

## 땅콩박과 마늘대를 이용한 제지용 분말상 첨가제 적용에 대한 연구

이지영 · 이은규<sup>2</sup> · 성용주<sup>1†</sup> · 김철환 · 최재성 · 김병호 · 임기백 · 김다미  
(2011년 11월 13일 접수, 2011년 12월 9일 채택)

## Application of new powdered additives to paperboard using peanut husk and garlic stem

Ji-Young Lee, Eun-Kyu Lee<sup>2</sup>, Yong Joo Sung<sup>1†</sup>, Chul-Hwan Kim, Jae-Sung Choi,  
Byeong-Ho Kim, Gi-Baek Lim and Da-Mi Kim  
(Received November 13, 2011; Accepted December 9, 2011)

### ABSTRACT

In this study, we investigated the usability of new powdered additives in the paperboard industry. We manufactured the powdered additives from peanut husks and garlic stems by grinding. The chemical composition, particle size, particle size distribution, and particle shape were investigated to identify the basic properties of the powdered raw materials. To determine the effect of the powdered additives on paper properties, handsheets were prepared by adding the powdered additives to the pulp slurry. The chemical composition, such as the contents of holocellulose, lignin, and ash, showed similar values to those of other biomass materials. The particles of peanut husk powder were irregularly shaped, smaller, and had a broader particle size distribution than those of the garlic stem powder, which had the fibril form. The particles of the two powdered raw materials showed a positioning of expansion in the fiber network, resulting in increased bulk and a loss of strength. Handsheets containing garlic stem particles were stronger than handsheets containing peanut husk particles. Finally, the new powdered additives are beneficial to the bulk of paperboard.

**Keywords:** *paperboard, peanut husk, garlic stem, powdered material, grinding, bulk*

---

• 경상대학교 임산공학과/농업생명과학연구원(Dept. of Forest Products/IALS, Gyeongsang National Univ., Jinju, 660-701, Korea)

1. 충남대학교 환경소재공학과

2. (주)에스엘

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

## 1. 서론

국내 제지산업은 새로운 제지용 원료 발굴을 위해 많은 노력을 경주해 왔다. 일반적으로 펄프 원료로서 사용된 목재가 아닌 비목재 바이오매스로부터 펄프를 제조하기 위한 연구들이 수행되었다. 벚짚<sup>1-3)</sup>, 갈대<sup>4-6)</sup>, 대나무<sup>7-8)</sup> 등 다양한 비목질계 바이오매스로 펄프를 제조하고자 하였으며, 현장 제조공정에서 적용된 일부의 사례도 있다. 하지만 대체펄프를 생산하기 위해서는 각 제지사에 의한 펄프제조설비를 갖추어야 하며, 특히 국내의 산업용지 생산공장에서 실제 펄프를 제조하기 힘든 것이 현실이다. 따라서 다양한 비목질계 바이오매스를 제지용 원료로 사용하기 위해서는 펄프화라는 기존의 패러다임에서 벗어나 새로운 시각에서의 접근이 필요하다고 사료된다. 현재 국내 산업용지 공장에서는 목질계 바이오매스를 분말화하여 내첨용 첨가제로 사용하고 있다.

본 연구에서는 신규 바이오매스를 분말화로 하여 새로운 제지용 첨가제를 개발하고자 하였다. 현재 국내 산업용지 공정에서 사용되고 있는 분말상 첨가제는 헤리, 정선, 고해 등의 일반적인 원료공정을 거치지 않고 미싱 체스트나 머신 체스트로 바로 투입 가능하기 때문에<sup>9)</sup> 원료처리에 따른 제지공정의 생산원가를 절감할 수 있고 분말상 원료의 생산공정에서 원하는 수준의 입자크기로 조절할 수 있어 다양한 목적으로 적용 가능한 장점이 있다. 또한 새로운 분말상 개발물질은 목재펄프에 비해 가격이 낮아야 하기 때문에 목재나 기타 식량자원으로 사용되는 물질과 경쟁상대가 아닌 점이 중요하다. 따라서 현재 폐기되고 있는 친환경소재 중에서 땅콩껍질(땅콩박)과 마늘대를 발굴하였다.

