

폐 신문의 효소 가수분해율에 미치는 비이온 계면활성제의 영향

전진원, 김현주, 김성배
경상대학교 응용화학공학부

Effect of Nonionic Surfactant on Enzymatic Digestibility of Used Newspaper

Jin-Won Chun, Hyun-Joo Kim, Sung Bae Kim
Division of Applied Chemical Engineering, Gyeongsang National University

서론

화석에너지 고갈 및 에너지 파동 등 위기 상황에 대비한 에너지원의 다양화가 시급해 짐으로서 최근 대체에너지에 대한 관심이 확대되고 있다. 그 중에서도 재생이 가능하며 넓은 지역으로 분포되어 있는 바이오매스(biomass)가 주목받고 있다. 이로부터 생산되는 연료용 에탄올은 청정에너지로서 환경보전에 기여하고, 미래 에너지원의 확보라는 점에서 그 필요성이 강조되고 있다.[1] 현재 바이오 에너지 자원으로 고려되고 있는 기질은 corn stover/cobs, yellow poplar, sugarcane bagasse, straws, switch grass, 폐나무 조각 그리고 폐지 등이 있는데 국내에서는 폐지를 제외한 어떤 것도 에너지 자원화 할만큼 충분하지 않은 것으로 알려져 있다.

이 중 특히 신문지는 이미 기계적, 화학적 전처리를 거친 상태로서 기존의 목질계와 같은 고온·고압 조건의 강력한 전처리 과정을 요구하지 않는다. 그러므로 기존의 목질계와 같은 전처리 방법으로는 효소 당화율을 상승시키는 것은 어렵다. 따라서 문 등[2]은 신문의 효소 가수분해율을 증가시키기 위해서는 신문지 표면을 덮고 있는 잉크의 효과적인 제거가 가장 중요하다고 하였다. 이에 따라 알칼리 과산화물을 사용하여 신문지를 전처리했을 경우 기질의 팽윤과 잉크의 제거율이 높아 효소 당화율이 높아진다고 보고하였다. 이러한 전처리 과정에서 효과적으로 잉크가 제거되면 가수분해 과정에서 효소와 기질이 좀 더 쉽게 접촉할 수 있는 환경이 조성되는데 성분의 80%가 광유로 이루어진 신문잉크는 계면활성제가 첨가되므로 기질로부터 더 쉽게 잉크가 분리되어 질 수 있다. 또 섬유질의 효소 가수분해에 있어 계면활성제를 첨가하는 경우 이는 효소를 안정화시키고, 효소의 불활성화를 막아주는 역할을 하여 당화율을 높이는 효과가 있다.[3-5]

따라서 본 실험에서는 계면활성제를 가수분해 이전 단계인 전처리 과정에서 암모니아와 과산화수소 수용액과 함께 첨가하여 잉크의 제거에 있어 비이온 계면활성제가 얼마나 효과가 있는지 알아보고, 동시에 효소 가수분해에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

실험 재료 및 방법

1. 시료 및 분석

시료는 신경남 일보, 매일 경제 등을 혼합하여 5×5mm의 크기로 잘라 사용하였다. 시료의 성분은 NREL Standard Procedure #001~#003, #005에 따라 결정했으며, 당분석은 HPLC로 분석하였다. 초기 시료의 조성은 셀룰로오스 56.2%, 헤미셀룰로오스 13.9%, 리그닌 15.0%, ash 7.4%였다.

2. 전처리

전처리는 500mL 반응용기에 기질 5g과 전처리 용액을 함께 넣어주어 실시하였다. 전처리 용액으로는 4%암모니아-2%과산화수소 수용액을 사용하였고, 여기에 비이온 계면활성제인 Tween 80과 NP-20을 각각 농도를 달리하여 잉크제거에 효과가 있는지 알아보았다. 반응 조건은 40℃, 3시간, 130 stroke이었고, 진탕항온수조를 이용하였다.

3. 효소가수분해

효소는 상업용 cellulase와 β -glucosidase(Novo Nordic, Bagvaerd Denmark)를 사용하였다. 효소를 이용하여 섬유소를 가수분해시키는 당화 반응은 NREL #009에 따라서 시행하였다. 가수분해 용액은 250mL의 플라스크에 25mL sodium citrate buffer(0.05M, pH 4.8), 0.5g cellulose, 0.4mL cellulase(60IFPU/g cellulose), 0.1mL β -glucosidase, 그리고 증류수를 포함하여 전체 부피를 50mL로 하였다. 가수분해는 진탕항온수조에서 50℃, 90 stroke의 조건으로 총 72시간 동안 실시하였고, 매 24시간마다 시료를 채취하여 HPLC로 glucose 함량을 분석하였다.

