

섬유의 충분리 효율증대를 위한 폴리머들의 이용

서영범 · 이민구 · 하인호 · 조옥연
충남대학교 임산공학과

1. 서론

Hobart mixer 처리를 이용하여 섬유를 고해 전에 전처리하는 경우 섬유의 내부 즉 섬유벽에 충분리가 생기는 것들을 보고한 바 있다. 이러한 현상은 섬유의 내부 피브릴화를 가속시켜서 본격적인 고해를 실시하는 경우 같은 여수도하에서 높은 WRV를 나타내게 되며, 인장강도와 인열강도의 동시 상승을 가져옴을 본 연구팀은 국내외의 논문 발표를 통하여 계속 발표한 바 있다. 그림 1은 Hobart mixer 의 그림을 보이고 있으며, 그림 2는 Hobart mixer 전처리의 온도조건과 처리시간을 변화시켰을 때의 WRV 변화를 보이고 있다.

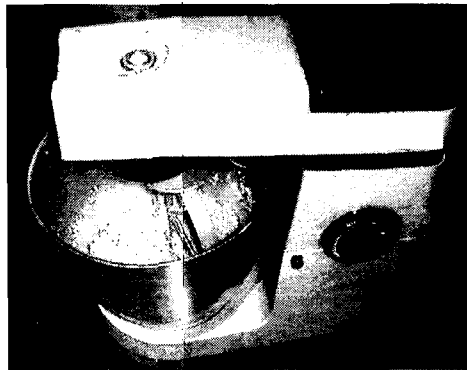


그림 1. Hobart mixer

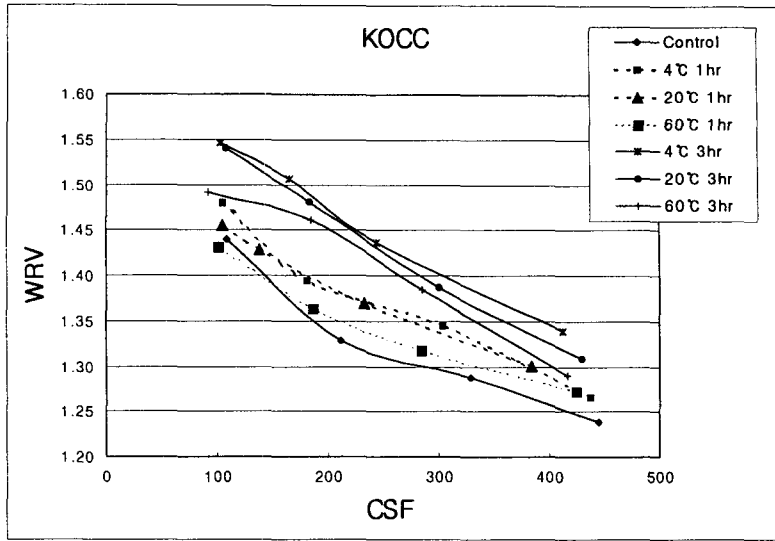


그림 2. Hobart mixer 전처리 후 고해하였을 때의 WRV 변화

이러한 Hobart mixer 처리는 제지공정에 쓰이는 일반적인 기기인 disperser 나 screw press를 통하여 부분적으로 달성할 수 있으며, Frotapulper 등을 사용하는 경우 효과적으로 얻을 수 있다. Hobart mixer의 1시간 혹은 3시간의 처리는 Frotapulper의 1회 통과와 같은 수준의 섬유충격을 얻게 될 수도 있다. 따라서 이러한 기술의 공장 적용은 과연 Hobart mixer로 몇 시간씩 처리해야 하는가를 생각하기보다는 비슷한 메카니즘을 가지며 효과적인 기계를 사용하거나 개발하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 좀더 효과적인 전처리를 위해 각종 폴리머들을 전처리에 함께 사용하여 보았다. 그 결과들은 다음과 같다.

2. 실험방법

섬유에 각종 고분자를 처리하여 전처리시의 상승효과를 기대하였다. 먼저 PEO 와 Cationic PAM을 처리하였다. 그 이유는 PEO 의 경우 섬유간의 미끄러짐을 유도하게 되므로 전처리효과가 줄어들거나 큰 효과를 보지 못하게 할 가능성이 있다. 따라서 어

떠한 고분자 계통이 전처리에 유리한지를 알아보는 점에서 투여하였다. 섬유 전건 중량의 0.1%를 사용하였다.

