효소처리한 도공지의 물성 관한 연구

양이석†, 김창근*, 김병현

†중부대학교 공과대학 인쇄미디어학과, *강원대학교 창강 제지기술 연구소

(2006년 1월 27일 접수, 2006년 2월 13일 최종 수정본 접수)

The Study of the Properties Coated Paper by the Enzyme Treatment

Eu-Seok Yang†, Chang-Keun Kim, Byong-Hyun Kim*

†Dept. of printing media, College of Engineering, Joongbu University,

*Changgang Institute of Paper Science and Technology, Kangwon National University

(Received 27 January 2006, in final from 13 February 2006)

Abstract

We studied on the effects of the enzyme treatment of pulp fiber on physical properties of coated paper were elucidated using four types of enzymes.

The results of this study showed that the blank in which enzyme was not treated showed the highest Stöckigt and Hurcules sizing degrees. And when the enzyme treated base paper was used for coating, the coated paper has average 5.7 % higher gloss and whiteness than when untreated base paper was used. Brightness showed 0.12 % higher results with the enzyme treated base papers than the blank while it is considered to show similar trends. Whiteness of coated paper was not influenced by the enzyme treatments but by the properties of coating color. Coated paper whose base paper was enzyme treated showed improved roughness while smoothness of those samples except the β-Glucosidase treated one was relatively low due to the high fines content. Also the coated paper whose base paper was not enzyme treated showed high porosity.

1. 서 론

다양한 소비자의 욕구를 충족시키기 위한 인쇄용지의 경우 종이의 품질특성이 인쇄적성을 맞추기 위한 기본조건으로 절실히 요구되어진다. 특히 고속인쇄 시 발생할 수 있는 강도적인 문제와 종이의 물리적인 성질에 의한 인쇄적성 영향을 고려하여 볼 때 적절한 제지특성을 갖도록 하는 고해(리파이닝) 공정이 필요하다.

고해를 하게 되면 섬유표면에 틈이 생겨 그 사이를 침투한 물이 섬유내부에서 새로운 층을 형성하여 층 사이를 더욱 벌어지게 한다. 새롭게 형성된 층은 섬유의 팽윤을 발생시켜 섬유의 유연성을 부여하게 되고 섬유의 유연성이 증가하면 표면장력에 의한 수소결합이 일어나 섬유간의 결합이 많아진다. 따라서 종이의 밀도가 높아지고 인열, 인장, 파열과 같은 물리적인 강도가 커진다.[1~4)]

인장력은 여러 가지 특성 인자들 중에서 실제 인쇄 시 강한 장력에 의한 종이 찢어짐의 사고를 방지하기 위하여 꼭 필요한 요건이다. 따라서 고해에 의해 섬유의 종이품질특성을 개선함과 동시에 어느 정도의 미세섬유분에 의한 인장강도 저하를 보완하기 위하여 생화학적인 방법인 효소를 적용하면 그 효과가 좋을 것으로 기대된다. 효소공학의 기술은 펄프의 표백, Jackson 등의 여수도 개선, Morgan 등의 fiber 강도증가, 피치 장애의 개선 등에도 널리 응용되어 사용되었다.[5~8)]

따라서 본 연구에서는 도공 원지의 잉크 흡수력 및 수용력 그리고 도공액 조성 및 공극의 형태나 크기와 같은 도공지 공극 특성 등을 효소처리에 의한 원지를 사용하여 도공지의 물리적인 특성 변화에 대하여 고찰하였다.

2. 실 험

2-1. 효소

본 연구에 사용한 효소는 각기 다른 미생물에서 분리 및 정제된 효소로 Xylanase는 Trichoderma viride부터 분리/정제 후 동결 건조된 분말상태로 제조된 시약급 제품(SIGMA社), β-Glucosidase는 almonds부터 분리/정제 후 분말상태로 제조된 시약급 제품(SIGMA社), Hemicellulase는 Aspergillus niger부터 분리/정제 후 분말상태로 제조된 시약급 제품(SIGMA社), β-Glucuronidase는 Escherichia coli부터 분리/정제 후 동결 건조된 분말상태로 제조된 시약급 제품(SIGMA) 네 가지 종류를 사용하였다.

2-2. 펄프 및 수초지 제작

펄프 Sw-BKP와 Hw-BKP를 2:8의 비율로 혼합, 해리 후 각 효소를 0.1% 투입하여

TAPPI Standard Methods T200 sp-01에 의거 Valley Beater로 고해하였다. 고해 후 효소처리 된 지료는 중질탄산칼슘(GCC), 양성전분 등 충전제와 첨가제를 혼입한 후 pH 7.5 ± 0.5로 조정한 후 중성초지조건으로 평량 95 gsm으로 제조하였다.

