 황토의 섬유표면 흡착에 관여하는 $CaCO_3$의 점착력이 약알칼리 하에서 높게 작용하기 때문이라 생각된다.

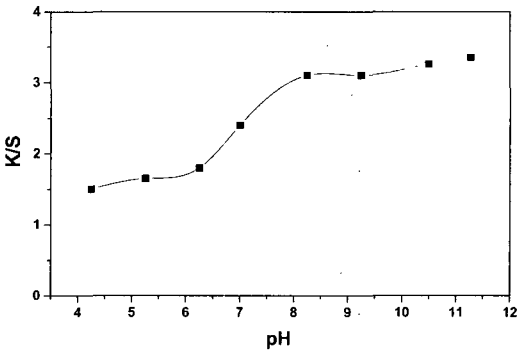


Fig. 6. Effect of pH on K/S values of cationized cotton fabrics treated with loess.

3.4 SCA 후처리에 따른 염착성의 변화

면직물에 카티온화 처리 후 황토 부착의 조건을 다음과 같이 하여 실험하였다. 액비를 1 : 30으로 하고, 황토의 양은 염액의 30%로, 시간은 120분으로, 온도는 100℃로, pH는 8.5로 하여 황토를 부착시켰다. 그 후 증류수를 황토 부착포에 대해 1 : 30의 액비로 준비하고 증류수의 0, 2, 4, 6, 8% 농도로 준비한 SCA에 초산을 첨가하여 pH를 5로 맞춘 다음 황토 부착포를 침지시켜 95℃로 승온시킨

뒤 20분간 반응시켰다. 그 후 SCA 후처리한 가공포를 망글을 이용하여 압착 및 탈수를 시킨 후 100℃에서 5분간 건조하고 130℃에서 1분30초간 열처리한 후 수세 및 건조를 하였다. Fig. 7은 SCA 후처리에 따른 색농도의 변화를 측정한 결과이다. Fig. 7로 보아 SCA의 농도가 증가함에 따라 K/S값이 점차 떨어져 색 농도가 감소되어짐을 알 수 있었다. 그 이유는 면직물 표면에 흡착된 황토 입자들이 후처리 공정에서 일부가 탈락되는 현상과 황토만 처리한 면직물의 경우는 면직물에 부착된 황토의 입자 크기가 불규칙하고 입자 크기가 크기 때문에 K/S값이 높게 나오지만 SCA 후처리한 면직물은 고착제로 사용한 silane이 siloxane 축합중합을 일으켜 섬유표면에서 in-situ필름을 형성하여 작은 입자(1㎛ 미만)가 황토 부착포 위에 얇은 막을 형성하게 되므로 그 만큼 표면의 불규칙적인 면이 줄어들게 되어 표면 반사율이 증가하는 두가지 원인에 의하여 K/S값이 감소하리라 예상된다.

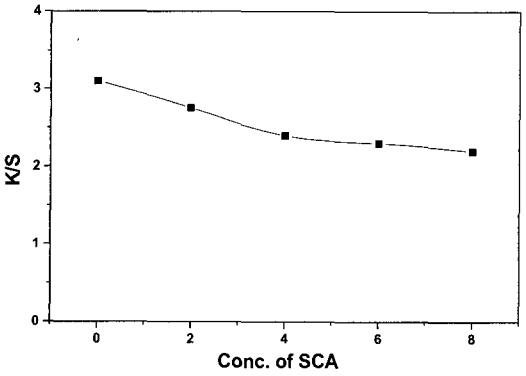


Fig. 7. Effect of SCA concentrations on K/S values of cationized cotton fabrics treated with loess.

