최 종
연구보고서

왕겨를 이용한 환경 친화형 목질 신소재 개발

Development of Rice hull board
for the New Ecomaterial

연 구 기 관

충 남 대 학 교

농 림 부

제　　출　　문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “왕겨를 이용한 환경친화형 목질 신소재 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1999. 10 . 31 .

주관연구기관명	:	**충남대학교**
총괄연구책임자	:	**이 화 형**
연 구 원	:	**서 영 범**
연 구 원	:	**김 세 빈**
연 구 원	:	**윤 효 인**
연 구 원	:	**한 기 선**
연 구 원	:	**한 영 림**
연 구 원	:	**김 세 빈**
연 구 원	:	**이 인 세**
연구보조원	:	**장 범 수**
연구보조원	:	**이 종 훈**
연구보조원	:	**차 맹 호**
연구보조원	:	**김 동 만**
연구보조원	:	**심 인 보**
연구보조원	:	**김 관 의**

요 약 문

Ⅰ. 제 목

왕겨를 이용한 환경 친화형 목질 신소재 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

가. 연구개발의 목적

97년 국내 연간 목재 수요량은 총 2천 5백만m3로서 국내 목재 및 목질 가공품의 95%를 수입하여 외화 30억불 이상이 소요되었다. 그러나 IMF시대 이후에 환율이 급상승하여 50억불 이상의 외화를 충당하여야 목재 및 목질재료를 수입할 수 있으며 게다가 수입신용장 개설의 어려움으로 목재수급의 어려움이 가중되었었다. 따라서 이러한 목질자원의 절대적인 부족을 국내 목재 생산량의 약 2배나 되며, 해마다 약 100만톤을 생산하면서도 마땅한 용도가 없는 농용 부산물인 왕겨를 이용하여 목질판상제품 제조에 사용한다면 농가소득에 크게 이바지하게 될 뿐만 아니라, 해외로부터 들여오는 막대한 섬유자원의 대체효과를 가져올 수 있으므로 국익에 크게 보탬이 될 것이다.

1차년도는 왕겨의 전처리에 따른 원료조건을 구명하고 열압 공정 및 제품의 물리·기계적 성질을 구명 및 왕겨와 목질의 적정 혼합비를 구하고자 하였고, 2차년도는 바이오 세라믹 원료의 적정 loading량과 원적외선 방사량 및 제조된 제품의 물리·기계적 성질을 구명하고자 하였다.

3차년도에는 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트를 위한 카본 파이버의 특수 처리공정을 개발하여 신기능성을 부여하고, 원적외선 방사율과 물리·기계적 성질을 구명하며, 개발된 신소재의 환경조화형 특성을 규명하기 위하여 쥐사육을 통한 생물학적 평가를 하였다. 그리고 개발된 바이오 세라믹 왕겨·목질 신소재의 최종 경제성 평가를 하고자 했다.

본 연구의 연구개발 최종목적은 국내 농업 부산물인 왕겨를 이용하여 왕겨 단독으로 또는 목질 섬유와 적정 혼합하여 건식 공정으로 목질 복합체를 만들고, 바이오 세

라믹 원료와 카본 파이버를 이용한 원적외선 컴포지트 신소재를 개발하여 마루판 등 주거용으로 활용, 목재산업의 발전과 농가 소득 향상에 기여할 뿐만 아니라, 국민건강에도 크게 이바지하고자 하였다.

나. 연구개발의 중요성

농용부산물인 볏짚이나 밀짚 또는 사탕수수대 등이 목질의 섬유질 원료로서 사용되어 왔으나 운반, 보관등의 어려움이 따랐다. 그러나 1996년 4월 제30차 국제 파티클 보드/복합체재료 심포지움에서 거의 반 이상의 발표가 농용 부산물인 밀짚과 기타 식물 섬유 원료에 대한 것으로 목재 자원이 부족하고 환경문제가 급속하게 문제됨에 따라 50년대에 연구하였던 이 주제를 다시 조명하기에 이르렀다.

왕겨는 홀로셀룰로즈가 약 70%로서 신청자인 李(1972)는 제일 처음으로 습식 경질 섬유판 제조조건을 구명했고, granule type 자체로 시멘트와 gypsum등을 이용하여 제조한 것이 Francisco(1953), Amilcare(1960)등이고, Williamson(1951)은 열가소성 수지로 왕겨판을 제조하였고 Narayama(1959)등은 페놀수지를 이용해 왕겨를 갈아서 왕겨판을 제조한 이래 지금까지 발전된 것이 없었다. 왕겨 자체만으로는 제품의 품질이 떨어질 것으로 생각되나 전처리에 따라 적정 조건을 구명하고 목재섬유와 적정 혼합비율을 맞추거나 새로운 제조공법을 활용하여 연질 섬유판 등을 개발하면 비싼 목재 대신 값싼 왕겨를 활용하게 되므로써 충분한 경제성이 있을 것이며, 따라서 농가소득 증대에도 크게 도움이 될 것이다.

한편 최근에 시멘트나 합성타일 대신에 목재가 천연의 아름다운 무늬와 따뜻한 촉감 단열성 및 온、습도 조절기능을 갖추어 인체의 건강에 크게 도움이 되는 건축자재라는 결과가 나오자, 목질 마루판의 인기가 높아지게 되었을 뿐만 아니라, 지금까지 없던 원적외선 방출목질 컴포지트의 제조 기술이 개발되면 주거 환경재료로서는 최첨단 조화형 제품으로서 국민 건강에 크게 도움이 될 것이다.

95%의 목재 및 목질가공품을 해외에 의존하는 목질섬유 절대 빈곤의 처지에서 섬유대체재의 확보는 시급하며 어떤 식으로라도 목질판상제품의 공급은 시급한 것이다. 파티클 보드나 MDF의 경우 원가에서 차지하는 목질섬유 원료의 비중은 50%가 넘으므로 국내 목재 생산량의 약 두 배가 넘는 왕겨섬유의 사용은 농가소득에 크게 이바지 할 뿐만 아니라 해외로부터 들여오는 막대한 섬유자원의 대체효과를 가져올 수 있으므로 국익에도 크게 도움이 될 것이다.

뿐만 아니라 쥐의 사육과 번식 포육의 상태 실험(사이또, 다케무라 1985, 1986)에 따라 목질재료가 콘크리트나 알미늄보다 주거 안정성이나 심리적 안정성이 월등히 좋다는 것이 확인되고 있으며 만약 본 연구가 성공하게되면 향균, 항곰팡이 및 탈취는 물론 인체에 유용한 고기능성 원적외선이 방출되는 목질복합체가 개발되므로써 최첨단 환경 조화형 주거재료로 활용되여 국민건강에도 크게 도움이 될 것으로 기대하는 바 크다.

갓 태어난 쥐의 실험이나 사육과 포육의 환경실험(사이또, 다케무라 1985, 1986), 則元(1986)등의 류마치스 환자, 앙케이트 실험등에서 콘크리트 주택보다 목조주택이 훨씬 좋다는 연구결과가 나왔으나 시멘트 원료가 풍부한 우리나라로서는 싸고 견고한 철근 콘크리트 건물을 사용할 수 밖에 없으며 주거환경내에서 인체에 친화성이 높은 값비싼 목재 및 목질재료는 건축내장 및 마루판, 벽재등으로 최소한 사용할 수 밖에 없는 시점에서 왕겨를 활용하여 원적외선을 방출하는 왕겨판 또는 왕겨목질 컴포지트등의 제품을 개발하면 국민건강에도 지대한 공헌을 하게 될 것이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1차년도

1. 왕겨의 성분 분석 및 화학 전처리에 따른 효과 규명
2. 왕겨와 목질 파티클의 적정 혼합 비율 규명
3. 접착제에 따른 적정온도, 압력, 시간에 따른 열압조건 규명
4. 표면성 검토 및 오버레이 처리
5. 제품의 물리·기계적 성질 규명

2차년도

1. 바이오 세라믹 원료에 따른 포밍 및 처리 공정개발
2. 바이오 세라믹 목질 컴포지트 제조조건 규명
3. 제품의 물리, 기계적 성질 규명
4. 원적외선량 측정

3차년도

1. 카본 파이버 특수 처리 공정에 따른 신기능성 규명
   - 왕겨섬유 이용을 위한 바이오 세라믹 및 카본 파이버 오버레이 제조.
   - 신기능성 위한 특수 오버레이 제조.
2. BCWC 제조조건 규명
   - 바이오 세라믹 카본 파이버 목질 컴포지트 제조.
   - 컴포지트 제조후 제조공정 개발.
3. 제품의 원적외선 방사율 측정
   - FTIR로 원적외선 방사 스펙트럼 조사.
   - 처리량에 따른 방사율 조사.
4. 제품의 물리, 기계적 성질 규명
5. 콘크리트 상자, 알미늄 상자 및 개발된 원적외선 왕겨 · 목질 컴포지트 제품 상자의 쥐 사육을 통한 생물학적 평가
   - 사육환경내 적응시험(성체)
   - 사육환경내 번식시험
   - 사육환경내 이유직후 실험동물의 적응시험
   - 환경조건에 따른 성장률 비교시험
6. 바이오 세라믹 왕겨 · 목질 신소재 개발에 따른 경제성 분석
   - 국내 목재 산업의 동향
   - 국내 왕겨 생산 추이
   - 왕겨 보드류의 생산비용 추정
   - 경제성 분석.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

가. 연구개발결과

<1차년도>

1. 연구수행 내용 및 연구결과 요약

연구수행내용	연 구 결 과
1) 왕겨의 성분분석	○ 왕겨는 목재의 일반성분과 비슷하나 셀룰로스 함량이 다소 떨어졌다. 폭쇄왕겨는 무처리왕겨보다 홀로셀룰로스 함량이 많이 떨어지고 대신 이들의 변화에 따라 추출물과 리그닌 함량이 상대적으로 높아졌다.
2) 왕겨의 화학 전처리 효과규명	○ 왕겨의 전처리로 증자처리, NaOH증자처리, 폭쇄처리를 하여 제품을비교한 결과 폭쇄처리가 가장 좋았다. 폭쇄처리하면 동일 압력에서도 비중이 높아지고 강도가 좋아졌다. 2분이상의 폭쇄처리는 매트로부터 수분이 빠지지 않아 펑판이 생겨 오히려 1분 처리가 우수하였다. 폭쇄 보드의 곡강도와 내부결합강도(박리강도)의 결과는 무처리보다 각각 2.7배, 6.2배(20㎏/㎠-1분처리) 2.95배, 6.76배(25㎏/㎠-1분처리)였다. 증자처리는 1시간 처리 때 곡강도가 1.92배, 박리강도가 2.42배 증가하였으나 시간이 증가될 수록 강도가 무처리와 같아지고 1%NaOH증자처리나 5%NaOH증자처리의 경우 보드의 곡강도는 전체적으로 무처리와 같고 박리강도는 시간과 농도가 높아짐에 따라 무처리보다 다소 떨어 졌다.
3) 왕겨와 목질엘리먼트의 적정 혼합 비율	○ UF10%, thickness bar를 사용한 중밀도 UF보드의 경우, 무처리 왕겨보드는 목질PB 곡강도의 22%, 박리강도는 2.4%에 지나지 않는다. 폭쇄처리 왕겨보드는 무처리보다 많이 좋아져서 목질PB 곡강도의 68%, 박리강도는 21%로 상승된다. 목질파티클 75%에 25%의 왕겨를 혼합하면 PB와 동등한 성질(PB 150)을 갖게 된다. UF 13% 첨가시, 폭쇄 왕겨 25% 첨가는 목질PB(PB200합격)보다 29% 곡강도가 상승하였고 50% 혼합시 PB 150을 만족시켰다.

연구수행내용	연 구 결 과
4)왕겨보드의 적정열압조건 규명 및 왕겨보드 제조	○ 연질왕겨보드: 국내 연질섬유판은 습식으로 건조에너지가 많이 들어 경제성 때문에 제조 중지되었으나 염가의 왕겨를 이용 건식 공정에 의하여 연질왕겨보드를 만족하게 제조할 수 있어 아주 유용하게 사용될 수 있을 것이다. KS F 3201을 만족시키기 위하여 UF수지를 사용 두께 1.5cm의 연질보드를 제조할 경우 적정함지율은 12%, 열압시간은 20분이 필요하였다. 18% 함지율일 경우 비중은 0.4 미만이나 강도는 A급이었고 페놀수지를 사용할 경우 9%의 함지율, 20분 열압시 B급을 만족시켰다. 왕겨연질보드의 포름알데히드방산량은 모두 KS를 만족시키나 UF는 JIS E2, PF왕겨보드는 JIS E0를 만족시켜 포름알데히드방산문제를 생각한다면 페놀수지가 당연 무취, 무공해 보드였다. 단열을 위한 열저항은 모두 KS 규격을 만족시켰다. ○ 중밀도왕겨보드 및 목질왕겨복합보드 : 일반 목질 PB 제조 조건과 같다. thickness bar를 사용하는 경우, 목표밀도 보다 왕겨보드는 낮게 되고, 폭쇄왕겨보드는 높게 나타나며 thickness bar를 사용하지 않을 경우, 그 경향은 더 크게 나타났다.
5) 표면성 검토 및 오버레이 처리	○ 연질왕겨보드는 오버레이처리가 필요 없으며 오히려 특수한 표면성으로 특수 무늬 효과를 나타내나 중밀도 이상의 100% 무처리 왕겨보드(R 100, 10% UF)나 50%첨가왕겨보드는 내부결합도와 표면성이 떨어지기 때문에 LPM의 CRACK TEST나 CROSS CUT TEST에 불합격하였고, 폭쇄처리 왕겨보드는 표면이 목질 파티클보드보다 매끄럽고 단독이나 50% 첨가의 경우 목질 PB 100%와 같이 양호한 결과를 나타냈다.
6) 제품의 물리,기계적 성질 규명	○ 결과는 각 항목에서 비교, 검토하였다.

2. 연구 수행결과

○ 왕겨 성분분석

Table 1. 왕겨 폭쇄 전 · 후 성분분석

Components(%)	bofore	after
Holocellulose	71.54	65.68
Alcole-benzene extractive	11.80	18.92
Cold water extractive	4.20	17.13
Hot water extrative	15.97	21.43
Lignin	32.52	43.96
Ash	14.95	15.18

○ 왕겨 전처리에 따른 효과 규명

Table 2. 왕겨 전처리에 따른 물리 · 기계적 성질

처리	Pysical property				Mechanical property			
	비중 (F=16.764**)		M.C (F=237.402**)		박리강도(Kgf/cm2) (F=270.35**)		곡강도(kgf/㎠) (F=119.40**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
R 100[1]	0.843±0.015	A	5.067±0.208	A	0.865±0.114	C	80.82±3.898	CD
B[2]-1hr	0.880±0.017	A	6.177±0.087	DEF	2.09±0.105	B	155.2±15.21	B
B-2hr	0.883±0.006	A	5.760±0.085	BCD	0.44±0.020	DEFG	86.07±8.899	CD
B-4hr	0.837±0.040	A	5.673±0.231	BCD	0.60±0.235	CDEF	92.0±14.20	CD
N1[3]-1h	0.877±0.031	A	6.557±0.10	F	0.74±0.155	CD	103.2±16.88	CD
N1-2h	0.880±0.030	A	6.303±0.110	EF	0.697±0.144	CDE	86.16±6.318	CD
N1-4h	0.837±0.051	A	5.340±0.078	AB	0.44±0.110	DEFG	78.9±5.225	CD
N5[4]-1h[5]	0.963±0.025	BC	5.967±0.107	CDE	0.27±0.035	FG	79.82±8.720	CD
N5-2h	0.940±0.026	B	5.450±0.225	ABC	0.31±0.015	FG	83.49±3.072	CD
N5-4h	0.847±0.012	A	5.930±0.026	CDE	0.36±0.106	EFG	84.96±8.68	CD
ER20-1m[6]	0.993±0.027	CD	12.20±0.520	H	5.7±0.232	A	219.6±16.68	A
ER25-1m[7]	1.031±0.017	E	11.667±0.643	G	5.85±0.325	A	238.5±17.74	A

* 열압조건 : 온도-171℃, 시간-8분, 압력-50kgf/cm2 -30kgf/cm2-20kgf/cm2
* 수지 함지율 : PF 6% 첨가(파티클 전건중량에 대해)
* KS 규격 : 함수율 5-13%, 비중 0.50-0.90이하
18.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 184이상, 박리강도(kgf/cm2) - 3.1이상

15.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 153이상, 박리강도(kgf/cm2) - 2.4이상
13.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 133이상, 박리강도(kgf/cm2) - 1.9이상
8.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 82이상, 박리강도(kgf/cm2) - 1.5이상
포름알데히드 방산량 : U, M, P타입은 5이하, Po는 0.5이하.

1) R 100 : 무처리 왕겨
2) B : 증자처리
3) N1 : 1% NaOH 증자처리
4) N5 : 5% NaOH 증자처리
5) h : 시간
6) ER20-1m : 폭쇄왕겨처리(폭쇄조건: 20kgf/cm2, 1분 처리)
7) ER25-1m : 폭쇄왕겨처리(폭쇄조건: 25kgf/cm2, 1분 처리)

○ 왕겨와 목질혼합보드의 적정혼합비율 규명(Ⅰ) - thickness bar 사용.

Table 3. 왕겨-목질 파티클 혼합비에 따른 복합보드의 물리·기계적 성질

처리	Physical property				Mechanical property			
	비중(F=19.38**)		M.C(%)(F=2.302ns)		박리강도(Kgf/cm2) (F=92.553**)		곡강도(kgf/㎠) (F=35.273**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
R 1001)	0.608±0.043	C	6.13±0.438	A	0.266±0.123	E	35.48±1.604	G
ER1002)	0.786±0.023	A	5.33±0.410	A	2.3±0.308	D	108.5±13.87	CDEE
ER75P253)	0.758±0.041	A	5.93±0.035	A	4.08±0.526	C	118.7±23.41	CD
R50P504)	0.714±0.011	B	5.88±0.028	A	1.3±0.071	DE	60.24±4.284	F
ER50P505)	0.764±0.030	A	5.44±0.233	A	4.64±0.611	C	128.5±12.65	BC
ER25P756)	0.764±0.022	A	5.47±0.346	A	7.14±1.524	B	146.4±10.65	AB
P1007)	0.712±0.030	B	5.26±0.396	A	10.96±1.679	A	159.9±31.48	A

* 열압조건 : 171℃, 5분, thickness bar 사용(두께 1cm).
* 수지 함지율 : UF 10% 처리(파티클 전건중량에 대해)
* KS 규격 : 표 2 하단 참조.

1) R 100 : 무처리 왕겨 100
2) ER100 : 폭쇄처리 왕겨 100(폭쇄조건:25kgf/cm2, 1분 처리)
3) ER75P25 : 폭쇄처리 왕겨 75 : 목질 파티클 25.
4) R50P50 : 무처리 왕겨 50 : 목질 파티클 50
5) ER50P50 : 폭쇄처리 왕겨 50 : 목질 파티클 50
6) ER25P75 : 폭쇄처리 왕겨 25 : 목질 파티클 75
7) P100 : 목질 파티클 100

○ 왕겨와 목질혼합보드의 적정혼합비율 규명(II) - thickness bar 사용안함.

Table 4. 왕겨-목질 파티클 혼합비에 따른 복합보드의 물리·기계적 성질

처리	Physical property				Mechanical property			
	비중(F=60.79**)		M.C(%)(F=10.747**)		박리강도(kgf/cm2)(F=220.232**)		곡강도(kgf/㎠)(F=297.044**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
R 1001)	0.940±0.020	D	6.17±0.208	A	0.980±0.068	A	78.50±4.952	A
ER 1002)	0.830±0.010	B	5.94±0.026	AB	3.60±0.454	BC	153.67±8.701	C
ER75P253)	0.830±0.005	B	6.00±0.117	A	3.90±0.309	C	145.83±5.729	C
R50P504)	0.880±0.012	A	7.28±0.251	CD	2.80±0.159	B	117.83±1.290	B
ER50P505)	0.80±0.012	C	6.76±0.767	BC	4.16±0.068	C	142.03±5.50	C
ER25P756)	0.930±0.012	D	6.28±0.490	AB	10.52±0.617	D	267.40±10.113	E
P1007)	0.880±0.003	C	7.80±0.180	D	10.94±0.846	D	207.50±1.015	D

* 열압조건 : 온도-171℃, 시간-5분, 압력-40kgf/cm2-30kgf/cm2-20kgf/cm2
* 수지 함지율 : UF 13% 처리(파티클 전건중량에 대해)
* thickness bar 사용(두께 1cm) : 1), 2), 3)
* KS 규격 : 표 2 하단 참조.

1) R 100 : 무처리 왕겨 100
2) ER100 : 폭쇄처리 왕겨 100(25kgf/cm2, 1분 처리)
3) ER75P25 : 폭쇄처리 왕겨 75 : 목질 파티클 25.
4) R50P50 : 무처리 왕겨 50 : 목질 파티클 50
5) ER50P50 : 폭쇄처리 왕겨 50 : 목질 파티클 50
6) ER25P75 : 폭쇄처리 왕겨 25 : 목질 파티클 75
7) P100 : 목질 파티클 100

○ 연질 왕겨 보드 개발(비중 0.4미만)

Table 5. 열압시간에 따른 UF 연질 왕겨보드의 물리·기계적 성질

처리	Physical property						Mechanical property	
	비중(F=1.748ns)		M.C(%)(F=12.02**)		흡수량(g/㎤)(F=0.4967ns)		Bending strength(kgf/㎠)(F=6.1934*)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
18-101)	0.346±0.054	A	7.15±0.122	A	0.055±0.012	A	13.03±5.899	B
18-152)	0.360±0.047	A	5.77±0.737	B	0.052±0.008	A	18.46±5.913	AB
18-203)	0.396±0.024	A	6.16±0.266	B	0.064±0.032	A	24.40±2.921	A

1) 함지율 18%, 열압시간 10분

2) 함지율 18%, 열압시간 15분
3) 함지율 18%, 열압시간 20분
* 열압조건 : 온도-171℃, 압력- thickness bar(두께 : 1.5cm)사용, 6.67kgf/cm2
* KS 규격(1982) - A급 : 밀도 0.3미만, 함수율 5-13%, 휨강도 20.4이상
T급 : 밀도 0.25미만, 함수율 5-13%, 휨강도 10.4이상

Table 6. 수지 함지율에 따른 UF 왕겨보드의 물리 · 기계적 성질

처리	Physical property						Mechanical property	
	비중(F=2.7975ns)		M.C(%)(F=5.3609*)		흡수량(g/㎤) (F=1.112ns)		Bending strength(kgf/㎠) (F=25.07**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
12-201)	0.364±0.023	A	6.39±0.079	A	0.058±0.015	A	13.86±2.192	B
15-202)	0.368±0.023	A	5.94±0.266	B	0.043±0.004	A	16.03±2.298	B
18-203)	0.396±0.024	A	6.16±0.266	A	0.062±0.032	A	24.40±2.921	A

1) 함지율 12%, 열압시간 20분
1) 함지율 15%, 열압시간 20분
1) 함지율 18%, 열압시간 20분
* 열압조건 : 온도-171℃, 압력- thickness bar(두께 : 1.5cm)사용, 6.67kgf/cm2
* KS 규격 - 표 5 하단 참조.

Table 7. 열압시간에 따른 PF 연질 왕겨보드의 물리 · 기계적 성질

처리	Physical property						Mechanical property	
	비중(F=0.1921ns)		M.C(%)(F=11.73**)		흡수량(g/㎤)(F=0.674ns)		Bending strength(kgf/㎠) (F=0.9793ns)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
15-201)	0.353±0.011	A	6.27±0.096	A	0.252±0.033	A	15.51±1.286	A
15-252)	0.350±0.020	A	6.2±0.082	A	0.238±0.041	A	14.25±3.509	A
15-303)	0.357±0.023	A	5.85±0.220	B	0.225±0.038	A	16.16±0.645	A

1) 함지율 15%, 열압시간 20분
2) 함지율 15%, 열압시간 25분
3) 함지율 15%, 열압시간 30분
* 열압조건 : 온도-171℃, 압력- thickness bar(두께 : 1.5cm)사용, 6.25kgf/cm2
* KS 규격 - 표 5 하단 참조.

Table 8. 수지 함지율에 따른 PF 연질 왕겨보드의 물리ㆍ기계적 성질

처리	Physical property						Mechanical property	
	비중(F=7.9075**)		M.C(%)(F=3.487ns)		흡수량(g/㎤)(F=10.817*)		Bending strength(kgf/㎠)(F=7.7829**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
9-20 1)	0.334±0.019	A	6.20±0.199	A	0.238±0.016	A	11.34±1.604	B
12-20 2)	0.318±0.008	AB	5.97±0.234	A	0.190±0.010	B	12.65±2.134	AB
15-20 3)	0.353±0.011	B	6.27±0.096	A	0.252±0.033	A	15.51±1.286	A

1) 함지율 9%, 열압시간 20분
2) 함지율 12%, 열압시간 20분
3) 함지율 15%, 열압시간 20분
 * 열압조건 : 온도-171℃, 압력- thickness bar(두께 : 1.5cm)사용, 6.25kgf/cm2
 * KS 규격 - 표 5 하단 참조.

Table 9. 유리 포름알데히드 방산량(연질 왕겨보드)

구분	PF			UF		
	9 1)-25 2)	12-25	15-25	12-20	15-20	18-20
방산량(ppm)	0.17	0.2	0.24	3.27	4.12	5.5

* KS 규격 : 5ppm 이하.(KS F 3104-1992 : 24시간 데시게이터 법.)
* JIS : Eo : 0.5ppm 이하.
　　E1 : 1.5ppm 이하.
　　E2 : 5ppm 이하.(24시간 데시게이터 법.)
1) 수지 함지율(%)
2) 열압시간(분)

Table 10. 유리 포름알데히드 방산량(왕겨-목질 파티클 혼합보드)

구분	R 100 1)	ER 100 2)	ER75P25 3)	R50P50 4)	ER50P50 5)	ER25P75 6)	PB 100 7)
방산량 (ppm)	3.65	3.02	3.17	2.8	1.4	3	3.29

Notes : See legend in table 4
* KS 규격 : 5ppm 이하.(KS F 3104-1992 : 24시간 데시게이터 법.)
* JIS : Eo : 0.5ppm 이하.
　　E1 : 1.5ppm 이하.
　　E2 : 5ppm 이하. (24시간 데시게이터 법.)

* 수지 함지율 : UF 10% 첨가.

Table 11. 연질 왕겨보드의 열저항

시편	열저항 (m2· ℃/W)	비고
PF 9-20	0.21	KS F 3201-1986 B급 : 0.19이상 합격
UF 12-20	0.20	
UF 18-20	0.19	

Table 12. UF-복질 왕겨보드의 표면성

처리	Crack test	Cross cut test(%) (F=4512.7**)	
		Mean±SD	Duncan test
R 100 1)	Fail	0±0	D
ER 100 2)	Pass	90±2.65	B
ER75P25 3)	Pass	88.7±2.52	B
R50P50 4)	Fail	47.7±1.53	C
ER50P50 5)	Pass	95.3±0.58	A
ER25P75 6)	Pass	90±2.65	B
P 100 7)	Pass	95.6±0.58	A

Notes : See legend in table 4.

< 2차년도>

1. 연구수행 내용 및 연구결과 요약

연구수행내용	연구 결과 요약
⑴ Bio ceramic 처리 공정 개발 (전체포밍, 표층포밍)	⑴ 포밍시 전체층에 골고루 Bio ceramic을 처리하는 전체 포밍 처리법보다 표층에 처리하는 표층 처리법이 더 높은 원적외선 방사율을 보였고 훨씬 경제적이었다.
⑵ Bio ceramic원료의 적정 처리량(loading) 구명	⑵ 액상형 Bio ceramic을 표층에 2% 처리한 것이 분말형 Bio ceramic를 처리한 것들보다 다소 높은 방사율을 나타내며, 분말형의 경우 처리량이 증가할수록 방사율이 높아지고 분말형 4% 처리에서 98%의 방사율을 보였으며 액상형 2% 표층처리와 4% 전체처리와 동등한 방사율을 보였다.
⑶제품의 물리, 기계적 성질 구명 액상형: 0.1%, 0.5%, 1% 분말형: 1%, 2.5%, 4%	⑶ 액상형 및 분말형의 동일한 Bio ceramic처리에서 표층처리가 전체처리보다 물리, 기계적 성질이 우수하였고, 분말형 Bio ceramic처리 보드의 성질이 무처리 보드의 물리, 기계적 성질과 비슷하였고, 액상 전체 처리는 이보다 떨어지는 경향을 보였다.
⑷ 원적외선 방사율 측정	⑷ 목재 자체보다 왕겨자체의 원적외선 방사율은 높으며, Bio ceramic처리량이 증가할수록 제품의 원적외선 방사율은 증가하였다.
⑸ 계획외 성과	(5) 바이오 세라믹 처리는 인체에 유해한 포름알데히드 방산량을 낮추어 표층처리 액상 1%, 표층처리 분말형 2.5% 이상에서 JIS의 Eo를 만족시켜 예상외의 성과를 거두었다.

2. 연구수행결과

1) 바이오 세라믹 원료에 따른 포밍 및 처리공정 개발

바이오 세라믹을 왕겨 및 목질에 처리하는 공정은 전체 처리하여 포밍하는 공정과 표층 처리하여 처리하는 두 가지 방법으로 개발하였다. 표 16에서 보는바와 같이 8㎛에서 원적외선 방사율이 분말로 전체 2.5%처리한 것(95.7%)보다 액상으로 표층만 2% 처리한 것(98.3%)이 약 2.6% 높았으며 액상 침지법으로 전체 4% 처리한 것(98%)과는 거의 동등한 원적외선 방사율을 나타냈다.

따라서 적정한 포밍 및 처리공정은 표층처리법으로 액상형 바이오 세라믹 2% 처리하는 것이 표층에만 처리하기 때문에 양이 적게들어 가장 경제적이라 할 수 있다.

2) 바이오 세라믹 원료의 적정 loading량 규명

목재 및 황토와 바이오 세라믹 처리 왕겨보드의 원적외선 방사율을 비교해 볼 때 표 16를 보면 8㎛ 파장대에서 목재 89% 보다는 무처리 왕겨가 91%로서 2% 정도 원적외선 방사율이 높았으며, 황토보다는 무처리 왕겨가 다소 낮지만 거의 동등한 방사율을 나타냈다. 그리고 액상형 바이오 세라믹의 경우 1% 처리까지는 무처리와 동등한 방사율을 나타내고 있으나 표층에 2% 처리한 것은 98.3%의 원적외선 방사율을 보여 분말형 4% 처리한 것보다 방사율이 높아 우수한 방사율을 보였다. 분말형의 경우 1% 처리한 것이 목재 및 무처리 왕겨, 황토보다 방사율이 높았으며 처리량이 증가할수록 원적외선 방사율은 높아졌다.

따라서 바이오 세라믹의 적정 loading량은 액상형의 경우 표층에 2% 처리하는 것이 표층에만 처리하기 때문에 처리량이 적게 들어 경제적이면서도 우수하며, 분말형의 경우 1%만 처리하여도 목재 및 황토보다 높은 방사율 94%(8㎛)를 나타내는 결과를 얻었다.

3) 제품의 물리, 기계적 성질 규명

액상형 및 분말형 바이오 세라믹을 처리하여 제조한 왕겨 연질 섬유판의 물리, 기계적 성질에 대한 결과는 표 14와 같고 1차년도의 결과에 따른 제조조건에 바이오 세라믹을 처리하여 제조한 폭쇄왕겨와 목재 파티클의 컴포지트의 물리, 기계적 특성은 아래와 같다.

가) 함수율

함수율의 경우 KS F 3201에 의해 비중이 0.4미만인 B급 연질 섬유판의 경우 6-10%사이에 들어야 합격인데, 그림 1에서 보는 바와 같이 모든 처리조건에서 이 조건을 만족하고 있다.

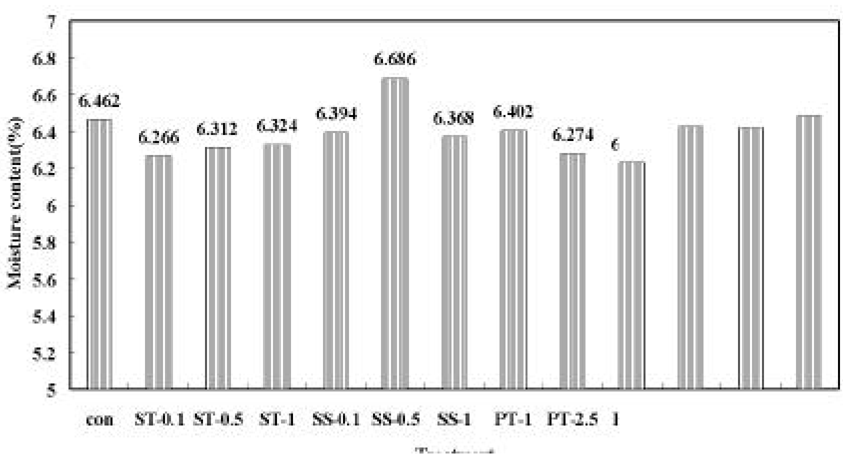


Fig.1 Moisture content of Bio Ceramic rice hull Insulation board

나) 비중

그림 2를 보면 연질 섬유판 B급을 만족하고 있으며 분말형 4% 처리한 경우가 비중이 0.354로 가장 높았으며, 액상형 표층 0.1% 처리한 것이 0.31로 가장 낮은 비중을 나타냈는데, 대체적으로 액상형에서 분말형으로 갈수록, 처리량이 늘어날수록 비중이 증가하는 현상을 보여주고 있다.

