

# 분급된 OCC 단섬유 활용을 위한 고분자 처리기술

Chemical treatment for better utilization of OCC short fibers

윤혜정 · 진성민 · 최익선 · 조휘

서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부

## 1. 서 론

최근 중국 및 동남아 국가의 제지산업의 확장과 맞물려 국내 고지수급의 불안이 가중되면서 고지가격이 계속 상승하고 있다. 이로 인한 원가상승 압박이 심각한 실정이며 이를 해결하기 위한 효율적인 원료 고지의 활용기술이 필요하다.

대표적 고지인 OCC의 최적 활용을 위해 많은 연구가 수행되어 왔다. 특히 물리적, 강도적 특성이 열악하고 탈수 불량 등 공정에 불리한 KOCC의 활용을 높이기 위해 분급 및 기계적 처리를 실시하여 장, 단섬유를 별도로 활용할 수 있는 기술이 개발되고 있다. 특히 탈수성을 유지하거나 개선한 상태에서 높은 강도를 얻기 위해 분급을 통해 얻은 장섬유를 고농도 또는 저농도 등 다양한 설비와 조건으로 처리하는 연구가 실시된 바 있다. 그러나 장섬유에 비해 상대적으로 KOCC의 단섬유는 공정 및 물성에 좋지 못한 역할을 하는 분획으로 여겨져 이후 적절한 활용을 위한 처리가 진행된 바가 극히 미비하며, 일반적으로는 top층의 원료로 이용되어 표면성을 개선하기 위해 사용될 뿐이다.

분급된 단섬유분에 대한 적절한 처리를 실시할 경우 물성을 향상시킬 뿐 아니라 보류 및 탈수 등 공정을 개선시킬 수 있을 것이다. 기존의 연구에서 단섬유분에 대한 기계적 처리는 장섬유분 단독 고해 처리 후 혼합 시보다는 재활용성 평가에 이로운 결과를 보여주었지만, 강도 개선이나 탈수성 개선에 큰 역할을 하지 못했다. 따라서 본 연구에서는 단섬유분의 효율적 활용을 위한 한 방안으로서 섬유장이 짧은 단섬유에 화학적 처리를 실시하고자 하였다. 이의 일환으로서 공정과 물성에 대한 영향을 분석하기 이전에 약품에 대한 실험상으로 조제된 KOCC 단섬유분과 현장 분급기를 통해 얻어진 단섬유분의 반응성과 전단 안정성을 평가하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

본 연구에서는 OCC 단섬유 활용을 위한 고분자 처리를 위해 KOCC를 공시재료로 사용하였다. 또한 현장 지료의 평가를 위하여 KOCC로 구성된 국내 S사의 멀티프랙터 엑셉트분을 받아 실험에 이용하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 지료 분급

공시재료를 Valley beater를 이용하여 60 min.동안 해리한 후 vibration screen에서 100 mesh wire를 통과하는 단섬유와 그 위에 걸러지는 장섬유로 분급 처리하였으며 단섬유의 기본적인 섬유특성은 table 1과 같다.

Table 1. Properties of short fiber fraction

Fiber length, mm	Fines content, %	Ashes content, %	WRV, g/g
0.22	90.7	32.4	1.81

#### 2.2.2 고분자 전해질 투입

고분자의 종류와 투입량에 따른 분급 OCC 단섬유의 응집현상을 평가할 수 있도록 분자구조, 전하 밀도, 분자량 등이 상이한 양성고분자를 준비하였으며 PAM과 PEI는 단섬유 대비 0, 0.03, 0.06, 0.09% 정도로 투입하였고 starch의 경우는 0, 0.5, 1.0, 1.5% 수준으로 투입하였다. 기본적인 고분자의 특성은 table 2와 같다.