2-3. 도공지 제작

슬러리 상태의 중질 탄산칼슘 일정량을 1500rpm의 고속 교반기로 교반시키면서 라텍스와 기타첨가제로서 윤활제(칼슘스테아릭계, Nopcote C-155; 한국산노프코(株)), 내수화제(우레아포름알데히드계, Insol-A, 새한산업(株)), 증점제(알카리반응형, JT-30, 정원화학(株)) 등을 순차적으로 일정 시간간격을 두고 첨가한 다음 완전한 분산이 이루어지도록 30분간 교반시켜 도공액을 조제 하고, SMT社의 Maiyoh Blade Coater(日)를 사용하여 1600 mm/sec의 속도로 도공량 15 g/㎡으로 맞추어 편면 도공지를 제조하였다.

2-4. 도공지의 광학적 · 물리적 특성 측정

도공지의 백지 및 인쇄광택 측정은 TAPPI Standard T 480 om-92에 의하여 광택도 측정기를 사용하여 입사각 75°로 조사하여 반사되는 광량을 광택도로 하였다. 표면 평활성은 Bekk 평활도 측정기를 사용하여 측정하였고, 표면 거칠기는 Paker Print-Surf roughness를 사용하여 10 kPa의 압력으로 측정하였다. 투기도는 Paker Print-Surf roughness를 사용하여 10 kPa의 압력에서 단위 시간당 종이를 통과하는 공기량을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 도공지의 광학적 특성

도공지의 백지광택을 Fig. 1에서 비교해 본 결과 효소처리를 하지 않은 시료인 blank의 경우 63.94 %로 효소처리를 한 경우의 Xylanase은 67.74%, β-Glucosidase는 69.49%, Hemicellulase은 69.81% 그리고 β-Glucuronidase는 71.5%로 나타났다. 효소 처리를 한 시료들의 평균 69.63 %보다 효소처리를 하지 않은 blank가 백지광택이 적게 나타난 것을 알 수 있었다. 그러므로 효소처리를 한 경우의 원지를 사용하면 도공층에서 나타나는 광택 또한 증가하는 것을 알 수 있었으며, 효소처리를 한 경우에 있어서는 β-Glucuronidase가 71.5 %로 다른 효소처리에 의한 시료에 비하여 높게 나타났다. 그 이유는 섬유 분포장의 길이가 0.65mm로 가장 길어 미세 섬유의 발생이 상대적으로 적게 나타나 장섬유가 많이 존재하였기 때문으로 생각되어진다. 장섬유가 많이 존재하면 표면 특성이 거칠어져 요구되는 도공량은 증가하게 되고 증가한 도공량에 의하여 백지광택은 증가된 것으로 생각되어진다.

