

# 미생물 유래 Prodiginine 색소로 천연염색한 직물의 색채특성 및 색채감성요인\*

Colorimetric Properties and Color Sensibility Factors for Naturally Dyed Fabrics  
by Microbial Prodiginine Colorant

최종명\*\*† · 김용숙\*\* · 이은주\*\*\*

Jongmyoung Choi\*\*† · Yongsook Kim\*\* · Eunjou Yi\*\*\*

충북대학교 패션디자인정보학과\*\*

Department of Fashion Design Information, Chungbuk National University\*\*

제주대학교 의류학과\*\*\*

Department of Clothing and Textiles, Jeju National University\*\*\*

## Abstract

This study was carried out in order to investigate the colorimetric values, the color sensation and sensibility for naturally dyed fabrics with microbial prodiginine colorant and to find out the relationship among color sensation, color sensibility factors and colorimetric properties of them. Color sensation and sensibility of four different fabric stimuli coloring red purple by a microbial prodiginine colorant produced from *Zooshikella* sp. were subjectively evaluated by university students. The color sensibility for the naturally dyed fabrics was classified into four factors: 'pleasantness', 'gracefulness', 'characteristic' and 'relax'. Color sensibility factor 'pleasantness' was the dominant factor for the naturally dyed fabrics with microbial prodiginine colorant. All color sensibility factors showed a significant correlations with the color sensation and colorimetric properties of the dyed fabrics with prodiginine. There were showed significant relationships between the color sensibility factors and lightness  $L^*$ , color saturation  $C^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ . Also, color preference of the dyed fabrics with prodiginine was found to be influenced mainly by color sensibility factors.

**Keywords** : Microbial colorant, Prodiginine, Natural dyed fabrics, Colorimertic values, Color sensibility, Preferences

## 요약

본 연구에서는 미생물에서 추출한 천연 색소로 염색한 직물의 색채특성을 고찰하고 염색 직물의 색채감성에 영향을 미치는 색채감각과 물리적 색채특성을 규명하고자 하였다. 미생물 *Zooshikella*에서 추출한 prodiginine 색소를 이용하여 적자색으로 염색된 면, 견, 모, 나일론 직물에 대하여 20대 대학생 남녀 40명을 대상으로 의미미분법을 이용한 색채감각 및 감성을 평가하였다. 미생물 prodiginine 색소로 염색한 직물의 색채감성요인은 '유쾌성', '품위성', '독특성', '편안성' 등 4개 요인으로 분류되었는데, 이 중 '유쾌성' 요인이 미

\* 이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-531-H00004)

† 교신저자 : 최종명(충북대학교 생활과학대학 패션디자인정보학과)

E-mail : jmchoi@chungbuk.ac.kr

TEL : 043-261-2791

FAX : 043-274-2792

생물 색소로 염색한 직물의 대표적인 색채감성요인이라는 것을 알 수 있었다. 미생물 prodiginine 색소로 염색한 직물 색채의 명도  $L^*$ 은 '유쾌성' 요인과 유의한 관계를, 채도인  $C^*$ 는 색채감성요인 모두와 유의한 관련성을 보였으며,  $a^*$ 와  $b^*$ 의 물리적 색채변인 또한 색채감성요인에 유의한 영향을 끼쳤다. 또한 색채감각과 색채감성요인은 부분적으로 유의한 관련성을 보였다. 미생물 prodiginine 색소로 염색한 직물의 색채감성, 색채특성 및 색채감각 중에서 색상 선호도를 예측해 주는 변인은 '유쾌성'과 '독특성'을 포함한 색채감성임을 알 수 있었다.

주제어 : 미생물 색소, 프로디지닌, 천연염색 직물, 색채특성, 색채감성, 선호도

## 1. 서론

21세기에 들어와 생활의 풍요로움과 쾌적성이 더한층 요구되면서 소비자의 감성을 고려한 상품개발이 중요시되고 있다. 이에 의복을 포함한 섬유제품에 있어서도 인간의 감각을 고려하여 제품 개발이 이루어지고 있다. 또한 환경 보호의 중요성이 부각되면서 모든 산업적 기술이 인간의 건강과 안전 및 환경오염 예방에 대한 기본적 인식을 염두에 두고 있다.

섬유 산업의 경우 대부분의 환경규제가 제품자체보다 제조공정에 사용되는 염료를 규제하는 방식과 이를 보완하는 환경마크가 병행되어 취해지고 있다(이병욱, 2000). 따라서 의류제품의 염색분야에서도 환경 친화적인 천연염료에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이를 산업적으로 활용하기 위한 천연염색에 대한 연구가 지속되고 있다. 천연염료는 자연에 존재하는 근원물질에 따라 크게 동물성 색소, 식물성 색소, 광물성 색소 및 미생물 색소로 나뉘어지는데, 섬유염색 분야에서는 동물, 식물, 광물질을 이용한 염색을 해왔으며(이종남, 2004), 이 중에서도 식물성 자원을 염료로 많이 사용하고 있다(남성우, 2007). 따라서 지금까지 천연염색에 관련된 연구가 식물성 색소를 중심으로 전통 천연염색법의 과학적 재현(정인모 등, 2005)과 염색성 및 견뢰도 향상(이상필, 2006; 손송이 등, 2009), 항균성과 자외선 차단성 등의 부가기능성 관련 연구(이혜자 등, 2002; 배정숙, 허만우, 2006; 박영미 등, 2009)에 초점을 맞추어 많이 이루어지고 있다. 그러나 식물성 천연염료는 지역이나 품종, 재배 방법에 따라서 균질성이 부족하고 염색 시 재현성과 견뢰도가 낮으며 금속매염제의 환경오염 등 아직까지는 대량 산업화하는 데에 여러 제약점이 따르고 있어서(송경현, 백천의, 2002), 염료의 균질성과 표준화, 안정성과 재현성, 견뢰도 보장, 복잡한 공정의 단순화,

높은 수율, 환경친화성 등의 특성이 있는 새로운 천연염료의 개발이 요구되고 있다.

