

천연염색 재료를 이용한 한지의 검정색 염색 특성*1

이 상 현*2 · 유 승 일*2 · 최 먼 관*2 · 신 선*2 · 최 태 호*2†

Natural Dyeing Characteristics of Black Color to the Korean Traditional Hand-made Paper (Hanji)*1

Sang-Hyun Lee*2 · Seung-Il Yoo*2 · Myun-Gwan Choi*2 · Sun Sin*2 · Tea-Ho Choi*2†

요 약

전통 오방색 중 흑색 재현을 위하여 오배자, 신나무 잎, 감즙, 밤껍질, 목즙 등을 이용하여 한지에 천연염색을 실시하였다. 흑색 염색을 위해 염료별 단독염색 및 복합염색을 행하였고, 매염제 및 염색순서를 달리하여 색상의 발현 특성을 조사하였다. 아울러 염료의 농도(o.w.f) 변화에 따른 염색 특성을 조사하여 흑색 발현을 위한 최적 염색조건을 구명하였다. 한지의 흑색 천연염색 발현에 있어 오배자가 가장 중요한 염료 물질로 나타났으며, 복합염색의 경우 오배자 염색 → 초산구리 매염 → 신나무 잎 염색 → 철 매염의 순서가 가장 우수한 흑색염색 특성을 나타냈다.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the natural dyeing characteristics of Korean traditional hand-made paper (Hanji). The Hanji was dyed black with extractive of gallnut (*Rbusjavanica L*), leaves of Amur maple (*Acer ginnala*), nutshell of chestnut (*Castania crenata*), and persimmon juice and Chinese ink. And moreover, the Hanji was dyed not only using single and combination of dyestuff but also changing mordants and mordanting procedure. And we estimated the relationship between dyeing characteristics and dyestuff concentration (o.w.f.). The gallnut was the most principal material dyeing black. The procedure of mordanting from copper acetate to Iron (II) chloride and dyeing from gallnut to Amur maple dyestuffs were the best dyeing method

* 1 접수 2009년 6월 9일, 채택 2009년 6월 28일

* 2 충북대학교 임산공학과(Dept. of Forest Products, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea)

† 주저자(corresponding author) : 최태호(e-mail: tchoi@cbnu.ac.kr)

for the Hanji to black. The K/S value of dyed Hanji increased with increasing concentration of dyestuff.

Keywords: Hanji, natural dyeing, mordant, Korean traditional hand-made paper, gallnut, extractive

1. 서 론

흑색은 오행법으로는 수(水)에 해당하는 색으로 임양(任養)의 덕을 맡으며 방위로는 북쪽, 계절은 겨울에 해당한다. 흑색 염색은 조선시대 의복에 많이 사용되었으며 조신(朝臣)들의 관복으로 많이 사용되었고 일반 서민 부인들도 무명으로 검정색으로 물들이고 저고리는 소색 그대로인 무명저고리를 만들 때도 많이 사용 하였다(고 등, 2005).

흑색은 검은색, 검정, 회흑색, 담흑색을 말하는 데 회색도 포함된다. 흑색의 염료로는 참나무류, 붉나무, 밤나무, 신나무, 가래나무, 오리나무, 호두나무, 서울귀룽나무, 석류나무, 쥐똥나무, 도토리, 굴참나무, 정향나무, 떡, 오배자, 검정콩, 물푸레나무를 태운 숯가루, 진달래 뿌리나 가지를 태운 재 등이 사용되었다. 특히 많이 사용된 염료는 오배자, 밤나무, 신나무, 떡 등이 있다. 흑색계 염색은 탄닌 성분이 함유된 염료에 철장액을 매염제로 하여 색을 내거나, 개흙에 일주일쯤 묻어서 색을 냈다(이, 2004).

오배자는 이미 오래전부터 백반을 후매염제로 하여 베이지색으로 물들이어 사용하였다. 또한 석회수에 후매염하면 처음엔 수박 껍질의 빛깔처럼 진한 초록색을 나타내고 점차 갈색으로 변화한다. 철장액으로 후매염하면 쥐색이나 죽은 보라색으로 물들지만, 반복하여 염색하면 진한 검은색으로 물들일 수 있다(이, 2004).

