

SCB-M의 돈분 처리 성능에 관한 연구

박종태 · 김상헌*

강원대학교 바이오시스템공학과

Study on the Treatment Performance of SCB-M with Swine Manure

Jong Tae Park, Sang Hun Kim*

Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

Received: October 3rd, 2012; Revised: December 18th, 2012; Accepted: December 24th 2012

Abstract

Purpose: Performance of slurry composting and biofiltration with methane production (SCB-M) using swine manure and sawdust was evaluated. The suitable specific liquid input (SLI) was determined at lab-scale SCB. **Method:** In lab-scale SCB, the SLI test was performed at liquid input rate of 0.04, 0.09, 0.17 cc/cm³ with constant sawdust volume. In pilot-scale SCB-M, the swine manure was fed to methane digester at organic loading rate (OLR) of 0.25-0.5 g VS/L/d. The effluent from methane digester was filtered using SCB. **Results:** The SLI at 0.04 cc/cm³ showed good performance in terms of retention time. In pilot-scale SCB, the removal of NH₃-N and total nitrogen (T-N) was found to be around 59% and 28%, respectively. Similarly, volatile fatty acid (VFA) and total chemical oxygen demand (TCOD) removal was found to be 56% and 43%, respectively. **Conclusions:** For SCB-M process, the SLI of 0.04 cc/cm³ is recommended. The performance of swine manure treatment was improved more by using SCB-M system than using methane digester only.

Keywords: SCB-M, Swine manure, Sawdust, Filtration, Effluent

서론

최근 2012년 6월 국내 돼지 사육두수는 9,400,000두 수준으로 9월에는 9,700,000두까지 증가하였다(Statistics Korea, 2012). 현재 계속 증가하는 추세이며 대량으로 배출되는 양돈분뇨의 적절한 처리와 해결방안이 제대로 확립되지 않아 문제가 되고 있다.

양돈장의 돈분 슬러지에는 구리나 아연이 포함되어 있으며, 양돈 슬러지에 함유된 구리나 아연이 1차적으로 수질을 오염시키고, 별도의 처리 없이 자원화 비료로 활용될 시에는 2차로 토양 오염을 시킨다. 따라서 오염된 토양에서 재배된 작물로 인하여 최종적으로는 가축이나 사람이 섭취하여 건강에 악영향을

미칠 수 있다(Oh and Kim, 2009). 이러한 유기성폐기물의 처리에 따른 환경오염과 자원의 순환기능회복 측면에서 유기성폐기물의 자원화에 대한 관심이 증대되고 있으며(Kim, 2009), 자원화 측면에서 효율적인 저감 및 재활용을 위한 연구와 지속적인 정부의 지원이 필요하다(Ministry of Agriculture and Forestry, 2004).

양돈분뇨를 자원화 하는 효과적인 처리방법 중 하나인 퇴비화공정은 유기성폐기물의 호기성 퇴비화를 통해 재료 속에 있는 유기물의 탄수화물, 지방 및 단백질 등이 호기성 미생물에 의하여 분해되어 보다 안정한 부식물질(humus)과 난분해성 물질로 변화하는 과정이다(Park and Hong, 1999).

Bae 등(1994)은 많은 요소들이 퇴비화공정에 있어서 영향을 주지만 그중에서 수분은 가장 중요한 요인이라 할 수 있으며 미생물이 서식하는 환경으로서 수분은 일반적으로 50~70%의 범위가 좋고, 최적 함수율은 55~60%라고 하였다. 과다한

*Corresponding author: Sang Hun Kim

Tel: +82-33-250-6492; Fax: +82-33-250-6406

E-mail: shkim@kangwon.ac.kr

수분은 미생물에 영향을 끼쳐 퇴비화에 저해를 일으키며, Han 등(2008)은 미생물에 의한 퇴비화에서 유기물질을 산 분해시키는 미생물을 이용하여 유기물을 분해시켜 감량화를 이룸으로써 퇴비화에 있어서 미생물의 역할이 중요하다고 하였다. 따라서 미생물의 분해를 가속화시키기 위하여 투입된 돈분의 체류시간이 길어지고 부재료인 톱밥 등에 흡수되는 효율이 높으면 유기물의 분해는 더 효과적으로 이루어지게 된다.

높은 수분을 함유하고 있는 돈분의 투입량을 적절한 방법으로 결정하여 퇴비화공정에 필요한 최적 함수율을 효과적으로 조절하고, 돈분의 체류시간과 흡수율을 높게 하여 퇴비화를 하는 것이 중요하다.

퇴비화에 관한 연구에서 Lee 등(2003)의하면 돈분의 퇴비화에서 혼합 재료에 따른 특성에 대하여 보고하였으며, Ryoo (2008)는 돈 분뇨 슬러리를 톱밥에 여과하여 효율을 구명하기 위한 실험에서 퇴비화를 위한 환경요인을 분석하였으며 Jeon 등(2002)은 SCB(slurry composting and biofiltration)공정에 의하여 돈 분뇨 슬러리를 정화 처리하여 성능을 분석한 결과에서 실험기간동안에 돈분의 총 투입량과 배출량은 명시되어 있지만 투입량을 결정하는 기준에 관한 연구결과는 미흡한 실정이다.

