



포도당 환원으로 천연 쪽 염색한 면직물과 아마직물의 염색 특성과 염색 견뢰도

Dyeing Characteristics and Colorfastness of Cotton and Flax Fabrics Dyed with Natural Indigo Using Glucose Reduction

신주동 · 최종명*

충북대학교 패션디자인정보학과 강사 · 충북대학교 패션디자인정보학과 교수*

Shin, Judong · Choi, Jongmyoung*

Department of Fashion Design Information, Chungbuk National University

Abstract

This study was conducted to make help an environment-friendly dyeing method for natural indigo. In this study, glucose was used as a reducing agent for indigo. Four kind of fabrics composed of cotton fiber and flax fiber were used for this study. Dyeing with natural indigo was done under four different dyeing conditions having different pH levels and dyeing temperatures. Dyeing characteristics (color characteristics and color strength) and colorfastness were also measured. The dyeing differences in characteristics and colorfastness were analyzed based on the fiber type and dyeing condition. There were significant differences in color characteristics and color strength (K/S value) of fabrics dyed with natural indigo using glucose reduction based on the fiber type and dyeing condition. The K/S value of the fabric dyed with natural indigo through glucose reduction was the highest at 660nm. The colorfastness of the four fabrics dyed using natural indigo had a rate of 4 to 5 with the exception of rubbing fastness, which indicated good colorfastness.

Keywords: Indigo, Dyeing characteristics, Colorfastness, Glucose, Reduction

I. 서론

로하스(LOHAS)는 건강과 지속적인 성장을 추구하는 생활방식 또는 이를 실천하려는 사람을 뜻하는 용어로 미국의 내추럴 마케팅 연구소가 처음으로 사용한 용어이다(임혜미 2010; 조민영, 2009). 로하스는 환경과 미래에도 지속 가능한 발전을 추구하는

사회적 웰빙이라는 점에서 주목되고 있으며, 보다 더 나은 삶을 위해 건강과 환경, 사회의 지속적인 성장 등을 고려하는 소비패턴이 중요한 키워드가 되고 있다(고정원 외, 2010; 임혜미, 2010; 조민영, 2009). 이에 따라 천연섬유 제품과 천연염색 제품 및 유기농 섬유 제품을 포함한 친환경적 패션상품(홍희숙, 고애란, 2009)에 대한 웰빙과 로하스 소비자들의 관

* Corresponding author: Choi, Jongmyoung
Tel: +82-43-261-2791, Fax: +82-43-274-2792
E-mail: jmchoi@chungbuk.ac.kr

심이 모아지고 있다.

자연 속에서 채취한 색소로 염색하는 천연염색의 기원에 대하여 정확한 기록은 없으나, 인류문명과 함께 시작되었을 것으로 추측되고 있다. 퍼어킨(W. H. Perkin)이 최초의 합성염료인 모브(mauve)를 1856년 합성하기까지 인류가 사용해 온 염료는 동물, 식물, 광물 등 모두 자연에서 얻은 자원이었다(조정래, 2010; Liles, 1990). 그 후 합성염료를 대량 생산하면서 천연염료의 사용은 줄어들었으나, 합성염료의 사용으로 인한 환경오염 및 피부자극 등 건강상 문제점이 대두되면서 천연염색에 대한 관심이 커지게 되었고(배정숙, 2009; 이나을, 2015), 천연염색이 지닌 환경친화성, 향균, 소취, 항알레르기성 등 각종 기능성과 함께 부드럽고 독자적인 색의 창출로 인해 천연염색에 대한 비중이 점차 커지고 있다(송화순, 김병희, 2004). 그런데, 천연염료는 염액의 추출조건이나 염색조건에 따라 색상이 다르게 염색되어 재현성이 낮으며 염색 견뢰도가 좋지 않고 색상이 다양하지 못한 것이 제한점으로 지적되고 있다(유혜자, 이해자, 2003).

천연염색의 대중화나 일반화에 대표적으로 활용되는 염색 중 하나가 바로 쪽 염색을 들 수 있다(박지희, 소황옥, 2004). 쪽은 인류 역사상 오래전부터 사용된 대표적인 식물성 염료인데, 쪽에 대한 기록이 삼국유사에 나와 있어, 우리나라에서는 삼국시대나 그 이전부터 쪽 염색이 사용되어 왔음을 추정할 수 있다(정관채, 2015). 쪽 염색은 높은 온도에서 색소를 추출하여 높은 온도에서 염색을 하는 다른 식물성 염료와는 달리 저온에서 염색이 이루어지는 특성이 있으며, 쪽 염료의 색소는 물에 용해되지 않으므로 반드시 환원을 해서 사용해야 하는 특성도 가지고 있다(박정래, 2013). 쪽잎에 존재하는 청색 색소의 주성분인 인디칸(indican)은 알칼리나 발효에 의하여 인독실(indoxyl)과 포도당으로 분리되며, 인독실의 상태로 섬유와 결합한 후 공기 중의 산소에 의하여 산화되어 청색의 인디고(indigo)로 변하게 된다(김미경, 전동원, 2011; 김미경, 2013). 천연 인디고의 전통적인 환원제로는 좋은 환원효과를 낼 수 있는 하이드로설파이트(Sodium Hydrosulfite, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)가 일반적으로 많이 사용되고 있다(김미경, 2013; 박정래, 2013; 신윤숙 외, 2009; Saikhao et al., 2017). 그러나 하이드로설파이트의 사용은 아황산염, 황산염, 티오황산염 및 황화물 등 환경오염을 일으키는 각종 물질을 쪽 염색과정에서 배출시키는 문제점이 있다(박정래, 2013; 신윤숙 외, 2009; Kulandainathan et al., 2007). 따라서 전기화학적 촉매

