



## 축합형 탄닌을 이용한 친환경 건축마감재 개발에 관한 연구

조재민 · 박문수 · 정경호<sup>†</sup>

수원대학교 공과대학 신소재공학과

접수일(2010년 4월 1일), 수정일(1차: 2010년 5월 10일, 2차: 6월 16일), 게재확정일(2010년 6월 24일)

### The Study on the Development of Environmental-friendly Surface Material Using Condensed Tannin

Jaemin Jo, Moonsoo Park, and Kyungho Chung<sup>†</sup>

Department of Polymer Engineering, The University of Suwon, Suwon, Korea 445-743

(Received April 1, 2010, Revised May 10, 2010, June 16, Accepted June 24, 2010)

**요약** : 실내 건축내장재로 medium density fiberboard (MDF)는 널리 사용되는 재료이지만, MDF 합판과 표면재의 바인더로 사용되는 포름알데히드 수지의 유리 포름알데히드와 휘발성 유기화합물의 방산 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 포름알데히드 흡착능이 있는 축합형 탄닌을 활용하여 표면재에 적용 하였다. 표면재에 사용되는 수지는 멜라민-포름알데히드 수지와 축합형 탄닌을 사용하여 합성하였으며 반응여부는 FT-IR 스펙트럼으로 확인하였다. 또한 전단응력, 충격강도, 테이프에 의한 접착력 실험, 연필경도, 광택도 그리고 접착각 등과 같은 표면 물성을 측정하였고 미반응 포름알데히드를 분석하기 위하여 유리 포름알데히드 분석법과 소형챔버법이 이용되었다. 결과에 따르면 전단응력과 충격강도는 축합형 탄닌의 함유량이 10 wt.% 일 때 가장 우수한 접착물성을 나타내었지만, 연필경도와 광택도의 경우에는 축합형 탄닌의 함유량이 20 wt.% 일 때 최적의 물성을 발현하였다. 또한 포름알데히드 방산량은  $59 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  로 축합형 탄닌의 첨가에 의해 포름알데히드 방산량을 약 3배 정도 감소 시킬 수 있었다.

**ABSTRACT** : Medium-density fiberboard (MDF) is widely used as an indoor building materials. However, formaldehyde resins, commonly used to bind MDF together, emit formaldehyde and other volatile organic compounds that cause health risk at sufficient concentration. In this study, condensed tannin having formaldehyde absorption ability was used to solve the problem of formaldehyde emission generated from surface material. The synthesis of melamine-formaldehyde resin and reaction of melamine-formaldehyde and condensed tannin were analyzed by FT-IR spectrum. Also surface properties, such as shear force, impact strength, tape adhesion, pencil hardness and gloss retention were measured. Free formaldehyde analysis was performed to analyze remaining unreacted formaldehyde. According to the results, the optimum shear force and impact strength could be obtained by 10 wt.% usage of condensed tannin. In cases of pencil hardness and gloss retention, the optimum properties could be obtained at 20 wt.% of condensed tannin. The amounts of formaldehyde emission of surface material containing 20 wt.% of condensed tannin was  $59 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ . The amounts of formaldehyde emission could be reduced 3 times by using 20 wt.% of condensed tannin.

**Keywords** : condensed tannin, formaldehyde emission, free formaldehyde analysis, MDF, melamine-formaldehyde resin.

## I. 서 론

건축 마감재용 소재의 경우 대부분이 석유계 유기 화합물을 이용하여 제조한 화학제품이며 이들 대부분이 인체에 유해한 물질을 함유하고 실내에 농축되는 문제점이 있으므로 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안이 검토되고 있다. 최근에는 환경과 건강에 대한 관심이 증가하면서 실내 환경에 관한 중요성은 날로 부각되고 있다. 특히, 건축마감재의 화학물질에서 방출되는 오염물질로 인한 '새집증후군' 등이 사회적 이슈가

되고 있으며 그 대표적인 물질이 포름알데히드이다. 이는 목재 가공품, 도료, 단열재, 각종 코팅 종이 제품 등에서 방산되며 0.1 ppm 농도에서도 메스꺼움, 흥부압박감, 피부발진, 알러지 등을 유발할 수 있는 물질로서 실내공간에 축적되어 인간의 건강에 악영향을 줄 수 있는 물질이다.<sup>1</sup> 이러한 포름알데히드 방산을 감소시키는 방법으로는 표면의 UV 조사처리, 광촉매 코팅, 비용제형 접착제 사용, 낮은 VOC 함유 표면재료의 사용과 포름알데히드 제거를 위한 흡착제의 사용 등을 들 수 있다.

