

메리골드 안료를 이용한 친환경 텍스타일 프린팅(1): 바인더의 종류와 혼합비율의 효과

Eco-friendly Textile Printing using Marigold Pigment(1): Effect of Binder Type and Mixing Ratio

*Corresponding author

Younsook Shin
(yshin@chonnam.ac.kr)

여영미, 신윤숙*

전남대학교 의류학과

Youngmi Yeo and Younsook Shin*

Department of Clothing and Textiles, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Received_November 22, 2019

Revised_December 09, 2019

Accepted_December 11, 2019

Textile Coloration and Finishing

TCF 31-4/2019-12/233-240

©2019 The Korean Society of
Dyers and Finishers

Abstract Dyeing is an essential process for improving the value of textile products, but it is considered as one of industries causing pollution because of producing wastewater containing hazardous chemicals as well as using a large amount of water and energy. Global demand for greener technologies in textile field is getting much more attention and accordingly, the use of eco-friendly natural dyes is growing much larger. In textile printing, both dyes and pigments can be used. Pigment printing is more simple process and requires less water and less energy, compared to dye printing. In this study, the organic pigment was prepared from the marigold colorant. Samples were stencil printed, pressed(70°C, 3min) and then heat treated(150°C, 5min). The uptake of polyacrylic acid as a chemical binder was the lowest. In particular, marigold pigments were excellent in color and texture when Guar Gum and Sodium Alginate were used as binders. In addition, the light and washing fastness was rated very high as 4, 4/5 grades, and the rubbing fastness was also excellent as 3 and 4 grades.

Keywords marigold colorant, pigment, printing, binder, colorfastness

1. 서 론

염색가공은 섬유제품의 상품가치 향상에 필수공정 이지만, 많은 물과 화학염료가 사용됨에 따라 폐수를 대량으로 발생시키는 공해산업으로 지목되어 왔다.

최근 에너지 과소비에 따른 지구 온난화와 유해화학 물질에 의한 생태계 파괴, 인체 유해성 등의 영향으로 세계 각국은 산업분야에 보다 강력한 규제를 하고 있으며 그린피스 등 영향력이 큰 환경단체들 또한 유해물질 이 함유된 섬유제품 목록과 환경오염 정도를 매년 갱신, 발표하며 환경규제를 강화하고 있어 이제는 친환경적인 기술과 제품이 선택이 아닌 필수항목이 되고 있다^{1,2)}.

그리하여 화학염료의 대안으로 꽃, 나무, 열매, 벌레 등 자연에서 얻어지는 천연염료에 의한 자연친화형 염 색이 연구되고 있으나 대부분 침염에 의한 염색이며 염 료 추출과 염색과정에서 많은 물과 에너지를 사용하고 있다. 천연염료를 사용한 친환경적인 염색에서 한 걸음 더 나아가 물과 에너지 사용을 최소화하여 더욱 친환경 적이면서 소비자의 다양한 디자인 선호에 부응할 수 있 는 고부가 가치의 공정기술의 전환이 필요하다. 이에 대한 대안으로 천연안료를 사용한 날염방법을 모색할 수 있다.

