

스프레이용 전분을 이용한 판지의 층간 결합력 향상

민경은 · 박종문 · 이진호 · 장현성 · 윤두훈

충북대학교 임산공학과

1. 서론

국내 제지 생산량 가운데 40% 이상을 차지하는 판지는 주원료로 고지가 이용되고 있으며, 초지 설비는 고속화, 공정 폐쇄화가 진행되고 있고, 심화되는 경쟁에 따라 판지 생산 공장에서는 생산 효율성 증대와 원료 절감에 초점을 맞출 수밖에 없는 실정이다. 생산의 효율성증대나 원료 원가의 절감은 제품의 원가 경쟁력을 갖출 수 있게 하지만, 제품의 품질이 우선적으로 고려되어야 하기 때문에 제품의 경쟁력을 유지하면서 원가를 절감하는 것이 심화된 제지 업체의 화두라 할 수 있다.

판지의 품질을 유지하거나 향상시키기 위한 방법으로 원료 측면, 공정 측면, 부가 약품의 측면으로 나눌 수 있다. 원료적인 측면에서는 고지 원료의 처리시 분급 처리를 통해 미세분의 발생을 줄이면서 재생섬유의 물성을 증대 시키는 측면의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 공정 측면에서는 백수의 처리를 통한 공정 효율성 증대 등의 연구가 진행되고 있다. 판지는 고지를 주원료로 사용하기 때문에 약품의 첨가가 일반 백상지에 비해 많지 않고, 합지를 하기 위해 층간의 접착력을 증대시키기 위해 전분을 분무 처리를 시행하고 있다. 전분은 다른 화학약품에 비하여 저렴하다는 장점이 있기 때문에 원료 조건 자체가 열악하고 원가적인 부담에 따라 성능이 우수한 원료 조건을 변화시키는 측면보다는, 판지의 강도에 크게 영향을 미치는 층간 접착용 전분에 대한 연구를 통해 판지의 강도를 향상 시키는 방안을 탐색하고자 한다.

2. 공시 재료

2.1 지료 조성

자료로는 이미 제조된 판지를 재습윤하여 사용하였고 해리하기 위하여 Valley beater를 이용하여 5.6 kgf의 하중으로 10분간 처리를 하여 여수도가 500 ml, C.S.F. 가 되도록 고해하였다.

2.2 전분

실험 재료는 제지 공장에서 사용하는 일반 생전분 2 종류와 호화 개시 온도 조절을 위해 공업용으로 제조된 전분 2 종류를 사용하였다.

Table 1. Starch samples used to spray

	Name	Components	Mixing ratio (%)
Single starch	S-1	Corn	100
	S-2	Tapioca	100
	S-3	Acid treated starch (A-starch)	100
	S-4	Cationic starch (C-starch)	100
Mixed Starch	M-1	S-1	50
		S-2	50
	M-2	S-1 S-3	50 50
M-3	S-1	50	
	S-4	50	

2.3 약품 적용

전분이 호화 후 필름 형성능력을 향상시키기 위해 코팅용 첨가제중 binder와 가교 결합 능력이 있는 증점제와 내수화제를 전분 대비 2%(o.d. wt. basis)를 첨가하여 성능을 평가 하였다.

Table 2. Chemicals

	A	B
Function	Thickener	Insoubilizer
Concentration (%)	30	30

3. 실험 방법

3.1 수초지 제작

TAPPI standard T-205 om-88에 의거하여 평량 100 g/m^2 으로 초지 한 후 전분을 1%로 희석하여 $2\text{-}3 \text{ kgf/cm}^2$ 압력으로 수초지 표면에 약 10 g/m^2 분무 처리 및 합지 한 후 55 kgf/cm^2 압력으로 3분간 압착하였다.

3.2 건조

드럼 드라이어 조건을 100, 120, 140, 160 $^{\circ}\text{C}$ 로 변화 시켜, 건조 에너지 별 층간 결합력 변화를 측정하였다.

3.3 물성 측정

Brabender Viskograph-2를 이용하여 전분의 물성을 측정 하였다. PDA-C(Penetration Dynamics Analyzer)를 이용하여 전분의 침투 특성을 측정하였고, DSC(Differential Scanning Calorimeter)를 이용하여 전분의 열적 특성을 분석 하였다.

제작된 수초지는 TAPPI test method T-494 om-88에 의거하여 인장강도를 측정하였고, T-541 om-89 에 의거하여 ZDT, T-535 cm-85에 의거하여 Stiffness를 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 전분 단독 처리

4.1.1 전분의 물성

Table 3은 Brabender viscograph를 이용한 전분의 물성 분석 결과를 나타낸 것으로 전분을 12%로 호화하였을 때 나타난 물성이다.