땅콩(*Arachis hypogaea*) 중량의 35~40%를 차지하는 땅콩박은 땅콩의 수확 후 저장성을 높여주는 기능을 가지고, 외부의 미생물, 곤충으로부터 물리·화학적으로 종실을 보호할 뿐만 아니라 산화에 대한 자기방어 역할을 한다<sup>10)</sup>. 땅콩박과 관련된 연구는 주로 생·화학적 효과에 대해 집중<sup>11-12)</sup>되어 있으나 폐수처리제<sup>13-14)</sup>와 섬유판을 제조할 때 충전제로의 활용가능성<sup>15)</sup>에 대한 연구도 보고되었다. 마늘(*Allium sativum* L.)은 세계가 인정하는 10대 건강식품 중의 하나로 파, 양파, 부추, 달래 등과 함께 백합과에 속하는 다년생 초본으로 원산지는 중앙아시아이며 대표적인 향신료로 널리 이용되

고 있다. 국내에서는 남해 등 여러 지역에서 마늘이 생산되고 있으며, 마늘 수확기에는 퇴비장이나 마늘재배 포장 인근에 마늘대(garlic stem)들이 폐기되고 있다. 마늘대는 높은 섬유질을 가지고 있는 바이오매스임에도 불구하고 명확한 활용처가 발굴되지 않았으나 최근 여러 지자체와 농업관련 연구기관에서 마늘대를 사료화하는 연구들이 진행되고 있다.

본 연구에서는 땅콩과 마늘을 재배한 후 폐기되고 있는 땅콩박과 마늘대를 이용하여 제지용 원료로 적합한 분말상 부원료를 제조하여 그 특성들을 분석하였다. 또한 분말상 부원료를 적용하여 판지를 제조하고 물리적·강도적 물성을 측정함으로써 분말상 첨가제로서의 활용 가능성에 대하여 연구를 진행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 실험재료

땅콩박은 G업체에서 땅콩을 구입한 후 껍질만 수집하여 사용하였고 마늘대는 (주)에스엘에서 공급해 준 마늘대를 사용하였다. 분말상 원료를 포함하는 수초지를 제조하기 위하여 국산 폐골판고지(KOCC, Korean Old Corrugated Container)를 원료로 사용하였다. 실험실적으로 제조된 분말상 첨가제의 특성을 비교하기 위해 현재 백판지 생산공정에서 사용되고 있는 상업용 목분을 대조군으로 사용하였다. 분말상 원료를 수초지에 보류시키기 위해서 C사에서 분양 받은 양이온성 PAM을 보류제로 사용하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 유기용매 추출물 측정

땅콩박과 마늘대의 화학 조성 분석은 KSM 7035에 의거하여 칭량하였다. 추출물 분석은 에탄올(95%)·벤젠혼합액(1:2 v/v)으로 용매가 약하게 비등하여 약 10분간 1회 비율로서 사이펀관을 통과하여 환류하는 정도로 6시간 가열하여 추출하였다. 홀로셀룰로오스(holocellulose)는 추출물이 추출되어 탈지된 시료로 아염소산염법(Wise법)으로 분석하였다. 홀로셀룰로오스 식을 산출하고 리그닌 및 회분을 보정하였다. 또한 17.5% NaOH로 알파-셀룰로오스를 용해하여 정량하였다. 회분은 TAPPI Test Methods 211에 의거하여 시

편이 들어있는 도가니를  $525 \pm 25^\circ\text{C}$  연소로에서 6시간 탄화시키고 0.1 mg까지 무게를 측정하였다.

### 2.2.2 분말상 첨가제의 제조

땅콩박과 마늘대 분말을 제조하기 위해 핀크러셔(pincrusher)를 사용하였고 Fig. 1에 나타냈다. 핀크러셔는 회전하는 핀(pin)과 고정된 핀으로 물질을 분쇄하고 분쇄되는 물질의 최종크기는 핀 바깥쪽 부분에 있는 와이어의 mesh로 조절한다. 본 연구에서는 땅콩박과 마늘대 분말을 제조할 때 각각 다른 와이어를 사용하였으며, 땅콩박은 180 mesh, 마늘대는 60 mesh 이었다.

### 2.2.3 분말상 원료의 입도 및 형태 분석

분쇄기로 제조된 땅콩박과 마늘대 분말의 평균입도 및 입도분포를 측정하기 위해 Malvern Mastersizer 2000(Malvern, UK)을 이용하였다. 또한 각 물질의 분말상 입자의 형태를 분석하기 위해 주사전자현미경(JSM-6701F, JEOL, Japan)을 사용하여 관찰하였다.

### 2.2.4 치료조성 및 수초지 제작

KOCC를 18 시간 동안 물에 침전시켰다가 10% 농도로 고속해리기를 이용하여 약 30분간 해리시킨 후 섬유가 뭉침 없이 완전히 분산된 것을 확인하고 치료로 사용하였다. 해리가 된 치료는 0.5% 농도로 희석을 실시한 후 사용하였다.

본 연구에서는 평량  $100 \pm 4 \text{ g/m}^2$ 의 수초지를 제작하였다. 땅콩박과 마늘대 분말을 전건섬유 대비 3, 6, 9%로 펄프슬러리에 투입한 후 600 rpm 조건으로 교반을

실시하면서 보류제로 양이온성 PAM을 전건섬유 대비 0.1% 투입하였다. 보류제를 투입하고 600 rpm 조건으로 2분간 교반을 실시한 후 수초지를 제조하였다. 제조된 수초지는 345 kPa의 압력조건에서 5분간 압착한 후 실험실용 실린더 건조기로 건조시켰다.