또한 폐기물을 자원화 하는 기술개발에 있어 혐기성 소화공법은 친환경적인 측면에서 자원화의 대안으로 주목을 받고 있다. 하지만 혐기성소화공법도 실용적으로 활용하기 위해서는 혐기소화공정을 통해 배출된 혐기소화액의 유기물질을 일정수준까지 제거하여 처리 및 소화액의 액비화, 정화처리 등 안정적인 사용 방법이 필요한 실정이다.

돈 슬러리의 특성은 정화처리 측면에서는 고농도 일지라도 퇴비화에서는 저 농도이다. 따라서 돈 슬러리를 처리하기 위해서는 1차적으로 혐기소화를 통해 유기물의 농도를 정화하는 동시에 바이오연료인 바이오가스를 생산하고 낮아진 농도의 소화물을 SCB 공정에 따라 정화 및 액비화 하는 방법이 개발되었다 (SCB-M, Han et al., 2000). 그러나 SCB-M(slurry composting and biofiltration with methane production)의 효율적인 작동을 위해서는 혐기 처리된 돈분소화물의 적정 투입량 기준 설정과 그에 따른 처리성능에 관한 언급이 필요한 실정이다.

수분조절용으로 톱밥 등이 부재료로 이용량이 많아지고, 겨울철 낮은 기온으로 인하여 발효상의 온도가 떨어져 증발효과를 기대할 수 없는 한계성을 가진다. 호기발효증발 공정과 메탄 가스생산 혐기소화 공정으로 복합 구성되고 두 공정을 연계하여 각 공정의 취약점을 상호보완 하는 SCB-M 시스템은 이러한 한계성을 극복하는 방법으로 실용성 측면에서는 혐기소화공정과 퇴비화 각각의 개별적인 처리효과와 상호 연계 효과를 평가하고, 호기발효증발상에서 배출된 여과액을 추가적으로 이용하는 방법이 있다(Han et al., 2000).

따라서 본 연구는 돈분을 SCB-M 방법으로 처리 할 때 성능을 측정하는데 있었으며 구체적으로, SCB-M에서 톱밥의 부피 및 함수율에 따라 투입될 돈분소화물의 양을 구하고, SCB-M의 혐기조에서 배출된 돈분소화물의 농도에 따라 SCB장치의 처리 성능을 측정하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

가. 공시 재료

본 연구에 사용된 재료는 SCB-M 시스템의 실용화 적용 실험 중인 전라북도 김제시 양돈농가의 돈분이었으며 SCB장치의 여과 성능 실험을 위해 사용된 톱밥은 잣나무 톱밥으로 재료의 특성은 표 1에 나타냈다.

나. TS(Total Solid), VS(Volatile Solid) 측정

TS와 VS의 측정은 실험에 사용되는 시료를 증발접시를 이용하여 건조시켜 잔류물의 양을 측정하는 방법으로 standard methods(APHA, 1998)를 이용하여 측정하였다. 여기서 측정된 TS를 이용하여 함수율(moisture content)을 측정하였다.

다. 실험실 SCB장치

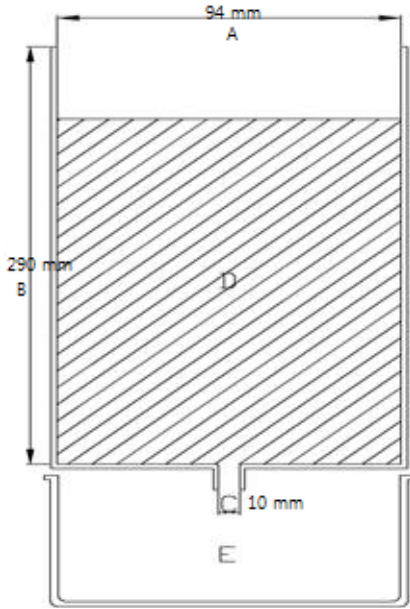
SCB장치는 그림 1과 같이 실험 장치를 제작하여 아크릴 원통으로 만든 실린더를 사용하였으며 총 체적은 2 L, 직경 94 mm(A), 높이 290 mm(B), 실린더 하부에 직경 10 mm의 배출구(C)와 톱밥이 채워지는 공간(D)과 배출액 수거장치(E)가 있다. 톱밥의 무게를 측정하여 공급하고 일정한 조건에서 투입된 액체로는 물을 사용하였다. 액체의 투입량을 톱밥의 체적에 따라 일정하게 유지하기 위해 비 투입량 SLI(specific liquid input)를 정의하였다. 비 투입량은 톱밥 체적 당 투입된 액체의 체적

