(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년12월26일
(11) 등록번호 10-1932470
(24) 등록일자 2018년12월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B09B 3/00 (2006.01) *B01D 35/02* (2006.01)
B01F 7/08 (2006.01) *B02C 18/00* (2006.01)
C02F 3/28 (2006.01) *C12N 1/00* (2017.01)
(52) CPC특허분류
B09B 3/00 (2013.01)
B01D 35/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0162777
(22) 출원일자 2017년11월30일
심사청구일자 2017년11월30일
(56) 선행기술조사문헌
KR101066124 B1*
KR1020130020444 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
오세은
대전광역시 서구 둔산로 155, 117동 903호 (둔산동, 크로바아파트)
조경민
대전광역시 중구 보문산로 31 한밭가든아파트 103동 802호
(74) 대리인
특허법인 플러스

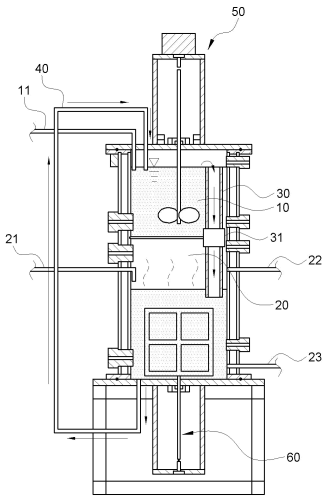
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 류시웅

(54) 발명의 명칭 **유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화 장치**

(57) 요 약

본 발명은 유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화장치에 관한 발명이다. 더욱 구체적으로 수분 함량이 30% 이하인 건식 폐기물과 수분이 다량 포함된 습식 폐기물을 함께 처리하기 위한 장치로써, 발효에 소요되는 시간차에 의한 쇼트 현상을 개선하기 위한 혐기성 소화장치에 관한 발명이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01F 7/08 (2013.01)
B02C 18/0092 (2013.01)
C02F 3/28 (2013.01)
C12N 1/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20163010092150
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 신재생에너지 핵심기술개발사업
연구과제명 유기성 폐바이오매스를 활용한 기상/액상 바이오연료 동시 생산 시스템 기술개발
기 여 율 1/1
주관기관 대호산업(주)
연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.30
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

유기성 폐기물 처리를 위한 혐기성 소화장치에 있어서,

건식 축산폐기물이 혐기성 미생물 및 하부 반응조에서 반송되는 슬러지에 의해 가수분해 및 산발효되어 액상 축산폐기물이 생성되는 상부 반응조;

상기 상부 반응조의 하부에 직렬로 위치하며, 상기 상부 반응조에서 유입되는 액상 축산폐기물 및 습식 폐기물이 메탄생성 미생물에 의해 분해되는 하부 반응조;

상기 상부 반응조와 하부 반응조의 내부에 설치되며, 유입구가 상부 반응조에 형성되고, 유출구가 하부 반응조에 형성되어, 상기 상부 반응조에 추가로 투입되는 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물의 부피만큼 상기 액상 축산폐기물이 부상하여 하부 반응조로 유입되도록 하는 내부배관; 및

상기 하부 반응조의 하단에 존재하는 슬러지를 상부 반응조로 반송하는 반송라인;

을 포함하며,

상기 내부배관 상에 개폐수단이 구비되고, 상기 개폐수단은 상기 하부 반응조에서 생성되는 바이오 가스를 이용하여 개폐되는 슬라이드 밸브인, 유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 상부 반응조에 포함되는 제 1 교반수단; 및

상기 하부 반응조에 포함되는 제 2 교반수단;을 포함하며,

상기 제 1 교반수단 및 제 2 교반수단은 하나의 모터에 의해 구동되는, 유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화장치.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 내부배관은 유입구가 일정높이에 형성되어, 상기 상부 반응조에 추가로 투입되는 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물의 부피만큼 상기 액상 축산폐기물이 부상하여 상기 유입구에 유입되는, 유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 하부 반응조에서 생성되는 바이오 가스를 저장하는 바이오 가스 저장조 및 상기 바이오 가스 저장조로 바이오 가스를 이송하기 위한 바이오 가스 수송관을 더 포함하는, 유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화장치.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 바이오 가스 저장조의 후단에 멤브레인 필터를 더 포함하는, 유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화장치.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 하부 반응조에 유입되는 습식 폐기물을 분쇄하여 상기 하부 반응조에 공급하기 위한 분쇄조를 더 포함하는, 유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화장치.

청구항 9

제 1항 내지 제 3항 및 제 6항 내지 제 8항에서 선택되는 어느 한 항의 혐기성 소화장치를 이용한 유기성 폐기물 처리방법에 있어서,

a) 상부 반응조에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 투입하여 반응시키고, 하부 반응조에 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물을 투입하여 반응시키는 단계;

b) 상기 상부 반응조의 건식 축산폐기물이 가수분해 및 산발효 되어 액상 축산폐기물이 되면, 상기 상부 반응조에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 추가로 투입하고, 추가된 부피만큼 상기 액상 축산폐기물을 내부배관을 통해 하부 반응조로 이송하여 하부 반응조의 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물과 함께 메탄 발효를 수행하여 바이오가스를 생성하는 단계; 및

c) 상기 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물이 추가된 상부 반응조에 상기 하부 반응조에서 반송되는 슬러지를 투입하여 가수분해를 가속화하는 단계;

를 포함하며,

상기 내부배관 상에 개폐수단이 구비되고, 상기 개폐수단은 상기 하부 반응조에서 생성되는 바이오 가스를 이용하여 개폐되는 슬라이드 밸브인 유기성 폐기물 처리방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 상부 반응조의 수리학적 체류시간은 3 내지 5일이고, 상기 하부 반응조의 수리학적 체류시간은 25 내지 27일인 유기성 폐기물 처리방법.

청구항 11

제 9항에 있어서,

상기 b)단계에서 생성된 바이오 가스를 멤브레인 필터에 통과시켜 정제하는 단계를 더 포함하는 유기성 폐기물 처리방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화장치에 관한 발명이다. 더욱 구체적으로 수분 함량이 30% 이하인 건식 폐기물과 수분이 다량 포함된 습식 폐기물을 함께 처리하기 위한 장치로써, 발효에 소요되는 시간차, 즉 수리학적 체류시간의 차에 의한 쇼트 현상을 개선하기 위한 혐기성 소화장치에 관한 발명이다.

