

아보셀 마이크로 펄프를 이용한 종이의 물성 개선

Improvement of Physical Characteristics of Paper with Arbocell Micro Pulp

김학상, 김봉용

경북대학교 임산공학과

1. 서 론

종이의 물성 개선을 위한 방법으로는 가장 기본적으로 지료의 준비과정에 있어서 목질섬유에 가하는 물리적 처리와 Wet-end상에서 종이의 강도 발현을 위한 화학적 처리가 있다. 물리적인 처리로는 대표적으로 고해(beatting)를 들 수 있고, 화학적인 처리로는 지력증강제(strength agent)의 첨가가 그것이다. 특히 고해는 목질섬유에 있어서 유리상고해(free beating)와 점상고해(wet beating)의 효과를 가져 오기 때문에 섬유의 fibrillation의 증대로 interfiber bonding의 향상과 이에 따른 강도발현과 평활도 및 조합의 개선에 큰 효과를 가져온다. 그러나 고해과정 자체가 종이 제조 공정에 있어서 가장 많은 전기를 소모하는 에너지 다소비 공정이라는 점은 틀림없다¹⁾. 하지만 고해를 종이 제조 공정에서 배제 한다는 것은 불가능한 현실이다. 이에 고해 공정을 최대한 줄이고 마이크로 펄프인 아보셀(Arbocell)을 첨가함으로써 고해를 하지 않고도 충분한 종이의 물성 개선 효과를 가져오는 것이 본 연구의 궁극적인 목적이라고 할 수 있다. 또한 이를 더욱 발전 시켜 섬유분리(fiber fractionation) 단계를 이용한 제지공정에서의 응용이 기대 된다. 그리고 아보셀은 마이크로 펄프이기 때문에 친환경공정(green process)에도 기여 할 것으로 기대된다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

수초지 제조용 펄프는 LBKP를 사용하였고 기능성 첨가제인 상업용 아보셀(Arbocell)

마이크로 펄프 3종류를 사용하였다. Table 1에 아보셀의 morfi 분석 결과를 나타내었다.

Table 1. Properties of arbocell

Items (unit)	Arbocell C750	Arbocell C100	Arbocell AKD C100/C120
Average fiber length (μm)	265	290	274
Average Width (μm)	24	46	34
Coarsness (mg/m)	9.7	3.2	3.5
Kinked fibers (%)	4.3	4.1	5
Average Curl (%)	5.6	8.3	6.5
Rate in macrofibril length (%)	1.8	2.6	2.1
Break end (%)	52.3	77.5	64

2.2 아보셀 마이크로 펄프의 탈수도 및 Zeta potential 측정

0.3% 펄프 슬러리에 아보셀 마이크로 펄프를 첨가하여 탈수도를 측정하였고, 또한 아보셀 마이크로 펄프 자체의 Zeta potential을 측정하였다.

2.3 수초지 제조 및 물성 측정

Standard handsheet former를 사용하여 TAPPI 표준시험법 T 205 om-814에 따라 수초지를 제조 하였으며 Stiffness 측정을 위한 수초지는 평량 40g/m²으로 수초하였고 그 외에는 모두 평량 60g/m²로 수초하였다. 펄프의 고해도는 여수도 530, 420, 250ml CSF로 달리 하였으며, 수초시 아보셀 마이크로 펄프의 첨가량은 전건펄프 대비 2, 5, 7, 10, 15, 20%로 달리 하여 수초하였다. 이때 펄프의 고해도는 530ml CSF로 일정하게 유지하여 실시하였다.

물성 측정은 Tensile strength, Bursting strength, Tearing resistance, Stiffness등을 측정 하였고, Air permeability를 측정 하였다. 또한 SEM image를 촬영하여 실질적인 아보셀 마이크로 펄프와 섬유간의 응집을 확인 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 아보셀 마이크로 펄프의 탈수도 및 Zeta potential

아보셀 종류에 따른 탈수도를 측정된 결과를 Fig. 1에 나타내었다. C-750, C-100, AKD C-100/120 순으로 탈수도가 진행되었다. 이는 Table 1에서 보는바와 같이 Coarsness의 특징을 비교해 보면 C-750의 경우 가장 높고 C-100과 C-100/120은 비슷한 수치를 나타냄을 볼 수 있다. Coarsness가 증가하면 단위 무게당 섬유 표면적이 적기 때문에 보통 펄프의 여수도가 증가하는 경향을 나타낸다.²⁾ 또한 C-100의 경우는 섬유의 길이나 폭이 C-100/120과 다소 차이를 보이기 때문에 탈수도의 차이를 나타낸다고 보여 진다. Fig. 2의 Zeta potential의 경우 C-100, C-750에 있어서는 입자 크기에 따른 약한 전위차를 보이는 반면, AKD C-100/120은 보다 강한 음전하를 나타내는데, AKD는 본래 비이온성 사이즈제 임에도 불구하고 강한 음전하를 보이는 이유는 섬유 표면의 부분적인 코팅에 따른 유동성의 상승이 요인으로 생각된다.³⁾

