

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2022-0060916  
(43) 공개일자 2022년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 53/78 (2006.01) B01D 47/02 (2006.01)

B01D 53/30 (2006.01) B01D 53/79 (2006.01)

C05F 3/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01D 53/78 (2013.01)

B01D 47/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0147098

(22) 출원일자 2020년11월05일

심사청구일자 2020년11월05일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

이창수

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김한웅

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

리엔목특허법인

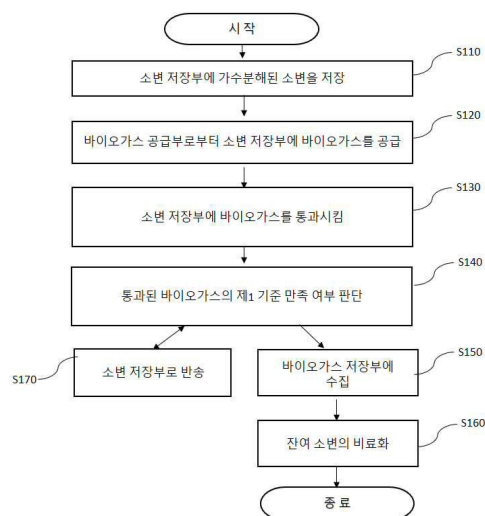
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 소변을 이용한 바이오가스 정제 시스템 및 정제 방법

## (57) 요약

일 실시예에 따른 소변을 이용한 바이오가스 정제 시스템 및 정제 방법은 소변을 용매로 사용한 후, 잔여 소변을 비료화하는 시스템을 제공한다. 상기 바이오가스 정제 시스템 및 정제 방법은 폐기물로 취급되는 소변을 바이오가스의 이산화탄소를 제거하는 용매로 적용하여, 환경오염을 유발하는 인공 포집제보다 저렴하고 손쉽게 바이오가스를 고질화할 수 있으며, 잔여 소변 또한 비료화하여 환경오염을 줄이고 에너지의 재활용을 도모할 수 있다.

대표도 - 도8



(52) CPC특허분류

**B01D 53/30** (2013.01)

**B01D 53/79** (2013.01)

**C05F 3/06** (2013.01)

**B01D 2251/2067** (2013.01)

**B01D 2258/05** (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

가수분해된 소변을 저장하는 소변 저장부;

소변 저장부에 바이오가스를 공급하는 바이오가스 공급부;

상기 소변 저장부를 통과한 바이오가스의 성분이 기 설정된 제1 기준을 만족하는지 여부를 판단하는 분석부;

상기 제1 기준을 만족하지 않는 바이오가스를 소변 저장부로 반송시키는 바이오가스 반송부; 및

상기 제1 기준을 만족하는 바이오가스를 수집하는 저장부를 포함하는 바이오가스 정제 시스템

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 소변 저장부에 저장된 소변을 비료화하는 비료 수집부를 추가적으로 포함하는 것인 바이오가스 정제 시스템

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 가수분해는 소변을 우레아제(urease)와 함께 0 내지 24시간 동안 혼합하는 것인 바이오가스 정제 시스템

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 가수분해된 소변의 pH는 8 내지 10인 것인 바이오가스 정제 시스템.

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 가수분해된 소변의 전도도(conductivity)는 15mS/cm 내지 35mS/cm인 것인 바이오가스 정제 시스템.

#### 청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 바이오가스 반송부의 가스 반송률(gas recirculation rates; GRs)은 10ml/min 내지 90ml/min인 것인 바이오가스 정제 시스템.

#### 청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 제1 기준은 총 바이오가스의 부피 대비 메탄의 함량이 85% 이상, 이산화탄소의 함량은 15% 이하인 것인 바이오가스 정제 시스템.

#### 청구항 8

소변 저장부에 가수분해된 소변을 저장하는 단계;

바이오가스 공급부로부터 소변 저장부에 바이오가스를 공급하는 단계;

상기 소변 저장부를 통과한 바이오가스의 성분이 기 설정된 제1 기준을 만족하는지 여부를 판단하는 단계;

바이오가스 반송부에서 상기 제1 기준을 만족하지 않는 바이오가스를 소변 저장부로 반송시키는 단계; 및

상기 제1 기준을 만족하는 바이오가스를 바이오가스 저장부에 수집하는 단계를 포함하는 바이오가스 정제 방법.

#### 청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 소변 저장부에 저장된 소변을 비료화하는 비료 수집부를 추가적으로 포함하는 것인 바이오가스 정제 방법.

#### 청구항 10

청구항 8에 있어서, 상기 가수분해는 소변을 우레아제(urease)와 함께 0 내지 24시간 동안 혼합하는 것인 바이오가스 정제 방법.

#### 청구항 11

청구항 8에 있어서, 상기 가수분해된 소변의 pH는 8 내지 10인 것인 바이오가스 정제 방법.

#### 청구항 12

청구항 8에 있어서, 상기 가수분해된 소변의 전도도(conductivity)는 15mS/cm 내지 35mS/cm인 것인 바이오가스 정제 방법.

