

왕겨보드 제조를 위한 적정 전처리 조건에 관한 연구*1

이 화 형*2 · 한 기 선*2

Study on the Optimum Pre-treatment Condition for Manufacture of Rice Hull Board*1

Hwa-Hyoung Lee*2 · Kie-Sun Han*2

요 약

본 연구는 해마다 100만 톤 이상이 생산되는 국내산 왕겨를 이용하여 왕겨보드를 제조함에 있어, 무처리 왕겨로 제조한 왕겨보드의 기계적 성질의 단점을 보완하기 위하여 왕겨를 전처리함으로써 그 물리·기계적 성질을 개선하기 위해 실시되었다.

연구결과를 요약하면, 무처리, 증자처리 및 가성소다로 알칼리처리한 왕겨보드보다 폭쇄처리한 왕겨보드가 휨강도 및 박리강도가 더 높았으며, 이때 적정 폭쇄처리 조건은 압력 20kgf/cm², 시간 1분과 압력 25kgf/cm², 1분이었다. 무처리 왕겨보드의 경우 휨강도, 박리강도 모두 KS를 만족시키지 못한 반면, 폭쇄처리 왕겨 보드의 경우 KS PB 18.0형의 기준을 모두 만족시켰으며, PB 대조구와 비교할 때 동등한 강도를 보였다. 기타 왕겨 전처리의 경우에 있어서도 가성소다처리보다는 증자처리가 왕겨보드의 강도를 향상시키는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

Wood demand is increasing more and more, but world has been confronted with decreasing forest resources. Korea has to depend upon foreign wood and wood-based products for more than 95 percent of total domestic demand per year. In order to heighten self-sufficiency for wood supply and demand, we have to develop wood substitutes. Rice hull is the cheapest agricultural by-product we can get in Korea, more over the production of rice hull amounts to 1 million tons per year.

This study was carried out to utilize rice hull and to decide the optimum condition of rice hull pretreatment for manufacture of rice hull board. Steam explosion method gave the best result, and the next boiling treatment of 1 hour, the last 1 hour treatment with 1% NaOH solution. Optimum conditions of explosion method were 20kgf/cm²-1 minute and 25kgf/cm²-1 minute. Rice hull board made with exploded rice hull met the KS standard(KS F 3104, 1997) and showed the same strength as a control, PB. And also the 1 hour boiling treatment was more effective than

*1 접수 2000년 4월 1일, 채택 2000년 8월 7일

본 논문은 1997년도 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의한 연구결과의 일부임.

*2 충남대학교 임산공학과 Forest Products, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

the 1 hour treatment with 1% NaOH solution.

Keywords : Rice hull board, steam explosion method

1. 서론

1996년 4월 제30차 국제 파티클 보드/복합체 심포지엄에서 거의 반 이상의 발표가 농업 부산물인 밀짚과 기타 식물섬유 원료에 대한 것으로, 목재 자원이 부족하고 환경문제가 급속하게 문제됨에 따라 50년대에 연구하였던 이 주제를 다시 조명하기에 이르렀다.

농업 부산물인 왕겨는 목재 외의 섬유자원으로서 국내 쌀 생산량(최근 5년간 쌀 생산량 평균 506만 톤)의 약 20%인 약 100만 톤을 차지하고 있으며, 마땅한 용도가 없이 대부분의 정미소에서 무료로 퇴비제조용으로 양도되거나 폐기되고 있으며, 그 중 일부는 특수 용도로 영가에 판매되고 있다. 만약 국내 목재 생산량의 두 배가 넘는 국내 최대의 이 섬유자원이 목질패널제품 제조에 사용된다면 농가소득에 크게 이바지하게 될 뿐만 아니라, 해외로부터 들어오는 막대한 목재자원의 대체효과를 가져올 수 있을 것이다.

