충남 천안시 출토 16세기 분홍 단령에 사용된 염재 동정

채정민 | 유효선^{*1}

단국대학교 석주선기념박물관, *서울대학교 의류학과/서울대학교 생활과학연구소

Identification of Natural dyes used in 16th pink *Dallryeong* (Official's robe in Joseon Dynasty) Excavated from Cheonan, Chungnam

Jeongmin Chae | Hyo-Seon Ryu^{*1}

Seok juseon Memorial Museum, Dankook University, 152, Jukjeon-ro, Suji-gu, Yongin-si,
Gyeonggi-do, 448-701, Korea

*Dept. of Textiles, Merchandising and Fashion Design, Seoul National University /Research Institute of Human
Ecology, Seoul National University. 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul, Korea

¹Corresponding Author: hyoseon@snu.ac.kr, 82-02-880-6846

초 록 본 연구는 1996년 천안시 유량동에서 출토된 분홍색 단령의 염료 동정을 통해 조선시대에 사용된 적색 염료를 실증하기 위한 것이다. 이를 위해 유물에 사용된 염료를 추출하고 이것을 당시 염색에 사용되었을 것으로 추정되는 적색계 염료(홍화, 소목, 꼭두서니)에서 추출한 염료와 함께 고성능액체크로마토그래피분석을 실시하였다. 그 결과 유물에서 추출한 염료와 홍화염색포의 추출 염료는 같은 시간대인 17.5분에서 피크가 나타났다. 이때 자외/가시선 분광 분석 결과는 두 시료 모두 519nm에서 최대흡수파장이 나타나 기존 홍화의 홍색소 분석 결과와 같은 것으로 조사되었다. 또한 negative ion mode에서 질량분석을 실시한 결과 유물과 홍화 염색포에서 추출한 염료 시료는 carthamin의 분자량인 910을 나타내는 m/z 909에서 같은 시간대의 피크가 확인되었다. 이와 같은 결과로 이 분홍 단령 직물을 염색하는데 사용된 염재는 홍화인 것으로 동정되었다.

중심어: 출토복식, 홍단령, 홍화, 고성능액체크로마토그래피, 질량분석

ABSTRACT Aim of this study is to identify dyestuff of the *Dallryeong*(official's robe in Joseon Dynasty, 16th century) excavated from Yuryang-dong, Cheonan, in 1996. For this purpose, extracted dyestuffs from *Dallryeong* fabric and from natural dyestuffs for red color(safflower, Sapanwood, Madder) which are presumed to have been used in the *Dallryeong*, are analyzed and compared by high performance liquid chromatography(HPLC). As a result, HPLC chromatogram of extracts of the *Dallryeong*'s dyestuff and safflower are showed a peak at 17.5 minutes. The UV/Vis spectra of the samples are showed the maximum absorption wavelength at 519nm. This result is identical with the analysis of the previous studies on red dyestuff of safflower. In addition, the analysis of Mass Spectrometry(MS) showed the identical result of the peak with m/z 910. Following these results, excavated pink *Dallryeong* were considered to have been dyed with safflower.

*본고는 단국대학교 석주선기념박물관이 주최한 2015 정기연구발표회에서 발표한 논문을 수정·보완한 것임.

Key Words: Excavated Costumes, *Dallryeong*(official's robe), safflower, High Performance Liquid Chromatography (HPLC), Mass Spectrometry (MS)