안료란 물이나 기름, 용매 등에 녹지 않는 색을 가진 미세한 입자로 이루어진 분말로 물리·화학적으로 안

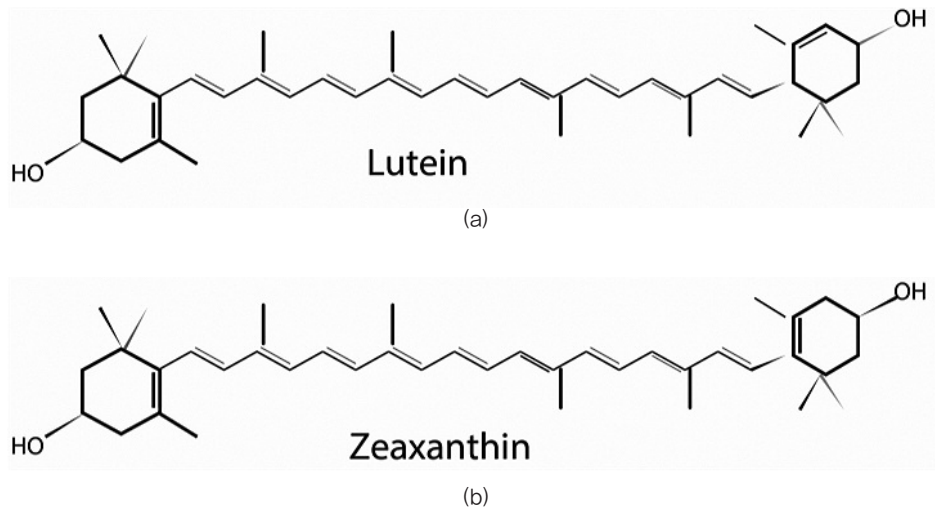


Figure 1. Chemical structure of (a) Lutein and (b) Zeaxanthin.

정된 상태이다. 이러한 안료를 사용한 날염은 거의 모든 섬유에 사용이 가능하며 우수한 일광 견뢰도와 간단한 공정(print-dry-fix), 그리고 잔류 약품의 수세처리가 불필요하다는 점 등 일반염료를 사용하는 것보다 커다란 이점이 있다. 또한 안료날염의 경우 염료베이스의 날염보다 화학약품 처리비용과 환경 비용(폐수 배출, 폐기물, 용수 및 에너지 사용)이 매우 낮다는 장점이 있다.

최근의 연구결과에 따르면, 일반 염료베이스의 날염과 안료날염에서의 에너지 사용량과 탄소배출량(CO₂) 및 용수사용량을 비교한 결과, 안료날염의 경우 용수·에너지 사용량과 폐기물 및 탄소 배출량은 일반 염료베이스의 날염에 비해 평균 60% 정도 줄어드는 것으로 나타났다³⁾.

안료는 화학구조에 따라서 무기안료와 유기안료로 구분된다. 무기안료는 유기안료에 비해 상대적으로 내열성, 내광성이 뛰어난 특성을 가지나 납, 크롬, 카드뮴 등의 중금속을 함유하고 있어서 사용 범위를 제한하고 있고 중금속과 관련된 환경규제의 강화로 점차적으로 유기안료로 대체되고 있는 실정이다. 이에 높은 내구성과 내열성을 가지는 유기안료의 개발 및 적용이 요구되고 있다^{4,5)}. 한편 안료는 불용성 색소로 직물에 대한 친화력이 전혀 없어 직물 표면에 염착시키기 위해 안료를 고정시키기 위한 바인더가 필요하다. 그 바인더의 종류에 따라 날염물의 감축이 딱딱하고 마찰견뢰도가 낮은 단점이 있다.

메리골드는 국화과 타게테스(Tagetes)속의 춘파성 1년생 화훼로 우리나라에서는 더위에 강하고 개화기간이 길어서 여름철 화단용으로 많이 이용되고 있고, 관상식물로서의 가치뿐만 아니라 항균활성, 방부효과, 혈압강하효과, 세포 손상 방어기능, 상처 및 궤양을 치료하는 기능 등으로 유명해 서양에서는 민간요법으로 활용되고 있다. 이에 더 나아가 메리골드를 천연색소로 재활용한다면 자원 절약과 함께 부가가치를 창출할 수 있을 것이다. 이러한 메리골드에는 색소체(plastid)의 일종인 잔토틸(xanthophyll)류 카로티노이드계(Carotinoid)계에 속하는 노란색을 띠는 색소인 루테인(Lutein)과 제아잔틴(Zeaxanthin) 색소가 다양 함유되어 있으며 구조식은 Figure 1과 같다⁶⁾.

천연염제를 이용한 날염연구는 소목, 치자, 코치닐, 쪽두서니, 쪽, 감물 등 천연염료를 이용한 연구⁷⁻¹¹⁾와 숯이나 황토 등 천연 무기안료를 사용한 연구는 되어 있으나¹²⁻¹⁴⁾ 현재 천연염료를 직접 안료화하여 매염제를 사용하지 않고 날염한 연구는 미비한 상황이다.

