

적색계 천연염료를 이용한 견직물 무매염 염색의 염색성

김효진¹, 이주현^{2*}

¹한국생산기술연구원 스마트섬유그룹 전임연구원, ²연세대학교 의류환경학과 교수

Color Characteristics of Silk Fabrics Dyed with Natural Red Dyes Without a Mordant

Hyo-Jin Kim¹, Joo-Hyeon Lee^{2*}

¹Smart Textiles R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology

²Professor, Department of Clothing & Textiles, Yonsei University

요 약 본 연구의 목적은 적색계 천연염료를 이용한 견직물의 무매염 염색을 다룬 국내논문들을 고찰하여 무매염 염색의 염색성을 알아보는 것이다. 연구대상인 천연염제는 자색 고구마, 봉선화, 오디, 광나무 열매, 구아바 잎, 단삼, 히비스쿠스 꽃, 복숭아나무 전정가지로 총 8가지이다. 염색실험의 결과는 색차식에 의하여 L*, a*, b*, C 및 ΔE*와 Munsell표에 의한 H V/C, Kubelka Munk식에 따라 K/S값을 산출하여 표면색을 측정하여 살펴보았다. 염색실험 변인은 염액농도, 염색온도, 염색시간, 염색반복횟수이며, 변인의 변화에 따라 염색성과 색채특성을 알아보았다. 문헌고찰 결과, 염색실험 변인은 견직물에 대한 천연염료의 염착성과 상관관계가 있을 뿐만 아니라 적색 발현에도 상관관계가 있었다. 본 연구를 통해 천연염색 과정에서 환경오염을 일으키는 반복적인 염색이나 매염제 사용 등을 하지 않아도 적색이 다양하게 발현되고 염색성도 우수할 수 있음을 보였다.

주제어 : 천연염색, 견직물, 무매염, 염색성, 색채특성

Abstract The purpose of this study was to investigate the coloring properties of non-mordant dyes by examining local literature on silk fabric dyeing using red-colored natural dyes. Natural dyes can be prepared from the following 8 materials: purple-fleshed sweet potato, Impatiens balsamina, mulberry, fruits of Ligustrum japonicum Thunb, guava leaves, dansam, hibiscus flowers, and pruned branches of Prunus persica. To examine the surface color calculated L *, a *, b *, ΔE *, and K/S value and H V/C. The variables considered in the dyeing experiment were dye concentration, dyeing temperature, dyeing time, and number of dyeing iterations, which were varied to evaluate the dyeing properties and color characteristics. As a result, the abovementioned variables, dye affinity, and red color expression were directly proportional to one another. In this study, it was found that red coloring can be obtained with natural dyes; moreover, excellent dyeing was achieved without the need for repeated dyeing or mordanting processes, which cause environmental pollution.

Key Words : Natural Dyeing, Silk Fabrics, Non-mordant, Dyeing Properties, Color Characteristics

1. 서론

천연염색이란 식물, 동물, 광물 등에서 얻어지는 천연

염료를 이용하여 섬유를 염색하는 것이다. 이러한 천연 염료는 천연물질의 본질적인 속성에 변화를 주지 않고 추출한 것이다[1]. 천연염료는 재료의 산지, 채취시기, 생

*This work was supported by the Students' Association of the Graduate School of Yonsei University funded by the Graduate School of Yonsei University in 2016.

*Corresponding Author : Joo-Hyeon Lee (ljhyeon@yonsei.ac.kr)

Received September 28, 2018

Revised October 31, 2018

Accepted December 20, 2018

Published December 28, 2018

육환경, 영양상태 등의 요인에 따라 얻어지는 색소의 성분 함량이 차이가 있을 수 있고, 채취시기에 따라 염색을 구하기 어려운 경우도 있으며, 색소 추출 방법과 용매에 따라 그 성분이 달라져 염색물의 색상이 달라진다[2]. 이렇듯 천연염색의 생산량이 불안정하고, 원료로부터 색소의 추출이 까다롭고, 염색방법이 복잡하여 천연염색은 대중화되지 못하였으며, 염료의 구입이 용이하고 염색공정이 간편한 합성염료의 등장에 따라 천연염료 사용이 감소하였다[3]. 그러나 합성염료는 공정 과정에서 인체에 유해한 물질을 많이 배출하고, 배출되는 염색폐수는 수질 오염원이 되어 환경문제를 야기한다[4]. 이에 반해 천연염료는 감성적인 색감을 창출하고 인체·환경 친화적인 방법으로 염색을 하며, 향균, 소취, 항알레르기 등 기능성을 부여할 수 있는 장점이 있어 천연염료의 연구와 실용화에 관심이 고조되고 있다[5]. 이러한 천연염료 중 식물성염료는 원예식물, 농산물의 부산물 등으로부터 천연염색을 구입하기에 용이하고 이용가능성이 다양하므로 고부가가치를 창출하고 생산성을 높일 수 있다[1]. 따라서 본 논문에서는 다양한 천연염료 중 식물성염료에 국한하여 이를 이용한 천연염색에 관한 연구들을 고찰하고자 한다.

[6]의 연구에 따르면 현대 패션산업에서 사용하는 색채 현황을 분석한 연구들에서 YR계 패션상품이 높은 출현율을 보인다고 하였다. 그리고 R, YR Y, PB 등의 색상이 대부분을 차지하고 있다고 보고한 바 있다. 천연염색 산업은 현대패션과의 접목을 지향하기 때문에, 본 논문에서는 현대 패션에서 사용 빈도가 높은 적색 천연염료를 이용한 천연염색에 관한 연구들을 고찰하고자 한다.

국내 천연염색 산업의 당면과제는 천연염료가 성질에 따라 색의 변화가 심하고, 반복염색을 할 경우에 재현성 문제가 나타나며, 세탁, 일광 등에 의한 변퇴색이 발생하는 등의 문제를 해결하는 것이다. 기반 측면에서의 문제점은 낮은 염료수율을 확보하기 위한 매염제 과다 사용으로 천연염색물의 안정성을 저해하고 환경오염을 일으키는 점, 염제와 그 독성에 관한 부정확한 정보, 국내에 염제의 재배와 생산이 적어 비용이 높은 점 등이 있다[7]. 따라서 본 논문에서는 기존의 염색 공정과는 다르게 친환경적으로 천연염색 과정에서 매염제를 사용하지 않았을 경우에 섬유가 어떠한 염색성을 나타내는지 관련 연구들을 통하여 고찰하고자 한다.

