

농업부산물로 제조된 유기충전제의 물리적 특성 평가

이지영 · 임기백 · 김영훈¹ · 이세란¹ · 김만영¹ · 김철환[†] · 김선영 · 김준식
접수일(2013년 7월 26일), 수정일(2013년 8월 12일), 채택일(2013년 8월 16일)

Evaluation of the physical properties of organic fillers made from agricultural byproducts

Ji-Young Lee, Gi-Baek Lim, Young-Hoon Kim¹, Se-Ran Lee¹, Man-Young Kim¹,
Chul-Hwan Kim[†], Sun-Young Kim and Jun-Sik Kim

Received July 26, 2013; Received in revised form August 12, 2013; Accepted August 16, 2013

ABSTRACT

In this study, we investigated the physical properties of powders made from agricultural byproducts, including rice straw, peanut husks, and garlic stems, to manufacture a new organic filler used for making paperboard. These materials were collected individually, and then we measured their chemical compositions. The byproducts were ground with a laboratory grinder and fractionated with 60-, 100-, and 200-mesh sieves to make many grades of organic fillers. After the grinding and fractionation, the yield, mean particle size, and particle size distribution of each grade were measured. Particle shapes were also investigated using a scanning electron microscope.

The organic filler made from rice straw had the highest yield of the largest particle size group and higher contents of cellulose and hemicellulose than those made from peanut husks and garlic stems. The rice straw also showed more regular particle shapes and a lower aspect ratio than the other agricultural byproducts.

Keywords : *agricultural byproducts, organic filler, rice straw, peanut husk, garlic stem*

• 경상대학교 환경재료과학과/농업생명과학연구원(Dept. of Environmental Materials Science /IALS, Gyeongsang National Univ, Jinju, 660-701, Korea)

¹ 깨끗한나라(주)

[†] 교신저자 (Corresponding author) : E-mail : jameskim@gnu.ac.kr

1. 서론

주요 산업용지의 생산원가를 분석해 보면 펄프원료와 건조 에너지 비용이 가장 높은 위치를 점하고 있는데 국내에서는 펄프를 생산할 수 있는 산림 자원과 건조 에너지의 열원으로 사용될 수 있는 천연자원이 턱없이 부족한 실정이다. 이러한 환경 속에서 국내 제지산업의 경쟁력을 확보하기 위해 많은 노력들이 경주되어 왔다. 국내에서 목재자원에서 얻어지는 펄프원료를 대체하기 위하여 다양한 바이오매스 자원에 대한 연구¹⁻²⁾가 진행되었지만 아직까지 목재자원을 대체할 수 있는 명확한 기술이 개발되지 않고 있다. 최근 들어 인쇄용지와 산업용지에서 무기충전제와 유기충전제를 각각 투입하여 원가절감을 실현하고 있다.³⁻⁵⁾ 특히 산업용지인 백판지의 경우 목질계 유기충전제인 목분(wood powder)의 도입에 따라 백판지의 벌크 상승과 더불어 건조에너지를 절감하는 효과를 얻고 있다. 그러나 백판지에 사용되고 있는 목분은 목재를 이용하여 제조되는데 목재는 다양한 활용성을 가지고 있지만 국제 자원이 부족하기 때문에 향후 목분의 공급에 문제가 발생할 가능성이 높다고 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 자원들을 이용한 유기충전제 개발이 시급한데 활용성이 명확하게 개발되지 않아 단순히 폐기되고 있는 섬유상 유기물질들을 발굴하여 유기충전제를 제조하는데 자원으로 활용할 수 있다면 향후 유기충전제의 공급과 가격 안정성에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 폐자원의 재활용을 통한 환경보호에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 폐기되고 있는 섬유상 자원으로는 맥주박,⁵⁾ 오일팜,⁶⁾ 벚짚,⁷⁾ 땅콩박,⁸⁾ 마늘대,⁸⁾ 왕겨⁹⁾ 등이 언급되고 있으며, 이들은 가축의 사료,¹⁰⁾ 식료품,¹¹⁾ 비료¹²⁾ 등으로 사용되고 있지만 재활용되는 양은 극히 일부일 뿐 많은 양이 매립되거나 소각되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 국내 농업부산물 중 발생량이 많으나 활용처가 명확하지 않은 비목질계 물질인 왕겨(rice straw), 땅콩박(peanut husk), 마늘대(garlic stem)를 이용하여 유기 충전제를 제조하고자 하였다. 정미소에서 비의 부산물로 발생하는 왕겨는 주로 빨감이나 퇴비로 활용되었으나 최근 친환경 용기, 화분, 육묘상자 등을 생산하는 데 활용되고 있으며 땅콩박은 땅콩의 수확 후 저장성을 높여주는 기능을 가지고, 외부의 미생물, 곤