이에 본 연구에서는 폐기되어지는 메리골드 꽃에서 색소를 추출한 후 안료화(lake pigment)하여 수세과정이 없는 날염공정으로 환경적·경제적으로 더 지속가능한 날염방법을 연구하고자 한다. 메리골드 색소와 안료를 FT-IR과 입도분석을 통해 특성을 알아보고 친환경적인 아교(소가죽 젤라틴)와 식품원료로 사용하는 한천(해조류), 구아검(콩과 식물), 카제인 나트륨(우유 단백질), 알긴산 나트륨(해조류)을 바인더로 사용하여

Table 1. Characteristics of cotton fabric

Fabric	Weave	Weight(g/m ²)	Thickness(mm)
Cotton 100%	Plain	118±5	0.32±0.02

날염(Stencil Printing)하고 열처리하여 그 날염성과 일광·세탁·마찰견뢰도를 평가한 후 그 결과를 일반적으로 화학 바인더로 많이 사용하는 폴리 아크릴산 날염과 비교하였다. 그리하여 친환경적인 메리골드 안료 날염에 효과적인 바인더의 종류와 적정비율을 알아보았다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

본 연구에 사용한 직물 시료는 정련, 표백된 100% 면직물을 사용하였고 그 특성은 다음 Table 1과 같다. 메리골드 색소의 안료화를 위하여 황산알루미늄암모늄(Aluminium Ammonium Sulfate, $Al_2(SO_4)_3(NH_4)SO_4 \cdot 24H_2O$)과 수산화나트륨(NaOH)를 사용하였으며 날염용 바인더로는 아교(Glue, Japan), 한천(Agar power, Korea), 구아검(Guar gum, India), 카제인 나트륨(Sodium Caseinate, Frieslan-campina Dmv B.V., Netherlands), 알긴산 나트륨(Sodium Alginate, China), 폴리 아크릴산(Polyacrylic acid 25wt% solution, $(C_3H_4O_2)_7$)을 사용하였다.

2.2 색소추출 및 분말화

실험에 사용한 메리골드는 국내산으로 액비 1:30, 100℃에서 30분 2회 열수 추출한 후 혼합한 염액을 120±5rpm, 50℃ 조건에서 감압 농축하고 -80℃에서 급냉 시킨 후 동결건조기로 -50℃에서 건조, 분말화한 후 실험에 사용하였다. 수율은 27.9%이었다.

2.3 색소의 안료화

추출한 메리골드 색소와 황산알루미늄암모늄($Al_2(SO_4)_3(NH_4)SO_4 \cdot 24H_2O$)의 양을 1(g) : 3(g) 비율로 투입하여 증류수에 교반하고 수산화나트륨(NaOH)을 사용하여 pH 7로 중성화하였다. 8시간 경과 뒤 층 분리되면 상등액은 버리고 침전된 안료 입자를 filter paper를 이용하여 여과한 다음, 50℃ 오븐에

서 건조 후 미세하게 분쇄하여 불용성의 메리골드 안료를 제조하였다.

2.4 분광분석

추출한 메리골드 색소 분자와 제조한 안료(lake pigment) 분자 내에 존재하는 기능기(Functional group)에 관한 정보를 알기 위해 적외선 분광광도계(FTIR, Fourier Transform Infrared, Spectrophoto Spectrum 400, UK)를 이용하여 흡수스펙트럼에 의한 분광분석을 하였다.

2.5 입도분석

제조한 메리골드 안료의 입자크기 및 입도분포를 측정하기 위하여 안료를 증류수에 용해하고 입도분포측정기(Surface Zeta Potential & Particle Size Analyzer, ELS-8000, Japan)를 사용하였다. 기본적인 산란강도를 이용하는 DLS(Dynamic Light Scattering) 원리로 분산 상태의 입자크기 및 분포를 측정하였다.

