

안나토를 이용한 견직물의 염색성

한미란 · 조원주 · 이정숙[†]

경상대학교 의류학과

The Dyeability of Silk Fabrics with Annatto

Mi Ran Han, Won Joo Jo and Jeong Sook Lee[†]

Dept. of Clothing and Textiles, Gyeongsang National University, Jinju, Korea

(Received: May 16, 2008/Revised: June 19, 2008/Accepted: September 23, 2008)

Abstract— This study investigated the dyeing properties of silk fabrics with Annatto. The dye stuff was extracted by distilled water at 60°C, 10minutes, 1:100 of bath ratio. Dyeability(K/S) and color fastness of silk fabrics were tested under conditions of various concentrations, time, temperature, repeat-numbers of dyeing, pH, mordants variables and methods of mordanting. The highest absorbance was found in methanol extract of Annatto. The optimum dyeing concentration, time and temperature of silk fabrics with Annatto were 25%(o.w.f.), 60min and 60°C respectively. The K/S value showed higher in post-mordanting than in pre-mordanting, and especially post-Fe mordant showed highest K/S value. In the case of colorfastness, Cu-mordanted fabrics were good washing fastness. Dry cleaning fastness appeared 4-5 grades and light fastness showed lowest grade.

Keywords: Annatto, K/S value, mordant, fastness, natural dyeing

1. 서 론

안나토(Annatto extract, bixin)는 열대지방에서 재배되는 *Bixa orellana* L.의 종자(Annatto seed)에서 추출되는 카로티노이드계 천연색소이다. 안나토색소는 옛날 서양에서 버터, 마가린, 팝콘오일, 샐러드드레싱의 착색료로 사용되어 왔으며, 주요 성분은 유용성 빅신(bixin, C₂₅H₃₀O₄)이며 알칼리로 가수분해하면 노르빅신(norbixin, C₂₄H₂₈O₄)이라는 수용성이 만들어진다^{1,2)}. 그 구조는 Fig. 1과 같다. 원산지는 열대 아프리카 및 서인도제도이고, 주산지는 브라질, 에콰도르, 자메이카, 필리핀, 인도네시아, 인도, 케냐 등의 열대지역이다. 뿌리는 해열제로, 씨는 해열제나 위장병 약으로 쓰이기도 한다. 산화, 환원에 강하고 빛과 열에 약하나 염착력은 매우 강하다. 중앙아메리카의 마야 문명에서 염료로 사용한 기록이 있다³⁻⁵⁾.

천연염료는 황색과 갈색 계통이 많아서 다른 색의 염료식물보다 그 수효가 많고 가장 오랫동안 사용되어 왔다. 이러한 황색의 전통 천연염료에는 치자,

황련, 황벽, 울금, 괴화, 홍화, 신초, 팔배나무, 옷나무, 금잔화 등이 있지만⁶⁻⁸⁾, 밝고 선명한 주황계열의 색상은 얻기가 힘들다. 그러나 안나토는 카로티노이드계 색소로서 오렌지와 옐로우 계열의 염료를 얻을 수 있다⁹⁾. 최근 천연염료는 전통 염색 제품의 상품화 개발을 위한 산업계의 노력과 환경 문제에서 접근하는 천연 염색 방법에 관한 관심들이 높아지면서 천연 색소를 개발하려는 구체적인 노력들이 있었다¹⁰⁾. 천연염색 뿐만 아니라 식품이나 화장품 등에 천연색소를 사용하는 연구도 꾸준히 보고되고 있다¹¹⁾. 안나토는 식품의 착색료 쪽에만 사용했을 뿐, 천연염재로 사용하는 데는 거의 찾아볼 수가 없다.

따라서 본 연구의 목적은 천연염재로서 안나토의 이용 가능성을 확보하고, 안나토 염료의 최적조건을 얻는데 있다. 실험시 안나토 염료의 분광학적 특성을 검토하였으며, 견직물을 대상으로 염액농도, 염색시간, 염색온도, 반복염색횟수, 염액의 pH, 매염제 종류에 따른 염색성과 염색견뢰도를 검토하였다.

