천연 쪽 분말염료의 현황 및 염색특성 연구

오지은 · 안춘순[†]

인천대학교 대학원 의류학과

A Study on the Current Status and Dyeing Characteristics
of Natural Indigo Powder DyeJeeun Oh · Cheunsoon Ahn[†]

접수일(2011년 1월 7일), 수정일(1차 : 2011년 3월 31일, 완료일 : 2011년 4월 5일), 게재확정일(2011년 4월 26일)

Abstract

This study investigates the current status and dyeing properties of various natural indigo powder dyes in the domestic market. Products from India, China, Europe are sold in the market and only a few manufacturers provide recommendation for the method of dyeing and information on the additives. Through the market research and the preliminary investigation on 21 products, 11 were selected for the dyeing experiment which include 3 Indian, 3 Chinese, 2 German, and 1 Pakistani origin indigo reduced powders, and 2 Indian origin dried indigo leaf powder. The two dyeing methods used were the precipitation method and the fresh juice method, both at 10°C, 25°C, and 60°C. Color difference, K/S value, and colorfastness of dyed cotton fabrics were examined. Indian reduced indigo powder showed the highest K/S value, deep dyeing, and the best color fastness. Chinese reduced indigo powder resulted in a more greenish and bluish color. Powders of dried indigo leaves were easy to use but resulted in a pale color due to low dye uptake.

Key words: Indigo, Powder dye, Natural dyeing, Reduced indigo powder, Dried indigo leaf powder; 쪽, 분말염료, 천연염색, 발효쪽 분말, 생쪽 분말

I. 서 론

쪽(indigo)은 대표적인 천연염료의 하나로서 고대로부터 직물을 염색하는데 널리 사용되어 왔으며 여타의 천연염료에 비해 우수한 견뢰도(Crews, 1987; Ye et al., 2000)를 지닐 뿐만 아니라 항균성, 항암성(Han & Choi, 2000; Lin et al., 2009; Seo, 2008) 등 위생학적으로도 많은 이점이 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 쪽풀로부터 염료를 얻는 과정이 복잡하고 대개의 경우 장기간 보관된 건조 쪽풀을 그대로 염색에 사용하기 어려

워 수확시기를 맞춰야 하는 등 제한점이 있어(Song & Cho, 2008) 일반인들이 쉽게 시도하기 어려운 염색 중 하나였다. 그런데 최근 분말화 된 쪽 염료가 시판되면서 일반인들도 손쉽게 염색 가능해진 것은 물론 쪽 염색제품의 상품화와 일부 연구용도로 이용되고 있다(Jung & Sul, 2007; Kim, 2010; Woo, 2010; Yoo, 2007; Yoo & Lee, 2003). 특히 연구용도의 측면에서 볼 때 전통적 방식으로 쪽 염료를 만드는 과정이 환경적 영향을 많이 받아 정량적 연구에 어려움이 많은 반면 분말 타입의 쪽은 정량화가 가능하다는 장점이 있으므로 직물의 염색 외에도 다양한 응용분야에서 활용되고 있다(Han & Choi, 2000; Seo, 2008; Woo, 2010). 본 연구는 국내에서 시판되고 있는 천연 쪽 분말염료의 현황을 조사하고 일부 제품을 선정하여 면직물에 대한 염색특

[†]Corresponding author

E-mail: cssong@incheon.ac.kr

본 논문은 2010년 인천대학교 교내연구비 지원에 의해 연구되었음.

성의 차이를 조사하는데 목적을 둔다. 용어의 혼동을 피하기 위해 염료를 지칭하는 데는 용어, ‘쪽’을 사용하고 쪽 염료 안에 함유되어 있는 색소성분을 지칭하는 데는 ‘인디고틴(indigotin)’을 사용하기로 한다.

II. 연구배경

현재 국내에서 시판되고 있는 천연 쪽 분말염료는 대부분 수입상품이며 사용된 분말제조법이나 색소 및 기타 성분의 함량 등이 명시되지 않은 것이 대다수이다. 또한 분말제품별로 원하는 색상을 얻기 위한 최적의 염색조건과 염료의 염색특성이 제시되어 있지 않은 것이 많다. 따라서 소비자들이 자신의 목적에 맞는 쪽 분말염료를 선택하는 데 어려움이 따르며 적합한 염색 방법을 도입하는 것도 어려운 현실이다. 쪽 분말염료를 실험재료로 이용한 선행연구들을 보면 Han and Choi (2000)는 발효쪽 추출물의 항균효과와 항암효과를 조사하기 위해 동결건조 방법으로 쪽을 직접 분말화하여 사용하였으며, Shin et al.(2009a, 2009b)은 동결건조 방법과 열풍 및 상온건조 방법을 이용해 쪽 분말을 제조하여 저장 안정성과 염색성을 조사하는 등 대개 연구자 자신이 제조한 쪽 분말염료를 사용하고 있다. 그러나, 연구자가 실험용으로 제조한 쪽 분말염료는 상용화되지 않으므로 일반 소비자가 구입할 수 없을 뿐만 아니라, 소규모로 각기 다른 방법으로 제조되므로 산업적으로 규격화하여 응용하는 것 또한 어렵다.

선행연구 중 시판되고 있는 천연 쪽 분말염료를 실험재료로 이용한 연구에는 쪽과 홍화를 이용해 배합색상을 연구한 Yoo and Lee(2003)와 쪽과 쑥을 이용해 배합색상을 연구한 Yoo(2007)가 있으며 쪽 염색을 한지직물에 응용한 Woo(2010)의 연구가 있다. 시판하는 쪽 분말염료를 이용하되 원산지, 제조국, 판매처 등을 명확하게 밝힌 연구로는 일본에서 제조된 인도 쪽 분말염료를 사용해 쪽과 울금 및 치자의 복합염색 효과를 조사한 Jung and Sul(2002)과 인도산 쪽 분말염료를 이용해 면직물의 염색성을 조사한 Kim(2010)이 있다. 그러나 아직까지 시판되고 있는 분말 쪽 염료 전반에 대한 조사는 전무한 실정이다.

쪽은 350여종이 세계 각지에 광범위하게 분포하며 현재 재배되고 있는 대표 종은 인도, 필리핀 등지에서 재배되는 인도람(*Indigofera tinctoria*), 우리나라를 비롯해 일본, 중국에서 재배되는 요람(*Polygonum tinctoria*, 유럽에서 널리 재배되는 대청(*woad*, *Isatis tinctoria*)

등이다(Chung et al., 1998b). 쪽의 염색방법은 대체로 생잎을 바로 사용하는 방법(이하 생엽 염법), 색소를 침전시켜 남(藍)을 만든 후 필요할 때 발효하여 사용하는 방법(이하 침전 염법), 잎을 갈아서 덩어리로 만든 후 숙성시키고 필요할 때 발효하여 염색하는 방법으로 분류할 수 있다(Lee, 2004).

