

황색계 천연염료의 촉진열화 처리에 의한 색상견뢰도 특성

이유주¹, 이상현², 오종섭³, 현수운³, 최태호^{4†}

접수일(2022년 11월 10일), 수정일(2022년 12월 07일), 채택일(2022년 12월 09일)

Characteristics of Color Fastness on the Yellow Natural Dyestuffs According to Accelerated Aging

Yu-Ju Lee¹, Sang-Hyun Lee², Jong-Seop Oh³, Su-un Hyeon³ and Tae-Ho Choi^{4†}

Received November 10, 2022; Received in revised form December 07, 2022; Accepted December 09, 2022

ABSTRACT

Because cultural properties are a composite of various substances in addition to natural dyestuffs, an analysis based on the degradation of raw dyestuff materials should be performed first. This study selected *Sophora japonica*, *Rheum undulatum*, *Gardenia jasminoides*, and *Phellodendron amurense* among the commonly used yellow dyestuffs and performed an accelerated aging test on them. The results were then analyzed by evaluating color fastness according to the accelerated aging test of the dyestuffs. The color fastness of the dyestuffs selected above was excellent against ultraviolet (UV)-accelerated aging. However, after dry- and wet-accelerated aging, the colors tended to darken, and yellow and red tinges faded. Wet-accelerated aging produced more color changes than dry-accelerated aging, indicating poor color fastness. *Rheum undulatum* is the dyestuff with the best color fastness, and *Gardenia jasminoides* is the dyestuff with the worst color fastness. As the accelerated aging method and aging time were increased, the *Rheum undulatum* dyestuff showed insignificant changes. Therefore, the color fastness of *Rheum undulatum* outperforms that of the other dyestuffs selected here. *Gardenia jasminoides* showed almost no color changes resulting from UV-accelerated aging. However, color changes occurred in dry- and wet-accelerated aging, with wet-accelerated aging

1 충북대학교 산학협력단 지류문화재보존처리센터(Conservation and Restoration Center of Paper Heritage, Chungbuk National University), 박사후 연구원

2 충북대학교 산학협력단 지류문화재보존처리센터(Conservation and Restoration Center of Paper Heritage, Chungbuk National University), 연구원

3 충북대학교 대학원 문화재과학과(Department of Cultural Heritage Science, Graduate School, Chungbuk National University), 대학원생

4 충북대학교 목재·종이과학과(Department of Wood and Paper Science, Chungbuk National University, Cheongju, Korea), 교수

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: tchoi@cbnu.ac.kr (Address: Department of Wood and Paper Science, Chungbuk National University, Cheongju, 28644, Republic of Korea)

having the worst color fastness.

Keywords: Color fastness, natural dyestuff, *Sophora japonica*, *Rheum undulatum*, *Gardenia jasminoides*, *Phellodendron amurense*

1. 서론

문화재에 사용된 유기염료는 문헌 기록상 다양한 종류가 존재하며, 직물이나 종이에 염색하거나 채색재료로 사용되었다. 유기염료는 탄소와 수소의 결합을 기본으로 하는 화합물로 동물성과 식물성이 있다. 전통적으로 사용된 유기염료는 동물성 유기염료인 락충(*Kerria lacca*)을 제외하고 대부분 식물성으로 식물의 잎, 뿌리, 열매 혹은 나무의 내피로부터 추출된 염료이다.

오랜 시간을 견뎌온 문화재에 남아있는 유기염료는 대부분 변퇴색되어 고유의 색상과 원재료를 육안으로 식별하는 것은 불가능하다. 유기염료는 염색방법 및 매염제, 바탕재의 종류에 따른 변화와 주변 환경으로 인한 열화 거동이 다르기 때문에 가변적 물성 변화가 발생한다. 이로 인해 다양한 물질 특성이 혼합되어 분석 결과를 해석하는 데 어려움이 있다.

또한 문화재 분석은 원형 보존을 위해 비파괴 및 미량의 시료로 분석하는 것을 원칙으로 하며, 시료 채취가 이루어지는 분석은 지양해야 한다. 따라서 문화재의 손상을 최소화하여 유물에 잔존하는 유기염료의 재료 판별과 열화예측, 진단 등의 분석을 위한 객관적이고 체계적인 연구가 필요하다.

문화재는 유기염료 외 다양한 물질이 혼합되어 있기 때문에 원재료 염료의 열화에 따른 분석이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 전통적으로 많이 사용된 황색계 염료 중 괴화, 대황, 치자, 황벽을 선정하였다.

괴화는 콩과의 낙엽활엽교목에 속하며 학명은 *Sophora japonica*이며 괴아, 괴목, 회화나무, 회나무, 괴수의 이명으로 불리는 나무의 꽃을 말한다. 꽃과 과실은 약용으로도 사용하고, 꽃봉오리는 매염제에 따라 색이 변화되는 다색성 염료로 알루미늄 매염으로 선명한 황색, 동매염으로 황다색, 회즙 매염으로 농황색, 철매염

으로 회녹색으로 염색된다. 괴화는 고대부터 중국에서 중요하게 사용한 염료로 조선시대 임원경제지(林園經濟志)의 황색계열에서 염색원료의 사용 빈도가 가장 높게 나타났다.¹⁾ 규합총서(閏閣叢書)에 괴화의 채취시기 및 염색방법이 나와 있으며, 조선시대 기술 참고서적으로 많이 활용한 천공개물(天工開物)에는 괴화를 사용하여 유록색(油綠色)으로 염색하는 방법에 대해 기술되어 있다.²⁾

대황은 여뀌과의 여러해살이 초본식물로 학명은 *Rheum undulatum*이며, 장근풀, 조선대황, 산대황, 왕대황 등으로 불리고 있다. 뿌리와 줄기에 안트라퀴논 유도체와 타닌이 함유되어 있는데, emodin, aloe-emodin, chrysophanol 등의 배당체로 되어 있다. 한방에서는 건위, 지사, 설사 등에 약재로 사용하며, 염색에는 뿌리를 사용한다.³⁾

치자는 꼭두서니과에 속하는 상록관목으로 학명은 *Gardenia jasminoides*이다. 치자나무의 열매와 뿌리를 이용하여 염색하며, 황색 또는 갈색으로 염색할 수 있다. 매염제 종류에 따라 나타나는 색상이 다르며 알루미늄과 철을 매염제로 사용할 경우 다양한 황색계열 색상을 나타낼 수 있다.⁴⁾ 본초강목(本草綱目)과 임원경제지에 치자를 이용한 염색방법에 대한 내용이 기록되어 있다.⁵⁾

