

## 폐지 슬러지를 이용한 혐기성 메탄발효 특성 분석

조건형<sup>1</sup>, 김종곤<sup>1</sup>, 정효기<sup>1</sup>, 김성준<sup>2</sup>, 김시욱<sup>3</sup>

조선대학교 생물신소재학과<sup>1</sup>, 전남대학교 환경공학과<sup>2</sup>, 조선대학교 환경공학부<sup>3</sup>

전화 (062) 230-6649, Fax (062) 225-6040

### Abstract

This study was carried out to investigate the possibility for reuse of solid organic wastes such as saccharified newspapers and boxes by two-phase anaerobic fermentation system. When 15g of newspaper and box wastes were digested for 24 days by batch fermentation, tCOD removal rate were found to be 60.9 and 62.4%, respectively. During this period, the amounts of biogas produced were 6.95 and 6.43L. The removal efficiencies of total solid were 34.8 and 33.4%, and those of volatile solid were 40.0 and 39.2%, respectively. That pH was around 7.5 after 20-days operation means methane fermentation is well advanced. In case of semicontinuous reaction, tCOD removal efficiencies of newspaper and box wastes were 64.7 and 65.0%, respectively for 14-days operation. It has been shown that each of the average biogas amounts produced after 25 days operation (stabilization stage for methane fermentation) was 0.31 and 0.30L/g dry wt./day, respectively, and each methane contents was 57.3 and 56.2%, respectively. After the reaction continued for 25 days, pHs in the anaerobic acidogenic and methanogenic fermenters were shown to be 5.0 and 7.5, respectively.

### 서론

급격한 에너지수요의 증대와 에너지 자원의 고갈, 환경오염 등의 문제들이 대두되면서, 고농도 유기성 폐기물을 대체에너지원으로 이용하고자 하는 연구들이 활발히 진행되고 있다. 고농도 유기성 폐기물의 생물학적 처리과정 중 혐기성 처리방법은 처리시간이 오래 걸린다는 단점이 있지만 대체에너지원으로 각광받는 메탄가스로의 전환, 고농도의 유기 화합물을 분해할 수 있다는 점에서 다른 물리·화학적 처리에 비해 에너지 재활용이라는 면을 고려할 때 상당히 효율적인 처리공정이라고 할 수 있다<sup>1)</sup>. 음식물 쓰레기의 재활용에 관한 연구가 활발히 진행되는 것에 비하여, 폐 신문지나 종이박스과 같은 폐지에 관한 연구는 그리 활발하지는 않은 실정이다. 본 연구에서는 폐 신문지, 종이박스과 같은 폐지를 재활용하기 위해 효소학적 당화과정을 거

쳐 유용물질을 얻어낸 후<sup>2)</sup> 남은 잔류 폐지 슬러지를 2상 혐기성 메탄 발효조를 이용하여 메탄으로 전환할 수 있는지의 가능성에 대하여 알아보았다.

### 재료 및 방법

본 실험에 사용된 유기성 폐기물은 당화 후 남은 폐지 슬러지 20g을 물 1ℓ에 혼합 후 사용하였다. 실험에 사용된 접종액으로는, 현재 본 연구실에서 운전 중인 3단계 메탄발효공정 가운데 산 발효조내의 산 발효액과 메탄 발효조 내의 메탄 발효액을 사용하였다. 실험에 사용된 반응조는 총 용적이 5ℓ이고 유효용적이 3ℓ인 삼각 플라스크를 사용하여 발효를 수행하였다. 반응조의 온도는 항온기를 이용하여 조절하였으며, 산 발효조와 메탄 발효조의 운전온도는 각각 35℃와 50℃로 운전하였다. 산 발효조의 접종액과 메탄 발효조의 접종액은 본 연구실에서 운전중인 메탄 발효시스템의 발효액을 사용하였으며, 메탄 발효액은 메탄생산세균을 포함하고 있다. 회분식 실험의 경우 유기성 폐기물, 산 발효액, 메탄 발효액을 1:1:2로 혼합하여 수행하였다. 반 연속식 실험은 산 발효 후 생산된 발효액을 정량펌프를 이용하여 메탄 발효조로 주입하였고 체류시간은 산 발효조에서 2일, 메탄 발효조에서 12일로 운전하였다. 실험이 진행되는 동안 유기성 폐기물의 pH, 가스 발생량 및 tCOD를 측정하였다. 각각의 실험방법은 pH의 경우 pH meter로, COD는 Cr법으로, 메탄함량은 가스크로마토그래피(TCD), 가스 발생량은 가스유량계를 이용하여 측정하였다.

