

김은경, 정세리  
유재은

상온저습  
환경에서의  
옷의 건조를 위한  
옷과 교의  
배합 분석 연구

03»

# 상온저습 환경에서의 옷의 건조를 위한 옷과 교의 배합 분석 연구

김은경, 정세리, 유재은<sup>1</sup>  
국립문화재연구소 복원기술연구실



## Analysis of mixing ratio of lacquer and glue for lacquer drying in low relative humidity environment

Eun-Kyung Kim, Se-Ri Jeong, Jae-Eun Yu<sup>1</sup>

Restoration Technology Division, National Research Institute of Cultural Heritage

<sup>1</sup> Corresponding Author : cynbi@korea.kr

### | 초록 |

본 연구에서는 옷과 교의 배합을 통한 옷의 상온경화에 관한 연구를 진행하였다. 이를 위하여 교의 제조부터 옷에 첨가하는 비율까지 여러 시편을 제작하여 실험하였다. 옷의 건조와 가장 연관이 깊은 시편의 수분함유량을 측정하고 결과 교의 종류 및 제조비율에 관계없이 첨가비율이 증가할수록 수분함량이 증가한 것을 확인하였다. 건조 시간을 알아보기 위한 도막 시편에서 어교를 배합한 시편은 약 3일 이상의 건조시간을 소비하였으나 매끈한 표면 상태 그대로 건조되었고, 아교를 배합한 시편은 하루 이내에 완전건조 하였으나 빠른 경화속도로 인해 표면에 주름이 생성되었다. 또한 어교를 배합한 시편은 아교를 배합한 시편이 공기와 접촉하자마자 검게 산화되는 것에 비해 초기 색변화가 느리게 진행되었으나 완전건조 후에는 색도에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. FT-IR을 통한 시편의 구조 분석에서 옷에 교를 배합한 시편의 카르보닐 결합이 기존의 생칠, 정제칠에 비해 증가한 것을 확인하였다.

주제어: 옷, 어교, 아교, 첨가비율, 건조시간

### | ABSTRACT |

This study investigates the hardening characteristics of the mixture lacquer and glue at room temperature. Diverse samples were made from manufacturing of glue to the adding ratio in sap of the lacquer tree. After the examination of moisture content of samples, it has been seen that there is no relation with glue's kinds or adding ratio, but only with contain level of moisture. The samples made with film shape in order to examine the drying time. Samples with isinglass needed for over three

\*접수: 2011. 9. 30 \*수정: 2011. 10. 27 \*게재확정: 2011. 10. 31

days and had smooth surface. However, samples mixed with animal glue dried within a day and had ripples on the surface because of fast drying rate. In addition, the samples with isinglass had slow change of colour in early step of drying and no colour difference after completely drying although it had significant changes to black oxide as soon as contact with air. In structural analysis with FT-IR showed that the carbonyl bond increased in the samples of mixed with glue, compared to raw lacquer and treated lacquer.

*Key Words: lacquer, isinglass, animal glue, adding ratio, drying*

## 1. 서론

옷나무에서 얻어지는 수액인 옷(漆)은 산이나 알칼리 등에 대한 내화학성이 좋고 방수, 방충 및 방부에 있어서도 우수한 성능을 가진 도료이다. 이러한 특성 때문에 예로부터 동양에서는 단순한 생활도구 뿐 아니라 각종 예술품이나 금속의 도장 등에 있어서도 옷칠 문화가 널리 성행하였다. 이러한 전통 칠기 문화재 이외에도 옷은 보존처리에 있어 유물의 원형보존 목적에 부합하는 수리와 보존의 개념을 가지고 장인들에 의해 전래되고 있다. 대표적으로 평택 대추리에서 발굴된 대형옹(조남철 외, 2010)이나 기존의 도자기 수리에 생칠과 야교, 토분 등을 혼합하여 복원하고 복원부위는 금분, 은분, 동분 등으로 고색 처리한 사례를 통해(양필승과 서정호, 2011) 고대에서부터 내구성 및 수리가 필요한 기물에 옷이 사용되어져 왔음을 알 수 있다. 또한 현대 과학적 측면에서도 옷의 효능이 입증되면서 기존의 공예분야에 한정되어 있던 용도 외의 해저 케이블선이나 선박, 비행기 등의 미래 산업에 있어 합성수지를 대체할 친환경 소재로 각광받고 있다.

하지만 이러한 우수한 특성에도 불구하고 일반 산업용 소재로 옷이 활용되기 위해서는 보완되어야 할 몇 가지 단점들이 있다. 그 중에서도

100℃ 이상의 고온이나 70~80%의 고습한 환경에서만 건조되는 옷의 특수한 성질은 일반 산업 환경에서 활용하기에 까다로운 조건 중 하나이다. 때문에 이러한 난점을 보완하면서 옷의 우수한 특성을 유지할 수 있도록 하는 연구가 다각도로 진행되고 있으며 특히 상온저습한 환경에서의 건조를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다(Lu 외 2004; Lu 외 2005).

이에 본 연구에서도 옷의 건조 조건에 대한 한계성을 보완하기 위해 KS 산업규격에서 제정한 환경에 맞추어 옷의 상온경화 연구를 진행하였다. 저습 환경에서의 경화를 위해 장인(중요무형문화재 제 113호 칠장 정수화)의 조언을 얻어 옷과 전통 재료 중 하나인 교(膠)를 배합하였고 이를 체계적으로 분석하여 더 효과적인 건조방법을 규명하기 위한 기초 데이터를 확보하고자 하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 옷

옷은 산소반응에 의한 3차원 구조의 고분자를 형성하는 천연고분자로서 화학적인 분자구조는 Fig. 1과 같고 구성성분은 Table 1에 나타내었다. 옷의 주성분인 우루시올(urushiol)은 벤젠

환에 2개의 수산기를 갖는 카테콜(catechol) 화합물에 탄소원자 15개로 구성된 긴 지방산 곁가지(R)가 결합된 것으로 곁가지에 있는 이중결합의 수와 결합 형태에 따라 다양한 우루시올 유도체가 존재한다. 일반적으로 옷의 성분은 일정하나 곁가지의 성분인 C<sub>15</sub>H<sub>26-31</sub>에서 H의 숫자가 26에 가까울수록 양질의 옷이 된다(권상오 외 1999; 신성필 2008).