[†]Corresponding author. Tel.: +82-55-751-5985; Fax.: +82-55-753-9030; e-mail: jslee@gnu.ac.kr

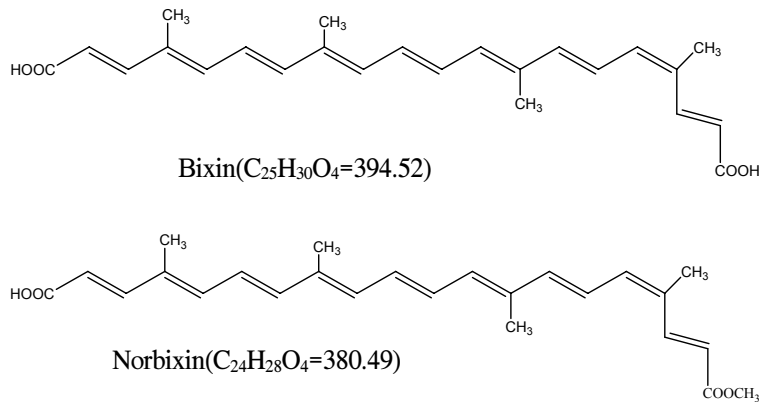


Fig. 1. Chemical structures of bixin and norbixin in Annatto.

2. 실험재료 및 실험방법

2.1 시료 및 시약

본 염색 실험에 사용된 시료는 시중에서 구입하여 사용하였으며 그 특성은 Table 1과 같다. 매염제로는 알루미늄 명반(aluminium potassium sulfate, AlK(SO₄)₂ · 12H₂O), 황산구리(copper sulfate, CuSO₄ · 5H₂O), 황산철(iron sulfate, FeSO₄ · 7H₂O)(이하 Al, Cu, Fe로 표기)을 사용하였고, 염료 추출용으로 석유에테르(petroleum ether, CH₃COCH₃), 메탄올(methyl alcohol, C₂H₅OH), 염액의 pH 조절용으로 시약 1급의 구연산(citric acid, C₆H₈O₇ · H₂O)과 탄산나트륨(sodium carbonate, Na₂CO₃)을 사용하였다.

2.2 염료

염료는 *Bixa orellana* L.의 씨앗껍질에서 색소를 추출하여 분말화한 시판용으로 나온 안나토(Saluton)를 그대로 사용하였다.

2.3 염액추출

분말상의 안나토 염료 15, 20, 25, 30%(o.w.f.), 옥비 1:100의 조건으로 60℃에서 10분 동안 증류수로 용해시킨 후 염액을 제조하였다.

2.4 염색

안나토 염액의 염색실험은 IR염색기(KSL-24 Perfect, Korea Science Co., Korea)를 사용하여 1:100의 옥비로

Table 1. Characteristics of fabrics

Fabric	Thickness (mm)	Weave	Density/ (threads/inch)		Weight (g/m ²)
			warp	weft	
Silk	0.19	plain	134	94	71

염료농도(10, 15, 20, 25, 30%(o.w.f.)), 염색시간(20, 40, 60, 80분), 염색온도(40, 50, 60, 70, 80℃), 반복염색횟수(1, 2, 3, 4회), pH(2, 5, 7, 9, 14) 등을 달리하여 염색하였다. 매염에 따른 염색은 매염제 3%(o.w.f.)의 Al, Cu, Fe를 사용하여 선매염(매염-건조-염색-수세-건조)과 후매염(염색-건조-매염-수세-건조)방법으로 60℃, 30분간 매염하고 60℃, 60분간 염색하였다.

2.5 자외·가시부 흡수 스펙트럼 측정

안나토 염액의 분광학적 특성을 알아보기 위하여 각 용매 100ml에 안나토 분말 1g을 교반하여 녹인 후, 이를 원액으로 하고 농도의 변화에 따라 희석하여 사용하였으며 추출액의 흡광도 변화를 190~780nm 파장범위에서 자외·가시부 분광광도계(UV-Vis Spectrophotometer, Lambda-900, Perkin Elmer)로 측정하였다.

