

전통 염색 재료를 활용한 기능성 종이 연구

이선조* | 이혜윤* | 조경실** | 정용재*¹

*한국전통문화학교 보존과학과, **한국전통문화학교 전통문화연수원

Research on Functional Paper by using Traditional Dyestuffs

Sun-Jo Yi* | Hye-Yoon Lee* | Kyoung-Sil Cho** | Yong-Jae Chung*¹

*Conservation Science Department, The Korean National University of Cultural Heritage, Buyeogun, 328-812, Korea

**Training Center for Traditional Culture, The Korean National University of Cultural Heritage,
Buyeogun, 328-812, Korea

¹Corresponding Author: iamchung@nuch.ac.kr, +82-41-830-7365

초록 전통 천연 염색지를 이용한 보존·보관용 재료 개발을 위하여 전통적으로 사용되어온 15종의 염제에서 염료를 추출하여 세균 3종과 진균 2종에 대하여 paper disk 방법으로 항균성을 조사하였다. 동일한 방법으로 매염제 3종을 평가하고, 매염제와 염제 추출물을 혼합하여 항균성을 조사하였다. 위 결과로부터 항균성이 우수한 9종의 염료를 매염제와 혼합하여 염색지를 제작하였다. 염색지 중 안개나무, 황련, 황벽, 오배자 신나무 복합매염지에서 진균에 대한 항균성이 확인되었으며, 흰개미를 이용한 방충력 실험에서는 황련, 황벽 염색지에서 방충력이 확인되었다. 또한 염색지를 이용하여 금속과 같은 타재질에 미치는 영향을 확인한 결과, 황련이 상대적으로 안정적이었다. 그리고 안개나무, 황련, 황벽 3종의 염색지에서 유해가스 제거능력이 확인되었다. 이러한 염색지를 활용하여 문화재 보존용 보관상자로 제작할 경우 다양한 유기물 문화재의 생물피해 방제에 사용이 가능할 뿐만 아니라 다양한 공간에서 기능성 마감재로서의 활용성이 기대된다.

중심어: 전통염색지, 염제 추출물, 매염제, 항균활성, 재질안정성평가, 기능성 종이

ABSTRACT Dyestuffs extracted from fifteen kinds of natural dyeing materials were researched on their antimicrobial performance against 3 kinds of bacteria and 2 kinds of fungi in order to develop conservation/storage materials of traditional and natural dyed papers. The three types of mordants were evaluated by using the same method and then mixed with the dyestuffs to research their antimicrobial performance. With those results, dyed paper was made by mixing mordants with 9 kinds of dyestuffs with excellent antimicrobial performance. Among the dyed papers, *Cotinus coggygria*, *Coptis chinensis*, *Phellodendri amurense*, *Rhus javanica* and *Acer ginnala* multiple mordant papers were found to have an antibacterial quality against fungi, while, in the insect repellent experiment using termites, *Coptis chinensis* and *Phellodendri amurense* dyed papers were found to have insect repellent qualities. Also, with regard to the research result about the affect of dyeing paper on other materials like metal, *Coptis chinensis* have relatively stable qualities. Also, the three types of dyed paper by *Cotinus coggygria*, *Coptis chinensis* and *Phellodendri amurense*, were found to have a tendency to remove harmful gases. Not only can these dyed papers be used for making storage box for cultural properties to prevent various organic artifacts from bio-damaging, but they can also be utilized as functional finishing materials in various spaces.

Key Words: Traditional dye paper, Dyestuffs, Mordant, Antimicrobial activity, Oddy test, Functional paper

1. 서 론

예로부터 주변에서 이용하는 자연재료를 활용하여 염색하는 것을 천연염색이라고 한다. 19세기 이후 화학염료가 개발되자 제한적인 원료 채취, 복잡한 추출 과정 및 염색 방법, 많은 노동력 등의 문제점으로 인해 점차적으로 천연 염색을 이용한 방법이 감소하게 되었다.¹ 하지만 최근 환경과 건강에 대한 관심이 증대되면서 화학염료보다, 자연에서 얻은 재료로 만든 천연염색에 대한 관심이 높아지게 되었다. 또한 천연염색 방법의 규명, 색상의 발현 및 공예품의 색상 개발 등 천연염색에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다.^{2,3,4} 천연 염색에서 사용하는 염재는 주로 한약재이고 이 추출물은 인체에 저독성이며, 알레르기 반응도 적고, 아토피 피부염을 예방하는 효과가 있다.⁵ 이러한 염재는 천연자원 개발의 측면에서 생리활성 물질 탐색 및 기능성에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 그 추출물을 활용하여 질병 치료, 생활 건강, 식품 보존 및 보관, 농산물 방제, 유기물 문화재 보존에 대한 활용 연구가 진행 중이다. 동시에 천연 휘발성물질 또는 화학물질이 문화재의 재질에 미치는 영향에 대한 연구도 진행되고 있다.^{6,7,8,9,10,11} 또한 염색의 기재인 한지는 전통 재료로서 포장지, 벽지, 기능성 종이 등에 대한 연구와 개발이 이루어지고 있다. 또한 인체에 유해한 VOCs 제거 기능, 통풍기능, 차광기능, 시멘트 및 페인트 독성 제거 기능, 세균 및 곰팡이 방지기능으로 건물이나 벽지 및 바닥재, 항공기와 같은 마감재로의 기능성 탐색 및 특성 규명이 이루어지고 있다.^{12,13} 본 연구는 15종의 염색 재료에서 염료 성분을 추출하여, 세균에 대한 항균성을 확인하였고, 염색 시

