



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0088176  
(43) 공개일자 2017년08월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C02F 11/18 (2006.01) B02C 23/08 (2006.01)  
B09B 3/00 (2006.01) C02F 11/04 (2006.01)  
C02F 11/12 (2006.01) C02F 3/28 (2006.01)  
C10L 5/46 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
C02F 11/18 (2013.01)  
B02C 23/08 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0008182  
(22) 출원일자 2016년01월22일  
심사청구일자 2016년01월22일

(71) 출원인  
주식회사 포스코건설  
경상북도 포항시 남구 대송로 180 (괴동동)

(72) 발명자  
이보원  
인천광역시 연수구 컨벤시아대로42번길 95, 1003동 1001호 (송도동, 더샵 엑스포 10단지 아파트)

윤희철  
인천광역시 연수구 컨벤시아대로42번길 95, 1002동 2401호 (송도동, 더샵 엑스포 10단지아파트)  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
특허법인주원

전체 청구항 수 : 총 22 항

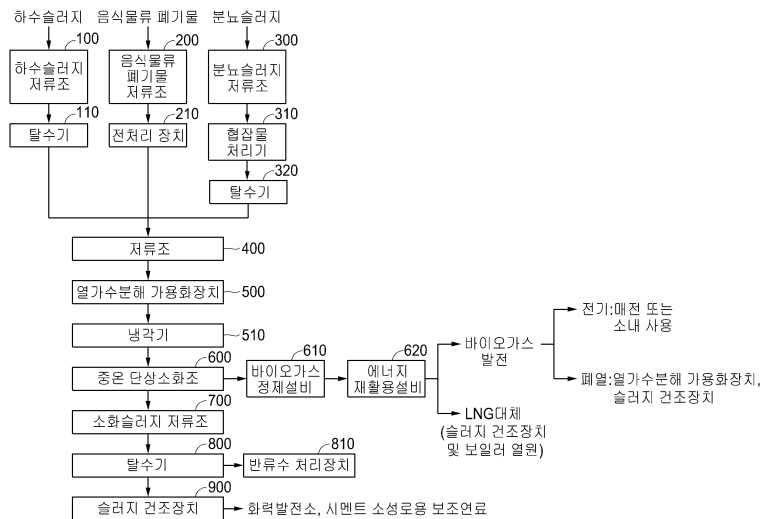
(54) 발명의 명칭 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 시스템

(57) 요약

본 발명은 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 고온, 고압의 열가수분해 가용화를 통해 유기성 폐기물의 혐기소화 효율을 극대화시켜 바이오가스 발생량을 최대화시킬 수 있는, 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 방법 및 시스템을 제공하고자 한다.

또한, 바이오가스 발전 과정에서 발생하는 폐열 및 바이오가스가 본 발명의 열가수분해를 포함하는 혐기소화 시스템 내 열가수분해 가용화장치, 슬러지 건조장치, 또는 열가수분해 가용화장치 및 슬러지 건조장치용 연료로 재 활용됨에 따라, 에너지 자립률을 50 % 이상 달성할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*B09B 3/0083* (2013.01)

*C02F 11/04* (2013.01)

*C02F 11/12* (2013.01)

*C02F 3/2893* (2013.01)

*C10L 5/46* (2013.01)

*C02F 2301/066* (2013.01)

*C02F 2301/103* (2013.01)

*Y02W 10/12* (2015.05)

*Y02W 10/23* (2015.05)

(72) 발명자

**이승용**

인천광역시 연수구 송도문화로28번길 28, 105동  
3104호 (글로벌캠퍼스푸르지오)

**정현대**

인천광역시 연수구 원인재로 212, 109동 1404호

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

유기성 폐기물을 저류하는 저류조;

상기 저류조로부터 공급되는 유기성 폐기물을 160 내지 200 °C 및 5 내지 10 bar에서 열가수분해하여, 유기물질의 세포벽을 파괴하고 바이오폴리머를 분해하는 열가수분해 가용화장치;

상기 열가수분해 가용화를 거친 유기성 폐기물을 혐기소화시켜 바이오가스를 포함하는 기체생성물 및 소화슬러지를 생성시키는 중온 단상소화조;

상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지를 탈수하여 탈수슬러지를 생성하는 탈수기;

상기 탈수기에 의해 탈수된 탈수슬러지를 건조시켜 건조물을 생성하는 슬러지 건조장치;

상기 혐기소화를 거쳐 생성된 기체생성물 중 바이오가스를 분리하는 바이오가스 정제설비; 및

상기 건조물, 바이오가스, 또는 건조물 및 바이오가스를 연료로 사용하는 에너지 재활용설비를 포함하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 중온 단상소화조로 투입 전 유기성 폐기물의 온도를 낮추는 냉각기를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 탈수기에서 발생되는 탈리 여액 내의 유기물질 및 인을 제거하는 반류수 처리장치를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 유기성 폐기물은 하수슬러지, 음식물류 폐기물, 분뇨슬러지 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택된 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 하수슬러지는 탈수 후 상기 저류조로 이송되는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 음식물류 폐기물은 과쇄 및 선별 후 상기 저류조로 이송되는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 7

청구항 4에 있어서,

상기 분뇨슬러지는 혐잡물 제거 및 탈수 후 상기 저류조로 이송되는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 8

청구항 5 또는 청구항 7에 있어서,

상기 탈수 후의 함수율은 75 내지 90 %인 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 건조 후의 건조물의 함수율은 1 내지 10 %인 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 중온 단상소화조는 스크럼을 제거하는 스크럼제거장치를 구비하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 중온 단상소화조는 퇴적물을 제거하고 미생물을 소화조로 반송하는 싸이클론을 하부에 구비하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 바이오가스는 가스발전기에 공급하여 전기를 생산하고, 발전 과정에서 발생하는 폐열은 열가수분해 가용화장치, 슬러지 건조장치, 또는 열가수분해 가용화장치 및 슬러지 건조장치의 열원으로 재활용하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

#### 청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 바이오가스는 열가수분해 가용화장치, 슬러지 건조장치, 또는 열가수분해 가용화장치 및 슬러지 건조장치용 연료로 재활용하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템.

**청구항 14**

- (A) 유기성 폐기물을 저류하는 저류단계;
- (B) 상기 유기성 폐기물을 160 내지 200 ℃ 및 5 내지 10 bar에서 열가수분해하여, 유기물질의 세포벽을 파괴하고 바이오폴리머를 분해하는 열가수분해 가용화단계;
- (C) 상기 열가수분해 가용화 단계를 거친 유기성 폐기물을 혐기소화시켜 바이오가스를 포함하는 기체생성물 및 소화슬러지를 생성시키는 혐기소화단계;
- (D) 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지를 탈수하여 탈수슬러지를 생성하는 탈수단계;
- (E) 상기 탈수슬러지를 건조시켜 건조물을 생성하는 건조단계;
- (F) 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 기체생성물 중 바이오가스를 분리하는 바이오가스 정제단계; 및
- (G) 상기 건조물, 바이오가스, 또는 건조물 및 바이오가스를 연료로 사용하는 에너지 재활용단계를 포함하는, 유기성 폐기물 혐기소화 방법.

**청구항 15**

청구항 14에 있어서,  
상기 혐기소화단계 이전에, 상기 열가수분해 가용화단계를 거친 유기성 폐기물의 온도를 낮추는 냉각단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 방법.

**청구항 16**

청구항 14에 있어서,  
상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지의 탈수 시 발생하는 탈리 여액 내의 유기물질 및 인을 제거하는 반류수 처리단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 방법.

**청구항 17**

청구항 14에 있어서,  
상기 유기성 폐기물은 하수슬러지, 음식물류 폐기물, 분뇨슬러지 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택된 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 방법.

**청구항 18**

청구항 17에 있어서,  
상기 저류단계 이전에, 상기 하수슬러지를 탈수하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 방법.

**청구항 19**

청구항 17에 있어서,  
상기 저류단계 이전에, 상기 음식물류 폐기물은 파쇄 및 선별하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 방법.

**청구항 20**

청구항 17에 있어서,

상기 저류단계 이전에, 상기 분뇨슬러지는 협잡물 제거 및 탈수하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 방법.

**청구항 21**

청구항 14에 있어서,

상기 에너지 재활용단계에서 상기 바이오가스는 가스발전기에 공급하여 전기를 생산하고, 발전 과정에서 발생하는 폐열은 열가수분해 가용화단계, 슬러지 건조단계, 또는 열가수분해 가용화단계 및 슬러지 건조단계의 열원으로 재활용하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 방법.

**청구항 22**

청구항 14에 있어서,

상기 에너지 재활용단계에서 상기 바이오가스는 열가수분해 가용화단계, 슬러지 건조단계, 또는 열가수분해 가용화단계 및 슬러지 건조단계용 연료로 재활용하는 것을 특징으로 하는, 유기성 폐기물 혐기소화 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 유기성 폐기물의 혐기소화 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 생활수준의 향상, 인구의 증가, 신도시 개발 및 소득의 증가 등으로 향후 하수슬러지, 분뇨, 음식물류 폐기물, 축산분뇨와 같은 축산폐기물, 사업장폐기물 등을 포함한 유기성 폐기물의 발생량은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 2013년 말 기준 전국에서 발생하는 유기성 폐기물은 1일 기준 210,450 톤/일로서 이중 가축분뇨가 전체의 60 % 인 126,264 톤/일로 가장 많이 발생하고 있고, 분뇨의 경우 62,010톤/일(29.5%), 음식물류 폐기물이 12,501톤/일(5.9%), 하수슬러지의 경우가 9,675톤/일(4.6%) 순으로 발생하고 있는 실정이다.

[0003] 또한, 이와 같은 실정에 따라 유기성 폐기물을 처리하는 데 있어서 다양한 문제점이 야기될 수 있다. 이중 음식물류 폐기물은 대부분이 사료화 및 퇴비화 등의 자원화 방법으로 처리되고 있으나, 처리과정에서 발생하는 음폐수(건조 응축수 포함)의 경우 2012년까지는 발생량의 50 % 정도를 해양배출을 통해 처리하고 있었다. 또한, 분뇨 정화조 슬러지의 경우 95 % 이상은 하수처리장에 직접 처리하거나 분뇨처리장에서 1차 처리 후 하수처리장에 연계처리하고 있다. 하수슬러지의 경우에는 건조 연료화, 탄화, 퇴비화 등으로 처리 후 석탄화력발전소, 시멘트 소성로의 보조연료로 사용하거나 기타 방법으로 재활용하고 있다. 또한, 가축분뇨의 경우 대부분 처리에 어려움을 겪고 있어 적정 미처리로 인한 인근 수계에 오염이 가중되고 있는 실정이다.

[0004] 한편, 유기성 폐기물 처리에 널리 이용되고 있는 해양투기가 런던협약 및 96 의정서 등 국제협약과 해양환경관리법 개정에 따라 2013년 1월 1일부터 전면 금지됨에 따라 사회적인 이슈로 대두되고 있다. 이에 따라 고농도 유기성 폐기물의 환경적, 경제적, 효율적 처리 방안으로 혐기소화를 통한 처리방안이 대안으로 주목받고 있다.

