

고분자 전해질로 개질처리한 목질계 충전제가 종이 특성에 미치는 영향

Effects of Polyelectrolyte-Modified Lignocellulosic Fillers on Paper Properties

서정민, 김철환, 이지영, 정호경, 백경길, 강하륜
경상대학교 임산공학과

1. 서 론

산림을 녹화하고 쓸모 있는 자원으로 가꾸기 위한 숲가꾸기 사업이 활성화됨에 따라 대량의 소경목 및 불량목 등 산지(임지)폐잔재가 발생하고 있으나 목재이용율도 낮고 수집, 하산, 운반 등에 고비용이 소요되며, 이를 활용할 수 있는 마땅한 대안도 없어 산림 내에 그대로 방치되거나 폐기되고 있는 실정이다.¹⁾ 현재 국내의 폐잔재 발생량은 연간 총 목재 사용량의 40% 수준이며, 이를 톱밥 및 원료 등으로 재활용하는 비율은 43.4%에 그치고 있고, 소각 및 매립 등의 방법으로 폐기되는 비율이 56.6%이로 가공 전 목재의 원목 용적보다도 많이 배출되고 있는 것으로 알려져 있다.²⁾

또한 수입에 의존하는 국내의 특성상 목재 수출국의 다양한 여건이나 운반비의 과다 상승 등 여러 복합적인 원인으로 목재의 가격은 지속적으로 상승하고 있고 공급가능한 대경제의 수량은 한계가 있는 현실에서, 기존의 목재 산업에서 발생하는 여러 목재 폐기물이나 건축물의 해체 과정에서 발생하는 폐기물 등에 대한 재사용 및 재활용은 선택이 아니라 필수라 하겠다.³⁾

충전제는 종이의 불투명도(opacity), 백색도(brightness), 인쇄적성(printability) 등의 종이 품질을 향상시키는 동시에 펄프에 비해 가격이 낮기 때문에 원료절감 효과도 가져온다. 그러나 이러한 충전제는 섬유간 수소결합을 방해하기 때문에 첨가량이 증가함에 따라 강도적 저하를 가져오게 된다. 하지만 폐잔재인 목분을 이용한 유기 충전제는 셀룰로오스 및 헤미셀룰로오스가 그대로 잔존하기 때문에 펄프와의 친화력이 우수하다.

그로인해 무기충전제에 비해 강도 저하를 둔화시킨다.⁵⁾ 이러한 유기 충전제의 장점을 살려 강도 저하의 폭을 더욱 줄이는 동시에 백색도를 향상시키기 위한 방법으로 고분자 전해질로 개질처리 실시하였다. 또한 유기 충전제와 무기충전제인 PCC를 첨가한 종이의 물리, 광학, 표면적 특성을 비교하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

본 연구에서 목질계 유기충전제는 경남 산청군 소재의 경상대학교 덕산(지리산) 학술림에서 채취한 수령 15년생 미만의 굴참나무(*Quercus variabilis*)를 사용하였다. 유기충전제의 개질처리를 하기 위한 충전제로는 파우더 타입의 경질탄산칼슘(PCC)을 사용하였고, 보류제로는 양이온성 PAM을 사용하였다.

2.2 목분의 개질처리

2.2.1 목재의 분쇄

유기충전제의 시료를 얻기 위하여 공시재료를 칩화시킨 후 Wonder Blender (WB-01, Sanplatec corp., Japan)를 이용하여 25,000 rpm의 속도로 60초간 분쇄하여 표준체를 사용하여 200 mesh를 통과하고, 400 mesh에 잔류한 목분만을 사용하였다.

2.2.2 목분의 표백

분급된 목분의 백색도를 향상시키기 위하여 Table 1의 조건으로 4단 표백을 실시하였다.

Table 1. Bleaching conditions of lignocellulosic filler

Sequences	Amount (% on pulp)	Consistency (%)	Time (hr)	Temperature (℃)	pH
Sodium Hydrosulfite	4	10	2	70	12.0
Sodium Hypochlorite	1	5	2	60	11-11.5
Chlorine Dioxide	1	10	3	80	3.5-4.0
Peroxide	3	10	2	80	

2.2.3 충전제를 이용한 목분의 개질처리

표백 처리한 목분(모입자)과 PCC(자입자)를 이용하여 Table 2의 조건으로 Wonder Blender(WB-01, Sanplatec corp., Japan)를 사용하여 개질처리 하였고, Fig. 1에 도식화 하였다.

