

목재 보존용 액상 접착제의 제조 및 물성 연구

- 젤라틴과 카라기난 합성 중심으로 -

A Study on the Manufacture and Physical Properties of Liquid Adhesive for Wood Preservation

- Focusing on the Synthesis of Gelatin and Carrageenan -

오승준¹, 한원식¹, 위광철^{2,*}

¹한서대학교 문화재보존과학연구소, ²한서대학교 문화재보존학과

Seung Jun Oh¹, Won Sik Han¹, Koang Chul Wi^{2,*}

¹The Research Center of Conservation Science for Cultural Heritage, Hanseo University, Seosan 31962, Korea

²Department of Cultural Heritage Conservation, Hanseo University, Seosan 31962, Korea

Received November 9, 2021

Revised December 1, 2021

Accepted December 7, 2021

*Corresponding author

E-mail: kwci@hanseo.ac.kr

Phone: +82-41-660-1043

Journal of Conservation Science
2021;37(6):801-806

<https://doi.org/10.12654/JCS.2021.37.6.17>

pISSN: 1225-5459, eISSN: 2287-9781

© The Korean Society of Conservation Science for Cultural Heritage

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초 록 전통 접착 소재인 아교의 사용성과 해초 추출물 카라기난의 겔화 현상을 개선하기 위해 두 재료를 혼합하여 목재 보존용 액상형 접착제를 제조하였으며, 9종의 천연 및 합성 접착제의 물성 비교를 통해 적용 가능성을 확인하였다. 제조한 목재 접착제는 15 wt% 아교 수용액과 λ -carrageenan, 항균제, 소포제 등을 혼합하였으며, 1.80 Mpa의 최대 접착 강도를 확인하였다. 비교 결과 5종의 전통 천연 접착 성분(수용액)과 Polyvinyl acetate 기반 접착제 1종보다 우수한 접착 강도가 나타났으며, 총호기성생성균수와 유해성(TVOC, HCHO, 중금속) 시험 결과 불검출로 항균성과 안정성을 확인하였다.

중심어 목재 접착제, 젤라틴, 아교, 해초, 카라기난, 보존 재료

ABSTRACT In order to improve the usability of glue, a traditional adhesive material, and the gelation process of seaweed extract carrageenan, a liquid adhesive for wood preservation was prepared by mixing the two materials. The prepared wood adhesive was mixed with a 15 wt% aqueous solution of glue, λ -carrageenan, an antibacterial agent, an antifoaming agent, and the maximum adhesive strength of 1.80 Mpa was confirmed. As a result of comparison, the adhesive strength was superior to that of 5 different types of traditional natural adhesive ingredients (aqueous solution) and 1 type of polyvinyl acetate-based adhesive.

Key Words Wood glue, Gelatin, Glue, Seaweed, Carrageenan, Conservation material

1. 서 론

고문헌에 나타나는 접착제는 크게 동물성 접착제와 식물성 접착제로 나눌 수 있는데 동물성 접착제의 경우 동물의 뼈와 가죽에서 추출한 아교(阿膠)와 어류의 껍질과 부레를 원료로 하는 어교(魚膠)가 있으며(Wi, 2021), 주로 민어의 부레를 이용하여 부레풀이라고도 한다. 식물성 접

착제의 경우 쌀, 밀가루, 감자, 옥수수 등의 전분을 사용하는 녹말풀과 옷, 송진 등과 같은 목재 추출물, 해초 식물인 도박과 우뚝가사리, 파해(까막과 청조류), 김, 미역, 툯(갈조류)을 이용한 접착 성분이 있다(Oh *et al.*, 2020).