황벽은 운향과의 낙엽활엽교목으로 학명은 *Phellodendron amurense*이며, 황경피나무, 황백목, 황목이라고도 한다. 나무의 황색 속껍질을 염료로 사용한다.⁶⁾ 임원경제지에 아황색, 두록색 염색에 사용된 내용이 전한다. 중국의 농업 기술서인 제민요술(濟民要術)에 의하면 사경이나 호적에 사용할 한지를 황벽으로 물들여 사용하였다는 기록이 전하며 우리나라에서는 사경 염색과 고서 장정에 능화판 문양을 새겨 사용하였다. 황벽은 방충성이 있고 쉼의 피해를 막을 수 있어 애용해 왔다.⁵⁾

본 연구는 괴화, 대황, 치자, 황벽의 염료를 분말로 제

조하여 촉진노화시험을 실시하고 염료 열화에 의한 색상 견뢰도를 평가하여 황색계 유기염료의 열화 특성 결과를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 실험에 사용한 황색계 공시염제는 괴화, 대황, 치자, 황벽으로 각 염료의 특성을 Table 1에 나타냈다.

2.2 실험방법

2.2.1 염료 추출 및 분말화

순환식 무압력 추출기에 건조 공시염재 500 g과 증류수 5 L를 넣고 100℃에서 1시간 동안 추출하였다. 동일한 방법으로 1회 더 추출하여, 1-2회 추출한 염액을 혼합하여 200 mesh 체로 여과하였다. Rotary evaporator(EYELA NE series)로 감압농축 하고, 동결건조기(EYELA Freeze dryer FD-5N)를 사용하여 동결건조 분말 염료를 제조하였다.

2.2.2 열화촉진시험

각각의 동결건조 분말 염료를 이용하여 광열화, 건식열화, 습식열화를 실시하였다. 광열화는 촉진노화시험기(QUV/SE, USA), 건식열화는 항온건조기(DKM610C, Yamato, Japan), 습식열화는 항온습습기(ACE180,

ACEONE Co., Korea)를 사용하였다. 촉진열화실험 조건은 Table 2에 나타냈다.

2.2.3 분말 염료의 색상 분석용 펠릿 제작

열화 전·후 분말 염료를 진공건조기(대한과학, WON-70, Korea)를 이용하여 30℃에서 24시간 진공건조 후 mortal을 이용하여 분쇄하였다. 색상 분석용 펠릿은 IR 용 KBr pellet Die에 시료 0.5 g을 넣은 후 유압식 프레스를 이용하여 압력 70 MPa로 20∅의 펠릿을 제조하였다.

2.2.4 색상 견뢰도 분석

열화 전·후 시료의 색상 및 견뢰도는 분광광도계(Color-eye 7000A, USA)를 이용하여 CIE Lab 색차식에 의한 L^* , a^* , b^* 값과 Munsell(H V/C) 및 반사율을 측정하였다. 색차(ΔE)는 다음 Eq.1에 의거하여 구하였으며, 평가는 Table 3을 기준으로 하였다.

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

Where:

ΔE : total color difference

ΔL^* : difference in L^* (lightness)

Δa^* : difference in a^* (redness and greenness)

Δb^* : difference in b^* (yellowness and blueness)

Table 1. List of dyestuffs

Scientific name	Common name	Dyestuff	Korean name	Chinese name	Locality
<i>Sophora japonica</i>	Pagoda tree	Flower	괴화	槐花	Korea
<i>Rheum undulatum</i>	Rhubarb	Root	대황	大黃	Korea
<i>Gardenia jasminoides</i>	Gardenia	Capsule	치자	梔子	Korea
<i>Phellodendron amurense</i>	Amur cork tree	Inner bark	황벽	黃柏	Korea

Table 2. Conditions for accelerated aging of dyestuffs

Aging method	Conditions	Aging time(h)	Method
UV	60℃, UVA-340, UV irradiation 0.77 w/m ² /mm	24, 48, 72, 144, 288	ISO 4892-1
Dry	105±2℃	24, 48, 72, 144, 288	ISO 5630-1
Wet	80±0.5℃, RH 65±2%	24, 48, 72, 144, 288	ISO 5630-3

Table 3. Judgement standard for color difference

ΔE	Degree of sensory perception
0.0 - 0.5	Trace
0.5 - 1.5	Slight
1.5 - 3.0	Noticeable
3.0 - 6.0	Appreciable
6.0 - 12.0	Much
12.0 over	Very Much

3. 결과 및 고찰

3.1 괴화 분말 염료의 색상 건뢰도

괴화 분말 염료를 광열화, 건식열화, 습식열화 처리하여 펄릿으로 제작하고 색상변화와 열화 특성을 분석한 결과를 Fig. 1과 Table 4에 나타냈다.

괴화 분말 염료의 열화 전 색상은 먼셀 표색계의 YR계열을 나타냈으며, 광열화의 경우 72시간까지 YR계열이

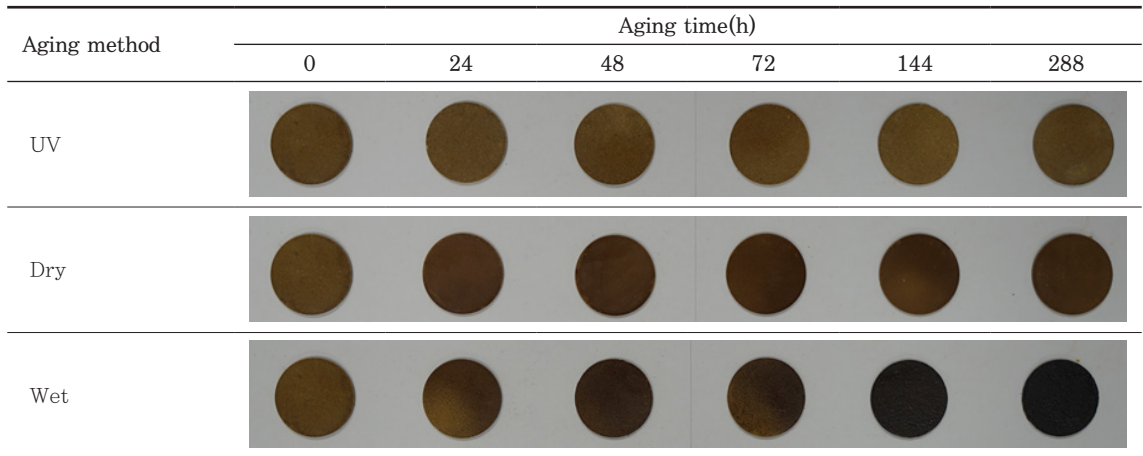


Fig. 1. Color change of *S. japonica* dyestuff powder by accelerated aging.