[0005] 유기성 폐기물 처리의 주요한 목적은 유기성 폐기물 소화슬러지의 감량화, 안정화이다. 또한, 혐기소화는 유기성 폐기물 소화슬러지의 악취제거, 병원균의 감소, 부피 감량과 같은 소화슬러지 감량화, 안정화에 매우 적합한 처리 방법이다. 또한, 혐기소화의 부산물로 생성되는 메탄가스에 의해 에너지의 회수가 가능하므로 이를 또 다른 에너지원으로 이용할 수 있어 경제성 확보가 용이한 환경 친화적 공정이다. 그러나 이러한 가능성에도 불구하고, 긴 체류시간과 낮은 처리 효율, 그리고 공정의 불안정 및 악취 발생과 같은 문제점으로 인하여 실제적인

적용이 확대되지 못하고 제한적으로 사용되었다. 따라서, 이러한 문제점 해결을 목표로 다양한 공정개선과 처리 효율 향상에 대한 연구가 필요한 실정이다.

[0006] 한편, 혐기소화 과정은 크게 가수분해, 산생성, 메탄생성의 세 단계로 구분할 수 있으며, 이 중 가수분해 단계가 전체 처리 속도의 제한단계이다. 가수분해 단계에서 유기성 폐기물 내의 물질이 세포막, 세포벽으로 둘러싸여 있는 등의 요인이 존재하기 때문에 혐기성 미생물이 유기물을 분해하는 시간이 길어 전체 반응에서 속도 제한단계가 된다. 이와 같은 속도 제한단계를 조절하는 방법으로 혐기소화 이전에 기계적, 화학적 처리를 통해 전처리를 하는 방법이 있다.

[0007] 이와 관련하여, 한국공개특허 제 2003-0042866 호는 마이크로파로 전처리를 하여 가수분해 효율을 높이는 유기성 폐기물의 혐기성 소화 방법에 대해 개시하고 있다. 그러나, 마이크로파 전처리의 경우 혐기소화단계에서 이용 가능한 유기물까지 전처리 과정에서 파괴시켜 혐기소화 효율의 저하와 같은 문제점이 있었다.

[0008] 다른 예로, 한국공개특허 제 2015-0048991 호는 오존 처리 또는 고온 수증기 처리를 통해 가수분해시키는 단계를 포함하는 유기성 폐기물 처리 방법에 대해 개시하고 있다. 그러나 오존 처리의 경우, 고형물 무게의 15 내지 20 % 에 해당하는 오존 투여량을 필요로 하고 있다. 또한, 오존 발생을 위한 장치비용 및 전기비용, 그리고 원료인 산소비용이 과다하여 경제적이지 못하며 pH 저하현상이 두드러지게 나타나 별도의 약품투여가 필수적으로 요구되는 문제점이 있었다. 더불어, 상기 오존 처리 또는 고온 수증기 처리 시에는 유기성 폐기물과의 반응으로 거품이 발생하여 거품제거기 및 거품제거공정이 추가로 요구되는 단점이 있었다. 또한, 전처리를 실시하였음에도 불구하고 생분해도가 낮은 유기물의 발효 및 분해를 위해 혐기소화조 및 혐기소화단계를 하나씩 더 추가하여 혐기소화 단계를 2 단계에 걸쳐 실시해야함으로 경제적이지 못하다는 문제점이 있었다.

[0009] 한편, 국내에서 운영중인 유기성 폐기물 처리 시설 중 하나인 하수처리장은 하수의 수집 및 처리과정에서 다량의 에너지를 소비하고 있다. 또한, 높은 에너지 소비량 대비 자체적으로 에너지를 자급할 수 있는 에너지원이 대부분 없는 상태로 하수처리장에서 에너지를 자급할 수 있는 에너지원 확보가 시급한 상황이다. 실제로 2010년 기준 조사 결과에 따르면, 전국 하수처리장에서의 에너지 자립률("에너지 자립률"이란 하수처리시설에서의 연간 전력사용량 대비 신재생에너지 생산을 통한 전력발생량과 에너지 절감량 합계의 비율임)은 0.8 % 에 불과한 실정이다. 이와 같은 상황의 대표적인 원인으로 혐기소화 단계에서 유기성 폐기물의 충분한 분해가 이루어지지 못해 에너지로 활용할 수 있는 바이오가스 발생량이 적은 것을 들 수 있다. 또한, 이는 혐기소화 전처리 개념의 가용화 설비가 구비되지 않아 혐기소화조가 유기물 분해 기능을 충분하게 하지 못하기 때문이기도 하다. 그렇기 때문에 생산된 바이오가스를 단순 소각하거나 중소규모 보일러에 활용하는 것으로 나타나 에너지 자립률이 매우 저조한 상태이다. 또한, 2015년 7월 말부터 시행되고 있는 RFS(Renewable Fuel Standard, 신재생연료 혼합의무제도) 및 2012년 1월 1일부터 시행되고 있는 RPS(Renewable Portfolio Standard, 신재생에너지 공급의무제도)를 고려하였을 때도, 에너지 자립률을 높일 수 있는 방안이 필요한 실정이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0010] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제 2003-0042866 호 (2003.6.2 공개)
- (특허문헌 0002) 한국공개특허 제 2015-0048991 호 (2015.5.8 공개)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0011] 따라서, 방대한 양의 유기성 폐기물을 효과적으로 혐기소화 처리할 수 있는 시스템 및 방법의 개발이 절실히 요구되고 있다.

[0012] 또한, 혐기소화 효율을 증대화시켜 바이오가스 발생량을 높일 수 있는 유기성 폐기물 혐기소화 시스템 및 방법의 개발이 필요하다.

[0013] 나아가, 환경적인 측면에서 보았을 때, 유기성 폐기물이 불충분하게 처리될 경우 발생할 수 있는 환경오염이 방지되어야 할 것이다.

- [0014] 또한, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템 내 에너지 자립률을 높일 수 있는 방안이 필요하다.
- [0015] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 시스템을 제공하는 것을 그 목적으로 한다. 더불어, 본 발명은 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 방법을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.
- [0016] 또한, 열가수분해 전처리를 통해 유기성 폐기물의 혐기소화 처리 시간을 단축시키고 혐기소화 효율을 증대시켜 바이오가스 발생량을 최대화하는 것을 목적으로 한다.
- [0017] 또한, 유기성 폐기물 혐기소화 과정에서 발생하는 에너지를 다양한 방법으로 효과적으로 재활용하여 유기성 폐기물 혐기소화 시스템 내 에너지 자립률을 높이는 것을 또 다른 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0018] 본 발명은 상술한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여,
- [0019] 유기성 폐기물을 저류하는 저류조;
- [0020] 상기 저류조로부터 공급되는 유기성 폐기물을 160 내지 200 ℃, 바람직하게는 180 내지 200 ℃, 보다 바람직하게는 190 내지 200 ℃ 및 5 내지 10 bar, 바람직하게는 6 내지 10 bar, 보다 바람직하게는 7 내지 10 bar에서 열가수분해하여, 유기물질의 세포벽을 파괴하고 바이오폴리머를 분해하는 열가수분해 가용화장치;
- [0021] 상기 열가수분해 가용화를 거친 유기성 폐기물을 혐기소화시켜 바이오가스를 포함하는 기체생성물 및 소화슬러지를 생성시키는 중온 단상소화조;
- [0022] 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지를 탈수하여 탈수슬러지를 생성하는 탈수기;
- [0023] 상기 탈수기에 의해 탈수된 탈수슬러지를 건조시켜 건조물을 생성하는 슬러지 건조장치;
- [0024] 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 기체생성물 중 바이오가스를 분리하는 바이오가스 정제설비; 및
- [0025] 상기 건조물, 바이오가스, 또는 건조물 및 바이오가스를 연료로 사용하는 에너지 재활용설비를 포함하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템을 제공하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템은 상기 중온 단상소화조로 투입 전 유기성 폐기물의 온도를 낮추는 냉각기를 추가로 포함할 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템은 상기 중온 단상소화조로부터 배출되는 소화슬러지를 저류하는 소화슬러지 저류조를 추가로 포함할 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템은 상기 탈수기에서 발생하는 탈리 여액 내의 유기물질 및 인을 제거하는 반류수 처리장치를 추가로 포함할 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 유기성 폐기물은 하수슬러지, 음식물류 폐기물, 분뇨슬러지 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있다.
- [0030] 또한, 상기 분뇨슬러지는 인간분뇨슬러지, 가축분뇨슬러지 또는 인간분뇨슬러지 및 가축분뇨슬러지일 수 있다.
- [0031] 또한, 상기 하수슬러지는 탈수 후 상기 저류조로 이송될 수 있다.
- [0032] 또한, 상기 음식물류 폐기물은 파쇄 및 선별 후 상기 저류조로 이송될 수 있다.
- [0033] 또한, 상기 분뇨슬러지는 협잡물 제거 및 탈수 후 상기 저류조로 이송될 수 있다.
- [0034] 또한, 상기 저류조로 이송되는 유기성 폐기물의 탈수 후의 함수율은 75 내지 90 %, 바람직하게는 80 내지 85 %, 보다 바람직하게는 82 내지 84 %일 수 있다.
- [0035] 또한, 상기 선별은 입경 10 mm, 바람직하게는 7 mm, 보다 바람직하게는 5 mm 이하의 입자만 통과시킬 수 있으며, 이에 제한되지는 않는다.
- [0036] 또한, 상기 협잡물 제거는 제거율 95 내지 100 %, 바람직하게는 97 내지 100 %일 수 있다.
- [0037] 또한, 상기 건조 후의 건조물의 함수율은 1 내지 10 %, 바람직하게는 4 내지 9 %, 보다 바람직하게는 6 내지 8 %일 수 있다.