배 경 기 술

[0002] 혐기성 발효 공정은 절대적으로 산소가 존재하지 않는 조건 하에서 생분해 가능한 유기물이 다단계 생화학 반응을 거쳐 메탄(CH_4)과 이산화탄소(CO_2) 등의 바이오가스로 최종 분해되는 과정으로 정의할 수 있다.

[0003] 혐기성 발효 공정에 의해 발생된 바이오가스는 약 50 ~ 75 부피%의 메탄, 약 25 ~ 50 부피%의 이산화탄소로 주로 구성되며, 불순물로 약 0.1 부피% 미만의 공기, 약 7,000 ~ 8,000 ppm의 황화수소, 약 40 ppm의 실록산 등 기타 미량의 성분들을 포함하고 있다. 이와 같은 바이오가스는 천연가스(natural gas), 자동차연료(vehicle fuel) 등으로 활용될 수 있다.

[0004] 이러한 바이오가스를 생산하는 혐기성 소화장치에 관한 연구들이 계속되고 있다.

[0005] 혐기성 미생물이 분해하기 위해서는 영양분이 필요한데, 가축분뇨는 인이나 질소 등 혐기성 미생물이 필요로 하는 영양분을 가지고 있다. 그러나 가축분뇨는 대부분 수분 함량이 30% 이하인 건식 폐기물이므로 습식 폐기물인 음식물 폐기물과 동시에 혼합하여 발효하는 경우, 음식물 폐기물은 상대적으로 빨리 분해가 일어나고, 가축분뇨는 상대적으로 분해가 느리게 되어 혼합이 잘 되지 않아 전체 반응공정 시간이 길어지거나 교반기에 쇼트가 발생하여 소화조 운영에 어려움이 있었다. 이에 따라 종래의 장치들은 건식 폐기물을 별도의 반응조에 분리하여 가수분해한 후, 액상 폐기물이 들어있는 산발효조로 이송하거나, 또는 건식 폐기물에 다량의 물을 첨가하여 분쇄하는 등의 전처리 공정을 필요로 하였다.

[0006] 또한, 종래의 혐기성 소화장치들은 병렬로 연결되어 하나의 반응조에서 가수분해 및 산발효가 진행되면 이송라인을 통해 병렬로 연결된 메탄발효조로 이송이 되어 메탄발효가 진행되는데, 이러한 경우 장치를 설치하기 위한 부피가 크게 차지하여 부지가 많이 필요로 하므로 경제적으로 부담이 되는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 건식 상태의 폐기물을 별도로 분쇄하거나, 물을 첨가하여 액상화할 필요 없이 건식 상태로 그대로 적용 가능하며, 상하 직렬로 일체화 된 장치를 사용함으로써 장치를 설치하는데 소요되는 부지가 적게 필요하므로 경제적인 혐기성 소화 장치를 제공하고자 한다.

[0008] 또한 본 발명은 유기성 폐기물로부터 고순도의 바이오 가스를 생성할 수 있는 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 양태는 유기성 폐기물 처리를 위한 혐기성 소화장치에 있어서,

[0010] 건식 축산폐기물이 혐기성 미생물 및 하부 반응조에서 반송되는 슬러지에 의해 가수분해 및 산발효되어 액상 축산폐기물이 생성되는 상부 반응조;

[0011] 상기 상부 반응조의 하부에 직렬로 위치하며, 상기 상부 반응조에서 유입되는 액상 축산폐기물 및 습식 폐기물이 메탄생성 미생물에 의해 분해되는 하부 반응조;

[0012] 상기 상부 반응조와 하부 반응조의 내부에 설치되며, 유입구가 상부 반응조에 형성되고, 유출구가 하부 반응조에 형성되어, 상기 상부 반응조에 추가로 투입되는 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물의 부피만큼 상기 액상 축산폐기물이 부상하여 하부 반응조로 유입되도록 하는 내부배관; 및

[0013] 상기 하부 반응조의 하단에 존재하는 슬러지를 상부 반응조로 반송하는 반송라인;

[0014] 을 포함하는 유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화장치에 관한 것이다.

[0015] 본 발명의 또 다른 양태는 상기 혐기성 소화장치를 이용한 유기성 폐기물 처리방법으로,

[0016] a) 상부 반응조에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 투입하여 반응시키고, 하부 반응조에 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물을 투입하여 반응시키는 단계;

[0017] b) 상기 상부 반응조의 건식 축산폐기물이 가수분해 및 산발효 되어 액상 축산폐기물이 되면, 상기 상부 반응조에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 추가로 투입하고, 추가된 부피만큼 상기 액상 축산폐기물을 내부배관을 통해 하부 반응조로 이송하여 하부 반응조의 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물과 함께 메탄 발효를 수행하여 바이오가스를 생성하는 단계; 및

[0018] c) 상기 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물이 추가된 상부 반응조에 상기 하부 반응조에서 반송되는 슬러지를 투입하여 가수분해를 가속화하는 단계;

[0019] 를 포함하는 유기성 폐기물 처리방법에 관한 것이다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 혐기성 소화장치는 건식 형태의 가축분뇨에 물을 첨가하거나, 분쇄하지 않고 건식 상태 그대로 사용할 수 있으므로 별도의 물이 첨가되지 않아 반응조의 크기를 크게 줄일 수 있다.

[0021] 또한, 건식 상태의 폐기물을 가수분해 및 산발효 한 후 습식 폐기물과 혼합하여 발효함으로써, 수리학적 체류시간(hydraulic retention time, HRT)을 현저히 줄일 수 있다.

[0022] 또한 상부 반응조에서 액상화되어 유입되는 액상 축산폐기물과 하부 반응조로 유입되는 습식 폐기물의 양과 수리학적 체류시간을 고려하여 일정시간 동안 반응 후 하부 반응조의 폐슬러지를 방류하고, 방류된 양 만큼 다시 액상 축산폐기물과 습식 폐기물을 주입함으로써 연속적으로 바이오 가스를 생성할 수 있다.

[0023] 또한, 처리효율이 증가된 혐기성 소화장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 양태에 따른 혐기성 소화장치를 나타낸 것이다.

도 2는 발명의 일 양태에 따른 혐기성 소화장치를 이용하여 용해성의 화학적 산소 요구량(soluble chemical oxygen demand, SCOD)을 측정한 결과이다.

도 3은 발명의 일 양태에 따른 혐기성 소화장치를 이용하여 메탄 함량을 측정한 결과이다.

도 4는 본 발명의 일 양태에 따른 혐기성 소화장치를 나타낸 사진이다.