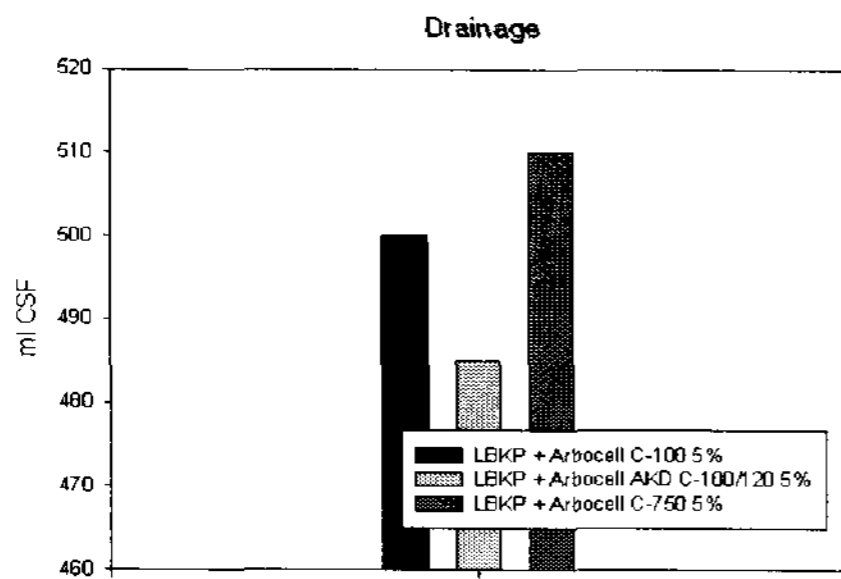


Fig. 1. Drainage of arbocell with LBKP

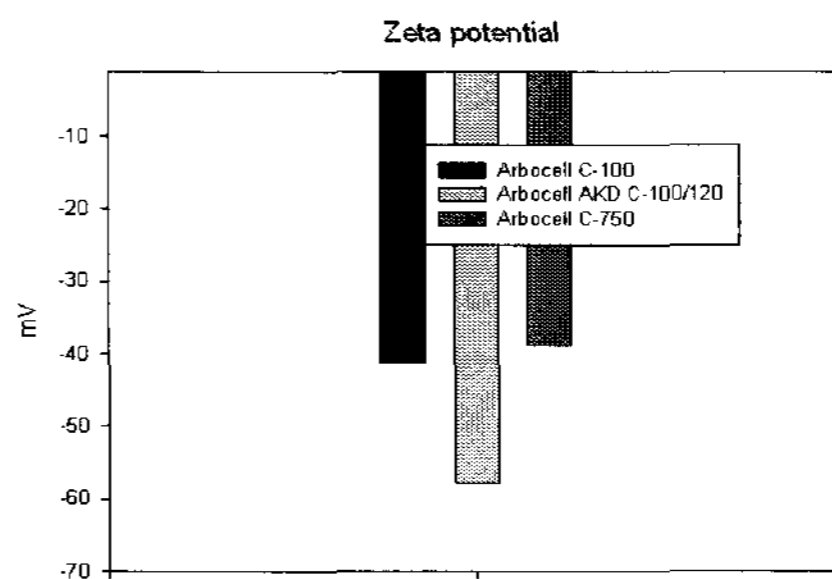


Fig. 2. Zeta potential of arbocell with LBKP

3.2 수초지의 물성 측정

Fig. 3은 고해도에 따른 Tensile strength를 나타내었다. 고해도가 증가함에 따라 강도가 증가하는 것을 볼 수 있다. Fig. 4는 펄프의 고해 정도를 여수도 530ml CSF로 일정하게 유지 시킨 후 아보셀 첨가량을 달리하여 제조한 수초지의 Tensile strength를 나타낸 그래프이다. AKD C-100/120과 C-750의 경우 첨가량 7%에서 가장 높은 강도를 나타내었고 C-100의 경우에는 첨가량 5%에서 가장 높은 강도를 나타내었다. 특히, C-750의 경우 첨가량 7%때의 강도가 Fig. 3의 여수도 250ml CSF때와 비슷한 강도를 보임을 알 수 있다. 그리고 아보셀 첨가량 5%때의 강도 발현이 Fig. 3의 여수도 530ml CSF때의 강도 보다 상당히 높음을 볼 수 있다. 따라서 아보셀 함량이 5-7%일때 가장 효과적인 결합강도를 나타냄을 알 수 있다.