2.6 표면염착농도(K/S)와 표면색 측정

Computer color matching system(UltraScan PRO, HunterLab)을 사용하여 염색된 각 시료에 대한 K/S값을 측정하고 Kubelka-Munk식에 의하여 산출하였다. 염색 직물의 표면색은 CLE-Lab에 의한 L*, a*, b* 값과 Munsell 표색계 변환법에서의 H V/C로 나타내었다.

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

(R: 표면반사율, K:흡광계수, S:산란계수)

2.7 염색견뢰도

세탁견뢰도는 KS K 0430 A-1에 준하여 Launder-O-meter(Yasuda Model 408, Japan)를 사용하였으며, 드라이클리닝견뢰도는 KS K ISO 105-D01에 준하여 퍼클로로에틸렌 용매를 사용하여 시험하였으며, 일광견뢰도는 KS K ISO 105-B02에 준하여 크세논아크 등광을 이용하여 Weather-O-meter(Atlas XC 2020, USA)로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 색소추출물의 흡수 스펙트럼 특성

Fig. 2는 안나토 염액의 흡수 스펙트럼을 조사한 결과이다. 안나토 염료를 증류수로 추출하였을 때는 흡수 피크가 453nm, 석유에테르용액 417nm, 메탄올이 448nm 파장에서 흡수 피크가 나타났다. 황색계 염료를 대표하는 황백, 치자, 울금에서 추출한 색소 용액의 최대흡수파장은 420nm, 440nm, 400nm에서 나타내었다고 보고된 바 있다¹²⁾. 안나토 염료도 카로티노이드계 색소 최대흡수파장의 범위로 나타났다¹³⁾.

3.2 염액농도에 따른 염색성

Fig. 3과 Table 2는 염액농도에 따른 염색성을 조사하기 위해 욕비 1:100, 염색온도 60°C, 염색시간 60분으로 고정시킨 후 염액농도를 10%, 15%, 20%, 25%, 30%(o.w.f.)로 변화시켜 염색한 결과이다. 염액농도가 25%까지는 염착량이 꾸준히 증가하다가 그 이상의 농도에서는 염착량의 증가가 크게 일어나지 않았다.

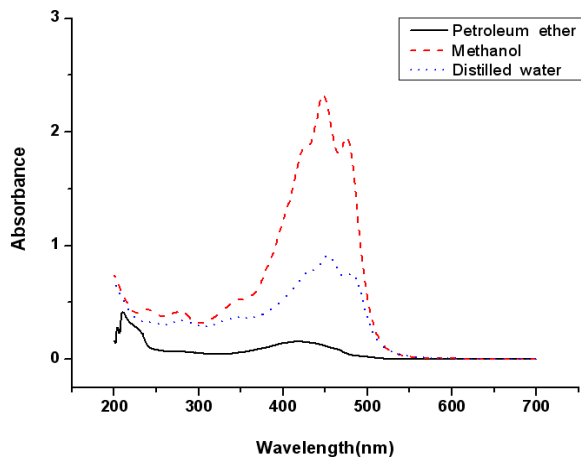


Fig. 2. UV-Vis spectra of Annatto colors extracted by petroleum ether, methanol and distilled water.

Table 2. Effect of Annatto concentration on the colorimetric values of dyed silk fabrics

Concentration (%)	L*	a*	b*	K/S
10	95.05	4.02	12.76	4.56
15	95.02	4.05	12.71	5.16
20	95.10	3.81	12.66	6.44
25	95.20	3.64	12.77	9.69
30	95.25	3.81	13.14	10.13

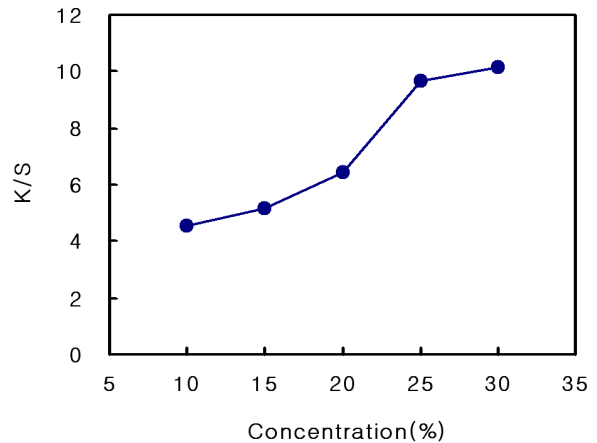


Fig. 3. Effect of concentration on the dyeing of silk fabrics with Annatto.