표면의 UV 조사 처리는 방산되는 포름알데히드를 자외선 경화형 도료를 사용하여 방산되는 표면을 막는 것이고, 광촉

<sup>†</sup> 대표저자 E-mail: khchung@suwon.ac.kr

매 코팅은 이산화티타늄과 같은 물질을 사용하여 광분해하는 방식으로 OH 라디칼의 높은 산화력을 이용하여 유기오염물질을 분해하기 때문에 2차 오염을 유발하지 않고 유해 대기 물질을 처리할 수 있는 방법이다. 또한 비용제형 접착제와 낮은 VOC 표면재료의 경우 목재 등에 사용되는 표면재료로서 urea-formaldehyde 수지와 melamine-formaldehyde 수지가 대부분 사용되고 있는데 이들에 사용되는 포름알데히드를 다른 물질이나 방산량이 낮은 물질로 대체하는 방법이 있으며, 마지막으로 포름알데히드 제거를 위해 유기물 흡착제를 사용하는 방법이 있다. 사용되는 흡착제로는 대두분말, 석탄분말, 쌀겨분말, 그리고 목재에서 추출되는 탄닌 등이 있으며 현재 이들에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.<sup>2,6</sup> 그 중 목재에서 추출되는 탄닌의 경우 다양한 연구 결과를 통해 포름알데히드 흡착능이 입증되었다.

일반적으로 탄닌은 천연 페놀릭계 화합물로서 여러 가지 기준에 따라 분류되며 그 중에서 가장 일반적인 것은 화학 구조에 따라 분류하는 방법이다. 탄닌을 가열하였을 때 pyrogallol을 생성하는 것과 catechol을 생성하는 것이 있으며 전자를 pyrogallol계, 후자를 catechol계로 분류한다.<sup>7,8</sup> 또한 탄닌에는 산이나 효소에 의하여 쉽게 가수분해하는 가수분해형 탄닌과 분해에 비교적 안정한 축합형이 있다. 가수분해형 탄닌(hydrolyzable tannin)은 포름알데히드와의 낮은 반응성과 한정된 수급 등의 경제적, 화학적 부분에 있어 축합형 탄닌에 비해 접착용 및 흡착제로는 부적합하다. 이에 반해 축합형 탄닌(condensed tannin)은 상업적 탄닌의 90%를 차지하고 있으며 해마다 대규모의 양이 생산되고 있다.<sup>9</sup>

축합형 탄닌은 석유나 석탄계 자원으로부터 얻어지는 일반적인 유기 화합물과는 달리 목재의 심재와 수피로부터 얻어지는 천연 폴리페놀 화합물로서 무한 자원이라 할 수 있고 폐목재 및 목재 가공 중 발생하는 목분으로부터 얻을 수 있어 경제적인 측면에서도 유기 화합물 보다 저렴하며 자원의 재활용 측면에서도 친환경 소재라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이를 적용한 친환경 건축마감재를 개발하고자 연구를 진행하였다.

## II. 실험

### 1. 재 료

본 연구에서 사용된 멜라민-포름알데히드 수지는 99.8% 멜라민 (126.3 g/mol, DSM), 35% 포르말린 (30.02 g/mol, DC Chemical), 10% NaOH 수용액(Duksan Pure Chemical)과 증류수를 사용하여 합성하였다. 합성은 4구 둥근 플라스크에 포름알데히드/멜라민 물 비를 2.0으로 고정하여 투여하고 수지의 고형분이 50%가 되도록 증류수를 첨가하였다. 합성 조건은 10% NaOH로 pH를 8.5로 조절한 후 반응온도를 90 °C로 하여

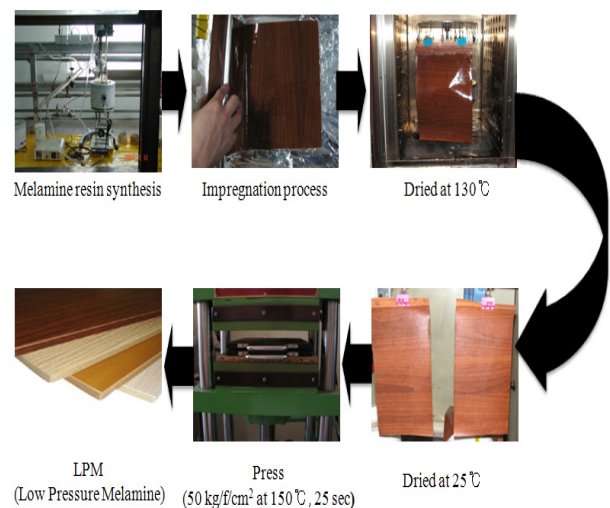
30분간 반응 시킨 후 수지의 온도를 40 °C로 낮추어 반응을 정지시켰으며 수지의 hardener로 10% ammonium chloride가 1.2 wt.% 사용되었다.

### 2. 축합형 탄닌과 알데히드계 화합물의 반응성 분석

합성된 멜라민-포름알데히드 수지의 생성여부 및 축합형 탄닌과 멜라민-포름알데히드 수지와 화학적인 반응 유무를 확인하기 위하여 각각의 생성물을 진공오븐에서 24 시간 동안 건조 시킨 후 FT-IR spectrometer (NEXUS, Nicolet Instrument Co.)를 사용하여 분석하였다. 축합형 탄닌과 포름알데히드의 pH변화 및 함량 비에 따른 변화와 멜라민 수지에 첨가될 축합형 탄닌의 임계함량을 결정하기 위하여 진동식 점도계 (Sine-wave Vibro Viscometer, A&D Co.)를 사용하여 관찰하였다.

