Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association, 26(2), pp.85-93 (2018)
ISSN 1225-6498 eISSN 2508-3015 https://doi.org/10.17137/korrae.2018.26.2.85

Original Paper

젖소 분과 돈분 슬러리를 이용한 반 건식 혐기소화 효과

정광화, 김중곤†, 이동준, 이동현, 전중환
농촌진흥청 국립축산과학원

Effect of Semi-Dry Anaerobic Digestion Using Dairy Cattle Manure and Pig Slurry

Kwang-Hwa Jeong, Jung-Kon Kim†, Dong-jun Lee, Dong-Hyun Lee, Jung-Hwan Jeon
National Institute of Animal Science (NIAS), RDA. Jeonju-si, Korea

(Received: Jun. 6, 2018 / Revised: Jun. 19, 2018 / Accepted: Jun. 20, 2018)

ABSTRACT: Semi-dry anaerobic digestion experiment using dairy cattle manure collected from dairy cattle house was conducted to analyze efficiency of biogas production. As a first experiment, Biochemical Methane Potential (BMP) test was carried out according to certain ratio of sample mixtures: dairy cattle manure, pig slurry, and mixture of dairy cattle manure and pig slurry. The amount of methane accumulated during BMP test period was high in the experimental groups containing dairy cattle manure. As a second experiment, semi-dry anaerobic digestion experiment was carried out using only the dairy cattle manure collected from floor of the dairy cattle house. Judging from the experimental results, the optimum hydraulic retention time (HRT) of semi-dry anaerobic digestion for dairy cattle manure containing 13% of TS was 25 days. The amount biogas generated from the semi-dry anaerobic digestor with the TS of 13% of the dairy cattle manure ranged from 1.36~1.50v/v-d and the average was 1.44v/v-d. The optimum HRT of the semi-dry anaerobic digestor for dairy cattle manure containing TS of 15% and the semi-dry anaerobic digestor for dairy cattle manure containing TS of 17% was the same as 30 days. The amount biogas generated from the semi-dry anaerobic digestor with the TS of 15% of the dairy cattle manure ranged from 1.42~1.52v/v-d and the average was 1.47v/v-d. The amount biogas generated from the semi-dry anaerobic digestor with the TS of 17% of the dairy cattle manure ranged from 1.50~1.61v/v-d and the average was 1.55v/v-d.

Keywords: Dairy cattle manure, Pig slurry, Semi-dry anaerobic digestion, Biogas

초 록: 톱밥 깔짚우사에서 채취한 젖소 분으로부터 바이오가스를 생산하는 효율을 분석하기 위하여 반 건식 혐기소화 실험을 수행하였다. 첫 번째 실험으로서 젖소 분과 돈분 슬러리 그리고 두 가지 축분을 일정비율로 혼합한 재료를 대상으로 메탄 발생 잠재량(BMP; Biochemical Methane Potential) 실험을 수행하였다. 혐기소화 실험기간 동안 발생된 메탄가스의 누적량은 젖소 분이 포함된 처리구에서 더 많은 것으로 나타났다. 두 번째 실험으로서 깔짚우사에서 채취한 젖소 분을 단독으로 소화조에 투입하여 반 건식 혐기소화 실험을 실시하였다. 실험 결과, TS (Total Solids) 농도가 13%인 젖소 분의 적정 HRT (Hydraulic Retention Time)는 25일인 것으로 분석되었으며, TS 농도가 13%인 반응조에서의 바이오가스 발생량은 1.36~1.50v/v-d의 범위였고 평균은 1.44v/v-d

† Corresponding author(e-mail : kjk9207@korea.kr)

수준이었다. 젖소 분의 TS 농도를 15% 수준으로 설정한 혐기소화조에서의 적정 HRT는 30일이었으며 반응조에서의 바이오가스 발생량은 1.50~1.61v/v-d 수준이었고 평균은 1.47v/v-d 수준이었다. TS 농도가 17% 수준인 혐기소화조에서의 최적 HRT는 30일인 것으로 분석되었다. 이 반응조에서의 바이오가스 발생량은 1.50~1.61v/v-d 이었고 평균은 1.55v/v-d 수준이었다.