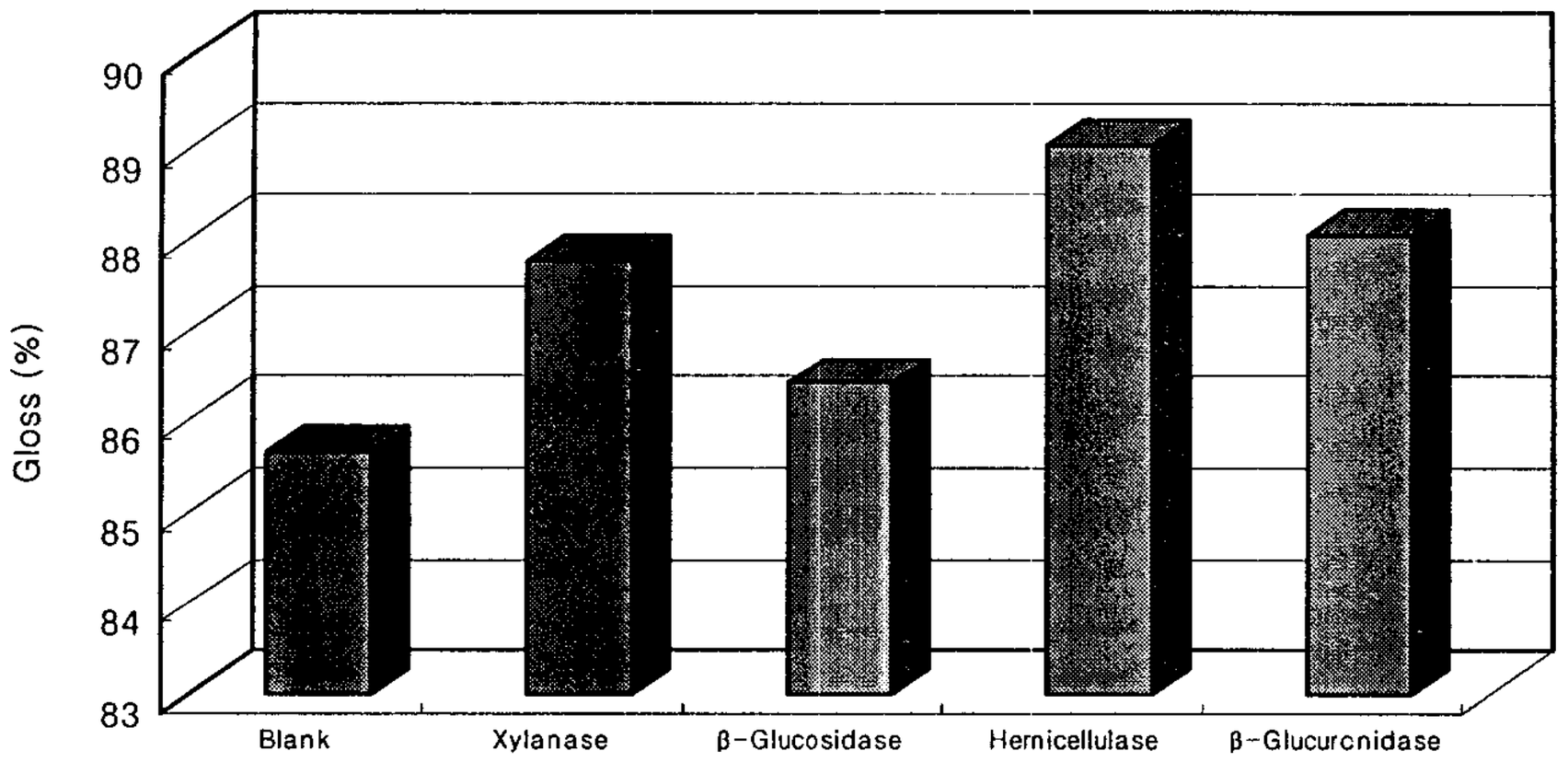

Fig. 1. Paper Gloss of coated papers.

한편 도공지의 광학적인 특성 중 백색도는 효소처리를 하지 않은 blank의 경우 80.08 %로 나타났으며, 각각의 효소를 처리한 Xylanase은 80.44%, β-Glucosidase는 80.13%, Hemicellulase은 80.31% 그리고 β-Glucuronidase는 80.14%로 나타났다. 효소처리를 한 시료들의 평균은 80.25 %로 효소처리를 하지 않은 blank와 거의 비슷한 수준으로 나타났으며, 이것은 도공액 제조 시 사용한 안료와 바인더가 동일한 조건, 동일한 배합비에 의해서 만들어졌기 때문으로 생각되어진다. 결국 도공지 백색도는 원지의 특성에 크게 영향을 받지 않고 도공액 특성에만 영향을 받는다는 것을 알 수 있었으며, 그 그래프를 Fig. 2에 나타내고 있다.