견직물은 의복의 천연섬유로써 다른 소재보다 염색성

이 매우 좋은 편이다. 색이 선명하고 색조의 안정성이 뛰어나며 색상 변화도 풍부하다. 이는 견이 염료와 결합하기 쉬운 활성기를 가지고 있는 염기성인 아미노산(-NH₂), 산성인 카르복실기(-COOH), 수산기(-OH) 등이 풍부하기 때문이다. 산성·염기성·직접성·반응성 염료 외에 여러 가지 종류의 염료에 친화력이 좋으며 모나 레이온보다 저온에서 염색이 잘 된다[8]. 따라서 본 논문에서는 상대적으로 천연염색이 잘 되는 견직물을 염색시료로 이용한 연구들을 고찰하고자 한다. 관련 문헌들을 통해 견직물에 무매염으로 적색 천연염색을 천연염색할 경우 다양한 천연염제들이 어떠한 염색성을 나타내는지 고찰하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 천연염색

천연염색은 1856년 영국인 화학자 W.H. Perkin에 의해 적자색 합성염료인 모브(mauve)가 발명되기 전까지 인류는 전통적인 염색방법에 천연염료를 사용하였다. 최근 합성염료를 이용한 염색 과정에서 발생하는 폐수로 인한 환경오염 문제가 대두되면서 천연염색이 다시금 주목을 받고 있다. 천연염색은 천연재료에서 염료를 추출하고 잔여물을 다시 자연으로 돌려보내므로 천연염색은 자연을 훼손하지 않는 자연친화적인 방법이다[22]. 그러나 천연염색 과정에서 편리함을 위해 합성매염제를 사용하는 경우 천연염료를 이용한 염색일지라도 합성매염제로 인해 환경을 오염시킬 수 있다. 또한 과량의 천연매염제 사용도 섬유의 손상 및 환경오염의 원인이 될 수 있다[23].

2.2 천연염료

천연염료의 종류는 자연으로부터 얻어지는 식물성, 동물성, 광물성 염료로 분류된다. 천연염색은 견, 면, 마 등의 천연섬유에 염색이 잘 되고 그 소재에 따라 염료가 흡수되어 나타나는 색상에 차이가 나며, 화학적 원사나 합성섬유는 염색이 되지 않는다. 또한 조직에 따라서도 염색의 차이가 있어 능직인 경우에는 염료의 흡수가 어렵다[24].

천연염료를 분류하는 또 하나의 방법은 최종 염색물의 색상에 따라 분류하는 것이다. 염료에는 매염제와 상

관없이 하나의 염료에서 한 가지 색상만으로 염색되는 단색성 염료와 매염제에 따라 다양한 색상으로 염색되는 다색성 염료가 있다. 다색성 염료는 매염제의 종류와 매염 방법, 색소추출 방법에 따라 다양한 색상으로 염색할 수 있다. 일반적으로 천연염색에서 많이 사용하는 염료를 색상에 따라 구분하면 적색계, 황색계, 자색계, 청색계, 갈색계, 흑색계 등으로 나누어 볼 수 있다[25].

3. 문헌고찰방법

3.1 자료수집

문헌 고찰에 필요한 논문은 학술논문 검색 사이트인 Koreanstudies Information Service System에서 게재연도를 2000년부터 2016년까지로 설정하여 검색하였다. 검색 기준은 KCI 등재학술지에 게재된 논문이었고, 키워드는 견, 실크, 염색 등이었다. 조직이 plain인 견직물을 실험시료로 사용하는 염색실험 중에서 1차적으로 식물성 천연염제를 이용한 천연염색으로 한정하였고, 2차적으로 적색을 나타낼 수 있는 논문으로 한정하였다. 마지막으로 천연염제를 이용한 염색으로 염색성과 색채특성을 알 수 있는 논문을 수집하였다.

3.2 자료분류 및 문헌고찰방법

친환경적인 천연염색 방법을 고찰하기 위한 논문인 만큼 색소추출 용제 중 메탄올, 에탄올, 완충용액(pH=1) 등을 제외하고 증류수를 이용하여 색소를 추출한 연구로 한정하였다. 또한 인공매염제를 사용하지 않은 무매염 염색에 대한 실험논문만 분류하였다. 그 결과 국내학술지에 게재된 총 8편의 논문을 문헌고찰 대상으로 선정하였다.

적색계 천연염재와 함께 천연염재의 특성을 정리하기 위해 논문발표 연도순으로 Table 1과 같이 나열하였다. 천연염재를 화학성분별로 분류하면 Purple-Fleshed Sweet Potato, Impatiens balsamina, Mulberry, Hibiscus flowers는 안토시아닌(anthocyanin)계이고, Guava(Psidium guajava L.) Leaf, Dansam (Salvia miltiorrhiza Bunge), Pruned Branches of Prunus persica Tree는 플라보노이드(flavonoid)계, 퀴논(quinone)계이다. Ligustrum Japonicum Thunb Fruit 추출액은 정확한 화학성분을 알 수 없었고, [13]의 염색실험 결과 천연염료가 산성상태일

경우 단백질 섬유에 염착이 잘 되는 것으로 보아 산성염료로 판단하였다. 적색계에는 탄닌계 색소와 플라보노이드계의 색소가, 자색계에는 안토시아닌계 색소가 많이 함유되어 있다[9].

이와 같이 적색 천연염재를 증류수로 추출하고 8개 연구들에서 공통적으로 사용한 변인인 염액농도, 염색온도, 염색시간 등의 실험조건에 따라 견직물에 무매염 천연염색을 하였을 경우에 천연염재별로 염색성과 색채 특성을 고찰하고자 한다.