3.5 SCA후처리에 따른 세탁내구성 변화

KS K 0430 A-1법에 의해 SCA의 농도에 따라 처리한 시료를 세탁 1, 5, 10, 15회 한 후 세탁 전후의 색농도 차를 구하였다. Fig. 8에 SCA의 농도에 따른 세탁전후의 색 농도 차를 나타내었다. 일반적으로 SCA 미처리 직물이나 처리 직물 모두 세탁회수에 비례하여 황토가 탈락됨을 알 수 있으며 미처리 직물에 비하여 SCA 처리직물의 황토탈락 현상이 감소함을 확인할 수 있다. 또한 SCA 처리농도가 증가함에 따라 세탁 전후의 색 농도 차가 적어지며 SCA처리농도 6% 이상에서는 커다란 변화가 없음을 알 수 있다. 일반적으로 황토는 안료로서 작용하기 때문에 섬유와의 친화력이 없으며 황토내에 다량 포함되어 있는 $CaCO_3$의 점착력에 의하여 섬유표면에 흡착되기 때문에 세탁에 대한 내구성이 문제가 되리라 예상할 수 있으며 세탁내구성을 개선시키고자 사용한 SCA후처리에 의해 황토염색 면직물의 세탁견뢰도를 향상시킬수 있음을 확인하였다.

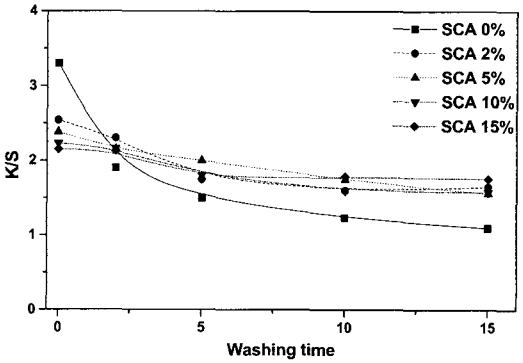
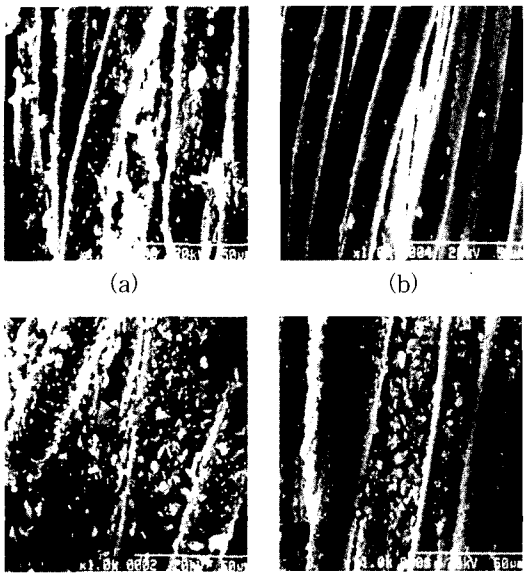


Fig. 8. K/S values of cotton fabrics treated with loess followed by laundering cycles.

3.6 주사 전자 현미경 관찰

황토만 부착시킨 면직물의 표면 상태와 황토 부착 후 SCA 후처리한 면직물의 표면 상태를 비교하고 세탁 15회 이후의 표면 상태를 관찰하기 위하여 4%의 SCA로 후처리 한 시료를 주사 현미경을 이용하여 1000배 확대하여 비교한 것과 각각 세탁 15회 후의 표면 상태를 비교한 결과를 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 9는 황토만 처리한 면직물에 비해 4%의 SCA로 후처리 가공한 면직물의 표면에 더 많은 양의 황토가 부착되어있음을 확인할 수 있다. 이 결과는 위에서 설명한 SCA 후처리에 의해 면직물의 K/S값이 저하하는 원인중에서 후처리에 의한 황토의 탈락보다는 표면에 형성된 SCA의 균일한 막 형성에 의하여 표면반사율이 저하되어 K/S값이 낮아지는 것이 주원인이라 생각된다. 또한 15회 세탁한 다음의 면직물의 표면 상태를 비교해 보면 SCA로 후처리 가공한 면직물의 경우는 세탁 후에도 많은 양의 황토가 부착되어 있지만 황토만 처리한 면직물의 경우는 황토 분말이 거의 다 탈락되었음을 확인할 수 있다. 이러한 결과로 부터 일반적으로 $CaCO_3$의 작용에 의하여 섬유표면에 흡착된 황토는 세탁에 대한 내구성이 상당히 낮음을 알수 있으며 SCA로 후처리 가공에

의해 세탁에 의한 황토의 탈락을 방지할 수 있음을 확인할 수 있었다.