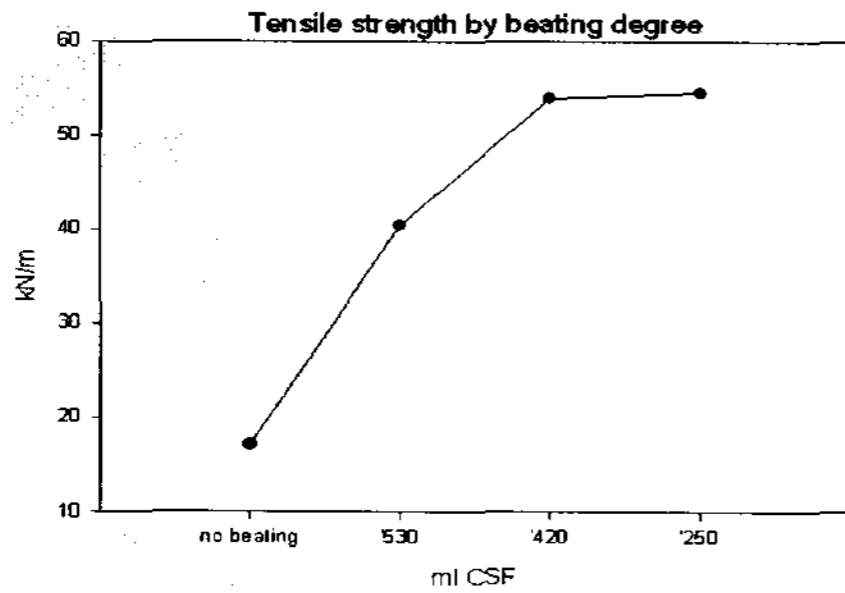


Fig. 3. Tensile strength by beating degree

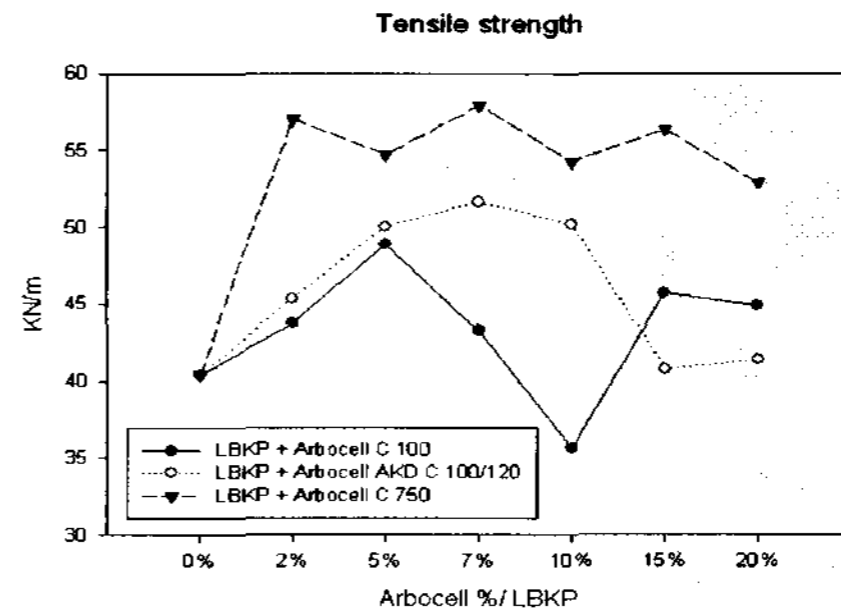


Fig. 4. Tensile strength by additive degree of arbocell

Fig. 5와 Fig. 6은 각각 고해정도에 따른 Bursting strength와 아보셀 첨가량에 따른 Bursting strength를 보여주고 있다. 고해도가 증가함에 따라 interfiber bonding의 증가로 인해 강도의 향상을 보여 주고 있다. 또한 아보셀의 첨가량에 따른 강도의 변화를 보면 C-100과 AKD C-100/120의 경우 2%의 첨가량일 때 가장 높은 강도를 보였고, C-750은 5%의 첨가량에서 가장 높은 강도적 특성을 보였다. Bursting strength의 경우 섬유 자체의 강도보다는 섬유 간의 결합인 interfiber bonding의 영향이 크게 좌우 되는데 C-750의 경우에서 높은 결합을 관찰 할 수 있다.³⁾ 또한 C-750의 경우, 아보셀의 첨가량 5%때의 강도가 Fig. 5의 여수도 420ml CSF의 경우와 비슷함을 관찰 할 수 있다.