### 3. 표면재의 열압가공

멜라민-포름알데히드 수지에 축합형 탄닌 수용액이 혼합된 함침용 수지를 합성한 후 표면재를 제작하여 이들의 기계적 물성, 표면 물성 및 함침용 수지의 유리 포름알데히드 흡착능 등을 분석하였다. 축합형 탄닌이 포함된 함침용 수지에 목재 무늬가 인쇄된 그라비아 인쇄지를 함침하는 제조공정을 Figure 1에 나타내었다. Figure 1에 나타난 바와 같이 인쇄지를 함침용 수지 용액에 충분히 함침 시킨 후 균일한 두께를 얻기 위해 doctor blade를 사용하여 과량으로 도포된 수지를 제거하였다. 함침과정은 인쇄지를 함침 후 130 °C의 가열오븐에서 10 초간 열풍건조를 시키고 오븐에서 꺼내어 함침과정을 진행하였으며 총 4회를 반복한 후 상온에서 표면의 끈적임이 없을 때까지 건조를 시켜주었다. 최종 도막의 두께는 버니어캘리퍼스 측정하였고 0.03 mm 이었다.



**Figure 1.** Manufacturing process of low pressure melamine (LPM).

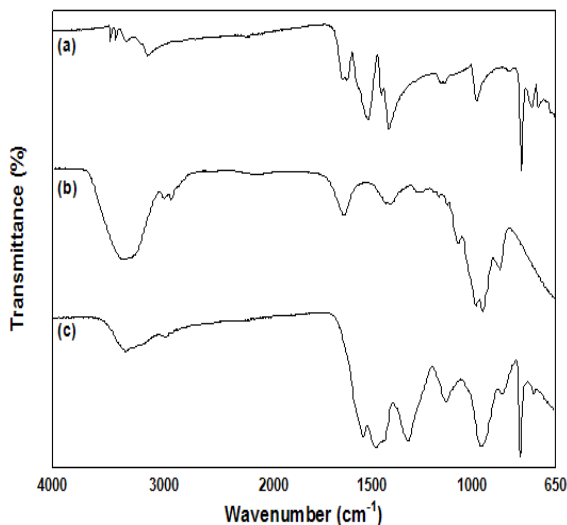
#### 4. 표면재의 물성

표면재를 목재에 부착하여 열압 가공한 low pressure melamine (LPM) 시편을 이용하여 기본 표면 물성인 표면경도와 광택도를 연필경도계와 광택기로 측정하였다. 연필경도 시험은 KS M ISO 15184의 방법으로 일정하중 (500 g)으로 도막표면과 45° 각도를 유지하여 이동 시킨 후 지나간 부분의 이상 유무에 따라 분석하였으며 광택도 평가는 KS M ISO 2813의 방법으로 측정 시편의 광택도에 따라 각각 20°, 60° 및 85° 로 측정하는데 본 실험에서는 60°에서 실시하였다. LPM 접합부의 기계적 강도는 만능시험기(Universal Testing Machine, DaeKyung)과 Izod 충격시험기 (Testing Machine Inc.)를 사용하여 측정하였고 표면재와 목재간의 접착력은 테이프 박리시험으로 측정하였다. 테이프에 의한 접착력 시험의 경우 ASTM D3359의 방법을 활용하였으며 간격은 shape blade를 이용하여 2 mm의 간격으로 cutting 후 테이프 접착에 의해 파괴된 단면을 분석하였다. 표면재에 잔존하는 유리 포름알데히드의 양은 미연방정부에 등록된 유리포름알데히드 분석법을 참고하여 측정하였다.<sup>10</sup>

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 축합형 탄닌과 알데히드계 화합물의 반응성 분석

멜라민과 포름알데히드의 합성여부를 판단하기 위하여 측정된 FT-IR 스펙트럼의 결과를 Figure 2에 나타내었다. Figure 2(a)는 멜라민, Figure 2(b)는 포름알데히드의 스펙트럼이며 합성된 멜라민-포름알데히드 수지의 스펙트럼은 Figure 2(c)에



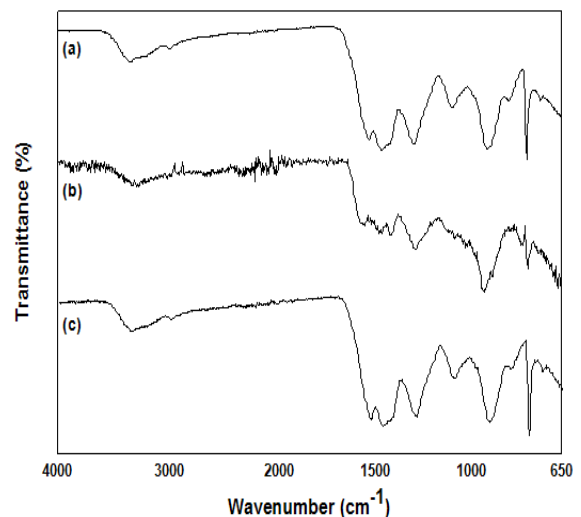
**Figure 2.** FT-IR spectrum of melamine-formaldehyde: (a) melamine, (b) formaldehyde, (c) melamine-formaldehyde resin.