Table 3. Starches properties of viscosity and gelatinization temperature

	Gelatinization time (min.)			Viscosity torque (BU)			Temperature (°C)		
	Initial	Maximum	Stabilization	Initial	Maximum	Stabilization	Initial	Maximum	Stabilization
S-1	23.25	31.17	60	23	2520	1061	68.6	81.1	94.7
S-2	18.50	21.08		21	3025	796	61.6	66.1	95.3
S-3	18.08	21.58		21	301	18	61.3	67.9	94.6
S-4	14.42	27.83		23	2338	868	55.9	76.2	94.4

Fig.1 은 시차주사열량계(differential scanning calorimeter)를 이용하여 전분의 호화 시 필요로 하는 열량을 분석한 것으로 피크가 넓을수록 호화 시 필요한 에너지가 많음을 의미한다.

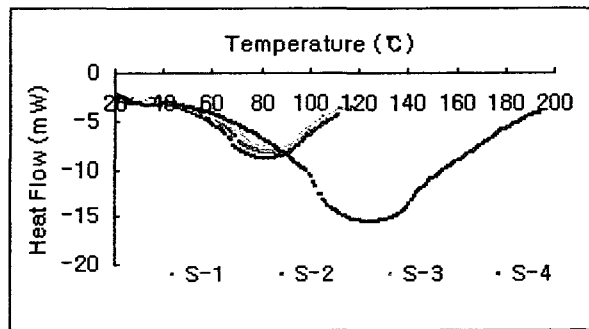


Fig. 1. Heat flow properties of starches.

4.1.2 층간 결합력에 영향을 미치는 호화된 전분의 흡수 특성

Fig. 2 는 PDA-C를 이용하여 액체의 동적 흡수성을 측정된 결과로서 초음파의 세기가 작을수록 액체의 흡수가 많음을 의미한다.

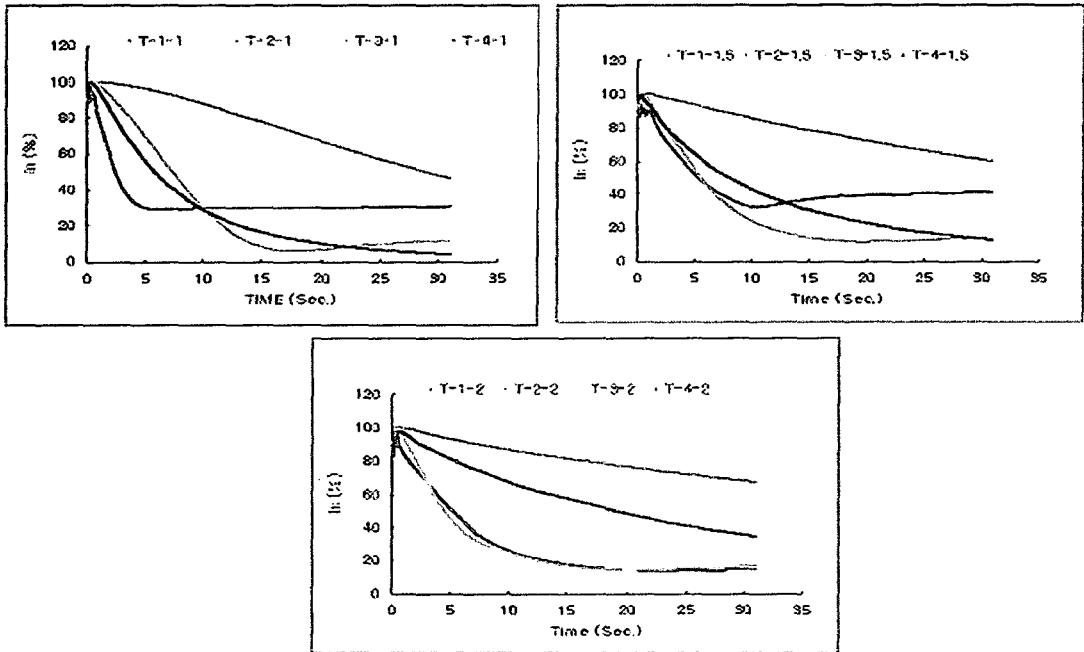


Fig. 2. Adsorption properties of gelatinized starches.

4.1.3 초지 조건에 따른 수초지 변화

Table. 5 는 초지 조건에 따른 수초지의 건조도 변화로서 압착 후의 건조도는 40% 정도였고, 건조온도가 증감함에 따라 지필의 건조도가 증가하였다.

