

석류색소에 대한 견섬유의 염색성

신윤숙·조은경

전남대학교 의류학과·가정과학연구소

Dyeing properties of silk fabric with pomegranate colorant

Younsook Shin · Eunkyong Cho

Dept. of Clothing and Textiles · Institute of Science for Better Living, Chonnam National University
(2000. 8. 8 접수)

Abstract

Dyeing properties of the colorants extracted from pomegranate hull on silk fabric were investigated. Pomegranate colorants were characterized by FT-IR analysis. Effects of dyeing condition and mordanting on dye uptake, color change and colorfastness were explored.

Pomegranate colorants showed high affinity to silk fiber and its isotherm adsorption curve was Langmuir type. Therefore, ionic bond was involved in the adsorption of pomegranate colorants on to silk fiber. Mordants except Fe did not significantly increase dye adsorption. Pomegranate colorants produced mainly yellow color on silk fabric, but the silk mordanted with Fe showed yellow red color.

Fastness to washing, perspiration, and rubbing was not improved by mordanting treatment, but light colorfastness was increased by Fe mordant.

Key words: Pomegranate colorants, isotherm adsorption curve, mordant, dye adsorption, colorfastness;
석류색소, 등온흡착곡선, 매염제, 염착, 견뢰도

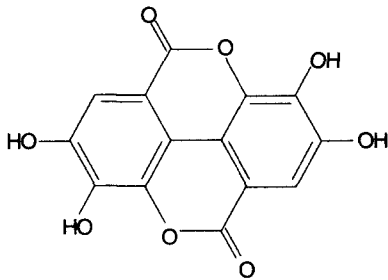
I. 서론

과학기술의 발달과 더불어 공업 생산력이 커짐에 따라 섬유제품은 착용을 위한 의복의 개념에서 벗어나 기능적이고 안락감을 갖춘 제품으로서 소비자의 요구가 증가하고 있다^{1~3)}. 뿐만 아니라 심각해지는 각종 환경오염에 대한 선진국들의 규제의 움직임에 따라 여러 산업분야에서 환경친화적인 소재 및 가공에 대한 관심이 커지고 있으며, 염색가공 분야에서도 천연염료를 사용한 염색법 등의 친환경적, 천연지향적인 염색가공방법에 대한 관심이 높아지고 있다^{4~6)}. 본 연구에서 염재로서 사용한 석류의 학명은

*Punica granatum L.*으로 아프가니스탄과 서북부에 자생하던 식물로써 석류과에 속한 날엽활엽 교목이다. 석류의 근피, 수피, 과피는 다같이 이소펠레티어린(isopelletierine)을 주성분으로 가지고 있으며, 그 외 기타 유사펠레티어린(pseudopelletierine), 탄닌(tannin) 등 몇 종의 알칼로이드(alkaloid)를 함유하고 있으며, 껍질은 한약재료로 사용하고 있다. 특히 탄닌이 많으므로 수렴성 건위약과 설사건위약으로 사용되며, 민간에서는 편도염, 목안의 염증의 치료에 사용하기도 한다^{7~8)}. 이러한 석류는 한약재료뿐만 아니라 천연염재로도 가치를 지니고 있다. 염색재료로서는 주로 열매의 과피가 이용되지만 꽃, 잎, 수피 또한 이용 가능하며, 꽃이나 잎의 경우에는 건조시

키지 않고 사용한다. 염료의 성분이 되는 주색소는 엘라그산⁹⁾으로 구조식은 Scheme 1과 같다¹⁰⁾.

본 연구에서는 대부분 폐기되는 석류의 과피에서 추출한 색소의 염색성을 조사하고, 천연색소로서의 유효성을 확인하고자 한다. 이를 위하여 석류과피에서 색소를 추출, 건조, 분말화하였으며, 이를 FT-IR 분석에 의해 특성을 검토하였고, 색소농도, pH, 시간 등의 염색조건이 염착량에 미치는 영향, 매염제가 염착량과 색상에 미치는 효과 등 염색성을 조사하였으며, 염색한 시료의 각종 건뢰도 등을 측정하여 천연염료로의 이용가능성을 검토하였다.



Scheme 1, Structure of ellagic acid.

II. 시료 및 실험방법

1. 시료 및 시약

1) 견직물

실험에 사용한 직물은 KS K 0905에 규정된 정련·표백된 100% 견직물(plain weave, 82×50/cm², 40 g/m², 0.17mm)을 사용하였다.

