

## 벽지용 천연마늘접착제의 제조 및 접착성능

노정관<sup>1†</sup> · 이진화<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경남과학기술대학교 인테리어재료공학과, <sup>2</sup>(주)제이알  
(2011년 10월 28일 접수, 2011년 12월 13일 수정, 2011년 12월 14일 채택)

### Preparation and Bonding Properties of Natural Garlic Adhesives for Wallpaper

Jeongkwan Roh<sup>1†</sup> and Jinwha Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Interior Materials Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea,

<sup>2</sup>JR Co., Ltd, Munsan igogri 1131, Jinju, Gyeongnam 660-841, Korea

(Received October 28, 2011; Revised December 13, 2011; Accepted December 14, 2011)

**요약:** 최근 실내공간에서의 안전성을 확보하기 위해 유해물질의 방출이 없는 천연재료의 사용이 요구됨에 따라 음식재료인 마늘을 이용한 도배용 천연마늘접착제의 제조와 그 성능에 관하여 검토하였다. 마늘을 이용한 천연접착제는 생마늘을 물로 추출하여 탄수화물과 단백질을 분리 및 농축하는 방법에 의해 제조가 가능하였다. 제조한 천연마늘접착제의 접착성능은 불휘발분의 양에 의해 크게 영향 받았으며, 최적의 불휘발분은 60% 전후였다. 제조한 천연마늘 수지의 특성은 불휘발분 62%, 밀도 1.3 g/cm<sup>3</sup>, 점도 2,789 mPa·s, pH 6.6이었다. 또한, 마늘 접착제의 접착성능은 KS의 기준을 크게 상회하였으며, 방부제의 첨가 없이도 마늘이 가지고 있는 항균성을 유지하고 있었으며, 특히 휘발성유기화합물과 폼알데하이드의 방산이 거의 없는 매우 안전한 천연접착제로서의 이용이 가능할 것으로 기대된다.

**Abstract:** As the enhancement of indoor air quality is increasingly compelling the use of natural materials without any emission, this study reports the preparation and performance of natural garlic adhesives for wallpaper. The natural garlic adhesives were successfully prepared by the extraction of the clove of raw garlic with water to isolate carbohydrates and proteins. Properties of the prepared garlic adhesives such as the non volatile solids content, viscosity, density, and pH were 62%, 2,789 mPa.s, 1.3 g/cm<sup>3</sup>, and 6.6, respectively. The non-volatile solids content has a great impact on the adhesion performance of the prepared garlic adhesives, which was adequate about 60%. Bonding strength of prepared garlic adhesives was greater than the requirement of a Korean standard for wallpaper. In addition, the garlic adhesives showed antibacterial activity inheriting from the garlic. It is expected that the prepared garlic adhesives could be used as safe and natural adhesives without emitting any volatile organic compounds and formaldehyde gas.

**Keywords:** garlic, natural adhesives, wallpaper, peel strength, free VOCs, antimicrobial activity

## 1. 서 론

최근, 전 세계적으로 의식주의 모든 분야에서 환경과 기능에 대한 중요성이 강조되고 있다. 특히, 인간의 일상생활에서 가장 많은 시간을 보내고 있는 실내거주 공간에 대한 요구도 점점 다양화, 차별화 및 친환경화 되면서 실내공간의 분위기 연출을 위해 사용하는 각종 재료들에 대한 관심도도 증가되고 있다. 이런 관심도

는 결국 국내에서도 2004년부터 다중이용시설의 실내 공간에 대한 실내공기질(특히, 폼알데하이드와 휘발성 유기화합물(VOCs))의 규제로 이어지게 되었고, 친환경 재료라는 표현이 없는 재료는 앞으로 점점 그 위치를 상실할 것으로 예상된다. 일반적으로 실내공기 오염 원인물질을 방출하는 재료는 매우 다양하지만 가장 직접적으로 영향하는 폼알데하이드나 톨루엔 등과 같은 VOCs는 주로 접착제나 도료 등의 재료에서 방출되는 경우가 많다[1]. 또한 이들 유해물질로 인한 피해는 신축건물이나 리모델링한 직후에 심각하게 나타나는 것

<sup>†</sup>Corresponding author: Jeongkwan Roh (arohjk@gntech.ac.kr)

으로 보아 시공 때 사용하는 접착제 등에 의해 야기될 가능성이 높다. 따라서, 접착제 업계에서는 유기 용제형에서 수용성 또는 무용제형으로 합성수지계에서 천연물계로의 전환을 시도하고 있으나, 지금도 합성수지계가 많이 사용되고 있어 친환경적이고 인체에 무해한 천연접착제의 개발은 매우 중요한 과제중의 하나이다.