특히 전세계적으로 리우환경회의 이후 세계 산림환경보호운동의 확산으로 남양재 벌채 규제가 더욱 강화되었으며, 이에 따른 국내 목재수급은 더욱 어려운 현실이다. 또 지난 1998년 IMF의 영향으로 목재 수입가격 상승은 국내 목재업계를 더욱 어렵게 만들고 있는 실정이다. 이러한 현실을 극복하기 위해서도 목질을 비롯한 섬유자원의 대체효과를 가질 수 있는 국내 수급체계가 우선적으로 이루어져야 하며 농업 부산물인 왕겨를 효율적으로 목질재료산업에 적용할 때 경제적 효용가치는 매우 증대할 것이다.

이미 미국, 오스트레일리아를 비롯한 서구의 보드관련 생산공장들은 최근 들어 밀짚, 벼짚, 사탕수수, 케나프, 야자나무의 섬유, 사이잘초 등 자국에서 부산되는 농업 부산물을 이용하여 보드제품을 생산하고 있는데, 이런 동향을 볼 때 목질섬유자원이 부족한 우리 나라로서는 목재 외의 섬유자원을 이용한 목질패널제품 제조에 관심을 두고 연구를 진행해

야 할 것이다.

왕겨의 습식 섬유판 제조는 李(1972)가 처음으로 연구하였으며, Francisco(1953), Amilcare(1960) 등은 granule type 자체로 시멘트와 gypsum 등을 이용하여 보드를 제조하였다. Williamson(1951)은 열가소성 수지로 왕겨판을 제조했고, Narayama 등(1959)은 분쇄한 왕겨를 페놀수지로 접착하여 왕겨판을 제조하였다. Loew 등(1977)은 몇 가지 농업용 부산물을 PMDI로 접착하여 왕겨를 보드제조에 이용하였다. 李와 韓(1998)은 왕겨와 목질 혼합보드의 적정 혼합비율에 대하여 보고하였으며, 李, 姜(1999)은 페놀수지와 요소수지를 이용하여 연질 왕겨보드 제조에 대하여 보고한 바 있다.

그러나 왕겨는 목재 파티클과 달리 쌀알을 보호하는 구조로 형태가 구부러져 있고 왁스와 규소층이 존재하기 때문에 강도가 목질계 보드보다 1/3 정도 밖에 되지 않을 정도로 접착성이 낮았다. 또한 지금까지는 목질 원료와 비슷한 제법으로 왕겨보드를 중밀도 이상의 제품으로 제조하였으나, 이러한 왕겨 보드는 강도가 약하여 사용환경에 제약이 있었다.

따라서 본 연구는 해마다 100만톤 이상이 생산되는 국내산 왕겨를 이용하여 왕겨보드를 제조함에 있어, 무처리 왕겨로 제조한 왕겨보드의 물리·기계적 성질을 개선하기 위하여 적정 전처리 조건을 구명하고자 실시되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

2.1.1 왕겨

보드 제조용 왕겨는 대전 지역의 정미소에서 분양받았으며, 품종은 대전근교에서 재배되는 일품, 동진, 추청의 왕겨가 약 80%, 기타가 약 20%이었다.

2.1.2 목재 파티클

목재 파티클은 동화기업(주)에서 분양받은 남양

재 혼합수중으로서 중충용 파티클을 사용하였다.

2.1.3 목재 접착제

목재 접착제로 사용한 페놀수지는 페놀 : 포름알데히드 : 가성소다의 물비를 1 : 1.63 : 0.36으로 하여 실험실에서 제조하였으며, 고형분 함량은 50%로 조정하고, 이때 pH는 10.8, 점도는 200 cp였다.

2.2. 실험 방법

2.2.1 왕겨 전처리

왕겨 전처리 방법으로는 증자처리, 알칼리 증자처리, 폭쇄처리를 택하였으며, 예비실험 결과 조건별로 증자처리는 1시간 처리, 알칼리 증자처리는 1% 가성소다 용액에서 1시간 처리를 적정 조건으로 정하였다. 왕겨의 폭쇄처리 조건도 예비실험 결과, 6가지의 폭쇄조건(압력 : 20kgf/cm²-1, 3, 5분, 25kgf/cm²-1, 2, 3분)중에서 폭쇄압력 20kgf/cm²에서 1분처리, 25kgf/cm²에서 1분 처리가 가장 좋아 이 두 조건을 적정 폭쇄 조건으로 정하였다(이·한, 1998).

