

은행나무 잎을 혼합하여 제조한 파티클보드의 물리·기계적 성질과 포름알데히드 저감효과¹

박 상 범²

Physico-Mechanical Properties and Formaldehyde Abatement of Particleboard Mixed with Ginkgo Tree Leaves¹

Sang-Bum Park²

요 약

본 연구에서는 대기오염에 대한 저항성과 내충성, 항균성 등이 강하여 가로수로 많이 심어진 은행나무에 있어서, 그 잎의 파티클보드 제조 원료로서의 가능성을 모색하고자 하였다. 이를 위해 은행나무 잎을 분쇄한 다음 목재 파티클에 소량 혼합하여 파티클보드를 제조하였다. 은행나무 잎을 혼합하여 제조한 파티클보드의 물리, 기계적 성질을 조사하고 포름알데히드 방출량의 저감효과에 대해 검토하였다.

목재 파티클에 대하여 은행나무 잎을 1~5% 첨가하여 제조한 파티클보드는 은행나무 잎을 첨가하지 않은 대조구에 비해 밀도, 함수율, 흡수두께팽창률 등 물리적 성질과 휨강도, 박리강도와 같은 기계적 성질은 크게 감소하지 않았으며 모두 KS 파티클보드의 기준을 만족하였다. 은행나무 잎의 혼합량에 따라 포름알데히드 방출량은 점차 감소하였으며, 특히 은행나무 잎이 3% 첨가된 파티클보드의 포름알데히드 방출량은 2.81mg/l에서 1.66mg/l로 대조구에 비해 약 40% 감소하였다. 은행나무 잎이 지닌 고유한 항균성에 덧붙여 본 연구로부터 얻어진 결과는 낙엽으로 폐기되는 은행나무 잎을 원료로 포름알데히드 방출량이 낮은 기능성 파티클보드를 제조할 수 있다는 새로운 사실을 보여주고 있다.

ABSTRACT

This study was conducted to find potentialities of the leaves of ginkgo tree (*Ginkgo biloba* L.) which has been planted as a roadside tree in Korea because of its resistance on air pollution, insect, fungi, etc. Various amounts of the leaves were mixed with wasted wood particles to manufacture particleboard. Their influences on physical and mechanical properties and the formaldehyde emission of PB were investigated. Physical and mechanical properties, such as density, modulus of rupture (MOR), and

1. 접수 2006년 11월 1일 Received on November 1, 2006.

2. 국립산림과학원 임산공학부 목재가공과 Division of Wood Processing, Dept. of Forest Products, Korea Forest Research Institute Seoul, Korea.

internal bond (IB) strength, of manufactured particleboard were not much different from those of control board. Formaldehyde emission values were decreased with increasing amount of leaves in PB prepared. Especially, particleboard made with 3 percent of leaves was decreased to $1.66\text{mg}/\ell$ in formaldehyde emission, which is about 40% lower emission than that of control. From these results, the leaves of ginkgo tree may be considered as a formaldehyde emission lowering additive in a functional PB manufacturing process.

keywords : Ginkgo tree leaves, particleboard, physical & mechanical properties, formaldehyde emission

서 론

건물의 기밀화, 다양한 인테리어자재의 이용, 건강에 대한 관심 증대 및 대중 매체의 사회 이슈화 등으로 실내에서 방출되는 각종 오염물질이 재실자의 건강을 해치는 것으로 알려진 소위 “새집증후군”이 사회적인 문제로 크게 부각되면서 환경부는 2004년 실내공기질관리법을 제정하였다⁷⁾. 2006년부터는 동법을 강화하여 신축공동주택이나 다중이용시설에서의 포름알데히드 등 6개의 휘발성유기화합물(VOC, volatile organic compounds)을 의무적으로 측정하여 6개월 이상 공고토록 하였다. 또한, 신축 학교에 다니는 학생들이 미세먼지와 포름알데히드, 휘발성유기화합물 등으로 오염된 공기와 접촉해 아토피성 피부염과 천식 등을 앓는 사례가 많이 보고 되면서 교육인적자원부에서는 소위 ‘새학교증후군’ 등의 원인이 되고 있는 휘발성유기화합물 등 교사(校舍)안에서 실내공기질에 영향을 미치는 위해 요소에 대한 유지·관리기준을 강화하는 개정안을 2005년 5월 26일자로 발표하였다.