현재까지 주로 접착제로 사용되어 온 천연물에는 전분과 텍스트린, 셀룰로오스, 카제인, animal glues, fish glue, soybean 및 blood glue가 있으며, 각각의 특성과 성능을 살린 박스, 병 라벨, 플라스틱 접착, 목재, 종이, 봉투, 합판 및 음식포장 등의 용도에 사용되어 왔다[2]. 천연물에 의한 접착제 제조에 관한 연구로 Umemura[3]는 키토산을 사용하였으며, Wang 등[4]은 쌀겨를 이용한 합판용 접착제의 제조를 시도하였으며, 폼알데하이드를 방산하는 접착제를 대체하기 위해 최 등[5]은 로진을 이용한 천연접착제를 개발하고, 최적의 배합비를 제시하여 벽용보드류의 접착제로서 이용 가능성을 보고하였다. 또한 오래전부터 사용되어 온 천연물계 접착제인 콩 단백질 접착제의 경우에는 내수성의 불량과 높은 점도로 인해 다양한 인테리어 소재 제조에는 많이 이용되지 않았으나 최근에는 폼알데하이드가 방산되지 않는다는 점에서 다양한 개량과 새로운 조성에 관한 활발한 연구개발로 실제 다양한 재료의 제조에 활용되고 있다[6-11].

이들의 천연 접착제 중 일부는 실내의 공간에 사용되는 재료의 제조 또는 시공에 사용된다. 일반적으로 실내공간 부위별 사용되는 마감재의 비율은 표면적이 가장 넓은 벽공간에 사용되는 마감재가 가장 많으며, 또한 벽의 마감에는 도배에 의한 마감이가 가장 많이 행해지고 있다[12]. 도배에는 합성수지계로서는 초산비닐에멀전수지나 아크릴수지가, 특수재료의 경우에는 실리콘수지가 전부 또는 일부 사용되고 있으나, 대부분의 경우 전분계의 접착제가 주로 사용되고 있으며, 작업성이나 성능을 향상시키기 위하여 초산비닐에멀전수지를 일정비율 혼합하기도 한다. 그러나, 기존의 전분계 접착제는 천연물질로서 가격이 저렴하고 인체에 해가 없어 지물류의 접착에 많이 사용되었으나, 쉽게 부패하기 때문에 보존성의 확보가 절실하였다. 이 문제를 해결하기 위해 천연물계 접착제인 전분계 접착제의 변질을 막기 위해 포르말린 등의 방부제를 첨가하므로 천연계 물질에 의한 천연접착제임에도 불구하고 친환경적이거나 무독성 접착제로서의 지위를 확보하기 어려운 상황에 있다. 조 등[13]은 실제로 시중에 유통되고 있는 도배용 접착제 중에서 1종의 합성수지와 5종의 풀을 사용하여 벽지 시공 전후의 오염물질 배출 정도를 측정 한 결과, 폼알데하이드는 시공전에 비해 시공 6일에서 27일 사이에 약 2배, 톨루엔은 3배에서 10배 증가

하는 것으로 보고하였다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 천연물계 접착제에서 볼 수 없었던 소재이며, 세계 10대 식재료 중의 하나인 마늘을 이용한 친환경 무독성 도배용 천연접착제를 개발하고자 하였다. 마늘(*Allium sativum* L)은 *Allium*속 식물로 독특한 향과 다양한 생리활성을 나타내는 식재료로 특히 한국인이 즐겨먹고 있는 식품이다. 마늘은 파종 후 약 8~9개월에 수확되는 식물 중의 하나로 FAO에 의하면 2009년의 경우 5개의 모든 대륙에서 약 1,371천 ha의 면적에 재배되어 22,282천톤이 생산되었다[14]. 특히 중국이 전생산량의 80% 이상을 점하고 있으며, 인도가 4.5% 그리고 우리나라는 세계 3위의 생산국으로 약 30천 ha에서 38만 톤을 예천, 의성, 창녕, 남해, 고흥, 무안, 서산, 태안등에서 생산하였으며, 1인당 소비량은(6 kg/년, 2007년도) 세계 1위이다. 따라서, 마늘을 접착제의 원료로 이용할 때 국내나 해외로부터 확보하는 데는 큰 어려움이 없을 것으로 생각된다.

마늘은 폴리페놀화합물과 다른 식재료에 비하여 훨씬 많은 양의 유기황 물질이 함유되어 있으며, 특히 황화합물은 강한 항균성을 나타낸다. 마늘의 항균성은 alline이 allinase에 의해 분해되어 생성하는 allicin에 의해 발휘되는 것으로 알려져 있으며 상당의 살균효과를 보유하고 있어 식품과 약용으로 널리 이용되고 있다[15]. 이와 같이 항균성과 원료로서의 확보가 용이한 천연의 소재인 마늘이 기존의 식재료가 아닌 타 용도로서의 개발은 새로운 천연소재의 개발과 더불어 최근의 웰빙붐에 부응하는 획기적인 시도라고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 항균성을 보유하고 있는 천연의 재료인 마늘로 벽지용 접착제의 제조 가능성을 검토하였으며, 제조한 마늘 접착제도 마늘이 가지고 있는 항균능력의 유지 여부 및 기존의 접착제와 접착성능을 비교하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 재료