주제어: 젖소 분, 돈분, 반 건식 혐기소화, 바이오가스

1. 서 론

국내 축산업의 규모가 커짐에 따라 가축분뇨의 발생량도 늘어나는 추세에 있으며, 지난 2017년 말 기준으로 4,846만 톤이 발생하였다[1]. 우분과 돈분 등의 주요 가축분뇨는 유기물함량이 80% 이상으로 높기 때문에 부숙처리 과정을 거친 후 퇴비나 액비로 사용되고 있다. 2017년 말 집계자료를 보면 발생된 전체 가축분뇨 중 80.2%가 퇴비화처리 되었고 10.5%는 액비화처리, 8.0%는 정화처리 되었으며, 1.0%는 증발 등과 같은 기타방법에 의해 처리되었다[1]. 발생된 가축분뇨의 90.7%가 퇴비나 액비와 같은 유기성 비료자원으로 농경지에 환원되었는데, 국내 농경지 면적은 신도시나 도로건설과 같은 각종 개발 사업으로 인해 지속적으로 감소하고 있다[2]. 따라서 바이오가스화나 고체연료화를 비롯한 다양한 처리방식을 적용하여 가축분뇨를 처리하는 대안 마련이 필요한 상황이라고 판단된다.

2017년 기준으로 국내에서 발생된 가축분뇨중 0.3%만이 바이오가스와 같은 에너지 자원화 방법으로 처리되었다[1]. 최근까지도 국내 가축분뇨 바이오가스화 방법은 전적으로 습식 혐기소화 방법이 사용되고 있다[3]. 습식 혐기소화 방식은 원료의 취급이 용이하고 혐기소화 기질의 가수분해가 이루어지기 쉬우며 소화조 내에서 기질의 교반이 용이하다는 장점이 있다. 반면에 습식 혐기소화 방법은 돼지분뇨 슬러리와 같이 고형물 함량이 3% 내외인 액상의 분뇨를 기질로 사용하는 방식이므로 바이오가스의 발생원이 되는 생분해성 유기물질의 함량이 낮다는 문제와 혐기소화 후에 잔존하는 많은 양의 소화액을 정화방법이나 액비화 방법을 적용하여 처리해야 하는 문제점을 안고 있다. 또한 반 건식이나 건식 혐기소화 방식에 비해 시설 규모가 크고 초기 고정비용이 높다는 점, 그리고 바이오가스 생산효율 등 몇 가지 측면에서 상대적으로 더 불리한 요소가 존재한다. 이에 비해 건식 혐기소화 방식은 우분이나 음식물 또는 기타 유기성 폐기물과 같이 고형물 함량이 높은 물질을 기질로 사용하여 혐기소화를 할 수 있다[4].

고형물 함량 15% 내외의 우분을 사용하여 반 건식이나 건식 혐기소화 방법을 적용할 경우에는 돼지분뇨 슬러리를 기질로 사용하는 국내의 기존 습식 혐기소화 방식에 비해 바이오가스 발생원이 되는 유기성 고형물의 양이 소화조 단위용적 당 약 5배 정도 높게 된다. 이런 장점에도 불구하고 국내 가축분뇨 혐기소화 시설에 반 건식이나 건식 혐기소화 방식이 아직 적용되지 못하고 있는 이유는 기존 적용사례가 없다는 점, 혐기 소화조 설치경험이 없다는 점 그리고 반 건식 또는 건식 소화기질에 대한 교반의 난점 등 반 건식 또는 건식 혐기소화 기술에 대한 경험부족이나 연구사례 부족 등에 그 원인이 있다. 그러나 건식 혐기소화 방법은 가축 분뿐만 아니라 식물체 등 다양한 유기물을 통합하여 처리할 수 있는 장점이 있다[5]. 미국에서는 우분을 원료로 한 건식 혐기소화 방법이 적용되고 있으며 독일 등에서도 수수류와 같은 작물을 가축분뇨 혐기소화의 부 원료로 사용하는 기술이 적용되고 있다. 또한 프랑스를 비롯한 유럽에서는 생활쓰레기나 간벌목 등의 다양한 원료를 이용한 혐기소화를 수행한 사례가 있다. 가축사료 원료를 거의 전량 수입하고 있는 우리나라에서는 독일과 같이 에너지 작물을 가축분뇨와 혼합하는 통합 혐기소화 방식을 적용하기는 쉽지 않지만 각종 농업부산물을 가축분뇨와 함께 혐기소화하는 방식은 고려해볼만 하다.