CIE표색계에 의한 색특성을 Table 2에서 보면 L*값으로 나타내어지는 명도는 염액농도가 증가할수록 대체로 밝아졌으며 모든 염액농도에서 색방향 a*, b*는 +a*와 +b*를 나타내어 약간 적색이 가미된 황색을 나타내었다. 이와 같은 실험 결과로부터 적정 염액농도는 25%라는 것을 알 수 있었으므로 이후 실험에서는 안나토의 최적 염료 농도 25%(o.w.f.)로 고정하여 염색실험하였다.

3.3 염색시간에 따른 염색성

Fig. 4와 Table 3은 염색시간에 따른 염색성을 조사하기 위해 염색시간을 20분, 40분, 60분, 80분으로 변화시켜 욕비 1:100, 염액농도 25%(o.w.f.), 염색온도 60°C에서 염색한 결과이다. 염색시간이 증가할수록 염착량이 증가하다가 60분에서 가장 높게 나타났다. 그 이후에는 오히려 염착량이 떨어지는 것을 볼 수 있다.

CIE표색계에 의한 색특성을 Table 3에서 보면 L*값은 염색시간이 길어질수록 밝아졌으며 대체로 a*, b*값은 시간이 길어짐에 따라 꾸준히 증가하여 reddish하고 yellowish한 수치를 나타내고 있다. 이와 같은 실험 결과로부터 최적 염색시간은 최고의 염착량을 보인 60분으로 결정하였다.

3.4 염색온도에 따른 염색성

Fig. 5와 Table 4는 안나토 염색온도에 따른 염색성을 조사하기 위해 염색온도를 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C으로 변화시켜, 욕비 1:100, 염액농도 25%(o.w.f.)에서 60분간 염색한 결과이다. 40°C에서 50°C로 승온되었을 때 K/S 값이 2.5배의 염착량이 증가하여서 흡착이 많이 되는 것을 알 수 있었다. 60°C이상부터는 염료의 염착량이 미소하게 증가하지만 80°C이후에는

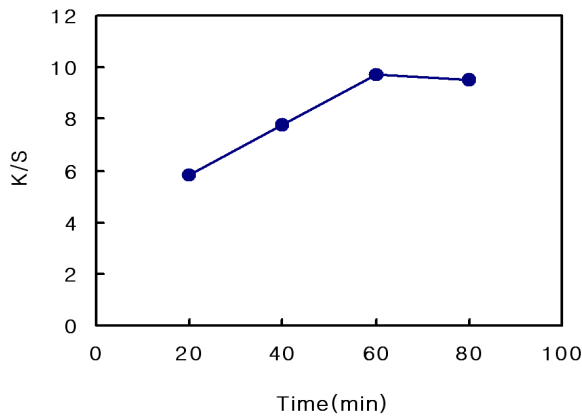


Fig. 4. Effect of time on the dyeing of silk fabrics with Annatto.

