

<研究論文(學術)>

천연염색시 면직물의 염색성 및 일광견뢰도 향상 -키토콜라와 FFC 후매염 처리-

¹이수민, 송화순

숙명여자대학교 의류학과
(2004. 10. 5. 접수/2004. 11. 9. 채택)

Dyeability and Color Fastness to Light of Cotton Fabric in Natural Dyeing - Pretreatment with Chito-Colla and FFC Mordant -

¹Su Min Lee and Wha Soon Song

Dept. of Clothing & Textile Sookmyung Women's University, Seoul, Korea
(Received October 5, 2004/Accepted November 9, 2004)

Abstract—The purpose of this study is to improve the dyeability and the color fastness to light of cotton fabric dyed with extraction of cinnamon cassia. Cotton fabric was pretreated with chito-colla to enhance the dyeability, and K/S values were compared chito-colla pretreated fabric and untreated fabric. In addition, to improve of color fastness to light of dyed fabric, it was used FFC compound as mordant. Also, it was measured SOD-liked activity of FFC compound and light fastness of dyed fabrics. The results are as follow; K/S value of cotton fabric pretreated with chito-colla(5%) was much more increased than untreated fabric. SOD-liked activity of FFC compound was observed over 70%. Light fastness of cotton fabric treated with FFC compound was 3~4 grades.

Keywords : dyeability, light fastness, chito-colla, FFC mordant, cinnamon cassia

1. 서 론

최근 건강과 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라, 환경친화적인 천연염색이 각광받고 있으며, 이에 대한 연구¹⁾도 활발히 진행되고 있다. 천연염색은 염색폐수에 의한 수질오염의 피해를 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 독특한 색감을 나타낸다. 그러나 천연염료로 염색시 합성염료에 비해 염색성이 떨어지고, 일광 견뢰도가 낮은 문제점이 제기되고 있다.

따라서 이러한 단점을 개선하기 위하여 캐티온화²⁾, 콩즙³⁾, 키토산⁴⁾ 전처리에 의한 염색성 향상 및 탄닌⁵⁾,

플라즈마 및 자외선흡수제⁶⁾ 처리 등에 의한 일광견뢰도 향상에 대한 연구가 보고되고 있다.

이들 연구 중 키토산은 항균성 및 대전방지효과가 있어, 기능성 섬유가공제로 각광받고 있다.⁷⁾ 그러나 키토산은 직물처리시 촉감이 있어 뻣뻣해지는 문제점이⁸⁾ 있다. 본 연구에서는 이를 보완하기 위해, 면직물에 전처리제로 키토콜라를 선정하였다. 키토콜라는 키토산과 보습효과가 있는 콜라겐을 중합한 천연원료로서, 염색성 향상 및 키토산 처리시 직물이 뻣뻣해지는 문제를 보완할 수 있는 화합물이다.

또한 염색물의 일광견뢰도 저하 원인중 하나로, 염색물이 빛의 산화작용에 의해 알데히드를 생성하고, 알데히드의 환원성에 의해 염색물이 퇴색되는데 활성

¹Corresponding author. Tel. : +82-2-710-9462 ; Fax. : +82-2-710-9479 ; e-mail : doccubi@sookmyung.ac.kr

산소가 원인이 된다는 보고¹¹⁾가 있다. 따라서 활성산소에 의한 산화작용의 억제기능을 갖는 염화철(II)과 염화철(III)의 화합물(이하 FFC)인 FFC¹²⁾를 매염제로 적용시, 염료의 산화를 방지하여 염색물의 일광견뢰도를 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구의 목적은 면직물에 키토콜라 전처리 및 FFC 후매염 처리를 통하여, 염색성 및 내일광성 향상을 위한 효과적인 방법을 찾고자 한다.

2. 실험방법

2.1 시료

염재는 계피(중국산)를 분쇄하여 사용하였다. 시험포는 KS K 0905에 규정된 백면포를 정련후 사용하였다. 시험포의 특성은 표 1과 같다.

Table 1. Characteristics of fabrics

Fabric	Weave	Yarn counts		Density (thread/5cm)		Weight (g/m ²)
		Warp	Weft	Warp	Weft	
Cotton	Plain	30's	36's	141	135	100±5

2.2 시약

키토콜라와 가교제는 일본 이화(주)에서 제조된 것으로, 키토콜라는 NR5-A3를 사용하였으며, 가교제는 NR5-B를 사용하였다. 이때 키토콜라에 사용된 키토산의 탈아세틸화도는 78~85%, 점도는 5~20cps이다.

