한국의류산업학회지
제13권 제2호, 2011
<연구논문>

J. Kor. Soc. Cloth. Ind.
Vol. 13, No. 2, pp.263-268(2011)

천연인디고를 이용한 셀룰로오스계 직물 염색의 표준화 연구: 일단계 환원/염색에 의한 마직물 염색

손경희[1] · 신윤숙[1] · 류동일[2]
[1]전남대학교 의류학과/생활과학연구소
[2]전남대학교 고분자 · 섬유시스템공학과

Optimization of Cellulose Dyeing with Natural Indigo: Ramie dyeing by One-step Reduction/dyeing Process

Kyunghee Son[1], Younsook Shin[1], and Dong Il Yoo[2]
[1]*Dept. of Clothing & Textiles/Human Ecology Research Institute, Chonnam National University; Gwangju, Korea*
[2]*Dept. of Polymer and Fiber System Engineering, Chonnam National University; Gwangju, Korea*

Abstract : One-step reduction/dyeing method was applied for ramie dyeing with natural indigo powder. The effect of reduction/dyeing conditions including the pH of bath, dye temperature and time, and concentration of indigo powder and reduction agent on dye uptake and color properties were investigated. Regardless of addition of alkali, the dyed fabrics appeared in the PB Munsell color range(λ_{max}: 660 nm) and the dye uptake was much higher with no addition of sodium hydroxide. Dyeing was carried out through the use of only sodium hydrosulfite in the bath. The maximum dye uptake was obtained at 60 for 30min. Saturated dye uptake was obtained at 2 g/L of sodium hydrosulfite concentration up to 2 g/L of indigo powder. Whereas, at higher indigo powder concentration (4 g/L), more than 3 g/L of reducing agent concentration was required for obtaining the saturated dye uptake. Color reproducibility was reliable with color difference in the range of 0.03~0.16. Regardless of color strength, fastness to rubbing was acceptable with a 3/4~4/5. Fastness to washing, dry cleaning, and light of samples with low color strength were poor. Whereas, fastness to washing, dry cleaning, and light of samples with high color strength were very good.

Key words: Natural indigo, Ramie, Reduction/dyeing, Reproducibility, Colorfastness

1. 서 론

최근 웰빙과 로하스를 지향하는 소비트렌드의 변화로 다양한 산업분야에서 친환경상품에 대한 관심이 높아지고 있다(홍병숙 외, 2010). 특히 패션업계에서 천연섬유에 대한 천연염색의 활용은 친환경 이미지 이외에 약리효과와 은은한 자연색감에 관련한 부가가치를 부여하므로, 새로운 시장 개척과 천연자원의 활용 측면에서 다양한 천연염료의 연구 개발이 계속되고 있다(김상률, 2010).

델파이법을 이용한 천연염료 개발가치 평가 연구(유명님, 노의경, 2006)에서, 현재까지 사용되고 있는 천연염료들 중 쪽이 색상, 견뢰도, 기능성, 전통성 등의 측면에서 가장 개발가치가 있다고 제안하였으며, 실제 염색성, 상품성, 색상, 견뢰도 측면에서 모두 우수한 염료로 평가되었다. 쪽은 전통적인 기술을 보유한 우리나라 고유의 청색염료이다(조경래, 2007). 그러나 다른 염료와는 달리 인디고 염료제조 및 환원염색과정이 복잡하고 물리, 화학적인 외부환경에 영향을 많이 받아 정량화와 재현성이 힘들어 일반인들이 쉽게 접하기에는 다소 어려움이 있다(이종남, 2004). 이를 현대에 맞게 적용 발전시키기 위한 천연인디고 염색의 산업화와 표준화에 관련한 연구들이 많이 진행되어 왔는데, 대부분이 단백질계 섬유인 견(신윤숙 외, 2009a; 신윤숙 외, 2009b; 정인모 외, 1998)과 모(강지연, 유효선, 2001; 손경희 외, 2010)에 집중되어 있으며, 셀룰로오스계 섬유로는 면에 관련한 연구(김미경, 2010; 송성원, 조경래, 2008; 신윤숙 외, 2010)가 주를 이루고 있다. 쪽염료 분말을 환원하는데 포도당과 소석회를 사용하여 환원과 염색과정을 1단계로 다룰 때의 적정조건을 조사한 연구(신윤숙 외, 2009) 이외에는 마직물의 인디고염색의 현대화를 도모한 연구는 거의 없는 실정이다. 마직물은 통풍성이 월등하고 수분의 흡수와 발산속도가 빠르며 촉감이 깔깔하여 시원한 느낌을 주는 대표적인 여름용 옷감(김성련, 2000)으로 쪽염에 의한 남색은 마직물에 시원한 감성을 더할 것으로 생각된다.