2.6 날염호 조제

제조한 안료를 시료표면에 고착시키기 위해 사용한 바인더는 아교(소가죽 젤라틴), 한천(해조류), 구아검(콩과 식물), 카제인 나트륨(우유 단백질), 알긴산 나트륨(해조류) 그리고 폴리 아크릴산을 사용하였으며, 폴리 아크릴산은 액상형이고 나머지 5가지는 분말형태이었다. 6가지 바인더의 점도가 상이하여 예비실험을 통해, 바인더를 증류수로 용해할 때 적정 혼합비율을 3가지씩 선정하여 1시간동안 교반하고 12시간 팽윤하여 18가지의 원호를 만들었다. 18가지 각각의 원호들에 메리골드 안료를 7(g) : 1(g) 비율로 혼합하여 형지 날염에 사용할 날염호 18가지를 조제하였다.

2.7 날염(Stencil Printing)

시료 위에 형지(stencil)를 놓고 형지 상단에 날염호를 놓은 후 스크레이퍼(scraper)를 사용하여 위에서 아

래로 날염호에 균등한 힘이 가해지도록 날염 속도 및 압력을 일정하게 유지하여 1회 날염하였다. 그다음 상온에서 자연건조한 후 프레스기를 이용해 날염한 시료에 70℃에서 3분간 압력을 가하였다. 마지막으로 150℃ 건조기(W. Mathis AG, Switzerland)에서 5분간 열처리하였다.

2.8 색상 및 염착량 측정

형지 날염한 18가지 각 시료들의 표면 염착량은 색차계(Color-Eye 3100, Macbeth, Germany)를 사용하여 최대 흡수 파장인 440nm에서 염색포의 표면 반사율(R)을 측정 후 Kubelka-Munk식(1)에 의해 염착량 K/S값을 산출하였다. 또한 표면색은 CIE L*, a*, b*를 측정하고 Munsell의 색상(H), 명도(V), 채도(C)값을 측정하였다.

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

where,

R : Reflectance

K : Absorption coefficient

S : Scattering coefficient

2.9 염색견뢰도 평가

일광견뢰도는 내광시험기(Xenon Test Chamber, Q-Sun Xe-1-b, USA)를 사용하여 카본아크 전류 15~17A, 아크전압 125~140V, 기계 내 온도는 블랙패널(black panel) 온도계로 측정하여 AATCC 16에 의거 63℃, 기내습도 30%의 조건에서 20시간 광조사하여 KS K 0218의 방법에 따라 등급을 평가하였다.

세탁 견뢰도는 세탁기(Hanwon Soway Co., Korea)를 사용하여 AATCC Test Method 61-1989의 1A법에 준하여 200ml에 0.37% 세제를 넣고 40℃에서 45분간 세탁한 후 변퇴색 판정용 그레이 스케일(gray scale)과 오염 판정용 스케일(chromatic transference scale)을 사용하여 측정 하였다.

마찰견뢰도는 마찰견뢰도 측정기(DL-2007, Dacim Engineering, Korea)를 사용하여 AATCC Test Method 116-1989에 준하여 건조와 습윤 상태에서 각각 10회 마찰 시킨 후 변퇴색 판정용 그레이 스케일과 오염판정용 스케일로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 메리골드 색소와 안료 FT-IR 분석

Figure 2는 메리골드 색소와 안료를 적외선 분광한 결과이다. 메리골드 색소를 사용하여 안료를 제조하였기에 투과율은 다르나 주파수에서 보이는 중요 피크 그래프가 비슷하였다. 3273, 2993, 1593, 1509, 1030cm⁻¹에서 주요 피크가 나타났으며 3273cm⁻¹에서 보이는 넓은 흡수 피크와 1030cm⁻¹피크의 C-O에서 alcohol과 phenol의 O-H band를 확인할 수 있고 1593cm⁻¹ 피크는 C=C 이중결합, 1509cm⁻¹피크는 방향족(Aromatic)고리 화합물을 가지고 있음을 나타내고 있다. 색소와 안료 FT-IR 분석에서 보이는 가장 큰 차이는 색소 FT-IR 그래프 2993cm⁻¹에서 보이는 피크인데 이는 색소에 C-H 신축 결합이 있음을 알 수 있다. 메리골드의 주요색소로 알려진 Lutein의 분자식은 C₄₀H₅₆O₂ 이다.