와 유기환원제 등을 사용한 환원방법으로 하이드로설파이트를 대체하려는 시도가 이루어지고 있는데(Vuorema et al., 2008; 신윤숙 외, 2009), 유기환원제로서 포도당(Glucose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)은 환경 부하가 거의 없는 소재라는 점에서 관심을 끌고 있다(신윤숙 외, 2009). 포도당은 카복실산(carboxylic acid)으로 산화될 수 있는 동시에 인디고 색소를 류코(leuco) 염료로 환원시키는 알데히드(aldehyde)기를 가지고 있는 환원당이다(Saikhao et al., 2017). 포도당을 환원제로 사용하여 약알칼리 조건에서 마직물과 견직물을 60°C 에서 80°C 까지 쪽 염색한 결과, 마직물은 모두 PB계열의 색상을 나타내었고 견직물은 온도가 증가함에 따라 B, BG, G계열의 색상을 나타내었으며, 인디고 농도가 증가할수록 K/S 값이 증가하였는데, 포도당 농도가 10-12g/L일 때 최대 K/S값을 보였으며(신윤숙 외, 2009), 니람 염액을 포도당으로 환원시 견직물은 염액의 pH에 관계없이 P계열의 색상을 나타내었으나, 면직물은 염액의 pH에 관계없이 염색성이 낮았다고 보고하였다(박정래, 2013). 한편, 하이드로설파이트와 포도당으로 각각 환원된 쪽 염액을 면직물에 염색한 결과, 최적 환원조건은 온도 70°C , 10분이었고 K/S값은 하이드로설파이트로 환원시 포도당으로 환원한 경우보다 약간 높게 나타났으나, 세탁 견뢰도는 포도당 환원시 미미하게 높게 나타나서 포도당은 친환경적 환원제로 고려될 수 있다고 하였다(Saikhao et al., 2017). 또한 효모와 맥아당을 사용하여 천연발효한 쪽으로 반복염색한 면, 레이온, 견 및 모직물의 경우 PB 또는 P 색상을 나타내었고, 일광 견뢰도 4등급, 세탁 견뢰도 3-4등급, 드라이 클리닝 견뢰도가 3등급 이상으로 우수하게 나타났다고 보고하였다(김미경, 최인려, 2013). 따라서 염색 견뢰도가 우수한 쪽 염료를 활용한 패션소재를 개발하기 위해서는 정량화된 염색방법 및 친환경적 환원제 사용에 대한 연구가 지속적으로 필요하다.

이에 본 연구에서는 여름철 침구류 소재기획에 적용 가능한 친환경적 의류소재 개발에 도움을 주고자 수행되었다. 이를 위해서 면직물과 아마직물을 대상으로 시판 분말 쪽 염료를 사용하여 친환경 환원제인 포도당을 사용하여 환원하고, 중성과 알칼리성 염액에서 염색온도를 변화시켜 염색을 실시하여 섬유종류와 염색조건에 따른 염색특성 및 염색 견뢰도를 비교하여 살펴보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 염색용 식물

본 실험에 사용된 염색용 식물로는 시판되는 면직물, 아마직물, 면 혼방직물, 아마혼방직물 등 4종이었다. 이 직물들은 친수성 섬유로 침구용 소재로 적합하고, 쪽으로 염색하면 푸른색을 표현할 수 있으므로 더운 여름철에 시원한 감성을 부가할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서 사용한 염색용 직물의 특성은 <표 1>과 같다.

2. 쪽 염료 및 시약

쪽 염료는 시판되고 있는 건조 상태의 쪽 분말(인도산)을 아트앤크래프트에서 구입하였다. 환원제로는 포도당(C₆H₁₂O₆)을 사용하였고, 환원액의 pH를 조절하기 위한 알칼리로는 수산화나트륨(NaOH)을 사용하였다.

3. 환원조건

쪽의 색소 성분은 물에 불용성이므로 염액으로 만들기 위해서는 환원과정이 필수적이다. 쪽 염료의 환원시 염액의 농도는 증류수 1L에 쪽 분말 5g을 용해하였다. 환원제로는 포도당을 사용하였으며, 농도는 5g/1L이었다. 환원액의 pH를 7(중성)과 11(알칼리성)로 다르게 하였다. 그러나 환원온도(60℃)와 환원시간(30분)은 동일하게 설정하였다.

