

견직물의 쪽 천연염색에서 염색조건의 변화가 염색성에 미치는 영향⁺

박다나* · 백소라* · 전동원
이화여자대학교 의류학과 학부과정*
이화여자대학교 의류학과 교수

A Study on the Effect of the Changes of Dyeing Conditions on the Dyeability of Silk Fabrics dyed with Natural *Polygoum tinctoria*

Park Dana* · Beak Sora* · Jeon Dongwon
Dept. of Clothing and Textiles, Undergraduate School, Ewha Womans University*
Prof., Dept. of Clothing and Textiles, Ewha Womans University

Abstract

This study is a fundamental research on the natural *Polygoum tinctoria* dyeing to quantify scientifically and satisfy the reproducibility of the procedure. By dyeing the silk fabrics, the establishment of accurate dyeing method was sought. At the same time, we tried to modify the traditional dyeing methods, broaden the methods, and apply the dyeing variously. The dyeability and color changes were compared and reviewed according to the changes in the reducing temperature, reducing time, concentration of the reducing agent, dyeing temperature, dyeing time, concentration of NaOH, and the number of repetition of dyeing. The optimum conditions in the dyeing procedure are as follows:

Added concentration of the reducing agent is 3g/l. Reducing temperature is 60°C.
Reducing time is 40minutes. Dyeing temperature is 30°C.
Added concentration of NaOH is 1g/l. Dyeing time is 30minutes.

Key Words : Polygoum tinctoria(쪽), silk fabric(견직물), natural dye(천연염색), reducing agent(환원제)

⁺ 이 연구는 이화여자대학교의 2010년 2학기 학생 학술활동 지원에 의하여 이루어진 것으로 학교에 감사드립니다.

Corresponding author: Jeon Dongwon, Tel.+82-2-3277-3081, Fax.+82-2-363-3078
E-mail: saccha@ewha.ac.kr

1. 서론

쪽은 청색 염색을 가능하게 하는 마디풀과의 한해살이풀로 동양에서는 남(藍), 서양에서는 indigo라고 부른다. 우리나라에서는 청색 계통의 색상을 ‘쪽빛’이라는 이름으로 통용되어 왔다.¹⁾ 쪽(藍)의 학명은 *Persicaria tinctoria*이며 인류 역사상 가장 오래 사용되어온 식물성 염료이다. 아시아 온대지방이 원산지로서 알려져 있으며 우리나라에서는 옛날부터 재배되어 왔으나 그 시기는 정확히 추정되지 않고 있다.

우리나라에서 야생으로 얻어지고 있는 쪽은 대부분 인도나 중국에서 전래된 품종이다. indigo를 소량이라도 포함하고 있는 식물을 함람 식물이라고 하는데 전 세계적으로 약 350여 종이 분포되어 있다. 이들은 생육 온도에 아주 민감하여 적절한 온도가 유지되지 않으면 indigo의 함량이 현저히 낮기 때문에 함람 식물이 모두 염료로 사용되지는 않고 있다. 오늘날 가장 우수한 염료로 알려져 있는 인도람(*Indigofera tinctoria*)은 아종만해도 40종 이상이라고 한다. 가장 대표적인 함람 식물에는 인도람, 요람(*Polygonum tinctoria* L.), 대청(*Isatis tinctoria*), 유구람(*Strobilantbes cusia*), 송람, 산람, 대람 등이 있다.²⁾

쪽의 주요 성분은 청색의 인디고틴(Indigotin)인데 인디고틴은 물에 용해되지 않기 때문에 일반적인 방법으로는 염색이 불가능하다. 이러한 용해성의 문제점으로 인하여 쪽의 염색에서는 염색이 가능한 상태로 염료를 용해시키는 과정이 필수적이다. 알칼리성을 띄는 잿물이나 석회수 혹은 묵은 오줌 등을 청색 색소에 첨가하면 색소에 환원반응이 도입되면서 수용성으로 변화되기 때문에 염색이 가능해지게 된다.

이때 쪽물 속에 환원균이나 발효균이 많을수록 환원이 빨리 진행되는데 만일 발효균의 양이 충분하지 않으면 인위적으로 영양원을 첨가하여 발효균을 늘려 발효를 촉진시킨다. 발생되는 수소가 쪽물 속에 존재하는 산소를 제거시키면서 환원이 진행되는 것이다. 이렇게 환원이 완료되어 염색이 가능해지는 상태를 수용성의 상태라고 한다. 불용성의 청색 인디고틴은 알칼리성의 잿물과 환원균에 의해 환원이 완결되면 연한 노랑색이나 녹황색의 수용성으로 변

화되는데 이 상태를 인디고 화이트라고 한다.³⁾ 인디고 화이트 상태에서 섬유를 염색한 다음 공기 중에서 건조시키면 인디고 화이트는 공기 중의 산소와 만나 산화되면서 점차 청색의 인디고틴으로 복원된다. 청색으로 염색이 완료된 직물은 불용성인 인디고틴으로 다시 복원되어 섬유에 염착된 상태이므로 물에 용해되지 않아 세탁내구성이 매우 높게 나타나게 된다.