Table 3. Effect of dyeing time on colorimetric values of dyed silk fabrics

Time (min)	L*	a*	b*	K/S
20	94.98	3.70	12.57	5.82
40	95.09	3.76	12.76	7.77
60	95.20	3.64	12.77	9.69
80	95.20	3.77	12.95	9.53

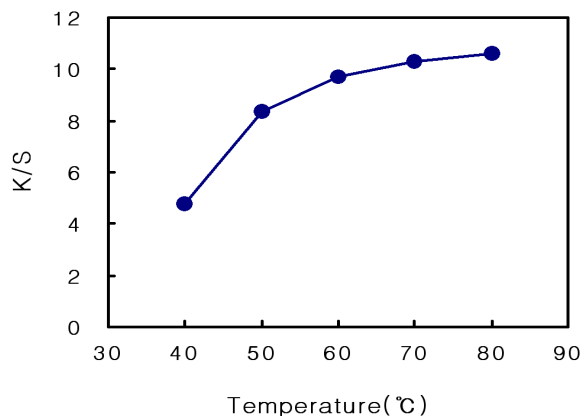


Fig. 5. Effect of temperature on the dyeing of silk fabrics with Annatto.

Table 4. Effect of dyeing temperature on colorimetric values of dyed silk fabrics

Temperature (°C)	L*	a*	b*	K/S
40	94.91	3.77	12.35	4.78
50	94.93	3.75	12.46	8.33
60	95.20	3.64	12.77	9.69
70	95.44	3.35	13.27	10.28
80	95.47	3.33	13.35	10.61

견포에 대한 염료의 염착량이 서서히 포화상태에 이르러 더 이상 염착이 되지 않는 상태를 나타낼 것으로 예측된다.

CIE표색계에 의한 색특성을 Table 4에서 보면 L*값은 온도가 증가할수록 높아지고 있으며, a*값은 감소하는 반면에 b*값은 증가하는 경향을 나타내어 yellowish한 수치를 보이고 있다. 이와 같은 실험 결과로부터 안나토 염료가 열에 불안정함을 감안하여 60°C를 전후한 염색이 안나토 염료의 색상을 유지하는데 적합한 온도로 생각되어 최적 염색온도는 60°C로 설정하였다.

3.5 반복염색횟수에 따른 염색성

Fig. 6과 Table 5는 반복염색횟수에 따른 염색성을 조사하기 위해 매염처리하지 않은 시료를 안나토 염액농도 25%(o.w.f.), 염색온도 60°C, 염색시간 60분의 조건에서 염색횟수를 4회 반복하여 염색한 결과이다. 염색횟수가 증가할수록 염착량이 증가하는 것을 볼 수 있으며 염색횟수 4회에서 염착량이 크게 증가함을 볼 수 있었다. CIE표색계에 의한 색특성을 Table 5에서 보면 L*값은 염색횟수가 반복될수록 어두워지고 있음을 알 수 있으며, 대체로 a*값은 증가하고 b*값은 감소하여 붉은 기미를 많이 나타내고 있다. 이와같은 실험 결과로부터 반복염색횟수에 따라 염착량은 증가하지만 염색포의 색상을 보아가며 반복염색횟수를 조절함이 효과적이라고 사료된다.

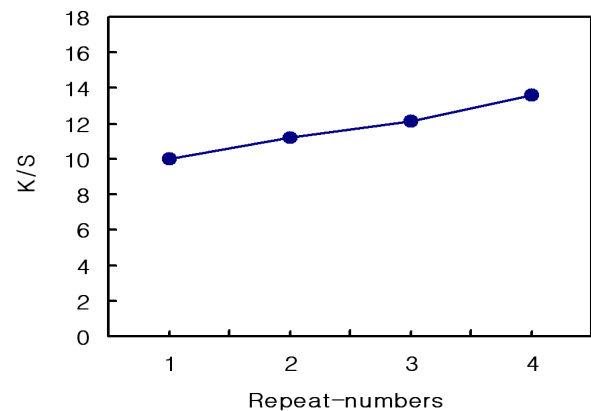


Fig. 6. Effect of repeat-numbers on the dyeing of silk fabrics with Annatto.

