

신규 목질분해효소에 의한 폐지의 탈묵

이 중 명¹⁾ · 박 성 배²⁾ · 엄 태 진¹⁾ · 박 용 현³⁾ · 박 한 오³⁾

¹⁾경북대학교 임산공학과 · ²⁾경북대학교 농업과학기술소 · ³⁾(주) 바이오니아

1. 서 론

현재 펄프·제지산업에 이용되고 있는 상업용 효소는 주로 산성영역에서 최대활성을 나타내는 것이지만, 제지공정이 공통적으로 pH 9 ~ 10의 alkali영역에서 운영되고 있기 때문에 현장 적용상 문제점으로 지적되고 있다. 이러한 이유로 인해 여러 가지 균류에서 단리된 호알카리성 cellulase의 연구보고가 최근 증가하고 있는 실정이다¹⁻⁴⁾. 호알카리성 목질 분해 효소에 관한 연구는 그 역사가 길지 않음에 불구하고 세계공업, 펄프·제지산업, 농산물 가공 등 다양한 분야에서 막대한 이용 가능성과 함께 잠재성 시장을 갖고 있는 분야로서 호알카리성 목질분해효소 생산균주의 다변화 노력과 균주의 국내 확보 및 응용기술개발^{5, 8)}에 관한 연구는 매우 중요한 과제라고 할 수 있다. 본 연구에서는 (주)바이오니아에서 분리하여 배양중인 균주 유래의 호알카리성 효소와 시판 상업용 효소인 Denimax BT(NOVO Co.)를 각각 ONP 및 MOW에 시험 적용하여 그 탈묵효과 및 탈묵된 지료의 물리적 성질을 비교 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

실험에 사용한 ONP는 Y일보에서 발행한 6개월 이상의 동일한 페이지의 신문지와 동일한 toner 면적을 가진 MOW를 각각 손으로 2×3 cm로 절단한 시료를 사용하였다. 효소는 (주)바이오니아에서 개발한 효소(이하 Bio-x로 함)와 Denimax BT를 각각 pH 9에서 CMCase 및 FPase를 측정하여 실험에 사용하였다.

2.2 탈묵

ONP 및 MOW를 각각 4%농도로 50℃, pH 9로 조절된 표준 해리기에 대조구로서 NaOH와 0.4, 1, 4IU의 효소를 투입시켜 30분 동안 해리 및 효소반응시킨 지료를 1%로 희석시킨 후 flotation에 의해 탈묵하였다.

2.3 물성측정

Flotation 전후에 백색도를 측정하기 위해 Tappi법에 의거하여 brightness 측정 pad를 제작하였고, Flotation시 reject도 수집하여 절량하였다. 또한, accept된 지료로 수초지를 제작하여 그 물리적 성질을 판단하였다. 탈묵효과는 백색도 및 image analysis에 의한 잔존잉크량으로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Enzyme dosage 및 반응시간

적절한 enzyme dosage 및 반응 시간을 결정하기 위해 Bio-x를 원래의 효소액, 상등액, 침전액으로 각각 3부분으로 나누어 pH 7 및 pH 9에서 각각 반응시간을 5분, 10분 30분의 반응시간을 주어서 그 반응 시간에 따른 CMCase 효소활성을 구하였다. 아래의 그림에서 보는바와 같이 pH 7 과 9에서 공히 반응 시간이 길어짐에도 불구하고 생성 환원당의 당량은 거의 변화가 없었다.