2.2.2 왕겨보드의 제조

왕겨보드는 압력 50-30-20kgf/cm², 열압온도 171℃, 열압시간 8분의 열압조건에서 제조하였다. 왕겨보드는 목표비중을 0.85로 하여 200×180×10(mm³)의 크기로 5반복 제조하였다.

이때 예비실험 결과에 의해 폭쇄 왕겨의 전건무게에 대해 페놀수지를 6%, 내수제인 파라핀 왁스에멀전을 1% 처리하였으며, 경화제는 탄산나트륨을 페놀수지 전건무게에 대해 1% 처리하였다.

제조한 왕겨보드의 전처리 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. The condition of pretreatment for rice hull.

Abbreviation	Condition of pre-treatment
R 100	Original rice hull
B-1hr	Boiling treatment of 1 hour
N1-1hr	Boiling treatment of 1 hour in the 1% NaOH solution
ER 20 -1min	Steam explosion method (Condition: 20kgf/cm ² , 1 min.)
Er 25-1min	Steam explosion method (Condition: 25kgf/cm ² , 1 min.)
P 100	Original Wood particle

2.2.3 물리·기계적 성질

제조된 왕겨보드의 물리적·기계적 성질을 조사하기 위하여 KS-F 3104(1997)에 의해 비중, 함수율을 측정하였고 만능강도 시험기(Universal Testing Machine, Shimadzu Co.)를 사용하여 박리강도 및 휨강도를 측정하였다.

2.2.4 통계처리

제조된 왕겨보드의 물리·기계적 성질은 각 측정항목당 5반복으로 하였으며 Duncan의 신다중검정을 이용하여 그룹간의 유의성 검정을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 물리적 성질

왕겨보드의 밀도는 Table 2에서 보는 바와 같이 무처리 보드의 경우 파티클보드와 동등한 그룹으로 나타났다. 반면 폭쇄처리 왕겨보드의 경우 높은 밀도를 나타냈다. Lee와 Han(1998)은 무처리 왕겨의 경우 목재보다 셀룰로오스 함량이 다소 낮고 회분 함량이 다소 높으나, 폭쇄 왕겨는 무처리 왕겨보다 홀로셀룰로오스 함량이 많이 떨어지는 대신 폭쇄 과정을 거치면서 추출물과 리그닌 함량이 높아진다고 보고하였다. 따라서 리그닌은 압제할 때 유동하여 결합력으로 작용할 뿐만 아니라, 물리적으로는 폭쇄처리에 의해 갈색으로 해색되면서 구부러진 형태와 왁스와 규소층이 깨지면서 왕겨가 보다 작은 파티클로 변하면서 결합이 잘 일어나도록 유연하여져 표면 구조의 변화가 일어나 강도 증가를 보여 주었다고 할 수 있다.

보드의 함수율은 Table 2에서와 같이 5.1~12.2%를 나타내어 모두 KS 규격을 만족하였다.

또한 왕겨보드의 흡수 두께 팽창율의 경우, 폭쇄처리 두 조건과 PB(대조구)의 경우 KS 기준을 만족시키며 동일한 그룹으로 나타난 반면, 무처리와 기타 처리의 경우 KS를 만족시키지 못하는 결과를 보였다.

3.2 휨강도

제조된 왕겨보드의 휨강도를 Table 3에서 살펴보면 무처리 왕겨보드보다 전처리한 왕겨보드의 휨강도가 우수하였으며, 폭쇄처리된 왕겨보드가 가장

Table 2. Physical properties of rice hull board.

