

소맥전분 풀의 이화학적 특성 연구 - 수침기간이 2년 이하인 풀을 중심으로-

정용재^{1†} · 김민정¹ · 남서진¹ · 정선혜¹

접수일(2012년 3월 20일), 수정일(2012년 4월 5일), 채택일(2012년 4월 9일)

Physicochemical Characteristics Study on Wheat Starch Adhesive

- Based on Wheat Starch Adhesive fermenting period less than two years-

Yong Jae Chung¹, Min Jeong Kim¹, Seo Jin Nam¹, Seon Hye Jeong^{1†}

Received March 20, 2012; Received in revised form April 5, 2012; Accepted April 9, 2012

ABSTRACT

In this study, wheat starch adhesive was investigated the shape and structure of starch, the difference in characteristics such as chemical composition according to the fermenting period of 2 years or less. The fermenting period of wheat starch adhesive is 1 month, 2months, 4 months, 6 months, 1 year, 2years old. The wheat starch adhesives were investigated total sugar contents, protein contents, properties of gelatinization, pH, the bonding strength and also observed the surface of starch.

As a result, the longer the fermenting period, the increasing in total sugar contents and decreasing in protein contents. The particle shape and surface were similar regardless of the period. In addition, properties of gelatinization according to the fermenting period also could not see the difference. In pH of the adhesive, the longer the fermenting period, the near to neutral. The adhesive was high bonding strength in 4 months, but appeared a tendency to decrease from 6 months. The damage assessment through the UV degradation in regard to the papers applied the adhesive was accomplished. Color difference was no change except 1 month. The 4 months and 6 months' pH was each 5.0, 5.2. But it was near to neutral that the 12 months and 24 months' pH was each 5.7, 5.9.

KEY WORDS : *wheat starch adhesive, fermentation time, total sugar, protein content, properties of gelatinization, bonding strength, hanji*

1. 한국전통문화대학교 보존과학과 (The National University of Cultural Heritage, Department of Conservation Science)

† 교신저자(corresponding author) : E-mail : iamchung@nuch.ac.kr

1. 서론

장황이란 비단을 염색하고 종이를 몇 겹 붙여 책이나 족자, 병풍 등의 형태를 만드는 것을 뜻하며 서화·서지류를 형태와 용도에 맞게 두루마리·족자·첩·책·병풍 등의 다양한 형태를 구미고 장식하는 일련의 과정 전체를 지칭¹⁾한다. 장황에 관한 연구는 그 기술과 전해져오는 유물을 중심으로 진행되어 왔고, 근래에 들어 사용된 재료를 중심으로 진행되고 있다.

종이나 비단 재질의 지류문화재는 보존 및 복원 과정에서 배접이라는 수리과정²⁾이 진행된다. 배접은 종이나 천을 겹쳐 붙임을 말하며, 이는 그림 위의 안료나 물질들이 안정적으로 자리 잡고 상태를 유지할 수 있도록 해주는 일련의 구조적 강화 조치이다. 배접에는 일반적으로 고(古)풀을 사용하는데, 이는 소맥전분 풀을 10년 이상 숙성시켜 사용하는 전통 접착제이다. 풀을 숙성시키는 것은 작품의 미생물 피해를 막는데 목적을 두는데, 수 년 간 저장해 두는 과정에서 미생물이 풀을 분해시키고 숙성된 고풀은 작품의 유연성을 유지해 주므로 족자, 두루마리 등의 배접에 주로 사용되고 재표구 과정에서 작품과 배접지 분리가 쉽다. 일반적으로 소맥전분 풀을 쭈어서 저장한다. 소맥전분 풀은 밀가루 전분(소맥)으로 만든 풀로 밀가루에서 단백질을 제거한 것으로 적당한 접착력을 가지며 건조 후에도 물에 의해 환원되기 쉬우며 쉽게 구할 수 있다는 장점이 있어 많이 사용되고 있다.

