

톱밥과 귤박을 이용한 혼합보드제조 및 물성*1

오 승 원*2†

Manufacturing and Physical Properties of Composite Board with Sawdust and Orange Peels*1

Seung Won Oh*2†

요 약

본 연구는 톱밥과 귤박을 이용하여 혼합보드를 제조하여 기본 물성을 조사하였다. 혼합보드의 귤박 혼합율이 10%에서 40%로 증가함에 따라 흡수율은 94.1%에서 86.5%로, 두께 팽창율은 27.2%에서 18.0%로, 휨강도는 65.1 kgf/cm²에서 39.2 kgf/cm²로, 경도는 195.3 kgf/cm²에서 180.3 kgf/cm²로 감소하였다. 혼합보드의 밀도가 0.4 g/cm³에서 0.8 g/cm³로 증가함에 따라 흡수율은 149.2%에서 58.6%로 감소하였으나, 두께 팽창율은 6.4%에서 17.9%로, 휨강도는 4.2 kgf/cm²에서 96.6 kgf/cm²로, 경도는 40.4 kgf/cm²에서 196.2 kgf/cm²로 증가하였다.

ABSTRACT

This study was carried out to explore a new application of board and obtain fundamental properties for producing composite board from sawdust and orange peels. As the mixing rate of orange peels increased from 10% to 40%, water absorption, thickness swelling, modulus of rupture and brinell hardness decreased as follows : 94.1%~86.5%, 27.2%~18.0%, 65.1 kgf/cm²~39.2 kgf/cm² and 195.3 kgf/cm²~180.3 kgf/cm², respectively. As the density of board increased from 0.4 g/cm³ to 0.8 g/cm³, thickness swelling, modulus of rupture and brinell hardness increased as follows: 6.4%~17.9%, 4.2 kgf/cm²~96.6 kgf/cm² and 40.4 kgf/cm²~196.2 kgf/cm², respectively. But the water absorption decreased from 149.2% to 58.6%.

Keywords: composite board, orange peel, water absorption, thickness swelling, bending strength

*1 접수 2013년 6월 3일, 채택 2013년 10월 21일

*2 전북대학교 목재응용과학과, 농업과학기술연구소, Dept. of wood Science & Technology, Institute of Agriculture Science & Technology, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 오승원(e-mail: ohsw@jbnu.ac.kr)

1. 서 론

산업사회가 발전하면서 생활쓰레기와 환경 배출물 및 폐기물 발생량은 계속 급증현상을 보이고 있으며, 최근에는 이러한 것들이 인간과 생태계까지 위협하고 있다. 이에 따라 세계 각국에서는 환경오염에 의한 지구온난화 등 환경과피 원인을 찾아 해결하려는 노력을 하고 있다.

톱밥은 목재의 제재과정에서 발생하는 임업부산물로서 그동안 주로 축산폐수 정화용, 유기질비료 제조용 및 연료 등으로 사용되어 왔다. 산림조합 통계에 의하면 2006년 말 기준 연간 생산량은 27,915 m³이며 소나무 톱밥기준 평균 가격은 24,730 원/m³으로 제재목 소비자 가격의 1/10에 지나지 않는다. 국내 목재자원의 자급율이 10%에도 미치지 못하는 상황에서 원목 원자재의 가격상승과 수요 감소에 따른 경영악화를 겪고 있는 목재관련업계의 경우 많은 양의 톱밥이 적지 않은 수입원이 되고 있는 현실이다. 그러나 톱밥이 일반 폐기물로 분류되어 처리 및 관리기준이 까다롭고 환경오염의 주원인으로 간주되어 소비에 어려움을 겪고 있다. 그러므로 톱밥을 효과적이고 고부가가치적으로 이용한다면 국내 임업과 목재가공 산업의 활성화 및 환경오염 방지 문제에도 크게 기여할 것으로 생각된다.