사용한 매염제에 대해서도 동일한 평가를 실시한 후, 각각의 결과를 종합하여 염색지를 제작하였다. 제조된 염색지의 항균력 및 방충력 등의 생물방제기능, 유해가스 제거기능, 전자파 차폐기능을 조사하였다. 아울러 타 문화재 재질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 재질안정성평가(Oddy test)를 실시하여, 이들 결과로부터 기능성 종이, 마감재 또는 문화재 보존용 재료로서 염색지의 적용 가능성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

2.1.1. 시 료

천연염색 재료의 기능성 평가를 위하여 전통적으로 사용된, 괴화(Pagoda tree flower : *Sophora japonica*), 꼭두서니(Madder : *Rubia akane*), 도토리각정어(Oriental chestnut acorn cup : *Quercus acutissima*), 밤껍질(Chestnut : *Castanea crenata*), 소목(Sappan wood : *Caesalpinia sappian*), 신나무잎(Amur maple : *Acer ginnala*), 안개나무(Smoke Tree : *Cotinus coggygria*), 오리나무열매(Japanese alder : *Alnus japonica*), 오배자 (Gallnut : *Rhus javanica*), 자초(Gromwell : *Lithospermum erythorhizon*), 청대(Polygonum indigo plant : *Persicaria tinctoria*), 치자(Gardenia : *Gardenia jasminoides*), 홍화(Safflower : *Carthamus tinctorius*), 황련(Goldthread : *Coptis chinensis*), 황벽 (Amur cork tree : *Phellodendri amurense*) 15종의 염재를 한약재 상에서 구입하였다. 염료의 추출은 분쇄한 염재 500 g을 순환식 무압력 추출기에 증류수 5 L와 함께 넣고 100℃에서 1시간 동안 추출하였다. 동일한 방법으로 1회 추가 추출하여, 추출한 염액을 혼합하여 교반한 후 총액 10 L를 만들었다. 추출한 염료는 감압회전농축기(EYELA NE2001, Japan)로 농축한 다음 동결건조기(EYELA, FD-5N, Japan)를 이용 염료 분말을 제조하였다. 매염제는 명반[$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$], 초산동[$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$], 염화제2철[$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$]의 0.5% 수용액을 제조하여 사용하였다.

2.1.2. 공시 균주 및 곤충

실험에 사용한 균주 중 그람 양성균 2종은 한국원자력연구소(KAERI)에서, 그람 음성균은 1종은 한국생명공학연구원 미생물자원센터(KCTC)에서, 부후균 2종은 한국농업미생물자원센터(KACC)에서, 부후균 1종은 전남대학교 목재실험실(JNUi)에서 각각 분양받아 사용하였다. 공시충인

Table 1. List of microorganisms and insects used for testing.

Species		Source of supply
Bacteria	Gram +	<i>Bacillus cereus</i> KAERI
		<i>Staphylococcus aureus</i>
	Gram -	<i>Escherichia coli</i> KCTC 1039
Fungi	Mold	<i>Aspergillus niger</i> KACC 43547
		<i>Penicillium chrysogenum</i> KACC 42216
		<i>Trichoderma viride</i> JNUi
		<i>Reticulitermes speratus</i> NUCH
Insect		<i>Sitophilus oryzae</i> NRICH
		<i>Lasioderma serricorne</i> NRICH

Table 2. Dyed Korean paper(Hanji) by dipping method.