### 2.2.5 수초지의 물리적 특성 측정

제조된 수초지를 조습처리한 후 랩캘린더에서 소프트 롤,  $0.15 \times 100 \text{ kN}$  압력으로 캘린더링 처리 후 TAPPI Test Methods에 의거하여 평량, 두께, 회분함량, 열단장, 파괴열지수, 압축강도를 각각 측정하였다. 또한 종이 내부에 존재하는 분말상 입자를 관찰하기 위하여 주사전자현미경을 사용하여 수초지 두께방향 이미지를 촬영하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 땅콩박과 마늘대의 화학조성

새로운 바이오매스 자원을 제지용 원료로 사용하기 위해서는 물질의 화학적 조성은 매우 중요한 인자이다<sup>17)</sup>. 일반적으로 펄프화를 위한 새로운 원료의 경우 펄프용 목재와 화학조성이 유사한 것이 유리하나 본 연구에서는 신규 바이오매스를 건식으로 기계적 처리만 가하기 때문에 화학조성이 펄프섬유와 유사할 필요는 없을 것으로 판단된다. 그러나 신규 바이오매스가 종이를 구성하는 주원료인 펄프섬유와 완전히 이질적인 물질일 경우는 바람직하지 않고 목질계·비목질계 바이오매스

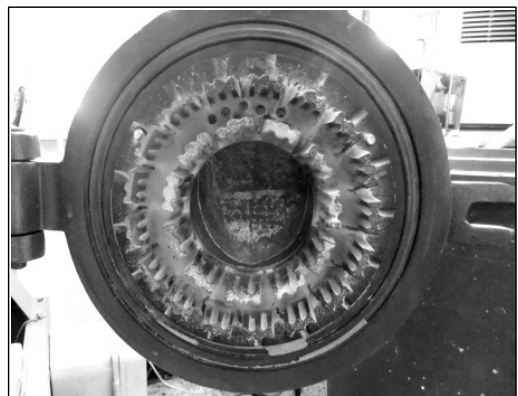
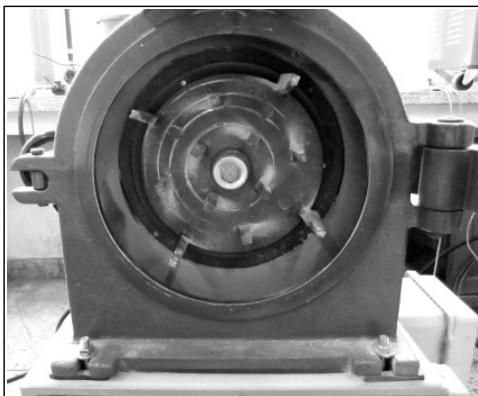


Fig. 1. Pictures of pin-crusher.

에 비해 리그닌과 회분함량이 과도하게 많을 경우 종이의 강도에 악영향을 줄 수 있다. 따라서 새로운 제지용 첨가제는 기존에 사용되거나 연구된 목질계·비목질계 바이오매스 수준의 화학조성을 가지는 것이 가장 바람직할 것으로 판단된다. Table 1에서는 조의 문헌<sup>18)</sup>에서 인용한 다양한 목질계·비목질계 바이오매스 종류와 땅콩박, 마늘대, 목분의 화학조성을 나타냈다. 땅콩박과 마늘대의 화학조성을 살펴보면 목질계 바이오매스인 침엽수와 활엽수에 비해 셀룰로오스, 리그닌 함량이 큰 차이를 보이지 않았고 회분함량은 상대적으로 높음을 알 수 있었다. 그러나 다른 비목질계 바이오매스와 비교했을 때 회분함량이 높지 않음을 알 수 있었다. 땅콩박과 마늘대를 비교했을 때 땅콩박의 셀룰로오스 함량이 높은 반면 마늘대는 회분함량이 상대적으로 높은 결과를 나타냈다. 상업용 목분과 비교하면 땅콩박과 마늘

대가 목분에 비해 알파셀룰로오스 함량과 리그닌 함량이 더 낮게 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 땅콩박과 마늘대는 제지용 원료로 사용되고 있는 바이오매스와 큰 차이를 나타내지 않기 때문에 제지용 첨가제로 적용되기에는 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.