충으로부터 물리·화학적으로 충실을 보호할 뿐만 아니라 산화에 대한 자기방어 역할을 한다. 땅콩박은 땅콩 중량의 35-40% 정도를 차지하며 상당한 양이 부산물로 생산되고 있으나 용도가 제한되어 일부가 사료로만 사용되고 있다. 마늘은 남해 등 여러 지역에서 생산되고 있으며, 마늘 수확기에는 퇴비장이나 마늘재배 포장 인근에 마늘대가 폐기되고 있다. 마늘대는 높은 섬유질을 가지고 있는 자원임에도 불구하고 명확한 활용처가 발굴되지 않았으나 최근 여러 지자체와 농업 관련 연구기관에서 마늘대를 사료화 하는 연구들이 진행되고 있다. 이러한 비목질계 부산물들의 화학적·물리적 평가를 통해 유기충전제로의 적용 방안이 모색되어야 한다.

본 연구에서는 왕겨, 땅콩박, 마늘대의 화학조성을 분석하였고 실험실적으로 유기 충전제를 제조한 후 산업용지에 적용이 가능할 수준으로 표준체를 이용하여 분급을 시행하여 다양한 등급의 유기충전제를 제조하였다. 제조된 유기충전제들의 화학조성을 분석함으로써 홀로 셀룰로오스와 회분을 중점적으로 분석하여 적용가능성을 평가 하였으며, 분급이 잘 이루어졌는지를 평가하기 위하여 평균 입도 및 분포를 분석하였고 주사전자현미경을 통해 유기 충전제의 중형비를 가늠해 봄으로써 산업용지에 적용 가능성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

본 연구에서 사용된 왕겨, 땅콩박, 마늘대는 S업체에서 공급받아 사용하였다. 특히 땅콩박과 마늘대는 폐기되어 있는 상태 그대로 공급받았기 때문에 이물질이 표면에 많이 붙어 있어 청수로 씻어내면서 1차 분류 작업을 실시하였다. 마늘대는 식물체의 줄기로 바로 분쇄가 힘들기 때문에 1차래 절단을 실시한 후 사용하였다. 분쇄를 위해서는 수분제거가 필요하였기 때문에 이들 부산물들은 105℃ 조건에서 24시간 이상 충분히 건조 처리 하였다. 화학조성을 측정하기 위해 에탄올, 벤젠, 수산화나트륨을 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 유기충전제의 화학조성 분석 방법

Table 1. Classification of organic fillers ground and fractionated with sieves

Name		Description
	All	Powder passing through 60 mesh screen
Rice straw Peanut husk Garlic stem	60-100	Powder passing through 60 mesh screen and remaining on 100 mesh screen
	100-200	Powder passing through 100 mesh screen and remaining on 200 mesh screen
	200	Powder passing through 200 mesh screen

각각의 유기 충전제는 60-100 시료 (Table 1 참조)를 KSM 7035에 따라 화학조성 실험을 진행하였다. 추출물은 에탄올(95%)·벤젠혼합액(1:2, v/v)으로 용매가 약 10분간 1회 사이펀 관을 통과하여 환류하는 정도로 6시간 가열하여 추출하였다. 홀로셀룰로오스는 탈지된 시료로 아염소산염법(Wise 법)으로 분석하였으며, 아염소산염법으로 탈리그닌 된 헤미셀룰로오스를 17.5%로 희석된 수산화나트륨에 용해하여 헤미셀룰로오스를 용출하여 알파셀룰로오스를 정량하였다. 회분은 TAPPI 211에 따라 105℃ 드라이 오븐에 전건하여 얻은 유기 충전제 1g을 도가니에 담아 525±25℃의 전기 회화로에서 6시간 완전 탄화시킨 후 0.1 mg까지 무게를 측정하였다. 유기 충전제로서의 가능성을 평가하기 위해 비목질계 문헌과 비교하였다.