No.	Dyeing methods	
	Dyestuff	Mordant
Cont	-	
M-Al	-	Alum
M-Cu	-	Cu
M-Fe	-	Fe
O-No	Oriental chestnut acorn cup	None
S-Al		Alum
SW-Cu	Sappan wood	Cu
SW-Fe		Fe
ST-No		
ST-Al		Alum
ST-Cu	Smoke Tree	Cu
ST-Fe		Fe
G-No	Gallnut	
GA-CF	Gallnut + Amur maple	Cu + Fe
GW-Al		Alum
GW-Cu	Gromwell	Cu
GW-Fe		Fe
GT-No		
GT-Al		Alum
GT-Cu	Goldthread	Cu
AT-Fe		Fe
AT-No		
AT-Al		Alum
AT-Cu	Amur cork tree	Cu
AT-Fe		Fe

흰개미는 한국전통문화학교(NUCH) 주변 야산에서 직접 채취하였으며, 쌀바구미와 권련벌레는 국립문화재연구소(NRICH)에서 각각 분양받아 실험에 사용하였다(Table 1).

2.1.3. 염색지 제작

추출물 15종 중 항균성이 확인된 도토리 껍질이, 밤껍질, 소목, 오배자, 안개나무, 황련, 황벽과 명반, 초산동, 염화제 2철 매염제를 이용하여 경북 안동에서 국산 닥백피로 쌍발 초치된 한지를 사용하여 염색지를 제작하였다(Table 2).

2.1.4. 재질안정성평가

염색지가 다른 재질에 미치는 영향을 알아보기 위해서 구리(Cu, 99.8%), 은(Ag, 99.8%), 철(Fe, 99.8%), 납(Pb, 99.8%) 금속시편을 20×20mm 크기로 절단하여 사용하였다. 실험에 사용한 염색지는 Table 2와 같다.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 배지 내 항균 활성 평가

세균에 대한 항균력 평가용 배지의 조제는 NA(Nutrient Agar)배지를 가압멸균장치에서 120℃로 멸균 후, petri dish (φ100mm)에 약 15 mL씩 부어서 굳혔다. 그리고 15종의 염채추출물을 증류수를 용매로 40 mg/mL로 용해 후 paper disk(Toyo, φ8 mm)에 50 μl를 흡수시킨 후 공기균을 도말한 NA배지 위에 올려놓은 다음 밀봉하였다. 그리고 36℃에서 24시간 배양 후 paper disc에 의한 한천배지 확산법으로 생육 저해환을 측정하였다.

진균에 대한 항균력 평가는 위와 같은 방법으로 조제한 PDA(potato dextrose agar)배지 위에 15종의 염채 추출물을 증류수를 용매로 하여 100 mg/mL로 용해하였다. paper disk (Toyo, φ8 mm)에 100 μl를 흡수시킨 후 진균을 도말한 PDA배지 위에 올려놓은 다음 밀봉하였다. 그리고 28℃에서 72시간 배양한 후 디스크 상의 활성을 확인하였다. (단 청대는 용해되지 않아 희석하여 사용) 또한 동일한 방법으로 3종의 매염제에 대해서도 세균과 진균에 대한 항균활성을 평가하였다.

2.2.2. 염색지 생리 활성 평가

항균성이 확인된 염료와 매염제를 이용하여 제작한 염색지 중에서 소목, 알루미늄 매염(SW-Al), 안개나무 알루미늄 매염(ST-Al), 안개나무 구리매염(ST-Cu), 안개나무 철매염(ST-Fe), 오배자 구리매염, 신나무잎 철매염(GA-CF), 황련 무매염(GT-No), 황련 구리매염(GT-Cu), 황벽 무매염(AT-No), 황벽 구리매염(AT-Cu)을 선택하였다.

진균류 중 *A. niger*, *P. chrysogenum*, *T. viride*를 50 μl씩 30×30 mm로 제조한 염색지 위에 분주하고 건조시켰다. 멸균한 Agar배지(Petri dish, φ60 mm)에 플라스틱 대를 놓고 건조시킨 염색지를 두고 밀봉시킨 후, 28℃에서 7일간 배양한 후 염색지의 항균성을 확인 하였다.

2.2.3. 방충력 평가

추출물 15종 중 항균성이 확인된 7종 염료(도토리껍질이, 소목, 안개나무, 오배자, 자초, 황련, 황벽)와 매염제 3종을 이용하여 침지법으로 염색한 한지로 실험하였다.

염색지 19종을 petri dish(φ100 mm)바닥에 반을 잘라 넣고, 나머지 반을 대조군 한지를 잘라 넣었다. 다음 일정한 수분을 분주한 다음 흰개미 30마리를 넣고 밀봉한 후, 시간을 두고 흰개미에 대한 섭식과 선호도를 확인하였다. 다음

흰개미가 선호하지 않는 염색지를 Petri dish(φ100 mm)에 맞추어 등글게 재단하고 흰개미 100마리를 넣고 밀봉한 후, 시간을 두고 흰개미의 사충수를 관찰 하였다.