2) 석류

석류는 광주에서 10월에 채취하여 가식부와 과피를 분류한 후 과피만을 서늘한 곳에서 2주 정도 건조시킨 뒤 분쇄하여 사용하였다.

3) 시약

매염제로는 aluminium ammonium sulfate (Al₂(SO₄)₃(NH₄)₂SO₄ · 24H₂O), ferric sulfate (FeSO₄ · 7H₂O), cupric sulfate(CuSO₄ · 5H₂O), potassium dichromate(K₂Cr₂O₇), 그리고 stannic

chloride(SnCl₂ · 2H₂O)를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 색소 추출 및 분말화

석류 40 g에 증류수 800 g을 가하여 100°C에서 60분간 환류시켜 색소를 추출하였다. 추출액은 60°C에서 건조하여 분말화 하였으며, 수율(석류껍질 건조 무게에 대한 추출한 색소분말의 무게의 비율)은 약 49%이었다.

2) 염색 및 매염처리

염색은 욕비 1:50에서 색소농도 0.5~4%, 시간 30~120분, pH 2~9로 아세트산과 수산화나트륨을 사용하여 변화시키면서 적외선 고압염색기(Ahiba Nuance, Data Color International, USA)를 사용하여 80°C에서 염색하였다. 매염처리는 예비실험 결과에 의하여 매염제 농도 1%(o.w.f.), 60°C, 30분, 욕비 1:50에서 선매염(매염-수세-건조-염색-수세-건조)을 선택하였다.

3) 측정 및 분석

① 흡광도(Absorbance) 측정

UV-Vis spectroscope(8452A Diode Array Spectrophotometer, Hewlett Packard Asia Ltd., USA.)에 의해 흡광도를 측정하였다.

② FT-IR 분석

색소 성분 분석을 위해 석류과피의 분말을 KBr 펠릿(pellet)에 코팅시켜 FT-IR 분석(Fourier-transform infrared spectroscopy, Nicolet 520, USA.)을 행하였다.

③ 흡착률 측정

흡착률은 UV-Vis Spectrophotometer를 사용하여 최대흡수파장인 380 nm에서 염색 전후의 색소용액의 흡광도를 측정한 후 다음 식에 의하여 구하였다.

$$S(\%) = \frac{A_1 - A}{A_1} \times 100$$

이때, S는 흡착률(%), A₁는 염색전 염액의 흡광도, 그리고 A는 염색후 염액의 흡광도이다.

④ 염착량(K/S) 측정

색차계(Color-Eye 3100, Macbeth)로 최대흡수파장(λ_{max})인 380 nm에서 피염물의 표면반사율을 측정하여 다음의 Kubelka-Munk식에 의해 K/S값을 측정하고 이를 염착량으로 평가하였다.

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

이때 K는 흡광계수(absorption coefficient), S는 산란계수(scattering coefficient), 그리고 R은 분광반사율(reflectance)이다.

⑤ 색측정

매염제 종류에 따른 표면색의 변화를 측정하기 위해 색차계(Macbeth, Color Eye 3100)를 이용하여 CIELAB 색차식에 의하여 10° Observer, Illuminant D₆₅에서 명도지수 L*, 색좌표 지수인 a*, b*값으로 표시하였다.

H V/C 값은 CIE Munsell 변환 프로그램(Color-Eye 3100, Macbeth)을 이용하여 얻어진 L*, a*, b*로부터 산출하였다.

⑥ 색차(ΔE)측정

일광에 의한 색상변화를 알아보기 위해 색차계를 이용하여 다음 CIELAB 색차식에 의하여 구하였다.

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

4) 견뢰도 측정

광퇴색은 내광시험기(Fade-Ometer, ATLAS Electric Devices Co., U.S.A.)를 사용하여 KS K 0700-1990에 준하여 5, 10, 20, 40시간 광조사한 후에 광조사 전 시료와의 색차(ΔE)로 평가하였고, 세탁 견뢰도는 세탁견뢰도기(Laundry-Ometer, Type LHD-EF, Atlas Electric Devices Co., USA)를 사용하여 KS K 0430에 명시된 A법 중 A-1법(40±2 °C)에 따라 측정하였고, 땀견뢰도는 땀견뢰도측정기(Perspirometer, U.S. Testing Co., USA)를 사용하여 KS K 0715에 의거하여 실험하였으며, 마찰견뢰도는 마찰견뢰도측정기(Crockmeter, Model CM-5, Atlas Electric Devices Co., USA)를 사용하여 AATCC Test Method 116-1989에 준하여 측정 후 일광견뢰도를 제외한 모든 견뢰도 평가는 변퇴색 판정용 그레이 스케일(Gray scale for color

change)과 이염 판정용 스케일(Chromatic transference scale)로 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 석류색소의 FT-IR 분석