또한 굴박은 주로 제주도에서 생산되는 감귤의 가공과정에서 발생하는 부산물로서 그 양은 2005년 기준 연간 58,000톤에 이른다. 이 중 약 17%인 10,000

톤은 한약재로, 12%인 7,000톤은 가축사료로 이용되며, 나머지 71%인 41,000톤은 해양에 배출되고 있는 실정이다(한라일보, 2005). 이에 제주도 특별자치도에서는 많은 양의 감귤 박을 가축의 사료로 이용하고자 저장시설을 확충하는 등 다양한 노력을 하고 있다. 그러나 감귤 박은 아직도 폐기물로 분류되어 처리에 어려움을 겪고 있는 동시에 현재 많은 양이 해양으로 배출되고 있는 상황에서 처리비용이 톤당 24,500원으로 높은 편이며 앞으로 더욱 비용이 상승될 것으로 예상된다(축산신문, 2005). 이처럼 처리문제로 어려움을 겪고 있는 감귤 박을 재활용하여 새로운 제품을 개발한다면 농가소득증대와 해양 환경 오염원을 효과적으로 차단할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 일반 폐기물로 분류되어 처리에 어려움을 겪고 있는 톱밥과 굴박을 이용하여 혼합 성형보드를 제조하여 물성을 측정하고 톱밥과 굴박을 이용한 건축내장재 등 새로운 용도개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시 재료

톱밥은 낙엽송(*Larix kaemferi* C.) 제재 시 발생된 것을 제재소에서 구입하여 사용하였으며, 보드제조 시 시료의 균일함을 위하여 입자의 크기를 18



Orange peels 0%

Orange peels 20%

Orange peels 40%

Fig. 1. Prepared composite board.

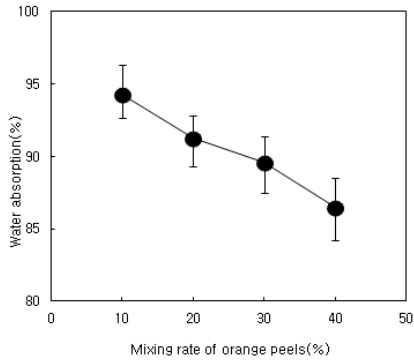


Fig. 2. Relationship between water absorption and mixing rate of orange peels. (Density 0.6 g/cm³)

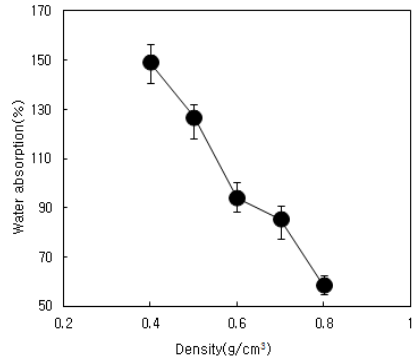


Fig. 3. Relationship between water absorption and density of board. (orange peels 10%)

mesh로 선별하고 흡수율 7% 이하로 조절하였다.

굴박은 제주도에서 구입하여 음건 후 건조기에서 건조한 다음 분쇄하여 입자의 크기를 18 mesh로 선별하고 흡수율은 6% 이하로 조절하여 사용하였다.

2.2. 보드제조

보드제조를 위하여 균일하게 선별된 톱밥과 굴박 및 분말상 폐놀수지를 충분히 혼합하여 열압기의 열판 위에 있는 스테인레스 정방형 몰드 속에 넣고 시료의 상부높이를 일정하게 조절한 후 열압 성형하여 26 × 26 × 1.4 cm 크기의 보드를 제조하였다. 보드는 수지 혼합율 10% 기준, 밀도 0.6 g/cm³ 일때 굴박 혼합율을 10%, 20%, 30%, 40% 인 보드와 굴박혼합율 10% 일때 밀도 0.4 g/cm³, 0.5 g/cm³, 0.6 g/cm³, 0.7 g/cm³, 0.8 g/cm³ 인 보드를 각각 5장씩 제조하였다 (Fig. 1.). 이때 열압온도는 190°C, 가압압력 40 → 20 → 10 kg/cm² 상태를 각각 6 → 5 → 4분간 유지하였다. 보드제조 시 사용한 분말 폐놀수지(코오롱유화(주) KNB-100PL)의 용점은 88°C, 경화시간 89 sec, 수지 고형분 98%이다.

