

## 산업용지 현장테스트를 통한 왕겨 유기충전제 최적 사양 탐색

이지영 · 김영훈<sup>1</sup> · 김철환 · 성용주<sup>2†</sup> · 위상욱<sup>3</sup> · 박종혜<sup>3</sup> · 김은혜<sup>3</sup>

접수일(2015년 8월 5일), 수정일(2015년 8월 14일), 채택일(2015년 8월 16일)

### Development of New Organic Filler Made from Rice Husk by Paperboard Mill Trials

Ji Young Lee, Young Hun Kim<sup>1</sup>, Chul Hwan Kim, Yong Joo Sung<sup>2,†</sup>, Sang Wook Wi<sup>3</sup>,  
Jong-Hea Park<sup>3</sup> and Eun Hea Kim<sup>3</sup>

Received August 5, 2015; Received in revised form August 14, 2015; Accepted August 16, 2015

#### ABSTRACT

In the previous study, we investigated the physical properties of new organic fillers made from major agricultural byproducts, including rice husks, peanut husks and garlic stems, and we estimated that rice husk was the best candidate for use as new organic fillers in paperboard. In this study, an organic filler prototype was produced with rice husk and the mill trials were carried out in a white liner chipboard (duplexboard) mill. The rice husk organic filler was added to the middle ply of SC 350 g/m<sup>2</sup> to determine the optimal conditions for the manufacture of rice husk organic fillers.

The mill trials were performed three times and the bulk improvement and drying energy reduction were measured to identify the functionality of the rice husk organic filler compared to that of the commercial wood powder. In the first mill trial, the test failed because the surface roughness of the duplexboard had deteriorated after the rice husk organic filler was added to the OCC stock. As all of the particles remaining on the 60 mesh sieves were removed and the particle size was decreased by increasing the length of the grinding process, the surface roughness of the duplexboard did not be deteriorated in the second mill trial. However, the bulk improvement and drying energy reduction were not observed. In the final mill trial, as the particle size of the rice husk organic filler was controlled by increasing the portion of particles passing through the 60 mesh sieves and remaining 100 mesh sieves, higher bulk improvement and drying energy reduction were acquired compared to the commercial wood powder.

**Keywords:** Duplex-board, rice husk, organic filler, bulk, drying energy

• 경상대학교 환경재료과학과/농업생명과학연구원(Dept. of Environmental Materials Science/IALS, Gyeongsang National University, Jinju, Republic of Korea)

1 깨끗한나라(주)(KLEANNARA Corp., Shinhoyang B/D 49-17, Choongmooro-2ga, Joong-Gu, Seoul, Korea)

2 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Dept. of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ, Daejeon, Republic of Korea)

3 경상대학교 임산공학과(Dept. of Forest Products, Gyeongsang National University, Jinju, Republic of Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: yosung17@cnu.ac.kr

## 1. 서론

국내 산업용지인 판지 생산공정 중심으로 미세화된 목분을 유기충전제로 사용하고 있다. 유기충전제는 판지 공정에서 폐골판지를 대체하는 분말상 원료로 섬유와 섬유 사이의 거리를 넓힘으로써 판지의 두께를 높이는 기능을 가지고 있다.<sup>1,2)</sup> 판지의 두께가 상승하게 되면 판지 생산공정에서는 섬유의 사용량을 절감할 수 있고 이에 따라 건조에너지가 획기적으로 감소하는 효과를 얻을 수 있다.<sup>3)</sup> 그러나 국내에서 사용되고 있는 유기충전제는 목질계 자원인 목분만이 유일하기 때문에 목질계 자원을 대체할 수 있는 신규 유기충전제 발굴이 필요하다.<sup>4)</sup>

전보<sup>5)</sup>에서는 국내 농업부산물 중 발생량이 많으나 활용처가 명확하지 않은 비목질계 자원인 왕겨(rice husk), 땅콩박(peanut husk), 마늘대(garlic stem)를 이용하여 유기충전제를 제조하였고 물리적 특성을 평가하였다. 연구결과에 따르면 이들 부산물로 제조된 유기충전제는 목분 수준의 유기충전제 적용 가능성을 나타냈고 다양한 측면에서 산업용지 생산공정에서 왕겨로 제조된 유기충전제가 가장 적합한 것으로 판단되었다.<sup>5)</sup>

본 연구에서는 왕겨 유기충전제 시제품을 제조하여 적용성과 기능을 확인하고 최적화하기 위해 백판지 생산공정에서 현장테스트를 실시하였다. 현장테스트는 백판지 지중 중에서 생산량이 가장 많은 SC 350 g/m<sup>2</sup> 지종을 대상으로 실시하였다. 현장테스트를 통해 왕겨 유기충전제 시제품의 문제점을 확인하고 그 효과를 파악함으로써 백판지용 원료로써 기능을 극대화할 수 있는 왕겨 유기충전제의 사양을 도출하고자 하였다.



