

시판용 접착제의 지류보존처리 적합성 판단을 위한 열화 특성 연구

성연심¹ | 염인경

국립중앙도서관 자료운영과 자료보존실

A Study of the Aging Properties of the Common Synthetic Resin Adhesives for Paper Conservation Purposes

Yeonsim Sung¹ | Inkyung Youm

Preservation Center for Library Collection, The National Library of Korea, Seoul, 137-702, Korea

¹Corresponding Author: yeonsim@gmail.com, +82-2-590-0740

초록 전문적인 보존시설이 없는 대부분의 도서관에서는 손상된 도서의 간단한 수선 처리 및 응급조치 시 일반시판용 합성수지 접착제를 사용하고 있고, 이는 크게 PVAc 계열(Pa), 아크릴 계열(Ac)과 PVP 계열(Pv)로 나뉜다. 국립중앙도서관 자료보존실에서 사용하고 있는 보존용 합성수지 접착제(Pa-1)와 일반시판용 합성수지 접착제 중 대표적인 접착제를 골라 열화특성을 연구하기 위해 인공열화를 진행한 뒤, 약 한 달 동안 산성도(pH)와 색도를 측정하였다. 산성도 실험 결과에서 Pa-1(pH 7~7.5)과 Ac-2(pH 6.5~8)는 보존처리에 적합한 범위를 나타내었다. 색도실험에서 황변도를 나타내는 Δb^* 는 Pa-1<Ac-2<Pa-2<Pa-4<Pp-2<Pa-3<Pp-1<Ac-1 순으로 변화도가 커졌다. 본 연구에서는 보존용 접착제인 Pa-1을 제외하고 Ac-2가 응급조치 시 사용하기에 가장 적합한 것으로 나타났다. 더불어 보다 다양한 각도의 연구와 실제 적용할 수 있는 구체적인 방법이 보충되어야 한다고 사료된다.

중심어: 합성수지접착제, PVAc, 아크릴수지, PVP, 인공열화, 산성도, pH, 색도

ABSTRACT Most of the libraries and archives that lacks conservation lab facilities, frequently apply common synthetic resin adhesives such as PVAc group(Pa), acrylic group(Ac) and PVP group(Pv) on simple repairs. The archival quality synthetic adhesive(Pa-1) that is used at the National Library of Korea and the common synthetic resin adhesives were selected for the experiments. Accelerated aging test was applied on the adhesive samples and change of the pH and chromaticity were measured for one month. As the result of the pH mesurments, Pa-1 and Ac-2 were at the acceptable pH range. As the result of the chromaticity mesurments, degree of yellowing(Δb^*) showed smaller change to greater change in the following order; Pa-1<Ac-2<Pa-2<Pa-4<Pp-2<Pa-3<Pp-1<Ac-1. The results indicate that archival quality synthetic adhesive(Pa-1) and Ac-2 are best to use in simple repairs. The research should be supported with various approaches and methods for practical application.

Key Words: Synthetic adhesive, PVAc, Acrylic, PVP, Accelerated aging, pH, Chromaticity

1. 서론

합성수지 접착제는 공업용 또는 일반 가정용으로 널리 쓰일 뿐 아니라 보존처리기관에서도 사용되고 있는 보편적인 접착제이다. 전문적인 보존처리 기관에서는 보존처리뿐만 아니라 보존용 상자 제작에 보존처리용으로 시판되고 있는 합성수지 접착제를 사용하고 있다. 이에 반해 전문적인 보존시설이 없는 대부분의 공공 도서관과 대학 도서관에서는 손상된 도서의 간단한 수선 처리 및 응급조치 시 일반적으로 판매되는 합성수지 접착제를 사용하고 있어 일반시판용 합성수지 접착제의 열화 특성연구의 필요성이 대두되고 있다.