활성산소 소거능력을 측정하기 위하여, 트리스(하이드록시메틸)아미노메탄(Acros organics Co.), 에틸렌디아민아세트산(Duksan pure chemical Co.), 피로갈롤(Acros organics Co.), 염산(Duksan pure chemical Co.)을 사용하였다.

매염제로는 백반(Duksan pure chemical Co. 이하 Al), 제일염화철(Duksan pure chemical Co.), 제이염화철(Junsei Chemical Co.)을 사용하였다.

견뢰도 측정용으로는 염화나트륨(Junsei Chemical Co.), 젖산(Duksan pure chemical Co.), L-히스티딘 모노하이드로클로라이드(Junsei Chemical Co.), 탄산일수 소나트륨(Dibasic, Duksan pure chemical Co.), 탄산암모늄(Duksan pure chemical Co.)을 사용하였으며, 이상의 모든 시약은 1급 이상을 사용하였고, 세제는 KS M 2704에 준한 세탁비누를 사용하였다.

2.3 색소추출 및 농축

계피 100g을 분쇄하여 증류수 1ℓ에 넣고, 90℃에서

1시간씩 3회에 걸쳐 색소 추출 후 회전증발농축기(Evaporator, Yamato, Japan)를 사용하여 100ml로 농축하였다.

2.4 키토콜라 전처리 및 물성측정

2.4.1 키토콜라 전처리

키토콜라 전처리는 가교제(NR5-B) 5%(w/v)로 고경시킨 후, 액비 1:60으로 키토콜라(NR5-A3)의 농도(3, 5, 7, 9%(w/v))를 변화시켜, 면직물을 1시간 침지 후, pick up을 110%, 60℃에서 30분 건조, 120℃에서 90초간 열처리하였다.

2.4.2 주사전자현미경에 의한 표면관찰

키토콜라 농도변화에 따른 처리포 표면의 미세구조 변화를 관찰하기 위하여 주사전자현미경(Scanning electron microscope, Jeol JSM-5410, Jeol. Co. 이하SEM)으로 표면형태를 비교 관찰하였다.

2.4.3 백도 측정

키토콜라 농도변화에 따른 처리포의 황변정도를 관찰하기 위하여 C.C.M.(Computer Color Matching System, JX777, Japan)으로 백도를 측정, 비교하였다.

2.4.4 강연도 측정

키토콜라 농도변화에 따른 처리포의 강연도는 KS K 0539 캔티레버법에 준하여, 경·위사 방향으로 각각 5회씩 측정하여 평균값을 취하였다.

2.5 활성산소 소거능력 측정

매염제의 활성산소 소거능력 측정은 SOD(Superoxide dismutase) 유사활성 측정방법에 의해 매염제 0.2ml에 50mM 트리스와 100mM 에틸렌디아민아세트산 혼합액 3ml를 첨가하였다. 여기에 피로갈롤 0.2ml를 가하여 25℃에서 10분간 방치, 1N염산으로 반응을 정지시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하여, 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{SOD-liked activity}(\%) = \left(1 - \frac{B}{A}\right) \times 100$$

A: Optical Density of Control

B: Optical Density of Sample-Blank

2.6 염색

계피 농축액을 이용한 염색시 적정조건을 구하기 위하여 키토콜라 미처리 면포의 염색은 액비 1:60, 염색온도 60℃에서 염색시간(20, 30, 40, 50, 60분), 염액 농도(5, 10, 15, 20, 25, 30%(w/v))를 변화시켜 염색하였

다. 키토콜라의 농도에 따른 처리포의 염색은 적정조건에서 염액농도(5, 10, 15, 20, 25, 30%(w/v))를 변화시켜 염색하였다.

매염은 Al, FFC를 3%(o.w.f) 농도로 액비 1:60, 60°C에서 30분간 후매염하였다. FFC는 염화철(II), 염화철(III)을 1:1비율로 혼합하여 조제하였다.

2.7 염착농도(K/S) 및 색채측정

염색포의 염착농도(K/S)는 C.C.M(Computer Color Matching System, JX777, Japan)을 사용하여, 각 시료의 표면반사율을 Y filter로 측정된 후, Kubelka-Munk식에 의하여 산출하였다. 표면색은 C.C.M을 사용하여, L*,a*,b*값을 측정하고 이들 값으로부터 색차(ΔE^*_{ab})를 산출하였다.

