

염욕의 pH와 매염제의 변화에 따른 코치닐의 염색성 연구 I -면직물을 중심으로-

김경선 · 최인려^{†*} · 전동원 · 김종준

이화여자대학교 의류직물학과, 성신여자대학교 의류학과*

A Study on Cochineal Dyeing by Various Mordants and pH Conditions I -Treatment on Cotton Fabric-

Kyung-Sun Kim, In-Ryu Choi^{†*}, Dong-Won Jeon and Jong-Jun Kim

Dept. of Clothing and Textiles, Ewha Womans University

Dept. of Clothing and Textiles, SungShin Women's University*

(2004. 9. 7. 접수 : 2005. 3. 19. 채택)

Abstract

In this study, cotton fabric specimens were pre-mordanted using Sn, Al, Cu, Cr, and Fe, and subsequently dyed using cochineal, maintaining the pH of the dye bath constant using pH buffer solutions of 4, 5, 6, 7, and 8. In the cases of Al, Cr, and Sn mordanting, the dye-uptake was well accomplished in the acidic range of pH 4 and 5. However, the dye-uptake was not accomplished in the range over pH 6. In the cases of Cu and Fe mordanting, however, the pH value did not affect the dye-uptake and the dyeability in the alkaline range was not decreased remarkably. In the case of non-mordant, the dye-uptake was not accomplished at all, and the Cu and Fe mordanting gave rise to the best dyeability. In the cases of non-mordanting and Al, Cu mordanting, there was no change in the λ_{max} , and in the cases of Sn and Cr mordanting, the λ_{max} moved toward the shorter wavelength. In the case of Fe mordanting only, the λ_{max} moved gradually toward the longer wavelength, and due to the pH effect deep-dyeing effect was revealed.

Key words: cochineal(코치닐), mordanting(매염), λ_{max} (최대흡수파장), cotton(면).

I. 서 론

천연 동물성 염료인 코치닐은 선명한 붉은색으로 염색할 수 있을 뿐만 아니라 주색소 성분인 카르민 산은 오랫동안 사용되어져 왔기 때문에 인체에 안전성이 입증되어 그 수요가 크게 증가하고 있다. 최근 식용색소로 알려진 적색 2호, 황색 4호 등 합성염료

의 인체 유해성이 제기됨에 따라 섬유 염색뿐만 아니라 식품에까지 천연염료를 적용하고자 하는 노력이 시도되고 있다.

코치닐(학명: *Coccus cacti* L.)은 물, 알코올, 에테르 등에 잘 녹으며 pH 의존성이 매우 높아서 산이나 알칼리의 첨가에 의해서 색상이 변화하는 할로크로미즘(halochromism)현상을 나타낸다. 이러한 성질을 이용하여 기능성 색소로서의 응용이 가능하고 산성

[†] 교신저자 E-mail : ichoi@sungshin.ac.kr

에서는 주황색, 중성에서는 적색, 알칼리성에서는 자주색을 나타내는 것으로 알려져 있다. 코치닐은 히드록시기를 포함하는 안트라퀴논 유도체이므로 배위결합에 의한 매염염색이 가능하다.¹⁻³⁾

그 동안 코치닐 염료의 견섬유나 양모섬유에 대한 염색성 연구⁴⁻⁷⁾와 색소의 분광학적 특성에 대한 연구⁸⁾, 혼합염을 이용한 염색성 연구⁹⁾, 색소의 안정성에 대한 연구¹⁰⁾, 날염에 의한 효과 연구¹¹⁾, pH에 따른 염색성 연구^{12,13)} 등이 진행되어 왔다. 코치닐 염색은 대부분 동물성 섬유 염색에 한정되어 왔기 때문에 식물성 섬유나 합성섬유에 적용하고자 하는 노력으로 키토산을 도입하여 염착량 향상을 위한 연구도 최근 진행된 바 있다.¹⁴⁾ 염료의 염액 특성에 따른 색상 변화에 대한 비교와¹⁵⁻²⁰⁾ 분광학적 특성에 대해서는 비교적 소상히 연구되어 왔으나²¹⁻²³⁾ 염색포의 색상의 차이에 대해서는 뚜렷한 결과의 보고가 미미하다.