목분의 표면개질상태를 관찰하기 위하여 주사전자현미경(JSM-6380LV, Jeol., Japan)과 전계방사형 주사전자현미경(JSM-6701F, Jeol., Japan)을 사용하였다.

Table 2. Conditions of the surface treatment of lignocellulosic filler

Composition	Core particle (organic filler)			Fine particle (inorganic filler)
	70%	:		30%
Binder	Cationic PAM(0.01%), Cationic Starch(0.25%)			

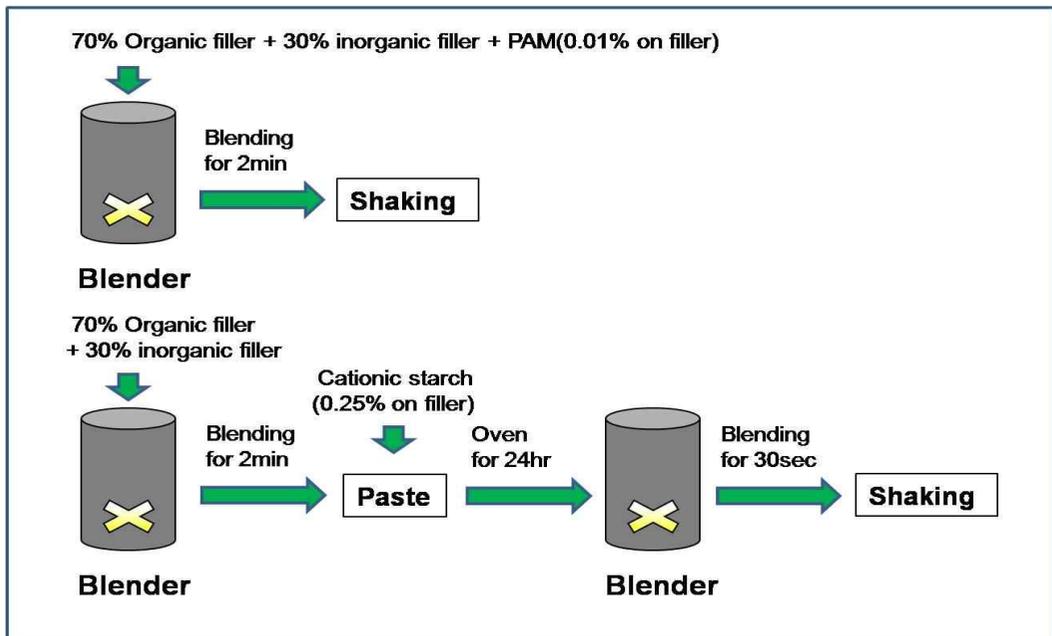


Fig 1. Flow diagram of modification of the lignocellulosic filler.

2.3 개질 처리된 목분을 이용한 수초지 제조 및 특성분석

2.3.1 수초지 제조

개질 처리한 목분을 충전제로 사용가능성을 분석하기 위하여 Hw-BKP와 Sw-BKP를 실험실용 Valley beater를 이용하여 여수로 450 mLCSF로 고해시킨 후 혼합하여 Table 3 의 조건으로 실험실용 사각수초지기를 이용하여 평량 80 g/m²로 수초지를 제조하여 항온항습실에서 24시간동안 조습처리를 하였다.

Table 3. Addition level of pulp and lignocellulosic fillers in handsheet

Addition level	
Ratio of pulp	Hw-BKP : Sw-BKP = 8 : 2
filler	20%
Retention aid	0.02%

2.3.2 수초지의 물리·광학·표면적 특성

조습 처리된 수초지의 평량을 측정 한 후 물성을 분석하기 위하여 TAPPI Standard method에 의거하여 인장강도, 파열강도, 인열강도, 평활도, 거칠음도, 투기도 및 백색도, 불투명도를 측정하였다. 표면의 평활도 개선을 위해 Soft&Super Calender (SMT, CO, LTD)를 이용하여 캘린더 처리를 하였고, 캘린더링 조건은 온도 21℃, nip압 0.127×100 kN, 속도 10.0 m/min였다. 이 때 동일한 벌크에서 비교 판단하기 위해 PCC를 첨가한 수초지와 충전제를 첨가하지 않은 수초지는 닦수를 2회로 실시하고 목질계 충전제를 첨가한 수초지는 4회를 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 개질처리된 목분의 표면관찰

