

# 경기도 발생 음식물쓰레기와 축산폐수 병합 혐기소화기술 개발

< 명지대학교 환경생명공학과 장 덕 진 >

## I. 연구의 목적 및 필요성

한국에서, 음식물쓰레기와 축산폐수는 악취와 온실가스의 방출, 토양과 수계의 오염과 같은 심각한 문제의 원인이 되는 주된 오염원이다. 엄격한 환경 규정을 적용하면 매립, 소각, 호기성 분해와 같은 통상적으로 사용해왔던 처리 방식은 한계가 있다. 혐기소화는 폐기물 관리와 오염의 감축을 동시에 달성하는 재생 가능 에너지 생산의 관점에서 오염물질 처리를 위한 최적의 선택으로 제안되어 왔다. 그러나 실질적인 실용성에 있어서 두 오염물의 개별적 혐기 소화는 효과적이지 못하다. 본 연구에서는 공정의 안정성과 경제적 실행가능성을 개선하기 위하여 음식물쓰레기와 축산폐수의 병합 혐기소화 전략을 개발하였다.

## II. 연구의 내용 및 범위

전형적인 한국의 음식물쓰레기와 축산폐수를 total solid (TS), volatile solid (VS), element analysis, trace metal, biochemical methane potential (BMP) 등의 항목에 대하여 정밀하게 분석하였다. 음식물쓰레기와 축산폐수의 개별적인 혐기소화를 수행하여 음식물쓰레기와 축산폐수의 진보된 혐기소화기술에 대한 기초적인 원리로써 제한인자를 확인·조사 하였고, 그 결과를 이용하여 음식물쓰레기와 축산폐수의 병합 혐기소화를 수행하여 교반속도와 organic loading rate (OLR)등의 운전 조건을 최적화 하였다.

### III. 연구결과

VS와 COD를 근거로 한 축산폐수의 BMP 수치는 각각 음식물쓰레기의 55%, 40%에 머물렀다. 이것은 음식물쓰레기가 에너지 함량을 고려 할 때, 병합 혐기소화를 위한 이상적인 기질임을 나타낸다. 또한 처리되지 않은 축산폐수에서 높은 암모니아 농도가 관찰되었는데(7.2 g/L of TKN, 4.49 g/L of ammonia-N), 고농도의 암모니아는 혐기소화에서 암모니아 저해 작용을 야기할 수 있다. 지질과 염분은 음식물쓰레기에서 또 다른 중요한 구성 물질인데, 이들의 농도가 너무 높게 되면 혐기성소화에 저해 효과를 일으킬 수 있다. 미량원소의 분석결과 한국의 음식물쓰레기는 축산폐수와 비교했을 때, 혐기성 미생물에게 필요한 물질인 cobalt (Co), molybdenum (Mo), nickel (Ni)과 같은 미량 원소 함량이 낮다는 것을 알 수 있었다.

축산폐수의 단독 혐기소화에서 심각한 암모니아 저해가 관찰되었다. 또한 회분식 실험결과 음식물쓰레기에서 추출한 지질의 저해효과가 관찰되었으며, 음식물쓰레기의 회분식 혐기소화는 calcium salts ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaO}$ )를 첨가하여 개선하였는데, 이것은 지질 방해가 감소된 것으로 설명 될 수 있었다. 반 연속식 실험에서 낮은 pH 완충 능력과 지질 저해는 음식물쓰레기의 단독 혐기소화 실패의 원인이었다. 결과적으로 안정적인 연속 운전은 미량원소용액을 공급하는 것과 미량원소가 음식물쓰레기 혐기소화의 지속적인 운전을 지배하는 제한 인자임을 확인하는 것으로 성공에 도달 할 수 있었다.

예비 실험 결과는 음식물쓰레기와 축산폐수의 병합혐기소화의 경제적 실행 가능성이 메탄 생산성으로 보았을 때  $0.26 \pm 0.02$ 에서  $2.26 \pm 0.12$  L/(L·day)로 두드러지게 증가했음을 보여주었으며, 음식물쓰레기와 축산폐수의 병합 혐기소화에서 상보적인 효과가 관찰되었다. 즉, pH 완충능력이 증가하였고, 병합 혐기소화와 음식물 쓰레기, 축산폐수 각각의 단독혐기소화를 비교 했을 때, 암모니아 저해가 감소함을 알 수 있었다. 축산폐수의 함유율이 높은 혼합 기질은 시스템을 안정하게 만들 수 있었으며, 높은 OLR과 양질의 biogas를 얻을 수 있게 하였다. 음식물쓰레기의 단독 혐기소화와 비교 하면, 개선된 운전과 안정성으로 미루어 보아 축산폐수로부터 미량영양소가 공급되는 것이 거의 확실하다고 판단 할 수 있었다.

음식물쓰레기를 첨가하는 것으로 메탄의 생산성이  $0.26 \pm 0.02$ 에서  $2.26 \pm 0.12$  L/(L·day)로 증가 하였다. 이는 병합 혐기소화 경제적 유용성이 크게 개선되었다는 것을 나타낸다. 그렇지만, 음식물쓰레기의 함량을 50%이상으로 더 증가시킬 경우 biogas 생산 면에서 공정의 효율을 감소시켰다. 음식물쓰레기와 축산폐수 병합 혐기소화의 부수적인 효과로 완충력이 증가한 것을 볼 수 있었고, 단독혐기소화와 비교하여 암모니아 방해가 월등히

완화된 것을 확인하였다. 또한 혼합기질 내 축산폐수 함량을 높게 하는 것으로 시스템 안정성과 biogas의 질을 향상시킬 수 있었다.

