

오일팜 부산물을 이용한 유기충전제 제조 가능성 평가

이지영 · 김철환 · 성용주^{†1} · 박종혜² · 김은혜²

접수일(2015년 9월 9일), 수정일(2015년 10월 6일), 채택일(2015년 10월 8일)

Effect of New Organic Filler Made From Oil Palm Biomass on Paperboard Properties

Ji Young Lee, Chul Hwan Kim, Yong Joo Sung^{†1}, Jong-Hea Park² and Eun Hea Kim²

Received September 9, 2015; Received in revised form October 6, 2015; Accepted October 8, 2015

ABSTRACT

As the production of palm oil has been increased, the generation of oil palm biomass is also increased and the utilization of the oil palm biomass become more significant topic. One third of the oil palm biomass is empty fruit bunch (EFB) and the other two thirds are oil palm trunks and fronds. However, the effective use of oil palm biomass has not been developed and most of it is discarded near oil palm plants. In this study, we investigated the applicability of EFB to the paperboard mills, as an organic filler. The new organic filler was manufactured in a laboratory by grinding and fractionating dried EFB powder, and its properties were analyzed. The particles of EFB organic filler were larger and more spherical than those of the commercial wood powder. The use of EFB organic filler resulted in a higher bulk of the handsheets with similar trends of physical strength, compared to those made with wood powder. It was concluded that EFB could be used as a raw material to manufacture organic filler for paperboard production.

Keywords: Oil palm biomass, EFB, paperboard, organic filler, bulk

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

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

2 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 제지산업은 펄프자급률이 20% 수준임에도 불구하고 높은 생산량을 자랑하고 있다. 그러나 제지용 원료의 공급과 가격에 대한 안정성이 낮고 건조에너지 및 원자재 가격의 상승 등에 의해 종이제품의 원가와 품질경쟁력이 떨어지고 있다. 판지 생산 공정에서 생산원가를 분석해 보면 원재료, 건조에너지가 변동비의 1, 2위를 각각 차지하고 있기 때문에 펄프의 원활한 공급과 가격 안정성의 확보가 가장 우선적으로 풀어야 할 과제이다.¹⁾ 이를 해결하기 위해서는 펄프원료를 대체할 수 있는 신규 원료를 발굴하는 것이 첫걸음이라고 판단된다. 국내에서 제지용 원료를 개발하기 위해 다양한 비목질계 자원에 대한 연구²⁻⁴⁾를 지속적으로 수행하여 왔지만 현재 적용되는 예는 많지 않다.

오일팜 나무는 야자과(Palmae) 식물로, 1년 묘목에서 자라고 식재된 후 3-5년 열매의 수확이 시작되어 10-20년에 연간 생산량이 최대가 되며 20년 이후에는 연간 생산량이 감소되기 때문에 25년생 정도에서 도매시키고 재식목을 한다. 1 ha의 오일팜을 재배할 경우 연간 5.5톤의 오일이 생산되고 55톤의 섬유상 물질이 발생된다.⁵⁾ 오일팜에서 발생하는 주요 부산물의 종류로는 빈 열매송이(empty fruit bunch; EFB), 오일팜 줄기(oil palm trunk; OPT), 오일팜잎(oil palm frond) 등이 있다.⁶⁾ 그러나 이들 부산물들은 섬유조직이 치밀하지 못하고 목재로의 사용이 적합하지 않아 열매를 채취하고 팜 오일 생산한 후 대부분 산림이나 팜유 제조공장 근처에서 방치되고 있다. 특히, 팜오일 제조 시 발생하는 유기성 폐기물 가운데 하나인 EFB는 외부에 방치되거나 비료로써 활용되는 등 저급한 용도로 활용되고 있는 실정이다.⁷⁾ 그러므로 중요한 섬유자원인 오일팜 바이오매스 자원의 자원화 기술개발이 매우 필요하다.