옷의 구성성분 중 25~30%의 함량을 차지하는 수분은 산화효소의 활성을 통한 옷의 건조시간과 정제 시 불휘발분의 함량에 따른 물성 변화에 많은 영향을 끼치며, 설탕에 가까운 당질

을 함유하고 있는 고무질(gum)은 옷에 광택을 더하고 탄력을 유지하여 도막면이 수평 되게 조성하는 역할을 한다. 또한 고무질 속에는 락카아제(laccase) 같은 효소들이 존재하여 옷의 도막형성에 있어 우루시올이 쉽게 산화되어 고분자화 할 수 있도록 돕는 역할을 한다. 옷의 성분 중에는 알코올이나 수분에 녹지 않는 갈색의 분말이 소량 존재하는데 이 분말은 질소를 함유하는 여러 종류의 화합물로 함질소물(contain nitrogen matter)이라 지칭하며 이것을 구성하고 있는 당단백질(glycoprotein)은 예멸전을 안정화시킨다(윤국중 2005; Webb 2000).

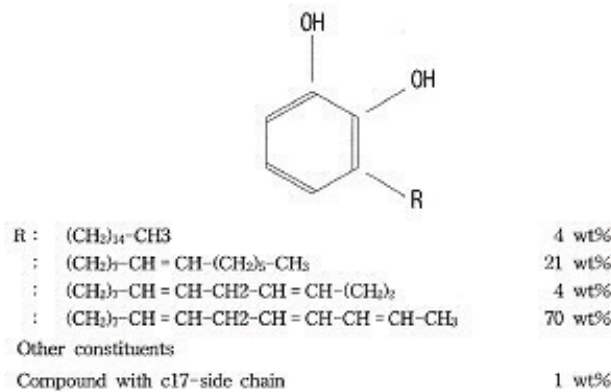


Fig. 1. The chemical structure of urushiol

Table 1. The chemical composition of lacquer

Component	Content (%)	Molecular weight (g/mole)
Urushiol	60-75	320
Water	20-25	18
Gum	5-7	22,000
Contain nitrogen matter	2-3	8,000
Laccase	0.2-0.9	120,000

## 2.2. 어교

어류의 부레로 만든 순수한 젤라틴을 어교 또는 부레풀(isinglass)이라 한다(정종미, 2001). 부레를 말려 두었다가 물에 끓여서 만든 우리나라 전통 접착제로 상온경화형에 수용성이라 작업성이 우수하다. 또한 접착력과 탄력이 좋아 어교가 일반화되기 전까지는 많이 사용되었으나 현재에는 공예품이나 국궁제작 및 벽화 작업 등에 사용되고 있다. 특히 어교의 사용법은 민속 공예자들의 경험과 과거로부터의 비체계적인 방법에 의존하여 전해지고 있기 때문에 과학적이고 체계적인 분석을 통한 어교의 접착특성 연구가 요구되고 있다(이영규 외, 2004).

## 2.3. 아교

아교(animal glue)는 동물의 가죽이나 근육, 뼈 등을 원료로 하여 정제된 젤라틴을 뜻한다. 접착력이 우수하고 건조속도가 빨라 수천 년 동안 동서양을 막론하고 접착제 및 기초 재료 등

으로 광범위하게 사용되었으며 현대에는 보존 과학적 측면에서 첨가제에 따른 보존 재료로 많이 사용되고 있다(심유진 2006; Veis 1964). 아교의 접착과정은 졸(sol) 상태로 피착재의 내부에 침투하면서 수분이 제거되고 겔(gel)화하여 물리적인 접착작용이 일어남과 동시에 분자 내의 아미노기와 카르복실기, 수산기 등에 의한 화학적 결합도 함께 진행된다. 특히 졸에서 겔로 변화하기 직전 높은 접착력을 갖는데 이 현상을 텍키네스(tackiness)라고 한다(Koob, 1998).

## 3. 실험대상 및 방법

### 3.1. 실험대상

옷은 강원도 원주에서 재배된 옷나무에서 채취한 생칠과 생칠을 정제한 정제칠 두 종류를 사용하였다. 어교는 여러 종류의 물고기 부레를 건조시킨 것을 구입하여 사용하였고 아교는 일본 산 소(牛) 막대아교를 사용하였다(Fig. 2).



Fig. 2. Pictures of the isinglass and animal glue

1) 어교 및 아교 용해

고체 상태인 어교와 아교를 활용하기 위해서는 교를 중탕하여 용해시켜야 한다. 하지만 어교와 아교를 용해시킬 때의 물의 비율은 용도에 따라 각각 달라 정확한 기준으로 제시된 자료가 없는 실정이다. 때문에 본 실험에서는 전통칠공예 제작에서 사용하는 비율을 참조하여 어교와 아교가 충분히 물에 잠기어 용해될 수 있는 최소 비율에서 최대 10배까지의 무게 비를 기준으로 재료를 용해하였다. 이에 각각 1:4, 1:7, 1:10의 일정한 비율로 계량하여 시료를 제작하였다.

건조된 부레를 비커에 넣고 물과의 일정한 비율로 계량한 후 8시간 동안 중탕하였다. 용해된 어교는 거르로 걸러내어 찌꺼기를 제거한 후 용기에 담아 냉장 보관하였다(전통과학기술 조사연구 V.4, 1996). 적당한 크기로 절단한 막대아교 50 g을 물과 계량하여 1일간 냉장보관 한 후, 60~70℃에서 천천히 중탕하여 용액으로 제조

하였다. 아교의 구성성분인 젤라틴은 4~5℃에서 팽창속도가 가장 좋기 때문에 수온이 낮을수록 소량의 물로 안쪽까지 불릴 수 있다(전현정, 2007).

2) 시편 제작

기존의 칠공예 분야 외의 타 분야에서도 옷칠의 활용도를 높이기 위해 생칠을 정제하거나 여러 첨가제를 첨가하여 사용하고 있다. 하지만 첨가제가 많이 첨가될수록 옷칠의 질과 특성이 저하되기 때문에 옷칠의 10~40% 정도로만 혼합하는 것이 일반적이다(전통과학기술 조사연구 V.3, 1995). 따라서 본 실험에서도 옷의 특성을 최상으로 유지할 수 있는 첨가제의 농도를 찾기 위해 각각 9:1, 8:2, 7:3의 농도로 옷과 교를 혼합하여 시편을 제작하였다. 생칠, 정제칠에 어교 및 아교를 배합하여 제작한 시편의 목록은 Table 2와 같다.