아교의 기록은 명확하지 않지만 「일본서기」는 610년 종이, 먹의 제조법을 전했다는 기록이 있어 삼국시대에 아교를 혼합할 수 있는 제조기술을 가지고 있었던 것으로

추정된다. 이후 1715년 홍만선이 작성한 산림경제(山林經濟)에는 중국의 거가필용을 인용한 아교 제조 방법이 자세하게 기술되어 있고, 1834년 이규경에 의해 기술된 오주서종박물고변(五洲書種博物考辨)에서는 소가죽을 원료로 하는 아교의 제조방법이 나타나 있다. 또한 「경국대전」과 「조선왕조실록」 등에서는 나무나 자개를 붙여 공예품을 제작하고 어교(부레풀)와 아교를 혼합하여 활이나 군수품 제작에 사용되었음을 알 수 있다(Encyclopedia of Korean Culture, 2019). 또 전주장이나 통영장 등의 전통 목가구를 제작하는 데 있어서도 접착 재료로 아교와 부레풀 어교를 반씩 섞어 사용하여 강한 접착도를 유지시키고 있어 목가구 및 고정 건축재의 접착 재료로 일반적으로 사용되어 왔음을 알 수 있다(So, 2016).

그러나 아교는 접착력이 우수하고, 건조 중에 위치 및 접착 보정이 가능한 장점을 갖고, 통상 고체상으로 존재하여 보관 및 취급이 간편하기는 하나(Kwon *et al.*, 2003), 이를 접착제로 사용하기 위해서는 중탕하여 녹이고, 접착력 및 점도 조절을 위해 물을 섞어서 사용하여야 하는 등의 편리성이 떨어진다는 단점이 있다. 특히, 아교는 아교의 원료 및 제조방법 등에 따라 그 종류가 매우 다양하고, 그 농도에 따라 상이한 접착력을 나타내는 등 최적 또는 최적의 접착력을 발휘하기 위해서는 많은 경험에 따른 농도 조절 등이 요구되어 사용이 어렵다는 단점이 있다(Wi *et al.*, 2019).

해초풀은 홍조류인 도박, 우뚝가사리 등과 갈조류인 다시마, 미역, 대황 등이 있는데 그 가운데 접착력이 좋은 것은 홍조류인 도박과 우뚝가사리며, 특히 도박은 당을 많이 함유하고 있어 접착력이 가장 좋아서 풀을 만드는데 주로 쓰는 해초류이다(Oh *et al.*, 2019). 해초풀은 채취해 물에 씻고 햇볕에 말리고 두들겨주고 다시 건조 후 5~6시간 정도 약한 불에 끓여 사용하였으며, 바랜 정도에 따라 색의 정도가 다르며, 하얗게 되면 풀을 썰어 찌꺼기는 걸러내고 사용하였다.

이렇게 만들어진 해초풀은 예로부터 주로 명주나 비단을 풀할 때 또는 한지를 만들 때 닥풀 대용으로 사용하기도 한다. 또한 문화재 보존에 있어 해초풀은 안료의 박락 방지용으로 사용되는데 처리 후 광택이나 얼룩을 남기지 않으며, 약 1% 정도의 저 농도라도 상당한 점조성이 있어 접착성이 있기 때문에 안료층의 두께가 얇을 경우 광택이나 얼룩을 거의 생기게 하지 않고 접착할 수 있는 장점이 있다. 뿐만 아니라 물에 잘 녹고 투명 균일한 용액이 되어 직물조직의 심부까지 잘 침투하여 옷감에 탄성을 주며 오염방지와 세척성도 향상되고, 문화재수리에 이용되고 있는 문화재수리표준품셈 및 표준시방서의 미장공사 항목

에서 해초풀을 섞어 사용하도록 명시하고 있다.

그러나 재료의 종류 및 산지, 채취일 등에 따라 특성이 다르고 건조와 탈염과정 및 끓이는 시간 등 제작자와 방법에 따라 접착제의 균일함이 떨어질 수 있다. 또한 부패 방지를 위해 해초풀을 끓인 후 1일 이상 두고 사용할 경우에 석회가루를 뿌려주어야 하며, 이마저도 임시방편에 불가하여 사용상에 어려움이 따른다. 또한, 해초 추출물 중 카라기난의 경우, 사용성이 뛰어나고 그 응용성이 있으며, 종이에 대한 접착력은 매우 강하게 나타나나, 목재에의 적용 시에는, 특히 접착력의 부족으로 인하여 목재 접착용으로 사용하기 어렵다는 단점이 있다.