Fig. 1은 추출한 석류색소 분말과 석류색소의 주 성분인 엘라그산의 FT-IR 스펙트럼을 비교하여 나타낸 것이다. 추출한 석류색소에서는 3300cm⁻¹ 부근의 OH, 2900cm⁻¹ 부근의 지방족 C-H, 1725cm⁻¹ 부근의 C=O, 1600cm⁻¹ 부근의 C=C, 1100cm⁻¹ 부근의 C-O 신축진동 피크 등이 나타났다¹⁴⁾. 엘라그산의 FT-IR의 스펙트럼은 3400cm⁻¹ 부근에서 유리 OH 신축피크, 3100cm⁻¹ 이상에서 방향족 C-H 신축피크, 1720cm⁻¹ 부근에서 컨췌케이션된 C=O 신축피크를 나타내고 있으며, 1600cm⁻¹ 부근에서는 C=C, 1100cm⁻¹ 부근에서는 C-O 신축피크 등을 나타내고 있다. 추출한 석류색소와 엘라그산의 FT-IR의 스펙트럼을 비교해보면 2900cm⁻¹ 부근의 지방족 C-H 신축피크를 제외하고는 비슷한 위치에서 흡수 피크를 나타내고 있다. 여기에서 석류색소에서 나타난 흡수대는 엘라그산이 가지는 관능기에 기인한 것으로 보이며, 2900cm⁻¹ 부근의 지방족 C-H 신축피크는 석류색소 성분 중에 엘라그산 이외에 지방족 사슬구조를 가진 다른 성분들을 포함

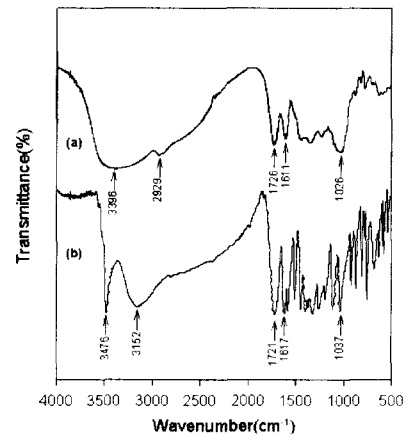


Fig. 1. FT-IR spectra of Pomegranate colorants extracted at 100°C/60 min(a) and ellagic acid(b).

하고 있음을 알 수 있다.

2. 염색조건이 염착량과 색상에 미치는 영향

Fig. 2는 추출한 석류 색소용액의 UV-Vis 흡수 스펙트럼이며 380 nm에서 주 흡수피크를 나타내고 있다. 따라서 K/S값을 최대흡수파장인 380 nm에서 측정하여 염색조건이 염착량에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

Fig. 3~5는 각각 석류색소농도, 염색시간 및 pH에 따른 염착량(K/S값)의 변화를 나타낸 결과이다. 석류색소 농도가 증가함에 따라 K/S값이 점진적으로 증가하였으며 2% 이후 증가폭이 크지 않았다. 이는 Langmuir형의 등온흡착곡선을 나타내고 있어 석류색소에 대한 견섬유의 염착은 주로 이온결합에 의해 이루어짐을 알 수 있다¹²⁻¹³⁾.

K/S값은 초기 30분까지 급격히 증가하다가 그 이후부터는 거의 변화를 보이지 않았다. 이로부터 석류색소에 대한 견섬유의 염착평형은 30분 정도에서 이루어짐을 알 수 있었다.