합성수지 접착제를 보존적인 시각에서 고찰한 연구 성과로는 국내에서는 기록물 보존상자용 접착제로 고려되는 것 중 하나로서 합성수지계 접착제의 특성을 연구한 사례가 있다¹⁻⁴. 국외에서는 합성수지 접착제의 열화특성에 대해 전문적으로 분석하고 연구한 논문이 다수 있다⁵⁻¹⁰. 특히 Canadian Conservation Institute의 Jane Down의 연구는 방대한 종류의 합성수지 접착제의 다양한 열화 특성에 관한 실험을 진행하였다. PVAc 계열과 아크릴 계열의 접착제 총 52개를 약 15년간의 자연열화를 하면서 산성도(pH), 기체 배출, 유연성, 강도와 황변도에 대한 데이터를 모아 합성수지 접착제의 열화 특성을 서술하고 보존처리로 적합한 접착제에 대한 결론을 도출하고 있다. 이는 합성수지 접착제의 열화 특성에 관한 광범위한 연구 결과이나 실험에 사용된 대부분의 접착제가 국내에서는 시판되고 있지 않다. 다른 국외의 연구들도 각자의 나라에서 시판되고 있는 합성수지 접착제에 대한 연구를 진행하였다. 따라서 국내에서 시판되고 있는 합성수지 접착제에 관한 연구가 필요하다.

이번 연구에서는 시중에서 손쉽게 구매할 수 있는 보편적인 합성수지접착제를 선택하여 여러 가지 열화 특성 중 보존성 판단 시 가장 중요한 요소라고 할 수 있는 산성도(pH)와 색도의 변화를 분석하였다. 산성도의 경우 도서관에서 소장하고 있는 자료들이 종이, 직물 등 유기물 자료와

더불어 사진과 같은 복합적인 자료들로 이루어져 있기 때문에 보존처리 시 적합한 pH의 범위를 폭넓게 고려해야 한다. 직물은 pH5.5~8.5, 종이는 pH5.5~10이고, 사진의 경우, 흑백사진(gelatin으로 구성)은 pH7.2~9.5, 컬러사진(albumin으로 구성)은 pH7.0~7.5로 이를 종합하여보면 pH5.5~8의 범위가 적합하다⁵. 색도의 경우 색차 값의 판정은 미국표준기술원(NIST, National Institute of Standard and Technology)의 색차단위수치 기준을 사용하였다. 위 기준을 바탕으로 일반시판용 합성수지접착제의 인공열화 후 산성도와 색도가 보존처리에 적합한지 판단하였다.

2. 이론적 배경

2.1. 시판용 접착제

일반적으로 시판되고 있는 합성수지 접착제를 살펴본 결과 크게 PVAc(Polyvinyl acetate) 계열, 아크릴 수지(Acrylic resin) 계열, PVP(Polyvinyl pyrrolidone) 계열로 나뉜다. 아크릴수지 계열에는 Polymethyl acrylate(PMA), Polybutyl methacrylate, Polyethyl methacrylate 등 여러 종류가 있으며 이 중 PMA가 대표적이라고 할 수 있다(Figure 1). 주요 성분은 이렇게 세 가지이지만 여러 첨가물이 부수적으로 첨가되므로 각기 다른 열화특성을 나타낸다.

PVAc 계열의 접착제는 통상적으로 PVAc와 첨가물이 물과 섞여있는 에멀전(emulsion)상태로 시판된다. 각 성분의 비율이나 첨가물의 종류에 따라 PVAc 계열이라도 다른 특성을 가진다. PVAc 자체는 중성이나 물과 섞여있는 에멀전(emulsion) 상태에서는 PVAc가 가수분해하여 poly(vinyl alcohol)와 아세트산(acetic acid)이 생성되고, 아세트산으로 인해 산성을 나타내게 된다(Figure 2).

PVAc는 산화되면 알데하이드기(aldehyde group)나 카복실산(carboxylic acid)이 생성되어 산성을 나타내게 된다.

PMA(Polymethyl acrylate)와 같은 아크릴 수지 접착제

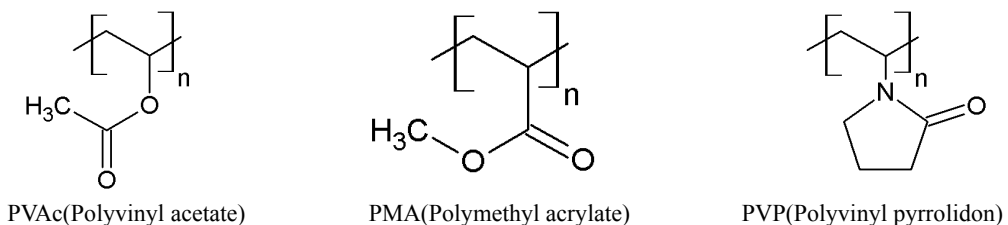


Figure 1. Structures of PVAc, PMA, and PVP.