2.2.2 유기 충전제의 분말제조 및 분급 방법

실험용 분쇄기인 블렌더(Wonder Blender, WB-01, Sanplatec, Japan)를 이용하여 유기충전제를 산업용지에 적용 가능한 사이즈로 분쇄하였다. 분쇄된 시료의 분말을 첨가하여 수초지를 제작하였을 때, 표면 돌출을 고려하여¹³⁾ 가장 큰 사이즈를 약 420 μm인 60 mesh로 선정하여 60 mesh를 통과한 입자들만 수집하여 사용하였다. 각 부산물로 제조된 유기충전제를 크기별로 분류하여 물리적 특성을 평가하기 위해 60, 100, 200 mesh 표준체⁹⁾가 설치되어 있는 vibratory sieve shaker(J-VSS, Jisico, Korea)를 이용하여 분급을 실시하였다. 분급된 시료의 명칭은 Table 1에 나타내었으며, 각 부산물별 유기충전제의 분급량을 측정하고 분급을 실시한 후 60-100, 100-200, 200의 무게를 측정하여 각 종류별·등급별 유기충전제의 수율을 측정하였다.

2.2.3 유기충전제의 물리적 특성 분석방법

유기충전제의 물리적 특성 중에서 종이의 벌크 상승과 건조에너지에 가장 직접적인 영향을 주는 인자가 바로 입자의 크기이기 때문에 본 연구에서는 부산물 종류별·크기별로 제조된 유기충전제의 물리적 특성을 평가하기 위해 입도 분석기(1090 LD, CILAS, France)를 사용하여 평균 입도와 입도 분포를 측정하였다. 또한, 분쇄과정을 통해 제조된 입자들이 형태를 파악하기 위해 주사전자현미경(JSM-5600LV, JEOL, Japan)을 이용하여 50배, 400배 이미지를 촬영하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 농업부산물의 화학조성 분석결과

농업부산물들의 화학조성 측정결과와 문헌조사⁷⁾를 통해 정리한 주요 비목질계 바이오매스의 화학조성을 Table 2에 나타냈다. 농업부산물과 주요 비목질계 바이오매스의 화학조성을 비교해 보면 농업부산물이 다른 비목질계 바이오매스에 비해 알파 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스 함량의 합으로 정의되는 홀로셀룰로오스를 많이 함유하고 있음을 알 수 있었다. 리그닌 함량은 다른 비목질계 바이오매스에 비해 비슷하거나 상대적으로 낮은 결과를 나타냈고 회분함량은 상대적으로 높은 결과를 보여주었다. 왕겨, 땅콩박, 마늘대 간의 화학조성을 비교해 보면 왕겨가 땅콩박과 마늘대에 비해 알파 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스를 많이 포함하고 있어 상대적으로 주원료의 성질과 비슷하여 공정상 유리하다고 판단되고 낮은 리그닌 함량은 추후 적용을 검토하고 있는 표백공정에 긍정적인 역할을 할 것으로 사료된다. 그러나 상대적으로 높은 회분 함량은 부정적인 영향을 미치는 요인으로 생각되지만 산업용지에 사용되는 재활용 펄프의 자체 회분함량¹⁵⁾보다 약

Table 2. Chemical compositions of agricultural byproducts and other biomass⁷⁾

Content, %	Extractive	Alpha-cellulose	Holo-cellulose	Lignin	Ash
Rice straw ^{a)}	2.4	40	63	18	14
Peanut husk ^{a)}	1.1	34	60	27	10
Garlic stem ^{a)}	2.3	37	56	25	14
Baggasse ^{b)}	-	40-43	59	17-26	2
Straw ^{b)}	-	40-43	83-90	-	14-20
Bamboo ^{b)}	-	30-40	40-53	23-24	1.1-1.5
Reed ^{b)}	-	33-43	52-58	18-22	3-6
BG ^{b)}	12	17-19	20-20	41-45	4.6-5.3

a: measured in laboratory, b: cited from references

5~6%가량 낮기 때문에 주원료인 재생펄프를 일부 대체 적용한다면 산업용지에 적용 가능성이 있다고 판단된다.