Table 4. Color deterioration characteristics of *S. japonica* dyestuff powder by accelerated aging

Aging method	Aging time(h)	L*	a*	b*	ΔE	Munsell(H V/C)
Control	0	49.34	7.30	22.01	-	9.7YR 4.8/3.6
	24	50.03	7.13	22.23	0.89	9.9YR 4.9/3.6
	48	49.55	7.25	21.85	1.19	9.7YR 4.9/3.5
	72	49.06	8.34	22.35	1.20	9.2YR 4.8/3.7
	144	54.18	6.60	24.97	2.29	0.6Y 5.3/3.9
	288	53.76	6.60	24.79	2.33	0.6Y 5.3/3.9
Dry	24	41.91	9.69	16.74	10.18	6.7YR 4.1/3.1
	48	40.70	8.85	15.12	10.52	6.8YR 4.0/2.8
	72	40.71	9.01	15.38	12.53	6.8YR 4.0/2.8
	144	40.37	9.24	15.32	11.69	6.5YR 4.0/2.9
	288	43.04	8.96	18.35	9.20	7.9YR 4.2/3.2
	Wet	24	41.96	9.38	17.84	8.33
48		36.44	8.06	11.18	18.09	5.5YR 3.6/2.3
72		36.01	7.33	10.22	17.40	5.6YR 3.5/2.1
144		30.61	3.00	2.42	28.48	2.1YR 3.0/0.6
288		28.98	1.47	-0.25	31.57	5.8RP 2.8/0.3

유지되었으나 144시간 이후부터 Y계열로 변화되었다. 건식열화의 경우 288시간까지 YR계열로 유지되었으며, 습식열화의 경우 144시간까지 YR계열이 유지되었으나 288시간 이후 RP계열로 변화되었다.

열화 전 괴화 염료 분말의 L*값은 48.16-51.86, a*값은 6.76-7.46, b*값은 21.01-23.78의 범위로 측정되었다. 광열화 시 L*값은 49.06-54.18의 범위로 72시간 열화까지는 변화가 미미했으나, 144시간 이후부터는 증가하여 색상이 밝아지는 경향을 나타냈다. a*값은 6.6-8.34의 범위로 열화시간이 증가할수록 미미하게 적색도가 감소하였다. b*값은 21.85-24.97의 범위로 열화시간이 증가할수록 황색도가 소폭 증가하였다. 열화시간이 경과함에 따라 광에 의해 백색 및 적색 유래 물질이 분해되어 갈변이 발생하였다.

건식열화 시 L*값은 40.37-43.04의 범위로 측정되었으며, 144시간 열화까지 감소하였다가 그 이후부터 증가하였다. a*값은 8.85-9.69, b*값은 15.12-18.35의 범위로 측정되었으며, 열화시간에 따른 a*값과 b*값의 변화는 미미하게 나타났다. 열화 전과 비교해 L*값과 b*값이 감소하여 어두운 갈색을 띠었다. 백색 및 황색성분이 감소되고, 적변이 발생하였다.

습식열화 시 L*값은 28.98-41.96, a*값은 1.47-9.38, b*값은 0.25-17.84의 범위로 측정되었다. L*, a*, b*값 모두 열화시간이 증가할수록 크게 감소하였으며, 288시간 열화 후에는 어두운 갈색에서 청색계열로 변색되었다. 습식열화의 경우 갈변, 적변, 황변 현상이 모두 발생되었다.

열화 처리에 의한 색상 건리도 및 반사율 변화를 측정 한 결과를 Fig. 2에 나타냈다.

축진열화 처리에 의한 괴화 분말 염료의 색상 건리도는 광열화에서 가장 우수하였다. 광열화 시간 증가에 따른 색상 및 색차의 변화는 미미하였으며 열화 전 시료와 유사한 반사율을 나타냈다. 건식열화의 경우 초기 24시간 열화까지의 색상 및 색차의 변화가 크게 나타났으나 이후 열화시간 증가에 따른 변화는 미미하여 안정화되는 경향을 나타냈으며, 반사율 또한 동일한 경향을 나타냈다. 괴화 분말 시료의 색상 건리도는 습식열화에서 가장 불량한 것으로 나타났다. 열화시간이 증가할수록 색상 및 색차의 변화가 지속적으로 커지는 경향을 나타냈으며, 반사율 또한 144시간 이후부터 다른 색상 계열을 띠는 것으로 나타났다.