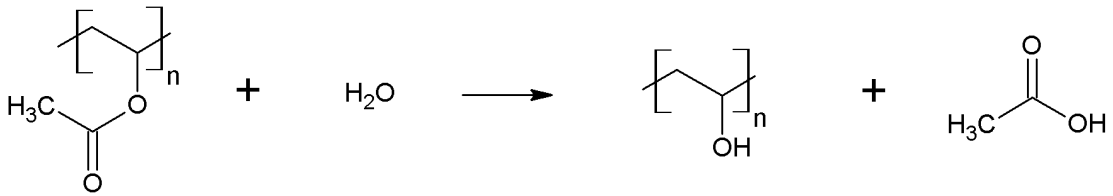


Figure 2. PVAc in emulsion state.

는 소수성(hydrophobic)이 강해서 물을 잘 흡수하지 않으며 공기 중에서의 산화도 잘 일어나지 않는다. 빛을 받으면 자외선을 흡수한 카보닐기(carbonyl group)에 의해 radical이 생성되고 공기 중의 산소와 반응하여 알데하이드기(aldehyde group)가 생성된다. 산화된 아크릴 수지는 물에 의해 가수 분해되어 카복실산(carboxylic acid)이 생성되어 산성을 나타내게 된다. 이러한 가수분해 반응은 산촉매에 의해 반응이 촉진되기 때문에 시간이 지나면서 생성된 산에 의해 아크릴수지의 가수분해 반응이 빨라진다.

PVP는 수용성 고분자로 물에 잘 녹는다. PVP를 구성하는 아마이드(amide)의 아민기(amine group)에 있는 질소원자가 한 쌍의 비공유 전자쌍을 가지고 있기 때문에 전자를 제공하여 염기성을 나타낸다. 산화가 일어나면 알데하이드기(aldehyde group)와 카복실산(carboxylic acid)이 생성된다.

합성수지접착제의 구성성분의 일반적인 특성은 이렇거나 일반시판용 합성수지접착제는 여러 첨가물에 의해 그 특성이 달라질 수 있다.

2.2. 산성도

산성도는 지류의 보존처리에 사용되는 보존용품의 적합성을 판단 시 중요한 조건 중 하나이다. 지류의 열화 요인으로 중요하게 지목되고 있는 것이 산과 알칼리에 의한 열화이기 때문이다. 산에 의한 열화반응은 산성 물질이 수소 이온을 제공하여 종이를 구성하고 있는 글루코시드 결합(glucoside bond)을 끊고 그 과정에서 종이의 구성체인 글루코스(glucose)에서 수소 이온을 생성시켜 셀룰로오스(cellulose)의 중합도(degree of polymerization)를 급격하게 감소시키게 된다. 이러한 반응은 종이가 강도를 잃게 되고 변색되게 되는 원인으로 작용하게 된다¹¹⁻¹². 또한 종이는 강알칼리(pH10-14) 물질에 의해서도 열화 반응이 일어난다. 특히 종이가 알콕시드(RO-)와 같은 강한 알칼리 물질과 반응하면 셀룰로오스 체인(oxidized cellulose chain)이 산화된다. 종이가 건조하고 공기와 접촉하고 있는 상태라면 탄산염이

되어 분자간의 결합이 끊어지지는 않지만, 이러한 셀룰로오스 분자의 산화된 부분은 산성 혹은 알칼리 물질과의 접촉으로 인해 열화가 촉진될 수 있는 가능성을 가지게 된다¹¹. 이러한 이유로 산성과 강알칼리성을 나타내는 물질은 보존성이 떨어진다고 할 수 있다. 따라서 이번 실험에서는 시판용 합성수지 접착제의 보존용품으로서의 적합성을 판단함에 있어 산성도를 나타내는 지수인 pH값을 이용하였다.