Table 5. Effect of repeat-numbers on colorimetric values of dyed silk fabrics

Repeat-numbers	L*	a*	b*	K/S
1	95.20	3.64	12.77	9.69
2	95.10	3.67	12.40	11.19
3	94.92	3.64	11.16	12.12
4	94.75	3.94	10.60	13.62

3.6 염액 pH에 따른 염색성

Fig. 7과 Table 6은 염액의 pH에 따른 안나토 염액의 견직물에 대한 염착성을 조사하기 위해 매염처리하지 않은 시료를 안나토 염액농도 25%(o.w.f.), 염색온도 60°C, 염색시간 60분의 조건에서 염액의 pH를 2~14로 변화시켜 염색한 결과를 나타내었는데 이때 증류수로 추출한 안나토 염액의 pH는 7.54를 나타내었다. Fig. 7에서 알 수 있듯이 pH 2에서 염착량이 가장 높았으며 pH 5부터는 염착량이 급격히 감소하여 염색이 이루어 지지 않고 있다. 빅신과 노르빅신이 주성분으로 알려진 안나토 색소는 산성 하에서 염착이 이루어지는 음이온성 염료와 같은 거동을 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서 견직물의 등전점(pH 3.8-4.0)부근에서 섬유 표면에 안정성이 큰 양이온의 양이 증가하여 견직물과 안나토 염료와의 친화력이 커져서 염착량이 증가하는 것이다.

CIE표색계에 의한 색특성을 Table 6에서 색상을 보면 2.5YR~5YR~7.5YR을 나타내어 pH가 낮아질수록 reddish하고 pH가 커질수록 yellowish한 색상이 나타났다.

3.7 매염제의 종류와 매염방법에 따른 염색성

안나토의 매염제 종류와 매염방법에 따른 견직물에 대한 염착성을 알아보기 위하여 매염제의 농도 3%(o.w.f), 욕비 1:50, 60°C에서 30분간 매염처리하였고 염색은 욕비 1:100, 염액농도 25%(o.w.f), 60°C에서 60분간 염색하였다. 매염제 종류와 매염방법에 따른 견직물에 대한 염착성과 매염제에 따른 표면색 변화는 Fig. 8과 Table 7에 나타내었다. Fig. 8에서 보면 매염방법에 따른 염색성은 후매염법이 선매염법보다 염착량이 높게 나타났다. 매염제에 따른 염색성은 선매염과 후매염 모두 Fe 매염에서 높은 염착량을 보였다.

Table 7에 나타난 바와 같이 명도는 무매염과 비교해 보았을 때 매염제 처리시 무매염보다 dark하게 나타났고, Al 매염에서 붉은 기미의 색상을 많이 나타내었다.

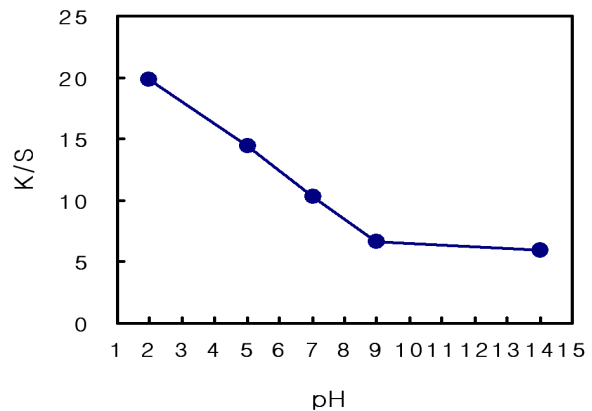


Fig. 7. Effect of pH of dyeing bath on the dyeability silk fabrics with Annatto.

Table 6. Effect of pH on colorimetric values of dyed silk fabrics

pH	L*	a*	b*	K/S	H	V/C
2	95.19	3.51	9.61	19.83	2.5YR	4.96/12.3
5	95.06	3.61	12.47	14.49	5YR	6.12/12.3
7	95.20	3.61	12.65	10.36	7.5YR	6.61/11.1
9	95.20	3.58	12.69	6.69	7.5YR	6.66/11.5
14	95.24	3.52	12.71	5.94	7.5YR	6.7/11.8