#### 청구항 13

청구항 8에 있어서, 상기 바이오가스 반송부의 가스 반송률(gas recirculation rates; GRs)는 10ml/min 내지 90ml/min인 것인 바이오가스 정제 방법.

#### 청구항 14

청구항 8에 있어서, 상기 제1 기준은 총 바이오가스의 부피 대비 메탄의 함량이 85% 이상, 이산화탄소의 함량은 15% 이하인 것인 바이오가스 정제 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 소변을 이용한 바이오가스 정제 시스템 및 정제 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0003] 바이오가스란 미생물 등을 이용하여 하수나 동물의 분변 등을 분해할 때 생산되는 수소, 메탄과 가스들을 의미한다. 지구상에서 생산되는 바이오가스는 1억 8000만 톤으로 알려져 있는데, 이것을 적정 과정을 통하여 메탄가스 또는 수소 가스로 바꿀 경우 석유 소비의 일부를 보충할 수 있는 대체자원으로 활용이 가능하다.

[0004] 일반적으로 바이오가스는 이산화탄소의 함량이 높아 전력 생산효율이 낮고 열량 조절이 어려워 대체 연료로서의 사용이 제한적인 단점이 있다. 따라서 근래에는 바이오가스를 메탄과 이산화탄소로 분리하여 고순도 메탄을 생산함으로써 일반 산업용 천연가스를 대체하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있으나(KR 등록특허 10-2101368), 아직은 미비한 실정이다.

#### 발명의 내용

##### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 소변을 이용한 바이오가스 정제 장치 및 정제 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 다만, 이는 일 예로서, 본 발명의 목적은 이에 한정되지 않는다.

##### 과제의 해결 수단

[0008] 일 양상은 가수분해된 소변을 저장하는 소변 저장부; 소변 저장부에 바이오가스를 공급하는 바이오가스 공급부; 상기 소변 저장부를 통과한 바이오가스의 성분이 기 설정된 제1 기준을 만족하는지 여부를 판단하는 분석부; 상기 제1 기준을 만족하지 않는 바이오가스를 소변 저장부로 반송시키는 바이오가스 반송부; 및 상기 제1 기준을

만족하는 바이오가스를 수집하는 저장부를 포함하는 바이오가스 정제 시스템을 제공한다.

[0009] 다른 양상은 소변 저장부에 가수분해된 소변을 저장하는 단계; 바이오가스 공급부로부터 소변 저장부에 바이오가스를 공급하는 단계; 상기 소변 저장부를 통과한 바이오가스의 성분이 기 설정된 제1 기준을 만족하는지 여부를 판단하는 단계; 바이오가스 반송부에서 상기 제1 기준을 만족하지 않는 바이오가스를 소변 저장부로 반송시키는 단계; 및 상기 제1 기준을 만족하는 바이오가스를 바이오가스 저장부에 수집하는 단계를 포함하는 바이오가스 정제 방법을 제공한다.

### 발명의 효과

[0011] 일 실시예에 따른 소변을 이용한 바이오가스 정제 장치 및 정제 방법은, 폐기물로 취급되는 소변을 바이오가스의 이산화탄소를 제거하는 용매로 적용하여, 환경오염을 유발하는 인공 포집제보다 저렴하고 손쉽게 바이오가스를 고질화할 수 있다. 또한 잔여 소변을 비료화하여 환경오염을 줄이고 에너지의 재활용을 도모할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 일 실시예의 우레아제 첨가 유무 및 온도에 따른 적정 pH에 도달하기까지의 가수분해 소요시간을 나타낸 도면이다.

도 2는 일 실시예의 우레아제 첨가 유무 및 온도에 따른 적정 전도도에 도달하기까지의 가수분해 소요시간을 나타낸 도면이다.

도 3은 일 실시예의 우레아제의 첨가 유무 및 온도에 따른 적정 pH 및 적정 전도도의 도달과 urea 농도 및 urea 가수분해 결과 생성된 암모니아 농도에 관한 도면이다.

도 4는 일 실시예의 가스 반송률에 따른 고질화 속도의 차이를 나타낸 도면이다.

도 5는 일 실시예의 샘플 부피에 따른 고질화 속도의 차이를 나타낸 도면이다.

도 6은 일 실시예의 실제 바이오가스의 고질화 후 성분의 변화를 확인한 도면이다.

도 7은 일 실시예의 소변을 이용한 바이오가스 정제 시스템의 블록도이다.

도 8은 일 실시예의 소변을 이용한 바이오가스 정제 시스템의 순서도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 발명의 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시예로 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 다른 실시예에 도시되어 있다 하더라도, 동일한 구성요소에 대하여서는 동일한 식별 부호를 사용한다.

[0015] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0016] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0018] 일 양상은 가수분해된 소변을 저장하는 소변 저장부; 소변 저장부에 바이오가스를 공급하는 바이오가스 공급부; 상기 소변 저장부를 통과한 바이오가스의 성분이 기 설정된 제1 기준을 만족하는지 여부를 판단하는 분석부; 상기 제1 기준을 만족하지 않는 바이오가스를 소변 저장부로 반송시키는 바이오가스 반송부; 및 상기 제1 기준을

만족하는 바이오가스를 수집하는 저장부를 포함하는 바이오가스 정제 시스템을 제공한다.

