Journal of Korea TAPPI
Vol. 48. No. 3, 2016, 66-72p
ISSN (Print): 0253-3200
Printed in Korea
http://dx.doi.org/10.7584/ktappi.2016.48.3.066

왕겨섬유를 포함한 펄프몰드 제조 및 특성 평가

김형민 · 성용주† · 박영석[1] · 신재철[1]

접수일(2016년 5월 26일), 수정일(2016년 6월 15일), 채택일(2016년 6월 20일)

Manufacturing and Characterization of Pulp Mold with Rice Husk Fiber

Hyung Min Kim, Yong Joo Sung†, Young Seok Park[1] and Jea Chul Shin[1]

Received May 26, 2016; Received in revised form June 15, 2016; Accepted June 20, 2016

ABSTRACT

The applicability of rice husk fiber as a raw material for eco-friendly pulp mold was evaluated in this study. The higher demand of environmental friendly packaging material resulted in the more interest for the natural fiber based pulp mold. The rice husk which is an abundant agricultural byproduct in Asia could be defiberized by an alkaline digestion process. The changes in the pulp mold making process and the properties of pulp mold by the addition of the rice husk were investigated.

The addition of rice husk fiber to the pulp mold made with OCC or UBKP resulted in the increase in drainage at the pulp mold forming process. In case of UBKP pulp mold, the addition of rice husk fiber increased the drying efficiency after pulp mold forming since the structure of pulp mold became more bulkier by the addition of the rice husk fiber. Those results showed the rice husk fiber could be applied to the pulp mold manufacturing as one of the eco-friendly natural fiber resources.

Keywords: *Pulp mold, rice husk, bulk, packaging, drainage*

• 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Dept. of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, 34134 , Republic of Korea)
1 ㈜ 대원GSI(DAEWON Global System Integration, 990-2, Gumsan-ri, Waegwan-eup, Chilgok-gun, Gyungbuk, Republic of Korea)
† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: yosung17@cnu.ac.kr

1. 서 론

전 세계 경제의 성장과 국가 간 자유무역 활성화 등으로 상품의 물류 및 유통이 지속적으로 증가됨에 따라 포장소재의 수요 및 활용도는 점점 증가하고 있다. 상품의 보관과 유통에서 상품의 안전한 보존을 위해 다양하게 적용되는 완충 포장재로는 대표적으로 화석원료 기반의 포장소재인 발포 폴리스티렌(EPS, expanded styrofoam)을 들 수 있다. 발포 폴리스티렌의 경우 완충성능이 뛰어나며 단열특성과 경제성이 우수하여 폭넓게 사용되고 있지만 유통 후 회수가 되지 못하고 폐기가 될 경우 생분해가 거의 되지 않아 자연환경 속에 쌓이게 되어 점차 심각한 환경문제의 원인이 되고 있다.[1] 이러한 난분해성 합성수지 기반 소재의 환경적 문제를 해결하기 위해 국내의 경우 "합성수지 재질로 된 포장재의 연차별 줄이기 기준의 이행여부 확인 및 줄이기 방법 등에 관한 규정[환경부 고시 제 2015-129호, 2015.7.31.]"을 시행 하며 환경적 규제를 확대하고 있고, 미국이나 유럽 등 세계 각국에서 난분해성 플라스틱 기반 포장재의 사용을 제한하기 위한 노력들이 이루어지고 있다. 난분해성 포장소재를 대체할 수 있는 친환경적 소재로서 목재펄프 및 재생고지 등의 천연섬유자원을 기반으로 제조되는 펄프몰드 등의 지류 포장재는 많은 관심의 대상이 되고 있다.[2]

대표적인 친환경 완충포장 소재인 펄프몰드는 생분해성과 재활용성이 뛰어나며, 폐지 등 다양한 섬유자원을 활용하여 생산이 가능하고 기능성 첨가제의 적용 등을 통해 추가적인 기능성을 향상시킬 수 있는 향후 활용성이 높은 소재라고 할 수 있다.