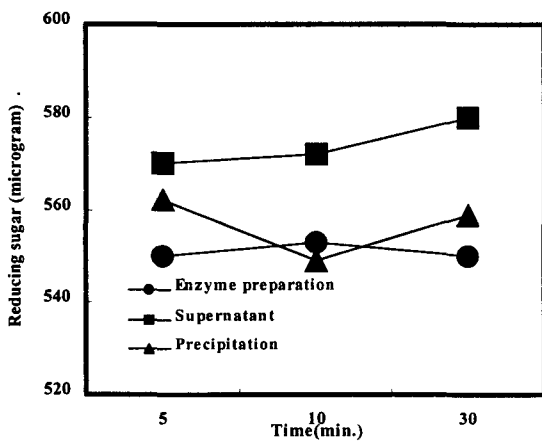


Fig. 2 CMCase profile @ pH-9

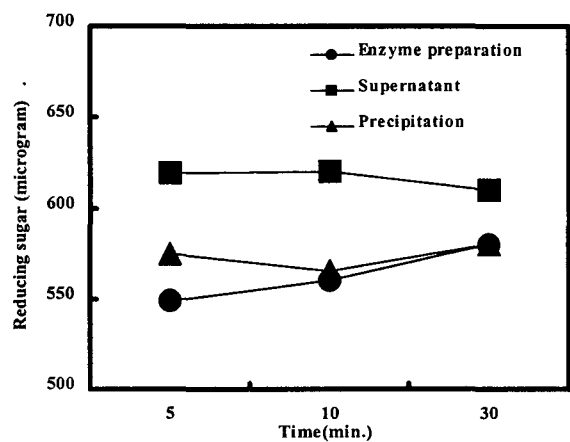


Fig. 1 CMCase profile @ pH-7

이와 같은 결과는 Bio-x는 초기 몇분간은 비교적 높은 활성을 보이지만, 반응시간이 길어짐에 따라 초기 활성이 유지가 되지 못하고 실활되어가기 때문이라고 추론할 수 있으며, 그 이유에 대해서는 자세한 검토가 필요하다고 생각된다. 따라서 본 실험에서는 효소가 지표층의 섬유표면에 붙어 있는 이물질과 반응할 수 있는 일정시간을 부여하기 위하여 효소반응 시간 30분을 실험에 사용하여 효소활성(7.9 unit/ml)을 기준으로 하여 각각 0.4, 1, 4 IU 효소량을 처리하여 탈목효과를 대조구인 NaOH와 Denimax BT와 비교 실험하였다.

3.2 탈목효과 비교

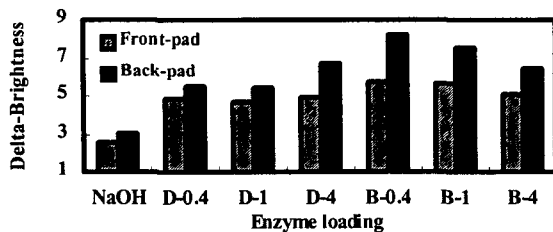


Fig.3 Brightness gain of ONP

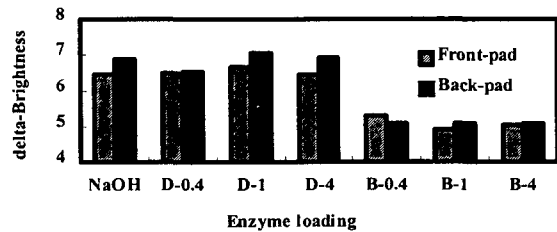


Fig.4 Brightness gain of MOW

위의 그림은 ONP 및 MOW의 Flotation 전후의 brightness 측정용 pad의 백색도 차이를 나타낸 값이다. 먼저 ONP의 경우, 대조구인 NaOH의 경우 2.5 ~ 3%정도의 백색도를 증가를 보이고 Denimax BT의 경우에는 4.7~6.7%의 증가를 나타내는 반면에 Bio-x의 경우는 5.1 ~ 8.2%의 백색도 증가를 보인다. 또한 효소양이 증가하면 백색도 증가치가 다소 떨어지는 현상으로 0.4 IU일 때 최대의 백색도 증가를 보인다. 한편 MOW의 경우에는 이와 반대의 현상을 나타내고 있다. 즉, 대조구인 NaOH의 경우 6.4 ~ 6.9%의 백색도 증가를 보이는 반면에 Bio-x의 경우에는 대조구인 NaOH보다 낮은 4.9 ~ 5.3% 정도의 백색도 증가를 보이고 있다.

Table.1 Reject content of ONP and MOW(%)

| | NaOH | D-0.4 | D-1 | D-4 | B-0.4 | B-1 | B-4 |
|-----|------|-------|------|------|-------|------|------|
| ONP | 12.8 | 17.1 | 15.2 | 16.4 | 16.5 | 15.9 | 13.6 |
| MOW | 18.6 | 16.3 | 17.0 | 16.2 | 11.3 | 19.0 | 15.2 |

위 표는 ONP와 MOW의 flotation시 reject율을 구한 값이다. ONP 대조구인 NaOH인 경우 지표에 대한 12.8% 정도가 reject 되지만, 다른 조건의 경우 대조구보다 3 ~ 6%정도 높은 reject율을 나타내었다. 흥미롭게도 Denimax BT보다 Bio-x가 reject율이 낮음에도 불구하고 flotation 전후의 백색도 상승율이 높은 것으로 관찰되었으며 그 원인에 대하여 검토중에 있다.

MOW의 경우 대조구보다 적은 reject율을 보이고 있지만, Bio-x-1.0 IU의 경우는 다소 높은 reject율을 나타내지만, 백색도차가 대조구 보다 2 ~ 3 정도 낮다.

Table.2 Dirt area of MOW(ppm)

| | NaOH | D-0.4 | D-1 | D-4 | B-0.4 | B-1 | B-4 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Before Flotation | 29.23 | 22.06 | 25.72 | 26.38 | 26.42 | 39.94 | 29.1 |
| After Flotation | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 5.6 | 6.07 | 8.05 | 9.8 |

위의 표는 Accept된 지료를 0.8micron membrane filter로 일정 희석하여 sheet제작한 것을 image analyzer를 통해 얻어진 Dirt area를 ppm으로 나타낸 값이다. Flotation의 전후의 이물질 면적은 현격한 차이를 보이고 있고, 전반적으로 Bio-x 처리 지료의 Flotation 후의 잔존잉크 양이 대조구 및 Denimax BT보다 높아 백색도 상승효과가 미비한 것으로 판단된다.