이에 본 연구에서는 아교의 사용성 개선과 동시에 카라기난의 겔화 현상 및 접착력 증진을 위해 아교와 카라기난을 배합하여 상호 단점을 보완한 새로운 접착제 개발을 시도하였다. 이를 이용하여 아교의 수용화 이후 부패의 문제와 시간이 지남에 따라 나타나는 점도 증가 현상을 없애면서 안정한 접착 강도를 유지하는 접착제를 제조하고자 하였다. 또 이들 재료의 최적 배합 조건을 연구하여, 우수한 접착성과 친환경성 그리고 작업성(발림성)까지 두루 갖춘 새로운 목재 접착제를 개발하고 이의 활용 가능성을 확인해보고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시약 및 기기

Carrageenan은 국내산 홍조류 도박을 K_2CO_3 용액 내에서 가열한 후 에틸알코올 침강법을 이용하여 직접 추출하여 분리 정제한 λ -carrageenan을 사용하였으며(Han *et al.*, 2018) 용해도 조절과 필름성 향상을 위해 사용한 Dextrin은 삼정화학(KOR)의 제품을 사용하였다. 점도 조절 및 접착 보조제로 사용된 Polyvinylpyrrolidone 120(PVP-120/M_w 1,300,000)은 Yuanye사의 제품을 사용하였으며 소포제 FD330A는 새한실리켄(KOR)의 제품을 사용하였다. 사용된 방부제는 두 종류로 ethylhexylglycerine(EHG)과 2-phenoxyethanol(POE)이었으며 각각 신승하이켄(KOR)의 제품과 삼전화학(KOR)의 제품을 사용하였다. 첨가되는 EHG와 POE, FD330A는 식품과 화장품에 첨가되는 제품으로 원하는 소포성과 향균성을 가질 수 있는 최소량을 찾아 첨가하였다. 아교는 Nakagawaho-gofun사(JPN)의 아교(播州粒膠)를 사용하였으며 나머지 접착제 제조에 사용된 재료들은 모두 분석급의 시약을 사용하였다.

제조된 목재 접착제의 비교 물성을 확인하기 위해 상용의 천연 및 합성 접착제 9종을 선정하여 접착 강도를

확인하였다. 천연 접착제들은 모두 15 wt% 수용액으로 제조한 5종(아교, 토끼교, 감자 전분 풀, 소맥전분 풀, 카라기난)과 시판용 목재 합성 접착제 중 polyvinyl acetate 기반 접착제 3종(이하 M, D, A 접착제), PVA 기반 접착제(이하 P 접착제) 1종을 대상으로 하였으며, 합성 접착제는 별도의 전처리 과정을 거치지 않고 실험하였다.

만능재료시험기는 일본 Shimadzu사의 AG-X plus 5 kN model을 사용하였으며 유해성 평가에는 ICP mass는 PerkinElmer사(USA)의 Nexion 2000B 모델과 OES Optima 8300 모델, HPLC A-10altus 모델, Clarus 600 모델, Agilent 사(USA)의 GC-mass 7890B 모델을 이용하여 카드뮴(LoQ 1.0 µg/g), 납(LoQ 2.0 µg/g), 크롬(LoQ 2.5 µg/g), 에틸벤젠 (LoD $2.5 \times 10^{-4}\%$), 자일렌 (LoD $6.0 \times 10^{-4}\%$), 포름알데하이드(LoQ 40.0 µg/g), 벤젠(LoD $2.0 \times 10^{-5}\%$), 톨루엔 (LoD $2.0 \times 10^{-5}\%$)의 함유량을 분석하였다.