- [0038] 또한, 상기 중온 단상소화조는 기계식 강제 교반장치를 구비할 수 있다.
- [0039] 또한, 상기 중온 단상소화조는 스킴을 제거하는 스킴제거장치를 구비할 수 있다.
- [0040] 또한, 상기 중온 단상소화조는 퇴적물을 제거하고 미생물을 소화조로 반송하는 싸이클론을 하부에 구비할 수 있다.
- [0041] 또한, 상기 중온 단상소화조는 35 내지 40 °C, 바람직하게는 37 내지 40 °C, 보다 바람직하게는 38 내지 39 °C에서 운전될 수 있다.
- [0042] 또한, 상기 중온 단상소화조 내 체류시간은 5 내지 30 일, 바람직하게는 7 내지 25 일, 보다 바람직하게는 10 내지 20 일일 수 있다.
- [0043] 또한, 상기 바이오가스는 가스발전기에 공급하여 전기를 생산하고, 발전 과정에서 발생하는 폐열은 열가수분해 가용화장치, 슬러지 건조장치, 또는 열가수분해 가용화장치 및 슬러지 건조장치의 열원으로 재활용할 수 있다.
- [0044] 또한, 상기 바이오가스는 열가수분해 가용화장치, 슬러지 건조장치, 또는 열가수분해 가용화장치 및 슬러지 건조장치용 연료로 재활용할 수 있다.
- [0045] 또한, 상기 건조물은 화력발전소, 시멘트 소성로, 또는 화력발전소 및 시멘트 소성로용 보조연료로 재활용할 수 있다.
- [0046] 한편, 본 발명은 (A) 유기성 폐기물을 저류하는 저류단계; (B) 상기 유기성 폐기물을 160 내지 200 °C, 바람직하게는 180 내지 200 °C, 보다 바람직하게는 190 내지 200 °C 및 5 내지 10 bar, 바람직하게는 6 내지 10 bar, 보다 바람직하게는 7 내지 10 bar에서 열가수분해하여, 유기물질의 세포벽을 파괴하고 바이오폴리머를 분해하는 열가수분해 가용화단계; (C) 상기 열가수분해 가용화 단계를 거친 유기성 폐기물을 혐기소화시켜 바이오가스를 포함하는 기체생성물 및 소화슬러지를 생성시키는 혐기소화단계; (D) 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지를 탈수하여 탈수슬러지를 생성하는 탈수단계; (E) 상기 탈수슬러지를 건조시켜 건조물을 생성하는 건조단계; (F) 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 기체생성물 중 바이오가스를 분리하는 바이오가스 정제단계; 및 (G) 상기 건조물, 바이오가스, 또는 건조물 및 바이오가스를 연료로 사용하는 에너지 재활용단계를 포함하는, 유기성 폐기물 혐기소화 방법을 제공하는 것을 특징으로 한다.
- [0047] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법은 상기 혐기소화단계 이전에, 상기 열가수분해 가용화단계를 거친 유기성 폐기물의 온도를 낮추는 냉각단계를 추가로 포함할 수 있다.
- [0048] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법은 상기 탈수단계 이전에, 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지를 저류하는 소화슬러지 저류단계를 추가로 포함할 수 있다.
- [0049] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법은 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지의 탈수 시 발생하는 탈리 여액 내의 유기물질 및 인을 제거하는 반류수 처리단계를 추가로 포함할 수 있다.
- [0050] 또한, 상기 유기성 폐기물은 하수슬러지, 음식물류 폐기물, 분뇨슬러지 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있으며, 이에 제한되지는 않는다.
- [0051] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법은 상기 저류단계 이전에, 상기 하수슬러지를 탈수하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.
- [0052] 또한, 상기 저류단계 이전에, 상기 음식물류 폐기물은 파쇄 및 선별하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.
- [0053] 또한, 상기 저류단계 이전에, 상기 분뇨슬러지는 협잡물 제거 및 탈수하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.
- [0054] 또한, 상기 저류단계 이전에 유기성 폐기물의 탈수 후의 함수율은 75 내지 90 %, 바람직하게는 80 내지 85 %, 보다 바람직하게는 82 내지 84 %일 수 있다.
- [0055] 또한, 상기 선별은 입경 10 mm, 바람직하게는 7 mm, 보다 바람직하게는 5 mm 이하의 입자만 통과시킬 수 있으며, 이에 제한되지는 않는다.
- [0056] 또한, 상기 협잡물 제거는 그 제거율이 95 내지 100 %, 바람직하게는 97 내지 100 %일 수 있다.
- [0057] 또한, 상기 건조단계에서 생성된 건조물의 함수율은 1 내지 10 %, 바람직하게는 4 내지 9 %, 보다 바람직하게는 6 내지 8 %일 수 있다.

- [0058] 또한, 상기 혐기소화단계는 35 내지 40 ℃, 바람직하게는 37 내지 40 ℃, 보다 바람직하게는 38 내지 39 ℃ 에서 이루어질 수 있다.
- [0059] 또한, 상기 혐기소화단계는 5 내지 30 일, 바람직하게는 7 내지 25 일, 보다 바람직하게는 10 내지 20 일 이내 로 이루어질 수 있다.
- [0060] 또한, 상기 에너지 재활용단계에서 상기 바이오가스는 가스발전기에 공급하여 전기를 생산하고, 발전 과정에서 발생하는 폐열은 열가수분해 가용화단계, 슬러지 건조단계, 또는 열가수분해 가용화단계 및 슬러지 건조단계의 열원으로 재활용할 수 있다.
- [0061] 또한, 상기 에너지 재활용단계에서 상기 바이오가스는 열가수분해 가용화단계, 슬러지 건조단계, 또는 열가수분해 가용화단계 및 슬러지 건조단계용 연료로 재활용할 수 있다.
- [0062] 또한, 상기 에너지 재활용단계에서 상기 건조물은 화력발전소, 시멘트 소성로, 또는 화력발전소 및 시멘트 소성 로용 보조연료로 재활용할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0063] 상기와 같은 본 발명의 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 시스템은, 고온, 고압을 이용한 열가수 분해 가용화를 시킴으로써 유기물질이 가용화되어 분해되기 위한 최적의 상태로 혐기소화가 이루어지는 중온 단 상소화조에 투입될 수 있는 효과가 있다.
- [0064] 또한, 상기 중온 단상소화조 내 유기성 폐기물의 체류시간을 단축시킬 수 있으며, 중온 단상소화조가 안정적으 로 운전될 수 있는 효과가 있다.
- [0065] 또한, 체류시간이 단축됨에도 불구하고 기질이 안정적으로 혐기소화되고 혐기소화 효율이 증대되기 때문에 안정 성 및 경제성을 확보할 수 있는 효과가 있다.
- [0066] 또한, 상기와 같이 안정적인 혐기소화가 이루어지고 효율이 증대됨으로써, 혐기소화 시 발생하는 바이오가스 발 생량을 최대화할 수 있는 효과가 있다.
- [0067] 또한, 유기성 폐기물의 종류와 특성에 따라 전처리를 시킴으로써 열가수분해 효율 및 혐기소화 효율을 높일 수 있고, 다양하고 방대한 양의 유기성 폐기물을 효과적으로 혐기소화 처리할 수 있는 효과가 있다.
- [0068] 또한, 기존의 혐기소화에 비해 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화를 거쳐 발생된 소화슬러지의 경우 탈수성이 우수하고 약품사용량을 감소시킬 수 있으며, 탈수슬러지는 악취가 현저하게 감소되어 환경오염이 방지되는 효과 가 있다.
- [0069] 또한, 건조물의 경우 보조연료로 재활용될 수 있고 혐기소화 과정에서 발생하는 바이오가스는 직접 또는 발전을 통해 소내 전력, LNG 대체 연료 등의 방법으로 재활용됨으로써 에너지 재활용 효율을 극대화시킬 수 있는 효과 가 있다.
- [0070] 또한, 바이오가스 발전 과정에서 발생하는 폐열 및 바이오가스가 본 발명의 열가수분해를 포함하는 혐기소화 시 스템 내 열가수분해 가용화장치, 슬러지 건조장치, 또는 열가수분해 가용화장치 및 슬러지 건조장치용 연료로 재활용됨에 따라, 에너지 자립률을 50 % 이상 달성할 수 있는 효과가 있다.
- [0071] 또한, 이로 인해 RFS(Renewable Fuel Standard, 신재생연료 혼합의무제도) 제도 및 RPS(Renewable Portfolio Standard, 신재생에너지 공급의무제도) 제도에 대응이 가능하며, 온실가스 감축 및 화석에너지 사용량 감소의 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0072] 도 1은 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템의 일 실시예에 대한 구성을 나타낸 블럭도이다.
- 도 2는 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법의 일 실시예에 대하여 도시한 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 1에 따른 소화효율 특성을 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예 1에 따른 가스발생률 특성을 나타낸 그래프이다.
- 도 5은 본 발명의 비교예 1에 따른 소화효율 특성을 나타낸 그래프이다.

도 6는 본 발명의 비교예 1에 따른 가스발생률 특성을 나타낸 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0073] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세히 설명한다. 또한, 하기의 설명에서는 구체적인 구성요소 등과 같은 많은 특정사항들이 설명되어 있는데, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들 없이도 본 발명이 실시될 수 있음은 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다. 그리고, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0074] 우선, 본 명세서에 사용된 용어 중 일부에 대해 정의한다.
- [0075] 본 명세서에서 바이오폴리머란, 생물이 생산하는 고분자 화합물의 총칭으로서 단백질, 다당류, 핵산, 섬유소 등이 포함된다.
- [0076] 본 명세서에서 반류수란, 유기성 폐기물의 혐기소화가 이루어지는 소화조의 상등수, 탈수기(800)로 인해 발생한 탈리여액 또는 탈수여액 등을 통틀어서 가리키는 용어이다.
- [0077] 본 명세서에서 스크(Scum)이란, 통상적으로 정수처리장, 하폐수처리장, 축분처리장 등의 포기조 및 침전조 상부, 혐기소화조의 기액 경계층 등에 주로 발생하며 혐기소화 운전을 방해하고 문제를 일으키는 물질이다.
- [0078] 본 명세서에서 VS 란, 휘발성 고형물(Volatile Solids)의 약자로서 총 고형물을 600 ℃로 강열시켰을 때 휘발되는 유기성분이다.
- [0079] 본 명세서에서 VS 감량률이란, 강열감량이라고도 하며 혐기소화의 결과물인 소화슬러지에서 감소된 유기성분의 감량 비율을 알 수 있는 척도이다.
- [0080] 본 명세서에서 기질이란, 본 발명의 시스템 내 유기성 폐기물을 가리키며, 바람직하게는 시스템 내의 각 시설 또는 장치에 투입되는 유기성 폐기물을 가리키는 용어로서 사용되었다.
- [0081] 본 명세서에서 COD란, 화학적 산소요구량으로서, 화학적으로 산화가능한 유기물을 산화시키기 위한 산소요구량을 가리키며 유기성 폐기물 내 유기물 함유도 측정을 위한 척도이다.
- [0082] 본 명세서에서 SCOD란, 상기 COD 중 용해성 COD를 가리킨다.
- [0083] 본 명세서에서 HRT란, HRT(Hydraulic Retention Time)로서 수리학적 평균체류시간을 가리키며 반응조용량/유입 유량을 의미한다.
- [0084] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 상세히 설명한다.
- [0085] 도 1은 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템의 일 실시예에 대한 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0086] 도 1에 도시된 바와 같이 본 발명은, 유기성 폐기물을 저류하는 저류조(400), 상기 저류조(400)로부터 공급되는 유기성 폐기물을 160 내지 200 ℃, 바람직하게는 180 내지 200 ℃, 보다 바람직하게는 190 내지 200 ℃ 및 5 내지 10 bar, 바람직하게는 6 내지 10 bar, 보다 바람직하게는 7 내지 10 bar에서 열가수분해하여, 유기물질의 세포벽을 파괴하고 바이오폴리머를 분해하는 열가수분해 가용화장치(500)와,
- [0087] 상기 열가수분해 가용화를 거친 유기성 폐기물을 혐기소화시켜 바이오가스를 포함하는 기체생성물 및 소화슬러지를 생성시키는 중온 단상소화조(600), 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지를 탈수하여 탈수슬러지를 생성하는 탈수기(800), 상기 탈수기(800)에 의해 탈수된 탈수슬러지를 건조시켜 건조물을 생성하는 슬러지 건조장치(900)와,
- [0088] 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 기체생성물 중 바이오가스를 분리하는 바이오가스 정제설비(610), 및 상기 건조물, 바이오가스, 또는 건조물 및 바이오가스를 연료로 사용하는 에너지 재활용설비(620)를 포함하는, 유기성 폐기물 혐기소화 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0089] 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템에서 유기성 폐기물은, 본격적으로 혐기소화가 되는 중온 단상소화조(600)에 유입되기 이전에 상기 저류조(400)를 거쳐 열가수분해 가용화장치(500)에 투입된다. 상기 열가수분해 가용화장치(500)에 투입된 유기성 폐기물은 160 내지 200 ℃, 바람직하게는 180 내지 200 ℃, 보다 바람직하게는 190 내지 200 ℃ 및 5 내지 10 bar, 바람직하게는 6 내지 10 bar, 보다 바람직하게는 7 내지 10 bar에서 열가수분해된다. 이는 유기성 폐기물 내 유기물질의 세포벽이 파괴되고 바이오폴리머가 분해되는 효과적인 범위가

며, 상기 세포벽 이외에도 생물학적 난분해성 물질들이 파괴될 수 있다. 또한, 열과 압력 처리를 동시에 하기 때문에 가수분해 효율이 증대된다. 또한, 이 과정에서 복잡한 구조의 유기물이 모노머, 올리고머 등의 용해성 물질로 효과적으로 가용화되며, 이는 더욱 빠르고 효율이 높은 혐기소화가 이루어질 수 있게 한다. 특히, 유기성 폐기물과 같이 고형물이 많은 폐기물인 경우 이러한 가수분해 단계가 전체 혐기소화 시스템의 공정 효율과 처리 시간에 매우 중요한 과정이라고 할 수 있다.