현재까지 펄프몰드의 기능성 향상과 생산효율성 증대를 위한 연구들이 이루어져왔는데, 품질 개선을 위한 고지배합에 따른 물성변화[3], 공정개선을 통한 탈수성 향상[4,5], 건조 에너지 절감[6], 펄프몰드용 코팅제 개발[7] 등의 연구결과들이 보고된 바 있으나 상대적으로 작은 생산규모를 가지는 산업으로서 다양한 원료의 적용 및 적용성 확대를 위한 체계적인 연구 및 기술개발들은 활발히 이루어지지 못하고 있는 상황이다.

친환경적 소재에 대한 관심의 증가와 화석원료의 대체를 위한 소재의 개발 등에 대한 요구의 지속적 증가로 다양한 환경 친화적 재료의 활용 기술개발 및 고부가가치화와 관련된 연구 및 기술개발이 여러 분야에서 활발하게 이루어지고 있다. 다양한 농임산 부산물들은 대표적인 바이오매스 자원으로 많은 관심이 모아지고 있는데 이중 특히 왕겨는 발생규모와 공급안정성, 경제적 측면에서 주요한 자원이라고 할 수 있다. 왕겨는 무게비로 벼의 약 20%를 차지하며[8] 국내 2014년 기준 벼 생산량은 424만 톤(통계청, 2014)으로 왕겨는 약 80만 톤 이상이 중앙미곡처리장을 중심으로 지속적으로 발생되고 있다.[9] 이러한 왕겨를 바이오매스 자원으로 활용하고자 하는 기술개발 및 연구들이 지속적으로 수행되어 왔다. 왕겨재 이용[10], 유기충전제로의 이용[11], 왕겨 가스화[12], 왕겨 보드제조[13], 바이오복합 소재 개발[14] 등 다양한 활용성을 위한 기술개발이 진행되어 왔지만 실제사용에서는 깔개 및 연료 등 1차적인 용도로의 적용이 대부분인 상황이다.

지역이나 생장환경에 따라 차이가 있지만 일반적으로 왕겨는 무기물 성분을 10~20%가량 함유하며 이러한 무기물 중 95%이상이 실리카 성분이고 그 외 유기물인 리그닌, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스를 주성분으로 이루어져 있다.[8] 왕겨의 높은 무기물 함량은 왕겨를 소재로서 사용하는데 걸림돌이 되는 경우가 많지만 이러한 무기물을 제거하고 제조되는 왕겨 섬유는 형태적으로 목재섬유와 유사한 형태를 가지며 새로운 친환경적 펄프자원으로의 활용이 가능성이 높은 특징이 있다.[15]

따라서 본 연구에서는 현재 저급한 용도로 활용되고 있는 왕겨를 새로운 포장 소재 원료로 포장 완충재인 펄프몰드의 원료로 적용하여 그 활용성 증대를 위한 방안을 모색하여 보았다. 특히, 실제 펄프몰드 제조 시 왕겨섬유의 적용에 따른 영향을 평가하고 분석함으로써 향후 친환경적 포장소재인 펄프몰드 제조를 위한 기반 자료를 확보하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

2.1.1 왕겨섬유 제조

왕겨 섬유는 실험실용 증해기로 소다펄핑을 실시하여 Table 1과 같은 조건으로 제조하였다. 이때 펄핑조건은 NaOH를 유효알칼리 15.5% 조건으로 액비 5 : 1 가 되도록 투입하고 170℃ 온도에서 120분 증해를 실시하였다. 또한 펄핑효율 증대를 위하여 Anthraquinone 0.3%를 첨가하여 증해 한 뒤 섬유분에 잔류 흑액 성분이 남아있지 않도록 충분히 세척을 실시하였다.

Table 1. Pulping conditions for rice husk fiber

Rice husk (g)	Effective alkali (%)	Time (min)	Temp (℃)	Liqour to rice husk ratio	A.Q (%)
1000	15.5	120	170	5 : 1	0.3

2.1.2 펄프몰드 지료

펄프몰드의 제조를 위하여 D사에서 분양받은 K-OC-C(Korea old corrugated container), UBKP(침엽수, 칠레산)을 사용하였고, 각각의 원료를 실험실용 Vally beater를 사용하여 20분간 해리하여 지료를 조성하였다.

