목재공학 37(3): 216~221, 2009
Mokchae Konghak 37(3): 216~221, 2009

닥나무 목질부로 제조된 보드의 성질(I)*1

오 승 원*2† · 박 성 철*3

Properties of Boards Prepared From Woody of *Broussonetia Kazinoki* Sieb.*1

Seung Won Oh*2† · Seong Cheol Park*3

요 약

인피섬유로 한지를 제조하고 남은 닥나무 목질부를 활용하기위한 방안으로 닥나무 목질부 파티클을 이용하여 보드를 제조하고 밀도 및 수지첨가량에 따른 물성을 검토하였다. 흡수율은 보드의 밀도 및 수지첨가량이 증가할수록 감소하였으며, 휨강도 및 Brinell 경도는 밀도 및 수지첨가량이 증가할수록 세포간 결합력이 커져 증가하였다. 흡수 두께 팽창율은 보드의 밀도가 증가함에 따라 증가하였고, 수지첨가량이 증가할수록 감소하였다.

ABSTRACT

This study was investigated the properties of boards prepared from woody of *Broussonetia Kazinoki* differed in density of board and mixed quantity of powdered phenolic resin. Water absorption decreased as the density of boards and resin content increased, but bending strength and brinell hardness increased as the density of board and the quantity of resin added increased. Thickness swelling increased as the density of boards went up, and that, in contrary, decreased as the quantity of resin added to the boards.

Keywords: *Broussonetia Kazinoki*, water absorption, bending strength, brinell hardness

---

* 1 접수 2008년 12월 24일, 채택 2009년 2월 9일
본 연구는 2008년 중소기업청 산학공동기술개발지원사업(과제번호 107437)으로 수행되었음
* 2 전북대학교 농업생명과학대학, 농업과학기술연구소. College of Agriculture and Life Science, Institute of Agriculture Science & Technology Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea.
* 3 천양제지(주). Chun Yang Paper, Co. Ltd.
† 주저자(corresponding author) : 오승원(e-mail: ohsw@chonbuk.ac.kr)

1. 서 론

닥나무는 뽕나무과(*Moraceae*)로 1905년 편찬된 김일제의 농정신편(農政新篇) 3권에 의하면 8가지 명칭을 들고 있으나 현재 일반적으로 부르는 명칭은 닥나무와 꾸지나무이다. 이중 닥나무는 우리나라 고유품종이며 과거에는 제지원료 중 가장 비중이 높았으며 오랫동안 문화 발전에 공헌해왔다(전철, 2003). 닥나무의 열매와 잎은 한약재로 사용되어왔고 뿌리와 껍질은 항암효과가 있으며, 특히 닥나무 추출물은 비누를 제조하는 원료와 화장품의 원료로 등록되어 사용되고 있다. 또한 닥나무 인피섬유는 섬유장이 길어서 한지의 원료로 중요하게 사용되고 있다. 그러나 닥나무 목질부(속대)는 닥나무 재적의 약 70~80%를 차지하고 있음에도 불구하고 아직 용도가 개발되지 않아 거의 폐기처리 되고 있는 실정에서 이를 이용하여 보드를 제조하고 건축용 재료로 사용하기 위한 용도개발을 한다면 닥나무의 효율적인 이용에 도움이 될 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 한지 제조의 원료인 닥나무의 효율적인 이용을 위하여 닥나무 인피로 한지를 제조하고 남은 목질부를 이용하여 보드를 제조한 후 성능을 평가함으로서 닥나무 목질부의 활용 방안을 모색하기 위하여 기초연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

2.1.1. 원료

닥나무(*Broussonetia Kazinoki* Sieb.)에서 인피섬유를 제거한 목질부를 한지공장에서 분양받아 제분소에서 제조하여 사용하였으며, 보드제조 시 시료의 균일함을 위하여 입자크기를 40 mesh로 선별하고 함수율을 8%이하로 조절하였다.

2.1.2. 수지

보드를 제조하기 위하여 분말상 페놀수지(코오롱유화(주) KNB-100PL)를 사용하였으며 수지의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of phenol resin

Solids content (%)	98
Melting point (℃)	88
Plate flow (mm)	28
Gelation time (sec)	89
Hexamine content (%)	4.9

2.2. 시험방법

2.2.1. 보드제조

보드를 제조하기 위하여 균일하게 선별된 닥나무 톱밥과 분말상 페놀수지를 충분히 혼합하여 열압기의 열판위에 있는 정방형 스테인레스 몰드 속에 넣고 시료의 상부높이를 일정하게 조절한 후 열압 성형하여 26 × 26 × 1.1 cm의 보드를 제조하였다.