쪽은 변이성 견염염료이다. 다른 색상과는 달리 자연 원료 그대로는 바로 원하는 색상을 만들어 낼 수 없는데 가치가 있다. 쪽은 석회나 잿물이 첨가되어야만 색상이 나타날 수 있는 천연염료로서 산화와 환원이라는 화학적 변화를 거쳐 비로소 파란 쪽빛을 얻을 수 있다. 살아있는 미생물의 발효작용으로 색상이 발현되기 때문에 긴 염색시간과 숙련된 노동, 노력이 필요하고 매우 복잡한 과정을 거쳐야 한다.⁴⁾ 쪽 염색은 여러 식물성 염료와는 특별히 다른 특성을 지니고 있다. 열수에서 색소를 추출하여 가온(加溫) 상태로 염색하는 일반적인 식물성 염료와 달리 쪽 염색은 저온에서 이루어지고 있으며 염색방법 또한 환원염법에 의거하고 있다.

쪽 염색물은 세탁, 일광에 비교적 강한 견뢰도를 지니고 있기 때문에 여러 품종의 쪽 풀이 세계 각지에서 재배되어오고 있다. 모든 천연염료 중에서 현재까지 염색에 가장 다양하게 사용되어 왔다. 천연염료를 사용하는 염색이 대부분 그렇듯이 쪽 염색도 합성염료에 의하여 한때 퇴조를 보이다가 최근 다시 많은 관심을 불러일으키고 있다. 그러나 성행되고 있는 쪽 염색의 경향에 비추어 볼 때 이 분야에 관한 연구가 상당히 미흡한 것으로 판단된다. 쪽 염색은 염색과정이 다소 복잡하고 특히 제람(製藍)이나 남건(藍建)의 조건이 염색결과에 큰 영향을 미치고 있다. 또한 제람 및 남건 과정이 물리/화학적 환경의 영향에 민감하기 때문에 정량적 연구에 어려움이 있는 것으로 생각된다.⁵⁾

쪽 염색은 환원염법이 적용되므로 일반적인 천연염색과는 다른 메커니즘에 의하여 염색이 이루어지고 있다. 전통적으로 사용되고 있는 천연 인디고 염색의 경우 염료의 제조방법 및 제조된 날수에 따라 염색 결과가 변화되므로 재현성 있는 염색이 더욱 어려워지고 있다.

쪽 염색은 우리 조상들이 즐겨 사용하던 염색방법이었으나, 염색조건에 따른 색상의 변화에 관한 전체적인 분석이 부족하며 특히 염색이 완결된 견직물 표면색에 관한 체계적이고 정량적 연구는 거의 발견되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 쪽 염색의 결과를 과학적으로 정량화하고 재현성을 충족시키기 위하여 견직물의 염색을 통하여 정확한 염색방법을 확립하고자 하였다. 동시에 전통적인 염색방법을 개량하여 확대하고 쪽 염색을 다양하게 활용하고자 환원온도와 환원시간, 환원제 농도, 염색온도와 염색시간, NaOH 농도, 반복염색 횟수 등의 변화에 따른 염색성 및 색상의 변화를 비교 고찰하였다. 본 연구에서 얻어지는 결과는 천연염색을 기획, 개발하는데 있어 원하는 색상의 발현과 색상의 재현성 충족에서 최적의 염색조건으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

1) 직물 시료

염색에 사용된 견직물 시료는 KS 0905 규격에 의한 섬유제품의 염색견뢰도 시험용 백견포가 사용되었다. 사용된 견직물의 규격은 <Table 1>과 같다.

2) 염료 및 매염제

염색에 사용된 염료는 인도 알프스사에서 제조된 천연인디고 함유량 60%인 추출분말을 구입하여 사용하였다.

3) 시약

수산화나트륨(sodium hydroxide/NaOH), 환원제로 소듐 하이드로설파이트(sodium hydrosulfite/Na₂S₂O₄)를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 환원제 Na₂S₂O₄ 농도의 변화

증류수 200ml를 가열하여 50℃에 도달되면 쪽 분말염료와 NaOH를 각각 6g/l, 1g/l 농도의 조건으로 용해시킨 다음 Na₂S₂O₄를 각각 1, 2, 3, 4, 5g/l 농도로 첨가하였다. Na₂S₂O₄ 첨가 후 50℃에서 30분간 환원시킨 다음 시험포 1g을 각 염액에 침지하여 30℃에서 10분간 염색하였다.

2) 환원온도의 변화

증류수 200ml를 가열하여 각각 20, 30, 40, 50, 60℃에 도달되면 쪽 분말염료와 NaOH를 각각 6g/l, 1g/l 농도의 조건으로 용해시킨 다음 Na₂S₂O₄를 3g/l 농도로 첨가하였다. Na₂S₂O₄ 첨가 후 각각 20, 30, 40, 50, 60℃에서 30분간 환원시킨 다음 시험포 1g을 각 염액에 침지하여 30℃에서 10분간 염색하였다.

3) 환원시간의 변화

증류수 200ml를 가열하여 60℃에 도달되면 쪽 분말염료와 NaOH를 각각 6g/l, 1g/l 농도의 조건으로 용해시킨 다음 Na₂S₂O₄를 3g/l 농도로 첨가하였다. Na₂S₂O₄ 첨가 후 60℃에서 환원시료들을 각각 10, 20, 30, 40, 50분간 환원시킨 다음 시험포 1g을 각 염액에 첨가하여 30℃에서 10분간 염색하였다.

<Table 1> Characteristics of fabrics

Fiber (%)		Weave	Fabric Count (thread/inch)		Yarn count		Weight (g/m ²)	Thickness (mm)
Warp	Weft		Warp	Weft	Warp	Weft		
silk (100)	silk (100)	plain	192	116	35	53	50±5	0.10±0.02

4) 염색온도의 변화

증류수 200ml를 가열하여 60℃에 도달되면 쪽 분말염료와 NaOH를 각각 6g/l, 1g/l 농도의 조건으로 용해시킨 다음 Na₂S₂O₄를 3g/l 농도로 첨가하였다. Na₂S₂O₄ 첨가 후 60℃에서 40분간 환원시킨 다음 시험포 1g을 각 염액에 첨가하여 각각 20, 30, 40, 50, 60℃에서 10분간 염색하였다.