2.3. 색도

색도 또한 보존 용품의 적합성 판단 시 중요한 요인이다. 색도의 변화에서 황변화는 물질의 불안정성과 열화의 진행을 나타내는 징후라고 할 수 있다⁵. 또한 접착제는 보존처리 시에 표면에 드러나는 부분에도 도포하기 때문에 처음에는 투명했던 합성수지 접착제가 시간이 지남에 따라 노란빛을 띄게 되면 시각적인 면과 미적인 면에서도 문제가 될 수 있다. 따라서 이번 연구에서는 색도를 측정하여 시판용 합성수지의 보존성을 판단하였다.

3. 재료 및 방법

3.1. 실험재료

국내에서 상업용으로 시판되고 있는 접착제 중 PVAc, 아크릴수지, PVP 중 종류별로 대중적이며 일반적으로 구하기 쉬운 접착제의 7종을 실험 재료로 선택하였다. 국외에서 보존용품으로 판매되고 있는 합성수지 접착제도 비교를 위해 실험에 추가하였다(Table 1).

3.2. 실험방법

3.2.1. 산성도(pH) 실험

3.2.1.1. 시편준비

ASTM D 1583-01(2008 Standard Test Method for

Hydrogen Ion Concentration of Dry Adhesive Films)을 바탕으로 실험을 구성하였다. 각각의 접착제를 주사기(10ml, 22GX14/1)에 넣고 테플론 종이(teflon paper) 위에 두께 3mm의 긴 띠 형태로 여러 줄을 도포하였다. 인공열화 전 30일간 실온에서 건조하였다. 열화기(ADVANTEC, THE051FA) (Figure 3A)에서 온도 23°C, 상대습도 50% 조건으로 24시간 동안 컨디셔닝을 한 후, ISO standard 9142:2003에 의거하여 온도 80°C, 상대습도 80% 조건으로 인공열화를 진행하였다. 테플론 종이에서 시료를 떼어내어 3x3(mm) 크기로 잘랐다. 이때 도포되어있는 여러 줄의 시료를 조금씩 모두 사용하여 채취하였다(Figure 3B). 자른 시료 0.2g을 바이알에 넣고 10ml의 탈이온수를 넣어 교반기(N-BIOTEK, NB-101S)로 10분간 혼합하였다. 접착제별로 3개의 샘플을 만들고 이후 7°C 냉장 보관하였다.

3.2.1.2. 측정방법

시료의 측정 주기는 초기, 3일, 7일, 14일, 21일, 28일로

정하였다. Jane Down의 논문에 나온 실험 방법과 동일하게 각 시료를 냉장상태로 보관 후 3일 이후부터 측정하였다 (합성수지계열의 접착제는 물에 녹지 않으므로 산성도에 영향을 주는 성분이 시료에서 물로 유입되는 시간이 필요하여 3일 이후에 측정하였다. 또한 온도가 높아져서 물에 녹는 성분들을 배제하기 위해 냉장 보관하였다). 측정 시 냉장고에서 꺼내 23°C에서 1시간 동안 컨디셔닝을 해주었다. 교반기를 사용하여 5분간 섞은 뒤 pH를 측정하였다 (Thermo SCIENTIFIC, ORION 3 STAR). 매일 같은 시간에 측정하면서 pH의 변화가 0.05 이하일 때 측정을 마쳤다. 접착제별로 3 개의 샘플을 측정하고 평균값을 사용하였다.

3.2.2. 색도 실험

3.2.2.1. 시편준비 및 측정방법

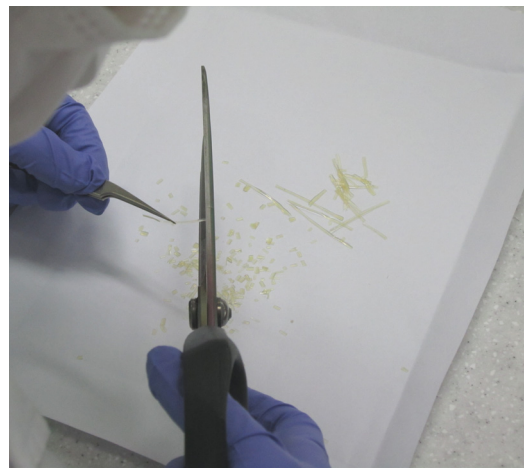
현미경 슬라이드 글라스에 접착제 종류별로 2x2(cm) 크기로 도포하고 30일간 실온에서 건조하였다. 열화기에서

Table 1. List of synthetic resin adhesives selected for the experiment.