이러한 풀에 관하여 진행된 연구는 문헌에 따른 풀 제조법에 대한 기록을 통해 전분과 단백질의 함량에 따른 접착력과 보존성에 대한 실험으로 이전 기록을 검증²⁾하였고, 전통풀인 밀가루 풀과 통밀 삭힌 풀로 푸새한 직물의 물성을 시차를 두고 경시적 변화를 관찰함으로써 전통풀의 안정성을 규명³⁾하였다. 밀가루 풀의 수침 기간이 2년 이상인 풀을 대상으로 전분의 구조 및 풀의 접착 특성에 대한 연구가 이루어졌고⁴⁾ 최근에는 풀에 첨가되는 첨가제를 중심으로 하여 첨가제가 풀의 성질 및 접착특성에 미치는 영향이 보고⁵⁾되었다. 또한 소맥전분 풀로 배접한 한지의 보존특성 규명에 대한 연구가 진행되었고⁶⁾, 소맥전분 풀 외에도 아교와 어교 등의 특

성 연구⁷⁻¹⁰⁾도 진행되었다. 그러나 이 연구들에서는 단백질의 함유량, 수침기간이 장기간인 풀의 특성에 초점을 맞춰 수침기간이 짧은 풀들의 구조나 접착 특성에 대한 연구는 진행되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 수침기간이 2년 이하인 소맥전분 풀을 대상으로 하여 수침기간에 따른 총당 함량, 단백질 함량, 전분 입자 형태, 호화 특성 및 pH 변화 등의 특성 차이를 확인하고, 수침 기간이 짧은 소맥전분 풀의 현장 적용 가능성을 평가하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 수침 밀가루 시료 및 소맥전분 풀

본 실험에 사용한 밀가루는 CJ 제일제당의 미국산 1등급 소맥 중력분으로 각각 1개월, 2개월, 4개월, 6개월, 12개월, 24개월을 수침시켰다. 수침시킨 소맥분은 7일 간격으로 물을 교반하였다. 소맥분의 단백질 및 구성성분의 파괴가 일어나지 않도록 40℃에서 50시간 열풍순환식 건조기(Horizontal flow oven, WOF-155, Daihan Scientific co., Ltd, Korea)를 사용하여 건조하였다. 풀은 건조된 소맥 전분과 증류수를 혼합한 용액(50%, w/w)을 끓는 증류수에서 저어주면서 호화시켰다. 끓인 풀은 찬물에 넣어 식힌 후, 25%로 농도를 조정하여 사용하였다.

2.1.2 한지

본 실험에 사용한 한지는 경북 안동에서 쌍발뜨기 방법으로 국산 닥백피를 사용하여 만든 초지이며, 시편은 매끈한 면에 접착제를 양모 붓으로 3회 도포하여 배접하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 전분의 총당 함량

총당(total sugar)은 페놀-황산법으로 측정하였다. 희석된 용액 2 mL에 5%(v/v) phenol 용액 1 mL를 넣었다. 여기에 95% 황산 5 mL를 첨가한 후 30분 동안 상온에서 방치하였다. Glucose standard curve를 작성하고 자외선/가시광선 분광광도계(UV/VIS Spectrophotometer,

UV mini-1240, SHIMADZU, Japan)를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2.2.2 전분의 단백질 함량

단백질은 Lowry법¹¹⁾으로 정량하였다. 시약A(0.1N NaOH에 2%NaCO₃)와 시약B(증류수 100 mL에 CuSO₄·5H₂O 1 g), 시약C(증류수 100 mL에 2 g Potassium Tartrate)를 섞어 solution을 준비한 ovalbumin과 전분에 0.8 mL씩 넣고 vortexing한 후 25℃에서 15분간 방치한다. Folin-phenol reagent와 증류수를 1:1 dilution하여 0.1 mL씩 가하고 vortexing한다. 자외선/가시광선 분광광도계(UV/VIS Spectrophotometer, UV mini-1240, SHIMADZU, Japan)를 이용하여 600 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2.2.3 전분 입자의 형태 및 표면 관찰

입자 형태는 50% glycerol용액에 5% 전분 현탁액을 만들어 광학현미경(CV100D, Nikon, Japan) 400배율로 관찰하였다. 또한 주사전자현미경(SEM, JSM 5500, JEOL, Japan)에 의한 전분 입자 표면은 시료 표면을 금으로 도금한 후 1200배율로 관찰하였다.