나타나있다. 멜라민-포름알데히드 수지의 합성 여부는 Figure 2(c)에 나타난 스펙트럼에서 멜라민에 존재하는 N-H-N 일차 아민의 신축진동과 굽힘진동에 의해서 생성된 3120 - 3471  $\text{cm}^{-1}$ 와 1627  $\text{cm}^{-1}$ 의 피크와 [Figure 2(a)] 포름알데히드에 존재하는 1700  $\text{cm}^{-1}$ 에 나타난 C=O 피크의 [Figure 2(b)] 소멸로 멜라민 수지의 합성여부를 확인할 수 있었다. 또한 축합형 탄닌과 멜라민-포름알데히드 수지 간의 화학적인 결합 유무를 판단하기 위하여 측정된 FT-IR을 Figure 3에 나타내었다.

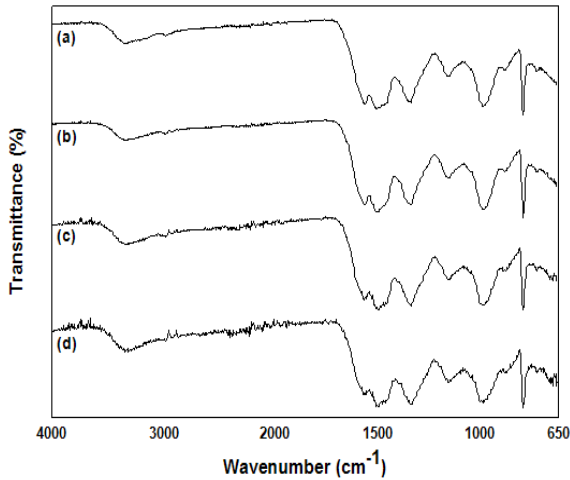
멜라민-포름알데히드(MF) 수지와 축합형 탄닌 (condensed tannin, CT)의 스펙트럼을 Figure 3(a)와 (b)에 각각 나타내었으며 Figure 3(c)에는 MF 수지에 5 wt.%의 CT를 포함한 수지의 스펙트럼을 나타내었다. Figure 3에 나타난바와 같이 축합형 탄닌의 영향에 의해서 1900 - 4000  $\text{cm}^{-1}$  사이에서 흡수 피크가 영향을 받은 것으로 판단되어지나 축합형 탄닌의 농도가 낮아 흡수 피크가 제대로 생성되지 않은 것으로 판단되어 축합형 탄닌의 농도에 따른 FT-IR 스펙트럼을 분석하였고 그 결과를 Figure 4에 나타내었다.

Figure 4는 축합형 탄닌 수용액의 농도를 5, 10, 15 와 20 wt.%로 달리하여 멜라민 수지에 첨가한 화합물의 FT-IR 스펙트럼을 나타낸 것이다. Figure 4에 나타난바와 같이 축합형 탄닌의 농도가 증가할수록 Figure 3(b)에서 나타난 축합형 탄닌 흡수대와 유사한 경향을 나타내는 것으로 보아 멜라민-포름알데히드 수지와 축합형 탄닌의 반응이 원활히 진행되었고 판단되어졌다. 또한 멜라민 수지와 축합형 탄닌이 혼합된 수지를 pH 조건을 달리하여 점도변화를 진동식 점도계로 측정하였고 그 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1에 나타난 바와 같이 수지의 pH가 염기성에서 보다 산성 조건에서 빠른 gelation 현상이 나타났으며 함침용 수지



**Figure 3.** FT-IR spectrum of melamine-formaldehyde resin containing condensed tannin: (a) MF resin, (b) condensed tannin, (c) MF-CT-5%.



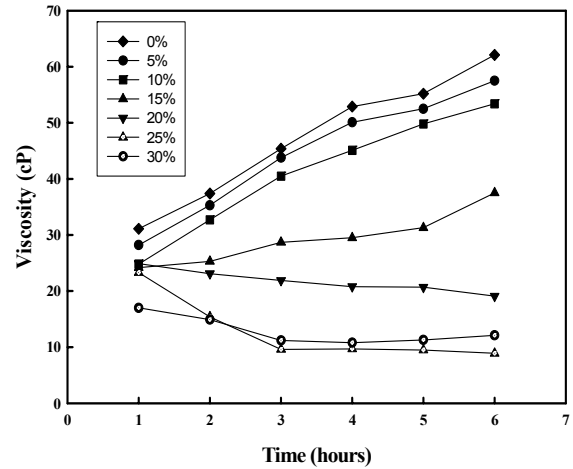
**Figure 4.** FT-IR spectrum of melamine-formaldehyde resin with different concentration of condensed tannin: (a) MF-CT-5%, (b) MF-CT-10%, (c) MF-CT-15%, (d) MF-CT-20%.