Corresponding author; Younsook Shin
Tel. +82-62-530-1341, Fax. +82-62-530-1349
E-mail: yshin@chonnam.ac.kr

Table 1. Characteristics of the ramie fabric used

Weave	Density(w×f/inch^2)	Weight(g/m^2)	Thickness(mm)
Plain	60×46	118	0.32

본 연구에서는 선행연구로서 텐셀(신윤숙 외, 2008)과 면직물(신윤숙 외, 2010) 그리고 모직물(손경희 외, 2010)에 적용하였던 환원/염색 1단계 공정(one-step)이 마직물 염색에도 적용가능한 효율적인 방법인지를 알아보고자 하였다. 여기서 환원/염색 1단계 공정이란 인디고를 환원시킨 후 환원액에 직물을 침지하여 염색하는 두 과정을 따로 행하지 않고, 염욕에 직물을 처음부터 넣어 환원과정과 염색과정을 함께 행함을 의미한다. 이를 위하여 정량적인 방법으로 천연인디고 분말을 제조하고, 마직물에 환원과정과 염색과정을 1단계로 행하였다. 수산화나트륨 농도에 따른 알칼리의 영향을 살펴보았으며, 환원/염색 온도, 환원/염색 시간, 그리고 천연인디고 분말 및 환원제 농도에 따른 염착량과 색 특성을 측정하였다. 또한 반복염색의 효과, 색상재현성, 그리고 색의 농담에 따른 염색견뢰도를 평가하였다.

2. 실 험

2.1. 시료 및 시약

염색에 사용한 시료는 100% 마직물로, 그 특징은 Table 1과 같다. 쪽은 전라남도 나주에서 재배된 여뀌과에 속하는 *Polygonum tintorium*으로 8월 중순에 수확하여 사용하였다. 수산화칼슘($Ca(OH)_2$, Yakuri Pure Chemicals, Japan), 수산화나트륨(NaOH, Daejung Chemicals & Metals, Korea), 아이티온산나트륨($Na_2S_2O_4$, Yakuri Pure Chemicals, Japan), 그리고 아세트산(CH_3COOH, Daejung Chemicals & Metals, Korea)은 모두 1급 시약을 사용하였다.

2.2. 천연인디고 분말 제조 및 염색

생쪽의 줄기와 잎 40 kg을 함께 사용하여 액비 1:10으로 27°C에서 2.5일 동안 담궈 색소를 추출하였다. 색소 추출액에 $Ca(OH)_2$을 2 g/L 사용하여 색소를 침지시켜 니남을 만든 후 이를 50°C 오븐에서 완전히 건조하고 분쇄하여 670.8 g의 천연인디고 분말을 얻었다. 제조한 천연인디고 분말은 인디고와 함께 $Ca(OH)_2$을 함유한 것으로, HPLC(high performance liquid chromatography)를 통하여 얻은 인디고 함량은 15.2(w/w)%, 인디루빈 함량은 0.752(w/w)%였다(신윤숙 외, 2008).

환원/염색은 적외선고압염색기(Ahiba Nuance, Datacolor International, USA)를 사용하여 환원과정과 염색과정을 1단계(one-step)로 행하였다. NaOH 첨가(0~8 g/L)에 따른 염욕의 pH, 온도(30~80°C), 시간(5~80 min), 그리고 천연인디고 분말농도(0.5~12 g/L)와 $Na_2S_2O_4$ 농도(1~5 g/L)를 달리하여 액비 1:100으로 환원/염색하고 공기 중에서 15분 동안 산화 발색 후 수세, 건조하였다. NaOH를 함께 사용한 경우에는 산화, 발색 후 0.1% 아세트산 수용액으로 10분간 중화하고 수세, 건조하였다.

2.3. 염착량과 색 측정

염색한 직물은 색차계(Color-Eye 3100, Macbeth, USA)를 이용하여 D65광원, 10°시야 조건에서 피염물의 표면반사율을 측정하였으며. 최대흡수파장(λ_{max})의 K/S 값을 염착량으로 평가하였다. 색의 특성은 Munsell의 H V/C 값과 CIELAB 표색계에 의한 L^*, a^*, b^* 및 색차(ΔE^*)를 측정하였다.