마늘은 경상남도 진주시 초전동 소재 농산물 도매시장에서 구입한 난지형 남해산을 사용하였다. 본 실험에 사용한 생마늘의 조성은 Table 1과 같이 수분이 62.0%, 탄수화물 29.0%, 조회분, 1.3%, 조지방 0.5%, 조섬유 0.7% 그리고 조단백질이 6.5%였다. 또한 무기성분 함량은 K (893 mg%), Mg (47 mg%) 및 Na (21 mg%)의 순이었다. 주요 유리당으로는 sucrose, glucose와 fructose였으며, 지방산으로는 9종이 확인되었고 그 중 불포화지방산으로서는 linoleic acid와 oleic acid가 포화지방산으로서는 palmitic acid가 각각 전체 지방산에 대해 55.2, 12.4 및 22.3%였다. 아미노산은 4,561

**Table 1.** The proximate compositions of Namhae garlic

Components	Content (%)
Moisture	62.0 ± 3.0
Ash	1.3 ± 0.1
Fat	0.5 ± 0.0
Fiber	0.7 ± 0.1
Protein	6.5 ± 1.2
Carbohydrate	29.0 ± 2.6

mg%로 17종이 확인되었으며 주요한 아미노산으로는 proline, aranine 및 glutamic acid였다[16].

이들 성분 중 접착제로서의 역할을 감당할 성분으로는 탄수화물과 조단백질이 될 것으로 판단되며, 우선은 이들 물질을 분리하고 수지화 하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

## 2.2. 마늘 접착제의 제조 방법

마늘을 이용한 천연접착제 제조를 위해 먼저 마늘로부터 접착성분의 분리 방법을 검토하였다. 최적 추출 조건을 검토하기 위하여 껍질을 제거한 생마늘을 세척한 후 homogenizer를 사용하여 분쇄하였다. 이어 메탄올과 물의 비율을 10 : 0, 7 : 3, 5 : 5 및 3 : 7로 조정하여 액비를 2.5로 고정하고 설정한 온도와 시간에서 추출하여 얻어진 성분을 여과와 농축하여 접착제로서의 이용 가능성을 검토하였다.

마늘 접착제는 2종류를 제조하였다. 하나는 껍질을 제거한 생마늘을 세척한 후 homogenizer를 사용하여 분쇄한 다음 분쇄한 마늘에 대해 2.5배의 물을 첨가하여 1 h 동안 추출하였다. 이어 추출액을 여과지(Whatman No. 2 Filter paper)로 여과한 후 여액을 원심 분리한 다음 상등액을 60°C에서 회전감압농축기로 농축하여 제조하였다(JR-1). 다른 방법은 생마늘을 분쇄한 후 90°C에서 1일간 건조한 마늘을 JR-1과 동일한 방법으로 추출, 여과 및 농축하여 제조하였다(JR-2).

## 2.3. 마늘 접착제의 특성 조사

제조한 마늘 접착제의 특성으로는 불휘발분, pH, 점도 및 지촉건조시간을 측정하였다. 불휘발분은 수지 1.5 g을 105 ± 1°C의 열풍 순환식 건조기에서 180 min간 건조하여 측정하였다. pH는 시료를 동량의 증류수로 희석하여 25 ± 1°C에서 pH meter (ORION, USA)를 이용하여 측정하였으며, 점도는 점도계(Brookfield Model DV- I+)를 사용하여 20°C에서 측정하였다. 지촉건조시간은 깨끗이 조정된 유리판(165 × 60 mm) 위에 약 3 g의 접착제를 떨어뜨린 후 필름 에플리케이션기로 도포 후 20°C, 관계습도 60%에서 방치하면서 손가락으로 도

포면을 만져보아서 점착성을 느끼지 못할 때의 시간을 측정하였다.

## 2.4. 접착성능 평가

제조한 천연계 마늘 접착제의 접착성능은 KS F 3217의 벽지용 전분계 접착제에 제시되어 있는 180° 박리강도에 의해 평가하였다. 갈라짐, 틈, 흠이 없는 두께 5 mm의 합판(125 × 150 mm)에 접착제 50 g/m<sup>2</sup>를 균일하게 도포하고, 5 min 후에 면포(117 g/m<sup>2</sup>)를 마주 보게 한 후 롤러를 이용하여 약 49 N의 하중을 가하여 세로방향으로 왕복하지 않도록 5회 반복 압착한 후, 48 h 방치하고 예리한 칼을 이용하여 합판면까지 나비 25 mm의 자름새를 넣어 5개의 시험편을 만들었다. 이어 시험편 접착 부분의 한쪽 부분을 약 50 mm 박리시켜 양쪽을 인장 시험기의 지그에 부착하고, 200 mm/min의 속도로 박리시켜 최대값의 평균을 180° 박리강도로 하고 N/25 mm로 표기하였다.