Adhesive Type		Product Name	Manufacturer
PVAc	Pa-1	Neutral pH Adhesive	LINECO(U.S.A)
	Pa-2	Craft Glue	JONG IE NARA(Korea)
	Pa-3	Mudogi	OKONG(Korea)
	Pa-4	White Craft Glue	AMOS(Korea)
Acrylic resin	Ac-1	Super Clean Glue	MUNBANG(Korea)
	Ac-2	Varnish	JONG IE NARA(Korea)
PVP	Pp-1	Glue Stick	AMOS(Korea)
	Pp-2	Scotch Glue Stick	3M Korea(Korea)



(A)



(B)

Figure 3. (A) aging oven used in the experiment (B) preparing samples for pH test.

온도 23℃, 상대습도 50% 조건으로 24시간 동안 컨디셔닝을 한 후, 온도 80℃, 상대습도 80% 조건으로 인공열화를 진행하였다. 시료의 측정은 산성도 실험과 같은 주기로 측정하였다. 열화기에서 꺼낸 샘플을 실온에서 1시간 동안 컨디셔닝을 한 후 백색종이 위에 샘플을 놓고 분광광도계(NIPPON DENSHOKU, NF333)로 측정하였다.

범위를 벗어났다. Pa-2, Pa-3과 Ac-1은 pH5.50이하의 산성임을 확인하였고 열화진행에 따라 점차 수치가 낮아지는 것을 알 수 있었다. Pa-4의 열화 3일부터 28일까지의 측정수치는 적합한 범위안에 있지만, 초기 측정 시에는 산성을 나타내었다. Pp-1과 Pp-2는 알칼리성을 나타내었다(Figure 4).

4. 결과 및 고찰

4.1. 산성도(pH) 측정 결과 및 고찰

산성도를 나타내는 pH 측정 결과 Table 2에서와 같이 Pa-1과 Ac-2의 수치는 보존처리시 사용하기에 적합한 범위(acceptable range) 안에 있지만 그 외의 시료는 적합한

4.2. 색도 측정 결과

시편의 색상 변화를 CIE Lab 표색계 방식으로 색도를 측정하였다. L*, a*, b* 가운데 접착제의 열화에서 황변도를 나타내는 b*와 이것의 변화도를 나타내는 Δb^* (28일 열화b* - 초기b*)를 표로 나타내었다(Table 4). Table 3에서 보는 것과 같이 모든 접착제들은 열화가 진행됨에 따라 눈으로 보이는 정도의 색상변화가 확인되었다.

Table 2. Result of the pH measurements on the dry film extracts of the adhesives.

Adhesives	Initial	3days	7days	14days	21days	28days
Pa-1	7.54	7.36	7.45	7.40	7.40	7.25
Pa-2	5.59	4.80	4.53	4.43	4.25	4.21
Pa-3	4.62	5.99	5.44	4.85	4.53	4.21
Pa-4	5.37	6.86	6.82	6.94	6.61	6.66
Ac-1	4.57	4.91	4.91	4.73	4.68	4.61
Ac-2	7.81	6.90	7.00	6.78	6.64	6.71
Pp-1	9.75	9.67	9.58	9.56	9.53	9.54
Pp-2	10.06	9.67	9.91	9.92	9.79	9.72