본 연구에서는 오일팜 바이오매스 자원 중 EFB를 이용하여 판지용 유기충전제의 제조가능성을 파악하고자 하였다. 유기충전제는 국내 판지 생산업체를 중심으로 활발하게 사용되는 기능성 원료로 국내에서는 목분이 사용되고 있다. 따라서 EFB를 이용하여 목분 수준의 기능을 가지는 유기충전제를 제조할 수 있다면 단순 폐기되고 있는 해외 자원을 국내에서 유용자원으로 활용할 수 있다는 점에서 환경적·산업적으로도 큰 의미를 가지는 것으로 판단된다.

말레이시아에서 수입된 EFB 분말을 이용하여 실험실에서 목분 제조와 동일한 조건으로 유기충전제를 제조하였다. 이 후 실험실에서 조성한 지료와 백판지 생산업체에서 채취한 지료를 이용하여 EFB 유기충전제가 적용된 판지를 제조하고 이들의 물리적·강도적 특성을 파악하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 유기충전제를 제조하기 위해 EFB 분말을 S업체에서 분양받아 사용하였다. 대조군으로 국내 백판지 공장에서 사용되고 있는 G사의 상업용 목분(commercial wood powder; WP)을 사용하였다. 수초지 제조를 위해 D사에서 분양받은 국산 폐골판지(Korean old corrugated container; KOCC)를 사용하였으며 현장적용성을 평가하기 위해 S사의 OCC 라인의 머신체스트 원료를 사용하였다. 유기충전제를 수초지에 보류하기 위해 C사에서 분양받은 양이온성 PAM(C-PAM)을 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 유기충전제 제조 및 기본 물성 측정방법

EFB 분말을 전건시킨 후 유기충전제를 제조하기 위해 핀크러셔(pin-crusher)를 사용하였다. 핀크러셔는 곡물류, 화학 제품류, 약품류 등 각종 원료 또는 제품을 회전하는 핀(pin)과 고정된 핀 사이에서 중분쇄하는 분쇄기이다. 분쇄되는 물질의 크기는 핀 바깥쪽 부분에 있는 와이어의 mesh로 조절가능한데 본 연구에서는 60 mesh를 사용하였다. 제조된 분말에서 60 mesh 이상의 입자를 완전히 제거하기 위해 60 mesh 체를 이용하여 분급을 실시하였다.

EFB 유기충전제와 WP의 입자 형태를 분석하기 위해 주사전자현미경(JSM-6701F, JEOL, Japan)을 사용하였다. 입도분석기(Mastersizer2000, Malvern, UK)를 이용하여 EFB 유기충전제와 WP의 평균입도와 입도분포를 분석하였다.

2.2.2 지료 조성 및 수초지 제조방법

KOCC를 18시간동안 물에 침전시켰다가 10% 농도로 고속해리기를 이용하여 약 30분간 해리시킨 후 섬유가 뭉침 없이 완전히 분산된 것을 확인하고 지료로 사용하였다. 해리가 된 지료는 농도 0.5%로 희석을 실시한 후 사용하였다. 또한 EFB의 현장효과를 분석하기 위해 S사의 OCC 라인의 머신체스트 지료를 입수하여 수초지 원료로 사용하였다.

본 연구에서는 평량 $100 \pm 4 \text{ g/m}^2$ 의 수초지를 제작하였다. EFB 유기충전제와 WP를 전건섬유대비 3, 6, 9%로 펄프슬러리에 투입한 후 600 rpm 조건으로 교반을 실시하면서 보류제로 양이온성 PAM을 전건섬유대비 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.

2.2.3 수초지의 물리적 · 강도적 특성 평가

제조된 수초지를 온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $50 \pm 2\%$ 로 조습처리한 후 TAPPI Test Methods에 의거하여 벌크

(TAPPI T 411), 열단장(TAPPI T 494), 압축지수(TAPPI T 818), 파열지수(TAPPI T 403), 스티프니스(TAPPI T 543)를 각각 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 EFB를 이용하여 제조된 유기충전제의 특성 분석 결과

EFB 유기충전제와 목분을 육안으로 살펴보면 Fig. 1과 같다. 두 종류의 바이오매스는 일반적인 갈색을 띠고 있었으나 EFB가 상대적으로 더 연한 갈색을 띠고 있었다. 인쇄용지의 경우 원료의 색상이 매우 중요한 요소 중 하나이지만 판지의 경우에는 재생펄프 자체가 진한 갈색을 띠고 있기 때문에 EFB의 색상에 따른 문제는 없을 것으로 판단된다. 또한 두 물질 모두 섬유상의 입자를 나타내고 있음을 볼 수 있었다. 각 분말상 입자의 형태를 파악하기 위해 SEM이미지를 촬영하였고 Figs. 2와 3에 SEM 이미지를 나타내었다. 목분은 대부분의 입자들이 섬유형