미생물은 지구전체의 생물체의 총합인 바이오매스(Biomass) 중 60% 이상을 차지하고 있어 자연계에서 가장 풍부한 자원으로 알려지고 있다(오테광, 2008). 미생물에는 메주, 김치, 치즈, 젓갈, 술을 만드는 데 관련되어 인체에 안전한 것으로 알려져 있는 것을 비롯하여 항균, 항암, 자외선 차단, 미백 등 다양한 생리활성 효과를 가지는 미생물이 많다. 그 뿐 아니라 색소를 생산하는 종들이 다양하게 보고되고 있으며(Sardaryan et al., 2004), 새로운 색소 개발(Oppong et al., 2000)에 대한 연구도 꾸준히 이루어지고 있다. 또한 미생물 색소는 통일된 조건 설정이 가능하여 균질성과 재현성이 보장되고 식물성 천연염료에 비해 자연 환경의 변화에 관계없이 간단한 배지 조성으로 단기간인 2~3일의 배양기간으로 연중 생산할 수 있어서 저렴한 가격과 대량생산의 잇점을 갖추고 있다. 그러나 현재까지는 주로 의약품, 화장품, 식품용 색소로는 많이 개발되어 있는 반면, 섬유 염색에 미생물 색소를 이용한 예는 국내외적으로 많이 보고되고 있지는 않은 편이다(Shirata et al., 1997; 2000; 최종명, 김용숙, 2009). 따라서 미생물 색소의 섬유 염색 방법을 개발하고, 다양한 기능성과 감성적 효과를 고찰한다면 천연염색 섬유·의류 분야에서 BT와 섬유소재, 감성과 학의 융합기술로 새로운 고부가가치 제품 발굴에 일조할 수 있을 것으로 사료된다.

최근 세계적으로 인간성과 개인의 느낌을 우선하면서 동시에 친환경적이고 편안함을 추구하는 사회의 흐름에 맞추어, 의류 및 직물 산업의 소비자 또한 심리적 만족과 쾌적감을 줄 수 있는 감성 지향성과 더불어 친환경적이고 착용자의 건강을 추구하는 제품을 요구하고 있다. 천연색소로 염색한 섬유·의류제품은 인체 및 환경 친화적 기능성과 더불어 합성염료로 염

색한 직물의 색채와 차별되는 고유의 색채 특성에 기반한 독특한 감성을 유발할 것으로 판단되어 높은 부가가치가 기대되고 있다. 이에 천연염색 직물 색채에 대한 감성적 고찰들이 이루어졌는데, 주로 천연염색 직물 색채에 대한 감성 요인의 규명과 색채의 물리적 특성과 색채 감성 간의 관계를 중심으로 분석되었다. 천연염색 직물의 색채감성 요인에 대해서 최연주 등(2005)은 황색계 천연염색 직물의 색채 이미지 요인으로 명량성, 편안성, 전원성, 현시성을 제시하였고, 김재숙과 이순임(2005)은 모시와 면직물에 5개 색상으로 천연염색을 실시하여 감성이미지를 평가한 결과, 매력성, 현시성, 촉감, 중량감의 4차원으로 도출되었다고 하였다. 또한 이은주와 최종명(2009)은 황색과 적색계열 천연염색 직물의 색채감성요인은 활동성, 독특성, 편안성의 세 가지 차원으로 도출하였는데, 이 중 활동성은 다양한 물리적 색채성질 및 색채감각과 유의한 관계를 보여 황색과 적색의 천연염색직물 색채감성의 의미공간에서 가장 중요한 색채감성요인으로 판단되었다고 보고하였다. 한편 천연염색 색채감성 요인 및 색채 선호도와 물리적·객관적 색채 특성 간의 관계를 고찰한 연구들의 결과를 요약하면 다음과 같다. 황색계열 천연염색 직물을 분석한 최연주 등(2005)은 명도인  $L^*$ 이 선호도에 가장 큰 영향을 주며, 역시 황색계열 천연염색 직물을 대상으로 보고한 Yi와 Rhee (2009)는 명도인  $L^*$ 과 노랑기미  $b^*$ , 채도인  $C^*$ 가 유쾌한 감성에 정적인 영향을 미친다고 하였다. 또한 황색과 적색계열 천연염색 직물을 함께 평가한 연구(이은주 등, 2009)에서는 황색계열에서 강하게 인지되는 색채감성요인 활동성은 명도  $L^*$ 에 의하여, 적색계열 천연염색 직물에서 높게 평가되는 독특성은 붉은 기미  $a^*$ 에 의해 예측된다고 하였다. 이들 연구들을 바탕으로 정리하면, 지금까지 천연염색 직물의 색채감성과 선호도, 물리적 색채특성과의 관계 연구는 주로 식물성 염료를 활용한 황색계열 색상을 중심으로 견직물만을 대상으로 이루어지고 있어서 앞으로 다양한 종류의 천연염료와 직물 소재 및 색상에 대한 구체적인 분석이 요구된다. 특히 균일성과 재현성, 경제성이 기대되는 미생물 유래 천연색소로 염색한 직물 소재의 색채감성에 대한 평가는 아직 이루어지지 않았다.