천연 쪽의 주 색소성분은 인디고(indigo) 혹은 인디고틴(indigotin)이라고도 불리는 불용성의 청색 색소이다. 본고에서는 후자의 용어를 사용하기로 한다. 쪽에는 인디고틴 외에도 인디루빈(indirubin)이 소량 함유되어 있는데 인디루빈은 인디고틴의 이성질체로서 항균성 및 항암성이 있어 골수염이나 백혈병 등에 대한 치료효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Adachi et al., 2001; Liao et al., 2007).

일반적으로 쪽풀의 생잎에는 청색 색소가 인디고틴으로 존재하는 것이 아니라 인디고틴으로 변화 될 수 있는 글루코스 화합물인 무색의 인디칸(indican)으로 존재한다(Minami et al., 2000; Torimoto, 1987). 물 속에서 쪽의 생잎을 쥘으면 인디칸은 잎 속에 있는 효소 β -glucosidase의 발효작용에 의해 가수분해 되어 노란색을 띄는 인독실(indoxyl)과 글루코스로 분해되며(Minami et al., 2000) 인독실은 공기와 접촉하면 바로 청색의 인디고틴으로 변화된다. 인디고틴은 물에 녹지 않으나 알칼리 조건에서 환원하면 수용성인 무색의 류코화합물(leuco compound)로 변한다. 이 반응은 가역적인 반응으로서 수용성 구조는 공기 중의 산소와 만나면 다시 산화되어 불용성의 인디고틴으로 변한다(Torimoto, 1987). 이와 같은 쪽의 화학적 특성은 쪽 염색방법과 쪽 분말염료의 제조에서 중요한 역할을 한다.

국내 선행연구에 나타난 쪽 분말염료의 제조방법은 약간씩 차이가 있으나 크게 생쪽잎 혹은 생쪽잎과 줄기로부터 염료를 추출한 후 염료 침전물을 분말화한 것(Chung et al., 2005; Chung et al., 1998a; Chung et al., 1998b; Chung & Woo, 2002; Kang & Ryu, 2001; Shin et al., 2010; Shin et al., 2008; Son et al., 2010)과 생쪽잎 자체를 분말화한 것(Han & Choi, 2000; Shin et al., 2009a, 2009b)으로 나뉜다(Table 1). 염료 침전물로 쪽 분말염료를 만든 연구에서는 염료 침전물을 얻기 위해 쪽잎을 물속에 담가서 우려낸 후 잎을 건져내고 소석회 등을 첨가하고 콤푸레사 등으로 공기를 주입하는 방식을 취하고 있는데(Chung et al., 1998a; Chung et al., 1998b; Chung & Woo, 2002 등) 이때 소석회는 쪽잎의 발효를 담당하고 공기는 인독실의 산화

Table 1. Example of production methods of indigo powder dye introduced in Korean journal papers

Resource	Method	Drying method	Freeze drying (-45~-50°C)	Oven (hot air) drying (50~60°C)
Dye extracted from indigo leaf	Soak raw indigo leaf in water. Take out the leaf. Add calcium hydroxide in the above water, add air. Freeze dry or oven dry the residue. Grind into powder.		Chung et al. (1998a) Chung et al. (1998b) Chung and Woo (2002)	Kang and Ryu (2001) ¹⁾ Chung et al. (2005) ²⁾ Shin et al. (2008)
				Shin et al. (2010) ³⁾ Son et al. (2010) ³⁾
Indigo leaf itself	Freeze dry or oven dry the indigo leaf itself. Grind into powder.		Han and Choi (2000) ⁴⁾ Shin et al. (2009a)	Shin et al. (2009b)

¹⁾ Instead of injecting air using the compressor, stir vigorously using rotary stirrer.

²⁾ Add acetic acid instead of calcium hydroxide.

³⁾ Air is not injected in. Niram is made with the residue.

⁴⁾ Used dry indigo leaf.

를 일으켜 인디고틴을 생성하는 것으로 판단된다. 일반적으로 이것을 발효쪽 분말이라고 부르며(Chung et al., 1998a; Chung & Woo, 2002) 발효쪽 분말은 염료 성분 외에 소석회 등의 성분을 포함하고 있다. 반면 생쪽잎 자체를 분말화한 염료는 무기질 성분은 없으나 잎 자체가 분말화 되었으므로 염료 성분 외의 잎이나 줄기가 불순물로 함유되어 있다. 일반적으로 이와 같은 쪽 분말염료를 생쪽 분말이라고 부르며 분말의 색상은 연두색을 띤다(Shin et al., 2009a, 2009b). 염료 침전물이나 생쪽잎을 분말화하기 위해 Chung et al. (1998b), Shin et al.(2009a) 등은 동결건조 방법을 사용하였으며 Kang and Ryu(2001), Shin et al.(2010) 등은 오븐건조 방법을 이용하였다.

쪽 분말염료의 염색방법으로 발효쪽 분말을 사용한 Chung and Woo(2002), Shin et al.(2008), Son et al.(2010), Shin et al.(2010)와 생쪽 분말을 사용한 Shin et al.(2009b)은 하이드로술파이트를 사용한 환원염색을 도입하였으며 Chung et al.(1998b)은 쪽 분말의 발효를 위해 글루코스를 이용하였다. 반면 Shin et al.(2009a)은 하이드로술파이트 없이 쪽 분말만을 이용해 저온염색법을 도입하였는데 이는 쪽의 생잎을 갈아 즙을 내어 바로 염색하는 생엽 염법과 유사하다(Kim, 1995; Ju & Ryu, 2004; Jung, 2002; Park et al., 2005). 또한 Shin et al. (2008), Son et al.(2010), Shin et al.(2010)은 자동염색기를 이용하여 환원과 염색을 1단계로 진행하였다.

III. 연구방법

1. 시판 쪽 분말 상품 현황조사

국내에서 유통되는 쪽 분말염료 중 일반 소비자가

소매로 구입 가능한 제품의 종류와 가격 및 현황을 인터넷 검색과 판매처 자문을 통하여 알아보았다. 또한 21종의 염료를 직접 구입하여 육안관찰 및 염색을 통해 분말의 특성을 조사하였다. 이들 염료 중 예비실험을 통하여 동일 상품을 제외시키고 인터넷 조사 등을 통해 아래 기준에 의해 11종의 염료를 선정하여 염색 특성을 조사하였다.