석류색소의 염색은 pH 3.6에서 최고의 K/S값을 보이고 있으며, 그 이상에서는 pH가 증가함에 따라 K/S값이 급격하게 감소하는 등 pH에 매우 민감한 경향을 보이고 있다. 이는 견섬유의 pH 3.8~4.0인 등전점 부근에서 섬유 표면의 양이온기와 석류색소 음이온기가 이온결합을 활발히 하다가 pH가 증가함에 따라 섬유표면에 (-)계면전위를 나타내어 석류색소내의 음이온과 견섬유의 (-)계면전위 사이의

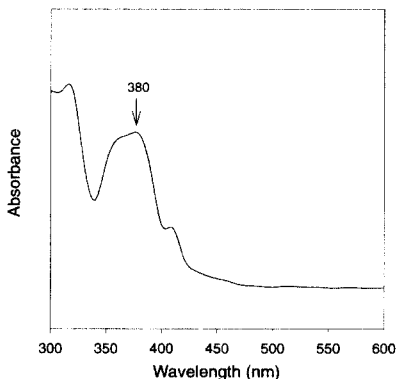


Fig. 2. UV-Vis absorption spectrum of Pomegranate colorants extracted at 100°C/60 min.

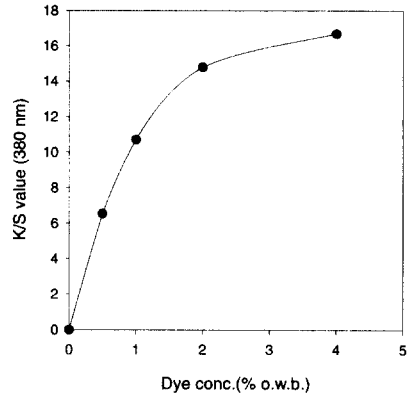


Fig. 3. Effect of dye concentration on the dye uptake of silk fabric(80°C/60 min).

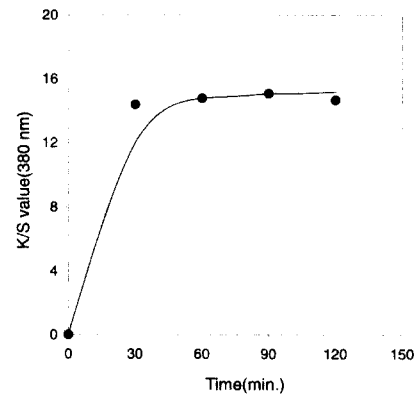


Fig. 4. Effect of dyeing time on the dye uptake of silk fabric(2% o.w.b., 80°C).

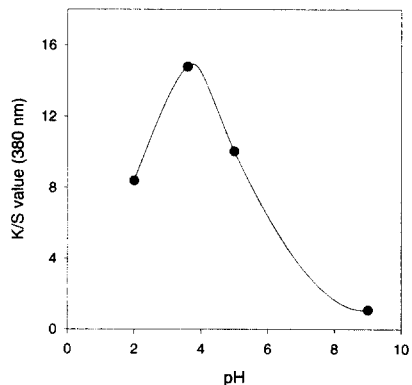


Fig. 5. Effect of pH on the dye uptake of silk fabric (2% o.w.b., 80°C/60 min).

전기적 반발이 생기게 되고, 또한 견섬유 내의 양이온기가 감소함으로써 K/S값이 감소하는 것으로 생각된다¹²⁻¹⁴⁾. pH 2에서는 pH 3.6보다 낮은 K/S값을 나타내고 있는데, 이 결과로부터 pH 2에서는 이온 결합보다 수소결합에 의해 염착이 많이 이루어진다는 것을 짐작할 수 있다.

이후 염색조건은 견섬유의 광택이 손상되지 않은 조건으로 80°C에서 60분으로 하였으며, pH는 원래 색소용액 pH 3.6에서 염색하였다.

pH에 따른 색상변화를 Table 1에 나타내었다. pH가 증가함에 따라 염착량의 감소로 L* 값이 점진적으로 증가함을 보였으며, 이로 인해 색상이 밝아지는 경향을 나타내었다. 또한 a*와 b* 값은 대체적으로 pH 3.6에서 증가를 보이다가 그 이상에서는 급격한 감소를 보였는데 이는 빨강색 계열과 황색 계열의 감소를 의미한다. 색상은 pH가 증가할수록 황색 계열이 증가하였으나 pH 9에서는 다시 감소를 나타내었다. 명도는 증가하여 밝아지는 경향을 나타내었고, 반면 채도는 낮아졌다.