보드의 제조조건은 수지첨가량을 10%로 하여 밀도를 0.5 g/cm^3, 0.6 g/cm^3, 0.7 g/cm^3, 0.8 g/cm^3, 밀도 0.6 g/cm^3 일 때 수지첨가량을 5%, 10%, 15%, 20%로 각 조건별로 5매씩 총 40매의 보드를 제조하였다.

이때 열압온도는 190℃, 가압압력은 50 kgf/cm^2 → 30 kgf/cm^2 → 20 kgf/cm^2 (3단 가압), 가압시간 6분 → 5분 → 4분 (3단 가압시간)으로 하였다. 보드의 두께는 thickness bar를 사용하였으며 thickness bar까지 도달시간을 5초로 하였다.

2.2.2. 물성조사

제조된 보드를 12 × 12 × 1.1 cm 크기로 제단하여 항온 항습기에서(온도 20 ± 1 ℃, 습도 65 ± 5%) 조습처리한 후 각각의 조건별로 5개씩 선정하고 5 × 5 × 1.1 cm 크기의 시편을 15개씩 제작하여 흡수율 및 두께 팽창율을 측정하였다.

휨강도는 시편의 크기를 1.1 × 1.1 × 12 cm로 제작하여 만능강도 시험기(Shimadzu, AGS-10KN)를 이용하여 하중속도 5 mm/min. 조건으로, 경도는 Brinell 경도기(B960909, 대경데크)를 이용하여 측정하였다.

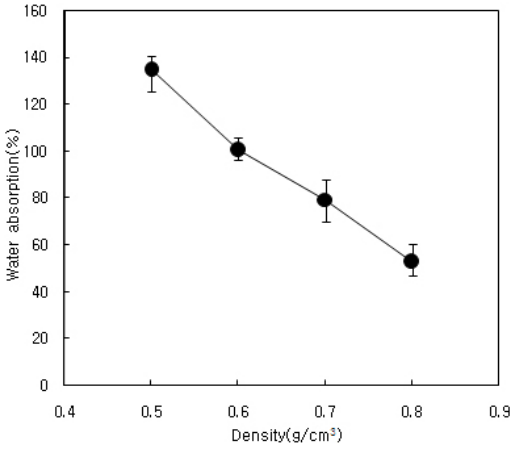

Fig. 1. Relationship between water absorption and density of board (resin content 10%).

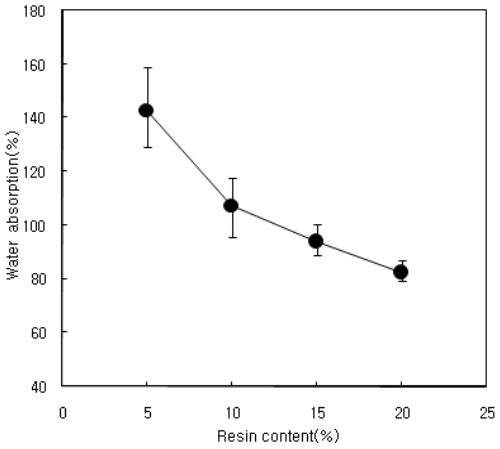

Fig. 2. Relationship between water absorption and resin cont of board (density 0.6 g/cm^3).

3. 결과 및 고찰

3.1. 흡수율

제조된 보드를 20 ± 1°C의 물속에 24시간 침지한 후 제조 조건별로 흡수율을 측정한 결과는 Figs. 1, 2와 같다. 밀도별로 제조된 보드의 흡수율은 밀도 0.5 g/cm^{3}일 때 134.2%, 0.8 g/cm^{3}일 때 52.4%로 밀도가 증가할수록 감소하였다. 이는 밀도가 높을수록 보드의 조직이 치밀하여 수분흡수의 통로인 공극이 적었기 때문으로 판단된다. 이와 윤(1994)은 MDI수지로 제조된 톱밥보드의 물성조사에서 선팽창과 흡수량은 비중이 증가함에 따라 감소한다고 하였으며, Yoshida 등(1986)도 나왕으로 제조된 보드의 물성조사에서 흡수율은 밀도가 증가함에 따라 직선적으로 감소하였다고 보고한 바 있어 본 연구결과도 이와 일치된 경향을 나타냈다.