Fig. 2. Rice husk organic filler used for mill trials.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

본 연구에서는 신규 유기충전제를 제조하기 위해 국내 주요 미곡종합처리장에서 발생하는 왕겨(rice husk)를 사용하였다. 또한 왕겨 유기충전제의 대조군으로 G사의 산업용 목분을 사용하였다. 현장테스트는 국내 백판지 생산업체인 K사에서 진행하였는데 펄프로는 활엽수 화학펄프(Hw-BKP)와 침엽수화학펄프(Sw-BKP), 백상고지(white-ledger), 폐골판지(OCC), 고책지, 신문고지(ONP)를 사용하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 왕겨 유기충전제 제조방법 및 현장 투입방법

유기충전제 제조공정은 건조기, 그라인더, 분급기로 구성되어 있고 이러한 설비를 갖춘 업체는 국내 3곳으로 조사되었다. 이 중에서 국내 주요 미곡처리장에서 왕겨



Fig. 1. Rice husk for the manufacture of organic filler.



를 조달받을 수 있는 D사를 선택하였고 왕겨 유기충전제 시제품을 제조하였다. 선행연구 결과에 따라 왕겨(Fig. 1)를 일정수준으로 건조한 후 그라인딩을 실시하였고 60 mesh보다 큰 입자를 제거하기 위해 60 mesh 체를 설치한 분급공정을 거쳐서 왕겨 유기충전제를 제조하였다.<sup>3,6)</sup>

현장테스트는 K사의 대표 지종인 SC 350 g/m<sup>2</sup> 대상으로 총 3회 실시하였다. 왕겨 유기충전제는 분말상태로 공급되었는데 비중이 낮아 단위 무게당 부피가 크기 때문에 Fig. 2와 같이 탱크로리로 공급하였다. 공급된 왕겨 유기충전제는 저장조(chest)로 이송하였는데 이 때 블로워(blower)에 공급라인을 연결한 후 분말을 저장조로 공급하였다. 저장된 왕겨 유기충전제는 백수를 이용하여 10%로 희석을 실시한 후 백판지의 중간층인 폐골판지(OCC) 라인의 머신체스트에 투입하였다. 왕겨 유기충전제의 투입량은 900-1,000 mL/min로 조절하였다. 왕겨 유기충전제 효과 분석을 위해 신규 유기충전제가 투입되기 이전 상업용 목분을 동일한 조건으로 투입하였다.

### 2.2.2 현장테스트 공정조건 및 제품 품질 평가

유기충전제의 주요 효과는 백판지의 벌크와 건조에너지 절감이다.<sup>7)</sup> 현장테스트 진행시 SC 350 g/m<sup>2</sup> 지종의 벌크(TAPPI T 411)를 TAPPI 표준법에 의거하여 측정하였다. 건조에너지 절감은 왕겨 유기충전제와 목분이 투입될 때 시간당 스팀 사용량을 분석하였다. 유기충전제 투입에 따라 유의하게 변화하는 물성이 강도와 표면특성이다.<sup>3)</sup> 따라서 왕겨 유기충전제와 목분 투입에 따라 파열강도(TAPPI T 407)와 거칠음도(TAPPI T 555)를 TAPPI 표준법에 의거하여 측정하였다. 왕겨 유기충전제의 물성 중 가장 중요한 평균 입도와 입도분포를 입도분석기(1090LD, CILAS, France)를 이용하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 1차 현장테스트 결과

1차 현장테스트에 사용된 왕겨 유기충전제의 평균입도와 입도분포를 Table 1에 나타냈다. 1차 현장테스트에서는 왕겨 유기충전제 15톤을 사용하였다. 왕겨 유기충전제가 투입됨에 따라 백판지의 표면 평활도가 악화되었고 이로 인해 현장테스트를 중지하였다. 표면 품질이 저

하될 경우 생산되는 백판지는 제품으로서 가치가 없어 공정 및 품질데이터는 의미가 없기 때문에 왕겨 유기충전제 투입을 중지하였다. 1차 현장테스트에서 백판지 표면특성 저하 원인을 파악하기 위해 왕겨 60, 100, 200 mesh 체를 이용하여 유기충전제의 크기별 수율을 측정하였다. Fig. 3에 왕겨 유기충전제의 크기별 수율을 나타냈는데 백판지 표면특성을 저하할 것으로 예상되는 60 mesh 이상의 입자가 전체 중량에 14% 수준을 나타냈고 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 60 mesh 이상의 입자가 육안으로도 관찰되었다. 왕겨 유기충전제는 폭 방향으로 넓은 특성이 있어 필러층에 투입하더라도 백판지의 표면특성에 영향을 미치지 때문에 왕겨 유기충전제의 평균입도를 낮추는 방향으로 개선방향을 설정하였다.