본 연구에서는 일차적으로 면직물에 대하여 pH 조건의 변화와 매염제의 도입에 따른 색상 다양화의 가능성을 타진하였다. pH가 서로 다른 완충용액

(buffer solution)을 제조하여 염욕으로 사용함으로써 이에 따른 염색성을 비교 분석하였다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

1) 시료

KS K 0905, JIS L 0803에 규정된 염색견뢰도 시험용 표준 백색 면포를 실험에 사용하였다. 시험포의 특성은 <Table 1>과 같다.

2) 염료

시판용 코치닐 염료를 (주)미광 인터내셔널에서 구입하여 사용하였다.

3) 매염제

본 실험에서 사용된 매염제는 다섯 가지로 모두 1급 시약(Duksan Pure Chemical Co., Ltd.)을 사용하였

- 1) 강소영, "키토산 처리 직물의 천연염색에 관한 연구 - Cochinal을 중심으로 -, "(이화여자대학교 대학원 석사학위논문, 2001).
- 2) 전택진, "금속 매염제와 혼합염색을 이용한 천연 염료의 색상 다양화에 관한 연구," (단국대학교 대학원 석사학위논문, 2000).
- 3) 김은경, 장지혜, "코치닐 날염에 의한 면·긴직물의 염색성," *생활과학회지* 6권 (2003), pp. 233-243.
- 4) 조경래, "천연염료에 관한 연구(11) -코치닐 색소의 양모섬유 염색성," *한국염색가공학회지* 36권 4호 (1999), pp. 39-49.
- 5) 주영주, 소황옥, "코치닐의 염색성에 관한 연구," *한국염색가공학회지* 10권 1호 (1998), pp. 11-19.
- 6) 한명희, "코치닐 추출물에 의한 견섬유 염색," *한국염색가공학회지* 12권 2호 (2000), pp. 51-59.
- 7) 이효향, "동물성 섬유에 대한 코치닐의 염색성과 견뢰도에 관한 연구," (서울대학교 대학원 석사학위논문, 2000).
- 8) 김현주, "코치닐 색소의 분광학적 특성과 양모섬유 염색성에 관한 연구," (신라대학교 대학원 석사학위논문, 1999).
- 9) 전택진, *Op. cit.*, (2000).
- 10) 양동수, 김인환, "천연색소 코치닐의 개발과 안전성," *한국식품위생안전성학회지* 9권 2호 (1994), pp. 41-49.
- 11) 김은경, 장지혜, *Op. cit.*, (2003), pp. 233-243.
- 12) 이효향, *Op. cit.*, (2000).
- 13) 김현주, *Op. cit.*, (1999).
- 14) 강소영, *Op. cit.*, (2001).
- 15) 조경래, *염색이론과 실험* (서울: 형설출판사, 1991), pp. 215-224.
- 16) 조경래, *천연염료의 염색* (서울:형설출판사, 2000), pp. 105-106, 153-154, 180, 194, 201, 268.
- 17) 강인순, 송화순, 유효선, 이성숙, 정혜원, *염색의 이해* (서울: 교문사, 2001), pp. 12-30.
- 18) 김성훈, 임용진 편저, *기능성 색소* (대구: 경북대학교 출판부, 1994), pp. 195-196.
- 19) 김학성 편저, *디자인을 위한 색채* (서울: 조형사, 2001), pp. 18, 46-48, 64-73.
- 20) 이사우, 홍영기, 이문수, 배기서, 이정민, "CIE 색분류법에 의한 Color CRT의 응용(II)," *한국섬유공학회지* 32권 12호 (1995), pp. 1197-1204.
- 21) 조경래, *Op. cit.*, (1999), pp. 39-49.
- 22) 이효향, *Op. cit.*, (2000).
- 23) 김현주, *Op. cit.*, (1999).

〈Table 1〉 Characteristics of fabrics

Fabric	Weave	Yarn count		Density (threads/cm)		Weight (g/m ²)	Surface color		
		Warp	Weft	Warp	Weft		H	V	C
Cotton	Plain	20tex	16tex	141	135	102±5g/m ²	5.1Y	9.4	0.1

〈Table 2〉 Chemical structure and name of mordanting agent

Mordanting agent	Chemical name	Chemical structure
Sn	Tin(II) chloride dihydrate	SnCl ₂ · 2H ₂ O
Al	Aluminum potassium sulfate	AlK(SO ₄) ₂ · 12H ₂ O
Cu	Copper(II) sulfate pentahydrate	CuSO ₄ · 5H ₂ O
Cr	Chromium(III) nitrate enneahydrate	Cr(NO ₃) ₃ · 9H ₂ O
Fe	Iron(III) chloride	FeCl ₃ · 6H ₂ O

다.(Table 2)

4) pH 조절 시약

염색의 pH 조절을 위해 모두 1급 시약 (Duksan Pure Chemical Co., Ltd.)을 사용하였다.