한편, 국내에서 사용되는 학생용 책상은 초, 중, 고등학교만 1,200만개 정도이며 대학 및 사설학원을 고려하면 약 2,500만개에 이를 것으로 추정된다. 매년 250만개가 상판 교체나 신규 제작이 필요한 책상판은 과거 대부분 수입합판에 의해 제조되어 왔으나 최근 폐합판, 폐가구 등 목재폐기물을 수거, 파쇄하여 품질이 우수한 파티클보드 성형 책상판이 생산됨으로서 환경보호 및 외화 절약에도 기여하고 있다^{2,6)}.

그러나 폐목재 재활용 책상판은 폐기된 합판, 가구 등을 원료로 하므로 원자재에 소량의 포름알데히드가 함유되어 있으며, 또한 새로운 파티클보드 성형 책상판의 제조에도 포름알데히드계 접착제를 사용하여야 하므로 자연히 책상판으로부터 포름알데히드의 방출량이 증가하여 학생용 책상판에 대한 포름알데히드의 저감 대책이 필요한 실정이다. 지금까지는 친환경 리사이클제품(GR제품)으로서 재활용 책상판의 포름알데히드 방출량은 KS의 데시케이터법에 의해 책상판 자체에 대해 관리되어, KS 기준 E_1 (포름알데히드 방출량 $1.5\text{mg}/\ell$ 이하) 등급이면 친환경 제품으로 인정받아 학교시설 등에 납품하는데 큰 애로사항이 없었다. 그러나 2005년 들어 공기질관리법 하에서의 포름알데히드 시험방법이 환경부 공정시험법에 근거하여 20L 소형챔버법으로 변경됨에 따라 포름알데히드 방출량을 표시하는 단위와 방출량의 범위도 완전히 바뀌었다.

최근 들어서는 대부분 건축자재에 대한 포름알데히드 방출량 평가는 20L 소형챔버법이 대세를 이루고 있다고 해도 과언이 아니다. 실내 공기질법이 엄격한 일본의 예를 보듯이 앞으로 책상판을 비롯한 목질건축자재의 생산은 KS 기준으로 E_0 ($0.5\text{mg}/\ell$ 이하)수준으로까지 낮추어야만 최우수 제품으로 인정받을 수 있을 것으로 판단된다. 재활용 파티클보드 성형 책상판의 포름알데히드 방출량을 줄이는 방법으로는 접착제 자체의 포름알데히드를 줄이는 방법^{1,10,11)}, 자재에서 방출되는 포름알데히드를 흡착하는 방법²⁾ 등을 고려할 수 있다. 박 등³⁾은 소주여과

공정을 거친 폐대나무숯 분말을 폐목질 파티클에 혼합하여 포름알데히드를 KS E₀(포름알데히드 방출량 0.5mg/l 이하) 수준으로 줄이는 방법에 대해 보고한 바 있다.

본 연구에서는 공해에 대한 적응력이 매우 강하고 아황산가스, 납 성분을 정화하는 능력이 플라타너스보다 2배나 높아 우리나라에서 가로수로도 많이 심어진 은행나무 잎의 활용 가능성을 알아보고자 은행나무 잎 분말을 폐목질 파티클과 혼합하여 책상판을 제조하였을 경우, 그 물리, 기계적 성질을 조사하고 포름알데히드 방출량의 저감효과에 대해 검토하였다. 은행나무 잎에 함유된 플라보노이드류, 테르페노이드류, 탄닌 등 각종 성분은 산화를 억제하며, 살균 살충작용을 하여서 갖가지 벌레의 유충과 식물에 기생하는 곰팡이, 바이러스 등을 죽이고 번식을 억제하는 능력을 지니고 있는 것으로 알려져 있다. 특히 이들 성분 가운데 카테킨류, 테르페노이드 등은 포름알데히드와 쉽게 반응하여 포름알데히드를 제거하는데 효과가 높은 것으로 보고되고 있다(Gwak 등, 2005, 大平辰朗, 2000)^{8,9)}. 또한 징코라이드(ginkgolides) A·B·C, 빌로바라

이드(bilobalide), 진놀 등의 성분이 함유되어 있어 의약품 제조 원료로 사용되며, 화장품 제조에 이용되고 있다.