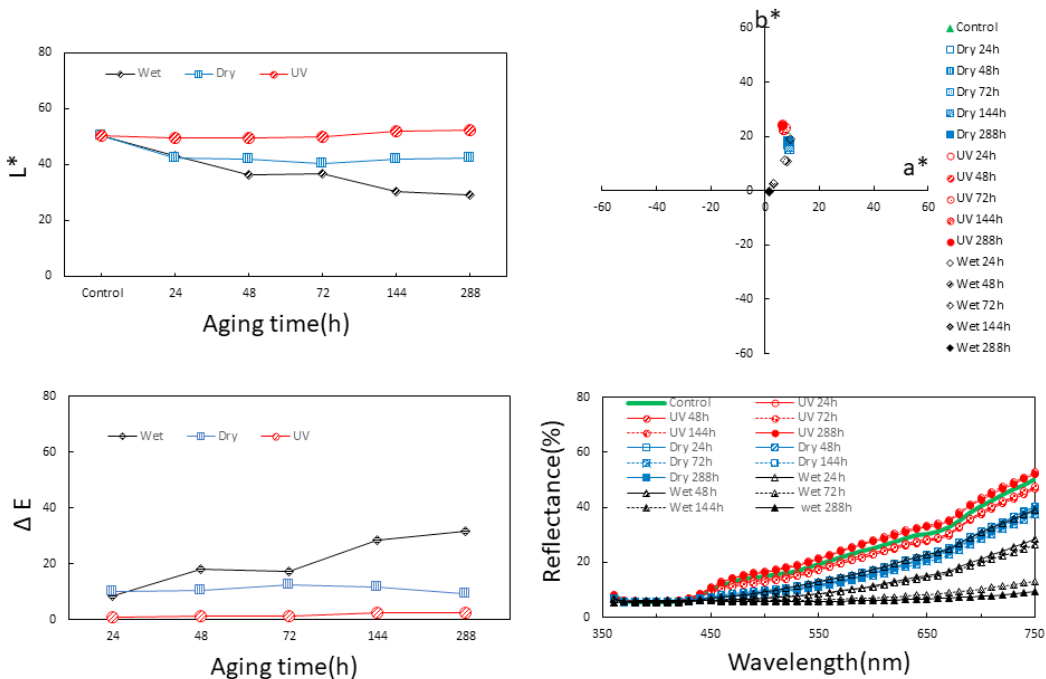


Fig. 2. Color fastness and reflectance spectra of *S. japonica* dyestuff powder by accelerated aging.

3.2 대항 분말 염료의 색상 견뢰도

광열화, 건식열화, 습식열화 처리한 대항 분말 염료 시료를 펠릿으로 제작하여 색상변화와 열화 특성을 분석한 결과를 Fig. 3과 Table 5에 나타냈다.

열화 전 대항 분말 염료의 색상은 먼셀 표색계의 YR계열로 나타났으며, 건식 및 습식열화 시 288시간까지 YR계열을 유지하였다. 광열화의 경우 48시간까지 R계열로 변화되었다가 72시간 이후부터는 YR계열로 변하는 특징

을 나타냈다.

열화 전 대항 분말 염료의 L*값은 27.41-28.75, a*값은 3.60-5.35, b*값은 1.63-4.51의 범위로 측정되었다. 광열화 시 L*값은 28.18-29.44의 범위로 열화가 진행됨에 따른 변화는 미미하게 나타났다. a*값은 3.22-4.91의 범위로 열화 72시간까지는 감소하였으나 72시간 이후부터는 미미하게 증가하였다. b*값은 1.78-4.23의 범위로 열화 144시간까지 감소하였으나 144시간 이후 증

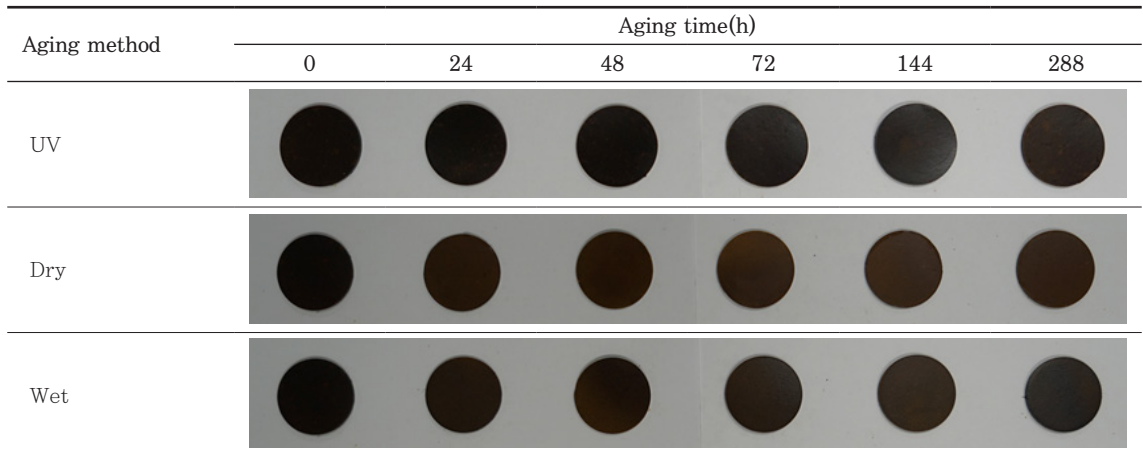


Fig. 3. Color change of *R. undulatum* dyestuff powder by accelerated aging.

Table 5. Color deterioration characteristics of *R. undulatum* dyestuff powder by accelerated aging

Aging method	Aging time(h)	L*	a*	b*	ΔE	Munsell(H V/C)
Control	0	28.19	4.58	3.34	-	1.5YR 2.8/1.0
	24	28.03	3.31	1.78	1.55	9.0R 2.7/0.7
	48	28.04	3.22	1.75	1.59	9.0R 2.7/0.6
	72	28.18	3.81	2.45	0.79	0.5YR 2.8/0.8
	144	28.24	4.07	2.77	1.35	0.9YR 2.8/0.8
	288	29.44	4.91	4.23	2.26	2.7YR 2.9/1.1
Dry	24	35.67	8.42	12.61	12.92	6.3YR 3.5/2.5
	48	34.94	7.78	11.13	11.80	5.9YR 3.4/2.2
	72	34.93	8.13	11.74	12.13	6.0YR 3.4/2.3
	144	34.31	8.25	11.26	11.11	5.5YR 3.4/2.3
	288	34.48	8.10	11.22	11.23	5.6YR 3.4/2.3
	Wet	24	31.99	6.29	6.80	5.05
48		32.15	5.83	7.33	6.68	5.3YR 3.2/1.5
72		33.09	5.51	8.38	7.59	6.9YR 3.3/1.6
144		34.90	5.99	11.04	10.80	8.1YR 3.4/2.0
288		29.10	2.56	2.06	4.85	2.6YR 2.8/0.5

가하여 황색도가 증가하는 경향을 나타냈다.

건식열화 시 L^* 값은 34.31-35.67, a^* 값은 7.78-8.42, b^* 값은 11.22-12.61의 범위로 측정되었으며, L^* , a^* , b^* 값 모두 열화 전보다 소폭 증가하였으나, 열화시간에 따른 변화는 미미하였다.