[0090] 상기 열가수분해 가용화장치(500)를 거쳐 가용화된 유기성 폐기물은 중온 단상소화조(600)로 유입이 된다. 여기서 상기 중온 단상소화조(600)에 유입된 유기성 폐기물의 혐기소화가 이루어지며 이를 통해 바이오가스를 포함하는 기체생성물이 생성된다. 이때, 중온 단상소화조(600)에 유입되는 유기성 폐기물은 열가수분해 가용화가 되었기 때문에 이를 기질로 하여 반응하는 혐기소화의 효율이 증대되며, 이 과정에서 생성될 수 있는 바이오가스의 생산효율 또한 증대된다. 일반적인 혐기소화 시스템에 비해 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템 내의 혐기소화를 통해 바이오가스 발생량은 40 % 이상 증대가 가능하며, 이에 따라 재활용 가능한 에너지가 증가해 에너지 재활용 측면에서도 훨씬 경제적이다. 더불어, 혐기소화 효율의 증대로 인해 처리 시간이 짧아져 유기성 폐기물이 중온 단상소화조(600)에 체류하는 시간이 단축될 수 있다. 또한, 혐기소화 효율 증대와 체류시간 단축으로 인해 혐기소화를 위해 필요한 에너지도 감소하는 효과가 있다.

[0091] 또한, 일반적인 혐기소화 시스템의 혐기소화조에 비해 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템 내 중온 단상소화조(600)의 용적을 절반정도로 줄일 수 있다. 이에 따라 시설의 설치와 관리가 더 용이해져 더욱 안정적인 소화조 운영이 가능하며 운영 에너지를 줄일 수 있다. 또한, 일반적인 혐기소화 시스템 내 혐기소화에서 VS 감량률이 40 % 정도인 반면, 본 발명의 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 시스템 내 혐기소화에서는 VS 감량률이 55 % 이상으로 이 또한 안정적인 소화조 운영과 운영에너지 절감을 가능하게 한다. 또한, 상기와 같은 소화조 용적 감소 및 VS 감량률의 증가는 혐기소화 효율과 바이오가스 발생량 증대로 이어지는데, 특히 바이오가스 발생량은 일반적인 혐기소화 시스템에 비해 40 % 이상 증대가 가능하다.

[0092] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템은 상기 열가수분해 가용화장치(500)를 거친 유기성 폐기물이 중온 단상소화조(600)로 투입되기 전 유기 폐기물의 온도를 낮추는 냉각기(510)를 추가로 포함할 수 있다. 상기 냉각기(510)에서 배출되는 열가수분해 가용화된 유기성 폐기물은 혐기소화가 이루어지는 중온 단상소화조(600) 내의 미생물 생육에 최적화된 온도 예컨대 38 내지 39 °C 내외의 온도로 냉각된다. 상기 냉각된 유기성 폐기물이 중온 단상소화조(600)에 투입되기 때문에 중온 단상소화조(600)는 안정적으로 운전될 수 있고 이는 혐기소화 효율 증대와 바이오가스 생산량의 극대화로 이어질 수 있다. 일반적인 혐기소화 시스템에서는 중온소화의 경우 35 °C 내외 정도의 온도로 소화조를 유지시키기 위한 가온 및 보온 에너지가 필요하다. 따라서, 일반적인 혐기소화 시스템과 비교하여, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템에서는 별도의 소화조 가온이 필요없게 되므로 소화조 가온 및 보온에 필요한 에너지를 절약할 수 있다.

[0093] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템은 상기 중온 단상소화조(600)로부터 배출되는 소화슬러지를 저류하는 소화슬러지 저류조(700)를 추가로 포함할 수 있다. 상기 소화슬러지 저류조(700)는 상기 중온 단상소화조(600)로부터 배출되는 소화슬러지를 일시적으로 저류하며 소화슬러지 저류조(700)를 거친 유기성 폐기물은 탈수기(800)로 투입 후 탈수되어 탈수슬러지가 생성된다. 일반적인 혐기소화 시스템의 경우 탈수슬러지의 함수율이 80 % 전후인 반면, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템에서는 열가수분해에 따른 탈수성이 매우 커 탈수슬러지 함수율을 70 % 이하로 유지시킬 수 있다. 따라서, 탈수슬러지의 발생량 감소가 가능하고 이후의 건조 공정 등에서도 상기 함수율이 낮은 탈수슬러지를 처리하는 데 필요한 에너지 소비량을 줄일 수 있어 경제적이다.

[0094] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템은 상기 탈수기(800)에서 발생되는 탈리 여액 내의 유기물질 및 인을 제거하는 반류수 처리장치(810)를 추가로 포함할 수 있다. 혐기소화 시스템에서 소화슬러지의 감량화, 안정화는 혐기소화의 중요한 목적 중 하나이다. 따라서, 상기 탈수기(800)를 통해 소화슬러지의 수분인 탈리 여액을 분리시켜 감량화, 안정화시키고 상기 반류수 처리장치(810)를 통해 탈리 여액 내의 유기물질 및 인을 제거하는 과정이 필요하다.

[0095] 또한, 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지가 탈수기(800)에서 탈수되어 생성된 탈수슬러지는 슬러지 건조장치(900)로 이송된 후 건조되어 건조물이 생성된다.

[0096] 또한, 상기 건조 후의 건조물의 함수율은 1 내지 10 %, 바람직하게는 4 내지 9 %, 보다 바람직하게는 6 내지 8 %일 수 있다. 이는 소화슬러지의 충분한 탈수 및 건조로 인해 악취발생이 효과적으로 방지되고 부피가 감소하여 취급이 용이하게 될 수 있는 범위이다. 또한, 함수율이 낮기 때문에 배출되었을 때 부패하기가 어렵게 되며 환

경오염을 방지할 수 있다. 또한, 상기 건조물은 처리할 때에도 화력발전소 또는 시멘트 소성로의 보조연료로 활용이 가능하기 때문에 전체 시스템을 더욱 경제적으로 만들 수 있다. 더불어, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템에서는 열가수분해를 통해 유기물질의 세포벽을 파괴시키고 바이오폴리머를 분해하였기 때문에 상기와 같이 더 낮은 함수율 범위의 건조물을 얻을 수 있다. 다시 말하면, 유기성 폐기물 내의 세포나 고분자와 같이 결합수가 포함된 물질을 열가수분해 가용화시켜 결합수를 감소시켰기 때문에 이와 같이 함수율 제거 효율을 더욱 높일 수 있다.

- [0097] 또한, 상기 건조물은 화력발전소, 시멘트 소성로, 또는 화력발전소 및 시멘트 소성로용 보조연료로 재활용할 수 있다. 또한, 이로 인해 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템의 에너지 자립률을 더욱 높이고 화석에너지 사용량을 줄일 수 있다.
- [0098] 한편, 상기 유기성 폐기물은 하수슬러지, 음식물류 폐기물, 분뇨슬러지 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있다.
- [0099] 또한, 상기 분뇨슬러지는 인간분뇨슬러지, 가축분뇨슬러지 또는 인간분뇨슬러지 및 가축분뇨슬러지일 수 있다.
- [0100] 도 1을 참고하여 보면, 도시한 바와 같이 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템은 상기 하수슬러지, 음식물류 폐기물, 분뇨슬러지와 같은 유기성 폐기물이 저류조(400)에 투입되기 전에 전처리되는 설비가 포함될 수 있다.
- [0101] 우선, 상기 하수슬러지는 탈수 후 상기 저류조(400)로 이송될 수 있다. 일반적으로 하수슬러지는 하수처리장 농축조에서 농축되어 본 발명과 같은 혐기소화 시스템으로 공급되는데, 바로 저류조(400)로 이송되기보다는 먼저 하수슬러지 탈수기(110)를 통해 탈수된 후 본 발명을 구성하는 저류조(400)로 이송되는 것이 바람직하다.
- [0102] 또한, 상기 음식물류 폐기물은 파쇄 및 선별 후 상기 저류조(400)로 이송될 수 있다.
- [0103] 또한, 상기 분뇨슬러지는 협잡물 제거 및 탈수 후 상기 저류조(400)로 이송될 수 있다. 각각의 유기성 폐기물이 상기와 같이 각 기질의 특성에 적합한 전처리를 거침으로써 유기성 폐기물의 혼합화 및 저류조(400)에서의 저류가 더 용이해진다. 또한, 상기 저류조(400)를 거쳐 열가수분해 가용화장치(500)에 투입되는 기질로서 더욱 안정화될 수 있으며 이는 더 높은 효율의 열가수분해 가용화로 이어진다.
- [0104] 또한, 상기 탈수 후의 함수율은 75 내지 90 %, 바람직하게는 80 내지 85 %, 보다 바람직하게는 82 내지 84 %일 수 있다. 상기와 같은 범위까지 탈수를 시킴으로써 처리해야 하는 전체 유기성 폐기물의 부피가 현저히 감소되고 이에 따라 저류조(400)의 용적도 감소시킬 수 있으며 취급이 용이하게 된다. 더불어, 전체 유기성 폐기물의 함수율 또한 감소되기 때문에 유기성 폐기물의 혐기소화 후 발생하는 슬러지를 감량화시킬 수 있으며 이를 건조시키는 데에도 에너지를 덜 필요로 하게 된다.
- [0105] 또한, 상기 음식물류 폐기물은 본 발명이 속하는 기술분야에서 일반적으로 행해지는 파쇄공정을 거친 후 입경 10 mm, 바람직하게는 7 mm, 보다 바람직하게는 5 mm 이하의 입자만 통과하도록 선별되며, 상기와 같은 범위로의 선별 공정을 거침으로써 비닐류, 철류, 플라스틱류, 뼈와 같은 각종 이물질이 95 % 이상, 바람직하게는 97 % 이상 제거된 상태로 저류조(400)로 이송될 수 있다. 또한, 입자 크기가 작아졌기 때문에 전체 유기성 폐기물의 부피가 현저히 감소되고 이에 따라 저류조(400)의 용적도 감소시킬 수 있으며 취급이 용이하게 된다.
- [0106] 또한, 분뇨슬러지의 경우 이물질 선별을 위해 협잡물 처리기(310)를 거쳐 이물질이 제거된다. 상기와 같이 협잡물이 제거됨으로써 협잡물 제거 후 분뇨슬러지 탈수기(320)를 통한 탈수과정을 더 용이하게 만들고 탈수 효율을 더 높일 수 있다.
- [0107] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템의 상기 중온 단상소화조(600)는 기계식 강제 교반장치를 구비할 수 있다. 기계식 강제 교반장치는 상기 중온 단상소화조(600) 내의 유기성 폐기물이 혐기성 소화미생물과 완전혼합 상태를 유지할 수 있게 한다. 또한, 유기성 폐기물의 이상 발포를 없애주며 스크 제거 효율을 높여준다.
- [0108] 또한, 상기 중온 단상소화조(600)는 스크를 제거하는 스크제거장치를 구비할 수 있다. 상기 스크제거장치는 중온 단상소화조(600)의 상부에 위치할 수 있으며 스크 발생을 억제하고 제거하는 역할을 한다. 이를 통해, 보다 효율적으로 조기에 스크층을 제거할 수 있을 뿐만 아니라 생성된 바이오가스의 원활한 배출을 통해 상기 중온 단상소화조(600) 내의 바이오가스 분압을 낮추어 유해가스의 영향을 감소시켜준다.
- [0109] 또한, 상기 중온 단상소화조(600)는 퇴적물을 제거하고 미생물을 소화조로 반송하는 사이클론을 하부에 구비할 수 있다. 이는 중온 단상소화조(600) 내 유기성 폐기물에 미량 포함된 이물질에 의한 퇴적물을 주기적으로 제거

하고 제거과정에서 유실될 수 있는 미생물을 증온 단상소화조(600)로 내로 반송시킨다. 이에 따라 혐기소화 효율이 일정하게 유지되어 전체적인 연속 시스템을 안정화시키고 시스템의 효율을 높일 수 있다.