- 2009~2010년 현재 국내에서 시판되어 소비자 구매가 가능한 제품
- 다양한 원산지화 분말타입이 포함되게 하고 비교적 판매가 활발한 업체의 제품
- 판매처만 다르며 제품이 동일하여 중복되는 제품은 1종만 선택
- 염색 외의 용도로 판매되는 제품으로서 실험에 적합하지 않은 것은 제외
- 염색결과 육안으로 보았을 때 얼룩이 심하여 색차 측정 등에 부적합한 것은 제외

2. 실험

1) 재료

현황조사를 바탕으로 11종의 쪽 분말염료를 선정하여 염색실험대상으로 하였다. 실험에 사용한 염료는 원산지별로 인도, 중국, 독일, 파키스탄 제품이며 발효 쪽 분말과 생쪽 분말을 포함한다. 대조구로 합성인디고(Sigma Aldrich, Saint Louis)를 표준염료로 사용하였다. 시약으로는 aluminum potassium sulfate(DC Chemical Co. Ltd., Seoul), sodium hydrosulfite(DC Chemical Co. Ltd., Seoul), sodium hydroxide(OCI Company Ltd., Seoul)를 매염제, 환원제, 알칼리제로 각각 사용하였다. 염색을 위한 면직물은 KS K 0905 염색견뢰도 시

험용 첨부백포의 규정에 부합하는 면직물(면 100% 평직, 35×31/cm, 115±5g/cm³)을 사용하였다.

2) 실험방법

(1) 염색

11종의 쪽 분말과 합성인디고를 사용해 면직물을 염색하였다. 쪽 분말제품의 판매사 추천내용을 바탕으로 총 두 가지 염색방법을 도입하였는데 발효쪽 분말과 합성인디고의 염색은 방법A를, 생쪽 분말의 염색은 방법B를 사용하였으며 염색온도는 10°C, 25°C, 60°C의 세 가지 조건을 적용하였다. 전통염색에서 발효쪽은 특별한 승온과정 없이 실온에서 염색이 이루어지고 생염 염법은 얼음물 또는 찬물에서 염색이 이루어진다(Bingheogakissi, 1809/2008; Seo, 1983). 본 연구에서는 선행연구에 기초를 두고 실온에서 환원하는 방법을 취하였다. 염색온도는 대략 30~40°C의 온수이거나 찬물이며 선행연구는 60°C를 최적의 염색온도로 보고하고 있으므로(Shin et al., 2008; Son et al., 2010) 염색온도조건을 10°C, 25°C, 60°C로 달리하여 그 차이를 살펴보았다. 또한 생쪽 분말로 직물을 염색한 Han and Choi(2000), Shin et al.(2009b)이 환원염색법을 도입한 반면 판매사에서는 Shin et al.(2009a)과 유사한 생염법 추천하고 있으므로 판매사의 추천방법에 기초를 두고 생염법에 따라 염색하였다.

① 방법 A

25°C의 증류수 2L에 sodium hydrosulfite 10g/L와 쪽 분말염료 20g/L를 풀고 NaOH 3.5g/L 내외를 사용해 염액의 pH를 11로 맞추어 염액을 제조하였다. 실온에서 2시간 동안 염액을 방치한 뒤 침전물이 걸러지도록 상등액만을 따라 염색에 사용하였다. 약 30cm×30cm 크기의 면직물(약 10.8g)을 1% o.w.f의 명반액(aluminum potassium sulfate)으로 40에서 20분간 선매염한 후 물로 행구었다. 염액을 세 가지 온도조건으로 각각 준비하고 액비 1:50으로 하여 20분간 염색한 후 5분간 수세하여 산화발색시킨 후 자연건조하였다.

② 방법 B

15°C의 증류수에 쪽 분말염료 20g/L를 넣고 20분간 잘 풀어 주었다. 제조한 염액을 거름망으로 걸러 염액만 추출하였다. 이때 NaOH나 환원제를 넣지 않은 상태이며 pH값은 약 4이다. 총 2L를 제조하여 침전물이 걸러지도록 거름망을 이용해 상등액을 따라 염액을 준비하였다. 방법A와 동일한 방법으로 면직물을 선매염하였다. 염액을 세 가지 온도조건으로 준비하여 20분

간 염색을 실시하였으며 염색 후 5분씩 수세과정을 통하여 산화발색 시킨 후 자연건조하였다.

(2) 측색 및 K/S값 산출

분광 측색계(JS-555)를 이용하여 염색한 직물의 L*a*b*값 및 Munsell 표색계 변환법에 따른 H, V/C값을 구하고 Kubelka-Munk식에 따라 최대 흡수파장에서의 표면반사율값을 통하여 K/S값을 산출하였다.

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

여기서 R: 최대 흡수파장에서의 표면반사율

K: 흡광 계수

S: 산란 계수

(3) 염색견뢰도 측정

염색견뢰도는 한국의류시험연구원(KATRI)에 의뢰하였다. KS K ISO 105-C01(Laundry-O-meter법)에 준하여 세탁견뢰도를 시험하고, KS K 0650 크로크미터법에 따라 마찰견뢰도, KS K ISO 105-B02에 따라 일광견뢰도를 시험한 후 시료의 변태색과 첨부백포의 오염 정도를 그레이 스케일로 판정하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 국내 시판 쪽 분말 상품 현황조사

<Table 2>는 본 연구의 현황조사를 위해 직접 구입하여 관찰한 21종 쪽 분말염료의 리스트로서 제조회사와 제품명은 생략하였다. 조사결과 국내에서 인도, 중국, 유럽(독일 및 파키스탄)산 쪽이 주로 유통되고 있었으며 이 중 인도산과 중국산 제품이 절대적인 비중을 차지하고 있었다. 가격은 평균 198.5원/g으로 최고 900원/g에서 최저 29원/g으로 그 차이가 30배 이상났다. 분말의 용도는 천 염색 외에 비누 제조용으로 판매되는 제품도 있었는데 이들은 천 염색용 제품에 비해 비교적 가격이 저렴했다. 외관 색상은 푸른색과 녹색의 두 가지로 푸른색은 비교적 색이 진한 남색부터 회색빛을 띠는 푸른색으로 그 색상이 다양했다. 국내에서 자생한 쪽을 직접 가공한 순수 국내산 분말상품은 연구 및 실험용으로 소량 제조하여 제조자가 직접 사용하는 경우가 많았고 대량 제조되어 판매되고 있지 않았다. 간혹 원산지가 국내로 표시되어 판매되는 경우가 있었으나 이들 상품 모두 용도가 천연비누 제조용이었다. 비누용 쪽 분말은 용도가 염색용은 아니나 일반적인 쪽 염료에 비해 가격이 저렴하여 소비자가 이를 구매, 염색에 사용할 가능성을 고려하여 함

Table 2. Information on the commercial indigo powder¹⁾

No.	Origin	Price (₩/g)	Visual color	Recommended usage	Product information
1	India	290	blue	fabric dyeing	additive information provided
2	India	270	blue	fabric dyeing	high concentrated powder
3	India	200	blue	fabric dyeing	name of the plant used provided
4	India	190	blue	fabric dyeing	no information
5	India	220	blue	fabric dyeing	no information
6	India	230	blue	fabric dyeing	no information
7	India	170	blue	fabric dyeing	no information
8	China	70	blue	fabric dyeing	no information
9	China	70	blue	fabric dyeing	chungdai
10	China	29	blue	fabric dyeing	additive information provided
11	Germany	900	blue	fabric dyeing	additive information provided
12	Germany	300	blue	fabric dyeing	no information
13	Pakistan	420	blue	fabric dyeing	product of concentrated powder of USA
14	India	130	green	fabric dyeing	ground powder of raw indigo
15	India	100	green	fabric dyeing	raw indigo powder, plant source/ powder production method provided
16	USA	175	blue	natural soap	no information
17	Korea	100	blue	natural soap	chungdai powder, indigo
18	Korea	113	blue	natural soap	chungdai, additive information provided
19	China	87	blue	natural soap	chungdai, reduced powder, domestic finish
20	China	54	blue	natural soap	chungdai powder, reduced indigo
21	no information	50	blue	natural soap	chungdai, indigo powder

¹⁾Product name and the company name are omitted.