(a) (b)

(a) (b)

Fig. 9. SEM photographs of cotton fabrics treated with loess.
(a) SCA 0% (b) SCA 0%(after washing)
(c) SCA 4% (d) SCA 4%(after washing)

3.7 원적외선 방사 측정

황토가 부착된 면직물의 원적외선 방사를 조사하기 위해 방사율(emissivity)과 방사강도(emissive power)를 FT-IR을 사용하여 측정한 결과를 Fig. 10과 Fig. 11에 나타내었다. 황토는 금속 산화물 세라믹스의 방사율과 비슷한 원적외선 방사율을 나타내는데 이것은 황토의 주성분이 SnO_2, Al_2O_3, TiO_2, Fe_2O_3 등이므로 이들과 비슷한 방사율을 나타내는 것으로 생각된다. 이들은 6㎛이상의 파장에서는 낮은 방사율을 보이지만 6㎛~20㎛의 파장에서는 높은 방사율을 나타내었다. 방사측정은 체온과 비슷한 40℃에서 측정하였고 방사측정 범위는 5~20㎛로 하였다. 본 실험에서 사용한 황토의 원적외선 방사율은 0.93으로 6㎛이상의 파장에서 높은 방사율을 나타내었고 미처리 면직물의 경우는 0.88을 나타내었다. Table 3은 황토만 처리한 면직물과 SCA 4% 후처리한 면직물의 방사율과 방사강도, 세탁 15회 후 각각의 원적외선 방사율과 방사강도를 나타낸 것이다.

Table 3에서 나타낸 것과 같이 미처리 면직물에 황토를 부착시킨 경우 황토만 처리한 면직물과 SCA 4% 후처리한 면직물의 방사율은 모두 0.91로 미처리 면직물 보다 높은 방사율을 나타내었다. 그러나 세탁 15회 후의 방사율을 보면 SCA 4% 후처리한 면직물의 방사율은 세탁전과 마찬가지로 0.91로 높은 방사율을 유지하였지만 황토만 처리한 면직물은 방사율이 0.90으로 감소되었다. 이것은 세탁에 의해 황토가 탈락됨으로써 원적외선 방사율이 감소되었으리라 생각된다. 따라서 Si를 주성분으로 하는 SCA자체의 원적외선 방사 능

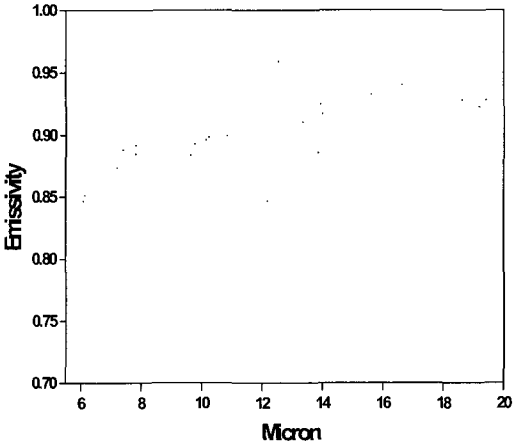


Fig. 10. Emissivities of cotton fabrics treated with loess.
(a) SCA 0% (b) SCA 0%(after washing)
(c) SCA 4% (d) SCA 4%(after washing)

Table 3. Far infrared emissivities and emissive power of cotton fabrics treated with loess

Component	SCA 0%	SCA 0% (after washing)	SCA 4%	SCA 4% (after washing)
Emissivities (5~20㎛)	0.91	0.90	0.91	0.91
Emissive Power ($W/m^2 \cdot$ ㎛, 40℃)	3.66×10^2	3.62×10^2	3.66×10^2	3.66×10^2

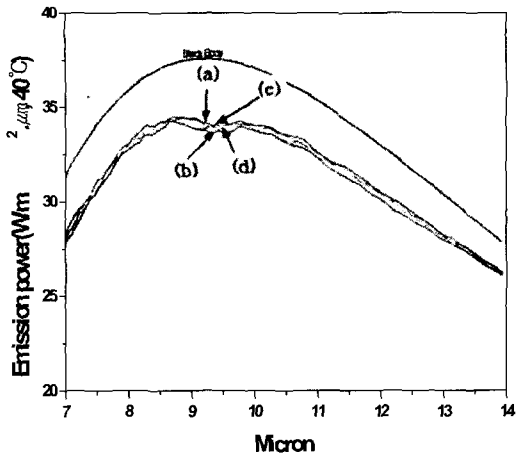


Fig. 11. Emissive power of cotton fabrics treated with loess.
(a) SCA 0% (b) SCA 0%(after washing)