2.2 펄프지료 및 왕겨섬유 특성 평가

2.2.1 증해 후 왕겨 섬유

증해공정을 통해 제조된 왕겨섬유의 섬유화도를 평가하기 위해 40, 200 mesh를 이용해 40 mesh 이상 잔여분인 미해섬된 부분과 200 mesh 이하 미세분 분리를 통해 flake, fiber, fine 분 으로 나누어 섬유분의 수율을 평가하였다.

2.2.2 펄프원료 및 섬유 잔류 회분

증해 전 왕겨 내에는 10~20%의 무기질을 포함하고 있고 이는 대체로 95% 이상의 실리카 로 구성되어 있다. 증해공정에서 이러한 왕겨내 무기물은 대부분 용해되어 제거되는데 증해 후 왕겨섬유의 잔류하는 무기물의 양을 525℃, 4시간 조건으로 회분을 측정하여 하여 증해 정도 및 왕겨섬유의 특성을 평가하였다.

2.2.3 섬유 수분 흡수 특성 평가

왕겨섬유와 펄프원료의 수분 흡수 정도를 비교평가하기 위해 섬유의 보수도(WRV, Water Retention Value)를 측정하였다. 보수도는 일정시간동안 물에 침지시켜 포수시킨 후 TAPPI UM 256에 의거하여 평가하였다. 이때 Crucible filter를 이용하여 침지 된 시료를 21±3℃, 900 G로 30분간 원심 분리 후 펄프의 무게(W_1)를 측정 한 후 105℃에서 건조시켜 섬유의 전건무게(W_2)를 다시 측정하여 Eq. 1에 의해서 WRV(%)를 도출하였다.

$$WRV(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \qquad [1]$$

W_1 = 원심분리 후 펄프의 무게(g)

W_2 = 원심분리 후 건조된 펄프의 무게(g)

2.3 펄프몰드 제조 및 특성 평가

2.3.1 펄프몰드 제조

왕겨섬유 첨가량에 따른 펄프몰드의 특성 변화를 평가하기 위하여 실험실용 습식몰드 성형기를 적용하여 펄프몰드 시험편을 제조하였다. 펄프몰드 기반원료로는 OCC, UBKP를 사용하였으며 해리된 각각의 펄프를 평량 200±10 g/m^{2}의 조건으로 압착탈수 공정을 거치지 않고 190℃의 열판에서 건조하여 펄프몰드를 제조하고 각각의 지료에서 왕겨섬유의 배합비를 10%, 20%, 30%하여 펄프몰드를 제조하였다. 이렇게 제조된 펄프몰드는 24시간 항온항습(23±1℃, RH 50%)처리한 후 그 특성변화를 비교분석 하였다.

2.3.2 성형 탈수성 및 건조효율 평가

왕겨섬유 첨가에 따른 습식펄프몰드 제조시 성형 탈수성을 평가 하기 위해 펄프몰드 성형 시 300 mmHg의 진공압력으로 면적 95 cm^{2}에 물 1300 mL의 탈수시 탈수시간 및 최종 함수율을 측정하여 비교 평가하였다. 왕겨섬유 적용에 따른 성형된 펄프몰드 건조효율성을 비교평가하기 위하여 탈수 성형 후 건조 전 몰드를 지름 62 mm의 원형의 시료로 준비하고 이를 가열건조식수분계(RADWAG MAC50)를 사용하여 120℃로 가열 건조하면서 건조도 변화 및 최종 건조시간을 측정하여 각 조건효율 변화를 비교 평가 하였다.