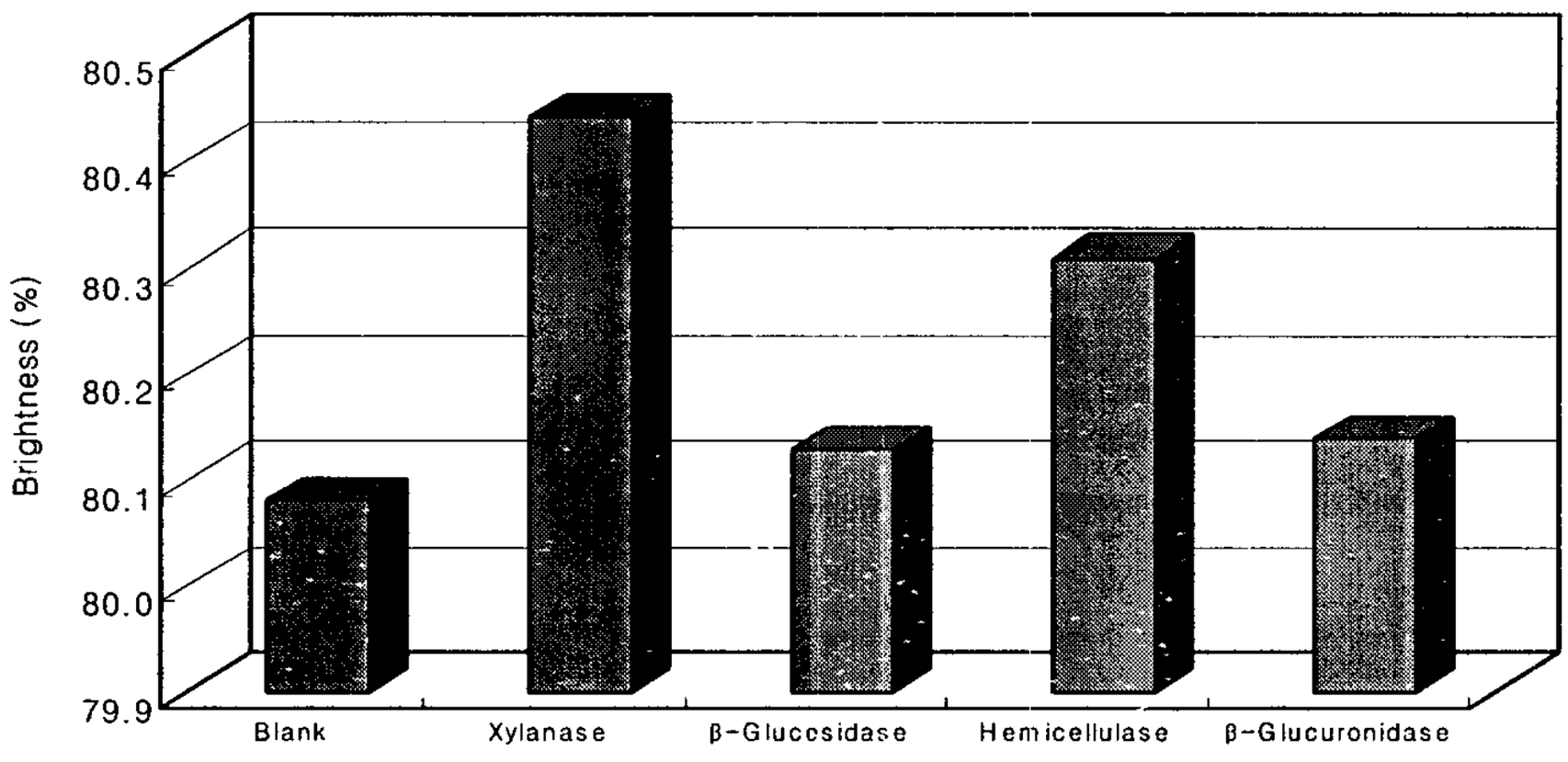

Fig. 2. Brightness of coated papers.

3-2. 도공지의 물리적 특성

Fig. 3은 평량에 대한 결과를 나타낸 그림이다. 평량 변화는 거의 찾아 볼 수 없지만 효소처리를 한 경우의 평균에 대하여 비교해 본 결과 blank에 대하여 그 편차가 2.0 g/㎡로 높게 나타났다. 이것은 원지 섬유특성 변화 중 효소처리에 의한 미세 섬유의 함량이 적어졌기 때문으로 장섬유가 많이 존재하면 원지 표면 특성의 거칠기가 높아져 이러한 이유에 의해 도공층의 형성에 필요한 도공액이 좀더 많이 요구되어졌기 때문으로 사료된다. β-Glucuronidase의 경우 125.16g/㎡으로 가장 높게 나타났다 이것은 개수 분포 섬유장 길이가 0.66 mm로 가장 길게 나타났기 때문에 필요로 하는 도공액 양도 증가되었기 때문이다.

Fig. 4는 효소처리를 하지 않은 blank와 각각의 효소처리를 한 원지에 대한 도공지의 거칠음도 결과를 나타내고 있다. 효소처리를 하지 않은 blank는 2.01 ㎛로 나타났고 효소처리를 한 원지에 대한 도공지 Xylanase은 1.95 ㎛, β-Glucosidase와 3은 1.91 ㎛ 그리고 β-Glucuronidase는 1.88 ㎛로 나타났다. 이 결과에 의하면 효소처리를 한 경우의 시료들이 효소처리를 하지 않은 blank에 비해 다소 좋게 나타났다. 또한 도공액을 가장 많이 필요로 했던 β-Glucuronidase번은 다른 시료에 비하여 좋은 결과를 나타내고 있는데, 이것 또한 요구되어진 도공액의 량이 증가하여 도공지 표면의 특성 변화에 영향을 준 것으로 생각된다.