2.4. 물성측정

혼합보드를 12 × 12 × 1.4 cm 크기로 재단하여 항온 항습기에서 조습처리한 후 각각의 조건별로 10개

씩 선정하여 흡수율 및 두께 팽창율을 KSF 3104에 의거하여 측정하였다. 휨강도는 만능강도 시험기 (Shimadzu, AGS-10KN)를 이용하여 하중속도 5 mm/min 조건으로, 경도는 Brinell 경도기(B960909, 대경테크)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 흡수율

굴박의 혼합율 및 보드의 밀도에 따른 톱밥, 굴박 혼합보드의 흡수율을 측정한 결과를 Figs. 2~3에 나타낸다.

밀도 0.6 g/cm³인 보드의 수분흡수율은 굴박 혼합율이 10%일 때 94.3%, 40%일 때 86.5%로 굴박 혼합율이 높을수록 흡수율이 낮아 굴박이 수분의 흡수를 억제하는 역할을 한 것으로 판단된다. 박(2004)이 왕겨와 톱밥으로 제조된 보드의 왕겨의 혼합비율에 따른 흡수율을 측정한 결과 혼합비가 5 : 5일때 가장 컸으며 평균 23.7~47% 범위라고 한 바 있다. 또한 오(2002)는 톱밥만으로 제조된 보드의 열압시간에 따른 흡수율은 시간별로 81.9~130.7%라고 보고 한 바 있어, 같은 원료로 만든 보드보다 상이한 원료를 이용한 보드제조 시 흡수율에 차이가 있는 것으로 나타났다.

굴박 10% 혼합한 보드의 수분 흡수율은 밀도 0.4

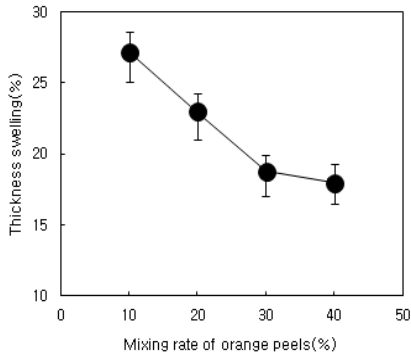


Fig. 4. Relationship between thickness swelling and mixing rate of orange peels. (Density 0.6 g/cm³)

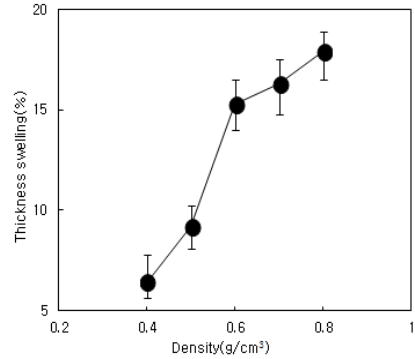


Fig. 5. Relationship between thickness swelling and density of board. (orange peels 10%)

g/cm³일 때 149.2%, 0.8 g/cm³일 때 58.6%로 밀도가 증가할수록 흡수율은 감소하여, 밀도가 증가할수록 공극이 적어 보드 속으로 수분 침투가 어려웠기 때문으로 판단된다.

이와 윤(1994)은 MDI 수지로 제조된 톱밥보드의 선팽창율과 물 흡수율은 비중이 증가하면 감소한다고 하였으며, Yoshida (1986)도 나왕으로 제조된 보드의 밀도가 0.4 g/cm³에서 0.7 g/cm³로 증가함에 따라 흡수율은 167.6~82.6%로 감소한다고 하였으며, 톱밥, 굴박 혼합보드의 흡수율 값이 굴박의 영향으로 약간 적음을 알 수 있었다.

3.2. 두께 팽창율

굴박의 혼합율 및 보드의 밀도에 따른 톱밥, 굴박 혼합보드의 흡수두께 팽창율을 측정된 결과는 Figs. 4~5와 같다.