5) NaOH 농도의 변화

증류수 200ml를 가열하여 60℃에 도달되면 쪽 분말염료는 6g/l 농도의 조건으로 그리고 NaOH는 각각 0, 1, 2, 3g/l 농도로 용해시킨 다음 Na₂S₂O₄를 3g/l 농도로 첨가하였다. Na₂S₂O₄ 첨가 후 환원시료들은 60℃에서 40분간 환원시킨 다음 시험포 1g을 각 염액에 첨가하여 30℃에서 10분간 염색하였다.

6) 염색시간의 변화

증류수 200ml를 가열하여 60℃에 도달되면 쪽 분말염료와 NaOH를 각각 6g/l, 1g/l 농도의 조건으로 용해시킨 다음 Na₂S₂O₄를 3g/l 농도로 첨가하였다. Na₂S₂O₄ 첨가 후 환원시료들은 60℃에서 40분간 환원시킨 다음 시험포 1g을 각 염액에 첨가하여 30℃에서 각각 5, 10, 15, 20, 25, 30분간 염색하였다.

7) 염색시간별 반복염색 횟수의 변화

증류수 200ml를 가열하여 60℃에 도달되면 쪽 분말염료와 NaOH를 각각 6g/l, 1g/l 농도의 조건으로 용해시킨 다음 Na₂S₂O₄를 3g/l 농도로 첨가하였다. Na₂S₂O₄ 첨가 후 환원시료들은 60℃에서 40분간 환원시킨 다음 시험포 1g을 각 염액에 첨가하여 30℃에서 각각 5, 10, 15, 20, 25, 30분간 5회씩 반복염색 하였다.

3. 측정 및 분석

염색물의 색상 측정은 Chroma Meter (CR-200,

Minolta, Japan)를 사용하였다. L*(Whiteness), a*(Redness), b*(Yellowness)의 3차원 공간 좌표상의 점으로 두 색점 사이의 거리를 색차로 표현하는 Hunter L*, a*, b* 값을 측정하였다. 측정된 L*, a*, b* 값을 이용하여 Control포(미염색 원포)와의 색차 ΔE를 구하였다. 색상의 측정에서는 동일포에서 서로 다른 지점을 설정하여 3회 측정, 평균치를 구하였다.

(L*₁, a*₁, b*₁)인 기준색상과 (L*₂, a*₂, b*₂)인 비교색상간의 색차는 다음 식으로 계산된다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

III. 실험결과 및 고찰

1. 환원제 Na₂S₂O₄ 농도의 변화에 따른 표면색

환원제 Na₂S₂O₄ 첨가농도에 따른 염색물의 표면색 변화를 <Table 2>에 제시하였다. 첨가농도가 상승되어감에 따라 L*값이 감소하여 명도가 연속적으로 낮아지고 있다. 대략 3g/l 첨가농도에 도달되면서 명도가 현저히 저하되고 있다. ΔE값에서도 3g/l 첨가농도에서 53.78에 도달됨으로써 색상이 짙어지고 있음이 확인되고 있다. L*값과 ΔE값을 종합해 볼 때 정상적인 색상이 발현되기 위해서는 3g/l 농도 이상으로 환원제 농도가 유지되어야 한다는 사실이 밝혀지고 있다. 1g/l와 2g/l의 환원제 농도에서는 염색물의 색상이 너무 옅어져서 정상적인 염색이 이루어졌다고 보기 어렵다.

3g/l, 4g/l, 5g/l 농도의 환원제 첨가에서는 명도와 ΔE값에서 큰 차이가 없으나 색상의 톤이 변화되고 있다. a*값은 대체적으로 환원제의 첨가량 증가에 따라 상승되는 경향을 보여주고 있기 때문에 환원제의 첨가가 녹색 기미를 감소시켜주고 있다. b*값은 모든 환원제 첨가조건에서 -27~-29 범위로 거의 일정하게 유지되고 있다. 쪽의 고유한 색상이 청색이라는 점을 감안할 때 환원제의 첨가량 변화가 청색 기미에 큰 영향을 미치지 않고 있는 것으로 판

<Table 2> Change of the Surface Color of Dyed Material according to the added Concentration of the Reducing Agent Na₂S₂O₄

Condition(g/l)	Color Values					
	L*	a*	b*	ΔE	H	V/C
Control	89.56	0.46	-3.72	0.00	8.8PB	9.1/1.7
1	72.63	-8.90	-14.81	22.30	0.6PB	7.6/4.6
2	58.56	-11.45	-23.56	38.68	0.7PB	6.2/7.0
3	43.39	-9.16	-29.57	53.78	1.9PB	4.7/8.3
4	43.47	-9.14	-27.93	52.94	1.7PB	4.7/7.9
5	35.87	-4.25	-27.25	58.81	3.7PB	4.0/7.5

단된다. 실제 염색과정에서 환원제의 첨가량은 매우 중요한 요소로 볼 수 있다. 환원제의 첨가량이 증가될수록 염색공정이나 환경적으로 바람직하지 않기 때문에 환원제의 첨가량을 최소화시킬 필요성이 대두되고 있다.