- Acetic acid, glacial(CH₃COOH),
- Sodium acetate trihydrate(CH₃COONa · 3H₂O),
- Sodium phosphate, dibasic (Na₂HPO₄ · 12H₂O),
- Sodium phosphate, monobasic(NaH₂PO₄ · 2H₂O).

5) 염색용수

실험에 사용된 염색용수는 모두 탈이온수를 사용하였다.

2. 실험방법

1) pH 완충용액 제조

시판 제1급 시약인 초산(CH₃COOH), 초산나트륨(CH₃COONa · 3H₂O), 인산나트륨(Na₂HPO₄ · 12H₂O), (NaH₂PO₄ · 2H₂O)과 탈이온수를 사용하여 0.1M 농도의 pH 4, 5, 6, 7, 8의 완충용액을 제조하였다.

2) 매 염

욕비 1:50에 해당하는 탈이온수를 넣고 30℃가 되도록 서서히 가열하였다. 여기에 매염제 Sn, Cu, Cr, Fe는 각각 2%(o.w.f.), Al은 5%(o.w.f.)가 되도록 취가

하고 용해시킨 후 다시 서서히 가열하여 40℃로 승온시킨 후 시험포를 넣었다. 60℃로 승온시켜 이 시점에서 60분간 매염하고 매염욕이 30℃로 냉각되었을 때 건져서 상온에서 건조시켰다.(Table 3)

3) 염 색

욕비 1:75가 되도록 pH 완충용액을 넣고 30℃로 승온시킨 후 코치닐 2%(o.w.f.)를 넣어 완전히 용해시켰다. 이를 가열시켜 40℃가 되었을 때 선배염한 시험포를 넣고 60℃까지 승온시켜 이 시점에서 60분간 염색하였다. 염색이 완료되면 상온에 방치하여 염욕이 30℃로 냉각되었을 때 건져 하룻 동안 건조시켰다. 건조된 시험포는 다시 탈이온수로 3회 수세하여 자연 건조시켰다.(Table 4)

〈Table 3〉 Pre-mordanting condition

Fabric	Mordanting conc. (% o.w.f.)	Bath ratio	Temp. (°C)	Time (min)
Cotton	Sn, Cu, Cr, Fe	2	1:50	60
	Al	5		

〈Table 4〉 Dyeing condition

Fabric	Dye conc. (% o.w.f.)	Temp. (°C)	Bath ratio	Time (min)	pH buffer solution
Cotton	2	60	1:75	60	4, 5, 6, 7, 8

3. 측정

1) 분광반사율과 색 측정

Computer Color Matching System을 사용하여 2°관찰자와 D65광원으로 고정하여 원포와 매염포의 X, Y, Z값을 측정하고 후 Hunter 표색법에 의한 L*, a*, b* 값으로 변환하여 구하였다.

분광광도계(Minolta 800i)를 이용하여 2°관찰자와 C광원으로 고정하여 X, Y, Z값을 구한 후 표색계 변환식에 의하여 색의 삼축상치에 따른 Munsell 표색계에 의한 H V/C값을 측정하였다.

2) 염착농도 측정

Computer Color Matching System으로 측정된 각 흡수파장에 따른 염착농도 K/S 값을 측정하였고, 최대흡수파장에 따른 시료간의 인착농도와 시료에 따른 최대흡수파장을 구하였다.

염착농도(K/S)는 염색직물의 최대흡수파장에서 표면반사율을 측정하여 Kubelka-Munk식에 따라 산출되며 그 함수식은 다음과 같다.