굴참나무를 물리적인 힘에 의하여 분쇄시킨 목분과 PCC를 혼합하여 다시 한 번 물리적인 충격을 가해 줌으로 인해 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 목분면이 갈라지고 손상을 입은 부분에 물리적인 힘을 가함으로 충전제가 갈라진 목분 표면에 침투함으로써 목분

과 충전제의 결합이 일어나는 동시에 바인더에 의해 목재표면에 접촉되어 충전제가 고착된 것으로 생각되어진다.

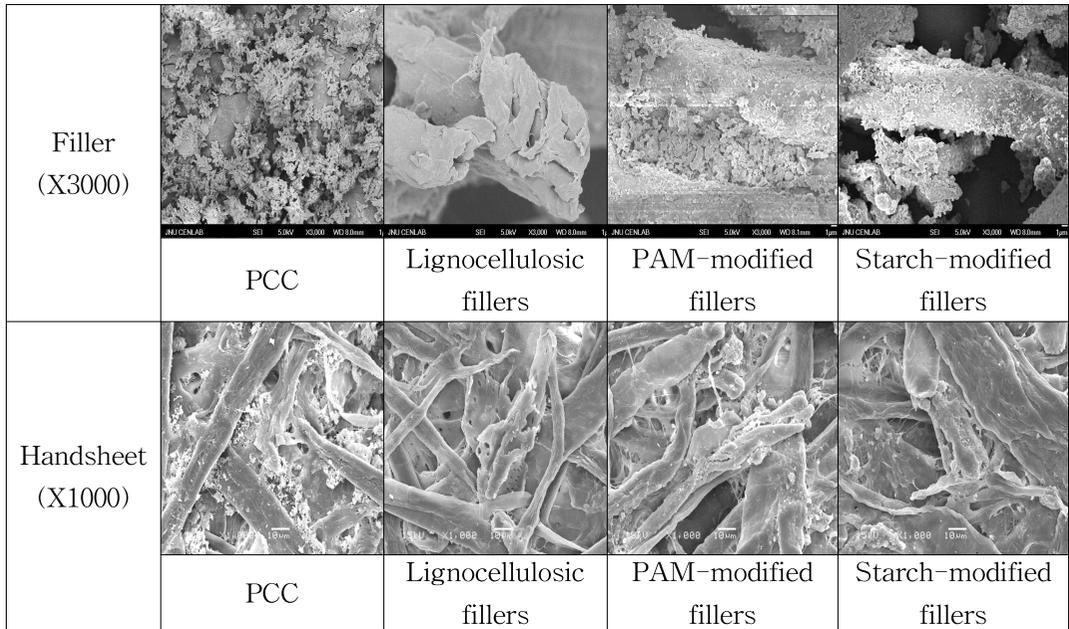


Fig 2. Scanning electron micrograph of lignocellulosic fillers and handsheet.

3.3 수초지의 물리·광학·표면적 특성

3.3.1 물리적 특성

Fig. 3은 충전제 첨가에 따른 벌크를 나타낸 것이다. 개질처리하지 않은 유기충전제가 가장 좋은 벌크를 나타내었고 개질처리한 유기충전제 또한 PCC와 충전제를 첨가하지 않은 종이보다 좋은 벌크를 나타내었다. 그 이유는 유기충전제 자체의 입자가 무기충전제인 PCC의 입자보다 커 섬유네트워크 내에 공극을 통과하지 못하여 보류도가 증가하였을 것이라 생각되고 유기충전제가 섬유와 섬유사이에 들어가 비교적 무기충전제보다 큰 입자크기 때문에 벌크가 증가했을 것이라 생각되어진다.⁵⁾ Fig. 4는 열단장을 나타낸 것으로 충전제가 첨가됨으로서 섬유와의 결합력이 떨어져 강도의 저하를 가져온다. 하지만 섬유와의 결합력이 더 좋은 유기충전제가 강도의 저하폭을 PCC보다 줄여 주었고 또한 개질처리한 유기충전제가 더 높은 강도 값을 나타내었다. Fig. 5, Fig