4. 염색조건

포도당을 사용하여 환원된 쪽 염액을 pH(중성과 알칼리성)와 염색온도(21℃, 50℃) 등의 조합 조건을 다르게

한 4가지 조건으로 염색을 실시하였다. 염색용 직물을 일정 크기로 준비하여 쪽 염액에 침지하여 5분간 염색하였다. 염색시 액비는 1:50으로 하였다. 염색된 직물은 공기 중에서 산화·발색시켰으며, 염색된 시료에서 청색 물이 나오지 않을 때까지 여러 차례 반복하여 수세 후, 실내에서 자연 건조하였다.

5. 염색특성 평가

1) 색채특성

쪽으로 염색된 직물의 색채특성은 분광측색계(Color Techno Systems, JP/JX-777)를 사용하여 D65 광원, 10° 표준관찰자 조건에서 CIELAB L^* , a^* , b^* , C^* 값을 3회씩 측정하였다. 여기서 L^* 은 직물의 명도 지수, a^* 는 빨강/녹색 색 좌표 지수, b^* 는 노랑/파랑 색 좌표 지수, C^* 는 채도를 나타낸다.

2) 염착량

염색된 직물을 분광측색계(Color Techno Systems, JP/JX-777)를 사용하여 파장 400nm-700nm까지의 범위에서 10nm 간격으로 표면반사율을 측정 후, 최대흡수 파장인 660nm에서의 표면반사율을 측정하여 Kubelka-Munk 식에 의하여 K/S값(염착량)을 구하였다.

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

여기서 R : 최대흡수파장에서의 표면반사율

K : 흡광계수

S : 산란계수

6. 염색 견뢰도

염색 견뢰도는 세탁 견뢰도(KS K ISO 105-C06, A1S: 2010), 일광 견뢰도(KS K ISO 105-B02: 2010),

<표 1> 염색용 직물의 특성

구 분	섬 유 (%)	조직	두께 (mm)	밀도 (경사x위사/5cm ²)	CIELAB			
					L^*	a^*	b^*	C^*
면직물	면 100	평직	0.34	152 x 152	93.85	-0.63	8.90	8.92
아마직물	아마 100	평직	0.36	120 x 112	96.92	-0.21	0.40	0.58
면혼방직물	면 60/ 닥 40	평직	0.33	168 x 152	94.57	-0.90	11.61	11.65
아마혼방직물	아마 65/ 리오셀 35	평직	0.38	128 x 128	96.71	-0.92	6.90	6.98

드라이클리닝 견뢰도(KS K ISO 105-D01: 2010), 마찰 견뢰도(KS K 0650: 2011), 땀 견뢰도(KS K ISO 105-E04: 2010)에 준하여 측정하였다.

7. 자료분석

쪽 염료의 환원과 염색조건(pH, 온도)에 따른 직물의 염색 특성을 측정할 자료는 SPSS 통계프로그램(ver. 25)을 사용하여 분석하였으며, 섬유종류와 염색조건별 염색 특성의 차이를 알아보기 위하여 *F*-test를 실시하였으며, 사후분석으로는 Scheffe 다중비교방법을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 섬유종류에 따른 염색특성 차이

포도당을 사용하여 환원한 쪽으로 염색된 직물의 색채 특성(CIELAB)과 염착량(K/S값) 등의 염색특성은 섬유종류에 따라 어떠한 차이가 있는지를 알아보기 위해서 *F*-test를 실시하여 분석한 결과를 <표 2>에 나타내었다. 여기서 보는 바와 같이 쪽 염색된 직물의 섬유종류에 따른 염색특성은 모든 특성에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05 \sim p < .001$).

먼저 포도당으로 환원하여 쪽 염색한 직물의 CIELAB 색채특성을 살펴보면 다음과 같다. 명도 지수인 L^* 값의 평균은 41.72에서 53.37사이의 값을 나타내어 증명도를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 아마혼방직물에서 L^* 값은 53.37로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 면혼방직물(44.72), 면직물(43.51), 아마직물(41.72)의 순으로 나타났다. 따라서 포도당으로 환원하여 쪽 염색된 직물의 명도만을 상대적으로 비교해 보면, 4종 직물 중에서 아마혼방직물의 색상이 가장 밝은 것을 알 수 있었다. 다음으로 빨강과 녹색의 색상 지수인 a^* 값을 살펴보면, 평균 0.13에서 0.86까지의 범위로 나타나서 극히 미미한 정도의 빨강 기미를 띠고 있음을 알 수 있었는데, 직물에 따라 유의한 차이를 보였다. 아마직물(0.86), 면직물(0.79) 및 면혼방직물(0.74)의 a^* 값이 아마혼방직물(0.15)보다 유의하게 높게 나타났다. 또한 노랑과 파랑의 색상 지수인 b^* 값의 평균은 -10.07에서부터 -10.93로 나타나서 모든 직물에서 음의 값을 보였는데, 특히 면혼방직물에서 -10.93으로 나타나 파랑 기미를 가장 많이

포함하고 있음을 알 수 있었다. 한편, 채도를 나타내는 지수인 C^* 값은 평균 10.11에서부터 10.96까지의 범위이어서 저채도를 나타내었는데, 면혼방직물에서 10.96으로 가장 높게 나타났고, 다음으로 아마혼방직물(10.64), 면직물(10.46), 아마직물(10.11)의 순으로 나타났다.