Table 2. List of experimental sample

No.	Lacquer	Glue	Mixing ratio	No.	Lacquer	Glue	Mixing ratio
1	Raw lacquer	Isinglass (1:4)	9:1	19	Treated lacquer	Isinglass (1:4)	9:1
2			8:2	20			8:2
3			7:3	21			7:3
4		Isinglass (1:7)	9:1	22		Isinglass (1:7)	9:1
5			8:2	23			8:2
6			7:3	24			7:3
7		Isinglass (1:10)	9:1	25		Isinglass (1:10)	9:1
8			8:2	26			8:2
9			7:3	27			7:3
10		Animal glue (1:4)	9:1	28		Animal glue (1:4)	9:1
11			8:2	29			8:2
12			7:3	30			7:3
13		Animal glue (1:7)	9:1	31		Animal glue (1:7)	9:1
14			8:2	32			8:2
15			7:3	33			7:3
16		Animal glue (1:10)	9:1	34		Animal glue (1:10)	9:1
17			8:2	35			8:2
18			7:3	36			7:3

### 3.2. 실험 방법

#### 1) 수분함량 측정

각 시료의 수분 함량은 KS M ISO 9665(접착제-아교-시료 채취 및 시험방법)에 의거하여 측정하였다. 알루미늄 디쉬를 미리 105℃에서 건조시킨 다음 데시게이터에서 30분 동안 방냉하여 항량시켰다(W1). 항량한 디쉬에 측정 시료를 1g 씩 취하여 정밀하게 무게를 측정한 후 (W2) 105℃에서 18±1시간 동안 건조시켰다. 건조한 시료는 데시게이터에서 30분 동안 방냉한 후 무게를 측정하였다(W3). 시료의 수분 함량(M)은 다음의 식을 이용하여 질량 백분율을 통해 계산하였다.

$$M(\%) = (W2 - W3 / W2 - W1) \times 100$$

#### 2) 건조 시간 및 도막 표면 관찰

시료의 도막을 얻기 위하여 슬라이드 글라스에 각각 0.2 g의 시료를 얇게 도포하여 시편을 제작하였다. KS M 5000(도료의 건조 시간 시험방법)에 의거하여 상온 25±2℃, 상대습도 50±5%에서 도막 시편을 건조하면서 일정한 시간에 따라 경화상태를 확인하였다. 경화등급은 손가락 끝을 도막 표면에 대었을 때 접착성은 있으나 도료가 손끝에 묻어나지 않는 지촉건조(set to touch)와 도막면에 손끝이 닿는 부분이 약 1.5 cm가 되도록 가볍게 눌렀을 때 도막면에 지문 자국이 남지 않는 고착건조(tack free), 손톱이나 칼끝으로 긁었을 때 흠이 잘 나지 않는 상태인 완전 건조(full hardness)를 기준으로 하여 측정하였다. 건조가 된 도막의 표면 관찰은 실체현미경(Stemi 200-C, Zeiss)을 이용하였다.

#### 3) 색차 측정

건조가 완료된 도막 표면에 휴대용 색차계(BYK Gardner)를 이용하여 색차를 측정하였으며, 도막 전체의 색을 대표하기 위해 각각 다른 지점을 5회 측정하여 평균값으로 나타내었다. 측정기준은 L을 중축으로 하고, 직교좌표인 a와 b에 의하여 색상을 나타내는 L\*a\*b\* 표색법을 이용하였다.

#### 4) 푸리에변환 적외선분광법(FT-IR; Fourier Transform Infra-Red spectrometer)

옷에 어교와 아교를 배합하였을 때 기존의 생칠, 정제칠에서의 구조변화를 알아보기 위해 FT-IR(Hyperion 3000, Bruker)을 이용하여 전반사 측정법(ATR : Attenuated Total Reflection)으로 분석하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1. 수분함량

옷칠에 어교와 아교를 첨가한 혼합시료에서는 생칠과 정제칠에 따라 수분함량에 차이가 나타났다. 생칠은 35%의 수분함량이 측정되었고 생칠에서 인위적으로 수분을 증발시켜 가공하는 정제칠에서는 9%의 수분함량이 측정되었다. 교를 혼합한 시료 역시 정제칠이 생칠에 비해 수분함량이 더 낮게 측정되었고, 교의 첨가 비율이 증가할수록 수분함량은 증가하여 생칠의 경우 약 50%, 정제칠은 30%에 이르는 수분량이 측정되었다. 또한 교의 종류 및 농도에는 관계 없이 동일한 비율로 옷과 배합된 시편은 서로 비슷한 수분함량을 나타내었다(Fig. 3).