3.2 메리골드 안료의 입도분석

메리골드 안료를 입도 분석 한 결과, 안료의 입자크기는 1181.5(nm)였으며 기본적인 산란강도를 이용한 입경 측정 결과 값을 입자의 개수로 전환한 자료는 Figure 3이다. 작은 입자가 큰 입자에 비해 개수가 많기 때문에 그래프 입자의 부피가 작은 쪽으로 치우쳐있음을 알 수 있다.

Figure 4는 입경 측정값을 부피로 전환시킨 자료로써 작은 입자에 비해 큰 입자가 차지하는 부피가 크기 때문에 그래프 입자의 부피가 큰 쪽으로 치우쳐있다.

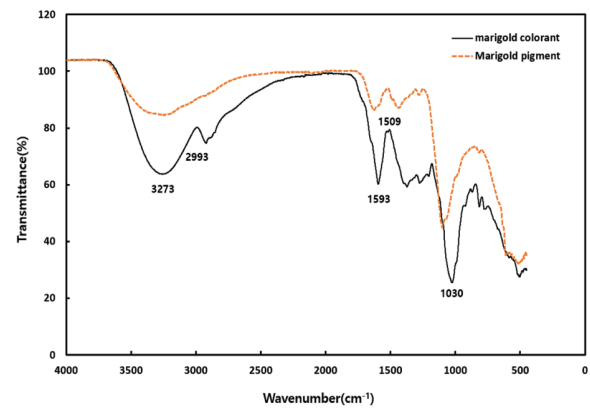


Figure 2. FT-IR spectrum of marigold colorant and marigold pigment.

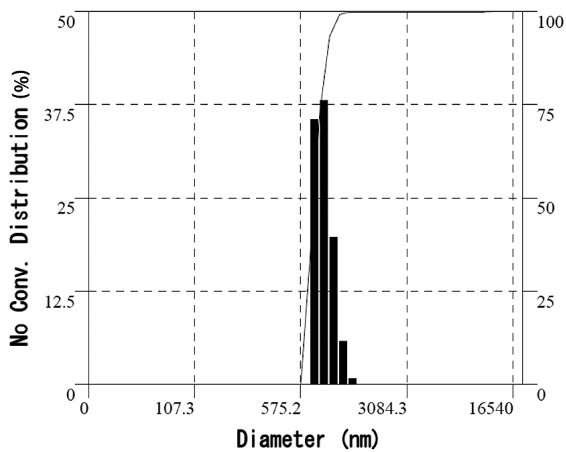


Figure 3. Particle number distribution of marigold pigment.

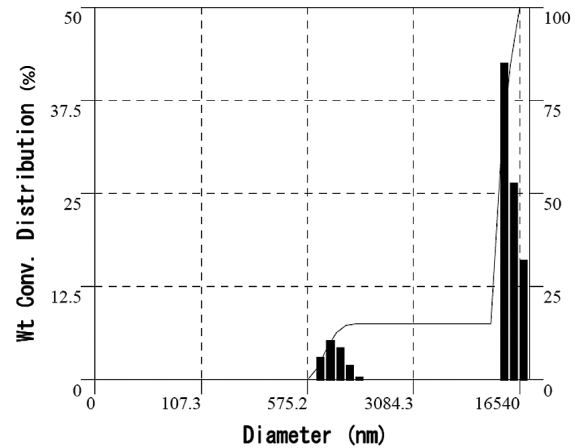


Figure 4. Particle volume distribution of marigold pigment.