다음으로 포도당으로 환원하여 쪽 염색한 직물의 염착량(K/S값)을 살펴보면, 섬유종류에 따른 유의한 차이를 보였다($p < .001$). 아마직물(3.84), 면직물(3.59) 및 면혼방직물(3.32)의 염착량은 아마혼방직물(1.92)의 염착량에 비해 높게 나타났다. 그러나 아마직물, 면직물 및 면혼방직물의 염착량은 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 이는 리오셀이 혼방된 아마혼방직물의 경우, 리오셀은 면이나 비스코스 레이온 등의 섬유소 섬유와는 달리 분자결정들이 길고 가는 형태로 섬유 축 방향을 따라 배열되어 있고 배향도가 높기(유혜자, 이혜자, 2008) 때문이 아닌가 생각된다. 그러나 하이드로셀과이트로 환원한 쪽 염색 연구(배정숙, 2009)에서 면직물이 아마직물보다 염착량이 높았다고 보고한 결과와는 다소 차이를 보이고 있어, 반복염색 등 다양한 염색조건에서의 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

이상을 종합해 보면, 쪽으로 염색된 4종 직물 중에서 면직물의 L^* 값은 낮았지만, 음의 b^* 값, C^* 값은 중간이었고, a^* 값은 크게 나타났으며, 아마직물은 L^* 값과 음의 b^* 값 및 C^* 값은 낮은 편이었으나, a^* 값은 크게 나타났으며, 면혼방직물은 L^* 값은 낮으나, a^* 값, 음의 b^* 값 및 C^* 값은 가장 크게 나타났으나, 아마혼방직물은 L^* 값이 가장 크고 음의 b^* 값과 C^* 값은 중간이었으나, a^* 값은 가장 낮은 것을 알 수 있었다. 따라서 아마혼방직물인 경우 포도당으로 환원하여 쪽 염색시 L^* 값이 커서 가장 밝은 색상을 나타내었으나 염착량은 가장 적은 반면, 아마직물, 면직물, 면혼방직물의 염착량은 유사하였으나 면혼방직물의 경우, 음의 b^* 값이 커서 파랑 기미가 좀 더 많은 것을 알 수 있었다.

2. 염색조건에 따른 염색특성 차이

앞에서 고찰한 것과 같이 포도당을 사용하여 환원한 쪽으로 염색한 직물의 염색특성은 섬유종류에 따라 대부분 유의한 차이를 보였다. 따라서 쪽 염색의 pH와 염색 온도 등 염색조건에 따른 색채특성과 염착량 등의 염색 특성을 섬유종류별로 분석하였다. <표 3>에 섬유종류별 염색조건에 따른 차이를 알아보기 위하여 *F*-test를 실시

(표 2) 포도당 환원으로 쪽 염색한 직물의 염색특성

구 분	CIELAB				K/S 값 (660nm)
	L^*	a^*	b^*	C^*	
면직물	43.51bc	0.79a	-10.42ab	10.46ab	3.59a
아마직물	41.72c	0.86a	-10.07a	10.11b	3.84a
면혼방직물	44.84b	0.74a	-10.93b	10.96a	3.32a
아마혼방직물	53.37a	0.13b	-10.64ab	10.64ab	1.92b
<i>F</i> -value	55.42***	13.05***	4.15*	3.93*	36.39***

* $p < .05$, *** $p < .001$.

a, b, c: Means with the same letter are not significantly different ($p < .05$).

하여 분석한 결과를 나타내었다. 여기서 보는 바와 같이 쪽 염색된 직물의 염색특성은 염색조건에 따라 대부분 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$).

면직물의 경우, L^* 값과 K/S값은 염색조건에 따라 유의한 차이를 보였으나, a^* 값과 b^* 값 및 C^* 값은 유의한 차이를 보이지 않았다. 21°C의 쪽 염액에서 염색한 경우에는 L^* 값이 44.68(pH 7)과 44.59(pH 11)로 나타나서 염색온도가 50°C에서의 L^* 값인 41.54(pH 7), 43.22(pH 11)보다 약간 높은 것으로 나타났다. 이러한 색채특성을 KS 색 체계의 색조와 연결하여 살펴보면, 면직물은 grayish 색조의 남색계열(0.64 PB~1.87 PB)의 색상을 나타내었다. 한편, K/S값은 쪽 염액이 중성(pH 7)이고 50°C의 염색조건에서 4.01로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 알칼리성(pH 11)인 50°C 염색조건(3.51), 21°C의 염색조건(3.40)의 순으로 나타났다. 따라서 면직물을 포도당으로 환원하여 쪽으로 염색을 할 때에는 50°C의 중성(pH 7)염액에서 염색하는 것이 염착량을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

