

# 옥수수대 펄프의 제지용 원료로서의 잠재성

## 원종명

강원대학교 제지공학과

### 1. 서론

목재 펄프는 제지 원료의 대명사라 할 정도로 최근까지 종이 및 판지 제조의 주원료로 사용되고 있다. 이와 같이 목재 펄프가 종이 제품 제조의 주원료로 사용되어 온 까닭은 비교적 원료가 풍부하여 구입이 용이하였고, 펄프 수율이 타 원료에 비하여 높았을 뿐만 아니라 품질이 가장 적합하였기 때문이라 할 수 있다. 그러나 최근 산업 발전과 도시화의 여파로 지구 환경이 극도로 악화되어, 지구 온난화, 기후 급 변화, 생태계 파괴 등 각종 부작용이 발생되고 있을 뿐만 아니라 심지어는 남극 지방의 오존층 파괴는 인류를 포함한 지구상의 모든 생물의 생존에 까지 위협이 되는 요소로 작용하게 되었다. 따라서 이미 오래전부터 오존층 파괴 및 지구 온난화의 심각성을 인식하여 세계 각국에서 온실가스 감축을 위한 각종 노력을 해오고 있으며, 또한 법제화와 같은 강제적인 수단까지도 동원하고 있는 추세이다.

비록 일부 분야 또는 회사에 국한된 일이지는 하지만 제지업계에서도 이와 같은 운동에 참여하는 일환으로 폐지의 재활용을 위한 노력을 기울이고 있다. 그러나 버진 펄프에 비하여 열등한 재생 섬유 품질, 탈묵 공정에서 발생하는 환경 오염, 추가적인 비용 등으로 폐지 가격이 비쌀 경우에는 그 취지에도 불구하고 타당성이 결여되고, 폐지 재활용에 대한 회의론까지 제기될 수 있다. 따라서 최근 이러한 여러 가지 단점 및 경제성과 관련된 문제 때문에 비목재 섬유 자원의 활용 쪽으로 서서히 관심을 갖게 되었다. 그동안 비목재 섬유들은 목재 펄프에 비하여 일반 종이 제조 원료로서는 여러 가지 단점을 지니고 있어서 일부 특수지 제조의 경우 외에는 별 관심을 끌지 못했다. 물론 중국, 인도, 멕시코 등 목재 자원이 풍부하지 못한 국가에서는 비록 비목재 섬유 펄프의 품질이 열등하다 하더라도 선택의 여지가 없이 비목재 섬유 자원을 종이 및 판지

제조를 위한 주원료로 사용하고 있다. 농산 폐기물을 포함한 비목재 섬유 자원들이 1년 생으로써 매년 재생산이 가능하기 때문에 환경 보호 측면에서 검토할 만한 가치가 있다. 더욱이 농산 폐기물을 자원화 할 경우 농가 소득에도 일부 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

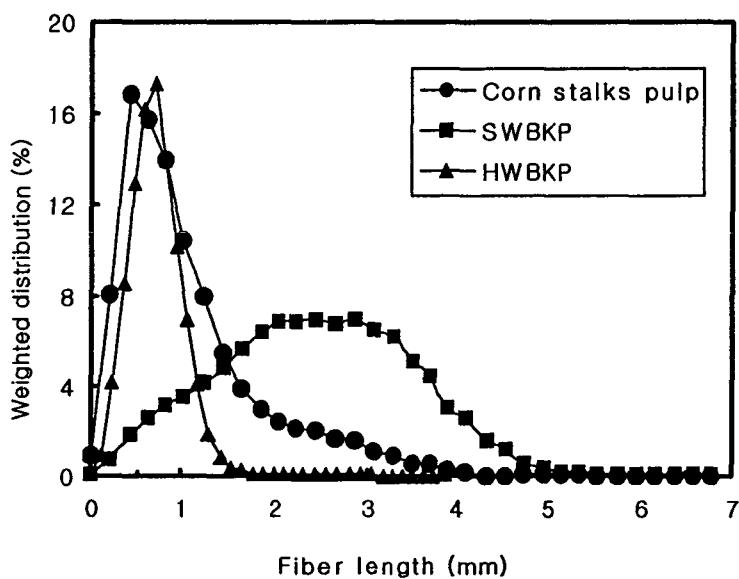
비록 대부분의 비목재 섬유들이 펄프 수율, 품질 및 여러 가지 조건에서 불리한 조건을 지니고 있기는 하지만, 최근 본 연구실에서는 목재 펄프를 대체할 수 있는 대체 섬유 자원을 발굴하기 일환으로 농산 폐기물 중 특히 옥수수 줄기의 이용에 대한 관심을 갖게 되었고, 다각적인 연구를 실시한 결과 비록 목재 펄프에 비하여 열등한 부분들이 확인되었으나 충분히 목재 펄프의 일부를 대체할 수 있는 가능성이 확인되었다.