습식열화 시 L^* 값은 29.10-34.90, a^* 값은 2.56-6.29, b^* 값은 2.06-11.04의 범위로 측정되었다. L^* , a^* , b^* 값 모두 열화 144시간까지는 증가하였으나 144시간 이후부터는 감소하여 짙은 갈색으로 변하였다. 대항 분말 염료는 축진열화 종류 및 열화시간 증가에 따른 색상변화는 미미한 것으로 나타났다.

열화 처리가 색상 견뢰도 및 반사율 변화에 미치는 영향을 분석한 결과를 Fig. 4에 나타냈다.

축진열화 처리에 의한 대항 분말 염료의 색상 견뢰도는 광열화에서 가장 우수하였다. 광열화 시간 증가에 따른 색상 및 색차의 변화는 미미하였으며 열화 전 시료와 유사한 반사율을 나타냈다. 건식열화 시의 색상 견뢰도가 가장 불량한 것으로 나타났으나 열화시간 증가에 따른 색상과 색차 및 반사율의 변화는 미미하였다. 습식열화 시 열화시간 증가에 따른 색상 견뢰도는 광열화 및 건식 열화와 유사한 경향을 나타냈다. 대항 분말 염료의 색상

견뢰도는 괴화, 치자, 황벽의 분말 염료에 비해 우수하였으나 건식열화에서 가장 불량한 것으로 나타나 습식열화에서 가장 불량한 경향을 나타낸 다른 분말 염료와는 차이를 나타냈다.

3.3 치자 분말 염료의 색상 견뢰도

치자 분말 염료 시료를 광열화, 건식열화, 습식열화 처리하여 펠릿으로 제작하고 색상변화와 열화 특성을 분석한 결과를 Fig. 5과 Table 6에 나타냈다.

치자 분말 염료의 열화 전 색상은 먼셀 표색계의 YR계열로 나타났으며, 광열화 및 습식열화 시 288시간까지 YR계열을 유지하였다. 습식열화의 경우 색상변화가 심하여 72시간까지 YR계열을 유지하였으나 144시간 열화 처리 시 R계열, 이후 288시간 열화처리 시 B계열로 변하는 특징을 나타냈다.

열화 전 치자 분말 염료의 L^* 값은 49.02-52.22의 범위, a^* 값은 33.96-34.32, b^* 값은 41.86-48.19의 범위로 측정되었다. 광열화 시 L^* 값은 39.21-54.34의 범위로 열화가 진행됨에 따라 72시간까지는 감소하였다가 이후 증가하는 경향을 나타냈다. a^* 값은 15.40-33.47의 범위로 열화 48시간까지는 감소하였으나 이후부터는 증가하

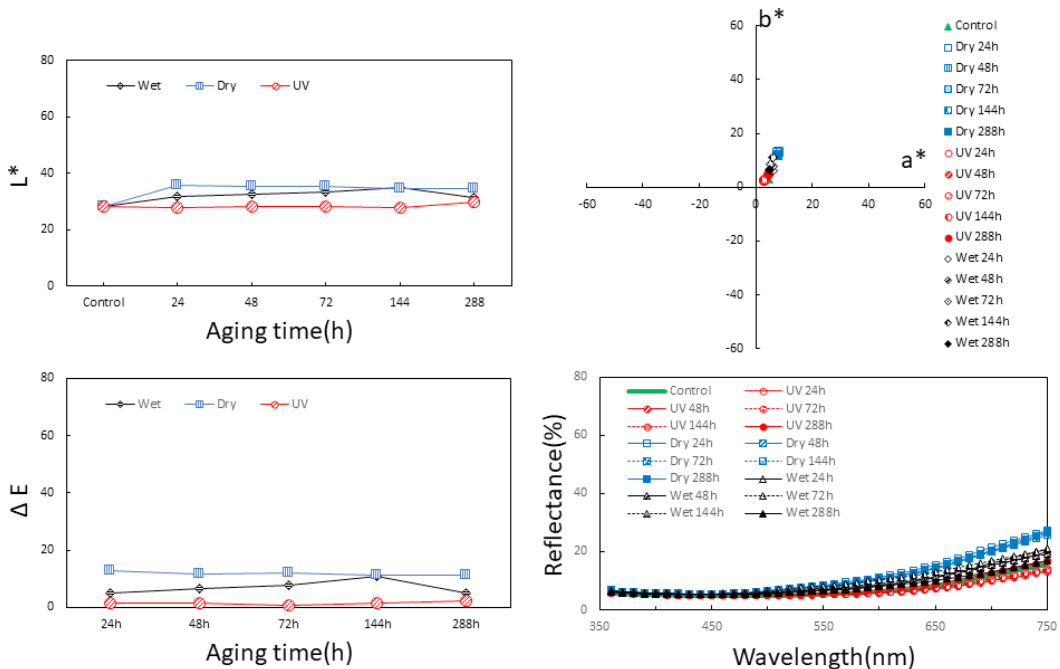


Fig. 4. Color fastness and reflectance spectra of *R. undulatum* dyestuff powder by accelerated aging.

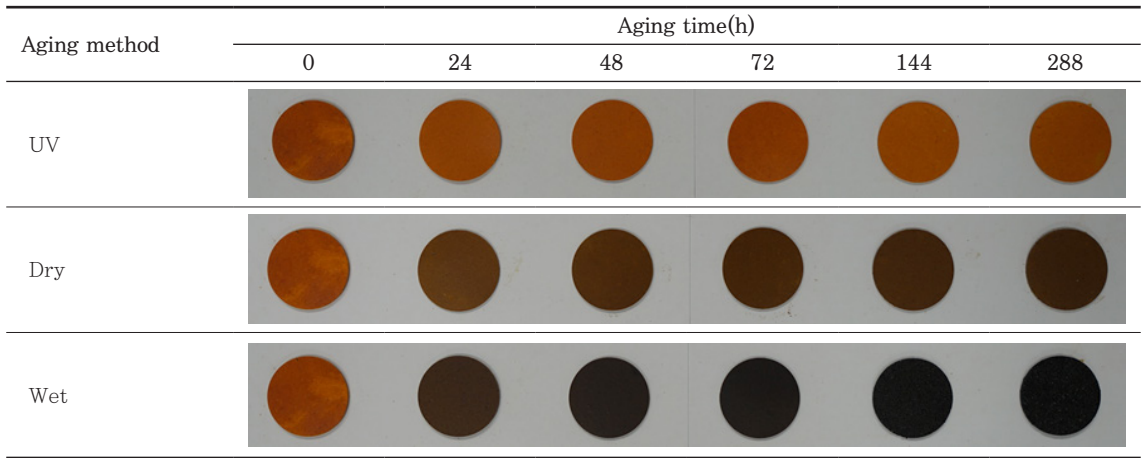


Fig. 5. Color change of *G. jasminoides* dyestuff powder by accelerated aging.