2.2.4. 염색지 재질 안정성 평가

50 mL 광구 투명 바이알 표면을 모두 감싸는 크기를 계산하여 20×20 mm 크기로 제조된 염색지를 25매를 담고 5 mL 투명 바이알에 증류수로 채운 후 20×20 mm의 규격으로 절단하여 전처리한 금속시편을 넣고 밀봉하였다. 60℃ 항온 항습기 내에서 3주간 관찰 후 실험 전·후의 금속시편의 변화를 비교하고 육안관찰과 금속현미경(NIKON JP/EPIPHOT200) 관찰, 색도변화(색도계 BYK Gardner/A-6800, Germany), 중량변화(분석용 저울, SATORIOU DE/CP-224s)를 측정하였다. 색도 변화는 색차계를 이용하여 실험 전후의 색차 계산을 통해 평가하였다(Table 3). 이 때 색차계를 이용하여 3회씩 L^* , a^* , b^* 를 측정하고 다음 식을 이용하여 색차 ΔE^* 를 계산하였다.

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

2.2.5. 염색지 기능성 탐색

3종의 기능성 염색지(안개나무 명반 매염, 황련 구리 매염, 황벽 구리매염)에 대하여 유해가스 탈취율은 KS M 0062 규격에 의거하여 검지관식 가스측정 방식으로 한국 생활환경시험연구원에 의뢰하여 실시하였다. 5L 용량의 용기에 20×20 cm의 크기로 제조한 염색지와 50 ppm의 포름알데히드 가스를 주입하여, 30분, 60분, 90분, 120분에 달한 시점에 내부의 포름알데히드가스의 농도 변화 양상을 살펴보았다.

전자파 차폐성능은 ASTM D 4935-99 규격을 적용하여 전자파 차폐성능측정시스템으로 30 - 1,000 MHz의 파장범위에서 측정하였다. 이는 전파연구소 이천분소에 의뢰하여 실시되었으며 측정의 환경조건은 온도 20℃, 습도 45%이며, 측정 장비는 네트워크분석기(ZVR : 9 kHz~4 GHz), 감쇠

기(8491B : DC~18 GHz), Coaxial Transmission - Line Holder가 사용되었다.

2.2.6. 생리활성 물질 탐색

생리활성이 가장 뛰어나게 나온 황련추출물의 항균활성을 담당하는 물질을 탐색하기 위하여 Thin Layer Chromatography (이하 TLC)를 실시하였다. Silicagel 60/F254 Fluorescent plate에 추출물을 점적하고 전개용매(n-propanol : formic acid : water = 90 : 1 : 9)를 사용하여 실험하였다. Wavelength 254, 365 nm 자외선램프 아래에서 spot을 확인하고 Rf(Rate of Flow)값을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 염재 추출물과 매염제의 항균력

염재 추출물에 대한 항균력 평가 결과(Table 4), 꼭두서니, 도토리까정이, 밤껍질, 소목, 안개나무, 오배자, 자초, 황련은 *B. cereus*에서 항균성이 나타났고, 특히 소목의 경우 활성이 있는 다른 항균성 염색추출물보다 3배에서 10배까지 항균성이 나타났다. *S. aureus*에 대한 항균성은 꼭두서니, 도토리까정이, 밤껍질, 소목, 안개나무, 오리나무, 오배자, 자초, 황련에서 나타났다. *E. coli*의 경우 꼭두서니, 자초, 치자에서 항균성이 나타났고, 그람 양성균에 비해서 상대적으로 항균성이 적게 나타났다. 매염제의 경우 초산동에서 항균성이 나타났으며, *B. cereus* 1 mm, *S. aureus* 5 mm, *E. coli* 5 mm의 생육 저해율이 생성되었다. 위의 항균성 실험에서 항균성이 우수한 9종의 시료와 매염제를 혼합하여 항균성 실험 결과 *B. cereus*의 경우 초산동과 혼합한 경우 약간의 항균성이 증진되었고, 명반의 첨가 시, 첨가하지 않았을 때와 유사한 결과 값을 얻었다. *E. coli*는 초산동 혼합시에 항균성이 증진된 것을 확인할 수 있었다(Table 5). *A. niger*, *P. chrysojenum*과 같은 진균의 경우 꼭두서니, 황련 추출물을 분주한 paper disk 위에서는 활성을 보이지 않았다. 3종의 매염제 5000 ppm에서는 진균 억제능력이 확인되지 않았다.

3.2. 염색지 항균 및 방충력

진균에 대한 염색지 항균력 평가 결과, 안개나무 명반, 구리, 철매염 염색지와 오배자 신나무 구리, 철 복합매염 염색지는 내수성을 가지고 있어서 진균 3종의 생장이 되지

Table 3. List of color difference.