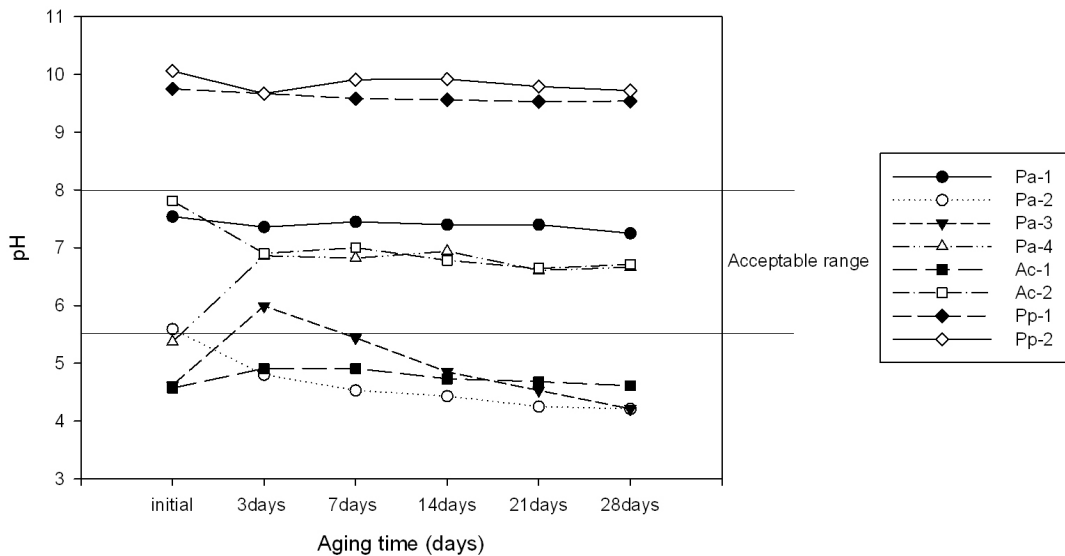
























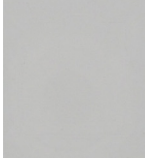













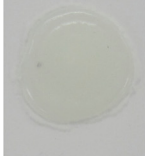
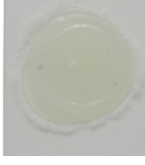
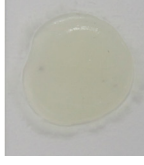









Figure 4. Changes of the pH measurements of the adhesives.

Table 3. Color transitions of the dry film adhesives.

Adhesives	Color transitions of the adhesives					
	initial	3days	7days	14days	21days	28days
Pa-1						
Pa-2						
Pa-3						
Pa-4						
Ac-1						
Ac-2						
Pp-1						
Pp-2						

ΔE^* (색차)를 이용하여 색도 실험 샘플의 색상 변화를 분석하였다. 초기의 $L^*a^*b^*$ 값과 28일 열화 후의 $L^*a^*b^*$ 값을 사용하여 ΔE^* 값을 구했다. 판정은 미국표준기술원 (NIST, National Institute of Standard and Technology)에 의한 색차단위수치를 기준으로 하였다(Figure 5)¹³.

4.3. 인공열화 후 상태 변화

PVAc 계열 접착제는 인공열화과정에서 Pa-1을 제외한 나머지에서 끈적임과 표면 광택이 관찰되었다. 또한 대부분의 접착제가 초기의 유연성을 유지하였다. 탈이온수에 넣은 뒤, 시편은 하얗고 불투명하게 변하면서 약간의 부푸는 현상을 보였다.

아크릴수지 계열 접착제는 서로 다른 열화현상을 보였다. Ac-1는 시편을 건조하는 과정에서 수축이 심하고 서로 엉겨 붙어 멍치는 현상이 나타났다. 열화 이후에는 유연성이 급격히 떨어져 샘플을 만드는 과정에서 부스러짐이 심하였다. 샘플을 탈이온수에 넣고 흔들고 난 후, 탈이온수가 움직이지 없이

마치 젤리처럼 변하였고 동시에 샘플의 크기가 급격히 커졌다. Ac-2는 유연성을 유지하고 지속적으로 끈적임이 나타났다.

PVP 계열 접착제인 Pp-1은 인공열화 3일까지 초기 상태를 유지하였지만, 이후부터 빠르게 마르면서 수축되고, 유연성이 완전히 없어지고 테플론 페이퍼에서 분리되었다. 탈이온수에 넣은 시편은 초기 상태처럼 크기와 색상이 변하였다. Pp-2는 인공열화 단계부터 끈적임이 매우 심하였고 열화 3일 이후 끈적임은 낮아졌지만 점차 크기가 부풀다가 원래의 형태를 유지하지 못하였다. 이는 색도 시편에서도 확인된다(Table 3).