2.2.4 전분의 호화특성 및 pH 변화도

호화특성^{12,13)}은 증류수 25 mL에 전분 3 g을 첨가하여 제조한 12% 전분현탁액을 신속점도측정기 RVA(Rapid Visco Analyser, RVA-3D NEWPORT Scientific, Australia)를 사용하여 Amylogram에 의하여 측정하였다. 호화온도조건은 초기 온도 50℃에서 1분, 4분 42초 동안 50~95℃로 가온, 95℃에서 2분 30초간 유지한 후, 냉각은 95~90℃까지 3분 42초간, 최종온도는 50℃에서 3분간 유지하였다. 호화온도, 최고점도, 최저점도, 최종점도, 강하점도, 치반점도를 측정, 비교하였다.

수침기간별 소맥 전분풀을 대상으로 pH미터기(pH Meter, TS-110, SUNTEX)를 이용하여 pH를 측정하여 그 변화를 조사하였다.

2.2.5 풀의 접착강도

한지 시편 두 장을 소맥전분 풀로 붙이고, 15 mm×10 mm 규격으로 제단 한 후, 수침 기간 별로 5개씩 제작하여 Zero-span 인장강도 측정기(TS-100, PULMAC, Canada,

측정단위 : kN/m)로 측정¹⁴⁾하였다. 제로 스패는 시료를 잡아 주는 클램프 사이의 최단거리, 클램프가 제로 스패으로 조정되었을 경우, 두 클램프 사이에 광선을 비추면 완전하게 차단된다.

2.2.6 인공열화에 따른 풀의 광학적 특성 및 pH 변화

수침기간에 따라 제작된 풀을 2장의 한지에 엇갈려 붙인 후, 시료를 30일 동안 UV-B(280~320 nm) 조건에서 인공 열화 시킨 후 시료의 접착부분과 접착부분이 아닌 한지 부분의 색도(A-6800, BYK gardner, US)와 pH를 측정하였다. 대조군으로 열화 기간과 동일한 시간동안 시료를 상온에 두었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 전분의 총당 함량

본 실험에서 분석한 총당(total sugar)은 환원당과 비환원당을 모두 포함한 것을 뜻한다. 환원당은 당분자 중에 유리 알데히드(-CHO) 또는 케톤(-CO-)기를 갖고 환원성을 나타내는 당으로 포도당·과당·자당·글리세르알데하이트·아라비노스가 대표적이다. 비환원당은 환원성 관능기를 지니지 않는 당류로 설탕이 대표적이다. 수침기간에 따른 총당의 변화는 Fig 1과 같다.

총당 함량 결과, 수침기간이 길어질수록 총당 함량이 증가하는 것이 확인되었다. 이러한 결과는 선행연구⁴⁾와 같은 결과로 수침에 의해 총당을 제외한 다른 성분들이 줄어들어 따른 것으로 보인다.

3.2 전분의 단백질 함량

상용화된 소맥전분에는 탄수화물, 단백질, 지방, 회분, 수분 등으로 구성되어 있다. 소맥분의 단백질은 글루텐(gluten)이라고 하며 주로 글루테닌(glutenin)과 글리아딘(gliadin)으로 구성되고, 소맥분에 물을 가하면 점착성이 있는 덩어리로 남게 된다. 예전부터 전해지는 풀의 제조법의 대부분은 소맥분의 단백질을 제거하는 방법에 대한 것이다.

Fig 2에서와 같이 단백질 함량 분석 결과, 수침기간이 길어질수록 단백질과 불순물이 제거되어 단백질 함량이 낮아진다. 수침기간 1개월과 2개월 사이에 급격

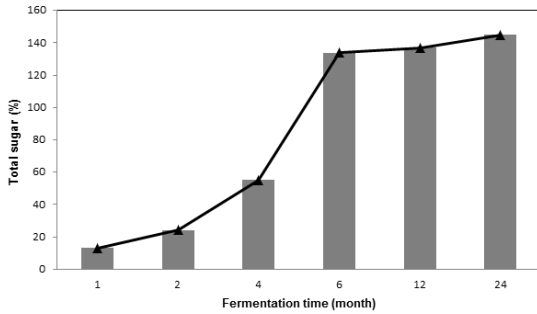


Fig 1. Effect of fermentation time on total sugar.

히 감소하였고, 다시 4개월과 6개월 사이에 급격히 감소하여, 수침기간이 길어질수록 단백질 함량이 감소하는 것이 확인되었다.