섬유에 Cationic PAM을 투여하였는데 그 이유는 PEO 와 정확히 반대의 효과를 보기 위한 것이다. 즉 섬유끼리 뭉치게 되면, 물리적 전처리도 효과적으로 받게될 가능성도 있다. 분자량 700만의 양이온성 PAM을 섬유의 전건중량의 0.1%를 사용하였다.

CMC를 섬유에 투여하였다. CMC 는 섬유간의 결합을 개선시킬 수 있는 물질인데 전처리의 경우 어떠한 추가적인 효과를 낼 수 있는지를 검토하였다. 중분자량의 CMC 를 0.2% 투여하였다.

NaOH 는 기본적으로 섬유의 팽윤을 가져오는 약품으로서 비교를 위해 사용하였다. 섬유의 중량에 2%를 사용하였다. NaOH를 투여한 후 물리적 전처리를 하였으며, 전처리가 끝나면 바로 고해를 실시하였다.

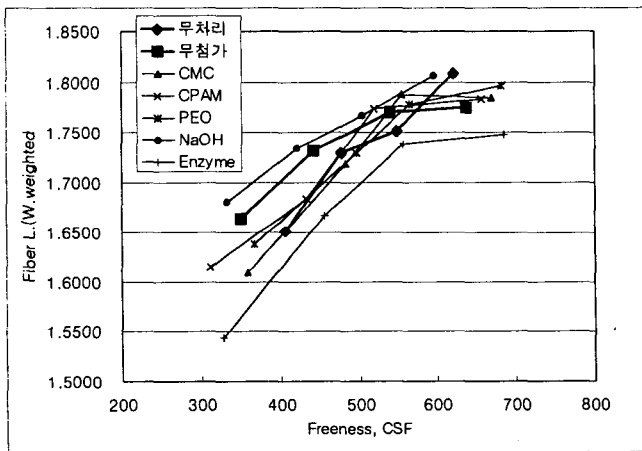
효소는 셀룰로오스 분해효소로서 다양한 강도증진효과를 보고하는 효소이다. 200 ppm을 사용하여 그 효과를 측정하였다. 먼저 섭씨 40도에서 30분간 처리한 후 전처리 과정에서 지속적인 처리를 받도록 하였으며, 전처리가 끝나면 pH를 10으로 올려서 반응을 정지시켰다.

이러한 처리를 실시한 후, 섬유들은 Valley beater에서 충분히 여수도가 떨어지도록 고해처리를 받았으며, 이들 섬유들의 섬유장, 여수도, WRV (Water Retention Value), WCT (Wet Compactibility Test), Curl index 등이 측정되었으며, 고해진 섬유들은 수초지로 만들어져서 물성을 측정하였다. 측정항목은 밀도, 열단장, 인열지수, 내절도, 탈수도 등이 측정되었다. 이들은 다시 여수도를 중심으로 서로 비교하였다.

3. 실험 결과

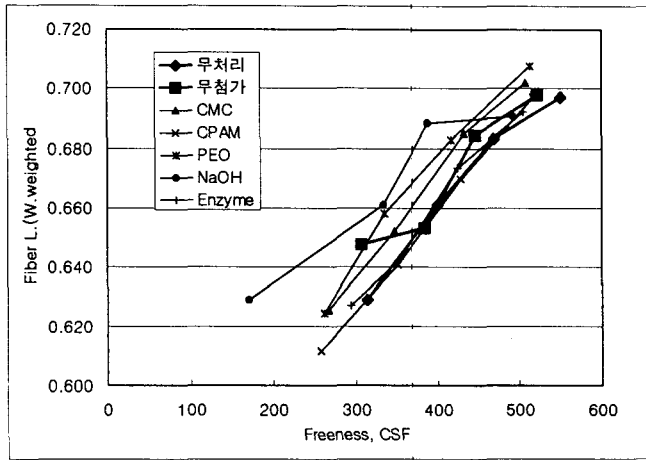
다양한 실험 결과중에서 현재까지 특이하게 나타난 현상들만 소개하기로 한다. 먼저 물리적 전처리는 섬유장에 영향을 미치지 않았다는 사실들을 모든 실험결과들이 증거하고 있다. 하지만 침엽수 화학펄프의 경우 효소를 사용한 경우만 특이하게 섬유장의 감소가 두드러졌다. 즉 셀룰로오스 효소는 섬유를 약하게 만들어 물리적 전처리에서도