다분산지수(Polydispersity Index)는 2.179e이었으

며 이는 제조한 안료가 입자 크기가 다른 혼합으로 이

Table 2. Color characteristics of printed sample by using various binders

Binder	Ratio*	K/S	H	V/C	L*	a*	b*	Sample
Glue	1:7	4.22	9.3YR	6.3/7.1	62.85	15.58	42.04	
	1:9	3.03	9.9YR	6.6/6.6	66.20	13.32	39.97	
	1:11	2.13	10.0YR	6.7/6.5	66.98	12.91	39.28	
Agar	1:10	4.80	9.3YR	6.2/7.9	62.20	17.02	46.89	
	1:12	5.16	9.6/YR	6.3.7.8	63.64	16.22	47.00	
	1:14	1.75	1.8Y	7.2/5.1	72.44	7.27	32.69	
Guar Gum	1:100	2.53	0.8Y	6.8/5.8	68.21	10.13	36.08	
	1:150	2.05	1.6Y	7.1/5.8	71.79	8.74	37.39	
	1:200	2.09	1.8Y	7.2/5.8	72.23	8.38	37.09	
Sodium Casein	1:10	1.49	1.0Y	7.2/5.8	72.77	8.08	30.50	
	1:12	1.86	9.8YR	6.8/5.2	68.10	10.68	31.53	
	1:14	1.82	0.2Y	6.9/5.6	69.80	10.76	34.45	
Sodium Alginate	1:100	2.31	0.2Y	6.8/5.9	68.59	11.55	36.23	
	1:150	2.23	0.1Y	6.8/5.9	68.88	11.45	36.00	
	1:200	2.04	0.2Y	7.0/5.7	69.87	10.88	33.13	
Polyacrylic Acid	1:15	1.96	0.6Y	6.9/4.8	69.17	8.16	29.95	
	1:25	2.11	0.2Y	6.8/5.0	68.85	9.25	30.58	
	1:50	1.32	0.7Y	7.2/3.8	72.75	6.24	23.83	

*Ratio = binder : water, Printing paste = pigment : binder = 1(g) : 7(g)

루어져 있음을 알 수 있다.

3.3 바인더의 종류와 혼합 비율에 따른 날염성

Table 2는 각 바인더와 증류수의 혼합 비율을 달리 하여 제조한 각각의 원호에 동일 양의 메리골드 안료를 혼합하여 날염하였을 때의 염착량(K/S), 색 특성 그리고 시료의 색을 나타낸 것이다.

색상(Hue)은 노랑(Y)과 주황(YR) 계열이었으며 명도(Value)는 6.2에서 7.2로 중간 정도의 밝기를 나타냈으며, 채도(Chroma)는 3.8에서 7.9 사이로 약간 낮았다.

Agar 1(g):10(g) 비율에서 a*값이 17.02, b*값이 46.89로 빨간색과 노란색 값이 커 진하게 나타났으며 염착량은 Agar 1(g):12(g) 비율에서 5.16으로 가장 컸다. 육안으로 보았을 때는 구아검으로 혼합한 시료의 색감이 안정적이었으며 감촉도 부드러웠다. 반면 Glue

바인더 시료들은 촉감이 부드럽지 않았으며 그중 1(g):7(g) 비율의 시료가 가장 딱딱하였다. 알긴산 나트륨 1(g):100(g) 비율 시료가 a*값이 11.55, b*값이 36.23으로 빨간색과 노란색 값이 커 진하게 보였으며 염착량(K/S)은 1(g):150(g) 비율에서 2.23으로 높았다. 화학 바인더인 폴리 아크릴산의 평균 염착량은 1.57로 바인더들 중 가장 낮았다. 육안으로 보았을 때 메리골드 안료는 카제인 나트륨 바인더에서 고르게 분산되지 않아 일부분에서 뭉침 현상이 나타났으며 반면 알긴산 나트륨 바인더에서 메리골드 안료가 가장 고르게 분산되어 색감이 안정적이고 심미성이 높았으며 감촉도 부드러웠다.

Table 2의 결과를 종합적으로 보았을 때 메리골드 안료를 각각 구아검(1:100)과 알긴산 나트륨(1:100) 바인더로 혼합하여 날염하였을 때 안료가 가장 고르게 분산되고 색감과 촉감이 매우 우수하였다.