Table 2. Properties of cationic polymers

Type		Molecular weight $\times 10^6$	Charge density meq/g	Viscosity, cPs 25°C, 0.1%	Structure
C-PAM A	A	1~2	0.58	35.3	branch
	B	8	0.80	45.8	branch
	C	8	1.88	97.5	linear
	D	8	0.91	91.8	linear
PEI		1	6.89	7.06	branch
Starch	A	-	1.25	3.50	branch
	B	-	0.37	6.60	branch

### 2.2.3 단섬유 응집 성능 평가

#### 2.2.3.1 탁도측정

고분자에 의한 단섬유의 응집 현상을 탁도 변화로 평가하기 위하여 Fig. 1과 같은 실험장치를 구성하였다. 고분자에 의한 연속적인 탁도 변화를 연속적으로 측정할 수 있도록 DDJ와 탁도계를 연결하고 지료의 연속적인 흐름을 가능하도록 연동펌프를 사용하였다.

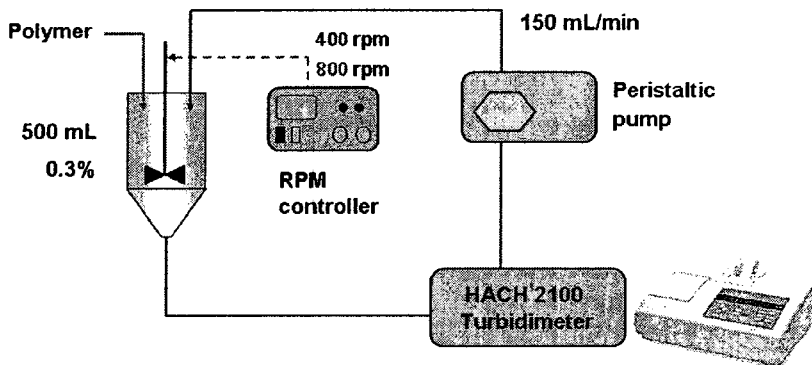


Fig. 1. Schematic diagram of measurement of turbidity.

### 2.2.3.2 응집성능 평가지수

단섬유 플록의 성능을 평가하기 위하여 고분자 투입 후 시간에 따른 탁도의 증감을 비교하여 응집성능을 평가하였다.(Fig. 2-a) 응집체가 전단에 노출되었을 때의 안정성을 평가할 수 있도록 stability index를 적용하였다.(Fig. 2-b)

$$RT_a = \frac{T_a}{T_0} \quad [\text{Eq. 1}]$$

$$SI = \frac{T_{p,HS} - T_{p,LS}}{T_0 - T_{p,LS}} \quad [\text{Eq. 2}]$$

where,  $T_0$  : average turbidity before addition of polymer

$T_a$  : average turbidity after addition of polymer

$T_{p,LS}$  : turbidity at low shear after addition of polymer

$T_{p,HS}$  : turbidity at high shear after addition of polymer

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 실험적 자료

#### 3.1.1 응집 성능 평가

Fig. 3은 저전단 상태에서 저분자량의 분지상 양이온성 PAM을 투입하였을 때 시간에 따른 탁도 변화를 보여주고 있다. 종류에 상관없이 고분자가 투입되었을 때 단섬유 응집이 활발하게 이루어졌으며 그 결과 탁도는 감소하는 경향을 나타내었다.

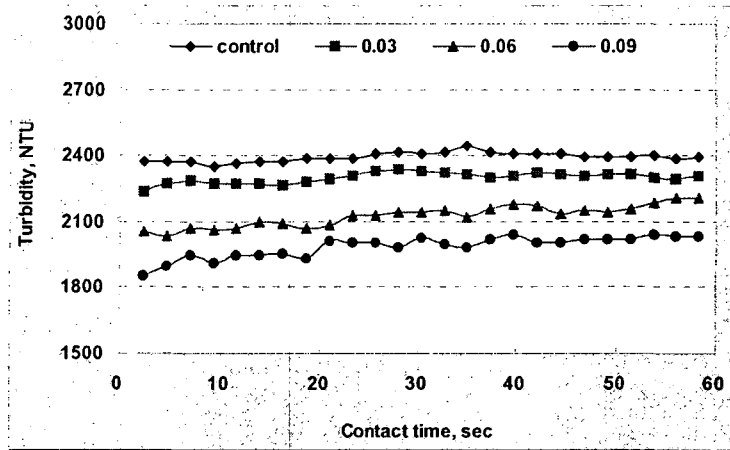


Fig. 3. Turbidity after addition of C-PAM A at low shear rate condition.