2.4. 염색견뢰도 측정

세탁견뢰도는 세탁시험기(Launder-Ometer)를 사용하여 AATCC Test Method 61-1989 1A에 따라 측정하였으며, 세제는 표준세제 대신 시판 중성세제를 사용하였다. 드라이클리닝 견뢰도는 AATCC Test Method 132-1989에 따라 측정하였으며, 세탁 및 드라이클리닝 후 변퇴색 판정용 그레이 스케일과 오염 판정용 스케일을 사용하여 등급을 평가하였다. 일광견뢰도는 AATCC Test Method 16-2004 Optopn 3에 준하여 Xenon Test Chamber(Q-SUN, Xe-1-B, Q-Panel Lab Products, USA)를 사용하여 5, 10, 20, 40시간 광조사후 색차계를 이용하여 ΔE^*를 산출하였으며, 등급은 20시간 광조사 후의 ΔE^*값으로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

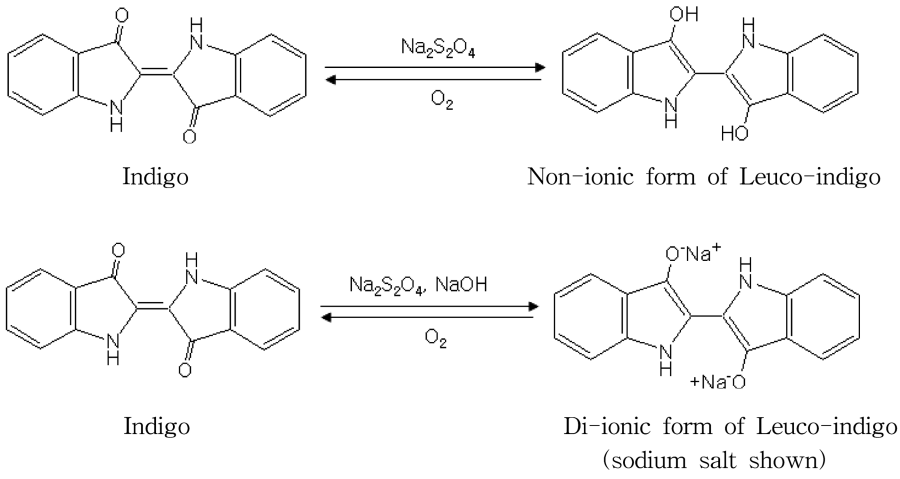
3.1. 알칼리 첨가유무에 따른 염색 특성

Table 2에 NaOH을 첨가하지 않은 경우와 NaOH를 함께 첨가한 염욕의 pH에 따른 염착량과 색특성을 나타내었으며, 색차(ΔE^*)는 염색하지 않은 시료를 기준으로 한 것이다. 천연인디고 분말과 $Na_2S_2O_4$ 농도를 동일하게 하였으며 NaOH를 첨가하지 않은 경우에는 환원/염색을 60°C에서 30분 동안 직물을 처음부터 넣어 1단계(one-step)로 행하였고, NaOH를 첨가한 경우에는 60°C에서 15분 동안 환원 후 직물을 넣어 상온(25°C)에서 15분 동안 염색하였다. 최대흡수파장은 알칼리 첨가유무에 상관없이 660 nm에서 나타났으며 이때의 K/S 값을 염착량으로 평가하였다. NaOH 첨가 없이 $Na_2S_2O_4$만 사용한 경우에는 염욕이 중성상태(pH 6.08)로 K/S 값이 15.20이나, NaOH 1.0 g/L를 첨가한 경우에는 염욕이 알칼리상태(pH 12.15)로 되면서 K/S 값이 5.22로 중성상태에 비하여 매우 낮게 나타났다. 이후 NaOH 농도 2 g/L에서는 염욕의 pH가 약간 더 증가 하면서 K/S값이 8.12까지 계속 상승하였으나, 이후 NaOH농도 4.0 g/L와 8.0 g/L에서는 K/S 값이 오히려 5.78까지 감소하였다. 즉 NaOH를 첨가하지 않은 중성조건(pH 6.08)에서 염색한 직물의 염착량이 NaOH를 첨가한 알칼리조건(pH12.15~12.64)에서 염색한 직물에 비해 약 2배 이상 높게 나타났음을 알 수 있다.

일반적으로 NaOH를 사용한 환원/염색에 쓰이는 용액의 색상은 노란색을 띄며, 상온에서도 노란색으로 가용되어 염색이 가

Table 2. K/S value and color properties according to the sodium hydroxide concentration(indigo powder 4 g/L, sodium hydrosulfite 4 g/L)

NaOH (g/L)	pH	K/S value (660 nm)	H V/C	a*	b*	ΔE*
0	6.08	15.20	5.0PB 2.4/3.7	-0.74	-15.97	61.67
1	12.15	5.22	5.1PB 4.4/6.6	-1.64	-25.53	44.06
2	12.17	8.12	5.1PB 3.8/6.2	-1.26	-24.96	49.72
4	12.46	7.18	5.0PB 4.0/6.3	-1.68	-24.73	47.51
8	12.64	5.78	5.1PB 4.2/6.3	-1.43	-24.82	45.80



Scheme 1. Structure of indigo and reduced indigo.