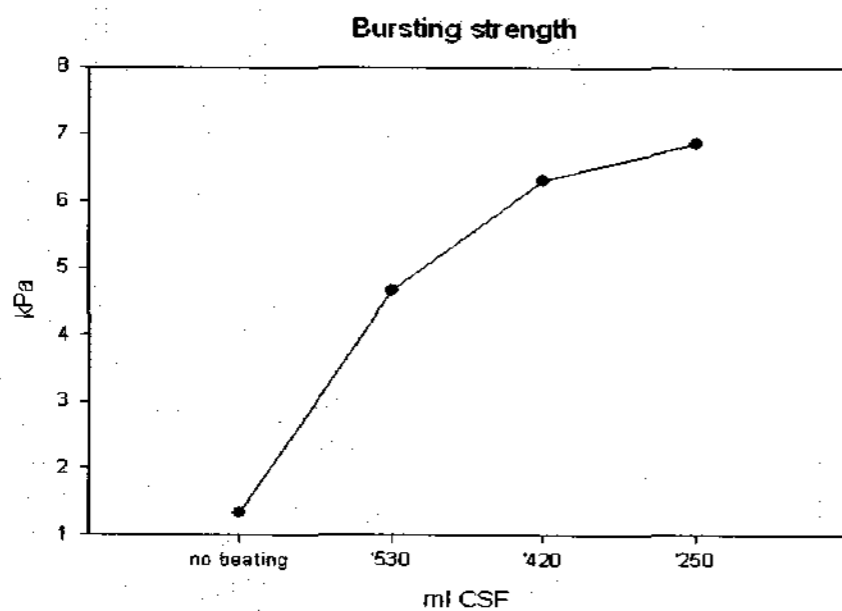


Fig. 5. Bursting strength by beating degree

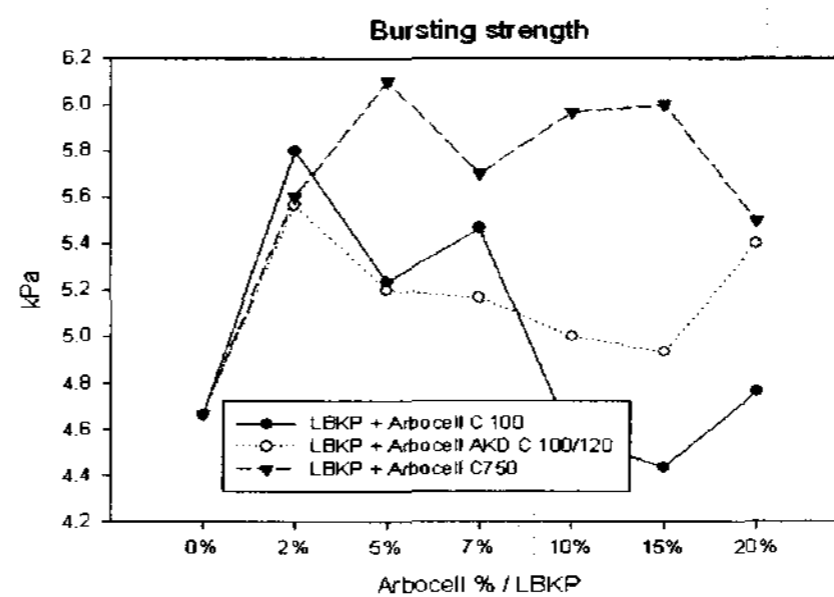


Fig. 6. Bursting strength by additive degree of arbocell

이어서 Tearing resistance를 보면, Fig. 7에서 보는 것과 같이 고해도가 증가한다고 해서 Tearing resistance가 비례해서 증가하는 것은 아님을 볼 수 있다. 이는 섬유장이 길수록, 섬유결합이 적을수록 Tearing resistance이 증가하기 때문이다.⁴⁾ 여수도 530ml