### 3.1.2 고분자 특성에 따른 응집 성능 평가

이런 경향에서 고분자의 분자량, 전하 밀도, 분자 구조의 영향을 살펴본 결과 고분자의 분자량이 클수록 탁도 감소 경향이 컸으며 동일한 수준의 분자량에서 전하밀도가 상대적으로 더 높은 C-PAM C와 starch A가 C-PAM D와 starch B보다 초기탁도에 비해 더 낮은 상대탁도 값을 보였다.(Fig. 4) 결국 분자상 구조를 가지면서 분자량이 크고 전하 밀도가 높은 고분자일수록 응집 성능이 우수한 것으로 판단되었다.

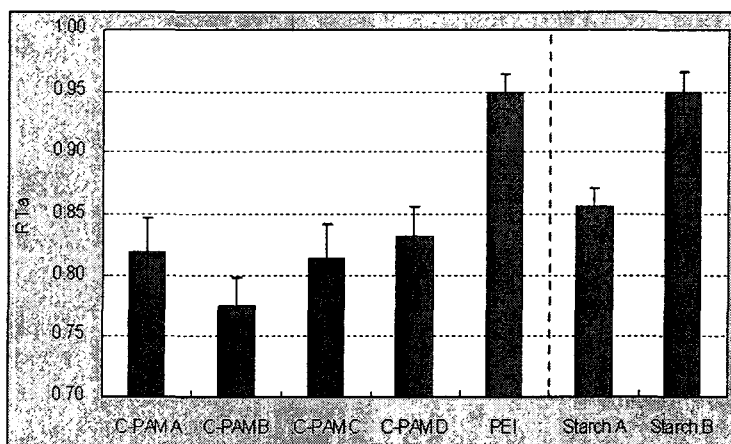


Fig. 4 Relative turbidity of fractionated OCC cofloc with various cationic polymers.

### 3.1.3 전단 안정성 평가

고전단하에서 단섬유 응집체의 안정성은 고분자 특성에 따라 다르게 나타날 수 있다. 이로부터 응집체의 전단 안정성을 평가하기 위하여 지료 교반속도를 400 rpm에서 800 rpm으로 높였을 때 탁도 변화를 측정하여 이로부터 Eq. 2와 같이 stability index를 구하였다. 그 결과 Fig. 6에서처럼 분자량이 비슷하고 구조가 다른 고분자를 비교하였을 때 분지상의 고분자가 선형 고분자에 비해 상대적으로 더 높은 전단안정성을 갖는 것을 알 수 있었다.

### 3.2 현장지료의 응집성능 평가

멀티프렉터의 accept 분은 실험실에서 준비한 단섬유 지료보다 평균섬유장이 길기 때문에 형성된 응집체 크기는 훨씬 컸다. 그러나 고분자의 특성과 투입량에 따른 탁도 변화 경향은 실험실적어로 조제된 단섬유분과 차이를 보이지 않았다 (Fig. 7).

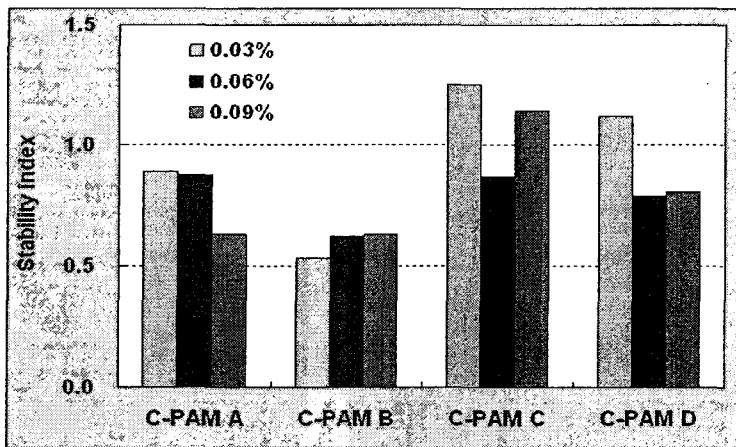


Fig. 6. Stability index of fractionated OCC cofloc with various cationic polymers.