Table 1. Characteristics of Natural Dyestuffs

Natural Dyestuffs	Characteristics
Purple-Fleshed Sweet Potato	The skin and whole meat have a deep purple color because they contain a large amount of anthocyanins, which are water-soluble pigments.
Impatiens balsamina	Anthocyanins are present in flowers, leaves, stems, roots, etc. They are water-soluble pigments with red and purple colors, and usually exist as glycosides. Anthocyanins show a yellow color under acidic conditions and reddish-yellow color under basic conditions.
Mulberry	Mulberry contains a large amount of pigments, mainly anthocyanins, which impart a red, purple, or blue color to the fruit.
Ligustrum Japonicum Thunb Fruit	Ligustrum japonicum is an evergreen shrub. Its fruit is ovate-shaped, between from October and November, and is black throughout the winter.
Guava(Psidium guajava L.) Leaf	Guava (P. guajava L.) leaf contains an essential oil that is rich in terpenoids, flavonoids, and tannins.
Dansam(Salvia miltiorrhiza Bunge)	The chemical composition of dansam (S. miltiorrhiza Bunge) corresponds to a phenanthrenequinone structure based on a quinone phenanthrenequinone system. The diterpenoid dyes include tanshinone I, tanshinone II, tanshinone IIA, and cryptotanshinone. Quinone-based pigments have a lot of yellow and red colors. They are stable under weakly acidic conditions, but are thicker and more easily reduced under alkaline conditions and have a quinoid structure.
Hibiscus flowers	Hibiscus is an evergreen shrub. The main component is composed of organic acids such as malic acid and citric acid. When extracted with a pigment, it has an anthocyanin red color.
Pruned Branches of Prunus persica Tree	Peach is the fruit of the rhizome and the cherry tree. Pruned branches of Prunus, the main components of persica tree extract, are composed of quinone compounds such as rutin and hyperoside along with (+)-catechin, prunin, and other flavonol derivatives.

4. 결과 및 고찰

4.1 시료 특성 및 색소 추출 방법

문헌고찰 대상인 8편의 논문에서 사용된 시료의 특성 및 천연염재의 색소 추출 방법은 논문발표 연도순으로 Table 2와 Table 3에 정리하였다.

Table 2. Characteristics of fabrics

author	fabric	weave	fabric density (threads/5cm)		weight (g/m ²)
			warp	weft	
[10]	silk	plain	276	192	25±1
[11]			276	192	25.1
[12]			106	67	31.5206
[13]			150	118	50
[1]			320	215	74.4
[14]			51	41	53±2
[15]			51	41	53±2
[16]			51	41	53±2

Table 3. Pigment extraction methods

Natural Dyestuffs	Method
Purple-Fleshed Sweet Potato[10]	1 g of citric acid was added to 1 L of distilled water, and the obtained extract contained 80 g/L of purple-fleshed sweet potato. The extraction time was 60 min, and the extraction temperature was 60°C.
Impatiens balsamina[11]	The flowers, leaves, and stems of I. balsamina were collected, dried naturally, and then ground with a green juice extract. Each extract was centrifuged at 20,000 rpm. The pH of the extraction stock solution was 5.8.
Mulberry[12]	5 kg of distilled water was added to 5 kg of mulberry and extracted by heating for 4 h at 80°C. The mixture was filtered to obtain the primary extraction solution, which was used as the raw solution. The second solution was prepared by adding 10 kg of water, which is twice the weight of mulberry, to the remaining mulberry after obtaining the first extract. Then, 10 kg of water was again added to obtain a third extraction solution, and then a fourth extraction solution.
Ligustrum Japonicum Thunb Fruit[13]	50 g of the salt material was added to 1 L of distilled water, and the salt solution was extracted by heating at 100 °C. for 2 h, followed by freeze-drying at -40°C, and then powdered. The pH of the salt solution was 4.82.
Guava(Psidium guajava L.) Leaf[1]	10 g of dried powder of guava (P. guajava L.) leaf was added to 100 mL of distilled water, extracted for 60 min at the point of

	breaking, and filtered through a 200 mesh. As a result of this experiment, the same salt was repeatedly extracted three times at 90°C for 60 min, in accordance with the optimum extraction conditions, and used for 100% dyeing.
Dansam(Salvia miltiorrhiza Bunge)[14]	600 g of dansam (S. miltiorrhiza Bunge) was added to 6 L of distilled water and heated at 100°C. for 60 min to extract the pigment first. Half of the used amount of distilled water (3 L) was added to the first extraction, Extracted, mixed, and used as the dyeing stock solution. This was referred to as 100% saline solution.
Hibiscus flowers[15]	600 g of dried hibiscus flowers was extracted with 10 times of distilled water at 100°C for 30 min to extract the primary salt solution. Secondary salt extraction was performed using 5 times distilled water of the salt used in the first extraction, under the same conditions as those in the first step. A mixture of the primary and secondary extraction solutions was used in a 100% salt solution. The pH of the saline solution was 2.75.
Pruned Branches of Prunus persica Tree[16]	Pruned branches of the P. persica tree (140 kg) and water (400 L) were divided into 5 times (pruned branches, 28 kg × water, 80 L × 5 times), boiled at 100°C for 12 h with medium boiling. 82 L, which is the mixture of the extracted salt solution, is arbitrarily set to 100%.

4.2 표면색 측정 방법

[10]의 연구는 1976년 CIE에서 제정한 색차식에 의하여 L*, a*, b*, C 및 ΔE* 값을 handy type colormeter(Color System Co. Model JX 777)를 사용하여 측정하였다. 그 원리는 Adams-Nickerson의 Vx, Vy, Vz 공간을 간이화한 것[17]으로 다음과 같이 정의한다[18].

$$L^* = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500\{(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}\}$$

$$b^* = 200\{(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}\}$$

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

여기서 X, Y, Z는 시료의 3자극치이며, X₀, Y₀, Z₀은 표준광원의 3자극치이다. L*값은 명도지수로써 염착량이 증가할수록 L*값은 저하하므로 L*값을 농색도의 척도로 삼았으며[17], a*, b*는 각각 지각색도지수, C는 채도지수이다. 각 염색포에 대한 색차는 염색하지 않은 백색포와의 색차를 다음 식을 이용하여 구한 후 염색의 결과를 평가하였다.

$$\Delta E^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

[11]의 연구는 Gerdner type color difference meter(BYK Co.)를 이용하여 Impatiens balsamina 추출

액으로 염색한 견직물의 표면반사율을 측정하여, Hunter system으로 색차를 계산해서 ΔE 값을 구하였고, Munsell표에 의하여 H V/C로 색을 표시하였다. [12]의 연구는 추출액의 흡광도는 UV/Visible Spectrophotometer(Sinco, Korea)를 이용하여 측정하였다. [13]의 연구는 염색조건에 따른 염색성을 알아보기 위해 염색포의 표면반사율을 측정하였다. 측정 장치로는 분광광도계(UV/VIS Spectrophotometre, HP 8453)를 사용하여 표면반사율을 측정하고 색차계(CR-200, Minolta, Japan)로 Hunter $L^*a^*b^*$ 값을 측정하고 Munsell값을 구하였다.