재료 및 방법

1. 공시재료

공시재료는 은행나무(*Ginkgo biloba* L., 英 Maidenhair tree, Ginkgo tree)의 낙엽을 이용하였다. 은행나무 잎은 가을철 낙엽 후 곧바로 수거하여 세척한 다음 약 60℃에서 48시간 건조하였다. 건조된 잎은 가정용 믹서로 분쇄하여 분말상태(150μm)로 사용하였다. 폐목재는 칩상(Chip狀)으로 제조하여 건조, 분별하여 사용하였다. 책상판의 제조시 큰 입자(1.4~5.0mm)는 중층용으로, 가는 입자(1.4mm~480μm)는 표층용으로 사용하였다.

2. 책상판의 제조

은행나무 잎 첨가 책상판은 중층용 파티클 중

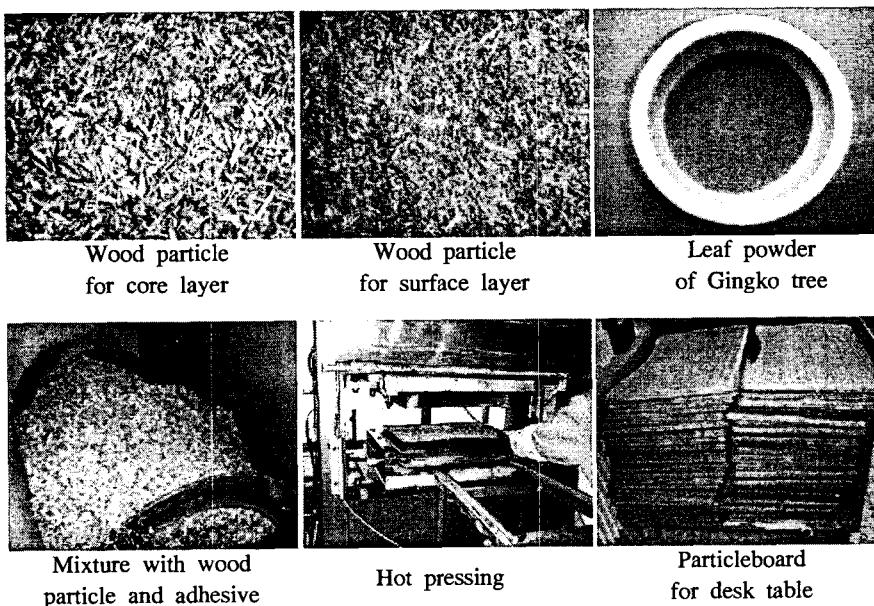


Figure 1. Manufacturing process of desk table for students.

량에 대해 은행나무 잎을 분말상으로 분쇄한 후 1~5%를 첨가하였다. 첨가된 은행나무 잎을 균일하게 혼합하고 이것을 성형틀에 투입하여 200℃에서 책상판을 성형하였다. 접착제는 요소-멜라민수지접착제를 사용하였으며 열압시간은 3분 30초 가압하였다. 대조구(Control)는 폐목재 파티클만으로 책상판을 제조하였다. 본 실험은 폐목재재활용 학생용 책상판을 생산하고 있는 경남 양산 소재 (주)도림산업에서 실시하였으며, 성형 파티클보드에서 포름알데히드 방출량을 정확히 판단하기 위하여 실제 책상판의 생산에 있어서 바닥면에 붙이는 얇은 무늬목과 상판에 붙이는 멜라민시트는 사용하지 않았다.

3. 책상판의 물성조사

Figure 1에서와 같이 제조한 책상판을 약 2주일 정도 양생 시킨 다음 일정 규격으로 채단하여 각종 물성 시험을 실시하였다. KS F 3104(파티클보드)에 의거하여 밀도, 함수율, 흡수두께팽창률, 박리강도, 휨강도, 포름알데히드 방출량 등을 조사하였다⁹⁾.

결과 및 고찰

1. 물리적 성질

은행나무 잎이 첨가된 책상판의 물리·기계적 성질의 조사 결과, 밀도는 0.73~0.78g/cm³로

0.50 이상이며 0.80 이하로 규정한 KS 규격을 충분히 만족하는 범위였다. 대조구에 비해 은행나무 잎 첨가 책상판의 밀도가 약 3% 증가하였다. 함수율은 6.1%인 대조구에 비해 4.9~5.4%로 은행나무 잎 첨가에 의해 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 20℃의 물 속에서 24시간 담근 후 두께 변화를 측정한 흡수두께팽창률은 은행나무 잎 1% 첨가 시 치수안정성이 개선된 반면, 3%와 5% 첨가에서는 대조구와 약간 높거나 비슷한 경향을 나타내었다.