Table 4. Paper board dryness change depending on operating condition

		Pressure (kgf/cm ²)	Dryer temperature (°C)			
			100	120	140	160
Dryness (%)	Control	43-44	60	75	85	96
	S-1					
	S-2					
	S-3					
	S-4					

Fig. 3 은 초지조건에 따른 종이의 bulk를 나타낸 것으로 건조도 변화에 따라 종이의 bulk가 약간 감소하는 경향을 나타내지만 감소 폭이 5% 미만이고, 원료 자체의 불균일성을 감안 할 때 건조 조건에 따른 종이의 bulk 변화는 거의 없는 것으로 판단된다.

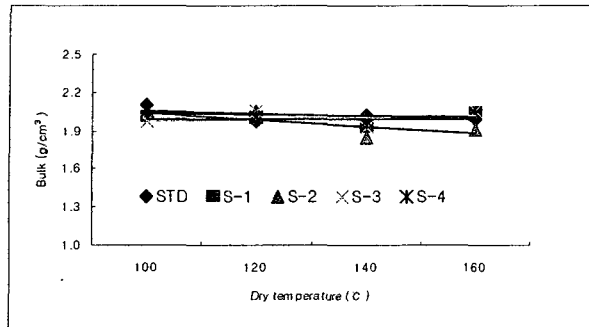


Fig. 3. Structure changes of board depending on dryer temperature.

4.1.4 판지의 물성 변화

Fig. 4는 전분을 분무한 판지의 건조 온도 변화에 따른 인장강도 변화를 나타낸 그림으로서 건조온도가 증가함에 따라 판지의 인장강도가 증가하는 경향을 나타내었고, 처리하지 않은 것보다 전분 처리에 의해 인장 강도가 증가하는 것을 알 수 있다. Fig. 5는 resonance stiffness tester를 이용하여 판지의 stiffness를 나타낸 그림으로 무처리에 비해 전분 분분 처리에 따라 증가하는 경향을 나타내었다.

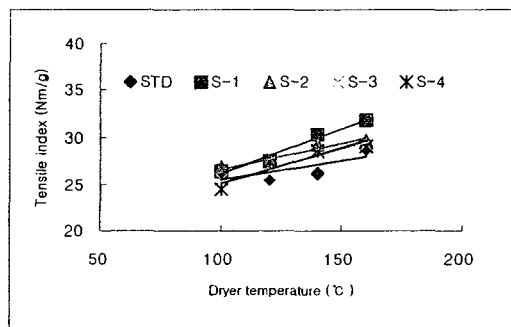


Fig. 4. Tensile index changes of samples depending on dryer temperature.

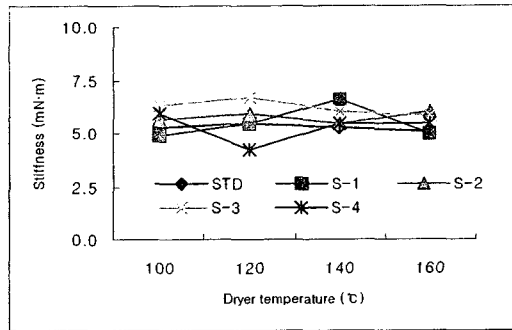


Fig. 5. Stiffness changes of samples depending on dryer temperature.

Fig. 6은 전분을 분무 처리한 판지의 건조 온도에 따른 층간 결합력을 나타낸 것으로 처리하지 않은 것보다 분무 처리 시 층간 결합력이 상승함을 알 수 있고, 건조 온도가 120°C에서 최대 결합력을 나타내고 온도가 상승함에 따라 약간 감소하는 경향을 나타내었다.

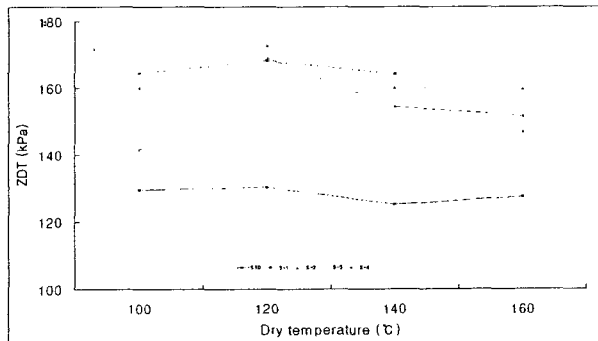


Fig. 6. ZDT changes of samples depending on dryer temperature.