인공열화 후의 상태변화를 통해 실제 접착제를 사용하였을 때 발생될 수 있는 문제점을 예측할 수 있고 이를 통해 접착제를 구분하여 사용하는 데 도움이 될 것으로 기대된다.

5. 결론

일반 도서관에서의 도서 응급조치 시 사용되고 있는 시판용 접착제의 보존성을 판단하기 위해 인공열화를 통해

Table 4. Results of the yellowing measurements(Δb^*) on the adhesives.

	Pa-1	Pa-2	Pa-3	Pa-4	Ac-1	Ac-2	Pp-1	Pp-2
initial	5.20	5.52	5.61	6.52	2.48	5.41	-4.26	3.07
3day	7.39	6.69	7.26	9.78	3.58	6.33	-1.17	5.45
7day	7.53	7.43	8.85	10.32	6.13	7.47	1.42	6.73
14day	8.09	9.22	11.11	12.11	10.49	8.56	6.59	9.85
21day	8.48	10.61	13.35	12.50	15.10	9.24	9.40	11.25
28day	9.10	11.99	16.31	13.02	19.14	9.64	12.30	12.11
Δb^*	3.90	6.47	10.70	6.50	16.66	4.23	16.56	9.04

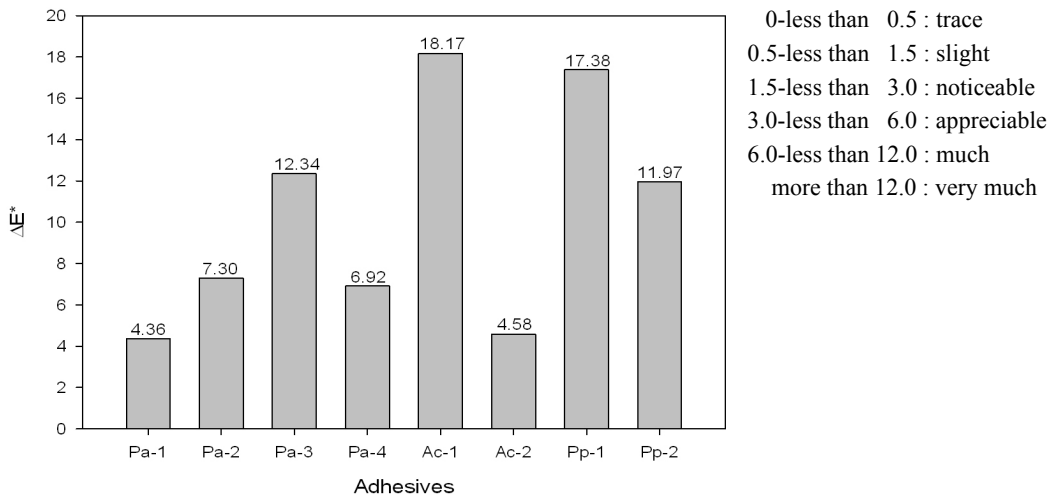


Figure 5. Results of the color difference (ΔE^*) on the adhesives.

약 30일간 산성도(pH)와 색도를 측정하였다.

시판용 합성수지 접착제의 산성도(pH)를 실험한 결과 PVAc 계열의 접착제 가운데 Pa-2와 Pa-3은 매우 낮은 보존 처리용으로 적합하지 않음을 확인할 수 있었다. Pa-4는 초기 pH5.50 이하로 낮지만 이후 적합한 범위에 속하였다. Pa-1은 pH7.00~7.50 사이로 중성을 유지하였다. 아크릴수지 계열의 접착제 가운데 Ac-1은 pH4.50~5.00 사이로 산성을 나타내었고 이와 다르게 Ac-2는 pH6.50~8.00 사이로 보존처리 시 적합한 범위를 나타내었다. PVP 계열의 접착제는 Pp-1과 Pp-2 모두 pH9.50~10.00 사이로 사용하기 적합한 범위를 벗어났다.