밤송이를 이용한 갈색계 염료는 주로 철장액을 매염제로 색을 낸다. 매염제를 조금 희석하면 갈색 계열로, 많이 희석하면 회색이나 흑색 계열로 염색된다. 갈색계열과 흑색계열은 주로 후매염으로 염색하는데, 동육법으로 염색해도 된다(이, 2004).

일반적으로 동물성 섬유(견, 모)는 단백질 섬유로서 매염제를 쓰지 않고도 염색이 잘되는 편이지만, 식물성 섬유인 셀룰로오스가 주체인 한지의 경우 색

소의 흡착이 불량하여 매염제 등을 처리해야 좋은 결과를 얻을 수 있다. 흑색 천연염색의 경우에도 직물에는 반복염색 등의 방법을 통하여 선명한 흑색으로 잘 염색되나, 한지의 경우 반복염색이 어렵고, 셀룰로오스의 난염성 등의 이유로 흑색으로 잘 염색이 되지 않는다(강 등, 2001; 최, 2006; 남, 2000; 방 등, 2003; 이 등, 1997; 최 등, 2003).

본 실험에서는 오방색 중의 하나인 흑색을 여러 가지 염료와 매염제를 사용하여 복합염색 등의 방법을 통하여 흑색을 재현하고자 하였다. 보다 더 선명한 흑색을 발현할 수 있도록 염료의 염색순서, 매염제 및 매염 순서를 변경하면서 각각의 방법에 따른 염색특성을 비교 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

공시한지는 경상북도 안동한지에서 국산 닥백피로 쌍발 초지한 평량 33 g/m²의 한지를 구입하여 20 × 20 cm로 잘라 사용하였다. 염료로는 오배자(*Gallnut*; *Rbusjavanica* L.), 신나무(Amur maple; *Acer ginnala*) 잎, 밤껍질(Chestnut nutshell; *Castania crenata*), 묵즙(Chinese ink, 일본 고매원의 작품용 유연묵), 감즙(Persimmon juice, 신일본성형주식회사 H-1) 등을 사용하였고, 매염제로는 초산구리 [Cu(CH₃COO)₂ · H₂O, 1급시약]과 염화제 1철(FeCl₂, 1급시약)을 사용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 색소추출 및 매염제 제조

건조 오배자, 신나무 잎, 밤껍질을 염재 무게 대 증

Table 1. Color of Hanji dyed with Gallnut (*Rbusjavanica*) dyestuff

Dyeing procedure	L*	a*	b*	X	Y	Z	Munsell	K/S
Gallnut-Fe	50.81	1.25	-6.51	18.35	19.1	24.2	8.3PB 4.9/1.7	1.83
Gallnut-Cu-Fe	27.12	1.58	-5.2	5	5.14	6.75	8.8PB 2.6/1.1	9.23
Gallnut-Cu-NC*-Fe	26.2	1.39	-4.74	4.67	4.81	6.24	8.8PB 2.5/1.0	9.89
Gallnut-Fe-NC-Cu	53.12	4.24	12.23	20.93	21.2	16.4	9.8YR 5.2/2.0	2.89
Gallnut-Cu-AM* ¹ -Fe	25.77	1.38	-4.08	4.53	4.67	5.91	9.4PB 2.5/0.9	10.2
Gallnut-Cu-JP* ² -Fe	25.92	1.11	-2.91	4.56	4.72	5.7	9.8PB 2.5/0.6	9.87

Gallnut (o.w.f 100%), NC (o.w.f 25%), AM (o.w.f 25%), JP (o.w.f 20%), Fe (0.5%), Cu (0.5%)

*NC : Nutshell of chestnut; *1AM : Amur maple; *2JP : Juice of persimmon

류수의 양을 1 : 10으로 하여 100°C에서 2회 반복 추출 하고, 혼합용액을 200 mesh 체로 여과 후 감압농축기를 이용 농축한 다음, 동결 건조하여 분말로 제조하여 사용하였다.

철매염제는 염화제1철(FeCl₂, 1급시약)을 증류수에 용해하여 0.5% 수용액으로 제조하였으며, 구리매염제는 초산구리(Cu(CH₃COO)₂ · H₂O, 1급시약)을 증류수에 용해하여 0.5% 수용액으로 제조하여 사용하였다.