## 2.5. 불휘발분의 양과 접착성능

수용성인 마늘 접착제는 물을 사용하여 마늘의 추출 물질을 분리하여 제조한 접착제로 불휘발분의 양이 접착성능에 미치는 영향이 매우 클 것으로 예상된다. 따라서 JR-1 및 JR-2수지에 대해 불휘발분의 양을 30, 40, 50, 60 및 70%로 조정하여 180°박리강도를 비교하였다.

## 2.6. 기존의 벽지용 수지와 혼합비율과 접착성능

현재 도배시 사용하는 수지의 단점을 본 개발 마늘 접착제가 개선할 수 있는지의 여부를 판단하기 위하여 불휘발분 16.5%의 전분수지와 42.0%의 초산비닐에멀전수지(PVAc)를 구입하여 JR-1수지와 배합비율을 달리 하여 박리접착강도를 측정하였다. 이때 배합비율은 전분수지의 경우는 JR-1 수지에 대해 9 : 1, 7 : 3 및 5 : 5로 하였으며, PVAc수지는 9 : 1, 8 : 2 및 7 : 3 (w/w)으로 하였다.

## 2.7. 마늘 접착제의 항균활성 평가

천연 마늘 접착제는 마늘이 가진 우수한 항균활성을 그대로 유지하고 있을 것으로 예상되며 이는 별도의 방부제를 첨가하지 않고 기존의 천연물 접착제에 비해 보존성이 향상될 것으로 기대된다. 따라서 마늘과 2종류의 마늘 접착제의 항균활성을 비교하였다. 생마늘의 세균에 대한 항균활성 측정은 agar diffusion method법으로 행하였으며, 항균활성 측정을 위한 공시 균주는 그람 양성인 *Staphylococcus aureus* (KCTC-1927)와 그람 음성인 *Escherichia coli* (ATCC-25922) 및 *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC-15442)를 사용하였다. 곰팡이로는 *Aspergillus Niger* (IFO-31125) 및 *Rhizopus micro-*

*sporus* (KCTC-6969)를 사용하였다. 생마늘의 항균활성 측정 시료는 마늘을 세척 후 분쇄한 다음 분쇄한 마늘 1 g에 증류수 9 mL을 첨가하여 잘 혼합한 뒤 0.45  $\mu\text{m}$  membrane filter로 여과한 여액을 사용하였다. 개발한 천연 접착제의 세균에 대한 항균활성 측정 시료는 접착제를 물로 10배 희석한 다음 0.45  $\mu\text{m}$  membrane filter로 여과한 여액을 사용하였다. 항균활성은 생마늘 추출액 및 천연마늘접착제를 0.6% sofe agar가 함유된 Mueller Hinton 배지에 각 유해미생물의 액체배양액 50  $\mu\text{l}$ 씩을 각각 접종하여 잘 혼합한 후 미리 준비해 둔 Mueller Hinton 평판배지에 중층하였다. 이어 항균활성 측정 시료를 9  $\mu\text{l}$ 씩을 흡착시켜 건조하여 둔 paper disc (Toyo Rhoishi kaisha, Ltd., 8mm)를 중층배지 위에 얹어 35°C 항온기에서 배양하면서 유해미생물의 생육 저해를 나타내는 clear zone의 직경(mm)을 측정하여 매우 강함(+++), 강함(++), 항균성 있음(+), 없음(-)으로 표기하였다.

### 2.8. 마늘 접착제의 휘발성유기화합물(VOCs) 및 폼알데하이드 방산량 측정

VOCs 및 폼알데하이드 방산량은 실내공기질공정시험법 환경부 고시 제 2004-80호에 준하여 한국전자제 시험연구원에 분석 의뢰하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 마늘로부터 접착성분의 분리

마늘을 이용한 천연접착제를 개발하기 위해 먼저 마늘로부터 접착성분의 분리방법을 검토하였다. 접착성분의 분리는 용매를 사용하여 추출하는 방법을 적용하였으며, 추출 용매로는 물과 메탄올 및 이들의 혼합용매를 사용하였다. 이들의 용매로 추출한 수지의 불휘발분 및 박리강도는 Table 2와 같다. 생마늘이나 건조한 마늘 모두에서 메탄올보다는 물이 불휘발분의 함량이 높았으며, 박리강도도 우수하였다. 또한 메탄올과 물의 혼합 추출용매의 경우에도 물의 비율이 높아질수록 불휘발분 함량과 박리강도가 크게 나타나 추출용매로서는 물의 단일 용매 추출이 바람직 할 것으로 생각된다. 이것은 타 유기 용매를 사용하지 않아도 된다는 것으로 환경과 작업성의 면에서도 매우 고무적이며, 특히 천연접착제라는 점을 더욱 부각시킬 수 있다는 점에서도 매우 만족스러운 결과이다. 따라서 이후의 검토는 물을 사용하여 추출한 마늘 접착제에 대해 그 특성을 평가하였다.