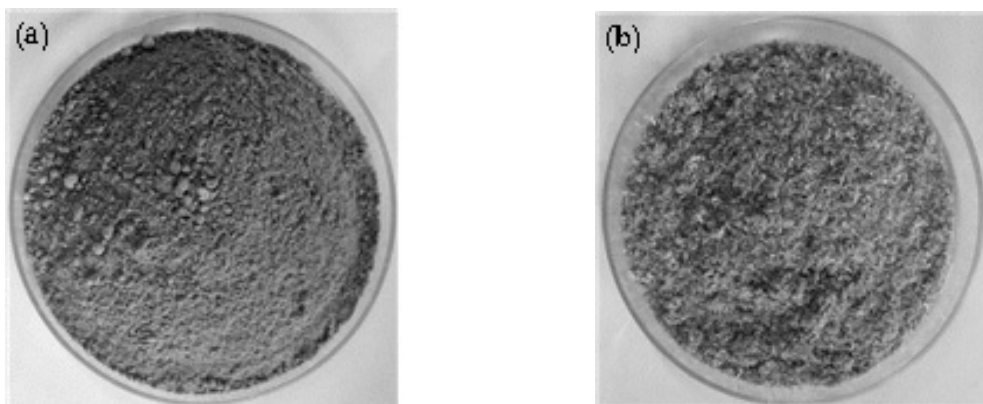
### 3.2 땅콩박과 마늘대 입자의 형태 분석

분쇄기로 제조된 땅콩박과 마늘대 분말을 Fig. 2에 도시하였다. 땅콩박 분말은 전분 분말이나 밀가루 분말과 같이 고운 형태를 나타내는 반면 마늘대 분말의 경우에는 섬유 형태의 입자들이 나타났다. 각 분말상 입자들의 미세형태를 살펴보기 위해 SEM 이미지를 분석하였고 Figs. 3~4에 이미지를 나타냈다. 땅콩박 분말은 일정한 형태를 가지지 않는 입자들로 구성되어 있었으며, 마늘대 입자는 섬유 형태를 나타냈다. 이는 분쇄기

**Table 1. Chemical compositions of peanut husk, garlic stem and commercial wood powder**

Biomass	Holo-cellulose (%)	$\alpha$ -cellulose (%)	Lignin (%)	Ash (%)
Peanut husk <sup>a</sup>	68.4	41.2	20.7	2.6
Garlic stem <sup>b</sup>	58.6	39.2	24.2	7.8
Wood powder <sup>c</sup>	68.1	61.5	27.6	3.0
Hardwood	54 - 61	38 - 49	23 - 30	1
Softwood	53 - 62	40 - 45	26 - 34	1
Straw	83 - 90	40 - 43	-	14 - 20
Bagasse	59	32 - 33	17 - 26	2
Bamboo	40 - 53	30 - 40	23 - 24	1.1 - 1.5
Reed	52 - 58	33 - 43	18 - 22	3 - 6

(a, b, c : measured in laboratory)



**Fig. 2. Powders made from peanut husk (a) and garlic stem (b).**

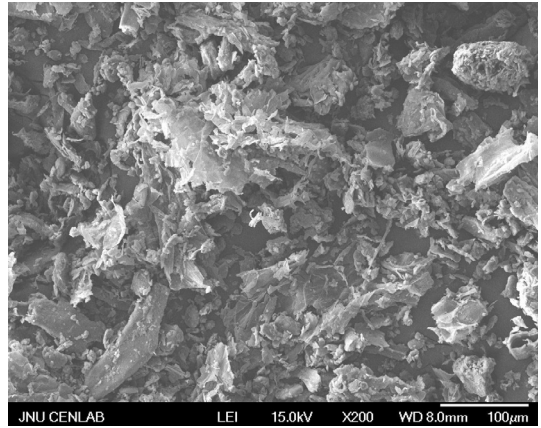
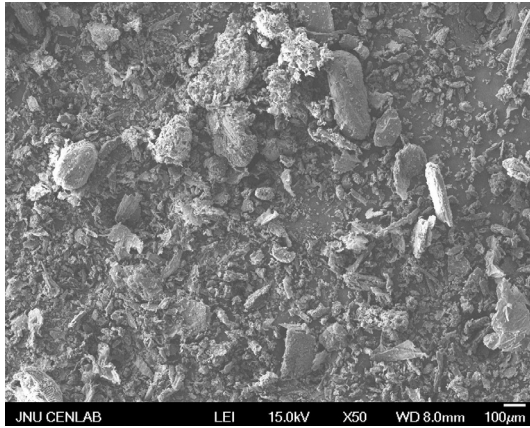


Fig. 3. Scanning electron micrographs of peanut husk powder.