아마직물의 경우, 색채특성과 염착량 등 염색특성은 4 종류의 염색조건에 따라 a^* 값을 제외한 모든 값에서 유의한 차이를 보였다. L^* 값은 알칼리성(pH 11) 염액이고 21°C의 염색조건(42.98)에서 높게 나타났으나, 중성(pH 7) 염액이고 21°C의 염색조건(40.15)로 낮게 나타났다. 따라서 알칼리성 염액에서 쪽 염색시 중성 염액보다 약간 밝은 색상을 보이는 것을 알 수 있었다. b^* 값은 21°C 염색조건에서 -10.88(pH 7), -10.81(pH 11)으로 50°C 염색조건보다 음의 b^* 값이 높게 나타나서 염색온도

가 낮을수록 파랑 기미가 더해지고 있음을 알 수 있었다. C^* 값 역시 21°C 염색조건에서 10.92(pH 7), 10.87(pH 11)로 50°C 염색조건보다 C^* 값이 높게 나타나서 염색온도가 낮을수록 채도가 높아지고 있음을 알 수 있었다. 이러한 색채특성을 KS 색 체계의 색조와 연결하여 살펴보면, 아마직물은 grayish 색조의 남색계열(0.31 PB~1.73 PB)의 색상을 나타내었다. 한편, 포도당으로 환원한 아마직물의 염착량(K/S 값)은 중성 쪽 염액(pH 7)에서 21°C로 염색한 경우 4.25, 50°C의 염색조건에서 4.08로 나타나서 알칼리성 쪽 염액(3.58, 3.43)보다 높게 나타났다. 따라서 아마직물을 포도당으로 환원하여 쪽 염료로 염색할 경우에는 중성 염액에서 염색하는 것이 염착량을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

면혼방직물의 경우, a^* 값을 제외한 모든 색채특성과 염착량에서 염색조건에 따라 유의한 차이를 보였다. L^* 값은 pH 11, 50°C에서 염색한 경우 가장 크게 나타났으며, 음의 b^* 값과 C^* 값은 pH 11, 21°C에서 각각 -11.60과 11.63으로 가장 크게 나타났다. 이러한 색채특성을 KS 색 체계의 색조와 연결하여 살펴보면, 면혼방직물은 grayish 색조의 남색계열(0.63 PB~1.50 PB)의 색상을 나타내었다. 염착량인 K/S 값은 pH 7, 50°C(3.82), pH 7, 21°C(3.71), pH 11, 21°C(3.61) 조건인 경우가 pH 11, 50°C(2.16) 조건보다 높게 나타났다. 따라서 면혼방직물을 포도당으로 환원하여 쪽 염색시에는 중성 염액에서 염색하는 것이 염착량을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

아마혼방직물의 경우, 염색조건에 따라 L^* 값과 K/S값

에서 유의한 차이를 보였다. 염색온도 50℃에서 염색한 경우, L^* 값이 56.47(pH 7), 54.44(pH 11)로 20℃(pH 7)에서 염색한 경우의 L^* 값인 50.72보다 높게 나타났다. 이러한 색채특성을 KS 색 체계의 색조와 연결하여 살펴 보면, 아마혼방직물은 grayish 색조의 남색계열(0.26PB), light grayish 색조의 파랑계열(9.79 B~9.91 B)의 색상을 나타내었다. K/S 값은 21℃에서 염색한 경우, 2.24(pH 7), 2.12(pH 11)로 50℃에서 염색한 경우

(1.51, 1.80)보다 높게 나타났다. 따라서 아마혼방직물을 포도당으로 환원하여 쪽 염색시에는 21℃에서 염색하는 것이 염착량을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 포도당으로 환원하여 면직물과 아마직물에 쪽 염색을 실시하면 grayish 한 남색(PB) 색상을 구현할 수 있음을 알 수 있었는데, 이는 효모와 맥아당을 사용하여 천연발효한 쪽으로 반복염색한 면직물의 경우 PB 색상을 나타내었다는 결과(김미경, 최인려, 2013) 및 포도당

〈표 3〉 포도당 환원으로 쪽 염색한 직물의 염색조건에 따른 염색특성

구 분	염색조건		CIELAB				Munsell 색상	K/S값	시각적 색채
	pH	온도 (℃)	L^*	a^*	b^*	C^*			
면직물	7	21	44.68a	0.84	-10.45	10.47	1.23 PB	3.25b	
	7	50	41.54b	1.14	-10.59	10.65	1.87 PB	4.01a	
	11	21	44.59a	0.41	-10.15	10.62	0.64 PB	3.40ab	
	11	50	43.22ab	0.94	-10.05	10.10	1.31 PB	3.51ab	
	<i>F</i> -value		4.47*	2.97	0.79	0.91	1.91	4.47*	
아마 직물	7	21	40.15b	0.86	-10.88a	10.92a	1.62 PB	4.25a	
	7	50	40.92ab	0.78	-9.88ab	9.91ab	1.12 PB	4.08ab	
	11	21	42.98a	1.07	-10.81a	10.87a	1.73 PB	3.58ab	
	11	50	42.84ab	0.74	-8.69b	8.73b	0.31 PB	3.43b	
	<i>F</i> -value		6.23*	0.70	10.52**	10.18**	2.47	7.41*	
면 혼방 직물	7	21	42.87b	0.84	-10.92a	10.95b	1.48 PB	3.71a	
	7	50	42.52b	0.79	-10.76a	10.79b	1.39 PB	3.82a	
	11	21	43.72b	0.74	-11.60b	11.63a	1.50 PB	3.61a	
	11	50	50.26a	0.61	-10.44a	10.48b	0.63 PB	2.16b	
	<i>F</i> -value		60.39***	0.13	17.09**	13.33**	0.95	57.72***	
아마 혼방 직물	7	21	50.72c	0.27	-10.71	10.71	0.26 PB	2.24a	
	7	50	56.47a	0.04	-10.74	10.74	9.79 B	1.51c	
	11	21	51.82bc	0.07	-10.58	10.58	9.88 B	2.12ab	
	11	50	54.44ab	0.17	-10.54	10.54	9.91 B	1.80bc	
	<i>F</i> -value		13.78**	1.99	0.60	0.61	2.34	14.79***	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