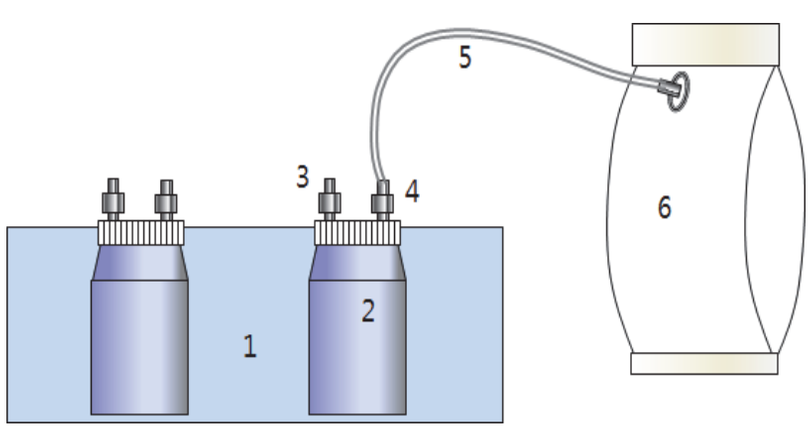
국내에서도 음식물 폐기물을 원료로 한 건식 혐기소화 시설을 운용하는 사례가 있으며, 국내 D시에 설치된 음식물류 폐기물을 이용한 건식 혐기소화 시설의 경우, 혐기소화조에서 생산된 바이오가스를 정제하여 가스엔진 차량의 연료를 일부 대체하는 경우도 있다. 이렇듯 최근 들어서는 국내에서도 음식물쓰레기 등을 이용한 반 건식 혐기소화 방식이 일부 적용되고 있으며 관련연구도 이루어지고 있다[6,7]. 또한 국내 동남부 P시에서도 음식물 폐기물을 이용한 건식 혐기소화 방식을 적용한 사례가 있어서 향후에는 가축분뇨를 비롯한 다양한 유기물을 이용한 건식 또는 반 건식 통합 혐기소화 기술이 발달할 것으로 기대된다[8]. 하지만 아직까지는 가축분뇨를 이용한 반 건식 또는 건식 혐기소화 관련 국내 기술은 초보적 연구수준에 머물고 있다[9].

따라서 본 연구에서는 톱밥 깔짚우사에서 수거한 젖소 분을 원료로 한 반 건식 혐기소화 효과와 젖소 분과 돈분뇨 슬러리를 혼합하여 반 건식 혐기소화 방식을 적용하였을 때의 바이오가스 발생효과를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

돈분 슬러리와 젖소 분을 휘발성 고형물 함량을 기준으로 각각 2:1, 1:1, 1:1.5, 1:2의 비율로 혼합하여 200 mL로 만든 후 균질화하여 500 mL 용량의 실험용 용기에 각각 투입하였다. 이후 돈분 슬러리와 젖소 분 혼합물의 원활한 혐기소화를 위하여 각 실험용기에 투입된 분뇨혼합물의 1/2(W:W)에 해당하는 100 mL 씩의 식종액을 각각의 실험용기에 주입하여 총 용량 300 mL의 혼합물을 만들어서 혐기소화용 기질로 사용하였다. 식종액은 기존의 상용 돈분 슬러리 혐기소화 시설에서 소화액을 채취하여 10일간 35℃ 조건에서 혐기배양시켜 잔여가스를 제거한 후 식종액으로 사용하였다. 고순도 질소가스를 실험용기에 주입시켜 실험용기 내의 산소를 제거한 뒤 뚜껑을 닫아 기밀상태가 되도록 한 후, 35℃로 유지되는 항온 진탕수조에서 회분식 혐기소화를 실시하였다. 본 실험에서 사용한 BMP 측정용 실험장치의 구조는 Fig. 1과 같다.

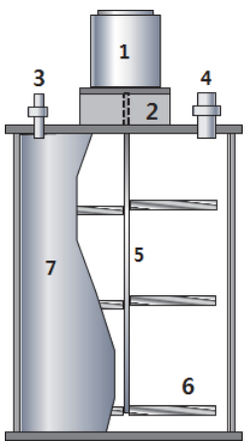
Fig. 1에 도시된 실험장치와는 별도로 젖소 분을 단독으로 이용한 반 건식 혐기소화 실험을 위하여 Fig. 2에 도시된 3 리터 용량의 반 건식 혐기소화조를 제작한 뒤 35℃의 조건에서 젖소 분을 대상으로 하여 혐기소화 실험을 실시하였다. 실험장치에 투입된 젖소 분의 교반을 위해 교반용 회전축을 설치하고 전기모터를 이용하여 80rpm의 속도로 회전시켰다. 회전축 접속부를 통해 반응조로 공기가 유입되는 현상을 방지하기 위하여 Water sealing 방식을 사용하였다. 실험기간 동안 발생된 바이오가스는 가스포집용 백에 포집한 후 가스성분 분석을 실시하였



1. Shaking water bath 2. Anaerobic reactor 3. Sampling port
4. Gas outlet port 5. Gas sampling tube 6. Gas sampling bag

Fig. 1. Schematic diagram of experimental anaerobic digestor for measuring BMP.

다. 본 실험을 위해 제작한 혐기소화 반응조의 구성은 Fig. 2에 도시된 바와 같다.



1. Motor 2. Sealing port 3. Gas collection tube
4. Feeding port 5. Agitation shaft 6. Agitator
7. Reactor

Fig. 2. Schematic diagram of experimental anaerobic digestor.