3. 매염처리가 흡착률과 색상에 미치는 영향

천연염료의 매염처리는 색상의 다양화 및 견뢰도 증진을 목적으로 한다. 대부분의 천연염료는 섬유소계 섬유에는 염착되지 않으나, 양모, 견 등과 같은 단백질계 섬유에는 직접염착이 이루어진다. 그러나 염료자체로서는 일반적으로 색이 연하고 섬유에 대한 친화력이 적으므로 침염에서는 많은 경우 매염처리하는 것이 일반적이다. 이러한 천연염료는 화학적 구조 중에 카르복실기와 같은 수용성 산성기와 적당한 위치에 금속이온과 불용성의 착화합물(lake)을 형성할 수 있는 배위자(ligand)를 함유하고 있으므로 매염처리하여 염색하면 색소 착화합물(lake)이

Table 1. Effect of pH on the L*, a*, b*, & H V/C values of silk fabrics†

pH	L*	a*	b*	H	V/C
2	64.255	1.602	29.088	2.12Y	6.34/5.15
3.6	64.675	2.140	37.697	2.25Y	6.51/5.60
5	69.064	-0.340	31.977	3.09Y	6.95/4.77
9	75.450	-0.573	11.187	2.33Y	7.69/2.25

†dye conc.: 2% o.w.b., 80°C/60 min

형성되어 피염물의 염색견뢰도 증진 및 색상변화를 일으킬 수 있다¹⁵⁻¹⁶⁾.

금속이온이 견에 매염작용을 나타내는 것은 견과 배위결합한 동시에 색소와 킬레이트 화합물을 생성하여 색을 나타내는 착체를 형성함으로써 이루어진다¹⁷⁻¹⁸⁾.

매염처리에 의한 흡착률 증진효과를 Fig. 6에 제시하였다. 전반적으로 크롬으로 매염한 경우를 제외하고는 매염처리에 의해 흡착률이 증가하였다. 특히 철로 매염한 경우 가장 높은 흡착률을 나타내었는데, 이로 보아 매염처리에 의해 견섬유의 석류색소 흡착률이 증가하였음을 알 수 있다. 크롬의 경우 미매염포에 비해 약간 낮은 흡착률을 나타낸 것은 염색 중에 견섬유에서 크롬이온이 탈락하였기 때문으로 생각된다. 따라서 매염처리에 의한 흡착률 증가는 석류색소와 견과의 친화력보다 석류색소와 매염제와의 친화력이 큼을 나타내주고 있으나, 흡착률을 생각한다면 철을 제외하고는 다른 매염처리의 필요성이 크지 않다고 본다.

Table 2에 보이는 바와 같이 매염제 종류에 관계없이 대부분 Y(Yellow) 계열을 나타내었으며, 철로 매염한 시료는 YR(Yellow Red) 계열의 색상을 나타내었다.

각각 매염처리한 모든 시료의 ΔL^* 값은 알루미늄으로 매염처리한 경우를 제외하고 (-)값으로 색상이 약간 어두워졌으며 철의 경우 가장 큰 감소를 보

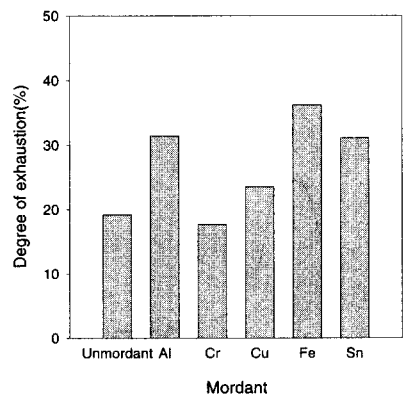


Fig. 6. Effect of mordant on the degree of exhaustion (dye conc.: 2% o.w.b., 80°C/60 min, mordant conc.: 1% o.w.f., 60°C/30 min).

Table 2. L*, a*, b* & H V/C values of mordanted and dyed silk fabrics

Mordants	L*	a*	b*	H	V/C
Unmordant	64.784	2.088	36.582	2.97Y	6.30/5.40
	ΔL^*	Δa^*	Δb^*		
Al	0.953	-2.230	5.503	4.08Y	6.39/6.05
Cr	-1.354	0.795	1.880	2.67Y	6.16/5.70
Cu	-5.019	1.721	6.834	2.61Y	5.79/6.43
Fe	-27.799	3.713	-19.682	9.34YR	3.57/2.84
Sn	-0.991	0.726	1.384	2.67Y	6.20/5.63

었다. Δa^* 값은 알루미늄으로 처리한 경우만 (-)값으로 빨강색의 감소를 나타내었으나 그 외 다른 매염제 처리의 경우는 (+)값으로 빨강색의 증가를 보였으며 특히 철의 경우 가장 큰 증가를 보였다. Δb^* 값은 철로 매염한 경우를 제외하고는 (+)값으로 노랑색의 증가를 보였다.