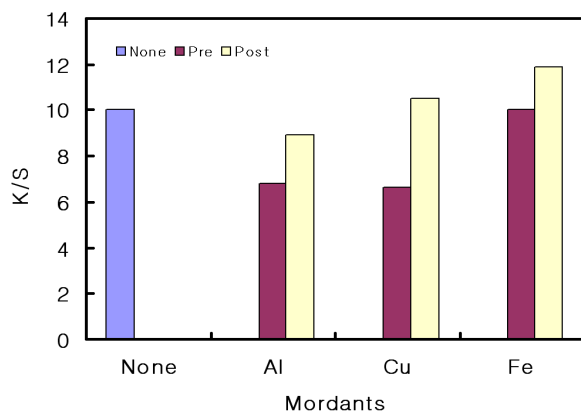


Fig. 8. Effect of mordanting methods on the dyeing of silk fabrics with Annatto.

Table 7. The changes of H V/C and L*, a*, b*, K/S value of silk dyed with Annatto by mordanting

Method	Mordants	L*	a*	b*	K/S	H	V/C
None	None	95.20	3.64	12.77	9.69	6.6YR	6.36/12.7
	Al	93.87	7.01	11.97	6.83	2.5YR	6.16/14.2
	Cu	93.99	4.75	11.35	6.62	7.5YR	5.86/9.8
	Fe	94.03	3.76	9.42	10.01	5YR	5.02/9.1
Pre	Al	94.02	6.32	11.34	8.94	2.5YR	5.8/13.8
	Cu	94.60	3.51	9.80	10.54	5YR	5.37/10.2
	Fe	94.18	3.95	9.69	11.90	5YR	4.95/9.4
	None	95.20	3.64	12.77	9.69	6.6YR	6.36/12.7

Table 8. Fastness of silk fabrics dyed with Annatto by various mordants

Fastness	Mordant		None	Al	Cu	Fe
	Fade		1	2	3	2
Washing	Stain	cotton	2	2-3	2-3	2-3
		silk	3	3-4	3	3
Dry cleaning	Fade		4-5	4-5	4-5	4-5
	Stain		4-5	4-5	4-5	4-5
	Light		2	2	1-2	1

따라서 안나토 염료의 장점은 밝고 선명한 주황색 계열의 색을 얻는데 있다고 사료되므로 무매염과 Al 매염제를 사용하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

3.8 염색견뢰도

Table 8은 매염제의 종류에 따라 후매염으로 염색한 견직물의 세탁견뢰도, 드라이클리닝견뢰도, 일광견뢰도의 측정 결과이다.

세탁견뢰도는 Cu 매염을 제외하고는 대체로 낮게 나타나 세탁후 변퇴색이 많이 일어난 것으로 볼 수 있다. 오염에 있어서는 견직물은 3등급에서 3-4등급인 것에 비해 면직물은 2등급에서 2-3등급으로 나타나 견직물 보다 면직물에서 오염이 더 잘되는 것을 알 수 있다.

드라이클리닝견뢰도는 4-5등급으로 매우 우수하게 나타나 안나토로 염색한 견직물을 관리시에는 드라이클리닝이 적합할 것으로 생각된다.

일광견뢰도는 무매염과 매염처리한 모든 염색포의 등급이 1등급에서 2등급으로 나타나 매염처리 유무에 관계없이 견뢰도가 좋지 않은 것으로 나타났다. 천연염료로 일광견뢰도가 낮은 단점을 개선하기 위하여 캐티온화, 콩즙, 키토산, 전처리에 의한 염색성 향상 및 탄닌, 플라즈마 및 자외선흡수제 처리, 키토콜라와 FFC 후매염 처리 등¹⁴⁾에 의한 일광견뢰도 향상에 대한 연구가 보고되고 있다. 따라서 안나토가 천연염료로 이용 가능성을 높이려면 다양한 후처리의 종류나 방법 등에 관한 기능을 강화시켜 일광견뢰도를 증진시키기 위한 보다 전문적이고 구체적인 후속 연구가 필요하다.