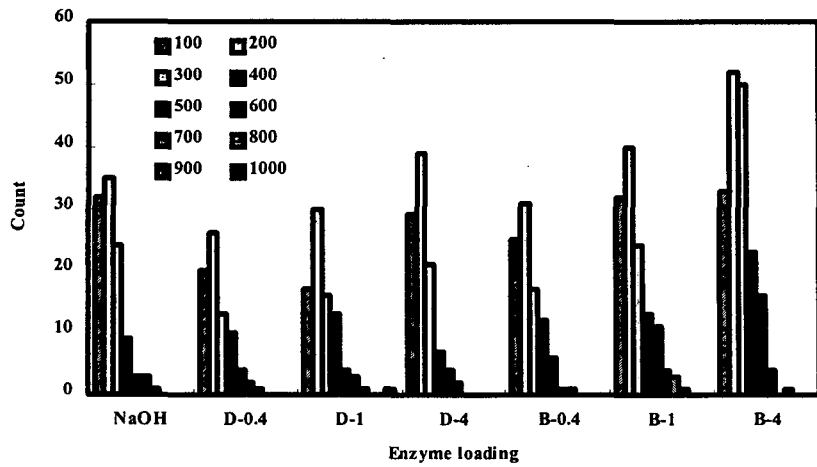


Fig. 5 Particle distribution of MOW(Before flotation)

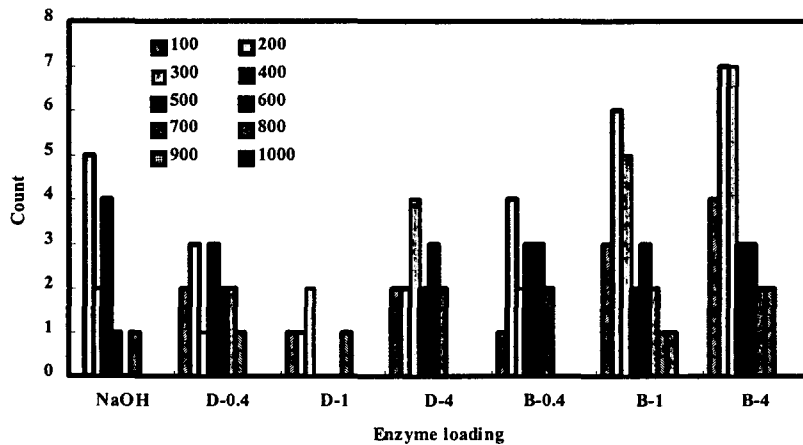


Fig. 6 Particle distribution of MOW(After flotation)

위 그림은 MOW의 flotation 전후의 이물질의 크기별 개수를 조사한 값이다. 입자크기를 100 - 1000micron meter로 나누어 조사한 결과 20 ~ 400 micron의 이물질 직경이 80%정도 제거됨을 알 수 있고 특히 Denimax-1 IU에서 가장 높은 제거효율을 볼 수 있다. 하지만, Bio-x의 경우는 상대적으로 많은 이물질이 탈묵 지료 중에 잔존함을 알 수 있다.

3. Accept된 지료의 물리적 특성

ONP의 경우 전반적으로 효소를 첨가한 지료가 첨가하지 않은 지료보다 비파열 강도가 증가되었으며, MOW의 경우에는 Denimax BT의 첨가에 의해 대조구 보다 증가되며, Bio-x의 첨가에 의해서는 다소 감소하였다.

열단장의 경우에도 비파열 강도와 비슷한 경향을 나타내었고, ONP의 경우 Bio-x-1 IU, MOW의 경우 Denimax-0.4 IU가 가장 높은 수치를 나타내었다.

4. 결 론

이상의 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1. Bio-x의 효소활성 및 첨가제에 관한 개선이 요구됨
2. ONP의 경우 Bio-x에 의해 백색도 및 물성의 향상의 효과가 확인되었음.
3. MOW의 경우 기존의 상업용 효소에 비하여 효과가 미비함.

감사의 글

본 연구 발표 내용의 일부는 청정과제(과제번호99-1-G-1) 연구비를 지원 받아 수행되었기에 이 자리를 빌어 감사드립니다.

5. 참고 문헌

1. Letscher, M.k. and Sutman F. J., J. Pulp and Paper Sci. 18(16):225(1992).
2. Phalzer, L., Tappi 63(9):113(1980).
3. Phipps, J., Paper Tech. 35(6):34(1994).
4. Mahagaonkar, M. S., "The role of different alkali sources in deinking and bleaching processes," Ph. D. thesis, The University of Tasmania, Hobart, Australia, 1995.
5. U. Tschirner, C. W. Dence : Paperi ja Puu, 70, 338 (1988)
6. B. J. W. Cole, K. V. Sarkanen : Tappi, 71, 117 (1988)
7. Jung-Myoung Lee and Tae-Jin Eom, 한국펄프·종이공학회지, 31(3):68 (1999)
8. Jung-Myoung Lee and Tae-Jin Eom, 한국펄프·종이공학회지, 31(5):12 (1999)