3.3 전분 입자의 형태 및 표면 관찰

각 수침기간에 따른 전분 입자의 형태 및 표면을 관찰한 결과는 Fig 3(광학 현미경)과 Fig 4(전자 현미경)와 같다. 확인된 수침밀가루 전분 입자의 형태는 크게 2가지로 볼 수 있는데, 큰 렌즈 형태의 입자와 작은 구형 형태의 입자로 광학현미경과 전자현미경 모두 6개의 시료에서 2개의 형태가 확인되었다.

밀전분 입자의 형태는 large lens-shaped, small spherical 이며, 선행연구⁴⁾에 따르면 수침 밀가루의 경

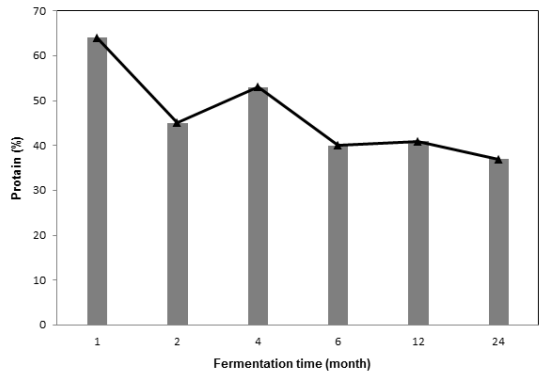


Fig 2. Effect of fermentation time on protein content.

우에도 유사한 형태가 확인되었고, 수침기간이 7년 정도 경과하면 본래의 형태가 변화하는 것으로 보고되었다.

수침기간이 2년 이하인 전분 입자 형태를 확인한 결과, 각 기간에 따른 입자 형태와 표면의 변화는 없는 것으로 확인되었다.

3.4 전분의 호화특성

호화특성은 전분 입자의 팽윤 정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 입자들의 배열과 결합력, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성비

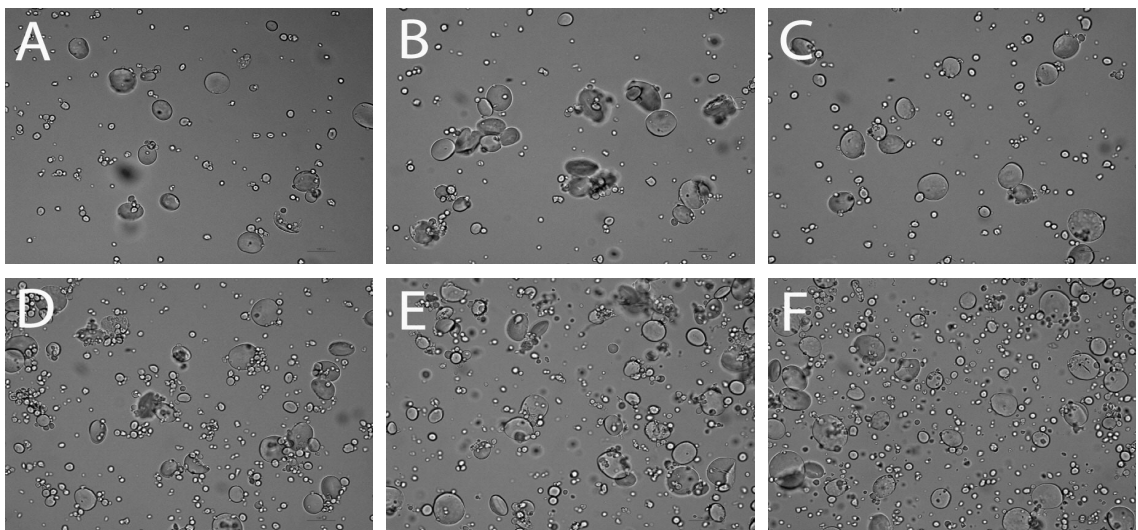


Fig 3. Effect of fermentation time on the particle shape. (A : 1 month, B : 2 months, C : 4 months, D : 6 months, E : 12 months, F : 24 months)