4. 결 론

본 연구에서는 안나토 천연염료를 사용하여 견직물에 염색을 실시하여 염액농도, 염색시간, 염색온도, 반복염색횟수, 염액의 pH, 그리고 매염제 종류에 따른 염

색성, 염색견뢰도의 특성을 고찰하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 안나토 색소용액의 최대흡수파장은 증류수 453nm, 석유 에테르 417nm, 메탄올에서 448nm로 나타나 카로티노이드계 색소임을 알 수 있었다.
2. 안나토를 이용한 견직물의 염색시 최적조건은 염료 농도 25%, 염색시간 60분, 염색온도 60°C로 나타났다.
3. 반복염색횟수에 따라 염착량은 증가하였고, 염액의 pH에 따른 염색성은 pH 2 부근에서 염착량이 가장 높았고, 알칼리측으로 갈수록 염착량이 낮아졌다.
4. 매염방법은 선매염보다 후매염에서 염색성이 더 좋게 나타났으며 매염제 처리에 따른 염색성에서는 선매염과 후매염 모두 Fe 매염에서 높은 염착량을 보였다.
5. 염색견뢰도는 세탁과 일광견뢰도에서는 염색포 모두 견뢰도가 좋지 않았고, 드라이클리닝견뢰도는 변퇴색과 오염 모두 4-5등급으로 우수하게 나타났다.

안나토를 이용한 견직물의 염색 특성은 주황색 계열의 선명한 색상을 얻는데 있다고 판단되었으며, 선명한 색상을 얻고자 한다면 무매염과 Al 매염제를 사용하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 또한 의류에 대한 천연염색 재료로서의 실용성을 높이기 위해서는 일광견뢰도를 보다 향상시킬 수 있는 후속 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 (사)한국여성공학기술인협회 2007 WATCH21 사업의 지원으로 수행한 연구임.

참고문헌

1. 문범수, "식품첨가물", 수화사, pp.163-164, 1999.
2. K. Balaswamy, P.G. Prabhakara Rao, A. Satya-

- narayana and D.G.Rao, Stability of bixin in annatto oleoresin and dye powder during storage, *LWT -Food Science and Technology*, **39**(8), 952-956 (2006).
3. B. Vespasiano Paiva Neto, N. Marcel Botelho, A. Rosane Aguiar, M. Eldo Silva, and C. Wagner Otoni, Somatic Embryogenesis from immature zygotic embryos of annatto (*Bixa orellana L.*), *Society for In Vitro Biology, Biol.—plant*, **39**, 629-634(2003).
 4. 송재철, 박현정, "식품첨가물", 지성출판사, pp.213-214, 1998.
 5. 두산백과사전 EnCyber & EnCyber.com.
 6. 봉필훈, 배순이, 천연염료의 색소분석에 관한 연구, *전주대학교 논문집*, **22**, 165-173(1993).
 7. 남성우, "천연염색의 이론과 실제", 보성문화사, pp.16-60, 2000.
 8. I. R. Choi, A Study of Color Difference on Fabrics Dyed with Yellow Natural Material, -by Natural Gardenia and Japanese Pagoda Tree-, *The Research Journal of the Costume Culture*, **10**(4), 433-440 (2002).
 9. A. O. Adetuyi, L. Lajide, A. V. Popoola, Effect of base media on the stability of annatto dye in industrial products, *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, **49**(6), 391-394(2006).
 10. K. S. Kim, A Study on Curcumin Colorant in Curcuma Longa, *Journal of Industrial Science and Technology*, **26**, 219-229(2001).
 11. H. H. Lee, M. S. Thesis, "A Study on the Dyeing and Fastness Properties of Cochineal on Protein Fibers", Seoul National University, Korea, 2000.
 12. B. H. Kim, Ph. D. Thesis, "The Dyeability and Antibacterial properties of some yellow Natural Dyes -Extracted from Amur cork tree, Gardenia and Turmeric-", Sook Myung Women's University, Korea, 1996.
 13. 조경래, "천연염료와 염색", 형설출판사, p.265, 2004.
 14. S. M. Lee, W. S. Song, Dyeability and color fastness to light of cotton fabric in natural dyeing -Pretreatment with Chito-Colla and FFC mordant-, *J. Korean Soc. Dyes & Finishers*, **16**(6), 23-29 (2004).