2.2. 접착제 제조

목재용 접착제는 아교 수용액과 카라기난 수용액을 함께 혼합할 수 있는 reflux condenser와 온도 조절 센서, 회전용 임펠라가 삽입될 수 있는 3구 분리 반응 초차에서 90°C에서 가열하여 제조하였다. 아교와 λ-carrageenan을 이용한 목재 접착제는 봉황 아교 용액과 λ-carrageenan 수용액을 따로 준비하고 이들을 혼합하는 방법으로 제조하였다. 아교 수용액은 5.0~30.0%의 함량이 되도록 제조하였으며 제조된 아교 수용액 50 g의 온도를 80°C로 낮추었다. dextrin 0.20~0.38 g, 카라기난 1.60~3.42 g, PVP 2.0~3.8 g를 증류수에 용해시킨 50 g의 수용액에 0.1 g의 소포제를 첨가하여 제조한 λ-carrageenan 수용액을 80°C의 아교 수용액과 혼합하여 교반하면서 1시간 동안 가열하였다. 화원을 제거하고 바로 전체 용량의 0.5%에 해당하는 양의 EHG와 0.2%에 해당하는 POE를 첨가하여 용액이 균일해질 때까지 교반한 후 밀봉하였으며 안정화를 위하여 상온에서 48시간 이상 유지시킨 후 사용하였다.

2.3. 인장 전단 접착 강도 및 항균성 평가

인장 전단 접착 강도는 KS M 3720(접착제의 목재 인장 전단 접착강도 시험 방법)에 준하여 측정하였으며, 목재 시편 겹치는 부위에 0.3 g의 제조된 접착제를 도포한 후 상온에서 클램프를 이용해 고정하여 24시간 건조하여 만능재료시험기에서 2 mm/min의 인장 속도로 측정하였다. 총 샘플의 수는 10개였으며 최고치와 최저치를 제외한 결과의 평균값을 기록하였다.

항균성 평가는 총호기성생균수 시험으로 진행하였으며, 직경 9 cm 페트리 접시에 균한 변형 레틴 한천 배지 표면에 검액 1.0 mL를 도포하였다. 이를 35°C에서 48시간 배양하였으며, 총세균수를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

목재 접착제 제조 중 소포성은 주로 카나기난 용액의 제조 과정에서 필요한 것으로 0.18% 미만 사용 시 일부 미세한 기포들이 제조 과정에서 남게 되어 0.20%를 사용하였다. 접착제 내의 기포의 유무는 접착제 물성에는 큰 차이를 나타내지를 않지만 기포 발생으로 인한 혼합도의 문제와 미관의 문제, 미세 기포들로 기인한 접착제의 추후 내부 건조 문제들을 고려하여 최소량의 첨가를 결정하였다.

아교 용액의 경우, 농도를 5%에서 30%까지 조정하면서 접착강도를 측정된 결과, 15%까지는 아교 농도 증가에 따라 접착 강도가 급격하게 증가하였으나, 15% 이후에는 접착 강도가 완만한 증가하는 경향을 보였다. 아교 농도 10% 수용액을 사용하였을 때 혼합성과 제조 과정에서 우수하였으나 많은 희석으로 아교 본래의 접착성(< 0.7 MPa)을 나타내기 힘들었으며 또 20%가 넘어가게 되면 접착성은 증가하나 추후 혼합 용액 제조 시에 하층부에서 λ-carrageenan 용액과 층분치 못한 혼합의 문제가 생기고 실온화 후 점도가 비이상적으로 증가하여 사용성에 문제를 나타내었다. 이와 같이 접착성과 제조 과정, 실온화 후 점도들을 고려하였을 때 아교 농도는 20% 이하로 조절하는 것이 합당하나, 아교 농도 15~20% 사이에서는 접착 강도의 차이가 미미하므로 카라기난과의 혼합액 제조 시에 혼합이 보다 편리한 15.0%를 아교 수용액의 농도로 선정하여 진행하였다(Figure 1).

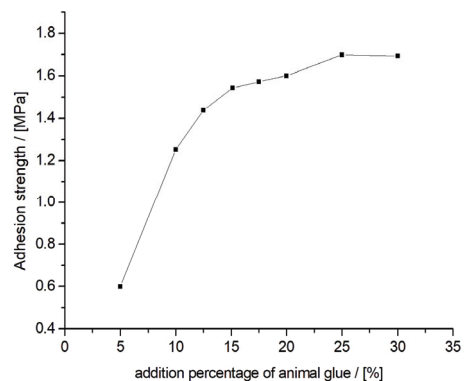


Figure 1. Changes in adhesive tensile strength of animal glue solution.