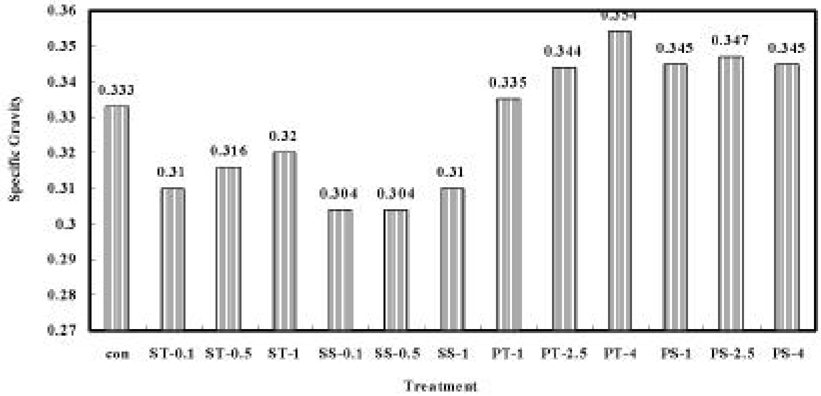


Fig.2 Specific gravity of Bio Ceramic rice hull Insulation board

다) 흡수량

흡수량의 경우 그림 3**에서처럼** B**급인 경우 합격 여부에 관한 규정이 없지만 본 연구결과는 모든 처리조건에서** A**급 연질 섬유판의 흡수량 규정인** 0.1(g/cm3) **이하 조건을 만족시키는 좋은 결과를 얻었다.**

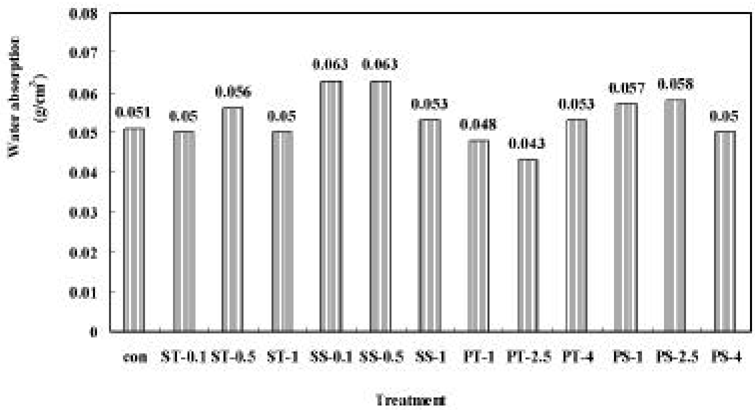


Fig.3 Water absorption of Bio Ceramic rice hull Insulation board

라) 두께 팽윤율

제조한 제품의 치수안정성을 알아 볼 수 있는 두께 팽윤율은 그림 4**에서처럼 액상형이 분말형보다 대체적으로 두께팽윤율이 낮아 치수안정성이 좋았으며, 바이오 세라믹 표면 처리를 하는 것보다 전체 처리를 하는 것이 대체적으로 치수안정**

성이 좋은 것으로 나타났다.

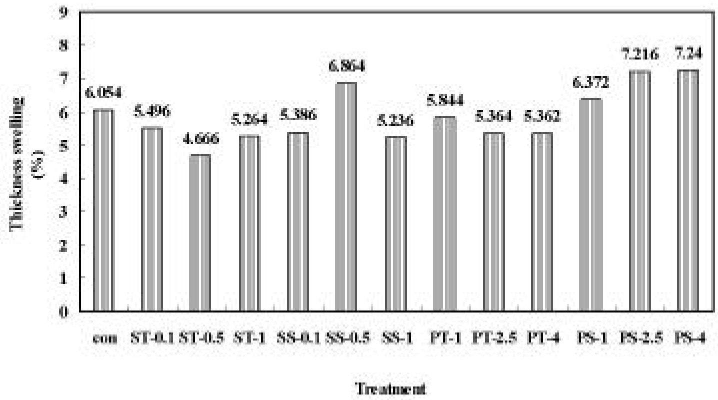


Fig.4 Thickness swelling of Bio Ceramic rice hull Insulation board

마) 곡강도

그림 5에서 보는 바와 같이 분말형 바이오 세라믹을 처리한 것 중에서 표층 처리가 가장 우수한 강도를 나타내고 있으며, 처리량이 증가할수록 강도도 향상되었다. 액상형의 경우 무처리에 비해 강도가 떨어졌으며 표층보다 전체처리가 보다 더 떨어지는 경향을 보였다.

마루판 및 가구재등 일반 PB의 용도로 사용할 수 있는 폭쇄 왕겨 25 : 목재 파티클 75의 적정 혼합비로 제조된 바이오 세라믹 처리 컴포지트는 KS 200 조건을 만족시키도록 제조하였으며, 물리ㆍ기계적 성질은 표 13과 같다.

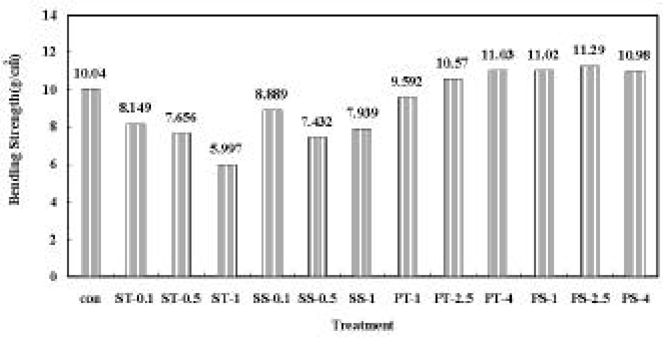


Fig.5 Bending Strength of Bio Ceramic rice hull Insulation board

Table 13. 바이오 세라믹 왕겨-목질 컴포지트의 기계·물리적 성질

처리	Pysical properties						Mechanical property			
	M.C(%) (F=0.02ns)		비중 (F=1.36ns)		두께 팽윤율(%) (F=0.985ns)		곡강도(kgf/cm2) (F=0.3ns)		박리강도(kgf/cm2) (F=2.97ns)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
액상형 표층 2%1)	7.22±1.25	A	0.755±0.01	A	10.03±1.03	A	179.08±14.56	A	7.68±1.25	A
분말형 전체 1%2)	7.07±1.23	A	0.767±0.02	A	8.90±2.02	A	185.4±17.86	A	9.08±1.04	A

1) 폭쇄 왕겨 25 : 목재 파티클 75(1차년도 적정혼합비) + 액상형 표층 2%처리(2차년도 적정 처리율)

2) 폭쇄 왕겨 25 : 목재 파티클 75(1차년도 적정혼합비) + 분말형 전체 1%처리(2차년도 적정 처리율)

Table 14. 왕겨에 액상형 및 분말형 Bio ceramic을 첨가했을 때의 왕겨 연질 섬유판의 기계·물리적 성질

처리	Pysical properties								Mechanical property	
	M.C(%) (F=2.586**)		비중 (F=17.12**)		흡수량(g/cm3) (F=1.64ns)		두께 팽윤율(%) (F=8.749**)		곡강도(kgf/cm2) (F=16.90**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
con1)	6.462±0.067	AB	0.333±0.006	BC	0.051±0.014	A	6.054±0.992	BC	10.04±1.494	AB
ST-0.12)	6.266±0.240	B	0.310±0.010	C	0.050±0.005	A	5.496±0.327	CD	8.149±1.065	CD
ST-0.53)	6.312±0.342	B	0.316±0.013	C	0.056±0.008	A	4.666±0.665	D	7.656±1.025	D
ST-14)	6.324±0.184	B	0.320±0.007	BC	0.050±0.008	A	5.264±0.561	CD	5.997±0.434	E
SS-0.15)	6.394±0.139	B	0.304±0.017	C	0.063±0.005	A	5.386±0.022	CD	8.889±0.842	BCD
SS-0.56)	6.686±0.233	B	0.304±0.018	C	0.063±0.010	A	6.864±0.555	AB	7.434±0.334	DE
SS-17)	6.368±0.175	B	0.310±0.012	C	0.053±0.007	A	5.236±0.874	CD	7.939±0.527	CD
PT-18)	6.402±0.099	AB	0.335±0.005	ABC	0.048±0.004	A	5.844±0.629	BCD	9.592±0.693	ABC
PT-2.59)	6.274±0.027	B	0.344±0.008	AB	0.043±0.004	A	5.364±0.471	CD	10.57±0.841	AB
PT-410)	6.226±0.094	B	0.354±0.004	A	0.053±0.007	A	5.362±0.660	CD	11.03±1.523	A
PS-111)	6.424±0.049	AB	0.345±0.001	AB	0.057±0.015	A	6.372±0.643	ABC	11.02±0.793	A
PS-2.512)	6.420±0.069	AB	0.347±0.005	AB	0.058±0.020	A	7.216±0.669	A	11.29±0.807	A
PS-413)	6.480±0.110	AB	0.345±0.002	AB	0.050±0.009	A	7.240±0.404	A	10.98±0.936	A

1) con : Only UF resin

2) ST-0.1 : 액상형 바이오 세라믹 0.1% 전체처리

3) ST-0.5 : 액상형 바이오 세라믹 0.5% 전체처리
4) ST-1 : 액상형 바이오 세라믹 1% 전체처리
5) SS-0.1 : 액상형 바이오 세라믹 0.1% 표층처리
6) SS-0.5 : 액상형 바이오 세라믹 0.5% 표층처리
7) SS-1 : 액상형 바이오 세라믹 1% 표층처리
8) PT-1 : 분말형 바이오 세라믹 1% 전체처리
9) PT-2.5 : 분말형 바이오 세라믹 2.5% 전체처리
10) PT-4 : 분말형 바이오 세라믹 4% 전체처리
11) PS-1 : 분말형 바이오 세라믹 1% 표층처리
12) PS-2.5 : 분말형 바이오 세라믹 2.5% 표층처리
13) PS-4 : 분말형 바이오 세라믹 4% 표층처리

* KS 규격 - A급 : 밀도 0.3미만, 함수율 5-13%, 휨강도 20.4이상
T급 : 밀도 0.25미만, 함수율 5-13%, 휨강도 10.4이상

사) 왕겨의 열 특성

그림 6에서 보면 50℃로 Hot plate에서 가열된 왕겨와 다른 재료의 시간에 따른 온도변화를 나타내고 있는데 왕겨의 경우 다른 재료와는 달리 온도변화가 급격하지 않고 완만한 온도변화를 나타냈으며 열전도율이 가장 좋은 금속이 가장 온도변화가 급한 것으로 나타났다.

이는 주거재료로써 왕겨가 이용될 경우 급격한 온도 변화 없이 열전연 효과를 나타내고 있는 것을 보여 주고 있다.

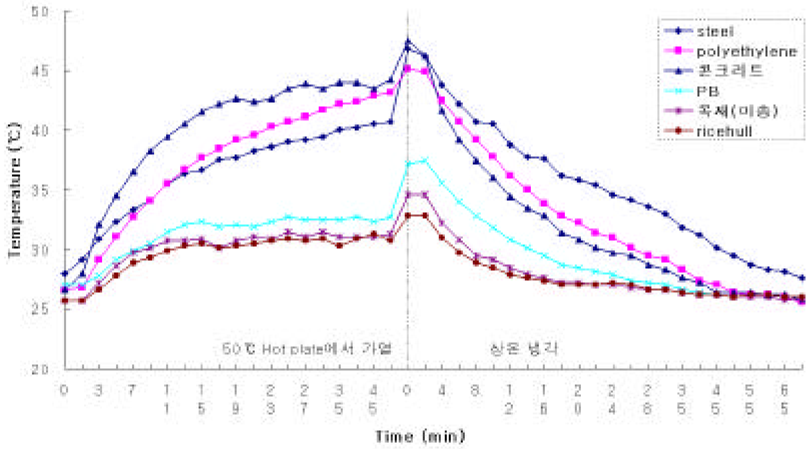


Fig. 6 Temperature changes with the time of rice hull board and other materials

아) 포름알데히드 방산량 측정

현재 전세계적으로 규제하고 있는 포름알데히드는 가격이 저렴한 아미노계 수지를 사용하여 합판, PB, MDF 등 목질 판상 제품을 제조할 때 열압과정에서 방산되어지는데 이미 선진국에서는 그 양을 1ppm이하로 제한하고 있으나 KS규격은 5ppm이하로 규정하고 있어 국내 KS 규격의 조정이 불가피한 실정이다.

이런 추세에 즈음하여 요소 수지로 제조된 바이오 세라믹 왕겨, 목질 컴포지트의 경우도 포름알데히드 방산량을 측정하여 인체에 유해 유무를 확인할 필요가 있기에 연구를 수행하였고 결과는 표 15와 같다.

표 15에서 보면 분말형이 액상형보다 포름알데히드 방산량이 대체적으로 낮으며, 모든 조건에서 JIS의 E1 타입을 만족하고 있으며, 액상형 표층 1% 처리, 분말형 표층 4% 처리, 분말형 전체 4% 처리조건은 JIS의 Eo 타입을 만족하고 있어 무취에 가까운 결과를 나타냈다. 그리고 분말형 바이오 세라믹 처리의 경우 처리량이 증가할수록 포름알데히드 방산량이 낮아졌다.

Table 15. Bio ceramic 처리 왕겨 연질보드의 포름알데히드 방산량

조건	UF con	액상형 바이오 세라믹						분말형 바이오 세라믹					
		전체 처리(%)			표층 처리(%)			전체 처리(%)			표층 처리(%)		
		0.1	0.5	1	0.1	0.5	1	1	2.5	4	1	2.5	4
ppm	1.04	0.85	0.87	0.55	0.71	0.63	0.2	0.85	0.65	0.43	0.55	0.5	0.16

* KS 규격 : <5ppm .(KS F 3104-1992 : 24hr-desiccator method)

* JIS : Eo : <0.5ppm

E1 : <1.5ppm

E2 : <5ppm (24hr-desiccator method)

* UF resin content : 12%

4) 원적외선 방사율 측정

표 16에서 처리 조건별 원적외선 방사율을 보면 목재 자체에 비해 순수 왕겨 자체가 원적외선 방사율이 높으며 황토보다는 다소 낮은 것으로 나타났다. 특히 액상형 표층 2% 처리한 것이 분말형 처리한 것보다 높은 방사율을 나타냈으며, 액상형 침지

처리한 4%와 동등한 방사율을 나타냈다. 이는 전체 처리하는 것보다 표층만을 처리하는 것이 더 효과적이라는 결론을 얻을 수 있으며, 경제적으로 바이오 세라믹 처리 왕겨 컴포지트를 제조할 수 있을 것으로 기대된다.

분말형의 경우 모든 조건에서 무처리보다 방사율이 높았고, 처리량이 증가할수록 방사율은 증가한 반면, 액상형 처리 조건에서는 액상 0.1에서 1%까지는 무처리와 동등이하의 방사율을 보여 최소한 표층에 2% 처리를 해야 무처리보다 높은 방사율을 보이는 것으로 나타났다.

그림 7은 바이오 세라믹 처리 왕겨보드의 원적외선 방사율을 나타낸 그림인데 무처리인 왕겨의 경우도 8-16㎛ 원적외선 파장 영역에서 91-95.7%의 높은 방사율을 나타내 굳이 처리하지 않아도 인체에 유익한 원적외선을 이용할 수 있을 것으로 사료된다. 이 까닭은 생명의 씨앗인 낟알을 싸고있는 왕겨 주성분의 규소 함량이 매우 높고, 오랜 기간 생명을 유지, 보관, 보호하도록 설계된 자연의 섭리가 작용하기 때문인 것으로 사료된다.

Table 16. 바이오 세라믹 처리 왕겨보드의 원적외선 방사율

처리조건 \ 파장	8㎛	10㎛	12㎛	14㎛	16㎛
목재	89*	91	92.7	94	95
왕겨	91	92.7	93.9	94.9	95.7
황토	93.1	93.7	94	94.2	94.6
분말-1% 처리왕겨	94	95.5	96.3	96.8	97.3
분말-2.5% 처리왕겨	95.7	96.7	97.5	98	98.4
분말-4% 처리왕겨	97.8	98.5	98.8	99.1	99.5
액상-0.1% 처리왕겨	91.7	92.5	92.8	93.2	93.7
액상-0.5% 처리왕겨	91.6	92.4	92.7	93.3	93.6
액상-1% 처리왕겨	92.8	93.5	93.8	94.3	94.5
액상-침지처리 (4%)	98	98.9	99.1	99.4	99.6
액상-표층처리 (2%)	98.3	98.9	99.1	99.4	99.6
왕겨 25 : 목재파티클 75	89.9	91.2	92.1	92.6	93.2

* 원적외선 방사율(%)

50	89	91	91.7- 92.8	93.1	94- 97.8	98- 98.3	100(%)
	목재	왕겨	액상형 Bio ceramic 처리 왕겨 (0.1- 1%)	황토	분말형 Bio ceramic 처리 왕겨 (1- 4%)	액상형 Bio ceramic 침지(4%), 표층(2%) 처리 왕겨	흑체

Fig. 7. 바이오 세라믹 처리 왕겨보드의 원적외선 방사율(8㎛ 파장)

<3차년도>

1. 연구수행 내용 및 연구결과 요약

연구수행내용	연 구 결 과 요 약
1) 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트를 위한 카본 파이버의 특수처리 공정 개발에 따른 신기능성 구명	○ 카본 파이버를 왕겨 섬유에 넣음으로써 전기 저항성을 떨어뜨리며, 면상 발열체로 사용할 수 있었으며, 왕겨-카본파이버 컴포지트는 전기 전도성 포장재로서, 면상 발열체로서의 사용 가능성은 충분하다고 사료된다.
2)원적외선 방사율 및 물리, 기계적 성질 구명	○ 바이오 세라믹-카본 파이버-왕겨 컴포지트는 무처리 왕겨와 원적외선 방사율이 비슷하였다. 고로 굳이 비싼 원료를 처리하지 않고 왕겨 단독으로 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. ○ 3차년도에 개발된 무취 MDI 연질왕겨보드의 최종 제조조건은 수지 함지율 12%, 열압시간 7분, 열압온도 170℃였으며, 이때 KS(1997)를 만족하는 우수한 결과를 보였으며, 추가로 개발된 MDI 중밀도 왕겨보드의 최종 제조조건도 연질왕겨보드의 열압조건과 동일한 것으로 나타났으며 이 때 KS를 만족하였다.
3)환경조화형 특성 구명	○ 모든 시험군에서 전 시험기간 동안 사망한 동물은 없었고, 또 사육상자에 기인한 특이한 임상증상도 관찰되지 않았다. ○ 수컷의 경우 원적외선 방출 왕겨 컴포지트 사육상에서 2째주부터 체중이 크게 나타났으며, 4주째에 가서는 더욱 현저하게 증가하였다. 무처리 왕겨 컴포지트의 경우도 비슷한 양상을 보였으며, 기타 스테인레스, 콘크리트, 폴리카보네이트보다 체중이 높게 나타났다. 암컷의 경우 콘크리트 사육상이 다른 사육상에 비하여 체중이 현저하게 낮았다. ○ 이상의 결과를 통해서 무처리와 원적외선 방출 왕겨 컴포지트 사육상이 다른 재질의 사육상에 비하여 우수하거나 대등한 결과를 나타냈다.

4) 종합경제성 분석	○ 목질 재료의 대부분을 수입에 의존하는 점을 감안할 때 왕겨를 이용한 보드나 왕겨·목질 신소재 개발은 수입에 의존하는 목재 및 목질재료 대체에 있어 상당히 공헌할 것으로 판단된다. ○ 개발된 연질 왕겨보드의 경우 전량 수입되는 연질 섬유판을 대체할 가능성이 매우 높다. ○ 국내산 왕겨는 매년 100만톤 수준이면서 분기별로 지속적 공급이 되기 때문에 안정적인 원료공급이 가능할 것이다. ○ 왕겨보드의 경우 기존의 MDF나 PB의 생산과정과 특별한 시설이나 공정이 추가되지 않는 것으로 나타나 목질재료보다 낮은 가격대로 원료공급이 가능하기 때문에 생산기업의 경우 생산비의 절감으로 경쟁력이 향상될 것으로 사료된다. ○ 소비자의 입장에서 건축재, 가구재로써 인체에 유익한 환경친화적인 제품을 값싸게 구입할 수 있으며, 점차 건강에 관심을 두고 있는 소비자들의 욕구를 충족시킬 수 있는 유리한 조건을 갖고 있다. ○ 바이오 세라믹 왕겨 보드류의 경제적 잠재력은 매우 높으며 본 연구는 국가, 소비자, 생산자 모두에게 혜택을 제공할 가능성이 높다고 사료된다.

2. 연구수행결과

○ 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트를 위한 카본 파이버의 특수처리 공정개발에 따른 신기능성 구명

가) 왕겨의 펄핑 조건

Table 17. 왕겨의 펄핑 조건

Pulping method	Kraft pulping	Soda pulping
증해액	NaOH, Na_2S	NaOH
유효알카리	10 20% NaOH + ½Na_2S	13 25%
황화도	15 25% Na_2S/(NaOH+Na_2S)	
액비	1 : 10	1 : 10
최고온도	150 170℃	90 170℃
최고온도 유지시간	1 3hr	2 5hr

이상의 펄핑 조건들을 다양하게 조합하여 실시한 결과 유효알카리 20%. 황화도 25%, 최고온도 170℃, 최고온도 유지시간 2시간에서 가장 좋은 섬유화 결과를 얻었으며 그 때의 수율은 42%였다.

나) 왕겨섬유의 섬유장 및 화학적 성분 분석

Table 18. 펄핑방법에 따른 섬유장 분석결과

펄핑방법	왕겨 크라프트 펄핑	왕겨소다 펄핑	볏짚소다 펄핑
Mean length (mm)			
Arithmetic	0.269	0.255	0.243
length weighted	0.387	0.344	0.521
weight weighted	0.524	0.587	1.041
Percent Fines (%)			
Arithmetic	49.17	61.93	66.52
length weighted	24.95	37.03	32.14
Mean Curl			
Arithmetic	0.051	0.055	0.129
length weighted	0.054	0.066	0.14
Mean Kink			
Kink index	0.76	0.84	1.72
Total kink angle	10.4	12	30.7

Table 19. 왕겨 및 목재섬유와의 섬유장 비교

Type of fibers	Weight weighted length, mm	Average diameter, μm
Rice straw	1.0	8 - 10
Rice hull	0.5	12
Hard wood	1.0- 1.5	22
Soft wood	3- 4	40

Table 20. 왕겨와 왕겨섬유의 화학적 조성

종 류	회분 (%)	냉수 추출물	온수 추출물	알콜・벤젠추출물	Holo-cellulose	Klason lignin
왕겨	14.47	4.55	15.65	11.23	75.73	35.91
왕겨펄프	2.18	12.25	4.63	2.04	90.4	5.46
활엽수	0.1- 2.0	0.6- 3.8	1.5- 8.0	0.5- 7.3	50.7- 66.4	16- 29
침엽수	0.1- 0.9	0.2- 3.9	1.0- 5.5	1.9- 5.0	48.6- 60.3	20- 35

다) 수초지 제작 및 수초지의 물성

Table 21. 고해시간에 따른 섬유장 분석결과

	미고해	2분고해	5분고해	10분고해
Mean length (mm)				
Arithmetic	0.255		0.241	0.227
length weighted	0.371	0.345	0.304	0.327
weight weighted	0.507	0.462	0.418	0.451
Percent Fines (%)				
Arithmetic	53.26	56.23	64.38	60.95
length weighted	28.34	31.73	40.4	36.49
Mean Curl				
Arithmetic	0.063	0.063	0.069	0.075
length weighted	0.069	0.065	0.07	0.08
Mean Kink				
Kink index	0.91	1.08	1.1	1.25
Total kink angle	12.8	14	14.8	16.8

Table 22. 탄소섬유를 첨가한 LPM지의 물성 결과

	탄소+ BKP	왕겨+ 탄소1%	왕겨+ 탄소2.5%	왕겨+ 탄소4.5%	왕겨+ 탄소10%	왕겨+세라믹4% +탄소4.5%
평량(g/m2)	40.75	74.5	74.5	74	74.5	72
밀도(g/cm3)	0.51	0.49	0.53	0.51	0.50	0.51
열단장	7.74	2.03	1.78	1.78	1.85	1.86
신장율(mm)	3.03	2.10	1.93	2.29	2.06	2.40
Young율	1406.55	851.95	956.13	848.28	906.60	960.30
인열지수	9.52	0.40	0.53	0.54	0.81	0.56
불투명도	75.1	98.26	98.11	99.01	99.11	99.2
지합지수	5.14	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7
저항(kΩ/cm2)	0.13	1.41	0.09	0.05	0.013	0.04
탄소섬유실제 보류율, %	4	0.6	1.7	3.6	7.5	7

위 연구수행 결과를 요약하면, 카본 파이버를 왕겨 섬유에 넣음으로써 전기 저항성을 떨어뜨리며, 면상 발열체로 사용할 수 있었으며, 왕겨-카본파이버 컴포지트는 전기 전도성 포장재로서, 면상 발열체로서의 사용 가능성은 충분하다고 사료된다.

○ 원적외선 방사율 및 물리 · 기계적 성질 구명

가) 원적외선 방사율

바이오 세라믹 카본 파이버 왕겨 컴포지트의 특수 오버레이지의 상온에서의 원적외선 방사율은 표 23과 같다.

Table 23. 바이오 세라믹 카본 파이버 왕겨 컴포지트의 원적외선 방사율

처리조건 \ 파장	8㎛	10㎛	12㎛	14㎛	16㎛	18㎛
RF1) Control	96.1*	95.7	96.2	96.4	96.4	96.4
RF+CF2) 1%	95.4	95.2	95.6	95.9	96.1	96.1
RF+CF 2.5%	94.4	94.4	95.0	95.4	95.6	95.4
RF+CF 4.5%	94.2	94.4	94.9	95.3	95.5	95.4
RF+CF 10%	94.5	94.3	95.1	95.3	95.5	95.4
RF+BC3) 4%	94	94.1	94.7	95.2	95.4	95.4
RF+BC 4%+CF 4.5%	94.3	94.3	94.8	95.2	95.4	95.4

1) RF : 왕겨 섬유, 2) CF : 카본 파이버, 3) BC : 바이오 세라믹

* 상온(26℃)일 때 원적외선 방사율(%)

나) 제품의 물리 · 기계적 성질 규명

3차년도에서 새롭게 개발된 무취 MDI 연질 왕겨보드의 최종 제조 적정조건은 수지 함지율 12%, 열압시간 7분, 열압온도 170℃였으며, 이때 KS를 만족하는 우수한 결과를 보였다. 또한 MDI 중밀도 왕겨보드의 최종 제조 적정조건은 연질 왕겨보드와 동일한 함지율 12%, 열압시간 7분, 열압온도 170℃였고, 이또한 역시 KS를 만족하였다.

Table 24. 열압시간에 따른 MDI 왕겨 연질보드의 물리적 성질

열압시간(min)	수지첨가량(%)	함수율(%)	밀도(g/㎤)
5	6	7.55±0.64	0.28±0.02
	9	6.35±0.21	0.29±0.01
	12	×	×
7	6	5.21±0.16	0.29±0.05
	9	5.06±0.47	0.29±0.1
	12	5.03±0.22	0.3±0.01
10	12	5.6±0.85	0.28±0.02
15	12	5.47±0.86	0.28±0.01
20	12	5.07±1.31	0.29±0.02

* KS F 3200(1997) : A-IB(A급 연질 섬유판) - 밀도 0.30g/㎤ 미만. 함수율 5-13%.

Table 25. 열압시간에 따른 MDI 왕겨 연질보드의 휨강도

Factor	Bending strength(kgf/㎠) (F=107.817**)	
	Mean±SD	Duncan test
12%-5 min	×	C
12%-7 min	**24.32±3.12**	**B**
12%-10 min	25.21±2.38	B
12%-15 min	25.21±2.29	B
12%-20 min	29.98±2.39	A

* KS F 3200(1997) : T-급 연질판 규정 : 밀도 0.25g/㎤ 미만, 휨강도 10.2kgf/㎠ 이상.
A-급 연질판 규정 : 밀도 0.30g/㎤ 미만, 휨강도 20.4kgf/㎠ 이상.

Table 26. 수지 함지율에 따른 MDI 왕겨 연질보드의 휨강도

Factor	Bending strength(kgf/㎠) (F=40.242**)	
	Mean±SD	Duncan test
6%-5 min	9.83±1.54	D
9%-5 min	14.74±2.06	C
12%-5 min	×	×
6%- 7min	11.68±1.37	CD
9%- 7min	19.86±0.49	B
12%- 7min	**24.32±3.16**	**A**

* Table 25. 하단 참조.

Table 27. 열압온도에 따른 MDI 연질 왕겨보드의 휨강도

Factor	Bending strength(kgf/㎠) (F=5.564**)	
	Mean±SD	Duncan test
150℃- 12%-7min	17.11±1.02	B
170℃- 12%-7min	24.32±3.12	A
190℃- 12%-7min	24.92±2.02	A

* Table 25. 하단 참조.

Table 28. MDI 연질 왕겨보드의 흡수 두께 팽윤율

열압시간(min)	수지첨가량(%)	두께팽윤율(%)
5	6	6.9±0.69
	9	6.06±0.08
	12	×
7	6	2.76±1.39
	9	2.99±1.47
	12	2.05±0.66
10	12	1.73±0.46
15	12	2.51±0.38
20	12	2.08±0.11

* KS F 3200(1997) - A-급 연질판 : 10% 이하.
  - 내 수 연질판 : 5% 이하.

Table 29. MDI 중밀도 왕겨보드의 적정조건하에서의 물리·기계적 성질

	물리적 성질				기계적 성질	
	비중	함수율 (%)	흡수율 (%)	두께 팽윤율 (%)	휨강도 (Kgf/cm2)	박리강도 (Kgf/cm2)
RH-MDI1)	0.63±0.01	1.46±0.325	12.17±0.561	3.58±0.633	201.45±15.26	5.95±0.553
RH-MDI-BC2)	0.62±0.01	2.23±0.25	13.56±0.597	11.743±6	162.22±5.039	2.79±0.605

1) 왕겨 전건중량에 대해 MDI resin 12% 처리하여 제조한 중밀도 보드

2) 왕겨 전건중량에 대해 MDI resin 12% 와 바이오 세라믹 분말형 4% 처리하여 제조한 중밀도 보드

위 연구수행 결과를 요약하면, 바이오 세라믹-카본 파이버-왕겨 컴포지트는 무처리 왕겨와 원적외선 방사율이 비슷하였다. 고로 굳이 비싼 원료를 처리하지 않고 왕겨 단독으로 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 또한 3차년도에 개발된 무취 MDI 연질왕겨보드의 최종 제조조건은 수지 함지율 12%, 열압시간 7분, 열압온도 170℃였으며, 이때 KS(1997)를 만족하는 우수한 결과를 보였으며, 추가로 개발된 MDI 중밀도 왕겨보드의 최종 제조조건도 연질왕겨보드의 열압조건과 동일한 것으로 나타났으며 이 때 KS를 만족하였다.

○ 환경조화형 특성 구명

가) 모든 시험군에서 전 시험기간 동안 사망한 동물은 없었고, 또 사육상자에 기인한 특이한 임상증상도 관찰되지 않았다.

나) 수컷의 경우, 원적외선 방출 왕겨 컴포지트 사육상에서 2째주부터 체중이 크게 나타났으며, 4주째에 가서는 더욱 현저하게 증가하였다. 무처리 왕겨 컴포지트의 경우도 비슷한 양상을 보였으며, 기타 스테인레스, 콘크리트, 폴리카보네이트보다 체중이 높게 나타났다. 암컷의 경우 콘크리트 사육상이 다른 사육상에 비하여 체중이 현저하게 낮았다.

다) 이상의 결과를 통해서 무처리와 원적외선 방출 왕겨 컴포지트 사육상이 다른 재질의 사육상에 비하여 우수하거나 대등한 결과를 나타냈다.

○ 종합경제성 분석

가) 목질 재료의 대부분을 수입에 의존하는 점을 감안할 때 왕겨를 이용한 보드나 왕겨·목질 신소재 개발은 수입에 의존하는 목재 및 목질재료 대체에 있어 상

당히 공헌할 것으로 판단된다.

나) 개발된 연질 왕겨보드의 경우 전량 수입되는 연질 섬유판을 대체할 가능성이 매우 높다.

다) 국내산 왕겨는 매년 100만톤 수준이면서 분기별로 지속적 공급이 되기 때문에 안정적인 원료공급이 가능할 것이다.

라) 왕겨보드의 경우 기존의 MDF나 PB의 생산과정과 특별한 시설이나 공정이 추가되지 않는 것으로 나타나 목질재료보다 낮은 가격대로 원료공급이 가능하기 때문에 생산기업의 경우 생산비의 절감으로 경쟁력이 향상될 것으로 사료된다.

마) 소비자의 입장에서 건축재, 가구재로써 인체에 유익한 환경친화적인 제품을 값싸게 구입할 수 있으며, 점차 건강에 관심을 두고 있는 소비자들의 욕구를 충족시킬 수 있는 유리한 조건을 갖고 있다.

바) 바이오 세라믹 왕겨 보드류의 경제적 잠재력은 매우 높으며 본 연구는 국가, 소비자, 생산자 모두에게 혜택을 제공할 가능성이 높다고 사료된다.

나. 연구결과 활용계획 및 실적

(논문발표)

1. 이화형, 한기선. 1998. 왕겨-목질 혼합보드의 적정 혼합비율에 관한 연구. 한국가구학회지 9(1):59-64
2. 이화형, 강춘원. 1998. 요소수지 연질 왕겨보드의 개발. 한국목재공학회지 26(4):50-55
3. 李華珩, 姜春遠. 1999. Manufacture of Insulation Board from Rice Hulls. 日本木材學會誌. 45(2):178-181
4. 이화형, 한기선. 1999. 폭쇄전처리 왕겨로 제조한 보드의 물리·기계적 성질에 관한 연구. 추계학술발표논문집. 19-24.

다. 활용에 대한 건의

1. 해마다 약 100만톤이 생산되는 왕겨를 이용하여 목재 대체효과와 함께 원적외선 방출 고기능성 주거용 컴포지트 제품 개발

   ○왕겨의 생산량(쌀 생산량의 약 20%)은 국내 원목 생산량의 약 2배에 해당되며 수입되는 목재 및 목질재료의 대체효과를 가져와 국익에 보탬이 될 뿐 만 아니라, 농가소득에 크게 이바지할 수 있음.

○매년 30만호 이상의 건물이 새로 지어지는데 건축 및 가구재료로서 값싸고 인체에 유익한 고기능성 환경친화형 원적외선 방출 바이오 세라믹 왕겨·목질 컴포지트 제품을 유용하게 사용할 수 있음.

2. 인체에 유익한 원적외선 방출 고기능성 바이오세라믹-왕겨 컴포지트 개발

○8-16㎛의 원적외선 영역이 인체에 가장 효과적인데, 쥐 사육 시험을 통해 다른 재료에 비해 우수한 왕겨를 신소재로 이용하면 고효율의 원적외선 방사 왕겨 인슐레이션, 중밀도 보드(벽판, 흡음판, 단열재 등)를 제조하여 이를 국내 주거환경에 적용할 수 있슴.

3. 왕겨섬유의 제지산업 및 LPM 지로의 이용에 대한 연구결과

○카본파이버를 왕겨섬유에 넣음으로서 전기 저항성을 떨어뜨릴 수 있었고, 면상 발열체로서 사용할 수 있었다. 왕겨 카본파이버 컴포지트는 전기 전도성 포장재로서, 면상 발열체로서의 사용가능성은 충분하다고 판단된다.

4. 종합경제성 평가를 통해 경제적 잠재력이 매우 높은 원적외선 방출 왕겨 컴포지트

○목질 재료의 대부분을 수입에 의존하는 점을 감안할 때 왕겨를 이용한 보드나 왕겨·목질 신소재 개발은 수입에 의존하는 목재 및 목질재료 대체에 있어 상당히 공헌할 것으로 판단된다.