게 관찰 하였으나 예비 염색실험결과 천에 염착되지 않아 염료로 부적합함이 판명되었다. 따라서 본 염색 실험의 대상을 시판 쪽 분말 중 용도가 천 염색으로 권장되는 염료만으로 제한하였으며 천연비누 제조에 사용되는 쪽 분말은 제외하였다.

염색용으로 판매된 총 15종의 쪽 분말염료는 원산지로는 볼 때 인도산이 60%, 그리고 중국산이 20%였다. 독일 제품 2종은 쪽 분말염료와 함께 염색에 필요한 조제가 들어있는 키트(kit) 형식으로 판매되고 있었으며, 파키스탄산 제품은 미국에서 농축된 제품이었다.

염료 제품의 특성에 대한 여타의 정보가 제공된 것은 9종의 제품뿐이었다. 제품정보에 의해 14, 15번 제품이 생쪽 분말염료임을 알 수 있는데 두 제품의 외관 색상은 green 계열로서 생쪽 분말염료에 대한 선행연구의 외관 색상과 일치하였다(Shin et al., 2009a, 2009b).

상품정보가 제공된 나머지 제품들은 고농축 추출물, 인디고 추출물, 발효분말, 청대 등의 용어로 제품설명이 제공되어 있으며 외관 색상이 blue 계열로서 발효 쪽 분말에 대한 선행연구의 외관 색상 계열과 일치하였다(Chung et al., 1998b).

15종의 제품 중 분말의 조성성분비는 물론 쪽의 함량비가 구체적으로 명시된 것은 없었다. Blue 계열의 염색용 분말 중 청회색을 띠는 제품들은 석회성분 등이 첨가되었을 것으로 짐작 되었으며 그 함량도 제품마다 다를 것으로 확실시되나 단지 1, 10, 11번 만이 첨가물 함유여부를 명시하고 있고 이들 또한 함량비는 제공되어 있지 않았다. 따라서 쪽 염색에 대한 기초지식 내지는 전문적 지식이 없는 소비자가 해당 제품들을 구입하여 염색하고자 할 경우에 염료 사용량, 염색조건 등을 조절하여 원하는 색상의 염색물을 얻

는데 어려움이 따를 수밖에 없다.

판매처로부터 염색방법이 추천 혹은 제시된 상품은 15종 중 9종이었다. 인도산 1번은 배트염료와 동일한 염색법을 사용하도록 지시하고 있으며 인도산인 2, 5, 6번과 중국산 10번은 염액의 환원을 위해 1~2시간 동안 60~70°C로 유지해야 한다는 점, 환원시 염액의 pH를 11로 맞추어야 한다는 점 등 공통점을 지니고 있었다(Table 3). 염액의 환원을 위해 몇도에서 얼마간 방치해야 하는지 여부가 불분명하거나 알칼리 사용여부가 불분명한 경우, 염색온도와 시간이 불분명한 경우도 있었다. 독일 제품인 11번은 전처리제와 염색제의 kit로 구성되어 있는데, 전처리제가 하이드로술파이트와 알칼리를 포함하므로 위 6종의 상품과 같은 부류이다. 이들 7종의 쪽 분말은 방법상 다소의 차이와 정보가 부족한 면이 있으나 Chung et al.(1998a), Shin et al.(2010) 등에서 소개된 발효쪽 분말의 염색방법과 유사하다. Chung et al.(1998b)은 글루코스와 수산화나트륨으로 발효한 쪽 분말염료로 염색할 때 염색온도를 30°C로 하였으며, Shin et al.(2008)과 Son et al.(2010)은 환원/염색을 1단계로 자동염색기로 염색할 때 60°C에서 K/S값이 가장 높게 나타났다고 보고하고 있어 Shin et al.(2008) 등의 방법은 판매처에서 권장하는 염색온도와 유사함을 알 수 있다. 반면, 판매처에서는 대체로 염액의 pH를 11로 조절하도록 권장하고 있으나 Son et al.(2010)은 모직물을 염색할 때 pH가 7.7

부근에서 K/S값이 가장 높고 더 푸르게 염색되었으며(-b값), Shin et al.(2010)은 면직물을 염색할 때 수산화나트륨을 사용하지 않았을 때 K/S값이 더 높고, 더 푸르게 염색된 것을 볼 때 판매처와 선행연구 사이에 pH 조건에 있어서는 차이가 있음을 확인할 수 있다.

생쪽 분말인 14번과 15번 제품은 환원제를 사용하지 않고 쪽 분말을 망에 넣고 열음물 속에서 치대어 쪽물을 우려내도록 추천하고 있어 이는 문헌에 제시된 생엽 염법과 같다(Bingheogakissi, 1809/2008; Seo, 1983). 반면, Shin et al.(2009b)은 생쪽 분말염료를 환원염법으로 염색하였으므로 이는 판매처에서 제시하고 있는 방법과 일치하지 않음을 알 수 있다.

2. 염료별 염색특성

원산지와 분말타입을 고려하여 선정된 11종의 쪽 분말염료와 대조구인 합성인디고를 포함한 총 12종 염료의 염색특성은 <Table 4>와 같다. 육안으로 관찰하였을 때 발효쪽 분말은 염색온도와 제품에 관계없이 모두 파랑계 염색된 반면, 생쪽 분말은 매우 얼은 색상의 옥색 계열로 염색된 것을 확인할 수 있었다.

1) 발효쪽 분말의 염색특성

발효쪽 분말의 염색시 본 연구에서는 판매사의 추천방법을 기초로 하여 물에 하이드로술파이트와 분말

Table 3. Dyeing method of indigo powder recommended by the company¹⁾

No.	Method of making the dye bath						Dyeing method	
	Reducing agent	Alkali	Adjust pH	Temperature (°C)	Time (Hour)	Action	Temperature (°C)	Time (Min)
2	yes	yes	yes (pH 11)	60~70	1	stir, then let it sit	not clear	5~30
3	yes	yes	not clear	hot water	not clear	stir	not clear	5~10
5	yes	not clear	yes (pH 11)	60~70	1~2	stir the half time point, then let it sit	30~40	5~10
6	yes	yes	yes (pH 11)	70	1	let it sit	warm	not clear
10	yes	not clear	yes (pH 11)	60~70	1~2	stir at the half time point, then let it sit	30~40	5~10
14	no	no	no	very cold water	until indigo dye is extracted	put in the net and rub down	cold water	10~20
15	no	no	no	ice water	until indigo dye is extracted	rub down	add ice	20~30

¹⁾Number 1 which is recommended of vat dyeing method and number 11 which was in the form of kit are excluded in the table.