1. 서 론

의복의 미적 구성 요소로서 색상은 매우 중요한 가치이다. 복색(服色)의 공시적·통시적 의미는 한 시대의 사회와 문화를 아우르는 정신과 계층성을 나타낸다. 특히 조선시대 복색은 신분적 계층·철학적 원리·경제적 능력에 따라 제한적으로 사용되었다(Kang, 2009). 따라서 의복 유물에 있어서 색상은 단순히 미적인 가치를 넘어 복식사적으로 매우 중요한 의복의 요소이다. 현재까지 출토되어 보고된 복식 유물은 본래의 색상을 알 수 없는 경우가 대부분이며 이처럼 유물 본래의 색상을 알 수 없다는 점이 연구자들 뿐 아니라 감상하는 이들에게도 매우 큰 안타까움이다. 천연 염료에 관한 연구는 염료 외적인 조건에 의한 변화를 관찰하고 분석하는 경향의 연구와 유물을 대상으로 잔존하는 염료를 탐지하고 동정하기 위한 직접적인 염료분석에 관한 연구가 진행되고 있다. 직물의 변퇴색에 관한 연구는 1) 온도도와 습도, 광원 등의 환경조건을 조절한 경우(Kim *et al.*, 1996; Kim and Kim, 1996; Kim, 2004; Salmom and Cass, 1993), 2) 섬유와 염색 조건 등으로 변화시킨 경우(Park and Kim, 1972; Sul and Choi, 1999; Kim *et al.*, 1998), 3) 염료와 염색 조건 등을 변화시킨 경우(Jang and Jeong, 2004; Park *et al.*, 2004; Park and Lee, 2003; Crews and Reagan, 1987) 등으로 구분할 수 있다. 반면 염직물의 변퇴색의 원인과 그 메커니즘을 포함한 출토 복식의 색상 규명에 관한 연구는 다소 미진한 경향이였다. 그러나 2000년대 이후 일부 연구자들이 출토복식 유물의 고유색을 판정하기 위한 다양한 연구 결과를 발표하고 있다. 안은 특정 천연염료를 인공적으로 퇴화시켜 염료와 퇴화물에 대한 분석을 실시해 유물의 염료 추출물 동정하는 연구 결과를

발표했으며 이후 지속적인 연구를 통해 천연 염료 퇴화물의 데이터를 제공하는데 기여해왔다(Ahn, 2005; 2007; 2011). 출토된 복식 유물을 대상으로 사용된 염료를 판별하기 위해 유물 시료에 대한 TOF-SIM 분석에 관한 연구(Choi, 2007; Lee *et al.*, 2003)와 HPLC 분석에 관한 연구(Baek *et al.*, 2012) 등이 진행되어 왔다.

역사적 유물의 염료 연구에 주로 사용되는 분석방법으로는 주로 박층크로마토그래피(Thin Layer Chromatography, TLC), 고성능액체크로마토그래피(High Performance Liquid Chromatography, HPLC), 가스크로마토그래피-중량분석기(Gas Chromatography-Mass, GC-MS), 자외/가시광선 분광광도법(UV/Vis spectroscopy), 적외흡광분광법(Infrared Spectrometer, IR), 이차이온질량분석기(Time of Flight-Secondary Ion Mass Spectrometry, TOF-SIMS), 형광분석기(Fluorescence Spectrometry) 등이 있다. 이 분석 방법은 파괴 또는 비파괴 분석법으로써 추출용매를 다양하게 하는 등의 분석 조건과 부가적인 장치 등을 분석에 적합하도록 적용하여 복식 유물의 염료와 그 퇴화물을 동정하는데 이용되고 있다. 출토 복식의 색상을 밝히기 위한 기존의 연구들은 유물의 염료 퇴화물과 현재의 천연 염료의 인위적인 퇴화물을 비교하여 분석하는 방법을 주로 실시해왔다. 일반적으로 단일 성분의 분리를 위해 HPLC 등이 주로 적용되는데, 이와 함께 물질의 구조 분석을 위해 분광학적 연구방법인 자외/가시광선 분광광도법(UV/Vis spectroscopy), 적외흡광분광법(Infrared Spectrometer, IR), 질량분석법(Mass Spectrometry, MS)과 핵자기공명분석법(Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, NMR) 등이 이용된다.

1996년 12월 10일 충남 천안시 유량동에서 발견된 무연고 분묘에서 분홍색의 단령이 수습되었다(Figure 1). 이

Figure 1. *Dallryeong*(left:at the time of the unearthed, right:after conservation treatment).

Table 1. Colorant of red-natural dyestuff.

colorant	chemical structure	chemical formular	natural dye material
alizarine		$C_{14}H_8O_4$	
purpurin		$C_{14}H_8O_5$	Madder (茜, <i>Rubia akane</i> NAKAI)
munjistin		$C_{15}H_8O_6$	
brazilin		$C_{16}H_{14}O_5$	Sapanwood (蘇木, <i>Caesalpinia sappan</i>)
carthamin		$C_{43}H_{42}O_{22}$	Safflower (紅花, <i>Carthamus tinctorius</i> L.)