력과 SCA 후처리에 의해 황토의 세탁내구성이 증가하여 원적외선 방사율이 세탁전과 같이 높게 유지됨을 알 수 있다.

방사율을 방사강도(방사 에너지)로 변환시켜 보면 본 실험에 사용한 황토의 방사강도는 40℃에서 측정 범위를 5~20㎛로 하여 측정한 결과 3.74×10^2(W/㎡·㎛)로 나타났고 이때 흑체의 방사 강도는 Planck 공식에 따라 계산하면 402.15 W/㎡·㎛이다. 이 황토를 면직물에 부착시킬 경우 3.66×10^2(W/㎡·㎛)으로 매우 높은 방사 에너지를 나타냈지만 세탁 15회 후에는 3.62×10^2 W/㎡·㎛로 되어서 4W정도의 에너지가 감소함을 알 수 있었다. 하지만 SCA 후처리한 면직물은 세탁 전 후의 에너지가 변화가 없이 3.66×10^2(W/㎡·㎛)으로 나타나서 세탁 후에도 높은 방사 에너지를 갖고 있음을 알 수 있다.

3.8 항균 및 소취성

항균성 시험법으로 Shake flask test법을 이용하여 미처리 면직물과 황토를 부착한 면직물 SCA 후처리 가공한 면직물의 균 감소율을 조사하였고 항균성에 대한 세탁 내구성을 조사하였다. Table 4에 각 시료에 대한 균 감소율을 나타내었다. 미처리 면직물은 약 20%의 자체 균 감소율을 나타내고 황토의 경우는 76%의 균 감소율을 나타내었다. 하지만 카티온화 시킨 면직물에 황토를 부착시킨 경우는 모두 99% 이상의 높은 균 감소율을 나타내었다. 이것은 카티온화제로 사용한 4급 암모늄 이온이 음 전하를 띠는 세균의 내용물을 끌어 당겨 세포벽을 물리적으로 파괴시키고 내용물을 누출시킴으로써 균을 사멸시켰기 때문이라 생각된다. Fig. 12에 SCA 후처리에 따른 항균성에 대한 세탁내구성을 나타내었다. 세탁 전에는 모두 99% 이상의 높은 균 감소율을 나타내었지만 세탁에 의해 균 감소율이 감소되었다. 하지만 SCA 후처리에 의해 세탁내구성이 증가하여 세탁 15회까지 90% 이상의 높은 항균성을 나타내었다. 이결과는 후처리제로 사용된 SCA의 항균성이 거의 없기 때문에 황토를 흡착시킨 면직물의 항균성은 76%의 균 감소율을 나타내는 황토와 카티온화제에 의해 주로 발휘되고 있으며 세탁에 의하여 섬유와의 수소결합에 의하여 흡착된 카티온화제에 비하여 황토의 탈락이 용이하리라 예상되기 때문에 항균성이 감소하는 주원인은 황토의 세탁내구성에 좌우되리라 생각된다.

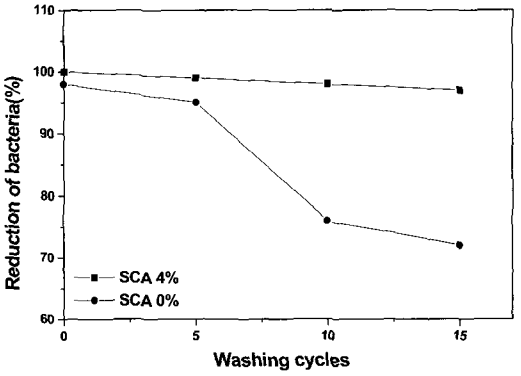


Fig. 12. Variation of bacteria reduction rate of cotton fabrics by washing.