2.2.2. 염색방법

한지의 염색은 각각의 염료를 액비 1 : 80으로 제조하여 30분간 염색을 실시하고, 각각의 매염제로 10분 간 매염처리를 하였다. 매염처리는 후매염을 실시하였다. 목즙과 감즙은 섬유중량에 대한 시판원액의 중량 비율(o.w.f)로 염색액을 제조하고 분말염료와 동일한 방법으로 염색을 실시하였으며, 목즙은 매염처리를 하지 않았다. 염색한 한지는 철판에 붙여 1일 동안 자연 건조시켰다.

2.2.3. 색의 측정

염색한 한지의 표면색은 한국 표준 색표집 및 Xrite사의 Color-7000A분광광도계로 X, Y, Z의 3자극치와 Munsell (H V/C)로 표시하였고, K/S값을 구하였다.

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

R : 염색물의 최대흡수과장,

K : 염색물의 흡광계수,

S : 염색물의 산란계수

3. 결과 및 고찰

3.1. 오배자 염색

Table 1은 오배자로 선염색한 후 매염제의 매염순서를 달리하여 다른 염제와의 복합염색 시 흑색의 발현특성을 나타낸 것이다.

오배자로 선염색한 후 철매염하거나 구리매염 후 철매염의 이중매염이 흑색에 가까운 PB계열의 색상을 나타냈다. 그러나 오배자로 선염색한 후 철이나 구리 매염만으로는 다른 염료를 이용하여 복합 염색한 한지의 색상보다 염색성이 불량하였다. 따라서 흑색에 가까운 짙은 색상을 발현하기 위해서는 다른 염료와의 복합염색이 필요한 것으로 나타났다. 아울러 철매염만으로는 흑색을 발현하는 것이 어렵다는 것을 알 수 있었다.

두 종류의 염료를 이용한 복합 염색에 있어서 염료의 종류에 따라 흑색의 발현 정도에 차이가 발생하였다. 오배자(o.w.f 100%)-감즙(o.w.f 20%)의 조합이 9.8PB로 가장 짙은 색상을 나타냈으나 감즙의 경우, 얼룩이 발생하는 등 염색의 균일성이 불량하여 좋은 조합이라 판단되지 않았다. 오배자(o.w.f 100%)-신나무 잎(o.w.f 25%)의 조합은 9.4PB로 오배자-감즙의 조합보다 다소 옅은 색상을 나타내나 육안으로 식별이 불가능하였으며, 염색의 균일성이 가장 우수한 것으로 나타났다. 오배자(o.w.f 100%)-밤껍질(o.w.f 25%)의 조합은 8.8PB로 3가지 염료 중에서 가장 옅은 색상을 나타내어 흑색 염색을 위한 복합염색재로 적합하지 않은 것으로 나타났다.

Table 2. Color of Hanji dyed with chestnut (*Castania crenata*) nutshell dyestuff

Dyeing procedure	L*	a*	b*	X	Y	Z	Munsell	K/S
NC-Fe	55.05	-0.5	-1.13	21.68	23	25.3	3.6PB 53/0.4	1.41
NC-Cu-Fe	51.9	-0.5	1.39	18.91	20.1	20.8	0.7GY 5.0/0.2	2.05
NC-Cu-Gallnut-Fe	33.95	1.68	-7.5	7.75	7.99	11	8.0PB 33/1.6	5.72
NC-Fe-Gallnut-Cu	51.76	6.2	14.84	20.13	19.9	14.2	9.0YR 51/2.6	3.45

Gallnut (o.w.f 100%), NC (o.w.f 25%), Fe (0.5%), Cu (0.5%)

Table 3. Color of Hanji dyed with Chinese ink solution

Concentration	L*	a*	b*	X	Y	Z	Munsell	K/S
o.w.f 100%	65.35	0.36	3.02	32.81	34.5	34.7	23Y 6.4/0.4	0.78
o.w.f 200%	50.98	0.75	3.08	18.39	19.3	19.1	14Y 5.0/0.5	2.03
Undiluted solution	5.07	5.3	5.2	27.57	0.52	2.2	25Y 2.7/0.4	9.82

한지의 흑색 발현을 위한 복합염색에 있어서 매염제의 종류와 매염순서가 매우 중요한 것으로 나타났다. 오배자-밤껍질의 조합에서 보는 바와 같이 1차 매염으로 초산구리 매염을 실시하고 2차 매염으로 철매염을 실시하는 것이 흑색을 발현하였으며, 1차 철매염, 2차 초산구리 매염은 9.8YR로 흑색이 아닌 갈색으로 발현되었다. 따라서 한지의 흑색 천연염색을 위한 매염순서는 1차 초산구리 매염 후 2차 철매염을 하는 것이 가장 우수한 것으로 나타났다.