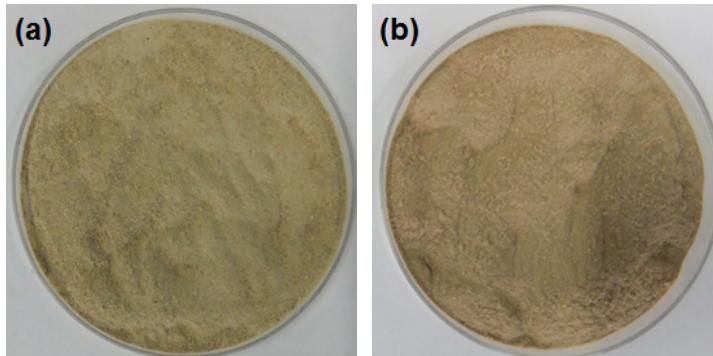


Fig. 1. Outlook of the EFB organic filler (a) and the commercial wood powder (b).

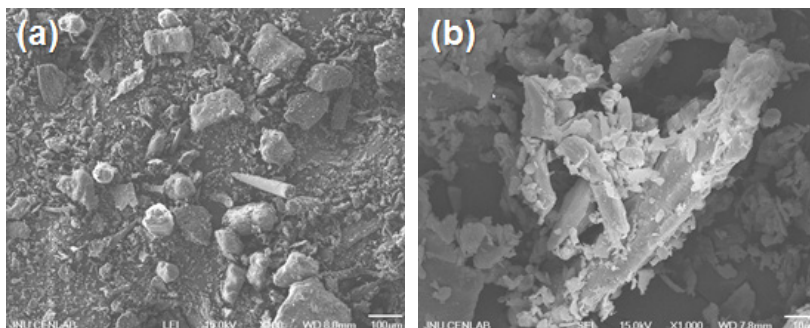


Fig. 2. Scanning electron micrographs of EFB organic filler(a: $\times 100$, b: $\times 1,000$).

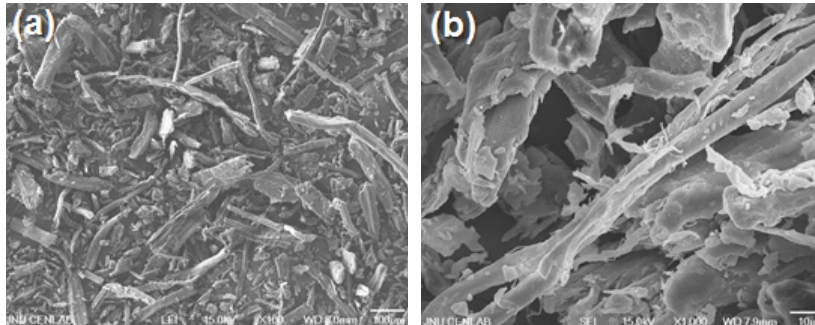


Fig. 3. Scanning electron micrographs of commercial wood powder (a: $\times 100$, b: $\times 1,000$).

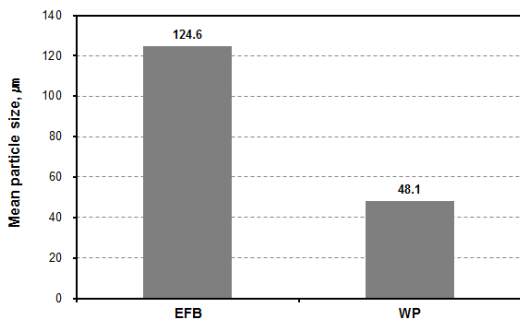


Fig. 4. Mean particle size of EFB organic filler and WP.