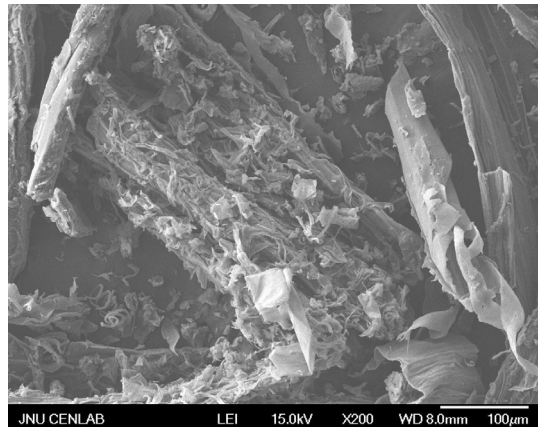
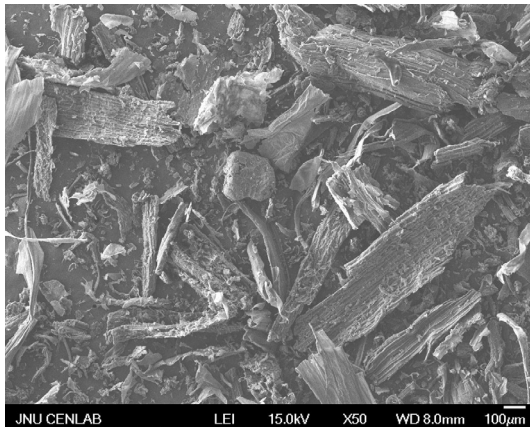


Fig. 4. Scanning electron micrographs of garlic stem powder.

내에서 전단력에 의해 분말상의 입자들이 생성되는 과정에서 상대적으로 경도가 높은 땅콩박의 경우에는 전단력에 의해 일정한 경향이나 규칙이 없이 입자들이 깨지면서 분쇄되고 마늘대는 전단력이 가해짐에 따라 상대적으로 경도가 낮은 섬유상 입자들이 절단되어 피브릴화가 진행되기 때문이라고 판단된다.

### 3.3 땅콩박과 마늘대 입자의 입도 분석

Figs. 5~6은 각 입자들의 입도분포와 평균입도를 나타냈는데 땅콩박 분말에는 상대적으로 입도분포가 넓게 존재하였다. 마늘대의 평균입도가 땅콩박에 비해 더 큰 결과를 보였으며, 이는 물질간의 차이에 의해 발생하는 것이 아니라 펀크러셔에 설치된 와이어의 mesh에

의해 영향을 받는 것으로 판단된다. 그러나 땅콩박의 입자가 더 넓은 입도분포를 가지는 것은 와이어의 mesh에 의해 영향을 받는다고 판단하기는 힘들다. 왜냐하면 마늘대는 상대적으로 더 낮은 mesh를 사용하였음에도 불구하고 상대적으로 더 좁은 입도 분포를 가지기 때문이다. 따라서 평균입도의 경우에는 분쇄기의 조건에 따라 결정되지만 입도분포의 경우에는 분쇄되는 물질에 의해 좌우되는 것으로 판단된다. 또한 입도분포는 상대적으로 넓은 것보다는 좁은 것이 유리할 것으로 판단되는데, 이는 넓은 입도분포를 가질 경우 작은 크기의 영역에 존재하는 입자들은 종이 제조 시 낮은 보류도를 가지고 큰 크기의 영역에 존재하는 입자들은 종이 표면에 돌출되어 종이의 품질을 악화시키고 종이의 강

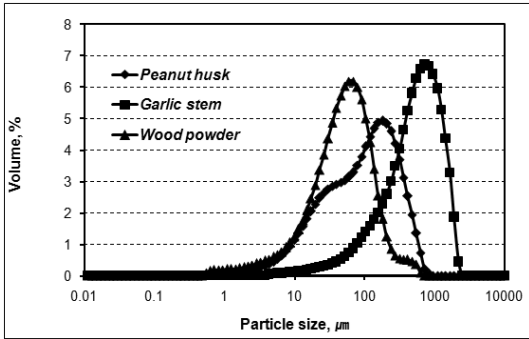


Fig. 5. Particle size distribution of peanut husk, garlic stem, and wood powders

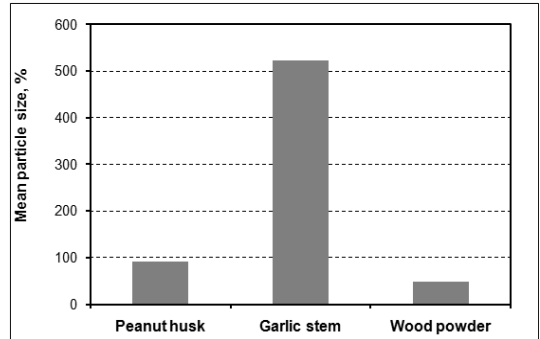


Fig. 6. Mean particle size of peanut husk, garlic stem, and wood powders

도를 저하시키는 역할을 하기 때문이다. 따라서 분말상 원료의 경우에는 적절한 입자크기의 범위 내에서 좁은 입도분포를 가지는 것이 중요하다고 판단된다. 대조군인 상업용 목분과 비교해 보면 두 분말 다 더 큰 평균입도를 냈으며 입도분포는 땅콩박과 마늘대 분말의 중간 수준을 나타내고 있음을 볼 수 있었다.