### 3.2. 불휘발분의 양과 접착성능

마늘의 추출성분 분리에서도 나타난 바와 같이 추출

**Table 2.** Effect of the extraction solvent ratio on peel strength of garlic resin

Source	Ratio(W/W) Methanol : Water	Nonvolatile content (%)	180° Peel strength (N/25 mm)
Green garlic	10 : 0	10	2.0
	7 : 3	25	4.0
	5 : 5	32	7.5
	3 : 7	44	11.0
	0 : 10	62	12.8
Dry garlic <sup>1)</sup>	10 : 0	11	2.5
	7 : 3	27	3.5
	5 : 5	34	8.0
	3 : 7	45	12.5
	0 : 10	64	11.5

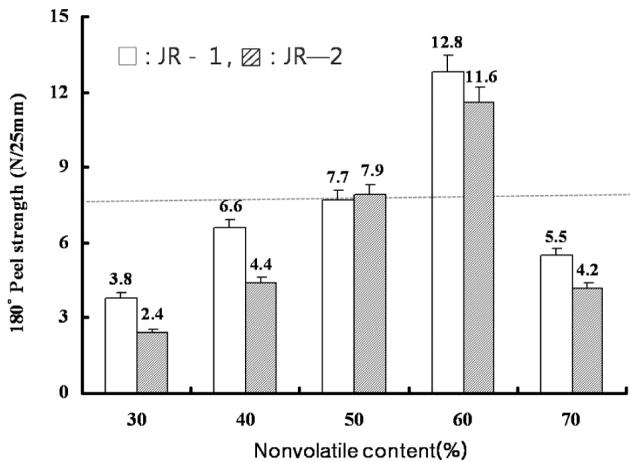
1) Drying at 90°C for 24 h.

용매에 따라 얻어진 수지의 불휘발분의 양에 큰 차이가 있으며, 불휘발분의 양이 수지의 접착성능에도 큰 차이가 있을 것으로 예상되어 불휘발분의 양을 달리한 JR-1과 JR-2수지의 접착성능을 평가하였다. 양수지 대해 불휘발분의 양을 30~70%로 변화시켜 검토한 180° 박리강도는 Figure 1과 같다. 생마늘과 건조마늘에 대해 물을 사용하여 상온에서 1 h 추출하여 얻은 수지의 박리강도는 불휘발분에 의해 크게 영향 받았으며, 양수지 모두 불휘발분이 30%에서 60%까지 증가함에 따라 박리접착강도도 증가하였다. 특히 불휘발분 50%이상에서는 전분 접착제에 대한 KS의 기준을 만족하였으며, 60%에서는 기준을 크게 능가하였으나, 70%에서는 다시 감소하는 경향을 나타내고 있다. 따라서 마늘 수지의 불휘발분은 60% 전후로 조절하여 사용하는 것이 바람직 할 것으로 생각되며, 이 값은 타 천연물 수지에 비해서는 상당히 높지만 불휘발분 60%까지의 경우 도포작업에는 아무런 문제가 없었으며 70%에서는 도포성의 불량과 빠른 건조로 인해 오히려 접착강도가 낮게 나타나는 것으로 판단된다. 따라서 이후의 성능은 불휘발분 60% 전후로 조정된 수지를 사용하여 검토하였다.

### 3.3. 마늘 접착제의 접착성능

#### 3.3.1. 마늘 수지의 특성

남해산 생마늘(JR-1)과 90°C에서 1일간 건조한 마늘(JR-2)을 추출용매로는 물, 액비 2.5, 상온에서 1 h 추출하여 제조한 접착제의 특성은 Table 3과 같다. 두 수지의 밀도는 1.3 g/cm<sup>3</sup>으로 같았으며, 불휘발분은 62~



**Figure 1.** Relationship between nonvolatile content and peel strength of garlic resin.

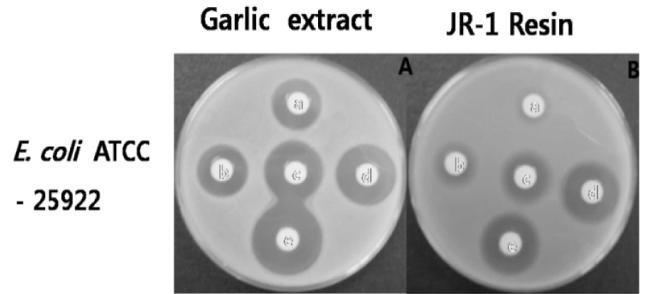
**Table 3.** Properties of garlic resins

Properties	Types of resin	
	JR-1	JR-2
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.3	1.3
Viscosity (mPa · s)	2,789	2,118
pH	6.6	4.9
Nonvolatile content (%)	62.0	63.5
Set to touch drying time (min)	25.0	20.6

63.5%로 JR-2수지가 약간 높았으나 거의 차이를 보이지 않았다. 지축건조시간은 JR-1 수지가 25 min, JR-2 수지 20.6 min으로 JR-2 수지가 JR-1 수지보다 빨랐으며, pH는 JR-1이 6.6으로 거의 중성에 가까워 접착제로서 바람직스러운 pH영역이었으며, JR-2는 4.9의 산성을 나타내고 있어 건조하는 과정에서 성분의 변화가 수반되는 것으로 생각된다. 점도는 JR-1 수지가 2,789, JR-2 수지의 2,118 mPa · s보다 높았으나 기존의 전분계 수지에 비하면 상당히 낮아 도포작업 등에서는 보다 유리할 것으로 생각된다.