3.2 유기충전제의 수율 평가 결과

농업부산물 종류별로 제조된 유기 충전제를 Fig. 1에 나타냈다. 전체적으로 농업부산물을 이용하여 제조된 유기 충전제는 국산 폐골판고지(Korean old corrugated container; KOCC)와 유사한 갈색을 띠고 있는 것을 볼 수 있었으나 육안으로 살펴보면 다소 차이가 남을 확인할 수 있었다. 그러나 유기 충전제는 KOCC가 사용되는 지중에 사용되기 때문에 색상에 의한 문제는 고려하지 않아도 될 것으로 판단된다.

농업부산물별·크기별 유기 충전제의 수율 측정 결과를 Fig. 2에 도시하였다. 왕겨, 땅콩박, 마늘대의 수율은 왕겨가 땅콩박과 마늘대에 60-100의 함량이 약

40% 더 많이 제조되었다. 이는 왕겨가 분쇄될 때 왕겨 자체의 크기가 땅콩박이나 마늘대에 비해 작아서 짧은 시간동안 많은 양이 한꺼번에 처리됨에 따라 상대적으로 큰 입자들이 형성되기 때문이라고 판단된다. 또한, 많은 양을 한번에 처리할 수 있고 큰 입자의 비율이 높다는 것은 유기 충전제 자체의 원가를 낮출 수 있는 좋은 조건이 될 수 있을 것으로 사료된다. 땅콩박과 마늘대는 100-200의 분말이 다른 구간보다 많이 나왔으며 마늘대는 다른 것들에 비해 미세입자의 생성이 많은 것으로 나타났다. 미세입자 혹은 미세분은 종이 내에서 공극을 채워 밀도를 높이고, 넓은 표면적에 의한 강한 결합능력으로 섬유 간 결합을 강화시켜 종이의 강도를 향상시키며 광을 산란시키거나 흡수하여 광학적 성질에도 영향을 미친다.¹⁵⁾ 대신 미세분은 섬유 간 공극에 들어가 벌크상승에 긍정적인 영향을 주지 못한다. 각각의 원재료를 분쇄하였을 때 판지의 벌크상승 측면에

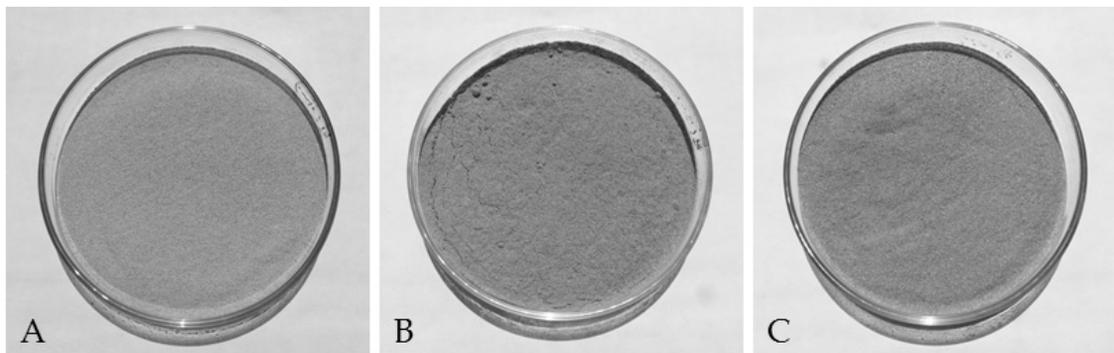


Fig. 1. Images of organic fillers made from rice straw (A), peanut husk (B) and garlic stem (C).