환원제 첨가량이 3g/l, 4g/l, 5g/l 농도로 변화될 때 그 차이점을 살펴보면 L*값을 제외하고는 큰 차이가 발견되지 않고 있다. 면셀색상은 각각 1.9PB, 1.7PB, 3.7PB로서 거의 유사하게 나타나고 있다. 그러나 채도를 살펴보면 환원제 농도 3g/l에서 가장 선명한 색상이 얻어지고 있다. ΔE값은 5g/l 농도에서 가장 높은 수치로 가장 짙은 색상을 보여주고 있지만 4g/l, 5g/l 농도의 염색물에서는 시각적인 얼룩이 나타나고 있다. 이는 과량의 환원제 사용으로부터 야기되는 불균용으로 예측된다. 불균영의 발생 가능성은 Na₂S₂O₄ 농도가 표면 균영도에 큰 영향을 미치고 있다는 사실을 지적하고 있는 것이다. 따라서 쪽 염색에서 환원제인 Na₂S₂O₄ 농도는 3g/l가 가장 적합하며 이때 염색물의 표면색상이 가장 짙고 선명하게 나타나고 있다. <Table 2>에서 나타나고 있는 환원제 첨가농도에 따른 염색물의 표면색 변화로부터 적정 환원제의 첨가농도는 3g/l인 것으로 평가된다.

2. 환원온도 변화에 따른 표면색

환원온도에 따른 염색물의 표면색 변화를 <Table 3>에 제시하였다. 환원온도가 20℃에서 60℃까지 변화되면서 대부분의 수치(L*값, b*값, ΔE값)가 구

칙적으로 변화되고 있다. 구체적으로는 환원온도의 상승에 비례하여 L*값과 b*값은 연속적으로 감소되고 있으며 ΔE값은 연속적으로 증가되고 있다. 이는 환원온도가 상승되면서 명도의 저하와 함께 ΔE값이 상승되면서 진한 색상으로 염색이 촉진되고 있음을 의미하는 것이다. 뿐만 아니라 쪽의 염색에서 색상에 가장 큰 영향을 미치게 되는 b*값이 환원온도의 상승에 따라서 연속적으로 저하되고 있기 때문에 환원온도의 상승이 청색 색상의 발현에 절대적으로 영향을 미치고 있음이 확인된다. 환원온도의 상승효과는 50℃에 이르러 급격히 촉진되기 때문에 일차적으로 50℃와 60℃가 가장 바람직한 환원온도로 추측되고 있다. 특히 60℃에서는 50℃에 비해서 ΔE값이 더욱 커지기 때문에 짙은 색상으로 염색되고 있다.

염색물들의 면셀색상 범위가 모두 PB에 속하는 것으로 보아 쪽 염료에는 purple 또는 red 계열의 색소가 함께 포함되어 있다고 추정할 수 있다. 이는 합성 indigo는 청색 색소인 indigo로만 조성되는 반면 전통과 개선 방법에 의한 쪽 염료들은 청색 색소(indigo)와 적색 색소(indirubin)로 조성되었다⁶⁾는 선행연구에서 보고된 결과와 동일하다. 염색물의 L*값, a*값, b*값, ΔE값 등을 종합적으로 평가할 때 환원온도는 60℃가 가장 바람직한 것으로 판단된다.

3. 환원시간 변화에 따른 표면색

환원시간 변화에 따른 염색물의 표면색 변화를 <Table 4>에 제시하였다. 환원시간이 연장되면서 L*

<Table 3> Change of the Surface Color of Dyed Material according to the Reducing Temperature

Condition(°C)	Color Values					
	L*	a*	b*	ΔE	H	V/C
Control	89.56	0.46	-3.72	0.00	8.8PB	9.1/1.7
20	70.54	-10.16	-14.98	24.52	9.9B	7.4/4.8
30	62.36	-12.85	-21.91	35.33	9.9B	6.6/6.7
40	59.09	-12.61	-24.55	39.16	0.4PB	6.3/7.3
50	45.15	-8.17	-28.33	51.50	2.2PB	4.9/7.9
60	44.58	-8.76	-28.95	52.39	2.0PB	4.9/8.2

<Table 4> Change of the Surface Color of Dyed Material according to the Reducing Time

Condition(min.)	Color Values					
	L*	a*	b*	ΔE	H	V/C
Control	89.56	0.46	-3.72	0.00	8.8PB	9.1/1.7
10	53.38	-10.14	-24.05	42.83	1.1PB	5.7/7.0
20	50.80	-9.90	-23.84	44.88	1.1PB	5.5/7.0
30	40.76	-5.62	-26.11	54.03	3.0PB	4.5/7.3
40	36.06	-2.90	-26.59	58.28	4.4PB	4.0/7.3
50	39.90	-5.69	-27.14	55.25	3.0PB	4.4/7.5

값이 서서히 감소되고 있으며 ΔE값은 서서히 증가되고 있다. 이는 환원시간이 길어질수록 염도가 낮아지면서 짙은 색상으로 염색이 이루어지고 있음을 의미한다. 또한 환원에 따라 청색 색상이 서서히 강화되고 있다. a*값은 환원시간이 10분에서 30분으로 연장되면서 상승되고 있기 때문에 서서히 녹색 기미가 사라지고 있음이 확인된다. 가장 적절한 환원시간은 대략 40분으로 평가되는데 그 이유는 40분 환원에서 b*값이 현저히 낮아져서 강한 청색기미가 발현되기 때문이다. 뿐만 아니라 ΔE값도 가장 크게 유지되며 채도도 비교적 높게 유지되고 있다.