실험장치로부터 포집한 바이오가스중의 CH_4, CO_2의 농도는 TCD(Thermal Conductivity Detector)를 장착한 GC로 분석하였고, 그 조건은 Table 1에 나타난 바와 같다.

Table 1. GC conditions for analysing CH_4 and CO_2

Packing Material	Porapark-Q, 80/100 Mesh
Column	SUS Column(ID 2mm × 3m)
Detector	TCD(Thermal Conductivity Detector)
Column Temp.	80℃
Injector Temp.	80℃
Detector Temp.	100℃
Current	80mA
Carrier Gas	Helium Gas(99.99%) 20 mL/min
Sample Volume	0.2mL

실험과정에서 채취한 시료는 즉시 실험실로 이송하여 분석하였으며 시료 전 처리와 성분분석은 공정실험기준에서 정하는 방법을 적용하였다[10,11].

3. 결과 및 고찰

젖소 분과 돈분 슬러리 그리고 젖소 분과 돈분 슬러리 혼합물을 대상으로 하여 중온 혐기소화 조건에서 메탄발생 잠재량을 측정한 결과, 젖소 분에서의 메탄발생량이 돈분 슬러리에 비해 더 높은 것으로 나타났다. 이에 따라 젖소 분을 대상으로 하여 반 건식 혐기소화 실험을 실시하고 그 효과를 분석하였다.

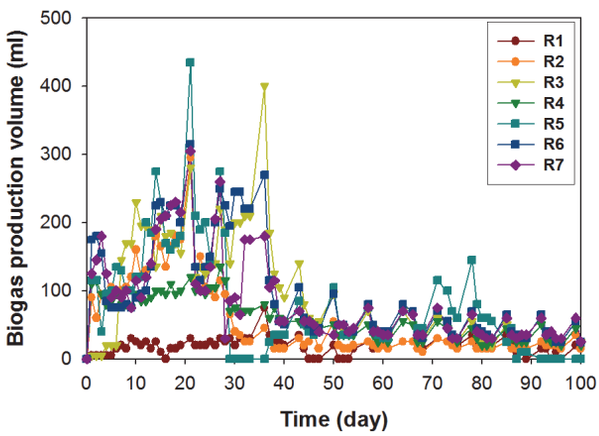
3.1. 젖소 분과 돈분 슬러리를 대상으로 한 메탄발생 잠재량 분석 실험

젖소 분과 돈분 슬러리로부터의 메탄발생 잠재량을 측정하기 위한 실험을 실시하였다. 두 가지 축분을 각기 다른 비율로 혼합하여 혐기소화 시험용 기질로 사용하였다. 추가로 기질 대비 0.5(W/W)의 비율로 식종액을 주입하고 중온조건에서 회분식 반응방식으로 혐기소화 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 식종액과 돈분 슬러리 그리고 젖소 분 과 혼합분뇨의 특성을 분석한 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다.

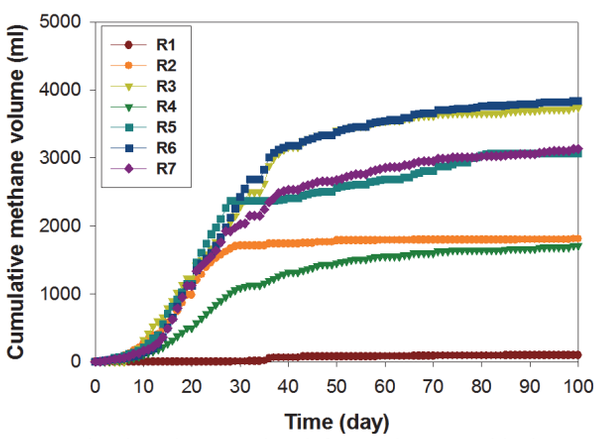
식종액과 돈분 슬러리의 고형물함량은 각각 2.4%와 3.5%로서 습식 혐기소화에 적합한 수준이었다. 반면에 젖소 분의 고형물함량은 10.7%로서 습식 혐기소화 원료로서는 고형물 함량이 너무 높은 것으로 나타났다. 따라서 고형물이 더 높은 원료를 대상으로 혐기소화를 진행할 수 있는 반 건식 혐기소화 방법을 젖소 분에 적용할 수 있는지의 가능성을 판단하기 위하여 젖소 분만을 단독으로 하여 반 건식 혐기소화를 실시하였다. 젖소 분의 반 건식 혐기소화 조건을 조성해줄 목적으로 기존 가축분뇨 혐기소화 시설의 혐기소화조에서 채취한 소화액을 10일간 더 공배양하여 잔여가스 발생원을 최소화 한 혐기소화액을 식종액으로서 젖소 분의 1/2에 해당하는 양을 혼합하였다. 이와는 별도로 젖소 분의 반 건식 혐기소화 효과와 비교 분석하기 위한 목적으로 돈분 슬러리를 대상으로 하여 혐기소화를 실시하였고, 젖소 분과 돈분을 각기 다른 비율로 혼합한 분뇨에 대해서도 모두 다 동일한 조건하에서 동시에 혐기소화를 실시하였다. 각 분뇨에 대한 혐기소화를 실시한 결과를 Fig. 3에 도시하였다.