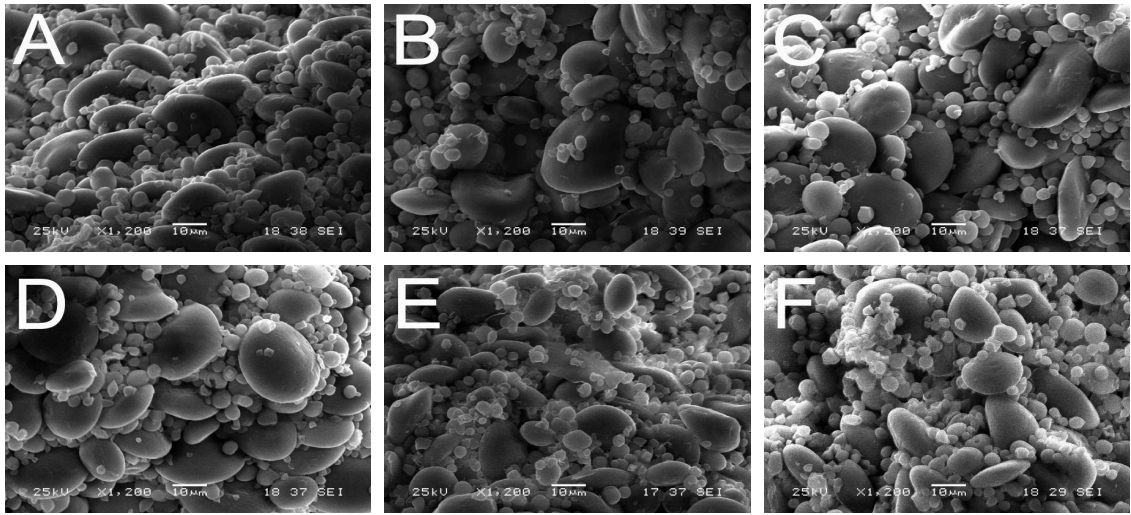


Fig 4. Effect of fermentation time on the particle shape.
 (A : 1 month, B : 2 months, C : 4 months, D : 6 months, E : 12 months, F : 24 months)

및 구조차이, 가열중 입자로부터 용출된 가용성 전분의 존재, 입자끼리의 상호작용 또는 응집성 등에 의해 결정된다고 알려져 있다. 최고점도와 최저점도를 포함한 수침기간에 따른 전분의 호화특성 결과는 Table 1과 같다.

최고점도(Peak viscosity)와 최저점도(Trough)는 수침기간이 길어질수록 낮아졌는데 이는 전분 입자의 내부 구조의 치밀함과 관련이 있는 호화온도는 평균 60℃로 수침기간이 1개월부터 24개월까지의 풀 전분의 구조는 치밀도의 차이가 없는 것으로 판단된다. Peak time은 평균 8분 정도로 기간별 차이가 확인되지 않았다. 강하점도(Breakdown)는 호화중 열의 전단에 대한 저항정도로 해석할 수 있으며 그 결과 총당 함량이 낮은 1~4개월의 강하점도는 높고, 총당 함량이 낮은 6~24개월은 강하점도가 낮은 것으로 확인되었다.

치반점도(Setback)는 전분의 노화 정도가 반영되는 값으로, 그 수치가 높으면 노화가 급격히 진행되는 것으로 낮으면 노화에 안정적인 것으로 볼 수 있다. 결과에 따르면 1개월에서 그 수치가 가장 높고, 4개월까지 감소하다가 6개월부터 다시 증가하는 것으로 확인되었으며, 이는 일관적인 변화는 아니지만 전분의 노화는 어떤 주기를 갖고 일어난다고 사료된다.

3.5 풀의 pH 변화도

소맥전분 풀의 수침기간별 pH를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 1개월, 2개월, 4개월의 풀은 4.0~4.2로 약산성이었으나 6개월 풀은 5.2, 12개월과 24개월 풀은 6.9로 중성에 가까워졌다. 풀의 수침기간이 길어짐에 따라서 약산성에서 중성에 가까워지는 것으로 확인되었다.

Table 1. Effect of fermentation time on pasting properties. (measure : cP)

Fermentation time (month)	Peak	Trough	Break down	Final Visc	Setback	Peak Time (min.)	Pasting Temp.(℃)
1	3854	3026	736	5162	2044	6.7137	60.2
2	2325	2083	242	2357	274	8.5715	60.6
4	1883	1492	391	1552	60	8.6693	61.3
6	1274	1034	-3	1834	557	8.9626	60.7
12	1138	622	-27	2052	887	8.9952	59.9
24	937	848	7	1272	342	8.8974	60.3

Table 2. Effect of fermentation time on pH.