이로부터 견성유의 쪽 염색에서는 환원시간 40분 일 때 염색물의 표면색이 가장 짙어지고 선명하게 나타남을 예측 할 수 있다. 본 연구에서 얻어진 염색물의 표면색 결과는 선행연구⁷⁾에서의 결과들과 일치하고 있다. 선행연구에서는 환원온도를 각각 30°C, 40°C, 50°C, 60°C로 설정하고 각 환원온도에서 환원시간을 각각 10분, 20분, 30분, 60분으로 변화

시켰다. 염색물들의 표면염착농도(K/S)를 측정하였을 때 모든 환원온도에서 환원시간 30분까지는 표면염착농도가 급격하게 증가하였으나 그 이상의 연장된 환원시간에서는 완만하게 증가하였다고 보고하였다. 특히 60°C에서는 환원시간이 30분 이상으로 연장되어도 표면염착농도가 거의 일정하게 유지되고 있음을 지적하였다. 본 연구에서도 환원온도 60°C가 적용되었는데 ΔE값이 10분에서 30분까지는 급격히 증가하였으나 그 이후에는 미세한 증가와 감소가 수반되었기 때문에 선행연구와 동일한 결과가 얻어지고 있다.

4. 염색온도 변화에 따른 표면색

염색온도 변화에 따른 염색물의 표면색 변화를 <Table 5>에 제시하였다. 전반적인 경향을 살펴볼 때 염색온도가 상승되면 염색성이 저하되고 있다. 20°C에서 60°C까지 염색온도가 상승되면서 L*값은

서서히 증가되고 ΔE 값은 반대로 감소되고 있어 색상이 열어지고 있다. a^* 값은 염색온도가 상승되면서 수치가 점점 낮아지기 때문에 녹색 기미가 증가되고 있다. b^* 값은 염색온도에 의해서 큰 영향을 받지 않는 것처럼 보이거나 면밀히 살펴보면 염색온도의 상승에 따라 미세하게 증가되고 있다. b^* 값의 이러한 거동은 염색온도가 상승되면서 쪽 고유의 색상인 청색 기미가 저하되고 있음을 의미하고 있는 것이다.

면색색상의 범위는 전반적으로 PB에 속하며 큰 차이를 보이지 않고 있다. 대체적으로 20℃와 30℃의 염색온도가 우수한 것으로 나타나고 있는데 20℃에서는 염색물에 얼룩이 나타나고 있다. 이러한 얼룩의 생성은 적절하지 않은 염색온도가 적용됨으로써 나타나는 불균염 현상으로 추측된다. 결과적으로 견성유의 쪽 염색온도는 대략 30℃가 가장 바람직한 것으로 평가된다.

선행연구⁸⁾에서는 견직물을 50℃와 30℃에서 각각 염색한 다음 표면염착농도를 서로 비교하였다. 50℃ 염색에서는 10분간 염색에서, 30℃ 염색에서는 30분간 염색에서 표면염착농도가 가장 높았다고 보고

하였다. 이러한 결과에 비추어 볼 때 염색온도의 변화에 따라 최적의 염색시간도 변화되고 있는 것으로 추정된다.

본 연구에서는 지금까지 20~60℃ 범위의 모든 염색온도에서 일률적으로 10분간의 염색시간이 적용되었다. 최적의 염색온도로 평가된 30℃의 염색에서 염색시간의 변화에 따른 결과를 살펴볼 필요가 있는 것으로 사료된다.

5. NaOH 농도 변화에 따른 표면색

쪽 염색에서 인디고틴 환원과정에서는 환원 미생물의 활성이 촉진되기 위해서 알칼리성 환경이 충족되어야만 한다. 알칼리의 사용량은 연구자에 따라 조금씩 차이가 있기는 하지만 쪽물의 산도를 대략 pH10.5~11 범위로 조절하고 있다.⁹⁾ 본 연구에서는 지금까지 발표된 자료들을 바탕으로 하여 환원과정에서 pH의 수치를 정량화시키기 위해서 NaOH 첨가량 농도를 0g/l~3g/l 범위로 변화시켰다.

<Table 5> Change of the Surface Color of Dyed Material according to the Dyeing Temperature

Condition(℃)	Color Values					
	L*	a*	b*	ΔE	H	V/C
Control	89.56	0.46	-3.72	0.00	8.8PB	9.1/1.7
20	39.08	-5.27	-29.12	56.80	3.4PB	4.3/7.9
30	40.26	-6.64	-28.52	55.64	2.8PB	4.4/7.9
40	42.17	-9.07	-28.79	54.45	1.9PB	4.6/8.1
50	47.74	-12.40	-27.02	49.57	0.2PB	5.2/8.0
60	53.39	-13.32	-24.29	43.83	9.9B	5.7/7.4

<Table 6> Change of the Surface Color of Dyed Material according to the added Concentration of NaOH

Condition(g/l)	Color Values					
	L*	a*	b*	ΔE	H	V/C
Control	89.56	0.46	-3.72	0.00	8.8PB	9.1/1.7
0	42.47	-8.53	-27.09	53.33	1.8PB	4.7/7.7
1	37.18	-3.96	-27.18	57.56	3.9PB	4.1/7.4
2	55.48	-9.77	-25.65	41.80	1.6PB	5.9/7.4
3	56.51	-9.09	-25.45	40.69	1.8PB	6.0/7.0