- [0110] 또한, 상기 증온 단상소화조(600)는 35 내지 40 °C, 바람직하게는 37 내지 40 °C, 보다 바람직하게는 38 내지 39 °C에서 운전될 수 있다. 상기 증온 단상소화조(600)에 투입되는 유기성 폐기물의 온도가 상기 범위 이내의 온도를 유지하고 있기 때문에 일반적인 혐기소화 방식은 소화조 가온이 필요한 반면 본 발명의 상기 증온 단상소화조(600)는 별도의 가온이 필요없게 된다. 따라서, 별도의 에너지 투입 없이 상기 범위의 온도에서 운전될 수 있어 더욱 경제적이다.
- [0111] 또한, 상기 증온 단상소화조(600) 내 체류시간은 5 내지 30 일, 바람직하게는 7 내지 25 일, 보다 바람직하게는 10 내지 20 일일 수 있다. 일반적인 혐기소화 시스템의 증온소화 공정일 경우 35 °C 정도의 온도에서의 소화조 내 유기성 폐기물의 체류시간이 30 일 이상인 것과 비교하여, 본 발명의 증온 단상소화조(600) 내 유기성 폐기물의 체류시간은 20 일 이내까지 감소시킬 수 있다. 이는 열가수분해 가용화를 통한 혐기소화 효율의 증대로 인해 처리 시간이 짧아져 증온 단상소화조(600)에 유기성 폐기물이 체류하는 시간이 현저하게 단축된 효과이다. 또한, 혐기소화의 효율 증대와 증온 단상소화조(600) 내 유기성 폐기물의 체류시간 단축으로 인해 혐기소화를 위해 필요한 에너지를 감소시키는 데에도 효과가 있다.
- [0112] 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 기체생성물 중 바이오가스는 바이오가스 정제설비(610)로 유입되어 정제된다. 상기 증온 단상소화조(600)에서 혐기소화를 거쳐 발생하는 기체생성물 중에는 메탄과 이산화탄소 외에 수분, 황화수소, 실록산 등의 불순물이 존재하는데 바이오가스 정제설비(610)를 통해 불순물이 제거된다.
- [0113] 또한, 상기 바이오가스 정제설비(610)를 거쳐 불순물이 제거된 바이오가스는 에너지 재활용설비(620)로 유입되어 발전이나 LNG 연료 대체물로 활용되는 등 재활용될 수 있다. 더 상세히 설명하자면, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템에서 생성된 상기 바이오가스는 가스발전기에 공급하여 전기를 생산하고, 발전 과정에서 발생하는 폐열은 열가수분해 가용화장치(500), 슬러지 건조장치(900), 또는 열가수분해 가용화장치(500) 및 슬러지 건조장치(900)의 열원으로 재활용할 수 있다. 또한, 생산된 전기는 전량 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템 내에 사용하거나 매전할 수 있다.
- [0114] 또한, 상기 바이오가스는 열가수분해 가용화장치(500), 슬러지 건조장치(900), 또는 열가수분해 가용화장치(500) 및 슬러지 건조장치(900)용 연료로 재활용할 수 있다. 뿐만 아니라, 상기 바이오가스는 보일러 열원으로도 재활용할 수 있다. 이는 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템의 에너지 자립화에 크게 기여할 수 있다.
- [0115] 또한, 에너지 자립률은 혐기소화 시 생산되는 바이오가스 발생량, 탈수슬러지를 건조한 건조물 생성량, 또는 바이오가스 발생량 및 탈수슬러지를 건조한 건조물 생성량에 의해 결정된다. 따라서, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 시스템에서는 열가수분해 가용화를 통해 혐기소화 및 바이오가스 발생 효율을 높이고 상기와 같은 에너지 재활용 시스템을 이용함으로써 에너지 자립률 50 % 이상 달성이 가능하다.
- [0116] 한편, 도 2는 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법의 일 실시예에 대하여 도시한 순서도이다.
- [0117] 도 2에 도시한 바와 같이 본 발명은, (A) 유기성 폐기물을 저류하는 저류단계(S4); (B) 상기 유기성 폐기물을 160 내지 200 °C, 바람직하게는 180 내지 200 °C, 보다 바람직하게는 190 내지 200 °C 및 5 내지 10 bar, 바람직하게는 6 내지 10 bar, 보다 바람직하게는 7 내지 10 bar에서 열가수분해하여, 유기물질의 세포벽을 파괴하고 바이오폴리머를 분해하는 열가수분해 가용화단계(S5); (C) 상기 열가수분해 가용화 단계를 거친 유기성 폐기물을 혐기소화시켜 바이오가스를 포함하는 기체생성물 및 소화슬러지를 생성시키는 혐기소화단계(S6); (D) 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지를 탈수하여 탈수슬러지를 생성하는 탈수단계(S8); (E) 상기 탈수슬러지를 건조시켜 건조물을 생성하는 건조단계(S9); (F) 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 기체생성물 중 바이오가스를 분리하는 바이오가스 정제단계(S61); 및 (G) 상기 건조물, 바이오가스, 또는 건조물 및 바이오가스를 연료로 사용하는 에너지 재활용단계(S62)를 포함하는, 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 방법을 제공하는 것을 특징으로 한다.
- [0118] 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법에서 유기성 폐기물은, 본격적으로 혐기소화단계(S6)을 거치기 이전에 상기 저류단계(S4)를 거쳐 열가수분해 가용화단계(S5)를 거치게 된다. 상기 열가수분해 가용화단계(S5)를 거치는 유기성 폐기물은 160 내지 200 °C, 바람직하게는 180 내지 200 °C, 보다 바람직하게는 190 내지 200 °C 및 5 내지 10 bar, 바람직하게는 6 내지 10 bar, 보다 바람직하게는 7 내지 10 bar에서 열가수분해된다. 이는 유기성 폐기물 내 유기물질의 세포벽이 파괴되고 바이오폴리머가 분해되는 효과적인 범위이며, 상기 세포벽 이외에도 생물학적 난분해성 물질들이 파괴될 수 있다. 또한, 열과 압력 처리를 동시에 하기 때문에 가수분해 효율이 증

대된다. 또한, 이 과정에서 복잡한 구조의 유기물이 모노머, 올리고머 등의 용해성 물질로 효과적으로 가용화되며, 이는 더욱 빠르고 효율이 높은 혐기소화가 이루어질 수 있게 한다. 특히, 유기성 폐기물과 같이 고형물이 많은 폐기물인 경우 이러한 가수분해 단계가 전체 혐기소화 방법의 공정 효율과 처리 시간에 매우 중요한 과정이라고 할 수 있다.

[0119] 상기 열가수분해 가용화단계(S5)를 거친 유기성 폐기물은 혐기소화단계(S6)를 거치게 되며 이를 통해 바이오가스를 포함하는 기체생성물이 생성된다. 이때, 혐기소화단계(S6)에서의 유기성 폐기물은 열가수분해 가용화가 되었기 때문에 이를 기질로 하여 반응하는 혐기소화의 효율이 증대되며, 이 과정에서 생성될 수 있는 바이오가스의 생산효율 또한 증대된다. 일반적인 혐기소화 방법에 비해 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법 내의 혐기소화를 통해 바이오가스 발생량은 40 % 이상 증대가 가능하며, 이에 따라 재활용 가능한 에너지가 증가해 에너지 재활용 측면에서도 훨씬 경제적이다. 더불어, 혐기소화 효율의 증대로 인해 처리 시간이 짧아져 유기성 폐기물이 상기 혐기소화단계(S6)에서 체류하는 시간이 단축될 수 있다. 또한, 혐기소화 효율 증대와 체류시간 단축으로 인해 혐기소화를 위해 필요한 에너지도 감소하는 효과가 있다.

[0120] 또한, 일반적인 혐기소화 방법에서 사용되는 혐기소화조의 용적에 비해 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법 내 혐기소화단계(S6)에서의 소화조는 그 용적을 절반정도로 줄일 수 있다. 이에 따라 시설의 설치와 관리가 더 용이해져 더욱 안정적인 소화조 운영이 가능하며 운영 에너지를 줄일 수 있다. 또한, 일반적인 혐기소화 방법에서 VS 감량률이 40 % 정도인 반면, 본 발명의 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 방법에서는 55 % 이상으로 이 또한 안정적인 소화조 운영과 운영에너지 절감을 가능하게 한다. 또한, 상기와 같은 소화조 용적 감소 및 VS 감량률의 증가는 혐기소화 효율과 바이오가스 발생량 증대로 이어지는데, 특히 바이오가스 발생량은 일반적인 혐기소화 방법에 비해 40% 이상 증대가 가능하다.

[0121] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법은 상기 혐기소화단계(S6) 이전에, 상기 열가수분해 가용화단계(S5)를 거친 유기성 폐기물의 온도를 낮추는 냉각단계(S51)를 추가로 포함할 수 있다. 상기 냉각단계(S51)를 거치는 열가수분해 가용화된 유기성 폐기물은 다음 단계인 혐기소화단계(S6)에서 미생물 생육이 최적으로 이루어질 수 있는 온도 예컨대 38 내지 39 °C 내외의 온도로 냉각된다. 상기 냉각된 유기성 폐기물이 혐기소화단계(S6)를 거치게 때문에 이는 혐기소화 효율 증대와 바이오가스 생산량의 극대화로 이어질 수 있다. 일반적인 혐기소화 방법에서는 중온소화의 경우 35 °C 내외 정도의 온도로 소화조를 유지시키기 위한 가온 및 보온 에너지가 필요하다. 따라서, 일반적인 혐기소화 방법과 비교하여, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법에서는 별도의 소화조 가온이 필요없게 되므로 소화조 가온 및 보온에 필요한 에너지를 절약할 수 있다.