2.3.3 벌크 및 형태적 특성 평가

각각 제조된 펄프몰드 시료의 두께를 측정하여 벌크특성을 평가하였고, 제조된 시험편의 표면 및 단면의 구조 특성은 전계방사형 주사전자현미경 (Field Emission Scanning Electron Microscope, FE SEM, Philips XL30 ESEM TMP)을 이용하여 관찰 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 왕겨섬유 및 펄프 특성

증해 공정을 통해 제조된 왕겨섬유의 섬유화도를 측정

하기 위해 40 mesh와 200 mesh를 이용해 미해섬된 부분과 미세분 부분을 분리하여 섬유분 수율을 측정하였다. Table 2의 왕겨 섬유의 섬유화도를 측정한 결과 섬유화가 되지 않은 플레이크가 7.5%, 미세분이 8.7%이었으며 최종 섬유화도는 83.8%로 나타났다.

왕겨 내에는 10~20%의 무기질을 포함하고 있는데 이러한 무기물의 제거정도를 평가하였다. Table 3의 왕겨섬유와 펄프원료의 회분 및 수분 흡수 특성 분석 결과 왕겨섬유의 잔여 회분량은 1.42%로 증해 공정을 통해 실리카 등의 무기물이 대부분 제거 된 것으로 확인 되었고 OCC의 경우 15.45%의 무기물 함량을 가지는 것으로 나타났다. 섬유 보수도 측정결과 왕겨섬유의 보수성이 가장 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

Table 2. The fiber fraction of rice husk pulp after alkaline pulping

%	Flake	Fiber	Fines
Rice husk fiber	7.51	83.79	8.71

Table 3. The ash content and WRV of each raw materials for pulp mold experiments

Item	Ash content (%)	WRV (%)
OCC	15.45	49.7
UBKP	0.56	50.3
Rice husk fiber	1.42	62.3

3.2 왕겨섬유 첨가 펄프몰드 특성 평가

3.2.1 성형 탈수성에 미치는 영향

왕겨섬유 첨가에 따라 습식펄프몰드 성형 탈수성에 미치는 영향을 평가하기 위해 300 mmHg의 진공압력으로 탈수되는 시간을 측정 하였다. Fig. 1은 왕겨섬유 배합비 변화에 따른 탈수시간 변화를 나타낸 것이다. OCC와 UBKP 지료 각각에서 왕겨 섬유 첨가량 증가에 따라 탈수시간 감소로 탈수성이 증가 하는 것을 확인하였다. OCC의 경우 4.17 sec에서 왕겨섬유 30% 첨가 시 3.26 sec로 탈수시간이 약 1초 가까이 감소하였고, UBKP의 경우 1.88 sec에서 1.75 sec로 크게 감소하지 않는 것을 확인할 수 있었다. 이는 고지섬유인 OCC의 경우 미세분의 함량이 높고 섬유의 단섬유화 등으로 성형 탈수성이 매우 낮은 특성을 가지기 때문에 왕겨섬유의 첨가로 인해 상대적으로 미세분의 함량의 감소로 탈수성이 향상된 것으로 판단된다.

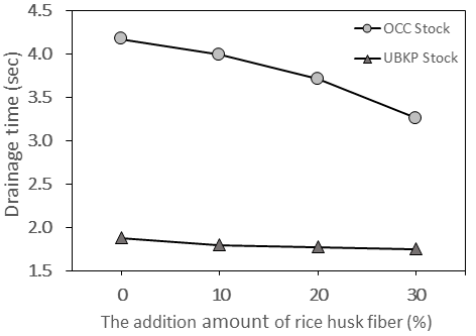


Fig. 1. The change in drainage time at forming zone depending on the addition level of rice husk fibers.

3.2.2 건조공정에 미치는 영향

왕겨섬유 첨가가 탈수 후 건조공정에 미치는 영향을 측정하기 위해 성형 진공탈수 직후 함수율과 건조 시간을

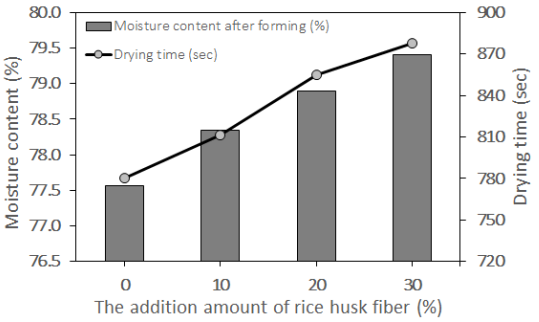


Fig. 2. The change in moisture content after forming process and drying time depending on the addition level of rice husk fibers to OCC stock.