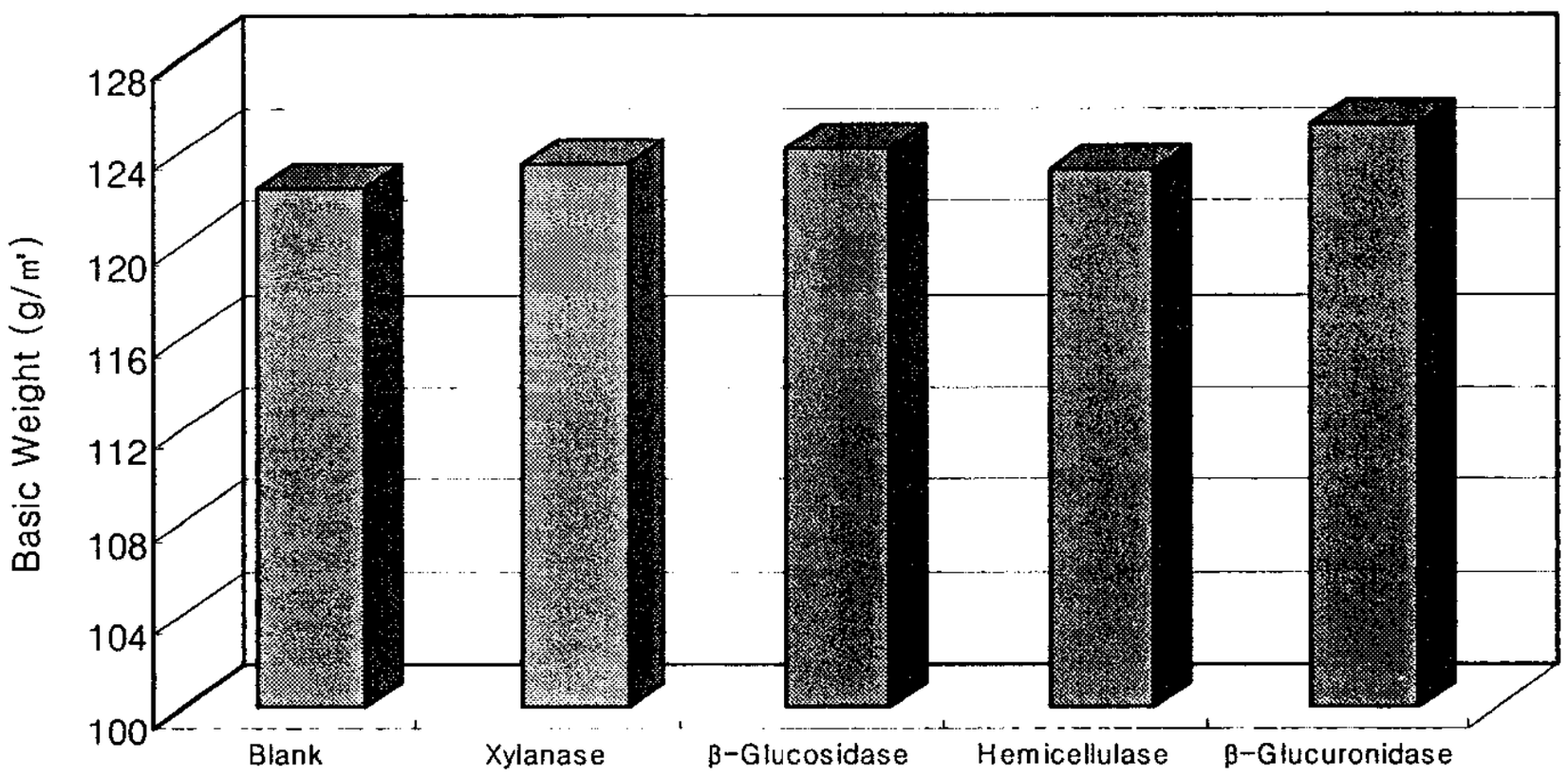

Fig. 3. Basic weight of coated papers.

Fig. 5는 Bekk-smoothness 시험기에 의한 평활도를 나타내고 있다. 평활도는 β-Glucosidase가 40.11 ml/sec로 가장 좋은 결과를 보여 주고 있다. 그 이유는 섬유 특성 중 무게분포 섬유장이 1.14mm, 개수섬유 분포장이 0.62mm로 가장 짧은 섬유장 분포를 나타내고 있어 원지의 bulk도가 높아지고 회분함량이 좋아지며 투기도 또한 적게 나타

났기 때문에 도공지 제작에 사용된 도공액 사용량이 다른 시료들에 비하여 비교적 적게 사용되면서도 표면 위에 존재하는 도공액 량이 많아서 표면 특성이 평활하게 나타난 것으로 생각되어진다. Xylanase, Hemicellulase 및 β-Glucuronidase는 각각 35.36 ml/sec, 34.56 ml/sec, 33.78 ml/sec로 미세섬유의 함량은 적고 섬유가 장섬유이기 때문에 효소처리를 하지 않아 미세섬유의 함량이 상대적으로 많은 blank 37.78 ml/sec보다도 낮은 평활도 값을 나타내고 있다.