CSF에서 가장 높은 Tearing resistance를 나타냄을 볼 수 있다. 또한 Fig. 8에서 보듯이 AKD C-100/120과 C-750의 경우 첨가량 7%때에서 가장 높은 강도를 나타냄을 볼 수 있고, C-100의 경우 5%때에서 가장 높은 강도를 보인다. 또한 이때의 강도가 여수도 530ml CSF때 보다 상당히 높음을 관찰 할 수 있다. 이는 Tearing resistance 발현에 있어서 아보셀이 고해를 하지 않아도 어느 정도 섬유간의 결합을 형성하고 무엇보다 장섬유가 보다 많이 존재함이 큰 원인이라고 생각된다. 또한 아보셀 첨가량이 각각 5%와 7%를 초과 할 수 록 Tearing resistance이 감소하는 경향을 보이는데 이는 아보셀의 과다 첨가가 섬유간의 interfiber bonding의 감소와 종이의 Z방향에 있어서 밀도와 관련이 깊은 내부결합강도의 감소를 가져 왔기 때문인데 이는 두께의 상승이 밀도를 낮추어 강도의 저하를 초래 한 것으로 판단된다.⁵⁾

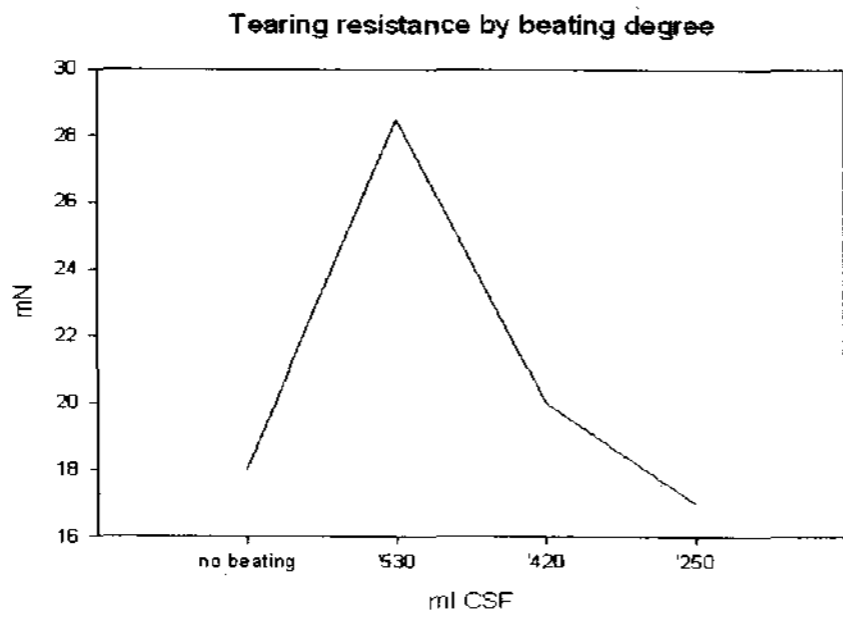


Fig. 7. Tearing resistance by beating degree

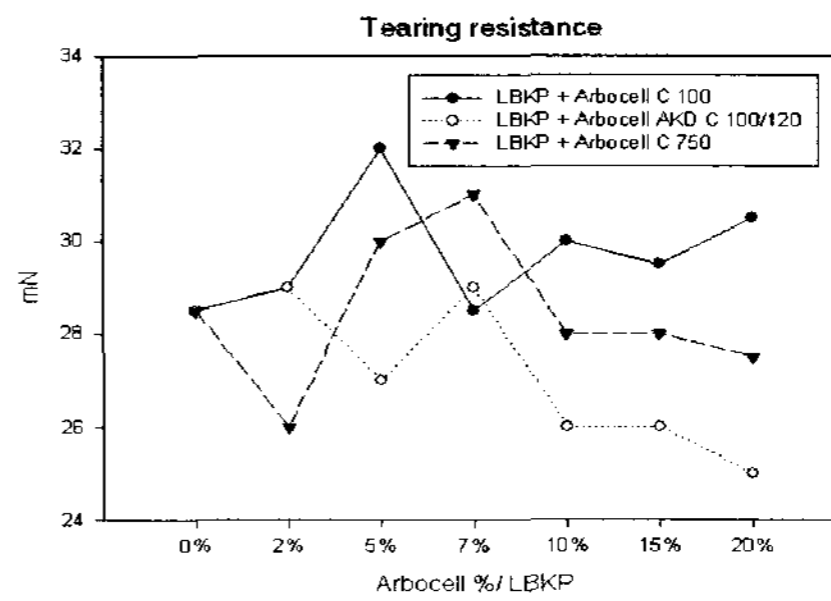


Fig. 8. Bursting strength by additive degree of arbocell