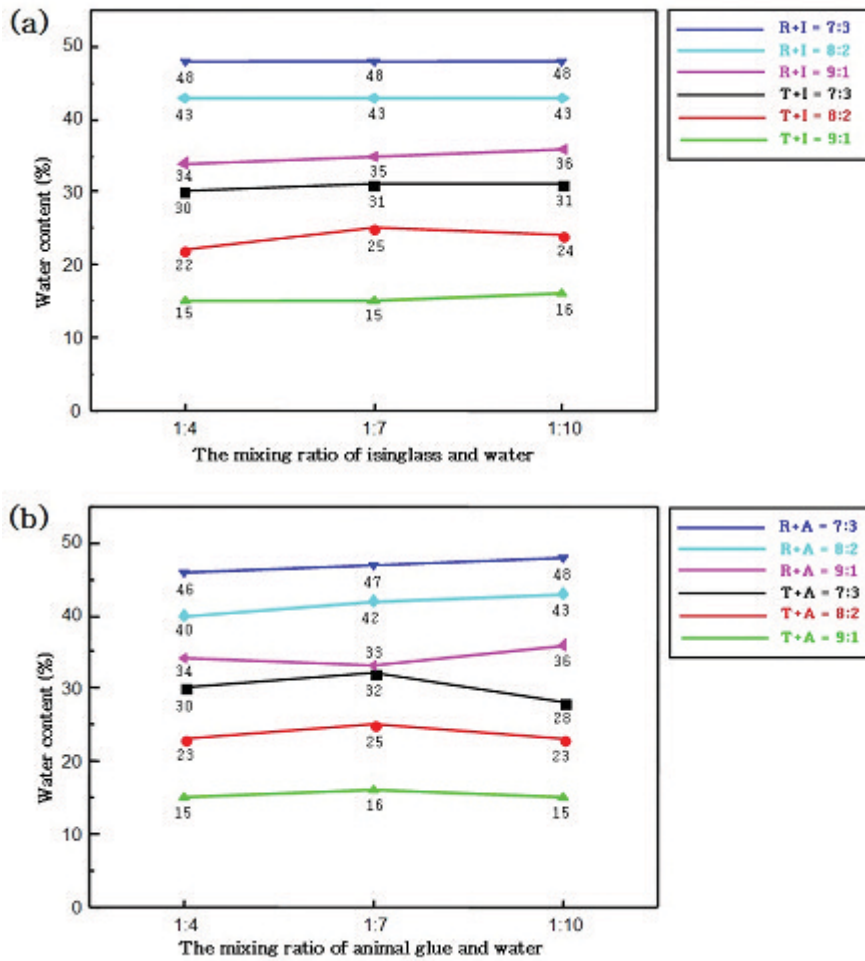


Fig. 3. A comparison of water contents in accordance with sample condition. R is raw lacquer and T is treated lacquer. I is isinglass and A is animal glue. (a) mixture of lacquer and isinglass (b) mixture of lacquer and animal glue

#### 4.2. 건조시간

제조된 시편들의 건조시간을 확인한 결과 교의 제조농도가 진하고 옷에 배합하는 비율이 증가할수록 건조시간이 짧은 것으로 나타났다. 또한 어교에 비해 아교의 건조속도가 더 빠른 것을 확인하였다. 옷에 어교를 배합한 시편의 경우 아교를 배합한 시편이 매끈하게 도포되는 것

에 비해 도포 직후 시료 간의 뭉치는 현상이 나타났으며 특히 생칠과 어교를 혼합한 시편에서 뭉치는 현상이 더 두드러지게 나타났다. 또한 옷에 아교를 혼합한 시편은 공기와 접촉 시 바로 겹겹이 산화되면서 경화반응이 뚜렷이 나타나는 것에 반해 어교를 혼합한 시편은 도포 직후에도 한동안 색변화가 느리게 진행되면서 도포된 상태 그대로 별다른 변화 없이 건조하였다.



일정 시간에 따라 시편의 건조 상태를 확인하여 건조시간을 측정하였다. 시편의 그룹을 생칠+어교, 생칠+아교, 정제칠+어교, 정제칠+아교와 같이 네 그룹으로 나누어 생각할 때, 각 그룹에서 교를 1:4로 제조하여 옷과 7:3으로 배합한 시편들의 건조 속도가 가장 빠르게 나타났다. 옷과 어교를 혼합한 시편은 도포 후 24시간이 지나면서부터 경화가 진행되어 완전건조하기까지 72~100시간이 걸렸고, 아교를 혼합한 시편은 2시간 후부터 경화가 시작되어 24시간 만에 완전 건조 하였다. 또한 옷에 어교를 혼합한 시편은 매끄럽게 경화된 것에 비해 아교를 혼합한 시편은 빠른 건조속도로 인해 표면에 주름이 생성되었고 그 중 정제칠의 경우 아교의 첨가비율이 낮

을수록 주름이 적게 생성되었다(Fig. 4). 일반적으로 옷의 경화는 우루시올의 산화를 통한 고분자의 가교결합, 효소의 산화적 결합반응, 결사슬의 산화에 의한 경화 반응 등으로 설명할 수 있다(양필승 외, 2009). 옷은 공기 중에 노출되면 점점 짙은 색으로 변하면서 수분의 증발과 함께 건조되기 시작하며 주성분인 우루시올이 효소반응에 의하여 3차원 구조의 고분자 도막을 형성하며 경화한다(이칠용 1984; 정동찬 2002). 효소인 락카아제가 공기 중의 산소와 접촉하여 표면에서부터 지속적인 경화가 진행되는데 도막 내부의 중합구조가 충분히 발달하지 않은 상태에서 건조가 진행되면 산소와 접촉하는 도막의 표면에만 치밀한 구조가 생성되어 본 시편과

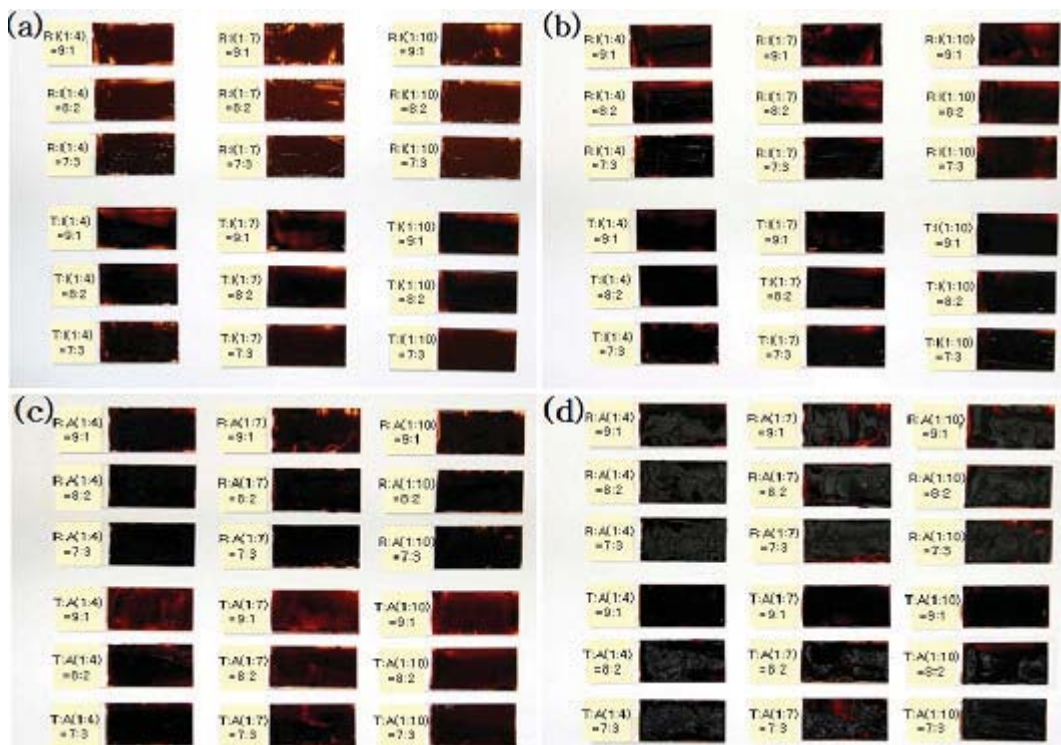


Fig. 4. Films of mixture with lacquer and glue. (a) after spread the mix of lacquer and isinglass (b) after drying 24 hours the mix of lacquer and isinglass (c) after spread the mix of lacquer and animal glue (d) after drying 24 hours the mix of lacquer and animal glue

같이 표면에 주름이 나타나게 된다.