Table 2. Characteristics of substrates

Item	Reactor 1	Reactor 2	Reactor 3	Reactor 4	Reactor 5	Reactor 6	Reactor 7
	Inoculum	Pig slurry (A)	Cow manure (B)	Mixture (A:B)	Mixture (A:B)	Mixture (A:B)	Mixture (A:B)
Mixing ratio (W;W)	1.0	1.0	1.0	2.0:1.0	1.0:1.0	1.0:1.5	1.0:2.0
pH	8.4	7.8	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6
TS (%)	2.4	3.5	10.7	6.3	7.4	8.9	9.2
VS/TS (%)	29.4	60.3	78.3	71.7	72.6	75.8	77.2



Daily biogas production from each substrates with time



Cumulated methane produced from substrates with time

R1: Inoculum, R2: Pig slurry, R3: Cow manure, R4: Mixture of R2 and R3(2.0 : 1.0), R5: Mixture of R2 and R3(1.0 : 1.0), R6: Mixture of R2 and R3(1.0 : 1.5), R7: Mixture of R2 and R3(1.0 : 2.0)

Fig. 3. Biogas production and cumulated methane produced from substrates with time.

젖소 분과 돈분 슬러리의 혼합비율별 잠재적 메탄 발생효과를 분석한 결과, Fig 3에 도시된 바와 같이 식종액(R1)과 젖소 분(R3)을 제외한 다른 실험구에서는 혐기소화 개시 후 2~3일이 경과된 후부터 바이오가스가 발생하기 시작하였다. 이 결과는 식종액(R1)의 경우 바이오가스로 전환될 수 있는 유기물질이 이미 많이 소진된데 기인한 것으로 보이며, 젖소 분(R3)은 고형물 함량이 높아 혐기소화 진행에 필요

한 가수분해 단계의 진행이 늦어진 것에 원인이 있는 것으로 판단된다. 젖소 분(R3)은 실험 개시 7일 이후부터는 활발한 가스발생 현상이 나타나기 시작하였으며 혐기소화 실험기간 동안 발생된 메탄가스의 누적량도 돈분 슬러리와 젖소 분과의 혼합비율이 1.0 : 1.5 (R6)인 처리구에 이어서 두 번째로 높은 결과를 나타냈다. 돈분 100%(R2) 처리구는 혐기소화 개시 30일 이후부터는 메탄발생이 현격하게 감소하였다. 이는 고형물 함량이 3.5% 로서 다른 실험구에 비해 상대적으로 낮고, 액상분뇨 상태로 존재해 왔던 관계로 혐기분해 속도가 더 빨라진 것으로 볼 수 있다. 실험 결과를 전반적으로 분석해 볼 때 젖소 분이 포함된 처리구에서 메탄 발생량이 많았고 젖소 분 단독 (100%) 처리의 경우에도 식종액과 혼합하여 반 건식 상태의 혐기소화를 실시할 경우에는 메탄 발생이 양호한 것으로 판단할 수 있다.

3.2. 젖소 분 반 건식 혐기소화 실험

앞선 실험결과로 미루어 볼 때 젖소 분 단독으로도 반 건식 혐기소화가 가능한 것으로 판단되어 용량 3 리터의 반 건식 혐기소화 장치를 이용하여 젖소 분의 반 건식 혐기소화 실험을 실시하였다. 혐기소화 반응조를 가동하고 그에 따른 Biogas와 메탄의 생성량을 분석하였다. 혐기 소화조의 운전 기간은 약 200일, 소화조의 초기 HRT는 40일로 하였으며, 시료의 TS를 각각 13%, 15%, 17% 수준으로 구분하여 각각의 혐기소화 효과를 분석하였다. 젖소 분의 반 건식 혐기소화시의 적정 HRT를 결정하기 위하여, 운전기간 동안 HRT를 40일에서 20일까지 점진적으로 줄여가며 운전하였다. 실험을 수행하기 위하여 깔짚을 깔아놓은 젖소우사의 바닥에서 채취한 실험용 젖소 분의 특성을 분석한 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다.