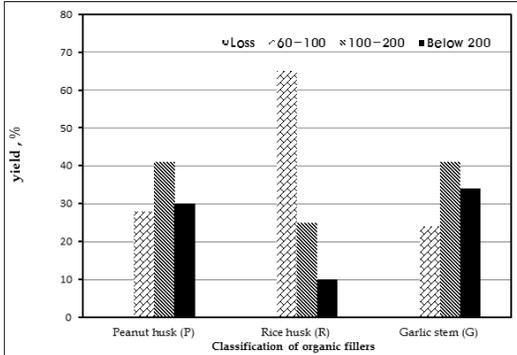


Fig. 2. Yield of powders made from rice straw, peanut husk and garlic stem.

서 고려한다면 왕겨, 땅콩박, 마늘대 순으로 효과가 있을 것으로 사료된다.

3.3 유기충전제의 평균 입도 및 입도 분포 측정 결과

60, 100, 200 mesh 표준체로 분급된 분말의 평균 입도를 Table 3에 나타냈고 유기충전제들의 입도 분포를 Figs. 3-5에 도시하였다. 분급별 입도크기를 구간별로 분석해 보면 모든 입자를 포함하고 있는 All에서 왕겨가 평균 입도 사이즈가 가장 크게 나타나 있는데 이는 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 60-100의 시료가 분급할 때 많은 비중을 차지하고 있기 때문에 평균 입도가 높게 나타났을 것으로 사료된다. 60-100에서 왕겨가 땅콩박과 마늘대에 비해 약 30 μm 정도 더 큰 값을 나타내었으며, 100-200에서는 땅콩박보다 왕겨와 마늘대의 크기 또한 약 30 μm 정도 큰 값을 나타내었다. 200에서는 땅콩박과 왕겨는 비슷한 반면 마늘대가 조금 더 큰 크기의 차이를 나타내었다. 표준체의 mesh별 한 모눈의 크기는 60 mesh는 251 μm , 100 mesh는 152 μm , 200 mesh는 75 μm 로써 Table 3에 나타나 있는 각각의 평균 사이즈들은 구간별 최대값과 최소값에 속하는 값들이며, 입도분포 그래프에서도 볼 수 있듯이 왕겨, 땅콩박, 마

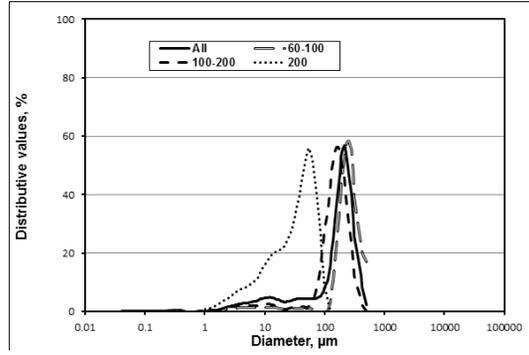


Fig. 3. Particle size distribution of rice straw.

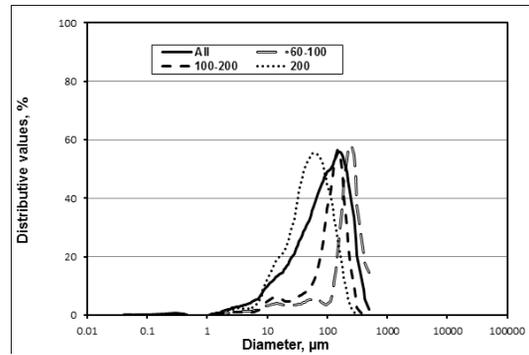


Fig. 4. Particle size distribution of peanut husk.

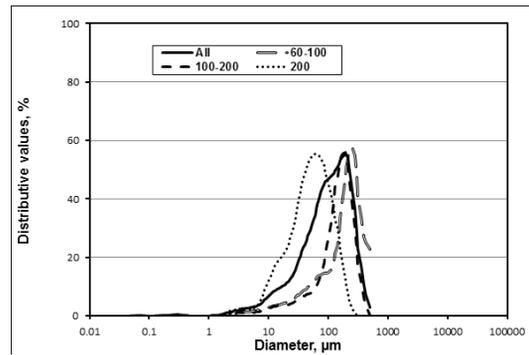


Fig. 5. Particle size distribution of garlic stem.