2.8 염색견뢰도 측정

키토콜라 처리유무에 따라 Al 및 FFC 매염처리후의 세탁견뢰도는 Launder-O-Meter(AATCC Standard Instrumenter)를 사용하여 KS K 0430, 건습마찰견뢰도는 Crockmeter(AATCC Atlas Electric Device)로 KS K 0644, 땀견뢰도는 Perspiration Tester(AATCC Atlas Electric Device)를 사용하여 KS K 0715, 일광견뢰도는 Fade-O-Meter(AATCC Atlas Electric Device)를 사용하여 KS K 0700에 준하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 키토콜라 처리농도에 따른 물성

3.1.1 주사전자현미경에 의한 표면형태

Fig 1은 키토콜라 농도에 따른 면직물의 표면형태를 관찰한 것이다. (A)는 미처리, (B)~(E)는 키토콜라의 농도에 따른 표면형태이다. Fig 1에 나타난 바와 같이 3%에서는 키토콜라의 흡착량이 적고, 5%에서는 키토콜라가 균일하게 흡착한 것으로 나타났으며, 7% 이상의 농도에서는 섬유표면이 거칠고 불균일한 형태를 나타내고 있다. 이는 키토콜라의 농도가 증가할수록 과잉흡착되어, 불균일한 부착상태를 보인 것이다.

따라서 균일하게 흡착시키기 위해서는 키토콜라의 처리농도를 5%로 하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

3.1.2 백도

Fig. 2는 키토콜라의 농도에 따른 백도를 나타낸 것이다. 키토콜라 처리 시 미처리에 비해, 백도가 저하하였다. 즉, 키토콜라의 농도가 5% 이하에서는 약 2%의 저하를 보이다가 7%이상에서 약 3%의 저하를

거져왔다. 이는 키토콜라의 농도가 증가함에 따라 열처리시 단백질의 변성정도가 심화되어 백도가 저하되는 것으로 생각된다. 따라서 키토콜라의 처리농도는 백도의 저하가 비교적 적은 5% 이하로 하는 것이 바람직한 것으로 생각된다

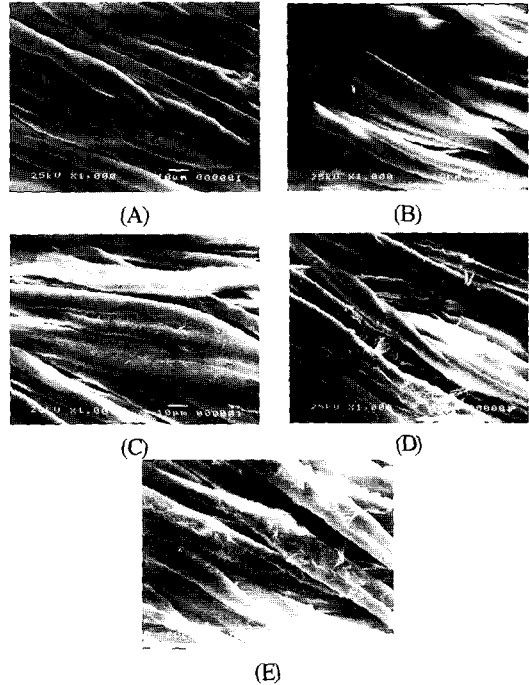


Fig. 1. SEM micrograph of cotton fabrics by varying conc. of chito-colla.(A)untreated (B)3% (C) 5% (D)7% (E)9%

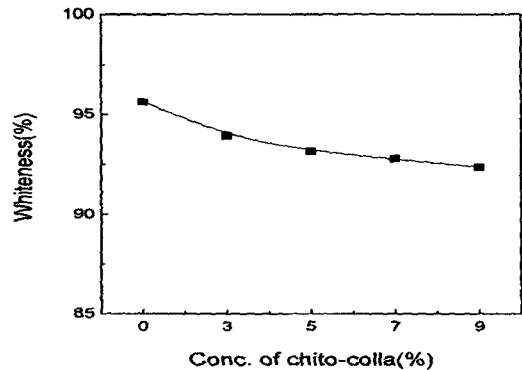


Fig. 2. whiteness of cotton fabrics by varying conc. of chito-colla.