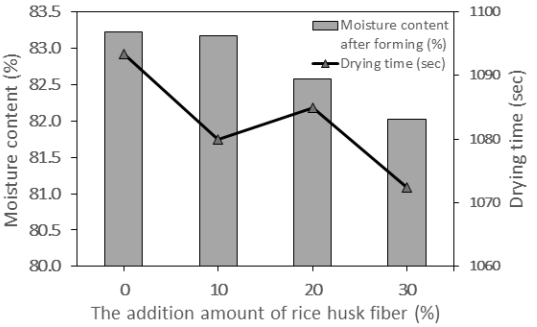


Fig. 3. The change in moisture content after forming process and drying time depending on the addition level of rice husk fibers to UBKP stock.

측정하여 건조도를 평가 하였다. Fig. 2을 보면 OCC의 경우 왕겨섬유 첨가에 따라 탈수시간은 감소하였으나 실제 성형탈수 이후 잔류 함수율이 증가하며 전체 건조시간은 증가하는 것으로 나타났다. 이는 OCC에 비해 상대적으로 잔류 무기물이 적고 보수도가 높은 왕겨섬유의 증가로 인해 탈수 후 함수율이 증가하면서 건조시간이 늘어나는 것으로 판단되었다. UBKP의 경우는 OCC와는 반대로 왕겨섬유 첨가에 따라 탈수 후 함수율이 감소하였고 이에 따라 건조시간 또한 감소하는 것을 확인 하였다.

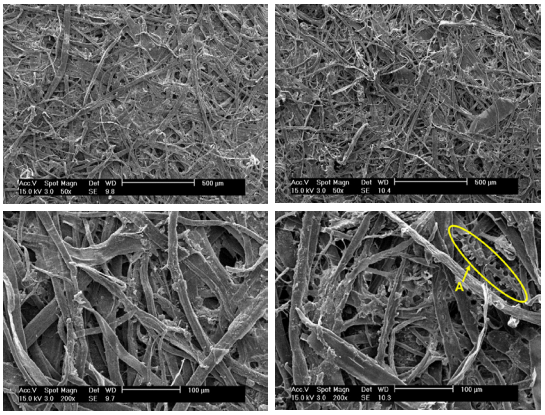
3.2.3 펄프몰드 시험편의 벌크 특성

포장 트레이로 사용되는 펄프몰드의 완충성과 기능성에 영향을 미치는 벌크는 매우 중요한 구조적 특성이라고 할 수 있다. 왕겨섬유 배합비에 따른 펄프몰드의 벌크특성 변화를 비교평가하기 위하여 각각의 조성비로 제조된 펄프몰드 시험편을 24시간 항온항습(23±1℃, RH 50%)처리한 후 벌크 특성을 평가하였다.

Fig. 4와 Fig. 5에서 나타난 바와 같이 왕겨섬유 첨가량이 높을수록 벌크 특성은 증가 하는 것을 확인 하였다. UBKP는 OCC에 비해 증가폭이 작으며 상대적으로 초기 벌크가 낮은 OCC 지료로 제조된 펄프몰드에서 왕겨섬유에 의한 벌크 증가폭이 큰 것을 볼 수 있다.