6은 파열지수와 인열지수를 나타낸 것으로 유기충진제를 첨가한 종이가 PCC를 첨가한 종이보다 파열강도의 저하 폭을 줄여 주었다. 또한 진분으로 개질처리한 유기충진제가 가장 높은 강도 값을 나타내었는데 이것은 진분이 PCC를 접착시키는 동시에 유기충진제 겉에 도포됨으로서 섬유간의 결합력을 더욱 더 증가시켰기 때문이라고 판단되어진다.

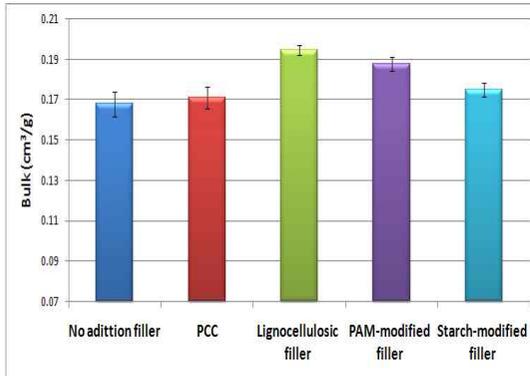


Fig. 3. Bulk of handsheets vs. filler type.

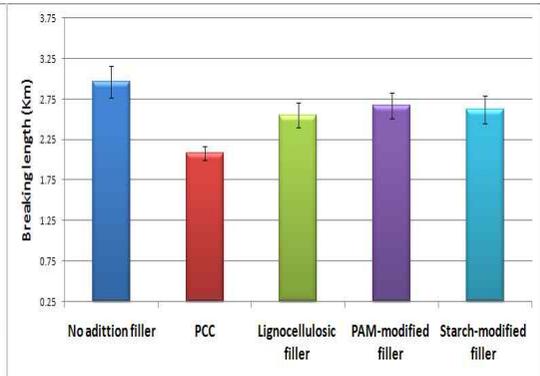


Fig. 4. Breaking length of handsheets vs. filler type.

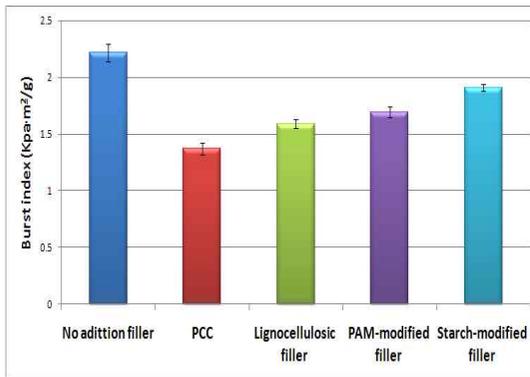


Fig. 5. Burst index of handsheets vs. filler type.

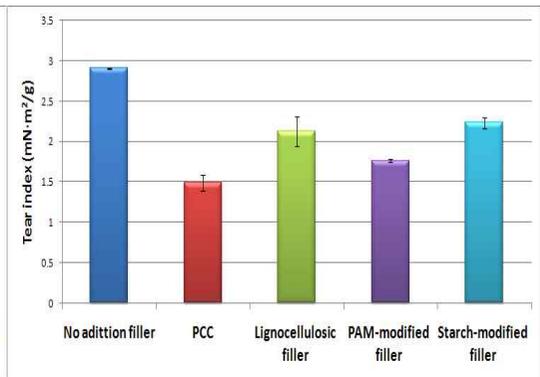


Fig. 6. Tear index of handsheets vs. filler type.