3.1.3 강연도 분석

Fig 3, 4는 키토콜라 농도에 따른 드레이프 강연도와

플렉스 강연도를 측정하였다. 키토콜라 처리시 미 처리에 비해 직물의 유연성이 증가하여 강연도가 감소한 것으로 나타났다. 이는 키토산 단독 처리시 뽀뽀해진다⁸⁾는 보고와 비교해 볼 때, 키토산과 콜라겐 단백질의 중합원료를 이용함으로써 친수기인-NH₂와 -COOH기가 면직물에 도입되어^{9,10)} 직물의 유연성이 증가하여 강연도가 감소된 것으로 생각한다. 특히 플렉스 강연도의 경우, 키토콜라의 농도가 5%일 때 강연도의 감소가 크게 나타났으나 7%에서는 다시 증가현상을 보였다.

이는 콜라겐의 영향과 함께 키토콜라와 가교제 비율의 영향 때문으로, 키토콜라의 농도 3%에서는 키토콜라에 비해 가교제의 비율이 크므로, 강연도 감소의 정도가 적은 것으로 생각된다. 또한 7% 이상에서는 Fig. 1에서 나타난 바와 같이 과잉흡착에 의해 강연도가 5%에 비해 증가한 것으로 생각된다. 따라서 직물의 유연성을 높이기 위해서는 키토콜라를 5% 농도로 처리하면 키토산 단독 처리시 직물이 뽀뽀해지는 단점을 보완할 수 있을 것으로 고찰된다.

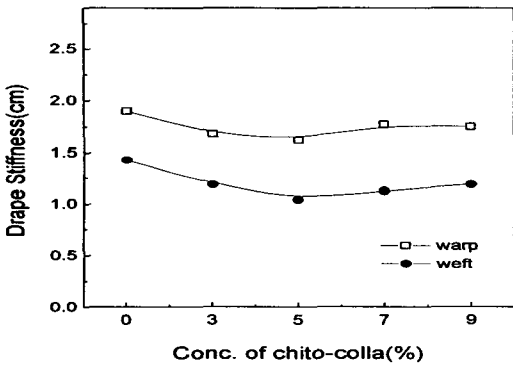


Fig. 3. Drape stiffness of cotton fabrics by varying conc. of chito-colla.

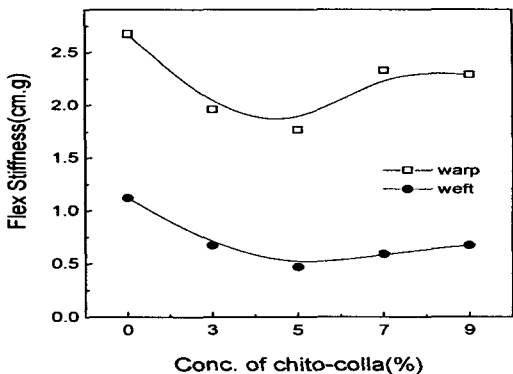


Fig. 4. Flex stiffness of cotton fabrics by varying conc. of chito-colla.

3.2 매염제의 활성산소 소거능력

Fig. 5는 Al과 FFC의 활성산소 소거능력을 측정하는 결과이다. SOD 유사활성측정에 사용된 피로갈롤은 수용액에서 자동산화가 빠르게 일어나는데, 이때 활성산소가 관여한다고 알려져 있다. 그러므로 활성산소가 존재하는 경우, 자동산화의 억제정도를 측정하여 효능을 평가하는 것이다. 즉, 매염제를 피로갈롤 수용액에 첨가한 후 피로갈롤의 자동산화를 감소시키는 효과를 측정하는 것이다. 측정결과 Fig. 7에 나타난 바와 같이 FFC가 약 70%로 Al에 비해 높은 활성산소 소거능력을 갖는 것으로 나타났다. 이는 수치만으로 염색한 견과 면에 있어서 FFC 첨가로 광조사에 의한 퇴색이 억제됐다¹³⁾는 보고와 일치하는 것으로 FFC를 매염제로 사용시 염색물의 퇴색을 방지할 수 있을 것으로 생각된다.

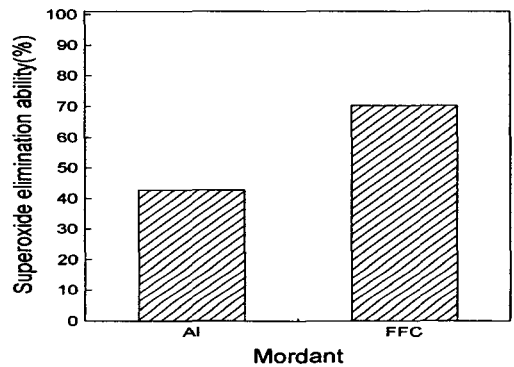


Fig. 5. Superoxide elimination ability according to the kinds of mordant.

