

## PF11) 음식물찌꺼기 고온산발효산물과 하수슬러지의 혼합처리

장성호\*, 안철우<sup>1</sup>, 박진식<sup>2</sup>, 문추연<sup>2</sup>

부산대학교 지역환경시스템전공, <sup>1</sup>국립공원관리공단 오대산사무소, <sup>2</sup>경운대학교 보건환경학전공

### 1. 서 론

음식물찌꺼기의 금지제도 시행 전의 2004년말을 기준으로 국내 음식물찌꺼기의 발생량은 약 11,424톤/일로 쓰레기 종량제 시행 첫해인 1995년의 발생량 15,075톤/일에 비해서 24%가 감소하였으나 2001년을 기점으로 다시 증가추세에 있으며, 2005년의 직매립금지제도 시행으로 음식물찌꺼기 분리수거 확대·강화 및 음식물과 혼합된 쓰레기의 매립장반입이 금지됨에 따라 일부지역에서는 증가하였고, 주5일근무의 확대에 따른 여가활동의 증가 등 요인으로 앞으로도 당분간 증가추세는 계속될 전망이다. 음식물쓰레기의 처리현황은 200년 현재 발생량 11,424톤/일 중 재활용 10,015톤/일(87.7%), 소각 404톤/일(3.5%) 그리고 매립 1,005톤/일(8.8%)로 나타났다.

한편 음식물찌꺼기의 처리기술로서 현재까지 가장 보편화된 기술은 발효 및 건조를 통한 음식물찌꺼기의 사료화 및 퇴비화 기술이다. 그러나 음식물찌꺼기를 이용한 사료의 경우 음식물찌꺼기내 이물질과 사료로서 가치문제 등으로 크게 보급되지 못하고 있으며, 퇴비의 경우 역시 음식물찌꺼기내의 높은 염분농도(약 3%)와 생산된 퇴비물질의 보급 등이 원활하지 못해 이 방법 또한 크게 보급되지 못하고 있는 것이 현실이다. 이러한 이유 등으로 인해 최근에는 음식물찌꺼기를 하수처리장에서 병합처리 하는데 대해 크게 관심이 높아지고 있다.

이에 본 연구에서는 가수분해 및 고온산발효를 거친 산발효산물과 하수슬러지의 혼합소화를 위한 적정 혼합비를 도출을 위하여 음식물찌꺼기 고온 산발효산물과 하수슬러지의 생분해 특성과 적정혼합비에 대한 기초자료를 얻고자 하였다.

### 2. 실험재료 및 방법

본 실험에 사용된 음식물쓰레기는 B시에 소재한 D대학교내 구내식당의 음식물쓰레기 수집통에서 국물성의 수분이 충분히 제거된 것을 채취하였으며, 채취된 음식물쓰레기는 생선뼈와 같은 불순물을 제거한 후, 음식물쓰레기의 원활한 분쇄와 상대적으로 높은 염분농도로 인한 영향을 사전에 제거하기 위하여 물과 1:1로 섞어서 가정용 믹서로 파쇄하였다.

본 실험에서는 혐기성 회분식 반응조를 이용하여 음식물찌꺼기 고온 산발효액과 하수슬러지의 혼합소화에 대한 생분해도의 특성을 조사하기 위하여 고온 산발효액과 부산시 J하수처리장의 농축조에서 채취한 슬러지를 실험에 사용하였다. 식중슬러지의 식중 비율은 음식물찌꺼기와 하수슬러지의 혼합처리에서 적정 식중비로 제시한 40%를 본 실험에 적용하

였다. 음식물찌꺼기 고온 산발효액과 하수슬러지의 혼합비는 부피비로 하여 10:0, 7:3, 5:5, 3:7, 0:10으로 변화시켜 실험을 수행하였다. 시료와 식종액이 투입된 반응조에 산소에 의한 영향이 없도록 질소가스로 치환한 후 반응조를 밀폐하였으며, 반응조의 온도는 실제 하수처리장의 혐기성 소화조에서 이용하고 있는 중온성 소화온도인  $35\pm 1^\circ\text{C}$ 를 유지하면서 70rpm으로 교반하였다.

그리고 음식물찌꺼기를 고온 산발효한 시료와 단지 분쇄 및 알카리 첨부만 이루어진 음식물찌꺼기 시료의 생분해도 특성을 비교하기 위하여 음식물찌꺼기와 하수슬러지를 각각 5:5로 혼합한 대조구를 별도로 음식물찌꺼기 고온 산발효액과 하수슬러지의 혼합소화와 동일한 조건에서 실험을 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 화학적인자의 변화

혐기성 처리공정에 있어서 반응이 최적인 환경조건으로 운전이 진행되고 있는 가를 파악하기 위해서는 화학적 인자를 측정하여 그 변화상태를 파악하고 조정하는 것이 필요하다. Table 1은 음식물찌꺼기 고온 산발효액과 하수슬러지의 혼합비에 따른 소화조내 pH, 알칼리도 및 VFA에 대한 결과를 제시하였다.