Fig. 9는 아보셀의 첨가량에 따른 종이의 강직성을 나타내고 있다. 대체적으로 첨가량이 증가함에 있어서 증가하는 경향을 보이는데 10%때에 다소 감소하는 경향을 나타내었다. Stiffness는 종이의 두께와 interfiber bonding에 많은 영향을 받는데 C-100의 경우 다른 것들에 비하여 강도 향상이 월등함을 관찰 할 수 있다.⁶⁾ 이는 C-100의 경우 입자의 크기가 상대적으로 크고 사이즈 처리가 되어 있지 않기 때문에 섬유간의 강도 발현에 더욱 효과 적임을 나타낸다. 그리고 Coarsness는 비교적 작지만 섬유의 길이는 길기 때문에 강직도 발현에 효과적이라고 말할 수 있다.

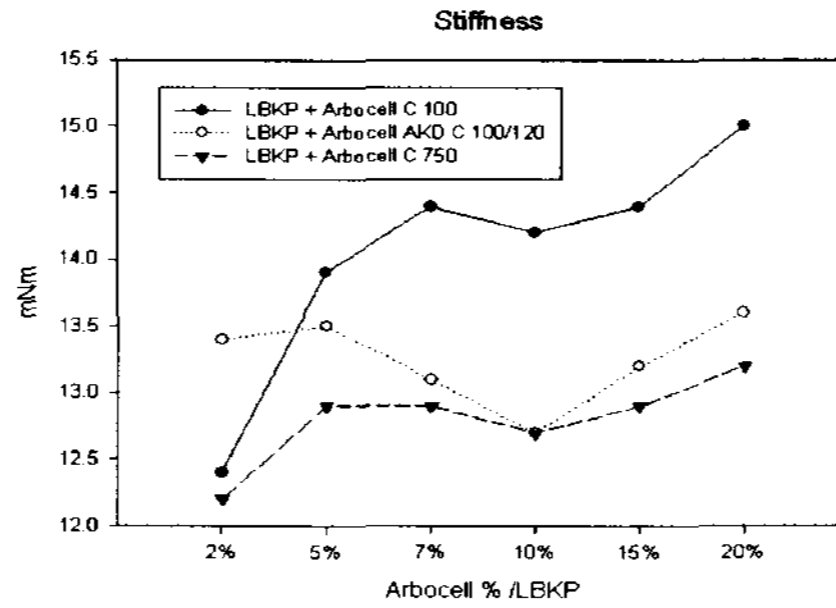


Fig. 9. Stiffness of paper by additive degree of arbocell

Fig. 10과 Fig. 11은 아보셀의 첨가량에 따른 두께 변화와 투기도의 변화를 나타낸다. 첨가량이 증가함에 따라 두께는 대체적으로 증가함을 관찰 할 수 있다. 일반적으로 섬유의 Coarsness가 클수록 종이의 지합이 나빠지고 동일한 종이 밀도에서 섬유의 Coarsness가 클수록 투기도가 커지게 된다.⁷⁾ 그러나 투기도에 있어서는 첨가량 7%때에서 급격히 증가함을 관찰 할 수 있고 이후에는 다소 상이하게 변함을 관찰 할 수 있다. 종이의 두께는 일정한 평량의 종이에 있어서 밀도를 좌우하는 요소이다. Fig. 10에서는 두께가 증가하기 때문에 밀도가 감소함을 알 수 있다. 즉, 종이가 bulk해짐을 의미한다. 그러나 Fig. 11의 투기도에서는 7%때에 밀도의 감소는 크지는 않지만 충분히 요구하는 종이의 투과성을 얻을 수 있음을 관찰 할 수 있다.