a, b, c: Means with the same letter are not significantly different ($p < .05$).

을 환원제로 사용하여 약알칼리 조건에서 마직물을 쪽 염색한 결과, PB계열의 색상을 나타내었다는 결과(신운숙 외, 2009)와 일치하였다. 그런데 선행연구(김미경, 최인려, 2013)에서 면직물을 반복 염색시 염착량이 증가하였다고 보고하고 있으므로 반복염색 등을 통하여 색조의 다양화와 염착량을 높일 수 있을 것으로 보인다. 여기서 아마직물과 아마혼방직물의 경우, 염색온도가 50℃인 경우의 염착량이 21℃에서 염색한 경우보다 다소 낮게 나타났는데, 이는 포도당으로 환원하여 쪽 염색시 염색온도가 증가함에 따라 아마직물을 비롯한 마직물의 염착량이 감소하였다는 결과(김미경, 2013)를 뒷받침하고 있다고 생각된다.

3. 염색 견뢰도

쪽 염료를 포도당으로 환원하여 염색된 직물의 염색 견뢰도를 알아보기 위하여 세탁, 일광, 드라이클리닝, 마찰, 땀 등의 염색 견뢰도를 측정된 결과는 <표 4>, <표 5>와 같다. 본 연구에서 사용한 염색조건은 염액의 pH와 온도 등을 조합한 4가지 조건이었으나, 이 중에서 중성 염액(pH 7)의 온도 21℃ 및 알칼리성 염액(pH 11)의 온도 50℃ 등 2가지 염색조건으로 염색한 직물에 대하여 염색 견뢰도를 평가하였다.

먼저 <표 4>에 제시된 세탁 견뢰도를 살펴보면 다음과 같다. <표 4>에서 보는 것처럼 첨부된 직물의 오염 등급은 섬유종류와 염색조건에 관계없이 4-5등급의 우수

한 오염 견뢰도를 나타내었다. 그러나 변퇴색의 경우, 염색된 직물의 섬유종류와 염색조건에 따라 다소 차이를 보였다. 면직물의 경우 중성(pH 7) 염액의 온도 21℃ 조건에서는 변퇴색 견뢰도는 3등급을 나타내었고, 알칼리성(pH 11) 염액의 온도 50℃ 염색조건에서 염색한 직물의 변퇴색 견뢰도는 모두 4-5등급을 나타내었으나, 다른 직물의 변퇴색 견뢰도는 모두 4등급을 보였다. 따라서 포도당으로 환원한 쪽 염액으로 염색한 직물의 세탁 견뢰도는 우수하다는 것을 확인할 수 있었다.

다음으로 일광, 드라이클리닝, 마찰 및 땀에 대한 염색 견뢰도를 살펴보면 다음과 같다(표 5). 일광에 대한 견뢰도는 면직물, 아마직물, 면혼방직물에서는 염색조건에 관계없이 모두 4-5등급으로 우수한 견뢰도를 나타내었으며, 아마혼방직물은 3-4등급과 4-5등급의 우수한 견뢰도를 나타내었다. 드라이클리닝에 대한 견뢰도는 염색조건과 섬유종류에 관계없이 모두 4-5등급을 나타내어 우수한 결과를 보였는데, 변퇴색의 견뢰도(4-5등급)가 오염 견뢰도(4등급)에 비해 더 높게 나타났다. 그러나 건조 상태에서의 마찰 견뢰도는 섬유종류에 따라 다소 차이를 보였다. 면혼방직물은 3등급으로 중간 정도의 마찰 견뢰도를 보였고 면직물과 아마혼방직물은 2-3등급이었으나, 아마직물은 2등급을 보였다. 한편, 산성과 알칼리성 땀액에 대한 견뢰도는 섬유종류와 염색조건에 관계없이 모두 4-5등급으로 우수한 견뢰도를 나타내었다.