[1]의 연구는 Guava(Psidium guajava L.) Leaf 추출액으로 염색한 견직물을 색채계(UltraScan PRO, HunterLab)를 사용하여 D65광원, 10° 시야, $\lambda_{max}(400nm)$ 에서 염색포의 표면반사율을 측정한 후 Kubelka-Munk식에 의해 K/S값을 구하였다. 또한, CIELAB 표색계의 L^* , a^* , b^* , 채도 C^* 및 색상각 h 를 측정 후, L^* , a^* , b^* 로부터 색차 (ΔE^*ab)를 산출하였고 Munsell 표색계 변환법에 따라 H V/C를 구하였다. [14-16]의 연구는 Computer Color Matching System(UltraScan PRO, HunterLab, USA)을 사용하여 표면 염착량은 최대 흡수 파장인 400nm에서 염색한 시료의 표면반사율을 측정 후 Kubelka-Munk식에 의해 K/S값을 구하였다. 염색한 시료의 표면색 측정은 Computer Color Matching System(UltraScan PRO, HunterLab, USA)으로 x, y, z값을 측정하고, Munsell 표색계 변환법으로 H, V/C, CIE Lab 색차에 의한 L^* , a^* , b^* , ΔE^* , K/S를 측정하였다.

4.3 염색 방법과 염색조건별 염색성 및 색채특성

문헌고찰을 통해 적색 천연염료를 이용한 무매염 염색의 색채특성을 고찰하여 최적의 염색 조건을 찾아 Table 4에 각각의 염색조건과 색채 특성을 정리하였다.

4.3.1 Purple-Fleshed Sweet Potato

염액을 액비 1:100, 염색온도(40, 60, 80, 100 $^\circ$ C), 염색시간(30, 60, 90, 120, 150, 180분)을 변인으로 하여 염색하였다.

60 $^\circ$ C로 염색하였을 경우 시간이 증가할수록 ΔE^* 는 꾸준히 증가하였으며, 염색시간 90분 이하에서는 60 $^\circ$ C에서 염색하였을 때의 ΔE^* 가 40 $^\circ$ C에서 염색하였을 때보다 컸다. 한편 80 $^\circ$ C와 100 $^\circ$ C에서 염색하였을 경우 염색시간 60분에서 최대 색차를 보였으나 60분 이후에는 색차가 점차 감소하는 경향을 보였다. 실험 결과, 염색온도가 낮으면 초기에 빠르게 염료흡착이 일어났으며 염색의 적정조건은 60 $^\circ$ C에 60분이 적당하다고 판단하였다.

4.3.2 Impatiens balsamina

염액을 액비 1:100, 염색온도(20, 40, 60, 80, 100 $^\circ$ C), 염색시간(10, 20, 30, 60분), 염액농도(50, 100%)를 변인으로 하여 염색하였다.

염액농도 100%로 60분간 염색한 결과, 80 $^\circ$ C이상에서 ΔE^* 의 증가폭이 커 염색온도가 높아지면 염착량 증가도 컸고 100 $^\circ$ C에서 염색한 견직물은 47.19이었다. 염액농도 100%로 40 $^\circ$ C에서 염색한 결과, 10분 염색한 견직물은 ΔE^* 이 34.61이었으나, 60분 염색한 견직물은 41.08을 나

Table 4. H V/C and L^* , a^* , b^* values of dyed silk fabrics*

Natural Dyestuffs	Dyeing Condition	L^*	a^*	b^*	H	V/C
Purple-Fleshed Sweet Potato[10]	amount of dye 80g/L, 60 $^\circ$ C, 60min	78.77	14.03	1.07	6.66R	7.73/2.72
Impatiens balsamina[11]	dye concentration 100%, 100 $^\circ$ C, 60min	57.01	15.29	21.58	6.0YR	5.2/4.9
Mulberry[12]	dye concentration 100%, 80 $^\circ$ C, 60min	47.38	9.94	8.56	-	-
Ligustrum Japonicum Thunb Fruit[13]	dye concentration 400%, 80 $^\circ$ C, 60min	67.56	9.55	5.15	4.7R	6.6/2.2
Guava(Psidium guajava L.) Leaf[1]	amount of dye 100g/L, 90 $^\circ$ C, 80min	54.52	11.98	22.36	7.5YR	5.43/4.2
Dansam (Salvia miltiorhiza Bunge)[14]	dye concentration 100%, 90 $^\circ$ C, 100min	53.70	7.54	22.26	8.4YR	5.34/4.0
Hibiscus flowers[15]	dye concentration 100%, 40 $^\circ$ C, 30min	53.09	15.40	12.09	7.6R	9.52/4.7
Pruned Branches of Prunus persica Tree[16]	dye concentration 100%, 90 $^\circ$ C, 40min	57.047	12.178	22.011	6.7YR	5.68/4.3

* Common dyeing conditions : Liquid 1:100 (1:20 only for L. japonicum Thunb Fruit)

타내어 염색시간이 길어지면 염착량이 증가하였다.

20℃에서 60분 염색한 견직물은 8.6YR로 발색했고 100℃에서 염색한 견직물은 6.0YR로 발색하여, 염색온도가 상승하면서 장과장 쪽인 Red계로 기울어서 발색하였다. 염액농도 100%로 40℃에서 10분간 염색한 견직물은 8.6YR로 발색했고 60분 염색한 견직물은 7.7YR로 발색하여, 염색시간이 길어지면서 장과장 쪽인 Red계로 기울어서 발색하였다.

4.3.3 Mulberry

추출액을 교반속도 50회/분으로 작동하여 80℃의 염색온도에서 염색시간(30, 60, 120분)과 추출액 별로 염색을 실시하였다.