## 2. 옥수수 줄기의 화학적 성질 및 섬유 특성

옥수수 줄기의 펄프화 및 제지 특성을 검토하기 위하여 조사한 결과 Table 1 및 Fig. 1과 같이 섬유장 분포는 활엽수와 매우 비슷하고 장섬유분이 다소 함유되어 있음이 확인되었다. 그러나 섬유폭은 목재 섬유에 비하여 매우 가늘어 종이 제조 시 매우 치밀한 구조가 얻어질 것으로 예상되었다. 화학 조성 상에서 보면 옥수수 줄기의 셀룰로오스 함량은 목재와 거의 비슷한 수준을 나타내었으나, 펜토산 함량이 활엽수재보다도 높았고, 리그닌 함량은 반대로 훨씬 낮은 값을 나타내었다. 이와 같은 화학적 성질을 감안할 때 옥수수 줄기의 펄프화가 목재에 비하여 훨씬 수월하고, 종이 제조 시 섬유간 결합 및 강도적 성질 측면에서 유리할 것으로 예상되었다. 특히 목재 섬유에 비하여 헤미셀룰로오스 함량이 높기 때문에 고해의 필요성 감소 및 소요 에너지 절감 효과가 예상된다.

**Table 1. Some characteristics of wood and cornstalk**

Source	Average fiber length (mm)	Average fiber width ( $\mu\text{m}$ )	Cellulose (%)	Pentosan (%)	Lignin (%)
softwood	2.7 - 4.6	32 - 43	40 - 52	8 - 12	26 - 32
Hardwood	0.7 - 1.6	20 - 40	38 - 50	15 - 25	18 - 28
Corn stalk	1.0 - 1.5	18 - 22	46 - 50	27 - 28	16 - 17



**Fig. 1. Weighted fiber length distribution of cornstalk fiber.**

### 3. 옥수수 줄기 펄프의 특징

옥수수 줄기 펄프화는 기존 Fig. 2에서 보는 바와 같이 소오다법으로 제조된 펄프의 강도적 성질이 크라프트 펄프화에 의하여 얻어진 것보다 높은 값을 나타내었다. 또한

옥수수 줄기 펄프는 이미 예상했던 바와 같이 일정 수준의 여수도를 얻기 위하여 요구되는 고해 요구도가 목재 펄프에 비하여 훨씬 낮은 것이 확인되었으며(Table 2), 심지어는 고해를 거의 하지 않고 단순히 deflaker로 충격만 주는 정도의 기계적인 처리만으로도 충분한 강도를 얻을 수 있음이 확인되었다.

Fig. 3~Fig. 7은 옥수수 줄기 펄프, 침엽수 크라프트 펄프, 활엽수 크라프트 펄프 및 화학열기계 펄프를 여러 비율로 혼합하여 초지한 종이의 성질을 나타낸 것이다. Fig. 3~Fig. 6은 종이의 겉보기 밀도와 제반 종이 물성과의 관계를 나타낸 것으로 목재 펄프에서 고해 수준을 달리하여 제조한 종지와 유사한 관계를 나타내고 있다. 즉 옥수수 펄프의 혼합 비율이 증가됨에 따라 섬유간 결합이 증가되어 겉보기 밀도가 높아지고 있는 추세를 나타내었으며, 제반 종지의 물성이 겉보기 밀도에 대하여 양 또는 음의 직선적인 상관 관계를 나타내었다. Fig. 7은 인열지수와 열단장을 나타낸 것으로 펄프 배합 조건에 따라 2가지 형태가 나타났다. 즉 펄프 배합 조건 및 기타 첨가제 사용 방법 및 조건에 따라 매우 다양한 특성을 지니는 종이를 제조하는 것이 가능할 것으로 기대된다. 단지 옥수수 줄기 펄프 섬유가 목재 펄프보다 가늘기 때문에 밀도가 높아져서 불투명도, 투기도 및 stiffness가 낮은 단점을 지니고 있으나, 다양한 펄프의 배합 및 첨가제 적용 방법의 개발을 통하여 목재 펄프로 얻을 수 있는 종이 성질에 버금가는 수준의 물성을 얻는 것이 가능할 것으로 생각된다.