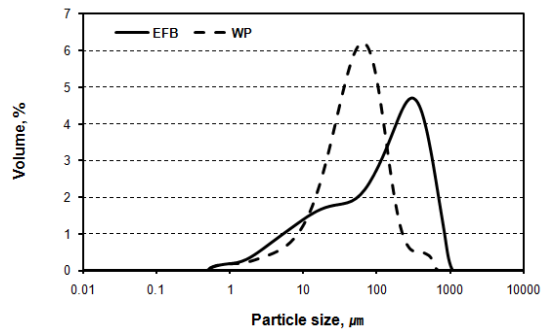


Fig. 5. Particle size distribution of EFB organic filler and WP.

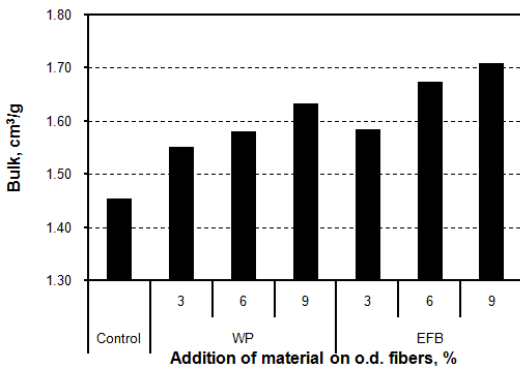


Fig. 6. Effect of EFB organic filler and WP on the bulk of handsheets made from KOCC prepared in a laboratory.

태를 띠고 있었으나 EFB는 일부 섬유상 입자와 함께 상대적으로 구형에 가까운 입자들로 구성되어 있음을 볼 수 있었다. 일반적으로 종이의 벌크상승효과 측면에서 판상 입자보다 구형에 가까운 입자가 더 유리한데 이는 섬유상 입자의 경우 섬유와 동일한 형태로 배향하여 섬유사이에서 섬유간격을 높이는 정도는 섬유상 입자의 횡단방향 직경에 의해 결정되지만 구형에 가까운 입자는 그 직경이

섬유상 입자의 횡단방향 직경보다 크기 때문에 섬유간격을 더 높일 수 있기 때문이다. 따라서 입자의 형태를 통해 판단해 보면 EFB가 상업용 목분에 비해 벌크상승효과가 더 우수할 것으로 생각된다.

EFB 및 상업용 목분의 평균입도와 입도분포를 Figs. 4와 5에 도시하였다. 평균입도를 비교해 보면 EFB 유기충전제가 목분에 비해 더 큰 평균입도를 가지고 있음을 볼 수 있었다. 또한 EFB 유기충전제가 목분에 비해 더 넓은 입도분포를 나타내고 있었는데 EFB 유기충전제에는 목분에 비해 더 큰 입자와 더 작은 입자의 함량이 더 높음을 나타내는 것이다. 벌크상승효과 측면에서는 큰 입자가 많은 것이 유리하나 미세입자들이 많을 경우 보류도가 하락하는 부정적인 효과도 있다. 특히 큰 입자의 함량이 높을수록 종이의 벌크상승효과가 크지만 입자의 크기가 과도하게 클 경우 판지 표면에 돌출이 발생하는 문제가 발생할 수 있다.⁸⁾ 따라서 입자크기의 상한을 적절하게 조절하여야 하고 미세한 입자의 함량을 낮춰 전체적으로 입도분포를 좁게 하는 방향으로 입자크기를 조절하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

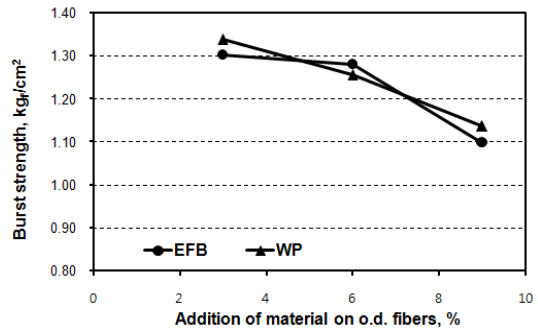
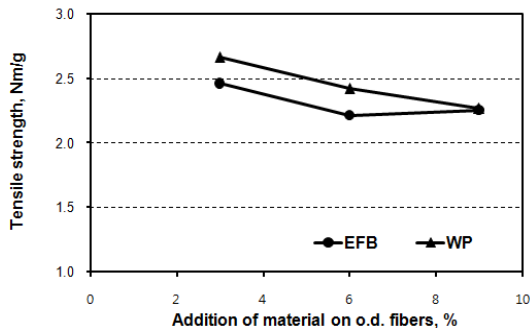


Fig. 7. Effect of EFB organic filler and WP on the tensile strength (left) and burst strength (right) of handsheets made from KOCC prepared in a laboratory.