도막시편 표면의 주름 상태를 좀 더 자세히 살펴 보기 위해 실제현미경으로 관찰하여 아교를 배합한 생칠과 정제칠의 시편 중 건조 상태가 가장 빨랐던 두 시편의 표면을 Fig. 5에 나타내었다. 생칠에 아교를 배합한 시편의 표면은 잔주름의 형태가 많고 울퉁불퉁한 반면 정제칠에 아교를 배합한 시편 표면의 주름은 크고 완만하였다. 옷은 수분의 정도에 따라 결합의 형태가 달라지기 때문에 시편에 함유된 수분의 양이 적거나 없는 경우에는 건조시간이 길어지거나 건조되지 않는 등의 옷의 기능에 이상이 일어날 수 있다. 따라서 생칠에 아교를 배합한 경우 수분 함유량이 높아 시편의 상태가 묽어 표면의 주름 형태가 더 자글자글한 모습을 갖는 것으로 생각된다. 또한 수분함량 측정 결과에서 동일한 첨가비율에서는 비슷한 수분함량이 나타났음에도 불구하고 교의 종류 및 제조비율에 따라 건조속도에 차이가 나타나는 것은 수분함량을 제외한 다른 구조상의 요인이 건조속도에 영향을 미치고 있는 것으로 파악된다.

### 4.3. 색차

시편의 조건에 따라 슬라이드 글라스 위에 도장된 도막시편의 색변화를 알아보기 위해 색차를 측정하였다(Table 3).

L값은 명도를 표시하며 수치가 크게 됨에 따라 명도가 높게 되어  $L^*=100$ 이면 순수한 백색이고  $L^*=0$ 이면 검은색을 나타낸다.  $a^*$ ,  $b^*$ 는 채도를 나타내어  $a^*$ 의 +값이 클수록 빨간색, -값이 클수록 초록색을 나타내며,  $b^*$ 는 +값이 클수록 노란색, -값이 클수록 파란색을 나타낸다. 중앙은 무채색으로  $a^*=0$ ,  $b^*=0$ 의 위치에 해당하며  $a^*b^*$ 가 증가할수록 중심에서 멀어지면서 채도가 높아져 맑은 색을 나타낸다. 교의 제조비율과 옷에 첨가한 비율에 따라 나타난 각 그룹별 명도 값 그래프를 보면 첨가비율이 증가할수록 그룹별 명도 값의 차이가 나타났으며 옷에 아교를 배합한 시편의 명도가 아교를 배합한 시편보다 높게 나타났다(Fig. 6(a)).

제조한 시편의  $a^*$ 값과  $b^*$ 값은 생칠과 정제칠에 비해 낮게 나타났으며 대체적으로  $a^*$ 값은 첨

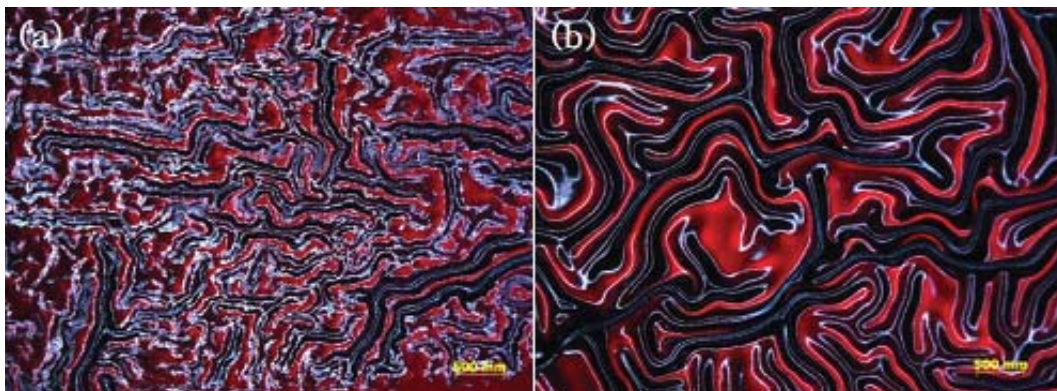


Fig. 5. The surface of the film that is mix with lacquer and animal glue. (a) the mixing ratio of raw lacquer and animal glue is 7:3 (b) the mixing ratio of treated lacquer and animal glue is 7:3

Table 3. L\*a\*b\* color specification of lacquer film

No.	Lacquer	Glue	Mixing ratio	L*	a*	b*
R	R	-	-	28.49	9.23	3.12
T	T	-	-	27.54	6.23	1.65
1	Raw lacquer	Isinglass (1:4)	9:1	26.85	2.27	0.11
2			8:2	26.94	2.23	0.08
3			7:3	26.98	1.04	-0.27
4		Isinglass (1:7)	9:1	26.96	2.47	0.19
5			8:2	28.76	9	3.11
6			7:3	27.29	2.85	0.32
7		Isinglass (1:10)	9:1	27.48	4.56	1.03
8			8:2	27.27	3.44	0.48
9			7:3	28.3	7.81	2.24
10		Animal glue (1:4)	9:1	26.17	1.82	-0.13
11			8:2	26.93	1.36	-0.3
12			7:3	24.56	0.58	-0.49
13		Animal glue (1:7)	9:1	26.81	3.16	0.53
14			8:2	26.73	1.65	-0.17
15			7:3	23.78	1.15	-0.41
16		Animal glue (1:10)	9:1	25.79	1.96	-0.19
17			8:2	26.3	1.05	-0.39
18			7:3	26.39	1.09	-0.42
19	Treated lacquer	Isinglass (1:4)	9:1	26.8	2.4	0.05
20			8:2	26.61	1.19	-0.32
21			7:3	26.88	1.53	-0.18
22		Isinglass (1:7)	9:1	26.79	2.13	-0.05
23			8:2	26.92	1.32	-0.32
24			7:3	27.01	1.66	-0.17
25		Isinglass (1:10)	9:1	26.79	1.8	-0.15
26			8:2	26.86	1.27	-0.36
27			7:3	26.86	1.87	-0.09
28		Animal glue (1:4)	9:1	27.02	3.62	0.46
29			8:2	25.59	1.83	-0.15
30			7:3	23.52	1.17	-0.42
31		Animal glue (1:7)	9:1	27.62	5.27	1.1
32			8:2	27.95	6.09	1.72
33			7:3	25.45	4.77	1.8
34		Animal glue (1:10)	9:1	27.07	3.28	0.37
35			8:2	27.02	2.78	0.15
36			7:3	27.13	4.39	0.73