Table 4. Dye uptake and color measurement of cotton dyed with indigo powder product under different dyeing temperatures

Product Number (Origin)	Dyeing temperature (°C)	K/S	CIELAB			Munsell value		
			L*	a*	b*	H	V	C
Standard White		0.00	97.87	-0.00	0.03	0.00	9.69	0.00
1 (Indian reduced)	10	17.63	23.87	-1.70	-14.37	9.41 B	2.33	2.79
	25	16.96	25.73	-2.50	-14.83	8.73 B	2.51	2.90
	60	13.09	31.67	-3.97	-17.66	8.27 B	3.09	3.47
2 (Indian reduced)	10	18.67	19.27	-0.02	-10.10	0.46 PB	1.87	1.81
	25	19.83	20.83	-1.02	-11.60	9.51 B	2.03	2.21
	60	18.45	22.31	-1.44	-12.34	9.19 B	2.18	2.37
3 (Indian reduced)	10	17.83	24.68	-2.00	-15.31	9.35 B	2.41	2.99
	25	16.69	26.41	-2.67	-15.46	8.75 B	2.58	3.03
	60	13.86	31.05	-4.03	-17.74	8.23 B	3.03	3.47
8 (Chinese reduced)	10	7.65	40.71	-4.09	-20.91	9.18 B	3.95	4.36
	25	6.26	43.55	-4.37	-20.39	8.92 B	4.22	4.28
	60	3.74	50.65	-4.62	-19.99	8.62 B	4.91	4.29
9 (Chinese reduced)	10	4.63	48.31	-6.57	-19.29	7.11 B	4.68	4.26
	25	4.03	49.77	-5.82	-19.23	7.58 B	4.83	4.19
	60	2.66	55.19	-6.63	-16.71	6.11 B	5.36	3.79
10 (Chinese reduced)	10	4.53	48.61	-5.96	-18.71	7.31 B	4.71	4.08
	25	3.53	51.65	-5.98	-18.35	7.24 B	5.01	4.03
	60	2.15	58.23	-6.53	-17.03	6.32 B	5.65	3.87
11 (German reduced)	10	17.73	21.25	-0.62	-11.46	9.98 B	2.07	2.12
	25	17.15	22.78	-0.99	-13.54	9.98 B	2.22	2.57
	60	14.79	28.18	-2.84	-15.94	8.72 B	2.75	3.08
12 (German reduced)	10	13.86	30.66	-3.35	-18.09	8.87 B	2.99	3.48
	25	11.54	33.84	-4.01	-18.04	8.38 B	3.29	3.60
	60	6.62	42.74	-5.47	-18.80	7.68 B	4.15	3.99
13 (Pakistan)	10	17.53	20.99	-0.29	-11.71	0.48 PB	2.04	2.16
	25	16.69	21.78	-0.40	-11.94	0.37 PB	2.12	2.20
	60	16.69	25.93	-2.19	-15.77	9.28 B	2.53	3.06
14 (Indian raw indigo)	10	0.12	92.57	-3.21	3.86	0.00	9.15	0.00
	25	0.16	90.99	-3.87	3.76	8.47 GY	8.99	1.55
	60	0.24	83.53	1.70	-1.02	6.31 GY	8.22	0.64
15 (Indian raw indigo)	10	0.21	89.02	-3.25	5.78	6.79 GY	8.79	1.63
	25	0.25	88.69	-2.19	6.14	5.81 GY	8.75	1.57
	60	0.32	80.33	2.40	0.25	2.03 GY	7.89	0.68
Synthetic indigo	10	32.59	16.26	3.60	-8.32	6.92 PB	1.57	1.29
	25	26.60	17.20	1.71	-8.60	3.32 PB	1.66	1.39
	60	16.73	24.53	-1.68	-14.00	9.35 B	2.39	2.69

염료를 넣고 pH를 11로 조절한 후 2시간 동안 실온에 방치한 뒤 세 가지 온도조건에서 염색하는 방법을 취하였다. 염색결과 발효쪽 분말시료의 경우 660nm에서 최대 흡수가 일어났는데 이는 Shin et al.(2010)이 자체 제작한 니람을 이용해 면직물을 염색한 연구와 같은 결과이다. 각각의 최대 흡수파장에서의 표면반사율값을 통해 산출한 염착량 즉 K/S값은 <Table 4>와 같다. 발효쪽 분말은 온도가 낮을수록 염착량이 증가하는 경향을 보였다. 본 연구에서 환원을 2시간 동안 실온에서 진행한 것을 감안할 때 Shin et al.(2010)의 직물에 대한 발효쪽 분말의 일단계 환원/염색연구에서 가장 낮은 환원/염색온도인 30°C에서는 환원/염색시간이 증가할수록(80분) 염착량이 증가한 것과 같은 결과이다. 그러나 자체 제작한 쪽 분말염료를 글루코스 발효하여 견직물을 염색한 Chung et al.(1998b)에서는 환원온도를 95°C로 하였을 때 염착량이 최대였고, 마찬가지로 Shin et al.(2008)의 텐셀염색과 Son et al.(2010)의 모직물 염색에서 환원온도를 60°C로 했을 때 염착량이 가장 좋았던 것과는 대조되는 결과이다. 반면, 본 실험의 결과 외관상의 균일성 면에서는 온도가 높을수록 균일하게 염색된 것을 확인하였는바, 균일한 염색을 위해서는 높은 온도의 염색이 더 효과적임을 시사하였다. 본 실험에서는 대체로 10°C 염색과 25°C 염색 간에는 K/S값의 차이가 적었으나 60°C 염색에서는 K/S값이 큰 폭으로 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같은 현상은 독일산인 12번 제품에서 두드러지게 나타났으며 중국산인 8, 9, 10번 제품, 그리고 대조구인 합성인디고에서도 관찰되었다. 원산지별로는 인도, 독일, 파키스탄의 발효쪽 제품의 K/S값이 평균 10 이상으로 평균 4.61의 중국 제품보다 염착량이 높은 것으로 확인되었다.