이에 본 연구는 새로운 환경친화적인 천연염색소재를 패션상품에 적용하는데 도움을 주기 위하여 시도되었다. 즉 미생물 *Zooshikella* sp. S-1이 생산하는

prodiginine 색소를 이용하여 천연염색을 실시하여 색채를 발현하여 색채특성을 측정하고 대학생 소비자를 대상으로 색채감각 및 감성요인을 평가시켜 색채특성 및 색채감각이 감성요인과의 관련성을 고찰해 보고자 한다. 아울러 미생물색소 염색 직물의 색채특성, 색채감각 및 색채감성요인이 대학생의 색상 선호도에 어떠한 영향을 미치는지 파악하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 미생물 유래 색소 염색

본 실험에 사용한 미생물은 한국생명공학연구원에서 분양받은 무독성의 적색색소 생산균주인 *Zooshikella* sp. S1-1으로서, 선행연구(Kim et al., 2009)에서와 동일한 방법으로 이를 배양한 후 색소를 추출하였다. 염색용 직물 시료로는 한국의류시험연구원(KATRI)에서 시판하고 있는 KS K ISO 105 규격의 염색견뢰도 시험용 표준 직물 중에서 패션소재로 주로 사용되는 면, 견, 모, 나일론 직물을 선정하였으며, 시료의 특성은 표 1과 같다. 염색 방법은 제조한 미생물 유래 prodiginine 색소 염액으로 농도 0.5% o.w.f., 액비 1:50, 온도 60℃, pH 5의 조건으로 30분 동안 적외선 염색시험기(Starlet-2 DL-6000plus, 대림스타릿)를 사용하여 각 직물 시료를 염색하였다.

표 1. 시료의 구조적 특성

시료	섬유 혼용률(%)	조직	밀도( $cm^2$ )		두께 (mm)	무게 ( $g/m^2$ )
			경사	위사		
C	면 100	평직	35	31	0.24	115.07
S	견 100	평직	53	38	0.12	60.50
N	나일론 100	평직	18	20	0.36	130.00
W	모 100	평직	22	19	0.31	125.75

### 2.2. 색채특성 평가

염색된 직물의 색채특성은 분광 측색계(Colour Reader, Model JS555, Colour Techno System Co., Japan)를 이용하여 분석하였다. 즉 3색 자극치 X, Y, Z값을 측정하

였고, CIE Lab 색차식을 이용하여  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  및  $C^*$ 와  $h$  값을 계산하였으며, Munsell 표색계에 의해서 H(V/C) 값으로 나타내었다. 또한 각 식물에 대한 색소의 염착량은 분광 측색계로 측정된 흡수 파장의 표면반사율을 이용하여 Kubelka-Munk식에 의해 계산하였다.

## 2.3. 색채 감각 및 감성요인 평가

### 2.3.1. 자극물과 평가자

염색한 식물소재를 색채감각 및 감성요인 평가용 자극물로 사용하였는데, 자극물의 크기는  $10 \times 10 \text{cm}^2$ 으로 중간명도의 회색 종이( $20 \times 20 \text{cm}^2$ ) 위에 부착하였다. 색채감각 및 감성요인 평가자는 남녀 대학생 40명이었으며, 실험에 앞서 색맹 테스트를 통해서 색 식별 장애가 있는지를 검사하여 색 지각에 이상이 없음을 확인하였다.

### 2.3.2. 평가용어와 설문지 구성

설문지는 인구통계학적 특성, 색채감각 및 감성평가 용어로 구성되었다. 색채감각평가 용어는 선행연구(Gao et al., 2006; 이은주 등, 2009)를 참고로 하여 8개 용어를 선정하여 구성하였으며, 색채감성평가 용어는 선행 연구(최연주 등, 2005; 이은주 등, 2009)를 참고로 하여 총 22개 형용사로 구성하였다. 색채감각 및 감성 평가 용어는 7점 의미미분척도로 구성하였다. 선정된 감각 및 감성 형용사에 대해서 매우 부정적이면 1점에, 매우 긍정적으로 평가되면 7점에 표시하도록 구성하였다.

### 2.3.3. 실험절차

색채감각 및 감성 평가는 2009년 5월 오후 2시-4시 사이에 시야가 회색으로 조절된 북쪽 실내에서 각 피험자에게 자극물을 임의로 제시하고 눈으로 관찰하여 설문지의 평가용어들에 대하여 평가하도록 하였다. 이때 평가자들은 자극물을 보면서 색채감각 및 감성 용어별로 해당된다고 판단되는 부분(7점 척도)에 표시하였다.