가비율이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈고 b\*값은 파란색 방향의 -b\*값이 다수 확인되었다. 각 시편 간의 색도별 차이는 a\*값은 ±10, b\*값은 ±5 정도로 분석되었는데 이는 시편을 슬라이드 글라스에 도포할 때 도막의 두께가 일정하지 못하여 나타난 오차로 생각된다(Fig. 6(b)). 하지만 실제 육안으로 확인하였을 때 ±10, ±5의 차이는 식별이 어려워 색차에는 큰

차이가 없는 것으로 파악된다.

옷에 교를 배합한 초기에는 아교에 비해 어교를 혼합한 시편이 공기에 산화하여 검게 산화되는 속도가 느렸지만 건조가 완료된 후에는 어교와 아교상의 실제 색차에 큰 차이가 없어 초기 경화 과정에 있어 교에 따른 구조 및 화학적 반응 과정에 대한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

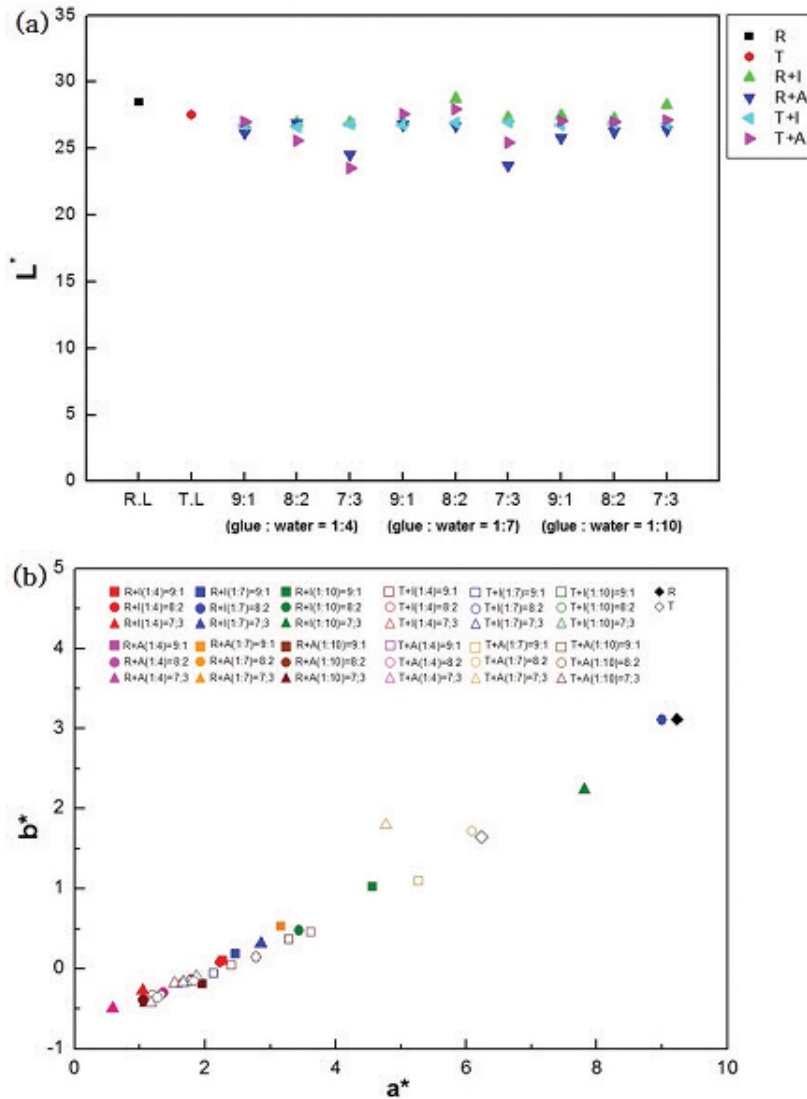


Fig. 6. Chromaticity of the lacquer film. (a) Lightness. (b) Saturation

#### 4.4. 푸리에 변환 적외선 분광법(FT-IR)

앞선 결과에서 옷에 배합한 교의 종류 및 비율에 따라 건조시간 및 표면변화에 차이가 나타나는 것을 확인하였다. 이에 경화과정 동안 시편 내 분자들의 화학 반응에 차이가 있을 것으로 예상하여 적외선 분광 스펙트럼(전반사 측정법)을 통한 구조분석을 실시하였다. 전반사 측정법은 물질의 표면에서 일어나는 반사를 통해 구조를 분석하는 방법으로 액체, 고체, 분말, 필름 등의 시료를 매우 적은 양으로도 전처리 없이 분석할 수 있어 구조분석에 있어 용이하다.

옷의 초기 경화과정에서는 락카아제의 작용에 의해 우루시올이 산화되어 O-키논으로 변하고, 이 O-키논이 우루시올과 반응하여 우루시올 이량체(Ⅱ 혹은 Ⅲ)를 생성하는 것으로 알려져 있다. 이렇게 우루시올의 벤젠고리 부분에서 일어나는 효소반응과 우루시올이 고분자화하기 시작하면서 측쇄부분에서 일어나는 자동 산화 반응에 의한 2단계로 경화가 진행된다(Lee와 Kim 1990; 見城敏子 1986).