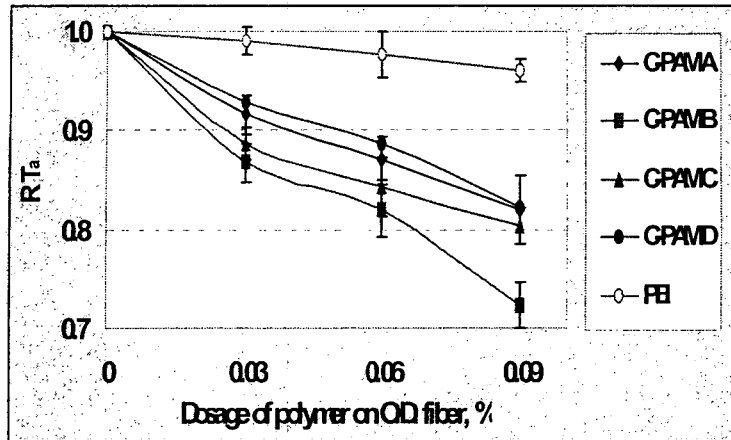


Fig. 7. Relative turbidity of mill stock cofloc with addition of cationic polymers.

#### 4. 결 론

양성고분자 전해질의 투입량이 증가함에 따라 탁도는 떨어졌으며 C-PAM을 사용하였을 경우 다른 고분자 전해질에 비해 응집에 의한 탁도 감소 경향이 두드러졌다. 특히 분자량과 전하밀도가 높은 분지상의 PAM이 큰 응집체를 형성하였으며 전단에 대한 안정성도 우수하였다. 이를 통해 같은 종류의 고분자일지라도 분자량이 클수록, 전하 밀도가 높을수록 응집 성능이 우수하였으며 전단에 대한 안정성은 전하 밀도보다는 분자 구조에 의해 더 많은 영향을 받는 것으로 판단되었다.

## 5. 참고문헌

1. 이학래, 윤혜정, 강태영, 서만석, 허용대, KOCC 지료의 분급 및 기계적 처리가 종이의 물성에 미치는 영향, 2002 한국펄프종이공학회 추계학술논문발표회
2. 이지영, 이학래, 윤혜정, 안홍모, 탁도 측정을 통한 지료의 응집거동 해석, 2004 한국펄프종이공학회 추계학술논문발표회
3. 이학래, 윤혜정, 김종민, 이경호, 선응집 충전물의 입도와 보류도에 따른 종이 물성 분석, 2004 한국펄프종이공학회 추계학술논문발표회
4. 류정용, 안병주, 성용주, 김용환, 송재광, 송봉근, OCC 펄프의 분급 및 해리 최적화 기술개발, 2003 한국펄프종이공학회 추계학술논문발표회
5. Abubakar, S. M., Scott, G. M. and Klungness, J. H., Fiber fractionation as method of improving handsheet properties after repeated recycling, Tappi 78(5) 1995.
6. Braaten, K. R. and Wakelin, R. F., Fiber length fractionation of TMP using pressure screens, Tappi 82(6) 1999.
7. Nazhad, M. M., and Sotivarakul, S., OCC pulp fractionation - a comparative study of fractionated and unfractionated stock, Tappi (1) 2004.

## 사 사

본 연구는 산업자원부 신기술실용화기술개발사업 지원에 의해 수행되었음. 최익선 연구원은 두뇌한국 21 핵심 사업 지원을 받아 연구를 수행하였음.