## 2.4. 자료분석

조사된 자료를 SPSS 프로그램을 이용하여 분석하였다. 색채감각은 평균과 표준편차를 산출하였고, 소재에 따른 색채감각의 차이를 살펴보기 위하여 일원배치 분산분석을 실시하였으며, 색채감성 평가 결과는 주성분분석과 직교회전에 의한 요인분석을 실시하였다. 또한 색채감성요인과 색채특성 및 색채감각과의 관련성을 알아보기 위하여 상관관계를 산출하였으며, 색채 선호도에 영향을 미치는 변인을 알아보기 위하여 단계적 회귀분석을 실시하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1. 미생물색소 염색직물의 색채특성 및 감각

#### 3.1.1. 직물의 색채특성

미생물 *Zooshikella* sp. S1-1로부터 추출한 prodiginine 색소로 염색된 직물의 색채는 육안으로 보았을 때 자줏빛이 약간 도는 적색계열의 색상으로 발현됨을 알 수 있었다. 이들 염색 직물의 물리적 색채특성인 CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  및  $C^*$ 와  $h$  값을 표 2에 제시하였다. 표 2에서 보는 바와 같이 명도를 나타내는  $L^*$ 은 모든 소재가 50 이상의 값을 나타내어서 대부분의 섬유소재 염색시 증명도 이상의 밝기를 나타냄을 알 수 있었다.  $L^*$ 값의 크기는 견>나일론>모>면의 순으로 견과 나일론 직물의 염색 색채의 명도가 다른 두 직물보다 다소 높음을 알 수 있었다. 적색(+)과 녹색(-)의 정도를 나타내는  $a^*$ 값을 살펴보면, 견직물에서는  $a^*$  값이 60 이상으로 측정되어 적색기미가 가장 강하게 나타난 반면, 다른 세 종류의 직물은 42-45로 측정되어 서로 유사한 정도의 적색 기미를 나타내었다. 또한 황색(+)과 청색(-)을 나타내는  $b^*$ 값은 모두 음의 값을 나타내어 청색기미를 보이고 있는데, 견과 면 섬유로 된 염색직물이 모와 나일론 직물에 비해 청색기미 정도가 큰 것으로 나타났다. 한편, 채도를 의미하는  $C^*$ 값은 견>면>모>나일론 직물의 순이었는데, 특히 견 소재의  $C^*$ 값이 다른 섬유 소재들보다 훨씬 더 높아서 염색된 표면 색채의 채도가 뚜렷이 높은 것으로 해석할 수 있다. 색상각을 나타내는  $h$ 는 모두 350 내외의 값을

보여서 적색 계열의 색상각을 나타내었다. Munsell의 색채 특성을 살펴보면, 모든 섬유소재가 RP의 색상을 발현하였는데, Red보다는 Purple에 다소 가까운 적자색으로 해석되었다. V/C 값 분포를 살펴보면, V의 분포는 모두 CIE의 L\* 값과 마찬가지로 증명도 이상의 명도로 나타났으며, C\* 값은 모두 10 이상의 고채도 였는데, 특히 견 소재는 15 이상의 고채도를 보였다. 대부분의 적색 또는 적자색 계열의 천연염색 직물은 염제가 대부분 중·저명도/중채도 이하의 색조를 나타내는 것으로 보고되는데(Yi et al., 2009; 이은주 등, 2009), 미생물 유래 prodiginine 색소로 염색한 대부분

의 섬유소재들은 증명도/고채도 이상의 색조를 발현하는 것을 알 수 있어서 적색계열 천연염색 직물의 색채 영역을 확장시키는 데에 기여할 수 있을 것으로 기대되었다.

미생물 색소의 염착성을 알아보기 위하여 최대흡수 파장인 540 nm에서 반사율을 측정하여 K/S 값을 계산한 결과, 견>면>모>나일론 직물의 순으로 나타났다. 따라서 미생물 prodiginine 색소는 견섬유 및 면섬유와 염착성이 더 좋은 것을 알 수 있었다. 따라서 대부분의 식물성 천연염료들이 산성을 띠고 있어서 식물성인 면섬유보다는 견섬유와 모섬유의 동물성 섬유와 -NHCO-를 함유하는 나일론 소재와 더 우수한 염착성을 보이는 것에 비하여, 미생물 유래 prodiginine 색소는 견섬유와 면섬유의 염착성이 비교적 유사하다는 점에서 면섬유와 같은 셀룰로오스 섬유 소재에 대한 염색 활용성이 기대될 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 미생물 prodiginine 색소로 염색된 직물의 색상은 적색에 청색이 가미된 적자색으로 일반 천연염료에 비하여 고채도로 염색되어 천연염색 직물의 색채영역을 확장할 수 있을 것으로 사료되었다. 또한 동일한 미생물 색소로 염색하였지만 섬유소재에 따라 색채특성은 다소 차이를 보이는 것은 소재에 따른 구조적 특성과 화학적 구성의 차이로 풀이되는데, 특히 면 소재에 대한 염착성이 비교적 우수한 것으로 평가되었다.