### 3.3.2. 생마늘 및 마늘 접착제의 세균 및 곰팡이에 대한 항균활성

별도의 방부제 첨가가 필요 없는 천연물계 접착제 개발을 위하여 생마늘 및 생마늘을 이용한 JR-1수지 및 90°C에서 건조한 마늘로 제조한 JR-2수지에 대해 세균 및 곰팡이에 대한 항균활성을 agar diffusion method법으로 검토한 결과를 Table 4와 Figure 2에 나타내었다. 생마늘 추출액은 실험에 사용한 유해미생물에 대하여 비교적 높은 항균활성을 나타내었으며, 그 중에서도 *E. coli*, *P. aeruginosa* 및 *S. typhimurium*에 높



**Figure 2.** Antimicrobial activity of the garlic extract and JR-1 resin for *E. coli* ATCC-25922. a : 1, b : 3, c : 5, d : 7 and e : 9 mg/ml.

**Table 4.** Antimicrobial activity of the garlic extract, JR-1 and JR-2 resin

Types of strains	Antimicrobial activity		
	JR-1	JR-2	Garlic
Bacteria <i>S. aureus</i> (KCTC-1927)	++	-	+++
Bacteria <i>P. aeruginosa</i> (ATCC-15442)	++	-	+++
Bacteria <i>E. coli</i> (ATCC-25922)	++	-	+++
Mold <i>Asp. niger</i> (IFO-31125)	+	-	++
Mold <i>Rhi. microsporus</i> (KCTC-6969)	+	-	++

\* +++ ; very strong, ++; strong, +; moderate, - ; none.

은 항균활성을 나타내었다. JR-1수지의 경우 생마늘 추출액의 70% 정도 활성을 보였으며 JR-2는 거의 활성을 나타내지 않았다. JR-1수지의 곰팡이에 대한 활성은 생마늘 활성의 30%정도 나타내었으며 JR-2는 거의 나타내지 않았다. 이것은 정[17] 등이 식중독 세균과 젖산균에 대한 생마늘과 열처리 마늘의 항균력을 측정 한 결과, 식중독 세균은 0.5% (w/v) 이상, 젖산균은 1.5% (w/v) 이상에서 많은 집락 감소를 보였고, 열처리 마늘의 경우, 전반적으로 생마늘이 보였던 항균력보다는 낮은 항균력을 나타냈다는 보고와 유사한 결과로 열처리 마늘 수지보다는 생마늘에 의한 수지의 제조가 항균활성을 활용한 수지로서는 양호할 것으로 판단된다.

### 3.3.3. 기존의 도배용 풀과 JR수지의 혼합비율에 따른 접착성능

현재 사용되고 있는 도배용 풀인 전분 및 PVAc와 JR수지와 접착성능을 비교한 결과는 Figure 3과 같다. 이들 수지의 성능은 가능하다면 동일한 불휘발분에서 비교하는 것이 바람직하나, 각각의 수지 특성상 동일한 불휘발분에의 비교는 작업성, 도포성 등의 이유로 불가능하여, 현재 각각의 수지가 사용되고 있는 불휘발분인 JR-1수지는 62%, 전분수지는 16.5%, PVAc

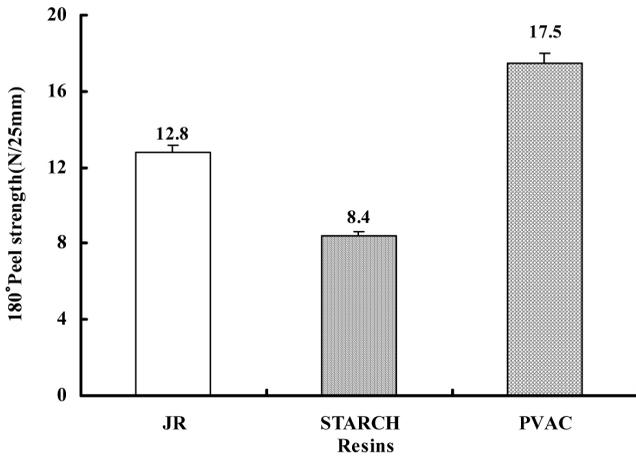


Figure 3. Comparison of peel strength between starch, PVAc and galic resin for wallpaper.