○개발된 연질 왕겨보드의 경우 전량 수입되는 연질 섬유판을 대체할 가능성이 매우 높다.

○국내산 왕겨는 매년 100만톤 수준이면서 분기별로 지속적 공급이 되기 때문에 안정적인 원료공급이 가능할 것이다.

○왕겨보드의 경우 기존의 MDF나 PB의 생산과정과 특별한 시설이나 공정이 추가되지 않는 것으로 나타나 목질재료보다 낮은 가격대로 원료공급이 가능하기 때문에 생산기업의 경우 생산비의 절감으로 경쟁력이 향상될 것으로 사료된다.

○소비자의 입장에서 건축재, 가구재로써 인체에 유익한 환경친화적인 제품을 값싸게 구입할 수 있으며, 점차 건강에 관심을 두고 있는 소비자들의 욕구를 충족시킬 수 있는 유리한 조건을 갖고 있다.

○바이오 세라믹 왕겨 보드류의 경제적 잠재력은 매우 높으며 본 연구는 국가, 소비자, 생산자 모두에게 혜택을 제공할 가능성이 높다고 사료된다.

SUMMARY

Wood demand is ever increasing 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 due to her poor forest resoures.

As a countermeasure to reach self-sufficiency for wood supply and demand, we have to develop wood substitutes.

Recently most of researcher of wood based material have refocused on studies of the agriculture re-products, straw, kenaf, sisal and non wood fiber materials.

Rice hull is the cheapest fiber material we can get in Korea, What is better the yield of rice hull amounts to 1 million tons per year.

In this point of view, this study was carried out to utilize rice hull and to develop new ecomaterial rice hull board for insulation material, wall, floor and interior uses.

<1st year>

In the 1st year, the study was focused on effect of rice hull pre-treatment and the effect of mixing rice hull and wood particle on the strength properties of board manufactured there from.

To optimize hot pressing condition(press time, pressure, etc) for the manufacture of rice hull board mixed with UF, PF resin and to investigate the surface property of medium density rice hull board, crack tests and cross cut tests were used.

Results obtained in the 1st year were as follows;

1. Chemical analysis of rice hull

   Chemical compositions of rice hull were similar to wood contents, but ash was much higher. Hollocellulose of rice hull by explosion method was lower than that of control rice hull because cellulosic materials were broken down to sugars by explosion.

2. The study of pre-treatment of rice hull

   Optimum conditions of explosion method were 20kgf/cm^2-1min and 25kgf/cm^2-1min of pre-treatment for the boiling treatment. For the boiling treatment 1% NaOH solution for one hour was most effective.

3. The study of optimum combination of rice hull and wood particle

   Optimum combination of rice hull and wood particle was 25% of rice hull from explosion method(25kgf/cm^2-1min) and 75% of wood particle.

4. The study of development of rice hull insulation board and optimum press condition

   Development of rice hull insulation board using UF resin was successful and satisfied KS.

   Development of rice hull insulation board using PF resin was successful and satisfied KS.

5. The study of surface property through LPM overlay

   No treatment MD rice hull board : did not pass the test

   MD Rice hull board by explosion method : pass the test

   Insulation rice hull board : no need to overlay

<2nd year>

In the second year, the composites of bio-ceramic and rice hull was studied, where optimum loading of bio ceramic, manufacturing conditions, and pre-treatment methods were investigated. After making the composite, its far-infrared emissivity and physical and mechanical properties were measured.

Results obtained in the second year were as follows;

1. The study of bio ceramic treatment process and optimum loading condition.

   1-1. For higher far-infrared emissivity, surface bio ceramic treatment was better and more economical than mixing method.

   1-2. At 2% treatment of bio ceramic on the surface of the board, bio ceramic of solution type gave higher far-infrared emissivity than that of powder type, but at

4% treatment, powder type gave higher emissivity.

2. The investigation of far-infrared emissivity and physical and mechanical properties.
   - 2-1. Physical and mechanical properties of surface treated board were better than those of the board made from simple mixing method.
   - 2-2. In case of powder type, physical and mechanical properties of board were similar to non-treatment rice hull insulation board.
   - 2-3. Far-infrared emissivity of non-treatment rice hull board was higher than wood and the more the bio ceramic treatment, the higher the far-infrared emissivity.
3. Results exceeding the planned target
   - 3-1. When the board was treated by bio ceramic, free formaldehyde that was hamful to human was reduced by bio ceramic.
   - 3-2. Above 2.5% treatment of powder and 1% treatment of solution, free formaldehyde concentration met Eo of JIS(below 0.5ppm).

<3rd year>

In the third year, addtion of carbon fibers to bioceramic rice hull composite was studied. We already developed rice hull insulation board treated by MDI as adhesive. Development of medium density rice hull board with MDI was successful. The composite of rice hull-carbon fiber reduced the electric resistance and caused to raise surface temperature upon electric connection.

In case of environmental effect evaluation of products by observation of animal behavior, the concrete cage was the worst in the adaptation. and so was the stainless steel cage in the reproduction. The rice hull board cage with or without the far-infrared ray emission was superior or equivalent to other material cages from the standpoints of the adaptation and reproduction.

The rice hull comes out about 1 million tons per year in Korea. But rice hull is consumed mainly in livestock farming where it is used to make beds for pigs or cows. So the price of rice hull is not expensive this time. In this study, we found economical benifits by making new board products which can use rice hull. The new board will satisfy consumers who concerns health and environmentally-friendly products.

1. The study of a adding carbon fibers to bio ceramic rice hull composite
   1-1. Development of rice hull insulation board with MDI as adhesives was successful.
   1-2. The composite of rice hull - carbon fiber reduced the electric resistance and caused to raise surface temperature upon electric connection.
   1-3. Pulping of rice hull by conventional pulping method was not effective even though we applied high effective alkali and high sulfidity. Rice hull pulping needed almost double amount of chemicals and cooking time.
   1-4. This is because rice hull has to protect rice from outer environment, and it contains waxes, pectins, and other protecting substances.
   1-5. Fiber length after pulping was 0.5mm for the rice hull while that of rice straw was 1.0 mm. The composites of rice hull - bioceramic and rice hull - carbon fiber were not effective to emit near infrared light when compared to rice hull itself.
   1-6. Future study of rice hull in paper industry needs utilization of enzyme rather than conventional pulping method. By using enzyme, rice hull can be softened and later refined to make high yield pulp. This study may need high capital cost, but its economical impact will be quite significant to upset initial investment for research and development.
2. The investigation of physical, mechanical properties and far-infrared emissivity of products.
3. The study of environmental effect evaluation of products

In order to evaluate whether the rice hull composite with or without the far-infrared emission is suitable for housing materials, we studied the effects of the above materials on the adaptation (body weight, water/feed consumption, general signs, urinalysis, autopsy, etc.) and the reproduction (litter size, new-born adaptation, etc.) of the above materials in comparison with the polycarbonate, stainless, or concrete.

Results obtained were as follows:

3-1. There were no dead animal observed through all the experiment period. In addition, there occurred no specific sign due to different cages.

3-2. We observed no significant increase or decrease in water/feed consumption in all the groups, male or female. No abnormality in the urinalysis and pathological findings was observed in any group.

3-3. All tested animals, male or female, showed the increase in body weight with time. However, there were differences in body weight among different groups on the ANOVA analysis, with positive interaction between the cage material and the duration.

3-4. In the case of male, the rice hull composite cage with the far-infrared ray emission showed a significant body weight increase at the 2nd week ($0.01<P<0.05$) and this difference was remarkably evident at the 4th week ($P<0.01$), compared with the polycarbonate cage. Rice hull composite cage with the far-infrared ray emission also revealed a significant increase in the body weight from the 2nd week through the terminal point of the test, in comparison with the rice hull composite without the far-infrared ray emission ($0.01<P<0.05$). Viewed from the results at the terminal of this experiment, the rice hull cage with the far-infrared ray emission represented significant differences, as compared with the concrete or stainless steel cage. On the while, the concrete cage displayed remarkably lower body weights than any other cages at the 3rd and 4th week, in the female.

3-5. During the reproduction study, body weights of female increased with time, having the positive interaction of the kind of cages and the duration. Stainless steel cage manifested a significant lower body weight comparing with other cages from the 2nd week and later ($0.01<P<0.05$).

3-6. No abnormal signs were observed in any group during the pregnant period, but the stainless steel cage showed significant inferior litter sizes ($0.01<P<0.05$) as compared to other cages. There were no significant litter size differences in other cages.

In conclusion, the concrete cage was the worst in the adaptation and so was the stainless steel cage in the reproduction. The rice hull board cage with or without the far-infrared ray emission was superior or equivalent to other material cages from the standpoints of the adaptation and reproduction.

4. The study of economical efficiency of products

Korean board production and consumption was increased remarkably last 10 years. Board products occupied more than 95% of total wood consumption in korea. The number of factories and employee were decreased in the plywood industries but increased in particle board or fiber board industry. MDF(Medium Density Fiber board) replaced plywood which is main wood material in construction and furniture. Korean wood based panel industry will continue to struggle hard against various difficulties which come from raw material supply and environmental issues. In this point of view, the rice hull will be one of alternatives in wood based board industry. The rice hull comes out about 1 million tons per year. But rice hull is consumed mainly in livestock farming where it is used to make beds for pigs or cows. So the price of rice hull is not expensive right now. In this study, we found economical benefits by making new board products which use rice hull. The new board will satisfy consumers who concerns health and environmentally-friendly products.

CONTENTS

목 차

제1장 서 론

농용부산물인 볏짚이나 밀짚 또는 사탕수수대 등이 목질의 섬유질 원료로서 사용되어 왔으나 운반, 보관등의 어려움이 따랐다. 그러나 1996년 4월 제30차 국제 파티클보드/복합체재료 심포지움에서 거의 반 이상의 발표가 농용 부산물인 밀짚과 기타 식물 섬유 원료에 대한 것으로 목재 자원이 부족하고 환경문제가 급속하게 문제됨에 따라 50년대에 연구하였던 이 주제를 다시 조명하기에 이르렀다.

왕겨는 홀로셀룰로즈가 약 70%로서 신청자인 李(1972)는 제일 처음으로 습식방법으로 경질 섬유판 제조 조건을 구명하였다. 왕겨 자체 만으로는 제품의 품질이 떨어질 것으로 생각되나 전처리에 따라 적정 조건을 규명하고 목재 섬유와 적정 혼합비율을 맞추거나 새로운 제조공법을 활용하여 연질 섬유판등을 개발하면 비싼 목재 대신 값싼 왕겨를 활용하게 되므로써 충분한 경제성이 있을 것이며, 따라서 농가소득 증대에도 크게 도움이 될 것이다.

한편 최근에 시멘트나 합성타일 대신에 목재가 천연의 아름다운 무늬와 따뜻한 촉감, 단열성 및 온丶습도 조절기능을 갖추어 인체의 건강에 크게 도움이 되는 건축자재라는 결과가 나오자 목질 마루판의 인기가 높아지게 되었을 뿐만 아니라, 지금까지 없던 원적외선 방출목질 컴포지트의 제조 기술이 개발되면 주거 환경재로로서는 최첨단 조화형 제품으로서 국민 건강에 크게 도움이 될 것이다.

95%의 목재 및 목질가공품을 해외에 의존하는 목질섬유 절대 빈곤의 처지에서 섬유대체재의 확보는 시급하며 어떤 식으로라도 목질판상제품의 공급은 시급한 것이다. 파티클보드나 MDF의 경우 원가에서 차지하는 목질섬유 원료의 비중은 50%가 넘으므로 국내 목재 생산량의 약 두 배가 넘는 왕겨섬유의 사용은 농가소득에 크게 이바지 할 뿐만 아니라 해외로부터 들여오는 막대한 섬유자원의 대체효과를 가져올 수 있으므로 국익에도 크게 도움이 될 것이다.

뿐만 아니라 쥐의 사육과 번식 포육의 상태 실험(사이또, 다케무라 1985, 1986)에 따라 목질재료가 콘크리트나 알미늄보다 주거 안정성이나 심리적 안정성이 월등히 좋다는 것이 확인되고 있으며 만약 본 연구가 성공하게되면 향균, 항곰팡이 및 탈취는 물론 인체에 유용한 고기능성 원적외선이 방출되는 목질복합체가 개발되므로써 최첨

단 환경 조화형 주거재료로 활용되어 국민건강에도 크게 도움이 될 것으로 기대하는 바 크다.

갓 태어난 쥐의 실험이나 사육과 포육의 환경실험(사이또, 다케무라 1985, 1986), 則元(1986)등의 류마치스 환자, 앙케이트 실험등에서 콘크리트 주택보다 목조주택이 훨씬 좋다는 연구결과가 나왔으나 시멘트 원료가 풍부한 우리나라로서는 싸고 견고한 철근 콘크리트 건물을 사용할 수 밖에 없으며 주거환경내에서 인체에 친화성이 높은 값비싼 목재 및 목질재료는 건축내장 및 마루판, 벽재등으로 최소한 사용할 수 밖에 없는 시점에서 쌀을 보호하는 왕겨섬유를 활용하여 원적외선을 방출하는 왕겨판 또는 왕겨목질 컴포지트등의 제품을 개발하면 국민건강에도 지대한 공헌을 하게 될 것이다.

왕겨의 습식 섬유판 제조는 신청자(李. 1972)가 처음으로 연구하였으며 granule type 자체로 시멘트와 gypsum등을 이용하여 제조한 것이 Francisco(1953), Amilcare(1960)등이고, Williamson(1951)은 열가소성 수지로 왕겨판을 제조하였고 Narayama(1959)등은 페놀수지를 이용해 왕겨를 갈아서 왕겨판을 제조한 이래 지금까지 발전된 것이 없었다.

97년 국내 연간 목재 수요량은 총 2천 5백만m^{3}로서 국내 목재 및 목질 가공품의 95%를 수입하여 외화 30억불 이상이 소요되었다. 그러나 98년에는 IMF를 맞아 환율이 급상승하여 50억불 이상의 외화를 충당하여야 목재 및 목질재료를 수입할 수 있으며 게다가 수입신용장 개설의 어려움으로 목재수급의 어려움이 가중되었었다. 따라서 이러한 목질자원의 절대적인 부족을 국내 목재 생산량의 약 2배나 되며, 약 100만톤을 생산하면서도 마땅한 용도가 없는 농용부산물인 왕겨를 이용하여 목질판상제품 제조에 사용한다면 농가소득에 크게 이바지하게 될 뿐만 아니라, 해외로부터 들여오는 막대한 섬유자원의 대체효과를 가져올 수 있으므로 국익에 크게 보탬이 될 것이다.

1차년도 연구결과에 따라 왕겨 그대로 사용하는 연질 왕겨판이 벽판, 천장판 등 단열재 용도를 위하여 성공적으로 제조되어, 해마다 30만불 이상 수입되는 연질 보드를 대체할 수 있게 되었을 뿐 만 아니라 2차년도 연구결과에 의하여 왕겨 자체의 원적외선 방사율이 매우 높아 인체에 매우 좋은 효과를 주는 재료로 판명되었고, 여기에 바이오 세라믹을 처리하면 원적외선 방사율이 더욱 높아져 고기능성 주거재료로서 개발

되었다. 또한 폭쇄 왕겨와 목질 파티클의 혼합 컴포지트는 PB 200과 같은 물리, 기계적 성질을 갖도록 개발되었고, 역시 바이오 세라믹 처리에 의하여 원적외선 방사율이 높고 유리 포름알데히드 방산량이 낮은 고기능성을 갖게되어 최첨단 환경 조화형 주거재료로서 건축과 가구재 등에 활용되어 국민건강에 크게 도움이 될 것이다.

최종연도인 3차년도에는 카본 파이버를 이용한 신 기능성 부여를 위해 왕겨 펄핑과 카본 파이버 처리공정을 개발하고 그 처리량을 구명한 결과, 카본 파이버를 왕겨 섬유에 첨가하면 전기 저항성을 떨어뜨려 면상 발열체로 사용 가능하였다. 고로 새롭게 개발된 왕겨-카본파이버 컴포지트는 전기 전도성 포장재로 개발 가능하다고 판단된다. 또한 바이오 세라믹-카본파이버-왕겨 컴포지트 제조조건을 구명한 결과 원래 왕겨 자체가 방사하는 제품의 원적외선 방사율이 기타 처리된 제품과 거의 동등하게 높은 원적외선 방사율을 나타내어 특별한 처리없이 사용이 가능하다는 결과를 얻을 수 있었다.

또 주거환경재료로 사용하기 위한 환경 조화형 특성을 구명을 통하여 왕겨 및 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트가 시멘트나 금속에 비하여 아주 좋은 재료라는 것을 증명하였다.

마지막으로 바이오 세라믹 목질신소재 개발에 따른 종합 경제성 평가 결과, 해마다 약 100만톤 정도가 생산되는 왕겨를 이용하면 부가가치를 높일 뿐만 아니라 재료비 절감등을 통하여 전량 수입되는 연질 섬유판의 대체재로 가능성이 매우 높으며, 최첨단 환경 조화형 주거 재료로 활용하여 국민건강에 이바지 하여 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

또한 원적외선 방출 세라믹 카본파이버 왕겨-목질 컴포지트 신소재는 아직 없으며 온돌이 주인 우리나라 아파트나 단독주택의 거실에서의 이용은 대단한 인기를 가질 것으로 생각하며 개발된 왕겨 연질 섬유판은 경제성이 매우 높을 것으로 생각된다.

제2장 왕겨-목질 컴포지트와 연질 왕겨보드의 개발(1차년도)

제1절 서언

사업신청시 96년 산림청 수급계획(총 2천5백만 m3)에 의하면 국내 목재 및 목질 가공품의 95%를 수입에 의존하지 않으면 안되는 실정에서 97년 올해는 목재 수요가 3.5% 더 증가되는 것으로 계획을 잡고 있다. 따라서 이러한 목질자원의 절대적인 부족을 국내 목재 생산량의 약 2배나 되는 약 100만 톤을 생산하면서도 마땅한 용도가 없는 농용 부산물인 왕겨를 이용하여 목질 판상 제품 제조에 사용한다면 농가소득에 크게 이바지하게 될 뿐만 아니라, 해외로부터 들여오는 막대한 섬유자원의 대체효과를 가져올 수 있으므로 국익에 크게 보탬이 될 것이다. 1차년도 연구 결과에 따르면 전처리 비용을 생략하고 왕겨 그대로 사용하는 방법으로서 새로 개발된 연질 왕겨판을 제조하여 사용하는 것이 가장 경제적인 것으로 생각되나 일반 PB의 원료가 부족한 경우 왕겨와 목질혼합보드 제조에도 유용하게 사용될 것이다. 현재 건축내장재로 많이 사용되고 있는 암면텍스, 석고보드, 유리섬유 등은 공해물질을 유발시키는데 비하여 연질섬유판 및 연질왕겨보드는 인체에 전혀 해가 없다. 그러나 국내에서는 습식 연질섬유판의 제조가 경제적인 이유로 중지되어 천정용 텍스, 팬널, 방송국이나 녹음실용 및 방음을 요하는 주거 공간의 흡음판 및 결로방지용 목질 자재를 수입에 의존하고 있다.

따라서 본 1년차 연구에 의하여 밀도가 0.4 미만이면서도 강도가 아주 높은 연질왕겨보드의 제조에 성공하고 기존의 포름알데히드 방산 문제를 해결하였으며 수입품보다 훨씬 낮은 가격으로 공급될 수 있을 것으로 전망된다.

국내 농업 부산물인 왕겨를 이용 단독 또는 목질섬유와 적정 혼합하여 건식공정으로 목질 복합체를 만들되 바이오세라믹 원료와 카본 파이버를 이용 원적외선 컴포지트 신소재를 개발하여 주거용으로 활용, 목재산업의 발전과 농민 소득에 기여할 뿐만 아니라 국민건강에도 크게 이바지 하고자 한다.

제2절 재료 및 방법

1. 공시 재료

가. 왕겨

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

나. 목재 접착제

요소수지는 (주) 동화기업에서 분양 받아 사용하였다. 이때 pH는 7.5, 고형분함량은 50%, 점도는 30cp였다.

2. 실험 방법

가. 왕겨의 성분 분석

왕겨의 일반성분 분석에는 홀로셀룰로스, 리그닌, 냉수 및 온수 추출물, 알콜 벤젠 추출물, 회분 등을 분석하였다.

나. 왕겨의 화학 전처리 효과 구명

왕겨의 전처리로는 증자처리(1, 2, 4시간), NaOH 1% 수용액 증자처리(1, 2, 4시간), NaOH 5% 수용액 증자처리(1, 2, 4시간), 폭쇄처리(폭쇄압력- 20kgf/cm2, 1, 3, 5분, 폭쇄압력 25kgf/cm2, 1, 2, 3분)를 하였다.

다. 접착제에 따른 적정온도, 압력, 시간에 따른 열압조건 구명

요소수지와 페놀수지의 적정 열압조건을 일반적인 경화온도 171℃에서 목표밀도에 따른 적정 제조 조건을 구명하여 실시하였다.

라. 표면성 검토 및 오버레이 처리

중밀도 이상의 제품의 경우 2차 가공을 위한 표면성을 검토하고, LPM(low pressure melamine)을 오버레이하여 Crack test와 Corss cut test를 실시하였다.

마. UF, PF 연질 왕겨보드 제조

UF 연질왕겨보드의 크기는 200×180×15mm, 목표비중 0.35의 저비중 보드를 5반복 제조하였다. Thickness bar를 사용하였으며, Thickness bar까지의 도달시간은 50초로 하였다. 예비실험결과 130℃에서는 너무 열압시간이 많이 걸리며 190℃나 200℃에서는 표면색이 변하므로 열판 온도 171℃에서 적정열압시간을 구명하기 위하여 5분에서 30분 사이에 5분 간격으로 열압하여 제조한 각각의 보드를 비교한 예비 실험결과로부터 10분, 15분, 20분의 열압조건을 실제 보드제조에 적용하였다. 접착제의 적

정첨가량을 알기 위하여 함수율 5%의 왕겨를 회전식 원형 드럼혼합기내에서 스프레이건을 사용하여 전건 왕겨 중량에 대하여 요소수지(UF)첨가량을 12%, 15%, 18% 수준으로 처리하였다.

PF 연질왕겨보드의 경우도 200×180×15mm, 목표비중 0.35로 5반복 제조하였다. Thickness bar를 사용하였으며, Thickness bar까지의 도달시간은 50초로 하였다. 예비실험결과 UF와 마찬가지로 열판 온도 171℃에서 적정 열압시간을 구명하기 위하여 예비 실험 결과로부터 20분, 25분, 30분의 열압조건을 실제 보드제조에 적용하였다. 접착제의 적정첨가량을 알기 위하여 함수율 5%의 왕겨를 회전식 원형 드럼혼합기내에서 스프레이건을 사용하여 전건 왕겨 중량에 대하여 PF 수지의 첨가량을 9%, 12%, 15% 수준으로 처리하였다.

바. 제품의 물리·기계적 성질 구명

제조된 연질보드와 왕겨 및 목질복합보드의 밀도, 함수율, 흡수량, 휨강도, 박리강도를 KS F 3201, 3200(1997)에 의해 구명하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 왕겨 성분분석

왕겨는 목재의 일반성분과 비슷하나 셀룰로스 함량이 다소 떨어지며 회분함량이 매우 높다. 폭쇄왕겨는 무처리왕겨보다 홀로셀룰로스 함량이 많이 떨어지고 대신 이들의 변화에 따라 추출물과 리그닌 함량이 상대적으로 높아졌다. (표1 참조)

Table 1. 왕겨 폭쇄 전·후 성분분석

Components(%)	bofore	after
Holocellulose	71.54	65.68
Alcole-benzene extractive	11.80	18.92
Cold water extractive	4.20	17.13
Hot water extrative	15.97	21.43
Lignin	32.52	43.96
Ash	14.95	15.18

2. 왕겨 전처리에 따른 효과 규명

왕겨의 전처리로 증자처리, NaOH증자처리, 폭쇄처리를 하여 제품을 제조하고 비

교한 결과 폭쇄 처리가 가장 좋았다. 폭쇄 처리하면 동일 압력에서도 비중이 높아지고 강도가 좋아졌다. 2분이상의 폭쇄처리는 매트로부터 수분이 빠지지 않아 평판이 생겨 오히려 1분 처리가 우수하였다. 폭쇄 보드의 곡강도와 내부결합강도(박리강도)의 결과는 무처리보다 각각 2.7배, 6.2배(20㎏/㎠-1분처리) 2.95배, 6.76배(25㎏/㎠-1분처리)였다. 증자처리는 1시간 처리 때 곡강도가 1.92배, 박리강도가 2.42배 증가하였으나 시간이 증가될 수록 강도가 무처리와 같아지고 1%NaOH증자처리나 5%NaOH증자처리의 경우 보드의 곡강도는 전체적으로 무처리와 같고 박리강도는 시간과 농도가 높아짐에 따라 무처리보다 다소 떨어 졌다. (표2 참조)

Table 2. 왕겨 전처리에 따른 물리ㆍ기계적 성질

처리	Pysical property				Mechanical property			
	비중 (F=16.764**)		M.C (F=237.402**)		박리강도(Kgf/cm2) (F=270.35**)		곡강도(kgf/㎠) (F=119.40**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
R 100[1]	0.843±0.015	A	5.067±0.208	A	0.865±0.114	C	80.82±3.898	CD
B[2]-1hr	0.880±0.017	A	6.177±0.087	DEF	2.09±0.105	B	155.2±15.21	B
B-2hr	0.883±0.006	A	5.760±0.085	BCD	0.44±0.020	DEFG	86.07±8.899	CD
B-4hr	0.837±0.040	A	5.673±0.231	BCD	0.60±0.235	CDEF	92.0±14.20	CD
N1[3]-1h	0.877±0.031	A	6.557±0.10	F	0.74±0.155	CD	103.2±16.88	CD
N1-2h	0.880±0.030	A	6.303±0.110	EF	0.697±0.144	CDE	86.16±6.318	CD
N1-4h	0.837±0.051	A	5.340±0.078	AB	0.44±0.110	DEFG	78.9±5.225	CD
N5[4]-1h[5]	0.963±0.025	BC	5.967±0.107	CDE	0.27±0.035	FG	79.82±8.720	CD
N5-2h	0.940±0.026	B	5.450±0.225	ABC	0.31±0.015	FG	83.49±3.072	CD
N5-4h	0.847±0.012	A	5.930±0.026	CDE	0.36±0.106	EFG	84.96±8.68	CD
ER20-1m[6]	0.993±0.027	CD	12.20±0.520	H	5.7±0.232	A	219.6±16.68	A
ER25-1m[7]	1.031±0.017	E	11.667±0.643	G	5.85±0.325	A	238.5±17.74	A

* 열압조건 : 온도-171℃, 시간-8분, 압력-50kgf/cm2 -30kgf/cm2-20kgf/cm2
* 수지 함지율 : PF 6% 첨가(파티클 전건중량에 대해)
* KS 규격 : 함수율 5-13%, 비중 0.50-0.90이하
18.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 184이상, 박리강도(kgf/cm2) - 3.1이상
15.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 153이상, 박리강도(kgf/cm2) - 2.4이상
13.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 133이상, 박리강도(kgf/cm2) - 1.9이상
8.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 82이상, 박리강도(kgf/cm2) - 1.5이상

포름알데히드 방산량 : U, M, P타입은 5이하, Po는 0.5이하.

1) R 100 : 무처리 왕겨
2) B : 증자처리
3) N1 : 1% NaOH 증자처리
4) N5 : 5% NaOH 증자처리
5) h : 시간
6) ER20-1m : 폭쇄왕겨처리(폭쇄조건: 20kgf/cm^2, 1분 처리)
7) ER25-1m : 폭쇄왕겨처리(폭쇄조건: 25kgf/cm^2, 1분 처리)

3. 왕겨와 목질혼합보드의 적정혼합비율 규명(Ⅰ) - Thickness bar 사용.

요소 수지를 파티클 전건중량에 대하여 10% 처리하고, thickness bar를 사용한 중밀도 UF 보드의 경우, 무처리 왕겨보드는 목질 PB 곡강도의 22%, 박리강도는 2.4%에 지나지 않는다. 그러나 폭쇄처리 왕겨보드는 무처리보다 물성이 향상되어 목질 PB 곡강도의 68%, 박리강도는 21%로 상승된다. 목질파티클 75%에 25%의 왕겨를 혼합하면 PB와 동등한 성질을 갖게 된다.(표3 참조)

또한 요소수지를 13% 처리할 경우, 폭쇄 왕겨 25% 첨가는 목질 PB보다 29% 곡강도가 상승하였고 50% 혼합시 PB 13.0타입을 만족시켰다.(표4 참조)

Table 3. 왕겨-목질 파티클 혼합비에 따른 복합보드의 물리·기계적 성질

처리	Physical property				Mechanical property			
	비중(F=19.38**)		M.C(%)(F=2.302rs)		박리강도(Kgf/cm^2) (F=92.553**)		곡강도(kgf/㎠) (F=35.273**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
R 100[1)]	0.608±0.043	C	6.13±0.438	A	0.266±0.123	E	35.48±1.604	G
ER100[2)]	0.786±0.023	A	5.33±0.410	A	2.3±0.308	D	108.5±13.87	CDEE
ER75P25[3)]	0.758±0.041	A	5.93±0.035	A	4.08±0.526	C	118.7±23.41	CD
R50P50[4)]	0.714±0.011	B	5.88±0.028	A	1.3±0.071	DE	60.24±4.284	F
ER50P50[5)]	0.764±0.030	A	5.44±0.233	A	4.64±0.611	C	128.5±12.65	BC
ER25P75[6)]	0.764±0.022	A	5.47±0.346	A	7.14±1.524	B	146.4±10.65	AB
P100[7)]	0.712±0.030	B	5.26±0.396	A	10.96±1.679	A	159.9±31.48	A

* 열압조건 : 171℃, 5분, thickness bar 사용(두께 1cm).
* 수지 함지율 : UF 10% 처리(파티클 전건중량에 대해)

* KS 규격 : 함수율 5-13%, 비중 0.50-0.90이하
18.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 184이상, 박리강도(kgf/cm2) - 3.1이상
15.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 153이상, 박리강도(kgf/cm2) - 2.4이상
13.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 133이상, 박리강도(kgf/cm2) - 1.9이상
8.0타입 : 굽힘강도(kgf/cm2) - 82이상, 박리강도(kgf/cm2) - 1.5이상
포름알데히드 방산량 : U, M, P타입은 5이하, Po는 0.5이하.

1) R 100 : 무처리 왕겨 100
2) ER100 : 폭쇄처리 왕겨 100(폭쇄조건:25kgf/cm2, 1분 처리)
3) ER75P25 : 폭쇄처리 왕겨 75 : 목질 파티클 25.
4) R50P50 : 무처리 왕겨 50 : 목질 파티클 50
5) ER50P50 : 폭쇄처리 왕겨 50 : 목질 파티클 50
6) ER25P75 : 폭쇄처리 왕겨 25 : 목질 파티클 75
7) P100 : 목질 파티클 100

4. 왕겨와 목질혼합보드의 적정혼합비율 규명(Ⅱ) - Thickness bar 사용 안함.

표 4는 왕겨와 목질 혼합보드의 적정혼합비율 구명 중 thickness bar를 사용하지 않고 제조한 후 물리, 기계적 성질을 측정한 것이다. thickness bar를 사용할 경우 보드의 두께가 일정하지 않아 밀도의 차이를 보이고 있으며, 폭쇄 왕겨 25에 목질을 75 첨가할 경우 휨강도 및 박리강도가 우수하였다.

Table 4. 왕겨-목질 파티클 혼합비에 따른 복합보드의 물리·기계적 성질

처리	Physical property				Mechanical property			
	비중(F=60.79**)		M.C(%)(F=10.747**)		박리강도(Kgf/cm2) (F=220.232**)		곡강도(kgf/㎠) (F=297.044**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
R 100 1)	0.940±0.020	D	6.17±0.208	A	0.980±0.068	A	78.50±4.952	A
ER 100 2)	0.830±0.010	B	5.94±0.026	AB	3.60±0.454	BC	153.67±8.701	C
ER75P25 3)	0.830±0.005	B	6.00±0.117	A	3.90±0.309	C	145.83±5.729	C
R50P50 4)	0.880±0.012	A	7.28±0.251	CD	2.80±0.159	B	117.83±1.290	B
ER50P50 5)	0.80±0.012	C	6.76±0.767	BC	4.16±0.068	C	142.03±5.50	C
ER25P75 6)	0.930±0.012	D	6.28±0.490	AB	10.52±0.617	D	267.40±10.113	E
P100 7)	0.880±0.003	C	7.80±0.180	D	10.94±0.846	D	207.50±1.015	D

Notes : See legend in table 3

* 열압조건 : 온도-171℃, 시간-5분, 압력-40kgf/cm2 -30kgf/cm2-20kgf/cm2
* 수지 함지율 : UF 13% 처리(파티클 전건중량에 대해)
* Thickness bar 사용(두께 1cm) : 1), 2), 3)

5. 연질 왕겨 보드 개발(비중 0.4미만 : KS F 3201 - 1982년 기준)

UF연질왕겨보드의 밀도는 표5 및 6에서 보는 바와 같이 0.4미만으로 B급에 해당되며, 모든 함수율은 5-10% 내에 들어 모두 KS 규격(1982)에 합격하였다. 수지첨가량에 따른 밀도의 효과는 큰 차가 없는 것으로 나타났다. 열압시간에 따른 밀도의 차는 표 5에 나타낸 바와 같이 차이가 없었다. 함수율은 짧은 열압시간에서 당연하지만 높은 수치를 나타내었다. 표 5를 보면 5분에서 30분까지 5분 간격으로 열압시간에 대한 예비 실험결과 10분 이하에서는 제조가 되지 않았고 20분 이상은 차이가 없었으므로 10분, 15분, 20분으로 정하였다. 열압시간에 따른 휨강도의 변화는 열압시간이 길수록 우수한 휨강도를 보였고, 표 5에서처럼 A급을 만족하는 좋은 결과를 보였다. 또한 함지율에 따른 휨강도의 변화는 함지율이 증가할수록 휨강도는 증가하였으며, 모두 A급 휨강도를 만족하였다. 특히 연질왕겨보드의 내수성을 알아보기 위한 흡수량의 경우도 모든 조건에서 A급을 만족하였다.

결론적으로 UF연질왕겨보드의 밀도는 0.3을 넘고 0.4미만이므로 KS-F 3201 (1982) B급에 해당되며 함수율은 이 규격에 모두 합격하였으며, 18% 함지율일 경우, 열압시간 20분에서 휨강도와 흡수량은 A급을 만족하는 결과를 보였다.