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

K : Absorbance coefficient of dyed material

S : Scattering coefficient of dyed material

R : Reflectance

III. 실험결과 및 고찰

1. 색의 3축상치 H V/C와 KS A 0011에 따른 물체색 이름에 의한 색상분석

〈Table 5〉에 제시된 H V/C 측정치로부터 염색포의 색상을 살펴보면 대부분의 매염에서 RP와 R로 측정되고 있으나, Fe 매염에서는 P로 측정되었다. Al, Cr, Sn 매염에서는 pH 4와 5에서 채도가 높은 순수한 색상을 보이고 있지만, pH 6 이상에서는 대체로 낮은 채도와 높은 명도로 나타나고 있어 6 이상의 pH에서는 거의 염착이 되지 않고 있음을 알 수 있다. 그러나 무매염과 Cu, Fe 매염에서는 pH의 변화에 따른 채도의 변화가 거의 없다. 따라서 Al, Cr, Sn 매염에서는 pH 조건의 변화에 따른 영향을 받고 있으나 무매염과 Cr, Fe 매염에서는 pH 변화의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

먼셀의 표색계에 의한 H V/C 측정치로 살펴본 각 염색포의 염색 특징은 다음과 같다.

〈Table 5〉 H V/C values and object color name of cotton fabrics dyed with cochineal according to KS A 0011

Cotton	None	Sn	Al	Cu	Cr	Fe
Control	5.1Y 9.4/0.1 white					
pH 4	8.0R 8.6/1.7 reddish gray	7.9RP 7.4/6.5 very pale purplish red	3.0RP 6.8/6.2 dull red purple	0.5RP 7.9/3.8 light grayish purple	2.7RP 7.8/3.5 light grayish red purple	9.4P 6.3/1.9 purplish gray
pH 5	5.1R 8.8/1.6 light reddish white	6.8RP 7.9/4.9 pale red purple	6.8R 7.9/4.9 pale red purple	0.3RP 6.9/5.0 pale reddish purple	1.8RP 8.2/3.5 light grayish purple	2.6RP 6.3/2.8 grayish red purple
pH 6	4.8RP 8.5/1.9 very pale red purple	3.1R 8.9/1.7 reddish white	3.1R 8.9/1.7 reddish white	0.5RP 6.7/5.2 dull reddish purple	5.2R 8.9/1.1 reddish white	5.5P 6.0/3.6 grayish purple
pH 7	6.7RP 8.5/1.5 reddish white	2.9R 8.9/1.8 reddish white	2.9R 8.9/1.8 reddish white	0.4RP 7.2/4.9 pale reddish purple	3.3R 8.9/1.3 reddish white	5.4P 6.3/3.0 grayish purple
pH 8	2.8RP 8.5/1.6 reddish white	1.3R 8.9/1.8 reddish white	1.3R 8.9/1.8 reddish white	0.9RP 6.9/5.5 pale reddish purple	5.5R 8.9/1.2 reddish white	6.3P 6.0/3.6 grayish purple

색상(Hue)에 있어서는 산성영역인 pH 4, 5에서는 자주(RP)나 보라(P)계열로 발현되었고 pH 6, 7, 8 영역에서는 보라(P)나 흰색으로 발현되었다.

명도(Value)에 있어서 Fe 매염에서만 6.0 전후의 명도를 유지하고 있고 여타의 매염에서는 대부분 8 전후의 고명도를 유지하고 있다. 명도가 높다는 것은 색의 어둡고 밝은 정도로서 농담과 관련이 있고 이는 염착량과 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다. 따라서 전체적으로 염착량이 매우 미미한 것으로 판단된다.

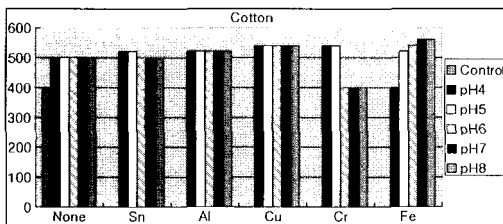
채도(Chroma) 측정치를 비교해 보면, Sn, Al, Cr 매염의 경우 산성영역에서는 상대적으로 높은 채도도와 채도를 보이고 있어 가장 염착이 잘 이루어지고 있다.

2. 염색포의 λ_{max} 와 K/S 값에 따른 염색특성 분석

<Table 6>과 <Fig. 1>에 제시된 염색포의 pH 변화에 따른 최대흡수파장의 범위는 520~560nm로서 흡수 파장의 보색인 자적색(RP)과 자색(P)이 표면색으로 나타나고 있다.