Table 1. Mean particle size and particle size distribution of rice husk organic filler used in first mill trial

Mean diameter	Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%
155,3 μm	11,8 μm	95,0 μm	350,9 μm

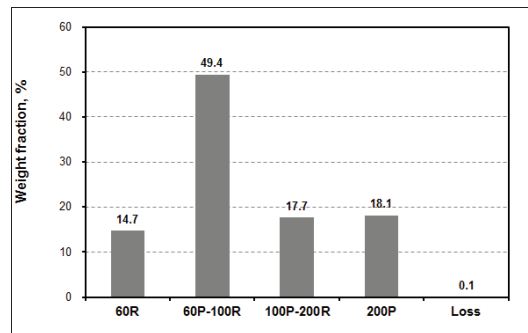


Fig. 3. Weight fraction of rice husk organic fillers fractionated by 60, 100, 200 mesh sieves.

### 3.2 2차 현장테스트 결과

1차 현장테스트를 통해 도출된 개선방향을 새로운 왕겨 유기충전제를 제조한 후 2차 현장테스트를 진행하였다. 2차 현장테스트에는 왕겨 유기충전제 15톤을 사용하였다. 신규 왕겨 유기충전제는 분급을 실시한 결과 60 mesh 이상의 입자가 완전히 제거되었고 평균입도와 입도분포를 분석한 결과 Table 2와 같이 1차 현장테스트



Fig. 4. Rice husk organic filler particles remaining on 60 mesh sieve.

에 사용된 유기충전제에 비해 평균입도와 입도분포가 감소함을 확인할 수 있었다. 왕겨 유기충전제가 투입됨에 따른 주요 공정조건 및 백판지의 품질변화를 Table 3에 나타냈는데 기존 목분이 사용된 경우 결과와 현장테스트 결과를 비교하였다. 왕겨 유기충전제가 사용됨에 따라 거칠음도는 다소 개선됨을 확인하였으나 벌크와 건조에너지는 유의한 변화를 나타내지 않았다. 이는 거칠음도 악화에 대응하기 위해 왕겨 유기충전제의 크기를 다소 과도하게 낮췄기 때문으로 판단하였다. 따라서 벌크와 건조에너지를 개선하기 위해 왕겨 유기충전제의 입자 분포를 조절하기로 하였다. 기존보다 더 높은 그라인딩 처리를 통해 유기충전제를 생산하기보다는 60 mesh와 100 mesh 사이의 입자비율을 높임으로써 전체적으로 평균입도를 상향하기로 결정하였다.

Table 2. Mean particle size and particle size distribution of rice husk organic filler used in second mill trial

Mean diameter	Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%
110.0 $\mu\text{m}$	9.5 $\mu\text{m}$	86.5 $\mu\text{m}$	305.8 $\mu\text{m}$

Table 3. Summary of second mill test

Test condition	Bulk	Steam usage	PPS roughness	Burst strength
Wood powder	1,253 $\text{cm}^3/\text{g}$	46.3 ton/hr	2.6 $\mu\text{m}$	5.3 $\text{kg}_f/\text{cm}^2$
Rice husk	1,239 $\text{cm}^3/\text{g}$	46.3 ton/hr	2.5 $\mu\text{m}$	5.2 $\text{kg}_f/\text{cm}^2$

Table 5. Summary of third mill test

Test condition	Bulk	Steam usage	PPS roughness	Burst strength
Wood powder	1,195 $\text{cm}^3/\text{g}$	48.6 ton/hr	2.3 $\mu\text{m}$	5.2 $\text{kg}_f/\text{cm}^2$
Rice husk	1,241 $\text{cm}^3/\text{g}$	46.4 ton/hr	2.2 $\mu\text{m}$	5.3 $\text{kg}_f/\text{cm}^2$

### 3.3 3차 현장테스트 결과

2차 현장테스트에서 유기충전제 입자크기가 감소함에 따라 백판지 표면 거칠음도 악화는 방지하였으나 벌크와 스템사용량은 기존대비 유의한 변화가 없었기 때문에 3차 현장테스트에서는 Table 4와 같이 크기가 큰 입자 비율을 높임으로써 평균입도와 입도분포를 상향하였다. 3차 현장테스트에서는 왕겨 유기충전제 30톤을 사용하였고 최종 결과를 Table 5에 나타냈다. 왕겨 유기충전제가 목분을 대체하며 투입되었을 때 표면 거칠음도는 유지되었다. 그러나 왕겨 유기충전제가 투입됨에 따라 백판지의 두께가 상승하였고 평량이 감소함을 확인하였다. 또한 평량이 낮아짐에 따라 OCC 사용량이 감소하였고 건조 스템 사용량이 하락하였다. 왕겨 유기충전제가 투입

Table 4. Mean particle size and particle size distribution of rice husk organic filler used in third mill trial

Mean diameter	Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%
139.1 $\mu\text{m}$	10.4 $\mu\text{m}$	96.6 $\mu\text{m}$	328.8 $\mu\text{m}$



됨에 따라 목분 대비 벌크가 3.85% 상승하였고 건조 스템은 시간당 2.2 톤 감소하였다.