국내 젖소축사의 대부분이 분뇨처리 및 청결한 축사환경을 유지하기 위한 목적으로 우사바닥에 톱밥을 깔짚재로 사용한다. 따라서 국내 현실에 맞도록 깔짚우사 바닥의 젖소 분을 수거하여 혐기소화 실험을 수행하였다. 실험용 젖소 분의 TS는 20.1~32.3% 수준이었으며 VS는 17.0~23.6% 범위였고, VS/TS(%)는 84.5~86.2% 수준이었다. Alkaya et al. (2010) 등은 젖소 분의 TS 함량은 16±0.14%이고 VS/TS(%)는 82.8±0.3%수준이라고 보고하였는데, 본 실험을 위해 채취한 젖소 분은 각 항목에서 Alkaya가 보고한 결과보다 더 높은 수준을 보였다[12]. 이는 톱밥 깔짚우사에서 채취한 젖소 분 시료가 수 주 또는 수 개월 동안 우사바닥에 체류하는 동안에 가용성 유기물이 일부 분해되었고, 자연적 또는 인위적 요인에 의한 먼지나 흙 등을 비롯한 이 물질이 혼합되는 현상에 기인한 것으로 판단된다. 소화조에 주입한 젖소 분의 TS 농도와 HRT에 따른 바이오가스 생성효과를 분석한 결과는 Fig. 4에 도시된 바와 같다.

TS 농도가 13%인 젖소 분의 적정 HRT는 25일인 것으로 분석되었다. 젖소 분의 TS 농도가 13%인 소화조에서의 바이오가스 발생량은 1.36~1.50v/v-d의 범위였으며, 평균은 1.44v/v-d 수준이었다. 혐기소화조의 HRT를 20일로 줄여 운전하였을 경우에는 혐기소화 효율이 급격하게 저하되는 결과를 보였다. 젖소 분의 TS 농도를 15% 수준으로 설정한 혐기소화조에서의 최적 HRT는 30일이었다. 실험용 소화조에서의 바이오가스 발생량은 1.47v/v-d 수준이었다. 혐기소화 반응조의 HRT를 점차 짧게 해 나갔을 경우에는 HRT 25일 수준에서 바이오가스 발생량이 급감하였다. TS 농도가 17% 수준인 젖소 분 혐기소화조의 적정 HRT는 30일인 것으로 분석되었다. 이 소화조에서의 바이오가스 발생량은 1.50~1.61v/v-d 범위를 보였고 평균은 1.55v/v-d 수준이었다. 바이오가스 발생량과 함께 소화조에 주입한 젖소 분의 TS

Table 3. Characteristics of dairy cattle manure mixed with sawdust

Item	pH	Alkalinity (mg/L as $CaCO_3$)	TS (%)	VS (%)	VS/TS (%)
Dairy cattle manure mixed with sawdust	8.0~8.3	15,250~16,740	20.1~32.3	17.0~23.6	84.5~86.2

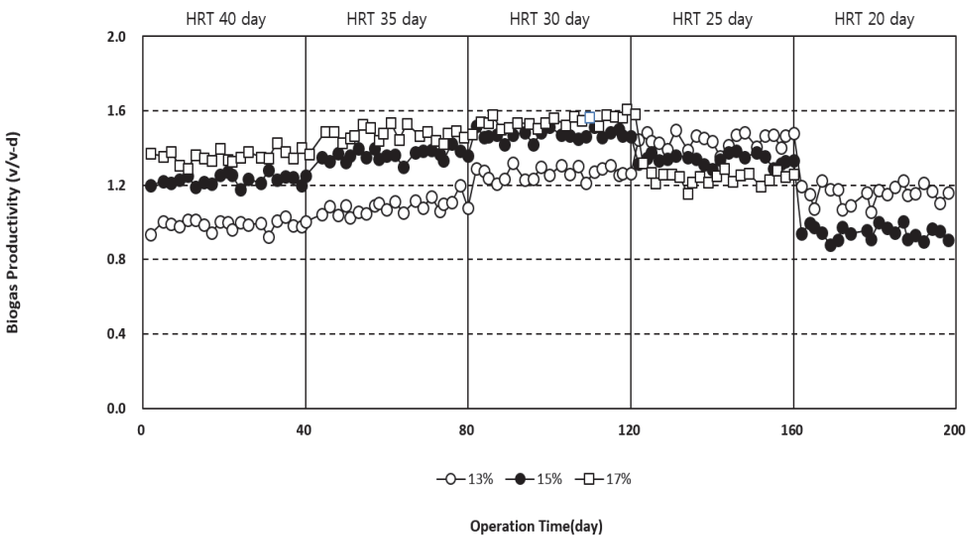


Fig. 4. Biogas production(v/v-d) according to TS content of dairy cattle manure and HRT of anaerobic digestion reactor.