밀도 0.6 g/cm³인 보드의 두께 팽창율은 굴박혼합율이 10%일 때 27.2%, 40%일 때 18.0%로 굴박 혼합율이 클수록 두께 팽창율은 감소하여, 굴박성분이 수분흡수를 억제하여 두께 팽창율에 영향을 미친 것으로 판단된다. 오(2002)는 낙엽송 톱밥만으로 제조된 보드의 열압시간에 따른 두께 팽창율은 10.8~14.9%라고 보고하였다. 한편, 박(2004)은 톱밥과 왕겨 혼합보드의 두께 팽창율 측정에서 왕겨의 혼합양이 많을수록 수분 흡수가 어려워 두께 팽창율이 적

었으며, 평균 두께 팽창율은 3.8~8.9%라고 한 바 있어 본 연구결과보다 낮았는데, 이는 굴박 성분보다 왕겨의 실리콘(규소) 성분이 수분침투를 더 억제하였기 때문으로 생각된다.

굴박 10% 혼합보드의 두께 팽창율은 밀도 0.4 g/cm³일 때 6.4%, 0.8 g/cm³일 때 17.9%로 밀도가 증가할수록 두께 팽창율도 증가하였다. 이러한 이유는 밀도가 작은 시험편은 팽창이 공극 내에서 발생하는 반면, 밀도가 큰 시험편은 공극이 부족하고 목재의 양이 많기 때문에 목재자체의 세포에서 팽창이 일어나기 때문에 외관의 치수변화가 큰 것으로 사료된다. Oh (2003)는 소나무 톱밥으로 제조된 톱밥보드의 밀도에 따른 두께 팽창율 조사에서 밀도가 0.4 g/cm³에서 0.7 g/cm³로 증가함에 따라 두께 팽창율은 7.2%에서 15.8%로 증가하였다고 보고 한 바 있다. 또한 일반적으로 동일한 수치 첨가량으로 제조된 보드의 경우 비중이 증가함에 따라 치수 안정성이 나빠진다는 견해도 있으며(Sun *et al.*, 1994), Roffael과 Rauch (1972)는 페놀수지를 이용하여 제조된 파티클보드의 비중이 0.5에서 0.9로 증가함에 따라 두께 팽창율도 증가한다고 하였다.

3.3. 휨강도

굴박의 혼합율 및 보드의 밀도에 따른 톱밥, 굴박 혼합보드의 휨강도를 측정된 결과는 Figs. 6~7과

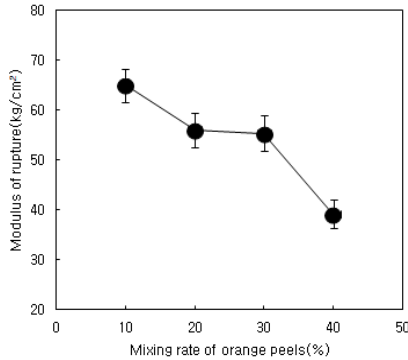


Fig. 6. Relationship between bending strength and mixing rate of orange peels. (Density 0.6 g/cm³)

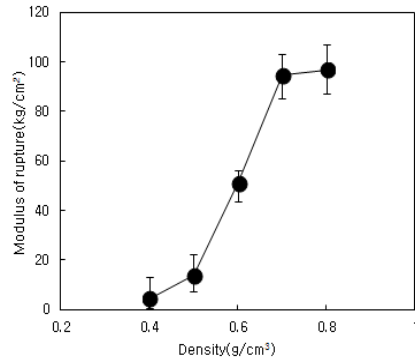


Fig. 7. Relationship between bending strength and density of board. (orange peels 10%)

같다.

밀도 0.6 g/cm³인 보드의 휨강도는 굴박 혼합율이 10% 일 때 65.1 kgf/cm², 40%일 때 39.2 kgf/cm²로 굴박 혼합율이 클수록 휨강도는 감소하는 것으로 나타나 굴박 혼합율이 증가할수록 굴박과 톱밥과의 결합력이 떨어져 생긴 결과로 굴박성분이 강도저하의 요인이 된 것으로 판단된다. 박(2004)은 톱밥과 왕겨의 혼합비에 따른 혼합보드의 휨강도 측정에서 혼합비율별 휨강도는 일정한 경향이 없었으며, 밀도 0.6g/cm³인 혼합보드의 경우 모든 혼합비에서 휨강도가 60 kg/cm² 이하였다고 하여 본 연구결과보다 작은 것으로 나타나 왕겨성분보다는 굴박성분이 톱밥과의 결합력이 커서 휨강도가 약간 큰 것으로 생각된다. 그러나 오(2002)의 보고에 의하면 밀도, 열압시간, 압력 등 본 연구내용과 같은 조건으로 제조된 톱밥보드의 휨강도는 87.2 kg/cm²로 톱밥, 굴박 혼합보드의 휨강도보다 100% 톱밥만으로 제조된 보드의 휨강도가 큰 것으로 나타났다.