Condition	Physical properties					
	Density (g/cm ²) (F ¹)=38.65**)		Moisture content (%) (F=221.36**)		Thickness swelling (%) (F=182.57**)	
	Mean ±SD	Duncan test	Mean ±SD	Duncan test	Mean ±SD	Duncan test
R 100	0.84±0.02	B	5.07±0.21	C	42.80±2.65	D
B-1hr	0.88±0.02	B	6.18±0.09	B	18.79±1.45	B
N1-1h	0.88±0.03	B	6.56±0.10	B	25.23±2.78	C
ER20-1m	0.99±0.03	A	12.20±0.52	A	9.40±0.53	A
ER20-1m	1.03±0.02	A	11.67±0.64	A	8.16±0.36	A
P 100	0.85±0.02	B	6.01±0.23	B	8.40±1.02	A

Notes ; See the legend in Table 1 for abbreviated notification of condition.

1) : F-value

* KS standard : MC : 5~13%, Thickness swelling : below 12%.

우수한 강도적 성질을 보여 주고 있다. 반면 무처리 왕겨보드는 KS의 PB 8.0형의 휨강도도 만족시키지 못하였다. 특히 25kgf/cm²에서 1분간 폭쇄처리한 왕겨로 제조된 보드의 경우 무처리 왕겨보드보다 약 2.5배 이상의 강도 증가를 보였으며 PB(대조구)보다 동등 이상의 우수한 강도를 나타냈다.

또한 20kgf/cm²에서 1분간 처리한 왕겨보드도 목재 파티클보드 보다는 약간 낮은 강도를 보였지만 통계처리 결과 동등한 강도 그룹으로 나타났다. 1시간 증자처리의 경우, KS PB 13.0형의 휨강도를 만족 시킨데 반해, 1시간 1% 알칼리 증자처리의 경우는 KS PB 8.0형의 휨강도를 만족하는데 그쳤다.

따라서 가장 우수한 휨강도를 나타내는 왕겨 전처리 조건은 25kgf/cm²의 폭쇄 압력에서 1분간 처리하는 것으로 나타났다.

3.3 박리강도

Table 3에서 제조된 왕겨보드의 박리강도를 살펴볼 수 있는데, 지금까지의 연구보고에 의하면 왕겨로 만든 보드는 목질로 만든 보드의 3분의 1 정도의 강도를 나타낸다고 보고된 바 있다. 무처리 왕겨로 제조한 왕겨보드는 KS 규격을 만족하지 못하고 있는데, 이는 왕겨 엘리먼트간의 왁스와 규소층 및 구부러진 형태 때문에 결합력이 약해지기 때문이다. 그러나 폭쇄처리 왕겨로 제조한 보드의 경우 KS 박리강도 18형 타입(3.1kgf/cm² 이상)을 만족시켰다. 특히 폭쇄처리(20kgf/cm², 1분 처리)한

경우 무처리의 약 5.6배의 강도를 보였으며, PB(대조구)보다는 낮은 박리강도를 나타냈다. 그러나 Table 3에서와 같이 폭쇄처리 왕겨보드는 PB(대조구)와 함께 KS 박리강도 18.0 타입을 만

Table 3. Mechanical properties of rice hull board (conversion value into density of 0.85g/cm³).

Condition	Mechanical properties			
	Bending strength (kgf/cm ²) (F ¹)=74.82**)		Internal bonding strength(kgf/cm ²) (F=27.26**)	
	Mean ±SD	Duncan test	Mean ±SD	Duncan test
R 100	81.78±3.94	C	0.88±0.12	C
B-1hr	149.92±14.69	B	2.02±0.10	C
N1-1h	99.67±16.30	C	0.72±0.15	C
ER20-1m	188.58±14.33	A	4.89±0.47	B
ER20-1m	202.77±15.08	A	4.83±0.27	B
P 100	200.50±13.65	A	8.80±2.46	A

Notes ; See the legend in Table 1 for abbreviated notification of condition.

1) : F-value.

* KS standard(F 3104-1997)

18.0 type : Bending strength - over 184(kgf/cm²), IB strength - over 3.1(kgf/cm²)

15.0 type : Bending strength - over 153(kgf/cm²), IB strength - over 2.4(kgf/cm²)

13.0 type : Bending strength - over 133(kgf/cm²), IB strength - over 1.9(kgf/cm²)

8.0 type : Bending strength - over 82(kgf/cm²), IB strength - over 1.5(kgf/cm²)

족하는 좋은 결과를 보였다.

