Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association, 24(4), pp.95-103 (2016)
ISSN 1225-6498 eISSN 2508-3015 https://doi.org/10.17137/korrae.2016.24.4.95

Original paper

젖소분뇨 반 건식 혐기소화 잔재물의 고체연료화 가능성 평가

정광화†, 김중곤, 이동준, 조원모, B. Ravindran, 곽정훈
농촌진흥청 국립축산과학원

Evaluation of Solidified Fuel Value of Dairy Cattle Manure Digested by Semi-Dry Anaerobic Digestion Method

Kwang-Hwa Jeong†, Jung Kon Kim, Dong-jun Lee, Won-Mo Cho, B. Ravindran, Jung-Hoon Kwag
National Institute of Animal Science, RDA, Wanju-gun, Jeollabuk-do, South Korea

(Received: Nov. 10, 2016 / Revised: Dec. 14, 2016 / Accepted: Dec. 14, 2016)

ABSTRACT: The objective of this study was to investigate feasibility of semi-dry anaerobic digestion using dairy cattle manure and to evaluate solidified fuel value of semi-dry anaerobic digestate. To evaluate semi-dry anaerobic digestion using dairy cattle manure, 950 mL bottle type anaerobic reactor was set in the constant temperature room maintained at 35℃. To produce anaerobic digestate for making solidified fuel, acrylic cylindrical anaerobic digester(1,000 mm width × 450 mm height) was set in the constant room temperature to carry out batch test of semi-dry anaerobic digestion using same dairy cattle manure. Moisture content of dairy cattle manure and inoculum solution for anaerobic digestion were 80.64% and 96.83%, respectively. The dairy cattle manure and the inoculum solution was mixed by 1:1 ratio(v/v) for anaerobic digestion. Water content and VS/TS(Volatile Solids/Total Solids) of mixture of substrate and inoculum were 89.74% and 83.35%, respectively. In case of non-inoculated anaerobic digester, the biogas was not produced. By the semi-dry anaerobic digestion, the calorific value of the digestate was reduced by 20% compare to fresh dairy cattle manure. In other hand, ash content increased from 15% to 18.4%. The contents of Cr, Pb, Cd and S of pellet produced from anaerobically digested dairy cattle manure were not against the standard regulation for livestock manure solidified fuel. Therefore, it can be used as fuel that anaerobic digestate produced after semi-dry anaerobic digestion using dairy cattle manure.

Keywords: Semi-dry anaerobic digestion, Cow manure, Heating value, Solidified fuel

초 록: 본 연구는 젖소분뇨를 원료로 하여 반 건식 혐기소화 방법을 적용하였을 경우의 혐기소화 가능성을 분석하고 혐기소화 과정에서 배출되는 젖소분뇨 혐기소화 잔재물의 고체연료로서의 가치를 평가하기 위하여 수행되었다. 젖소분뇨의 반 건식 혐기소화 가능성을 평가하기 위하여 950 mL 용량의 반응조를 제작하여 회분식 혐기소화를 실시하였다. 이와 동시에 젖소분뇨 혐기소화 원료를 가로 1,000 mm, 세로 450 mm 크기의 기밀형 아크릴 반응조에 투입하고 항온실에서 중온 혐기소화를 실시한 후에 배출되는 혐기소화 잔재물을 고체연료화 실험

† Corresponding Author (e-mail: gwhaju@korea.kr)

원료로 사용하였다. 혐기소화 기질로 사용된 젖소분뇨의 수분함량은 80.64%였으며 젖소분뇨에 첨가한 식종액의 수분함량은 96.83% 수준이었다. 젖소분뇨를 혐기소화하기 위하여 젖소분뇨와 식종액을 1:1 비율로 혼합하였을 때의 수분함량과 VS/TS(휘발성 고형물/총고형물) 함량은 89.74%와 83.35% 수준이었다. 이 젖소분뇨를 혐기소화 한 결과 식종액을 혼합하였을 때 바이오가스가 생성된 반면에 식종액을 혼합하지 않은 경우에는 바이오가스가 거의 발생되지 않았다.
반 건식 혐기소화를 거친 젖소분뇨 혐기소화 잔재물은 신선분에 비해 열량가가 약 20% 정도 감소하였다. 반면에 회분은 15%에서 18.4%로 증가하였다. 젖소분뇨 혐기소화 잔재물울 고체연료 형태로 펠릿화하였을 경우 크롬과 납, 카드뮴, 황 등의 농도가 규제 수준보다 낮았다. 따라서 젖소분뇨를 혐기소화 하여 바이오가스를 회수하고 난후 혐기소화 잔재물을 고체연료화하여 연료로 활용하는 방법을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