### 결 과

유기성 폐기물의 회분식 실험중 초기 pH는 약 6.7정도였지만, 서서히 안정화되면서 약 7.8정도로 일정하게 유지되었다. 반 연속식의 경우 산 발효조에 주입되기 전의 유기성 폐기물의 평균 pH는 5.5 정도였으나 산 발효조내에 주입되어 산발효가 진행됨에 따라 중반부에는 약 pH 5.0을 유지하였다. 한편 메탄 발효조의 경우 발효가 진행됨에 따라 메탄 발효조 내에서 평균 pH가 약 7.5로 상승하였음이 관찰되어 메탄발효가 적절히 진행중인 것이 확인되었다.

Fig. 1은 실험기간 중 혐기성 메탄 발효조 내에서 발생하는 바이오 가스량을 나타낸 것이다. Fig. 1(a)에는 회분식 실험기간 중 발생된 가스 축적량을 나타내었다. 반응 초기에 발생된 가스는 반응 접종액에 포함되어 있던 음식 폐기물내의 유기성분이 메탄발효를 거치면서 메탄으로 전환된 것으로 사료되며, 이후 약 5-7일 동안에는 메탄의 발생이 없었다. 이것은 신문지와 박스용지의 주성분이 셀룰로오스로 되어 있기 때문에 먼저 셀룰로오스를 당으로 분해하는데 시간이 소요되기 때문인 것으로 사료되며 안정화 단계를 지나면서 점차 바이오 가스량이 증가하다가 20일 이후에는 발생되

는 바이오 가스량이 거의 없었다.

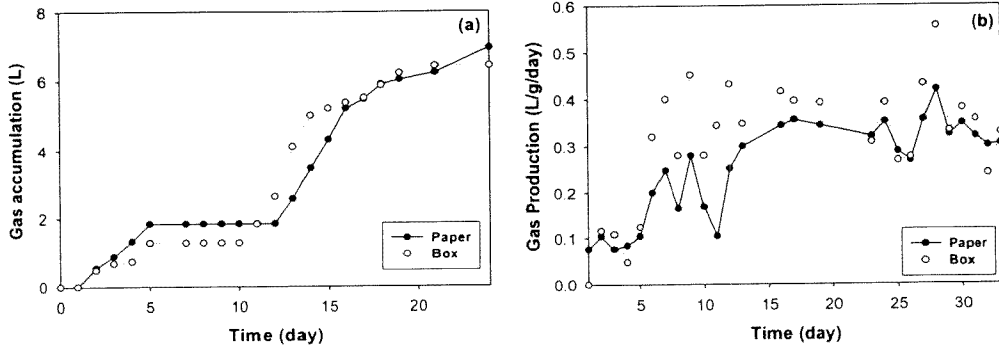


Fig. 1. (a) Accumulation of biogas through anaerobic methane fermentation by batch reactor. (b) Changes of one-day biogas production through anaerobic methane fermentation in the semi-continuous methane fermentation system.

Fig. 1(b)는 반 연속식 실험기간 중 발생된 바이오 가스량을 나타낸 것이다. 반응이 진행됨에 따라 발생하는 가스량은 점차적으로 증가하였고 안정화가 되었다고 판단되는 25일째 이후에는 신문지와 종이박스에서 생산되는 바이오 가스량은 각각 0.31L/day, 0.30L/day로 나타났다. 발생된 바이오 가스 중 메탄 함량은 신문지와 종이 박스가 각각 57.3, 56.2%로 나타났다.

Fig. 2는 혐기성 메탄발효조에서 회분식으로 유기성 폐기물을 처리할 때의 tCOD 변화를 나타낸 것이다.