능하다. 반면, NaOH를 사용하지 않은 경우의 가용정도는 환원/염색 온도에 따라 달라진다. 상온에서는 환원이 잘 되지 않아 색상이 초록색을 띄며 염착량도 낮은 반면, 적정 온도(60°C)에서는 용액의 색상이 노란색을 띄며 염착량도 높게 나타나 섬유와의 친화력이 있음을 알 수 있다. 이로부터 $Na_2S_2O_4$만을 사용하는 경우 적정 환원/염색 조건에서의 가용성은 NaOH를 함께 사용하는 공정과 비교하여 큰 차이가 없다고 생각한다.

NaOH 사용유무에 따른 인디고의 류코-화합물 구조는 Scheme 1과 같다(Etters & Hou, 1991; Kunttou et al., 2005). NaOH를 첨가하지 않은 경우에는 염액 pH가 6.08로 비이온-류코화합물(HO-[indigo]-OH)의 형태로 존재하며, NaOH를 첨가한 경우의 염액은 pH 12.15~12.64로 이가 이온형태의 류코화합물($^-$O-[indigo]-O$^-$)로 존재한다. 즉, NaOH를 첨가하지 않은 중성 염욕에서는 인디고와 마섬유의 염착이 주로 수소결합에 의해 일어남을 알 수 있다. 한편, NaOH를 첨가한 알칼리 염욕에서는 마섬유가 이온화되어(cell-O$^-$) 이온형태의 인디고 류코화합물과 정전기적 반발력이 발생하므로 염착량이 더 낮게 나타난 것으로 생각된다.

염색된 직물의 Munsell 색상은 모두 5.0~5.1 PB로 알칼리 첨가에 따른 차이가 거의 없으며, 명도(V)와 채도(C)는 NaOH을 첨가하지 않은 시료가 더 높은 염착량으로 인해 더 낮은 값을 나타내었다. a*와 b*의 마이너스(-) 절대값은 알칼리 염욕에서 염색한 시료들이 더 큰 값을 지녀 녹색과 파랑기운 모두 더 강하게 나타났다.

이상의 염착량과 색상의 결과로부터, 천연인디고를 이용한 마직물의 염색에서 NaOH 첨가 없이 $Na_2S_2O_4$만 사용한 1단계 환원/염색은 유용한 방법으로 여겨지며, 이후 NaOH 첨가 없이 $Na_2S_2O_4$만 사용하여 환원/염색 조건에 따른 염색성을 조사하였다.

3.2. 환원/염색 조건에 따른 염착량과 색 특성

Fig. 1은 환원/염색온도에 따른 염착량의 변화이다. 30°C에서의 K/S 값은 8.14로 나타났으며, 환원/염색온도가 증가함에 따

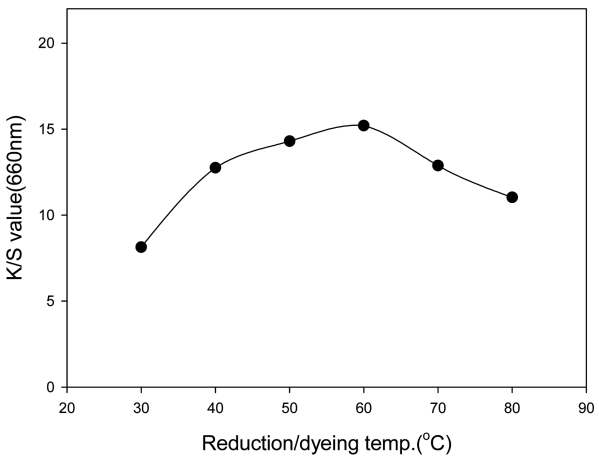


Fig. 1. Effect of reduction/dyeing temperature on the dye uptake(indigo powder 4 g/L, sodium hydrosulfite 4 g/L, 30min).

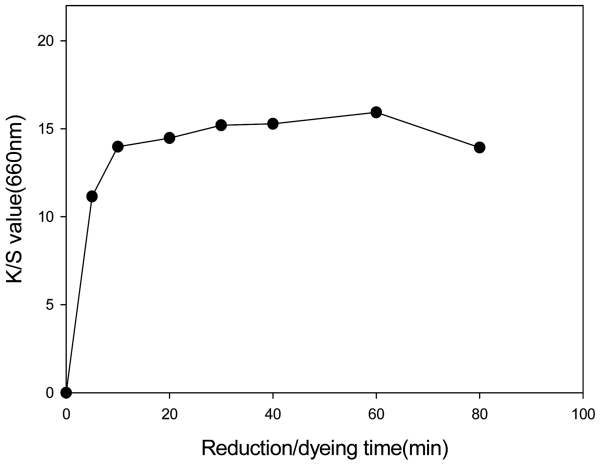


Fig. 2. Effect of reduction/dyeing time on the dye uptake(indigo powder 4 g/L, sodium hydrosulfite 4 g/L, 60°C).