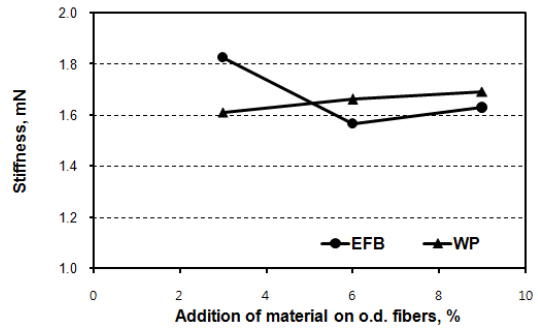
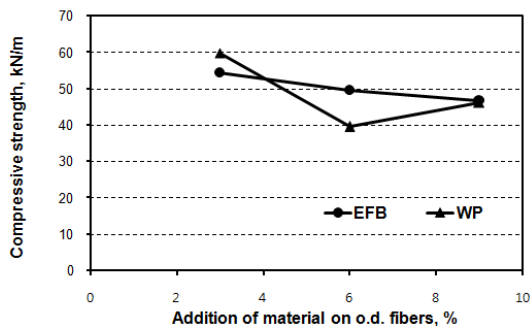


Fig. 8. Effect of EFB organic filler and WP on the compressive strength (left) and stiffness (right) of handsheets made from KOCC prepared in a laboratory.

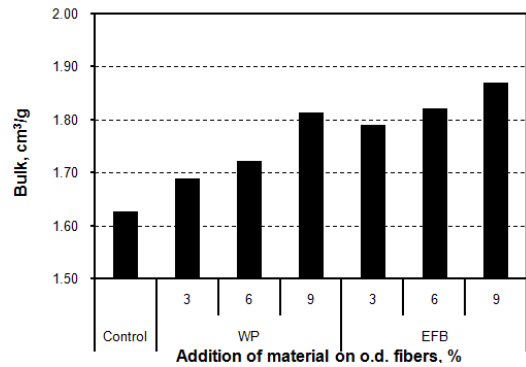


Fig. 9. Effect of EFB organic filler and WP on the bulk of handsheets made from mill stock.

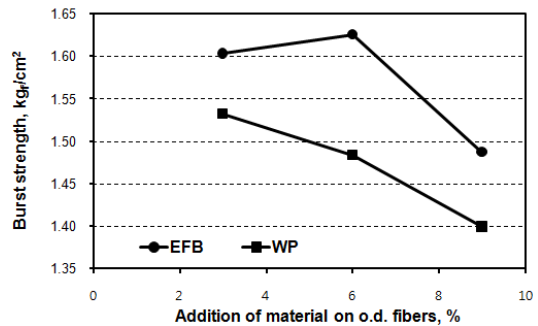
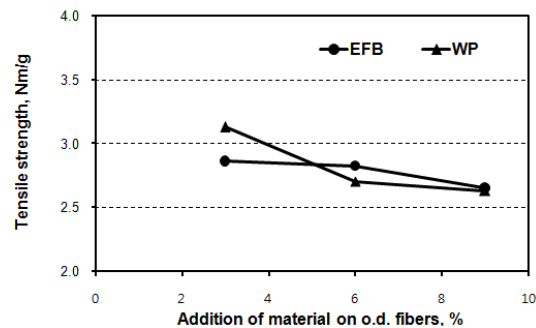


Fig. 10. Effect of EFB organic filler and WP on the tensile strength (left) and burst strength (right) of handsheets made from KOCC prepared in a laboratory.