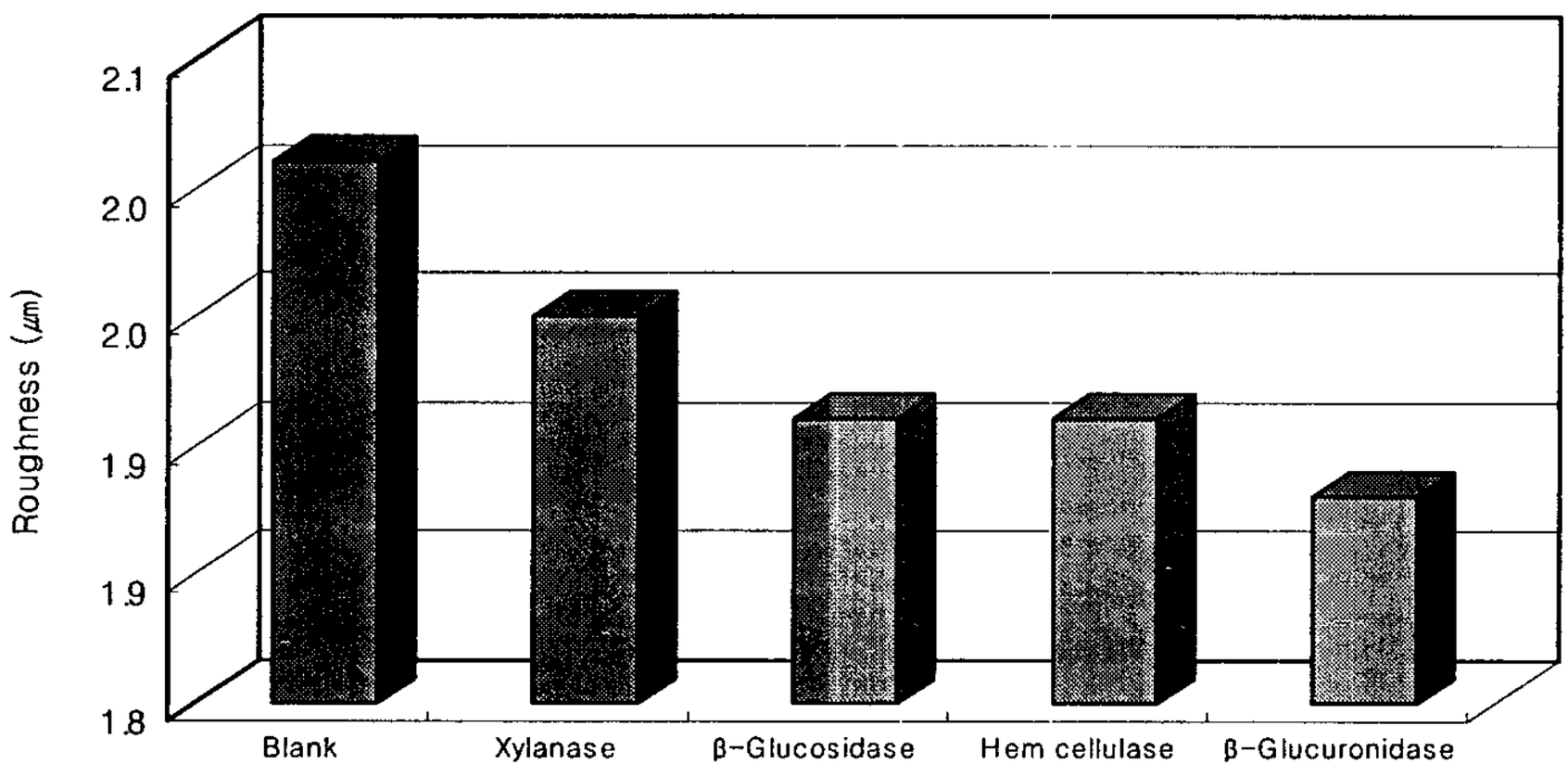

Fig. 4. Roughness of coated papers.