2. 기계적 성질

휨강도는 은행나무 잎 1% 첨가에서 약 150kgf/cm²으로 대조구와 비슷하였으나 은행나무 잎 3%와 5% 첨가한 책상판은 138~145kgf/cm²로 대조구보다 다소 낮은 값을 나타내었다. 은행나무 잎을 5% 첨가하고 대조구의 열압체 시간 3분 30초보다 40초 길게 한 샘플의 휨강도는 160kgf/cm²를 나타내어 은행나무 잎의 첨가에 따른 강도 감소는 열압시간의 연장에 의해 방지할 수 있을 것으로 판단된다. 박리강도는 같은 열압조건에서 대조구(6.49kgf/cm)에 비해 은행나무 잎 첨가 책상판의 박리강도가 높게 나타났으며, 은행나무 잎 1% 첨가 시 높은 박리강도 값을 보여준 반면, 은행나무 잎의 첨가량이 증가할수록 다소 감소하는 경향을 보였다. 은행나무 잎을 5% 첨가하고 대조구의 열압체 시간보다 길게 한 샘플의 박리강도는 7.44kgf/cm²를 나타내었다.

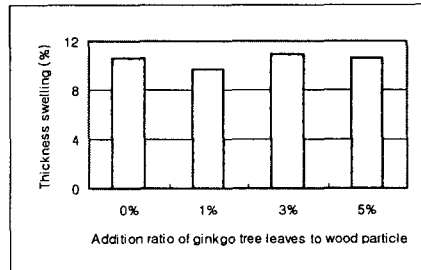
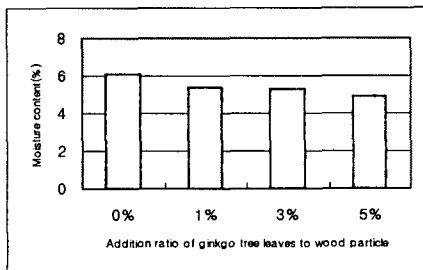


Figure 2. Effects of addition ratio of ginkgo tree leaves to wood particle on moisture content and thickness swelling of particleboard.

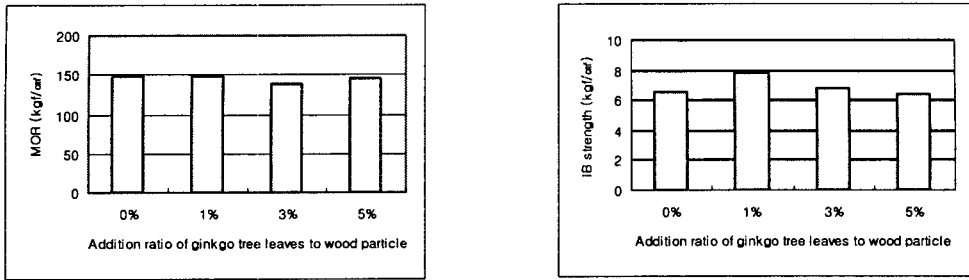


Figure 3. Effects of addition ratio of ginkgo tree leaves to wood particle on MOR and internal bonding (IB) strength of particleboard.

3. 포름알데히드 저감효과

은행나무 잎을 첨가하여 제조한 책상판의 포름알데히드 방출량을 조사한 결과, 은행나무 잎이 들어가지 않은 대조구의 포름알데히드 방출량은 2.81mg/l로 KS E₂ 급((포름알데히드 방출량 5.0mg/l 이하)의 수준을 나타내었으며 은행나무 잎 첨가 책상판에 비해 높게 나타났다. 전체적으로 은행나무 잎의 첨가량이 증가할수록 포름알데히드 방출량이 감소하는 경향을 보여 주었다. 은행나무 잎 3% 첨가시 포름알데히드 방출량은 1.66mg/l로 대조구에 비해 41% 저감되었다. 은행나무 잎을 5% 첨가하여도 포름알데히드 방출량은 더 이상 낮아지지 않았다. 은행나무 잎을 5% 첨가하고 또한 열압시간을 40초 길게 하더라도 포름알데히드 방출량에는 큰 변화가 없었다. 본 실험을 통하여 책상판을 피복하는 무늬목과 멜라민시트를 부착하지 않고

은행나무 잎의 소량 첨가에 의해 KS 포름알데히드 방출량 E₁ 급 수준의 책상판이 제조된다는 사실을 확인하였다. 따라서 은행나무 잎을 첨가한 책상판에 무늬목과 멜라민시트를 부착하면 포름알데히드 방출수준은 절반 이상으로 더욱 낮아질 것으로 예상된다(노정관 등, 2004)²⁾.