Table 6. Color deterioration characteristics of *G. jasminoides* dyestuff powder by accelerated aging

Aging method	Aging time(h)	L*	a*	b*	ΔE	Munsell(H V/C)
Control	0	50.27	34.05	44.17	-	3.0YR 5.0/9.8
	24	41.61	18.19	28.95	4.29	5.9YR 4.1/5.7
	48	39.21	15.40	23.83	2.53	5.9YR 3.9/4.7
	72	49.33	33.47	43.05	1.29	3.0YR 4.9/9.6
	144	54.34	32.57	51.42	6.72	4.5YR 5.4/10.5
	288	53.59	31.66	50.33	6.01	4.7YR 5.4/10.2
UV	24	41.61	18.19	28.95	24.59	5.9YR 4.1/5.7
	48	39.48	15.55	24.35	30.65	6.0YR 3.9/4.8
	72	38.54	14.40	22.39	32.61	6.0YR 3.8/4.4
	144	37.78	13.90	20.57	34.27	5.6YR 3.7/4.1
	288	37.50	13.54	19.70	35.26	5.4YR 3.7/4.0
Dry	24	33.33	10.94	15.12	42.26	5.7YR 3.3/3.1
	48	28.21	4.93	5.60	54.11	4.9YR 2.8/1.3
	72	26.55	2.89	2.63	58.13	3.6YR 2.6/0.7
	144	22.98	1.26	0.68	61.80	9.9R 2.2/0.3
	288	22.38	0.51	0.06	63.16	1.0B 2.2/0.1
Wet	24	33.33	10.94	15.12	42.26	5.7YR 3.3/3.1
	48	28.21	4.93	5.60	54.11	4.9YR 2.8/1.3
	72	26.55	2.89	2.63	58.13	3.6YR 2.6/0.7
	144	22.98	1.26	0.68	61.80	9.9R 2.2/0.3
	288	22.38	0.51	0.06	63.16	1.0B 2.2/0.1

여 적색도가 증가하는 경향을 보였다. b*값은 23.83-51.43의 범위로 열화 48시간까지는 감소하였으나 이후 증가하여 황색도가 증가하는 경향을 나타냈다.

건식열화 시 L*값은 37.5-41.61, a*값은 13.54-18.19, b*값은 19.70-28.95의 범위로 측정되었으며, L*, a*, b*값 모두 열화 전보다 감소하였으며, 열화시간이 증가함에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 백색 및

황색 성분이 감소되고 적변이 발생하였다.

습식열화 시 L*값은 22.38-33.33, a*값은 0.51-10.94, b*값은 0.06-15.12의 범위로 측정되었다. L*, a*, b*값 모두 열화 288시간까지 열화시간이 증가함에 따라 지속적으로 감소하였으며, 특히 a*, b*값이 크게 감소하는 경향을 나타냈다. 치자 분말 염료는 건식열화에 비해 습식열화의 색상변화가 크게 나타났으며, 습식열화 144

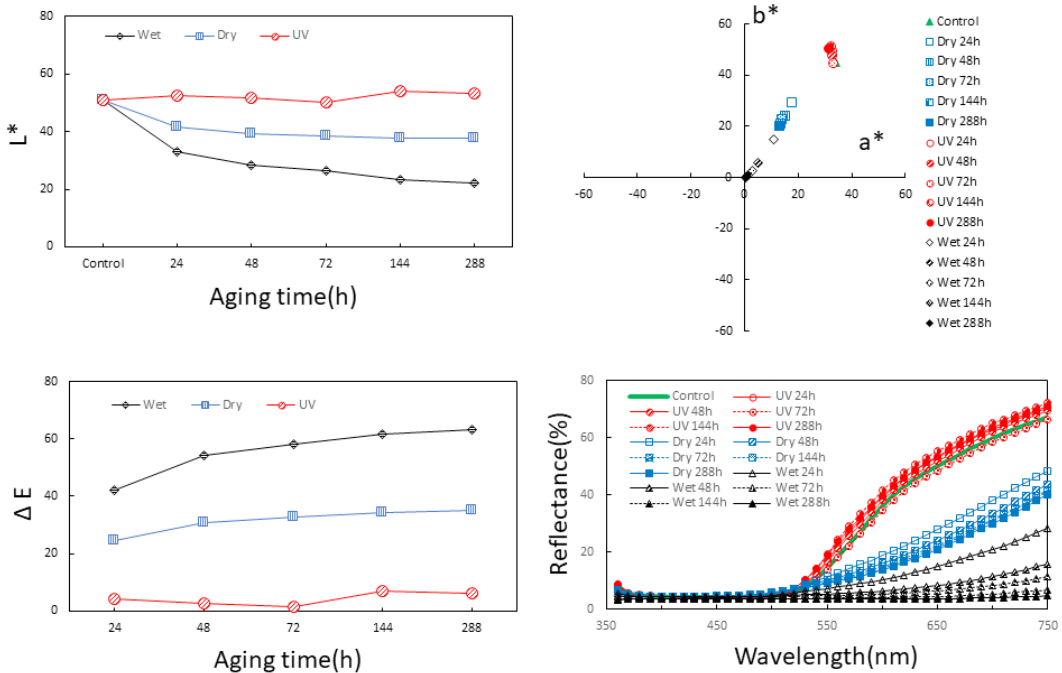


Fig. 6. Color fastness and reflectance spectra of *G. jasminoides* dyestuff powder by accelerated aging.

시간 이후 황색도와 적색도 모두 큰 폭으로 감소하여 청색계열로 변색되었다.

치자 분말 염료 시료의 열화 처리가 색상 견뢰도 및 반사율 변화에 미치는 영향을 분석한 결과를 Fig. 6에 나타냈다.