3.3.2 광학적 특성

종이의 광학적 성질은 종이의 외관을 크게 좌우하기 때문에 가끔 물리적 성질보다

중요한 성질로 간주되기도 한다. 빛이 종이에 비추어지면 일부는 반사되고 일부는 흡수되며, 나머지는 투과되는데, 이들 각 범주에 할당된 빛의 양과 반사 또는 투과된 빛 중에서 굴절·확산된 빛의 양에 의하여 광학적 성질이 결정된다.⁶⁾ 이러한 광학적 성질을 알아보기 위하여 백색도와 불투명도를 측정하였다. Fig. 7에서 볼 수 있듯이 무기충전제인 PCC를 첨가했을 때는 백색도가 향상되었지만 유기충전제를 첨가한 종이는 백색도가 감소하였다. 백색도는 일반적으로 펄프의 표백정도를 평가하기 위하여 고안한 것으로 목분의 표백정도가 마켓펄프와 비교하여 낮기 때문으로 판단되어진다. 또한 개질 처리로 인해 백색도가 다소 증가하였으나 이것은 PCC 첨가량이 증가하였기 때문으로 판단되어진다. Fig. 8은 충전제 첨가에 따른 불투명도를 나타낸 것인데 무기, 유기충전제를 첨가한 종이 모두 불투명도가 높아졌다.

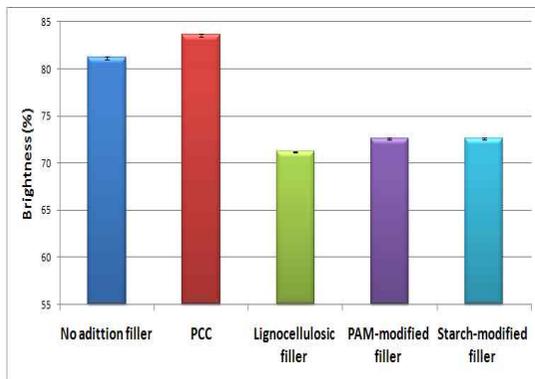


Fig. 7. Brightness of handsheets vs. filler type.

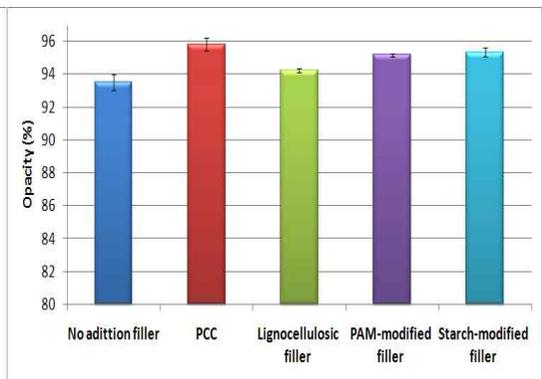


Fig. 8. Opacity of handsheets vs. filler type.

3.3.3 표면적 특성

Fig. 9와 10은 종이의 평활도와 거칠음을 나타낸 것으로 무기충전제인 PCC를 첨가하였을 때 표면적 특성이 향상되었지만 유기충전제를 첨가한 종이는 퇴보하였다. 하지만 칼렌더 처리를 통하여 보완 가능하다는 것을 그림을 통해 알 수 있었다. Fig. 11은 충전제 첨가에 따른 투기도를 나타낸 것이다. 종이에 충전제가 첨가됨으로서 섬유간의 결합력을 방해하고 그 사이 공극이 생겨 투기저항성이 낮아지는데 특히 유기충전제인 경우 PCC보다 부피가 크고 결정형태가 일정하지 않아 공극률이 더 높은 것으로 판단되어진다. 하지만 칼렌더 처리를 통하여 보완 가능하다는 것을 알 수 있었다.

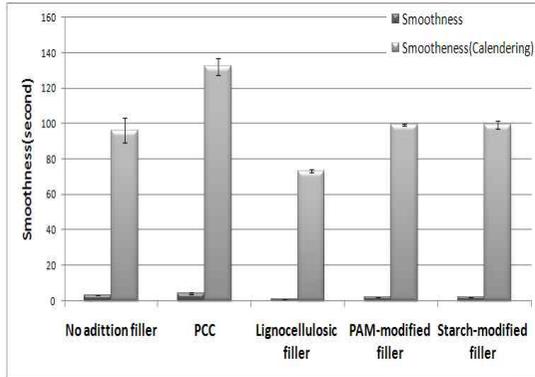


Fig. 9. Smoothness of handsheets vs. filler type.