Table 3. Mean diameter of organic fillers in classification

	All	60-100	100-200	200
Rice straw	169.22 μm	237.86 μm	150.87 μm	35.89 μm
Peanut husk	108.75 μm	203.98 μm	115.39 μm	42.62 μm
Garlic stem	120.90 μm	191.20 μm	148.78 μm	60.92 μm

늘대의 분급기준이 된 표준체의 mesh 크기가 작아질수록 평균입도 그래프의 피크 값이 왼쪽으로 옮겨 가는 것으로 보아 분급이 확연하게 된 것으로 판단된다.

3.4 유기충전제의 해부학적 분석 평가

왕겨, 땅콩박, 마늘대의 전반적인 입도 분포와 형태

를 관찰하기 위해 주사전자현미경을 이용하여 50배, 400배 확대 이미지를 촬영하여 Figs. 6-9에 도시하였다. 60-100, 100-200, 200으로 갈수록 입자의 크기가 확연하게 작아지는 것을 확인할 수 있으며, 이는 표준체를 통과하면서 크기별로 분급이 이루어졌기 때문이다. 유기 충전제별로 거시적으로 비교해 보았을 때 땅

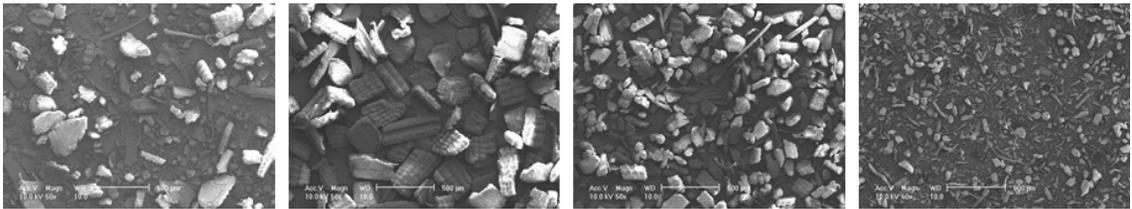


Fig. 6. Scanning electron micrographs of rice straw organic filler (×50).

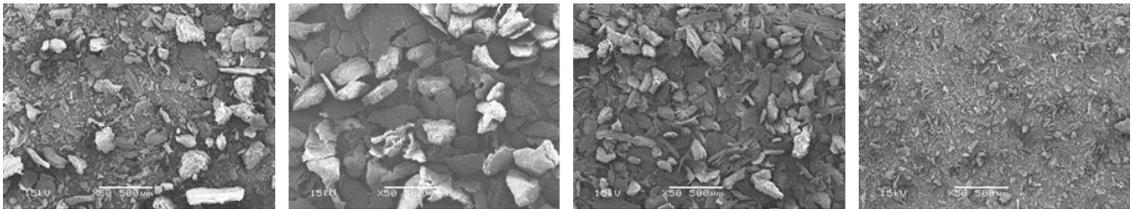


Fig. 7. Scanning electron micrographs of peanut husk organic filler (×50).

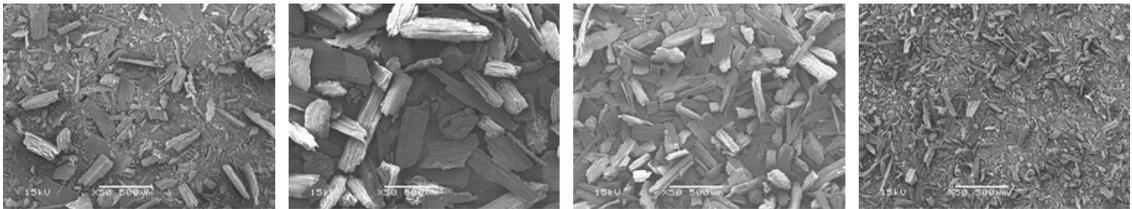


Fig. 8. Scanning electron micrographs of garlic stem organic filler (×50).