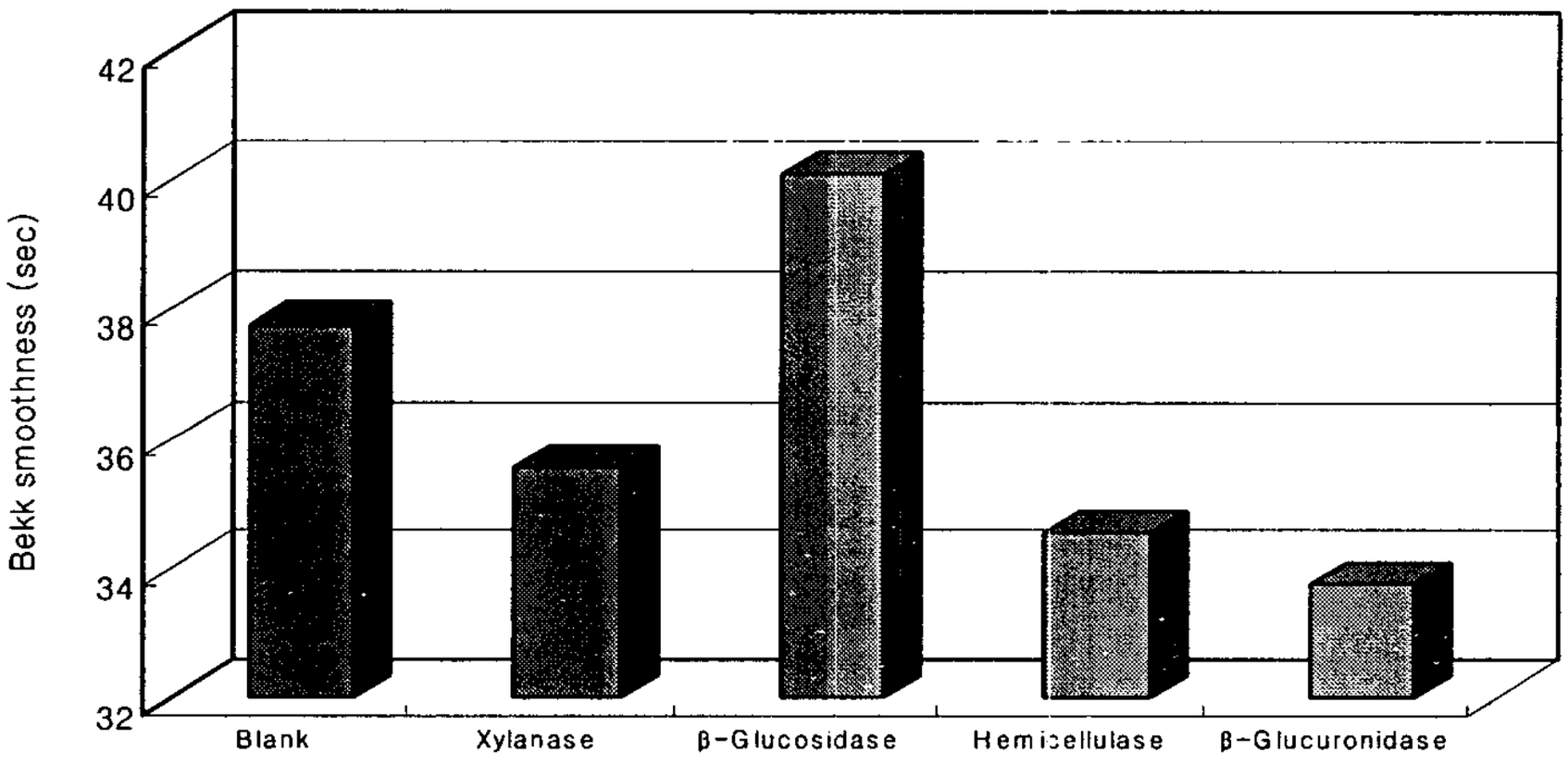

Fig. 5. Bekk-smoothness of coated papers.