결과 및 토론

1. 전처리 시간에 따른 영향

전처리 시간이 길면 길수록 효소 가수분해율은 증가하지만, 에너지 손실 측면에서 무한정 늘릴 수는 없다. 따라서 가수분해율을 비교하여 적절한 시간을 결정하였다. 전처리 시간이 증가함에 따라 기질의 형태는 슬러지화 되었고, 반응 용기 주변에 생긴 잉크 띠도 두꺼워 졌으며, 기질의 색깔도 옅은 회색으로 되었다. 효소 가수분해 시 전처리를 하지 않은 기질(untreated)을 함께 가수분해하여 전처리를 한 기질이 당화율을 높이는데 있어서 얼마나 효과적인지 비교하였다. 전처리 하지 않은 기질(untreated)이란 전처리 수용액에 의한 기질의 팽윤과 잉크 제거 효과가 없는 것으로 효소 가수분해율이 낮게 나오는 것을 말한다. Fig.1에서 나타난 효소 가수분해율의 결과를 보면 전처리를 하지 않은 기질의 효소가수분해 결과에 비해 3시간 전처리를 했을 때가 90%에 가까운 가장 좋은 결과를 보였고, 적어도 2시간 이상 가수분해를 해야 높은 당화율을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다.

2. 전처리 stroke에 따른 영향

진탕항온수조를 이용하여 전처리를 실시하게 되면 알칼리 용액에 의해 기질로부터 떨어져 나온 잉크 성분이 반응 용기의 상층부로 이동되는 것을 알 수 있다. 따라서 진탕항온수조의 stroke에 따라 얼마나 잉크가 분리되는지 알아보았다. 전처리 용액은 4% 암모니아-2% 과산화수소 수용액을 사용하였고, stroke는 100, 130, 150 순으로 실시하였다. 전처리를 하고 난 결과 stroke가 증가할수록 반응 용기의 상층부에 형성되는 잉크 띠가 선명해지는 것을 볼 수 있었고, 기질의 형태 역시 100 stroke일 때는 어느 정도 처음의 형태를 유지하고 있으나, 130, 150 stroke일 때는 거의 형태를 알아볼 수 없을 정도로 슬러지화 되었다. Fig 2에 나타난 효소 가수분해율의 결과를 보면 stroke가 빨라질수록 가수분해율이 좋은 것을 알 수 있지만, stroke가 커질수록 차이는 줄었고, 150 stroke일 때와 130 stroke일 때의 당화율은 큰 차이를 보이지 않았다.

3. 계면활성제의 첨가에 따른 영향

4% 암모니아-2% 과산화수소 수용액에 비이온 계면활성제 Tween 80 0.1%, 0.5%과 NP-20 0.1%을 각각 넣어 3시간, 130 stroke에서 전처리를 실시하였다. 전처리 결과 기질

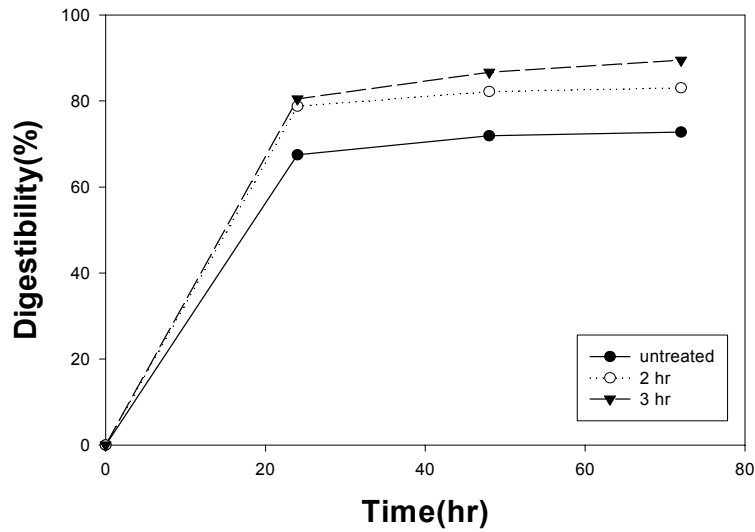


Figure 1. Effect of reaction time on enzymatic digestibility of ammonia-hydrogen peroxide treatment