NaOH 첨가농도 변화에 따른 염색물의 표면색 변화를 <Table 6>에 제시하였다. L*값과 ΔE값으로부터 NaOH 첨가효과가 확연히 2부류로 구분되고 있다. 0g/l와 1g/l 첨가농도에서는 L*값이 작고 ΔE값이 큰 반면 2g/l와 3g/l 첨가농도에서는 L*값이 크고 ΔE값이 작게 나타나는 정반대의 효과가 나타나고 있다. 이는 0g/l와 1g/l 첨가농도에서는 명도가 낮아지면서 진한 색상으로 염색되는 반면 2g/l와 3g/l 첨가농도에서는 명도가 높아지면서 옅은 색상으로 염색되고 있음을 의미한다. 결과적으로 염색의 효율 측면에서 볼 때 0g/l와 1g/l 농도에 비해서 2g/l와 3g/l 농도에서는 과량 첨가로 인하여 원활한 염색이 이루어지지 않고 있다. b*값에서도 0g/l와 1g/l 농도에서 더욱 낮은 값이 유지되고 있기 때문에 쪽 고유의 색상의 청색의 발현이 촉진되고 있다. 전반적인 경향으로 볼 때 알칼리 NaOH의 첨가농도는 1g/l가 가장 적합한 것으로 판단된다.

그러나 알칼리 첨가과정에서 나타나고 있는 특이한 현상은 0g/l 첨가농도, 즉 NaOH가 가해지지 않은 중성의 액성에서도 원활한 염색이 이루어지고 있다는 사실이다. 최적의 조건인 1g/l 첨가농도에는 미치지 못하고 있지만 과량 첨가된 2g/l와 3g/l 농도보다는 우수한 결과가 나타나고 있다. 쪽 염색은 알칼리 상태에서만 가능하다는 기존의 염색방법에 배치되는 결과로 받아들여지고 있다. 그러나 기존의 쪽 염색이 대부분 cellulose인 면섬유에 국한되고 있었다는 점을 고려할 때 견섬유의 경우는 면섬유와 달리 약한 알칼리 액성에서도 염색이 가능하리라는

가능성을 보여주고 있는 것이다. 견섬유는 동물성 섬유로서 단백질로 구성된다는 점을 감안할 때 강알칼리 상태에서는 심한 손상이 우려되고 있다. 본 연구의 결과는 견섬유의 경우는 알칼리 액성이 약한 상태에서도 효율적인 염색의 가능성을 보여주고 있는 것이다. 향후 NaOH 첨가농도 1g/l 미만의 약알칼리 상태에서의 염색 가능성에 대하여 후속 연구가 필요한 것으로 생각된다.

면셀색상의 범위는 전반적으로 PB에 속하고 있으며 1g/l 농도에서 채도도 가장 높게 나타나고 있다.

6. 염색시간 변화에 따른 표면색

염색시간 변화에 따른 염색물의 표면색 변화를 <Table 7>에 제시하였다. 5분에서 30분까지 염색시간이 증가되면서 연속적으로 L*값은 감소하며 ΔE값은 증가되는 경향을 보여주고 있다. 이는 염색시간이 연장되면서 색상이 순차적으로 짙어지고 있음을 보여주는 것이다. a*값은 염색시간이 길어지면서 서서히 감소되기 때문에 녹색 기미가 사라지고 있다. b*값은 염색시간에 큰 영향을 받지 않는 것으로 판단되지만 30분 염색에서는 다소 크게 나타나고 있는 것으로 판단된다.

염색물의 면셀색상 범위는 모두 PB에 속하며 염색시간이 연장되면서 명도는 감소되지만 채도는 거의 일정하게 유지되고 있다. 전반적인 경향으로 볼 때 ΔE값이 가장 크며 b*값이 최소로 유지되는 염색시간 30분이 최적의 조건으로 판단된다.

<Table 7> Change of the Surface Color of Dyed Material according to the Dyeing Time

Condition(min.)	Color Values					
	L*	a*	b*	ΔE	H	V/C
Control	89.56	0.46	-3.72	0.00	8.8PB	9.1/1.7
5	51.05	-11.07	-26.43	46.17	0.9PB	5.5/7.7
10	49.33	-10.70	-26.01	47.33	1.0PB	5.3/7.6
15	48.04	-10.02	-24.80	47.73	1.0PB	5.2/7.3
20	46.25	-10.62	-26.63	50.23	1.1PB	5.0/7.7
25	46.00	-9.12	-25.26	49.53	1.5PB	5.0/7.3
30	42.90	-7.88	-26.96	52.79	2.1PB	4.7/7.6

<Table 8> Change of the Surface Color of Dyed Material according to the Number of Repetition of Dyeing with Dyeing Time