발효쪽 분말의 경우 염색온도가 높아질수록 CIELAB의 L*값과 Munsell value의 V값이 증가하여 명도가 높아짐을 알 수 있었다. 발효쪽 분말들은 세 가지 온도조건에서 모두 a*값이 음(-)의 값으로 초록 기운을 띠었으며 염색온도가 높아짐에 따라 a*값이 다소 감소하여 더욱 greenish해지는 것을 확인하였다. 또한 b*값이 음(-)의 값이며 절대값이 커서 확인한 blue 기운을 띠었는데, 중국산 제품을 제외하고는 온도 증가에 따라 더 bluish한 경향을 보였다. 반면 Munsell 색상으로는 온도 증가에 따라 점차 파랑(B)에서 녹색을 띠는 파랑(BG)쪽으로 변화하였는데 이는 온도 증가에 따라 a*값이 -쪽으로 더 기운 것과 일맥상통한 결과

이다. 다만, 본 연구에서는 모든 발효쪽 분말의 염색이 온도가 낮아질수록 파랑(B)에서 남색(PB)으로 변하는 경향을 보였는데 이는 30~80°C의 염색온도 중 60°C에서 가장 높은 PB값을 보인 Son et al.(2010)의 연구와는 차이가 있다. 또한 Ju and Ryu(2004)의 연구에서 염색온도가 높아질수록 인디루빈과 같은 이성질체가 생성되어 붉은 색이 증가하게 된다고 설명하고 있는데, 본 실험의 결과에서 온도가 낮아질수록 B에서 PB 계열로 색상이 변화하고 있는 것은 그 반대의 결과라고 하겠다. 그러나, 대조구로 사용한 합성인디고도 온도가 낮을수록 염착량이 높으며 B에서 PB 계열로 색상이 변화하였으므로 <Table 4> 본 실험에서도 도입한 발효쪽 분말제품들의 염색특성은 합성인디고의 염색특성과 동일함을 확인할 수 있었다.

발효쪽 분말 중 중국 제품의 b*값이 가장 낮아 더욱 푸른(bluish)색으로 염색되었다. 이는 Munsell 색상 체계로 H값은 모든 발효쪽 염색결과에서 B에서 PB에 이르는 값으로 푸른색의 값을 나타내었고 V값은 합성인디고<파키스탄발효<인도발효<독일발효<중국발효 순으로 CIELAB값의 L*값 결과와 동일한 결과를 보였다. C는 합성인디고<파키스탄발효<인도발효<독일발효<중국발효 순으로 중국 발효쪽 염료의 채도값이 높았다.

2) 생쪽 분말의 염색특성

생쪽 분말은 15°C에서 20분간 분말을 풀어 염액을 준비하고 환원제나 알칼리 없이 pH 4인 상태에서 세 가지 온도조건에서 20분간 염색을 진행하였다. 본 실험에서 사용한 생쪽 분말염액의 준비 온도는 Shin et al.(2009a)의 6°C보다 높고 Park et al.(2005)이 생즙을 준비한 온도 25~30°C보다 낮다. 본 연구에서는 염색온도를 10°C, 25°C, 60°C로 설정한 반면 생쪽 분말 혹은 생즙 염색에 있어서 Kim(1995)은 20°C와 60°C, Ju and Ryu(2004)는 20°C, 40°C, 60°C, Park et al.(2005)은 -5~80°C, Shin et al.(2009a)은 6°C를 사용하였다. 반면, 판매처에서는 염액의 준비와 염색을 모두 아주 찬물 혹은 얼음물을 사용하도록 권장하고 있다.

생쪽 분말로 염색한 시료의 경우 400nm에서 최대 흡수가 일어났으며 이는 발효쪽 분말염색의 결과와 매우 상이한 결과이다. 최대 흡수파장에서 알 수 있듯이 생쪽 분말은 가시광선 중 400nm 부근의 광선인 violet 이나 violet-blue 계통을 흡수하고 반대로 yellow 혹은 green-yellow 계통의 색상을 반사한 것을 의미한다

(Yoo et al., 2007). 이와 같은 결과는 Shin et al.(2009a)이 견직물에 자체 제작한 생쪽 분말염색시 최대 흡수파장이 620nm였던 것과는 차이가 있다.

생쪽 분말인 14번과 15번 제품으로 염색한 시료는 외관상으로 볼 때 색이 매우 옅었으며 색상 계열로는 옅은 옥색을 띄었다. 그러나 K/S값의 결과로 볼 때에는 세가지 온도조건 모두에서 K/S값이 0.12~0.32로 매우 낮았으므로 수치상으로는 염료의 염착률이 매우 낮거나 염착이 거의 이루어지지 않은 것으로 보였다. 이와 같은 결과는 견직물에 환원과정 없이 생염염을 시행한 Park et al.(2005)의 결과와 매우 유사하여 환원제를 사용하지 않고 염색한 것이 일차적으로는 가장 큰 원인인 것으로 추측되었다. 다만, 비환원법에 의한 생쪽 분말염료의 염색이 K/S값에 의거해서는 염착성이 매우 낮지만, 만일 옅은 옥색 계열을 원할 경우 판매처에서 권장하는 비환원법을 사용하는 것도 한 방법임을 알 수 있다. 자체 제작한 생쪽 분말을 이용해 견직물에 환원과정 없이 생쪽 분말을 염색한 Shin et al.(2009a)과 환원염색을 실시한 Shin et al.(2009b)의 연구결과에서 전자의 경우 K/S값이 대략 1.8~2.3 정도였으며 후자의 경우 K/S값이 20°C 염색에서는 1 정도이며 50°C 염색에서 5.5 정도인 것을 볼 때 본 연구의 결과는 일차적으로는 환원염법을 도입하지 않은데 있으나 그 외, 사용한 생쪽 분말제품의 제조일자도 비롯해 기타의 품질요소 또한 중요한 역할을 한 것으로 판단된다.

생쪽 분말은 염색온도가 높아질수록 K/S값이 증가하는 경향을 보이기는 하였으나 온도와 무관하게 K/S값이 매우 낮았다. Kim(1995)은 쪽 생즙을 이용하여 면직물을 염색한 결과 상온보다 60°C에서 염착량이 높게 나타났다고 하였으며 Ju and Ryu(2004)는 면직물의 경우 40°C에서 가장 높은 염착량을 보였고, Park

et al.(2005) 또한 온도가 높을수록 K/S값이 증가하여, 본 실험의 결과는 수치적으로 선행연구의 결과와 유사하다.

온도에 따른 색상의 변화를 볼 때 생쪽 분말인 14번과 15번 제품의 경우 발효쪽 분말제품들과는 달리 염색온도가 높아질수록 L*값과 V값이 감소하여 명도가 낮아짐을 확인하였다. 발효쪽 분말과는 반대로 생쪽 분말은 염색온도가 높아짐에 따라 a*값이 증가하는 경향을 보였는데 10°C와 25°C의 염색에서는 a*값이 음(-)의 값을 나타내고 60°C 염색에서는 두 제품 모두 양(+)의 값을 나타내 점차 빨강의 기운을 띄는 것을 볼 수 있었다. 또한 b*값에 있어서도 양(+)의 값으로 기본적으로 파랑보다는 노랑 기운을 많이 띠나 온도가 높아질수록 값이 감소하여 다소 푸르게 염색되는 경향을 보여 주었다. 이와 같은 현상은 Munsell의 색체계에서도 확인되었는데 생쪽 분말의 경우 염색온도가 높아짐에 따라 연두(GY)에서 점차 노랑을 띤 연두(GY값 감소)로 변화하였다.