도 5는 본 발명의 일 양태에 따른 바이오 가스 정제과정을 나타낸 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하 첨부된 도면들을 포함한 구체예 또는 실시예를 통해 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 다만 하기 구체예 또는 실시예는 본 발명을 상세히 설명하기 위한 하나의 참조일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 여러 형태로 구현될 수 있다.

[0026] 또한 달리 정의되지 않는 한, 모든 기술적 용어 및 과학적 용어는 본 발명이 속하는 당업자 중 하나에 의해 일반적으로 이해되는 의미와 동일한 의미를 갖는다. 본 발명에서 설명에 사용되는 용어는 단지 특정 구체예를 효과적으로 기술하기 위함이고 본 발명을 제한하는 것으로 의도되지 않는다.

[0027] 또한 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 사용되는 단수 형태는 문맥에서 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 의도할 수 있다.

[0029] 본 발명의 일 양태는 유기성 폐기물 처리를 위한 혐기성 소화장치에 있어서,

[0030] 건식 축산폐기물이 혐기성 미생물 및 하부 반응조에서 반송되는 슬러지에 의해 가수분해 및 산발효되어 액상 축산폐기물이 생성되는 상부 반응조;

[0031] 상기 상부 반응조의 하부에 직렬로 위치하며, 상기 상부 반응조에서 유입되는 액상 축산폐기물 및 습식 폐기물이 메탄생성 미생물에 의해 분해되는 하부 반응조;

[0032] 상기 상부 반응조와 하부 반응조의 내부에 설치되며, 유입구가 상부 반응조에 형성되고, 유출구가 하부 반응조에 형성되어, 상기 상부 반응조에 추가로 투입되는 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물의 부피만큼 상기 액상 축산폐기물이 부상하여 하부 반응조로 유입되도록 하는 내부배관; 및

[0033] 상기 하부 반응조의 하단에 존재하는 슬러지를 상부 반응조로 반송하는 반송라인;

[0034] 을 포함한다.

[0035] 본 발명의 일 양태에서, 상기 상부 반응조에 포함되는 제 1 교반수단; 및

[0036] 상기 하부 반응조에 포함되는 제 2 교반수단;을 포함하며, 상기 제 1 교반수단 및 제 2 교반수단은 하나의 모터에 의해 구동되는 것일 수 있다.

[0037] 본 발명의 일 양태에서, 상기 내부배관은 유입구가 일정높이에 형성되어, 상기 상부 반응조에 추가로 투입되는 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물의 부피만큼 상기 액상 축산폐기물이 부상하여 상기 유입구에 유입되는 것일 수 있다.

[0038] 본 발명의 일 양태에서, 상기 내부배관 상에 개폐수단이 구비되는 것일 수 있다.

[0039] 본 발명의 일 양태에서, 상기 개폐수단은 상기 하부 반응기에서 생성되는 바이오 가스를 이용하여 개폐되는 슬라이드 밸브인 것일 수 있다.

[0040] 본 발명의 일 양태에서, 상기 하부 반응기에서 생성되는 바이오 가스를 저장하는 바이오 가스 저장조 및 상기 바이오 가스 저장조로 바이오 가스를 이송하기 위한 바이오 가스 수송관을 더 포함하는 것일 수 있다.

[0041] 본 발명의 일 양태에서, 상기 바이오 가스 저장조의 후단에 멤브레인 필터를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0042] 본 발명의 일 양태에서, 상기 하부 반응조에 유입되는 습식 폐기물을 분쇄하여 상기 하부 반응조에 공급하기 위한 분쇄조를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0043] 본 발명의 또 다른 양태는 상기 혐기성 소화장치를 이용한 유기성 폐기물 처리방법에 관한 것으로,

[0044] a) 상부 반응조에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 투입하여 반응시키고, 하부 반응조에 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물을 투입하여 반응시키는 단계;

[0045] b) 상기 상부 반응조의 건식 축산폐기물이 가수분해 및 산발효 되어 액상 축산폐기물이 되면, 상기 상부 반응조에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 추가로 투입하고, 추가된 부피만큼 상기 액상 축산폐기물을 내부배관을 통해 하부 반응조로 이송하여 하부 반응조의 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물과 함께 메탄 발효를 수행하여 바이오가스를 생성하는 단계; 및

[0046] c) 상기 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물이 추가된 상부 반응조에 상기 하부 반응조에서 반송되는 슬러지를 투입하여 가수분해를 가속화하는 단계;

[0047] 를 포함한다.

[0048] 본 발명의 일 양태에서, 상기 상부 반응조의 수리학적 체류시간은 3 내지 5일이고, 상기 하부 반응조의 수리학적 체류시간은 25 내지 27일인 것일 수 있다.

[0049] 본 발명의 일 양태에서, 상기 b)단계에서 생성된 바이오 가스를 멤브레인 필터에 통과시켜 정제하는 단계를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0051] 본 발명의 일 양태에서, 용어 '건식 축산폐기물'은 수분함량이 30%이하인 축산분뇨를 의미하며, 물을 첨가하거나 분쇄하는 등의 전처리 없이 축산분뇨를 그대로 사용함을 의미한다. 상기 건식 축산폐기물은 인, 질소 등이 풍부하게 존재하므로 습식 폐기물의 발효 시 미생물에 영양분을 제공할 수 있어 더욱 분해가 빨리 일어나도록 할 수 있다. 또한, 용어 '습식 폐기물'은 음식물 폐기물, 하수 슬러지 등 수분이 다량 존재하는 유기성 폐기물을 의미한다. 음식물 쓰레기는 가정 및 식당 등에서 배출되는 음식물 쓰레기를 총칭하는 것일 수 있다. 이와 같은 음식물 쓰레기는 메탄생성 미생물에 의해 효과적으로 발효되어 메탄의 함량이 높은 바이오가스를 생성할 수 있다. 상기 하수슬러지는 하수처리의 각 공정에서 발생되어 집수된 슬러지를 의미하는 것일 수 있다.

[0052] 종래에는 상기 건식 폐기물과 습식 폐기물을 혼합하여 처리하거나, 건식 폐기물에 물을 첨가하여 분쇄하므로 수분을 다량 포함하고 있어 반응조의 부피가 커져야 하는 문제가 있었다. 또한, 건식 폐기물과 습식 폐기물을 혼합한 후 고액 분리를 위한 고액분리조를 별도로 구비하는 등 소화장치의 부피를 크게 차지하여 설치 시 부지가 많이 소요되는 문제가 있었다.