축산폐수의 함량을 변화시켜 음식물쓰레기와 병합혐기소화를 수행한 결과, 축산폐수의 고형물질이 상등액보다 더 효과적인 것을 확인하였다. 음식물쓰레기와 축산폐수의 고형물을 이용한 병합 혐기소화를 통하여, biogas 생산 속도와 유기 물질 제거 면에서 공정의 개선이 이루어졌다. 이 결과와 앞선 결과들에 기초하여, 혼합 된 축산폐수나 축산폐수의 고형물로부터 영양물질이 공급되었기 때문에 혐기소화가 개선되었다고 판단하였다.

유기물 부하율(OLR)을 최적화한 결과 HRT 20일, 37°C 조건에서 최대 OLR은 7.55g COD/day·L 이었다. 최적화 된 HRT는 20일 이었으며, HRT를 15일로 하였을 때 공정이 악화되는 것이 관찰되었다.

#### IV. 연구결과의 활용계획

- 본 연구의 결과는 음식물쓰레기의 단독 혐기소화 시 흔히 발생하는 유기산 축적과 낮은 메탄 생성의 문제와 축산분뇨 단독 혐기소화 시 낮은 BMP와 암모니아에 의한 혐기소화 저해 현상을 극복하는 병합 혐기소화 방법을 확립하는데 유용하게 사용 할 수 있다. 혐기소화는 유기물처리의 고전적인 방법이지만 높은 고형물 감량을 달성할 수 있을 뿐만 아니라 재생에너지인 메탄을 생산 할 수 있으므로 향후 국내의 재생에너지 보급과 유기성폐기물의 육상 처리법으로 활용될 수 있다.

< II -2 >

## Co-digestion of piggery wastewater

# and food waste generated in Kyongkido, Korea

< *Myongji Univ., Duk-Jin Jang* >

## I. Objectives and Importance

Food waste and piggery wastewater are major sources of odor, greenhouse gas, soil and water body contamination. Conventional methods including landfill, incineration, and aerobic digestion are facing many problems associated with financial and environmental issues. Anaerobic digestion can provide both of waste reduction and renewable energy production, which makes this technology to be a very reliable option. However, it has been experienced that anaerobic digestion of each organic waste has not been successful with many reasons. In this study, methods of codigestion for piggery wastewater and food waste was developed to improve process stability and economic feasibility.

## II. Research scope

Typical food waste and piggery wastewater obtained in Kyongkido were analyzed for total solid (TS), volatile solid (VS), elements including trace metals, and biochemical methane potential (BMP). By carrying out anaerobic digestion with piggery wastewater and food waste separately, limiting factors and failing reasons were identified. Based on these results and codigestion experiments, optimal ratio and organic loading rate (ORL) were obtained.

## III. Results

▪

BMP of piggery wastewater was appeared only 55% (VS basis) and 40% (COD

basis) that of food waste, which indicated that food waste is an ideal substrate for the codigestion with piggery wastewater. Besides high concentration of ammoniacal nitrogen (4.49 g/L) was measured in piggery wastewater, which might inhibit anaerobic digestion. In addition, lipid and salt contained in food waste may also inhibit anaerobic digestion. Interestingly, food waste lacked trace elements such as cobalt, molybdenum, and nickel. In anaerobic digestion of piggery wastewater, ammonia inhibition was observed. Inhibition of anaerobic digestion of food waste by lipid was partly overcome by adding calcium salts like  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{CaO}$ . In semicontinuous operation, anaerobic digestion of food waste was failed due to low pH buffering capacity and lipid inhibition. Also it was found that supplying trace minerals was crucial for successful anaerobic digestion of food waste.

When food waste was mixed with piggery wastewater, methane production rate was increased from  $0.26 \pm 0.02$  L/L·day (piggery wastewater only) to  $2.26 \pm 0.12$  L/L·day (mixed). Other complementary effects such as increase of pH buffering capacity and decrease of ammonia inhibition were also observed. As more piggery wastewater was mixed with food waste, operational stability became higher, which was thought to be owing to supplementation of trace elements from piggery wastewater. On the contrary, proportion of food waste higher than 50% (COD basis) decreased methane production and process stability. Through fractionation of piggery wastewater using a centrifuge, it was revealed that centrifuged pellet (not the supernatant) contained unknown substances that enhanced methane production.

The organic loading rate was maximized to be 7.55 g COD/L·day at conditions of 37°C and 20 days of HRT. When HRT was reduced to 15 days, the whole process became unstable.

#### **IV. Application plan**

- Results of this study clearly showed that codigestion of piggery wastewater and food waste can overcome problems of separate anaerobic digestion of these two organic wastes, which include accumulation of volatile fatty acids, low methane productivity, ammonia inhibition, etc. Since ocean dumping of organic waste will be banned in 2011, the codigestion method could be a good alternative for land treatment of these wastes.