Table 1. Average composition of sawdust and swine manure

Particulars	Swine Manure	Sawdust
pH	8.07-8.8	5.3
TS (%)	2.3-10.7	85
VS (%)	1.2-7.5	84
MC (%)	89.3-97.7	15
NH ₃ -N (mg/L)	3620-7000	-
VFA (mg/L)	2930-19000	-
Alkalinity (mg/L)	12000-15637	-
VFA/Alk	0.19-1.58	-
TCOD (mg/L)	36000-117440	-

TS : Total solid, VS : Volatile solid, MC : Moisture content
VFA : Volatile Fatty Acid
- : Not determined

로 단위는 cc/cm^3 이다. SLI는 단위 체적 당 유체의 유량이므로 cc/cm^3 로 정의 하였다.



A: Cylinder diameter B: Cylinder height C: Liquid effluent exit
D: Sawdust E: Collector

Figure 1. Experimental set up for filtration test.

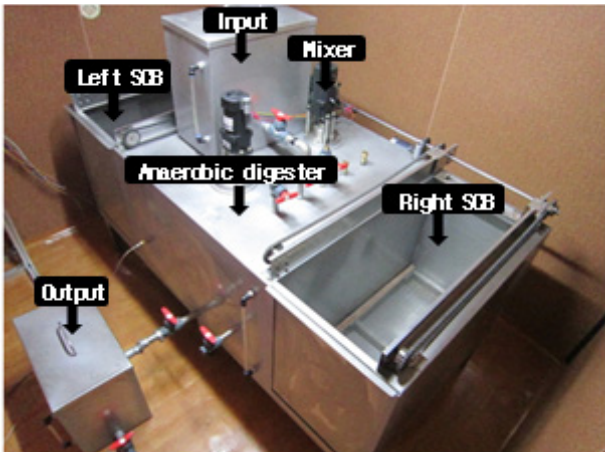


Figure 2. Picture of SCB-M system.

라. 혐기소화조

그림 2에서 혐기소화조는 전체 시스템의 중앙에 위치하여 연속식 소화조인 CSTR(continuous stirred tank reactor)방식을 사용한 완전혼합형으로 반응조의 용량은, 폭 1000 mm, 길이 1000 mm, 높이 700 mm의 총 체적 0.7 m^3 으로 이루어져 있으며 혐기조 내의 교반은 상부에 설치한 두 개의 교반모터를 이용하여 1시간마다 15분 동안 작동하였으며, 돈분의 투입 부하율 OLR(organic loading rate)은 $0.25 \text{ gVS}/\text{L} \cdot \text{day}$ 에서 $0.5 \text{ gVS}/\text{L} \cdot \text{day}$ 로 실험하여 투입된 돈분과 배출된 혐기소화액의 성분을 측정하였다.

마. Pilot SCB장치

그림 2에서 SCB장치는 전체 시스템의 좌측과 우측에 위치하고, 혐기소화조에서 배출된 소화액의 여과 성능을 실험하였다. 폭 500 mm, 길이 1000 mm, 높이 700 mm의 총 체적 0.35 m^3 으로 바닥에는 여과액 배출을 위한 배출구가 있고, 배출구 상단에는 철망을 설치하여 충전물 톱밥이 배출구로 낙하하는 것을 방지하였다. 실험에 사용된 톱밥의 부피는 0.19 m^3 으로 실시하였으며 혐기소화액의 투입량은 9 L를 하루 1회 투입하여 하루 동안 배출된 여과액의 성분을 측정하였다. 혐기소화액의 살포는 상부에 액비살포장치를 설치하여 균일하게 살포하였다.

바. 실험방법

SCB장치에 투입된 돈분의 투입량을 일정한 기준에 따라 설정하기 위하여 본 연구에서는 먼저 SCB장치에 사용되는 톱밥의 부피에 따라 투입되는 돈분소화물의 양을 실험하였다.

표 2는 SCB장치에 투입되는 돈분의 투입량을 결정하는 실험(실험 1)과 SCB장치의 톱밥의 함수율에 따른 투입량을 결정하기 위한 실험(실험 2) 및 pilot 규모의 SCB장치에서 여과성능 실험(실험 3)을 수행한 실험설계 내용이다.

실험 1과 2에서 실험은 총 부피 2 L인 실린더에 수행하였으며 톱밥의 부피는 퇴적 높이 20 cm, 부피 1.388 L로 설정되었다. 일정한 양의 톱밥을 사용하기 위하여 무게는 0.384 kg으로 동일하게 실험하였다. 실험 1에서는 SCB장치에 액체를 일정시간 간격

Table 2. Experimental design

Particulars	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3
Weight of sawdust (kg)	0.384	0.384	37
Volume of sawdust (cm^3)	1388	1388	190000
Measurement time (min)	15	60	-
Input quantity (cc)	60, 120, 240	240, 480	9000
MC (%)	-	55, 65, 75, 85	-
SLI (cc/cm^3)	0.04, 0.09, 0.17	0.17, 0.34	0.04