주제어: 고체 연료, 반 건식 혐기소화, 열량가, 우분

1. 서 론

우리나라 축산업도 다른 산업과 마찬가지로 최근 수십여 년 동안 양적, 질적인 측면에서 급격한 발전을 이루어왔다. 가축의 생산성이 높아지고 농장단위에서의 사육규모도 확대되어서 최근 들어서는 부업규모의 축산업은 거의 찾아보기 어렵게 되었다. 젖소 사육 농가의 예를 살펴보면 2016년 9월 기준으로 20두 미만의 젖소를 사육하는 소규모 농가는 전체 농가중의 6.4%에 해당되며 이들 농가가 사육하는 젖소의 마리 수는 국내에서 사육되는 전체 젖소 마리 수의 0.8%에 지나지 않는다[6]. 이러한 양축농가의 규모 확대 추세는 돼지와 닭을 비롯한 타 축종에서도 같은 양상을 보이고 있다. 농가 규모의 대형화 현상은 그 지역에서 발생되는 가축분뇨의 양이 많아진다는 것을 의미한다. 실제로 몇몇 가축사육 밀집지역에서는 그 지역에서 감당할 수 있는 범위에 거의 도달하는 양의 가축분뇨가 발생하기도 한다.

그러나 가축분뇨는 유기물 함량이 약 80~90%에 달하고 작물의 영양원으로 전환될 수 있는 질소와 인, 칼륨 그리고 다양한 미량 원소들이 함유되어 있으므로 유기성 비료자원으로 사용될 수 있는 가치가 높다. 따라서 가축분뇨는 축사에서 수거한 후 고형상 분뇨는 퇴비로 그리고 액상분뇨는 액상비료, 즉 액비로 전환시킨 후 농경지에 비료자원으로서 환원되어지는 것이 일반적이다. 2015년 농림축산식품부 자료에 따르면 전체 발생 가축분뇨량 46,235천톤 중의 90.2%인 41,991천톤이 퇴비화(37,244천톤, 80.0%)와 액비화(4,747천톤, 10.2%) 방법에 의해 처리되었다[12]. 정부가 추진하고 있는 가축분뇨 처리 관련 정책방향 역시 발생된 가축분뇨를 퇴비나 액비 그리고 바이오가스나 고체연료 형태 등으로 최대한 자원화하여 자연으로 순환하는 것이다. 가축분뇨 자원화를 촉진시키기 위해 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙에 가축분뇨 퇴비화시설과 액비화시설 그리고 바이오가스화시설과 가축분뇨 고체연료화 시설의 설치기준을 정하여 둠으로써 가축분뇨 자원화 관련기술의 확대보급을 촉진하고 있다. 그러나 2016년 통계청 자료에 의하면 가축분뇨 퇴비나 액비의 주요 수용처가 되는 경작지의 면적이 1983년에 약 220만 ha였으나 2013년에는 171만 ha로 그리고 2015년에는 168만 ha로 지속적으로 줄어드는 것으로 나타나고 있어 가축분뇨 퇴비화나 액비화에 의한 자원화 확대에 걸림돌이 될 우려가 있다. 이러한 상황은 향후에는 경작지로 환원되는 퇴비나 액비는 고품질 위주로 시비되어야 하고 여분의 가축분뇨는 바이오가스나 고체연료로 최대한 전환하여 에너지자원 형태로 활용하여야 한다는 것을 의미한다. 이에 따라 가축분뇨 바이오가스화나 고체연료화 효율을 높이는 연구나 관련 기술의 개발이 이루어져야 한다. 현재 우리나라의 가축분뇨 에너지 자원화 현황을 조사한 연구결과에 따르면 가축분뇨 혐기소화는 돼지 분뇨 슬러리를 기질로 한 습식 혐기소화 방식이 주를 이루고 있으며 젖소분뇨와 같이 고형물 함량이 15% 내외인 축

분을 대상으로 하는 건식 혐기소화 방식의 적용 사례는 전무하다[5]. 돼지분뇨 슬러리를 대상으로 한 반 건식 혐기소화 수행결과에 대한 연구보고 사례[4]가 있기는 하지만 젖소분뇨에 대한 건식 혐기소화가 국내에 적용된 사례는 아직까지는 찾기가 어렵다[1].