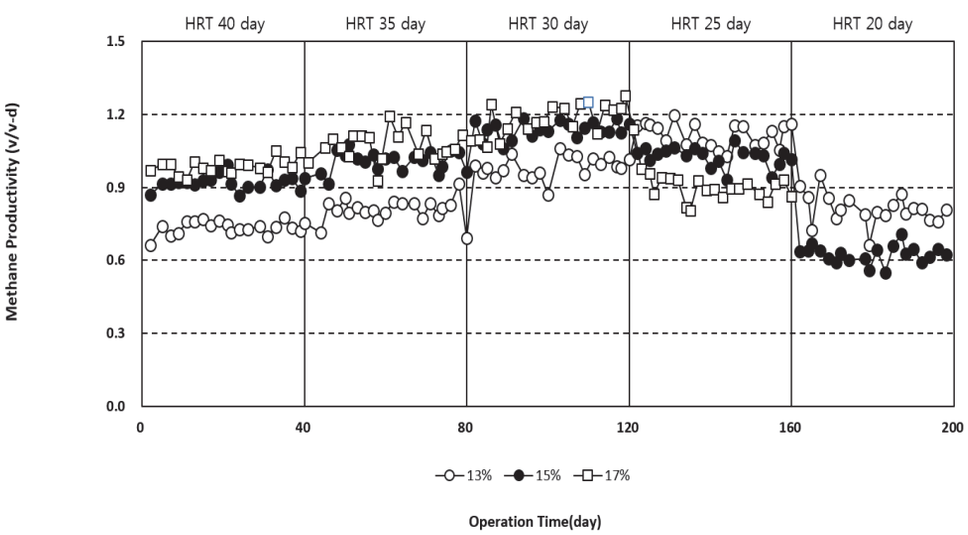


Fig. 5. Methane production(v/v-d) according to TS content of dairy cattle manure and HRT of anaerobic digestion reactor.

농도와 HRT에 따른 메탄 생성효과도 분석하였다.

혐기소화에 있어서 투입하는 원료의 TS 함량, 즉 유기물 부하율은 혐기소화 효율과 직결된다. 유기물 부하수준이 적정하면 바이오가스 생성량과 메탄의 수율 증대에 긍정적 효과를 나타내지만 유기물 부하가 과도하면 혐기소화 효율에 부정적 영향을 주게 된다. Zhou 등(2006)은 혐기소화시 유기물 부하수준이 높은 상태로 운전되는 경우에는 슬러지 층의 과잉 팽창, 미생물의 소화조 외부로의 배출량 증가현상 등으로 인해 혐기소화 반응조의 상태가 악화된다고 하였다[13]. 본 실험에서는 반 건식 혐기소화조에 투입되는 젖소 분의 TS함량, 즉 유기물 부하율에 따른 소화조에서의 메탄 생성량을 분석하였다. 혐기소화조에 투입되는 젖소 분의 TS 농도를 13%, 15%, 17% 수준으로 하고 소화조를 운영하는 HRT에 따른 메탄 발생량의 차이를 분석하였다. 투입되는 젖소 분의 TS 농도와 소화조를 운전하는 HRT에 따른 메탄 발생량을 분석한 결과는 Fig. 5에 나타난 바

와 같다.

소화조를 운영함에 있어서 HRT 수준에 따른 메탄 생산량은 투입되는 젖소 분의 TS 농도를 13%, 15%, 17%로 처리한 실험구 모두에서 HRT 40일에서 30일까지는 전반적으로 상승하는 경향을 보였다. 그러다가 HRT 25일 이후에는 감소하기 시작하였고, HRT 20일 이후에는 메탄 생산량의 감소정도가 더 커졌다. TS 함량이 13%인 젖소 분이 투입된 혐기소화조의 경우 적정 운전조건은 HRT 25일이었으며, 이 조건에서의 메탄 발생량은 1.03~1.19v/v-d 범위였고 평균은 1.12v/v-d 수준이었다. TS 함량이 15% 인 젖소 분이 투입된 혐기소화조의 경우, 최적 운전조건은 HRT 30일이었으며 이 조건에서의 메탄 발생량은 1.06~1.18v/v-d 범위였으며 평균은 1.14v/v-d 수준이었다. 소화조에 투입되는 TS 함량이 17% 인 처리구의 적정 HRT는 30일이었으며 이 조건에서의 메탄 발생량은 1.07~1.28v/v-d 범위였으며 평균은 1.18v/v-d 수준이었다.

4. 결 론

젖소 분을 대상으로 한 혐기소화 가능성을 분석하기 위해 젖소 분과 돈분 슬러리의 메탄발생 잠재량을 분석하였다. 그리고 젖소 분만을 단독으로 반건식 혐기소화 실험을 실시하였다. 두 가지 실험결과를 요약한 결론은 다음과 같다.