**Table 1. Change of Viscosity of Melamine-Formaldehyde Resin Containing Condensed Tannin with pH**

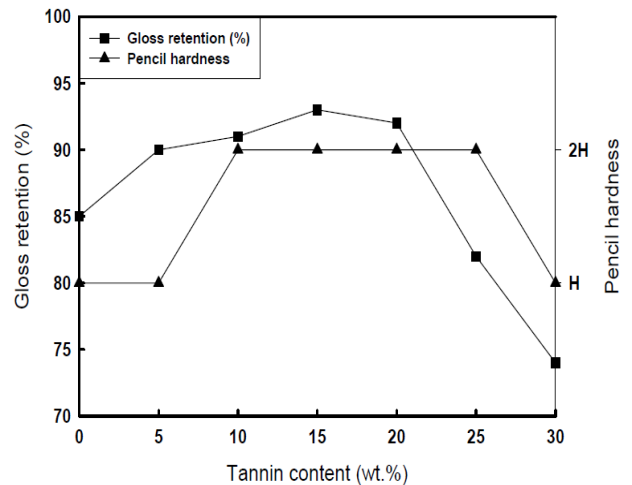
Reaction Time	pH			
	5	7	8.5	10
30 min	gelation (after 20 sec)	gelation (after 35 sec)	3.71 cP	3.42 cP
60 min	gelation			3.92 cP

로 사용하여 표면재를 제조할 경우 수지의 pH를 산성으로 조정하면 짧은 가사시간을 초래할 수 있기 때문에 염기성 조건으로 조정하여 연구를 진행하였다. 또한 축합형 탄닌의 임계 함량을 결정하기 위해 멜라민-포름알데히드 수지에 축합형 탄닌을 무게 비에 따라 최대 30 wt.%까지 첨가하고 hardener로서 10% ammonium chloride를 첨가하여 상온에서의 점도변화를 진동식 점도계로 측정하였고 그 결과를 Figure 5에 나타내었다.

Figure 5에 나타난 바와 같이 축합형 탄닌이 15 wt.%까지 첨가될 경우 반응이 진행됨에 따라 점도가 증가하지만 20 wt.%을 전·후로 점도 증가 현상은 역전되었다. 또한 동일한 반응시간에서 비교해 보면 축합형 탄닌의 함량이 증가할수록 반응물의 점도는 상대적으로 감소하였는데 이는 축합형 탄닌의 함량이 증가하면 지속적으로 반응이 진행되고 있는 멜라민 수지에 축합형 탄닌이 반응하여 알갱이 형태로 형성되어 가라앉는 상분리 현상이 현저히 나타나 점도가 낮아지는 현상이 나타난 것으로 관찰되었다. 진동식 점도계는 표면의 진동을 이용하여 점도를 측정하는데 상분리가 일어나는 경우 위층은 점도가 낮은 액체가 위치하고 아래층은 알갱이를 형성하고



**Figure 5.** Viscosity of melamine-formaldehyde resin with the amounts of condensed tannin. (at 25 °C)



**Figure 6.** Pencil hardness and gloss retention of melamine-formaldehyde resin with the condensed tannin content.

있는 고체부가 위치하고 있어 이와 같은 현상을 나타냈다고 판단된다. 즉 축합형 탄닌을 멜라민 수지에 적용하여 사용할 경우 약 20 wt.% 이상 첨가될 경우 응집현상이 발생한다는 것을 관찰할 수 있었으며 따라서 유리 포름알데히드 흡착 특성을 고려하여 사용 가능한 축합형 탄닌의 함량은 20 wt.%라고 사료되었다.

**2. 표면재의 물성**

멜라민-포름알데히드 수지에 축합형 탄닌을 함량별로 첨가하여 표면재로 제작한 후 연필경도와 광택도, 접합부의 기계적 강도, 테이프에 의한 접착력 시험, 표면재에 잔존하는 유리 포름알데히드를 측정하여 표면재의 제반물성을 확인하였다.