색상에서는 Y 계열을 나타내었으며 명도에서는 철로 매염한 시료가 가장 큰 감소를 보여 많이 어두워졌고, 크롬이나 구리, 주석의 경우도 감소하여 다소 어두워졌다. 반면 알루미늄으로 매염처리한 시료는 다소 밝아졌으며, 채도는 철로 매염한 경우를 제외하고 비슷하였다.

4. 염색견뢰도

매염처리한 시료와 처리하지 않은 시료의 세탁, 땀 및 마찰에 대한 염색견뢰도를 Table 3에 제시하였다. 세탁견뢰도 경우에는 매염처리하지 않은 시료나 매염처리한 시료 모두 이염의 정도는 높은 등급을 가지나 변퇴색의 정도가 3등급으로 육안으로 색차를 분명하게 확인할 수 있었다. 땀견뢰도 경우에

는 산성 땀액에 비해 알칼리 땀액에서 더 낮은 등급을 보이고 있다. 산성 땀액에서는 변퇴색과 이염의 정도가 약 4등급으로 육안으로 약간의 색차를 감지할 수 있었다. 반면 알칼리 땀액에서는 2/3등급으로 뚜렷한 색차를 보여 알칼리성 땀에 대한 견뢰도가 더 낮은 것을 확인할 수 있었다. 마찰 견뢰도는 건조상태인 경우 5등급, 습윤상태인 경우 4/5등급으로 매우 우수하였다. 매염처리에 의한 견뢰도 증진효과는 없는 것으로 나타났으며, 이 결과로부터 석류색소는 견염색시 매염처리는 필요하지 않은 것으로 사료된다.

Fig. 7은 일광조사 시간에 따른 염색물의 색차를 나타낸 것이다. 광조사 시간이 증가함에 따라 색차가 증가하였으며, 특히 20시간 광조사시 현저한 증가를 나타내었다. 매염처리하지 않은 시료와 비교할 때, 알루미늄의 경우 20시간 광조사 이후 색차의 현저한 증가로 인해 오히려 염색물의 일광견뢰도를 악화시킴을 알 수 있으며, 주석은 미매염포와 그다지 큰 차이는 없는 것으로 보아 광퇴색을 억제하는 효과가 없음을 확인할 수 있다. 크롬, 구리로 매염한 경우 20시간까지는 미매염포에 비해 광조사 전후의 색차가 감소하여 광퇴색이 억제되었으나 40시간 광조사시에는 미매염포와 같은 정도의 색차를 나타내어 억제효과가 없음을 알 수 있다. 그러나 철로 매염한 경우 40시간 광조사 이후에도 미매염포에 비해 큰 색차 감소를 나타내어 매염제 중 광퇴색을 억제하는 효과가 가장 큼을 알 수 있는데, 이는 철 매염처리로 인해 섬유 내에서 염료 분자들의 회합이 커지고 철 금속이온과 킬레이트 착체를 형성하여 염료중합이 커졌기 때문으로 사료된다¹⁶⁻¹⁸⁾.

Table 3. Colorfastness of dyed silk fabrics

Dye Conc.	Color change	Washing		Perspiration(acidic)			Perspiration(alkaline)			Rubbing	
		Stain	Stain	Color change	Stain	Stain	Color change	Stain	Stain	Dry	Wet
		Cotton	Silk	Cotton	Cotton	Silk	Cotton	Cotton	Silk		
Unmordant	3	5	5	4/5	4/5	3/4	2/3	2/3	3/4	5	4/5
Al	3	5	5	4/5	4	3/4	2/3	2/3	3/4	5	4/5
Cr	3	5	5	4/5	4	3/4	2/3	2/3	3/4	5	4/5
Cu	3	5	5	4/5	4	3/4	2/3	2/3	3/4	5	4/5
Fe	3	5	5	4/5	4	3/4	2/3	2/3	3/4	5	4/5
Sn	3	5	5	4/5	4	3/4	2/3	2/3	3/4	5	4/5

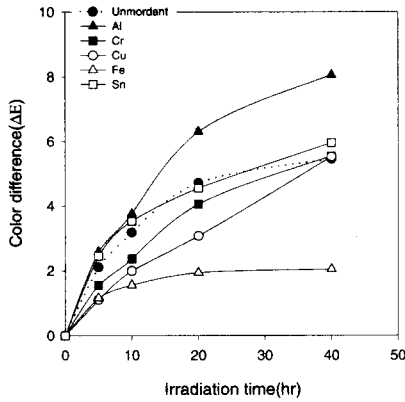


Fig. 7. Effect of irradiation time on the color difference of dyed silk fabric.