따라서 본 연구에서는 젖소분뇨를 대상으로 하여 반 건식 혐기소화 기술의 적용가능성을 분석하고, 이 과정에서 발생하는 혐기소화 잔재물의 고체연료화 가능성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 젖소분뇨를 대상으로 한 반 건식 혐기소화 실험과 이 과정에서 발생하는 젖소분뇨 혐기소화 잔재물을 고체연료화 하는 두 가지 실험을 수행하였다.

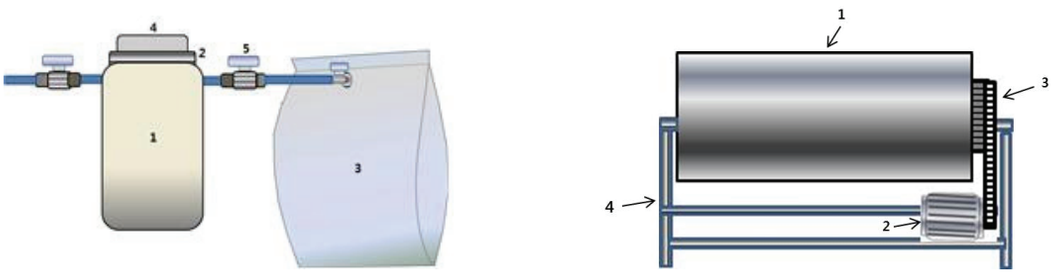
2.1 반 건식 혐기소화

젖소분뇨와 식종액을 혼합한 비율에 따라 발현되는 혐기소화 효율을 조사하기 위하여 Table 1에 표기된 시료를 원료로 하여 중온 조건하에서 혐기소화 실험을 실시하였다.

원활한 혐기소화 진행을 유도하기 위하여 돼지분뇨 슬러리를 이용하여 상업적으로 운영되고 있는 기존 혐기소화 시설의 혐기소화조에서 채취한 소화액을 젖소분뇨에 혼합하여 실험을 수행하였다. 식종액은 국내 B 군에서 운영 중인 돼지분뇨 슬러리 혐기소화시설의 혐기소화 조에서 채취해 온 소화액을 10일간 중온조건에서 혐기 배양시키고, 잔여가스를 제거한 후 식종액으로 사용하였다. 젖소분뇨 반 건식 혐기소화를 위해 젖소분뇨에 식종액을 부피기준으로 1.0 : 1.0 (젖소분뇨 : 식종액)과 1.0 : 0.5 그리고 1.0 : 0.0 비율로 혼합하는 정도에 따른 바이오가스 발생량 차이를 분석하였다. 바이오가스 생성량 측정을 위한 회분식 반응기는 950 ml bottle을 이용하였고, 반응기질(젖소분뇨)과 식종액을 비율별로 혼합 주입한 뒤 마개를 닫고 속건성 연성 실리콘(Silicon gasket maker)으로 기밀처리한 후 실험용기의 양측에 각각 설치된 밸브를 열고, 99.99% 고순도 질소(N_2)가스를 주입하여 산소를 제거한 후 밸브를 닫고 35℃ 조건에서 실험을 실시하였다. 실험기간 중 주기적으로 바이오가스 생산량과 바이오가스 성상을 측정하였으며, 반응기를 일정한 주기마다 흔들어서 반응기내의 기질을 교반하였다. BMP 측정을 위한 회분식 혐기반응기의 발생가스량 정량은 수주차식 습식 가스측정기를 이용하였다. 또한 젖소분뇨 혐기소화 잔재물을 생산하기 위하여 가로 1,000 mm, 세로 450 mm 크기의 기밀형 아크릴 혐기소화 반응조를 Fig. 1의 오른쪽에 도시된 형태로 제작하였으며 반응조는 프레임에 부착된 모터의 동력으로 1일 1회 교반하였다. 회전에 의해 젖소분뇨가 뭉쳐지지 않도록 내부에는 교반날을 별도로 설치하여 운영하였다. 각 반응기의 구성은 Fig. 1과 같다.