### 3.4 땅콩박과 마늘대를 포함하는 수초지의 물성 평가

KOCC를 주원료로 하고 땅콩박, 마늘대 분말과 상업용 목분을 첨가하여 평량 100 g/m<sup>2</sup>의 수초지를 제조한 후 벌크, 회분함량, 열단장, 파열지수, 압축강도를 측정하였으며, 그 결과를 Figs. 7~11에 도시하였다. 벌크는 땅콩박 분말과 마늘대 분말의 첨가량이 증가함에 따라 거의 비례적으로 증가하고 있음을 볼 수 있었다. 땅콩박, 마늘대, 목분을 비교해 보면 마늘대 분말이 가장

높은 벌크를 나타냈으며, 이는 마늘대 분말의 평균입도가 가장 크기 때문으로 판단된다. 회분함량은 분말상 원료의 투입량이 3%이었을 때 높은 상승을 나타냈으나 투입량이 그 이상인 조건에서는 크게 상승하지 않았

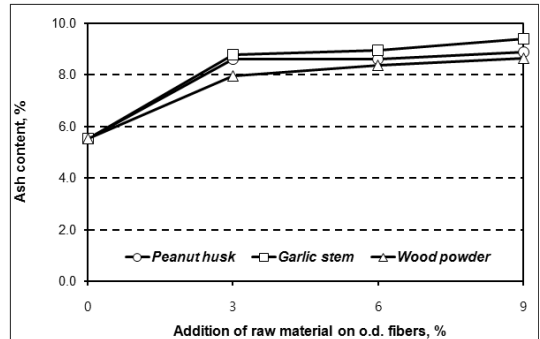


Fig. 8. Effect of powdered additives on the ash content of handsheet.

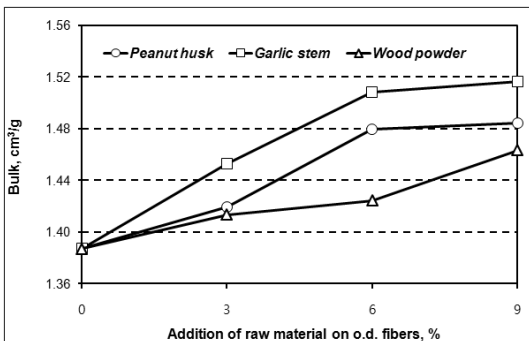


Fig. 7. Effect of powdered additives on the bulk of handsheet.

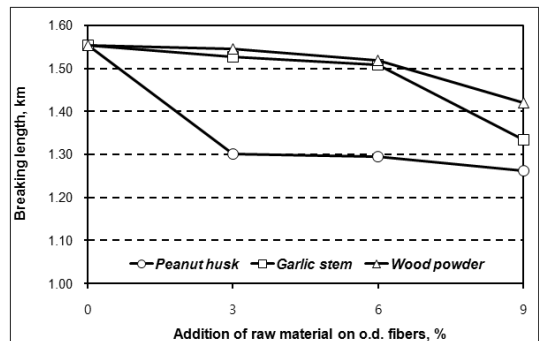


Fig. 9. Effect of powdered additives on the breaking length of handsheet.

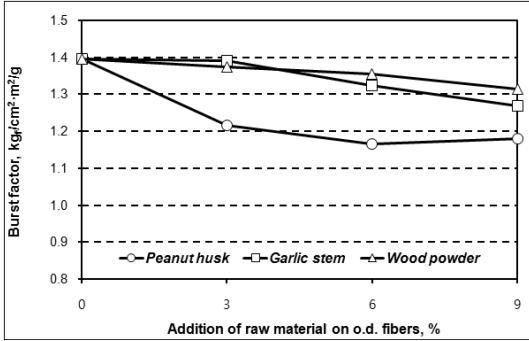


Fig. 10. Effect of powdered additives on the burst factor of handsheet.

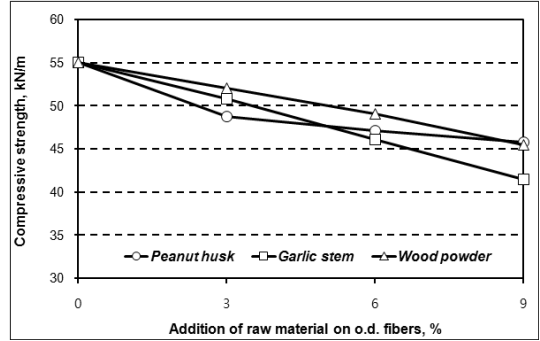


Fig. 11. Effect of powdered additives on the compressive strength of handsheet.