비커 용량을 400g으로 일정하게 하고 12시간동안 1차 추출용액으로 시험한 결과, Mulberry액의 양이 100, 200, 400g으로 증가함에 따라 K/S값과 색차값(L*,a*,b*) 증가하는 것으로 나타났다. 4차 추출액은 모든 시간에서 약간의 염색은 가능하지만 천연염색으로 사용 가능한 정도는 되지 않는 것으로 보인다. 추출용액을 400g으로 고정하고 L*가 60이하를 나타내려면 1차 추출용액은 30분, 2차 추출용액은 1시간, 3차 추출용액은 6시간에서 가능하였으나 4차 추출용액은 염색시간이 지나도 60이하가 되기 어려웠다. Mulberry 추출액을 첨가하여 천연염색한 견직물은 시간이 지날수록 염색성이 계속 증가하였다. 이것은 천연염색 시에는 화학염료에 의한 일반 염색과 다르게 염료가 분해되면서 계속적으로 반복염색이 되는 것으로 판단하였다[19]. 또한 안토시아닌이 물에는 수용성이지만 충분한 시간 동안 염색할 경우 염료가 견직물로 이동하여 수소결합이나 조염결합을 하는 것으로 판단하였다. 특히 모든 안토시아닌에 포함되어 있는 안토시아닌의 구조와 Mulberry의 색소에 존재하는 다수의 수산기 그리고 견직물의 산이나 염기의 작용기가 2차 결합(Secondary Bond)을 하는 것으로 추정된다.

4.3.4 Ligustrum Japonicum Thunb Fruit

1:20의 액비로 염액농도(100, 200, 300, 400, 500%), 염색온도(20, 40, 60, 80, 100℃), 염색시간(20, 40, 60, 80분)을 변인으로 하여 염색하였다.

80℃에서 60분간 염색한 결과, 염액농도가 증가할수록 염색성이 향상되었으나 점차 증가 속도가 둔화되었다. ΔE*은 100%에서 14.60, 200%에서 22.07, 300%에서

25.75, 400%에서 27.59, 500%에서 29.52로 나타나, 최적의 염색 농도는 400%라 판단했다. 염액농도 400%로 60분간 염색한 결과, 염색온도가 증가할수록 염색성이 향상되었으나 증가 속도가 둔화되었다. ΔE*은 20℃에서 18.79, 40℃에서 22.41, 60℃에서 25.71, 80℃에서 27.59, 100℃에서 30.96으로 나타나, 최적 염색 온도는 80℃라 판단했다. 염색농도 400%로 80℃에서 염색한 결과, 염색시간이 증가할수록 염색성이 향상되었으나 60분 이상에서 증가 속도가 둔화되었다. ΔE*은 20분에서 24.14, 40분에서 25.04, 60분에서 27.59, 80분에서 28.45로 나타나, 염색시간은 60분 적절한 것으로 판단하였다.

80℃에서 60분간 염색한 결과, 염액농도가 증가할수록 8.7R에서 5.4R로 변하였고, 명도는 7.9에서 6.5로 낮아졌고, 채도는 1.2에서 2.3으로 높아졌다. Ligustrum Japonicum Thunb Fruit의 색상분포에서 a*은 5.14~9.83이며, b*은 4.40~5.59로 나타났다. 견직물에서의 색상은 Red이다. 염액농도 400%로 60분간 염색한 결과, 염색온도가 증가할수록 색상은 2.6R에서 5.9YR로 변하였고, 명도는 7.5에서 6.4로 낮아졌으며, 채도는 1.5에서 2.4로 높게 나타났다. Ligustrum Japonicum Thunb Fruit의 전체적인 색상분포에서 a*은 6.52~10.19이며, b*은 2.72~6.06으로 나타났다. 염액농도 400%로 80℃에서 염색한 결과, 염색시간이 증가하여도 색상은 4.7R로 변함이 없었고, 명도는 6.9에서 6.5로 낮아졌으며, 채도는 2.0에서 2.3으로 높아졌다. 견직물의 a*은 8.45~9.84이며, b*은 5.15~5.68로 나타났다.

4.3.5 Guava(Psidium guajava L.) Leaf

Guava(Psidium guajava L.) Leaf 증류수 추출액을 이용하여 견직물 2g에 액비 1:100, 염색온도(40, 50, 60, 70, 80, 90, 100℃), 염색시간(40, 60, 80, 100, 120분)을 변인으로 하여 염색하였다.

액비 1:100, 염제량 50g/L에서 60분간 염색한 결과, 염색온도가 올라갈수록 K/S값이 서서히 증가하다 90℃ 이상부터 큰 폭으로 증가하였다. ΔE*은 80℃에서 35.27, 90℃에서 36.31, 100℃에서 43.31로 나타난 것으로 보아, 100℃에서 색상이 탁해지고 견직물의 광택과 강도가 저하되므로 너무 높은 온도의 염색은 적당하지 않다. 따라서 염색성이 가장 좋은 염색온도는 90℃라 생각한다. 액비 1:100, 염제량 100g/L로 90℃에서 염색한 결과, 80분까지는 염착량이 증가하다가 80분 이상부터는 염착평형을

나타내었다. 염색시간이 길어지더라도 K/S값의 증가폭이 적은 것으로 보아, 비교적 짧은 시간 안에 염료 전량이 견직물에 염색된 것이다. 따라서 견직물에 팽윤이 일어나고 염착량이 적당한 상태가 되는 염색시간을 80분으로 판단하여 이후의 실험에서 염색시간을 80분으로 고정하였다.

액비 1:100, 염재량 50g/L에서 60분간 염색한 결과, 염색온도가 높아짐에 따라 H값이 감소하는 경향을 보여 색상이 Red계로 이동하였음을 알 수 있다. L*은 염색온도가 상승함에 따라 계속 낮아져 어두워졌고, a*과 b*은 +값을 나타내어 적색과 황색이 가미된 색상을 나타내었다. 일반적으로 a*는 온도의 상승과 함께 꾸준히 상승하지만 b*의 색상변화는 비슷한 경향을 보였고, 채도를 나타내는 C값은 온도가 높아질수록 상승하여 짙은 색상을 나타내었다. 전체적으로 볼 때 40°C에서는 a*는 낮고 b*는 높은 수치를 나타내어 황색을 띄었고, 염착량이 큰 폭으로 증가한 90°C에서는 a*, b*가 모두 높게 나타나 적갈색을 띄었다.

4.3.6 Dansam(*Salvia miltiorrhiza* Bunge)

액비 1:100에서 염액농도 100%(예비실험결과 최적농도)로 하여 염색온도(40, 50, 60, 70, 80, 90, 100°C), 염색시간(40, 60, 80, 100, 120분)을 변인으로 하여 염색하였다.