전의 출토복식 유물은 청색 계열 이외의 색상을 띠고 있는 것이 거의 없었기에 색상을 보존하고 있는 이 유물의 가치가 매우 크다. 이 단령 유물은 현재까지 논의가 활발하게 진행되고 있는 홍단령의 복식사적 논의에 대한 실증적인 근거를 제시할 수 있을 뿐 아니라 단령의 분홍색은 출토 유물의 색상 동정을 위한 염료 퇴화물 연구에 기초적인 자료를 제공할 수 있다.

조선시대에 사용된 적색 염료는 조선왕조실록을 비롯한 여러 문헌 자료를 통해 알려져 있다. 이러한 자료에 나타나 있는 조선시대 홍염을 위한 주요 염재로는 홍화, 소목, 꼭두서니, 산행목, 호장근, 주토와 복합염의 재료로 아랑오피, 괴화, 오리목 껍질 등을 사용한 것으로 보고되어 있다(Kim, 2014). 홍염 또는 적색염에 주로 사용된 염재는 홍화, 소목, 꼭두서니, 코치닐(연지충), 락충 등이 대표적이고, 이들 적색계 염료들은 대부분 매염제에 의해서 여러 가지 색으로 발색되는 다색성 염료에 속한다. 이중 직물의 염

색에 많이 사용된 것으로 알려진 염재는 소목, 홍화, 꼭두서니 등이 있다(Table 1).

본 연구의 목적은 16세기 단령의 염료 동정을 통해 조선시대 사용된 적색 염료를 실증하기 위한 것이다. 이를 위해 유물에서 탈락한 직물 시료에서 추출한 염료와 당시 홍색 염색에 사용되었을 것으로 추정되는 염료추출물을 비교 분석함으로써 유물에 사용된 염료를 규명하고자 한다. 이를 위해 HPLC를 이용하였으며 그 결과를 보완하기 위해 MS를 실시했다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시료

2.1.1. 유물 시료의 염료 추출

사용된 염료를 동정하기 위해 1996년 12월 충남 천안시 유량동 무연고 분묘에서 출토된 분홍색 단령으로부터 탈

락된 섬유 조각을 사용했다. 유물 시료에서 염료를 추출하기 위해 5% formic acid/MeOH를 사용했다. 이때 시료의 양이 적어 0.1mg/ml 액비로 실온에서 추출했으며 분석을 위해 농축해 사용했다.

2.1.2. 대조 염료의 제조

유물에서 추출된 염료와 비교하기 위해 시중에서 구입한 홍화, 쪽두서니, 소목을 대조 시료로 사용했으며 염액의 제조는 전통적으로 전해지는 방법으로 실시했다(Table 2)(Song *et al.*, 2008). 황색 색소의 추출이 끝난 홍화에 0.4~1% 탄산칼륨 수용액을 첨가해 20분간 주물러서 홍색 색소를 추출하고 추출액에 초산 20~40mL를 첨가해서 중화해 유물과 같은 직물인 모시에 염색하고 유물 시료와 같은 방법으로 염료를 추출하였다. 쪽두서니 50g과 밥풀 50g을 쪽두서니 40배의 물에 넣고 2시간 동안 불린 후 밥풀을 제거하고 1차 색소를 30분간 끓인 후 거름 형틀로 거른 후 다시 20배의 물을 넣고 끓여 2차 추출한 후 두 용액을 합쳐 염액을 제조하였다. 소목 50g을 40배의 물에 넣은 후 30분 동안 끓여 1차 색소를 추출하고 거름 형틀로 거른 후 다시 20배의 물을 넣고 끓여 2차 추출한 후 두 용액을 합쳐 염액을 제조하였다.

2.2. HPLC 분석

추출된 색소의 HPLC 분석은 Ultimate3000 (Dionex, USA)을 사용했다. 칼럼은 C-18 column(4.6 × 250mm, 5μm)을 사용했고 이동상은 0.33% TFA(Trifluoroacetic acid, HPLC급 Sigma)와 Acetonitrile(HPLC급 Sigma)를 사용했고 유속은 0.8ml/min의 조건으로 수행하였다(Table 3). HPLC에 의해 분리된 성분은 UV/Vis Diode Array

Detector scanning(190~800nm)으로 520nm와 340nm에서 검출했다.