다. 그리고 3 종류의 분말을 비교해 보면 마늘대를 포함하는 수초지가 상대적으로 가장 높은 회분함량을 나타내었는데 이는 마늘대가 땅콩박과 목분에 비해 상대적으로 높은 회분함량을 가지고 있기 때문이라고 판단된다. 열단장, 파열지수, 압축강도를 살펴보면 분말상 첨가제의 투입량이 증가함에 따라 강도들이 감소함을 알 수 있었다. 이는 벌크 상승에 따른 섬유간의 결합감소<sup>19)</sup>와 종이의 회분함량 상승<sup>20)</sup>으로 설명될 수 있다. 분말상 첨가제는 Fig. 12에서 볼 수 있듯이 섬유와 섬유간의 결합영역에 존재하여 섬유간의 간격을 넓혀 줌으로써 종이의 두께를 상승시키게 되는 것을 알 수 있었다. 반면에 분말상 첨가제의 투입량이 증가하게 되면 섬유간 결합력이 약화되어 종이의 강도는 다소 감소하는 결과를 나타냈다. 3 종류의 분말을 비교했을 때 마늘대와 상업용 목분의 강도가 땅콩박에 비해 더 높게 나타났고 마늘

대의 경우에는 상업용 목분과 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단된다. 마늘대 분말의 경우 벌크 상승효과가 가장 높음에도 불구하고 강도는 땅콩박에 비해 높은 결과를 나타냈는데 이는 마늘대 입자들은 섬유형태를 띠고 있기 때문이라고 생각된다.

종이의 물성결과를 바탕으로 살펴보면 벌크 향상을 위해 상업용 목분을 사용하고 있는 지종의 생산공정에서는 본 연구에서 제조한 마늘대 분말을 적용하여도 종이 물성에 악영향은 없으면서 더 높은 벌크 상승효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

### 3. 결론

새로운 제지용 부원료를 개발하기 위하여 현재 폐기되고 있는 땅콩박과 마늘대를 발굴하였고 분쇄기를 이

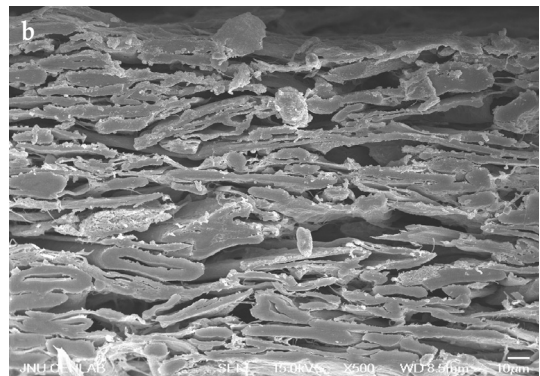
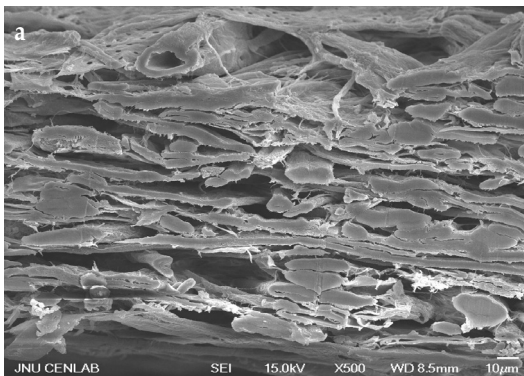


Fig. 12. Scanning electron micrographs of Z-direction of handsheets without (a) and with (b) 9% peanut husk powder.

용하여 분말상 첨가제를 제조하였다. 땅콩박과 마늘대는 목질계·비목질계 바이오매스와 유사한 화학조성을 가지고 있었으며, 분쇄기인 핀크리셔로 분쇄했을 경우 땅콩박은 무정형의 입자, 마늘대는 섬유상의 입자들이 제조되었다. 땅콩박의 입자들은 상대적으로 넓은 크기 분포를 나타냈고 평균입도는 마늘대가 더 높을 것으로 나타났다. KOCC를 주원료로 분말상 원료를 투입하여 실험실적으로 수초지를 제조한 결과 벌크는 투입량과 비례적으로 증가하는 결과를 보여주었고 회분도 분말상 첨가제가 투입됨에 따라 상승하는 결과를 나타냈다. 수초지의 강도는 분말상 첨가제가 투입됨에 따라 벌크와 회분함량 상승에 따라 감소하는 경향을 나타냈는데 이는 분말상 입자가 섬유와 섬유사이에 위치하여 섬유 간격을 넓혀주기 때문이라고 판단된다. 땅콩박과 마늘대를 비교했을 때 섬유상의 입자를 갖는 마늘대 분말이 벌크를 더 많이 향상시킴에도 불구하고 종이의 강도저하가 더 낮게 나타내었다. 또한 상업용 목분과 비교했을 때 더 높은 벌크상승에도 불구하고 강도적 특성은 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 상업용 목분이 적용되는 지층에 본 연구에서 제조한 마늘대 분말이 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 (주)에스엘의 지원에 의해 수행되었습니다.