또한 수지첨가량이 5%일 때 보드의 흡수율은 143.0%, 20%일 때 흡수율은 82.5%로 수지첨가량이 증가할수록 수분 흡수율은 감소하였다. 이러한 결과는 같은 밀도에서 수지첨가량이 증가할수록 수지가 수분의 통로인 공극을 막아 수분의 흡수를 방해했기 때문으로 생각된다. 이와 윤(1994)은 톱밥보드의 수지 함침량과 치수안정성과는 통계적 유의성이 인정되어 수지첨가량이 3%에서 9%로 증가함에 따라 흡수량은 감소하였다고 보고한 바 있어 본 연구결과도 이와 같은 경향이었다.

3.2. 흡수 두께 팽창율

제조된 보드를 20 ± 1 °C의 물속에 24시간 침지한 후 제조 조건별로 흡수 두께 팽창율을 측정한 결과는 Figs. 3, 4와 같다. 밀도별로 제조된 보드의 흡수 두께 팽창율은 밀도 0.5 g/cm^{3}일 때 11.0%, 0.8 g/cm^{3}일 때 14.6%로 밀도가 증가할수록 증가하였다. 이는 KSF 3104 품질기준에 밀도 0.5 g/cm^{3}와 0.6 g/cm^{3}은 적합하나 밀도가 높을수록 약간 높게 나타났다. 동일한 수지첨가량으로 제조된 보드의 경우 보드의 비중이 증가함에 따라 치수안정성이 나빠지는 것이 일반적인 견해이다(Sun *et al.*, 1994). Roffael과 Rauch (1972)는 페놀수지를 사용하여 비중 0.5에서 0.9까지 파티클보드의 두께 팽창율을 15일 동안 침지 시험하여 조사한 결과, 비중 0.5에서 0.7까지는 시간이 증가할수록 두께 팽창율은 증가하는 경향을 보였으며, 비중 0.7 이상에서는 두께 팽창율이 작게 나타났다고 하였다. 또한 Yoshida 등

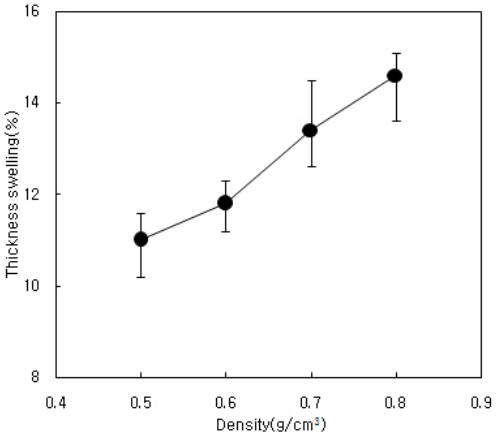

Fig. 3. Relationship between thickness swelling and density of board (resin content 10%).

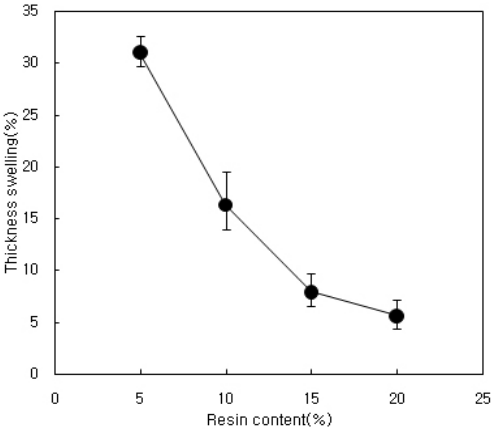

Fig. 4. Relationship between thickness swelling and resin cont of board (density 0.6 g/cm^3).

(1986)도 파티클보드의 두께 팽창율은 아세틸렌을 처리하지 않은 파티클로 제조된 보드가 높았고, 밀도가 증가함에 따라 완만히 증가하였다고 보고한바 있어 본 연구결과도 이와 일치하였다.

한편 수지첨가량이 5%일 때 보드의 흡수율은 31.0%, 20%일 때 흡수율은 5.6%로 수지첨가량이 증가할수록 두께 팽창율은 급격히 감소하였다. 이는 수지의 첨가량이 증가하면 입자간의 결합력이 상승하여 입자 팽윤에 대한 저항력이 증대했기 때문으로 생각된다. 이러한 결과는 KSF 3104 품질기준에 수지첨가율 15%와 20%는 적합하나 5%와 10%는 큰 차이가 있어 치수안정성이 없는 것으로 나타났다. 이와 윤(1994)은 MDI수지로 수지첨가량을 달리하여 제조된 톱밥보드의 두께 팽창율이 수지첨가량 3%는 수지첨가량 9%보다 2.2배 높았다고 하였으며, 이는 Sun 등(1994)의 연구결과와 유사한 경향이었다고 보고한 바 있다. 또한 Kawai 등(1986)도 보드의 흡수두께 팽창율은 수지첨가율의 증가와 함께 현저히 저하되어 치수안정성이 개선되었다고 보고한 바 있다.