[0122] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법은 상기 탈수단계(S8) 이전에, 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지를 저류하는 소화슬러지 저류단계(S7)를 추가로 포함할 수 있다. 상기 소화슬러지 저류단계(S7)에서는 상기 혐기소화단계(S6)에서 배출되는 소화슬러지가 일시적으로 저류되며 소화슬러지 저류단계(S7)를 거친 유기성 폐기물은 탈수단계(S8)에서 탈수되어 탈수슬러지가 생성된다. 일반적인 혐기소화 방법의 경우 탈수슬러지의 함수율이 80 % 전후인 반면, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법에서는 열가수분해에 따른 탈수성이 매우 커 탈수슬러지 함수율을 70 % 이하로 유지시킬 수 있다. 따라서, 탈수슬러지의 발생량 감소가 가능하고 이후의 건조공정 등에서도 상기 함수율이 낮은 탈수슬러지를 처리하는 데 필요한 에너지 소비량을 줄일 수 있어 경제적이다.

[0123] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법은 상기 혐기소화단계(S6)를 거쳐 생성된 소화슬러지의 탈수 시 발생하는 탈리 여액 내의 유기물질 및 인을 제거하는 반류수 처리단계(S81)를 추가로 포함할 수 있다. 혐기소화 방법에서 혐기소화를 거쳐 발생하는 소화슬러지의 감량화, 안정화는 혐기소화의 중요한 목적 중 하나이다. 따라서, 상기 탈수단계(S8)를 통해 소화슬러지의 수분인 탈리 여액을 분리시켜 감량화, 안정화시키고 상기 반류수 처리단계(S81)를 통해 탈리 여액 내의 유기물질 및 인을 제거하는 과정이 필요하다.

[0124] 또한, 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 소화슬러지가 탈수단계(S8)에서 탈수되어 생성된 탈수슬러지는 건조단계(S9)에서 건조되어 건조물이 생성된다.

[0125] 또한, 상기 건조단계(S9)를 거친 건조물의 함수율은 1 내지 10 %, 바람직하게는 4 내지 9 %, 보다 바람직하게는 6 내지 8 %일 수 있다. 이는 소화슬러지의 충분한 탈수 및 건조로 인해 악취발생이 효과적으로 방지되고 부피가 감소하여 취급이 용이하게 될 수 있는 범위이다. 또한, 함수율이 낮기 때문에 배출되었을 때 부패하기가 어렵게 되며 환경오염을 방지할 수 있다. 또한, 상기 건조물은 처리할 때에도 화력발전소 또는 시멘트 소성로의 보조연료로 활용이 가능하기 때문에 전체 시스템을 더욱 경제적으로 만들 수 있다. 더불어, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법에서는 열가수분해 가용화단계(S5)에서 유기물질의 세포벽을 파괴시키고 바이오폴리머를 분해하였

기 때문에 상기와 같이 더 낮은 함수율 범위의 건조물을 얻을 수 있다. 다시 말하면, 유기성 폐기물 내의 세포나 고분자와 같이 결합수가 포함된 물질을 열가수분해 가용화시켜 결합수를 감소시켰기 때문에 이와 같이 함수율 제거 효율을 더욱 높일 수 있다.

- [0126] 또한, 상기 건조물은 화력발전소, 시멘트 소성로, 또는 화력발전소 및 시멘트 소성로용 보조연료로 재활용할 수 있다. 또한, 이로 인해 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법의 에너지 자립률을 더욱 높이고 화석에너지 사용량을 줄일 수 있다.
- [0127] 한편, 상기 유기성 폐기물은 하수슬러지, 음식물류 폐기물, 분뇨슬러지 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있다.
- [0128] 또한, 상기 분뇨슬러지는 인간분뇨슬러지, 가축분뇨슬러지 또는 인간분뇨슬러지 및 가축분뇨슬러지일 수 있다.
- [0129] 도 2을 참고하여 보면, 도시한 바와 같이 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법은 상기 하수슬러지, 음식물류 폐기물, 분뇨슬러지와 같은 유기성 폐기물이 저류단계(S4)로 진입하기 이전에 전처리되는 단계가 포함될 수 있다.
- [0130] 우선, 상기 저류단계(S4) 이전에, 상기 하수슬러지를 탈수하는 단계(S11)를 추가로 포함할 수 있다. 일반적으로 하수슬러지는 하수처리장 농축조에서 농축되어 본 발명과 같은 혐기소화 방법으로 처리되는데, 바로 저류단계(S4)에 진입하기보다는 먼저 탈수된 후 본 발명을 구성하는 저류단계(S4)로 진입하는 것이 바람직하다.
- [0131] 또한, 상기 저류단계(S4) 이전에, 상기 음식물류 폐기물은 과쇄 및 선별하는 단계(S21)를 추가로 포함할 수 있다.
- [0132] 또한, 상기 저류단계(S4) 이전에, 상기 분뇨슬러지는 협잡물 제거 및 탈수하는 단계(S31)를 추가로 포함할 수 있다. 각각의 유기성 폐기물이 상기와 같이 각 기질의 특성에 적합한 전처리 단계를 거침으로써 유기성 폐기물의 혼합화 및 저류단계(S4)로의 진입이 더 용이해진다. 또한, 상기 저류단계(S4)를 거쳐 열가수분해 가용화단계(S5)로 투입되는 기질로서 더욱 안정화될 수 있으며 이는 더 높은 효율의 열가수분해 가용화로 이어진다.
- [0133] 또한, 상기 탈수 후의 함수율은 75 내지 90 %, 바람직하게는 80 내지 85 %, 보다 바람직하게는 82 내지 84 %일 수 있다. 상기와 같은 범위까지 탈수를 시킴으로써 처리해야 하는 전체 유기성 폐기물의 부피가 현저히 감소되고 이에 따라 저류단계(S4)에서 거치게 되는 저류조(400)의 용적도 감소시킬 수 있으며 취급이 용이하게 된다. 더불어, 전체 유기성 폐기물의 함수율 또한 감소되기 때문에 유기성 폐기물의 혐기소화 후 발생하는 슬러지를 감량화시킬 수 있으며 이를 건조시키는 데에도 에너지를 덜 필요로 하게 된다.
- [0134] 또한, 상기 음식물류 폐기물은 본 발명이 속하는 기술분야에서 일반적으로 행해지는 과쇄공정을 거친 후 입경 10 mm, 바람직하게는 7 mm, 보다 바람직하게는 5 mm 이하의 입자만 통과하도록 선별되며, 상기와 같은 범위로의 선별 공정을 거침으로써 비닐류, 철류, 플라스틱류, 뼈와 같은 각종 이물질이 95 % 이상, 바람직하게는 97 % 이상 제거된 상태로 저류단계(S4)로 진입될 수 있다. 또한, 입자 크기가 작아졌기 때문에 전체 유기성 폐기물의 부피가 현저히 감소되고 취급이 용이하게 된다.
- [0135] 또한, 분뇨슬러지의 경우 이물질 선별을 위해 협잡물 제거 및 탈수단계(S31)를 거치게 된다. 상기 협잡물 제거 및 탈수단계(S31)를 통해 협잡물이 제거됨으로써 협잡물 제거 후의 탈수과정을 더 용이하게 만들고 탈수 효율을 더 높일 수 있다.
- [0136] 또한, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법에서 상기 혐기소화단계(S6)는 35 내지 40 °C, 바람직하게는 37 내지 40 °C, 보다 바람직하게는 38 내지 39 °C에서 이루어질 수 있다. 상기 혐기소화단계(S6)를 거치는 유기성 폐기물의 온도가 상기 범위 이내의 온도를 유지하고 있기 때문에 일반적인 혐기소화 방식은 소화조 가운데 필요 한 반면 본 발명의 혐기소화단계(S6)에서는 별도의 가운데 필요없게 된다. 따라서, 별도의 에너지 투입 없이 상기 범위의 온도에서 운전될 수 있어 더욱 경제적이다.
- [0137] 또한, 상기 혐기소화단계(S6)는 5 내지 30 일, 바람직하게는 7 내지 25 일, 보다 바람직하게는 10 내지 20 일 이내로 이루어질 수 있다. 일반적인 혐기소화 방법에서 35 °C 정도의 온도에서 이루어지는 중온 혐기소화단계는 30 일 정도 걸리는 것과 비교하여, 본 발명의 혐기소화단계(S6)는 20 일 이내로 이루어질 수 있다. 이는 열가수분해 가용화를 통한 혐기소화 효율의 증대로 인해 처리 시간이 짧아져 혐기소화단계(S6)에서 유기성 폐기물이 분해되는 시간이 현저하게 단축된 효과이다. 또한, 혐기소화의 효율 증대와 혐기소화단계(S6)의 시간 단축으로 인해 혐기소화를 위해 필요한 에너지를 감소시키는 데에도 효과가 있다.



[0138] 상기 혐기소화를 거쳐 생성된 기체생성물 중 바이오가스는 바이오가스 정제단계(S61)에서 정제된다. 상기 혐기소화단계(S6)를 거쳐 발생하는 기체생성물 중에는 메탄과 이산화탄소 외에 수분, 황화수소, 실록산 등의 불순물이 존재하는데 바이오가스 정제단계(S61)를 통해 불순물이 제거된다.

[0139] 또한, 상기 바이오가스 정제단계(S61)를 거쳐 불순물이 제거된 바이오가스는 에너지 재활용단계(S62)에서 발전이나 LNG 연료 대체물로 활용되는 등 재활용될 수 있다. 더 상세히 설명하자면, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법에서 생성된 바이오가스는 상기 에너지 재활용단계(S62)를 거치며 가스발전기에 공급되어 전기를 생산하고, 발전 과정에서 발생하는 폐열은 열가수분해 가용화단계(S5), 슬러지 건조단계(S9), 또는 열가수분해 가용화단계(S5) 및 슬러지 건조단계(S9)의 열원으로 재활용할 수 있다. 또한, 생산된 전기는 전량 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법에 필요한 에너지로 사용하거나 매전할 수 있다.

[0140] 또한, 상기 에너지 재활용단계(S62)에서 상기 바이오가스는 열가수분해 가용화단계(S5), 슬러지 건조단계(S9), 또는 열가수분해 가용화단계(S5) 및 슬러지 건조단계(S9)용 연료로 재활용할 수 있다. 뿐만 아니라, 상기 바이오가스는 보일러 열원으로도 재활용할 수 있다. 이는 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법에 필요한 에너지 자립화에 크게 기여할 수 있다.

[0141] 또한, 에너지 자립률은 혐기소화 시 생산되는 바이오가스 발생량, 탈수슬러지를 건조한 건조물 생성량, 또는 바이오가스 발생량 및 탈수슬러지를 건조한 건조물 생성량에 의해 결정된다. 따라서, 본 발명의 유기성 폐기물 혐기소화 방법에서는 열가수분해 가용화를 통해 혐기소화 및 바이오가스 발생 효율을 높이고 상기와 같은 에너지 재활용 방법을 이용함으로써 에너지 자립률 50 % 이상 달성이 가능하다.

[0142] 이하, 본 발명의 실시예에 대하여 설명한다.

[0143] **실시예**

[0144] 실시예 1 : 열가수분해 + 혐기소화

[0145] 유기성 폐기물을 본 발명의 열가수분해를 포함하는 유기성 폐기물 혐기소화 방법 및 시스템을 이용하여 혐기소화 시켰다. 실험 결과에 따라 유기성 폐기물 내 유기물질의 제거 효과를 나타내기 위해 COD와 VS를 지표로 사용하였고, 표 1에 혐기소화 일수에 따른 COD 및 VS의 유입기질 및 제거특성에 대해 나타내었다.