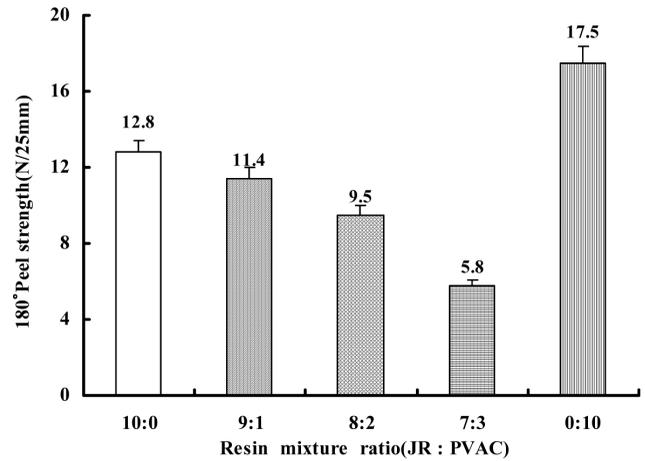


Figure 5. Effect of mixing ratio of JR and PVAc resin on peel strength.

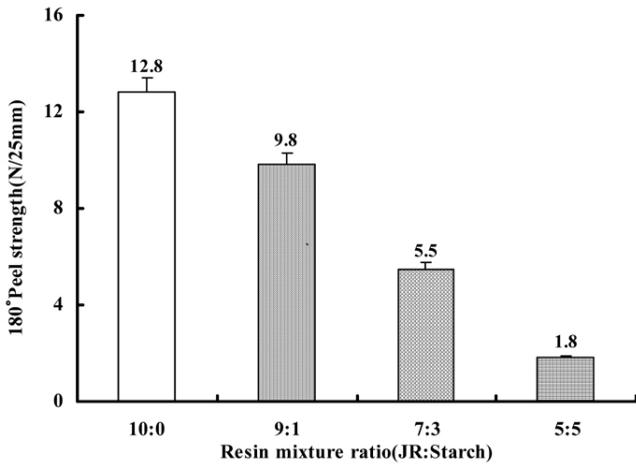


Figure 4. Effect of mixing ratio of JR and starch resin on peel strength.

는 42%에서 비교하였다. 접착온도를 20°C로 고정하고 동일한 조건에서 측정한 접착강도는 JR수지가 기존의 전분계수지보다는 우수하였으나 초산비닐에멀전수지 보다는 낮았다. 3수지 모두 전분계 접착제의 KS 기준인 7.85 N/25 mm보다는 높은 접착강도를 나타내고 있어 천연마늘접착제를 도배용으로는 충분히 이용이 가능할 것으로 판단된다.

또한 마늘이 가진 항균성이 기존의 수지와 혼합하여 이용할 경우 일정한 역할을 발휘할 수도 있어 전분계 접착제와 JR-1수지의 혼합비율에 따른 접착성능을 검토한 결과는 Figure 4와 같다. 배합비율을 10 : 0, 9 : 1, 7 : 3 및 5 : 5로 하여 접착강도를 측정한 결과, 전분계 접착제의 배합비율이 높아질수록 접착 강도가 낮아져 기존의 전분계 수지에의 다량 혼합 이용은 곤란할 것으로 생각된다. 이것은 전분풀의 불휘발분이 16.5%로

낮아 JR수지에 대한 전분풀의 혼합비율이 높아질수록 불휘발분의 함량이 낮아져(9 : 1 (고형분 60%), 7 : 3 (고형분 50%) 및 5 : 5 (고형분 40.5%)) 충분한 접착성능이 발휘되지 못하는 것으로 생각된다.

도배 시 초기 접착성을 향상시키기 위해 현재 전분풀에 PVAc수지를 혼합하여 사용하고 있어 JR수지와 PVAc의 혼합에 따른 접착성능을 평가한 결과는 Figure 5와 같다. JR수지에 대한 PVAc의 첨가비율이 높아질수록 접착강도는 감소하는 경향을 나타내어 기존수지와와의 혼합에 의해 성능의 향상을 기하기는 어려울 것으로 생각된다.

### 3.4. 마늘천연접착제의 개질

이상에서 검토한 바와 같이 생마늘을 물로 추출하여 얻은 JR수지는 접착성능과 우수한 항균성을 갖는 천연의 수지로서 도배용으로는 충분히 이용이 가능할 것으로 생각된다. 그러나 보다 강력한 접착성능이 요구되는 용도에 이용하기 위해서는 접착성능의 향상과 내수성의 개선이 요구된다. 따라서, 우선은 개질에 의한 성능 향상의 가능성을 파악하기 위해서 JR-2수지에 젤라틴(MJR-1)과 젤라틴 및 글리세린(MJR-2)을 첨가하여 90°C에서 반응시켜 제조한 수지의 접착성능을 검토한 결과는 Table 5와 같다. 젤라틴과 글리세린을 첨가하여 개질한 MJR수지의 박리접착강도는 개질 전의 JR수지에 비해 거의 2배 정도 큰 접착성능을 발휘하고 있어 적절한 개질에 의해 보다 우수한 성능의 수지 제조가 가능할 것으로 생각되며, 개질 방법과 조건에 대해서는 앞으로 검토할 예정이다.