같은 폭쇄처리간 비교에서 휨강도와 마찬가지로 두 폭쇄 조건은 유의차가 없어 같았으므로 같은 강도 그룹으로 나타났고, 무처리와 1% 알칼리에서 1시간 증자처리한 경우 KS를 만족하지 못한 반면, 1시간 증자처리한 왕겨보드의 경우 KS 박리강도 13.0형 타입(1.9kgf/cm² 이상)을 만족시키는 결과를 보였다.

이렇게 폭쇄처리 왕겨보드의 박리강도 및 휨강도가 무처리 왕겨보드보다 좋은 이유는 폭쇄처리에 의해 리그닌과 추출물 함량이 높아지는데 이들 성분이 엘리먼트간의 결합을 향상시키는 것으로 사료되며, 또한 왕겨 본래의 구부러진 형태가 폭쇄처리에 의해 갈색으로 해색되어 물리적으로도 엘리먼트간의 간극이 치밀해져서 보드의 강도를 높인 것으로 생각된다.

4. 결론

현재 국내에서 수요되는 95% 이상의 목재를 수입에 의존하는 목질재료산업은 장기적으로 또한 기본적으로 목질원료 수급에 어려움을 갖고 있다. 그런데 농업 부산물인 왕겨는 해마다 국내 목재 생산량의 두 배가 넘고 있다. 따라서 국내 목질재료업계의 원료난도 타개하면서 농업 부산물인 왕겨를 효율적으로 이용하여 목재 대체자원으로 개발하고자 본 연구를 실시하였다. 기존의 무처리 왕겨보드의 문제점인 강도가 약한 점을 해결하고자 왕겨를 전처리하여 보드를 제조하고 물리·기계적 성질을 측정하여 그 전처리에 대한 적정조건을 구명하고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폭쇄처리 왕겨보드의 휨강도 및 박리강도가 가장 높았으며, 다음으로 증자처리, 가성소다 처리순이었다.
2. 무처리 왕겨보드의 경우 휨강도, 박리강도 모두 KS를 만족시키지 못한 반면, 폭쇄처리 왕겨보

드의 경우 KS PB 18.0형의 기준을 모두 만족시켰으며, PB(대조구)와 비교할 때 동등한 강도를 보였다.

참고 문헌

1. Amilcare, S. 1960. Societa Application Secondite S.A.S Ger. 1075493 (through Cha. Abst. '61, pl 22766 e).
2. Francisco, B. S. 1953. Span jan. 4.
3. KS F 3104-1997 한국공업표준협회.
4. KS F 3200-1997 한국공업표준협회.
5. 이화형. 1972. Study on Manufacture of Hard Board from Rice Hull, Master thesis of Seoul National University.
6. 이화형 외. 1984. 목재공학. 향문사. p. 395.
7. Lee, H.H. and T.M. Maloney 1995. The Effect of Final Moisture Content of Mat on the Physical and Mechanical Properties of UF-bonded MDF. The Journal of Korean Wood Science and Tech. 23(4) : 85-90.
8. 이화형. 1997. 주거환경 및 가구재료로서의 목재의 환경 친화적 평가. 가구소식. 97(1) : 102-112.
9. 이화형. 1997. 왕겨를 이용한 환경친화형 목질 신소재 개발 1차년도 연구 보고서. 농림부.
10. 이화형, 한기선. 1998. 왕겨-목질 혼합보드의 적정 혼합비율에 관한 연구. 한국가구학회지. 9(1) : 59-64.
11. 이화형, 강춘원. 1998. 요소수지 연질 왕겨보드의 개발. 한국목재공학회지. 26(4) : 50-55.
12. 이화형, 강춘원. 1999. Manufacture of Insulation Board from Rice Hulls. 일본목재학회지. 45(2) : 178-181.
13. Narayama, M. D and Kohle, R. C. 1959. Kunststoffe, 49, 169 India (through Cha. Abst. '59, pl 6585 b).
14. Williamson, R. V. 1951. Modern Plastics 28(8), 126, 128, 130, 157.