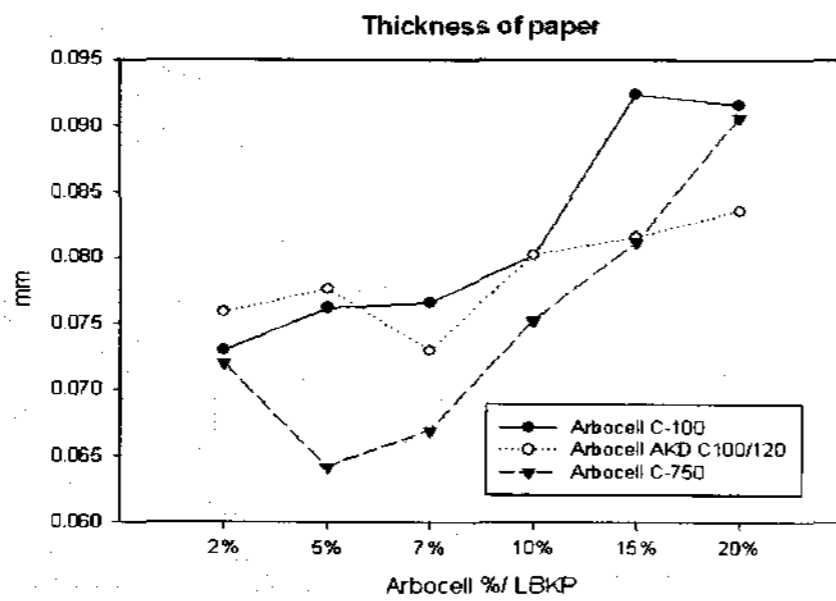


Fig. 10. Thickness of paper by additive degree of arbocell

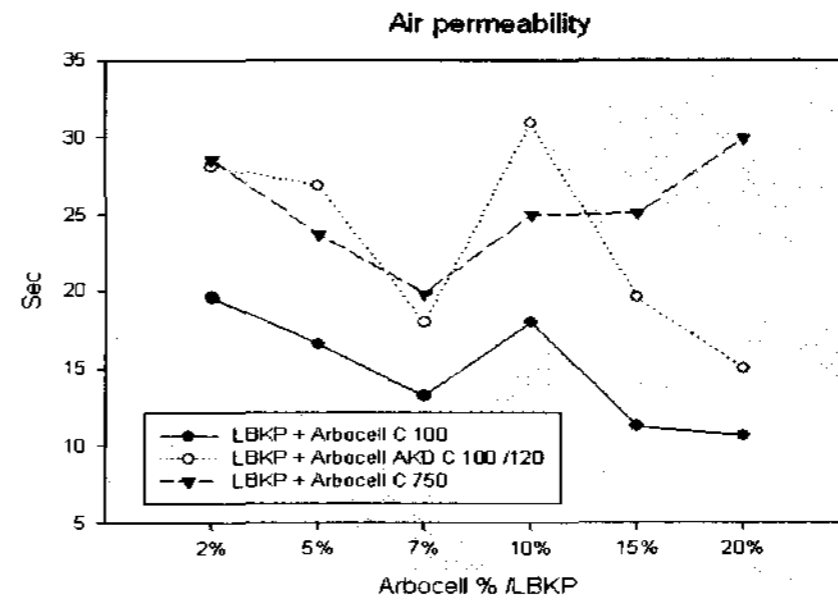


Fig. 11. Air permeability of paper by additive degree of arbocell

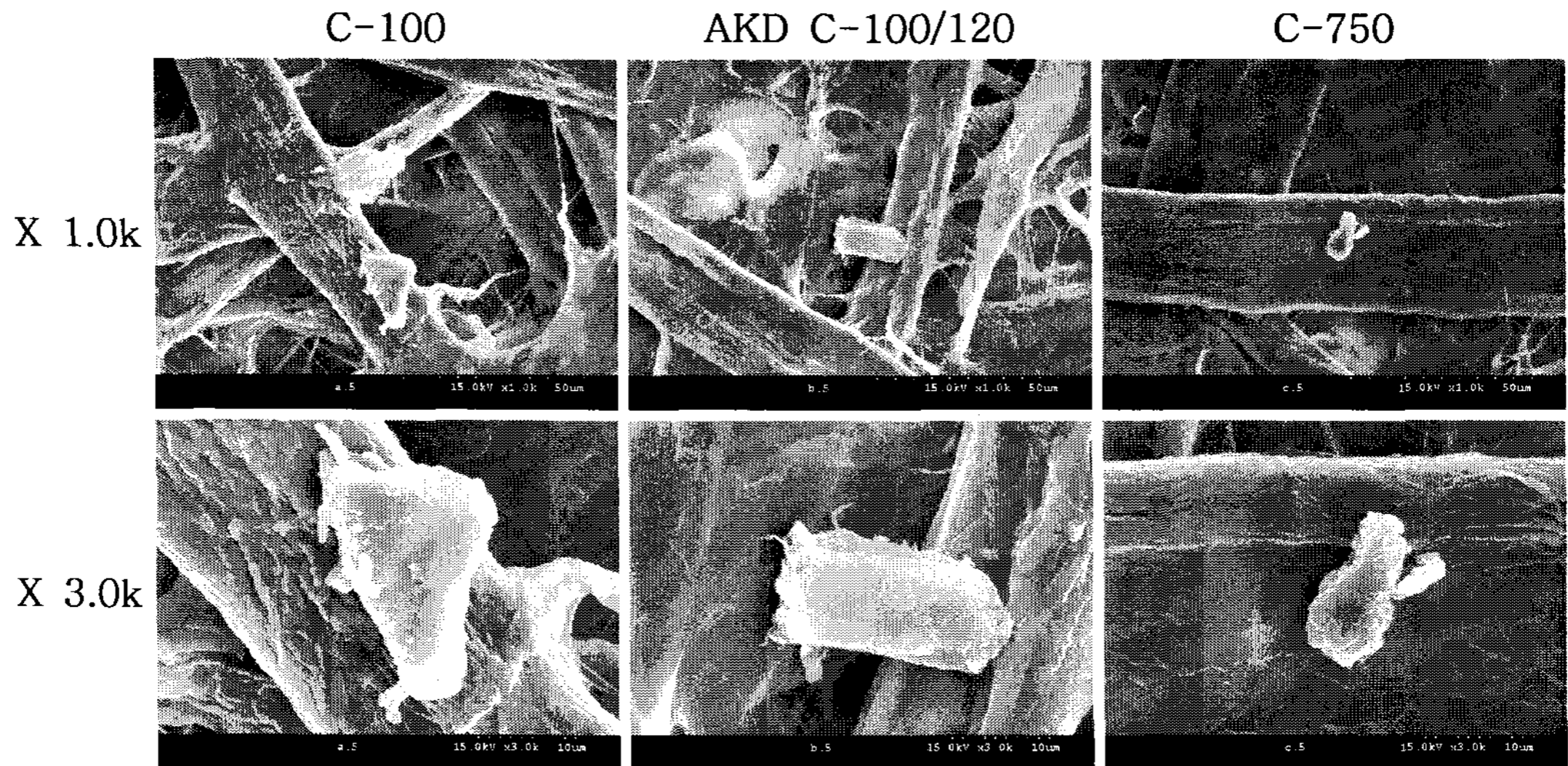


Fig. 12. SEM image of paper with arbocell(5%)

아보셀의 첨가량이 5%일 때의 수초지를 SEM image 분석한 결과를 Fig. 12에 나타내었다. C-100과 C-100/120은 크기가 유사하고 C-750은 크기가 좀 더 작은 것으로 나타났다. C-100 및 C-100/C-120은 펄프의 형태라기 보다는 펄프가 잘게 쪼여져서 각을 이루는 상태의 삼각형, 혹은 직사각형의 형태를 띄고, C-750처럼 좀 더 미세한 펄프의 경우 각을 이루지 않고 무정형의 형태로 존재함을 관찰 할 수 있었다. SEM image에서 특별히 관찰되는 것은 없지만 아보셀 펄프의 경우 입자크기를 작게해서 비표면적은 증대되지만 고해의 특징인 마이크로 피브릴등은 크게 관찰되지 않았다.

4. 결 론

아보셀 마이크로 펄프를 첨가한 수초지의 제조를 통한 물성 측정을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 아보셀 마이크로 펄프의 입자 크기와 사이즈제 처리 여부에 따라 서로 다른 drainage와 Zeta potential을 나타냄을 관찰 할 수 있었다.