3.2.4 왕겨섬유 첨가에 따른 펄프몰드 시험편의 형태적 특성

왕겨섬유 첨가에 따른 펄프몰드의 표면 구조 변화를 비교 평가하고자 벌크의 변화폭이 큰 OCC 펄프몰드 시험편의 표면을 전자현미경으로 관찰하였다. Fig. 6의 좌측은 OCC 100%로 제조된 펄프몰드 시험편의 표면이고 우측은 왕겨섬유 30%를 첨가하여 제조한 시험편의 표면이다. 왕겨섬유를 첨가하지 않은 OCC 100%의 시험편의 경우 보다 왕겨섬유를 첨가한 경우에 있어서 펄프몰드 표면에 많은 공극이 형성되어 있는 것을 볼 수 있었고 특히 톱니형의 왕겨섬유들을 펄프몰드 표면에서 확인할 수 있었다.



(Left : OCC 100%, Right : Rice husk fiber 30% addition)

Fig. 6. Scanningelectronmicrographsoftheouter surface of pulp mold samples. (*A: Rice husk fiber*)

4. 결 론

본 연구에서는 왕겨를 알칼리 증해 공정을 통해 섬유화하여 대표적 완충포장재인 펄프몰드의 친환경 원료로써

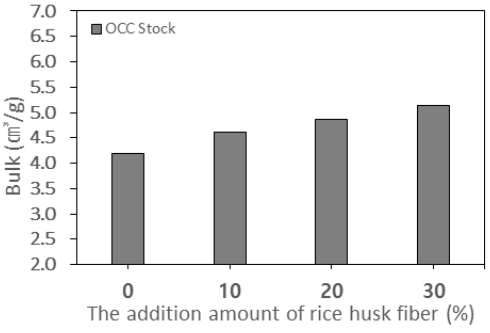


Fig. 4. The changes in the bulk depending on the addition level of rice husk fibers to OCC stock.

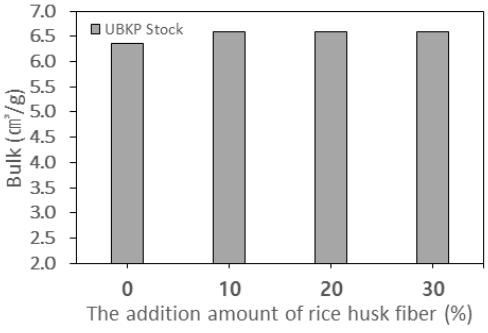


Fig. 5. The changes in the bulk depending on the addition level of rice husk fibers to UBKP stock.

활용하기 위한 적용성을 알아보고자 하였다. 왕겨섬유 적용에 따른 영향을 알아보고자 왕겨섬유 적용에 따른 펄프몰드 제조 특성변화 및 물성 변화 등을 비교 평가하였다. OCC, UBKP, 왕겨섬유의 특성을 파악하기 위해 무기물 함량, 보수도를 측정 하였고 OCC와 UBKP에 왕겨섬유를 10, 20, 30% 첨가하여 펄프몰드 시험편을 제조하여 제조 시 공정에 영향을 미치는 탈수성 및 건조도를 측정하였고 제조된 시험편의 벌크 및 단면과 표면의 구조적 특성을 평가 하였다.

왕겨섬유의 경우 알칼리 증해 공정을 통해 대부분의 무기물이 제거되었고 이러한 왕겨섬유의 경우 섬유의 보수성이 상대적으로 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

왕겨섬유 첨가가 제조 공정에 미치는 영향을 평가하기 위해 탈수성과 건조도를 평가한 결과 탈수성은 OCC와 UBKP 모두에서 첨가량 증가에 따라 성형 공정에서 탈수시간이 감소하는 것을 확인 할 수 있었으며 OCC의 경우에는 감소폭이 상대적으로 크게 나타났다. 성형 후 열풍건조에 있어서 OCC 기반 펄프몰드의 경우 왕겨섬유 첨가량에 따라 건조속도는 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 왕겨섬유의 상대적으로 높은 보수성 때문으로 판단되었다. UBKP 기반 펄프몰드의 경우에는 OCC와 반대로 왕겨섬유의 첨가에 따라 건조시간이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

제조된 시험편의 벌크 및 구조특성을 평가한 결과 왕겨섬유 첨가 시 벌크 특성이 향상됨을 확인 하였고 전자현미경을 이용한 표면분석을 통해 표면공극성이 증가하는 것으로 볼 수 있었다.