Table 2는 염료의 염색순서를 바꾸어 밤껍질(o.w.f 25%)로 선염색한 후 오배자(o.w.f 100%)로 염색하고 매염제의 종류 및 매염순서를 변경하여 염색한 한지의 색상을 나타낸 것이다.

Table 1과 비교했을 때, 예비실험에서의 결과와 동일하게 밤껍질로 선염색한 것이 오배자로 선염색한 것보다 옅은 색상을 나타내는 것을 알 수 있었다. 따라서 오배자가 흑색을 내는 주된 염료라는 것을 알 수 있었다. 염료의 염색 순서와 관계없이 1차 철매염 후 2차 초산구리 매염은 흑색으로 발현되지 않고 갈색(9.0YR)으로 발현 되었다. 복합염색과는 달리 밤껍질만으로 염색하고 1차 철매염 후 2차 초산구리 매염한 한지의 색상은 다른 조합의 염색과는 달리 0.7GY로 옅은 녹색 기미의 황색을 나타냈다.

3.2. 목즙 염색

Table 3은 목즙의 농도(o.w.f) 변화에 따른 한지의 흑색 염색특성을 나타낸 것이다. 먹은 전통적인 한지의 흑색 염색법 중의 하나로 식물성 염료를 이용한 한지의 흑색 발현과 비교하고자 염색을 실시하였다.

먹의 농도가 증가할수록 염착량이 증가하였으며, 색상에 있어 명도 값은 낮아지지만 채도 값은 변화가 없는 무채색의 특성을 나타냈다. 목즙의 농도가 낮을수록 옅은 색상을 나타냈고 농도가 증가할수록 짙은 색상을 나타냈으나 목즙 고유의 특성인 점도에 의해 염색의 균일성이 불량하였다. 특히 원액의 경우 짙은 색상임에도 불구하고 균일성이 매우 불량하여 우수한 염료로 평가할 수 없었다. 염색한 한지의 색상이 무채색임에도 불구하고 전부 Y계열의 색상으로 나타난 것은 목즙 속에 포함된 아교와 원지의 색상에 기인된 것으로 생각된다.

3.3. 복합염색

Fig. 1은 오배자, 밤껍질, 신나무 잎, 감즙 및 목즙 염료 단독 및 복합으로 염색한 한지의 반사율을 측정 한 결과를 나타낸 것이다.

목즙의 반사율 곡선은 전형적인 무채색의 특성 나타냈으며, 농도에 따라 반사율의 크기가 다르게 나

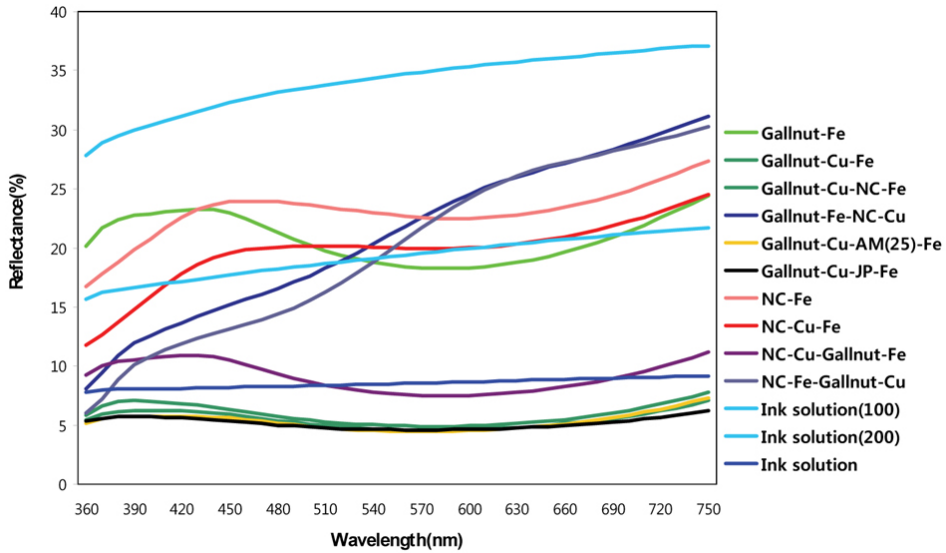


Fig. 1. Reflectance of color Hanji dyed with dyestuff of gallnut, chestnut nutshell, Amur maple, persimmon juice, and Chinese ink.