2.3. MS 분석

Ultimate 3000 RSLC HPLC system (Dionex)을 사용해 5600 Q-TOF LC/MS/MS system (AB Sciex, Foster City, CA)으로 분석했다. 컬럼은 Hypersil GOLD column (2.1 × 50mm, 1.9μm, Thermo scientific)을 사용했으며 이동상 A (0.1% formic acid in water)와 이동상 B (0.1% formic acid in acetonitrile)를 사용했고 유속은 0.25ml/min이다. Linear gradient는 0~4min, 99% A; 4.1~8.0min, 50% A; and 8.1~13.0min, 5%A로 했다. Autosampler는 5°C, injection volume은 100μl로 했다. Mass spectra는 ion spray voltage가 -4500V인 negative electrospray ionization (ESI)하에서 측정했다.

3. 결과 및 고찰

3.1. HPLC 분석

분홍 단령 직물 시료와 적색계 천연 염료를 추출해

Table 2. Characteristics of test samples.

Sample No.	Source of dyestuff
sample 1 (Original sample)	Extract from Darllyeong fabric
Sample 2	Extract from fabric dyed with safflower
Sample 3	Extract from spanwood
Sample 4	Extract from madder

Table 3. HPLC operating conditions.

HPLC system	Ultimate3000 (Dionex, USA)		
Column	C-18 column (4.6*250, 5μm)		
Mobile phase (Gradient mode)	Run time (min)	0.33% TFA	Acetonitrile (%)
	0	90	10
	25	40	60
	30	0	100
	35	0	100
	36	90	10
	40	90	10
Flow rate	0.8mL/min		
Detective wavelength	520nm, 340nm

Figure 2. HPLC chromatogram of extract of Sample 1.

Figure 3. HPLC chromatogram of extract of Sample 2.

Figure 4. UV/Vis spectrum of the peak at 17.57 minutes of Sample 1.

Figure 5. UV/Vis spectrum of the peak at 17.55 minutes of Sample 2.

Figure 6. HPLC chromatogram of extract and UV/Vis spectra of the peak of Sample 3.

HPLC 분석한 결과 sample 1과 sample 2는 약 17.5min에서 피크가 나타났다(Figure 2, 3). 이것을 200-800nm 영역에서의 UV/Vis 스펙트럼으로 확인한 결과 519nm에서 피크가 확인되었다(Figure 4, 5). 반면 sample 3은 약 8.7min에서 피크가 나타났고 이 영역에서의 UV/Vis 스펙트럼은 280nm, 288nm, 287nm, 358nm에서 피크가 확인되었다(Figure 6). sample 4는 9.5min과 9.7min에서 피크가 나타났으며 이 피크를 UV/Vis 스펙트럼으로 확인한 결과는 각각 289nm, 426nm과 270nm, 427nm의 피크가 나타났다(Figure 7). 이와 같은 HPLC 분석 결과로 sample 1, 즉 유물에 사용된 염료의 분석결과는 sample 2와 유사하고 sample 3과 sample 4와는 상이한 것으로 조사되었다. 홍화에는 수용성인 황색소와 알칼리 수용액에 추출되는 적색

소가 함유되어 있다. 홍화의 색소 함유 비율은 대체적으로 황색소 7%와 적색소 0.3%이며 황색소는 safflower yellow A와 safflower yellow B와 그 외 다수의 유도체이며 적색소는 carthamin 이다(Ikuko *et al.*, 1999). 홍화의 황색소와 적색소가 함께 존재하는 시료는 각각의 최대 파장이 다르기 때문에 400nm에서 측정 시에는 적색소의 피크가 거의 나타나지 않고, 520nm에서 측정 시에는 황색소의 피크가 거의 나타나지 않는 특징이 있으므로 홍색으로 염색된 시료는 520nm에서의 검출이 적절한 것으로 알려져 있다(Ministry of food and drug safety and Chung-ang University, 2003). 정제된 홍화 적색소를 여러 가지 용매에 녹여 UV/Vis 스펙트럼을 측정한 결과 메탄올에서는 510nm, 에탄올은 517nm, 아세톤에서는 520nm, 피리딘에서 531nm의 최대

Figure 7. HPLC chromatogram of extract and UV/Vis spectra of the peak of Sample 4.

Figure 8. MS chromatogram of sample 1.