굴박 10% 혼합한 보드의 휨강도는 밀도 0.4 g/cm³ 일 때 4.2 kgf/cm², 0.8 g/cm³일 때 96.6 kgf/cm²로 밀도가 클수록 휨강도는 증가하였다. 이와 윤(1994)은 MDI수지로 톱밥보드를 제조하여 비중이 증가하면 휨강도도 증가한다고 하였으며, Yoshida (1986)은 나왕으로 제조된 파티클보드도 밀도가 증가하면 휨강도와 탄성계수가 증가하였다고 보고한 바 있어 일반목재의 특성과 같은 경향이었으며 본 연구에서

도 이와 일치된 결과를 얻었다. 박(2004)이 톱밥과 왕겨의 혼합비율 별로 제조된 보드의 휨강도를 측정한 결과 밀도 0.7 g/cm³일 때 83.2 kgf/cm²로 최고치를 나타낸다고 하였는데, 본 연구에서 같은 밀도일 때 굴박이 10%를 혼합하여 제조된 보드는 94.6 kgf/cm²로 왕겨 혼합보드보다 휨강도가 큰 것으로 나타났으며 KS F 3104 PB 8형 품질기준(8.0 N/mm²)은 만족 시켰다.

3.4. 경도

굴박의 혼합율 및 보드의 밀도에 따른 톱밥, 굴박 혼합 보드의 경도를 측정한 결과를 Figs. 8~9에 나타냈다.

밀도 0.6 g/cm³인 보드의 경도를 굴박 혼합율이 10%일때 195.3 kgf/cm², 40%일때 180.3 kgf/cm²로 굴박 혼합율이 클수록 경도는 감소하는 것으로 나타나 굴박성분이 경도 감소의 원인으로 작용한 것으로 판단된다. 오(2002)는 본 연구에서와 같은 조건으로 제조된 톱밥보드의 경도는 215.7 kgf/cm²라고 보고한 바 있다.

굴박 10% 혼합한 보드의 경도는 밀도 0.4 g/cm³ 일 때 40.4 kgf/cm², 0.8 g/cm³ 일 때 196.2 kgf/cm²로 밀도가 클수록 경도는 증가하였다. Oh (2003)는 완전히 톱밥만으로 제조된 보드의 경도 조사에서 밀도가 0.39 g/cm³에서 0.69 g/cm³로 증가함에 따라

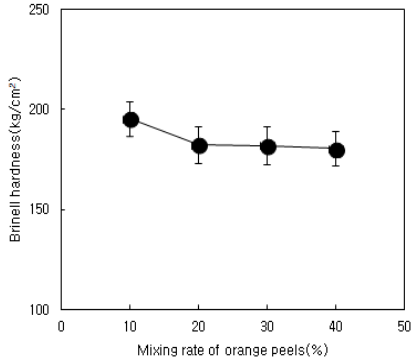


Fig. 8. Relationship between brinell hardness and mixing rate of orange peels. (Density 0.6 g/cm³)

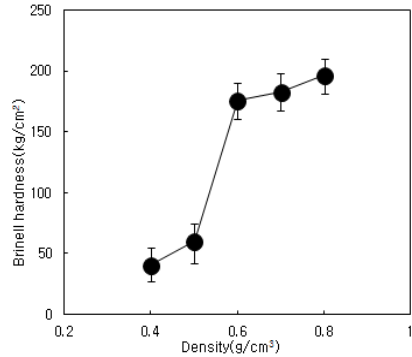


Fig. 9. Relationship between brinell hardness and density of board. (orange peels 10%)

경도는 225.8 kgf/cm²에서 365.2 kgf/cm²로 증가하였다고 하였으며, 伏谷(1985)와 北原(1977)은 일반적으로 목재의 비중이 증가함에 따라 경도가 증가한다고 하여 본 연구에서도 같은 결과를 보였다.