Dyeing time (min.)	Repeating times of dyeing	Color Values					
		L*	a*	b*	ΔE	H	V/C
	Control	89.56	0.46	-3.72	0.00	8.8PB	9.1/1.7
5	1	51.05	-11.07	-26.43	46.17	0.9PB	5.5/7.7
	2	43.54	-9.14	-27.92	52.87	1.8PB	4.7/7.9
	3	35.16	-4.09	-25.6	58.81	3.8PB	3.9/7.1
	4	31.18	-1.59	-22.66	61.41	5.0PB	3.5/6.3
	5	28.85	0.42	-17.6	62.28	6.0PB	3.3/4.9
10	1	49.33	-10.70	-26.01	47.33	1.0PB	5.3/7.6
	2	39.59	-6.05	-28.03	55.95	3.0PB	4.4/7.8
	3	33.28	-2.93	-24.52	60.10	4.3PB	3.7/6.8
	4	29.74	-0.63	-21.22	62.34	5.4PB	3.4/5.9
	5	27.04	0.31	-17.99	64.13	5.8PB	3.1/5.0
15	1	48.04	-10.02	-24.80	47.73	1.0PB	5.2/7.3
	2	43.00	-9.18	-28.31	53.53	1.8PB	4.7/8.0
	3	36.74	-4.59	-23.84	56.75	3.4PB	4.1/6.8
	4	31.13	-1.55	-21.10	60.99	4.9PB	3.5/6.9
	5	28.04	0.40	-16.22	62.78	6.0PB	3.2/4.6
20	1	46.25	-10.62	-26.63	50.23	1.1PB	5.0/7.7
	2	40.87	-7.49	-26.29	54.25	2.2PB	4.5/7.5
	3	31.95	-1.81	-22.06	60.50	4.8PB	3.6/6.2
	4	26.13	0.44	-17.24	64.85	5.9PB	3.0/4.8
	5	24.31	1.08	-14.14	66.08	6.4PB	2.8/4.0
25	1	46.00	-9.12	-25.26	49.53	1.5PB	5.0/7.3
	2	36.62	-3.65	-25.32	57.32	4.0PB	4.0/7.0
	3	30.25	-1.38	-20.95	61.79	5.0PB	3.4/5.8
	4	26.66	0.40	-16.90	64.27	5.9PB	3.0/4.7
	5	25.10	1.4	-11.65	64.95	6.9PB	2.9/3.3
30	1	40.26	-6.64	-28.52	55.64	2.8PB	4.4/7.9
	2	38.13	-6.28	-25.43	56.23	2.6PB	4.2/7.2
	3	31.33	-2.68	-22.43	61.24	4.2PB	3.5/6.3
	4	25.41	0.63	-15.89	65.29	6.1PB	2.9/4.5
	5	24.40	1.11	-13.80	65.94	6.5PB	2.8/3.9

7. 염색시간별 반복염색 횟수 변화에 따른 표면색

염색시간별 반복염색 횟수에 따른 염색물의 표면색 변화를 <Table 8>에 제시하였다. 지금까지의 실험에서 환원제 농도, 환원온도, 환원시간, 염색온도, NaOH의 첨가농도, 염색시간 등의 조건들을 변화시켜 가면서 최적의 염색조건을 설정하고자 하였다. 각각의 최적 조건하에서 얻어진 결과들을 서로 비교해봄으로써 견섬유의 쪽 염색에서 종합적인 특성이 얻어질 수 있을 것으로 기대된다. 대부분의 최적 조건하에서 ΔE 값은 52~58 범위로서 비교적 짙은 색상이 발현되고 있으며 면셀색상은 2.0PB~4.4PB 범위로 유지되고 있다. 또한 b^* 값은 거의 대부분 -27~-29 범위로 낮게 유지되고 있어 푸른 기미가 강하게 발현되고 있다. 반면 a^* 값은 -3~-9 범위로 유지되어 붉은 기미는 매우 약하게 발현되고 있는 것으로 평가된다. 채도는 대략 7.3~8.3 범위로 매우 높게 유지되고 있다. 쪽 염색물의 고유한 색상에 관해서는 연구자마다 서로 다른 견해를 보이고 있다. 그러나 면셀색상이 2.0PB~4.4PB 범위로 나타나며 채도가 8 정도로 높게 유지되고 있는 견섬유 쪽 염색물들은 육안으로 판단하건데 전형적인 면직물 쪽 염색물과는 다소 차이가 있는 색상으로 판단된다.

본 연구에서는 지금까지 지금까지 염색횟수가 1회로 국한된 바 있다. 1회의 염색만으로는 짙은 색상의 발현이 불가능한 것으로 판단하고 염색의 횟수를 1회에서 5회까지 연장시키면서 염색물의 색상변화를 검토하였다. 염색시간을 각각 5, 10, 15, 20, 25, 30분으로 결정한 다음 각 정해진 염색시간에서 1회에서 5회까지 반복 염색을 시행하였다. <Table 8>에 제시되고 있는 결과를 살펴보면 반복 염색의 특성이 나타나고 있다.

염색시간의 변화에 관계없이 대략 3회 염색부터는 ΔE 값이 58을 상회하고 있어서 1회 염색에 비해서 현저히 짙은 색상이 발현되고 있음을 볼 수 있다. 5분에 해당하는 짧은 염색시간이 적용된 경우와 30분에 해당하는 긴 염색시간이 적용된 경우 3회 이상 염색된 경우는 염색시간에 관계없이 전부 ΔE 값이 거의 유사하게 나타나고 있다. 이는 염색시간의 연장보다는 염색횟수의 증가가 짙은 색상을 얻는데 매

우 효율적이라는 사실을 지적하고 있는 것이다. 3회 이상의 염색을 통하여 면셀색상도 변화되고 있다. 1회 염색에서는 면셀색상이 대략 2.0PB~4.4PB 범위로 유지되었으나 3회 이상 염색되면 대략 4.3PB~6.9PB 범위로 변화되고 있다. 이는 염색횟수가 증가되면서 짙은 색상만 유도되는 것이 아니고 염색물의 색상 자체도 변화되고 있음을 의미하는 것이다. 1회 염색에 비해서 푸른 기미가 감소되고 붉은 기미가 증가되면서 B계열 색상은 약화되고 P계열 색상이 강화되고 있는 것으로 평가된다. 실제로 <Table 8>에 제시되고 있는 염색물들의 a^* 값을 살펴보면 3회 이상의 염색에서는 -3보다 큰 값으로 유지되고 있기 때문에 붉은 색상이 강화되고 있음이 확인된다.