Table 3. Colorfastness of printed sample by using various binders

Binder	Ratio*	Light	Washing		Rubbing	
			Color change	Stain	Stain	
					Dry	Wet
Glum	1:7	4	1	4/5	4	3/4
	1:9	4	1	4/5	4	3/4
	1:11	4	1/2	4/5	4	3/4
Agar	1:10	4	2	4	2	1/2
	1:12	4	2	4	2	1/2
	1:15	4/5	2	4	3	1/2
Guar Gum	1:100	4	4	4/5	4	3
	1:150	4	4	4/5	4	3
	1:200	4	4/5	4/5	4	3
Sodium Casein	1:10	4	4/5	4/5	2	2
	1:12	4	4/5	4/5	2	1/2
	1:14	4	4/5	4/5	2	1/2
Sodium Alginate	1:100	4	4/5	4/5	3/4	3
	1:150	4	4/5	4/5	3/4	3
	1:200	4/5	4/5	4/5	4	3
Polyacrylic Acid	1:15	5	2	4/5	2/3	2
	1:25	5	2	4/5	2/3	2
	1:50	5	2	4/5	3	3

*Ratio = binder : water, Printing paste = pigment : binder = 1(g) : 7(g)

3.4 견뢰도 평가

Table 3은 각 바인더와 증류수의 혼합 비율을 달리 하여 제조한 각각의 원호에 동일 양의 메리골드 안료를 혼합하여 날염하였을 때의 일광·세탁·마찰견뢰도 평가 결과이다.

일반적으로 안료날염은 염료날염에 비해 일광에 강한 것으로 보고되고 있는데¹⁵⁾ 실험 결과에서도 바인더의 종류에 상관없이 모든 시료의 일광견뢰도가 4, 4/5, 5등급으로 높게 나타났다. 특히 화학 바인더인 폴리 아크릴산의 일광견뢰도는 모두 5등급으로 매우 높게 평가되었다. 아교 바인더 날염 시료의 세탁견뢰도는 1, 1/2등급으로 가장 낮게 나타났는데 이는 감축이 딱딱했던 날염호가 세탁 중에 모두 탈호된 것으로 보인다. 한편 일반적으로 안료는 섬유와의 친화력이 부족하여 바인더를 사용하여 섬유표면에 고착시켜 착색하므로 마찰견뢰도가 낮은 단점이 있으나¹⁶⁾ 아교의 마찰견뢰도는 3/4, 4등급으로 높게 평가되어 추후에는 증류수의 비율을 높여 아교를 더 묽게 사용해 세탁견뢰도를 재평가해 볼 필요가 있다고 생각된다. 모든 바인더들의 이염 세탁견뢰도는 모두 4, 4/5등급으로 높게 평가되었는데 이는 안료입자가 불용성이라 백포에 이염되지 않음을 알 수 있다. 또한 카제인 나트륨 바인더 날염호는 시료에 고르게 분산되지 않았음에도 불구하고 세탁 후 변화가 거의 없어 모두 4/5등급을 높게 평가되었는데 카제인 나트륨의 분산성을 높일 수 있는 방법을 모색해 볼 필요가 있음을 알 수 있었다. 안료를 고르게 분산한다면 마찰견뢰도 등급도 향상될 것이라 생각된다.

결과적으로 메리골드 안료를 각각 구아검과 알긴산 나트륨 바인더로 혼합하여 날염하였을 때 일광·세탁·마찰견뢰도가 종합적으로 매우 우수하게 평가되어 그 실효성을 확인 할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 보통 폐기되는 메리골드 꽃을 사용하여 면직물에 매염제의 사용과 수세과정이 없는 환경적·경제적으로 더 지속가능한 날염방법을 알아보고자 하였다.