1. 젖소 분과 돈분 슬러리 그리고 젖소 분과 돈분 슬러리 혼합물을 대상으로 하여 중온 혐기소화 조건에서 메탄발생 잠재량을 측정한 결과 젖소 분에서의 메탄발생량이 돈분 슬러리에 비해 더 높았다.
2. TS 농도가 13%인 젖소 분의 최적 HRT는 25일인 것으로 분석되었다. 젖소 분의 TS 농도가 13%인 반응조에서의 바이오가스 발생량은 1.36~1.50v/v-d의 범위였으며 평균은 1.44v/v-d 수준이었다.
3. 젖소 분의 TS 농도를 15% 수준으로 설정한 혐기소화 반응조에서의 최적 HRT는 30일이었고 실험용 반응조에서의 바이오가스 발생량은 1.47v/v-d 수준이었다.
4. TS 농도가 17% 수준인 젖소 분의 혐기소화시 최적 HRT는 30일인 것으로 분석되었다. 이 반응조에서의 바이오가스 발생량은 1.50~1.61 v/v-d 수준이었고 평균은 1.55v/v-d 이었다.
5. TS 함량이 13%인 젖소 분이 투입된 혐기소화 반응조의 경우 최적 운전조건은 HRT 25일이었으며 이 조건에서의 메탄 발생량은 1.03~1.19 v/v-d 범위였으며 평균은 1.12v/v-d 수준이었다. TS 함량이 15%인 젖소 분이 투입된 혐기소화 반응조의 경우 최적 운전조건은 HRT 30일이었으며 이 조건에서의 메탄 발생량은 1.06~1.18 v/v-d 범위였으며 평균은 1.14v/v-d 수준이었다. 반응조에 투입되는 TS 함량이 17%인 처리구의 최적 HRT는 30일이었으며 이 조건에서의 메탄 발생량은 1.07~1.28v/v-d 범위였으며 평균은 1.18v/v-d 수준이었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구과제인 가축분뇨와 농업분야 재활용 자원을 이용한 통합혐기소화 및 혐기소화액 처리기술 개발(PJ0128512018)과정에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

References

1. Korean Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair, “Yield of Livestock Manure in South Korea”, (2018).
2. Statistics Korea, “Statistical Information Service”, (2018).
3. Jeong, K. H., Kim, J. K., Modabber Ahmed Khan, Han, D. W. and Kwag, J. H., “A Study on the Characteristics of Livestock Manure Treatment Facility in Korea”, J. of KORRA, 22(4), pp. 28~44. (2014).
4. Cho, S. K., Im, W. T.,k Dong-Hoon., Kim, M.

H., Shin, H. S. and Oh, S. E., “Dry anaerobic digestion of food waste under mesophilic conditions: Performance and methanogenic community analysis”, Bioresource Technology, 131, pp. 210~217. (2013).

5. Ahn, H. K., Smith, M. C., Kondrad, S. L. and White, J. W., “Evaluation of biogas production potential by dry anaerobic digestion of switchgrass-animal manure mixture”, Applied Biochemistry and Biotechnology, 160(4), pp. 965~975. (2010).
6. Kim, M. H., Cho, S. K. and Oh, S. E., “Monitoring of reactor stability index and inhibition effect in the continuous mesophilic dry anaerobic digestion of high solid food waste”, Journal of the Korean Society of Urban Environment, 11(2), pp. 161~167. (2011).
7. Park, J. K., Jeong, S. R., Kang, J. H., Ahn, Y. M. Jin, H. Y. and Lee, N, H., “ A study on optimization condition for anaerobic co-digestion of food waste with livestock waste”, Journal Korea Society of Waste Management, 29(4), pp. 356~364. (2012)
8. Lee, M. K, Kim, M. H. and Oh, S. E., “Dry anaerobic digestion from organic solid waste in Daejeon”. Journal of the Korean Society of Urban Environment“, 11(1), pp. 81~87. (2011).
9. Kang, H, Kim, S. W. Jeong, J.h, Ahn, H. K. and Jeong, K. H., “Assessment of optimum hydraulic retention time(HRT) for maximum biogas production and total volatile solid(TVS) removal efficiency of semi-continuously fed and mixed reactor(SCFMR) fed with dairy cow manure”, J. Korean Soc. Enron. Eng., 37(12), pp. 696~704. (2015).
10. AOAC, Official Methods of Analysis, AOAC INTERNATIONAL. (2007).
11. APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition, (2005).
12. Alkaya, E., Erguder, T.H. and Demirer, G.N., “Effect of operational parameters on anaerobic co-digestion of dairy cattle manure and agricultural residues : A case study for the Kahramanmaras, region in Turkey”, Engineering in Life Sciences, 10(6). 552~559. (2010).
13. Zhou, W., Imai, T., Ukita, M., Li, F., Yuasa, A., “Effect of loading rate on the granulation process and granular activity in a bench scale UASB reactor”, Bioresource Technology, 98. pp. 1386~1392. (2006).