발효쪽 분말과 생쪽 분말에 대한 이상의 염색결과를 종합해 보면 원산지별로 차이가 있기는 하나 대체로 발효쪽 분말은 염착률이 매우 높았으며 쪽 본연의 진한 파란색으로 염색되어 합성인디고의 염착특성과 거의 동일하였다. 반면 생쪽 분말은 염착률이 매우 낮아 외관이 흐릿하며 색상은 연두 계열로 염색되었다. 이와 같은 결과는 생쪽 분말의 경우 염료 성분을 추출, 엑기스화 한 것이 아니라 생잎 자체를 분말화한 것이므로 잎의 분말을 비롯해 염료외의 성분들을 많이 포함하고 있어 동량으로 염색할 경우 그 안에 들어있는 염료량이 상대적으로 적기 때문일 것으로 판단된다. 생쪽 분말로 염색한 시료의 색상이 GY 계열인 것은 바로 잎의 염록소 색소에 기인할 것으로 사료되며 Shin et al.(2009a)이 자체 제작한 생쪽 분말의 연구에서 436nm

Table 5. Colorfastness of cotton fabrics dyed with different products of indigo powder

(Unit: grade)

Colorfastness type		Colorfastness results						
		1	2	9	10	11	12	15
Washing	Gray change	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4
	Gray stain (cotton)	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Gray stain (wool)	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Abrasion	Dry	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Wet	3	3	4/5	4	3	4/5	4/5
Sunlight		higher than 4	higher than 4	2/3	3	higher than 4	3	2

와 664nm에서 클로로필 피크의 가능성을 시사한 것과 일맥상통한다. 또한 Ju and Ryu(2004), Shin et al.(2010) 등에서 언급한 바와 같이 반복염색을 통해 생쪽 분말의 염착성을 증가시키는 방안도 필요할 것이며 그 외 분말제품 내 인디루빈의 함량이 색상에 미치는 영향도 차후의 연구로서 필요할 것으로 본다.

3) 염색견뢰도

세탁견뢰도는 15번 생쪽 분말의 변퇴색(3/4급)을 제외한 모든 결과에서 모두 4/5급의 우수한 결과가 나왔다(Table 5). 건조시 마찰견뢰도의 경우 모두 4/5급으로 우수하게 판정되었으나 습윤시 마찰견뢰도의 경우 K/S값이 높았던 제품들이 K/S값이 낮았던 중국산 제품들에 비해 견뢰도 3급으로 낮은 습윤 마찰견뢰도를 갖는 경향이 있었다. 그러나 전반적으로는 K/S값이 높았던 인도산 1, 2번과 독일산 11, 12번이 다른 제품에 비해 견뢰도가 우수하여 색이 진할수록 견뢰도가 좋았다.

V. 결 론

본 연구에서는 국내에서 시판되고 있는 천연 쪽 분말의 현황을 조사하고 일부 염료를 선정하여 면직물에 대한 염색특성의 차이를 조사하였으며 이를 통해 도출된 결과는 다음과 같다.

1. 천연 쪽 분말 시장조사결과 국가별로 인도, 중국, 독일, 파키스탄, 미국, 한국 제품이 유통되고 있었으나 국내 제품은 천 염색용이 아닌 비누 제조용으로 판매되고 있었다. 인도와 중국 제품이 쪽 분말염료 시장의 80% 이상을 차지하고 있었다. 분말타입별로 외관 색상이 푸른 발효쪽과 외관 색상이 녹색인 생쪽 분말이 있었으며 천 염색 외에 비누 제조용으로 사용되는 제품도 있어 염료 선정시 주의를 요해야 함을 시사하였다.

2. 제품별 염색결과 및 염색특성을 조사한 결과 발효쪽 분말은 푸른색(B-PB) 계열로, 생쪽 분말은 녹색(GY) 계열로 염색되었다. 원산지가 같은 제품은 이에 따라 비슷한 염색특징을 지녔는데 특히 인도와 중국 제품이 그러하였다. 인도산 발효쪽 분말이 K/S값이 가장 높고 진하게 염색되었으며 이에 따라 종합적인 염색견뢰도 값이 가장 높았다. 중국산 발효쪽 분말이 녹색 기운(-a*)이 더 많고 더 푸른색으로(-b*) 염색되는 것을 알 수 있었다. 발효쪽 독일 제품의 경우 이처럼 분명한 특징을 보이지 않았으나 한 제품은 그 특성

이 인도 제품과 유사하고 다른 한 제품은 중국 제품과 유사하였다.

3. 생쪽 분말은 판매처에서 추천하는 비환원 염색법을 사용했을 때 염색방법은 쉬운 반면 염색이 거의 안되거나 옅은 옥색 계열로 염색된다. 따라서 옅은 옥색 계열의 색상을 발현하고자 할 경우에는 판매처에서 추천하는 염색방법을 따르나, 쪽의 진한 파란색 염색을 원할 경우에는 발효 쪽 분말을 선택하거나 선행 연구와 같이 환원법을 사용해야 함을 시사하였다.

4. 발효쪽 분말은 염색온도가 높을수록 색은 옅하게 발색되나 얼룩이 덜 지므로 균염도가 좋은 염색을 위해서는 높은 온도에서 염색하는 것이 적합하다. 생쪽 분말을 환원제를 사용하지 않고 염색했을 경우 옥색 계열의 색상에 다소 푸른끼를 원하면 높은 온도에서 염색하고, 푸른끼를 원치 않을 경우에는 낮은 온도에서 염색하는 것이 적합하다.

5. 모든 분말 쪽 제품이 전통적인 천연 쪽 염색과 마찬가지로 우수한 견뢰도 특성을 나타냈다.

천연 분말염료 시장의 성장에 비해 이에 대한 실증적 연구가 활발하지 않은 시점에서 본 연구의 결과가 시판 쪽 분말염료의 현황을 다소나마 이해하는데 보탬이 되기를 기대한다.