50 g의 15% 아교 수용액에 혼합될 50 g의 λ -carrageenan 수용액은 PVP량을 2.8 g으로 고정하고 λ -carrageenan의 사용량을 변화시켰을 때, 2.8 g의 λ -carrageenan 함량에서 가장 높은 1.80 Mpa 접착 강도를 나타냄을 확인할 수 있었다. λ -carrageenan의 사용량이 3.0 g을 초과하면, 접착 강도의 저하도 발생하지만 고점도화로 인하여 사용상의 문제가 나타나서 접착제로서의 특성을 나타내지 못하는 것으로 판단되었다(Figure 2). 또 PVP의 사용량을 2.4 g으로 고정시키고, λ -carrageenan의 사용량을 변화시켰을 때, 최고 접착 강도는 1.55 Mpa였으나 이 역시도 λ -carrageenan의 사용량이 2.6 g을 초과하면, 점도 증가로 인하여 접착제로서의 사용 불가능하였다(Figure 3). PVP의 사용량을 3.2 g으로 증가시키고, λ -carrageenan의 사용량을 변화시켰을 때, 최고 접착 강도가 1.60 Mpa를 나타내었으나 여기에 λ -carrageenan의 사용량을 증가시켜도 접착 강도가 증가되는 결과를 나타내지 않는 것으로 보아 PVP가 일정 부분 접착에 관여하지만

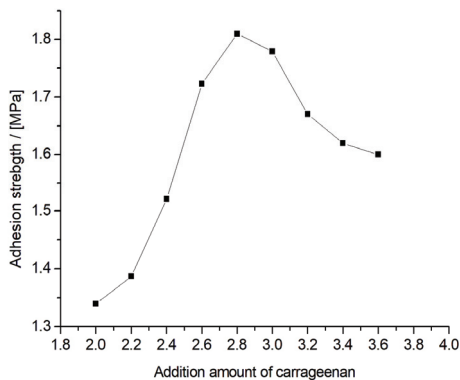


Figure 2. Adhesive strength change according to the amount of λ -carrageenan used (PVP 2.8 g).

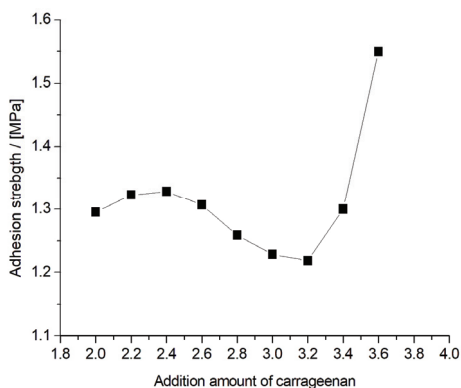


Figure 3. Adhesive strength change according to the amount of λ -carrageenan used (PVP 2.4 g).

목재 접착에 적용할 만큼 접착도가 증가하는 인자는 아닌 것으로 볼 수 있었으며, 첨가된 PVP는 접착 보조와 점도 저하제로의 역할을 주로 하게 되는 결과를 나타내었다.

항균제는 전체 함량의 EHG를 단독으로 사용 시 1.3% 이상의 EHG가 첨가되어야 호기성균이 검출되지 않았으나 이 사용량을 줄이기 위하여 POE 0.2%를 함께 첨가하여 EHG 사용량을 총량의 0.5%로 낮추어 제조하였다. 이 두 종류의 방부제는 화장품 첨가제로서의 안전성이 비슷하여 총사용량이 40% 이상 감소할 수 있었으며 이 경우에 총호기성 생균수 배양 결과가 1.3% 이상의 EHG가 첨가되어야 나타나는 결과와 같이 0 cfu/g의 결과를 나타내고 있어서 두 항균제의 혼합 사용이 최소의 항균제 사용의 역할을 하게 되는 것으로 판단할 수 있었다.

이렇게 제조된 목재 접착제는 밀폐 시 6개월 이상 물성의 변화나 표면의 고화 문제, 균주로 인한 부패나 색변 등이 나타나지 않았으며 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌 등의 TVOC와 HCHO 및 납, 카드뮴, 크롬 등의 중금속들도 모두 불검출을 확인할 수 있어서 환경 친화적 접착제로 볼 수 있었다.