**Table 5.** Bonding strength of modified garlic resin

Name of resin	Nonvolatile content (%)	180° peel strength (N/25 mm)
JR-2	63.5	11.6 ± 2.0
MJR-1	64.5	19.6 ± 4.3
MJR-2	66.0	21.9 ± 4.1

### 3.5. 천연마늘수지의 휘발성 유기화합물과 폼알데하이드 방산

실내공기질공정시험법(환경부 고시 제 2004-80호)에 준하여 총휘발성유기화합물(TVOC)과 폼알데하이드 방산량의 측정결과는 Table 6과 같다. 환경부의 건축자재 방출오염물질의 기준은 2011년부터 폼알데하이드는 0.125 mg/m<sup>2</sup>h, TVOC는 접착제의 경우 2 mg/m<sup>2</sup>h로 강화된 기준을 만족하고 있다. 또한, TVOC는 KS F 3217의 벽지용 전분계 접착제의 4.5 이하로 규정되어 있는 기준보다도 크게 낮은 0.021 mg/m<sup>2</sup>h였다. 또한 마늘 수지에서 폼알데하이드는 전혀 검출되지 않아 최근 많은 관심과 다양한 검토가 이루어지고 있는 실내공기질을 오염시키지 않는 친환경접착제로서 가치를 넘어 천연접착제로서의 다양한 용도에서 실내 이용이 가능할 것으로 기대된다.

**Table 6.** Emission of TVOC and formaldehyde from natural garlic resin (JR-1)

Compound emitted	Level of emission (mg/m <sup>2</sup> h)
Total volatile organic compounds (TVOC)	0.021
Formaldehyde (HCHO)	Not Detected

## 4. 결 론

천연접착제를 제조하기 위해 향균성의 식용재료인 마늘을 이용한 천연 벽지용 접착제의 제조방법과 기존의 벽지용 접착제와의 접착성능 및 향균성을 비교 검토하였다.

먼저 마늘로부터 접착성분을 분리하기 위한 수단으로서 환경적, 경제적 측면에서 매우 유리한 물을 이용한 추출 방법이 바람직하였으며 주요 접착력 발휘 성분으로는 탄수화물과 단백질로 판단된다. 접착제 제조를 위해 추출전의 원료로는 생마늘이 열에 의해 건조된 마늘로 제조한 수지보다 향균성이 우수하였으며, 접착성능에는 큰 차이가 없었다. 제조한 천연 마늘 수지의 접착성능은 불휘발분의 양에 의해 크게 영향받았으며, 최적의 불휘발분은 60% 전후였다. 제조한 천연

마늘 수지의 특성은 불휘발분 62%, 밀도 1.3 g/cm<sup>3</sup>, 점도 2,789 mPa·s, pH 6.6으로 중성에 가까운 pH와 도포에 적절한 점도를 나타내고 있었다. 접착성능은 기존의 전분계와 초산비닐에멀전 도배용 수지의 중간 정도를 나타내었으며, KS의 도배용 전분계 접착제의 접착강도 기준을 크게 만족하여 충분히 도배용으로 사용이 가능할 것으로 생각된다. 또한 생마늘로 제조한 접착제는 우수한 향균성을 나타내고 있었으며, 휘발성유기화합물이나 폼알데하이드의 방산이 거의 없는 매우 안전한 천연접착제로서의 사용이 가능할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

이 논문은 기성회해외중기연수 지원에 의하여 일부 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 조현, 최종문, 김우재, *한국생활환경학회지*, **13**, 283 (2006).
2. 오진경, 임동혁, 김소연, 김현중, *접착 및 계면*, **9**, 34 (2008).
3. K. Umemura, *Materials Science and Technology (Japan)*, **41**, 68 (2004).
4. W. Wang, X. Zhang, and X. Li, *Pigment and Resin Technology*, **37**, 229 (2008).
5. 최재훈, 황현득, 문제익, 김현중, 여환명, *목재공학*, **35**, 38 (2007).
6. M. L. Kuo, D. J. Myers, H. Heemstra, D. Curry, D. O. Adams, and D. D. Stokke, U.S. Patent 6,306,997 (2001).
7. Y. Liu and K. Li, *Macromolecular Rapid Communications*, **23**, 739 (2002).
8. Y. Liu and K. Li, *Macromolecular Rapid Communications*, **25**, 1835 (2004).
9. K. Li, S. Peshkova, and X. Geng, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **81**, 487 (2004).
10. Y. Liu and K. Li, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, **27**, 59 (2007).
11. J. Huang and K. Li, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **85**, 63 (2008).
12. 이지순, *한국생태환경건축학회논문집*, **11**, 39 (2011).
13. 조현, 김우재, 최종문, 이종인, *대한건축학회 학술 발표대회논문집*, **26**, 709 (2006).

14. <http://faostat.fao.org>.
15. 김연순, 박경숙, 경규항, 심선택, 김현구, *한국식품과학회지*, **28**, 730 (1996).
16. 정창호, 배영일, 이진화, 노정관, 신창식, 최진상, 심기환, *농업생명과학연구*, **43**, 51 (2009).
17. 정건섭, 김지연, 김영민. *한국식품과학회지*, **35**, 540 (2003).