Table 1. Summary of chemical factors during operation

Run. number	Mixture* ratio	pH	VFA (mg/L)	Alkalinity (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	VFA/Alkalinity
R-1	10 : 0	6.08~7.08	6,280 ~ 11,080	1,120 ~ 2,540	2.47 ~ 9.89
R-2	7 : 3	6.47~7.45	2,260 ~ 7,480	1,320 ~ 3,310	0.68 ~ 5.67
R-3	5 : 5	6.66~7.43	630 ~ 5,313	1,560 ~ 3,020	0.21 ~ 3.41
R-4	3 : 7	6.80~7.37	520 ~ 3,339	1,350 ~ 2,640	0.20 ~ 2.47
R-5	0 : 10	6.68~7.25	310 ~ 1,062	670 ~ 1,830	0.17 ~ 1.52
R-6	5 : 5**	6.40~7.40	460 ~ 2,530	1,290 ~ 2,354	0.23 ~ 1.96

\* ; Mixture ratio = fermented food waste : sewage sludge

\*\* ; Mixture ratio = food waste : sewage sludge

음식물찌꺼기 고온 산발효액과 하수슬러지의 혼합비율이 10:0, 0:10인 R-1반응조, R-5반응조, 그리고 음식물찌꺼기와 하수슬러지를 5:5로 혼합한 R-6반응조에서는 반응초기에 실험 시작 후 3~4일까지 pH가 낮아져 가스발생이 원활하지 못하였다. R-1반응조의 경우 음식물찌꺼기 고온 산발효액의 높은 VFA농도로 인하여 자체 완충능력의 부족으로 알칼리도가 증가할 때까지 pH가 낮아진 것으로 판단되었다.

또, R-5반응조와 R-6반응조의 경우 반응초기에 유기물이 가수분해되고, 산생성균이 이러한 가수분해된 유기물을 유기산으로 전환시키면서 발생하는 유기산의 누적으로 인하여 pH가 낮아진 것으로 판단되며, 특히 음식물찌꺼기의 가수분해와 산발효가 반응초기에 이루어진 R-6반응조의 경우 pH의 저하 폭이 큰 것으로 나타났다.

나머지 반응조들은 음식물찌꺼기 고온 산발효시 발생한 유기산들이 반응초기부터 메탄으로 전환됨에 따라 자체 알칼리도의 증가로 인하여 pH의 저하는 거의 이루어지지 않은 것으로 보인다.

운전기간동안 전체 반응조의 pH는 6.08~7.45로 R-1반응조를 제외하고는 메탄생성에 요구되는 pH 범위인 6.4~7.8을 만족하였다.

운전기간동안의 알칼리도의 변화는 pH와 비슷한 경향을 나타내었는데, R-1, R-5, R-6반응조에서 반응초기에 pH가 저하됨에 따라 알칼리도의 저하도 일어났다가 시간이 지나 pH가 상승함에 따라 알칼리도도 점차 증가하였다.

음식물찌꺼기 고온 산발효액과 하수슬러지의 혼합비율 7:3인 R-2반응조에서도 반응초기에 알칼리도가 약간 낮아졌다가 곧 증가하였으며, 음식물찌꺼기와 하수슬러지의 혼합으로 이루어진 R-6반응조의 경우 반응초기 높은 알칼리도를 나타내었는데, 이것은 원활한 가수분해를 위하여 음식물찌꺼기에 투입된 NaOH에 의한 것으로 판단되어 진다.

실험 시작 후 10일 정도 경과하면서 모든 반응조에서 알칼리도가 1,180~3,310mgCaCO<sub>3</sub>/L로 나타나 일반적으로 안정적인 혐기성소화에 필요한 한계 알칼리도로 알려져 있는 1,000~5,000mgCaCO<sub>3</sub>/L의 범위 안에 들었다.

휘발성 유기산(VFAs)의 변화를 살펴보면 pH, 알칼리도와 반대의 경향을 나타내고 있다. 반응초기에 pH, 알칼리도의 저하를 나타내었던 R-1, R-5, R-6반응조에서 실험 시작후 3~5일정도 휘발성 유기산의 농도가 증가하다가 감소하는 현상을 나타내었다.

음식물찌꺼기 고온 산발효액과 하수슬러지를 5:5, 3:7를 혼합한 R-3, R-4반응조의 경우 휘발성 유기산의 농도가 지속적으로 감소하였는데, 이것은 반응초기부터 메탄의 발생이 원활히 이루어지면서 일부 생성되는 유기산의 양보다 메탄으로 전환되는 유기산의 양이 많기 때문인 것으로 판단된다.

#### 4. 요약

본 연구에서는 산발효산물과 하수슬러지의 혼합소화를 위한 적정 혼합비를 도출을 위하여 음식물찌꺼기 고온 산발효산물과 하수슬러지의 생분해 특성과 적정혼합비를 도출하고자 수행한 결과 음식물찌꺼기 고온 산발효액과 하수슬러지를 혼합비별로 회분식 혼합소화 실험을 실시한 결과 혼합비 1:1에서 385ml CH<sub>4</sub>/g VS<sub>added</sub>로 가장 높은 메탄발생량을 나타내었다. 이러한 결과는 음식물찌꺼기와 하수슬러지를 1:1로 동일하게 혼합하여 비교 소화실험을 실시했을 때의 293ml CH<sub>4</sub>/g VS<sub>added</sub>와 비교하여 상대적으로 높은 메탄발생량을 나타내었다.

#### 참 고 문 헌

- 박남배, 1999, 혐기성 소화에 의한 음식물쓰레기와 하수슬러지의 혼합처리, 부경대학교 대학원 박사논문.
- 효성에바라 환경엔지니어링 주식회사, 1998, 하수처리장을 이용한 음식물쓰레기의 병합처리, 폐기물 자원화 학회지, 8(2), 21-27.
- Zoetemeyer, R. J., van den Heuvel, J. C. and Cohen, A., 1982, PH influence on acidogenic

dissimilation of glucose in an anaerobic digester, *Wat. Res.*, 16, 303-311.

Horiuchi, J. I., Shimizu, T., Tada, K., Kanno, T. and Kobayashi, M., 2002, Seletive Production of Organic Acids in Acid reactor by pH Control, *Bioresource Technology*, 82, 209-213.