3.3 염색성

다음은 키토콜라 처리전, 후에 따른 염색성 결과이다.

3.3.1 키토콜라 처리전 염액농도와 염색시간에 따른 염착농도

Fig. 6은 면직물에 계피 농축액을 이용한 염색시 적정조건을 설정하기 위해 미처리포에 염액농도 및 시간을 변화시켜 염착농도(K/S)에 미치는 영향을 알아보기 위해 측정하는 결과이다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 염액 농도 및 시간에 따른 K/S값은 염액 농도 및 시간이 증가함에 따라 증가하였다. 이는 Freundlich형 등온흡착곡선과 유사한 형태로 염액농도가 증가함에 따라 평형염착량이 증가하였기 때문이다. 이상의 결과로부터 자원과 에너지의 절약 차원에서, 면직물에 계피를 이용한 염색시 적정 염색조건은 염액농도 25%, 염색시간 40분, 염색온도 60°C가 바람직한 것으로 생각한다.

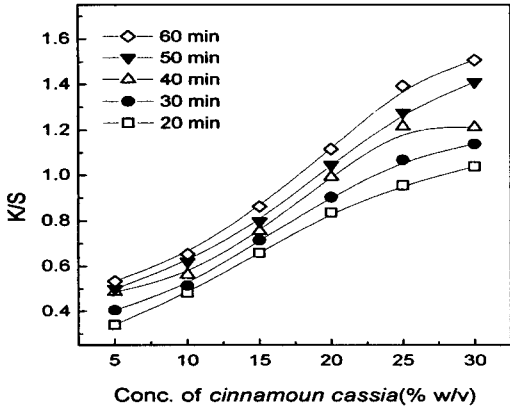


Fig. 6. K/S values by varying dyeing time and dyestuff concentration of cotton dyed with cinnamoun cassia in 60°C.

3.3.2 키토콜라 처리농도 및 염액농도에 따른 염착농도(K/S)

Fig. 7은 염색성 향상을 위해 면직물에 키토콜라 처리시 키토콜라 농도가 면직물의 염착농도(K/S)에 미치는 영향을 알아보기 위해 측정한 결과이다. 키토콜라 처리농도가 높아짐에 따라 염착농도(K/S)는 증가하였다. 한편, 키토콜라 5% 농도로 처리후 5% 염액 농도로 염색한 염착농도(K/S)는 미처리포에 25% 염액 농도로 염색한 것 보다 2배정도 높게 나타났다. 이는 키토콜라 처리에 의해 친수기인 -NH₂와 -COOH기 가 도입되어, 염색성이 크게 향상된 것이다.

이상의 결과로부터 면직물에 전처리시 키토콜라 농도는 5%로 염색적정조건은 염액농도 5%, 시간 40분, 온도 60°C이다.

3.4 키토콜라 처리전후 및 매염제의 종류에 따른 표면색 및 색차

Table 2는 미처리포와 키토콜라 처리포를 AI 및 FFC 매염제로 처리하여 색상변화를 측정 한 것이다. 매염제와 키토콜라처리가 색상에 미치는 영향을 다음과 같이 설정하여 비교검토 하였다.

- Lab : 미처리포의 염색후 측정값
- L*a*b* : 키토콜라 처리포의 염색후 측정값
- ΔE : 미처리포를 control로 하여 AI과 FFC로 매염후 비교해서 얻어지는 색상차
- ΔE* : 키토콜라 처리포를 control로 하여 AI과 FFC로 매염후 비교해서 얻어지는 색상차
- 미처리포의 Lab값을 매염제 AI과 FFC의 종류에 따

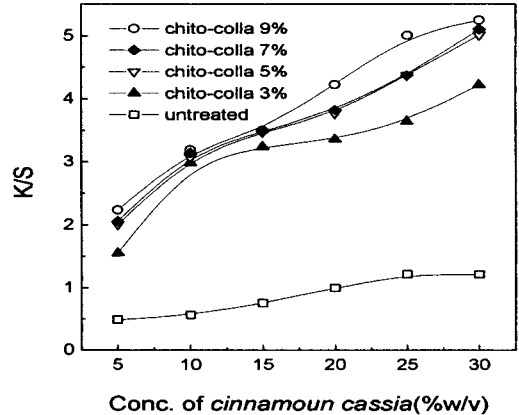


Fig. 7. K/S values by varying conc. chito-colla and conc. dyestuff of dyed cotton with cinnamoun cassia in 60°C, 40min.