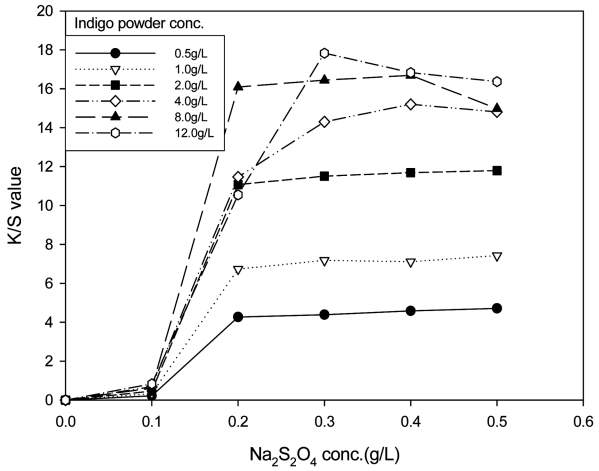


Fig. 3. Effect of sodium hydrosulfite concentration on the dye uptake (60°C, 30min).

라 염착량이 점차적으로 증가하여 60°C에서는 15.20로 가장 높은 염착량을 보였고, 이후 70°C 이상에서는 염착량이 계속 감소하였다. 일정온도 이상의 염색조건에서는 환원제의 불안정과 염료의 과환원 등이 염착량 감소의 원인으로 여겨진다(강지연, 유효선, 2001; 황은경 외, 1996; Blackburn et al., 2009). 30°C에서 환원/염색한 시료의 Munsell 색상은 4.4 PB, 40°C에서 환원/염색한 시료는 4.5 PB, 그리고 50, 60, 70, 80°C에서 환원/염색한 시료들은 각각 4.6, 4.9, 4.4, 4.2 PB 색상을 보였다. 이처럼 환원/염색온도에 따른 Munsell 색상은 4.2~4.9 PB 범위로 모두 PB계열인 남색(purple blue)이었으며, 최대염착량을 보인 60°C에서 가장 큰 PB 값을 지녀 보라(purple)기운이 더 강한 색상을 나타내었다. 이후 환원/염색은 60°C에서 행하였다.

Fig. 2는 환원/염색시간에 따른 염착량의 변화이다. 처음 10분까지는 급격히 증가하다가 이후 60분까지는 점진적으로 증가하였으나, 80분에서는 오히려 염착량이 감소하였다. 마섬유에 대한 인디고 염료의 흡착은 주로 염색초기에 이루어지는 것으로 생각된다. 쪽분말을 사용한 면직물의 2단계 염색에서 환원시간을 10~50분으로 변화시킨 환원액으로 같은 시간 염색을 행한 경우, 환원시간 30분까지는 염착량이 증가하였으나 그 이상에서는 염착량이 감소하여, 일정 시간 이상의 환원은 오히려 염착량의 효과를 감소시키는 것으로 보고되었다(김미경, 2010). 환원과 염색을 1단계로 행한 본 연구에서도 환원과 함께 염색이 이루어지므로 일정 환원/염색 시간 이상에서 오히려 염착량이 감소한 것으로 보인다. 염색한 직물의 Munsell 색상은 각각 4.6~4.9 PB 범위로 염색시간에 따른 색상에 큰 변화를 보이지 않았다. 이후 염착량 및 색상을 고려하여 환원/염색시간은 30분으로 하였다.

Fig. 3은 천연인디고 분말 및 환원제 농도에 따른 염착량의 변화이다. 인디고분말 농도에 상관없이 환원제 농도가 1 g/L인 경우에는 K/S 값이 0.22~0.83으로 매우 미미하여 거의 염색되지 않았다. 이는 $Na_2S_2O_4$ 농도가 낮아 충분한 환원이 이루어지지 않았기 때문으로 생각된다. 분말 농도 2 g/L까지는 $Na_2S_2O_4$ 농도 2 g/L에서 염착이 크게 증가하였으며 이후 $Na_2S_2O_4$ 농도 증가에 따른 염착량은 거의 변화를 보이지 않았다. 반면, 분말 농도 4 g/L 이상에서는 $Na_2S_2O_4$ 농도 3 g/L까지 염착량이 크게 증가하였으며, 이후 $Na_2S_2O_4$ 농도 증가에 따른 염착량은 작은 감소나 증가를 보였다. 이와 관련하여 같은 인디고분말 농도에서 환원제 농도가 최적의 상태보다 적으면 류코 화합물이 불안정하여 염착효율이 낮으며, 최적 환원제 농도보다 많으면 과환원이 원인이 되어 염료의 흡착량이 감소한다는 고찰이 있다(황은경 외, 1996). 각 천연인디고분말 농도에서 임계농도로 여겨지는 환원제 농도에서의 직물의 색 특성을