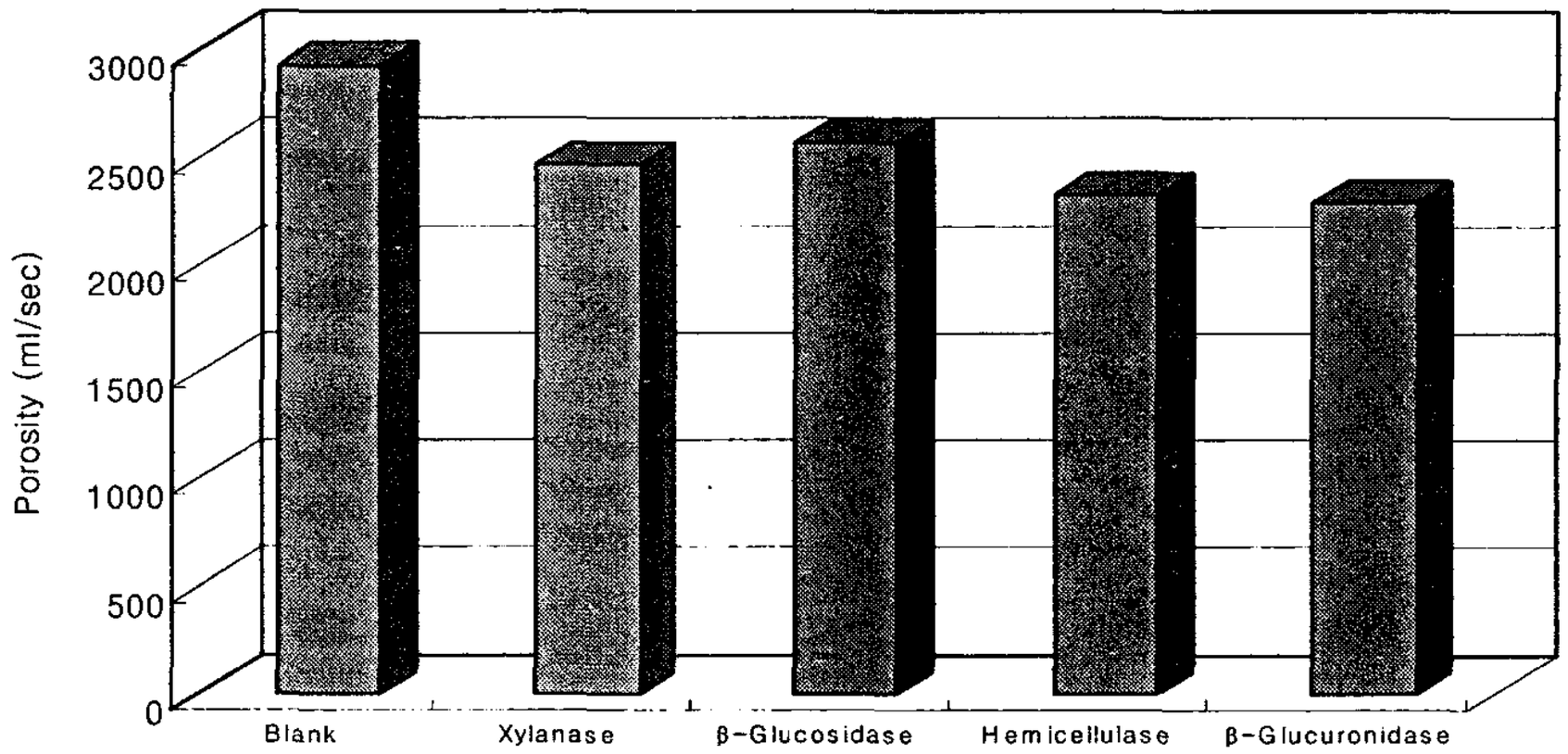

Fig. 6. Porosity of coated papers.

Fig. 6은 효소처리를 하지 않은 blank와 각각의 효소처리를 한 원지에 대한 도공지의 투기도 결과를 나타내고 있다. 투기도는 효소 처리를 하지 않은 blank에서 가장 높은 값을 나타낸 것으로 2,931.67 ml/sec 이었다. 일반적으로 투기도는 원지의 물성 중 섬유장 길이와 회분함량에 영향을 많이 받는 것으로 효소처리를 하지 않아 미세섬유가 많이 존재하기 때문에 효소에 의해 처리된 섬유보다도 더 높은 회분함량을 가져 투기도가 가장 높게 나타난 것으로 판단된다. 실제 공극의 모양이나 형태 및 분포는 정확히 설명할 수 없지만 원지의 투기도 형성과 비례적으로 도공지의 투기도 또한 높아진 것으로 판단되어진다. 다음으로는 β-Glucosidase가 2,568.56 ml/sec로 높게 나타났으며 Xylanase이 2,468.67, Hemicellulase이 2,323.22 ml/sec, β-Glucuronidase가 2,290.22의 순으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서 효소처리를 하지 않은 섬유를 사용한 원지와 서로 다른 4가지 효소처리를 한 원지를 사용하여 제작한 도공지 물성에 관하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 도공지 광택에 관하여 비교해 본 결과 효소 처리를 하지 않은 원지를 사용한 경우보다 효소처리를 한 원지를 사용한 경우가 평균 5.7% 높게 나타난 것을 알 수 있었다.
2. 백색도에 있어서도 효소처리를 한 경우의 원지를 사용한 도공지가 0.12% 높게 나타

났지만 비슷한 경향을 보여 주었고 도공지의 백색도는 효소처리에 영향을 받는 것이 아니라 도공액 특성에 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

3. 거칠음도 결과에서도 효소처리를 한 원지를 사용한 도공지가 좋은 결과를 보여주고 있지만 평활도에서는 β-Glucosidase를 제외한 나머지 시료들에서는 미세 섬유의 함량의 영향에 의하여 상대적으로 낮은 결과를 보였다.
4. 투기도의 경우는 효소처리를 하지 않은 원지를 사용한 도공지에서 2,931.67 ml/sec로 높은 결과를 보였다.

본 연구에서 얻어진 결과는 효소에 의한 섬유 내·외부 개질 변화가 종이의 여러 가지 물성에 많은 영향을 주는 것을 알 수 있었으며, 도공지의 물성에도 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 또한 4가지 효소 중에서 상대적으로 모든 물성에서 좋은 결과를 보여주는 효소는 β-Glucuronidase로 나타났다.

참 고 문 헌

1) Xingsheng, Q., "A mechanistic model for predicting pulp properties from refining operating conditions", TAPPI 78(4) : 215~222 (1995).
2) Kure, K. A. and Dahlquvist, G., "Development of Structural fiber properties in high intensity refining", *Pulp & Paper J.* Canada **99(7)** : 59~63 (1998).
3) Casey, J. P., "Pulp and Paper, Chemistry and chemical technology", **Vol. 3**, pp. 826~865 (1981).
4) Clark, J. A., "Pulp Technology and Treatment for Paper" (1962).
5) Jackson, L. S., Heitmann Jr, J. A. and Joyce, T. W., TAPPI **76(3)** : 147 (1993).
6) Morgan, B. R., *Pulp nad Paper J.* **Vol. 9.** pp. 119~121 (1996).
7) Bajpai, P., Bajpai, P. K. and Kondo, R., "Biotechnology for environmental protection in the pulp and paper industry", Springer-verlag Berlin Heidelberg, pp. 1~11 (1999).
8) Park, S. B., Youn, K. D., Youn, B. T. and Eom, T. *J., Korea TAPPI* **37(1)** : 47~52 (2005).