라 비교한 결과, AI의 경우 색상에 큰 영향을 미치지 않아 ΔE값의 변화가 적은 반면, FFC의 경우 색상변화의 차이가 크게 나타났다. 또한 키토콜라 처리포의 L*a*b*값에서도 FFC의 경우 ΔE*값의 차이가 크게 나타났다. L값과 L*값은 약간의 차이를 보였는데, 미처리시 명도지수가 높아 bright하였으며, 키토콜라 처리에 의해 명도는 낮은 값을 나타내어 dark한 경향을 보였다. 색상은 키토콜라 처리전후에 관계없이 control과 AI 매염의 경우 모두 redish한 yellow 계열이며 FFC 매염시에는 모두 dark한 yellow 계열로 나타났다.

3.5 염색견뢰도

Table 3은 키토콜라 처리전후 및 매염제의 종류에 따른 염색견뢰도 측정결과이다. 키토콜라 처리전후 및 매염제의 종류에 관계없이 세탁견뢰도는 변퇴에서 3-4급 이상, 오염에서 변, 건 모두 5급으로 우수한 견뢰도를 보였다. 마찰견뢰도는 건습마찰시 4급 이상으로 견뢰도가 높게 나타났다. 땀견뢰도는 변퇴, 오염에서 4-5등급 이상으로 우수한 견뢰도를 나타냈다.

일광견뢰도는 AI 매염의 경우 키토콜라 처리전은 향상되지 않았으며, 키토콜라 처리후 1등급 정도의 향상을 보였는데, FFC 매염의 경우 미처리에 비해 키토콜라 처리전후 모두 2등급이상 향상하였다. 이는 선행연구^{11,12)}와 일치하는 경향으로 염화철(II)과 염화철(III)의 화합물인 FFC가 Fig. 5에 나타난 바와 같이 활성산소 억제능력이 우수하여 염색물이 일광에 의해 퇴색되는 것을 방지하였기 때문으로 생각된다. 따라서 천연염색시 FFC 후매염에 의해 효과적으로 일광견뢰도를 향상시킬 수 있으리라 생각된다.

Table 2. The surface color and color difference of cotton dyed with *Cinnamon casia*

Chito-Colla	Before treated							After treated						
	L	a	b	ΔE	H	V	C	L*	a*	b*	ΔE*	H	V	C
Control	70.5	6.3	19.8		7.96YR	6.89	3.41	66.2	8.8	23.6		7.35YR	6.45	4.21
Al	70.4	6.8	20.2	0.69	7.70YR	6.88	3.53	65.5	7.6	24.5	1.60	8.21YR	6.38	4.20
FFC	48.9	2.8	18.3	21.88	1.23Y	4.74	2.77	44.6	4.4	22.3	22.14	0.76Y	4.32	3.40

Table 3. color fastness to washing, rubbing, perspiration, light of cotton dyed with *Cinnamon casia*

Chito-Colla	Color Fastness Mordant	Washing		Rubbing		Perspiration						Light	
		Change in Color	Staining		Dry	Wet	acid			alkaline			
			silk	cotton			Change in Color	Staining		Change in Color	Staining		
								silk	cotton		silk		cotton
Before treated	Control	3-4	5	5	4-5	3-4	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4	2
	Al	4	5	5	4-5	4	5	4-5	5	4-5	5	5	2
	FFC	3-4	5	5	4-5	4	4-5	5	5	4-5	5	5	4
After treated	Control	3-4	5	5	4-5	3-4	5	4	4-5	4	4	4-5	1
	Al	3-4	5	5	4-5	4	4-5	4-5	5	4	5	5	2
	FFC	3-4	5	5	5	4	5	5	5	4-5	5	5	3