Table 3. Color properties according to the natural indigo powder concentration (60°C, 30min)

Indigo powder (g/L)	$Na_2S_2O_4$ (g/L)	H V/C	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0.5	2.0	3.2PB 4.3/4.9	44.74	-4.31	-19.08	50.00
1.0	2.0	3.2PB 3.4/4.6	35.59	-3.93	-19.20	57.60
2.0	2.0	3.5PB 2.8/4.3	29.97	-3.12	-18.64	62.16
4.0	3.0	3.9PB 2.5/4.2	26.65	-2.47	-18.03	64.80
8.0	3.0	5.1PB 2.0/3.7	20.86	-0.36	-15.95	69.19
12.0	3.0	5.9PB 1.8/3.1	18.65	0.92	-13.64	70.41

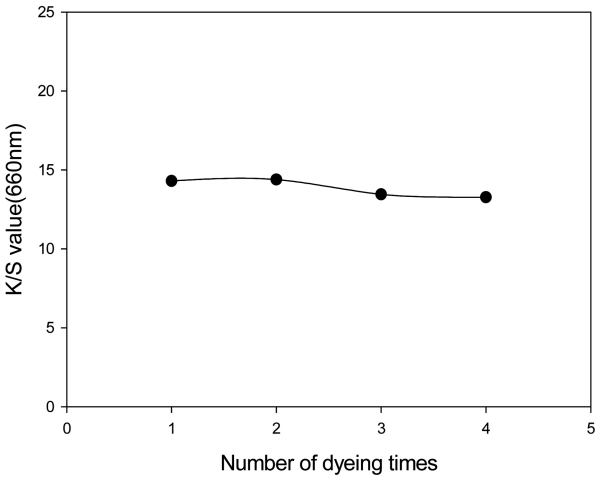


Fig. 4. Effect of repeat dyeing on the dye uptake(indigo powder 4 g/L, sodium hydrosulfite 3 g/L, 60°C, 30min).

Table 3에 나타내었다. 염색한 직물은 모두 PB 계열의 색상을 나타내었다. 단, 염착량이 높은 시료일수록 명도와 채도가 모두 낮아졌으며, a^*와 b^*의 마이너스 절대값도 감소하여 녹색과 파랑기운이 감소된 PB 계열의 색상을 보였다.

Fig. 4는 천연인디고 분말 4 g/L, 환원제 농도 3 g/L에서 60°C, 30분 동안 새로운 욕에서 환원/염색을 반복한 시료의 염착량이다. 면직물에 대한 천연인디고 염색의 경우, 염색 후 바로 젖은 상태에서 반복염색을 하는 것보다는 염색 후 완전히 건조하고 수세한 다음 반복염색 하는 것이 더 높은 염착량을 나타내었으므로(송성원, 2008), 본 연구에서도 후자의 방법으로 반복염색을 행하였다. 2회 반복 염색한 시료의 염착량은 14.39로 1회 염색한 시료의 염착량 14.30과 큰 차이가 없으나 3~4회 반복염색한 시료의 염착량은 13.45와 13.27로 작은 감소를 보여, 반복염색에 의한 염착량 증진효과를 얻지 못하였다. 따라서 알칼리를 사용하지 않은 마직물의 1단계 환원/염색 공정에서는 반복염색을 하는 것보다 인디고 분말의 양을 높여 염색하는 것이 염착량 증진에 유리한 것으로 여겨진다.

Table 4. K/S values and color properties of the dyed fabrics for reproducibility evaluation(60°C/30min, indigo powder 4 g/L, sodium hydrosulfite 3 g/L)

Batch	K/S value (660nm)	H V/C	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
1	14.23	4.8PB 2.5/3.6	26.79	-1.03	-15.82	-
2	14.45	4.8PB 2.5/3.7	26.80	-1.11	-16.10	0.03
3	14.69	4.7PB 2.6/3.8	27.06	-1.30	-16.60	0.16

본 연구의 1단계 염색공정의 색상재현성을 확인하고자 적정 조건에서 염색을 반복하여 시료들 간의 염착량과 색 특성 및 색차를 측정하여 Table 4에 비교하였다. 인디고 분말 4 g/L와 환원제 농도 3 g/L를 사용한 경우, 시료들 간의 염착량은 0.24~0.46의 미미한 차이를 보였으며, Munsell 색상(H)도 4.7~4.8 PB로 큰 차이가 없었다. 명도(V)와 채도(C) 값은 K/S 값의 영향으로 0.1~0.2정도의 차이를 보였으며, L^*, a^*, b^*값에 의해 영향 받는 색차(ΔE^*)도 0.03~0.16으로 매우 작게 나타났다. 이는 합성염료의 경우에 허용하는 색차 ±1(Bechtold et al., 2007)보다 더 적은 값으로, 본 환원/염색 1단계 공정에 의한 색상재현성이 매우 우수함을 알 수 있다.