[0053] 본 발명의 발명자들은 이러한 문제를 해결하기 위하여 연구한 결과, 건식 폐기물의 혐기성 소화에 적합한 건식 미생물을 이용하고, 건식 폐기물과 습식 폐기물을 별도의 반응조에서 반응시킴으로써, 혐기성 소화장치의 부피를 크게 감소시킬 수 있음을 발견하였다. 또한, 습식 폐기물이 메탄 발효되어 생성되는 슬러지를 상기 건식 폐기물에 투입함으로써 가수분해 속도를 가속화할 수 있으며, 건식 폐기물과 습식 폐기물의 발효 속도 차이에 의한 문제를 해결하고, 전체 반응공정의 수리학적 체류시간을 현저히 감소시킬 수 있음을 발견하여 본 발명을 완성하였다.

[0055] 이하는 도면을 참조하여 본 발명의 혐기성 소화장치의 일 양태에 대하여 더욱 구체적으로 설명한다.

[0056] 도 1은 본 발명의 유기성 폐기물 처리를 위한 건식 및 습식 결합형 혐기성 소화장치를 나타낸 개략도이다.

[0057] 도 1에서 참조되는 바와 같이, 본 발명은 건식 축산폐기물이 혐기성 미생물 및 하부 반응조에서 반송되는 슬러지에 의해 가수분해 및 산발효되어 액상 축산폐기물이 생성되는 상부 반응조(10);

[0058] 상기 상부 반응조의 하부에 직렬로 위치하며, 상기 상부 반응조에서 유입되는 액상 축산폐기물 및 습식 폐기물이 메탄생성 미생물에 의해 분해되는 하부 반응조(20);

[0059] 상기 상부 반응조와 하부 반응조의 내부에 설치되며, 유입구가 상부 반응조에 형성되고, 유출구가 하부 반응조에 형성되어, 상기 상부 반응조에 추가로 투입되는 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물의 부피만큼 상기 액상 축산폐기물이 부상하여 하부 반응조로 유입되도록 하는 내부배관(30); 및

[0060] 상기 하부 반응조의 하단에 존재하는 슬러지를 상부 반응조로 반송하는 반송라인(40);

[0061] 을 포함한다.

[0062] 상기 도 1에서 보이는 바와 같이, 본 발명의 장치는 상부 반응기(10)와 하부 반응기(20)가 직렬로 연결되며, 상부 반응기(10)에는 건식 축산폐기물이 전처리 없이 그대로 투입되는 것일 수 있다. 즉, 건식 축산 폐기물에 물을 첨가하거나 분쇄하는 등의 전처리 과정 없이 건식 폐기물 그대로 투입되어 건식 미생물에 의해 가수분해 및 산발효 되는 특징이 있다. 이에 따라 물이 추가로 투입되지 않으므로 반응조의 부피를 최소화할 수 있으며, 수리학적 체류시간을 현저히 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0063] 상기 건식 축산폐기물은 도 1에 도시된 바와 같이 상부 반응조(10)의 상단에 위치하는 제 1 투입라인(11)을 통해 주입이 되는 것일 수 있다. 또한, 상기 제 1 투입라인(11)을 통하여 건식 축산폐기물 뿐만 아니라 건식 축산폐기물을 가수분해 및 산발효 하기 위한 건식 미생물, 즉 혐기성 미생물이 투입되는 것일 수 있다. 또는 별도로 도시되지 않았지만 건식 미생물을 투입하는 투입라인을 별개로 구비하는 것일 수 있다.

[0064] 상기 건식 미생물에 의해 건식 축산폐기물이 가수분해(고분자 유기물질의 저분자화) 및 산생성(저분자 물질의 유기산 변환) 반응이 일어나는데, 유입된 건식 축산폐기물이 가수분해 단계를 통해 미생물이 분비하는 셀로비아제(cellobiase), 아밀라제(amylase), 프로테아제(protease), 리파아제(lipase) 등의 체외효소(ExtracelluarEnzymes)에 의해 고분자 유기물질이 연쇄적으로 저분자 물질로 가수분해되고 산생성 된다. 보다 구체적으로, 산생성은 가수분해 반응산물인 유기 단량체 등이 산생성에 관여하는 미생물의 전자공여체와 전자수용체로서 이용되어 저급지방산(Short chain fatty acids)으로 전환되는 반응이다. 저급지방산은 발효가 더 진행되어 최종적으로 당류와 알코올류 및 유기산 등으로 분해된다.

[0065] 상기 건식 미생물의 종류는 제한되는 것은 아니나 아세토박터 스피시스(acetobacter species), 락토바실러스 스피시스(lactobacillusspecies), 스트렙토코커스 스피시스(streptococcus speices), 페디오코커스 스피시스(pediococcus species), 프로피오니박테리움 스피시스(propionibacterium species) 등의 미생물 중에서 선택된 어느 하나이거나 또는 둘 이상을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 범위에서 건식 폐기물의 가수분해 및 산발효가 원활하게 이루어질 수 있으며, 최단시간 내에 원활하게 이루어질 수 있으므로 바람직하나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0066] 상기 혐기성 미생물의 투입량은 간헐적으로 투입이 될 수 있으며, 제한되는 것은 아니나 상기 상부 반응조(10)에 건식 폐기물이 투입될 때, 상기 건식 폐기물의 부피 대비 1 : 0.5 ~ 2 부피비, 더욱 구체적으로 1 : 1 부피비로 투입되는 것일 수 있다. 상기 함량 범위에서 건식 폐기물의 가수분해를 원활하게 수행할 수 있으며, 수리학적 체류시간을 3 내지 5일로 조절할 수 있어 하부 반응조에 비하여 반응시간을 더욱 단축시킬 수 있으므로 바람직하나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0067] 또한, 상기 상부 반응조(10)는 도 1에 도시된 바와 같이 하부 반응조(20)에서 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물이 반응하여 생성된 상징수와 고형물 및 메탄 생성 미생물이 혼합된 슬러지가 반송라인(40)을 통하여 상기 상부 반응조(10)로 유입되도록 함으로써 건식 폐기물의 가수분해 속도를 가속화 하는 시드 역할을 수행하는 것일 수 있다. 더욱 구체적으로 상기 상부 반응조의 건식 축산폐기물이 가수분해 및 산발효 되어 액상 축산폐기물이 되면, 상기 상부 반응조에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 추가로 투입하고, 추가된 부피만큼 상기 액상 축산폐기물을 내부배관을 통해 하부 반응조로 이송하는데, 이때 추가로 투입된 건식 축산폐기물의 고형분 함량이 높은 경우 가수분해 속도가 느리고 교반이 어려울 수 있다. 이때 간헐적으로, 구체적으로 상기 상부 반응조에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 추가로 투입되는 시점에 상기 하부 반응조(20)의 슬러지를 반송라인(40)을 통하여 상기 상부 반응조(10)로 유입되도록 함으로써 점도를 조절하고, 가수분해 속도를 더욱 가속화할 수

있다. 상기 반송되는 슬러지의 함량은 상부 반응조(10)의 상태에 따라 함량을 조절하여 투입하는 것일 수 있으며, 또는 매 시간마다 일정량 주입되도록 조절되는 것일 수 있다.