액비 1:100에서 60분간 염색한 결과, K/S값이 염색온도 40°C에서 1.78, 50°C에서 2.15, 60°C에서 2.42로 완만하게 증가하다 70°C에서 3.12, 80°C에서 4.36, 90°C에서 5.13, 100°C에서 6.58로 크게 증가하였다. 이는 일반적으로 온도가 높아짐에 따라 색소분자활동이 활발해지고 견직물의 팽윤이 이루어져 염착량이 크게 증가하였음을 짐작할 수 있다[20]. 그러나 온도가 높을수록 색상이 탁해지고 어두워지는 경향이 있어 Dansam(*Salvia miltiorrhiza* Bunge) 추출액을 이용한 견직물의 염색온도를 90°C로 설정하였다. 액비 1:100, 염색온도 90°C로 염색한 결과, 염색시간 40분에서도 K/S값이 4.72로 높게 나타났으며 이후 완만한 증가를 보이다가 100분에서 6.08의 K/S값으로 가장 높은 염착량의 증가와 함께 염착평형을 나타내었다. 적정 염색시간은 염착평형이 이루어진 시간인 100분으로 하였다. 90°C에서 100분간 염색한 결과, 1회 염색시에도 K/S값은 6.08로 높은 염착량을 나타내었는데 이는 견직물이 다른 직물에 비해 염료를 흡착할 수 있는 작용기(NH₂, COOH)를 더 많이 가지고 있기 때문으로 생각

된다[21]. 2회 반복염색 시 7.61의 K/S값을, 3회 반복염색 시 9.02의 K/S값을 나타내었다. 4회 반복염색 시 K/S값은 9.73으로 횟수가 반복됨에 따라 염착량은 지속적으로 증가하였음을 알 수 있었으며, 5회 반복염색에서의 K/S값은 9.97로 4회 반복염색 시보다 다소 증가했으나 증가폭이 현저히 낮아져 반복염색을 실시한 경우 3회 염색이 적절하다고 생각하였다.

4.3.7 Hibiscus flowers

염색온도(40, 60, 80, 100°C), 염색시간(30, 50, 70, 90, 110분), 염액농도(20, 40, 60, 80, 100%)를 변인으로 하여 염색하였다.

염액농도 100%, 액비 1:100으로 30분간 염색한 결과, 40°C에서도 높은 염착량을 보였고 100°C에서 염착량이 가장 높게 나타났다. 그러나 높은 온도에서는 색상이 탁해지고 견직물의 손상이 발생할 수 있어, 이후 실험에서는 염색온도를 40°C로 설정하여 진행하였다. L*은 염색온도가 상승함에 따라 값이 감소하며 어두워졌고 a*도 값이 감소하고, b*는 증가한 것을 볼 수 있었다. 염액농도 100%, 액비 1:100으로 40°C에서 염색한 결과, 30~50분 사이에 염착량이 유사하게 나타났고 이후 70~90분에서 염착량 증가를 보였지만 110분에서 염착량이 감소하였다. 110분에서 염착량이 감소한 것은 오랜 염색 시간으로 인하여 염료가 탈리된 것으로 보인다. 실험 결과, Hibiscus flowers의 추출액으로 견직물을 염색할 경우 40°C에서 30분간 염색하는 것이 적절하다고 보았다. 액비 1:100으로 40°C에서 30분간 염색한 결과, 염액농도가 증가할수록 염착량이 증가하는 것을 알 수 있었다. 염액농도 100%, 액비 1:100으로 40°C에서 30분간 염색한 결과, 1~2회까지 염착량이 급격히 상승하였고 3~5회까지 염착량이 완만히 상승하는 것으로 보아 반복적으로 염색하는 횟수가 증가할수록 K/S값이 증가하였다.

4.3.8 Pruned Branches of *Prunus persica* Tree

액비 1:100, 염액농도 100%에서 염색시간(20, 40, 60, 80, 100, 120분)과 염색온도(20, 40, 60, 80, 90, 100°C)를 변인으로 하여 염색하였다.

액비 1:100, 염액농도 100%에서 40분간 염색한 결과, 20~40°C까지는 K/S값이 다소 증가하였으나 40~60°C에서는 미세하게 감소하였다. 80~90°C에서 염착률이 가장 높게 나타났고, 100°C에서는 염착률이 90°C와 유사한 값을

나타내었다. 20~90℃까지는 온도의 증가에 따른 염액 내 색소성분의 분자활동이 활발해짐에 따라 견직물과의 반데르발스 힘(van der Waals forces)에 의한 물리적 흡착이 증가하여 대체적으로 염색온도와 염착량이 비례하는 염색 거동을 나타낸 것으로 판단하였다. 그러나 100℃가 되면 흡착과 동시에 탈착의 가역반응(reversible reaction)과 견직물의 광택과 강도가 저하하는 등의 물성변화가 나타나, 이후 실험에는 높은 염착성을 나타낸 염색온도 90℃에서 진행하였다. 액비 1:100, 염액농도 100%로 90℃에서 염색한 결과, 20~40분 사이에 염착량 증가폭이 가장 크게 나타났다. 40~120분까지 완만한 상승이 있었으나 K/S값의 차이는 크지 않았다. 이처럼 염색시간이 길어져도 염착량의 증가폭이 적은 것은 견직물나 양모섬유에 대한 산성염료의 랭뮤어(Langmuir) 흡착형태의 등온흡착곡선(Sorption Isotherm)과 유사하게 나타나 염색시간 40분에서 염착평형 상태에 도달한 것으로 사료되었고, 이후 실험은 염색 효율성을 고려하여 염색시간을 40분으로 고정하였다.

5. 결론

다음은 염색실험의 변인들에 대한 고찰 결과이다. 첫째, 염액농도를 변인으로 한 염색실험에서 염액농도가 진해질수록 ΔE^* 와 K/S값이 높아지는 경향을 보였다. [11]의 연구에서 *Impatiens balsamina* 추출액의 경우에는 염액농도에 따라 붉은 기미의 주황색이 되기도 하고 노랑기미의 주황색으로 발색되기도 하였다. 또한, [13]의 연구에서 *Ligustrum Japonicum* Thunb Fruit 추출액의 경우에는 염액농도가 증가할수록 8.7R에서 5.4R로 변하였고 명도는 7.9에서 6.5로 낮아졌고 채도는 1.2에서 2.3으로 높아졌다. 따라서 발현하고자 하는 적색계의 천연염제를 선정하여 염액농도를 조절하면 정량적으로 천연염색을 할 수 있을 것으로 사료된다.