섬유가 잘라지는 현상이 있었던 것으로 판단된다. 그림 3은 대표적인 섬유장의 변화이며, 효소를 사용한 경우 섬유장에 큰 변화가 생기는 것을 나타내고 있다. 이러한 현상은 BCTMP 의 경우 달라졌다. BCTMP 는 리그닌을 많이 포함하고 있는 점이 침엽수 화학펄프와 다르다. BCTMP 에서는 이러한 화학성분의 차이가 효소의 활동을 억제하고 있다고 판단된다. 그림 4는 BCTMP 의 경우를 보이고 있다. BCTMP 의 경우 물리적 전처리를 실시하므로 오히려 섬유장의 증가를 볼 수 있다. 이러한 현상을 반복적으로 보이고 있지만 아직까지 통계적인 처리를 통해 확신을 가질 수 있는 단계는 아니다. OCC 의 경우는 대표적인 그림으로 볼 수 있는데 섬유장의 변화를 볼 수 없었다 (그림 5).



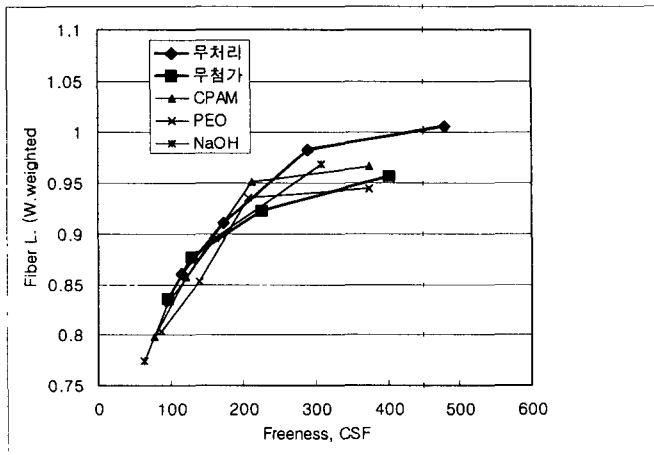
무처리 : 섬유에 아무런 처리없이 고해만 한 경우
 무첨가 : 섬유에 물리적 전처리를 하였지만 아무런 약품을 같이 사용하지 않은 경우
 CMC : CMC를 0.2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 CPAM : CPAM을 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 PEO : PEO를 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 NaOH : NaOH를 2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 Enzyme : Fiberzyme을 200 ppm 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우

그림 3. 전처리에 의한 섬유장의 변화 (침엽수 화학펄프)



무처리 : 섬유에 아무런 처리없이 고해만 한 경우
 무첨가 : 섬유에 물리적 전처리를 하였지만 아무런 약품을 같이 사용하지 않은 경우
 CMC : CMC를 0.2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 CPAM : CPAM을 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 PEO : PEO를 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 NaOH : NaOH를 2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 Enzyme : Fiberzyme을 200 ppm 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우

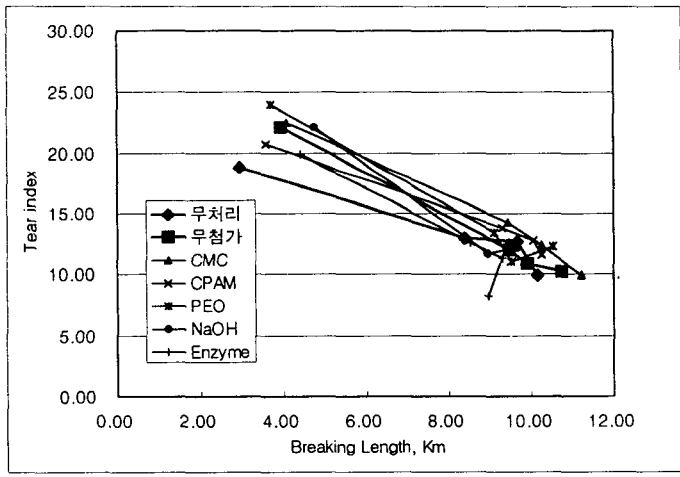
그림 4. 전처리에 의한 섬유장의 변화 (BCTMP)