	Fermentation time(month)					
	1	2	4	6	12	24
pH	4.2	4.0	4.1	5.2	6.9	6.9

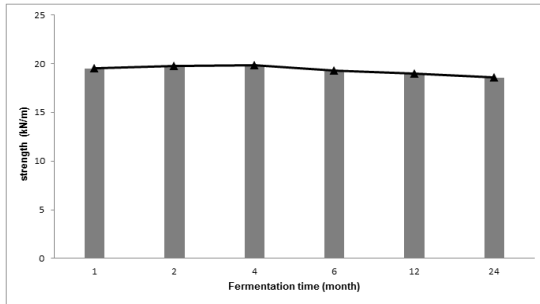


Fig 5. Effect of fermentation time on bonding strength.

Table 3. pH of degraded hanji and part of adhesive by UV.

		Fementation time (month)					
		1	2	4	6	12	24
Control	Hanji	7.0	6.8	6.9	6.8	6.9	6.9
	part of adhesion	6.7	6.6	6.0	6.2	6.6	6.6
UV degradation	Hanji	6.7	6.8	6.6	6.8	6.6	6.7
	part of adhesion	5.7	5.6	5.0	5.2	5.7	5.9

3.6 풀의 강도 변화도

Zero-span으로 측정된 결과는 Fig 5와 같다, 한지 두 장을 풀로 붙인 것을 시편으로 사용했기 때문에 강도 수치 값에 한지의 섬유질이 영향을 미쳤을 거라 판단되어 풀의 접착력이라고 보기는 어려우나 풀의 견고한 정도는 예상할 수 있었다. 4개월까지는 강도가 높아지다가 6개월부터 낮아지는 걸 확인 할 수 있었는데 최고값인 4개월이 19.88 kN/m, 최저값인 24개월이 18.57 kN/m로 큰 차이는 없는 것으로 확인되었다.

3.7 인공열화에 따른 풀의 광학적 특성 및 pH 변화

인공열화 후 풀을 이용하여 접착한 부분과 풀을 이용하지 않은 한지의 색도를 측정하여 대조군과 비교하여

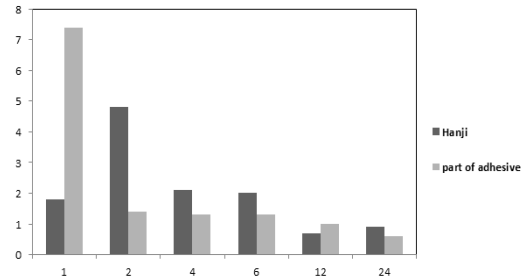


Fig 6. Color difference(ΔE) of degraded hanji and part of adhesive by UV.

색차를 구한 결과는 Fig 6과 같다. 2·4·6·12·24개월 풀의 경우 색차가 1.4 미만으로 이는 색차의 정도가 근소한 차이($\Delta E = 0.5 \sim 1.5$)로 한지에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 또한 풀의 수침기간이 경과함

에 따라서 그 색차가 줄어드는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 풀에 함유된 단백질 함량이 감소함으로써 자외선에 의한 색변성이 적게 나타나는 것으로 보이며, 1개월 풀의 경우 색차가 7.4로 이는 극히 현저한 차이 ($\Delta E = 6.0 \sim 12.0$)로 육안으로 판별될 정도의 전혀 다른 색상이 나타난 것이 확인되었다.

인공열화 후 접착부분과 한지의 pH를 측정된 결과는 Table 3과 같다, UV 열화 후 pH는 대조군 대비 접착부분의 pH가 상대적으로 1씩 낮은 것으로 확인되었다. pH는 UV 열화 후 수침기간이 1, 2개월인 풀의 접착부분은 약산성으로 유지되다가 4, 6개월 풀의 접착부분에서 더 산성화되었다가 다시 12, 24개월 풀에서 중성에 가까워지는 것으로 확인되었다. 이러한 양상은 대조군의 접착부분도 동일한 것으로 확인되었다.

4. 결론

본 연구는 문화재 수리복원에 사용되는 고품의 이화학적 특성 및 전분 구조 등을 분석하기 위해 소맥전분 풀을 대상으로 수침기간 2년 이하인 1개월, 2개월, 4개월, 6개월, 12개월, 24개월 된 풀을 제조하고 총 6개의 고품을 대상으로 총당 함량, 단백질 함량, 입자 형태, 호화특성, pH, 접착 강도를 측정하였다.