결과 및 고찰

으로 연속해서 투입했을 때 SCB장치를 통과 후 배출되는 양이 5%내의 변화로 정상상태(steady state)일 때의 시간을 측정하는 실험이다. 공급시간 간격은 15분이었고 연속투입 횟수를 측정하여 시간을 구하였다. 실험 2에서는 2 L 실린더에서 톱밥의 함수율을 55%부터 85%까지 설정하여 액체 투입 시, 투입 전에 톱밥의 함수율에 따른 톱밥의 흡수율 및 배출량을 측정하였으며, 실험 2에서 액체투입량은 240 mL와 480 mL이었고 배출량을 측정하는 시간은 총 60분이었다.

실험 3에 pilot SCB장치의 좌우측 각각의 체적은 0.35 m³이었으며, 톱밥은 좌우측에 각각 0.19 m³을 투입하여 실험하였다. 또한 돈분의 투입량은 실험 1과 2에서 정의된 SLI 0.04 cc/cm³의 투입비로 실험 하였다.

1) 투입량 기준의 결정(실험 1)

Pilot 규모 시스템의 여과장치에서 투입 될 돈분소화물의 양을 결정하기위해 여과 재료인 톱밥에 돈분소화물이 흡수되며 동시에 배출되는 현상을 실험하였다. 시간에 따라서 배출되는 양을 비 투입량 SLI에 따라 분석하였다. SLI는 0.04, 0.09, 0.17 cc/cm³이다.

2) 톱밥의 함수율에 따른 투입량 측정(실험 2)

Ryoo (2008)의 실험에서 일반적으로 퇴비화의 적정 수분 함량은 약 65%에서 이루어지며, 톱밥을 이용한 퇴비화 효율 실험에서 퇴비 발효상의 수분함량이 67~73%의 범위였다. 일반적으로 pilot 장치에서 여과장치 내에 톱밥의 함수율에 따라 실제로 투입될 돈분소화물의 투입량이 달라진다. 따라서 투입 전 톱밥의 함수율에 따른 돈분소화물의 투입량을 구명하기 위한 실험을 시행하였다.

3) Pilot 규모의 여과 효과실험(실험 3)

돈분에 함유되어 있는 유기물 등이 혐기소화 공정을 통해 분해과정을 거친 후 배출된 혐기소화액이 퇴비화공정을 통해 발효 여과함으로써 유기물 농도의 감소 및 안정화된 액비가 생산된다. 실험실 실험에서 나온 결과인 SLI에 따라 돈분소화물의 투입량을 결정하여 pilot 규모의 SCB장치에서 실험을 실시하였다. 실험에서 도출된 톱밥의 부피당 투입량 SLI 0.04 cc/cm³으로 투입된 소화액이 퇴단여과장치를 통하여 처리된 Bio-filtering 효과를 분석하였다.

가. SCB에 액체 투입 시 비 투입량(SLI)의 결정

SLI는 단위부피당 투입되는 액체의양을 나타내준 것으로 SCB장치에 소화물 투입 시 충전 된 톱밥의 부피에 따라 투입하는 소화물의 양을 결정해주기 위한 기준이 된다. 투입량은 SLI 0.04 cc/cm³, 0.09 cc/cm³, 0.17 cc/cm³ 일 때, 각 SLI에 따라 15분마다 60 mL, 120 mL, 240 mL을 투입하였으며, 또한 15분마다 배출량을 측정하는 결과는 그림 3과 표 3에 나타내었다.

여과 후 배출된 액체의 양은 SLI가 클수록 많았으며, 배출되는 양의 변화가 5%이내 일 때 측정하는 결과 SLI 0.09 cc/cm³, 0.17 cc/cm³의 투입비에서 투입횟수가 9번째, 7번째에서 여과액의 배출량이 일정해졌으며, SLI 0.04 cc/cm³ 일 때는 11번째부터 일정한 양이 되었다.

SLI 0.09 cc/cm³, 0.17 cc/cm³ 일 때, 투입횟수가 증가하면서 액체의 투입량과 배출량이 정상상태로 도달하는 시간이 짧았으나 SLI 0.04 cc/cm³의 경우는 배출량이 정상상태에 도달하는 시간이 오래 걸렸다. 따라서 SLI 0.04 cc/cm³의 양으로 투입할 시 액체의 체류시간이 길어지고 톱밥의 흡수율이 높은 것으로 판단된다.