Table 1. Characteristics of cow manure and inoculum

Item	Water content (%)	Volatile solid (%)
Dairy cattle manure	80.64	88.48
Dairy manure 1.0 + Inoculum 1.0	89.74	83.35



1. Reactor 2. Sealant 3. Gas bag
4. Cab of reactor 5. Control valve

1. Reactor 2. Motor
3. Drive chain 4. Frame

Fig. 1. Schematic diagram of experimental anaerobic batch digestor

2.2 고체연료 가공실험 장치

Fig. 1의 우측에 도시된 혐기소화 반응조에서 배출된 젖소분뇨 혐기소화 잔재물의 고체연료화 가공을 위하여 회전 원통형 방식의 입상화 장치를 제작하여 실험을 수행하였다. 실험장치는 양측이 개방된 직경 500 mm, 길이 1,000 mm 규격의 스텐리스 원통 형태로 제작하였으며 인버터가 장착된 모터에 의해 45 rpm 수준으로 가동하였다. 젖소분뇨 혐기소화 잔재물의 고체연료 가공실험을 위해 제작한 실험장치의 외관은 Fig. 2에 나타난 바와 같다.

Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatuses for making solidified fuel

본 실험과정에서 발생한 시료의 분석은 AOAC (Official Methods of Analysis) 방법과 APHA (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) 시험법에 준하여 실시하였다[7,8].

3. 결과 및 고찰

본 실험에서는 두 가지 형태의 실험을 실시하였다. 첫 번째로는 젖소분뇨의 반 건식 혐기소화 가능성을 분석하였으며 두 번째로는 젖소분뇨 혐기소화 잔재물의 고체연료 가치를 평가하였다.

3.1 젖소분뇨 반 건식 혐기소화

실험에 사용된 식종액의 특성을 분석한 결과 TS 함량이 0.81%, VS 함량 0.30%, pH 8.3, alkalinity 12,100 mg/L, TVFA 64.0 mg/L as C2 수준이었다. 또한 식종액 중의 혐기 소화균을 분석한 결과 *Methanobacterial. es*가 5.55 logcopies/ml 수준이었고, *Methanosarcinal. es*는 9.1, *Methanomicrobial. es*가 7.97 그리고 *Methanococcal. es*가 6.83 logcopies/ml 수준이었다. 반면에 젖소분뇨에서는 상기 메탄균이 검출되지 않았다. 이 젖소분뇨에 식종액을 혼합하고 혐기소화하였을 경우에는 바이오가스가 생성되었으나 식종액을 혼합하지 않았을 경우에는 바이오가스 발생효과가 좋지 않았다. 이 결과는 Wilton Silva Lopes 등 (2004)이 회분식 반응조에 Fermentable organic fraction of municipal solid waste (POFMSW)를 기질로 하고 여기에 소의 반추위 액을 각각 100/0, 95/5, 90/10 그리고 85/15의 비율로 식종하여 혐기소화 실험을 수행한 결과 식종액 혼합이 혐기소화 효율을 증진시켰다고 보고한 결과와 유사한 것으로 볼 수 있다[10].

F. Raposo (2006) 등은 소의 사료로 사용하는 엔실리지용으로 발효한 옥수수를 채취하여 105℃에서 건조한 후 2 mm 체로 선별한 후 도시하수 혐기소화조에서 채취한 소화액을 식종액으로 하여 식종액과 기질을 75:25(비율 1), 75:37.5(비율 2), 75:50 (비율 3) 그리고 75:75(비율 4) 수준으로 혼합하여 실험을 수행하였다[11]. 이 실험 결과 메탄 생성량은 식종액 접종비율이 높은 순에서부터 낮은 순에 따라 각각 233, 210, 211 그리고 196 ml/g.VS 수준으로 발생함으로써 식종액 비율이 높은 처리구에서 약간 높아지는 결과를 보인 것으로 보고하였다. 이 결과는 본 실험에서 얻은 결과와 유사한 것으로 판단된다. Fig. 3은 본 실험에서 수행한 젖소분뇨와 식종액 혼합여부에 따른 바이오가스 발생 누적량을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

실험 결과 Fig. 3에 나타난 바와 같이 식종액을 혼합한 젖소분뇨 혐기소화 반응조에서의 바이오가스 발생량이 많았다. 반면에 식종액을 혼합하지 않은 반응조의 바이오가스 발생량은 극히 낮은 것으로 나타났다. 식종액 혼합수준별로는 식종액과 젖소분뇨를 1.0 : 1.0 으로 혼합한 경우가 식종액과 젖소분뇨를 0.5 : 1.0 수준으로 혼합한 경우보다 바이오가스 발생량이 더 많은 것으로 나타났다. 박우균(2010) 등은 돼지 분뇨 슬러리를 대상으로 교반