3.3. 염색견뢰도

본 연구의 실험범위 내에서 얻어진 염착량을 고려하여 담색(low), 중색(medium), 그리고 농색(high)에 따른 염색견뢰도를 평가하였다(Table 5). 세탁과 드라이클리닝 견뢰도의 경우, 담색은 1/2~2/3 등급으로 매우 좋지 않았으나 중색과 농색은 4~4/5 등급으로 매우 우수하였으며, 색의 농담에 상관없이 이염은 나타나지 않았다. 건조시의 마찰견뢰도는 담색의 경우 4/5 등급, 중색과 농색은 4등급으로 색의 농담에 상관없이 우수하였으나, 중색과 농색의 습윤시 마찰견뢰도는 0.5등급씩 낮아졌다. 일광견뢰도는 담색은 1/2등급으로 매우 낮았으며, 중색은 3등급, 농

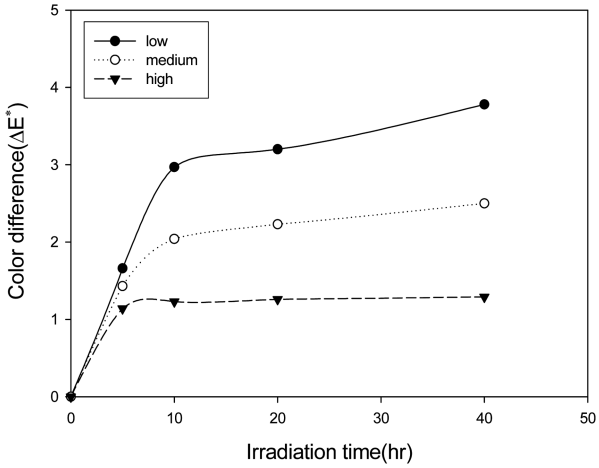


Fig. 5. Fading curves of the fabrics with different color strength.

Table 5. Effect of color strength of dyed fabrics on colorfastness

Color strength	K/S value (660nm)	Washing			Dry cleaning			Rubbing		Irradiation (20hr)
		Color change	Stain		Color change	Stain		Dry	Wet	
			1st	2nd		1st	2nd			
Low	4.39	1/2	5	5	2/3	5	5	4/5	4/5	1/2
Medium	11.51	4	5	5	4/5	5	5	4	3/4	3
High	17.83	4/5	4/5	5	4/5	5	5	4	3/4	4

색은 4등급으로 나타나 염착량이 높은 시료일수록 일광견뢰도가 우수하게 나타났다. 일광조사시간 증가에 따른 색차의 경우(Fig. 5) 모든 시료에서 광조사시간이 길어질수록 조사전후의 색차가 증가하였는데, 담색과 중색은 초기 10시간까지 색차가 급격히 증가하다가 조사시간이 길어지면서 완만한 증가를 보였으며, 농색은 5시간 이후부터 완만한 증가를 보였다. 또한 농색일수록 같은 조시시간에서 색차가 작게 나타났다. Weissbein and Coven(1960)은 진한 색상의 시료일수록 수소결합에 의한 염료회합이 커서 염료가 집합상태로 존재하기 때문에 자외선과 접촉하는 염료의 표면적이 상대적으로 작아져 광퇴색이 느리게 나타난다고 하였다. 마직물은 주로 여름용 옷감으로 사용되므로 잦은 세탁과 일광의 영향을 고려하여 담색의 경우에는 주의해서 착용, 관리해야 할 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 제조한 천연인디고 분말을 사용하여 마직물에 환원/염색을 1단계로 행하였다. 환원/염색 조건에 따른 염착량와 색 특성을 조사하였으며, 반복염색효과, 색상재현성, 그리고 염색견뢰도를 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. NaOH 첨가유무에 상관없이 최대흡수파장은 660 nm에서 나타났으며 색상도 PB 계열로 같았으나, 염착량은 NaOH 첨가 없이 $Na_2S_2O_4$만 사용한 경우가 매우 높은 값을 나타내었다.

2. 염착량과 색상 측면에서 살펴 본 적정 환원/염색 온도와 시간은 60°C, 30분으로 나타났다.

3. 환원제의 양이 1 g/L로 적을 경우에는 염색되지 않았으며, 인디고 분말 2 g/L 이하에서는 환원제농도 2 g/l에서, 인디고 분말 4 g/L 이상에서는 환원제농도 3 g/L에서 일정 염착 수준을 보였다.

4. 같은 조건에서 1단계 공정으로 염색한 시료들 간의 색차(ΔE^*)는 0.03~0.16으로 차이가 거의 없어 색상재현성이 매우 우수하게 나타났다.