표 2. 미생물 prodiginine 색소로 염색한 직물의 색채특성





직물	시각적 색채	색채 특성					Munsell 표색계		염착량 K/S 540nm
		L*	a*	b*	C*	h	H	V/C	
C		52.67	45.75	-12.48	47.43	344.73	3.09 RP	5.11 /11.16	4.12
S		64.71	61.73	-10.33	62.58	350.60	4.22 RP	6.30 /15.09	4.40
N		62.69	42.70	-1.07	42.73	357.71	5.82 RP	6.10 /10.53	2.57
W		57.89	45.30	-6.08	45.70	352.35	4.60 RP	5.62 /11.05	3.63

표 3. 미생물 prodiginine 색소 염색 직물의 색채감각 평가

색채감각 용어	색채감각 점수					
	C	S	N	W	평균	F 값
맑다	3.83 bc	5.85 a	4.00 b	3.30 c	4.24	27.5***
가볍다	3.60 b	5.73 a	5.10 a	3.08 b	4.37	28.7***
부드럽다	4.53 b	5.68 a	4.90 b	2.83 c	4.48	25.2***
깊다	5.03 a	2.83 b	3.08 b	4.78 a	3.93	24.0***
강하다	5.35 a	4.13 b	2.55 c	4.60 b	4.16	23.9***
밝다	3.68 b	5.75 a	5.18 a	3.43 b	4.51	25.2***
딱딱하다	4.22 a	2.68 b	3.05 b	4.78 a	3.68	16.5***
따뜻하다	4.45	4.10	4.60	4.53	4.42	0.69

\*\*\* p < .001.

abc: Duncan 다중비교 결과로 같은 문자로 표기된 것은 유의한 차이가 없음을 의미함(p < .05).

3.1.2. 직물의 색채감각

미생물 *Zooshikella* sp. S1-1로부터 추출한 prodiginine 색소로 염색된 직물에 대하여 대학생들이 느끼는 주관적 색채감각을 평가한 결과는 표 3과 같다. 표 3에서 보는 바와 같이 전체적으로 살펴볼 때, 대학생들은 미생물 prodiginine 색소로 염색한 직물에 대해서 밝고 부드러우며 따뜻하고 가벼운 느낌의 색채감각을 느낀다고 평가하였다. 이렇게 평가한 색채감각은 따뜻하다는 감각을 제외하고는 소재에 따라 유의한 차이를 보였다. 즉 면직물의 색상은 깊고 강하고 딱딱한 편이라고 평가하였으며, 견직물의 색상은 맑고 가벼우며 부드럽고 밝은 느낌을 준다고 평가하였다. 이에 비해 모직물의 색상은 맑지 않고 부드럽지는 않으나 깊고 딱딱한 편이라고 평가하였으며, 나일론 직물은 가볍고 밝은 색감을 느낀다고 평가하였다. 따라서 면직물과 모직물은 심색감, 견직물은 맑고 밝은 경량/투명감을 잘 나타내는 색상이었고, 나일론 직물은 경량감을 잘 나타내는 색상으로 평가되고 있음을 알 수 있었다.

3.2. 미생물 prodiginine 색소 염색직물의 색채감성

3.2.1. 직물의 색채감성 요인

미생물 유래 prodiginine 색소로 염색한 직물의 색채감성 요인을 추출하기 위하여 색채감성 평가 용어 22개에 대한 주관적 평가 점수로부터 요인분석을 실시하였다. 고유값 1을 기준으로 하여 스크리 검정 (Scree-test)를 이용하여 요인 수를 결정하였으며, 주성분 분석에 의한 직교회전을 이용하여 분석하였다.

그 결과, 표 4와 같이 미생물 색소로 염색한 직물의 색채감성에 대해서 4개의 요인이 추출되었으며, 이들 요인의 총설명력은 60.45%로 나타났다. 요인 1은 신선하다, 귀엽다, 향기롭다, 화사하다 등 총 7개 형용사가 포함되어 ‘유쾌성’으로 명명하였으며, 전체 분산의 20.09%를 차지하였다. 요인 2는 품위있다, 우아하다, 클래식하다, 이지적이다 등 총 7개 형용사로 포함되어 ‘품위성’이라 명명하였으며, 전체 분산의 16.77%를 차지하였다. 요인 3은 개성적이다, 이국적이다, 매력적이다 등 총 5개 색채감성을 나타내는 형용사가 포함되어 ‘독특성’으로 명명하였으며, 전체 분산의 12.52%

표 4. 미생물 유래 prodiginine 색소 염색직물의 색채감성 요인

감성용어	색채감성 요인			
	유쾌성	품위성	독특성	편안성
신선하다	.777	-.028	.167	-.009
귀엽다	.774	.071	-.075	.143
향기롭다	.726	.061	-.072	.249
화사하다	.705	-.133	.347	.152
화려하다	.687	-.105	.259	-.230
젊다	.621	.001	.401	-.084
활동적이다	.573	-.388	.389	.101
품위있다	-.137	.798	-.039	.143
우아하다	.224	.739	.123	.286
클래식하다	-.161	.721	-.140	.154
이지적이다	.087	.675	.124	-.167
귀족적이다	.003	.655	.304	.174
차분하다	-.349	.529	-.311	.424
낭만적이다	.147	.508	.082	.480
개성적이다	.055	-.159	.765	-.021
이국적이다	.183	-.006	.609	-.104
세련되다	.324	.362	.580	.124
모던하다	.010	.284	.578	-.148
매력적이다	.508	.279	.526	.165
내추럴하다	.055	.203	-.118	.764
편하다	.310	.177	-.156	.755
전원적이다	-.493	.009	.173	.660
고유값	4.42	3.68	2.75	2.43
설명변량 (%)	20.09	16.77	12.52	11.06
누적변량 (%)	20.09	36.86	49.38	60.45
Cronbach's α	.861	.830	.722	.634

를 차지하였다. 요인 4는 내추럴하다, 편하다 등 총 3개 색채감성을 나타내는 형용사가 포함되어 ‘편안성’으로 명명하였으며, 전체 분산의 11.06%를 차지하였다.