<Table 6> λ_{max} values of Cotton fabrics dyed with cochineal according to the variation of pH value and mordant

Mordants	Control	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
None	400	500	500	500	500	500
Sn		520	520	500	500	500
Al		520	520	520	520	520
Cu		540	540	540	540	540
Cr		540	540	400	400	400
Fe		400	520	540	560	560



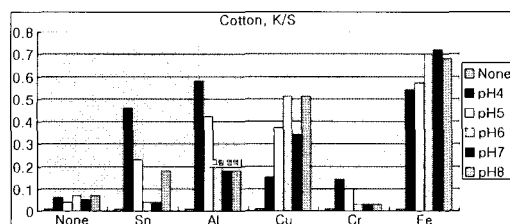
<Fig. 1> Changes in λ_{max} values of cotton fabric according to various mordant dyed with cochineal.

로 나타나고 있다. 무매염에서는 pH에 관계없이 동일한 500nm에 해당하는 자적색 계열로 발현되고 있다. Sn 매염에서는 pH 4와 5에서는 520nm로 이동하여 약간 자적색 쪽으로 이동됨을 알 수 있다. pH 6, 7, 8에서는 500nm로서 흡수파장의 변화가 없다. Al 매염과 Cu 매염에서는 pH에 관계없이 최대흡수파장이 각각 520nm와 540nm로 나타나고 있다. Cr 매염에서는 pH 4와 5에서는 540nm로 녹색광이 흡수되고 적자색 파장이 반사되어 표면색으로 나타나고 있다. 반면 pH 6, 7, 8에서는 400nm로 미염색 원포와 동일한 흡수대를 보이고 있어 최대흡수파장의 변화가 없다. Fe 매염에서는 pH 4에서는 400nm이나 pH 5에서 pH 6, 7로 변화됨에 따라 520nm에서 560nm까지 변화되고 있다. 즉 최대흡수파장이 장파장 쪽으로 이동하여 자적색에서 자색으로 이동함을 알 수 있다.

<Table 7>과 <Fig. 2>에 제시된 염색포의 520nm 흡수파장에서의 염착농도 K/S 값을 살펴보면 매염제에 따라 차이를 보이고 있다. 무매염에서는 0.07 이하로서 거의 염착이 이루어지지 않고 있다. Fe 매염에서는 pH 6, 7, 8에서의 염착량이 pH 4, 5에서보다

<Table 7> K/S values of cotton fabrics dyed with cochineal on 520nm of λ_{max} value

Mordants	Control	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
None	0.01	0.06	0.04	0.07	0.05	0.07
Sn		0.46	0.25	0.04	0.04	0.04
Al		0.58	0.42	0.23	0.18	0.18
Cu		0.15	0.37	0.51	0.34	0.51
Cr		0.15	0.11	0.03	0.03	0.03
Fe		0.54	0.57	0.70	0.72	0.68



<Fig. 2> Changes in the K/S values of cotton dyed with cochineal at various pH and mordants.

약간 높고, Al 매염에서는 pH의 상승에 따라 점차 염착량이 감소하는 경향을 보이고 있다. Cu 매염에서는 염착량이 pH 6과 8에서 선택적으로 상승하고 있다. Sn, Cr 매염에서는 pH 6 이상에는 0.03 정도로 급격히 저하되고 있다. 전체적인 경향을 살펴보면 무매염에서는 거의 염착이 이루어지지 않았고, Sn, Cr, Al 매염에서는 pH 4의 산성영역에서는 염색이 원활하나 pH 6 이상에서는 현저한 감소를 보이고 있다. Cu, Fe 매염에서는 모든 pH 범위에서 비슷한 염착농도를 보이고 있어서 pH의 영향을 받지 않고 염착이 이루어짐을 알 수 있다.

3. Hunter 표색법에 따른 L*, a*, b* 값과 ΔE에 의한 색차 측정 분석

〈Table 8〉과 〈Fig. 3〉에서는 Hunter 표색법에 의한 명도지수인 L*값과 Reddish(+)와 Greenish(-)를 나타내는 a*값, Bluish(-)와 Yellowish(+)를 나타내는 b*값을 제시함과 동시에 원포에 대한 색상변화의 정도를 나타내는 ΔE 값을 도입하여 그 결과를 서로 비교하였다.