Figure 9. MS chromatogram of Sample 2.

Figure 10. MS chromatogram of Sample 3.

Figure 11. MS chromatogram of Sample 4.

흡수피크가 나타났다고 보고(Kim, 1997)하였는데 본 시료의 분석 결과와 같은 것으로 나타났다.

3.2. MS 분석 결과

앞서 규명된 HPLC 분석결과에 대한 추가적인 정보를 얻고자 MS 분석을 실시해 각 시료의 분자량을 확인하였다. 홍화 적색소인 carthamin의 분자량은 910이며 본 실험

에서는 ESI 하에서 검출하였기 때문에 분자량에서 H^+ 가 떨어져 나간 상태로 검출된다. 따라서 MS 분석 결과 sample 1과 sample 2는 모두 9.54min에서 m/z 909의 피크가 검출되었으며 홍화의 적색소인 carthamin의 분자량(Mantzourisa and Karapanagiotis, 2014)과 같은 것으로 확인되었다(Figure 8, 9). sample 1과 sample 2의 결과를 다시 확인하기 위해 UV/Vis 스펙트럼을 측정한 결과 대조 시료인 sample 2에서는 519nm의 피크가 확인되었으나,

Figure 12. UV/Vis spectra of the peak at 9.5min for TOF of sample 1.

Figure 13. UV/Vis spectra of the peak at 9.5 min for TOF of Sample 2.

유물 시료에서 추출한 염료는 그 양이 극히 적어 같은 시간 대에서의 명확한 피크는 얻을 수 없었다(Figure 12, 13). 반면 sample 3과 sample 4는 sample 1, 2와는 다른 결과를 나타내었다. 한편 sample 3은 8.85min 에서 m/z 285를 확인했으며 이것은 brazilin의 분자량이다(Figure 10). sample 4는 9.5min에서 m/z 283, 9.7min에서 m/z 283이 확인되었으며 이는 꼭두서니 색소성분의 하나인 munjistin의 분자량과 같으므로 sample 1과는 상이한 것으로 나타났다(Figure 11).

이러한 결과로 유물에 사용된 색소는 carthamin인 것으로 조사되어 이 단령 유물은 carthamin을 함유하고 있는 홍화로 염색된 직물인 것으로 보는 것이 합당할 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구는 1996년 천안시 유량동에서 출토된 분홍색 단령의 염료 동정을 통해 조선시대 사용된 적색 염료를 실증하기 위한 것이다. 이를 위해 유물에 사용된 염료를 추출하고 이것을 유물 염색에 사용되었을 것으로 추정되는 적색 천연 염재인 홍화, 소목, 꼭두서니에서 추출한 염료와 함께 HPLC를 사용하여 분석하였다. 그 결과 유물과 홍화 추출물이 같은 시간대인 17.5 min에서 피크가 나타났으며 소목과 꼭두서니는 다른 시간대에서 피크가 확인되었다. 이때 UV/Vis 스펙트럼을 조사한 결과 유물과 홍화 추출물은 519nm에서 최대흡수파장이 나타나 기존의 홍화의 홍색소의 분석 결과와 같은 것으로 조사되었다. 이와 함께 MS 분석을 실시한 결과 유물과 홍화 추출물의 분자량이 모두 910으로 확인되었다. 이와 같은 결과로 이 분홍 단령 직물을 염색하는데 사용된 염재는 홍화인 것으로 동정되었다. 이후 추가적인 연구를 통해 홍화 염료의 자연 퇴화물에 대한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Ahn, C.S., 2005, Analysis of Degradation Products in Madder Dyed Fabrics in Selective Degradation Conditions, Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, Vol.29 No.12. (in Korean with English abstract)
- Ahn, C.S., 2007, Analysis of the Degradation Products of Turmeric using GC-MS, Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, Vol.31 No.6. (in Korean with English abstract)
- Ahn, C.S., 2011, Analysis of Amur Cork Tree Extract and Dyed Silk upon Thermal Degradation Treatment, Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, Vol.35 No.10. (in Korean with English abstract)
- Baek, Y.M., Kwon, Y.S., Goto-Doshida, S. and Saito, M., 2012, Analysis of Dyes and Mordants of 16~17th Century Textiles Excavated from Daejeon, Journal of Conservation Science, Vol.28 No.2. (in Korean with English abstract)
- Choi, S.C., 2007, Studies on Scientific Analysis of Korean Traditional Dyestuff, Master's thesis, Chung-ang University. (in Korean with English abstract)
- Crews, P.G. and Reagan, B.M., 1987, Ultraviolet Absorbers: A Treatment to Reduce Fading and Degradation of Textiles, Textiles, Clothing and Design, Department of Faculty Publications - Textiles, Clothing and Design.
- Ikuko O., Hideki Y., and Kinjiro M., 1999, Application of deaerated water in extraction of colorants from dyer's saffron florets. Journal of Applied Polymer Science, 74(7)
- Jung, S.Y. and Jang, J.D., 2004, Light Fastness of Silk Fabric dyed with Safflower and Amur Cork Tree extract for Combination dyeing, Textile Coloration and Finishing, Vol.16 No.5. (in Korean with English abstract)
- Kang J.H., 2009, The characteristic and meaning of the color of Gisaengs' costume in Joseon dynasty period -focus on 16-18 century, Korean journal of folk studies, 25, (in Korean with English abstract)
- Kim, E.K., 2004, Reserch on discoloration/fading by sun exposure by time, Master's thesis, The Graduate School of Human Environmental Sciences Yonsei University. (in Korean with English abstract)
- Kim, H., and Kim, H.B., 1996, A Study on the Measurement of the Museum Exhibit's Color Change By Lighting, Proceedings of the Korean institute of illuminating and electrical installation engineers, Vol.10 No.5. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.B., Kim, H., and Kwon, S.H., 1996, Making Lighting Standard for a Museum using a Prediction of Exhibits Color Change, Proceedings of the Korean institute of illuminating and electrical installation engineers, Vol.10