이처럼 포도당으로 환원한 쪽으로 염색된 직물의 염색 견뢰도를 종합적으로 살펴보면, 염색 견뢰도는 섬유종류

<표 4> 포도당 환원으로 쪽 염색한 직물의 세탁 견뢰도

구분	염색조건		세탁 견뢰도(등급)						변퇴색
	pH	온도(℃)	오염						
			Acetate	Cotton	Nylon	PET	Acrylic	Wool	
면직물	7	21	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	3
	11	50	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
아마직물	7	21	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4
	11	50	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4
면혼방 직물	7	21	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4
	11	50	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4
아마혼방 직물	7	21	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4
	11	50	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4

에 따라 미미한 차이를 보이고 있으나, 마찰 건뢰도(건조)를 제외하고는 대부분 4등급 또는 4-5등급의 우수한 건뢰도를 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한 섬유종류별 염색조건에 따른 염색 건뢰도는 염액의 pH나 염색온도 등 염색조건에 관계없이 거의 차이가 없음을 알 수 있었다.

이러한 결과는 쪽 분말 염료를 효모와 맥아당을 사용하여 천연발효 방법으로 면, 레이온, 견, 모직물을 반복 염색한 결과, 일광 건뢰도는 4등급 이상, 세탁 건뢰도는 3-4등급 이상, 드라이클리닝 건뢰도는 3등급 이상으로 우수하게 나타났고(김미경, 최인려, 2013), 소석회와 포도당으로 환원/염색한 마직물의 경우, 세탁 건뢰도는 2/3 등급(담색)~3/4등급(중색), 드라이클리닝 건뢰도는 3/4 등급~4등급(중색), 마찰 건뢰도는 5등급(건조), 4/5등급(습윤)이었으며(신윤숙 외, 2009), 포도당으로 환원하여 염색한 면직물의 경우, 세탁건뢰도가 3-5등급을 나타내었다는 결과(Saikhao et al., 2017)와 거의 일치하고 있음을 알 수 있었다. 이는 산화와 환원이라는 과정을 거치는 쪽 염색의 특수한 염법으로 인해 염료와 직물의 우수한 염착성(김미경, 2013), 쪽 염료의 색소가 섬유에 결합 또는 흡착되어 공기산화에 의해서 물에 불용성인 인디고로 변하기 때문에 세탁, 땀 건뢰도가 높은 것으로 생각된다(정인모 외, 1998).

따라서 일반적으로 천연염색 직물의 낮은 염색 건뢰도 특히 일광 건뢰도가 좋지 않아 패션상품으로 개발시 제한점이 되고 있는 것을 감안해 볼 때, 일광 건뢰도를 포함한 쪽 염료의 우수한 염색 건뢰성은 색상의 내구성을

기대할 수 있으므로 친환경 패션소재로서의 활용가치가 클 것으로 생각된다.

V. 결론

포도당을 사용하여 환원한 쪽 염액으로 면직물과 아마직물 등 4종 직물에 대하여 중성 염액(pH 7)과 알칼리성 염액(pH 11), 21°C와 50°C 염색온도를 조합한 4가지 염색조건에서 염색을 실시하여 색채특성과 염착량 등 염색 특성과 염색 건뢰도를 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 쪽 염료를 포도당으로 환원하여 염색시, 섬유종류에 따라 색채특성은 다소 차이를 보였다. 면직물, 아마직물 및 면혼방직물은 grayish 색조의 남색 계열(PB) 색상이었으나, 아마혼방직물은 grayish 색조의 남색 계열(PB)과 light grayish 색조의 파랑 계열(B) 색상을 나타내었다.

둘째, 포도당으로 환원하여 쪽 염색한 직물의 염착량(K/S값)은 660nm에서 최대값을 나타내었다. 염착량은 섬유종류에 따라 차이를 보여, 아마직물, 면직물 및 면혼방직물의 염착량은 아마혼방직물의 염착량에 비해 높게 나타났다.

셋째, 포도당으로 환원한 쪽 염액으로 염색시 염색조건에 따라 색채특성과 염착량은 염색조건에 따라 부분적으로 유의한 차이를 보였다. 면직물과 면혼방직물은 50°C의 중성(pH 7) 염액에서, 아마직물과 아마혼방직물

(표 5) 포도당 환원으로 쪽 염색한 직물의 일광, 드라이클리닝, 마찰 및 땀 건뢰도

구분	염색조건		염색 건뢰도(등급)					
	pH	온도(°C)	일광	드라이클리닝		마찰	땀	
				오염	변퇴색		건조상태	산성
면직물	7	21	4-5	4	4	3	4-5	4-5
	11	50	4-5	4	4-5	2-3	4-5	4-5
아마직물	7	21	4-5	4	4	2	4-5	4-5
	11	50	4-5	4	4	2	4-5	4-5
면혼방 직물	7	21	4-5	4	4-5	3	4-5	4-5
	11	50	4-5	4	4-5	3	4-5	4-5
아마혼방 직물	7	21	4-5	4	4-5	2-3	4-5	4-5
	11	50	4-5	4	4-5	3	4-5	4-5

은 21℃의 중성(pH 7) 염액에서에서 염색하는 경우의 염착량이 높게 나타났다.

넷째, 포도당으로 환원한 쪽으로 염색된 직물의 염색 견뢰도는 섬유종류 및 염색조건에 관계없이 마찰 견뢰도를 제외한 염색 견뢰도가 대부분 4-5등급으로 나타나 염색 견뢰성이 우수한 편이었다.