[0146] 또한, 혐기소화에 따른 가스발생 효율을 측정하기 위해 혐기소화 일수에 따른 가스발생량과 메탄함량을 측정하였고 이에 대한 결과를 표 2에 나타내었다.

[0147] 그리고, 측정 결과에 따른 소화효율 및 가스발생량을 평가하기 위해 도 3과 도 4에 각각 혐기소화 일수에 따른 VS 농도 및 혐기소화 일수에 따른 가스발생물에 대한 실험 결과를 나타내었다.

[0148] 1. 유입기질 및 제거특성

**표 1**

[0149]

구 분	유입기질				제거특성						
	유입 COD (g/일)	유입 VS (g/일)	유입 COD (g/L)	유입 VS (g/L)	유출 COD (g/L)	유출 SCOD (g/L)	COD 제거율 (%)	유출 VS (g/L)	VS 제거율 (%)	COD 제거량 (g)	VS 제거량 (g)
1일	15.3	5.7	59.3	36.1	23.0	1.7	61.3	21.7	39.8	181.9	71.8
2일	18.3	6.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3일	18.7	6.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4일	17.7	6.5	-	-	18.8	2.0	68.3	17.1	52.7	202.7	95.2
5일	17.2	6.4	-	-	24.9	1.5	58.0	15.8	56.3	172.0	101.7
6일	19.0	7.0	-	-	26.7	1.6	55.0	15.5	57.1	163.1	103.0
7일	19.6	7.3	-	-	29.6	1.4	50.2	16.8	53.6	148.9	96.7
8일	15.1	5.6	-	-	23.1	1.7	61.1	15.9	56.0	181.3	101.0
9일	15.7	5.8	-	-	22.4	1.4	62.2	15.0	58.3	184.6	105.3
10일	21.7	8.0	-	-	24.9	1.5	58.0	14.8	58.9	172.1	106.4
11일	15.1	5.6	-	-	25.0	1.6	57.8	15.0	58.4	171.5	105.4
12일	19.0	7.0	-	-	23.6	1.8	60.3	14.9	58.6	178.8	105.8
13일	22.8	8.5	-	-	24.1	1.6	59.4	14.8	58.9	176.3	106.3
14일	17.5	6.5	-	-	19.6	1.5	67.0	14.3	60.5	198.8	109.2
15일	15.7	5.8	-	-	19.3	1.4	67.5	14.7	59.2	200.3	106.8

16일	17.8	6.6	-	-	23.3	1.6	60.8	14.5	59.9	180.3	108.2
17일	20.2	7.5	-	-	20.9	1.6	64.7	12.9	64.2	192.0	115.9
18일	23.4	8.7	-	-	24.8	1.6	58.1	13.1	63.7	172.5	114.9
19일	25.1	9.3	-	-	24.0	1.3	59.5	14.2	60.7	176.5	109.5
20일	18.7	6.9	-	-	23.9	1.3	59.8	14.9	58.6	177.3	105.9
21일	23.4	8.7	-	-	23.7	1.3	60.1	14.8	59.0	178.3	106.6
22일	24.0	8.9	-	-	22.9	1.4	61.3	13.9	61.4	181.9	110.9

[0150] 2. 가스발생량 및 메탄함량

표 2

구 분	가스발생량				메탄 함량 (%)
	가스발생량 (L)	누적가스발생량 (L)	가스발생량률 (L/gCOD)	가스발생량률 (L/gVS)	
1일	8.5	8.5	0.05	0.12	68.57
2일	8.0	16.5	-	-	-
3일	7.9	24.4	-	-	-
4일	8.7	33.0	0.16	0.35	68.69
5일	7.2	40.2	0.23	0.40	66.18
6일	7.9	48.2	0.30	0.47	65.78
7일	8.6	56.8	0.38	0.59	-
8일	8.3	65.1	0.36	0.64	66.65
9일	8.5	73.6	0.40	0.70	-
10일	8.4	82.0	0.48	0.77	69.61
11일	8.5	90.6	0.53	0.86	-
12일	5.7	96.3	0.54	0.91	69.69
13일	6.1	102.4	0.58	0.96	-
14일	5.8	108.2	0.54	0.99	69.7
15일	5.1	113.3	0.57	1.06	-
16일	5.4	118.7	0.66	1.10	69.61
17일	5.6	124.3	0.65	1.07	-
18일	3.0	127.3	0.74	1.11	69.62
19일	2.5	129.8	0.74	1.19	-
20일	2.4	132.2	0.75	1.25	69.55
21일	2.3	134.5	0.75	1.26	-
22일	2.5	137.0	0.75	1.24	69.57

[0152] 3. 소화효율 및 가스발생량 평가

[0153] 상기 표 1에서 측정된 실험결과를 바탕으로 소화효율 특성을 알아보기 위해 혐기소화 일수에 따른 VS 농도 및 소화효율을 도 3에 나타내었다.

[0154] 또한, 상기 표 2에서 측정된 실험결과를 바탕으로 가스발생률 특성을 알아보기 위해 혐기소화 일수에 따른 가스발생률을 도 4에 나타내었다.

[0155] 비교예 1 : 일반적인 가용화 + 혐기소화

[0156] 유기성 폐기물을 일반적인 물리적 가용화를 포함하는 혐기소화 방법을 이용하여 혐기소화 시켰다. 그 후 실시예 1과 마찬가지로, 실험 결과에 따라 유기성 폐기물 내 유기물질의 제거 효과를 나타내기 위해 COD와 VS를 지표로 사용하였고, 표 3에 혐기소화 일수에 따른 COD 및 VS의 유입기질 및 제거특성에 대해 나타내었다.

[0157] 또한, 혐기소화에 따른 가스발생 효율을 측정하기 위해 혐기소화 일수에 따른 가스발생량과 메탄함량을 측정하였고 이에 대한 결과를 표 4에 나타내었다.

[0158] 그리고, 측정 결과에 따른 소화효율 및 가스발생량을 평가하기 위해 도 5와 도 6에 각각 혐기소화 일수에 따른 VS 농도 및 혐기소화 일수에 따른 가스발생률에 대한 실험 결과를 나타내었다.

[0159] 1. 유입기질 및 제거특성

표 3

[0160]

구 분	유입기질				제거특성							
	유입 COD (g/일)	유입 VS (g/일)	유입 COD (g/L)	유입 VS (g/L)	유출 COD (g/L)	유출 SCOD (g/L)	COD 제거율 (%)	유출 VS (g/L)	VS 제거율 (%)	COD 제거량 (g)	VS 제거량 (g)	
1일	13.2	5.8	52.6	35.0	36.5	2.5	30.7	27.1	-	80.7	39.3	
2일	11.6	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3일	10.8	4.8	-	-	37.5	3.0	28.8	24.9	28.8	75.6	50.3	
4일	13.2	5.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5일	12.0	5.3	-	-	30.8	3.1	41.4	25.8	26.3	109.0	46.0	
6일	14.0	5.5	56.0	32.0	-	-	-	-	-	-	-	
7일	13.2	5.2	-	-	33.8	2.6	39.6	22.0	31.3	110.8	50.0	
8일	11.3	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9일	12.2	4.8	-	-	32.0	2.5	42.8	21.8	31.9	119.8	51.1	
10일	10.2	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11일	17.6	6.9	-	-	31.6	2.3	43.5	22.1	30.8	121.6	49.3	
12일	12.0	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13일	13.1	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14일	13.2	5.2	-	-	34.0	2.5	39.2	21.7	32.3	109.8	51.7	
15일	13.8	5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16일	19.5	5.5	78.2	30.0	-	-	-	-	-	-	-	
17일	19.5	5.5	-	-	28.0	2.1	64.2	20.2	32.6	250.8	48.9	
18일	17.8	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19일	19.5	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20일	22.3	6.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21일	17.2	4.8	-	-	24.9	2.2	68.1	18.9	36.9	266.3	55.4	
22일	15.2	4.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23일	21.1	5.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24일	22.5	5.4	91.8	35.0	25.7	2.2	72.0	20.0	42.8	330.4	74.9	
25일	23.4	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26일	25.3	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27일	24.6	5.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28일	20.0	4.8	-	-	24.0	1.9	73.9	18.1	48.2	339.2	84.3	

[0161] 2. 가스발생량 및 메탄함량

표 4

[0162]

구 분	가스발생량				메탄 함량 (%)
	가스발생량 (L)	누적가스발생량 (L)	가스발생량률 (L/gCOD)	가스발생량률 (L/gVS)	
1일	2.2	2.2	0.03	0.06	-
2일	2.6	4.9	-	-	-
3일	2.2	7.1	0.09	0.14	-
4일	2.6	9.7	-	-	72.46
5일	2.4	12.1	0.11	0.26	-
6일	2.0	14.1	-	-	-
7일	1.4	15.5	0.14	-	-
8일	1.4	16.9	-	-	-
9일	1.5	18.3	0.15	0.36	64.88
10일	1.4	19.8	-	-	-
11일	2.0	21.8	0.18	0.44	-
12일	1.8	23.6	-	-	-
13일	1.1	24.7	-	-	-
14일	1.6	26.3	0.24	0.51	72.1

15일	1.6	27.9	-	-	-
16일	1.7	29.6	-	-	-
17일	1.5	31.0	0.12	0.64	68.59
18일	1.3	32.3	-	-	-
19일	1.4	33.7	-	-	-
20일	1.3	35.0	-	-	-
21일	1.3	36.3	0.14	0.66	73.3
22일	1.0	37.4	-	-	-
23일	1.0	38.3	-	-	-
24일	0.8	39.2	0.12	0.52	74.16
25일	1.1	40.2	-	-	-
26일	0.9	41.2	-	-	73.77
27일	1.1	42.3	-	-	-
28일	1.1	43.4	0.13	0.51	73.5

[0163] 3. 소화효율 및 가스발생량 평가

[0164] 상기 표 3에서 측정된 실험결과를 바탕으로 소화효율 특성을 알아보기 위해 혐기소화 일수에 따른 VS 농도 및 소화효율을 도 5에 나타내었다.

[0165] 또한, 상기 표 4에서 측정된 실험결과를 바탕으로 가스발생률 특성을 알아보기 위해 혐기소화 일수에 따른 가스 발생률을 도 6에 나타내었다.

[0166] 상기 실시예 1 및 비교예 1에 따른 소화효율 분석 결과,

[0167] 도 3에 나타난 바와 같이 실시예 1에 따른 소화효율의 경우 혐기소화 일수 15일 기준으로 했을 때 소화효율이 59 % 이상으로 분석되었다.

[0168] 이와 비교하여, 도 5에 나타난 바와 같이 비교예 1에 따른 소화효율의 경우 혐기소화 일수 20 일 기준으로 했을 때 소화효율이 37 % 이하로 분석되었다. 또한, 최종 소화일수 28 일에서 소화효율이 48.2 % 로 나타나 약 30 일 이상의 소화일수 확보시에도 소화효율 55 % 만족이 어려운 것으로 분석되었다.

[0169] 한편, 상기 실시예 1 및 비교예 1에 따른 가스발생량 분석 결과,

[0170] 도 4에 나타난 바와 같이 실시예 1에 따른 가스발생량의 경우 혐기소화 일수 15일 기준으로 했을 때 소화가스 발생량은 1.0 L/gVS 이상으로 분석되었다.