타났다.

염료의 조합을 통한 복합염색과 초산구리 1차 매염 후 2차 매염으로 철매염을 실시한 한지의 색상은 반사율의 크기에는 차이가 있었으나, 무채색에 가까운 PB계열의 곡선을 나타냈다. 오배자-감즙, 오배자-신나무 및 오배자-밤껍질의 조합이 묵즙 원액보다 낮은 반사율 곡선을 나타내어 가장 짙은 색상으로 발현되었으나 오배자-감즙의 조합은 색상의 균일성이 불량한 특성을 나타냈다. 밤껍질-오배자 조합 한지의 반사율 곡선은 오배자 선염색한 한지의 반사율 곡선보다 높게 나타나 오배자 선염색한 한지보다 염색성이 불량한 것을 알 수 있었다.

염료 조합을 통한 복합염색의 경우일지라도 매염제의 순서를 변경하여 1차 철매염 후 2차 초산구리 매염을 실시한 한지의 반사율 곡선은 전형적인 YR계열의 특성을 나타냈으며, 밤껍질-오배자의 조합이 오배자-밤껍질의 조합보다 낮은 반사율 곡선으로 보다 짙은 갈색을 나타냈다.

오배자 및 밤껍질 단독염색 후 철매염 또는 1차 초산구리 매염 후, 2차 철매염의 2중 매염 한지 또한 전형적인 PB계열의 반사율 곡선을 나타냈다. 단독

염색 한지의 반사율 값은 복합염색 한지보다 높게 나타나 염색성이 불량한 것을 알 수 있었다. 그러나 오배자 단독염색 후 초산구리 1차 매염 및 2차 철매염 한지는 복합염색 한지와 비슷한 수준의 색상을 발현하여 단독 염색 중에서는 가장 우수한 염색성을 가지는 것으로 나타났다.

3.4. 흑색 염색 한지의 특성

Table 4는 흑색 발현이 가장 우수한 오배자-신나무 잎 조합의 복합염색법을 이용하여 염료의 농도변화에 따른 염색특성을 분석한 결과를 나타낸 것이다.

주염료인 오배자의 농도가 증가할수록 짙은 색상을 나타냈으며, 명도 값은 감소하지만 무채색의 경우와 비슷하게 채도의 변화는 미미한 것으로 나타났다. 복합염색 염료인 신나무 잎 염료 농도가 증가할수록 짙은 색상으로 발현되었다. 그러나 신나무 잎 염료의 농도(o.w.f)가 2% 및 6%일 때보다 4%일 때가 높은 염착량과 낮은 명도 값을 나타냄으로써 오배자-신나무 잎 조합의 복합염색의 경우, 오배자 염료의 농도와 관계없이 신나무 잎 염료의 농도는 4%가

Table 4. Color of Hanji dyed with gallnut and Amur maple dyestuff combination

Dyeing procedure	L*	a*	b*	X	Y	Z	Munsell	K/S
Gallnut (50)-Cu-AM (2)-Fe	30.12	1.46	-4.08	6.09	6.29	7.84	9.8PB 29/0.9	7.31
Gallnut (50)-Cu-AM (4)-Fe	28.75	1.43	-3.96	5.57	5.74	7.16	9.8PB 28/0.8	8.1
Gallnut (50)-Cu-AM (6)-Fe	29.85	1.47	-5.06	5.99	6.18	7.98	8.8PB 29/1.1	7.52
Gallnut (100)-Cu-AM (2)-Fe	26.86	1.52	-4.71	4.9	5.04	6.51	9.1PB 26/1.0	9.42
Gallnut (100)-Cu-AM (4)-Fe	27.16	1.41	-4.6	4.99	5.15	6.61	9.0PB 26/1.0	9.19
Gallnut (100)-Cu-AM (6)-Fe	27.9	1.46	-4.74	5.26	5.42	6.98	9.0PB 27/1.0	8.7
Gallnut (150)-Cu-AM (2)-Fe	26.33	1.32	-4.59	4.71	4.86	6.26	8.8PB 26/1.0	9.8
Gallnut (150)-Cu-AM (4)-Fe	24.85	1.41	-4.94	4.24	4.37	5.74	8.6PB 24/1.1	11.07
Gallnut (150)-Cu-AM (6)-Fe	25.25	1.39	-4.85	4.37	4.5	5.88	8.6PB 25/1.0	10.68