FT-IR을 사용하여 각 그룹에서 건조속도가 가장 빨랐던 네 개의 시편과 동일한 건조 조건에서 경화시킨 생칠, 정제칠 도막 시편을 측정하여 비교분석 하였다. 먼저 옷질에서 나타나는 주 피크로 3600  $\text{cm}^{-1}$ ~3200  $\text{cm}^{-1}$  부근의 페놀성 수산기에 기인하는 넓은 흡수대의 O-H 결합, 3010  $\text{cm}^{-1}$ , 2920  $\text{cm}^{-1}$ , 2850  $\text{cm}^{-1}$ 의 날카로운 피크로 나타나는 메틸렌기의 C-H 결합, 산소와 결합하면서 생성되는 1720  $\text{cm}^{-1}$ 의 C=O 결합, 1470  $\text{cm}^{-1}$ , 1350  $\text{cm}^{-1}$ 부근의 C-H 결합, 1280  $\text{cm}^{-1}$ , 1180  $\text{cm}^{-1}$ , 1070  $\text{cm}^{-1}$ 부근의 C-O 결합이 확인되었다. 또한 982  $\text{cm}^{-1}$ , 945  $\text{cm}^{-1}$ 에서 나타나는 피크는 공역 트리엔(conjugated triene)구조를 나

타낸다(김수철, 2007).

건조된 생칠, 정제칠과 1:4로 제조한 어교, 아교를 옷에 7:3으로 첨가한 시편을 비교하면 1750  $\text{cm}^{-1}$ ~1500  $\text{cm}^{-1}$ 부근에서 교가 첨가된 시편의 피크 양상이 달라진 것을 확인할 수 있다(Fig. 7). 첨가비율에 따라 표면상 주름의 정도가 다르게 나타났던 시편(정제칠에 1:4로 제조한 아교를 9:1, 8:2, 7:3비율로 첨가한 시편)의 IR에서도 동일 부근의 피크가 달라진 것을 확인하였다(Fig. 8). 이 피크는 카르보닐(carbonyl; C=O)결합을 나타내는 1720  $\text{cm}^{-1}$ 부근의 피크로 생각되며 산소와의 결합으로 경화가 진행될수록 증가되는 피크이다. 따라서 옷과 아교를 배합한 시편에서 아교의 첨가비율이 증가할수록 카르보닐 결합량이 증가하여 건조속도가 빠르게 진행된 것으로 생각된다. 또한 어교를 배합한 시편에서도 건조속도는 느렸으나 완전 건조된 시편의 IR 결과가 아교를 배합한 시편과 동일한 것으로 볼 때 경화가 진행되는 동안의 카르보닐 결합의 속도에 있어 어교와 아교 간에 차이점이 있을 것으로 생각된다.

Fig. 7과 Fig. 8의 IR 결과에서 옷에 교를 배합한 시편의 카르보닐 결합 부근에서 생칠, 정제칠의 경화된 모습과는 달리 추가로 생성된 피크를 확인할 수 있다. 이는 1640  $\text{cm}^{-1}$ ~1540  $\text{cm}^{-1}$ 의 N-H 결합으로 어교와 아교의 IR 분석 결과에서 볼 수 있는 단백질 피크로 제조 농도가 높은 교의 배합에서 더 뚜렷하게 분리되어 나타난다.

FT-IR은 화학 분자 작용기의 증감을 통한 구조 분석이기 때문에 교의 종류에 따른 표면변화 차이의 원인을 분석하기에는 어려움이 있었다. 또한 전반사 측정법을 통한 구조 분석은 도막 표면에서의 전반사를 이용하기 때문에 완전 건조

된 시편 상에서의 차이를 보기에는 한계점이 있다. 때문에 옷과 교를 배합한 시편의 초기부터 완

전 건조하기까지의 경화과정을 전문적인 유기분석을 통한 구조 해석이 필요할 것으로 생각된다.

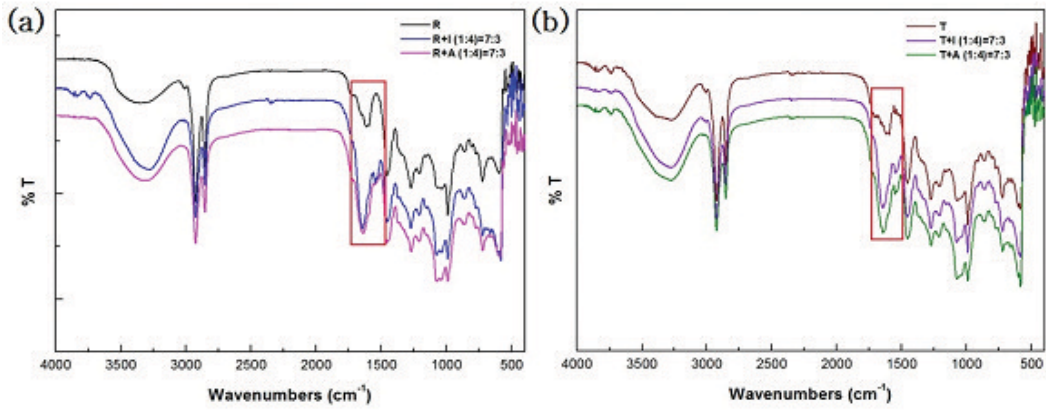


Fig. 7. FT-IR spectrum of dried lacquer film. (a) raw lacquer and mixture of raw lacquer and glue (b) treated lacquer and mixture of treated lacquer and glue

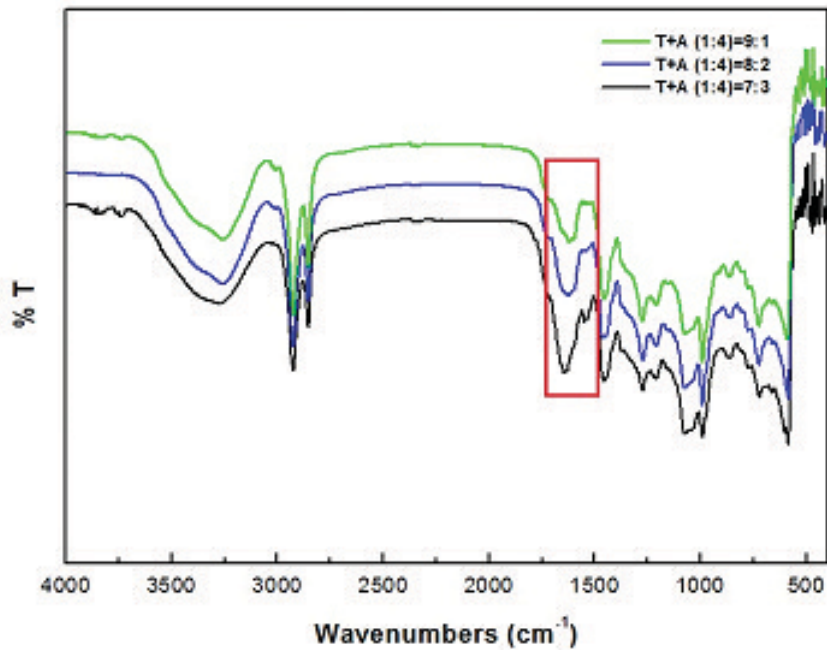


Fig. 8. A comparison of FT-IR spectrum data according to the amount of ripples on lacquer film.