PF연질왕겨보드의 경우도 표 7 및 8에서 보는 바와 같이 밀도의 큰 차이를 보이고 있지 않으며, 0.4미만으로 B급을 만족한다. 모든 함수율은 5-7%사이에 들어가 모두 KS 규격에 합격하였다. 열압시간에 따른 휨강도의 차이는 유의성이 인정되지 않았으며 공히 KS A급을 만족하였다. 수지 함지율에 따른 휨강도의 차이는 함지율이 높을수록 휨강도는 차츰 증가하였으며, 공히 A급을 만족하는 결과를 보였다.

결론적으로 PF연질왕겨보드의 밀도는 0.3-0.4로 KS-F 3201 (1982) B급에 해당되며 모든 물성이 KS B급을 만족하였고, 흡수량은 A급을 만족하는 좋은 결과를 보였다.

Table 5. 열압시간에 따른 UF 연질 왕겨보드의 물리 · 기계적 성질

처리	Physical property						Mechanical property	
	비중(F=1.748ns)		M.C(%)(F=12.02**)		흡수량(g/㎤)(F=0.4967ns)		Bending strength(kgf/㎠) (F=6.1934*)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
18-10[1]	0.346±0.054	A	7.15±0.122	A	0.055±0.012	A	13.03±5.899	B
18-15[2]	0.360±0.047	A	5.77±0.737	B	0.052±0.008	A	18.46±5.913	AB
18-20[3]	0.396±0.024	A	6.16±0.266	B	0.064±0.032	A	24.40±2.921	A

1) 함지율 18%, 열압시간 10분

2) 함지율 18%, 열압시간 15분
3) 함지율 18%, 열압시간 20분
 * 열압조건 : 온도-171℃, 압력-thickness bar(두께 : 1.5cm)사용, 6.67kgf/cm^2.
 * KS 규격(1982) - A급 : 밀도 0.3미만, 함수율 6-10%, 휨강도 20이상, 흡수량 0.1 이하
B급 : 밀도 0.4미만, 함수율 6-10%, 휨강도 6 이상, -

Table 6. 수지 함지율에 따른 UF 왕겨보드의 물리·기계적 성질

처리	Physical property						Mechanical property	
	비중(F=2.7975^{ns})		M.C(%)(F=5.3609*)		흡수량(g/㎤)(F=1.112^{ns})		Bending strength(kgf/㎠)(F=25.07**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
12-20[1)]	0.364±0.023	A	6.39±0.079	A	0.058±0.015	A	13.86±2.192	B
15-20[2)]	0.368±0.023	A	5.94±0.266	B	0.043±0.004	A	16.03±2.298	B
18-20[3)]	0.396±0.024	A	6.16±0.266	A	0.062±0.032	A	24.40±2.921	A

1) 함지율 12%, 열압시간 20분
1) 함지율 15%, 열압시간 20분
1) 함지율 18%, 열압시간 20분
 * 열압조건 : 온도-171℃, 압력-thickness bar(두께 : 1.5cm)사용, 6.67kgf/cm^2.
 * KS 규격(1982) - A급 : 밀도 0.3미만, 함수율 6-10%, 휨강도 20이상, 흡수량 0.1 이하
B급 : 밀도 0.4미만, 함수율 6-10%, 휨강도 6 이상, -

Table 7. 열압시간에 따른 PF 연질 왕겨보드의 물리·기계적 성질

처리	Physical property						Mechanical property	
	비중(F=0.1921^{ns})		M.C(%)(F=11.73**)		흡수량(g/㎤)(F=0.674^{ns})		Bending strength(kgf/㎠)(F=0.9793^{ns})	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
15-20[1)]	0.353±0.011	A	6.27±0.096	A	0.252±0.033	A	15.51±1.286	A
15-25[2)]	0.350±0.020	A	6.2±0.082	A	0.238±0.041	A	14.25±3.509	A
15-30[3)]	0.357±0.023	A	5.85±0.220	B	0.225±0.038	A	16.16±0.645	A

1) 함지율 15%, 열압시간 20분
2) 함지율 15%, 열압시간 25분
3) 함지율 15%, 열압시간 30분

* 열압조건 : 온도-171℃, 압력-thickness bar(두께 : 1.5cm)사용, 6.25kgf/cm2.
* KS 규격(1982) - A급 : 밀도 0.3미만, 함수율 6-10%, 휨강도 20이상, 흡수량 0.1 이하
B급 : 밀도 0.4미만, 함수율 6-10%, 휨강도 6 이상, -

Table 8. 수지 함지율에 따른 PF 연질 왕겨보드의 물리 · 기계적 성질

처리	Physical property						Mechanical property	
	비중(F=7.9075**)		M.C(%)(F=3.487rs)		흡수량(g/㎤)(F=10.817*)		Bending strength(kgf/㎠) (F=7.7829**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
9-20[1]	0.334±0.019	A	6.20±0.199	A	0.238±0.016	A	11.34±1.604	B
12-20[2]	0.318±0.008	AB	5.97±0.234	A	0.190±0.010	B	12.65±2.134	AB
15-20[3]	0.353±0.011	B	6.27±0.096	A	0.252±0.033	A	15.51±1.286	A

1) 함지율 9%, 열압시간 20분
2) 함지율 12%, 열압시간 20분
3) 함지율 15%, 열압시간 20분
* 열압조건 : 온도-171℃, 압력-thickness bar(두께 : 1.5cm)사용, 6.25kgf/cm2.
* KS 규격(1982) - A급 : 밀도 0.3미만, 함수율 6-10%, 휨강도 20이상, 흡수량 0.1 이하
B급 : 밀도 0.4미만, 함수율 6-10%, 휨강도 6 이상, -

6. 유리포름알데히드 방산량

합판, PB, MDF 등 목질판상제품으로 부터 방산되는 유리포름알데히드는 인체에 해를 주게 되므로 선진국에서는 그 양을 1ppm이하로 제한하고 있으나 KS규격은 5ppm이하로 규정하고 있어, WTO 체재에 적응하기 위하여서는 조정되어야 할 것으로 사료된다. 포름알데히드계 수지 중 특히 요소수지의 경우 이 수지로 제조한 제품으로부터 포름알데히드가 대기중에 방산될 때 밀폐된 공기중으로 방산된 포름알데히드가 농축되면 불과 몇 ppm이하의 저농도에서도 인체에 해를 초래하게 된다.

목재공업계에서는 이러한 포름알데히드계 합성수지를 제조할 때부터 몰비를 낮추고 가능한 유리포름알데히드 방산문제를 야기시키지 않으려고 다각적인 방법으로 기술개발을 하고 있으며 최근에 선진국에서는 UFC를 제조하여 사용할 때 요소를 첨가 최종 몰비를 1:1로 낮추는 방법이 사용되고 있다.

왕겨-목질 혼합보드의 유리포름알데히드 방산량을 조사한 결과 표 9에서 보는 바와 같이, 모든 조건에서 KS를 만족하고 있으며 폭쇄왕겨 50 : 목질 50으로 제조한 경우가 PB

대조구보다도 낮은 1.4ppm으로 가장 낮은 방산량을 보였으며, JIS의 E1을 만족하였다.

또한 UF, PF 연질왕겨보드의 방산량을 조사한 표 10에서 보는바와 같이 UF수지로 만든 연질왕겨보드의 경우 함지율이 15% 이하에서 KS규격을 만족시켰으며 PF로 제조한 연질왕겨보드의 경우 모든 조건에서 KS 및 JIS의 Eo도 만족하여 거의 방산되지 않는 무취보드임을 나타냈다.

Table 9. 유리 포름알데히드 방산량(왕겨-목질 파티클 혼합보드)

구분	R 100 1)	ER 100 2)	ER75P25 3)	R50P50 4)	ER50P50 5)	ER25P75 6)	PB 100 7)
방산량 (ppm)	3.65	3.02	3.17	2.8	1.4	3	3.29

Notes : See legend in table 4

* KS 규격 : 5ppm 이하.(KS F 3104-1992 : 24시간 데시게이터 법.)

* JIS : Eo : 0.5ppm 이하.

E1 : 1.5ppm 이하.

E2 : 5ppm 이하. (24시간 데시게이터 법.)

* 수지 함지율 : UF 10% 첨가.

Table 10. 유리 포름알데히드 방산량(연질 왕겨보드)

구분	PF			UF		
	9 1)-25 2)	12-25	15-25	12-20	15-20	18-20
방산량(ppm)	0.17	0.2	0.24	3.27	4.12	5.5

* KS 규격 : 5ppm 이하.(KS F 3104-1992 : 24시간 데시게이터 법.)

* JIS : Eo : 0.5ppm 이하.

E1 : 1.5ppm 이하.

E2 : 5ppm 이하.(24시간 데시게이터 법.)

1) 수지 함지율(%)

2) 열압시간(분)

7. 연질왕겨보드의 열저항

KS F 3201의 열저항규격은 B급의 경우 0.19이상으로 규정하고 있는데, 제조된 연질왕겨보드중 가장 우수한 물리적 기계적 성질을 나타내고있는 PF 9-20과 UF 12-20, UF 18-20에 대한 열저항($m^2 \cdot K/W$)을 계산한 결과, 표 11에 나타낸 바와같이 0.21과 0.20으로, 이 규격을 모두 만족시켰다.

Table 11. 연질 왕겨보드의 열저항

시편	열저항 (m^2 · ℃/W)	비고
PF 9-20	0.21	KS F 3201-1986 B급 : 0.19이상 합격
UF 12-20	0.20	
UF 18-20	0.19	

8. 표면성

왕겨와 목질 보드의 표면성을 알아보기 위하여 Crack test와 Cross cut test를 실시한 결과 표 12에서 보는 바와 같이 무처리 왕겨와 무처리 왕겨 50:목질 50을 혼합한 경우 Crack test에 불합격하고 나머지는 합격한 것으로 나타났다.

또한 Cross cut test 결과 폭쇄처리 50:목질 50으로 제조한 보드가 PB대조구와 동등하게 우수한 표면성을 보였으며 폭쇄처리 100, 폭쇄처리 50:목질 50, 폭쇄처리 25:목질 75로 제조한 보드가 90%이상의 우수한 표면성을 보였다. 반면 무처리 왕겨의 경우 불량한 표면성을 나타냈다.

Table 12. UF-목질 · 왕겨보드의 표면성

처리	Crack test	Cross cut test(%) (F=4512.7**)	
		Mean±SD	Duncan test
R 100[1)]	Fail	0±0	D
ER 100[2)]	Pass	90±2.65	B
ER75P25[3)]	Pass	88.7±2.52	B
R50P50[4)]	Fail	47.7±1.53	C
ER50P50[5)]	Pass	95.3±0.58	A
ER25P75[6)]	Pass	90±2.65	B
P 100[7)]	Pass	95.6±0.58	A

Notes : See legend in table 4

Fig 1. UF-왕겨 무처리 보드

Fig 2. 목질 파티클 100% 보드

Fig 3. UF-왕겨 폭쇄처리 보드

Fig 4. 무처리 왕겨-목질파티클 혼합보드(50:50)

Fig. 5. 폭쇄처리 왕겨-목질파티클 혼합보드(50:50)

Fig. 6. 연질왕겨 보드
(위:UF-함지율 18%, 열압시간 20분,
아래:PF-함지율 15%, 열압시간 20분)

Fig. 7. LPM 오버레이 보드

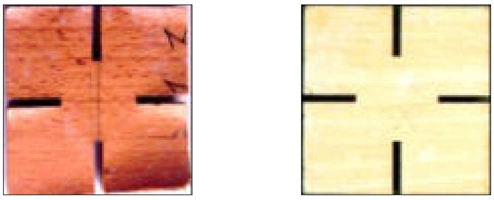


Fig. 8. Crack test 시편(왼쪽:불량. 오른쪽:양호)

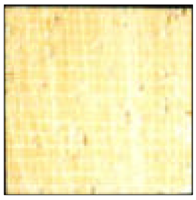


Fig. 9. Cross cut test 시편

제3장 바이오 세라믹-왕겨 컴포지트 개발과 원적외선 방사량 (2차년도)

제1절 서언

2차년도의 연구 목적은 바이오 세라믹의 적정 loading을 구명하여 왕겨·목질 컴포지트를 제조함으로써 지금까지 없던 고기능성 원적외선 왕겨제품을 세계 최초로 개발함으로써 환경친화형 왕겨·목질 컴포지트 제조기술을 확립하는 것이다.

97년도 목재 및 목재 가공품의 수요는 총 2천 5백만 m^3정도로 그중 95%를 해외에서 수입하여 외화 30억불 이상이 소요되었으며 금년에 들어와 IMF시대의 환율상승으로 50억불 이상의 외화를 충당하여야 국내 목재 수요에 대비할 수 있다. 그러나 수입신용장 개설의 어려움으로 목재 수급의 어려움이 가중되었었다. 따라서 국내 원목 생산량의 약 2배에 해당하는 왕겨의 활용은 농가 소득에도 크게 이바지할 뿐만 아니라 해외로부터 들여오는 막대한 섬유자원의 대체효과를 가져올 수 있으므로 국익에 크게 보탬이 될 것이다. 매년 30만호 이상의 건물이 새로 짓게 되는데 건축 및 가구재료의 상당부분을 값싸고 인체에 매우 유익한 고기능성 환경친화형 원적외선 방출 왕겨·목질 컴포지트를 개발하여 벽판, 흡음판, 단열재 및 마루판으로 활용하게 되면 국내 목재산업의 발전은 물론 국민 건강 증진에도 크게 도움이 될 것이다.

2차년도의 연구성과를 요약하면 다음과 같다.

⑴ 왕겨 및 왕겨펄프를 이용한 원적외선 방출 고기능성 주거용 컴포지트 제품 개발

- ○왕겨의 생산량은 국내 원목 생산량의 약 2배에 해당하는 것으로 농가소득에 이바지하며 수입되는 목재 및 목질재료의 대체효과를 가져와 국익에 크게 보탬이 됨.
- ○매년 30만호 이상의 건물이 새로 지어지는데 건축 및 가구재료로서 값싸고 인체에 유익한 고기능성 환경친화형 원적외선 방출 바이오 세라믹 및 카본 파이버 처리 왕겨·목질 컴포지트 제품을 유용하게 사용할 수 있음.

⑵ 바이오 세라믹의 적정 loading량을 규명하여 인체에 유익한 원적외선 방사효율을 극대화 하였슴.

- ○8-16㎛의 원적외선 영역이 인체에 가장 효과적인데, 적정 loading량을 규명하

여 이를 적용하면 고효율의 원적외선 방사 왕겨 보드를 제조하여 이를 국내 주거환경에 적용할 수 있슴.

○특히 밀도 0.4미만이면서 강도가 높은 연질왕겨보드에 바이오 세라믹을 처리하면 벽판, 흡음판, 단열재 등으로 제조되어 국내 목재산업에 발전을 도모할 수 있음.

제2절 재료 및 방법

1. 재료

가. 바이오 세라믹 성분

바이오 세라믹은 분말형과 액상형 두가지 타입이 존재하는데, 표 13은 바이오 세라믹의 주요성분을 나타내고 있다. 원래 바이오 세라믹은 세라믹을 기본원료로 SiO_2, Na, Al_2O_3 산화물이 초미립화된 입자상 물질을 말하는데, 그 특성은 무기계이며 항균, 항곰팡이 기능이 있어 생활용품에 적합하며 저온에서 원적외선 방사가 우수하고 색상이 불변하며 액상형의 경우 우수한 분산성으로 여러 산업분야에서 적용하기가 쉽다. 사진 8은 분말형 바이오 세라믹을 사진 9는 액상형 바이오 세라믹을 보여준다.

아래 표 13은 액상형 바이오 세라믹의 pH, 비중, 점도를 나타내고 있다.

Table 13. Bio ceramic의 주요 성분

주요성분	Percentage (%)
SiO2	85.6
Na	0.93
Al2O3	0.30
K	0.10
Zn	0.02

Table 14. 액상형 Bio ceramic의 특성

pH	specific gravity	viscosity(cp)
5.8	0.82	15.3

나. 왕겨 및 목재 파티클

바이오 세라믹 목질 컴포지트 제조를 위한 왕겨는 대전 지역의 정미소에서 분양받았으며, 품종은 대전근교에서 재배되는 일품, 동진, 추청의 왕겨가 약 80%, 기타가 약 20%였다. 목재파티클은 국내 목재 업계인 D사로부터 분양받은 코아용 남양재 혼합수종을 사용하였다.

2. 연구 방법

가. 바이오 세라믹 처리 공정 개발

바이오 세라믹 원료를 왕겨 및 목질 파티클에 처리하기 위하여 표 15와 같이 제품 두께 전체에 균일하게 분포시키는 전체 포밍법과 제품의 중층은 처리하지 않고 양쪽 표면의 표층(1/4두께)에만 분포시키는 표층처리 포밍법을 사용하여 비교하였다.

바이오 세라믹 원료를 표 15와 같은 처리량을 첨가하여 바이오 세라믹 왕겨 및 목질 컴포지트를 제조하였다.

아래 표 15는 표층과 전체 포밍별 바이오 세라믹 처리량을 나타낸 것이다.

Table 15. Bio ceramic 종류별 처리 공정에 따른 처리량(loading)

바이오 세라믹			
액상형 바이오 세라믹		분말형 바이오 세라믹	
전체포밍(%)	표층포밍(%)	전체포밍(%)	표층포밍(%)
0.1	0.1	1	1
0.5	0.5	2.5	2.5
1	1	4	4

나. 바이오 세라믹 왕겨 및 목질 컴포지트 제조

1) 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트 제조

표 15의 처리 조건별로 요소수지에 바이오 세라믹을 첨가하여 포밍된 바이오 세라믹 왕겨를 열압공정에 의해 연질 보드로 제조하였는데 일정두께로 제조하기 위하여 15mm thickness bar를 사용하여 요소수지 12%, 열압시간 20분, 열압온도 171℃, 압력 6.25kgf/cm2로 하여 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트를 5반복하여 무처리와 함께 200×200×15(mm3)의 크기로 총 65매를 제조하였다.

2) 바이오 세라믹 왕겨-목질 컴포지트 제조

또한 바이오 세라믹 왕겨-목질 컴포지트의 제조공정 개발을 위하여 1차년도 결

과에 의해 최적으로 정해진 바이오 세라믹 왕겨-목질 컴포지트의 적정혼합비인 폭쇄 왕겨 25%에 목재 파티클 75%의 조성으로 요소수지 13%, 열압온도 171℃, 열압시간 5분, 10mm thickness bar를 사용하여 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트의 최적결과에 따라 액상형 바이오 세라믹 표층 2% 처리와 분말형 표층 1%를 처리하여 5반복 제조하였다.

3) 제품의 물리·기계적 성질 규명

제조된 바이오 세라믹 왕겨 및 목질 컴포지트의 처리조건별 물리·기계적 성질을 측정하기 위하여 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트는 비중 0.4미만의 연질섬유판 KS F 3201(1982)에 준하여 비중 및 함수율 흡수량, 두께팽윤율, 곡강도를 5반복하여 각 항목별로 측정하였으며, 바이오 세라믹 왕겨-목질 컴포지트의 경우 KS F 3104(1992)에 준하여 비중, 함수율, 두께팽윤율, 곡강도, 박리강도를 측정하였다.

측정된 결과들은 던컨의 신다중검정법에 의해 그룹별 유의성 검정을 실행하였다.

4) 원적외선 방사율 측정

표 16과 같이 각 조건별로 처리된 바이오 세라믹 왕겨 및 목질 컴포지트의 원적외선 방사율은 50℃에서 원적외선 측정용 Win-Rad사의 퓨리에 변환 적외선 분광기(FT-IR)로 측정하였다.

Table 16. 목재 및 Bio ceramic 처리된 컴포지트의 원적외선 방사율 측정

바이오 세라믹 왕겨 컴포지트		왕겨	왕겨-목질 컴포지트	목재	황토
액상형 바이오 세라믹 처리량(%)	분말형 바이오 세라믹 처리량(%)				
0.1		-	왕겨 25 : 목질75	Oak	-
0.5	1				
1	2.5				
2	4				
4					

제3절 결과 및 고찰

1. 함수율

함수율의 경우 KS F 3201에 의해 비중이 0.4미만인 B급 연질 섬유판의 경우 6-10%사이에 들어야 합격인데, 그림 10에서 보는 바와 같이 모든 처리조건에서 이 조건을 만족하고 있다.

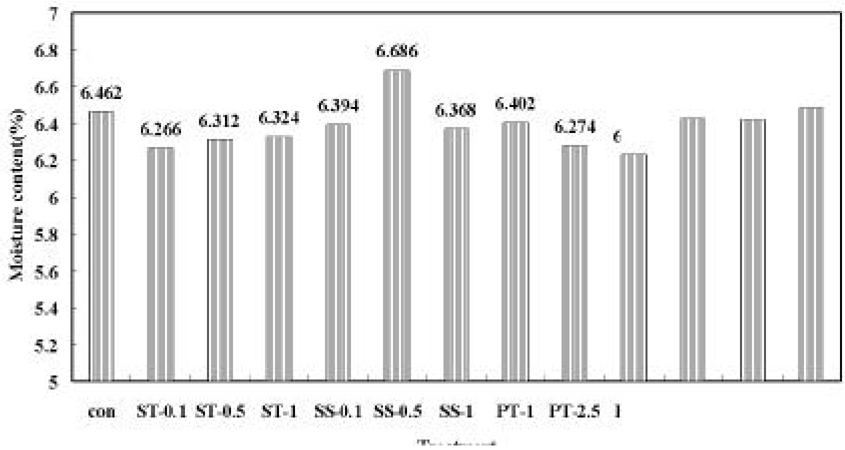


Fig. 10. Moisture content of Bio Ceramic rice hull Insulation board

2. 비중

그림 11**을 보면 연질 섬유판** B**급을 만족하고 있으며 분말형** 4% **처리한 경우가 비중이** 0.354**로 가장 높았으며**, **액상형 표층** 0.1% **처리한 것이** 0.31**로 가장 낮은 비중을 나타냈는데**, **대체적으로 액상형에서 분말형으로 갈수록**, **처리량이 늘어날수록 비중이 증가하는 현상을 보여주고 있다**.

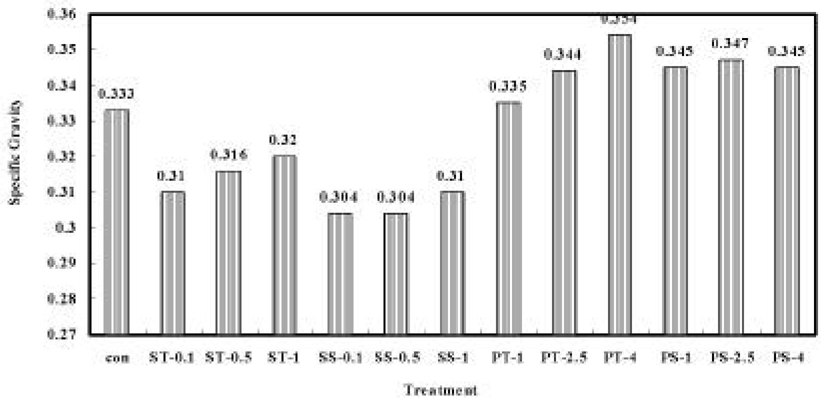


Fig. 11. Specific gravity of Bio Ceramic rice hull Insulation board

3. 흡수량

흡수량의 경우 그림 12에서처럼 B급인 경우 합격 여부에 관한 규정이 없지만 본 연구결과는 모든 처리조건에서 A급 연질 섬유판의 흡수량 규정인 0.1(g/cm3) 이하 조건을 만족시키는 좋은 결과를 얻었다.

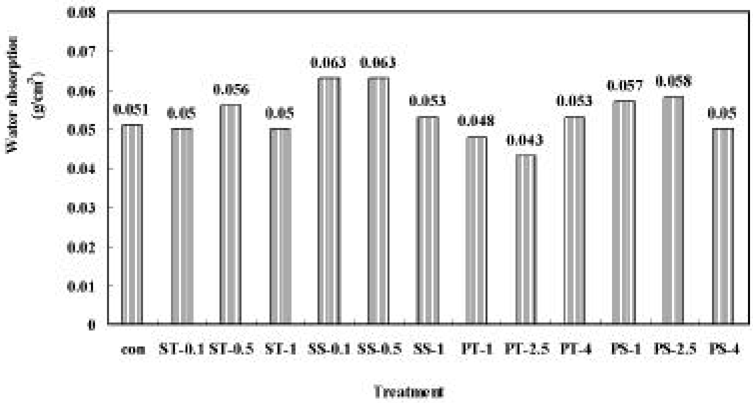


Fig. 12 Water absorption of Bio Ceramic rice hull Insulation board

4. 두께 팽윤율

제조한 제품의 치수안정성을 알아 볼 수 있는 두께 팽윤율은 그림 13에서처럼 액상형이 분말형보다 대체적으로 두께팽윤율이 낮아 치수안정성이 좋았으며, 바이오 세라믹 표면 처리를 하는 것보다 전체 처리를 하는 것이 대체적으로 치수안정성이 좋은 것으로 나타났다.

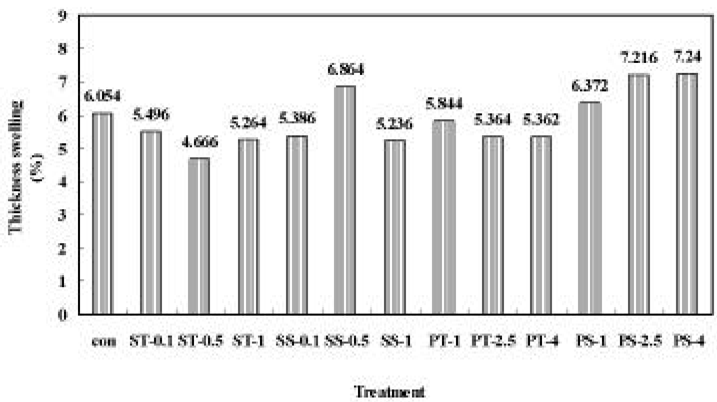


Fig. 13. Thickness swelling of Bio Ceramic rice hull Insulation board

5. 곡강도

그림 14에서 보는 바와 같이 분말형 바이오 세라믹을 처리한 것 중에서 표층처리가 가장 우수한 강도를 나타내고 있으며, 처리량이 증가할수록 강도도 향상되었다. 액상형의 경우 무처리에 비해 강도가 떨어졌으며 표층보다 전체처리가 보다 더 떨어지는 경향을 보였다.

마루판 및 가구재등 일반 PB의 용도로 사용할 수 있는 왕겨 25 : 목재 파티클 75의 적정 혼합비로 제조된 바이오 세라믹 처리 컴포지트는 KS 200 조건을 만족하고 있으며 물리, 기계적 성질은 표 17과 같다.

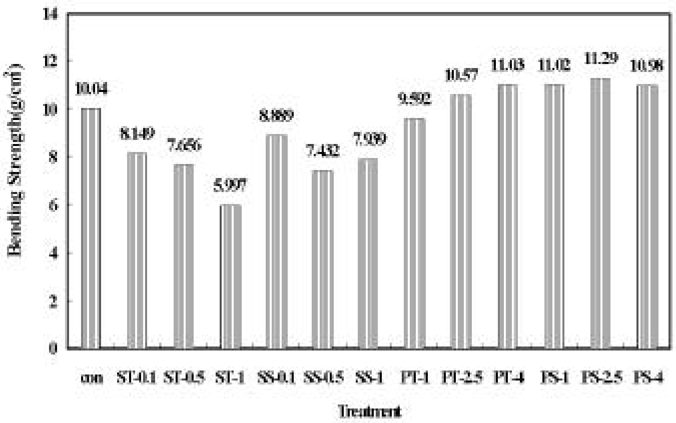


Fig. 14. Bending Strength of Bio Ceramic rice hull Insulation board

Table 17. 바이오 세라믹 왕겨-목질 컴포지트의 기계·물리적 성질

처리	Pysical properties						Mechanical property			
	M.C(%) (F=0.02rs)		비중 (F=1.36rs)		두께 팽윤율(%) (F=0.985rs)		곡강도(kgf/cm2) (F=0.3rs)		박리강도(kgf/cm2) (F=2.97rs)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
액상형 표층 2%1)	7.22±1.25	A	0.755±0.01	A	10.03±1.03	A	179.08±14.56	A	7.68±1.25	A
분말형 전체 1%2)	7.07±1.23	A	0.767±0.02	A	8.90±2.02	A	185.4±17.86	A	9.08±1.04	A

1) 폭쇄 왕겨 25 : 목재 파티클 75(1차년도 적정혼합비) + 액상형 표층 2%처리(2차년도 적정 처리율)

2) 폭쇄 왕겨 25 : 목재 파티클 75(1차년도 적정혼합비) + 분말형 전체 1%처리(2차년도 적정 처리율)

Table 18. 왕겨에 액상형 및 분말형 Bio ceramic을 첨가했을 때의 왕겨 연질 섬유판의 기계·물리적 성질

처리	Pysical properties								Mechanical property	
	M.C(%) (F=2.586**)		비중 (F=17.12**)		흡수량(g/cm^3) (F=1.64ns)		두께 팽윤율(%) (F=8.749**)		곡강도(kgf/cm^2) (F=16.90**)	
	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test	Mean±SD	Duncan test
con[1]	6.462±0.067	AB	0.333±0.006	BC	0.051±0.014	A	6.054±0.992	BC	10.04±1.494	AB
ST-0.1[2]	6.266±0.240	B	0.310±0.010	C	0.050±0.005	A	5.496±0.327	CD	8.149±1.065	CD
ST-0.5[3]	6.312±0.342	B	0.316±0.013	C	0.056±0.008	A	4.666±0.665	D	7.656±1.025	D
ST-1[4]	6.324±0.184	B	0.320±0.007	BC	0.050±0.008	A	5.264±0.561	CD	5.997±0.434	E
SS-0.1[5]	6.394±0.139	B	0.304±0.017	C	0.063±0.005	A	5.386±0.022	CD	8.889±0.842	BCD
SS-0.5[6]	6.686±0.233	B	0.304±0.018	C	0.063±0.010	A	6.864±0.555	AB	7.434±0.334	DE
SS-1[7]	6.368±0.175	B	0.310±0.012	C	0.053±0.007	A	5.236±0.874	CD	7.939±0.527	CD
PT-1[8]	6.402±0.099	AB	0.335±0.005	ABC	0.048±0.004	A	5.844±0.629	BCD	9.592±0.693	ABC
PT-2.5[9]	6.274±0.027	B	0.344±0.008	AB	0.043±0.004	A	5.364±0.471	CD	10.57±0.841	AB
PT-4[10]	6.226±0.094	B	0.354±0.004	A	0.053±0.007	A	5.362±0.660	CD	11.03±1.523	A
PS-1[11]	6.424±0.049	AB	0.345±0.001	AB	0.057±0.015	A	6.372±0.643	ABC	11.02±0.793	A
PS-2.5[12]	6.420±0.069	AB	0.347±0.005	AB	0.058±0.020	A	7.216±0.669	A	11.29±0.807	A
PS-4[13]	6.480±0.110	AB	0.345±0.002	AB	0.050±0.009	A	7.240±0.404	A	10.98±0.936	A

1) con : Only UF resin

2) ST-0.1 : 액상형 바이오 세라믹 0.1% 전체처리

3) ST-0.5 : 액상형 바이오 세라믹 0.5% 전체처리

4) ST-1 : 액상형 바이오 세라믹 1% 전체처리

5) SS-0.1 : 액상형 바이오 세라믹 0.1% 표층처리

6) SS-0.5 : 액상형 바이오 세라믹 0.5% 표층처리

7) SS-1 : 액상형 바이오 세라믹 1% 표층처리

8) PT-1 : 분말형 바이오 세라믹 1% 전체처리

9) PT-2.5 : 분말형 바이오 세라믹 2.5% 전체처리

10) PT-4 : 분말형 바이오 세라믹 4% 전체처리

11) PS-1 : 분말형 바이오 세라믹 1% 표층처리

12) PS-2.5 : 분말형 바이오 세라믹 2.5% 표층처리

13) PS-4 : 분말형 바이오 세라믹 4% 표층처리

* KS 규격(1982) - A급 : 밀도 0.3미만, 함수율 6-10%, 휩강도 20이상, 흡수량 0.1 이하
B급 : 밀도 0.4미만, 함수율 6-10%, 휩강도 6 이상, -

6. 왕겨의 열 특성

그림 15에서 보면 50℃로 Hot plate에서 가열된 왕겨와 다른 재료의 시간에 따른 온도변화를 나타내고 있는데 왕겨의 경우 다른 재료와는 달리 온도변화가 급격하지 않고 완만한 온도변화를 나타냈으며 열전도율이 가장 좋은 금속이 가장 온도변화가 급한 것으로 나타났다.

이는 주거재료로써 왕겨가 이용될 경우 급격한 온도 변화 없이 열전연 효과를 나타내고 있는 것을 보여 주고 있다.

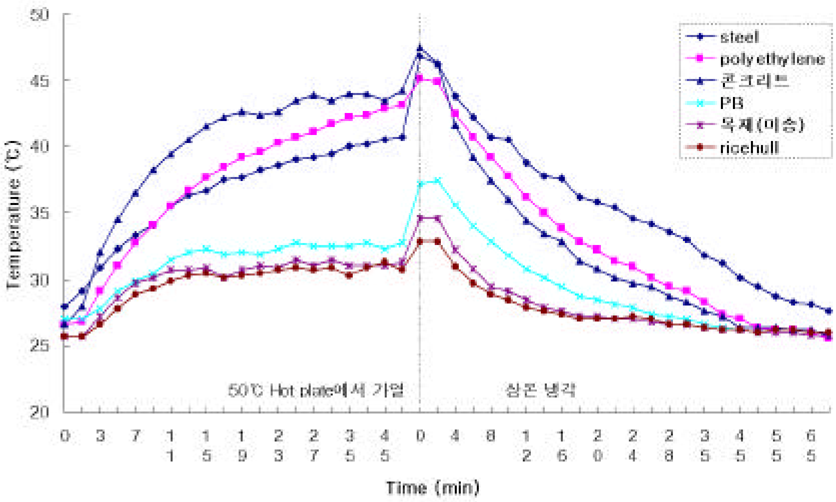


Fig. 15. Temperature changes with the time of rice hull board and other materials

7. 포름알데히드 방산량 측정

현재 전세계적으로 규제하고 있는 포름알데히드는 가격이 저렴한 아미노계 수지를 사용하여 합판, PB, MDF 등 목질 판상 제품을 제조할 때 열압과정에서 방산되어지는데 이미 선진국에서는 그 양을 1ppm이하로 제한하고 있으나 KS규격은 5ppm이하로 규정하고 있어 국내 KS 규격의 조정이 불가피한 실정이다.

이런 추세에 즈음하여 요소 수지로 제조된 바이오 세라믹 왕겨, 목질 컴포지트의 경우도 포름알데히드 방산량을 측정하여 인체에 유해 유무를 확인할 필요가 있기에 연구를 수행하였고 결과는 표 19와 같다.