### 3. 결 론

옥수수 줄기 펄프는 목재 섬유와는 다른 고유의 장 · 단점을 지니고 있는 바 이들 성질을 적절히 활용하고, 기타 목재 펄프 및 각종 첨가제를 적절히 사용함으로써 상당량의 목재 펄프를 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

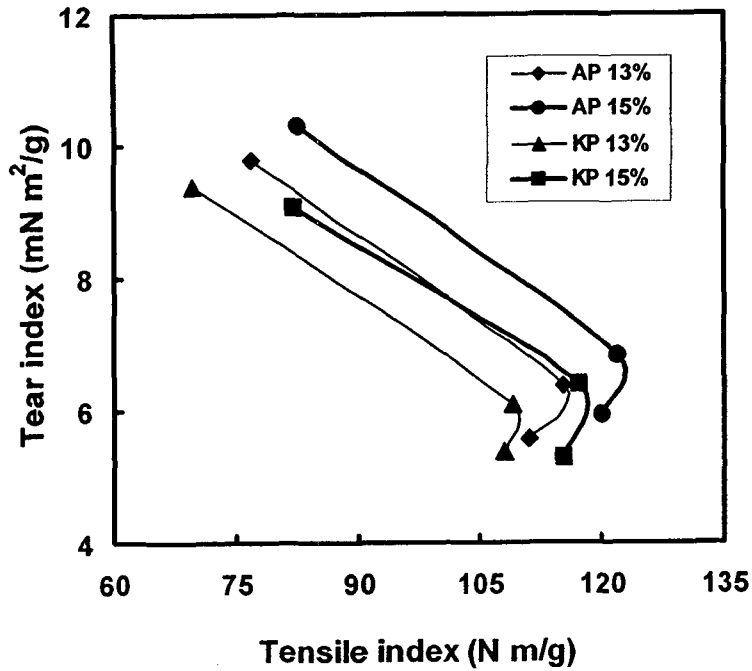


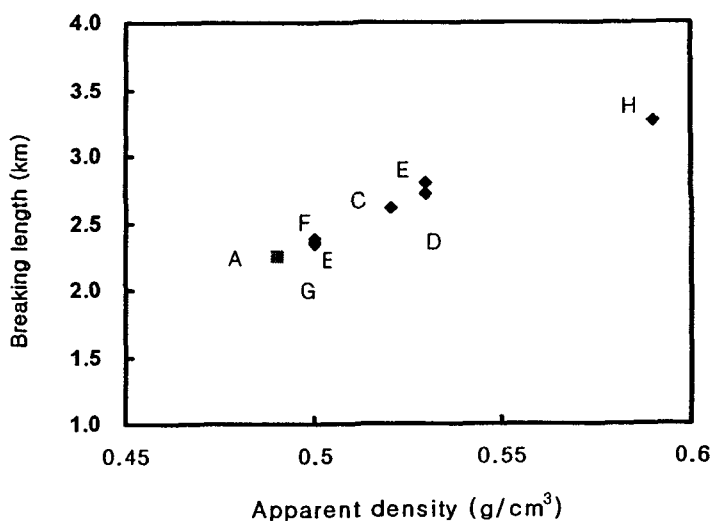
Fig. 2. Relationship between tear index and tensile index of cornstalk soda and kraft pulp.

Table 2. Physical properties of beaten cornstalk pulp sheet

Freeness (ml, CSF)	Apparent density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile index (N m/g)	Tear index (mN m <sup>2</sup> /g)	Burst index (kPa m <sup>2</sup> /g)
380	0.674	83	4.2	5.7
360	0.733	82	4.5	5.4
350	0.728	81	4.5	5.4

\*1 Active alkali 14%.

\*2 Pulp was refined with PFI mill(400, 700, 1000 revolution respectively).



**Fig. 3. Breaking length and apparent density of the sheet made from the mixture of cornstalk pulp, wood pulp.**(A : CP 0, Sw 15, Hw 70, CTMP 15 ; B : CP 10, Sw 15, Hw 60, CTMP 15 ; C : CP 20, Sw 15, Hw 50, CTMP 15 ; D : CP 30, Sw 15, Hw 40, CTMP 15 ; E : CP 40, Sw 15, Hw 30, CTMP 15 ; F : CP 10, Sw 5, Hw 70, CTMP 15 ; G : CP 20, Sw 5, Hw 60, CTMP 15 ; H : CP 70, Sw 15, Hw 0, CTMP 15, Grammage : 80 g/m<sup>2</sup>, Talc 15-20%, PAM(+), silica).

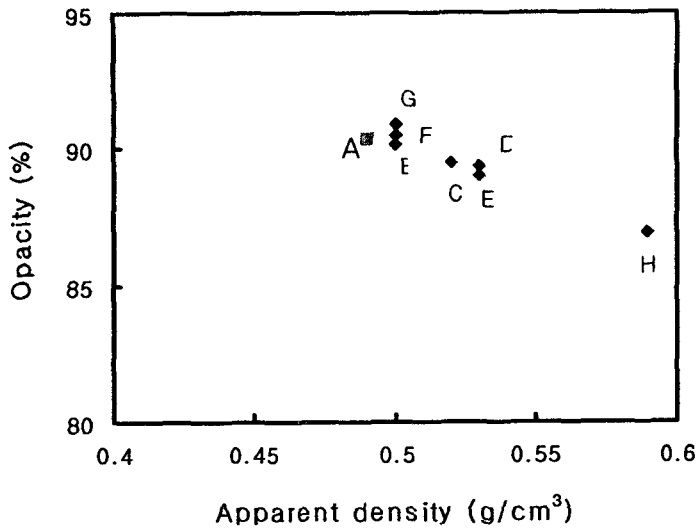


Fig. 4. Opacity and apparent density of the sheet made from the mixture of cornstalk pulp, wood pulp.