무처리 : 섬유에 아무런 처리없이 고해만 한 경우
 무첨가 : 섬유에 물리적 전처리를 하였지만 아무런 약품을 같이 사용하지 않은 경우
 CPAM : CPAM을 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 PEO : PEO를 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 NaOH : NaOH를 2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우

그림 5. 전처리에 의한 섬유장의 변화 (OCC)

물리적 전처리는 침엽수와 OCC의 경우 열단장과 인열지수의 동시적 증가를 가져온다. 특히 침엽수의 경우 PEO 와 CMC를 첨가하여 전처리를 하는 경우 두드러진 효과를 발휘하였다. 이러한 현상을 열단장-인열지수의 그림으로 나타내었다 (그림 6).

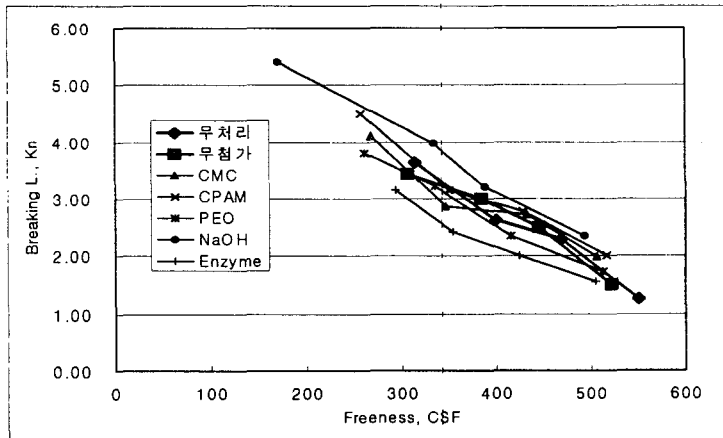


무처리 : 섬유에 아무런 처리없이 고해만 한 경우
 무첨가 : 섬유에 물리적 전처리를 하였지만 아무런 약품을 같이 사용하지 않은 경우
 CMC : CMC를 0.2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 CPAM : CPAM을 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 PEO : PEO를 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 NaOH : NaOH를 2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 Enzyme : Fiberzyme을 200 ppm 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우

그림 6. 열단장-인열장도 결과.

그림 6에서 단순 물리적 전처리보다 CMC나 PEO의 첨가가 더 우수한 물성을 나타냄을 보였다. 하지만 그 차이가 크게 두드러지는 않았다. 이러한 결과는 물리적 전처리의 수준을 많이 높이지 않았기 때문이다. 보통 Hobart mixer에서 curl index가 3% - 5% 차이가 나야 충분한 물리적 성질을 차이를 보이는 것이 보통이다. 이러한 처리는 Hobart mixer에서는 약 3시간 정도의 처리가 필요하며, Frotapulper와 같은 기계에서는 1회의 순간적인 처리로도 가능하다. 본 실험에서는 1시간의 처리를 실시하였는데, 그 이유는 전년도 연구결과, 물성의 증가는 분명해졌으므로 약품처리를 통한 추가적인 물성증대만 가능하고자 하였기 때문이다.

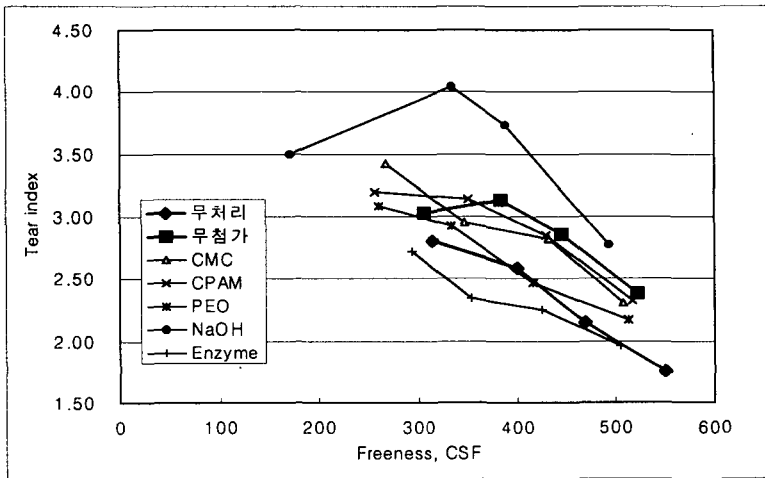
BCTMP의 경우는 침엽수의 경우와 매우 다르다. 즉 물리적 전처리는 열단장의 감소없이 종이의 인열강도를 급격히 올린다. 그림 7과 8은 그러한 모습을 보이고 있다. 그림 7에서 약품첨가는 열단장을 그다지 높이지 못하였으며, NaOH는 분명한 증대를 효소는 분명한 감소를 보이고 있다.