표 19에서 보면 분말형이 액상형보다 포름알데히드 방산량이 대체적으로 낮으며, 모든 조건에서 JIS의 E1 타입을 만족하고 있으며, 액상형 표층 1% 처리, 분말형 표층 4% 처리, 분말형 전체 4% 처리조건은 JIS의 Eo 타입을 만족하고 있어 무취에 가까운 결과를 나타냈다. 그리고 분말형 바이오 세라믹 처리의 경우 처리량이 증가할수록 포름알데히드 방산량이 낮아졌다.

Table 19. Bio ceramic 처리 왕겨 연질보드의 포름알데히드 방산량

조건	UF con	액상형 바이오 세라믹						분말형 바이오 세라믹					
		전체 처리(%)			표층 처리(%)			전체 처리(%)			표층 처리(%)		
		0.1	0.5	1	0.1	0.5	1	1	2.5	4	1	2.5	4
ppm	1.04	0.85	0.87	0.55	0.71	0.63	0.2	0.85	0.65	0.43	0.55	0.5	0.16

Notes : See legend in table 5
* KS 규격 : <5ppm .(KS F 3104-1992 : 24hr-desiccator method)
* JIS : Eo : <0.5ppm

E1 : <1.5ppm

E2 : <5ppm (24hr-desiccator method)

* UF resin content : 12%

8. 원적외선 방사율 측정

표 20에서 처리 조건별 원적외선 방사율을 보면 목재 자체에 비해 순수 왕겨 자체가 원적외선 방사율이 높으며 황토보다는 다소 낮은 것으로 나타났다. 특히 액상형 표층 2% 처리한 것이 분말형 처리한 것보다 높은 방사율을 나타냈으며, 액상형 침지처리한 4%와 동등한 방사율을 나타냈다. 이는 전체 처리하는 것보다 표층만을 처리하는 것이 더 효과적이라는 결론을 얻을 수 있으며, 경제적으로 바이오 세라믹 처리 왕겨 컴포지트를 제조할 수 있을 것으로 기대된다.

분말형의 경우 모든 조건에서 무처리보다 방사율이 높았고, 처리량이 증가할수록

방사율은 증가한 반면, 액상형 처리 조건에서는 액상 0.1에서 1%까지는 무처리와 동등이하의 방사율을 보여 최소한 표층에 2% 처리를 해야 무처리보다 높은 방사율을 보이는 것으로 나타났다.

그림 16-34는 바이오 세라믹 처리 왕겨보드의 원적외선 방사율을 나타낸 그래프와 스펙트럼인데 무처리인 왕겨의 경우도 8-16㎛ 원적외선 파장 영역에서 91-95.7%의 높은 방사율을 나타내 굳이 처리하지 않아도 인체에 유익한 원적외선을 이용할 수 있을 것으로 사료된다. 이 까닭은 생명의 씨앗인 낟알을 싸고있는 왕겨 주성분의 규소 함량이 매우 높고, 오랜 기간 생명을 유지, 보관, 보호하도록 설계된 자연의 섭리가 작용하기 때문인 것으로 사료된다.

Table 20. 바이오 세라믹 처리 왕겨보드의 원적외선 방사율

파장 / 처리조건	8㎛	10㎛	12㎛	14㎛	16㎛
목재	89*	91	92.7	94	95
왕겨	91	92.7	93.9	94.9	95.7
황토	93.1	93.7	94	94.2	94.6
분말-1% 처리왕겨	94	95.5	96.3	96.8	97.3
분말-2.5% 처리왕겨	95.7	96.7	97.5	98	98.4
분말-4% 처리왕겨	97.8	98.5	98.8	99.1	99.5
액상-0.1% 처리왕겨	91.7	92.5	92.8	93.2	93.7
액상-0.5% 처리왕겨	91.6	92.4	92.7	93.3	93.6
액상-1% 처리왕겨	92.8	93.5	93.8	94.3	94.5
액상-침지처리 (4%)	98	98.9	99.1	99.4	99.6
액상-표층처리 (2%)	98.3	98.9	99.1	99.4	99.6
왕겨 25 : 목재파티클 75	89.9	91.2	92.1	92.6	93.2

* 원적외선 방사율(%)

50 89 91 91.7-92.8 93.1 94-97.8 98-98.3 100(%)

	목재	왕겨	액상형 Bio ceramic 처리 왕겨 (0.1-1%)	황토	분말형 Bio ceramic 처리 왕겨 (1-4%)	액상형 Bio ceramic 침지(4%), 표층(2%) 처리 왕겨	흑체

Fig. 16. 바이오 세라믹 처리 왕겨보드의 원적외선 방사율(8㎛ 파장)

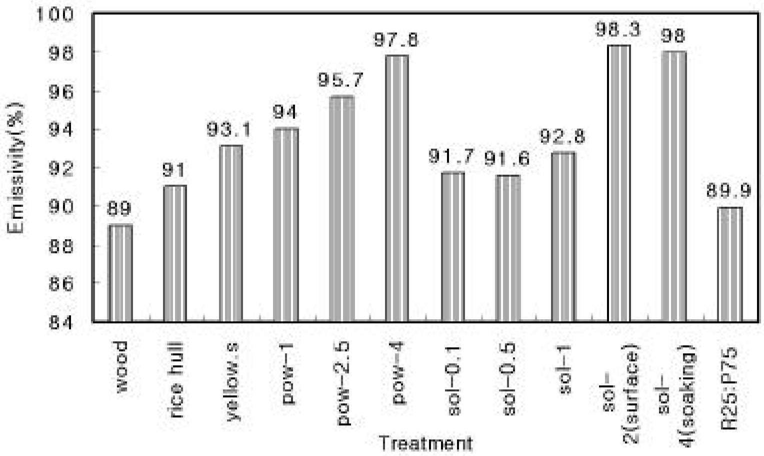


Fig. 17. Far-infrared emissivity of bio ceramic rice hull board (at the 8㎛)

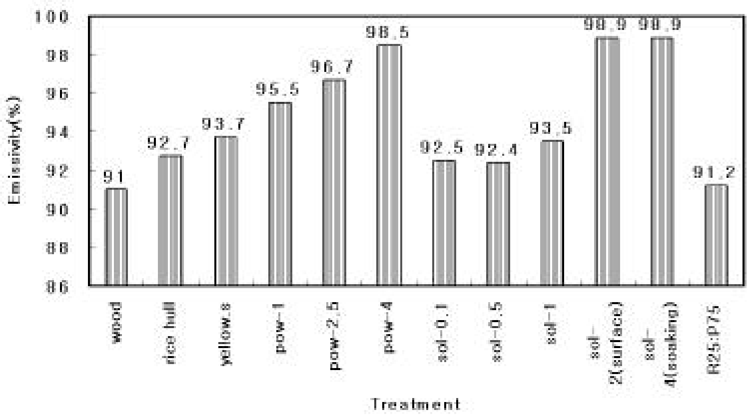


Fig. 18. Far-infrared emissivity of bio ceramic rice hull board (at the 10㎛)

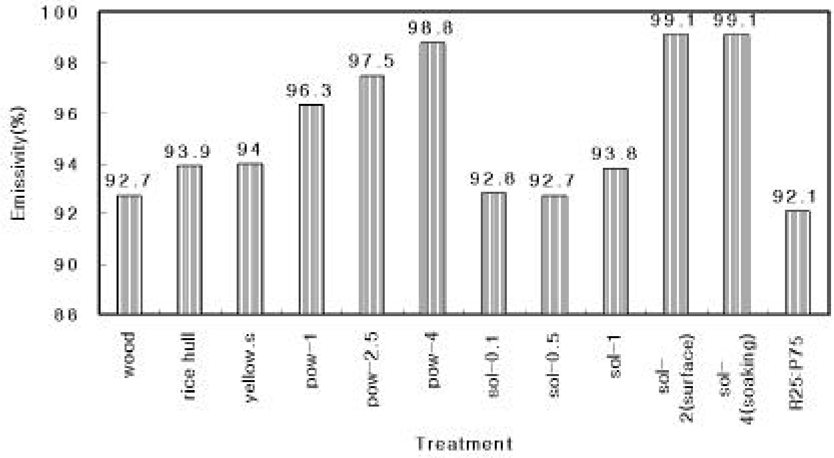


Fig. 19. Far-infrared emissivity of bio ceramic rice hull board (at the 12µm)

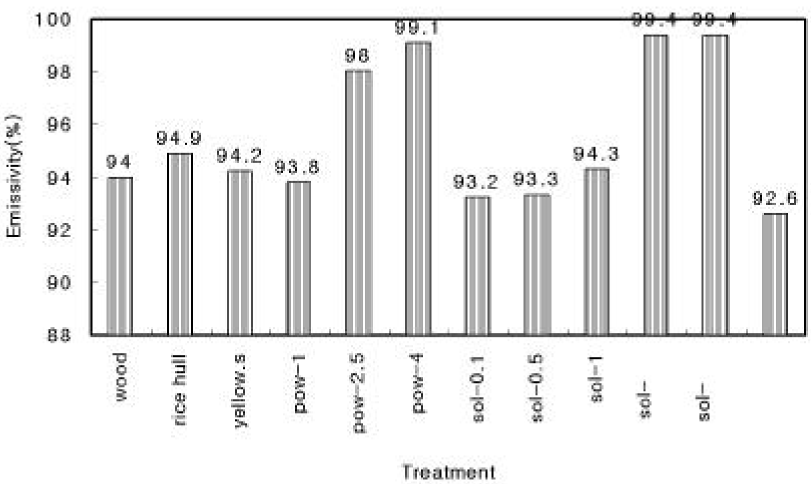


Fig. 20. Far-infrared emissivity of bio ceramic rice hull board (at the 14µm)

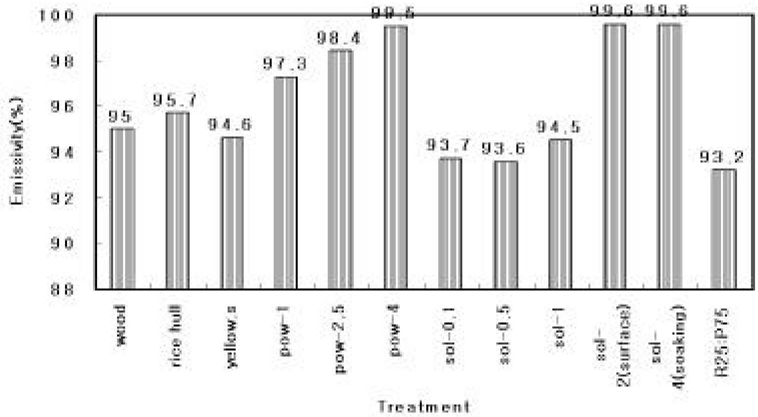


Fig.21. Far-infrared emissivity of bio ceramic rice hull board (at the 16㎛)

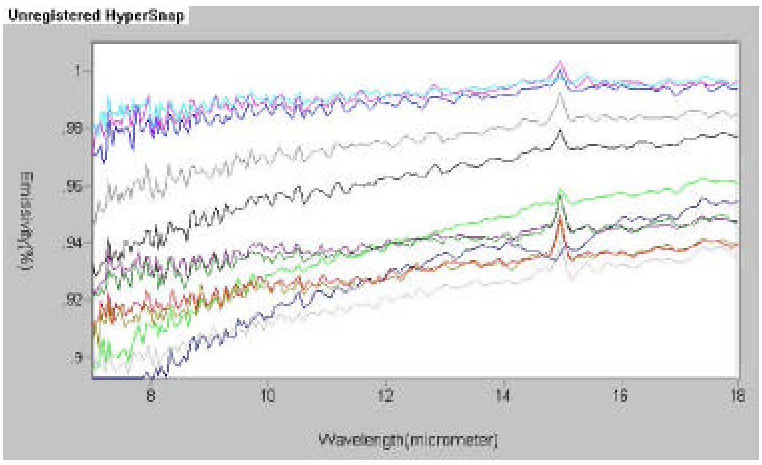


Fig. 22. Far-infrared emissivity spectrum of all factors (at the 50℃)

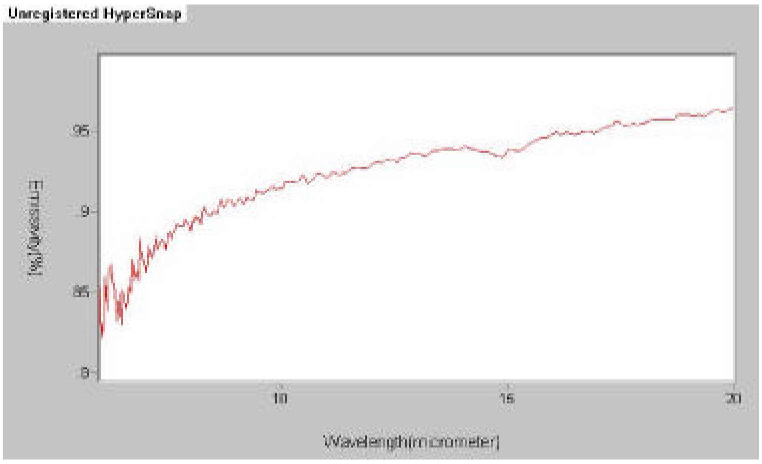


Fig. 23. Far-infrared emissivity spectrum of wood(at the 50℃)

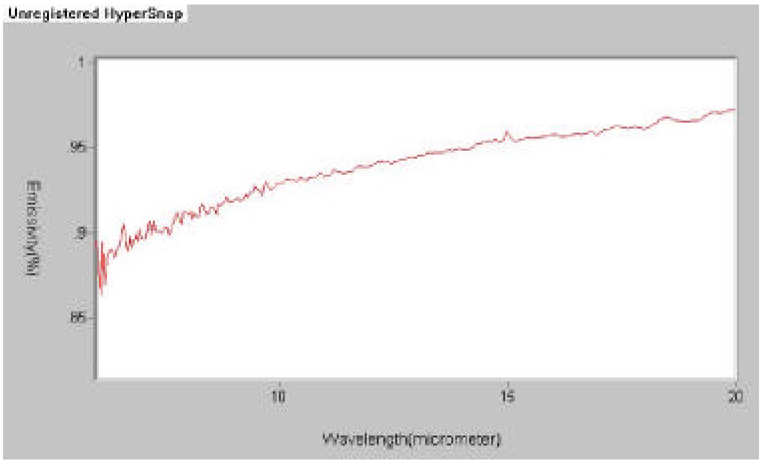


Fig. 24. Far-infrared emissivity spectrum of rice hull(at the 50℃)

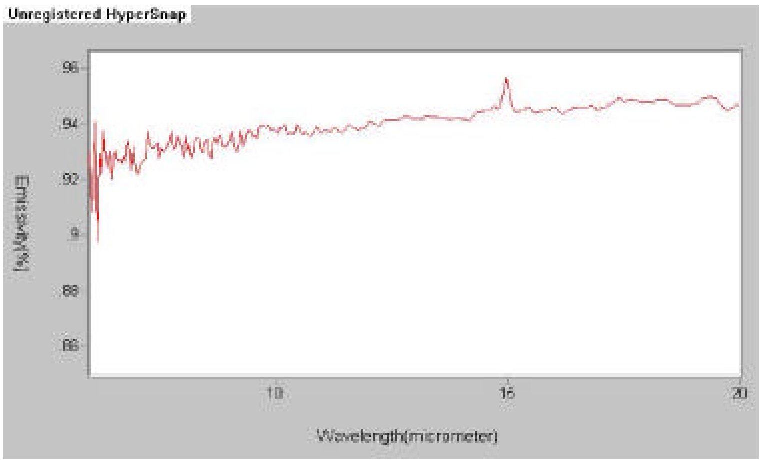


Fig. 25. Far-infrared emissivity spectrum of yellow soil(at the 50℃)

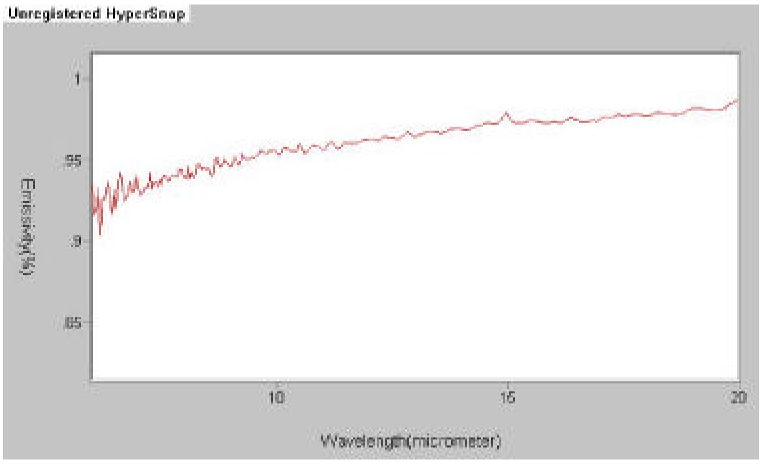


Fig. 26. Far-infrared emissivity spectrum of bio ceramic rice hull(powder-1%, at the 50℃)

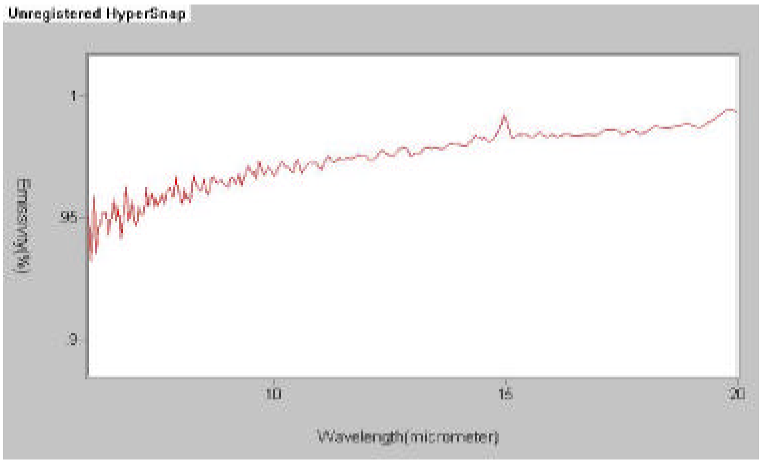


Fig. 27. Far-infrared emissivity spectrum of bio ceramic rice rull(powder-2.5%, at the 50℃)

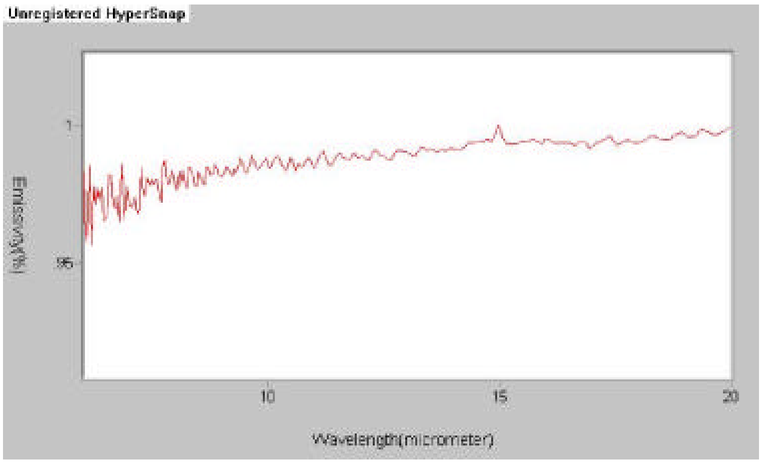


Fig. 28. Far-infrared emissivity spectrum of bio ceramic rice rull (powder-4%, at the 50℃)

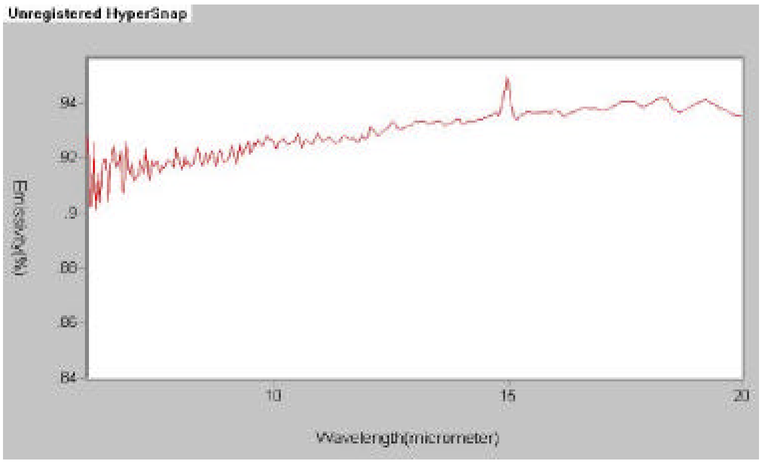


Fig. 29. Far-infrared emissivity spectrum of bio ceramic rice rull (liquid-0.1%, at the 50℃)

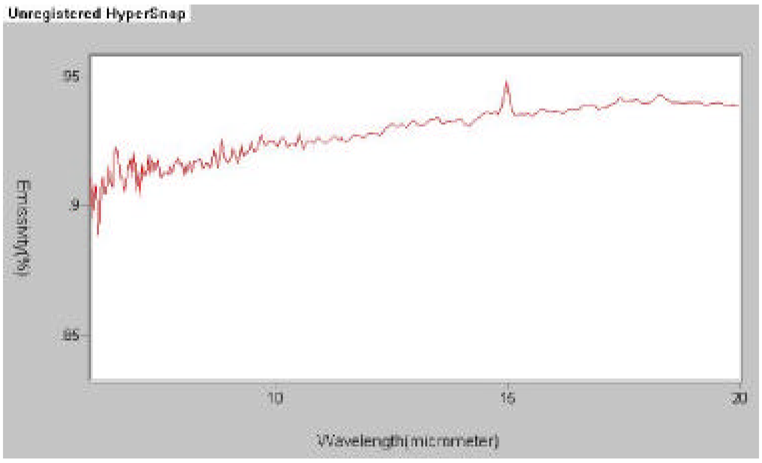


Fig. 30. Far-infrared emissivity spectrum of bio ceramic rice rull(liquid-0.5%, at the 50℃)

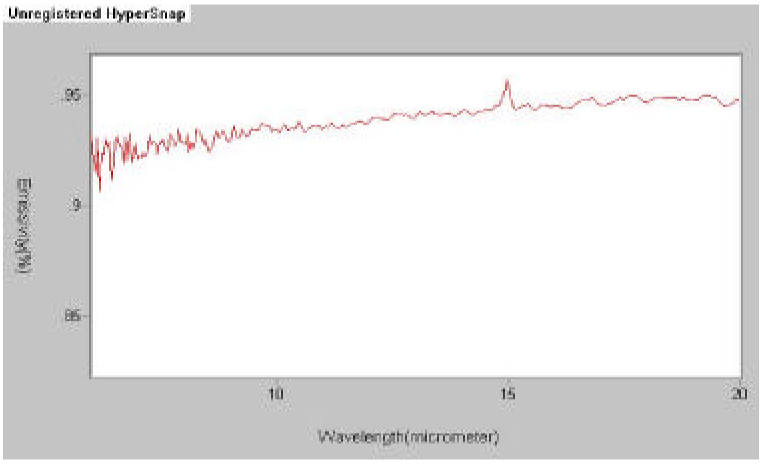


Fig. 31. Far-infrared emissivity spectrum of bio ceramic rice rull(liquid-1%, at the 50℃)

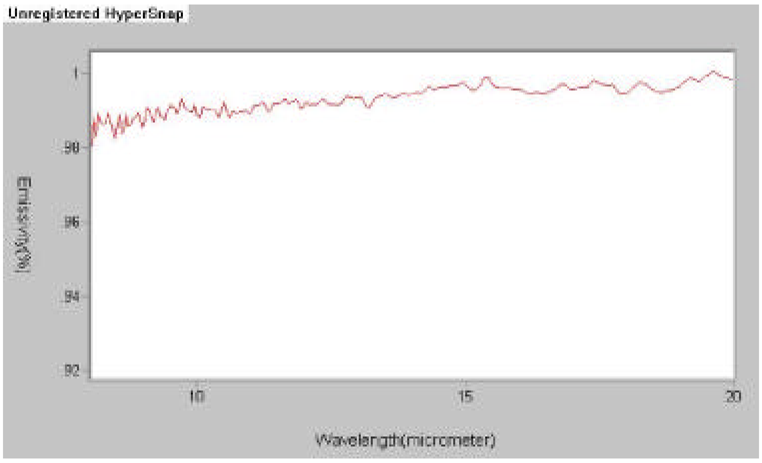


Fig. 32. Far-infrared emissivity spectrum of bio ceramic rice rull(liquid-2%, surface treated, at the 50℃)

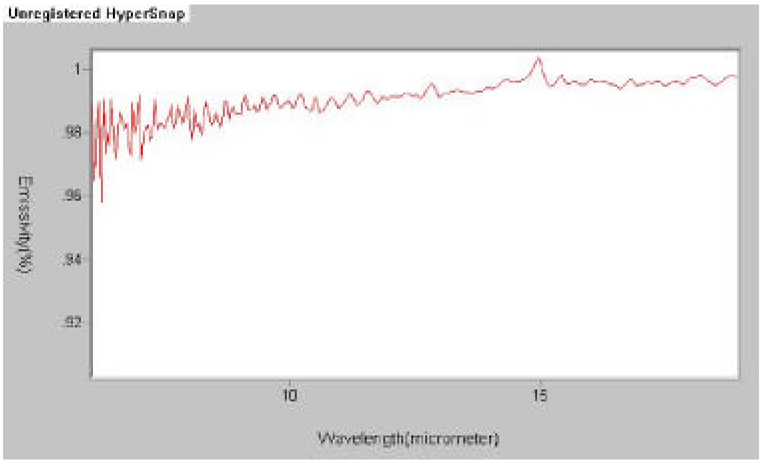


Fig. 33. Far-infrared emissivity spectrum of bio ceramic rice rull (liquid-4%, total treated, at the 50℃)

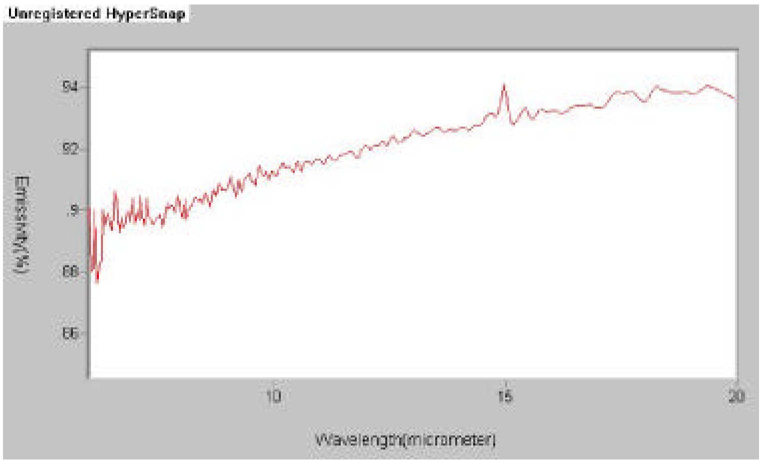


Fig. 34. Far-infrared emissivity spectrum of rice rull 25parts to wood particle 75parts(at the 50℃)

<바이오 세라믹 왕겨 컴포지트>

Photo 1 무처리 보드(UF 수지)

Photo. 2 분말형 바이오 세라믹 1% 처리

Photo 3 분말형 바이오 세라믹 2.5% 처리

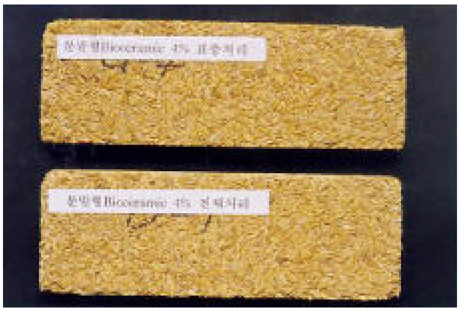


Photo 4 분말형 바이오 세라믹 4% 처리

Photo 5 액상형 바이오세라믹 0.1% 처리

Photo 6 액상형 바이오세라믹 0.5%처리

Photo 7 액상형 바이오 세라믹 1% 처리

< 요소수지 및 액상형, 분말형 바이오 세라믹>

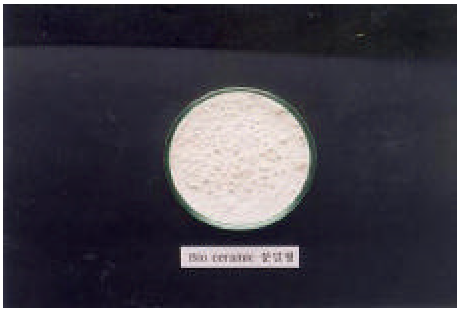


Photo 8. 분말형 바이오 세라믹

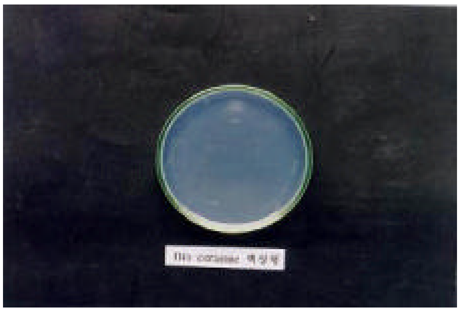


Photo 9. 액상형 바이오 세라믹

Photo 10. 요소- 포름알데히드 수지

제4장 카본파이버 특수처리 공정개발과 생물학적, 경제성 종합 평가(3차년도)

제1절 서언

최근에 시멘트나 합성타일 대신에 목재가 천연의 아름다운 무늬와 따뜻한 촉감 단열성 및 온、습도 조절기능을 갖추어 인체의 건강에 크게 도움이 되는 건축자재라는 결과가 나오자 목질 마루판의 인기가 높아지게 되었을 뿐만 아니라, 지금까지 없던 원적외선 방출목질 컴포지트의 제조 기술이 개발되면 주거 환경재로로서는 최첨단 조화형 제품으로서 국민 건강에 크게 도움이 될 것이다.

뿐만 아니라 쥐의 사육과 번식 포육의 상태 실험(사이또, 다케무라 1985, 1986)에 따라 목질재료가 콘크리트나 알미늄보다 주거 안정성이나 심리적 안정성이 월등히 좋다는 것이 확인되고 있으며 만약 본 연구가 성공하게되면 향균, 항곰팡이 및 탈취는 물론 인체에 유용한 고기능성 원적외선이 방출되는 목질복합체가 개발되므로써 최첨단 환경 조화형 주거재료로 활용되어 국민건강에도 크게 도움이 될 것으로 기대하는 바 크다.

갓 태어난 쥐의 실험이나 사육과 포육의 환경실험(사이또, 다케무라 1985, 1986), 則元(1986)등의 류마치스 환자, 앙케이트 실험등에서 콘크리트 주택보다 목조주택이 훨씬 좋다는 연구결과가 나왔으나 시멘트 원료가 풍부한 우리나라로서는 싸고 견고한 철근 콘크리트 건물을 사용할 수 밖에 없으며 주거환경내에서 인체에 친화성이 높은 값비싼 목재 및 목질재료는 건축내장 및 마루판, 벽재등으로 최소한 사용할 수 밖에 없는 시점에서 쌀을 보호하는 왕겨섬유를 활용하여 원적외선을 방출하는 왕겨판 또는 왕겨목질 컴포지트등의 제품을 개발하면 국민건강에도 지대한 공헌을 하게 될 것이다.

1차년도 연구결과에 따라 왕겨 그대로 사용하는 연질 왕겨판이 벽판, 천장판 등 단열재 용도를 위하여 성공적으로 제조되어, 전량 수입되는 연질 보드를 대체할 수 있게 되었을 뿐 만 아니라 2차년도 연구결과에 의하여 왕겨 자체의 원적외선 방사율이 매우 높아 인체에 매우 좋은 효과를 주는 재료로 판명되었고, 여기에 바이오 세라믹을 처리하면 원적외선 방사율이 더욱 높아져 고기능성 주거재료로서 개발되었다. 폭쇄된 왕겨와 목질 파티클의 혼합 컴포지트는 PB 200과 같은 물리, 기계적 성질을 갖

도록 개발되었고 역시 바이오 세라믹 처리에 의하여 원적외선 방사율이 높고 유리 포름알데히드 방산량이 낮은 고기능성을 갖게되어 최첨단 환경 조화형 주거재료로서 건축과 가구재등에 활용되어 국민건강에 크게 도움이 될 것이다.

따라서 3차년도에는 바이오 세라믹 왕겨 및 목질 보드에 신기능성을 부여하기 위하여 왕겨 펄프로부터 특수 성능과 카본 파이버 처리공정을 개발하고 그 처리량을 구명하였으며, 바이오 세라믹-카본파이버 목질-왕겨 컴포지트 제조조건을 규명하고 제품의 원적외선 방사율을 구해 기능성 부여에 중점을 두었고, 주거환경재료로 사용하기 위한 환경 조화형 특성을 규명하기 위해 생물학적 평가를 진행하여 왕겨와 목질 컴포지트가 시멘트나 금속에 비하여 아주 좋은 재료라는 것을 증명하고, 바이오 세라믹 목질신소재 개발에 따른 종합 경제성 평가를 통해 최첨단 환경 조화형 주거 재료로 활용하여 국민건강에 이바지하여 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

농업 부산물인 왕겨를 많이 생산하는 지역 또는 운반, 보관하기 쉬운 지역의 왕겨를 목질 섬유와 혼합하여 목질섬유판을 제조 함으로써 농가 소득에 아바지하고 95%의 목재 및 목재 가공품을 수입에 의존하는 목재 산업의 자력기반을 확보하는 동시에 원적외선 왕겨목질보드와 세라믹 카본파이버 목질컴포지트 신소재를 제조 함으로써 주거 환경에서의 국민 건강에도 크게 도움이 될 것이다.

원적외선 방출 세라믹 카본파이버 왕겨목질컴포지트 신소재는 아직 없으며 온돌이 주인 우리나라 아파트나 단독주택의 거실에서의 이용은 대단한 인기를 가질것으로 생각하며 개발된 왕겨 연질 섬유판은 경제성이 매우 높을 것으로 생각된다.

제2절 재료 및 방법

1. 재료

가. 왕겨

바이오 세라믹 왕겨 컴포지트 제조를 위한 왕겨는 대전 유성구 근교의 정미소에서 분양받았으며, 품종은 일품, 동진, 추청의 왕겨가 약 80%, 기타가 약 20%였다.

나. 바이오 세라믹

바이오 세라믹은 분말형과 액상형 두가지 타입이 존재하고, 기본원료로 SiO_2, Na, Al_2O_3산화물이 초미립화된 입자상 물질을 말하는데, 그 특성은 무기계이며 항균, 항곰팡이 기능이 있고 저온에서 원적외선 방사가 우수하다. 3차년도에서는 분말형 바이오

세라믹을 이용하였다.