IV. 결 론

석류과피에서 추출·분말화하여 얻은 색소의 견섬유에 대한 염색특성을 검토하였다. 석류색소의 견섬유에 대한 염색성을 살펴보기 위해 염색조건이 염착량에 미치는 영향, 매염제가 염착량, 색상 및 견뢰도에 미치는 영향 등을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 석류색소는 견섬유에 높은 염착량을 보였으며, 등온흡착곡선은 Langmuir형을 나타내어 석류색소에 대한 견섬유의 염착은 주로 이온결합에 의해서 이루어짐을 알 수 있었다.

2. pH 3.6에서 염착량이 최대가 되었으며, pH가 증가함에 따라 염착량은 급격히 감소하였다. pH에 관계없이 색상은 모두 노랑색 계열을 나타내었으며, pH가 증가할수록 명도는 증가하고 채도는 감소하였다.

3. 철매염 처리한 경우를 제외하고 매염처리가 염착량 증진효과에 미치는 영향은 그다지 크지 않았으며, 매염제 종류를 달리하여 염색한 견섬유의 색상은 철로 매염한 경우 YR 계열을 나타내고, 그 외는 모두 Y 계열의 색상을 나타내었다.

4. 일광견뢰도를 증진시킨 철매염을 제외하고 매염처리에 의한 염색견뢰도 증진효과는 없으므로 견염색시 매염처리는 불필요한 것으로 사료되었다.

참 고 문 헌

- 남성우, 천연염료에 의한 염색, 섬유기술과 산업, 2(2), 238-257, 1998.
- 김삼수, 강연희, 임수경, 서말용, 환경친화형 염색기술 현황, 섬유기술과 산업, 3(3/4), 104-111, 1999.
- 김공주(외), 천연염료의 색채에 관한 연구, 한국섬유공학회지, 13(3), 1976.
- 안경조, 염색의 과학, 경춘사, 3-4, 1999.
- 김인주, 신염색학, 문운당, 1-2, 1996.
- 조경래, 천연염료에 관한 연구(10) - 홍화 황색소의 견섬유에 대한 염색성, 한국염색가공학회지, 9(5), 10-18, 1997.
- 이순래, 석류과실의 성숙에 따른 성분변화에 관한 연구, 영남대학교 대학원 석사학위논문, 1973.
- 安禹洪, 석류의 Polyphenol 성분 및 Organic Acid에 관한 연구, 영남대학교 대학원 석사학위논문, 1973.
- 이성귀, 석류추출물을 함유한 Microcapsule의 제조 및 면직물의 향균가공, 성균관대 대학원 석사학위논문, 1998.
- S. Budavari, The merck index—an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals, 7th Ed., pp. 555, Merck & Co., Inc., Rahway, 1989.
- 이문득, 기기분석화학, 자유 아카데미, 160-185, 1991.
- 서명희, 홍차색소의 특성과 염색성, 전남대학교 대학원 박사학위논문, 1997.
- 최 희, 자초색소의 특성 분석 및 염색성, 전남대학교 대학원 박사학위논문, 1999.
- E. R. Trotman, Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibers, 6th Ed., 344-346, Charles Griffin & Co. Ltd., London, 1975.
- 조경래, 다색성 천연염료와 매염에 관한 연구, 한국의류학회지, 7(1), 46-56, 1994.
- 이영희, 김경환, 색소재료(I), 한국염색가공학회지, 염색가공기술, 5(2), 153-164, 1993.
- 임명은, 유혜자, 이혜자, 싯을 이용한 천연염색에 관한 연구, 한국의류학회지, 21(5), 911-921, 1997.
- 유혜자, 이혜자, 변성례, 도토리를 이용한 직물의 염색, 한국의류학회지, 21(4), 661-668, 1997.