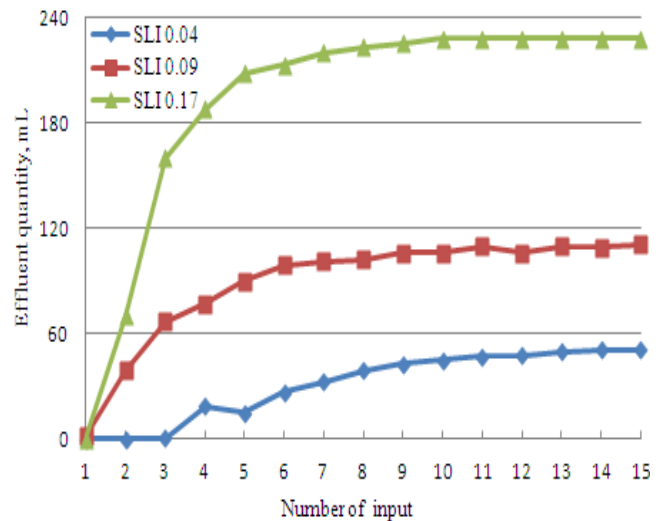


Figure 3. Quantity of effluent production at different number of input and SLI.

Table 3. Duration time taken to reach steady state at different SLI

SLI	0.04 cc/cm ³	0.09 cc/cm ³	0.17 cc/cm ³
Input volume (mL)	60	120	240
Number of input	11	9	7
Duration time (min)	165	135	105

나. 톱밥의 함수율에 따른 흡수율의 변화

톱밥의 함수율이 변화될 때 여과 특성을 파악하기 위하여 톱밥의 함수율(wet basis)을 각각 55%, 65%, 75%, 85%로 변화하여 액체를 1회 투입한 후 배출되는 여과액의 양을 측정한다. 결과는 표 4와 같다. 함수율에 따라서 변화되는 특성은 SLI 0.17(240 mL)과 0.34(480 mL) cc/cm³ 높은 투입유량에서 정상상태에 도달하는 시간을 단축하여 실험하였다.

톱밥의 함수율 75%, 85%에서는 5분후에 투입량의 60% 이상 배출되는 현상으로 여과효과가 없었으며, 함수율 65%일 때는 투입 후 5분 내에 투입량의 56%가 배출되었다. 55%일 때는 투입한 액체의 대부분을 톱밥이 흡수하여 60분이 지난 후 누적 배출량이 34 mL로 14%이하의 적은양이 배출되었다. 따라서

SCB장치에 돈분소화물 투입 시 충전물인 톱밥의 함수율이 65%이상 높을수록 톱밥의 흡수율이 낮아져 여과 성능이 떨어질 것으로 판단된다.

표 4와 5에서 실험 전 톱밥의 초기 함수율이 75% 조건에서 액체 유입량이 240 mL, 배출량이 227 mL가 되었지만 실험 후 톱밥의 함수율은 72% 감소하였다. 85%의 조건에서도 비슷한 양상을 보였다. 이는 배출량은 적지만 톱밥이 가질 수 있는 수분의 포화함수율을 초과하여 배출량은 적어도 실험 후 톱밥의 함수율이 75%이상 이 되지 않는 것으로 사료된다.

따라서 SCB장치의 운전 시 톱밥의 함수율이 70% 이상이 되면 수분이 포화 상태가 되어 운전이 적절하지 않다.

표 6은 같은 조건으로 톱밥의 초기함수율을 변화하여 액체를

Table 4. Amount of accumulated effluent (mL) for 60 min with SLI of 0.17 cc/cm³ at different moisture content of sawdust

Number of times input	Time (min)	MC of sawdust (%)			
		55	65	75	85
1	3	0	96	148	170
	5	0	134	185	201
	24	28	178	225	248
	40	32	184	227	254
	60	34	186	227	254

Table 5. Moisture content of sawdust at steady state condition according to the initial moisture content level (SLI 0.17 cc/cm³)

	Initial MC (%)			
	55	65	75	85
TS (%)	30	30	28	27
VS (%)	29.6	29.6	27.8	26.9
MC (%)	70	70	72	73

Table 6. Amount of accumulated effluent (mL) for 60 min with SLI of 0.34 cc/cm³ at different moisture content of sawdust

Number of times input	Time (min)	MC of sawdust (%)			
		55	65	75	85
1	3	110	324	358	370
	5	148	380	426	436
	24	192	434	482	510
	40	194	434	482	516
	60	194	434	482	516

Table 7. Moisture content of sawdust at steady state condition according to the initial moisture content level (SLI 0.34 cc/cm³)

	Initial MC (%)			
	55	65	75	85
TS (%)	29	28.7	27	26
VS (%)	28.9	28.5	26.8	25.5
MC (%)	71	71.3	73	74

SLI 0.34 cc/cm³ 대량 투입한 결과로서 SLI 0.17 cc/cm³ 같이 함수율 55%는 배출량이 투입량보다 감소하였고, 함수율이 높은 65%, 75%, 85%는 투입된 액체와 함께 톱밥의 수분이 일부 배출되어 배출량이 많았다. 따라서 55%와 65%에서는 톱밥의 포화함수율인 71~74%보다 낮아서 배출량이 투입량보다 작아졌다. 표 7은 실험 전 톱밥의 함수율이 위 표 5의 결과와 같이 톱밥이 가질 수 있는 수분의 포화함수율을 초과하여 배출량은 적어도 실험 후 톱밥의 함수율이 75% 이상이 되지 않는 것으로 사료된다.