색도의 경우 대부분의 접착제가 28일 열화 후에는 눈으로 확인할 수 있을 만큼 변화한 것을 알 수 있었다. NIST의 색차단위수치의 기준에 따라 Pa-1과 Ac-2는 감지할 정도(appreciable)의 변화이고, Pa-2, Pa-4와 Pp-2는 많음(much)의 변화를 나타내었다. Pa-3, Ac-1과 Pp-1은 매우 많음(very much)의 변화로 나타내었다.

산성도와 색도를 측정한 결과 보존용으로 시판되는 Pa-1을 제외하고 Ac-2가 가장 사용하는데 안정한 것으로 판단된다. 하지만 시판용 접착제는 주요 성분 이외에도 다양한 첨가물로 이뤄지기 때문에 안정한 사용을 위해서는 접착도, 유연성, 유해기체발생, 가역성 등을 연구하는 것이 필요하다. 이와 더불어 접착제가 종이나 섬유에 반응하는 특성과 실제로 사용할 수 있는 구체적인 방법에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

연구에 도움을 주신 Canadian Conservation Institute의 Jane Down 연구원님, KAIST 화학과 김상울 교수님, 국립중앙도서관 자료보존실 이귀복 연구관님께 감사를 드립니다.

참고문헌

- Kim, H.J., Lee, J.Y., Park, J.H. and Seo, Y.B., "Investigation of Adhesives for Archival Quality Container". *Fall 2008 International Seminar on Pulping and Paper making Technology Proceedings*, p199-204, (2008).
- Kim, H.J., Lee, J.Y., Park, J.H. and Seo, Y.B., "Antibacterial Evaluation of Base papers and Adhesives for Archival Quality Container". *Fall 2008 International Seminar on Pulping and Paper making Technology Proceedings*, p193-198, (2008).
- Park, J.H., Kim, H.J., Oh, D.K., Koh, S.T. and Kang, K.H., "Applicability Evaluation of Corrugated boards and Adhesives for Production of Archival Quality Container Sample". *Fall 2009 International Seminar on Pulping and Paper making Technology Proceedings*, p271-276, (2009).
- Park, J.H., Kim, H.J., Lee, T.J. and Seo, Y.B., "Studies on the Development of Corrugated Board and Investigation of Optimum Corrugating Adhesive for Archival Quality Container (Part I)". *Journal of Korea TAPPI*, **41**, p73-81, (2009).
- Down, J.L., "Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute - An Evaluation of Selected Poly(Vinyl Acetate) and Acrylic Adhesives". *Studies in Conservation*, **41**, p19-44, (1996).
- Piez, G.T., "Some Library Adhesives - A Laboratory Evaluation of P.V.A.'s". *ALA Bulletin*, **56**, p838-843, (1962).
- Phelan, W.H., "An Evaluation of Adhesives for Use in Paper Conservation". *Bulletin of the American Group*. International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, **11**, p58-75, (1971).
- Katz, K.B., "The Quantitative Testing and Comparisons of Peel and Lap/Shear for Lascaux 360 H.V. and Beva 371". *Journal of the American Institute for Conservation*, **24**, p60-68, (1985).
- Down, J.L., "Poly(vinyl acetate) and Acrylic Adhesives: a research update". *Holding it All Together: Ancient and Modern Approaches to Joining, Repair and Consolidation*, Archetype Publications Ltd, London, p91-98, (2009).
- Frances, J.C., "A Study of the Effects of PVAC on works of Art on Paper and Wood: pH and colour change". *Holding it All Together: Ancient and Modern Approaches to Joining, Repair and Consolidation*, Archetype Publications Ltd, London, p157-163, (2009).
- Area, M.C. and Cheradame, H., "Paper aging and degradation: recent findings and research methods". *BioResources*, **6**, p5307-5337, (2011).
- National Research Institute of Cultural Heritage(Ed.), "Conservation of Papers and Textiles". National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, (2011).
- Kim, M.N., "Conservation Methods and Damages Characteristics by Tape on Drawings". Master's Thesis, Kongju National University, (2009).