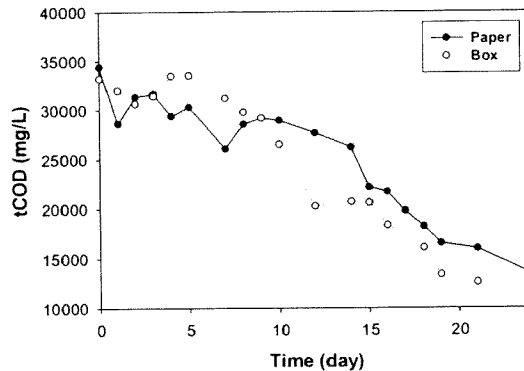


Fig. 2. tCOD changes in the anaerobic methane fermenter by batch reaction.

초기 35,000 mg/L 정도를 유지하던 tCOD가 25일후에는 약 14,000 mg/L 까지 감소하여 약 60%의 제거율을 보였다. 반연속식 반응에 의한 산 발효조와 메탄 발효조의 tCOD 농도의 변화는 산 발효조에서 평균 28,000 mg/L의 tCOD농도를 가진 신문지와

종이박스가 메탄 발효조에서의 12일간의 체류시간을 거치는 동안 tCOD 9,500 mg/L의 농도로 감소하여 약 66%의 제거효율을 보였다. 신문지와 종이박스의 tCOD 제거율을 거의 유사하였다.

이상의 결과에서 나타나 있는 바와 같이 신문지 및 종이박스 등 셀룰로오스가 주 성분을 이루는 유기성 폐기물의 경우 본 연구실에서 운전중인 메탄발효 시스템을 통하여 처리한 결과 tCOD의 감소와 바이오 가스가 생산되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, 음식물 쓰레기의 처리와 비교하였을 때 음식물 쓰레기보다는 낮은 tCOD 제거율과 바이오 가스 생산량을 보이기 때문에 현 운전조건보다 더 긴 체류시간이 요구되었다. 또한 발생된 메탄가스를 이용하는 측면에서는 신문지 및 종이박스 만을 처리 할 경우 메탄가스 발생량이 적기 때문에 음식물과 같은 다른 유기성 폐기물과 혼합하여 처리하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

#### 요 약

본 연구는 당화 후 잔류하는 폐지 슬러지를 이용하여 메탄으로 전환시킬 수 있는 가능성에 대하여 연구하였다. 회분식 반응에서 초기 건조중량 15g의 신문지와 종이박스 폐지를 주입하였을 때 24일후 tCOD 제거율은 각각 60.9와 62.4%를 나타내었고 생산된 바이오 가스량은 각각 6.95와 6.43L 이었다. 총 고형물(TS)의 변화는 신문지와 종이박스가 각각 34.8와 33.4% 정도 감소함을 알 수 있었고, 휘발성 고형물(VS)의 변화는 신문지와 종이박스가 각각 40와 39.2% 정도 감소함을 알 수 있었다.

pH는 20일 이후부터 7.5로 일정하게 유지되어 메탄발효가 적절히 진행되는 것으로 확인되었다. 반 연속식 실험의 경우 산 발효조에서 2일, 메탄발효조에서 12일간 체류하면서 신문지와 종이박스의 tCOD 제거 효율은 각각 64.7과 65.0%를 나타냈다. 각각의 일일 바이오가스 생산량은 g당 0.31과 0.30L로 나타났으며 바이오가스 중 메탄함량은 57.3과 56.2%로 나타났다. 공정의 안정화가 이루어졌다고 판단되는 25일 이후의 pH는 혐기성 산발효조와 메탄 발효조에서 각각 5.0과 7.5로 일정하게 나타났다.

#### 참고문헌

1. H. S. SHIN, S. K. HAN, Y. C. SONG and C. Y. LEE, Performance of UASB reactor treating leachate from acidogenic fermenter in the two-phase anaerobic digestion of food waste. 2001. *Wat. Res.* 35(14), 3441-3447
2. HASSAN K. SREENATH, ANA B. MOLDES, RICHARD G. KOEGEL, AND RICHARD J. STRAUB, Lactic acid production by simultaneous saccharification and fermentation of Alfalfa Fiber. 2001. *Journal of bioscience and Bioengineering.* 92(6), 518-523