Table 4. Bacteria reduction rates of various samples

Component	Untreated cotton fabrics	Loess	cotton fabrics treated with loess(SCA0%)	cotton fabrics treated with loess(SCA4%)
The Bacteria reduction rates	20%	76%	99.4%	99.8%

검지관 법을 이용하여 각 시료에 대한 30, 60, 90, 120분 후의 소취율을 조사하여 Fig. 13에 각 시료에 대한 소취성을 나타내었다. 미처리 면직물은 소취율 35% 정도에서 큰 변화를 보이지 않았고 황토는 30분 후 84%에서 120분 후에는 91%로 다소 증가함을 나타내었다. 황토를 면직물에 부착시켰을 때의 소취율은 65%에서 71%로 나타났고 SCA 후처리를 한 경우는 82%에서 88%로 더 높은 소취율을 나타내었다. 소취효과는 다공성 물질인 황토의 세공에 암모니아가 흡착되어 나타나리라 예상되며 SCA 후처리에 의하여 황토의 세탁내구성이 증가하여 세탁 15회까지 우수한 소취율을 나타내었다.

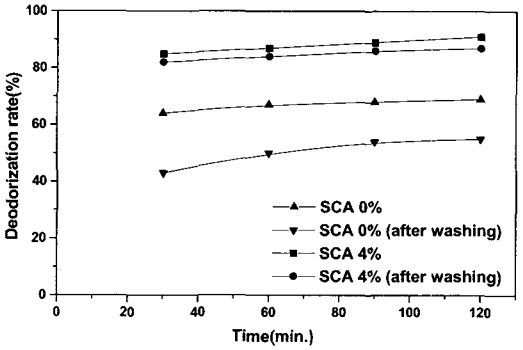


Fig. 13. Deordoriztion rate of cotton fabrics treated with loess.

3.9 직물의 태 측정

Kawabata가 제시한 직물의 역학적 특성치를 관능량인 Hand Value로 나타내기 위해 KES-FB System을 이용하여 미처리 면직물과 황토를 부착한 면직물 그리고 SCA 후처리 가공한 면직물의 태 값을 조사하였다. 태 값에 영향을 미치는 직물의 16가지 역학적 성질을 측정하기 위해 인장특성, 전단특성, 굽힘특성, 압축특성, 표면특성, 두께 및 무게를 측정하였다.

직물의 태를 평가하는 감각표현 용어로 Numeri, Koshi, Fukurami, Shari, Hari 등을 사용한다. Numeri는 매끄럽고(smooth) 유연하고(limber) 부드러운(soft) 느낌으로 나오는 혼합된 느낌을 말한다. 주로 캐쉬미어 섬유로 제직된 직물에서 이런 느낌을 느낄 수 있고 유연성 또는 쉽게 굽혀지며 회복이 잘 되는 촉감을 뜻한다. Koshi는 뻣뻣한(stiff) 느낌을 나타내고 탄력성은 이 느낌을 크게 한다. Hari는 직물의 탄력성과 상관없이 드레이프성이 없는 뻣뻣함을 나타낸다. Fukurami는 부피감이 있고 따뜻한 느낌이 동반되는 두꺼움을 뜻하는 말이다. Shari는 파삭파삭하고 날카로운 소리를 뜻하는 말로 이런 느낌은 우리에게 시원한 느낌을 준다.

Table 5에는 미처리 면직물과 황토를 부착한 면직물 SCA 후처리 가공한 면직물의 역학적 특성을 구한 후 기본 태 값(Primary hand value, HV)으로 변환하여 나타내었다. 계산은 KN-303-DS-WINTER의 변환식을 사용하여 태 값을 나타내었다. T.H.V.는 태 평가치를 나타내는 말이다. T.H.V. 5는 우수함을 나타내고 T.H.V. 1은 불량함을 의미한다. Numeri는 굽힘, 전단, 압축 성질의 강성은 작지만, 탄력성은 크다. 주로 표면, 압축, 전단 특성에 의해 영향을 받는다. Koshi는 굽힘강성, 회복성, 전단, 압축성이 크다. 주로 굽힘, 전단, 무게와 두께 등에 영향을 받는다. Fukurami는 압축성질에서의 부피감, 매끄러운 표면과 부드러운 신장성을 나타낸다. 주로 압축, 표면, 인장 특성에 영향을 받는다. Shari는 거치른 표면과 굽힘성질의 강성과 회복성을 나타낸다. 주로 표면, 굽힘, 인장 특성에 영향을 받는다. Hari는 거치른 표면과 높은 전단강성, 굽힘의 강성과 이력이 클수록 Hari를 증가시킨다. 주로 굽힘, 표면, 전단 특성에 영향을 받는다.