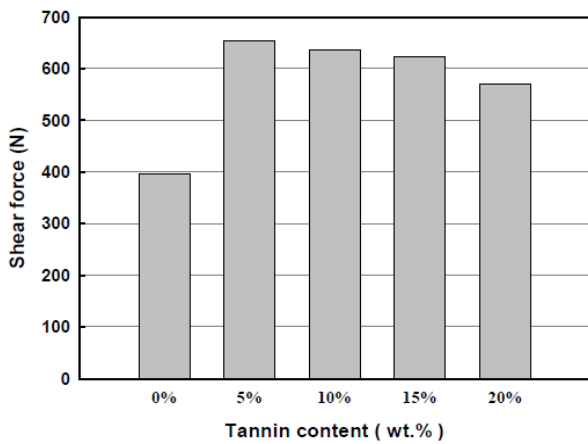
표면재의 연필경도와 광택도를 Figure 6에 나타내었다. 연



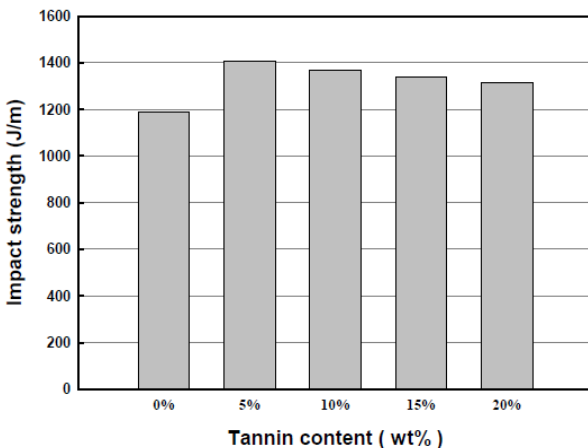
필경도는 멜라민-포름알데히드 수지에 대하여 축합형 탄닌의 첨가량이 증가함에 따라 증가하다가 25 wt.% 이후에서는 오히려 감소하였고 광택도의 경우도 이와 같은 유사한 경향을 보이며 20 wt.% 이후에서 감소하였다. 연필경도의 측정결과에서 나타난 현상은 bulky한 축합형 탄닌이 상대적으로 많이 들어가서 표면이 보다 거칠어졌기 때문으로 사료되며 이러한 현상은 광택도 측정 결과에서도 알 수 있었다. 광택도는 일정 각도에서 조사된 빛이 동일면의 이면 각도에서 표준시편이 빛을 반사하는 양과 측정 시편이 빛을 반사하는 양의 상대비교로서 측정하게 되는데 이러한 원리로 연필경도보다 표면의 거칠기를 더욱 정확하게 측정할 수 있다. 결과적으로 멜라민-포름알데히드 수지에 일정량의 축합형 탄닌을 첨가하였을 때 표면 물성이 향상되어지나 약 20 wt.% 이상 첨가하였을 경우 오히려 물성을 저해하는 요인임을 알 수 있었다.

접합부의 기계적 강도는 UTM으로 전단력과 Izod 충격시험기로 충격강도를 측정하였고 그 결과를 Figure 7에 나타내었

다. Figure 7에 나타난바와 같이 축합형 탄닌이 첨가되면 전단력과 충격강도가 증가하였으며, 축합형 탄닌의 첨가량이 증가하면 전단력과 충격강도가 다소 감소하지만 축합형 탄닌은 표면재의 기계적 물성에 크게 기여함을 알 수 있었다. 이는 접합부의 파괴지역을 분석함에 의해 평가될 수 있는데 Figure 8(A)는 전단응력시험에 의한 파괴지역을 나타낸 결과이며, Figure 8(B)는 충격강도 시험에 의한 파괴지역을 나타낸 것이다. Figure 8(A)와 (B) 모두 (a)~(e)는 축합형 탄닌의 첨가량이 각각 0, 5, 10, 15, 20 wt.%의 경우를 나타낸 것이다. Figure 8에 나타난바와 같이 축합형 탄닌이 첨가되지 않은 경우 목재와 표면재 사이의 계면파괴가 발생하지만 축합형 탄닌이 첨가되면 피착재인 목재의 파괴가 주로 발생하는 응집파괴 현상을 나타내었다. 이와 같이 축합형 탄닌의 첨가로 인해 표면재와 목재의 상용성이 증가하여 전단력과 충격강도가 증가하였으며 파괴지역도 계면파괴에서 응집파괴로 변화하였음을 알 수 있었다.

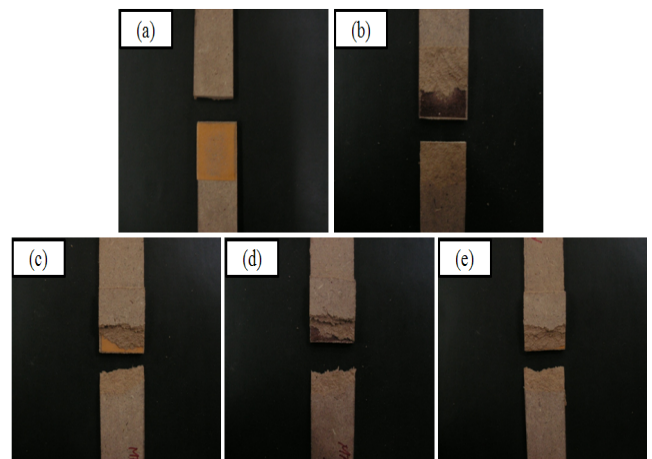


(a)

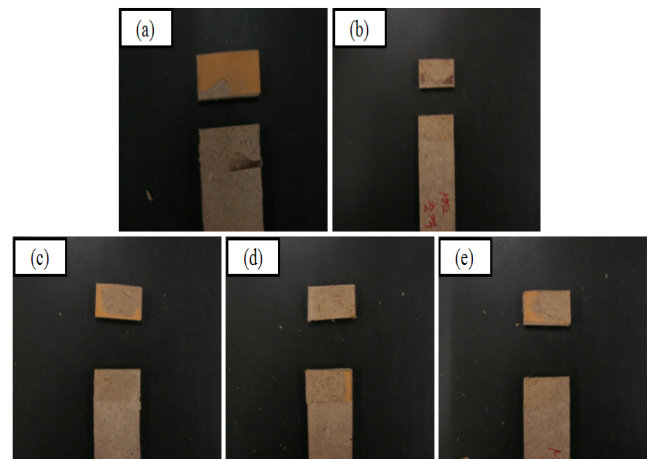


(b)

Figure 7. Shear force and impact strength of melamine-formaldehyde resin with condensed tannin content: (a) shear force, (b) impact strength.