촉진열화 처리에 의한 치자 분말 염료의 색상 견뢰도는 광열화에서 가장 우수하였다. 광열화 시간 증가에 따른 색상 및 색차의 변화는 미미하였으며 열화 전 시료와 유사한 반사율을 나타냈다. 습식열화 시의 색상 견뢰도가 가장 불량한 것으로 나타났으며, 열화시간이 증가함에 따라 지속적으로 색차가 증가하는 경향을, 색상 값 및 반사율은 감소하는 경향을 나타냈다. 건식열화 시 색상 견뢰도와 색상 및 반사율 변화 특성은 습식열화와 유사한 경향을 나타냈으나 변화 정도는 광열화와 습식열화의 중간을 나타냈다.

3.4 황벽 분말 염료의 색상 견뢰도

황벽 분말 염료 시료를 광열화, 건식열화, 습식열화 처리하여 펠릿으로 제작, 색상변화 및 열화 특성을 분석한 결과를 Fig. 7과 Table 7에 나타냈다.

열화 전 황벽 분말 염료의 색상은 먼셀 표색계의 Y계열을 나타냈다. 광열화의 경우 288시간까지 Y계열을 나타내지만, 건식 및 습식열화에서는 288시간까지 YR계열을 유지하였다.

열화처리 전 황벽 분말 염료의 L^* 값은 58.15-61.81, a^* 값은 4.82-5.42, b^* 값은 41.43-45.76의 범위로 측정되었다. 광열화 시 L^* 값은 57.42-60.74의 범위로 열화처리에 따른 감소는 미미하였다. 열화시간이 증가함에 따라 a^* 값은 4.57-5.81의 범위로 적색도가 증가하였고, b^* 값은 43.64 - 44.56의 범위로 황색도가 감소하는 경향을 나타냈다.

건식열화 시 L^* 값은 44.17-53.57, a^* 값은 12.6-13.35, b^* 값은 28.38-35.05의 범위로 측정되었다. 열화시간이 증가함에 따라 L^* 값과 b^* 값이 감소하였으며, 특히 b^* 값의 감소가 크게 나타나 황색도의 감소가 컸던 반면, a^* 값은 크게 증가하여 적색도가 증가하였다.

습식열화 시 L^* 값은 32.81-41.62, a^* 값은 8.14-11.59, b^* 값은 8.83-22.83의 범위로 측정되었다. 열화시간이 증가함에 따라 a^* 값이 증가하여 적색도는 증가한 반면, L^* 값과 b^* 값이 크게 감소하여 명도와 황색도의 감소가 크게 나타났다. 황벽 분말 염료는 광열화에 의한 색상변

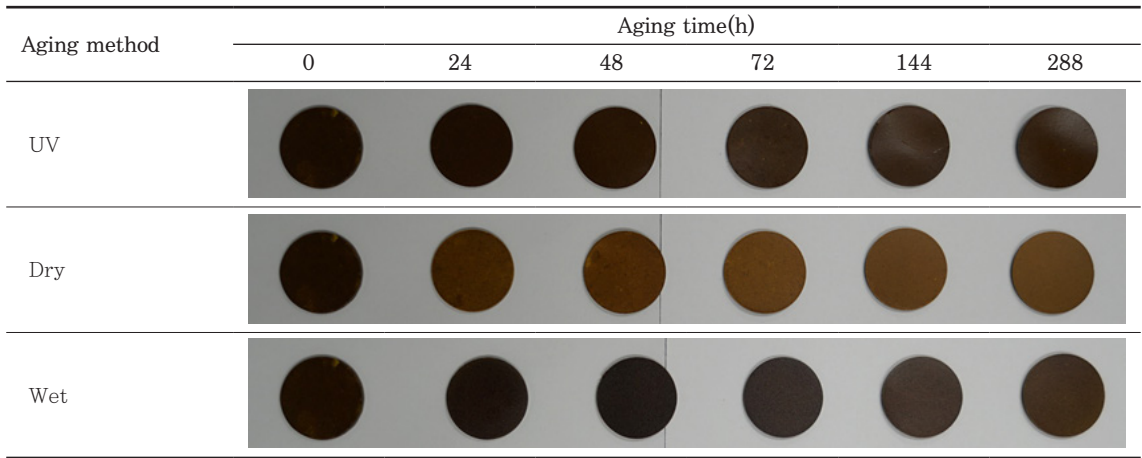


Fig. 7. Color change of *P. amurense* dyestuff powder by accelerated aging.

Table 7. Color deterioration characteristics of *P. amurense* dyestuff powder by accelerated aging

Aging method	Aging time(h)	L*	a*	b*	ΔE	Munsell(H V/C)
Control	0	61.01	4.99	45.00	-	3.7Y 5.9/6.4
	24	60.26	4.57	43.64	1.61	3.8Y 5.9/6.3
	48	60.39	5.04	44.56	0.76	3.9Y 6.0/6.5
	72	60.74	4.81	44.15	0.91	3.9Y 6.0/6.4
	144	57.42	5.99	42.24	4.64	3.4Y 5.7/6.3
	288	59.80	5.53	44.51	1.41	3.6Y 6.0/6.5
UV	24	53.57	12.06	35.05	14.29	9.5YR 5.3/5.8
	48	50.34	12.90	29.75	20.22	8.2YR 5.0/5.2
	72	49.10	13.35	28.38	22.09	7.7YR 4.8/5.1
	144	45.20	12.66	23.46	27.80	7.0YR 4.5/4.5
	288	44.17	11.89	21.57	29.67	6.9YR 4.4/4.1
	Dry	24	41.62	11.59	22.83	30.18
48		35.78	9.87	13.34	40.78	4.2YR 3.2/1.9
72		32.81	8.14	8.83	45.97	3.9YR 3.3/2.1
144		35.46	9.76	12.92	41.29	5.0YR 3.5/2.6
288		39.97	9.58	18.84	33.88	7.5YR 3.8/3.1
Wet		24	41.62	11.59	22.83	30.18
	48	35.78	9.87	13.34	40.78	4.2YR 3.2/1.9
	72	32.81	8.14	8.83	45.97	3.9YR 3.3/2.1
	144	35.46	9.76	12.92	41.29	5.0YR 3.5/2.6
	288	39.97	9.58	18.84	33.88	7.5YR 3.8/3.1

화는 미미한 반면, 건식 및 습식열화에 의한 색상변화가 매우 큰 것으로 나타났다.

황벽 분말 염료의 열화 처리가 색상 견뢰도 및 반사율 변화에 미치는 영향을 분석한 결과를 Fig. 8에 나타냈다.