## 5. 결론

일반 상온 환경에서 옷의 건조를 위해 옷에 어교 및 아교를 일정 비율로 배합하여 시편을 제작하고 그 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 옷은 고온 혹은 고습한 환경에서 건조하는 특수성을 가지고 있으나 옷에 어교 및 아교를 배합함으로써 상온저습한 환경에서도 건조가 가능하였다.

2. 제조된 시편의 수분함유량은 교의 종류 및 농도에는 관계없이 동일한 첨가비율 상에서 비슷하게 나타났으며 첨가비율이 증가할수록 수분함량도 증가하였다.

3. 옷에 어교를 배합한 도막시편은 3~4일 정도의 건조시간이 소비되나 매끈한 표면 상태를 유지할 수 있고, 아교를 배합한 시편은 하루 이내에 완전 건조하나 빠른 건조속도로 인해 표면에 울퉁불퉁한 주름이 생성된다.

4. 초기 배합 시 아교를 배합한 시편이 공기와 접촉하자마자 검게 산화된 것에 비해 어교를 배합한 시편은 초기 색 변화가 느리게 진행되었으나 건조가 완료된 후에는 어교와 아교상의 실제 색차에 큰 차이가 나타나지 않았다.

5. FT-IR을 통해 경화된 옷의 카르보닐 결합에 비해 교가 첨가된 시편들의 카르보닐 결합량이 증가한 것을 확인하였다.

이와 같이 동일한 젤라틴 성분을 가지고 있음에도 교의 종류와 제조비율, 옷에 첨가한 비율에 따라 시편의 건조 속도 및 도막시편 초기의 색 변화와 완전건조 후의 도막 표면 상태 등에 있어 큰 차이가 나타나는 것을 확인하였다. 이에 정밀한 추가 구조분석을 통해 옷에 교를 배합한 시편의 경화과정에 대한 체계적이고 과학적인 분석

이 이루어진다면 전통 재료간의 혼합을 통한 옷의 상온 경화를 토대로 합성수지를 대체하는 친환경 소재 개발에 큰 도움이 될 것이다.

## 사사

본 연구는 국립문화재연구소의 지원을 받아 문화유산 기본연구(R&D) 사업의 일환으로 이루어졌다.

## 참고문헌

- 권상오, 남철균, 노은희, 박종화, 신승우, 이은규, 조성혜, 1999. 공예 재료와 기법, 태학원, 서울.
- 김수철, 2007. 고대 칠기 분석 및 보존처리. 충북대학교 대학원, 65-66.
- 신성필, 2008. 재현 실험을 기초한 옷칠 도막의 보존과학적 특성 평가. 공주대학교 대학원, 7-8.
- 심유진, 2006. 아교와 첨가제에 따른 물성변화 연구. 한서대학교 예술대학원, 1-2.
- 양필승, 서정호, 황현성, 2009. 경덕진요 백자 구연부 금속 테두리의 제작기법 및 접착방법 재현. 보존과학회지 제 25권 3호, 273-282.
- 양필승, 서정호, 2011. 도자기 수리복원 방법의 변천과정에 관한 고찰. 보존과학회지 제 27권 1호, 49-59.
- 윤국중, 2005. 옷칠의 용매추출과 정제방법에 관한 연구. 배재대학교 대학원, 12-14.
- 이영규, 황현득, 김현중, 2004. 어교의 접착 특성. 목재공학 제 32권 5호, 59-65.
- 이철용, 1984. 漆工研究, 한국나전칠기보호

- 협회, 미진사, 서울, pp. 41-42.
- 전통과학기술 조사연구 V.3, 1995. 국립중앙과학관, 대전, pp. 170.
  - 전통과학기술 조사연구 V.4, 1996. 국립중앙과학관, 대전, pp. 102.
  - 전현정, 2007. 전통회화작품에 사용되는 아교의 영향에 관한 연구. 명지대학교 문화예술대학원, 18-19.
  - 정동찬, 2002. 겨레과학인 우리공예, 겨레과학총서1, 민속원, 서울, pp. 41-42.
  - 정종미, 2001. 우리 그림의 색과 칠, 학교재, 서울, pp. 175.
  - 조남철, 김수철, 김우현, 신연식, 2010. 평택 대추리 유적 출토 원삼국시대 대형옹에 사용된 접착재료 연구. 보존과학회지 제 26권 4호, 371-376.
  - 見城敏子, 1986. "古代漆"の分析の"關"の前處理", 保存科學 25, 49-53.
  - Koob S., 1998. Obsolete fill materials found on ceramics, Journal of the American Institute for Conservation Vol. 37, 49-67.
  - Lee PW., Kim HJ., 1990. Characteristics of hardening behavior of Korean Rhus lacquer by FTIR. 목재공학 Vol. 18, No. 1, 10-14.
  - Lu R., Harigaya S., Ishimura T., Nagase K., Miyakoshi T., 2004. Development of a fast drying lacquer based on raw lacquer sap. Progress in Organic Coating Vol. 51, 238-243.
  - Lu R., Ishimura T., Tsutida K., Honda T., Miyakoshi T., 2005. Development of a fast drying hybrid lacquer in a low-rel-
- ative-humidity environment based on Kurome lacquer sap. Journal of Applied Polymer Science Vol. 98, 1055-1061.
- Veis A., 1964. Macromolecular chemistry of gelatin, Academic Press, London, pp. 384-397.
  - Webb M., 2000. Lacquer: technology and conservation : a comprehensive guide to the technology and conservation of Asian and European lacquer, Butterworth-Heinemann, Oxford, 8-10.