전체적으로 볼 때, 15% 아교 수용액 50 g과 PVP 2.8 g과 λ -carrageenan 2.8 g가 포함된 50 g의 λ -carrageenan 수용액 두 가지를 혼합한 접착제가 가장 우수한 접착 강도를 나타냄을 확인할 수 있었다. 이는 아교만을 이용한 수용액의 접착 강도를 λ -carrageenan이 첨가되어 접착 강도가 향상된 결과를 나타내었으며 아교 수용액 단독 사용으로 인한 부패 현상과 단독 사용 시 나타나는 점도 변화 등의 문제를 해결하고 사용성을 향상시킨 변형 아교 접착제 제조 결과로 볼 수 있었다. 아교만을 이용한 수용성 접착제의 경우, EHG와 POE의 첨가로 인하여 부패 현상을 해결할 수는 있으나 일부 방사선 처리한다 하여도 점도의 변화가 나타나서 사용성의 문제를 나타내는 반면에 본 혼합 접착제의 경우, 접착도 및 점도의 변화가 없이 항변성 접착 능력을 나타내고 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 목재 보존용 액상 접착제의 최종 조성은 Table 1과 같다.

최종 조성으로 합성된 액상형 목재 접착제와 전통 천연 소재 접착제 및 합성 접착제의 비교 접착 강도 결과는 Table 2와 같다. 천연 접착제의 경우 목재 접착제 제조 시 사용한 아교 수용액과 동일한 조건인 15 wt% 수용액을 제조하여 측정하였으며, 측정 결과 15 wt% 감자 전분 풀(0.12 Mpa)과 15 wt% 밀가루 전분 풀(0.15 Mpa)은 카라기난과 아교 수용액에 비해 낮은 접착 강도를 나타내었으며, 1.10 Mpa의 토끼교는 천연 접착제 중 가장 높은 결과를 확인하였으나 본 연구에서 제조한 목재 접착제보다는

Table 1. Composition of wood adhesive

Total ratio					
Animal glue aqueous solution (animal glue 15 wt%)	λ -carrageenan (in Dextrine 10%)	PVP	EHG	POE	FD330A
50 g	2.8	2.8	0.5	0.2	0.2

Table 2. Result of comparative physical property test

Adhesive	Natural adhesiv				Synthetic adhesiv				Wood adhesiv
	Potato starch adhesive	Animal glue	Hare glue	Wheat starch adhesive	λ -carrageenan adhesive	M	D	P	
	(Aqueous solution 15 wt%)								1.80
Adhesion (Mpa)	0.12	0.17	1.10	0.15	0.16	3.77	1.75	3.41	3.76

낮은 결과를 확인하였다. 이러한 결과는 접착성분의 혼합 농도에 따라 증감이 있었으나 실제 사용 시 처리자 또는 작업자에 따라 농도를 조절하여 사용하는 특성에 맞춰볼 때 목재 접착제로서의 충분한 접착 강도를 확보한 것으로 판단된다. 또한 시판용 합성 접착제는 Polyvinyl acetate 기반 접착제인 D 접착제는 개발 접착제보다 낮은 접착 강도를 나타내었으며, 다른 3종의 합성 접착제는 M 접착제 3.77 Mpa, P 접착제 3.41 Mpa, A 접착제 3.76 Mpa로 제조한 목재 접착제보다 높은 접착 강도를 확인하였다. 이는 개발 접착제가 합성 접착제보다는 다소 낮으나, 기존 천연 접착제에 비해 우수한 접착 강도를 가지는 것을 보여주는 결과였으며 또한 개발 접착제는 친환경성과 항균성까지 갖추고 있어 향후 시판 합성 접착제에 대한 대체 가능성까지 엿볼 수 있는 결과로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 현재 목재를 이용해 제작된 목재 문화재 또는 목공예품 등의 보존에 사용 가능한 천연 접착제를 개발하기 위한 기초연구를 진행하였으며, 아교의 젤라틴 성분과 도박의 carrageenan 성분을 혼합해 최적의 합성 조건을 찾아 액상형 목재 접착제를 제조하고 물성 및 안정성 테스트를 진행하였다.