따라서 미생물 유래 prodiginine 색소를 사용하여 적자색계열로 염색된 직물의 색채감성은 유쾌성, 품위성, 독특성, 편안성 등으로 규명됨을 알 수 있었으며, 이 중 유쾌성 요인이 미생물 prodiginine 색소로 염색한 직물의 대표적인 색채감성이라는 것을 알 수 있었다. 신뢰도 분석을 위하여 Cronbach's α를 계산하였는데, 네 가지 요인 모두 0.6 이상의 값을 나타내어 이들 요인을 구성하는 형용사들 간에 내적 일관성이 충분히 높은 것으로 판단할 수 있었다.

한편, 미생물 prodiginine 색소를 이용한 천연염색 직물의 색채감성 요인을 관련 선행연구들과 비교하여 고찰하면 다음과 같다. 본 연구에서 규명된 색채감성 요인 ‘편안성’은 황색계열 천연염색 직물을 대상으로

색채이미지 요인을 추출한 연구(최연주 등, 2005)에서 규명된 색채 이미지 요인과 동일하게 나타났으며, 본 연구의 ‘유쾌성’ 요인은 ‘명량성’과 유사한 경향을 보였다. 또한 황색과 적색계열의 색상의 천연염색 직물의 감성요인을 분석한 연구(이은주 등, 2009)와 비교하면, 본 연구의 ‘독특성’과 ‘편안성’ 요인이 동일하게 규명된 것을 알 수 있었다. 그러나 본 연구에서 도출된 ‘품위성’ 요인은 이들 선행연구에서 규명된 요인들과 공통점이 거의 없었다.

따라서 이상의 결과를 종합하면, 요인 ‘편안성’, ‘독특성’, ‘유쾌성’은 식물성 색소와 미생물 색소를 이용한 천연염색 직물의 색채감성에서 공통적으로 나타나는 주요 요인이지만, 요인 ‘품위성’은 미생물 유래 prodiginine 색소로 염색한 직물의 색채에서 도출되는 새로운 색채감성요인인 것으로 생각된다.

### 3.3. 색채감성과 색채특성 및 감각과의 관계

미생물 prodiginine 색소로 염색한 색채감성 요인과 물리적 색채성질 및 색채감각과의 관련성을 고찰하기 위하여 상관계수를 산출한 결과는 표 5와 같다. 미생물 prodiginine 색소로 염색한 직물의 색채감성은 색채특성 및 색채감각과 많은 부분에서 유의한 상관관계를 나타내었다.

먼저 ‘유쾌성’ 요인은 L\*, a\*, C\*와 정적 상관관계를, b\*와 부적 상관관계를 나타내었다. 즉 명도가 높고 적색기미가 많으며 채도가 높고 청색기미가 많을수록 ‘유쾌성’ 감성요인이 더 강하게 느껴진다고 해석할 수 있다. 또한 색채감각과는 맑다, 가볍다, 부드럽다, 밝다와 정적 상관관계를, 강하다, 깊다, 딱딱하다와 부적상관을 보였다. 즉 염색된 직물의 색채가 맑고 가벼우며 부드럽고 밝게 느껴질수록 감성요인 ‘유쾌성’은 강하게 느껴지며, 강하지 않고 깊지 않게 평가될수록 감성요인 ‘유쾌성’은 낮게 느껴진다고 할 수 있다.

다음으로 색채감성 ‘품위성’ 요인은 색채특성 중에서 b\*와 정적 상관관계를 보였고, 색채감각 중에서는 따뜻하다와 정적 상관관계를 보였다. 즉 미생물 색소로 염색한 직물의 색채가 황색기가 많을수록 주관적으로 따뜻하다고 느껴질수록 ‘품위성’ 감성요인이 높을 것으로 기대된다. 또한 ‘품위성’ 요인은 a\*, C\*, 가볍다, 강하다와 부적 상관을 보여 염색된 직물의 청색기가 많고 채도가 낮을수록 그리고 가볍지 않고 강하

지 않을수록 ‘품위성’ 감성요인은 낮게 느껴진다고 할 수 있다.

표 5. 색채감성 요인과 색채특성/감각 간의 상관계수

색채특성/감각	색채감성 요인			
	유쾌성	품위성	독특성	편안성
L*	.304**	-.052	.075	.104
a*	.460**	-.203*	.184*	-.271**
b*	-.199*	.160*	-.104	.369**
C*	.459**	-.207**	.183*	-.288**
h	-.065	.112	-.060	.329**
맑다	.554**	-.080	.248**	-.139
가볍다	.480**	-.165*	.123	-.075
강하다	-.179*	-.181*	-.011	-.364**
부드럽다	.514**	.061	.099	.023
깊다	-.303**	.155	.014	-.007
따뜻하다	-.060	.283**	-.097	.198*
밝다	.529**	-.139	.193*	.020
딱딱하다	-.525**	-.076	-.159*	-.062

또한 색채감성 ‘독특성’ 요인은 a\*, C\*, 맑다, 밝다와 정적 상관관계를 보여, 적색기가 많고 채도가 높을수록 또한 맑고 밝은 색채감각을 느낄 경우 ‘독특성’ 감성이 크게 느껴질 것으로 해석된다.