색차인 ΔE 값을 살펴보면, 전체 시료 중에서 pH 6, 7, 8에 해당하는 Fe 매염에서 가장 큰 값을 나타내고 있다. 또한 명도지수인 L*값도 30 정도가 저하되어 다른 염색포 들에 비해서 가장 큰 명도의 저하가 이루어지고 있다. a*값은 8 정도가 증가되어 reddish해지고 있으나 b*값은 10 정도가 저하되어 bluish한 성격이 크게 증가됨을 알 수 있다. Cu와 Fe 매염에서는 전체 염색포들 중에서 b*값이 크게 낮아지고 있어 bluish한 성격이 크게 발현되고 있다.

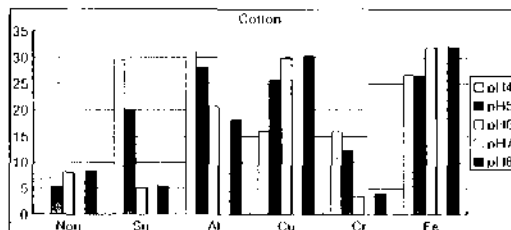
무매염에서는 pH의 상승에 따른 일정한 색차의 규칙성을 발견하기 어렵다. Sn, Al, Cr 매염에서는 산성 영역에서는 ΔE 값이 크게 나타나고 있으나 염기성 영역으로 변화되면서 ΔE 값이 현저히 감소되고 있다. Cu, Fe 매염에서는 오히려 pH가 상승함에 따라 ΔE 값이 커지는 경향을 보이고 있어 반대현상이 나타나고 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 pH buffer solution 4, 5, 6, 7, 8을 사용하여 염욕의 pH를 일정하게 유지시키면서 번직물

〈Table 8〉 L*, a*, b* values of cotton fabrics dyed with cochineal

	None	Sn	Al	Cu	Cr	Fe	
Control	L*	94.56					
	a*	-0.14					
	b*	1.46					
pH 4	L*	88.74	77.38	71.65	82.59	81.97	68.43
	a*	3.74	24.09	20.69	9.08	9.19	4.86
	b*	1.01	1.72	-6.16	-3.79	-1.52	-0.43
	ΔE	7.01	29.71	31.89	16.00	15.95	26.68
pH 5	L*	91.31	82.52	76.67	74.42	85.29	69.65
	a*	3.81	15.97	20.95	13.70	7.22	8.82
	b*	2.75	0.61	-3.97	-6.68	-1.97	2.34
	ΔE	5.28	20.14	28.19	25.76	12.33	26.49
pH 6	L*	87.91	91.53	82.12	71.03	91.69	65.28
	a*	4.31	3.73	16.08	15.76	1.55	8.32
	b*	0.34	2.20	-1.02	-7.78	1.98	-7.72
	ΔE	8.08	4.97	20.60	29.87	3.37	31.83
pH 7	L*	89.09	91.17	83.90	75.50	91.10	64.17
	a*	3.20	4.45	13.89	14.07	2.26	7.04
	b*	0.76	1.94	-1.78	-7.15	1.84	-8.95
	ΔE	6.45	5.73	17.92	25.29	4.24	32.92
pH 8	L*	87.14	91.30	83.73	71.62	91.00	65.32
	a*	3.20	4.12	14.04	17.20	1.86	8.40
	b*	-0.57	1.75	-1.58	-7.87	2.17	-8.35
	ΔE	8.39	5.37	18.10	30.24	4.15	32.00



〈Fig. 3〉 ΔE values of cotton dyed with cochineal according to changes of pH values and mordants.

을 Sn, Al, Cu, Cr, Fe로 선매염하여 코치닐로 염색하였다.