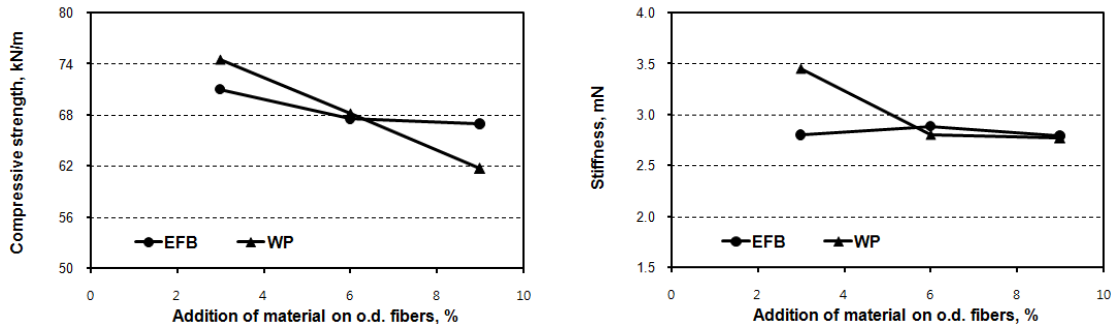


Fig. 11. Effect of EFB organic filler and WP on the compressive strength (left) and stiffness (right) of handsheets made from KOCC prepared in a laboratory.

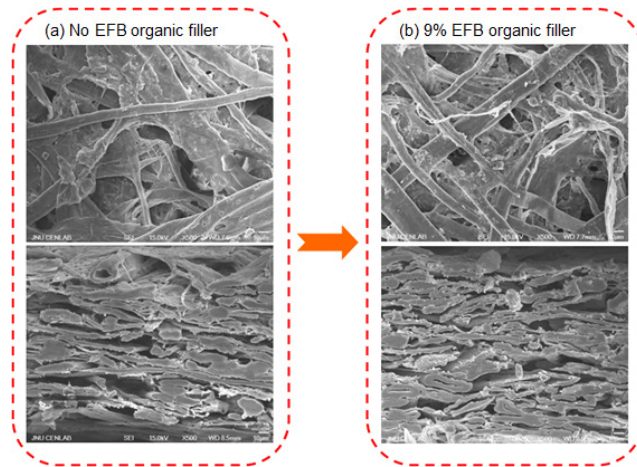


Fig. 12. Scanning electron micrographs of surface and Z-direction of handsheets without and with EFB organic fillers.

3.2 실험실 원료와 유기충전제로 제조된 수초지의 물성 측정 결과

실험실에서 조성된 KOCC 지료에 EFB 유기충전제와 목분을 3, 6, 9% 투입하여 제조한 수초지의 벌크, 인장강도, 파열강도, 압축강도를 측정 결과들은 Figs. 6-8에 나타냈다. 목분과 EFB 유기충전제의 투입량이 증가할수록 수초지의 벌크가 증가하고 있음을 볼 수 있었다. 목분과 비교해보면 동일한 투입량에서 EFB 유기충전제의 벌크상승 효과가 더 높았다. 이는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 EFB 유기충전제의 입자크기가 WP에 비해 크고 EFB의 입자 형상이 목분에 비하여 구형이기 때문에 나타난 결과로 판단된다.

Figs. 7과 8에서 나타난 바와 같이 강도적 특성을 살펴보면 EFB와 WP의 투입량이 증가함에 따라 모든 강도

특성이 감소하였는데 이는 벌크가 증가함에 따라 섬유간의 결합이 감소하기 때문이라고 판단된다. EFB와 WP를 비교해보면 다소 EFB가 상대적으로 낮은 강도를 나타내나 그 차이가 유의한 수준이 아니라고 판단된다.

3.3 현장 OCC 원료와 유기충전제로 제조된 수초지의 물성 측정 결과

EFB의 현장 적용성을 평가하기 위해 S사의 지료를 이용하여 동일한 방식으로 수초지를 제작한 후 물성을 평가한 결과를 Figs. 9-11에 결과를 나타냈다. Fig. 9에서 나타난 바와 같이 현장 OCC 지료에 EFB가 투입됨에 따라 수초지의 벌크가 직선적으로 증가하였으며 동일한 투입수준에서 목분에 비해 EFB가 벌크 향상에 미치는 영향이 우수하였다. Figs. 10과 11의 강도적 특성 분석 결과

과 3.2의 실험실적 실험결과와 동일한 경향을 나타냈다.