한편, ‘편안성’ 요인은 b\*, h, 따뜻하다와 정적 상관관계를, a\*, C\*, 강하다와 부적 상관관계를 보였다. 따라서 미생물 색소로 염색된 직물의 색상이 황색기가 많고 색상환의 각도가 적색에 가까워지고 색채감각이 따뜻하다고 느껴질수록 ‘편안성’ 감성이 긍정적으로 인지됨을 알 수 있었으며, 적색기가 많고 채도가 높은 색상이고 강한 색채감각을 느낄 경우 ‘편안성’ 감성은 낮아지게 됨을 보여 주었다.

이상에서 살펴본 것처럼 미생물 염색직물에서 명도 L\*은 ‘유쾌성’ 감성 요인과 유의한 관계를, 채도인 C\*는 색채감성 요인 모두와 유의한 관련성을 보였으며, a\*와 b\*의 색상변인에 의해서도 색채감성은 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 Gao와 Xin(2006)의 연구에서 색채감성과 관련된 물리적인 색채성질은 a\*와 b\*와 같은 색채변인보다 명도 L\*과 채도 C\*과 관

표 6. 미생물색소로 염색한 직물의 색상선호도에 대한 단계적 회귀분석 결과

종속변수	설명변수	b	$\beta$	t	F	Durbin-Watson	R <sup>2</sup>	adjusted R <sup>2</sup>
색상 선호도	(상수)	-3.375		-5.857***	48.536***	1.907	0.556	0.545
	유쾌성	0.532	0.364	5.695***				
	독특성	0.600	0.369	5.679***				
	편안성	0.341	0.221	3.676***				
	품위성	0.324	0.204	3.256***				

\*\*\*  $p < .001$

련되어 있다고 보고한 결과와 다소 차이를 보였으나, 이은주 등(2009)의 연구에서는 천연염색한 황색과 적색직물의 색채감성과 명도 L\*는 유의한 상관관계를 보였고, 채도인 C\*는 색채감성과 유의성을 보이지 않았으며, a\*와 b\*의 색상변인에 의해 색채감성이 영향을 받는 것으로 나타났다고 부분적으로 일치하고 있다. 이는 본 연구가 미생물 prodiginine 색소를 이용한 적색 색상에 한정하여 감성평가를 한 것이므로, 선행 연구에서 색상을 한정하여 평가할 경우 평가자들이 심리적으로 색상요인에 영향을 받은 것으로 풀이된다는 것(이은주 등, 2009)을 뒷받침하고 있다고 할 수 있다.

### 3.4. 미생물 prodiginine 색소 염색직물의 색상 선호도

미생물 색소로 염색한 소재에 대한 색상 선호도에 영향을 주는 요인을 살펴보기 위하여 단계적 회귀분석을 실시하였다. 색상 선호도를 종속변인으로 하고, 색채감성요인, 색채특성 및 색채감각을 설명변인으로 하여 분석하였다(표 6). 여기서 보는 바와 같이 색상 선호도 회귀식은 F값과 각 설명변수의 t값으로 이루어 볼 때 회귀모델 및 계수의 적합성이 인정되며, 수정 결정계수(adjusted R<sup>2</sup>)값으로도 유의함을 알 수 있었다. 또한 잔차의 독립성에 관련되는 Durbin-Watson 값이 2에 가까우므로 회귀식의 설명변수가 적합하게 선택되었다고 생각된다.

표 6에서와 같이 미생물 prodiginine 색소로 염색한 소재의 색상 선호도는 색채특성이나 색채감각보다 색채감성 요인이 더 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이 중에서도 ‘유쾌성’과 ‘독특성’ 감성 요인이 색상 선

호도에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 미생물 색소로 염색한 직물의 색상 선호도를 예측해 주는 변인은 ‘유쾌성’, ‘품위성’, ‘독특성’, ‘편안성’ 등의 색채감성임을 알 수 있었다.

## 4. 결론

본 연구는 환경친화적인 염색소재를 패션상품에 적용하는데 도움을 주기 위하여 미생물 *Zooshikella* sp. 가 생산하는 적색 prodiginine 색소를 이용한 천연염색소재의 색채특성 및 색채감성을 평가하고 색채감성에 영향을 미치는 색채특성과 색채감각을 규명하고자 한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 미생물 *Zooshikella* sp. SI-1로부터 추출한 prodiginine 색소로 염색된 직물의 색상은 적색에 청색이 약간 가미된 적자색임을 확인할 수 있었으며 일반적인 적색 계열 천연염료보다 고채도의 색채를 발현하여서 적색계열 천연염색 직물의 색채 영역을 확대시키는 것으로 사료되었다. 또한 prodiginine 색소로 염색된 면직물은 견직물과 유사한 정도의 염착성을 나타내어서, 일반적으로 천연염료에 대한 염착성이 낮은 면직물에 대한 활용 가치가 클 것으로 기대되었다.
2. 미생물 prodiginine 색소로 염색한 소재의 색채감성은 ‘유쾌성’, ‘품위성’, ‘독특성’, ‘편안성’ 등 4개 요인으로 분류되었는데, 이 중 ‘유쾌성’ 요인이 미생물 prodiginine 색소로 염색한 직물의 대표적인 색채감성 요인임을 알 수 있었다.
3. 미생물 prodiginine 색소로 염색한 직물에서 명도



L\*은 ‘유쾌성’ 감성 요인과 유의한 관계를, 채도 인 C\*는 색채감성 요인 모두와 유의한 관련성을 보였으며, a\*와 b\*의 색상변인에 의해서도 색채 감성은 영향을 받는 것으로 나타났다.