5. 세탁과 드라이클리닝견뢰도의 경우, 담색은 1/2~2/3등급으로 좋지 않은 반면, 중색과 농색은 4~4/5등급으로 우수하였다. 마찰견뢰도는 색의 농담에 상관없이 3/4~4/5등급으로 좋았으며, 일광견뢰도는 담색은 1/2등급으로 매우 낮았으나 중색은 3등급, 농색은 4등급으로 더 우수하였다.

감사의 글

"이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010002 1015)"

참고문헌

강지연, 유효선. (2001). 천연 쪽을 이용한 양모 섬유의 염색 (I). *한국염색가공학회지, 13*(4), 15-22.

김미경. (2010). *쪽을 이용한 천연염색 시 조건에 따른 면직질의 염색성에 관한 연구*. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.

김상률. (2010). 천연물질을 활용한 웰빙기법 천연염색에 관한 연구(2): 소엽염색 면직물의 모자나이트 처리효과. *한국의류산업학회지, 12*(2), 240-245.

김성련. (2000). *피복재료학*. 서울: 교문사, pp. 69-71.

손경희, 신윤숙, 류동일. (2010). 일단계 환원/염색에 의한 모직물의 천연인디고 염색. *한국의류학회지, 34*(3), 508-517.

송성원. (2008). *쪽 염료의 제조와 염색법에 관한 연구*. 신라대학교 대학원 석사학위논문.

송성원, 조경래. (2008). 건조 쪽잎 추출액에 의한 면직물 염색. *한국염색가공학회지, 20*(3), 19-24.

신윤숙, 손경희, 류동일. (2008). 천연인디고를 이용한 텐셀직물의 염색. *한국의류학회지, 32*(12), 1963-1970.

신윤숙, 손경희, 류동일. (2009a). 생쪽잎분말의 염색성 및 저장성(I): 동결건조방법. *한국염색가공학회지, 21*(1), 10-20.

신윤숙, 손경희, 류동일. (2009b). 생쪽잎분말의 염색성 및 저장성(II): 열풍 및 상온 건조방법. *한국염색가공학회지, 21*(4), 23-32.

신윤숙, 조아랑, 류동일. (2009). 포도당 환원을 이용한 천연 인디고 염색. *한국염색가공학회지, 21*(3), 10-18.

신윤숙, 조아랑, 류동일. (2010). 면직물에의 천연 인디고 염색: 일단계 환원/염색 공정. *한국염색가공학회지, 22*(2), 101-110.

유명님, 노의경. (2006). 델파이법을 이용한 천연염색에 관한 기초 연구(제3보): 천연 염료의 개발가치 평가. *한국의류학회지, 30*(5), 733-741.

이종남. (2004). *우리가 정말 알아야 할 천연염색*. 서울: (주)현암사, pp. 278-293.

정인모, 남성우, 김인회. (1998). 쪽 색소에 의한 견섬유 염색에 관한 연구: 발효염색에 대하여. *한국잠사학회지, 40*(1), 78-85.

조경래. (2007). *규합총서에 나타난 전통염색법해설*. 파주: 한국학술정보(주), pp. 123-128.

홍병숙, 이은진, 박성희. (2010). 친환경 유·아동 속옷 소비자의 환경친화적 태도와 의복추구혜택이 구매만족도에 미치는 영향. *한국의류학회지, 34*(4), 134-144.

황은경, 김문식, 이동수, 최삼룡. (1996). Vat 염료에 의한 견섬유의 염색에 관한 연구. *한국잠사학회지, 38*(2), 198-174.

Bechtold, T., Mahmud-Ali, A., & Mussak, R. (2007). Natural dyes for textile dyeing: A comparison of methods to assess the quality of Canadian golden rod plant material. *Dyes and Pigments*, *75*, 287-293.

Blackburn, R. S., Bechtold, T., & John, P. (2009). The development of indigo reduction methods and pre-reduced indigo products. *Coloration Technology, 125*, 193-207.

Etters, J. N., & Hou, M. (1991). Equilibrium sorption isotherms of indigo on cotton denim yarn: Effect of pH. *Textile Research Journal, 61*(12), 773-776.

Kunttou, K., Hongyo, S., & Maeda, S. (2005). Dyeing polyester fabrics with indigo. *Textiles Research Journal, 75*(2), 149-153.

Weissbein, L., & Coven, G. E. (1960). The physical state of direct dyes in viscose and its influence on lightfastness. *Textiles Research Journal, 30*(1), 58-62.

(2010년 9월 15일 접수/ 2010년 10월 1일 1차 수정/
2010년 10월 28일 2차 수정/ 2010년 11월 12일 3차 수정/
2010년 11월 12일 게재확정)