- No.6. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.B., 1997, Isolation and physical-chemical characteristic of red pigment, carthamin, from carthamus tinctorius L. Master's thesis, Kyung Hee University. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.K., Kim, T.K., Park, T.S. and Lim, Y.J., 1998, The Effect of Benzophenone Derivatives on the Shielding of Ultraviolet Rays and Light-fastness of the Dyed Fabrics, Textile Coloration and Finishing, Vol.10 No.4. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.Y., 2014, Kinds and Types of Dyes Used in the Joseon Dynasty, Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, Vol.38, No.2, (in Korean with English abstract)
- Lee, Y.E., Ko, M.J. and Ko, K.S., 2003, Analysis of Dyes in the Excavated Textile from Hansan Lee's Tomb in the Late Chosun Dynasty, The 18th conference of the Korean Society Of Conservation Science For Cultural Heritage, Mantzourisa, m. and Karapanagiotis, I., 2014, Comparison of extraction methods for the analysis of Indigofera tinctoria and Carthamus tinctorius in textiles by high performance liquid chromatography, Microchemical Journal Vol. 115.
- Ministry of food and drug safety and Chung-ang University, 2003, Establishment of analytical method for carthamus red and carthamus yellow in food, Ministry of food ad drug safety, Seoul.
- Park, M.J., and Lee, M.S., 2003, The Deterioration and Conservation of Natural-dyed Historic Textiles, The Korean Society of Living Environmental System, Vol.10 No.2. (in Korean with English abstract)
- Park, M.J., Lee, Y.H., and Yoon, Y.N., 2004, Color Changes of Natural-Dyed Fabrics under Sunlight, Journal of the Korean Fashion & Costume Design Association, Vol.6 No.3. (in Korean with English abstract)
- Park, Y.H., and Kim, N.S., 1972, study on the photodegradation of synthetic fibres, Journal of the Korean Society of Textile Engineers and Chemists, Vol.9 No.1. (in Korean with English abstract)
- Salmon, L.G., and Cass, G.R, 1993, The Fading of Artists' Colorants by Exposure to Atmospheric Nitric Acid, Studies in Conservation, Vol. 38, No. 2.
- Song, H.S., 2008, Natural Dye-beautiful colours, Sookmyung Women's University Press. Seoul
- Sul, J.H. and Choi, S.C., 1999, A Study on the Tannin Treatment of Silk Fabrics(IV) - Change of Properties in Tannin Treated Fabrics, Textile Coloration and Finishing, Vol.11 No.4. (in Korean with English abstract)
-