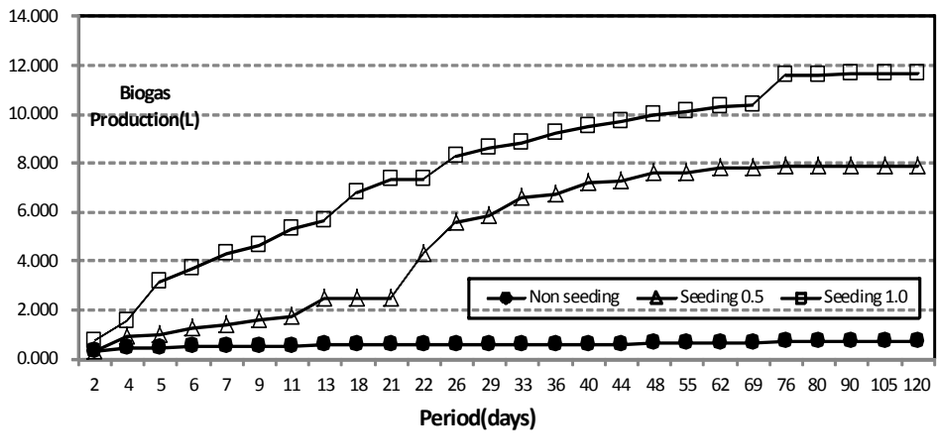


Fig. 3. Variation of cumulative biogas production by inoculum

강도와 식종수준에 따른 혐기소화 효율을 분석한 실험에서 최적의 운전조건은 투입되는 TS 농도 3~5% 정도의 유기물 농도와 50% 수준의 식종슬러지의 식종비율이라 하였고, 유기물 농도가 높아지면 바이오가스 발생 누적량이 늘어난다고 하였다[3].

Bani Kheiredine et al..(2014)은 낙농폐수를 사용하여 S/I를 각각 0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 수준으로 조절하여 고온 혐기소화를 실시한 결과 S/I가 높을 경우 메탄 발생 누적량이 높았다고 하였다[9].

본 실험 결과를 종합하여 판단하여 볼 때, 우분을 이용한 반 건식 혐기소화에 의한 바이오가스 생산이 충분히 가능한 것으로 판단된다. 젖소분뇨를 혐기소화한 후 배출된 잔존물의 특성을 분석한 결과는 Table 2와 같다.

젖소분뇨를 반 건식 혐기소화 함에 따라 최초 19.23 % 수준이었던 유기물함량이 혐기소화 후에는 7.08 % 수준으로 감소하였다. 젖소분뇨와 혐기소화 잔재물에서 E. coli O157:H7 과 Salmonella spp. 등은 검출되지 않았다.

3.2 젖소분뇨 반 건식 혐기소화 잔재물의 고체연료화 효율평가

건식 혐기소화 잔재물의 특성을 분석한 결과를 Table 3에 수록하였다.

Table 2. Change in contents of dairy cattle manure by anaerobic digestion

Parameters	Dairy cattle manure	Anaerobically digested manure	Sawdust
T-N (%)	0.45	0.41	0.061
T-P (%)	0.16	0.16	0.034
T-K (%)	0.21	0.22	0.020
OM (%)	19.23	7.08	99.28
As (mg/kg)	-	-	-
Cd (mg/kg)	-	-	-
Hg (mg/kg)	-	-	-
Pb (mg/kg)	-	3.14	-
Cr (mg/kg)	0.56	1.86	0.78
Cu (mg/kg)	8.61	2.87	1.17
Ni (mg/kg)	1.74	0.91	-
Zn (mg/kg)	30.49	67.87	5.07
E. coli O157:H7	ND	ND	ND
Salmonella spp.	ND	ND	ND

Table 3. Characteristics of cattle manure and AD waste

Item	pH	VS(%)	C(%)	H(%)	N(%)	S(%)
Dairy cattle manure	8.21	85.32	42.74	5.73	2.22	0.65
AD waste(dairy cattle manure)	7.32	68.56	41.12	5.74	2.24	0.62

Table 4. Effect on fuel properties of anaerobically digested cattle manure by mixing sawdust

Item	Water content (%)	Specific gravity (kg/㎥, DM)	Calorific value (kcal./kg)
AD waste(dairy cattle manure)	76.8	244	1,626
AD waste + Sawdust	64.6	185	2,512

젖소분뇨를 혐기소화 함에 따라 VS와 탄소 함량이 감소하는 추세를 보였다. 이 결과는 혐기소화과정에서 젖소분뇨 중에 함유된 VS와 탄소성분이 바이오가스로 전환되면서 소비된것에 기인하는 것으로 판단된다.