다. 왕겨 섬유

왕겨 섬유의 섬유장 및 평균 직경은 표 21과 같다

Table 21. 왕겨 섬유 및 타 섬유의 섬유장 및 평균 직경

섬 유 종 류	중량 가중 평균 섬유장(mm)	평균 직경(㎛)
Rice straw	1.0	8-10
Rice hull	**0.5**	**12**
Hardwood	1.0-1.5	22
Softwood	3-4	40

라. 카본 파이버

특수처리를 위한 카본 파이버는 섬유장 8mm인 것을 사용하여 왕겨섬유 및 목재섬유에 처리하여 사용하였다.

마. 시험동물 및 사육환경

적응시험에서는 4주령의 ICR 마우스 (암컷 60 마리; 수컷 60 마리)를 대한실험동물센터로부터 구입하여 1주일간의 순화기간을 거치는 동안 체중이 전체 동물평균에 가까우면서 건강한 암·수 각 45 마리를 시험에 공여하였으며 이 때 체중은 수컷에서 27.8±2.0 g이었고 암컷에서는 24.3±1.8 g이었다.

또한 번식시험에서는 4주령의 ICR 마우스 (암컷 20 마리; 수컷 20 마리)를 삼육실험동물연구소로부터 구입하여 1주일간의 순화기간을 거쳐 체중이 전체 동물평균에 가까우면서 건강한 암·수 각 15 마리를 시험에 공시하였으며 이 때 체중은 수컷에서 34.8±1.7 g이었고 암컷에서는 28.0±0.7 g이었다.

시험동물은 항온 (온도, 23∓3℃), 항습 (상대습도, 50∓10%), 환기횟수 10-20 회/시간 그리고 무진•무균의 청정공기가 공급되는 동물환경제어사육장치 (GOG Environmental Control Unit, 명진기계상사, 서울)에 암수별 각각 3 마리씩 시험계획에 따라 폴리카보네이트, 원적외선 비처리 왕겨 사육상자, 원적외선처리 왕겨사육상자, 스테인레스 스틸 사육상자, 콘크리트 사육상자에 배치하였다. 사료는 실험동물용 고형사료 (천힝제일, 제일사료주식회사, 대전)를 그리고 음수는 상수도수를 각각 제한없이 공급하였다.

2. 실험방법

가. 카본 파이버 특수 처리

카본 파이버 특수 처리를 위한 왕겨 섬유의 pulping 조건은 일반 목재펄프에 일반적으로 행해지는 Kraft pulping과 볏짚펄프에 일반적으로 적용되는 Soda pulping를 통해 Cooking temperature 170℃, Cooking time 2시간, Active alkali 20%, Sulfidity 25%의 Kraft pulping으로 최종 결정하였다. 또한 바이오 세라믹의 경우 2차년도의 결과를 바탕으로 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트에 적정 loading량을 규명한 결과 원적외선 방사율이 가장 높았던 분말형 4%를 왕겨 섬유에 처리하기로 하였고, 특수 처리를 위한 카본 파이버도 1, 2.5, 4.5, 10%의 4수준으로 왕겨섬유에 처리하는 공정을 개발하여 오버레이지를 제조하였다. 왕겨 섬유를 이용하기 위해 바이오 세라믹 및 카본 파이버를 처리한 오버레이를 표 24와 같이 제조하였다.

1) 최적의 펄핑조건 확립

오늘날 이루어지고 있는 펄프화법의 주류는 크라프트펄프화법이다. 침엽수와 활엽수 및 볏짚의 일반적인 펄프화 조건은 table 22와 같다. 볏짚은 50 90℃에서 13% 가성소다로 5 10시간 펄핑하는 방식이 일반적이며 소다펄프화법이나 크라프트 펄프화법이나 강도적인 면에서 별차이가 없다는 문헌을 참고로 왕겨도 볏짚의 일부이기 때문에 그 조건을 기초로 펄핑조건을 설정하였다. 왕겨를 대표적인 펄프화법인 크라프트 펄프화법과 소오다펄프화법으로 화학펄프를 제조하였다. 그 펄핑조건은 table 23과 같다.

Table 22. 일반적인 펄핑 조건

Type of fibers	Type of pulping	Effective alkali, %	Sulfidity, %	Cooking temperature, ℃	Cooking time, hr	Yield, %
Soft wood	Kraft pulping	16	25-30	160-180	2.5 - 3	48-50
Hard wood		12	20	160-180	2 - 2.5	48-50
Rice straw	Kraft pulping	7 - 8		150-170	2.5 - 3	40-45
	Soda pulping	6-15 (NaOH,%)		150-170	2.5 - 4	40-45

Table 23. 왕겨의 펄핑 조건

Pulping method	Kraft pulping	Soda pulping
증해액	NaOH, Na_2S	NaOH
유효알카리	10 20% NaOH + ½Na_2S	13 25%
황화도	15 25% Na_2S/(NaOH+Na_2S)	
액비	1 : 10	1 : 10
최고온도	150 170℃	90 170℃
최고온도 유지시간	1 3hr	2 5hr

이상의 펄핑 조건들을 다양하게 조합하여 실시한 결과 유효알카리 20%. 황화도 25%, 최고온도 170℃, 최고온도 유지시간 2시간에서 가장 좋은 섬유화 결과를 얻었으며 그 때의 수율은 42% 였다.

Table 24. 왕겨섬유에 처리한 바이오 세라믹 및 카본 파이버 처리 조건

처리구 종류	RH1) con	CF con	RH + CF 1%	RH + CF 2.5%	RH + CF 4.5%	RH + CF 10%	RH + BC 4%	RH + CF 4.5% + BC 4%
CF(Carbon fiber)	×	활엽수 전건 펄프 중량의 4.5%	왕겨섬유 전건중량의 1% 처리	왕겨섬유 전건중량의 2.5% 처리	왕겨섬유 전건중량의 4.5% 처리	왕겨섬유 전건중량의 10% 처리	×	왕겨섬유 전건중량의 4.5% 처리
BC(Bio ceramic powder)	×	×	×	×	×	×	왕겨섬유 전건중량의 4% 처리	왕겨섬유 전건중량의 4% 처리

1) RH : 왕겨 섬유

나. MDI로 접착, 제조한 연질왕겨보드 및 중밀도 왕겨보드 개발

3차년도에서는 열압공정이나 제품제조후에 인체에 해를 주는 유리 포름알데히드를 방출하는 단점이 있는 요소수지 대신 내수 접착제인 이소시네이트계 수지인 MDI(4,4'-diphenylmathane diisocyanate)를 사용하여 비중 0.3미만인 내수성 및 강도

가 우수한 연질보드 개발을 완성하였다.

또한 MDI 열압 적정 조건을 구명한 후 중밀도 왕겨보드 제조에도 성공하였다. 제조조건은 표 25와 같다.

Table 25. MDI 연질왕겨보드 및 중밀도 왕겨보드의 제조조건

	MDI 연질왕겨보드	MDI 중밀도 왕겨보드
Raw material	Rice hull	Rice hull
Adhesive type	MDI(100%)	MDI(100%)
Resin content(%)	왕겨 전건중량의 6, 9, 12%	왕겨 전건중량의 12%
Target density(g/㎤)	0.3	0.7
Thickness bar	1.5cm	1cm
Press time(min)	5, 7, 10, 15, 20	7
Press temperature(℃)	150, 170, 190	170
Board size(cm³)	20×20×1.5	20×20×1

다. BCC 제조

3차년도에서는 2차년도까지 개발된 바이오 세라믹 왕겨 연질보드의 성능개선 및 기능성을 부여하기 위하여 카본 파이버를 이용한 특수처리 공정을 개발하고, 열압공정이나 제품 제조 후에 인체에 해를 주는 유리 포름알데히드를 방출하는 단점이 있는 요소수지 대신 내수 접착제인 이소시네이트계 수지인 MDI(4,4'-diphenylmathane diisocyanate)를 사용하여 비중 0.3미만인 내수성 및 강도가 우수한 연질보드 개발을 완성하였다. 완성된 왕겨 컴포지트에 바이오 세라믹 및 카본 파이버를 표 24와 같이 특수 처리하여 신기능성을 부여한 오버레이 기능지를 제조하였고, 앞으로는 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트나 PB와 같은 목질재료에 특수처리하기 위한 표면성을 검토한 후 BCC 적정조건을 구명한다.

라. 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트 및 왕겨 컴포지트 사육상 제조.

콘크리트 상자, 스테인레스 상자 및 개발된 원적외선 왕겨 컴포지트 제품 상자의 쥐 사육을 통한 생물학적 평가를 하기 위해 일반적으로 쥐사육에 사용되는 폴리 카보네이트 상자와 동일한 크기로 무처리와 4% 분말형 바이오 세라믹을 처리한 왕겨 사육상을 각각 10개씩 제조하였으며, 콘크리트 상자는 일반 시멘트와 모래를 섞은 모르

타르와 강화제를 첨가하여 10개 제조하였으며, 스테인레스 상자는 동일한 크기로 관련 업체에 주문, 제작하여 사용하였다.

마. 제품의 원적외선 방사율 측정

표 24와 같이 각 조걸별로 처리된 바이오 세라믹 카본파이버 왕겨 컴포지트의 원적외선 방사율은 Win-Rad사의 퓨리에 변환 적외선 분광기(FT-IR)로 상온(26℃)에서 측정하였다.

바. 제품의 물리·기계적 성질 조사

3차년도에 MDI로 제조하여 개발된 무포름알데히드 방산 연질왕겨보드와 왕겨중밀도보드의 물리·기계적 성질은 KS F 3200(1997)에 준하여 각 항목별 5반복하여 측정하였다.

사. 쥐 사육을 통한 생물학적 평가

1) 시험군의 구성 및 처치 방법

사육환경에 따라 각각 폴리카보네이트 (A), 원적외선비처리 왕겨 (B), 원적외선처리 왕겨 (C), 스테인레스 스틸 (D), 콘크리트 (E) 등의 재료로 제작된 사육상자에 적응시험에서는 암수별로 각 9 마리씩으로 배치하여, 수컷의 경우 M-A, M-B, M-C, M-D, M-E 군으로, 암컷의 경우 F-A, F-B, F-C, F-D, F-E 군으로 구성하였으며, 번식시험에서는 각각 3쌍의 암수를 한 군으로 구성하였다. 군간 체중분포는 균일하도록 배치하였다. 깔집은 각각 폴리카보네이트 사육상자에는 폴리카보네이트 조각을, 왕겨 컴포지트 및 원적외선 방출 왕겨 컴포지트 사육상자에는 나무 조각을, 스테인레스 스틸 사육상자에는 스테인레스 스틸 조각을, 콘크리트 사육상자에는 콘크리트 조각을 깔짚으로 깔아줌으로써 사육상자에 의한 영향을 시험하였다.

2) 일반증상 관찰

모든 시험동물에 대하여 매일 1 회 이상 사망 유무 확인과 함께 일반상태의 변화, 중독증상 발현 유무를 조사하였다. 일반증상은 식육부진, 타액분비, 설사, 구토, 다뇨 및 무뇨, 분변의 변화를 중심으로 관찰하였다 (Zibden and Flury-Reversy, 1981; Lorke, 1983).

3) 사료섭취량, 물섭취량 및 체중측정

주당 사료섭취량 및 물섭취량은 주 1 내지 2 회 측정하였으며 1 주일간 공급한 양과 잔량과의 차이에 의해 구하였다. 체중은 시험 개시 1 일전부터 일주일 간격으로 측정하였다.

4) 요검사 및 혈액학적 검사

시험 최종일에 요시험지 (Combur 9 Test RL, Boehringer Manheim, Germany)를 이용하여 각 군당 암수 각 3 마리에서 백혈구, 아질산염, pH, 요단백, 요당, 케톤체, 우로빌리로겐, 빌리루빈, 잠혈에 관하여 검사하였다. 부검시에 모든 동물을 에테르 경마취시킨 후 후대정맥으로부터 채혈한 혈액 중에서 백혈구, 적혈구, 헤모글로빈, 헤마토크리트 등을 Hema check를 이용하여 측정하였다.

5) 육안소견

전 실험동물에 대하여 관찰기간이 종료된 후 에테르 마취하에 방혈하여 부검하였으며 흉선, 부신, 정소, 난소, 심장, 폐, 신장 비장, 간장을 포함한 주요 장기를 육안으로 관찰하였다.

6) 산자수 및 신생자 체중측정

각 시험상자별로 산자수를 측정하고, 분만 후 2일 간격으로 1주일간 신생자의 생존여부를 관찰하였다. 신생자의 사육상자에 대한 적응도를 측정하기 위하여, 분만 후 2주일이 경과한 후 14일, 21일째의 신생자에 대한 체중변화를 관찰하였다.

7) 통계처리

체중은 군분리시점의 체중에 대한 상대체중으로 환산하여 사용하였으며, 사육환경, 사육기간에 따른 체중의 차이 및 그 교호작용이 있는지를 알아보기 위하여 이원배치 분산분석 (two-way ANOVA)을 실시하였다. ANOVA 검정 결과 유의한 결과를 나타낼 때 ($p < 0.05$), 각 사육시점별 사육환경이 다른 두 그룹간의 체중 차이를 unpaired, two-tailed Student's *t* test에 의해 분석하였다. 산자수와 신생자의 체중에 대해서도 위와 동일한 방법으로 분석하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 카본 파이버 특수 처리 공정에 따른 신기능성 구명

가. 왕겨섬유의 섬유장 및 화학적 성분 분석

섬유화된 왕겨펄프를 가지고 섬유장 분석을 실시하였다. 섬유장 분석은 Fiber quality analyzer로 분석하였으며 Table 26은 각 펄핑방법에 따른 펄프의 섬유장 분석 결과이다. 또한 왕겨펄프를 일반적인 목재펄프 섬유장과 비교한 결과는 table 27과 같다. 또한 image analyzer로 화상분석을 실시한 결과는 figure 35 40에서 관찰 할 수 있다. 볏짚에서 일반적으로 관찰될 수 있는 세포들을 왕겨에서도 관찰 할 수 있었다.

특히, 섬유폭은 12μm이고 섬유표면이 매끈하거나 톱니가 형성되어 있었다.

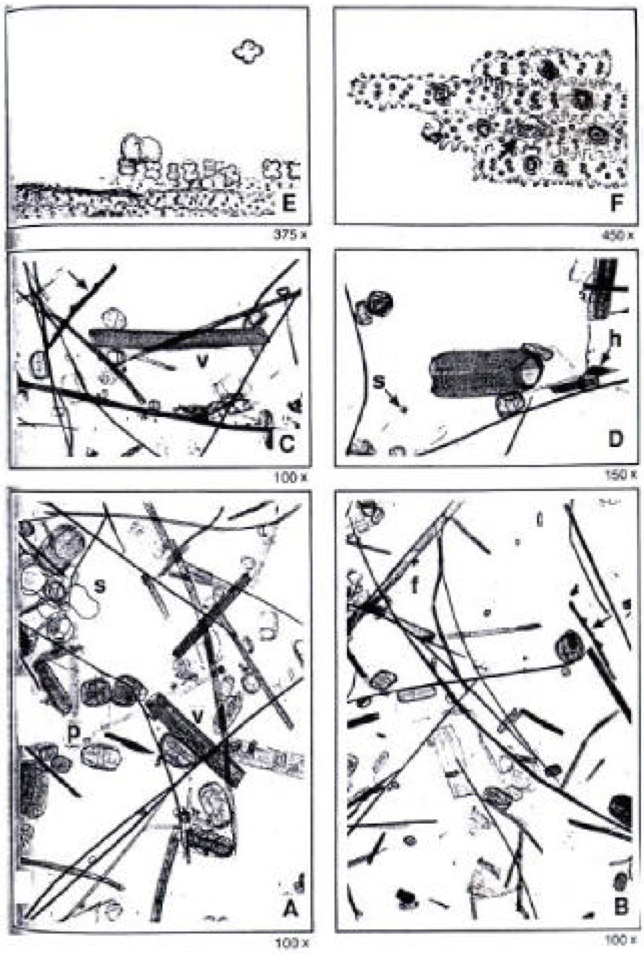


Fig. E> Silica bodies
Fig. F> Epidermis with papillae of various size
Fig. C> Narrow epidermal cell(↘) and Vessel element(**V**)
Fig. D> Prickle hair(**h**) and an Single silica body(**s**)
Fig.A,B> Narrow & wide fibers(**f**), Small parenchyma cells(**p**)

Figure 35. **볏짚에서 관찰되는 세포의 종류**

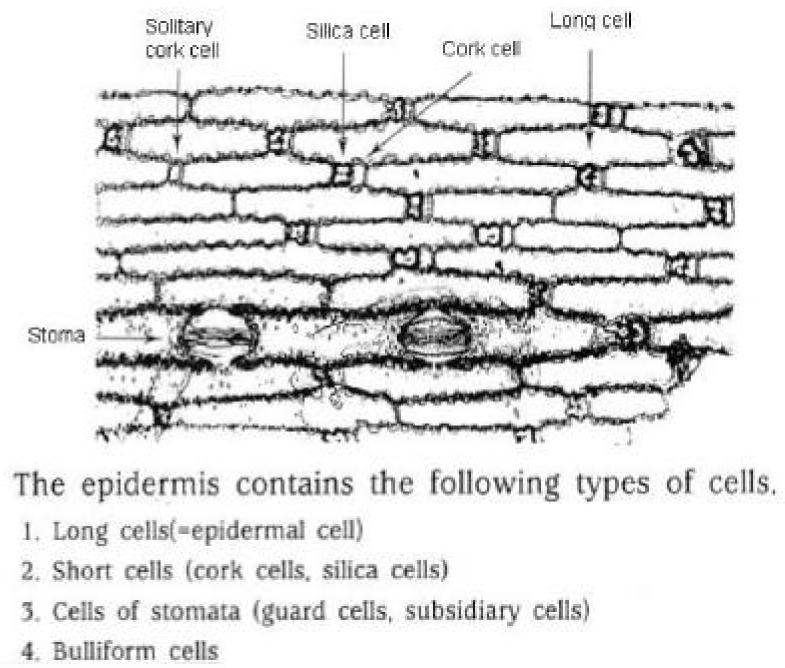
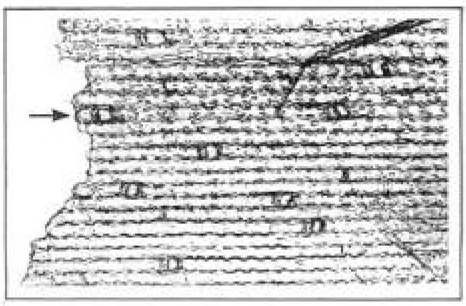
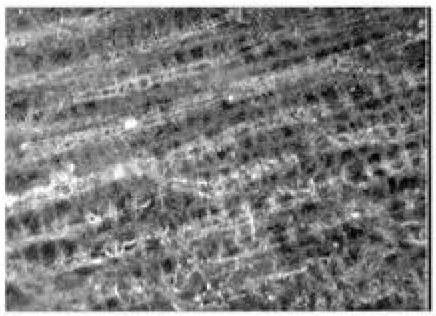


Figure 36. **볏짚의 표피세포 종류**

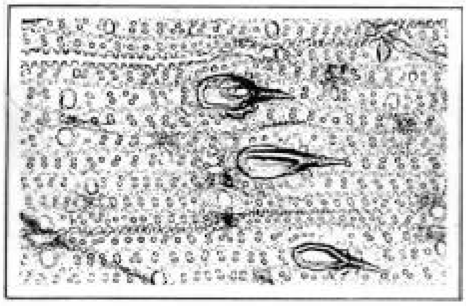


Rectangular or slightly crescent-shaped **silica bodies** in the epidermis of the leaf of rice.

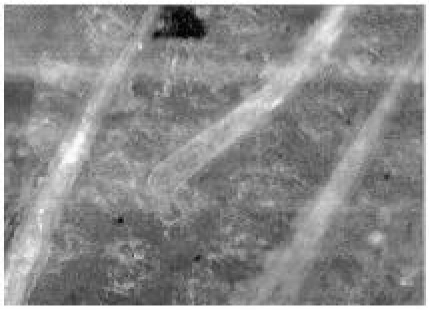


왕겨의 표피 관찰

Figure 37. **볏짚의 표피와 왕겨의 표피 비교 관찰**

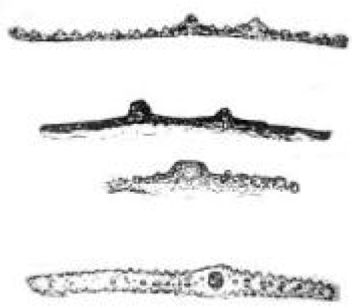


Short pirckle hairs on the epidermis of the leaf of rice.

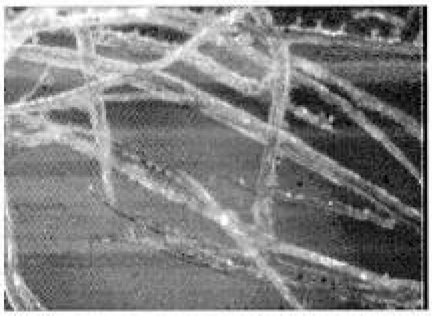


왕겨의 표피 관찰

Figure 38. **볏짚의 표피와 왕겨의 표피 비교 관찰**

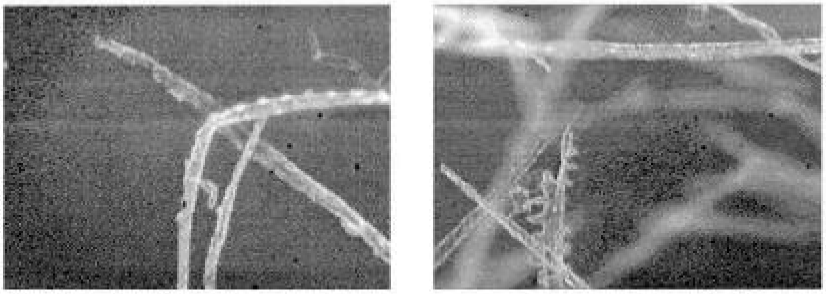


Epidermal cell of rice leaf with conical protubernaces and many small papillae in side or face.



왕겨펄핑후 섬유 관찰

Figure 39. **볏짚섬유와 왕겨섬유의 비교 관찰**



왕겨펄핑후 섬유 관찰 (Long cells)

Figure 40. 왕겨섬유에서 long cell 관찰

Table 26. 펄핑방법에 따른 섬유장 분석결과

펄핑방법	왕겨크라프트 펄핑	왕겨소다펄핑	볏짚소다펄핑
Mean length (mm)			
Arithmetic	0.269	0.255	0.243
length weighted	0.387	0.344	0.521
weight weighted	0.524	0.587	1.041
Percent Fines (%)			
Arithmetic	49.17	61.93	66.52
length weighted	24.95	37.03	32.14
Mean Curl			
Arithmetic	0.051	0.055	0.129
length weighted	0.054	0.066	0.14
Mean Kink			
Kink index	0.76	0.84	1.72
Total kink angle	10.4	12	30.7

Table 27. 왕겨 및 목재섬유와의 섬유장 비교

Type of fibers	Weight weighted length, mm	Average diameter, μm
Rice straw	1.0	8 - 10
Rice hull	0.5	12
Hard wood	1.0- 1.5	22
Soft wood	3- 4	40

왕겨와 펄핑한 왕겨섬유의 화학적 성분 분석을 Tappi standard m ethod에 따라 실시한 결과 table 28과 같다.

Table 28. 왕겨와 왕겨섬유의 화학적 조성

종 류	회분 (%)	냉수 추출물	온수 추출물	알콜・벤젠추출물	Holo-cellulose	Klason lignin
왕겨	14.47	4.55	15.65	11.23	75.73	35.91
왕겨펄프	2.18	12.25	4.63	2.04	90.4	5.46
활엽수	0.1- 2.0	0.6- 3.8	1.5- 8.0	0.5- 7.3	50.7- 66.4	16- 29
침엽수	0.1- 0.9	0.2- 3.9	1.0- 5.5	1.9- 5.0	48.6- 60.3	20- 35

나. 수초지 제작 및 수초지의 물성

수초지를 제작하기 위해서 왕겨펄프를 고해하였다. 고농도로 고해를 실시하여 섬유끼리의 마찰전단력으로 고해되는 원리를 이용한 PFI mill을 사용하여 농도 10%에서 여수도가 초기 650ml CSF에서 여수도가 550ml CSF가 되도록 고해시간을 조정하였다. 10분 고해시 지나친 고해로 여수도 측정이 불가하였다. 5분 고해시 원하는 여수도를 얻을 수 있었다. 5분 고해시 실제 여수도는 560ml CSF이었다. 그리고 각 고해시간마다 Fiber quality analyzer로 섬유장을 측정한 결과가 table 29에 나타나 있다.

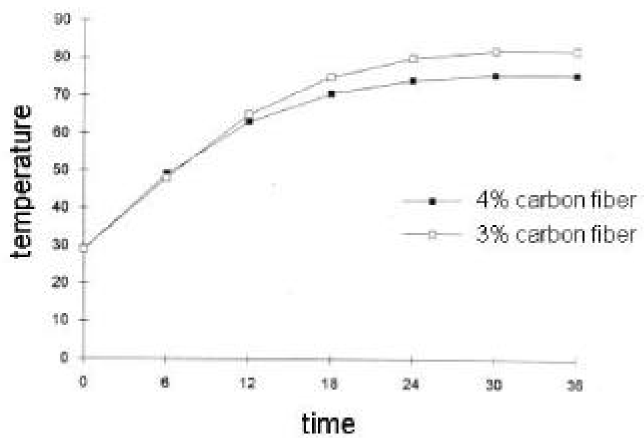
Table 29. 고해시간에 따른 섬유장 분석결과

	미고해	2분고해	5분고해	10분고해
Mean length (mm)				
Arithmetic	0.255		0.241	0.227
length weighted	0.371	0.345	0.304	0.327
weight weighted	0.507	0.462	0.418	0.451
Percent Fines (%)				
Arithmetic	53.26	56.23	64.38	60.95
length weighted	28.34	31.73	40.4	36.49
Mean Curl				
Arithmetic	0.063	0.063	0.069	0.075
length weighted	0.069	0.065	0.07	0.08
Mean Kink				
Kink index	0.91	1.08	1.1	1.25
Total kink angle	12.8	14	14.8	16.8

PFI mill로 5분 고해한 왕겨펄프를 가지고 LPM지로 사용하기 위해 평량 70g/m2으로 길이 7mm의 탄소섬유를 1%, 2.5%, 4.5%, 10%를 각각 투입 후 원형수초지기로 수초지를 초지하였다. 초지한 종이는 항온항습실(온도 20±1℃, RH 65±5%)에서 24시간 조습처리하였으며 조습된 종이는 Tappi standard method 에 따라 물리적 성질을 측정하였다. 측정한 결과는 table 30에 나타나 있다.

Table 30. 탄소섬유를 첨가한 LPM지의 물성 결과

	탄소4%+ 아바카	왕겨+ 탄소1%	왕겨+ 탄소2.5%	왕겨+ 탄소4.5%	왕겨+ 탄소10%	왕겨+세라믹4% +탄소4.5%
평량(g/m2)	40.75	74.5	74.5	74	74.5	72
밀도(g/cm3)	0.51	0.49	0.53	0.51	0.50	0.51
열단장	7.74	2.03	1.78	1.78	1.85	1.86
신장율(mm)	3.03	2.10	1.93	2.29	2.06	2.40
Young율	1406.55	851.95	956.13	848.28	906.60	960.30
인열 지수	9.52	0.40	0.53	0.54	0.81	0.56
불투명도	75.1	98.26	98.11	99.01	99.11	99.2
지합 지수	5.14	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7
저항(kΩ/cm2)	0.13	1.41	0.09	0.05	0.013	0.04
탄소섬유실제 보류율(%)	4	0.6	1.7	3.6	7.5	7



2. BCC 제조조건 구명

왕겨 섬유에 카본 파이버 및 바이오 세라믹으로 기능성을 부여하여 특수 오버레이지를 개발하였고, 왕겨 컴포지트에 특수 오버레이를 위한 전기저항성 및 물성을 검토하였으며, 개발된 특수 오버레이지의 원적외선 방사율과 기타 표면성을 검토한 후 최종 BCC 제조조건을 구명하였고 왕겨-바이오 세라믹 컴토지트나 왕겨-카본 파이버 컴포지트의 경우 원적외선 방사율을 증대시키진 못하였다. 그러나 카본 파이버를 왕겨섬유에 첨가하면 전기 저항성을 떨어뜨려 면상 발열체로 사용할 수 있음을 밝혔다. 또한 왕겨-카본파이버 컴포지트는 전기 전도성 포장재로써 활용 가능하며, 3차년도를 마치면서 최종 결론은 왕겨 자체의 원적외선 방사율이 목재보다 높기 때문에 굳이 비싼 바이오 세라믹이나 카본 파이버를 처리하진 않아도 된다는 결론을 얻었다.

3. 제품의 원적외선 방사율 측정

바이오 세라믹 카본 파이버 왕겨 컴포지트의 특수 오버레이지의 상온에서의 원적외선 방사율은 표 31과 같다.

Table 31. 바이오 세라믹 카본 파이버 왕겨 컴포지트의 원적외선 방사율

처리조건 \ 파장	8㎛	10㎛	12㎛	14㎛	16㎛	18㎛
RF1) Control	96.1*	95.7	96.2	96.4	96.4	96.4
RF+CF2) 1%	95.4	95.2	95.6	95.9	96.1	96.1
RF+CF 2.5%	94.4	94.4	95.0	95.4	95.6	95.4
RF+CF 4.5%	94.2	94.4	94.9	95.3	95.5	95.4
RF+CF 10%	94.5	94.3	95.1	95.3	95.5	95.4
RF+BC3) 4%	94	94.1	94.7	95.2	95.4	95.4
RF+BC 4%+CF 4.5%	94.3	94.3	94.8	95.2	95.4	95.4

1) RF : 왕겨 섬유, 2) CF : 카본 파이버, 3) BC : 바이오 세라믹
* 상온(26℃)일 때 원적외선 방사율(%)

4. 제품의 물리 · 기계적 성질 규명

3차년도에서 새롭게 개발된 무취 MDI 연질 왕겨보드의 최종 제조 적정조건은 수지 함지율 12%, 열압시간 7분, 열압온도 170℃였으며, 이때 KS를 만족하는 우수한 결과를 보였다. 또한 MDI 중밀도 왕겨보드의 최종 제조 적정조건은 연질 왕겨보드와 동일한 함지율 12%, 열압시간 7분, 열압온도 170℃였고, 이또한 역시 KS를 만족하였다.

Table 32. 열압시간에 따른 MDI 왕겨 연질보드의 물리적 성질

열압시간(min)	수지첨가량(%)	함수율(%)	밀도(g/㎤)
5	6	7.55±0.64	0.28±0.02
	9	6.35±0.21	0.29±0.01
	12	×	×
7	6	5.21±0.16	0.29±0.05
	9	5.06±0.47	0.29±0.1
	12	5.03±0.22	0.3±0.01
10	12	5.6±0.85	0.28±0.02
15	12	5.47±0.86	0.28±0.01
20	12	5.07±1.31	0.29±0.02

* KS F 3200(1997) : A-IB(A급 연질 섬유판) - 밀도 0.30g/㎤ 미만.
함수율 5-13% 사이.

Table 33. 열압시간에 따른 MDI 왕겨 연질보드의 휨강도

Factor	Bending strength(kgf/㎠) (F=107.817**)	
	Mean±SD	Duncan test
12%-5 min	×	C
12%-7 min	**24.32±3.12**	**B**
12%-10 min	25.21±2.38	B
12%-15 min	25.21±2.29	B
12%-20 min	29.98±2.39	A

* KS F 3200(1997) : T-급 연질판 규정 : 밀도 0.25g/㎤ 미만, 휨강도 10.2kgf/㎠ 이상.
A-급 연질판 규정 : 밀도 0.30g/㎤ 미만, 휨강도 20.4kgf/㎠ 이상.

Table 34. **수지 함지율에 따른** MDI **왕겨 연질보드의 휩강도**

Factor	Bending strength(kgf/㎠) (F=40.242**)	
	Mean±SD	Duncan test
6%-5 min	9.83±1.54	D
9%-5 min	14.74±2.06	C
12%-5 min	×	×
6%- 7min	11.68±1.37	CD
9%- 7min	19.86±0.49	B
12%- 7min	**24.32±3.16**	**A**

* Table 33. **하단 참조**.

Table 35. **열압온도에 따른** MDI **연질 왕겨보드의 휩강도**

Factor	Bending strength(kgf/㎠) (F=5.564**)	
	Mean±SD	Duncan test
150℃- 12%-7min	17.11±1.02	B
170℃- 12%-7min	24.32±3.12	A
190℃- 12%-7min	24.92±2.02	A

* Table 33. **하단 참조**.

Table 36. MDI 연질 왕겨보드의 흡수 두께 팽윤율

열압시간(min)	수지첨가량(%)	두께팽윤율(%)
5	6	6.9±0.69
	9	6.06±0.08
	12	×
7	6	2.76±1.39
	9	2.99±1.47
	12	2.05±0.66
10	12	1.73±0.46
15	12	2.51±0.38
20	12	2.08±0.11

* KS F 3200(1997) - A-급 연질판 : 10% 이하.

- 내 수 연질판 : 5% 이하.

Table 37. MDI 중밀도 왕겨보드의 적정조건하에서의 물리·기계적 성질

	물리적 성질				기계적 성질	
	비중	함수율 (%)	흡수율 (%)	두께 팽윤율 (%)	휨강도 (Kgf/cm^2)	박리강도 (Kgf/cm^2)
RH-MDI1)	0.63±0.01	1.46±0.325	12.17±0.561	3.58±0.633	201.45±15.26	5.95±0.553
RH-MDI-BC2)	0.62±0.01	2.23±0.25	13.56±0.597	11.743±6	162.22±5.039	2.79±0.605

1) 왕겨 전건중량에 대해 MDI resin 12% 처리하여 제조한 중밀도 보드

2) 왕겨 전건중량에 대해 MDI resin 12% 와 바이오 세라믹 분말형 4% 처리하여 제조한 중밀도 보드

5. 쥐 사육을 통한 생물학적 평가

가. 적응시험결과

1) 사망동물 및 일반증상

성차에 의한 영향을 고려하여 모든 시험은 암수별로 나누어 실시하였다. 전 시험군에서 전 시험기간 동안 사망한 동물은 없었고, 또 사육상자에 기인한 특이한 임상증상도 관찰되지 않았다.