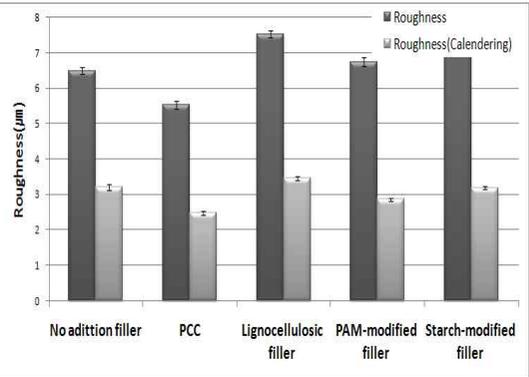


Fig. 10. Surface Roughness of handsheets vs. filler type.

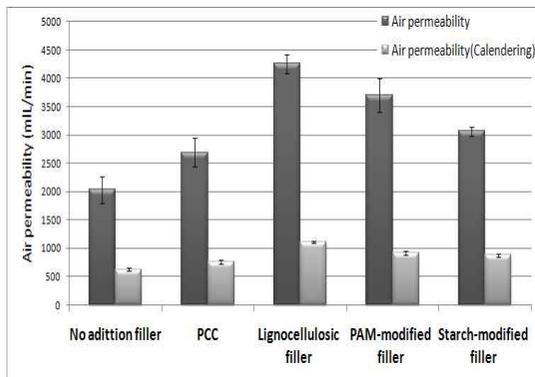


Fig. 11. Air permeability of handsheets vs. filler type.

4. 결론

PAM과 전분을 바인더로 사용하여 개질처리한 유기충전제 모두 목분의 표면에 무기충전제인 PCC를 상당량 고착시킨 것을 육안으로 관찰할 수 있었다. 특히 전분을 바인더로 사용하여 개질처리한 유기충전제인 경우 파열, 인열강도 및 투기 저항성이 PAM을 바인더로 사용하여 개질처리한 유기충전제보다 더 좋은 결과를 나타내었다.

유기충전제를 사용함으로써 표면 특성의 저하와 백색도 감소의 결과를 초래하였다.

하지만 백색도 감소는 목본의 표백을 높이고 백색도를 높여주는 형광증백제 같은 약품 첨가를 통하여 보완하고 칼렌더 처리를 통하여 표면 특성을 개선한다면 높은 백색도를 요구하는 백상지 아트지에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

유기충전제 사용의 가장 큰 장점으로는 무기충전제인 PCC에 비하여 종이의 벌크 상승과 강도의 저하가 낮다는 점이다. 이는 원료절감을 위해 충전제 함량을 증가시키는데 한계가 있던 무기충전제의 단점을 보완할 수 있을 것으로 기대된다.

인용문헌

1. Jang, C-S. A study in Technical Development and Practical Use of Korean-type Mobile Carbonization Apparatus for the Field Utilization of Logging Residues, Korea RuralEconomic Institute(2004).
2. W. J. Kim., Waste-wood collected system improvement & recycled promotion plan, Korea Forest Research Institute (2000).
3. Gwang-Chul Kim, Hee-June Park, In-Soo Jung., Investigation on the Significance and Necessity for Recycling of Wood Wastes, Journal of the Korea furniture Society Vol.20 No.1:31-41 (2009).
4. Tae-Gi Shin, Chul-Hwan Kim, Ho-Kyung Chung, Jung-Min Seo and Young-Rok Lee., Fundamental Study on Developing Lignocellulosic Fillers for Papermaking (I), KTAPPI J., 40(2):8-15 (2008).
5. Chul-Hwan Kim, Ji-Young Lee, Young-Rok Lee, Ho-Kyung Chung, Kyung-Kil Back, Hui-Jin Lee, Hye-Joeng Gwak, Ha-Ryun Gang and Sung-Ho Kim., Fundamental Study on Developing Lignocellulosic Fillers for Papermaking(II) - Effect of lignocellulosic fillers on paper properties, KTAPPI J., 41(2):1-6 (2009).
6. Levlin, J-E and Soderhjelm, L., Papermaking Science and Technology, Vol.17. Pulp and Paper Testing, TAPPI&PI (1999).
7. Zhao, Y., Hu, Z., Ragauskas, A. and Deng, Y., Improvement of paper properties using starch-modified precipitated calcium carbonate filler, TAPPI J.4(2):3-7 (2005).
8. Se, Young Yoon., Yulin, Deng., Starch-Fatty Complex Modified Filler for Papermaking, TAPPI J., 5(9):3-9(2006).