이상의 결과에서 밀도 0.60 g/cm³, 굴박 혼합율 10%의 동일 조건으로 제조된 보드의 밀도별, 굴박 혼합율별 실험결과가 다른 이유는 보드제조 시 부위별로 균일한 밀도의 보드가 제조되지 않은 결과로 판단된다. 또한 적당한 용도가 없어 폐기되고 있는 굴박과 활용가치가 적은 톱밥을 이용하여 건축내장재 등 새로운 용도개발을 위해서는 굴박 혼합율 10%, 밀도 0.7 g/cm³인 보드가 휨강도 KS F 3104 PB 8형 품질기준은 만족시켜 보드제조 시 적절한 조건으로 판단되며, 앞으로 난연성, 단열성 및 흡음능력에 대한 추가적인 평가도 필요할 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 톱밥과 굴박을 이용하여 혼합율 및 밀도별로 톱밥, 굴박 혼합보드를 제조하여 물성을 조사하였다.

1) 밀도 0.6 g/cm³인 혼합보드의 굴박 혼합율이 10%에서 40%로 증가함에 따라 흡수율은 94.1%에서 86.5%로, 두께 팽창율은 27.2%에서 18.0%로, 휨강도는 65.1 kgf/cm²에서 39.2 kgf/cm²로, 경도는 195.3 kgf/cm²에서 180.3 kgf/cm²로 감소하였다.

2) 굴박 혼합율 10%인 혼합보드의 밀도가 0.4 g/cm³에서 0.8 g/cm³로 증가함에 따라 흡수율은 149.2%에서 58.6%로 감소하였으나, 두께 팽창율은 6.4%에서 17.9%로, 휨강도는 4.2 kgf/cm²에서 96.6 kgf/cm²로, 경도는 40.4 kgf/cm²에서 196.2 kgf/cm²로 증가하였다.

참 고 문 헌

- Oh, S. W. 2003. Physical and mechanical properties of sawdust board made of thinning logs(II) - The effect of density and additive quantity of powder phenolic resin - Journal of the Korean Wood Science and Technology 31(3): 17-23.
- Rofael, E. and W. Rauch. 1972. Influence of density on the swelling behavior of phenolic-resin-bonded particleboard. Holz Roh-Werkst 30(5): 178-181.
- Sun, B. C. H., R. N. Hawke, and M. R. Gale. 1994. Effect of polyisocyanate level on physical properties of wood fiber composite materials. Forest Products Journal 44(4): 53-58.
- Yoshida, Y., S. Kawai, Y. Imamura, K. Nishimoto, T. Satou, and M. Nakaji. 1986. Production technology for acetylated low-density particle board. I. Mechanical Properties and dimensional stability. Mokuzai Gakkaishi 32(12): 965-971.
- 伏谷賢美. 1985. 木材物理. 文永堂.
- 北原 覺一. 1977. 木材物理. 森北出版.

7. 박금희. 2004. 톱밥-왕겨 혼합보드로 제조한 세라믹의 물리적 및 기계적 성질. 석사학위논문.
8. 오승원. 2002. 간벌제로 제조된 톱밥 보드의 물성(1) - 가압력 및 열압시간의 영향 - 임산 에너지 21(2): 10-16.
9. 이필우, 윤형운, 1994. MDI (Methylene Diphenyl Diisocyanate) 수지를 이용한 톱밥 보드의 물성 (1) - 보드비중, 수지함침량, 매트함수율에 관하여. 한국가
구학회지 5(2): 51-61.
10. 축산신문. 2005. 제주양돈축협, 감귤박 사료공장추진. 961호.
11. 한라일보. 2005. 감귤찌꺼기 40% 가축사료활용.