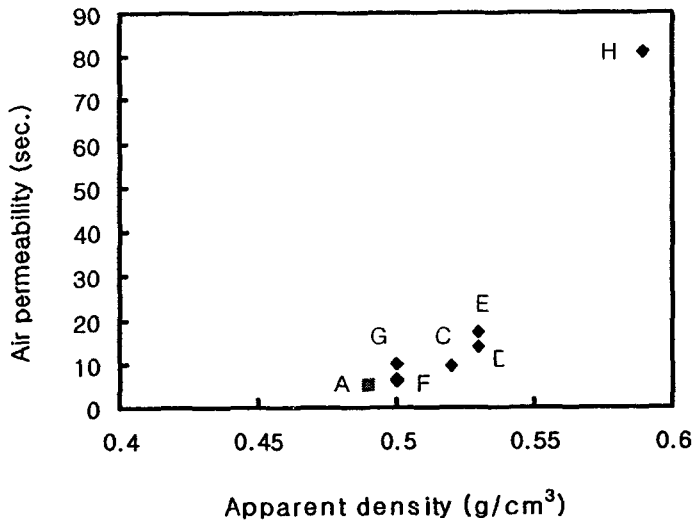


Fig. 5. Air permeability and apparent density of the sheet made from the mixture of cornstalk pulp, wood pulp.

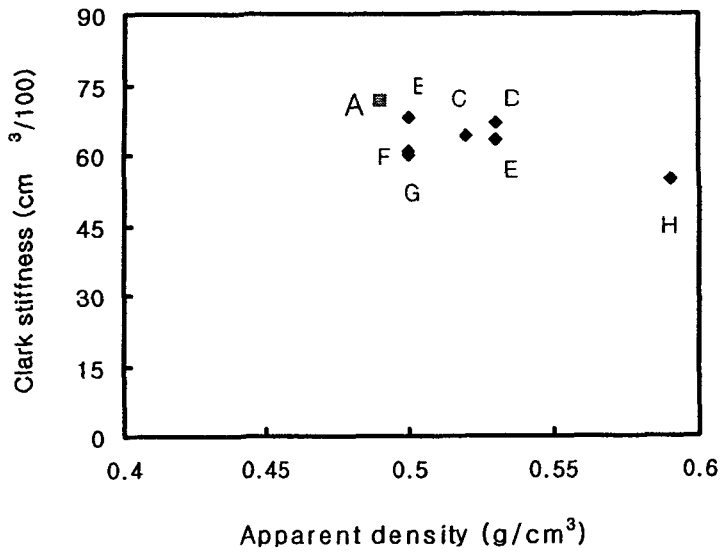


Fig. 6. Clark stiffness and apparent density of the sheet made from the mixture of cornstalk pulp, wood pulp.

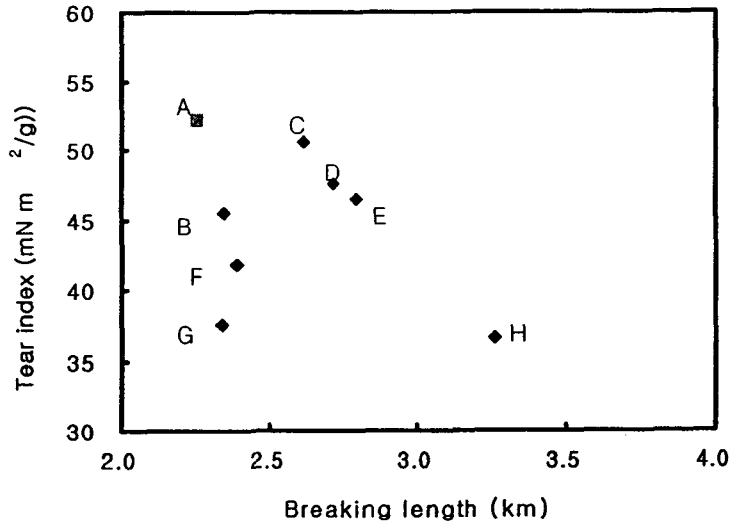


Fig. 7. Tear index and breaking length of the sheet made from the mixture of cornstalk pulp, wood pulp.