[0068] 상기 상부 반응조(10)에서 제 1 교반수단(50)을 이용하여 20 내지 40 ℃, 더욱 구체적으로 35 내지 37 ℃에서 100 내지 150 rpm, 더욱 구체적으로 120 내지 130 rpm으로 교반을 하면서 가수분해 및 산 발효를 진행하는 것일 수 있다. 가수분해 및 산발효가 진행이 되면 건식 축산폐기물이 점차 액상화되어 액상 축산폐기물이 되며, 이때 상기 액상 축산폐기물은 유기물과 상징수가 혼합된 슬러지인 것일 수 있다. 상기 제 1 교반수단(50)은 구체적으로 패들형 교반날개를 구비하는 것일 수 있으며, 패들형의 교반날개를 이용함으로써 건식 축산폐기물의 교반을 원활하게 하고, 반송라인(40)을 통해 주입되는 슬러지와 고루 혼합이 될 수 있으므로 바람직하나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0069] 상기 상부 반응조(10)의 건식 축산폐기물이 가수분해 및 산발효 되어 액상 축산폐기물이 되면, 상기 상부 반응조(10)에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 추가로 투입하고, 추가된 부피만큼 상기 액상 축산폐기물을 내부배관(30)을 통해 하부 반응조로 이송한다. 상기 내부배관(30)은 유입구가 일정높이에 형성되어, 상기 상부 반응조에 추가로 투입되는 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물의 부피만큼 상기 액상 축산폐기물이 부상하여 상기 유입구에 유입되는 것일 수 있다.

[0070] 이때 도 1에 도시된 바와 같이 상부 반응조(10)에 유입구가 형성된 내부배관(30)을 통하여 액상 축산폐기물이 하부 반응조(20)로 유입되도록 하는데 특징이 있다. 이와 같이 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물이 추가로 투입되는 양 만큼 내부배관을 통하여 액상 축산폐기물이 하부 반응조(20)로 유입이 되므로 반응조건 조절이 용이한 장점이 있으며, 연속적으로 반응을 진행할 수 있다.

[0071] 본 발명의 일 양태에서, 상기 상부 반응조(10)는 유기물질을 유기산으로 산화할 수 있는 산소농도를 유지하고 적절한 운전온도의 유지를 위해서, 자기 발열 시스템 또는 자동 산화-환원 전위(ORP, Oxidation-reduction potential)조절 시스템을 갖추고 있는 것일 수 있다.

[0072] 본 발명의 일 양태에서, 상기 내부배관(30)은 임의의 위치에 개폐수단(31)이 구비되어 유입되는 액상 축산폐기물을 가두었다가, 일정량 채워지면 개폐수단(31)를 열어 하부 반응조(20)로 액상 축산폐기물이 유입되도록 함으로써 액상 축산폐기물의 주입량을 조절할 수 있다. 또한, 상기 내부배관(30)의 유출구는 상기 하부 반응조(20)의 반응액보다 낮은 위치에 위치하도록 함으로써 생성되는 바이오 가스가 상기 내부배관을 통해 상기 상부 반응조(10)로 유입되는 것을 방지하는 것일 수 있다.

[0073] 본 발명의 일 양태에서, 상기 개폐수단은 하부 반응조(20)에서 생성되는 바이오 가스를 이용하여 개폐되는 것일 수 있으며, 더욱 구체적으로 제한되는 것은 아니나 슬라이드 밸브인 것일 수 있다. 구체적으로 설명하면 하부 반응조(20)에서 생성되어 상부의 바이오 가스 수송관(22)을 통해 바이오 가스 저장조(미도시)로 이송되며, 상기 바이오 가스 저장조에서 펌프 등을 이용하여 상기 바이오 가스를 압축 분사함으로써 슬라이드 밸브를 열고 닫도록 조절하는 것일 수 있다. 이때 슬라이드 밸브를 열기 위해 분사된 바이오 가스는 외부로 방출되지 않고 다시 바이오 가스 저장조로 이동하여 저장될 수 있어 자원 재순환의 장점이 있다. 즉, 기존의 개폐방식은 외부의 공기를 이용하여 작동시키고, 작동완료 후 외부로 공기를 방출하는데 대해, 본 발명은 하부 반응조에서 혐기성 소화에 의해 발생된 바이오 가스, 구체적으로 메탄과 이산화탄소를 이용하며, 바이오 가스가 외부로 방출되지 않고 다시 저장되는 것일 수 있다.

[0074] 또한, 상기 바이오 가스 저장조에 바이오 가스가 일정량 채워지면 다시 다른 저장조로 교체하여 저장을 하거나, 또는 바이오 가스 저장조에 바이오 가스 유출구(미도시)를 구비하고, 개폐수단을 더 구비함으로써 바이오 가스가 외부의 저장조에 일정량만큼 저장되도록 하는 것일 수 있다.

[0075] 본 발명의 일 양태에서, 상기 하부 반응조(20)는 상부 반응조에서 내부배관을 통해 유입되는 액상 축산폐기물과 함께, 제 2 투입라인(21)을 통해 하부 반응조(20)로 유입되는 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물에 의해 발효되는 것일 수 있다. 이때 도시되지 않았지만 상기 메탄생성 미생물을 별도로 투입하기 위한 별도의 투입라인을 더 구비하는 것일 수 있다.

[0076] 앞서 설명한 바와 같이, 하부 반응조의 상단에서 발효에 의해 메탄, 이산화탄소 등의 바이오가스가 생성이 되며, 바이오 가스 수송관(22)을 통해 바이오 가스 저장조(미도시)로 이송되도록 할 수 있다.