4.2 전분 혼합 처리에 따른 판지의 물성 변화

Fig. 7은 전분을 동일 비율로 혼합한 후의 합지 된 판지의 인장지수를 나타낸 그림으로 단독 처리된 옥수수 전분 대비 뚜렷한 강도의 변화를 나타내지 않았다. Fig. 8은 혼합 분무 처리된 전분의 층간 결합력을 나타낸 그림으로 옥수수 단독 처리에 비해 전

분을 혼합하여 분무 처리하는 경우 층간 결합력이 증가하는 것을 알 수 있다.

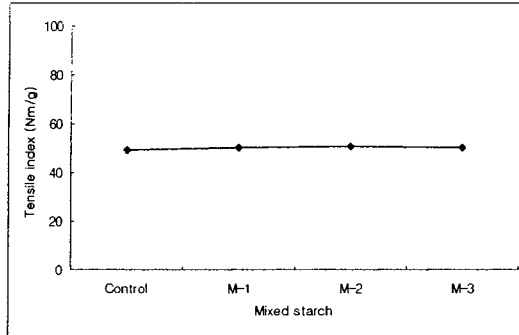


Fig. 7. Tensile index of mixed starch.

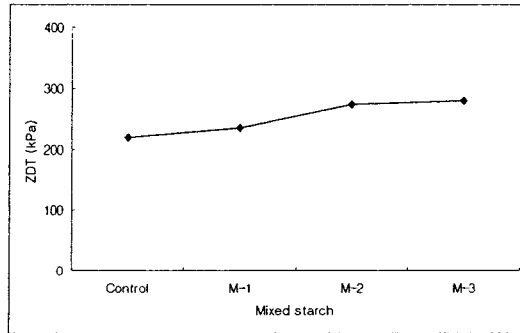


Fig. 8. ZDT of mixed starch.

4.3 약품 처리에 따른 판지의 강도 변화

Fig. 9는 옥수수전분에 코팅용 첨가제를 첨가했을 때의 층간 결합력을 나타낸 그림으로서 약품 첨가에 따라 판지의 층간 결합력이 옥수수 단독 처리에 비해 14-33% 가량 증가하였다.

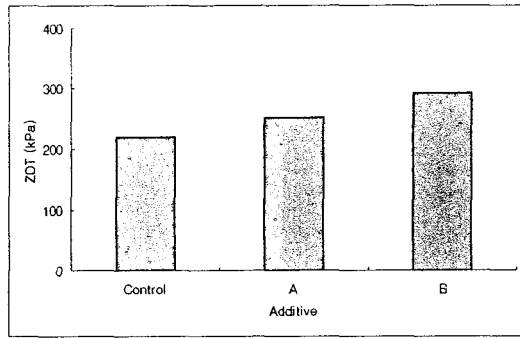


Fig. 9. ZDT change of board depending on added chemicals.

5. 결론

- 전분 분무 처리는 층간 결합력, 인장 및 stiffness 강도의 증가를 가져왔다.
- 생전분의 경우 변성 전분 보다는 높은 점도를 나타내었으며, 층간결합력을 향상시켜 판지의 강도를 증가시켰다.
- 호화 개시온도를 조절한 분무용 전분은 호화 개시온도는 낮으나, 중합도 저하에 따라 점도저하가 동반되기 때문에 층간 결합력에는 부정적인 영향을 나타내었다. 양성화된 전분은 낮은 호화 개시 온도와 높은 점도를 나타내지만, 상대적으로 높은 호화 에너지를 요구하기 때문에 낮은 온도 조건에서 건조할 경우 층간결합력에 부정적인 영향을 나타내었다.
- 분무용 전분의 침투성, 호화온도, 호화에너지, 점도 등의 특성 중 판지의 강도에 영향을 주는 가장 큰 인자는 전분의 점도라고 판단된다.
- 낮은 호화 개시 온도를 가진 변성 전분과 높은 점도를 가진 생전분의 혼합을 통해 낮은 온도에서도 높은 층간 결합력을 기대 할 수 있으며, 이를 통해 건조 공정의 에너지 절감 또한 기대 할 수 있다.

참고문헌

1. R. W. Hagemeyer, Insolubilizers, Pigment coating, Pulp & Paper Chemistry and Chemical Technology, Third edition (1983).
2. Hurd, T. J. and Kicza, K. M., Optimizing MFAs with starch and SCP products : 1996 Metered Size Press Forum, TAPPI Press, Atlanta, GA (1996).
3. Kokini, J. L., Lai, L. S. and Chedid L. L., Effect of starch structure on starch rheological properties, Food Technology (1992).
4. Washburn, E. W., Physics Review (1921).
5. Galliard, T., Starch Availability and Utilization in "Starch : Properties. and Potential," Ed. Galliard, T., p.1, John Wiley & Sons, New York (1987).