2. 서로 다른 아보셀의 첨가량에 따른 수초지의 물성 측정에 있어서 고해처리의 적은 양에도 불구하고 요구하는 물성 개선을 얻을 수 있었다.

3. 종이의 투기도 향상에 있어서 아보셀의 첨가는 종이의 밀도는 감소하지만 첨가량 7%일때 충분히 원하는 투기도를 얻을 수 있음을 관찰 할 수 있다.

5. 참 고 문 헌

1. Om P Mishra, Pramod. K. Bajpai, Pratima Bajpai, Sanjay Kumer, Shree P Mishra, Use of enzymes for reduction in refining energy -laboratory studies. Tappi Journal, 5(11), 25-32 (2006).
2. 이학래, 이복진, 신동소, 임기표, 서영범, 원종명, 손창만, 제지과학, 광일문화사, 서울, p. 392 (2000).
3. 조중연, 민춘기, 신준섭, 지료화학, 용인송담대학 출판부, 용인, p. 251 (2000).
4. James P. casey, Pulp and paper chemistry and chemical technology, third edution volum III, pp. 1800-1801 (1981).
5. 박종문, 섬유특성과 지료조성 공정에의한 종이 특성의 변화, KTAPPI, p. 265 (2007).
6. Jan erik levin, Pulp and paper testing, TAPPI, pp. 151~152 (1999).
7. Corfe, H. and Dodson, C.T.J., Das Papier 23(7), 381 (1969).