[0077] 이때 별도로 도시되지 않았지만 바이오 가스 저장조의 후단에 멤브레인 필터를 더 포함하는 것일 수 있다. 즉, 바이오 가스를 멤브레인 필터에 통과시켜 정제함으로써 고순도의 바이오 가스를 생산하는 것일 수 있다. 상기 멤브레인 필터는 다공질의 막으로 이산화탄소 또는 메탄 중 하나의 가스만이 통과되는 것을 사용하는 것일 수

있다. 구체적으로 예를 들어, 상기 멤브레인 필터는 이산화탄소/메탄의 선택도가 35 이상인 것이 좋으며, 좋게는 50 이상일 수 있다. 보다 구체적으로, 멤브레인 필터는 이산화탄소 투과도가 100 GPU 내지 1,000 GPU인 것을 사용하는 것일 수 있다. 멤브레인 필터의 종류는 당업계에서 통상적으로 사용되는 것이라면 특별히 한정하지 않으나, 구체적으로 예를 들면 셀룰로오스 아세테이트, 폴리술폰산, 폴리이미드, 폴리카보네이트, 폴리스티렌, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리페닐렌 옥사이드, 폴리실록산, 폴리에틸렌 옥사이드, 폴리프로필렌 옥사이드 또는 이들의 혼합물 등의 고분자 소재로 제조된 것일 수 있으며, 또는 제올라이트계 무기소재나 탄소분자체 소재 등으로부터 제조된 것일 수 있다. 또는 이온교환막으로 이루어진 것일 수 있으며, 상기 멤브레인 필터를 포함함으로써 고순도의 바이오 가스를 생산할 수 있다.

[0078] 본 발명의 일 양태에서, 상기 하부 반응조(20)에 투입되는 액상 축산폐기물 과 습식 폐기물의 함량은 액상 축산폐기물 : 습식 폐기물이 1 : 1 내지 0.5 : 1 부피비인 것일 수 있으며, 상기 범위에서 메탄 발효에 필요한 영양분이 충분히 공급되고, 바이오 가스의 생산 속도, 함량 및 순도를 효과적으로 향상시킬 수 있으므로 바람직하나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0079] 본 발명의 일 양태에서, 상기 하부 반응조(20)는 수리학적 체류 시간을 고려하여 일정 시간이 도과되면, 하부 반응조의 배출라인(23)을 통하여 폐슬러지를 배출하고, 배출되는 양만큼 다시 제 2 투입라인(21)을 통해 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물을 투입하고, 상기 내부배관(30)을 통해 액상 축산폐기물을 주입하는 것일 수 있다.

[0080] 또한, 상기 하부 반응조(20)에 투입되는 메탄생성 미생물은 혐기성 발효 반응에 통상적으로 사용되는 것이라면 특별히 한정하지 않고 사용할 수 있으며, 일 구체예로, 혐기성 발효슬러지, 메탄생성균 또는 이들의 혼합물 등일 수 있다. 보다 구체적으로, 혐기성 발효슬러지는 하수처리시설에서 운전하던 하수슬러지로 혐기성 미생물을 포함하고 있는 발효슬러지를 의미하는 것일 수 있다. 메탄생성균은 메탄을 생성하는 고세균을 의미하는 것으로, 메타노박테리움 스피시스(methanobacterium species), 메타노브레비박터 스피시스(methanobrevibacter species), 메타노스프리릴럼 스피시스(methanospririllum species), 메타노프래너스 스피시스(methanoplanus species), 메탄노코커스 스피시스(methanococcus species), 메타노사르시나 스피시스(methanosarcina species), 메타노트릭스 스피시스(methanothrix species), 메타노로버스 스피시스(methanolobus species), 메타노코코이드스 스피시스(methanococcoides species) 등에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상일 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 그 함량은 상기 하부 반응조(20)에 투입되는 습식 폐기물의 함량을 고려하여, 상기 습식 폐기물 1 부피비에 대하여, 상기 메탄생성 미생물의 함량을 0.5 내지 2 부피비, 더욱 좋게는 1 : 1 부피비로 투입하는 것일 수 있다. 상기 메탄생성 미생물은 간헐적으로 투입되는 것일 수 있으며, 더욱 구체적으로 상기 하부 반응조(20)에 습식 폐기물이 다시 투입될 때 함께 투입되는 것일 수 있다.

[0081] 본 발명의 일 양태에서 상기 하부 반응조(20)는 제 2 교반수단(60)을 이용하여 20 내지 40 ℃, 더욱 구체적으로 35 내지 37 ℃에서 50 내지 80rpm, 더욱 구체적으로 60 내지 70 rpm으로 교반을 하면서 메탄발효를 진행하는 것일 수 있다. 이때 상기 제 2 교반수단(60)은 앵커형 교반날개를 구비한 것일 수 있으며, 앵커형 교반날개를 사용함으로써 교반효율이 더욱 향상되도록 하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 상기 온도 및 교반속도 범위에서 미생물과 유기물이 원활하게 접촉될 수 있으며, 발효가 원활하게 진행이 될 수 있으므로 바람직하나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0082] 본 발명의 일 양태에서, 상기 제 1 교반수단(50) 및 제 2 교반수단(60)은 하나의 모터에 의해 구동되는 것일 수 있다. 하나의 모터에 의해 구동되도록 함으로써 에너지 절감 효과 및 공간이 축소될 수 있으므로 바람직하나 이에 제한되는 것은 아니다. 이때 상기 제 1 교반수단(50) 및 제 2 교반수단(60)의 교반속도는 별도의 조절장치에 의해 각각 반응조에 필요한 반응속도로 조절되는 것일 수 있다.

[0083] 본 발명의 일 양태에서, 상기 하부 반응조에서는 유기산이 최종적으로 초산(CH_3COOH)으로 전환되고, 메탄생성 미생물에 의해서 메탄 및 이산화탄소가 생성된다.

[0084] 본 발명의 일 양태에서, 상기 하부 반응조(20)는 별도로 도시되지 않았지만, 습식 폐기물이 투입되는 제 2 투입라인(21)의 전단에서 습식 폐기물을 분쇄하여 공급하기 위한 분쇄조(미도시)를 더 구비하는 것일 수 있다. 습식 폐기물의 경우 메탄발효 미생물에 의한 발효가 원활하게 진행되므로 별도로 분쇄하는 등의 전처리 공정을 필요로 하는 것은 아니나, 분쇄조를 통해 분쇄를 함으로써 액산 축산폐기물과의 혼화성을 더욱 향상시키는 것일 수 있다.