이러한 결과로 볼 때 왕겨로 유기충전제를 제조할 수 있고 60 mesh 이상의 입자를 완전히 제거하고 60 mesh와 100 mesh 사이의 입자비율을 높임으로써 상업용 목분 이상의 벌크 상승과 건조에너지 절감을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

선행연구에서는 국내에서 발생하는 주요 농업부산물인 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 이용하여 유기충전제를 제조하고 물리적 특성을 파악하였는데 백판지용 유기충전제로 왕겨가 가장 적합한 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 왕겨 유기충전제 시제품을 제조하여 국내 백판지 공정에서 현장테스트를 실시하였고 이를 통해 백판지용 원료로서 기능성을 극대화할 수 있는 왕겨 유기충전제의 제조 조건을 도출하고자 하였다.

국내 주요 미곡처리장에서 수집한 왕겨를 이용하여 건조, 분쇄, 분급과정을 통해 유기충전제를 제조하였다. 현장테스트는 국내 백판지 공정에서 SC 350 g/m<sup>2</sup>를 대상으로 진행하였다. 1차 현장테스트에서는 왕겨 유기충전제가 60 mesh 이상의 입자를 포함하고 있어 백판지 표면특성이 악화됨에 따라 테스트를 중단하였다. 2차 현장테스트를 위해 왕겨 유기충전제의 분쇄를 더 많이 실시하였고 분급과정을 강화하여 60 mesh 이상의 입자를 완전히 제거하였다. 이러한 과정에서 왕겨 유기충전제의 입자크기가 다소 감소함에 따라 벌크 상승과 건조에너지 절감 효과가 기존 목분에 비해 우위를 점하지 못하였다. 3차 현장테스트에서는 왕겨 유기충전제에서 60 mesh와 100 mesh 사이의 입자 비율을 높여 유기충전제 입자크기를 상승하였고 기존 목분에 비해 더 높은 벌크 상승과 건조에너지 절감 효과를 얻을 수 있었다.

따라서 기존 목분 수준 이상의 왕겨 유기충전제를 제조하기 위해서는 60 mesh 이상의 입자를 완전히 제거하고 상대적으로 입자크기가 큰 60 mesh와 100 mesh 사이의 입자비율을 유기충전제 생산원가를 고려하여 최대한 높여야 하는데 전체입자 중에 50% 이상은 되어 할 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 농림축산식품부 생명산업기술개발사업에 의해 이루어진 것임.

## Literature Cited

1. Lee, J. Y., Kim, C. H., Lim, G. B., Kim, S. Y., and Park, J. H., Brewers' grain as an alternative organic filler to wood powder, *Appita J.* 65(2):122-127 (2014).
2. Krogerus, B., Fillers and pigments in papermaking chemistry, *Papermaking Science and Technology*, Vol. 4, Ch. 5, TAPPI Press, Atlanta, pp. 116-149 (1997).
3. Lee, J. Y., Kim, C. H., Seo, D. J., Lim, G. B., Kim S. Y., Park, J. H., and Kim, E. H., Fundamental study on developing wood powder as an additive of paperboard, *Tappi J.* 13(11):17-22 (2014).
4. Lee, J. Y., Lim, G. B., Kim, Y. H., Lee, S. R., Kim, M. Y., Kim, C. H., Kim, S. Y., and Kim, J. S., Evaluation of the physical properties of organic fillers made from agricultural by-products, *Journal of Korea TAPPI* 45(4):34-41 (2013).
5. Lee, J. Y., Kim, C. H., Choi, J. S., Kim, B. H., Lim, G. B., and Kim, D. M., Development of new powdered additive and its application for improving the paperboard bulk and reducing drying energy (I) -Analysis of chemical and physical properties of brewers grain-, *Journal of Korea TAPPI* 44(2):58-66 (2012).
6. Lee, J. Y., Seo, D. J., and Yoon, K. T, Method for wooden powder for use in papermaking and method for bulky paper having thereof, *Korean Patent* 1008983830000 (2009).
7. Kim, S. Y., Lee, J. Y., Kim, C. H., Lim, G. B., Park, J. H., and Kim E. H., Surface modifica-

tions of organic fillers to improve the strength of paperboard, *BioResources* 10(1):1174–1185 (2015).