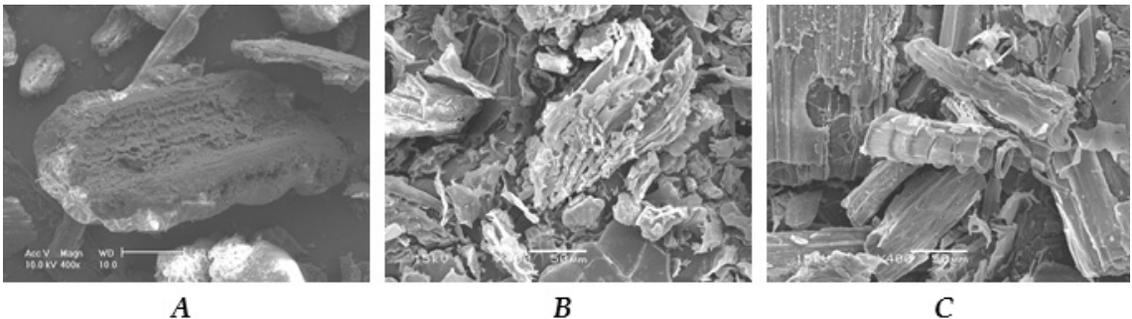


Fig. 9. Magnified scanning electron micrographs of organic fillers made from rice straw (A), peanut husk (B) and garlic stem (C) (×400).

콩박은 왕겨, 마늘대와 비교하면 대체로 균일한 형태 없이 무작위로 분쇄된 것으로 보여지며, 이러한 형태를 가로세로의 비로 정의되는 종횡비(aspect ratio)의 측면에서 가능해 보았을 때 종횡비의 크기는 마늘대, 왕겨, 땅콩박의 순서로 보여지며, 마늘대는 섬유상, 땅콩박은 마늘대와 비교했을 때 판상에 가까운 형태를 띠고 있었다. 따라서 마늘대로 제조된 유기충전제 입자가 섬유 수직 방향으로 위치하면 상당한 벌크상승을 불러오게 되지만 수초 과정에서 지료조성 할 때 대부분 섬유와 같은 방향으로 위치하게 되어 섬유 간의 결합을 폭 넓게 방해하여 역효과를 일으킬 수 있다. 왕겨나 땅콩박은 마늘대에 비해서 유기충전제로서 산업용지에 적용했을 때 더 높은 벌크 상승을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

주요 농업부산물 중 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 선정하여 산업용지용 유기충전제로 적용 가능성을 평가하기 위해 화학조성, 수율, 입도분포, 해부학적 입자형태를 평가하고자 하였다. 화학조성 결과 왕겨는 다른 부산물들에 비해서 알파 셀룰로오스와 헤미 셀룰로오스를 많이 포함하고 있어 상대적으로 주원료의 성질과 비슷하여 공정상 유리하다고 판단된다. 낮은 리그닌 함량은 표백에 유리하게 적용될 수 있을 것으로 생각되나 상대적으로 높은 회분 함량은 부정적인 영향을 미치는 요인이지만 산업용지에 사용되는 재활용 펄프의 자체 회분함량보다 낮기 때문에 주원료인 재생펄프를 일부 대체 적용한다면 산업용지에 적용 가능성이 있다고 판단된다. 블렌더로 분쇄하였을 때 수율적 측면에서 왕겨가 땅콩박과 마늘대에 비해 60과 100 mesh 사이의 입자가 가장 많이 발생하였으며, 땅콩박과 마늘대는 100과 200 mesh 사이의 입자가 가장 많이 발생하였다. 분급과정에서 가장 완만하게 잘 이루어지는 것은 왕겨와 마늘대 유기충전제였지만, 이중 마늘대는 섬유상의 형태를 하고 있어 표준체의 수직방향을 향할 때 아랫단계로 분급되는 현상이 일어나는 것이 확인되어 왕겨가 분급과정에서 가장 정확하게 분급이 이루어지는 것으로 사료된다.