4. 결 론

본 연구에서는 천연염색시 면직물에 키토콜라 전처리 및 FFC로 후매염하여, 염색성 및 내일광성 향상을 위한 효과적인 방법을 찾고자 하였다. 이를 위하여 키토콜라 전처리시, 적정 조건을 설정하기 위하여 키토콜라의 처리농도에 따른 표면형태 및 백도, 강연도를 측정하여 적정 조건을 설정하였다. 또한, Al, FFC로 후매염하여 염착농도(K/S) 및 표면색을 비교하고 염색견뢰도를 확인하였다. 이상의 결과를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 키토콜라 처리시 농도변화에 따른 표면형태 및 백도, 강연도를 측정한 결과, 키토콜라의 적정 사용농도는 섬유표면에 균일하게 흡착되고 섬유의 뻣뻣함을 감소시킬 수 있는 처리농도 5%가 최적인 것으로 나타났다.
2. 계피 염색시 적정조건은 액비 1:60, 염색온도 60°C, 염색시간 40분, 염액 농도 25%이며, 키토콜라 처리시 염액 농도는 5%이며, 키토콜라 처리포의 염착농도는 미처리에 비해 크게 향상되었다.
3. FFC의 활성산소 소거능력은 약 70%로 FFC는 Al 매염제보다 높은 활성산소 소거능력이 있는 것으로 확인되었다.
4. 키토콜라 처리전후에 관계없이 control과 Al 매염

의 경우 모두 redish한 yellow 계열이며, FFC 매염 시에는 모두 dark한 yellow 계열로 나오는 것을 알 수 있다.

5. 염색견뢰도는 대부분 우수한 것으로 나타났고, 일광견뢰도는 FFC 매염제 사용시 미처리에 비해 2등급 이상 향상되었다. 따라서 면직물에 계피를 이용한 염색시 키토콜라 전처리 및 FFC 후매염에 의해 유연성, 염색성 및 내일광성 향상에 가능성이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 숙명여자대학교 2004년도 교내연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. K. J. Yong, I. H. Kim and S. W. Nam, Antibacterial and deodorization activities of cotton fabrics dyed with amur cork tree extracts, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **11**, 9-15(1999).
2. I. S. Shin, B. S. Yu, Dyeing of cotton knitted fabrics with volcanic ash(II) -The dyeability change according to cationic agent treatment, *Journal of Korean Home Economics Association*, **42**, 119-125(2004).

3. H. S. Ryu, S. J. Kim, Dyeing of cotton fabrics with loess using soybean milk - The compositions of loess deposited on the cotton fabrics, *J. Korean Soc. Cloting & Textiles*, **25**, 1770-1778(2001).
4. D. W. Jeon, J. J. Kim and So young Kang, The effect of chitosan treatment of fabrics on the natural dyeing using *Caesalpinia Sappan*(II), *The Research Journal of the Costume Culture*, **11**, 431-439(2003).
5. J. J. Lee, J. C. Mun, D. H. Kim, S. I. Eom and J. P. Kim, Tannin Treatment to Improve Lightfastness of Natural Dyes on Protein Fibers, *J. Korean Soc. Fiber*, **33**, 327-330(2000).
6. J. S. Shin, W. G. Son, Influence of Plasma Treatment & UV Absorbent on Lightfastness Improvement of Brazilin, *The Research Journal of the Costume Culture*, **11**, 66-74(2003).
7. S. M. Kim, W. S. Song, Antimicrobial Activity and Physical Properties of Acrylic Acid Grafted Nylon 6, *J. Korean Soc. Cloting & Textiles*, **24**, 686-695(2000).
8. I. R. Choi, Characteristics of chitosan-treated cotton fabric, *The Research Journal of the Costume Culture*, **5**, 151-158(1997).
9. S. M. Park, W. S. Song, Antimicrobial activity and physical properties of nylon fabric treated with mixture of chitosan & collagan, *J. Korean Soc. Cloting & Textiles*, **23**, 414-422(1999).
10. C. E. Baik, H. S. Ryu, Physical properties of PU coated fabric with collagen, *J. Korean Soc. Cloting & Textiles*, **23**, 800-808(1999).
11. 後藤博正, 飯吞昌弘, 村上和雄, 赤木和夫, Iron (II)iron(III)chloride 含有有機酸溶液の染色用助劑への検討(I), *加工技術*, **37**, 128-132(2002).
12. 後藤博正, 飯吞昌弘, 村上和雄, 赤木和夫, FFCを用いた染色法の検討(上), *加工技術*, **38**, 133-135(2003).
13. 後藤博正, 飯吞昌弘, 村上和雄, 赤木和夫, FFCを用いた染色法の検討(下), *加工技術*, **38**, 212-216(2003).