ΔE^*	Degree of sensory perception
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 ~	Very much

Table 4. Comparison of the inhibition zone(mm) caused of water extracts from various dyes.

No.	Dye sample	<i>B. cereus</i>		<i>S. aureus</i>		<i>E. coli</i>	
		Activity	Clear zone	Activity	Clear zone	Activity	Clear zone
1	Pagoda tree flower						
2	Madder	+	2.5 mm	++	4 mm	-	
3	Oriental chestnut acorn cup	++	3.5 mm	+++	9 mm		
4	Chestnut	+	2 mm	+++	9 mm		
5	Sappan wood	+++	10 mm	+++	20 mm		
6	Amur maple	-	1 mm	+++	6 mm		
7	Smoke Tree	++	4 mm	+++	10 mm		
8	Japanese alder			++	4 mm		
9	Gallnut	+	2.5 mm	+++	7 mm		
10	Gromwell	+	3 mm	++	5 mm	-	
11	Polygonum indigo plant						
12	Gardenia					-	0.5 mm
13	Safflower						
14	Goldthread	-	1 mm	+++	12 mm		
15	Amur cork tree						

Clear zone : - (0~1 mm), + (1~3 mm), ++ (3~5 mm), +++ (5 mm <)

Table 5. Comparison of the inhibition zone(mm) caused by Copper Mordant and various dye extracts.

No.	Dye sample	<i>B. cereus</i>		<i>S. aureus</i>		<i>E. coli</i>	
		Clear zone		Clear zone		Clear zone	
		Dye	Dye & mordant	Dye	Dye & mordant	Dye	Dye & mordant
2	Madder	2.5 mm	5 mm	4 mm	11 mm		5 mm
3	Oriental chestnut acorn cup	3.5 mm	4 mm	9 mm	2 mm		
4	Chestnut	2 mm	2 mm	9 mm			2 mm
5	Sappan wood	10 mm	10mm	20 mm	25 mm		5 mm
7	Smoke Tree	4 mm	6 mm	10 mm	8 mm		3 mm
9	Gallnut	2.5 mm	3 mm	7 mm	2 mm		2 mm
10	Gromwell	3 mm	3 mm	5 mm			5 mm
14	Goldthread		5 mm	12 mm	20 mm		4 mm
15	Amur cork tree	1 mm	3 mm				5 mm

않았으나, 내부의 고습환경에 의해서 젖은 곳에만 성장이 확인되었고, *T. viride* 의 경우 균사체가 염색지 위에서 보다 agar 배지 위에서 성장하는 것을 확인할 수 있었다.

일반적으로 내수성이 없는 대조군과 염색지는 진균의 성장이 관찰되었는데, 도토리 껍질이 염색지와 오배자 염색지, 황벽 염색지는 진균 3종 모두 성장했으며 염색지 표면의 변색을 확인할 수 있었다. 소목 염색지와 자초 염색지는 *A. niger* 가해 시 색소가 분해되는 것을 확인할 수 있으며, 진균 모두가 성장한 것을 확인할 수 있었다. 황련 염색지에도 3종의 진균 성장이 관찰이 되었으나, 진균의 성장속도가 느리며, 염색지의 변색도 거의 발생하지 않아. 항

진균성이 있는 것을 확인할 수 있었다(Figure 1).

염색지 19종에 대한 흰개미의 섭식 기피 확인 결과, 황련 무매염, 황련 구리매염, 황련 명반매염, 황련 철매염, 황벽 무매염, 황벽 구리매염, 황벽 철매염에서 섭식기피를 확인할 수 있었다. 페트리디쉬 전체에 염색지를 넣고 실험한 결과 황련 무매염지, 황련 구리매염지에서는 2주, 황벽 무매염지, 황벽 구리매염지에서는 3주 정도에 흰개미가 모두 사멸하는 것을 확인할 수 있었다(Table 6). 쌀바구미와 권련벌레에 대한 접촉 독성 실험 결과 수용성 추출물에 대해서는 방충력이 나타나지 않았다.

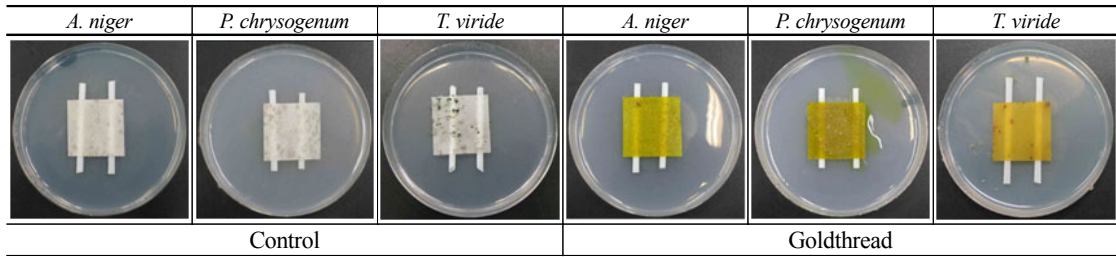


Figure 1. Antifungal of dyed Korean paper(Hanji) by dipping method.