입자의 형태와 균일성은 섬유간의 결합과 공정상에

영향을 미치게 되는데 균일한 입자는 제지공정상 긍정적인 영향이며 형태는 종횡비가 큰 마늘대의 섬유상보다는 두께를 지니면서 상대적으로 균일한 형태를 가진 것이 벌크 상승에 효과가 있을 것으로 사료되며 이는 건조에너지 절감이라는 이차적인 큰 이점을 발휘할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서 다른 비목질계 부산물중 유기충전제로서 적용가능성이 높은 것은 왕겨가 위에서 살펴본 다양한 측면에서 산업용지 적용에 적합할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농림축산식품부 생명산업기술개발사업에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

1. Seo, Y.B., Lee, C.H. and Lee, Y.W., Development of Substitute Fibers, 2005 Proceeding of Autumn Conference of the Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, pp. 94-102.
2. Won, J.M., and Kim, M.H., Pulping Characteristics of Bamboo(Bambusa procera acher) Grown in Vietnam, J. Korea TAPPI, 41(4): 52-57 (2009).
3. Seo, S.S., Nam, K.Y., Yoon, D.H., Lee, K.H., Won, J.M., Jo, B.W., Kim H.J. and Lee, T.J., Dualization of Filler Addition and Application of High Loading by Mixing Engineered PCC, 2011 Proceeding of Technical Summit Meeting in Korea Pulp and Paper Industry, pp. 105-106.
4. Nam, K.Y., Chung, S.K. and Won, J.M., Effects of Raw Materials for Papermaking and Physical Treatment on the Pore Structure and Paper Properties, J. Korea TAPPI 39(4): 7-13 (2007).
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 -, J. Korea TAPPI 44(2): 58-66 (2012).
6. Sung, Y.J., Kim, C.H., Cho, H.S., Kim, S.H., Sim, S.W., Yim, S.J., Lee, J.Y. and Kim, S.B., Study of Oil

- Palm Biomass Resources (Part 2) - Manufacturing Characteristics of Pellets Using Oil Palm Biomass-, J. Korea TAPPI 45(1): 42-51 (2013).
7. Jo, W.G., About Non-Woody Pulp, J. Korea TAPPI 3(1): 25-31 (1971).
 8. Lee, J.Y., Lee, E.K., Sung, Y.J., Kim, C.H., Choi, J.S., Kim, B.H., Lim, G.B. and Kim, D.M., Application of new powdered additives to paperboard using peanut husk and garlic stem, J. Korea TAPPI 43(4): 40-48 (2011).
 9. Sung, Y.J. and Oh, M.T., Evaluation of the Properties of Fibers Originated from Rice Straw, 2010 Proceeding of Spring Conference of the Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, pp. 361-367.
 10. Lee, Y.S., Lee, B.S., Less, S.C., Lee, S.S., Lee, S.Y., Lee, D.Y. and Ha, J.K., Effects of Rice Straw and Rice Hull Supplement on Rumination and Chewing Behavior in Hanwoo Steers, J. Animal Science and Technology 46(1): 49-54 (2004).
 11. Bang, B.H., Seo, J.S., Jeong, E.J. and Kim, K.P., Studies on the Manufacture of Peanut Yogurt, J. Kream Food & Nutr 17(1): 53-59 (2004).
 12. Sohn, B.K., Hong, J.H. and Park, K.J., Comparative Studies on Static Windrow and Aerated Static Pile Composting of the Mixtures of Cattle Manure and Rice Hulls : I . Variation of Physico-chemical Parameters, J. Korean Soil Sci. Fert. 29(4) : 403-410 (1996).
 13. Lee, J.Y., Seo, D.J. and Yoon, K.T., METHOD FOR WOOD POWDER FOR USE IN PAPERMAKING AND METHOD FOR BULKY PAPER HAVING THEREOF, Korean Pat. 10-0898383 (2009).
 14. Lim, G.B., Lee, J.Y., Kim, C.H., Kim, Y.H., Lee, S.R., Kim, B.H. and Kim, J.S., Effect of PCC on Physical-Optical Properties and Drying Energy Consumption of Paperboard, 2013 Proceeding of Autumn Conference of the Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, pp. 39.
 15. Lee, H., The Characteristics of Fines Fractions and Their Effect on the Physical and the Optical Properties of Paper, Master's Thesis of Korea University Environmental Science & Ecological Engineering, (2002).