Fig. 12에 나타난 바와 같이 EFB 유기충전제가 벌크항상에 미치는 영향을 분석하기 위하여 9% EFB를 투입하여 제조한 수초지의 표면과 두께방향을 SEM을 이용하여 이미지를 촬영하였다. Fig. 12의 수초지의 표면 SEM 측정 결과 EFB가 첨가됨에 따라 섬유와 섬유사이에 존재하는 공극을 EFB가 채우고 있는 것을 볼 수 있었다. 두께방향 이미지를 살펴보면 EFB가 투입됨에 따라 섬유와 섬유사이에 EFB의 미세입자들이 위치하고 있음을 볼 수 있었다. 따라서 EFB가 투입됨에 따라 섬유와 섬유사이의 공극을 메우고 섬유사이의 간격을 넓혀줌에 따라 종이의 벌크가 증가하게 되는 것으로 판단되고 입자의 크기가 클수록 벌크상승효과는 더 높을 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 오일팜 제조 후 발생하는 부산물인 오일팜 바이오매스 중 EFB의 유기충전제 활용 가능성을 평가하고자 EFB를 이용하여 실험실적으로 판지용 유기충전제를 제조하고 실험실에서 제조한 KOCC 지료와 백판지 생산 공정의 현장 지료를 이용하여 EFB 유기충전제가 적용된 수초지를 제작하고 그에 따른 물리적·강도적 특성을 분석 하였다.

실험실적으로 분쇄하고 분급하여 제조된 EFB 유기충전제는 입자의 형태가 목분에 비해 구형에 가깝고 평균입도가 크다. 따라서 판지용 유기충전제로서 EFB를 적용하기 위해서는 입자크기의 상한을 적절하게 조절하여야 하고 미세한 입자의 함량을 낮춰 전반적인 입도의 분포가 균일하도록 입자크기를 조절하여야 할 것으로 판단된다.

EFB 유기충전제를 투입하여 제조한 수초지의 벌크는 EFB 투입량이 증가함에 따라 증가하였으며 목분에 비하여 EFB 유기충전제의 벌크항상 효과가 뚜렷하였다. EFB 유기충전제와 목분의 첨가량이 증가함에 따라 강도적 특성은 감소하였으나 목분과 EFB 유기충전제의 투입량이 동일한 수준에서는 강도의 차이가 없었다. 이는 실험실에서 조성된 지료와 백판지 생산 공정에서 입수한 지료에 각각 적용한 결과 모두 동일한 경향이 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 EFB를 이용하여 백판지용 유기충전제를 제조하여 백판지에 적용한다면 목분 이상의 기능성을 확보할 수 있을 것을 판단된다.

사 사

본 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호: S111215L070110)'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

Literature Cited

1. Krogerus, B., Fillers and pigments in paper-making chemistry, Papermaking Science and Technology, Vol. 4, Ch. 5, TAPPI Press, Atlanta, pp. 116-149 (1997).
2. Chen, R. and Tang, W., High-yield pulping of reed, Cellulose Chemistry and Technology 30(3-4):307-321 (1996).
3. Rodriguez, A., Moral, A., Serrano, L., Labidi, J., and Jimenez, L., Rice straw pulp obtained by using various methods, Bioresource Technology 99(8):2881-2886 (2008).
4. Won, J. M. and Kim, M. H., Pulping characteristics of bamboo (*Bambusa procera acher*) grown in Vietnam, Journal of Korea TAPPI 41(4):52-57 (2009).
5. Hasamudin, W. and Soom, R. M., Road making using oil palm fiber, Malaysian Palm Oil Board Information Series 171, Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, Malaysia (2002).
6. Wanrosli, W. D. and Law, K. N., Oil palm fibers as papermaking material: Potentials and challenges, BioResources 6(1):901-917 (2011).
7. Prasertsan, S. and Prasertsav, P., Biomass residues from palm oil mills in Thailand: An overview on quantity and potential usage, Biomass and Bioenergy 11(5):387-395 (1996).
8. 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 Journal 13(11):17-22 (2014).