Table 6. Antifeedants of dyed Korean paper(Hanji) on Reticulitermes speratus.

No.	Dyeing Hanji	Mordant	Damage by feeding
Cont	Control		O
O-N	Oriental chestnut acorn cup		O
SW-Al	Sappan wood	Alum	O
SW-Cu		Cu	O
SW-Fe		Fe	O
ST-N	Smoke Tree		O
ST-Al		Alum	O
ST-Cu		Cu	O
ST-Fe		Fe	O
G-N	Gallnut		O
GA-CF	Gallnut + Amur maple	Cu + Fe	O
GW-Al	Gromwell	Alum	O
GT-N	Goldthread		
GT-Al		Alum	△
GT-Cu		Cu	
GT-Fe		Fe	△
AT-N	Amur cork tree		
AT-Al		Alum	△
AT-Cu		Cu	
AT-Fe		Fe	△

3.3. 염색지 안정성 평가

Oddy test 결과, 은(Ag) 시편에서는 오배자 신나무잎 구리 철 복합매염지에 의하여 색이 크게 변색됨을 확인할 수 있었다. 구리(Cu) 시편에서는 대부분의 염색지에 의하여 금속이 전체적으로 붉은 계통으로 색이 변화됨을 확인하였고, 색차 값에서도 L* 값이 크게 변한 것을 확인할 수 있었다. 그중에서도 명반매염지, 구리매염지, 철매염지, 소목 명반 매염지, 안개나무 구리 매염지, 오배자 신나무잎 구리 철 복합 매염지, 황벽 무매염지에서는 부식이 심하게 진행

된 것을 확인할 수 있었다. 그 외 오배자 무매염지, 황련 구리 매염지도 부식이 진행 된 것을 확인할 수 있었다. 철(Fe) 시편은 안개나무 구리매염지, 오배자 신나무잎 구리 철 복합매염지에서 부식이 심하게 진행된 것을 확인할 수 있었고 그 외 소목 명반매염지, 안개나무 철 매염지도 부식이 진행된 것을 관찰할 수 있었다. 납(Pb) 시편에서 전체적으로 시편 색이 크게 변화되지 않음을 확인할 수 있었다. 이상의 결과를 통하여 일반적으로 매염제 처리 시 금속 부식이 더 진행되는 것을 확인하였으며, 상대적으로 소목 명반 매염지, 안개나무 구리 매염지, 오배자 신나무잎 구리 철 복합매염지에서 두드러지게 3종류 금속 시편의 색차 값 크기가 큰 것을 확인할 수 있었다. 이로써 황련지가 상대적으로 안정적이라는 것을 확인할 수 있었다(Figure 2).

3.4. 염색지 기능성 평가

염색지의 포름알데히드 제거 능력은 30분이 지나자 염색지 3종에서는 20 ppm 초반으로 감소하며 약 49%정도 포름알데히드가 흡착된 것을 확인할 수 있었다. 그에 반해서 무염색 한지는 120분이 지나도 가스흡착이 거의 이루어지지 않았다. 이것으로 미루어 볼 때 염색지의 성분이 가스의 흡착이나 제거에 어떠한 영향을 미쳤다고 볼 수 있다(Table 7). 기능성한지 3종의 전자파차폐기능은 30 MHz ~ 1,000 GHz까지의 측정주파수 모두에서 0.0 dB로 차폐기능이 없는 것으로 나타났다. 차후에 전자파 차폐가 필요한 공간이나 소품에는 전자파 차단 무기물 성분(고기능성 탄소소재, 자성소재 무기물)이 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

3.5. 생리활성 물질

생리활성이 가장 뛰어난 황련 추출물을 TLC를 실시하여 항균물질을 탐색 결과, 일반적으로 항균물질로 알려져 있는 berberine chloride와 같은 위치의 Rf값(0.25)을 확인할 수

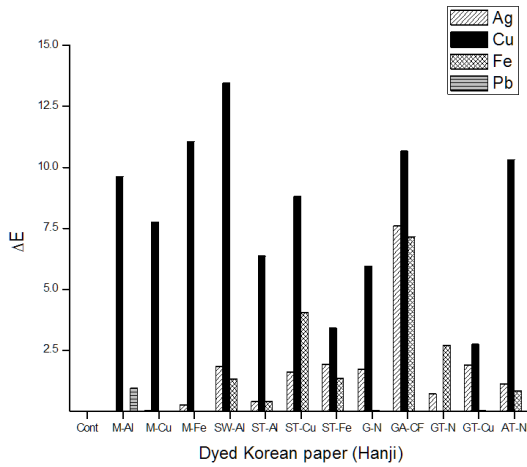


Figure 2. Color difference of four metal samples.