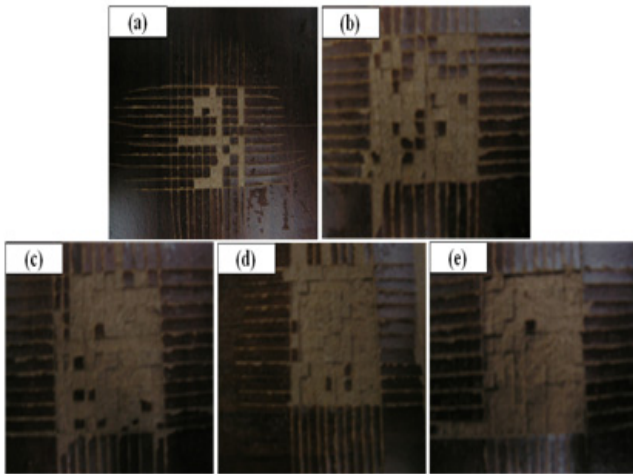


(A)



(B)

Figure 8. Failure loci of adhesive joint: (A) shear test, (B) impact test.



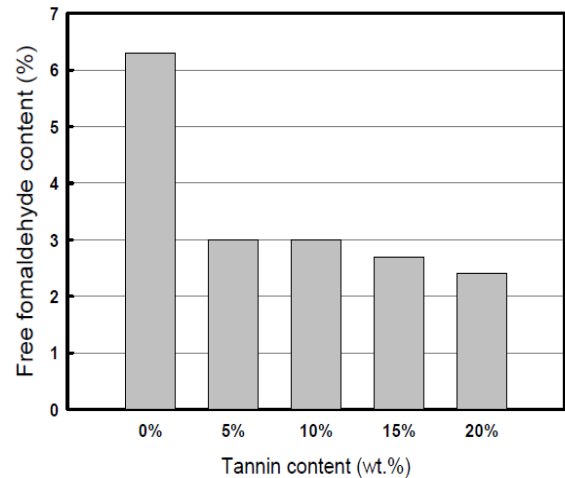
**Figure 9.** Tape test results of melamine-formaldehyde resin with the condensed tannin content (wt.%) (a) 0, (b) 5, (c) 10, (d) 15, (e) 20.

멜라민-포름알데히드 수지에 축합형 탄닌을 함량별로 첨가하여 테이프 접착력 시험을 한 결과를 Figure 9에 나타내었다. 결과에 따르면 축합형 탄닌이 포함되지 않았을 경우 [Figure 9(a)]는 1B 등급이고, 축합형 탄닌이 포함되었을 경우 [Figure 9(b)~(e)]는 0B 등급이었다. 그러나 Figure 8에 언급되었던 결과와 마찬가지로 축합형 탄닌 첨가되지 않은 Figure 9(a)의 경우 상당부분 표면재가 남았지만 축합형 탄닌이 첨가된 Figure 9(b)~(e)의 경우 첨가량에 관계없이 대부분의 표면재가 제거된 상이한 결과를 나타내었다. 즉 축합형 탄닌이 첨가되지 않은 경우는 표면재와의 접착파괴가 계면에서 발생하였지만 축합형 탄닌이 첨가된 시료의 접착 파괴 지역은 피착재가 파괴되어 표면이 고르지 않은 것을 관찰할 수 있었다. 이는 축합형 탄닌의 첨가로 인해 목재와 표면재 사이의 상용성 증가로 접착력이 증가하였음을 나타낸 결과라고 판단되어진다.

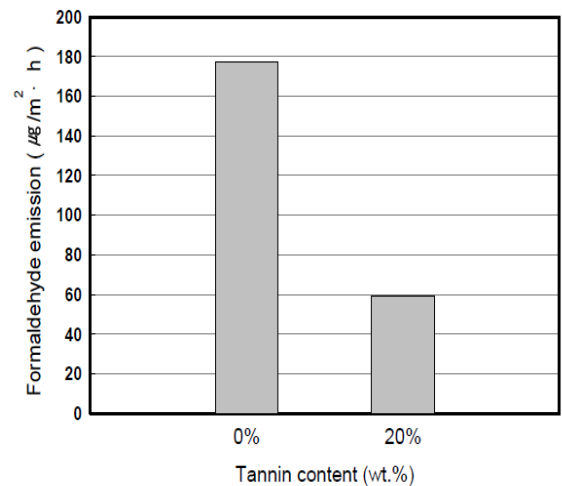
### 3. 표면재에 잔존하는 유리 포름알데히드 분석

유리 포름알데히드 분석의 경우 시료를 증류수 속에 침지시켜 포름알데히드 방산을 강제적으로 유도한 방법인 유리 포름알데히드 분석법과 시편과 증류수간의 접촉 없이 단지 밀폐된 공간 안에서 일정한 환기 횟수를 통해 시료로부터 방산되는 포름알데히드를 DNPH 카트리지에 흡착시킨 후 HPLC를 이용하여 방산량을 정량화한 소형챔버법을 활용하여 분석하였다.