무처리 : 섬유에 아무런 처리없이 고해만 한 경우
 무첨가 : 섬유에 물리적 전처리를 하였지만 아무런 약품을 같이 사용하지 않은 경우
 CMC : CMC를 0.2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 CPAM : CPAM을 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 PEO : PEO를 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 NaOH : NaOH를 2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 Enzyme : Fiberzyme을 200 ppm 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우

그림 7. 약품첨가에 의한 열단장의 변화 (BCTMP)

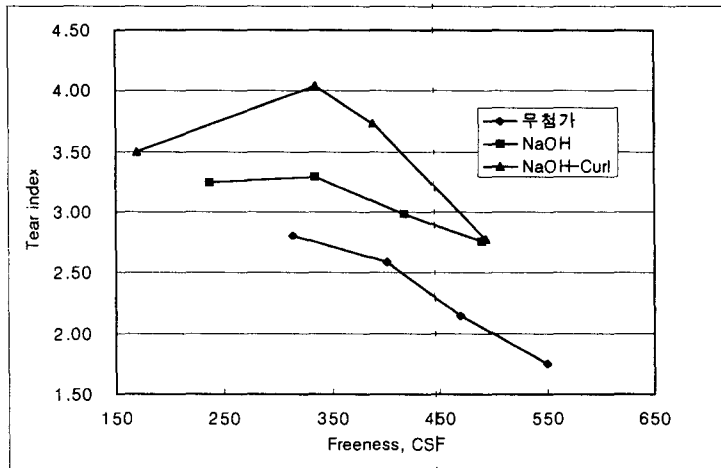
그림 8의 경우 NaOH 와 물리적 전처리를 함께 실시하면 인열강도가 100% 가까이도 증가할 수 있음을 보이고 있다. 단순히 무처리와 무첨가만 비교하여도 물리적 전처리는 열단장의 감소없이 큰 인열강도의 증대를 이룰 수 있음을 분명히 보이고 있다. 다만 PEO 의 첨가는 인열강도의 증가에 오히려 해로운 것을 볼 수 있었다.



무처리 : 섬유에 아무런 처리없이 고해만 한 경우
 무첨가 : 섬유에 물리적 전처리를 하였지만 아무런 약품을 같이 사용하지 않은 경우
 CMC : CMC를 0.2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 CPAM : CPAM을 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 PEO : PEO를 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 NaOH : NaOH를 2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 Enzyme : Fiberzyme을 200 ppm 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우

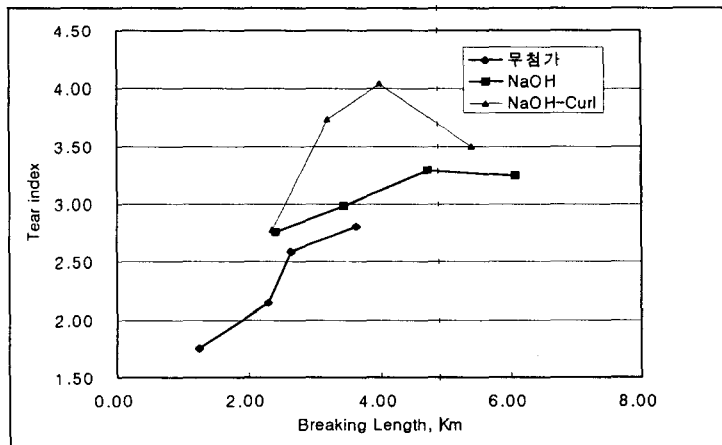
그림 8. 인열강도의 변화 (BCTMP)

그렇다면 BCTMP 에 수산화칼슘만 처리하는 경우는 어떠한가? 만일 물리적 전처리 결과와 같거나 우수하다면 물리적 전처리는 의미가 없게될 것이다. 이에대한 해답을 그림 9와 10이 보여주고 있다. 즉 물리적 전처리는 하지 않고 똑같이 수산화칼슘 처리만 실시한 지료와 인열강도를 비교하였다.