3.3. 휨강도

제조된 보드의 밀도 및 수지첨가량에 따른 휨강도를 측정한 결과는 Figs. 5, 6과 같다. 밀도별로 제조된 보드의 휨강도는 밀도 0.5 g/cm^{3}일 때 37.4 kg/cm^2, 0.8 g/cm^{3}일 때 155.6 kg/cm^{2}로 밀도가 증가할수록 증가하였다. 이는 KSF 3104 휨강도에 따른 구분 중 15.0형을 만족시켰으며, 또한 Oh (2003)가 국산침엽수 3수종 간벌재로 제조한 톱밥보드의 휨강도 값과 비슷하여 닥나무보드도 일반보드와 성질이 유사 할 것으로 판단된다.

이와 윤(1994)은 MDI수지로 제조된 톱밥보드는 비중이 증가할수록 휨강도도 증가한다고 하였으며, Yoshida 등(1986)도 나왕으로 제조된 티클보드는 밀도가 증가할수록 휨강도와 휨탄성계수도 증가하였다고 보고한 바 있어 일반 소재의 특성과 같은 경향이었으며 본 연구에서도 이와 일치된 결과를 나타냈다.

한편 수지첨가량이 5%일 때 보드의 휨강도는 37.1 kg/cm^2, 20%일 때 휨강도는 140.5 kg/cm^{2}로 수지첨가량이 증가할수록 보드의 휨강도도 증가하였다. 이러한 결과는 보드제조 시 수지첨가량이 증가할수록 시료간의 결합력이 증대되어 휨강도가 증가한다고 밝힌 이와 윤(1994), Kawai 등(1986) 및 박 등(2001)의 보고와 같은 경향이었다.

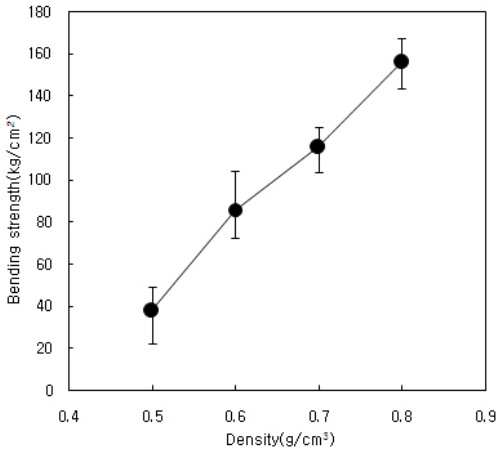

Fig. 5. Relationship between bending strength and density of board (resin content 10%).

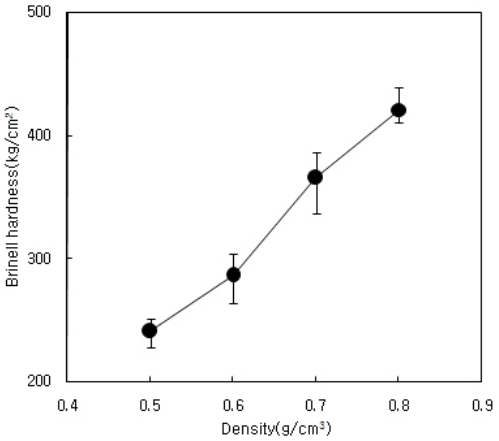

Fig. 7. Relationship between brinell hardness and density of board (resin content 10%).

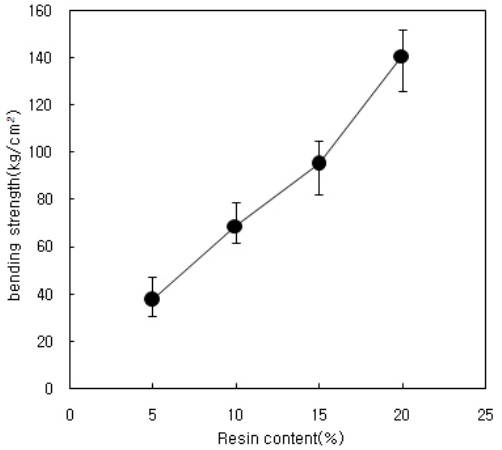

Fig. 6. Relationship between bending strength and resin content of board (Density 0.6 g/cm^3).