Figure 10에는 멜라민-포름알데히드 수지에 축합형 탄닌을 첨가하여 제작된 표면재를 유리 포름알데히드 분석법을 이용하여 측정된 결과를 나타내었는데 축합형 탄닌의 첨가로 수지 내의 유리 포름알데히드 양이 크게 감소하는 것을 알 수 있었다. 그러나 첨가량에 따른 차이는 크지 않았다. 이에 대한 정확



**Figure 10.** Free formaldehyde content of surface material with the amounts of condensed tannin.



**Figure 11.** Amounts of formaldehyde emission by small chamber method.

한 결과를 도출하기 위하여 소형챔버법을 활용하였다. 소형챔버법으로 측정된 시편은 축합형 탄닌이 첨가되지 않은 표면재와 축합형 탄닌이 20 wt.%가 첨가된 표면재가 사용되었으며 그 결과를 Figure 11에 나타내었다.

결과에 따르면 축합형 탄닌이 20 wt.% 첨가될 경우 표면재의 포름알데히드 방산량이  $177 \mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 에서  $59 \mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 로 감소하였으며 축합형 탄닌의 첨가가 포름알데히드 방산량을 약 3배 정도 감소시켰음을 알 수 있었다. 이는 축합형 탄닌의 -OH 관능기가 포름알데히드 기체의 -H기를 흡착하여 시편으로부터 방산되는 포름알데히드를 흡착한 결과로 판단되어지며 축합형 탄닌은 표면재의 기계적 물성을 향상시킬 뿐만 아니라 포름알데히드의 방산을 크게 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 LPM으로 사용되는 멜라민-포름알데히드 수지를 축합형 탄닌으로 개질하여 표면물성의 저하 없이 포름알데히드의 방산량을 감소시킬 수 있는 친환경 건축 마감재용 소재를 개발하고자 하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 멜라민-포름알데히드 수지에 축합형 탄닌을 적용하여 반응특성을 연구한 결과 축합형 탄닌의 함량이 증가하고, 산성도의 조건이 산성에 근접할 때 경화속도가 빨라지는 특성이 나타났으며 FT-IR 스펙트럼을 사용하여 축합형 탄닌과 멜라민-포름알데히드 수지간의 반응이 원활히 진행되었음을 확인할 수 있었다.

2) 표면재의 표면물성을 평가하기 위하여 연필경도, 광택도, 접합부의 기계적 강도, 테이프에 의한 접착 시험 등을 수행한 결과 연필경도와 광택도의 경우 멜라민-포름알데히드 수지에 약 20 wt.%의 축합형 탄닌을 첨가하였을 경우 표면물성이 향상되는 결과를 나타내었지만 그 이상 첨가될 경우 물성이 다소 감소함을 확인할 수 있었고 접착 후 파괴단면을 분석한 결과 축합형 탄닌이 첨가되면 접착파괴 현상이 계면파괴에서 응집파괴 현상으로 변화하였다.

3) 축합형 탄닌의 사용으로 기존 멜라민-포름알데히드 수지가 사용된 표면재의 포름알데히드 방산량을 약 3배가량 감소시킬 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 경기도가 시행하는 부품소재기술개발사업 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사를 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. O. K. Lee, J. W. Choi, T. S. Jo, and K. H. Paik, "Adsorption of Formaldehyde by Wood Charcoal-Based Building Materials", *Mokchaekonghak*, **35**, 61 (2007).
2. S. Tunga and B. Müfit, "Occurrence, Dynamics and Reactions of Organic Pollutants in the Indoor Environment", *Clean*, **37**, 417 (2009).
3. R. N. Kumar, T. L. Han, H. D. Rozman, W. Daud, and M. S. Ibrahim, "Studies in the Process Optimization and Characterization of Low Formaldehyde Emission Urea-Formaldehyde Resin by Response Surface Methodology", *J. Appl. Polym. Sci.*, **103**, 2709 (2007).
4. B. D. Park, E. C. Kang, and J. Y. Park, "Thermal Curing Behavior of Modified Urea-Formaldehyde Resin Adhesives with Two Formaldehyde Scavengers and Their Influence on Adhesion Performance", *J. Appl. Polym. Sci.*, **110**, 1573 (2008).
5. G. A. Amaral-Labat, A. Pizzi, A. R. Goncalves, A. Celzard, S. Rigolet, and G. J. M. Rocha, "Environment-Friendly Soy Flour-Based Resins Without Formaldehyde", *J. Appl. Polym. Sci.*, **108**, 624 (2008).
6. S. Kim, H. J. Kim, H. S. Kim and H. H. Lee, "Effect of Bio-Scavengers on the Curing Behavior and Bonding Properties of Melamine-Formaldehyde Resins", *Macromol. Mater. Eng.*, **291**, 1027 (2006).
7. A. Pizzi, "Tannin-based Wood Adhesives", *Wood Adhesives, Chemistry and Technology*, Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, 1983.
8. H. L. Hergert, "Condensed tannins in adhesives", *Adhesives from Renewable Resources*, ACS Symposium Series 385, Ed. by R. W. Hemingway, 1989.
9. J. K. Oh, D. H. Lim, S. Kim and H. J. Kim, "Environmental Friendly Adhesives using Natural Materials", *J. of Adhesion and Interface*, **9**, 34 (2008).
10. Federal Register, "Appendix B to Subpart NNN of Part 63 - Free Formaldehyde Analysis of Insulation Resins by Hydroxylamine Hydrochloride", *Rules and Regulations*, **64**, 31717 (1999).