다. SCB-M의 처리 및 여과 성능

1) 혐기소화조 처리 성능

혐기성소화조의 실험은 일정한 투입 부하율(OLR)을 유지하기 위하여 실험기간동안 투입 돈분의 특성을 측정하였으며 표 8에 나타냈다.

표 8은 혐기성소화 후 투입한 돈분에 따라 배출된 혐기소화액의 제거율을 분석하였으며 유기산(VFA)과 TCOD의 평균 제거율은 76%였다. 총 고형물(TS)은 평균 1.77로 투입한 돈분에서

48%가 제거되었고, 휘발성 고형물(VS)은 31.5%였으나 유입 돈분의 고형물함량이 낮고, 혐기소화조의 유기물 부하율(OLR)을 0.5 gVS/L·day로 낮은 투입량으로 운전되었기 때문에 TS, VS, NH₃-N 등이 상대적으로 적은 제거율이 나타났다. 혐기성소화 과정에서 미생물의 분해 작용에 의하여 메탄발효가 진행되어 유기산(VFA)은 감소하고, 알카리도(Alkalinity)는 증가하였다.

2) SCB장치 여과 성능

표 9는 SCB장치를 통한 혐기소화액의 여과처리 후 여과액의 제거율을 분석한 결과이며 총 질소(T-N, total nitrogen)는 혐기소화액에서 평균 10,484 mg/L였고 여과액은 7752 mg/L 이었고, 평균 제거율은 28%이었지만 일일 최고 64%까지 나타났다. TCOD는 혐기소화액과 여과액이 거의 같은 수준이었지만 일일 제거율은 최고 43%였으며, 또한 유기산(VFA)도 혐기소화액과 비슷하였지만 실험 초기에는 일일 최고 56%의 제거율이 나타났다. NH₃-N은 평균 1049, 1000 mg/L의 수준으로 평균 제거율이 59%였으며, 알카리도(Alkalinity)는 평균 제거율 95%였다.

Table 8. Anaerobic digester test results

Particulars	Influent-AD	Effluent-AD	Removal (%)
TS (%)	2.3-10.7	1.7-2.06	48
VS (%)	1.2-7.5	0.5-0.93	31.5
pH	8.07-8.82	8.10-8.55	-
NH ₃ -N (mg/L)	3620-7000	3420-4120	18.4
VFA (mg/L)	2930-19000	1363-2219	76
Alkalinity (mg/L)	12000-15637	15193-16848	-
VFA/Alk	0.19-1.58	0.082-0.133	-
TCOD (mg/L)	36000-117440	8400-15733	76.1

Influent-AD : Swine manure input to Anaerobic digester
Effluent-AD : Effluent of anaerobic digester

Table 9. Characteristics of effluent

Particulars	Effluent-AD	Effluent-SCBL	Effluent-SCBR	Removal (%)
TS (%)	0.7-1.6	1.1-2.9	1.1-2.3	-
VS (%)	0.23-0.64	0.46-1.25	0.44-0.84	-
pH	8.03-8.1	6.6-7	6.6-7	-
VFA (mg/L)	682-1421	606-1416	566-1452	-
Alkalinity (mg/L)	9056-15365	283-1186	380-1270	95
TCOD (mg/L)	3920-9780	4160-9760	5067-9800	-
T-C (mg/L)	1329-3699	2659-7225	2543-4855	-
T-N (mg/L)	6200-14245	3012-10652	3068-10155	28
NH ₃ -N (mg/L)	2030-3480	835-1365	775-1245	59

Effluent -SCBL : Effluent of left hand side SCB
Effluent-SCBR : Effluent of right hand side SCB

3) SCB장치의 여과액 배출량

실험실 실험에서 투입량에 따른 실험결과를 바탕으로 0.04 cc/cm³의 톱밥의 흡수율이 높은 투입량을 결정하여 15일간 SCB장치에 충전된 190 L의 톱밥에 혐기소화액을 매일 9 L씩 좌·우측에 투입하여 하루 동안 발생하는 여과액의 배출량을 표 10과 그림 4에 나타냈다. 그리고 배출 소화액을 투입하기 전 SCB장치 내에 충전된 톱밥의 함수율을 표 10과 그림 5에 나타냈으며 수분함량의 변화는 평균 70%를 유지하였으며, 좌·우측의 차이는 거의 없었다.

실험 초기 SCB장치에 충전된 톱밥의 함수율이 약 68%에서 매일 9 L씩 좌·우측에 투입하여 배출된 여과액의 양을 측정한 결과, 평균 배출량은 좌측 6.1 L였고 우측은 5.5 L의 여과액이 배출되어 각각 투입된 9 L에서 약 55%가 배출되었고, 45%의 양이 톱밥에 의해 흡수 혹은 증발이 나타났다.