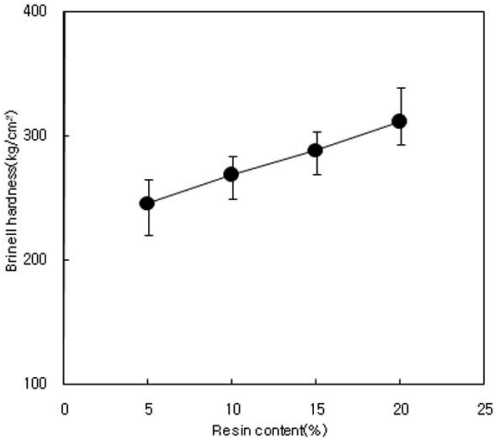

Fig. 8. Relationship between brinell hardness and resin content of board (density 06 g/cm^3).

3.4. 경도

보드의 밀도 및 수지첨가량에 따른 Brinell 경도를 측정한 결과는 Figs. 7, 8과 같다. 보드의 밀도가 0.5 g/cm^{3}일 때 Brinell 경도는 240.5 kg/cm^2, 0.8 g/cm^{3}일 때 420.6 kg/cm^{2}로 밀도가 증가할수록 경도도 증가하여, 일반적으로 목재의 수종 간 경도차이는 비중에 비례하는 경향이 있다는 연구(이 외, 2008; 伏谷, 1985; 北原, 1977)와 같은 결과를 보였다. 수지첨가량별 경도는 첨가량 5%일 때 245.6 kg/cm^2, 20%일 때 310.5 kg/cm^{2}로 동일한 밀도에서 수지첨가량이 증가할수록 보드의 결합력이 영향을 받아 경도는 완만히 증가하였다.

4. 결 론

한지 제조과정에서 사용하고 남은 닥나무 목질부의 활용방법을 모색하기 위하여 목질부를 파티클로 만들어 밀도 및 수지첨가량별로 보드를 제조하고 기초물성을 조사하여 보드 재료로서의 이용가능성을 검토하였다.

흡수율은 밀도 0.5 g/cm^{3}일 때 134.2%, 0.8 g/cm^{3}일 때 52.4%, 수지첨가량 5%일 때 보드의 흡수율은 143.0%, 20%일 때 82.5%를 나타냈다. 흡수 두께 팽창율은 밀도 0.5 g/cm^3, 0.6 g/cm^{3}일 때와 수지첨가량 15%, 20%일 때 KSF 3104 품질기준에 적합하였다. 휨강도는 밀도 0.8 g/cm^{3}일 때 155.6 kg/cm^{2}로 KSF 3104 휨강도 구분 중 15.0형을 만족시켰으며, 대체로 일반 침엽수 목재로 제조한 보드와 성질이 유사하여 닥나무 재배면적의 확대로 안정적인 원료 공급이 이루어진다면 보드원료로 사용하여도 좋을 것으로 판단되며 앞으로 다양한 제조조건에 의한 물성변화에 대한 연구도 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Kawai, S., H. Suda, M. Nakaji, and H. Sasaki. 1986. Production technology for low-density particleboard Ⅱ. Effect of particle moisture and resin content on board properties. Mokuzai Gakkaishi 32(11): 876~882.
2. KS F 3104. 2006. 파티클보드. 한국표준협회.
3. Oh, S. W. 2003. Physical and mechanical properties of sawdust board made of thinning logs (II)-Effect of density and additive quantity of powder phenolic resin-. Mokchae Konghak 31(3): 17~23.
4. Roflael, E. and W. Rauch. 1972. Influence of density on the swelling behavior of phenolic-resin -bonded particleboard. Holz Roh-werkst 30(5): 178~181.
5. 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.
6. Yoshida, Y., S. kawai, Y. Imamura, K. Nishimoto, T. Satou, and M. Nakaji. 1986. Production technology for acetylated low-density particleboard I. Mechanical properties and dimensional stability. Mokuzai Gakkaishi 32(12): 965~971.
7. 박종영 외. 2001. 목질계 생활 폐기물을 이용한 건축자재개발. 농림기술 개발과제 최종연구보고서. 1~504.
8. 이필우, 윤형운. 1994. MDI (Methylene diphenyl diisocyanate)수지를 이용한 톱밥보드의 성질- 보드비중, 수지첨가량, 매트 함수율에 관하여 -. 한국 가구학회지. 5(2): 51~61.
9. 이화형 외. 2008. 신고 목재물리 및 역학. 향문사.
10. 전철. 2003. 한지- 역사와 제조. 원광대출판국.
11. 伏谷賢美. 1985. 木材の物理. 文永堂.
12. 北原覺一. 1977. 木材物理. 森北出版.