둘째, 염색온도를 변인으로 한 염색실험에서 염색온도가 증가할수록 ΔE^* 와 K/S값이 높아지는 경향을 보였다. 염색온도의 상승과 함께 견직물의 팽윤이 일어나고 색소의 분자운동이 활발해져 견직물의 비결정 영역(amorphous region)이 완만해지기 때문에 대부분 70~80℃를 지나면서 염착량이 크게 증가하였으나, 90~100℃ 이상이 되면 색상이 심하게 탁해질 뿐만 아니라 견직물의

광택과 강도가 저하되었다. [11]의 연구에서 *Impatiens balsamina* 추출물의 경우에는 염색온도가 상승하면서 염색한 견직물이 장과장 쪽인 Red계로 기울어서 발색하였다. [13]의 연구에서 *Ligustrum Japonicum* Thunb Fruit 추출액은 염색온도가 증가할수록 색상은 2.6R에서 5.9R로 변하였고 명도는 7.5에서 6.4로 낮아졌으며 채도는 1.5에서 2.4로 높게 나타났다. [1]의 연구에서 *Guava*(*Psidium guajava* L.) Leaf 추출액은 염색온도가 높아짐에 따라 H값이 감소하는 경향을 보여 색상이 Red계로 이동하였음을 알 수 있었다. L*은 온도가 상승함에 따라 계속 낮아져 어두워졌고 a*와 b*는 +값을 나타내어 적색과 황색을 가미한 색상을 띠었다. a*는 염색온도의 상승과 함께 꾸준히 상승하였지만 b*는 높은 수치를 계속 유지하여 유사한 경향을 보였고, 채도를 나타내는 C값은 온도가 상승할수록 짙은 색상을 나타내었다. [15]의 연구에서 *Hibiscus flowers* 추출액은 온도 상승에 따라 L*은 감소하며 어두워졌고 a*도 값이 감소하고 b*는 증가한 것을 알 수 있었다. 종합하면, 고온에서 색상이 탁해지고 견직물의 광택과 강도가 저하되는 것은 천연염색 실험시료가 저온에서 염색해야 하는 견직물이기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 고온염색에서의 천연염제의 염색성과 색채특성을 알기 위해서는 고온에서도 잘 견디는 다른 천연염료를 이용하여 실험하여야 의미 있는 실험 결과가 나올 것이다. 또한, 안토시아닌계와 플라보노이드계 천연염료 모두 염색온도가 높아질수록 Red계로 발색이 잘 되는 것을 알 수 있다. 따라서 적색 천연염료의 염착성과 발색성을 고려하여 염색온도를 조절하면 정량적으로 천연염색을 할 수 있을 것으로 사료된다.

셋째, 염색시간을 변인으로 한 염색실험에서 염색시간이 길어질수록 ΔE^* 와 K/S값이 높아지는 경향을 보였다. 그러나 모든 실험에서 천연염제 추출액이 초기에도 견직물에 대한 친화력이 높아 비교적 초기에 염색이 되어 짧으면 30분 이상, 길면 100분 이상에서 염착 평형(dyeing equilibrium)을 나타내었다. 오히려 [15]의 연구에서 *Hibiscus flowers* 추출액은 오랜 염색 시간(110분 이상)으로 인한 염료의 탈리(elimination)로 염착량이 감소하는 경향을 보였다. Lee, H. S. and Ko, S. M. (2010) 연구에서 *Ligustrum Japonicum* Thunb Fruit 추출액의 경우에도 염색시간이 증가할수록 염색성이 향상되었으나 H값은 변함이 없었고, 명도는 6.9에서 6.5로 낮아졌으며 채도는 2.0에서 2.3으로 높아졌다. [11]의 연구에서

Impatiens balsamina 추출액은 염색시간이 길어지면서 장과장 쪽인 Red계로 기울어서 발색하였다. 따라서, 염색시간은 색상의 변화보다는 염착량에 영향을 주기 때문에 충분히 통제 가능한 염색실험 변인으로 보이며, 천연염료의 초기 염착량이 많은 견직물이 천연염색을 하는데 효과적일 것으로 사료된다.