이 접착제는 아교의 사용성 증진을 위하여 수용화할 경우 나타나는 부패 현상, 고점도로 인한 사용성의 문제 등을 해결한 항변성 접착제로 50 g의 15% 아교 수용액과 λ -carrageenan 2.8 g과 PVP가 2.8 g이 포함된 50 g의 λ

-carrageenan 수용액에 식품용 혹은 화장품용 소포제와 항균제가 소량 첨가하여 제조되었다. 이들의 최고 접착 강도는 1.80 Mpa로 아교 수용액 단독으로 사용했을 때보다 증진된 접착 강도를 나타내고 있었으며, 기존에 사용되어 온 전통 천연 소재 접착제를 상회하는 접착 강도를 확인하여 적용 가능성을 높였다.

또한 중금속이나 휘발성 유기화합물이 포함되지 않은 친환경 목재 접착제로 제조되었으며 첨가제의 양을 극소화하기 위하여 최소량의 소포제를 사용하였으며 항균제도 두 가지를 사용하여 기존 항균제의 사용량을 40% 이상 감소하여도 호기성 균주의 배양을 없앨 수 있는 결과를 나타내었다. 제조 후 밀폐 보관 시 6개월 이상 물성 변화와 부패 및 점도의 변화가 없는 것을 확인하여 전통 천연 접착제의 보관성을 개선하고 사용성이 편리한 친환경 목재 접착제로 사용할 수 있을 것으로 볼 수 있었다.

다만 합성 접착제의 접착 강도 및 경제성, 사용성은 카라기난 추출공정의 단순화와 안정적인 평활도, 점도 조절에 다른 사용성 최적화, 아교와 카라기난의 배합 농도를 증가시킬 수 있는 조건에 대한 연구를 통해 개선되어야 할 것으로 판단되며, 본 연구가 시작점이 될 수 있을 것이다.

사 사

본 논문은 2018년 문화기술연구개발(지정과제) 사업(과제 번호 R2018020045)의 지원을 받아 연구되었으며, 이에 감사합니다.

REFERENCES

- Encyclopedia of Korean Culture, 2019, Woodcraft. <http://encykorea.aks.ac.kr/> (November 1, 2019) (in Korean)
- Han, W.S., Oh, S.J., Kim, Y.M., Lee, Y.J., Kim, Y.J., Park, M.S. and Wi, K.C., 2018, Base study related with development of natural bio-adhesives using seaweeds. *Journal of Conservation Science*, 34(6), 595-604. (in Korean with English abstract)
- Kwon, S.O., Nam, C.K., Noh, E.H., Park, J.H., Shin, S.W., Lee, E.K. and Cho, S.H., 2003, Craft materials and techniq-ues. Taehakwon, Seoul, 125-209. (in Korean)
- Oh, S.J., Han, W.S. and Wi, K.C., 2019, Preparation of stick type solid glue as paper adhesive using mixed seaweed extract. *Journal of Conservation Science*, 35(4), 269-277. (in Korean with English abstract)
- Oh, S.J., Han, W.S. and Wi, K.C., 2020, Carrageenan-based liquid bioadhesives for paper and their physical properties. *Journal of Conservation Science*, 36(6), 541-548. (in Korean with English abstract)
- So, B.J., 2016, Chosun traditional furniture – a study on the restore of Jeonju-chest. Master's dissertation, Woosuk University, Wanju, 15-21.
- Wi, K.C., 2021, Study on the manufacturing and applicability of natural glues for woodcrafts using shark skin. *Journal of Korea TAPPI*, 53(2), 15-23.
- Wi, K.C., Oh, S.J., Han, W.S. and Park, M.S., 2019, A study on multiple bases for development of natural adhesives for wodcraft using cellulose extracts from wood and their aplication potential: focused on salicis radicis cortex, hibiscus, Chinese wild peach resin. *The Korean Society of Science & Art*, 37(5), 239-248. (in Korean with English abstract)