있었다. 그러므로 황련의 항균물질은 berberine chloride라 할 수 있다(Figure 3).

4. 결론

전통적으로 염색에 많이 사용되는 염재 15종의 염료를 추출하여 배지상에서 항균성을 평가하였다. 세균에 대해서는 꼭두서니, 도토리 껍질, 밤껍질, 소목, 안개나무, 오배자, 자초, 황련, 황벽의 항균성을 확인할 수 있었다. 진균에 대해서 꼭두서니, 황련, 황벽의 항균성을 확인할 수 있었다. 그리고 염색에 보조제로 사용되는 매염제 3종의 대한 항균력 평가 결과 copper(II) acetate에서 세균에 대한 항균력이 확인되었고, 일부 염재에서는 억제환의 크기가 커지는 것을 확인할 수 있었다.¹⁴

위의 결과를 통해서 항균성이 큰 8종의 염료를 선택하여 염색지를 제작하고 그 방출성과 항균성을 평가하였다. 먼저 흰개미의 선호도 평가 결과, 황련과 황벽염색지를 선호하지 않는 것이 확인되었고, 황련염색지에서는 2주, 황벽염색지에서는 3주 정도에 흰개미가 모두 사멸한 것을 확

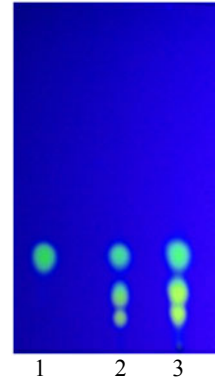


Figure 3. TLC pattern of dye compounds from Goldthread.
 1. Berberine chloride (Sigma-Aldrich CAS 141433-60-5)
 2. Goldthread (EtOH)
 3. Goldthread (Water)

인 할 수 있었다. 진균에 대한 염색지 항균 평가에서는 안개나무 명반매염 구리매염 철매염지와 오배자 신나무잎 복합매염지에서는 종이의 내수성에 의해서 진균의 성장이 억제되는 것을 확인할 수 있었고, 황련염색지에서는 진균의 성장속도가 대조군에 비해 느린 것이 확인되었다. 금속재질 안정성 평가에서도 황련지가 상대적으로 안정적이라는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 포름알데히드와 같은 유해가스를 흡착하여, 실내 공기질 개선에 기여할 수 있을 것이다.²¹ 위 결과를 토대로 황련의 생리활성물질 탐색을 위해 TLC를 실시하였다. TLC를 실시하여 황련에서 대표적인 항균물질 중 하나로 보고된 Berberine을 확인할 수 있었다.²²

이상의 결과를 통하여 전통 염색재료에 대한 천연 방충·방균력 및 유해가스 제거 등의 기능성을 확인하였고, 특히 황련의 경우 재질안정성 평가결과 금속 문화재 등에 영향을 주지 않은 것으로 확인되었다. 따라서 차후 생리활성물질의 최적 농도를 탐색 후 첨가를 통해 유기질 문화재에 생물피해 방제를 위한 보존용 보관상자 뿐만 아니라 다양한 공간에서 보존환경 개선을 위한 기능성 마감재로서의 활용성이 기대된다.

Table 7. Change of Formaldehyde in a bottle containing dyed Korean paper(Hanji).

Time(min)	Blank	Cont	ST-AI	GT-Cu	AT-Cu
0	50 ppm	50 ppm	50 ppm	50 ppm	50 ppm
30	50 ppm	49 ppm	22 ppm	21 ppm	20 ppm
60	49 ppm	48 ppm	21 ppm	20 ppm	19 ppm
90	48 ppm	46 ppm	20 ppm	19 ppm	18 ppm
120	48 ppm	45 ppm	20 ppm	18 ppm	17 ppm