References

- Adachi, J., Mori, Y., Matsui, S., Takigami, H., Fujino, J., Kitagawa, H., Miller, C. A., Kato, T., Saeki, K., & Matsuda, T. (2001). Indirubin and indigo are potent aryl hydrocarbon receptor ligands present in human urine. *The Journal of Biological Chemistry*, 276(34), 31475-31478.
- Bechtold, T., Turcanu, A., Geissler, S., & Gangberger, E. (2002). Process balance and product quality in the production of natural indigo from *Polygonum tinctorium* Ait. applying low-technology methods. *Bioresource Technology*, 81, 171-177.
- Bingheogakissi. (2008). *Kyuhapchongseo* (Y. W. Jung, Trans.). Pajoo: Bojinjae. (Original work published 1809)
- Chung, I. M., Kim, H. B., Sung, G. B., Kim, Y. D., & Hong, I. P. (2005). Pure dyestuff extract from *Polygonum tinctoria*. *Korean Journal of Sericulture Science*, 47(2), 88-92.
- Chung, I. M., Kim, I. H., & Nam, S. W. (1998a). Structural analysis of natural indigo colorants extracted from *polygonum tinctorium*. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 10(3), 20-28.
- Chung, I. M., Nam, S. W., & Kim, I. H. (1998b). A study on the

- silk dyeing with natural indigo extracted from *Polygonum tinctorium*-On the fermentation dyeing-. *Korean Journal of Sericulture Science*, 40(1), 78-85.
- Chung, I. M., & Woo, S. O. (2002). Effect of reducing agent, sodium hydrosulfite on the natural indigo dyeing of silk fabric. *Korean Journal of Sericulture Science*, 44(2), 93-98.
- Crews, P. C. (1987). The fading rates of some natural dyes. *Studies in Conservation*, 32(2), 65-72.
- Han, S. Y., & Choi, S. C. (2000). A study on the physiological effects and dyeing properties of the extract of fermented indigo (Part II). *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 24(1), 96-104.
- Hong, M. S. (1989). *Sallimkyungjae*. Seoul: Minjokmunwhasa.
- Ju, J. A., & Ryu, H. S. (2004). Dyeing on cellulose fibers by the solution extracted from natural fresh leaves of indigo plant. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 16(5), 19-27.
- Jung, J. S. (2002). The use of natural dye fabrics to design of works. *Journal of the Korean Society of Costume*, 52(2), 91-101.
- Jung, J. S., & Sul, J. H. (2002). Color development of combination dyeing of Indian indigo and turmeric extracts, *Gardenia* extracts. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 26(2), 325-336.
- Kang, J. Y., & Ryu, H. S. (2001). Dyeability of saxon blue derived from *Polygonum tinctorium*. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 25(10), 1763-1769.
- Kim, A. S. (1995). The study on the dyeing properties of natural dyes (II)-Dyeing properties of cotton and silk fabrics by color solution extracted from leaf dyeing of indigo plant-. *Journal of the Korea Society of Dyers and Finishers*, 7(4), 16-24.
- Kim, M. K. (2010). *A study on the dyeing conditions and properties of cotton fabric dyed with natural Polygonum Tinctoria*. Unpublished master's thesis, Ewha Womans University, Seoul.
- Lee, J. N. (2004). *Wooriga chungmal ar-rayahal chunyunyum-sek*. Seoul: Hyunamwa.
- Liau, B. C., Jong, T. T., Lee, M. R., & Chen, S. S. (2007). LC-APCI-MS method for detection and analysis of tryptanthrin, indigo, and indirubin in Daqingye and Banlangen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 43, 346-351.
- Lin, Y. K., Leu, Y. L., Huang, T. H., Wu, Y. H., Chung, P. J., Su Pang, J. H., & Hwang, T. L. (2009). Anti-inflammatory effects of the extract of indigo naturalis in human neutrophils. *Journal of Ethnopharmacology*, 125, 51-58.
- Minami, Y., Nishimura, O., Hara-Nishimura, I., Nishimura, M., & Hiroshi, M. (2000). Tissue and intracellular localization of indican and the purification and characterization of indican synthase from indigo plants. *Plant and Cell Physiology*, 41(2), 218-225.
- Park, Y. J., Yun, J. G., Jang, H. G., & Heo, B. G. (2005). Effect of dyeing conditions on dyeing characteristics in silk during natural dyeing using the raw juice of indigo plants. *Korean Journal of Plant Research*, 18(3), 417-423.
- Seo, Y. K. (1983). *Limwonkyungjaeji*. Seoul: Bokyungmoonh-wasa.
- Seo, H. S. (2008). The experimental study on anti-inflammation and anti-oxidation of *Indigo Naturalis* and *Rehmannia Padix*. *The Journal of Korean Oriental Medical Ophthalmology & Otolaryngology & Dermatology*, 21(3), 104-110.
- Shin, Y., Cho, A., & Yoo, D. I. (2010). Natural indigo dyeing of cotton fabric-One-step reduction/dyeing process-. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 22(2), 101-109.
- Shin, Y., Son K., & Yoo, D. I. (2008). Tencel dyeing by natural indigo prepared from dyer's knotweed. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 32(12), 1963-1970.
- Shin, Y., Son, K., & Yoo, D. I. (2009a). Dyeing properties and storage stability of leaf powder prepared from dyer's knotweed (I)-By freeze drying method-. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 21(1), 10-20.
- Shin, Y., Son, K., & Yoo, D. I. (2009b). Dyeing properties and storage stability of leaf powder prepared from dyer's knotweed (II)-By hot air and room temperature drying methods-. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 21(4), 23-32.
- Son, K., Shin, Y., & Yoo, D. I. (2010). Natural indigo dyeing of wool by the one step reduction/dyeing method. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 34(3), 508-517.
- Song, S. W., & Cho, K. R. (2008). Dyeing properties of cotton fabrics dyed with extract from dry leaf of indigo plant. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 20(3), 18-24.
- Stocker, K. G., Cooke, D. T., & Hill, D. J. (1998). An improved method for the large scale processing of woad (*Isatis tinctoria*) for possible commercial production of woad indigo. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 71, 315-320.
- Torimoto, N. (1987). An indigo plant as a teaching material. *Journal of Chemical Education*, 64(4), 332-334.
- Woo, H. R. (2010). *Physical specifications and functionality regarding natural indigo dyeing on hanji fabrics*. Unpublished doctoral dissertation, Konkuk University, Seoul.

- Yang, J. S., & Chung, I. H. (2005). A study on the natural dyeing of knit material utilizing ramie 1-Focusing on *Persicaria tinctoria*, Chinese scholar tree, Sappan wood-. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, 11(4), 109-117.
- Ye, Y., Salmon, L. G., & Cass, G. R. (2000). The ozone fading of traditional Chinese plant dyes. *Journal of the American Institute for Conservation*, 39(2), 245-257.
- Yoo, H. J. (2007). Dyeing protein fiber to green color using natural mugwort and indigo. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 45(4), 53-59.
- Yoo, H. J., & Lee, H. J. (2003). Color-matching of fabrics by natural dyeing using indigo and safflower. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 15(4), 32-38.
- Yoo, H. J., Lee, H. J., Han, Y. S., Song, K. H., Kim, J. H., & Ahn, C. (2007). *Textile dyeing and finishing*. Seoul: Hyung-seul Publisher.