혐기소화를 거친 젖소분뇨를 고체연료화 하는 과정에서 톱밥을 혼합하였을 때의 특성 변화는 Table 4에 나타난 바와 같다.

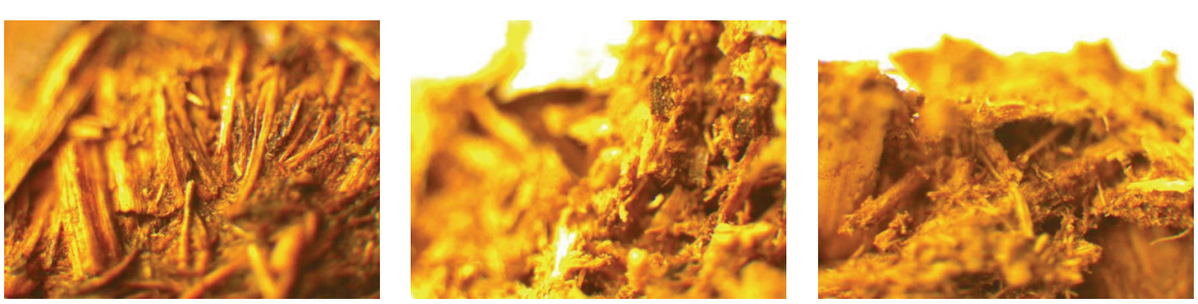
반 건식 혐기소화를 거친 젖소분뇨에 톱밥을 혼합하였을 경우 수분이 감소하여 고체연료로의 가공성이 좋아지는 효과가 있었으며 열량 값이 높아지는 효과가 있었다. 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙 별표 4의 2에서 정한 가축분뇨 고체연료의 성분 등에 관한 품질기준에서는 가축분뇨에서 일부 에너지를 회수한 후 가축분뇨 고체연료로 가공하는 경우에는 저위발열량이 2,000 kcal/kg 이상이 되어야 한다고 정하고 있다. Table 5는 혐기소화된 젖소분뇨에 톱밥을 혼합하여 펠릿화한 시료를 완전 건조한 후의 발열량 값을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

혐기소화 과정을 거친 젖소분뇨에 톱밥을 혼합할 경우 고위발열량 값이 약 20% 정도 증가하는 결과를 보였다. 이 결과는 김성중 등(2013)이 우분에 톱밥을 혼합할 경우 가연분이 72.56%에서 83.52%로 약 10% 가량 높아졌으며 발열량도 증가하였다고 보고한 것과 유사한 결과이다[2]. Fig. 4는 건조된 우분 고체연료의 현미경적 외관을 촬영한 것이다.

Fig. 4는 본 실험에서 제조한 젖소분뇨 고체연료의 외관을 40배 확대한 현미경 사진이다. 가공된 젖소분뇨 고체연료의 표면과 절단면 그리고 파쇄된 부위에도 존재하고 있는 것으로 나타났다. 톱밥은 리그닌이나 셀룰로오스 등과 같은 물질을 함

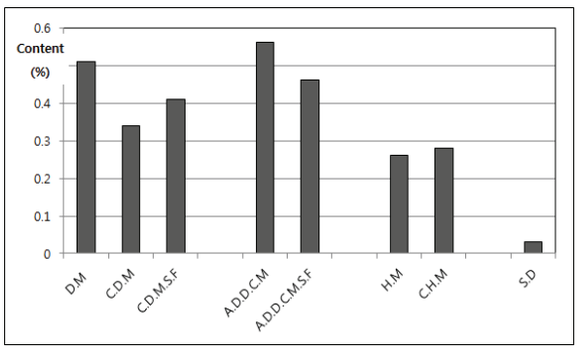
Table 5. Change of calorific value of dairy cattle manure by adding sawdust

Item	Calorific value (kcal/kg)
AD waste (Dairy cattle manure)	2,850
Dairy cattle manure + sawdust	3,419