4. 미생물 색소로 염색한 직물의 색채감성, 색채특성 및 색채감각 중에서 색상 선호도를 예측해 주는 변인은 ‘유쾌성’과 ‘독특성’을 포함한 색채감성임을 알 수 있었다.

이상과 같이 본 연구는 미생물 *Zooshikella* sp. S-1로부터 prodiginine 색소를 추출하여 다양한 직물에 색채를 발현함으로써 새로운 환경친화적인 섬유염색용 염료로 적용가능성을 확인하였으며, 또한 색채감성을 평가하여 감성 요인을 도출하였다는 데 의의가 있다고 할 수 있다. 따라서 미생물 색소는 현대 바이오 기술로 저렴하게 대량생산이 가능하기 때문에 패션산업에서 활용할 수 있는 범위가 크므로, 섬유염색용 미생물 색소 개발은 천연염색과 바이오 기술의 융합기술로 친환경적인 녹색 염색기술의 대안 중 하나로 대중화와 실용화에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

#### 참고문헌

김재숙, 이순임 (2005). 직물 소재와 색상, 톤에 따른 감성 이미지 평가: 한산모시와 면을 중심으로. *한국의류학회지*, 29(5), 662-670.

남성우 (2007). *천연염색의 이론과 실제 I*. 서울: 보성문화사.

박영미, 구강, 김삼수 (2009). 내츄럴 이미지의 패션소재 기획을 위한 건강소재: Japan bamboo leaves 추출물 염색소재의 발색성과 향균성. *한국염색가공학회지*, 21(6), 29-38.

배정숙, 허만우 (2006). 코치닐에 의한 나일론직물의 천연 염색성과 향균성. *한국의류산업학회지*, 8(6), 702-708.

손송이, 장경진, 김태경, 정종석 (2009). 녹차추출 카테킨을 활용한 기능성 염색가공: 염색조건 최적화 및 견뢰도 분석. *한국의류산업학회지*, 11(2), 344-349.

송경현, 백천의 (2002). 호도 외피를 이용한 천연염색에 관한 연구. *한국생활과학회지*, 11(4), 391-400.

오테광 (2008). *보이지 않는 지구의 주인 미생물*. 서울: 양문사.

이병욱 (2000). *국제환경규제 동향 및 환경 규제가 기*

*업경쟁력에 미치는 영향 분석*. 산업자원부 보고서. 이상필 (2006). 오가피 잎 추출물의 견섬유 염색성. *한국색채학회지*, 20(2), 11-20.

이은주, 최종명 (2009). 황색과 적색계열 천연염색 직물에 대한 사십대 중년층 소비자의 색채감성요인. *감성과학*, 12(1), 109-120.

이종남 (2004). *우리가 정말 알아야 할 천연염색*. 서울: 현암사.

이혜자, 유혜자, 김정희, 한영숙 (2002). 나일론의 천연 염색과 염색포의 향균성. *대한가정학회지*, 40(11), 93-105.

정인모, 김현복, 성규병, 김영대, 홍인표 (2005). 명주의 전통 쪽 염색 방법에 관한 연구. *한국잡사학회지*, 47(1), 31-35.

최연주, 유효선, 권수애 (2005). 황색계 천연염색 견직물의 색채 이미지 연구. *한국의류학회지*, 29(6), 868-876.

최종명, 김용숙 (2009). 미생물 violacein 색소의 다색교 직물에서의 염색성. *한국의류산업학회지*, 11(5), 818-826.

Gao, X. & Xin, J. H. (2006). Investigation of human's emotional responses on colors. *Color Research and Application*, 31(5), 411-417.

Kim, Y. S., Choi, J. M., Yoon, J. H., Choi, M. J., Reza, M. A., Park, S. C. (2009). Studies on dermal and ocular irritation of prodigiosin isolated from *Zooshikella rubidus*. *Toxicology Research*, 25(4), 237-242.

Oppong, D., King, V. M., Zhou, X., & Bowen, J. A. (2000). Cultural and biochemical diversity of pink-pigmented bacteria isolated from paper mill slimes. *Journal of Industrial Microb. & Biotechnol.*, 25(2), 74-80.

Sardaryan, E., Zihlova, H., Strnad, R., & Cermakova, Z. (2004). Arpink Red-meet a new natural red food colorant of microbial origin. In pigments in food, More than colours. L. Dufosse (Ed.), Universite de Bretagne Occidentale Publ., Quimper, France. 207-208.

Shirata, A., Tsukamoto, T., Yasui, H., Hata, T., Hayasaka, S., Kijima, A., & Kato, H. (2000). Isolation of bacteria producing blue-purple pigment and use for dyeing. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 34(2), 131-140.

- Shirata, A., Tsukamoto, T., Yasui, H., Hata, T., Hayasaka, S., & Kijima, A. (1997). Production of bluish-purple pigments by *Janthinobacterium lividium* isolated from the raw silk and dyeing with them. *Journal Sericultural Science of Japan*, 66(6), 377-385.
- Yi, E. & Rhee, Y. J. (2009). A psychophysical approach to color sensory evaluation of yellowish natural dye fabrics. *Fibers and Polymers*, 10(2), 200-208.

원고접수 : 10.10.01

수정접수 : 10.12.01

게재확정 : 10.12.07