[0085] 본 발명에서 도시되지 않았지만 각 투입라인, 배관 및 수송관 등 원료가 유입되거나 배출되는 모든 배관들은 별

도의 개폐수단을 구비하는 것일 수 있다. 상기 개폐수단은 수동 또는 전동식으로 통상적으로 당업자에게 자명한 것이라면 제한이 되지 않는다.

[0086] 본 발명의 또 다른 양태는 상기 혐기성 소화장치를 이용한 유기성 폐기물 처리방법에 관한 것으로,

[0087] a) 상부 반응조(10)에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 투입하여 반응시키고, 하부 반응조(20)에 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물을 투입하여 반응시키는 단계;

[0088] b) 상기 상부 반응조(10)의 건식 축산폐기물이 가수분해 및 산발효 되어 액상 축산폐기물이 되면, 상기 상부 반응조(10)에 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물을 추가로 투입하고, 추가된 부피만큼 상기 액상 축산폐기물을 내부배관(30)을 통해 하부 반응조(20)로 이송하여 하부 반응조의 습식 폐기물 및 메탄생성 미생물과 함께 메탄 발효를 수행하여 바이오가스를 생성하는 단계; 및

[0089] c) 상기 건식 축산폐기물 및 혐기성 미생물이 추가된 상부 반응조(10)에 상기 하부 반응조(20)에서 반송되는 슬러지를 반송라인(40)을 통해 투입하여 가수분해를 가속화하는 단계;

[0090] 를 포함하는 것일 수 있다.

[0091] 본 발명의 일 양태에서, 상기 상부 반응조(10)의 수리학적 체류시간은 3 내지 5일이고, 상기 하부 반응조(20)의 수리학적 체류시간은 25 내지 27일인 것일 수 있다. 즉, 본 발명은 습식 폐기물에 비하여 상대적으로 수리학적 체류시간이 길었던 건식 축산폐기물의 수리학적 체류 시간을 단축시킬 수 있으며, 건식 축산폐기물을 액상화한 후 습식 폐기물과 함께 반응시킴으로써 전체 공정의 수리학적 체류시간을 단축시키는 효과가 있다.

[0092] 본 발명의 일 양태에서, 상기 b)단계에서 생성된 바이오 가스를 멤브레인 필터에 통과시켜 정제하는 단계를 더 포함하는 것일 수 있으며, 이러한 과정을 통해 고순도의 바이오 가스를 제공할 수 있다.

[0093] 도 2는 본 발명의 일 양태에 따른 혐기성 소화장치를 이용하여 용해성의 화학적 산소 요구량(soluble chemical oxygen demand, SCOD)을 측정한 결과로, control은 시료를 측정한 결과이며, 1 stage A/D는 상부 반응조에서 가수분해 및 산발효 후에 시료의 SCOD를 측정한 것이며, 2 stage A/D는 하부 반응조에서 메탄발효 후에 시료의 SCOD를 측정한 것이다. 도 2에서 보는 바와 같이 상부 반응조에서 SCOD의 농도 변화가 관찰되어 가수분해 및 산발효가 원활하게 이루어짐을 확인하였다. 따라서 본 발명의 혐기성 소화장치를 이용하는 경우 후속 공정의 부대설비 감소와 보다 고품질의 바이오 가스를 회수할 수 있음을 확인하였다.

[0094] 또한 도 3에서 보는 바와 같이, 1 stage A/D에 비하여 2 stage A/D의 메탄 생성량 및 메탄순도가 높은 것을 확인하였다. 또한 본 발명의 장치는 하부 반응조에서 수리학적 체류시간(Hydraulic Retention Time)을 단축시킬 수 있음을 확인하였다.

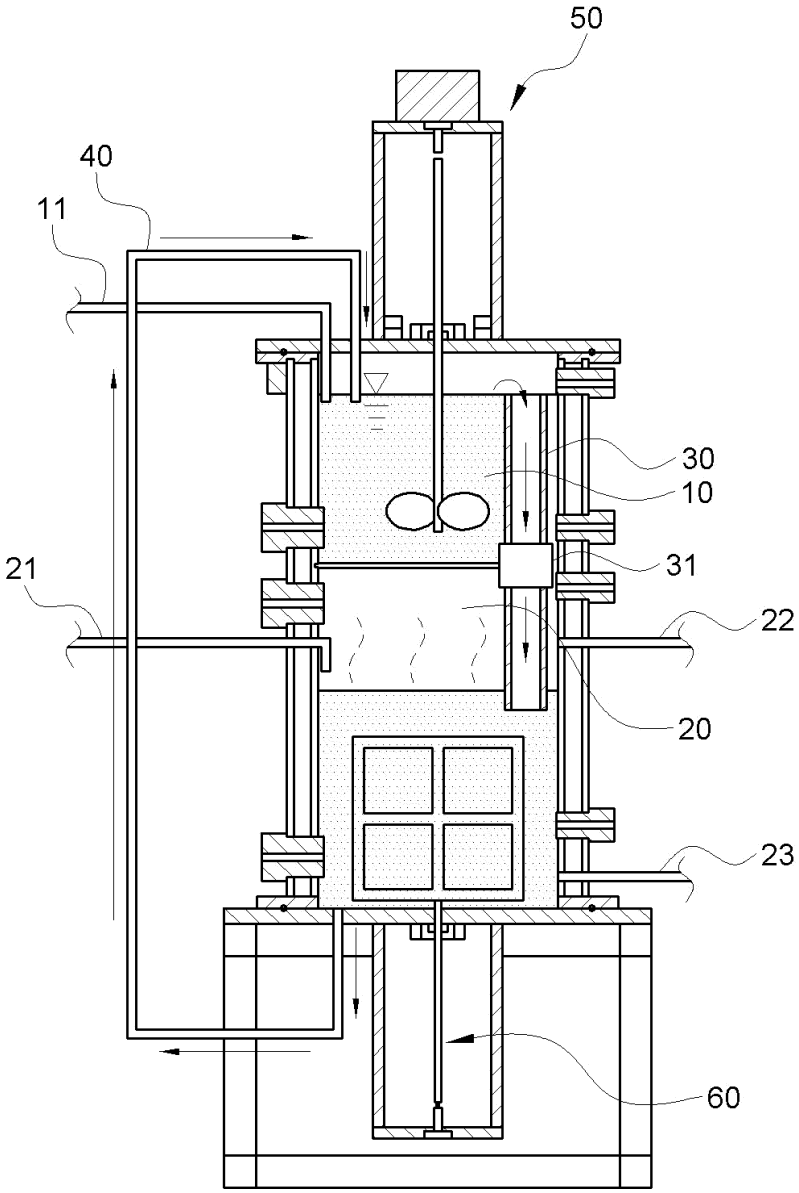
부호의 설명

[0095]