Table 5. Primary hand values of various samples

Hand expression	Untreated cotton fabrics (H.V.)	Cotton fabrics treated with loess (SCA 0%) (H.V)	Cotton fabrics treated with loess (SCA 0%) (H.V)
Koshi (stiffness)	5.10	5.20	5.62
Shari (crispness)	0.07	-1.01	-1.91
Fukurami (fullness & softness)	9.44	9.28	10.23
Hari(spead, anti-drape)	5.70	5.83	5.66
T.H.V	5.13	5.03	5.53

H.V. 10 : Strong, H.V. 1 : Weak
T.H.V. 5 : Excellent, T.H.V. 1 : Poor

Table 5에서 볼 때 SCA 후처리 가공한 면직물은 stiffness와 Fukurami(fullness & softness)가 높은 수치를 나타내었는데 이것으로 보아 SCA 후처리 가공에 의해 표면이 부드러워졌음을 알 수 있다. 태 평가치(T.H.V.)는 SCA 후처리 가공한 경우 남성용 겨울용 셔츠에 적용시켰을 때 5.53으로 가장 높은값이 나왔다.

4. 결 론

황토를 부착시킨 면직물의 세탁내구성과 물성을 향상시키기 위해 실리콘계 고분자 화합물질인 Silane coupling agent를 사용하여 가공처리 한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 황토의 평균 입경은 17.88㎛이고, 주성분은 SiO_2, AlO_3, Fe_2O_3로써 원적외선 방사율이 높은 물질을 함유하고 있음을 알 수 있었다.
2. 수용액 상태에서 음 전하를 띠는 면직물과 황토의 반발력을 줄이기 위해 면직물을 카티온화시켜 황토를 부착한 결과 많은 양의 황토가 부착되었고 황토 특유의 자연스러운 색상을 유지하면서 높은 원적외선 방사율을 나타내었다.
3. Silane soupling agent를 사용하여 후처리한 결과 세탁 후에도 높은 원적외선 방사와 항균성, 소취성을 나타내어 세탁 내구성이 향상되었음을 알 수 있었다.
4. 물성 시험 결과 Silane soupling agent를 사용함으로써 장시간 가공 처리된 면직물이 유연해지고, 부드러움을 나타내어 물성이 향상되었음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 유도옥, "*황토의 신비*" , 행림 출판사(1995).
2. 이원섭, "*황토 요법*", 동방미디어(주)(1997).
3. 정오진, "*환경화학*". 자유아카데미(1997).
4. 한국민속대관Ⅱ, 고대민족문화연구소 출판부(1980).
5. 민족문화 대 백과사전, 웅진출판사(1995).
6. K. W. Oh, *J. Korean Fiber Society*, **34**, 12(1993).
7. 한충수, 박완서, "*원적외선가열의 이론과 실제*", 한국 원적외선 응용연구소(1995).
8. 박완서, "*원적외선*", 한국원적외선응용연구소(1998).
9. 유계열, "*원적외선의 효용과 섬유에의 응용*", 섬유기술, Vol. 27, No. 2(1998).
10. K.O. Jang and K.Yeh, *Text. Res. J.*, **63**, 557(1993).
11. Y. Shin, N. R. S. Hollies, and K. Yeh, *Text. Res. J.*, **33**, 129(1989).
12. J. W. Gillkey, *Text. Res. J.*, **33**, 129(1963).
13. A. K. Manna, A. K. Bhattacharyya, P. P. De, D. K. Tripathy, S. K. De, and D.G. Peiffer, **39**, 26(1998).