실험을 통해 메리골드 꽃에서 추출한 수용성의 색소 분말을 사용하여 불용성의 안료(lake pigment)를 제조할 수 있었다. 제조한 메리골드 안료를 시료에 고착

하기 위해 한천, 구아검, 카제인 나트륨, 알긴산 나트륨, 폴리 아크릴산을 각각 바인더로 사용하여 형지날염하고 70℃에서 3분 프레스한 후 150℃에서 5분 열처리하였다. 그 결과 노란색(Y), 주황색(YR)계열의 색상을 얻을 수 있었고 염착량(K/S)은 한천 아교 1(g):12(g) 비율에서 5.16으로 가장 높았고 폴리 아크릴산 1(g):50(g)에서 1.32로 가장 낮게 나타났다. 메리골드 안료는 특히 구아검과 알긴산 나트륨을 바인더로 사용하였을 때 고르게 분산되어 색감, 유연성, 촉감이 매우 우수하였다. 또한 일광·세탁 견뢰도가 4, 4/5등급으로 매우 높게 평가되었으며 마찰견뢰도 또한 3, 4등급으로 우수하여 그 실효성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2019년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(BK21플러스사업, S19AR43D0801).

References

1. S. G. Son, Is Dyeing Technology without Water Sustainable?, *Fiber Technology and Industry*, **19** (4), 296(2015).
2. http://www.ktenews.co.kr/bbs/board.php?bo_table=power_interview&wr_id=809,2019.11.7.
3. http://www.koteri.re.kr/board/content.asp?board_id=koteri_tecinfo&ref=1652&step=1&re_level=1&page=1, 2019.11.20.
4. S. H. Kim, J. H. Kim, S. W. Yang, Y. E. Jin, and S. S. Park, A Study on Synthesis and Crystallization of a Benzimidazolone Pigment, *Applied Chemistry for Engineering*, **26**(2), 159(2015).
5. S. H. Kim, J. H. Kim, S. W. Yang, Y. E. Jin, and S. S. Park, Synthesis of Diarylide Pigments and Their Dispersion Behavior by Dispersion Precursors, *Applied Chemistry for Engineering*, **25**(6), 586(2014).
6. G. H. Lee and Y. S. Shin, Eco-friendly Leather Dyeing Using Biomass Wastes(III): Imparting Functionality by Combination Dyeing with Marigold(*Tagetes erecta* L.) and Hinoki Cypress(*Chamaecyparis obtusa*) Leave Extracts, *Textile Coloration and Finishing*, **31**(1), 1(2019).

7. B. I. Jun and J. H. Hwang, Studies on the Printing with Natural Dyes on Sappan Wood, *Journal of the Korean Society of Industrial Application*, **6**(3), 239(2003).
8. Y. H. Jang, Study of Printing Method using Natural Dyes and Color Fastness, M.S. Thesis, Hong-ik University, 2002.
9. L. C. Lee and C. S. Ahn, Study on the Direct Printing of Natural Indigo Dye on Cotton Fabric Using Arabic Gum, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **41**(2), 212(2017).
10. H. J. Lee, Study on the Conditions of Screen Printing with Persimmon juice, M.S. Thesis, Pusan National University, 2012.
11. H. Lee, Studies on the Physical Properties on the Printing Fabrics of Cellulose by Natural Dyes, M.S. Thesis, Pusan National University, 2006.
12. J. S. Shin, M. H. Jung, S. J. Park, T. Koshiha, and T. Tamura, Improvement of Comfortability and Ability on Non-woven Fabric for Disposable Work Clothing Using Yellow Soil Printing, *The Research Journal of the Costume Culture*, **15**(2), 276(2007).
13. J. S. Shin, S. J. Park, M. H. Jung, T. Tamura, and T. Koshiha, Characteristic Changes on Non-woven Fabric by Charcoal Printing, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **28**(2), 303(2004).
14. C. Y. Kim and Y. S. Shin, Eco-printing Using Chitosan and Natural Colorants, M.S. Thesis, Chonnam National University, 2011.
15. H. M. Han, A Study on Pigment Printing, *Journal of the Korea Fashion and Costume Design Association*, **3**(2), 107(2001).
16. M. W. Han, W. Kwon, E. G. Jeong and J. S. Bae, Investigation on Rubbing Fastness of Pigment Ink with Polymer Binders having Various Comonomer Compositions, *Textile Coloration and Finishing*, **31**(2), 77(2019).

Authors

여영미 전남대학교 의류학과 박사과정 학생
 신윤숙 전남대학교 의류학과 교수