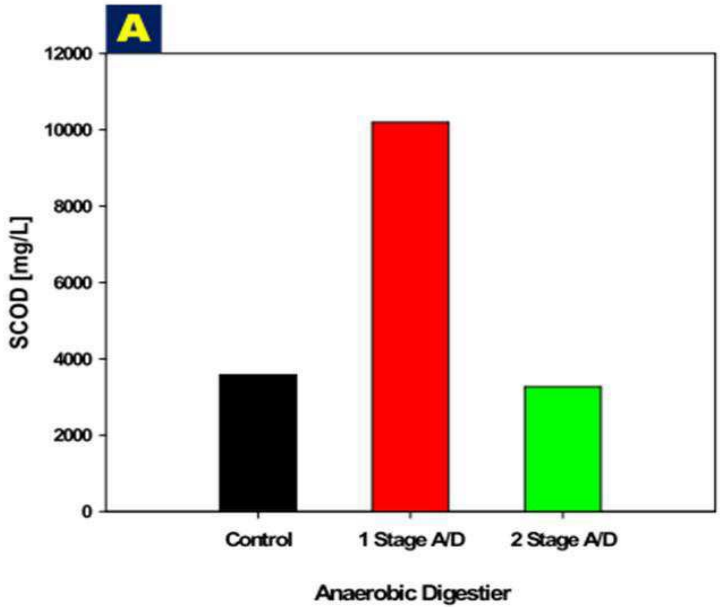
10 : 상부 반응조
11 : 제 1 투입라인
20 : 하부 반응조
21 : 제 2 투입라인
22 : 바이오 가스 수송관
23 : 폐슬러지 배출라인
30 : 내부배관
31 : 개폐수단
40 : 반송라인
50 : 제 1 교반수단
60 : 제 2 교반수단

도면

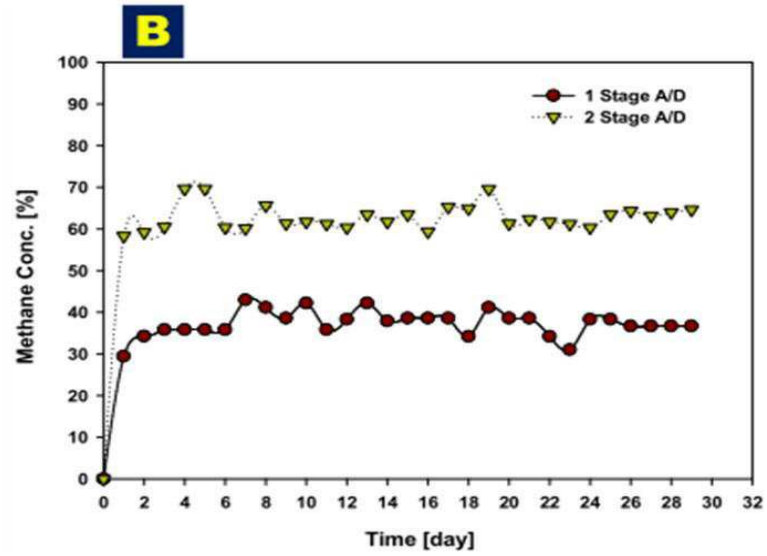
도면1



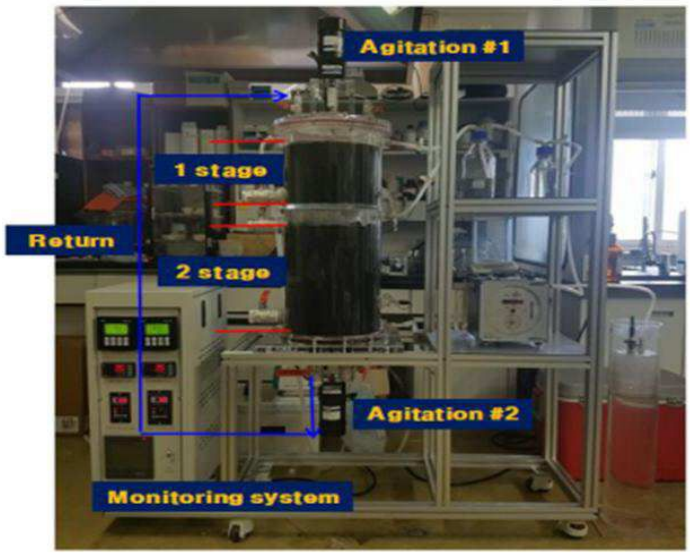
도면2


A
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
SCOD [mg/L]
Control
1 Stage A/D
2 Stage A/D
Anaerobic Digestier

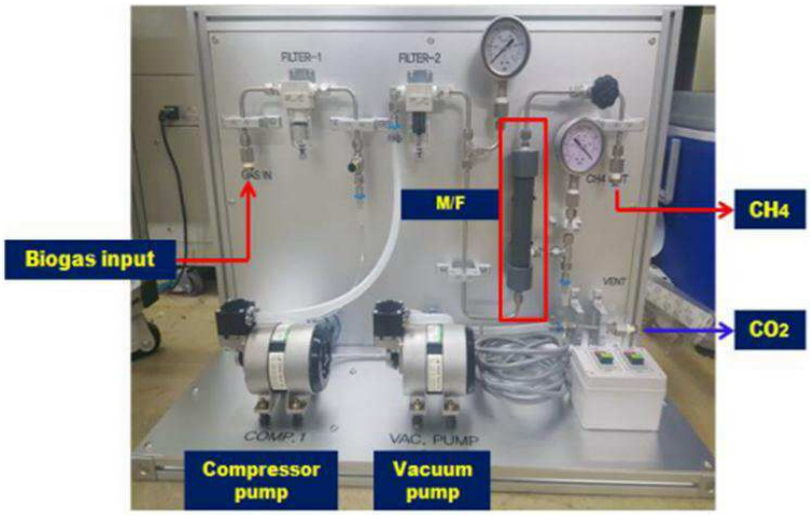
도면3


B
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Methane Conc. [%]
1 Stage A/D
2 Stage A/D
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
Time [day]

도면4


Agitation #1
1 stage
Return
2 stage
Agitation #2
Monitoring system

도면5


FILTER-1
FILTER-2
GAS IN
M/F
CH4 OUT
VENT
Biogas input
CH4
CO2
COMP.1
VAC. PUMP
Compressor pump
Vacuum pump