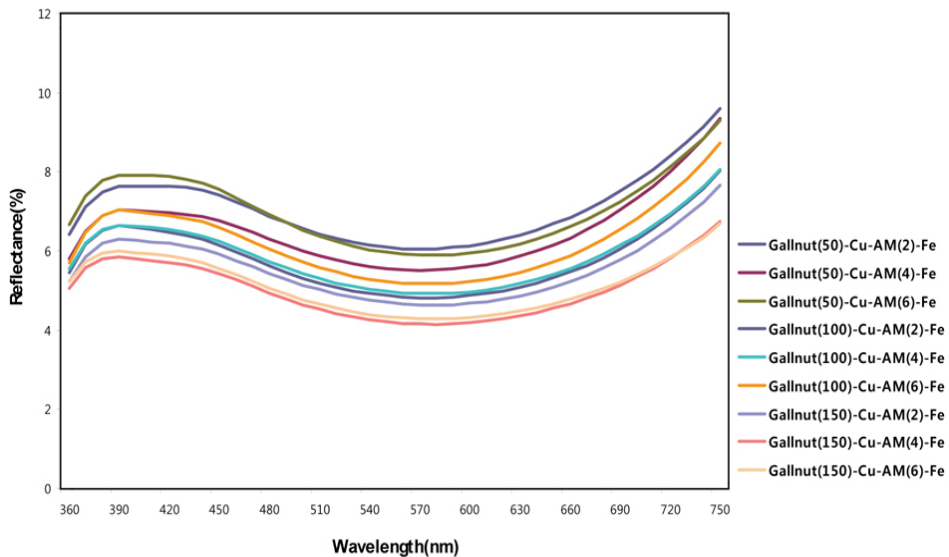


Fig. 2. Reflectance of color Hanji dyed with gallnut and Amur maple dyestuff combination.

가장 적합한 것으로 판단된다.

Fig. 2는 오배자-신나무 잎 조합 복합염색 한지의 반사율 곡선이다. 오배자의 농도에 관계없이 전반적으로 매우 낮은 반사율 곡선을 나타냄으로써 짙게 염색된다는 것을 알 수 있었다. 오배자 염료의 농도가 증가할수록 반사율곡선이 낮게 나타나 짙은 색상으로 염색되었다. 복합염색 연료인 신나무 잎의 농도 증가는 오배자와 같이 반사율과 염착량에 큰 영향을 미치지 않는으나, 신나무 잎 염료의 농도가 증가할수록 반사율 곡선이 낮아져 좀 더 짙은 흑색을 나

타냈다. 염색한 한지의 육안 관찰에서도 신나무 잎 염료의 농도가 낮을수록 짙은 청남색(PB)의 색을, 농도가 높아질수록 무채색의 검정색에 가까운 색상을 나타냄을 관찰할 수 있었다.

Fig. 3은 오배자-신나무 잎 조합 복합염색에서 오배자의 농도를 50%, 100%, 150%, 신나무 잎 염료의 농도를 2%, 4%, 6%로 조절하여 염색한 한지의 염착량(K/S 값)을 나타낸 것이다. 오배자 및 신나무 잎 염료의 농도가 증가할수록 한지의 염착량이 증가하는 것으로 나타났다. 한지의 염착량은 신나무 잎 염