최근 염색을 포함한 의류산업에서 친환경적 기술 적용에 관심을 기울이고 있음을 감안해 볼 때, 쪽 염색시 일반적으로 사용하는 하이드로설파이트 환원제 대신에 포도당을 사용하고 상온 염색 등 친환경적 염색방법을 시도하였다는 점에서 본 연구의 의의가 있다고 생각한다. 그러나 면직물과 아마직물을 대상으로 4가지 염색조건을 설정하여 1회 쪽 염색한 결과이므로 연구결과의 확대 해석은 신중을 기할 필요가 있으며, 포도당으로 환원하여 쪽 염색시 반복염색 등을 통하여 염착량을 높이기 위한 추가적인 연구가 필요하다. 아울러 직물 뿐 아니라 편성물 소재를 대상으로 친환경적 쪽 염색방법에 대한 연구결과가 축적되어 환경과 미래에도 지속가능한 발전을 고려하는 로하스 소비자들을 위한 천연염색소재를 활용한 패션상품 개발에 도움을 줄 수 있기를 기대한다.

주제어: 쪽 염료, 염색특성, 염색 견뢰도, 포도당, 환원

REFERENCES

- 고정원, 이성림, 김민정(2010). 소비자의 로하스 소비의 식과 로하스 상품소비. *소비자학연구*, 21(4), 89-112.
- 김미경(2013). 지속 가능한 친환경 셀룰로오스 섬유의 쪽 천연염색에 관한 연구 및 활용방안. 이화여자대학교 박사학위논문.
- 김미경, 전동원(2011). 면직물의 쪽 천연염색에서 염색조건의 변화가 염색성에 미치는 영향. *패션비즈니스*, 15(4), 144-154.
- 김미경, 최인려(2013). 천연발효에 의한 쪽염색 직물의 특성에 관한 연구. *패션과 니트*, 11(3), 1-9.
- 박정례(2013). 환원조건에 따른 천연 쪽의 직물별 염색성. 이화여자대학교 박사학위논문.
- 박지희, 소황옥(2004). 한·중·일 남염(濼染)의 비교 연구. *한복문화*, 7(1), 29-40.
- 배정숙(2009). 쪽과 괴화를 이용한 복합염색(1): 셀룰로오스 섬유를 중심으로. *한국염색가공학회지*, 21(2), 29-39.
- 송화순, 김병희(2004). *아름다운 우리의 색 천연염색*. 서울: 숙명여자대학교 출판부.
- 신윤숙, 조아람, 류동일(2009). 포도당 환원을 이용한 천연 인디고 염색. *한국염색가공학회지*, 21(3), 10-18.
- 유혜자, 이해자(2003). 쪽과 홍화를 이용한 색상배합 염색. *한국염색가공학회지*, 15(4), 32-38.
- 유혜자, 이해자(2008). 리오셀 직물의 수지가공효과와 염색성. *한국의류학회지*, 32(7), 1095-1103.
- 이나을(2015). *우리가 정말 알아야 할 천연염색*. 서울: 현암사.
- 임혜미(2010). 로하스 성향에 의한 친환경 농산물 신뢰가 만족도와 재구매의도에 미치는 영향, 제주대학교 석사학위논문.
- 정관채(2015). *한국 전통 쪽물 염색*. 나주: (재)나주시천연염색문화재단 출판부.
- 정인모, 남성우, 김인희(1998). 쪽 色素에 의한 絹纖維染色에 관한 研究: 발효염색에 대하여. *한국잡사군중학회지*, 40(1), 78-85.
- 조경래(2010). *천연염색의 이해*. 부산: 아취헌.
- 조민영(2009). 로하스(LOHAS) 패션 디자인 연구. 창원대학교 석사학위논문.
- 홍희숙, 고애란(2009). 웰빙 의류상품 구매의도에 의복추구혜택이 미치는 영향: 친환경 의류상품 및 건강기능성 의류상품을 중심으로. *한국의류학회지*, 33(11), 1839-1852.
- Kulandainathan, M. A., Muthukumaran, A., Patil, K., & Chavan, R. B. (2007). Potentiostatic studies on indirect electrochemical reduction of vat dyes. *Dyes and Pigments*, 73(1), 47-54.
- Liles, J. N. (1990). *The art and craft of natural dyeing: Traditional recipes for modern use*. Knoxville: The University of Tennessee Press.
- Saikhao, L., Setthayanond, J., Karpkird T., & Suwanruji, P. (2017). Comparison of sodium dithionite and glucose as a reducing agent for natural indigo dyeing on cotton fabrics. *MATEC Web of Conferences* 108, 1-4.
- Vuorema, A., John, P., Keskitalo, M., Kulandainathan,

M. A., & Marken, F. (2008). Electrochemical and sonoelectrochemical monitoring of indigo reduction by glucose. *Dyes and Pigments*, 76, 542-549.

Received 30 May 2019;
1st Revised 25 July 2019;
Accepted 08 August 2019