다음은 b^* 값의 변화를 살펴보기로 한다. 대체로 염색시간에 관계없이 염색횟수가 증가되면 이에 따라 b^* 값이 증가되어 청색 기미가 감소되고 있음을 볼 수 있다. 염색시간이 길어질수록 반복 염색에 의한 b^* 값의 증가 정도가 커지고 있어서 염색시간의 연장과 반복 염색은 6.5PB~7.0PB 범위로 색상을 변화시키고 있다. 대체적으로 3회 이상의 반복 염색은 채도도 급격히 저하시켜서 탁한 색상으로 변화시키고 있다. 전반적인 경향으로 볼 때 반복 염색을 통하여 짙은 색상을 얻을 수 있으며 면섬유의 쪽 염색에서와 유사한 색상의 부여가 견섬유의 염색에서도 가능하다는 사실이 밝혀지고 있다. 면섬유에서와 달리 견섬유에서는 1회 염색을 통하여 푸른 색상이 강화된 채도가 높은 색상이 얻어질 수 있다. 반면 반복 염색을 적절히 적용함으로써 면섬유에서와 같이 채도는 낮으나 PB 계열의 진한 색상의 발현이 가능한 것으로 생각된다.

IV. 결론

본 연구에서는 견섬유의 쪽 천연염색에서 염색조건의 변화가 최종 색상에 미치는 영향을 정량적으로 검토하였다. 환원제 농도, 환원온도, 환원시간, 염색온도, NaOH의 첨가농도, 염색시간 등의 조건들을 변화시켜 가면서 최적의 염색조건을 설정하고자 하였다. 이상의 실험으로부터 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 염색물에서 정상적인 색상이 발현되기 위해서는 환원제 농도가 3g/l 이상으로 유지되어야 한다. 그러나 환원제가 과다 첨가되면 과환원 현상으로 인하여 염색물의 표면색차가 감소된다. 환원제 Na₂S₂O₄의 농도는 염색의 균염도에 영향을 미치고 있는 것으로 추측된다. Na₂S₂O₄는 3g/l 첨가농도가 가장 적합한 것으로 판단된다.

2) 환원온도가 상승되면서 염색물들의 표면색차가 증가된다. 환원온도 60℃일 때 표면색차가 가장 크게 나타나기 때문에 가장 바람직한 환원온도로 평가된다.

3) 환원시간이 길어질수록 표면색차가 증가하여 짙은 색상으로 염색이 이루어지고 있다. 가장 적절한 환원시간은 대략 40분으로 평가되는데 그 이유는 b*값이 낮아져서 강한 청색기미가 발현되며 ΔE값도 가장 큰 값이 유지되며 채도도 비교적 높게 유지되기 때문이다.

4) 염색온도가 30℃ 이상으로 상승되면 염색물의 표면색차가 감소하며 색상이 열어지고 있다. 견섬유의 쪽 염색온도는 대략 30℃가 가장 적합한 것으로 평가된다.

5) 쪽의 환원과정에서 알칼리 상태를 유지하기 위하여 첨가되는 NaOH는 1g/l의 첨가농도가 가장 적합한 것으로 판단된다. 1g/l 농도에서 표면색차가 가장 크게 나타나며 그 이상의 농도에서는 표면색차가 감소하며 색상이 열어지고 있다.

6) 5분에서 30분까지 염색시간이 연장됨에 따라 색상이 순차적으로 짙어지고 있다. 염색시간 30분일 때 표면색차가 가장 크게 나타나고 있다.

7) 1회의 염색으로는 짙은 색상의 발현이 불가능하지만 염색의 횟수를 1회에서 5회까지 증가시키면 짙은 색상이 발현된다. 염색시간의 변화에 관계없이 대략 3회 염색부터는 ΔE값이 58을 상회하고 있어

서 1회 염색에 비해서 색상이 현저히 짙어지고 있다. 염색시간의 연장보다는 염색횟수의 증가가 짙은 색상을 얻는데 매우 효율적이다.

8) 쪽 염색물들에서 면셀색상의 범위가 모두 PB에 속하는 것으로 보아 쪽 염료가 청색색소(indigo)와 적색색소(indirubin)로 조성 되어 있음을 알 수 있다.

참고문헌

- 1) 이종남(2004), *우리가 정말 알아야 할 천연염색*, 현암사, p.261.
- 2) 이승철(2001), *자연염색 내 손으로 물들이는 자연의 색*, 학고재, p.144.
- 3) 이종남, op.cit., pp284-285.
- 4) 이승철, op.cit., p145.
- 5) 송성원(2008), “쪽 염료의 제조와 염색법에 관한 연구”, 신라대학교 대학원 석사학위논문, pp.1-84.
- 6) 정인모 외(2005), “명주의 전통 쪽 염색 방법에 관한 연구” *한국장사학회지*, 47(1), pp.31-35.
- 7) 정인모, 우순옥(2002), “환원제 Sodium Hydrosulfite를 이용한 천연쪽의 견 염색효과”, *한국장사학회지*, 44(2), p.95.
- 8) Ibid., p.96.
- 9) 임형탁, 박수영(1999), *식물염색 입문*, 전남대학교 출판부, pp.57-58.

접수일(2011년 1월 7일),
수정일(1차 : 2011년 3월 30일),
게재확정일(2011년 4월 4일)