염색된 면직물에 대하여 색상을 중심으로 다양한 측정방법에 의해서 염색성을 비교분석하였다. 변색표색계에 의한 H V/C를 측정하고 이 측정치를 KS A 0011에 의거하여 물체색명으로 변환하여 제시하였다. 보다 정확한 색상 변화를 분석하기 위해 Hunter 표색법에 의한 L*, a*, b* 값을 측정하고 색차 ΔE 를 구하였다. Computer Color Matching System에 의해 최대흡수파장 λ_{max} 과 이에 따른 염착농도 K/S 값을 측정하였다. 이와 같이 코치닐의 염색성을 살펴볼 수 있는 다각적인 방법에 의한 접근법으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Al, Cr, Sn 매염의 경우 산성영역인 pH 4, 5에서는 염착이 용이하지만 pH 6 이상에서는 거의 염착이 이루어지지 않는다. 그러나 Cu, Fe 매염에서는 pH의 영향을 거의 받지 않으며 염기성 영역에서도 염착능이 현저히 저하되지 않는다.
2. 무매염에서는 거의 염착이 이루어지지 않으며 Cu, Fe 매염에서 염착능이 가장 우수한 것으로 평가된다.
3. 무매염과 Al, Cu 매염에서는 λ_{max} 변화가 없고 Sn, Cr 매염에서는 pH 6 이상에서 최대흡수파장이 단파장으로 이동하여 pH 7, 8에서는 변화가 없다. Fe 매염에서만 점차적으로 장파상 쪽으로 흡수대가 이동하며 pH의 영향을 받게 되어 심색효과가 나타났다.
4. Sn, Al, Cr 매염에서는 산성영역에서는 ΔE 값이 크게 나타나고 있으나 염기성영역으로 변화되면서 ΔE 값이 현저히 감소되고 있다. Cu, Fe 매염에서는 오히려 pH가 상승함에 따라 ΔE 값이 커지는 경향을 보이고 있어 반대현상이 나타나고 있다.
5. 철매염의 경우 pH 7에서 가장 큰 K/S 값이 나타나고 있다.
6. 매염제별로는 Fe→Cu→Al→Cr→무매염→Sn의 순으로 P→RP→R 민색색상환에서 시계방향으로 색상이 변화되고 있다.
7. 변색유에서 코치닐의 염착능이 크게 나타나지 않는 이유는 근본적으로 변색유를 구성하는 cellulose 분자쇄가 하전을 띄우기 어렵기 때문

이다. 코치닐 염료의 특성상 산성 염색보다는 염기성 염색에서 면섬유 분자쇄에 더욱 염착되기 어렵다.

참고문헌

- 강소영 (2001). "키토산 처리 직물의 천연염색에 관한 연구 - Cochineal을 중심으로 -" 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 강인순, 송화순, 유효선, 이정숙, 정혜원 (2001). *염색의 이해*. 서울: 교문사.
- 김성훈, 임용진 편저 (1994). *기능성 색소*. 대구: 경북대학교 출판부.
- 김은경, 장지혜 (2003). "코치닐 남염에 의한 면·견 직물의 염색성." *생활과학회지* 6권.
- 김학성 편저 (2001). *디자인을 위한 색채*. 서울: 조형사.
- 김현주 (1999). "코치닐 색소의 분광학적 특성과 양모섬유 염색성에 관한 연구." 부산여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 양동수, 김일환 (1994). "천연색소 코치닐의 개발과 안전성." *한국식품위생안전성학회지* 9권 2호.
- 이시우, 홍영기, 이문수, 배기서, 이정민 (1995). "CIE 색분류법에 의한 Color CRT의 응용(II)." *한국섬유공학회지* 32권 12호.
- 이효향 (2000). "동물성 섬유에 대한 코치닐의 염색성과 견뢰도에 관한 연구." 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 전택진 (2000). "금속 매염제와 혼합염색을 이용한 천연 염료의 색상 다양화에 관한 연구." 단국대학교 대학원 석사학위논문.
- 조경래 (1991). *염색이론과 실험*. 서울: 형설출판사.
- 조경래 (1999). "천연염료에 관한 연구(11) -코치닐 색소의 양모섬유 염색성." *한국염색가공학회지* 36권 4호.
- 조경래 (2000). *천연염료와 염색*. 서울: 형설출판사.
- 주영주, 소황옥, (1998). "코치닐의 염색성에 관한 연구." *한국염색가공학회지* 10권 1호.
- 한명희 (2000). "코치닐 추출물에 의한 직섬유 염색." *한국염색가공학회지* 12권 2호.

Appendix. Color arrangement of the cotton fabrics dyed with cochineal, various mordants and pH.

Mordants	Cotton					
	pH4	pH5	pH6	pH7	pH8	
None						
Sn						
Al						
Ca						
Cr						
Fe						