사 사

본 연구는 국립문화재연구소 2009년도 전통유용자원의 발굴 및 활용 가능성 평가 연구 R&D 전통 천연 염색지를 이용한 보존 · 보관용 기능성 재료 개발 사업의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 고경신, "한국 전통 염색방법의 화학기술 (1) - 「규합총서」와 「임원경제지」에 기록된 방법들을 중심으로 -". *한국과학사학회지*, **10(1)**, p56-76, (1988).
- 林孝三, 猪坂多智子, 凉野, "古代裂に於ける植物染料の化學的測定に就いて(豫報)". *古文化財の科學*, **1**, p33-42, (1951).
- 조경래, *천연염료와 염색* 형설출판사, (2004).
- 이상현, 유승일, 최태호, "안개나무 추출물을 이용한 한지의 천연염색 특성". *펄프 종이기술*, **41(2)**, p40-46, (2009).
- 김시혜, 정희상, 조백진, 이진용, 김덕곤, "紫草가 아토피 피부염에 미치는 영향". *대한한방소아과학회지*, **18(1)**, p63-75, (2004).
- 周宝中, "古代中國における紙質文化財の藥物防蠹技術". *文化財の虫菌害*, **4**, (1985).
- Rajni Singha, Astha Jainb, Shikha Panwarb, Deepti Guptab and S.K. Khare "Antimicrobial activity of some natural dyes". *Dyes and Pigments*, **66(2)**, p99-102, (2005).
- 김철환, 문상환, 허정수, 조성환, 김재욱, 박종열, 권오철, "항균박막처리에 의한 포장지의 저장성 발현". *펄프 종이기술*, **30(3)**, p74-82, (2004).
- 오준석, "식물에서 추출한 살충·살균제가 문화재 재질에 미치는 영향 - 견직물, 면직물, 저마직물, 한지, 안료분말, 채색편 -". *보존과학회지*, **20**, p9-22, (2007).
- 이승은, 노현숙, 이용희, "나무재료가 金屬腐蝕 미치는 影向 (oddy test)". *박물관보존과학*, **5**, p31-36, (2004).
- Matija Strlič, Irena Kralj Cigić, Alenka Možir, David Thickett, Gerrit de Bruin, Jana Kolar, May Cassar, "Test for compatibility with organic heritage materials - A proposed procedure". *e-PS*, **7**, p78-86, (2010).
- 이종원, 임정명, "한지의 환기성능에 관한 실험적 연구". *설비공학논문집*, **16(5)**, p482-489, (2004).
- 문현준, 윤영란, 박진우, "한지와 황토에서의 곰팡이 발아 및 성장 속도". *한국건축친환경설비학회 춘계학술발표논문집*, p231-234, (2008).
- 박옥연, 장동석, 조하래, "한약재 추출물의 항균효과 검색". *J Korean Soc. Food Nutr*, **21(1)**, p91-96, (1992).
- Taylor A.M., Gartner B.L., Morrell J.J., and Tsunoda K. "Effects of heartwood extractive fractions of *Thuja plicata* and *Chamaecyparis nootkatensis* on wood degradation by termites or fungi". *Journal of Wood Science*, **52**, p147-153, (2006).
- 백영미, "섬유문화재 보존에 활용하기 위한 천연보존제로 처리한 직물의 특성연구". *보존과학회지*, **25(2)**, p197-206, (2009).
- 임진아, 최윤아, 정미화, 강소영, 정용재, "국내산 수목 추출물의 항진균 및 살충활성". *보존과학회지*, **23**, p95-102, (2008).
- Dhara bajpai, Padma S Vankar "Antifungal Textile Dyeing with *Mahonia napaulensis* D.C. Leaves Extract Based on Its Antifungal Activity". *Fibers and Polymers*, **8(5)**, p487-489, (2007).
- 정용재, 이규식, 한성희, 강대일, 이명희, "천연약재로부터 문화재보존용 방충방균제 개발 연구". *보존과학연구*, **22**, p5-26, (2001).
- 정용재, 강소영, 최윤아, "오동나무상자의 항균활성 분석 및 활성 증진을 위한 천연 살생물제 적용연구". *보존과학회지*, **24**, p75-83, (2008).
- 용광중, 김인희, 남성우 "황벽 추출액에 의한 면 염색물의 항균·소취성". *Journal of the Korean society of dyers and finishers*, **11(1)**, p9-15, (1999).
- Byung-Sun Min, Jae Sue Cho, "Quantitative Determination of Protoberebrines from the Roots of *Coptis chinensis*". *Natural Product Sciences*, **14(1)**, p68-72, (2008).
- 민병선, 방규호, 이준성, 배기환, "Candida와 Penicillium 속 진균에 대한 천연물의 항진균 효과". *대한약학회지*, **40(5)**, p582-590, (1996).
- 이재성, 박호근, 우은란, 안덕곤, 윤원식, 신광호, "황련 중 berberine의 추출효율에 관한 연구". *분석과학회지*, **10(2)**, p83-90, (1997).
- T.B. Machado, A.V. Pinto, M.C.F.R. Pinto, I.C.R. Leal, M.G. Silva and A.C.F. Amaral *et al.*, "In vitro activity of Brazilian medicinal plants, naturally occurring naphthoquinones and their analogues, against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*". *International Journal of Antimicrobial Agents*, **21**, p279-284, (2003).