결론

폐목재를 재활용하여 만든 파티클보드 성형 책상판의 제조에 있어서 은행나무 잎의 1~5% 첨가가 은행나무 잎을 첨가하지 않은 대조구와 비교하여 물리적, 기계적 성질에는 크게 영향하지 않으며, 포름알데히드 방출량을 현저히 감소하는 효과를 부여함을 확인하였다. 실제 제조공정에서 파티클보드 성형 책상판을 피복하는 무늬목과 멜라민시트가 부착되면 포름알데히드 방출량은 실험 수준의 절반 이상으로 낮아질 것으로 예상된다. 새집증후군의 우려로 파티클보드에 대한 포름알데히드 방출량의 규제가 강화되면서 포름알데히드 방출량이 낮은 친환경 제품이 점차 증가하는 추세이다. 그렇지만 파티클보드의 제조과정에서 접착제로서의 역할뿐 아니라 방부제, 살충제로서의 역할을 하던 포름알데히드가 현저히 줄어들면서 반대로 친환경 파티클보드에 대한 곰팡이의 발생으로 아토피, 천식 등 또 다른 우려가 현실화되고 있다. 은행나무 잎은 항균성, 항산화성과 더불어 파티클보드의 포름알데히드 방출량을 줄이는데 효과적인

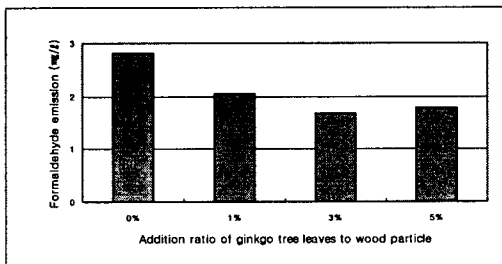


Figure 4. Effects of addition ratio of ginkgo tree leaves to wood particle on formaldehyde emission of particleboard.

매우 중요한 자원이므로 앞으로는 태우거나 매립하지 말고 철저히 수거하여 목재보드산업의 재활용 및 친환경 제품 생산에 매우 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

인 용 문 헌

1. 강은창, 박병대, 박종영 2004. 포름알데히드 /요소 몰비에 따른 요소수지의 경화거동 및 포름알데히드 방출량. 2004 춘계학술발표논문집 70-73.
2. 노정관 등. 2004. 목질보드제품의 표면마감재 종류에 따른 포름알데히드 분석. 2004년도 연구사업보고서. 국립산림과학원 pp.204-205.
3. 박상범, 김수원, 박종영, 노정관, 도정락. 2004. 廢竹炭を用いたパーティクルボードの製造と性質. 제54회 일본목재학회대회연구발표요지집. 북해도. p.238.
4. 박종영. 1998. 한국의 목질보드산업 -현황, 문제점, 전망, 대응전략-. 109pp.
5. 한국표준협회. 1997. 파티클보드 KS F 3104. 서울.
6. 한국합판보드협회. 2004. 합판 및 보드 통계. 67pp.
7. 환경부. 2004. 실내공기질관리 업무편람. 157pp.
8. 大平辰朗. 2000. 樹木抽出性分等の利用による機能性木質系内装材料の開発. 日本森林総合研究所所報 No.145.
9. Ki-Seb Gwak, Mi-Jin Park, Eui-Bae Jeong, Je-Won Chang and In-Gyu Choi. 2005. Deodorant components of the essential oil of *Cryptomeria japonica* against BTX and formaldehyde. IAWPS 2005, Yokohama, Japan, Nov. 27-30. pp.332-333.
10. Meyer, G. E. 1986. Mechanism of formaldehyde release from bonded wood products. *In* : Formaldehyde release from wood products, Ed. B. Meyer. B .A. K. Andrews, R. M. Reinhart. American Chemical Society. pp.8-14.
11. Meyer, G. E. 1989. Advanced in methods to reduce formaldehyde emission. *In* : Composite board products for furniture and cabinets. Proceedings 47357. Forest Products Research Society.