축진열화 처리에 의한 황벽 분말 염료의 색상 견뢰도는 광열화 시 반사율, 색상 및 색차의 변화가 열화 전 시료와 유사한 값을 나타내어 가장 우수한 것으로 나타났다. 습식열화 시의 색상 견뢰도가 가장 불량한 것으로 나타

났으며, 열화시간이 증가함에 따라 색차가 증가했다가 감소하는 경향을, 색상 값 및 반사율은 감소하는 경향을 나타냈다. 건식열화 시 색상 견뢰도와 색상 및 반사율 변화 특성은 열화시간이 증가함에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 나타냈으나 변화 정도는 습식열화보다 작게 나타났다.

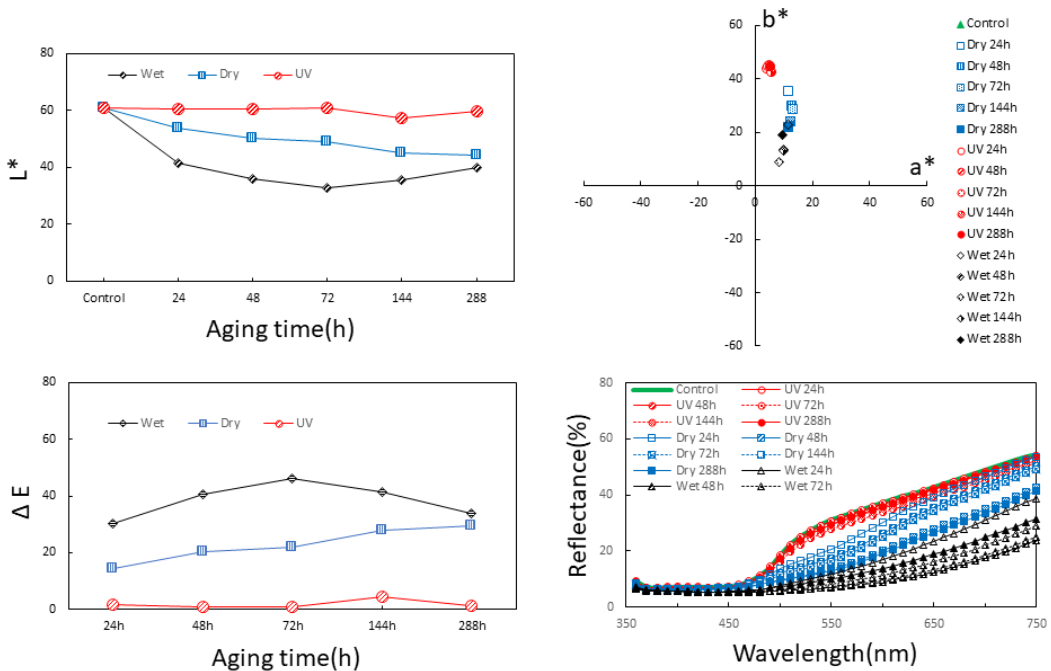


Fig. 8. Color fastness and reflectance spectra of P. amurensis dyestuff powder by accelerated aging.

4. 결론

전통적으로 많이 사용된 황색계 염료 중 괴화, 대황, 치자, 황벽을 선정하여, 염료를 추출한 후 분말 시료를 제조하여 축진열화 처리 후 펠릿으로 만들어 색상견뢰도를 분석한 결과는 다음과 같다.

열화방법에 따른 색상 견뢰도 및 열화 안정성을 평가한 결과 괴화, 대황, 치자, 황벽 염료 모두 광열화에 대해 매우 우수한 색상 견뢰도 및 안정성을 나타내는 것으로 평가되었다. 습식열화 시 대황을 제외한 괴화, 치자, 황벽 염료 모두 색상 견뢰도 및 열화 안정성이 가장 불량한 것으로 평가되었다. 건식열화 시의 색상 견뢰도 및 열화 안정성은 괴화, 치자, 황벽 염료의 경우 광열화보다 불량하지만 습식열화보다는 우수한 것으로 평가되었으며, 대황은 습식열화보다 불량한 것으로 평가되었으나 그 차이는 크지 않았다. 특히 치자의 색상 견뢰도 및 열화 안정성이 매우 불량한 것으로 평가되었다. 이러한 결과들로 볼 때 황색계 염료의 열화는 수분이 중요한 인자로 작용하는 것으로 판단된다.

염료의 종류별 색상 견뢰도 및 열화 안정성을 평가한 결과, 대황이 가장 우수하였으며, 괴화, 황벽, 치자의 순

으로 나타났다.

열화처리에 따른 색상변화 분석결과, 대황은 a^* 값 및 b^* 값이 증가하여 적색 및 황색도가 증가하는 반면, 괴화와 치자는 a^* 값 및 b^* 값이 감소하여 적색 및 황색도가 감소하는 경향을 나타냈다. 황벽의 경우는 a^* 값이 증가하고 b^* 값이 감소하여 적색도는 증가하고 황색도가 감소하는 경향을 나타냈다.

사사

본 연구는 문화재청 및 국립문화재연구원의 문화유산 스마트 보존·활용 기술 개발 사업(유기색료의 in-situ 분석·진단·열화 예측 기술개발)의 일환으로 수행되었습니다. (과제번호 2022A01D02-001)

Literature Cited

1. Chu, Y. J. and Soh, H. O., The study on the mordanting and dyeing properties of Sophora

- Japonica L., Journal of the Korean Society of Costume 52(3):19-27 (2002).
2. Cho, M. S., Analysis of the trend of natural dyeing, Graduate School of Ewha Womans University Seoul, Korea (2003).
 3. Kim, S. Y., Natural dyeing of silk fabric with Rheum undulatum L., Fashion & Text. Res. J. 13(3):432-437 (2011).
 4. Chung, J. M., Kim, J. W., and Baek, J. H., Dye plants and traditional dyeing in Koea, Korea National Arboretum (2021).
 5. Kim, J. H., A study on the cultivation of plant dyestuffs and the making of dyeing and textile, Hyosung Women's University Industrial Art Institute, 4:21-147 (1994).
 6. Ahn, C. S., Anaiysis of amur cork tree extract and dyed silk upon thermal degradation treatment, Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles 35(10):1228-1241 (2011).