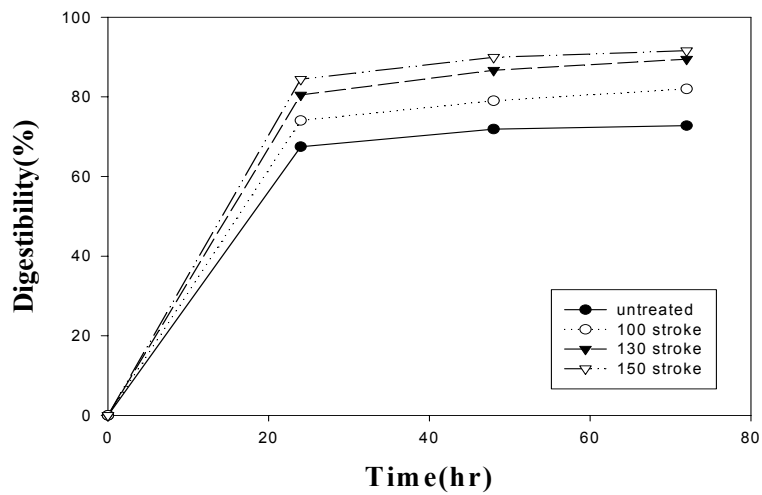


Figure 2. Effect of shake speed on enzymatic digestibility on ammonia-hydrogen peroxide treatment

은 모두 처음의 형태를 찾아 볼 수 없었고, 기질로부터 떨어져 나온 잉크는 계면활성제의 영향으로 띠 모양으로 분리되지 않았다. Fig 3의 결과를 보면, NP-20을 넣은 것은 효소

가수분해율이 95%로 계면활성제를 넣지 않은 것(no surfactant)보다 약간 높은 결과를 보였다. 그러나 Tween 80을 넣은 것은 0.1, 0.5% 모두 계면활성제를 넣지 않은 것(no surfactant)보다 낮은 당화율을 보였다. 이것은 같은 비이온 계면활성제를 사용하였지만 효소가수분해 후 얻은 당화율은 다른 경향을 나타내고 있어 좀 더 많은 연구가 필요한 것으로 생각된다.

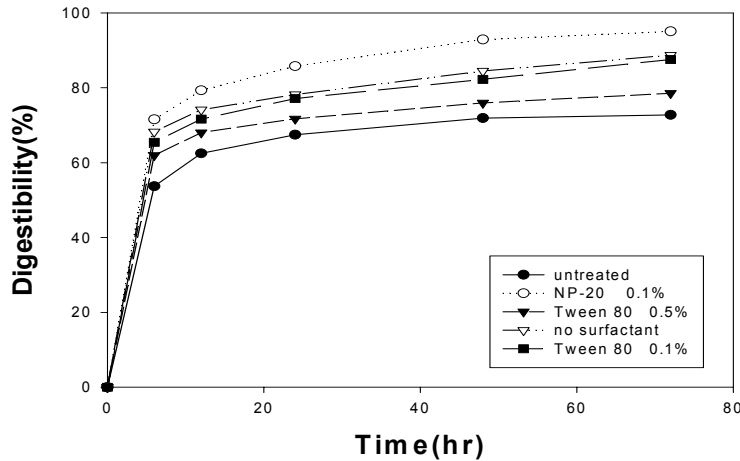


Figure 3. Effect of nonionic surfactant on enzymatic digestibility on alkaline peroxide treatment

참고문헌

1. Son, M. I. and Kim, T. O., *Korean J. of Biotechnol. Bioeng.*, Vol. 13(1), 38-43(1998)
2. Moon, N. K. and Kim, S. B., *Korean J. of Biotechnol. Bioeng.*, 16(5), 446-451(2001)
3. Torny Erikson, et. al., *Enzyme and Microbial Technol.*, Vol. 30, 353-364(2002)
4. Steve S. Helle, et. al., *Biotechnol. Bioeng.*, Vol. 42, 611-617(1993)
5. Sheldon J.B. Duff, et. al., *Biotechnol. Bioeng.*, Vol. 45, 239-244(1995)