무처리 : 섬유에 아무런 처리없이 고해만 한 경우
 NaOH : 섬유에 NaOH 2% 첨가한 후 고해한 경우
 NaOH-Curl : NaOH를 2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시하고 고해한 경우

그림 9. BCTMP 의 NaOH 처리결과 (인열지수)

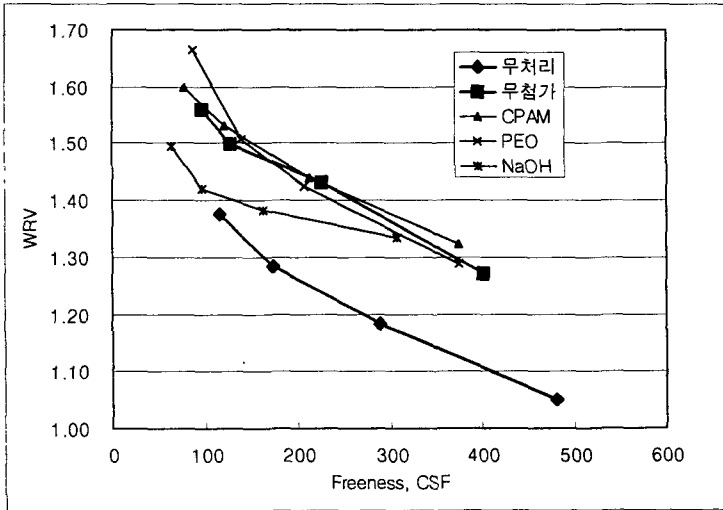


무처리 : 섬유에 아무런 처리없이 고해만 한 경우
 NaOH : 섬유에 NaOH 2% 첨가한 후 고해한 경우
 NaOH-Curl : NaOH를 2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시하고 고해한 경우

그림 10. BCTMP 의 NaOH 처리결과 (열단장-인열지수)

두 그림에서 보듯이 NaOH 자체의 처리결과도 우수하지만 물리적 전처리가 매우 우수한 상승효과를 보였음을 알 수 있었다.

OCC 의 경우 물리적 전처리만으로도 분명한 WRV 의 증대를 가져온다. WRV 의 증대는 대부분의 강도적 성질을 증대시키는 것이 일반적이며, 전년도의 실험을 통해서도 많이 보였다. 따라서 그림 11과 같이 분명한 WRV 의 증대만을 보임으로서 간략히 섬유처리의 효과를 대변하고자 한다. 본 실험에서는 약품의 효과가 미미하였다.



무처리 : 섬유에 아무런 처리없이 고해한 경우
 무첨가 : 섬유에 물리적 전처리를 하였지만 아무런 약품을 같이 사용하지 않은 경우
 CPAM : CPAM을 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 PEO : PEO를 0.1% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우
 NaOH : NaOH를 2% 첨가한 후 물리적 전처리를 실시한 경우

그림 11. 물리적 전처리와 약품처리에 의한 WRV 의 변화 (OCC).

4. 결론

아직까지 전처리에서 각종 폴리머를 사용하는 일에 대한 충분한 데이터들이 수집되지 못한 상태이기는 하지만, 전처리에 폴리머나 약품, 효소들을 사용함으로써 섬유들을 개질시킬 수 있다는 사실을 발견하였다. 그 개질이 우리가 바라는 방향과 같은 지는 사용되는 폴리머에 따라 계속 검토해야 할 것이다. 다음 공정에 영향을 주지 않으며, 종이의 품질을 상승시킬 수 있는 적절한 전처리 약품을 발견하여, 적용하는 경우 예상 외의 큰 성과가 있을 것으로 판단된다. 즉 본 연구팀은 연구팀이 개발한 섬유 고해 전처리 기술들에 폴리머들을 첨가하여 상승효과를 얻는 방식을 본 연구에서 제시하였다.