2) **체중측정 결과**

적응시험에서 모든 사육상자에서 4 **주 동안 체중의 변화를 관찰하였을 때, 시간이 경과함에 따라 암수 체중은 증가추세를 나타내었다. 이러한 체중 증가에 사육상자의 종류가 미치는 영향을 알아보기 위하여 통계학적 검정을 실시한 결과, 사육상자 및 사육기간에 따른 차이가** ANOVA**에 의해서 확인할 수 있었다. 또한 사육기간과 사육상자 사이의 교호작용도 인정되었다. 따라서 각 사육상자간의 통계학적 유의성을 찾기 위해 실시한** t-**검정 결과를** Table 38**와** Table 39**에 나타내었다. 수컷의 경우, 폴리카보네이트 사육상자와 원적외선 방출 왕겨 컴포지트 사육상자는** 2**주째부터 체중의 차이를 나타내었으며** ($0.01 < P < 0.05$), **이러한 차이는** 4**주째에 더욱 커졌다** ($P < 0.01$). **왕겨 컴포지트 사육상자와 원적외선 방출 왕겨컴포지트의 경우에도** 2**주째부터 체중의 차이를 나타내었다** ($0.01 < P < 0.05$). **최종 체중에서는 원적외선 방출 컴포지트 사육상자와 모든 사육상자간의 체중의 차이를 나타내었다** (Table 38). **암컷의 경우, 시험에 사용된 모든 사육상자가 콘크리트 사육상자와 비교할 때** 3**주째부터 체중차이를 나타내었다** (Table 39)

Table 38. Body weight in mice bred in the different dwelling conditions for 4 weeks

(Unit : g)

Sex	Group	Weeks				
		0	1	2	3	4
Male	M-A	27.1±1.6	28.6±3.0	29.2±3.8	30.2±4.6	30.0±3.5
	M-B	27.2±1.8	30.3±2.2	31.4±2.7	32.7±2.1	34.2±1.9
	M-C	27.2±2.1	29.6±2.7	33.7±1.5	35.3±1.8	37.1±1.9
	M-D	27.0±1.8	30.3±1.7	29.8±1.6	32.8±1.8	33.3±2.3
	M-E	27.1±1.8	29.7±1.9	31.3±2.5	33.3±2.5	32.6±1.8
Female	F-A	23.3±1.1	24.4±1.3	26.6±1.2	27.4±1.3	27.8±1.8
	F-B	23.3±1.0	25.0±1.3	25.7±1.4	27.2±1.4	27.7±1.5
	F-C	23.3±1.0	24.3±0.8	26.4±0.8	27.9±0.9	28.4±0.8
	F-D	23.3±1.0	23.8±0.9	26.1±1.2	27.6±1.1	27.5±1.5
	F-E	23.3±1.0	23.3±1.2	25.1±1.7	24.6±1.9	24.7±3.2

Values are expressed as mean ± S.D. from nine mice.

Explanations of group are shown in Method and Materials (II-2).

Table 39. Effects of dwelling conditions and time on body weight in male mice

	Week				
	0	1	2	3	4
A vs. B	-	-	-	-	0.01< P< 0.05
A vs. C	-	-	0.01< P< 0.05	0.01< P< 0.05	P< 0.01
A vs. D	-	-	-	-	-
A vs. E	-	-	-	-	-
B vs. C	-	-	0.01< P< 0.05	0.01< P< 0.05	0.01< P< 0.05
B vs. D	-	-	-	-	-
B vs. E	-	-	0.01< P< 0.05	-	-
C vs. D	-	-	-	-	0.01< P< 0.05
C vs. E	-	-	-	-	0.01< P< 0.05
D vs. E	-	-	-	-	-

Difference was estimated by Student's two-tailed unpaired *t* test between two groups of different conditions.

- ; No significant

Table 40. Effects of dwelling conditions and time on body weight in female mice

	Week				
	0	1	2	3	4
A vs. B	-	-	-	-	-
A vs. C	-	-	-	-	-
A vs. D	-	-	-	-	-
A vs. E	-	P< 0.01	-	P< 0.01	0.01< P< 0.05
B vs. C	-	-	-	-	-
B vs. D	-	-	-	-	-
B vs. E	-	0.01< P< 0.05	-	0.01< P< 0.05	0.01< P< 0.05
C vs. D	-	-	-	0.01< P< 0.05	-
C vs. E	-	-	-	P< 0.01	0.01< P< 0.05
D vs. E	-	-	-	P< 0.01	0.01< P< 0.05

Difference was estimated by Student's unpaired *t* test between two groups of different conditions.

-, No significant

3) **사료섭취량 및 음수량**

사료섭취량은 사육상자당 배치된 3 **마리 마우스의** 1 **주일 량으로 표시하였다**. **표준편차는** 3**개 상자의 측정치로부터 구하였으며** 4**주간의 성적을** Table 41**에 나타내었다**. **암수 모두에서 사육상자 상호간에서 유의성 있는 사료섭취량의 증가 또는 감소가 관찰되지 않았다** (Table 41).

Table 41. Food consumption per cage in the different dwelling conditions for 4 weeks (Unit: g)

Sex	Group	Weeks			
		1	2	3	4
Male	M-A	105.4±14.4	142.3±7.6	128.7±8.8	124.6±8.6
	M-B	99.4±32.7	97.2±16.9	134.7±23.8	135.7±17.1
	M-C	89.2±4.6	119.4±4.4	119.3±20.0	116.6±18.6
	M-D	93.11±4.2	125.0±1.1	124.4±16.2	124.1±17.2
	M-E	94.3±3.0	129.3±15.2	132.8±2.0	130.8±2.3
Female	F-A	63.1±3.1	105.0±11.9	94.3±0.3	105.4±3.4
	F-B	66.9±2.7	90.7±14.8	105.3±9.2	119.6±6.2
	F-C	76.4±6.9	110.2±5.5	102.3±10.0	118.5±12.0
	F-D	89.8±20.6	126.5±9.2	117.5±14.0	119.5±5.6
	F-E	58.4±6.3	123.2±44.3	109.1±33.9	129.7±9.1

Values are expressed as mean ± S.D. from three cages.
Explanations of group are shown in Method and Materials (II-2).

음수량은 사육상자당 배치된 3 **마리 마우스의** 1**주일 량으로 표시하였다**. **표준편차는** 3 **개 상자의 측정치로부터 구하였으며** 4 **주간의 성적을** Table 42**에 나타내었다**. **암수 모두에서 사육상자 상호간에서 유의성 있는 음수량의 증가 또는 감소는 관찰되지 않았다** (Table 42).

Table 42. Water consumption per cage in the different dwelling conditions for 4 weeks (Unit: ml)

Sex	Group	Weeks			
		1	2	3	4
Male	M-A	248.6±6.2	227.0±12.1	269.1±6.9	247.2±25.1
	M-B	212.2±24.1	216.2±32.1	192.0±78.1	164.0±68.1
	M-C	216.2±32.7	248.8±35.8	174.6±39.3	170.5±48.2
	M-D	179.5±32.3	262.7±8.1	212.0±36.2	192.6±49.9
	M-E	185.4±27.3	283.5±40.0	222.1±40.1	206.1±29.0
Female	F-A	177.0±35.9	163.7±15.5	218.3±110.2	204.7±109.0
	F-B	103.5±10.6	118.0±47.7	138.8±17.0	126.5±9.3
	F-C	190.1±67.8	165.8±31.2	142.5±23.9	117.7±46.3
	F-D	148.4±10.7	197.1±9.1	183.1±15.1	184.6±31.8
	F-E	181.4±64.3	145.7±37.6	239.4±52.1	211.6±51.1

Values are expressed as mean ± S.D. from three cages.
Explanations of group are shown in Method and Materials (II-2).

4) **요검사**

사육상자에 따른 요검사상의 이상은 발견되지 않았다. 시험에 사용된 모든 동물의 요의 색도는 정상이었다. 요중 글루코스, 케톤체, 유로빌리노겐, 빌리루빈은 모든 동물에서 음성 또는 정상 반응을 보였다.

나. 번식시험결과

1) **사망동물 및 일반증상**

전 시험군에서 전 시험기간 동안 사망한 동물은 없었고, 또 사육상자에 기인한 특이한 임상증상도 관찰되지 않았다.

2) **체중측정 결과**

모든 사육상자에서 20**일 동안 체중의 변화를 관찰하였을 때, 시간이 경과함에 따라 암수 체중은 증가추세를 나타내었다** (Table 43). **이러한 체중 증가에 사육상자의 종류가 미치는 영향을 알아보기 위하여 통계학적 검정을 실시한 결과, 암컷에서 사육상자 및 사육기간에 따른 차이가** ANOVA**에 의해서 확인되었다. 또한 사육기간과 사육상자 사이의 교호작용도 인정되었다. 이러한 결과를 바탕으로 암컷에 있어서** unpaired, two-tailed Student's *t* test**를 실시한 결과를** Table 44**에 나타내었는데 스테인레스 스**

틸 사육상자와 다른 사육상자간의 차이가 나타났다 (0.01< P< 0.05).

Table 43. Body weight in mice bred in the different dwelling conditions for 4 weeks (Unit: g)

Sex	Group	Weeks		
		0	1	2
Male	A	35.1 ± 2.1	34.8 ± 2.0	36.5 ± 2.7
	B	35.2 ± 1.8	35.0 ± 2.6	35.9 ± 2.0
	C	34.7 ± 1.7	34.4 ± 1.8	37.0 ± 2.0
	D	34.5 ± 2.1	35.7 ± 2.0	37.3 ± 0.6
	E	34.5 ± 2.1	33.9 ± 0.7	34.2 ± 0.5
Female	A	28.1 ± 1.0	31.6 ± 1.8	42.7 ± 2.0
	B	28.1 ± 0.9	31.7 ± 1.4	42.7 ± 2.8
	C	28.2 ± 0.8	31.2 ± 1.1	40.9 ± 3.7
	D	27.9 ± 0.4	28.3 ± 1.4	34.6 ± 1.7
	E	27.8 ± 0.5	30.0 ± 0.8	38.4 ± 1.9

Values are expressed as mean ± S.D. from three mice.

Explanations of group are shown in Method and Materials (II-2).

Table 44. Effects of dwelling conditions and time on body weight in female mice

	Weeks		
	0	1	2
A vs. B	-	-	-
A vs. C	-	-	-
A vs. D	-	P< 0.01	0.01< P< 0.05
A vs. E	-	-	-
B vs. C	-	-	-
B vs. D	-	-	0.01< P< 0.05
B vs. E	-	-	-
C vs. D	-	0.01< P< 0.05	0.01< P< 0.05
C vs. E	-	-	-
D vs. E	-	0.01< P< 0.05	p< 0.01< P< 0.05

Difference was estimated by Student's two-tailed unpaired *t* test between two groups of different conditions.

- ; No significant

3) **사료섭취량 및 음수량**

사료섭취량은 사육상자당 배치된 3 **마리 마우스의** 1 **주일 량으로 표시하였다. 표준편차는** 3 **개 상자의 측정치로부터 구하였으며** 4 **주간의 성적을** Table 45**에 나타내었다. 암수 모두에서 사육상자 상호간에서 유의성 있는 사료섭취량의 증가 또는 감소가 관찰되지 않았다** (Table 46).

Table 45. Food consumption per cage of three mice bred in the different dwelling conditions for 3 weeks (Unit: g)

Group	Weeks		
	1	2	3
A	77.4 ± 4.8	87.8 ± 9.2	164.6 ± 42.9
B	78.3 ± 6.5	86.0 ± 7.4	131.8 ± 14.8
C	94.9 ± 3.8	93.6 ± 14.4	93.7 ± 28.2
D	88.5 ± 8.0	91.6 ±1.3	98.6 ± 13.7
E	83.5 ± 2.6	95.5 ± 4.7	104.0 ± 8.8

Values are expressed as mean ± S.D. from 3 cages.
Explanations of group are shown in Method and Materials (II-2).

음수량은 사육상자당 배치된 3**마리 마우스의** 1**주일 량으로 표시하였다. 표준편차는** 3 **개 상자의 측정치로부터 구하였으며** 4 **주간의 성적을** Table 46**에 나타내었다. 암수 모두에서 사육상자 상호간에서 유의성 있는 음수량의 증가 또는 감소를 나타내지 않았다** (Table 46).

Table 46. Water consumption per cage of three mice bred in the different dwelling conditions for 4 weeks (Unit: ml)

Group	Weeks		
	1	2	3
A	104.6 ± 22.6	108.6 ± 26.0	92.4 ± 25.8
B	90.5 ±11.7	113.3 ± 9.1	127.0 ± 6.0
C	105.0 ± 26.2	139.9 ± 45.5	140.0 ± 48.8
D	128.6 ± 16.2	193.8 ± 59.0	196.3 ± 54.6
E	107.2 ± 9.2	137.6 ± 29.5	142.5 ± 32.0

Values are expressed as mean ± S.D. from 3 cages.
Explanations of group are shown in Method and Materials (II-2).

4) 요검사

사육상자에 따른 요검사상의 이상은 발견되지 않았다. 시험에 사용된 모든 동물의 요의 색도는 정상이었다. 요중 글루코스, 케톤체, 우로빌리노겐, 빌리루빈은 모든 동물에서 음성 또는 정상 반응 보였다.

5) 산자수 및 체중변화

전 시험군에서 임신기간은 마우스의 평균 임신기간인 19 20일 (Hendrickx, 1970)로 나타났으며,임신기간의 단축이나 연장 등의 이상징후는 나타나지 않았다. 사육상자별 산자수와 분만후 1주일 간의 신생자수의 변화를 Table 47에 나타내었다. 산자수에서는 스테인레스 스틸 사육상자를 제외하고는 별다른 차이를 나타내지 않았다. 스테인레스 스틸 사육상자에서는 신생자가 생존하지 못하고, 분만후 1일이 경과한 뒤 모두 사망하였다.

Table 47. Liter size per cage of three mice bred in the different dwelling conditions

Group	관 찰 일 수				
	0일	2일	4일	6일	8일
A	11.3 ± 2.1	11.3 ± 2.1	11.3 ± 2.1	11.3 ± 2.1	11 ± 1.7
B	13.7 ± 0.6	13.7 ± 0.6	13.7 ± 0.6	13.7 ± 0.6	12.5 ± 0.7
C	10.7 ± 0.7	10.7 ± 0.7	10.7 ± 0.7	10.7 ± 0.7	9.3 ± 3.8
D	4.0 ± 4.6	0	0	0	0
E	10.7 ± 1.6	10 ± 1.7	10 ± 1.7	10 ± 1.7	8 ±4.6

Values are expressed as mean ± S.D. from 3 cages.
Explanations of group are shown in Method and Materials (II-2).

분만 후 14일령째의 신생자에 대한 체중측정을 1주간 실시한 결과를 Table 48에 나타내었다. 14일령의 신생자의 체중에는 유의성있는 차이가 없었으며, 1주 후에도 유의성 있는 증가를 나타내지 않았다.

Table 48. Newborns body weight per cage in the different dwelling conditions for 1 weeks (Unit: g)

관찰일수	Group				
	A	B	C	D	E
14일령	7.4±0.8	6.0±0.4	8.4±3.3	-	6.6±1.5
21일령	8.7±1.0	7.2±0.2	10.0±0.6	-	6.9±0.6

Values are expressed as mean ± S.D. from 3 cage.
Explanations of group are shown in Method and Materials (II-2).

Photo 11. **무처리 왕겨컴포지트 사육상**

Photo 12. **바이오 세라믹 왕겨컴포지트 사육상**

Photo 13. **폴리카보네이트 사육상**

Photo 14. **스테인레스 사육상**

Photo 15. **콘크리트 사육상**

Photo 16. **왕겨** sheet

Photo 17. **카본파이버** 1% **왕겨컴포지트** sheet

Photo 18. **카본파이버** 2.5%**왕겨컴포지트** sheet

Photo 19. **카본파이버** 4.5%**왕겨컴포지트** sheet

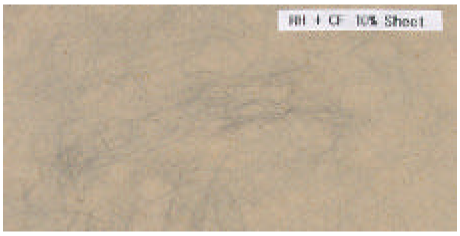


Photo 20. **카본파이버** 10%**왕겨컴포지트** sheet

Photo 21. **바이오 세라믹 왕겨컴포지트** sheet

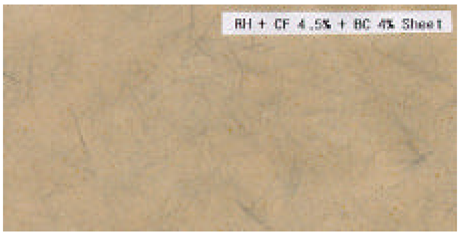


Photo 22. **바이오세라믹 카본파이버 왕겨 컴포지트** sheet

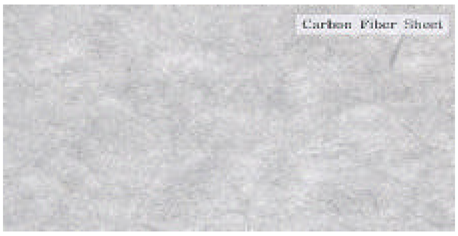


Photo 23. **카본 파이버** sheet

6. 경제성 종합 평가

가. 국내 목재산업의 동향

1) 국내 목재의 수급현황

우리 나라는 국토의 65%가 산림으로서 목재관련 산업의 발전 잠재력이 아주 높은 국가이다. 그러나 일제침략기와 한국전쟁을 거치는 과정에서 거의 모든 산림이 황폐되어 현재는 대부분 산림이 목재의 안정적인 공급이 어려운 형편으로 국내 수요의 95%정도를 수입에 의존하고 있다. '90년대 들어서면서 연간 2,500만㎥내외의 목재 소비량을 유지하고 있으나 '97년말부터는 외환위기에 의한 IMF 관리체제하에서 국내경기의 침체와 위축으로 급격히 감소하게 되었다.

우리 나라 목재수급 동향을 보면, 목재수요의 대부분이 건축·토목용으로 건축경기에 가장 큰 영향을 받으며, 다음은 가구용으로 최근 수요가 급증하는 추세로 건축 및 가구소재 개발이 활발하게 이루어져 보드류 및 집성재의 소비가 증가하고 있다.

'92년 브라질 리우환경회의 이후 우리 나라 목재수입 패턴은 산림자원국의 원목벌채 및 원목수출규제가 강화되면서 남양재 원목수입이 급격하게 감소하였고, 침엽수 원목 수입의 증가가 두드러진 경향을 보였다. 이와 같은 상황에서 우리 나라는 장기 목재수급에 대처하는 해외산림 개발확대와 국내산림 투자사업에 역점을 두고 있다.

최근 생활수준의 향상에 따라 건강주택에 대한 관심이 고조되고 있으며, 주택 내장 및 가구에 있어서 석유화학제품이나 타물질 소재를 피하고 목질재료를 선호하는 경향이 많아지고 있다. 이것은 앞으로 목질패널류의 수요와 요구가 증가될 것을 보여주는 것으로 우리의 합판 및 보드류업계는 이러한 시장 변화에 대비하여야 할 것으로 보인다.

<표 49> 연도별 목재수급현황 (단위 : 천㎥)

구분	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
계	22,275	26,648	24,178	25,325	27,404	26,452	20,081
원목	9,182	8,832	8,883	9,284	9,225	9,328	5,798
- 국내재	1,123	1,184	1,173	1,055	1,195	1,062	1,428
- 수입재	8,861	7,648	7,710	8,229	8,030	8,266	4,370
수입목제품	12,138	15,816	15,295	16,041	18,179	17,124	14,283
자급율	6(12)	5(13)	5(13)	4(11)	4(13)	4(11)	7(25)

자료 : 임업연구원. 1999. 임업경제동향연차보고서. p74.

국내 목재수요는 크게 내수용과 수출용으로 나눌 수 있다. '98년의 국내 목재 총 소비량을 보면 내수용으로 총소비량의 90%를 차지하는 19,548천㎥, 합판과 보드류가 주종을 이루는 수출용으로 소비량의 10%를 차지하는 533천㎥으로 국내 총 소비량은 20,081천㎥이다. 자급률을 보면 갱목이 100%, 보드용이 45%가 자급되고, 이외 용도로는 5%정도가 자급되고 있다.

<표 50> 1998년도 목재수급현황 (단위 : 천㎥)

구분	수요		계	공급				자급율 (%)
	내수	수출		국산재	수입재			
					계	원목	목제품	
계	19,548 (1,185)	533	20,081 (1,185)	1,428	18,653	4,370 (1,185)	14,283	7
갱목용	110	-	110	110	-	-	-	100
합판용	1,881	262	2,143	-	2,143	1,121	1,022	
보드용	726 (1,185)	193	919 (1,185)	417	502	184 1,185	318	45
펄프용	7,351	4	7,355	406	6,949	590	6,359	6
제재 및 목가공용	9,480	74	9,554	495	9,059	2,475	6,584	5

자료 : 임업연구원. 1999. 임업경제동향연차보고서. p75.

주 : ( )안은 폐재로 합계에 포함하지 않았음.

2) 합판산업

합판은 우리 나라 목재산업을 선도하여 기술개발과 수출부문에 공헌을 해 왔다. 그러나 모든 원료를 외국에서 의존하고 있는 생산구조이기 때문에 1980년대 들어서 인도네시아, 말레이시아 등의 원료 생산국이 직접 생산과 수출을 시작하여 국제시장에서 한국의 합판은 경쟁력을 잃게 되었다.

합판의 규격별 생산추이를 보면, 12㎜이하의 규격은 대체 보드로 충당되면서 최근에는 대부분이 콘크리트 판넬용으로 사용되는 12㎜이상이 공급되고 있어 '98년의 경우 90%이상을 차지하고 있다.

<표 51> 합판의 규격별 생산 및 수입현황 (단위 : 천㎥)

연도	합계	3.5㎜이하	3.6- 5.9㎜이하	6.0- 11.9㎜이하	12.0㎜ 이상
1988	977	267	109	53	548
1995	722	13	3	2	704
1996	726	7	4	6	709
1997	866	7	8	13	838
1998	518	8	5	24	482
주용도	-	가구・매장용・내장용	모델하우스 및 매장용	포장재・콘크리트판넬용	콘크리트 판넬용

자료 : 임업연구원. 1999. 임업경제동향연차보고서. p96.

합판산업의 추이를 보면 공장수와 종업원수는 감소하고 있지만 생산성과 공장당 생산액은 증가하여, 구조 개선기를 거쳐 바람직한 방향으로 진행되고 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 공장수는 ’90년대 초반까지 증가했지만, 다시 감소하기 시작하여 ’97년에는 153개로서 점차 감소하고 있다.

종업원수는 ’90년대 들어 감소하기 시작하여 ’97년에는 7천명 이하로 떨어졌다. 따라서 종업원 1인당 부가가치 생산성은 최근 급격하게 상승하고, 공장당 생산액도 최근 증가 경향을 보이고 있다. 이것은 합판공장들이 대규모 자동화 설비를 갖추고 생산성을 향상시킨 공장들만이 국내의 합판시장 경쟁에서 존속되는 것을 의미한다.

<표 52> 최근 10년간 합판공장의 추이

년도	사업체수	종업원수	부가가치생산성 (백만원/인)	공장당 생산액 (백만원)
1988	205	13,534	7.4	2,462
1989	213	11,673	9.2	2,168
1990	223	12,719	13.4	2,428
1991	216	10,609	27.8	3,052
1992	215	8,980	24.6	2,845
1993	228	8,848	24.9	2,826
1994	197	7,227	31.1	3,188
1995	193	7,605	33.8	3,558
1996	179	6,784	32.8	3,944
1997	153	6,747	58.7	6,335

자료 : 통계청. 각년도. 광공업통계조사보고서.

3) 보드류(P.B와 섬유판)산업

파티클 보드산업은 제재와 합판 생산시에 발생하는 폐재를 효율적으로 재생하여 부가가치가 높은 제품으로 생산하는 친환경적 산업이다. 파티클보드의 원료인 폐재의 발생량은 매년 증가하고 있으며, 그 폐재 중에 파티클보드의 원료로 공급되는 비율은 70%정도인 연간 115만㎥으로 국내 목재산업 중에서 원료확보가 비교적 안정되어 있는 산업이다.

MDF(Medium Density Fiberboard: 중밀도 섬유판)는 목질섬유를 합성수지로 결합시켜 만든 목질판상제품을 칭하며 국내의 경우 3㎜-35㎜ 두께의 제품이 생산되어 실내가구용 소재 등으로 광범위하게 사용되고 있다. 1965년 미국에서 개발된 이후 지속적으로 기술 축적되어 목재 패널중에서 가공성이 뛰어난 소재로 인정받아, 1980년대 후반부터 건축과 가구분야에 걸쳐 수요를 확대시켜왔다. 앞으로도 그 수요가 기대되는 목질재료이다.

<표 53> 파티클보드, 섬유판의 생산 및 수입 (단위 : 천㎥)

년도	파티클보드		섬유판(중밀도)	
	생산	수입	생산	수입
1975	39	-	-	-
1980	68	-	-	-
1985	55	57	-	27
1990	165	401	113	152
1995	548	485	590	76
1996	659	408	720	53
1997	721	293	728	58
1998	507	149	571	74

자료 : 임업연구원. 1999. 임업경제동향연차보고서. p98.

인슐레이션보드(연질섬유판)의 경우는 최근 국내시장에 소개가 되어 용도개발과 시장 접근이 시도되고 있다. 연질섬유판은 현재 국내수요의 전량이 수입되고 있으며, 국내 보드류 시장에서 주류를 이루지는 못하고 있으나 앞으로는 활용 가능성이 매우 높다. 무역통계연보에 따르면 비중 0.35- 0.5인 섬유판은 매년 수입액수가 큰 차이를 보이고 있으나 평균적으로 30만달러 수준이다. '97년의 경우 63만달러까지 수입되었으나, '98년에는 국내 건축경기의 위축으로 9만달러 수준으로 떨어진 것을 볼 수 있다.

<표 54> 연질 섬유판의 수입현황 (품목번호 4411.3)

년도	1993	1994	1995	1996	1997	1998
수입량(KG)	1,062,471	733,673	173,724	132,934	515,560	224,567
수입액($)	369,735	298,674	101,193	97,684	631,098	90,820

자료 : 관세청. 각년도. 무역통계연보

보드류 두께별 생산현황을 보면 파티클보드의 경우 두께 15㎜가 전체 총 생산량의 60% 이상으로 가장 많은 생산량을 보이며, 다음으로 18㎜가 15%정도를 차지하고 있다. 이와 같이 파티클보드는 주방가구 및 사무용가구 천판용으로 가장 많이 사용되는 후판위주로 생산되며, 섬유판은 일반가구용으로 사용되는 양이 많아 다양한 두께의 규격을 고르게 생산하고 있다.

<표 55> 파티클보드 두께별 생산 비율 추이 (단위 : %)

년도	9㎜	12㎜	15㎜	18㎜	20㎜	23㎜	25㎜	기타	합계
1992	1.3	11.2	67.8	10.8	1.3	1.7	0.1	5.7	100.0
1993	0.8	7.9	64.4	16.2	2.6	5.0	1.0	2.1	100.0
1994	1.1	6.9	59.1	16.3	6.3	5.8	1.1	3.4	100.0
1995	0.1	3.0	69.0	15.2	4.4	4.9	0.8	2.6	100.0

자료 : 임업연구원. 1998. 임업경제동향연차보고서. p106.

4) 국내외 목재패널류 수급여건 변화

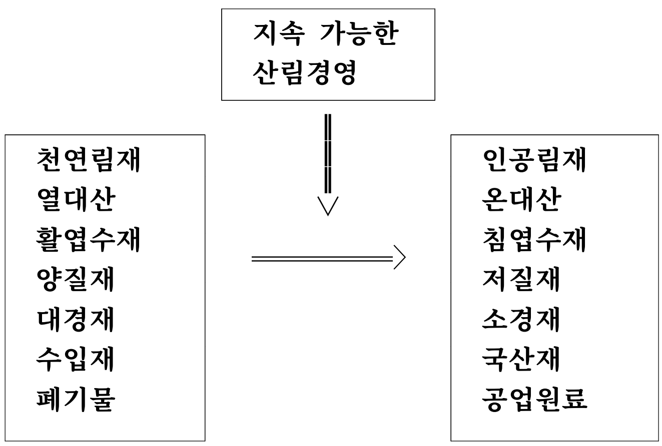
우리 나라의 목질패널류산업은 생산설비의 자동화 및 성력화, 세계적인 목재자원 및 목질보드 수급추이에 대응한 산업구조조정, 그리고 그 동안의 경험을 토대로 한 기술수준 등을 바탕으로 한국목재 산업의 새로운 전환기를 주도해 왔다. 그러나 목질패널류산업을 둘러싼 국내외적 환경변화는 지속적인 성장과 안정체제 구축을 매우 심각하게 제약하고 있다. 이와 같은 환경변화는 곧 국내업계가 당면하고 있는 문제점이라고도 할 수 있다.

우리 나라 보드류산업을 둘러싼 산업환경의 외부적 변화요인으로는 리우회의 이후로 강력하게 대두하는 지구환경문제와 이에 따른 천연림 벌채규제, 원자재의 가격상승 및 침엽수재로의 전환추세와 개발도상국의 가공설비 현대화, 세계적인 목질보드 제조설비 확장, 수입개방화 등에 따른 제품공급의 과잉 및 수입증대 현상으로 볼 수 있다.

내부적 변화요인으로는 원·부자재 가격 상승 및 폐재원료 공급원인 제재산업 위축에 따른 원료 확보난과 인건비 상승과 기능인력 부족, 물류비 상승으로 볼 수가 있다. 또한 콘크리트 거푸집, 가구재 등 위주의 목질패널 내수기반의 한계와 수요자의 제품 성능 요구도가 증대하고 있다.

세계적인 목재자원의 흐름은 지속가능한 산림경영이라는 원칙에 따라 천연림재의 이용에서 인공림재의 이용으로 전환되어 가는 추세를 보여주고 있다.

<도표 1> 세계적인 목재자원 수급변화 추이



자료 : 박종영. 1997. 한국 목질패널산업의 경쟁력 강화방안 101-102를 참조하여 재구성. 한국합판공업협회, 임업연구원. 1997. '97 한국 합판·MDF·파티클보드 심포지움자료.

5) 대체재 수요전망

우리 나라 목재의 소비량은 '90년대 중반 이후 2,500만㎥내외를 유지하고 있는 것으로 나타났다. 국내의 목재수요 대부분은 건축·토목용으로 목재관련 산업은 국내 건축경기에 민감한 반응을 보이고 있으며, '88년 서울올림픽 특수와 '80년대 말 이후의 건축경기의 호황 가구소비 증가 등으로 목재수요는 증가 추세를 보여 왔다. 그러나 '97년 외환위기 이후 국내경기의 침체와 위축으로 목재 총 소비량은 급격히 감소한 실적을 보였다. 따라서 수입물량은 감소하고 국내재 생산이 '92년 이후 가장 많은 142만㎥가 공급되었다. 이것은 그 동안 국내 생산 목재보다 저렴한 가격으로 들여오던 원자재인 목재가 국내·외의 수 많은 여건 변화에 따라 앞으로는 더 이상 싼가격으로 수입 할 수 없다는 것을 나타내고 있다. 따라서 국내재 생산과 대체재 개발에 대한 필요성이 더욱 부각되고 있는 실정이다.

또한 인류가 점차 생활수준의 향상됨에 따라 건강과 환경적인 측면을 고려하는 경향이 높아짐에 따라 친환경적인 소재를 선호하게 되었다. 따라서 기존의 보드류를 대체할 수 있는 친자연적인 소재로 만들어진 왕겨보드는 고기능성을 갖춘 환경조화형 주거재료로서 건축과 가구재 등에 활용 가능성이 높다고 평가할 수 있다.

나. 국내 왕겨 생산추이

우리 나라는 대부분의 곡물을 수입에 의존하고 있는 실정이지만 쌀만큼은 거의 대부분 자급되고 있다. 쌀을 얻기 위해서는 벼의 도정과정을 거치게 되는데, 이 과정에서 생산되는 왕겨의 생산량은 벼 생산량의 18-20%정도 수준으로 알려져 있다. 일반적으로 벼의 품질간에 각질의 두께에 따라 약간의 차이가 나타나는데 일반벼가 18%, 통일벼가 20%정도 된다. 국내 미곡생산량을 대략 500만톤 정도로 볼 때, 왕겨 생산량은 연간 약 100만톤 정도로 추정할 수 있다. 그 동안 왕겨의 쓰임에 있어 그다지 부가가치를 갖지 못하는 축사나 양돈시설의 깔개로 대부분이 사용되었으며 양파나 마늘재배나 과수원 잡초제거용으로 95%가 사용되었다.

<표 56> 최근 5년간 미곡 생산량(정곡) (단위 : 만톤)

연도	1993	1994	1995	1996	1997	5년간평균
생산량	475	506	470	532	545	506

자료 : 농수축산신문. 1998. 한국농업연보 1998. p268.

우리 나라는 '97년까지 연간 도정능력이 6,000톤에 달하며 미곡종합처리장이 253개(농협 등 생산자 소유 165개, 민간소유 88개)가 설치 운영되고 있으며, 개별 미곡종합처리장에서는 연간 약 1,200톤의 왕겨를 연중 거의 일정하게 생산하고 있으며 미곡종합처리장에서 생산되는 것은 전국 왕겨생산량의 약 37.5%인 303,600톤으로 추정하고 있다.

농어촌진흥공사의 전국 왕겨 생산 및 처리실태와 판매단가에 대한 설문조사를 참고하면, 분기별 왕겨 생산량은 1분기에만 21.1%수준으로 조금 낮고, 2, 3, 4분기는 비슷한 수준으로 나타나므로 왕겨의 생산량은 연간 거의 일정하게 생산되고 있는 것으로 나타났다. 전라남도가 최고 톤당 44,700원, 경상북도가 최저로서 톤당 10,800원의 분포를 보이며 전체 평균은 톤당 21,900원으로 보고하고 있다. 또한 전국 왕겨처리 실태조사 결과 왕겨는 대부분 가축분뇨의 수분 흡수재로서 축사의 깔개로 이용되어 퇴비화되고 있는데, 문제점으로는 악취발생, 어린 가축들의 생육장애 등이 제기되었다.

국내에서 발생하는 왕겨 가격형성은 수요처가 일정하지 않으며, 단위 무게에 비하여 부피가 많이 차지하는 것이 저장과 운송비에 영향을 주어 지역간에 가격차이가 많이 나고 있다. 따라서 규모가 적은 정미소나 도정공장에서는 보관장소가 부족하여 생산되는 양을 무료로 제공하겠다는 곳까지 있으며, 양곡처리장에서 대단위로 구입할 경우 낮은 가격으로 공급이 가능 할 것으로 전망된다.