## 인용문헌

1. Lim, K.P., Study on the Nitric Acid Pulping of Rice Straw Grown in Korea, J. Korea TAPPI, 15(2): 31-38 (1983).
2. Kang, C.H., and Park, S.J., Development of Pulping Methods of Rice-straw Chemical pulp with Higher Yield and Lower Kappa Number, J. Korea TAPPI, 32(2): 58-67 (2000).
3. Rodríguez, A., Moral, A., Serrano, L., Labidi, J. and Jiménez, L., Rice straw pulp obtained by using various methods, *Bioresource Technology*, 99(8): 2881-2886 (2008).
4. Won, J.M., and Shin, D.S., Studies on the Kraft Pulping of Reed(*Phragmites communis Trin.*) Grown in Korea, J. Korea TAPPI, 13(1): 4-19 (1981).
5. Yeoum, B.C., Hong, S.P., and Mun, S.P., Pulping of Reed by Acetic Acid under Atmospheric Pressure, J. Korea TAPPI, 26(1): 45-52 (1994).
6. Chen, R., and Tang, W., High-yield pulping of reed, *Cellulose Chemistry and Technology*, 30(3-4): 307-321 (1996).
7. Kang, C.H., and Park, S.J., Studies on the Production of Various Chemical Pulp from Bamboo, J. Korea TAPPI, 32(3): 57-64 (2000).
8. 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).
9. 이지영, 서동준, 윤경태, 제지용 목분의 제조방법 및 이를 이용한 벌크가 증가된 제지의 제조방법, 등록번호 10-0898383 등록일자 2009년 5월 12일.
10. Rim, A.R., Jung, E.S., Jo, S.C., and Lee, S.C., Effect of Far-Infrared Irradiation and Heat Treatment on the Antioxidant Activity of Extracts from Peanut (*Arachis hypogaea*) Shell, *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34(7): 1141-1117 (2005).
11. Yen, G.C., and Duh, P.D., Antimutagenic effect of methanolic extracts from peanut hulls, *Biosci Biotechnol Biochem* 60(10): 1698-1700 (1996).
12. Wee, J.H., and Park, K.H., Identification of 3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid and 4-hydroxybenzoic acid with antioxidative and antimicrobial activity from *Arachis hypogaea* shell, *Korean J Biotechnol Bioeng*, 15: 464-468 (2000).
13. Song, J.Y., Zou, W., Bian, Y., Su, F., and Han, R., Adsorption characteristics of methylene blue by peanut husk in batch and column modes, *Desalination*, 265(1-3), 119-125 (2011).
14. Li, Q., Zhai, J., Zhang, W., Wang, M., and Zhou, J., Kinetic studies of adsorption of Pb(II), Cr(III) and Cu(II) from aqueous solution by sawdust and modified peanut husk, *Journal of Hazardous Materials*, 141(1): 163-167 (2007).
15. Akgül, M., and Tozluoğlu, Utilizing peanut husk (*Arachis hypogaea* L.) in the manufacture of medium-density fiberboards, *Bioresources Technology*, 99(13): 5590-5594 (2006).
16. 박상진, 이종윤, 조남석, 조병목, 목재과학 시험서, 광



- 일문화사, p. 473-488 (1993).
17. Choi, T.H., New Korean Traditional Papermaking from *Morus spp.*(I)-Anatomical and Chemical Properties and Pulping Characteristics, *J. Korea TAPPI*, 31(3): 96-104 (1999).
  18. 조육기, 비목재 팔프에 관하여, *J. Korea TAPPI*, (1): 25-31 (1971).
  19. Gao, Y., Rajbhandari, V., Li, K., Zhou, Y., and Yuan, Z., Effect of HYP fibers on bulk and surface roughness of wood-free paper, *TAPPI J.*, 7(4): 4-10 (2008).
  20. Mabbe, S. and Harvey, R., Filler flocculation technology - Increasing filler content without loss in strength or runnability parameters, 2000 Tappi Papermakers Conference and Trade Fair 2, pp. 797-809, (2000).
  21. Zhao, Y., Hu, Z., Ragauskas, A., and Deng, Y., Improvement of paper properties using starch-modified precipitated calcium carbonate filler, *TAPPI J.*, 9(2): 3-7 (2005).