연구 결과, 수침기간이 길어질수록 총당 함량은 높아지고, 단백질 함량은 낮아지는 것으로 확인되었다. 또한 전분의 입자 형태 및 표면 형태는 large lens-shaped, small spherical와 유사하였고 2년 이하의 수침기간에서는 그 차이는 나타나지 않았다. 전분의 호화특성 중 최고 점도와 최저점도는 수침기간이 길수록 낮아졌고, 호화온도는 평균 60℃, peak time은 평균 8분 정도로 수침기간에 따른 차이는 확인되지 않았다. 풀의 pH는 수침기간이 1개월인 풀은 약산성을 띄었으나 그 기간이 길어질수록 중성에 가까워지는 것으로 확인되었다. 풀의 접착 강도는 수침기간이 1개월부터 4개월까지는 높아지다가 6개월부터 다시 낮아지는 것으로 확인되었으나 그 차이는 매우 작기 때문에 이는 기간에 따른 접착 강도의 변화는 없는 것으로 판단된다. 한지에 수침기간을 달리한 풀을 도포한 후 인공열화 한 결과, 색차의 경우 한지와 유사하게 변화가 없는 것으로 나타났고, pH의 경우 4, 6개월 풀의 경우 급격히 낮아지지만 12개월 풀부터 다시 pH가 높아지는 것으로 확인되었다.

오늘날 풀을 제조하는 방식은 지류문화재를 보존처리하는 공방마다 다양하고, 교반의 횟수가 풀의 pH 등에도 영향을 미칠 것으로 사료되기 때문에 향후에는 다양한 제조방식에 대한 연구가 필요할 것이다. 또한 문화재의 재질이나 상태에 따른 풀의 점도나 물성도 고려되어야 하기 때문에 본 연구 결과가 지류문화재 처리 시에 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

5. 인용문헌

1. (사)한국문화재보존과학회, 보존과학용어:334(2011).
2. 전지연, 박지선, 김강성, 회화 문화재의 보존처리에 쓰이는 풀 - 전분과 단백질의 함량에 따른 접착력과 보존성을 중심으로, 보존과학회지 12(1):83-91(2003).
3. 백영미, 권영숙, 이영희, 통밀 식힌 풀로 푸새한 직물의 경시적 변화, 보존과학회지 24:67-74(2008).
4. 백영미, 조경실, 이영희, 밀가루의 수침기간이 전분 및 배접용 풀의 특성에 미치는 영향, 보존과학회지 25(1):39-47(2009).
5. 백영미, 조경실, 이영희, 첨가제가 배접용 풀의 특성에 미치는 영향: 콩, 석회, 황랍, 백반 첨가제를 중심으로, 보존과학회지 27(3):261-268(2011).
6. 유명한, 소맥전분 풀로 배접한 한지의 보존특성 규명에 관한 연구, 중부대학교 대학원 석사학위논문 (2008).
7. 천연접착제 개발을 위한 전통풀의 물리적 특성 연구 결과보고서, 국립중앙과학관, 대전 (2008).
8. 임동식, 문화재 보존수복에서 전통접착제의 특성과 효과에 관한 연구: 민어부레풀을 중심으로, 원광대학교 대학원 석사학위논문 (2008).
9. 전통과학기술조사연구:조개가루, 술, 부레풀, 도박풀, 아교, 국립중앙과학관, 대전 (1996).
10. 갖풀의 제조메카니즘 복원과 단청용 교착제 개발연구, 국립중앙과학관, 대전 (2009).
11. 岡田雅人, 宮崎 香, 개정 제3판 단백질실험노트 상:33 (2008).
12. 최은정, 김향숙, 수침한 찹쌀가루와 전분의 이화학적 및 호화특성, 한국식품영양과학회지 26(1):17-24(1997).
13. 김경애, 정난희, 전은례, 감자의 수침조건에 따른 전분의 호화 특성, 한국식품조리과학회지 16(5):53-58(2000).
14. 원종명, 종이의 품질 및 공정관리를 위한 제로스팬 인장강도, 한국펄프·종이공학회 학술발표논문집:182-191 (2007).