<표 57> 전국 왕겨실태조사(1995년 기준)

도	미곡 생산량 (천톤)	왕겨 생산량(천톤)					왕겨 비율	왕겨판 매단가 (원/톤)	왕겨판 매수익 (천만원)	왕겨이용처	
		1/4 분기	2/4 분기	3/4 분기	4/4 분기	합계				축산업, 퇴비	상토,철 강업 등
경기	557	17.5	22.6	29.7	30.7	100.5	18.0	14200	143	100	0
강원	182	7.6	7.6	7.1	8.1	30.4	16.7	13700	42	100	0
충북	269	10.2	13.5	13.3	12.0	49.0	18.2	12300	60	95	5
충남	720	31.2	33.7	32.0	36.4	133.3	18.5	14500	193	100	0
전북	767	29.2	34.3	39.2	33.0	135.7	17.7	21100	286	95	5
전남	868	29.2	44.6	43.7	43.7	158.8	18.3	44700	710	90	10
경북	612	22.5	29.0	30.0	30.0	109.7	17.9	10800	118	90	10
경남	525	23.6	22.3	22.5	22.5	92.4	17.6	24300	225	100	0
합계	4,500										

자료 : 농어촌진흥공사. 1998. 왕겨재를 이용한 고내구성 프리캐스트제품화 연구(Ⅱ). p33.

국내 미곡종합처리장은 농업협동조합이나 생산자 단체로서 미곡을 생산·유통하는 법인이나 양곡도정공장과 100평 이상의 저창고를 보유한 일반사업자를 대상으로 정부에서 농어촌구조개선 특별회계자금으로 미곡종합처리장의 설치를 지원하고 있다. 그러나 국내의 미곡종합처리장들은 원료곡의 확보가 어려우며, 왕겨 저장공간이 협소하여 시의 적절한 왕겨소비를 위하여 많은 미곡종합처리장에서는 무허가 처리업자와 연간 계약을 맺어 왕겨를 판매하고 있는 실정이다. 이에 미곡종합처리장 역시 경영상의 적자를 탈피하기 위해서 규모의 대형화가 불가피하여 이로 인해 미곡종합처리장에서 건조 및 도정하는 벼의 양은 점차 증가될 전망이다.

이와 같이 미곡종합처리장 규모의 대형화는 소비처까지 왕겨의 운반거리를 장거리화하며, 이로 인하여 사용후 퇴비화하는 현재의 왕겨 소비형태는 더 이상 경쟁력을 유지하기 힘들것으로 보인다. 그러므로 왕겨를 농민이나 미곡종합처리장의 새로운 고소득원으로 활용하려는 기술 개발욕구가 증대하고 있다.

이와 같이 이용처가 한정되고 부가가치가 낮은 방향으로 사용되고 있는점을 감안하여 새로운 사용처 개발을 위해 외국뿐만 아니라 국내에서 몇몇 연구가 이루어지고 있다. 그 동안 수행되어온 연구는 대부분이 왕겨를 이용한 농업 생산성 연구와 연료재

로서의 활용방안이다. 또한 왕겨의 활성탄을 이용한 물리·화학적 성질을 규명하여 수질개선 및 흡착성에 대한 연구와 왕겨재를 이용한 혼화재료로 활용하는 기술을 들 수 있다. 그러나 대량의 소비처가 될 가능성이 높은 산업 원자재로서 용도개발 연구는 미약한 수준에 있다.

다. 왕겨보드류의 생산비용 추정

왕겨보드류는 아직 국내업체에서 직접 생산을 통하여 시장에 출시되지 않은 제품이기 때문에 경제성을 정확히 분석하기에는 한계가 따른다. 그러나 제품화되었을 때 경쟁이 가능한 MDF나 파티클보드 등과 같은 목질보드류와 원가 비교를 통해 어느 정도 비교가 가능 할 것으로 보인다. <표 9>은 국내 A사의 MDF의 제조원가 예로서 Green MDF의 경우 재료비에서 원재료(칭)와 부재료(수지)가 차지하는 비율은 전체의 57.2%를 차지 하고 있었다.

<표 58> 국내 A사 MDF 제조원가 예시

구 분		Green MDF(폐재 사용시)		Hi-Q MDF(원목사용시)	
변동비	원재료	84,214	41.1%	100,588	49.2%
	부재료	32,954	16.1%	29,283	14.3%
	에너지	31,195	15.2%	32,088	15.7%
	간접재료비	6,825	3.3%	4,545	2.2%
소 계		155,188	75.7%	166,504	81.4%
고정비	노무비	14,497	7.1%	8,451	4.1%
	제조경비	35,275	17.2%	29,549	14.5%
소 계		49,772	24.3%	38,000	18.6%
합 계		204,960	100.0%	204,504	100.0%

아래의 <그림 2>와 <그림 3>는 MDF와 파티클보드의 제조공정을 간단히 그림으로 나타낸 것이다. 여기서 주목해야할 것은 왕겨보드를 생산할 경우에는 MDF공정과 비교해서 박피, 파쇄, 해섬공정을, 파티클보드공정과 비교하여 파쇄와 삭편공정을 거치지 않고 간단한 선별과정 후에 바로 도포공정으로 투입될 수 있다는 것이다. 이점은 제조공정의 단축을 의미하는 것으로 기존의 보드류보다 제조원가를 낮출 수 있다는 것을 시사하는 점이다.

<도표 2> MDF 제작공정

①원재료 → ②박피 → ③파쇄 → ④해섬 → ⑤도포 → ⑥건조

↓

⑫출고 ← ⑪검사 ← ⑩연마 ← ⑨재단 ← ⑧열압 ← ⑦성형

자료 : 동화기업. 1999. 인터넷 홈페이지 참조 재구성.

<도표 3> 파티클보드 제작공정

①파쇄 → ②삭편 → ③건조 → ④선별 → ⑤도포 → ⑥정량

↓

⑫출고 ← ⑪검사 ← ⑩연마 ← ⑨재단 ← ⑧열압 ← ⑦성형

자료 : 동화기업. 1999. 인터넷 홈페이지 참조 재구성.

보드류의 원자재는 주로 폐재(칭, 톱밥, 대패밥, 폐목재, 단목, 심목, 제재폐재)가 사용되고 있지만, 총량적으로 공급물량이 부족하여 부족한 물량은 원목으로 충당되고 있다. 이런점을 감안한다면 보드류의 원자재 공급문제가 보드류의 공급가 상승요인으로 크게 영향을 미치게 되는 것이 현실이다.

앞장에서 본 것과 같이 본 연구과정에서 제작된 MDI 연질왕겨보드(0.3미만, MDI 12%, 170℃, 7분) KS 연질섬유판의 A급 수준에서, MDI 중밀도왕겨보드(0.85미만, MDI 12%, 170℃, 7분)의 경우 파티클보드 18.0형 수준에서 만족하는 결과가 나왔다. UF연질왕겨보드의 밀도는 0.4미만이나 강도는 A급을 만족시켰고 적정제조조건은 UF 18%, 171℃, 20분이었다. PF 연질왕겨보드(밀도 0.4미만)의 경우는 PF 15%, 171℃, 20분으로 T급을 만족시켰다.

<표 59> KS F 3200 연질섬유판 규격

종류	밀도 g/㎤	함수율 %	휨강도 kgf/㎠	흡수두께팽창율 %
T급 연질판 T-IB	0.25 미만	5 이상 13 이하	10.2 이상	20 이하
A급 연질판 T-IB	0.30 미만		20.4 이상	10 이하
내수 연질판 S-IB	0.40 미만		30.6 이상	5 이하

자료 : 한국표준협회. 1997년 12월 15일 개정. 한국산업규격.

<표 60> KS F 3104 파티클보드 규격

종류	밀도 (g/㎤)	함수율 (%)	휨강도 (kgf/㎠)	흡수두께 팽창율(%)	박리강도 (kgf/㎠)
파티클보드 18.0형	0.50 이상 0.80미만	5 이상 13 이하	184	12이하	3.1

이러한 결과를 볼 때 왕겨보드 제품은 연질섬유판과 파티클보드에 대한 대체재의 가능성이 매우 높다. 표 61 및 62는 국내에서 생산되고 있는 파티클보드 제조과정에 투입되는 주재료인 칩과 왕겨의 가격을 비교한 것과 보드 생산 주재료의 추정 원단위이다. 여기서 표시된 가격은 연구의 시점(1999년 9월)에 국내의 보드류 생산업체인 B사로 공급되는 칭류의 가격이다. 또한 왕겨의 공급가격은 사실상 일정한 규모로 형성되지 않고, 지역간에 큰 편차가 나타나기 때문에 계상하기에 다소 어려움이 따른다. 본 연구과정에서 사례조사를 한 결과 왕겨는 톤당 5,500원선에 구입 가능한 것으로 나타났다.

<표 61> 재료비 비교 예시

구분	단위	파티클보드	왕겨보드
원재료	톤	재생칩 39,000원	왕겨 5,500원
부재료	KG	요소수지 230원	요소수지 230원 MDI수지 1,500원

<표 62> 보드 생산 주재료 추정 원단위(제품 1m3 생산기준)

구분	PB		MDF		중밀도 왕겨보드		연질왕겨보드	
	평균소요량 (Kg)	평균원가 (원)	평균소요량 (Kg)	평균원가 (원)	평균소요량 (Kg)	평균원가 (원)	평균소요량 (Kg)	평균원가 (원)
목재 원료	1,175	40,000	1,233	63,000	1,200	6,600	500	2,750
접착제 (요소 수지)	106.8	28,500	124.4	28,600	180	41,400	90	20,700
계(원)		68,500		71,600		48,000		23,450

자료 : 목질 보드공업의 실태 및 금후 대응방안. 1996. 박종영. 임업연구원 연구자료 제118호

보드 생산의 원단위의 구성요소는 원자재인 목재 원료, 부자재인 접착제 및 첨가제와 소요에너지이다. 왕겨보드의 소요에너지는 공장규모로 실험하지 않았기 때문에 주원료인 목재원료와 접착제만을 대상으로 비교한 결과, PB와 같은 중밀도의 왕겨보드는 PB가격의 70%로써 제조가 가능하고 연질 왕겨보드의 경우는 수입 연질 보드류의 평균가격의 37%정도로써 제조가 가능한 것으로 평가되었다. 다만 MDI수지를 사용할 경우 가격(1,500원/kg)이 비싸므로 경쟁력이 떨어진다.

그러나 요소수지 또는 페놀수지를 사용할 경우 수지량이 다소 추가되어도 주재료인 왕겨의 가격이 매우 낮으므로 왕겨보드는 충분한 가격 경쟁력이 있을 뿐 만 아니라, 기존의 보드류 생산과정보다 단순하고 적은 공정으로 생산됨에 따라 생산 제조원가를 매우 낮출 수 있다는 점에서 PB보드에 대치될 수 있고 뿐만 아니라 그 동안 전량 수입에 의존하고 있는 수입 연질섬유판에 대한 국내재 대체효과와 시장성도 매우

높을 것으로 추정된다.

라. 경제성 분석

본 연구의 수행결과 얻어진 바이오 세라믹 왕겨보드류에 대한 경제적 잠재력은 매우 높다고 볼 수 있다.

- 목질을 재료로하는 합판이나 보드류 관련산업이 원료의 대부분을 수입에 의존함에 따라 국제적인 원료목 가격 등에 크게 영향을 받게 된다. 이런점을 감안할 때 왕겨를 이용한 보드나 왕겨·목질신소재 개발은 수입에 의존하는 목재 및 목질재료 대체에 있어 상당히 공헌할 것으로 판단된다.

- 특히 왕겨연질보드는 외국에서 전량 수입에 의존하고 있는 연질섬유판에 대한 대체재로서 그 가능성은 매우 높다고 할 수 있다.

- 국내산 왕겨는 국내에서 발생되는 양이 매년 100만톤 수준이면서 분기별로 지속적으로 공급될 수 있기 때문에 안정적으로 원료공급이 가능하다.

- 그 동안 부가가치를 높일 수 있는 사용처를 찾지 못하던 왕겨를 산업적으로 새로운 이용개발로 인하여 농가나 양곡처리장 등에 수입을 향상시킬 수 있는 계기를 마련할 수 있다.

- 왕겨보드의 경우 기존의 MDF나 파티클보드 생산과정과 특별한 시설이나 공정이 추가되지 않는 것으로 나타나 목질재료보다 낮은 가격대로 원료공급이 가능하기 때문에 생산기업에서는 생산비의 절감으로 경쟁력이 향상될 것으로 보인다.

- 소비자의 입장에서는 건축이나 가구재료로서 인체에 유익하고 환경친화적인 제품을 값싸게 구입할 수 있다. 점차 건강에 관심을 두고 있는 소비자들의 욕구를 총족시킬수 있는 유리한 조건을 갖고 있다.

- 무처리 왕겨보드의 경우 일반 목재제품보다 8-16㎛ 원적외선 파장에서 높은 방사율을 나타내고 있다. 또한 추가로 세라믹 원료처리를 함에 있어 보다 경제적인 표층처리방법으로 높은 원적외선 방사율을 지닐 수 있는 것으로 나타났다.

이와 같이 왕겨보드나 왕겨목질 컴포지트보드라는 환경친화적인 소재의 개발을 통해 국가, 소비자, 생산자 모두에게 혜택을 제공하는 것으로 나타났다. 본 연구수행은 신소재 개발에 중점을 두었기 때문에 앞으로 생산기업에서 제조과정에서 나타나게 될 문제점이나 소비자의 선호도 조사에서 장·단점 등을 찾는 연구와 함께 상품 출시에 따른 종합적인 마케팅 전략이 필요할 것으로 보인다.

제5장 결 론

목재자원의 절대 빈국인 국내 목재 생산량의 약 2배나 되며, 약 100만톤을 생산하면서도 마땅한 용도가 없는 농용 부산물인 왕겨를 이용하여 목질판상제품 제조에 사용한다면 농가소득에 크게 이바지하게 될 뿐만 아니라, 해외로부터 들여오는 막대한 섬유자원의 대체효과를 가져올 수 있으므로 국익에 크게 보탬이 될 것이다.

1차년도 연구결과에 따라 아무런 처리도 하지 않은 왕겨 그대로 사용하는 연질 왕겨판이 벽판, 천장판 등 단열재 용도를 위하여 성공적으로 제조되어, 전량 수입되는 연질 보드를 대체할 수 있게 되었을 뿐 만 아니라, 2차년도 연구결과에 의하여 왕겨 자체의 원적외선 방사율이 매우 높아 인체에 매우 좋은 효과를 주는 재료로 판명되었고, 여기에 바이오 세라믹을 처리하면 원적외선 방사율이 더욱 높아져 고기능성 주거 재료로서 개발되었다. 폭쇄된 왕겨와 목질 파티클의 혼합 컴포지트는 PB 200과 같은 물리, 기계적 성질을 갖도록 개발되었고 역시 바이오 세라믹 처리에 의하여 원적외선 방사율이 높고 유리 포름알데히드 방산량이 낮은 고기능성을 갖게되어 최첨단 환경 조화형 주거재료로서 건축과 가구재등에 활용되어 국민건강에 크게 도움이 될 것이다.

또한 3차년도의 연구결과에 의해 바이오 세라믹 왕겨 및 목질 보드에 신 기능성을 부여하기 위하여 왕겨 펄프로부터 특수 성능과 카본 파이버 처리공정을 개발하고 그 처리량을 구명하였으며, 바이오 세라믹-카본파이버 왕겨 컴포지트 제조조건을 구명하고 제품의 원적외선 방사율을 구해 기능성 부여에 중점을 두었다. 주거환경재료로 사용하기 위한 환경 조화형 특성을 구명하기 위해 생물학적 평가를 진행한 결과 원적외선 방출 바이오 세라믹 왕겨 컴포지트나 왕겨 컴포지트 사육상이 다른 콘크리트, 스테인레스, 폴리카보네이트 사육상보다 우수하거나 동등한 결과를 나타내어 시멘트나 금속에 비하여 아주 좋은 재료라는 것을 증명하였다.

이러한 결과를 바탕으로 최종 경제성 평가를 한 결과, MDI수지는 국내보드류 생산업계에서 거의 사용하고 있지 않은 부재료로써 왕겨보드의 제조원가를 일부 상승시킬 여지가 있으나 요소수지 또는 페놀수지를 사용할 경우 수지첨가량이 다소 추가되어도 주재료인 왕겨의 가격이 매우 낮고 해마다 약 100만톤이 생산되므로 왕겨보드는 충분한 가격 경쟁력이 있을 뿐 만 아니라, 기존의 보드류 생산과정보다 단순하고 적은 공

정으로 생산됨에 따라 생산 제조원가를 매우 낮출 수 있다는 점에서 PB보드에 대치 될 수 있을 뿐만 아니라 그 동안 전량 수입에 의존하고 있는 수입 연질 섬유판에 대한 국내재 대체효과와 시장성도 매우 높을 것으로 추정된다.

바이오 세라믹 목질신소재 개발에 따른 종합 경제성 평가를 통해 최첨단 환경 조화형 주거 재료로 활용하여 국민건강에 이바지 하여 큰 도움이 될 것으로 기대하며, 원적외선 방출 세라믹 카본파이버 왕겨 목질 컴포지트 신소재는 아직 없으며 온돌이 주인 우리나라 아파트나 단독주택의 거실에서의 이용은 대단한 인기를 가질 것 으로 생각하며 개발된 왕겨 연질 섬유판은 경제성이 매우 높을 것으로 생각된다.

<1차년도>

1. 왕겨는 목재의 일반성분과 비슷하나 셀룰로스 함량이 다소 떨어지며 회분함량이 매우 높다. 폭쇄왕겨는 무처리왕겨보다 홀로셀룰로스 함량이 많이 떨어지고 대신 이들의 변화에 따라 추출물과 리그닌 함량이 높아졌다.

2. 왕겨의 전처리로 증자처리, NaOH증자처리, 폭쇄처리를 하여 제품을비교한 결과 폭쇄처리가 가장 좋았다. 폭쇄처리하면 동일 압력에서도 비중이 높아지고 강도가 좋아졌다. 2분이상의 폭쇄처리는 매트로부터 수분이 빠지지 않아 평판이 생겨 오히려 1분 처리가 우수하였다. 폭쇄 보드의 곡강도와 내부결합강도(박리강도)의 결과는 무처리보다 각각 2.7배, 6.2배(20㎏/㎠- 1분처리) 2.95배, 6.76배(25㎏/㎠- 1분처리)였다. 증자처리는 1시간 처리 때 곡강도가 1.92배, 박리강도가 2.42배 증가하였으나 시간이 증가될 수록 강도가 무처리와 같아지고 1%NaOH증자처리나 5%NaOH증자처리의 경우 보드의 곡강도는 전체적으로 무처리와 같고 박리강도는 시간과 농도가 높아짐에 따라 무처리보다 다소 떨어 졌다.

3. UF10%, thickness bar를 사용한 중밀도 UF보드의 경우, 무처리 왕겨보드는 목질PB 곡강도의 22%, 박리강도는 2.4%에 지나지 않는다. 폭쇄처리 왕겨보드는 무처리보다 많이 좋아져서 목질PB 곡강도의 68%, 박리강도는 21%로 상승된다. 목질파티클 75%에 25%의 왕겨를 혼합하면 PB와 동등한 성질(PB 150)을 갖게 된다. UF 13% 첨가시, 폭쇄 왕겨 25% 첨가는 목질PB(PB200합격)보다 29% 곡강도가 상승하였고 50% 혼합시 PB 150을 만족시켰다.

4. 연질왕겨보드 개발

국내 연질섬유판은 습식으로 건조에너지가 많이 들어 경제성 때문에 제조 중지되었으나 염가의 왕겨를 이용 건식 공정에 의하여 연질왕겨보드를 만족하게 제조할 수 있어 아주 유용하게 사용될 수 있을 것이다. KS F 3201을 만족시키기 위하여 UF수지를 사용 두께 1.5cm의 연질보드를 제조할 경우 적정함지율은 12%, 열압시간은 20분이 필요하였다. 18% 함지율일 경우 비중은 0.4 미만이나 강도는 A급이었고 페놀수지를 사용할 경우 9%의 함지율, 20분 열압시 B급을 만족시켰다. 왕겨연질보드의 포름알데히드방산량은 모두 KS를 만족시키나 UF는 JIS E2, PF왕겨보드는 JIS E0를 만족시켜 포름알데히드방산문제를 생각한다면 페놀수지가 당연 무취, 무공해 보드였다. 단열을 위한 열저항은 모두 KS 규격을 만족시켰다.

5. 중밀도왕겨보드 및 목질왕겨복합보드 개발

일반 목질 PB 제조 조건과 같다. thickness bar를 사용하는 경우, 목표밀도 보다 왕겨보드는 낮게 되고, 폭쇄왕겨보드는 높게 나타나며 thickness bar를 사용하지 않을 경우, 그 경향은 더 크게 나타났다.

6. 표면성 검토

연질왕겨보드는 오버레이처리가 필요없으며 오히려 특수한 표면성으로 특수 무늬효과를 나타내나 중밀도 이상의 100% 무처리 왕겨보드(R 100, 10% UF)나 50%첨가왕겨보드는 내부결합도와 표면성이 떨어지기 때문에 LPM의 CRACK TEST나 CROSS CUT TEST에 불합격하였고, 폭쇄처리 왕겨보드는 표면이 목질 파티클보드보다 매끄럽고 단독이나 50% 첨가의 경우 목질 PB 100%와 같이 양호한 결과를 나타냈다.

<2차년도>

1. 포밍시 전체층에 골고루 Bio ceramic을 처리하는 전체처리법보다 표층에 처리하는 표층처리법이 더 높은 원적외선 방사율을 보였고 훨씬 경제적이었다.

2. 액상형 Bio ceramic을 표층에 2% 처리한 것이 분말형 Bio ceramic를 처리한 것들보다 다소 높은 방사율을 나타내며, 분말형의 경우 처리량이 증가할수록 방사율이 높아지고 분말형 4% 처리에서 98%의 방사율을 보였으며 액상형 2% 표층처리와 분말형 4% 전체처리와 동등한 방사율을 보였다.

3. 액상형 및 분말형의 동일한 Bio ceramic처리에서 표층처리가 전체처리보다 물리,

기계적 성질이 우수하였고, 분말형 Bio ceramic처리 보드의 성질이 무처리 보드의 물리, 기계적 성질과 비슷하였고, 액상 전체 처리는 이보다 떨어지는 경향을 보였다.

4. 목재보다 왕겨자체의 원적외선 방사율은 높으며 Bio ceramic 처리량이 증가할수록 원적외선 방사율은 증가하였다.

5. 바이오 세라믹 처리는 컴포지트로부터 방출되는 인체에 유해한 포름알데히드 방산량을 낮추어 표층처리 액상 1%, 표층처리 분말형 2.5% 이상에서 JIS의 Eo를 만족시켜 예상외의 성과를 나타냈다.

<3차년도>

1. 왕겨섬유의 제지산업 및 LPM지로의 이용에 대한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

   1-1. 펄프화를 실시한 결과 왕겨는 펄프화에 매우 심각한 어려움이 있었다. 상당히 높은 유효알칼리와 황화도하에서도 쉽게 펄프화되지 않았는데 볏짚보다 2배 이상의 약품과 증해시간이 필요하였다. 이것은 본래 쌀을 보호하기 위해 왕겨 표면에 펙틴질이나 왁스 계통의 물질이 둘러싸여 있으며 이것들이 펄핑에 막대한 어려움을 제공하였다. 섬유장도 볏짚펄프에 비해 반정도 (0.5mm)에 불과하였다.

   1-2. 무처리 왕겨와 바이오세라믹과의 컴포지트와 왕겨-카본 파이버컴포지트는 원적외선 방사율은 거의 비슷하였다. 고로 경제성을 고려한다면 무처리 왕겨를 그대로 사용해도 목재보다 더 높은 원적외선 방사율을 나타내기 때문에 그대로 사용하는 것이 나을 것이다.

   1-3. 카본파이버를 왕겨섬유에 넣음으로서 전기 저항성을 떨어뜨릴 수 있었고, 면상 발열체로서 사용할 수 있었다. 왕겨 카본파이버 컴포지트는 전기 전도성 포장재로서, 면상 발열체로서의 사용가능성은 충분하다고 판단된다.

앞으로의 왕겨에 대한 연구는 펄프화를 이용하는 것보다, 효소를 이용함으로써 손쉬운 고수율 기계펄프화 방법을 개발하는 것이 바람직하다고 판단된다. 리그닌 분해효소와 펙틴 분해효소를 사용하여 왕겨를 연화시킨 후 리파이너로 돌려서 섬유화가 가능하다고 본다. 이러한 연구는 많은 기계장치와 연구비가 소요될 것으로 예상되며, 성공할 경우 그 경제적인 효과도 매우 클 것이라고 판단된다.

2. 3차년도에 개발된 무취 MDI 연질 왕겨보드의 최종 제조 조건은 수지 함지율 12%, 열압시간 7분, 열압온도 170℃였으며, 이때 KS를 만족하는 우수한 결과를 가져왔다. 또한 추가 개발된 MDI 중밀도 왕겨보드의 최종 제조 조건도 연질 왕겨 보드와 동일한 함지율 12%, 열압시간 7분, 열압온도 170℃였으며, 이 또한 KS를 만족하는 결과를 보였다.

3. 원적외선 방출 왕겨 및 왕겨컴포지트의 주거용 재질 적합성을 평가하기 위하여, 이 재질로 만든 사육상자와, 폴리카보네이트, 스테인레스 스틸, 콘크리트 등으로 만든 사육상자에 각각 마우스를 사육하여, 적응시험 (체중, 사료소모량, 일반증상, 요검사, 부검소견 등) 및 번식시험 (산자수, 신생자 적응 등)을 통하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

3-1. 모든 시험군에서 전 시험기간 동안 사망한 동물은 없었고, 또 사육상자에 기인한 특이한 임상증상도 관찰되지 않았다.

3-2. 암수 모두에서 사육상자간에 유의성 있는 음수 및 사료섭취량의 증가 또는 감소가 관찰되지 않았으며, 요검사 및 부검 소견상에서도 이상을 나타내지 않았다.

3-3. 모든 시험군에서 시간이 경과함에 따라 암수 동물 모두 체중이 증가하였다. 여러 사육상자 및 여러 사육기간 사이의 체중의 차이가 있었으며, 이러한 체중의 차이에 대하여 사육기간 및 사육상자의 교호작용도 인정되었다.

3-4. 수컷의 경우, 원적외선 방출 왕겨컴포지트 사육상자는 폴리카보네이트 사육상자에 비하여 2주째부터 체중이 크게 나타났으며($0.01<P<0.05$), 4주째에 가서는 더욱 현저하게 체중이 증가되었다 ($P<0.01$). 원적외선 방출 왕겨컴포지트 사육상자는 왕겨컴포지트 사육상자와 비교하였을 때도 2주째부터 실험이 종료할 때까지 높은 체중을 나타내었다 ($0.01<P<0.05$). 실험 종료를 기준으로 할 때 원적외선 방출 왕겨컴포지트 사육상자는 콘크리트 사육상자 및 스테인레스 스틸 사육상자에 비하여 체중이 높게 나타났다 (($0.01<P<0.05$). 암컷의 경우, 사육기간 3주 및 4주째에 콘크리트 사육상자가 다른 모든 사육상자에 비하여 체중이 현저하게 낮았다.

3-5. 번식시험을 실시하는 기간 중의 체중변화를 관찰할 때, 암컷은 시간이 경과함에 따라 증가하였으며, 사육상자 및 사육기간 사이의 교호작용도 인정되었다. 특

히, 2주째에 스테인레스 스틸 사육상자가 다른 사육상자에 비하여 체중이 유의하게 낮게 나타났다 ($0.01 < P < 0.05$).

3-6. 번식시험과정에서 전 군에서 임신기간 중 이상 소견을 나타내지 않았으나, 산자수의 경우 스테인레스 스틸 사육상자가 다른 사육상자에 비하여 적게 나타났다 ($0.01 < P < 0.05$). 그밖의 다른 사육상자 간에 산자수의 차이는 관찰되지 않았다.

이상과 같이 여러 재질로 구성된 사육상자에 대하여 마우스의 적응시험 및 번식시험을 실시한 결과, 적응시험에서는 콘크리트 재질이 그리고 번식시험에서는 스테인레스 스틸 재질이 다른 사육상자보다 성적이 양호하지 않았으나, 원적외선 방출 왕겨컴포지트상자와 왕겨 컴포지트 사육상자는 다른 재질의 사육상자에 비하여 우수하거나 대등한 결과를 나타내었다.

4. 본 연구의 최종 경제성 종합 평가 결과는 아래와 같으며 바이오 세라믹 왕겨 보드류에 대한 경제적 잠재력은 매우 높다고 볼 수 있다.

4-1. 목질을 재료로하는 합판이나 보드류 관련산업이 원료의 대부분을 수입에 의존함에 따라 국제적인 원료목 가격 등에 크게 영향을 받게 된다. 이런점을 감안할 때 왕겨를 이용한 보드나 왕겨·목질신소재 개발은 수입에 의존하는 목재 및 목질재료 대체에 있어 상당히 공헌할 것으로 판단된다.

4-2. 특히 왕겨연질보드는 외국에서 전량 수입에 의존하고 있는 연질섬유판에 대한 대체재로서 그 가능성은 매우 높다고 할 수 있다.

4-3. 국내산 왕겨는 국내에서 발생되는 양이 매년 100만톤 수준이면서 분기별로 지속적으로 공급될 수 있기 때문에 안정적으로 원료공급이 가능하다.

4-4. 그 동안 부가가치를 높일 수 있는 사용처를 찾지 못하던 왕겨를 산업적으로 새로운 이용개발로 인하여 농가나 양곡처리장 등에 수입을 향상시킬 수 있는 계기를 마련할 수 있다.

4-5. 왕겨보드의 경우 기존의 MDF나 파티클보드 생산과정과 특별한 시설이나 공정이 추가되지 않는 것으로 나타나 목질재료보다 낮은 가격대로 원료공급이 가능하기 때문에 생산기업에서는 생산비의 절감으로 경쟁력이 향상될 것으로 보인다.

4-6. 소비자의 입장에서는 건축이나 가구재료로서 인체에 유익하고 환경친화적인 제품을 값싸게 구입할 수 있다. 점차 건강에 관심을 두고 있는 소비자들의 욕구를 충족 시킬수 있는 유리한 조건을 갖고 있다.

4-7. 무처리 왕겨보드의 경우 일반 목재보다 8-16㎛ 원적외선 파장에서 높은 방사율을 나타내고 있다. 또한 추가로 세라믹 원료처리를 함에 있어 보다 경제적인 표층처리방법으로 높은 원적외선 방사율을 지닐 수 있는 것으로 나타났다.

이와 같이 왕겨보드나 왕겨목질 컴포지트보드라는 환경친화적인 소재의 개발을 통해 국가, 소비자, 생산자 모두에게 혜택을 제공하는 것으로 나타났다. 본 연구수행은 신소재 개발에 중점을 두었기 때문에 앞으로 생산기업에서 제조과정에서 나타나게 될 문제점이나 소비자의 선호도 조사에서 장·단점 등을 찾는 연구와 함께 상품 출시에 따른 종합적인 마케팅 전략이 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

1. ANSI/A208.1-1988. Paticle Board. National Particleboard Association. 18928 Premiiere Court, Gaitherberg, MD 20879
2. ANSI/A208.1-1986. Midium Density Fiberboard for Interior Use. National Paticleboard Association. 18928 Premiier-e Court, Gaitherberg, MD 20879
3. ASTM.. 1976. Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. Philadelpia, PA
4. CSA Standard 0188-1975. Mordern PB & Dry Process FB Manufacturing. p72-73.
5. Hiziroglu,S. and Suchsland, O. 1993. Linear expansion and surface stability of particle board. Forest Prod. J. 43(4) ; 31-34
6. 北原覺一, 丸山憲一郎. 1970. Fiberboard and Paticleboard. Morikita Pub. Co. pp 334
7. KS F 3104-1992 한국공업표준협회
8. 李華珩. 1992. 가구제조를 위한 MDI접착제의 MDF와 PB제조에 대한 비교 효과. 한국가구학회지 3(1):1-7
9. 李華珩 외. 1984. 목재공학. 향문사. pp.395
10. Maloney, T.M. 1977. Mordern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman Pub. San Francisco, CA
11. Moslemi, A.A. 1974. Particleboard. Vol. Ⅰ,Ⅱ. Southern Illinois University Press.
12. 목재공업 Handbook 편집위원회. 1982. 목재공업 Handbook(일본). 丸善 pp.1099
13. NPA. 1986. MDF. National Particleboard Association. 18928 Premiere Court, Gaithersberg, MD 20879
14. 신동소 외, 1983. 임산화학. 향문사. pp 458
15. 윤동운, 이필우. 1992. 조성형태에 따른 파티클과 파이버로 제조한 패널의 물리적 및 기계적 성질, 목재공학 20(2) : 9-22
16. Yoshio, H. 1950. Japan 2118, July 19. (through Cha. Abst. 1952, p 8898h)

17. Francisco, B.S. 1953 Span jan 4.

18. Amilcaro, S. 1960 Societa Application Secondite S.A.S Ger. 1075493 (through Cha. Abst. 61, p 22766 e)

19. Williamson R. V. 1951. Mordern Plastics 28(8), 126, 128, 130, 157.

20. Narayama, M.D and kohle, R.C. 1959. Kunstoffe, 49, 169 India (through Cha. Abst. '59, pl 6585 b.)

21. "Coregsa" Commerce, 1958. Generale S.A. Swiss, June 14.

22. 이화형 1972 Study on Manufacture of Hard Board from Rice Hull, Master thesis. Seoul national University

23. 日本電氣三榮 레포트 No.37. (1988) 의료용 thermography의 원리와 응용

24. 蘇正嚴 (1989) Thermology의 임산 진단학, BME Vol.3 NO.3. No.7: 3-8

25. Winclow,C.E.A. 1966 Temperature and Human

26. Allied chemical, U.S.P. 3,508,872

27. 大谷, 木材.(1972) 炭素纖維 近代編集社

27. 이화형 (1993) 표층파이버와 내층 미세파티클·복합보드의 물리기계적 성질에 관한 연구. 한국가구학회지 4(1):41-47

28. 산업연구원. 뉴세라믹스 (1989)

29. 栗田學(1989) セフミックスの 利用技術の 現狀と その 動向. 鑛山

30. 川口將德. (1988) 赤外放射素子. セフミックス. 23(4) 300-304.

31. 中材和善외 (1987) 遠赤外線加熱の 原理と 輻射率の 測定. 九州產業技院. (6) 49-64.

32. 임업연구원. 1998. 임업경제동향연차보고서. p294.

33. 임업연구원. 1999. 임업경제동향연차보고서. p360.

34. 농수축산신문. 1998. 한국농업연보 1998. p268.

35. 농어촌진흥공사. 1997. 왕겨재를 이용한 고내구성 프리캐스트제품화 연구(Ⅰ). p149.

36. 농어촌진흥공사. 1998. 왕겨재를 이용한 고내구성 프리캐스트제품화 연구(Ⅱ). p94.

37. 통계청. 각년도. 광공업통계조사보고서.

38. 한국합판공업협회, 임업연구원. 1997. '97 한국 합판・MDF・파티클보드 심포지움. p176.
39. 관세청. 각년도. 무역통계연보.