Han 등(2000)은 돈분 슬러리를 투입하여 톱밥의 Bio-filtering 효과를 실험한 결과, 평균 배출량이 투입량의 약 43%였다. 이 실험에서는 고형물의 농도가 낮은 여과액이 아닌 TS가 3%이상의 것을 사용하였으며 송풍 Brower를 이용하여 송풍을 해주었기 때문에 결과를 비교해 볼 때, 본 실험에서 평균 TS 2% 이하의 여과액을 사용하여 송풍을 하지 않고 충분한 Bio-filtering 효과가 나타났음을 보여준다.

요약 및 결론

국내의 퇴비화시설에서 널리 사용되고 있는 부재료인 톱밥을 이용한 퇴비화처리 시 퇴비화공정에서 투입하는 돈분의 투입량에 대한 기준과 근거가 명확하지 않은 문제점이 있었으며, 바이오가스 플랜트에서 혐기소화 공정을 통해 메탄을 생산한 후 배

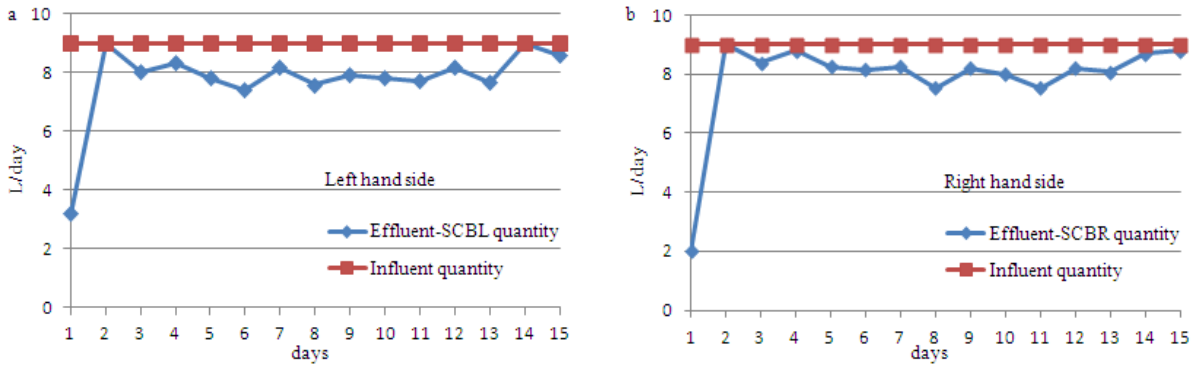


Figure 4. Effluent discharge (a) left and (b) right hand side.

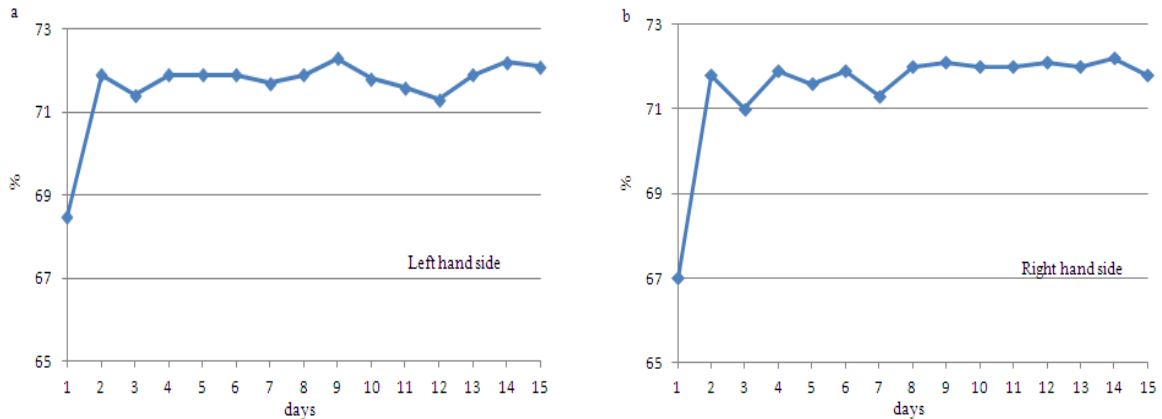


Figure 5. Moisture content of sawdust (a) left and (b) right hand side.

Table 10. Characteristics of effluent and sawdust

Particulars	TS of effluent-SCB (%)	Effluent-SCB production (L)	MC of sawdust (%)
Left hand side SCB	1.1~2.9 (1.9)	3.2~9 (6.1)	68.5~72.2 (70.4)
Right hand side SCB	1.1~2.3 (1.8)	2~9 (5.5)	67~72.2 (70)

출되는 혐기소화액의 안정적인 처리 방법이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 유기성 폐기물인 돈분을 처리할 때 부재료인 톱밥의 부피에 따라서 돈분의 투입량을 결정할 수 있는 적절한 조건을 실험실 실험을 통하여 구명하였으며 pilot 규모의 혐기소화조와 SCB장치를 연계한 시스템에서 혐기소화공정을 통한 1차적인 돈분의 처리성능을 구하고, 혐기소화 후 배출되는 혐기소화액을 SCB장치에서 2차적으로 여과하는 처리성능을 평가하였다.