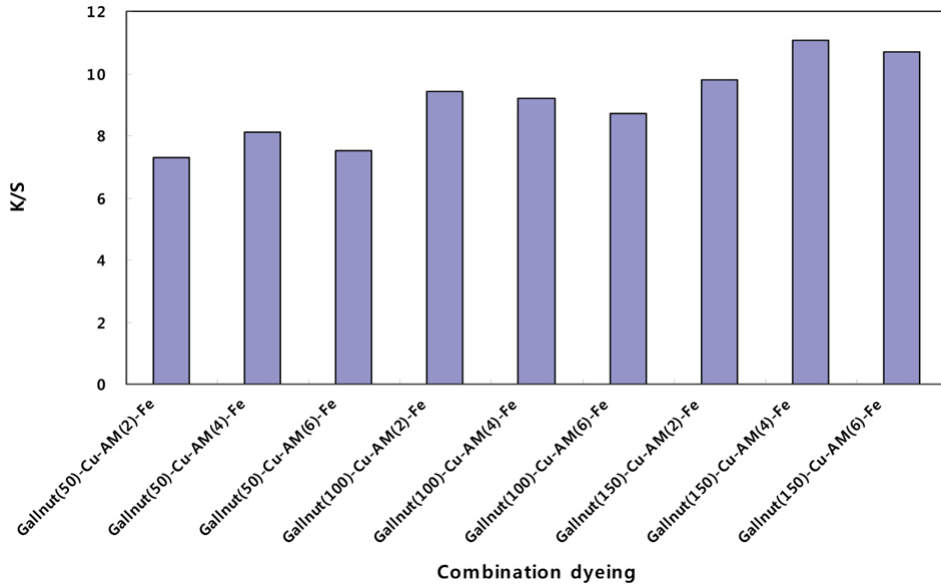


Fig. 3. K/S value of color Hanji dyed with gallnut and Amur maple dyestuff combination.

료의 농도보다 오배자의 농도에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타나 한지의 흑색 염색에 있어서 색상 발현의 주된 염료는 오배자라는 것을 확인할 수 있었다. 오배자-신나무 조합 복합염색에 있어서 신나무 염료 농도 4%에서의 염착성이 가장 우수하였다.

4. 결 론

본 연구는 오방색 중의 하나인 한지의 흑색발현을 위해 오배자, 신나무 잎, 밤껍질 등을 이용하여 염색 순서 및 매염순서의 변경 및 조합을 통하여 최적 염색 조건을 구명하였다.

흑색 발현의 주된 염료는 오배자임을 확인하였으며, 복합염색의 경우 오배자-신나무 잎, 오배자-밤껍질의 조합이 우수한 염색 특성을 나타냈다. 오배자-감즙의 조합 또한 우수한 염색 특성을 나타냈으나 염색이 불균일한 것이 단점으로 나타났다. 목즙의 염색성은 원액의 경우 우수한 염색 특성을 나타냈으나 목즙 자체의 점도의 영향으로 균일성이 불량한 것으로 나타났다.

한지의 흑색 발현에 있어 염료의 조합도 중요하지

만 무엇보다 중요한 것은 매염제의 매염순서가 결정적인 역할을 한다는 것이 밝혀졌다. 복합염색에 있어서 흑색발현을 위해서는 1차 초산구리 매염, 2차 철매염을 실시하여야만 흑색으로 염색할 수 있으며, 매염순서를 바꾸어 1차 철매염, 2차 초산구리 매염을 실시할 경우 갈색으로 염색되었다.

한지의 흑색 염색에 있어서 오배자-신나무 잎의 조합이 가장 우수한 염색특성을 나타냈으며, 오배자 및 신나무 잎 염료의 농도가 증가할수록 염착량의 증가와 명도의 감소를 가져왔으나 채도의 변화는 미미하였다. 오배자 농도에 관계없이 흑색발현을 위한 신나무 잎 염료의 최적농도는 4%로 나타났다.

사 사

이 논문은 2006년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R0A-2006-000-10439-0).

참 고 문 헌

1. 이종남. 2004. 우리가 정말 알아야 할 천연염색. 현암사. pp. 451~470.
2. 고부자 외. 2005. 우리 색깔을 찾아서 전통염색공예. 한국문화재보호재단. pp. 128~129.
3. 박승욱, 김홍석. 2005. 색채과학 15강. 도서출판국제.
4. 김민숙 외. 2005. 염색의 이해. 교문사.
5. 한국표준연구소. 1991. 실용한국표준색표집. KBS문화사업단.
6. 강인숙 외. 2001. 염색의 이해. 교문사. pp. 10~35.
7. 최태호. 2006. 전통 한지의 천연염색 특성. 목재공학. 34(3): 90~98.
8. 남상우. 2000. 천연 염색의 이론과 실제(1). 보성문화사. pp. 12~18.
9. 방형식, 최태호. 2003. 목련과(Magnoliceae) 수목을 이용한 한지의 천연염색 특성. 한국임산에너지학회 2003년도 학술연구발표논문집. pp. 16~20.
10. 이연순, 정정희, 이영희. 1997. 염색의 이론과 실제. 미진사. pp. 7~23.
11. 최태호, 이연숙. 2003. 벗짚 추출물을 이용한 한지의 천연염색 발현. 임산에너지. 22(3): 43~48.