왕겨섬유의 펄프몰드 적용성을 평가한 결과를 종합해 볼 때 적용 펄프몰드에 따라 성형 탈수성이나 건조도와 같은 공정 효율을 개선할 수 있을 것으로 판단되었고, 특히, 포장 완충재로써 특성인 벌크특성의 개선이 가능할 수 있을 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 '중소기업청 지원사업 : 왕겨 주요 구성소재의 통합적 활용을 위한 바이오매스리파이너리 시스템 구축(과제번호 : S2334283)'의 지원에 의하여 이루어졌습니다.

Literature Cited

1. Kim, G. J., Kim, C. H., Lee, Y. M., Song, D. B., Shin, T. G., Kim, J. O., and Park, C. Y., Utilization of wastepaper fibers for development of environment-friendly shock-absorbing materials, Journal of Korea TAPPI 38(2): 52-60(2006).
2. Johar, N., Ahmad, I., and Dufresne, A., Extraction, preparation and characterization of cellulose fibres and nanocrystals from rice husk, Industrial Crops and Products 37: 93 - 99 (2012).
3. Park, I. S., Kim, J. N., Kim, D. Y., and Lee, Y. S., Effects of mixing ratio of ONP and OCC on physical properties of pulp molds for cushion packaging materials, Journal of Korea TAPPI 40(1): 47-54(2008).
4. Sung, Y. J., Ryu, J. Y., Kim, H. J., Kim, T. K., and Song, B. K., Improvement of drainage at wet pulp mold process, Journal of Korea TAPPI 36(3): 52-59(2004).
5. Kim, H. J., Seo, J. H., and Ryu, J. Y., The application of functional additives for the improvement of dewatering ability to pulp mold, Applied Chemistry 8(1): 279-282 (2004).
6. Sung, Y. J., Ryu, J. Y., Kim, H. J., Kim, T. K., and Song, B. K., Optimization of wet pulp mold process and reduction of drying energy, Journal of Korea TAPPI 36(3): 83-90(2004).
7. Kang, J. H., and Lim, H. A., Development of higher functional coating agents for pulp mold (I) - Investigation of functions synthetic and natural coating agents, Journal of Korea TAPPI 34(4): 37-43(2002).
8. Park, S. J., Kim, M. H., and Shin, H. M., Chemical compositions and thermal characteristics of rice husk and rice husk ash in Korea, J. of Biosystems Eng. 30(4): 235-241(2005).
9. Sung, Y. J., Shin, S. J., and Oh M-T., Chem-

ical composition of rice hull and morphological properties of rice hull fibers, Journal of Korea TAPPI 41(3): 22–28(2009).

10. Joo, I. D., Lee, H. S., and Lee, B. H., Synthesis of sphene – pink pigment by rice husk ash, Journal of the Korean Ceramic Society 47(3): 237–243(2010).
11. Lee, J. Y., Kim, Y. H., Kim, C. H., Sung, Y. J., Wi, S. W., Park, J. H., and Kim, E. H., Development of new organic filler made from rice husk by paperboard mill trials, Journal of Korea TAPPI 47(4): 96–101(2015).
12. Kim, Y. J., Kang, Y. K., Ryou, Y. S., Kang, G. C., and Paek, Y., Gasification characteristics of rice husks in batch operation, J. of Biosystems Eng. 33(4): 248–252(2008).
13. Lee, H. H., and Han, K. –S., Study on the optimum pre–treatment condition for anufacture of rice hull board, Mokchae Konghak 28(3): 9–13(2000).
14. Lee, B. H., Kim, H. –S., Choi, S. –W., and Kim, H. –J., Improvement of interfacial adhesion for surface treated rice husk flour–filled polypropylene bio–composites, Mokchae Konghak 34(3): 38–45(2006).
15. Oh, M. T., and Sung, Y. J., Study of rice husk pulping for utilization of rice husk fiber, Journal of Korea TAPPI 44(3): 63–69(2012).