최근 천연염색에 대한 관심이 새롭게 부상되고 있는 가운데, 본 연구는 적색계 천연염료를 이용한 견직물의 무매염 염색의 염색조건에 따른 염색 특성을 비교 고찰하고, 그 결과로써 얻어지는 색채특성을 분석한 연구이다. 무매염 천연염색은 일반적으로 염착력의 한계를 수반하기는 하나 전통적인 천연 염색 방식을 대체로 고수하는 염색 기법 중 하나이며, 매염제가 사용되는 현대화된 천연염색 방식과는 차별화된다. 본 연구는 전통에 높은 비중을 두는 무매염 천연염색 방식을 세부적으로 고찰하고 그 방식 및 조건에 따른 결과의 특성을 분석함으로써 천연염색의 특성과 전통적 방식의 특성을 동시에 조망하였다는 데에 의의가 있다. 마지막으로, 본 연구는 염색 과정에서 환경오염을 일으키는 과도한 반복염색과 매염제 사용을 하지 않더라도 천연염색으로 적색을 다양하게 발현할 수 있고 우수한 염색성도 나타낼 수 있는 가능성을 제안하였다. 향후 연구에서 적색계 견직물의 염색실험을 통해 무매염 천연염색의 정량적 지표를 제시할 수 있다면 본 연구가 선행연구로서 의미가 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] M. R. Han & J. S. Lee. (2011). Natural Dyeing of Fabrics with Guava(*Psidium guajava* L.) Leaf Extract II-Dyeability and Functional Property of Cotton Fabrics-. *J. Kor. Soc. Cloth Ind.*, 13(5), 778-789. DOI : 10.5805/KSCI.2012.14.2.320
- [2] J. S. Bae. (2014). Mechanical Properties of Rayon Fabrics dyed with Persimmon Juice. *Fashion & Text. Res. J.*, 16(5), 791-799. DOI : 10.5805/SFTL.2014.16.5.791
- [3] S. Y. Kim. (2011). Natural Dyeing of Silk Fabric with *Rheum undulatum* L., *J. Kor. Soc. Cloth Ind.*, 13(3), 432-437. DOI : 10.5805/KSCI.2011.13.3.432
- [4] S. Y. Kim. (2008). A study on the Well-being Technique Natural Dyeing with Natural Resources(1)-Natural Dyeing of Cotton Fabric using *Perilla Frutescens* var. *acuta*-. *J. Kor. Soc. Cloth Ind.*, 10(5), 771-778.
- [5] S. Y. Kim & H. J. Ahn. (2009). *Color Development of Combination Dyeing of Safflower, Gromwell and Sappan wood*. Korea Patent No.2009-0107846. Daejeon: Korean Intellectual Property Office.
- [6] A. R. Lee, B. Sarmandakh, E. Y. Kang & E. Yi. (2012). Effect of Colorimetric Characteristics and Tone Combination on Color Emotion Factors of Naturally Dyed Color Combination Fabrics-Focus on Yellowish and Reddish Fabrics-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 36(10), 1028-1039. DOI : 10.5850/JKSCT.2012.36.10.1028
- [7] S. M. Park, J. Y. Kim, J. H. Yeom & N. S. Yoon. (2009). The need for natural dyeing industry development trends and product certification. *Dyeing and Finishing*, 4, 53.
- [8] E. M. Lee, H. J. Lee & H. J. Yoo. (2003). The Physical Properties and Dyeability of the Degummed and Sericin Fixed Silk Fabrics. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 27(5), 517-523.
- [9] M. H. Cho, Y. S. Paik, H. H. Yoon & T. R. Hahn. (1996). Chemical Structure of the Major Color Component from a Korean Pigmented Rice Variety. *Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 39(4), 304-308.
- [10] S. Y. Kim & J. W. Rhim. (2003). Natural Dyeing of Silk Fabric using Purple-Fleshed Sweet Potato. *J. Kor. Soc. Cloth Ind.*, 5(4), 399-407.
- [11] C. C. Chang & A. S. Kim. (2003). A Study on the Dyeing Properties of Silk Fabrics Dyed with *Impatiens balsamina* extract. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 15(1), 1-7.
- [12] K. W. Lee, J. H. Lee, S. J. Eum, E. M. Bae, T. Y. Kim & S. H. Yoon. (2010). Natural Dyeing of Sangju Silk with Mulberry Extract Solution. *Textile coloration and finishing*, 22(3), 207-213. DOI : 10.5764/TCF.2010.22.3.207
- [13] H. S. Lee & S. M. Ko. (2010). Dyeability of Silk Fabrics Using Extracts of *Ligustrum Japonicum* Thunb Fruit. *Textile Coloration and Finishing*, 22(1), 71-76. DOI : 10.5764/TCF.2010.22.1.071
- [14] J. Nam & J. Lee. (2013). Natural Dyeing of Silk Fabrics with *Dansam*(*Salvia miltiorrhiza* Bunge) Extract. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 37(7), 874-881. DOI : 10.5850/JKSCT.2013.37.7.874
- [15] I. S. Cho & J. S. Lee. (2015). Combination Dyeing of Silk Fabrics with Hibiscus flowers and Persimmon Juice Extract. *Fashion & Text. Res. J.*, 17(3), 476-485. DOI : 10.5805/SFTL.2015.17.3.476
- [16] Y. K. Ha & J. S. Lee. (2015). Combination Dyeing of Silk

Fabrics with Extracts from Humulus japonicus and the Pruned Branches of Prunus persica Tree. *Textile Coloration and Finishing*, 27(1), 80-95.
DOI : 10.5764/TCF.2015.27.1.80

- [17] S. H. Lee, Y. S. Cho & S. H. Choi. (2006). Dyeing of Wool Fabric by the Pigment Extracted from Opuntia Ficus-indica. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 18(2), 8-14.
- [18] I. R. Choi & M. S. Jeon. (2009). Dyeing Properties and Ultraviolet-cut Ability of Fabrics Dyed with Coffee Bean Extracts. *The Research Journal of the Costume Culture*, 17(4), 575-582.
- [19] B. H. Kim & H. S. Song. (1999). The Dyeability and Antimicrobial Activity of Artemisia princeps Extracts. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 11(5), 30-37.
- [20] K. R. Cho. (2010). *Natural Dyeing Research*. Paju: Hyungseul Publishing.
- [21] H. S. Song. (2008). *Natural Dyeing*. Seoul: Sookmyung Women's University Press
- [22] S. C. Lee. (2001). *Natural dyeing: Natural colors made by my hand*. Seoul : Hakgojae.
- [23] O. K. Han. (2005). *A Study of Well-being Textile Industry Products Using Natural Dyeing*. Master's dissertation. Wonkwang University, Iksan.
- [24] S. G. Nam & B. I. Jeon. (2017). *New techniques of natural dyeing*. Seoul : Way2U.
- [25] H. K. Jeong. (2018). *The Reality and Teacher's Perception of Natural Dyeing Education in Early Childhood Educational Institutions*. Master's dissertation. Seoul Women's University, Seoul.

김 효 진(Kim, Hyo Jin)

[정회원]



- 2010년 2월 : 연세대학교 의류환경학과(이학사)
- 2012년 2월 : 연세대학교 의류환경학과(이학석사)
- 2018년 8월 : 연세대학교 의류환경학과(이학박사수료)
- 2011년 4월 ~ 2012년 8월 : 벤텍스 섬유과학연구소
- 2013년 2월 ~ 2014년 6월 : 한국의류시험연구원 연구개발센터
- 2015년 1월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 스마트섬유그룹
- 관심분야 : 스마트웨어, 보호복, 기능성의류, 기술마케팅
- E-Mail : hjokim@kitech.re.kr

이 주 현(Lee, Joo Hyeon)

[정회원]



- 1983년 2월 : 연세대학교 의류학과(이학사)
- 1985년 2월 : 연세대학교 의류학과(이학석사)
- 1990년 2월 : 연세대학교 의류학과(이학박사)
- 1992년 8월 : Parsons School of Design(Fashion design, A.A.S.)
- 1995년 3월 ~ 1999년 2월: 연세대학교 의류환경학과 조교수
- 1995년 3월 ~ 2004년 2월 : 연세대학교 일반대학원 인지과학 협동과정 실무교수
- 2000년 3월 ~ 2005년 2월 : 연세대학교 의류환경학과 부교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 일반대학원 인지과학 협동과정 협력교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 의류환경학과 교수
- 2018년 1월 ~ 현재 : (사)한국감성과학회 이사, 편집위원
- 2018년 1월 ~ 현재 : 과학기술정보통신부 산하 정보통신산업진흥원 비상임 이사
- 관심분야 : 스마트웨어, 의상디자인, 의류상품기획
- E-Mail : ljhyeon@yonsei.ac.kr