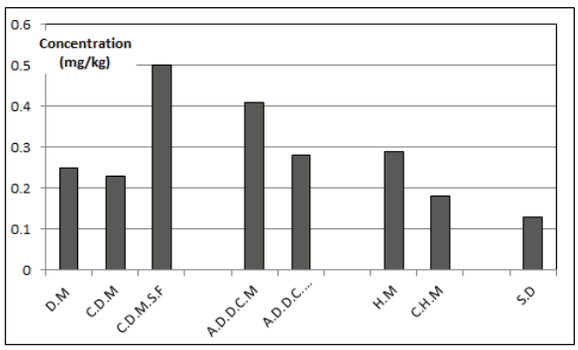


Surface Cross-section Fragment

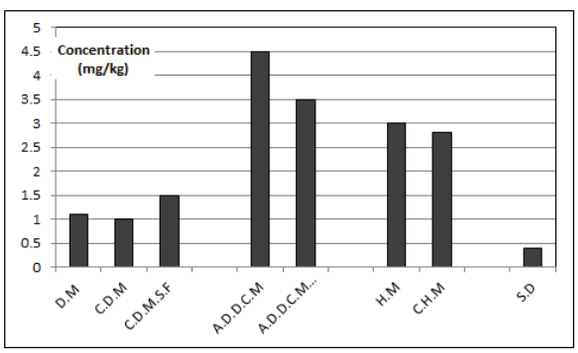
Fig. 4. Micrographs of solidified fuel made of dairy cattle manure (x40)



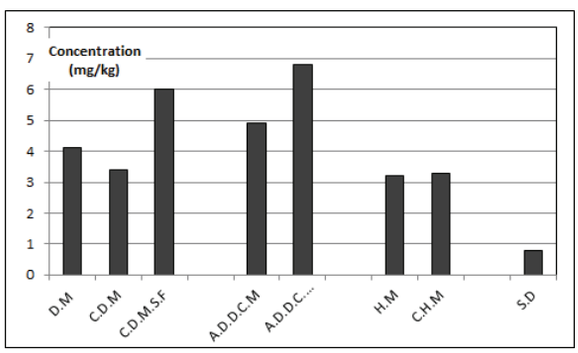
Sulfur content of livestock manure solidified fuell
(Regulation : ≤ 2%)



Cadmium concentration of livestock manure solidified fuel
(Regulation : ≤ 9.0mg/kg)



Lead concentration of livestock manure solidified fuel
(Regulation : ≤ 200.0mg/kg)



Chromium concentration of livestock manure solidified fuel
(Regulation : ≤ 70.0mg/kg)

DM : Dairy cattle manure, CDM : Compressed dairy cattle manure, DCMSF : Dairy cattle manure solidified fuel mixed with sawdust, ADDCM : Anaerobically digested dairy cattle manure, ADDCMSF : Anaerobically digested dairy cattle manure solidified fuel mixed with sawdust,
HM : Hanwoo manure, CHM: Compressed Hanwoo manure, SD : Sawdust

Fig. 5. Content of regulated elements of livestock manure solidified fuel

유하고 있기 때문에 우분에 톱밥을 혼합하면 섬유소가 증가되는 효과를 가진다. 축분 고체연료를 사용하기 위해서는 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙 별표 4의 2에서 정한 가축분뇨 고체연료의 성분 등에 관한 품질기준에 적합하여야 한다. Fig. 5는 본 실험에서 제조된 축분 고체연료의 성분을 분석한 결과와 품질기준 규정농도를 비교한 것이다.

본 실험에서 가공된 축분 고체연료의 성분을 분석한 결과 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙 별표 4의 2에서 정한 가축분뇨 고체연료의 성분 등에 관한 품질기준을 충족하는 것으로 나타났다. 아래 Table 6은 수분과 회분함량을 분석한 결과이다.

젖소분뇨를 고체연료화한 펠릿 가공품의 수은과 회분 함량도 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙 별표 4의 2에서 정한 가축분뇨 고체연료의 성분 등에 관한 품질기준에 적합에 부합하는 결과를 나타냈다.