[0171] 이와 비교하여, 도 6에 나타난 바와 같이 비교예 1에 따른 가스발생량의 경우 혐기소화 일수 20 일 기준으로 했을 때 소화가스 발생량이 0.6 L/gVS 이며, 최종 소화일수 28 일에서의 가스발생량은 0.51 L/gVS 로 충분한 소화 가스 발생량의 확보가 어려운 것을 확인할 수 있었다.

[0172] 따라서, 혐기소화 일수 15 일을 기준으로 했을 때 실시예 1은 비교예 1에 대비하여 혐기소화조 내 유기성 폐기물의 체류시간 감소 및 소화가스 발생량이 170 % 증대된 것을 확인할 수 있었다.

[0173] 이하, 상기의 실험결과를 요약하여 표 5에 실시예 1과 비교예 1에 따른 VS 제거율 및 소화가스 발생량을, 표 6에 실시예 1과 비교예 1에 따른 동일 HRT 조건에서의 VS 제거율 및 소화가스 발생량을 나타내었다.

표 5

[0174]

구 분	비교예 1 (일반적인 가용화 + 혐기소화)	실시예 1 (열가수분해 + 혐기소화)
VS 제거율(%)	36.9(HRT 21day 조건) 48.2(HRT 28day 조건)	59.2(HRT 15day 조건) 59.0(HRT 21day 조건)
소화가스 발생량(L/gVS)	0.66(HRT 21day 조건) 0.51(HRT 28day 조건)	1.06(HRT 15day 조건) 1.26(HRT 21day 조건)

표 6

구 분		비교예 1 (일반적인 가용화 + 혐기소화)	실시예 1 (열가수분해 + 혐기소화)
HRT 21day	VS 제거율(%)	36.9	59.0
조건	소화가스 발생량(L/gVS)	0.66	1.26

[0176] 상기 결과에서 제시한 바와 같이 동일 HRT(21day) 조건일 때 실시예 1에 따른 VS 제거율이 59 % 로 비교예 1에 따른 VS 제거율 36.9 % 보다 1.6 배 높은 것으로 나타났다.

[0177] 이 결과를 토대로 동일 VS 제거율 기준으로 역산하면 실시예 1에서 HRT를 1.6 배 작게할 수 있다는 것으로, 이는 소화조 용적을 1.6 배 줄일 수 있다는 것을 의미한다. 또한, 동일 HRT(21day) 조건일 때 소화가스 발생량은 실시예 1에 따른 소화가스 발생량이 비교예 1에 따른 소화가스 발생량보다 1.9 배 높은 소화가스 발생량을 나타내었다.

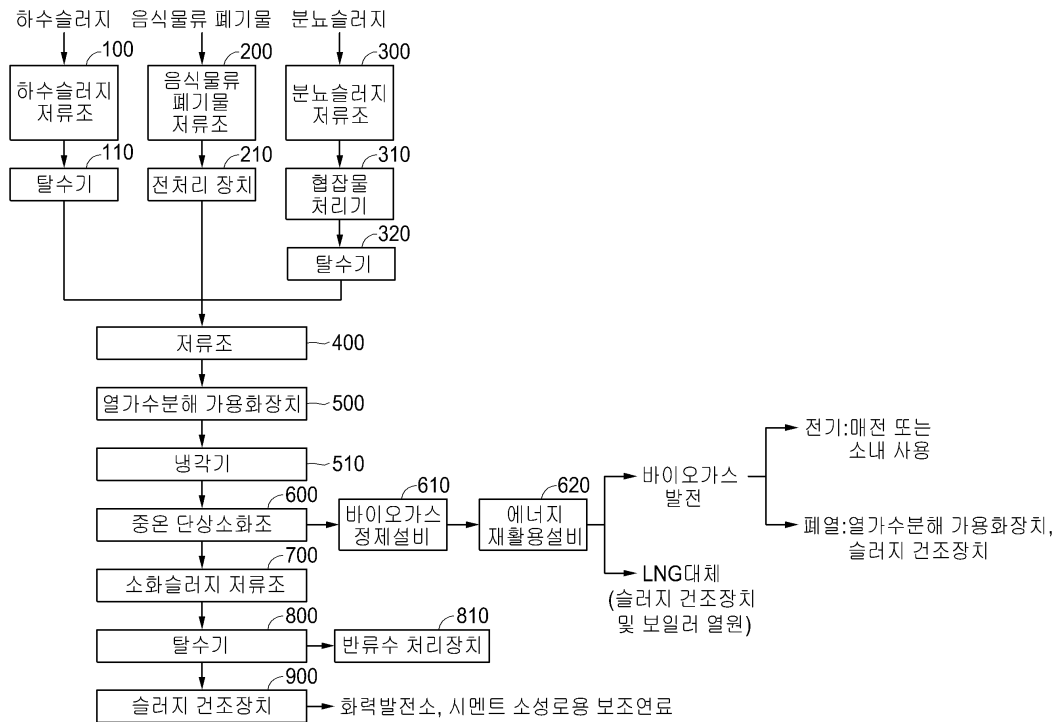
[0178] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대해서 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본원 발명의 요지를 벗어남이 없이 다양한 변형 실시가 가능함은 물론이다. 따라서, 본 발명의 범위는 위의 실시예에 국한해서 해석되어서는 안되며, 후술하는 특허청구범위 뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 할 것이다.

**부호의 설명**

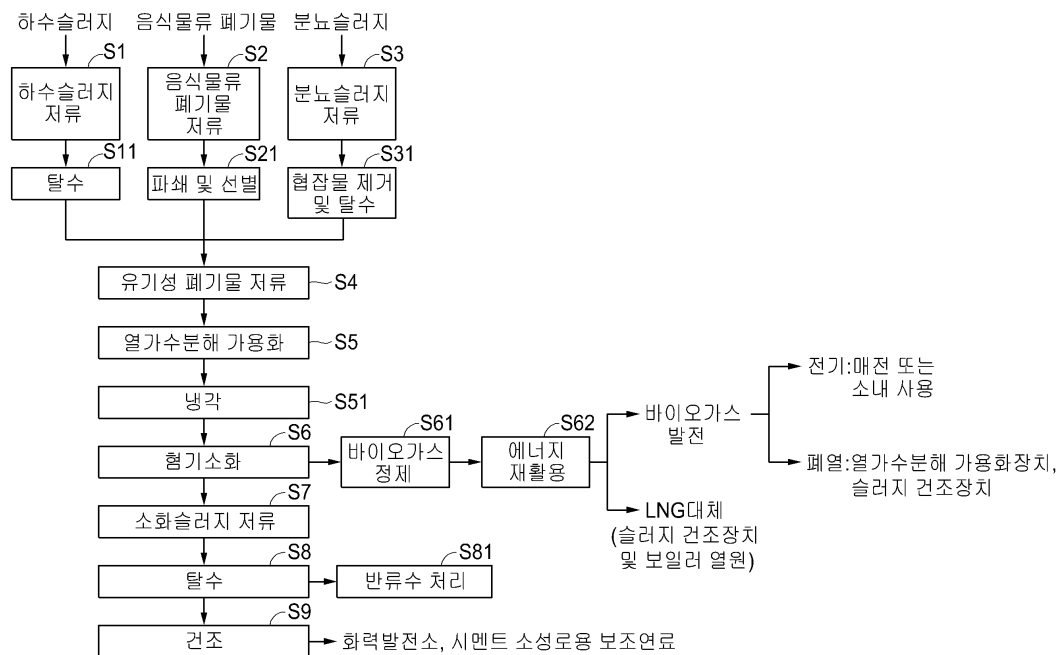
- [0179] 100 : 하수슬러지 저류조    110 : 하수슬러지 탈수기
- 200 : 음식물류 폐기물 저류조    210 : 전처리 장치
- 300 : 분뇨슬러지 저류조    310 : 헹잡물 처리기
- 320 : 분뇨슬러지 탈수기    400 : 저류조
- 500 : 열가수분해 가용화장치    510 : 냉각기
- 600 : 중온 단상소화조    610 : 바이오가스 정제설비
- 620 : 에너지 재활용설비    700 : 소화슬러지 저류조
- 800 : 탈수기    810 : 반류수 처리장치
- 900 : 슬러지 건조장치

도면

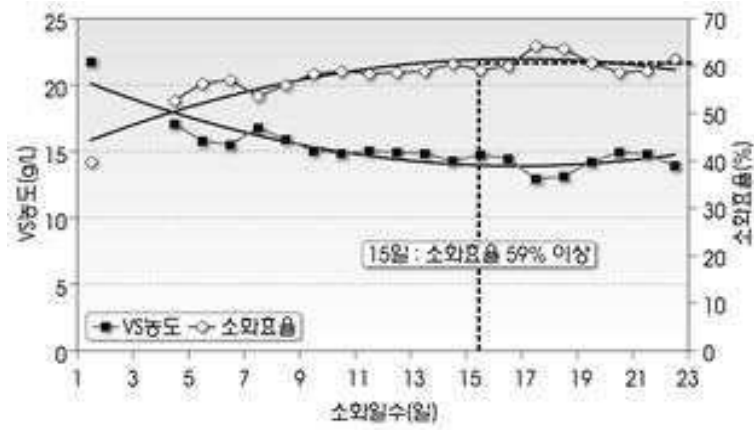
도면1



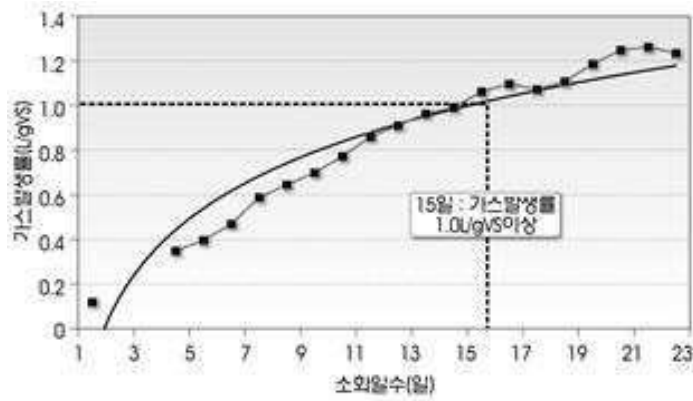
도면2



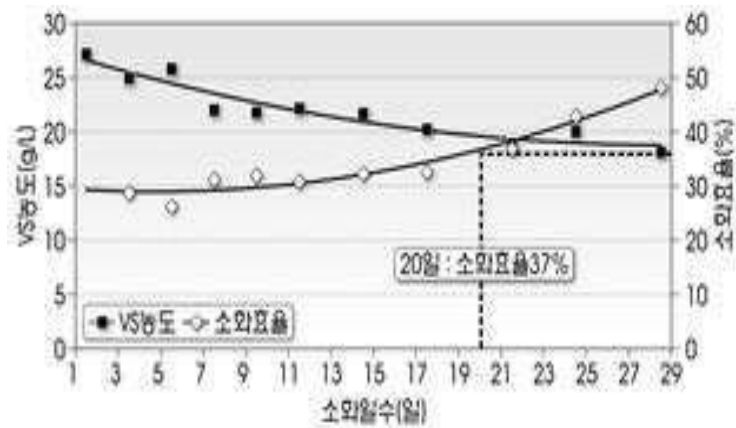
도면3



도면4



도면5



도면6