- (1) 톱밥 1 cc당 액체 투입량의 값이 적을수록 액체 체류시간이 길어졌으며, 비 투입량 SLI 0.04 cc/cm³에서 0.09 cc/cm³까지는 톱밥이 액체를 대부분 흡수하여 액체의 체류시간이 길었다. 따라서 퇴비화공정에서 투입량은 액체의 체류시간 및 톱밥의 흡수율이 높은 0.09 cc/cm³의 투입비 범위 내에서 실험하는 것이 적절하다고 판단된다.
- (2) 톱밥의 흡수율 75% 이상에서는 투입량에 비하여 배출량이 비슷하거나 많기 때문에 흡수율이 낮아 여과 성능이 떨어졌으며, 75% 이하의 조건인 55%와 65%에서는 투입량의 대부분이 톱밥에 흡수되어 배출량이 적게 나타났다. 톱밥의 흡수율은 75% 이하로 유지하는 것이 적절한 것으로 판단된다.
- (3) 혐기소화조의 돈분 투입 부하율(OLR)을 0.25 gVS/L·day에서 0.5 gVS/L·day로 실험한 결과 돈분의 평균 제거효율은 총 고형물 48%, NH₃-N 18.4%, 휘발성 고형물 31.5%, 유기산과 TCOD 76%로 나타났다.
- (4) 혐기소화액을 퇴비단여과 처리 후 제거효율은 투입된 소화액 대비 총 질소는 평균 28% 제거되었고, 최고 64%의 제거율로 나타났다. NH₃-N은 평균 59%가 제거되었고, 최고 68%의 제거를 보였다. 유기산과 TCOD는 일일 최고 56, 43%였다. 사용된 소화액의 농도가 낮을 경우 고형물과 유기물 등의 제거율이 높게 나타나지 않으며 투입 부하율을 높여 실험을 할 경우, 제거율은 늘어날 것으로 판단된다.

본 연구의 결과는 SCB-M 시설의 운전 시 적용될 수 있으며 축산 농가에서 배출되는 가축분뇨를 전기로 생산하고 혐기소화조만을 가동하는 플랜트와 비교했을 때, 혐기소화조에서 배출된 액비를 SCB에서 한 번 더 여과처리 함으로써 보다 안정화된 고품질의 액비를 생산하여 에너지화 및 자연 순환의 산업으로 발전할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동 연구사업의 지원에 의해 이루어진 것이다.

References

- APHA, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20thed. American Public Health Assoc, Washington DC.
- Bae, Y. J., G. T. Suh and J. Y. Suh. 1994. A Study on the Composting of Sewage Sludge: Korea Institute of Construction Technology. (In Korean)
- Han, J. D., C. H. Park and W. K. Park. 2000. Development Swine Slurry Evaporation System Integrated Aerobic and Anaerobic (SESA²) Processes: Rural Development Administration. (In Korean)
- Han, J. H., S. H. Kim and H. G. Jung. 2008. Study on Treatment of Pig Carcasses using Environmental and Hygienic Techniques in Pig Farm: Rural Development Administration. (In Korean)
- Jeon, K. B., T. H. Yoon and C. H. Park. 2002. Swine Slurry Treatment by SCB Process. In: *Proceedings of the Korean Association of Organic Agriculture*, pp. 143-158. (In Korean)
- Lee, S. H., I. H. Kim, J. W. Hong, O. S. Kwon and J. W. Kim. 2001. Study of Chemical Parameters on Butchery wastes as a Bulking Agent in Composting of Swine Manure. *Journal of Organic Agriculture* 9(3):93-101. (In Korean)
- Ministry of Agriculture and Forestry, Ministry of Environment. 2004. Livestock manure management and utilization measures. (In Korean)
- Oh, T. S. and C. H. Kim. 2009. Composting Methods for Pig Sludge and the Stabilized Investigation of Crop Cultivation. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science* 29(1):51-62. (In Korean)
- Park, K. J. and J. H. Hong. 1999. Influence of Control Variables on the Aerobic Biodegradation Performance in Bin Composting System. *Journal of Biosystems Engineering* 24(4):359-364. (In Korean)
- Ryoo, J. W. 2008. A Practice-Oriented Study on Sawdust File Filtration Composting of High Moisture Pig Slurry. *Journal of Livestock Housing and Environment* 14(2): 129-138. (In Korean)
- Kim, J. H. 2009. A Study on the Policy Direction about Reutilization of Organic Waste for Low Carbon a Rural Community. MS thesis. Kyungpook National University, Department of environmental engineering. (In Korean)
- Statistics Korea. 2012. Online publication. <http://kostat.go.kr/wnsearch/search.jsp>. (In Korean)