Table 6. Characteristics of livestock manure solidified fuel

Parameters	Hg (mg/kg)	Ash (%)	Water content (%)
Regulation	〈1.20	〈30	〈20
DM	N.D	15.0	〈20
CDM	N.D	14.3	〈20
DCMSF	N.D	15.2	〈20
ADDCM	N.D	18.4	〈20
ADDCMSF	N.D	18.8	〈20
HM	N.D	16.3	〈20
CHM	N.D	15.5	〈20
SD	N.D	0.3	〈20

DM : Dairy cattle manure, CDM : Compressed dairy cattle manure, DCMSF : Dairy cattle manure solidified fuel mixed with sawdust, ADDCM : Anaerobically digested dairy cattle manure, ADDCMSF : Anaerobically digested dairy cattle manure solidified fuel mixed with sawdust, HM : Hanwoo manure, CHM: Compressed Hanwoo manure, SD : Sawdust

4. 결 론

젖소분뇨를 대상으로 하여 반 건식 혐기소화 가능성을 평가하고 혐기소화 잔존물의 고체연료화 가능성을 평가한 연구 결과를 요약한 결론은 아래와 같다.

1. 식종액의 혼합수준이 1.0인 젖소분뇨 혐기소화 반응조에서의 바이오가스 발생량이 많았고 식종액을 혼합하지 않은 반응조의 바이오 가스 발생량은 극히 낮은 것으로 나타났다.

2. 젖소분뇨를 대상으로 하여 적정한 식종조건을 충족하면 젖소분뇨를 대상으로 하는 반 건식 혐기소화가 가능할 것으로 판단된다.

3. 가공된 젖소 분과 우분 고체연료는 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙 별표 4의 2에서 정한 가축분뇨 고체연료의 성분 등에 관한 품질기준에서 정한 회분과 황 그리고 규정 중금속 등의 기준치를 충족하였다.

본 연구에서 수행한 가축분뇨 연료화 실험결과를 종합하여 보면 젖소분뇨를 혐기소화한 후의 혐기소화 잔재물을 고체연료로 가공하여 활용할 수 있는 가능성이 있는 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구과제인 가축분뇨 고형연료 열량증대 기술개발(PJ010948012016)과정에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

References

1. Kang, Ho, Jeong, K. H., Jeong, J. H., Kim, S. W., Ahn, H. K., "Anaerobic Ultimate Biodegradability and Multiple Decay Rates of Dairy Cow Manure" Journal of Korea Society of Waste Management, 31(8), pp. 833-842. (2014).
2. Kim, S. J., Lee, J. H., "A study on the possibility that livestock waste to RDF", Journal of The Organic Resource Recycling Association, 21(2), pp. 53-57. (2013).
3. Park, W. K., Jun, H. B., Kwon, S. I., Chae, K. J., Park, N. B., "Optimum Recovery of Biogas from Pig Slurry with Different Compositions", Korean Journal of Environmental Agriculture, 29(2), pp. 197-205. (2010).
4. Oh, S. E., Lee, M. K., Kim, D. H., "Continuous Mesophilic-Dry Anaerobic Digestion of Organic Solid Waste ", J. of KSEE, 31(5), pp. 341-345. (2009).
5. Jeong, K. H., Kim, J. K., Modabber Ahmed Khan, Han, D. W., Kwag, J. H., "A Study on the Characteristics of Livestock Manure Treatment Facility in Korea", Journal of The Organic Resource

Recycling Association, 22(4), pp. 28-44. (2014).
6. "Statistics of National Agriculture, Food", National Statistical Office of Korea (2016).
7. AOAC., "Official Methods of Analysis", AOAC INTERNATIONAL, (2007).
8. APHA., "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 21th Edition. (2005).
9. Bani Kheiredine, Kerroum Derbal, Mosaab Bencheikh-Lehocine, "Effect of Inoculum to Substrate Ratio on Thermophilic Anaerobic Digestion of the Dairy Wastewater", Chemical Engineering Transactions, 37, pp. 865-870. (2014).
10. Wilton Silva Lopes, Valderi Duarte Leite, Shiva Prasad, "Influence of Inoculum on Performance of Anaerobic Reactors for Treating Municipal Solid Waste", Bioresource Technology, 94, pp. 261-266. (2004).
11 F. Raposo, C. J. Banks, I. Siegert, S. Heaven, R. Borja, "Influence of Inoculum to Substrate ratio on the Biochemical Methane Potential of Maize in Batch Tests", Biochemistry, 41, pp. 1444-1450. (2006).
12. Korean Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair, "Yield of Livestock Manure in South Korea", (2016).