- [0019] 다른 양상은 소변 저장부에 가수분해된 소변을 저장하는 단계; 바이오가스 공급부로부터 소변 저장부에 바이오가스를 공급하는 단계; 상기 소변 저장부를 통과한 바이오가스의 성분이 기 설정된 제1 기준을 만족하는지 여부를 판단하는 단계; 바이오가스 반송부에서 상기 제1 기준을 만족하지 않는 바이오가스를 소변 저장부로 반송시키는 단계; 및 상기 제1 기준을 만족하는 바이오가스를 바이오가스 저장부에 수집하는 단계를 포함하는 바이오가스 정제 방법을 제공한다.
- [0021] 도 7 및 도 8을 참조하여, 하기 실시예에 대해 설명하겠다.
- [0022] 상기 소변 저장부에 가수분해된 소변을 저장하는 단계(S110)는 소변 저장부에서 이루어질 수 있으며, 가수분해된 소변은 별도의 공간에서 사용자가 일정한 pH, 전도도에 도달할 때까지 가수분해한 소변일 수 있으며, 소변 저장부 내부에서 사용자가 일정한 pH, 전도도에 도달할 때까지 가수분해한 소변일 수 있다. 상기 소변 저장부 내의 소변은 바이오가스를 한번, 또는 여러번 통과시킨 후에 새로운 가수분해된 소변으로 교체될 수 있다.
- [0023] 일 구체예에서, 상기 가수분해는 소변을 우레아제(urease)와 함께 24 내지 72시간 동안 혼합할 수 있다.
- [0024] 일 구체예에서, 상기 가수분해된 소변의 pH는 8 내지 10일 수 있으며, 8.5 내지 10, 8.5 내지 9.5 또는 9 내지 9.5일 수 있다.
- [0025] 일 구체예에서, 상기 가수분해된 소변의 전도도(conductivity)는 15mS/cm 내지 35mS/cm인 것일 수 있다.
- [0026] 상기 소변에 첨가되는 우레아제의 농도는 1 내지 30mg/L, 5 내지 30mg/L, 1 내지 20mg/L, 1 내지 15mg/L, 5 내지 20mg/L, 5 내지 15mg/L 일 수 있다.
- [0027] 상기 바이오가스 공급부로부터 소변 저장부에 바이오가스를 공급하는 단계(S120)는 소변 저장부의 하부에 바이오가스를 공급할 수 있다. 바이오가스 공급부는 외부로부터 수집한 실제 바이오가스 또는 인공으로 합성한 바이오가스를 공급하는 부분이다. 용어 "바이오가스"란 혐기성 박테리아의 활동으로 인해 동식물의 유기물질이 자연 분해되어 생성되는 것을 의미할 수 있다. 바이오가스의 주성분으로는 메탄, 이산화탄소가 있으며, 황화수소를 비롯한 암모니아, 수소, 질소, 휘발성 유기화합물, 및 실록산 등의 불순물질이 미량 포함되어 있을 수 있다.
- [0028] 상기 소변 저장부에 바이오가스를 통과시키는 단계(S130)는 소변 저장부의 하부에 공급된 바이오가스를 소변을 용매로 하여 통과시켜 상부로 도달시킬 수 있다. 상부로 도달된 바이오가스는 분석부로 이송될 수 있다. 용매로 사용되는 소변은 소변 저장부에서 가수분해 결과 혐기성인 암모니아를 고농도로 함유하고 있으며, 따라서 pH 9 이상의 높은 pH에 의해 바이오가스 내부의 이산화탄소를 선택적으로 포집하는 기능이 있으며, 인공적인 포집제보다 가격이 저렴하고 친환경적이라는 장점이 있다.
- [0029] 상기 통과된 바이오가스의 제1 기준 만족 여부를 판단하는 단계(S140)는 분석부에서 이루어 질 수 있다. 일 구체예에서, 상기 제1 기준은 총 바이오가스의 부피 대비 메탄의 함량이 85% 이상, 이산화탄소의 함량은 15% 이하인 것일 수 있다. 분석부는 소변을 통과하고 난 바이오가스의 다양한 화학적 성분 및 물리적 성질을 분석하며, 메탄의 함량, 제거된 이산화탄소의 양, 전도도, 총 무기탄소(Total Inorganic Carbon; TIC), 총 암모니아성 질소(Total Ammonia Nitrogen; TAN)일 수 있다. 바이오가스가 제1 기준을 만족할 시에는 바이오가스 저장부로 수집되며(S150), 제1 기준을 만족하지 못할 시에는 바이오가스 반송부로 이송된 후에, 소변 저장부로 다시 반송될 수 있다(S170).
- [0030] 바이오가스 저장부는 고질화 과정이 완료된 바이오가스를 저장하는 장치일 수 있다. 바이오가스 고질화 과정이 완료된 바이오가스는 최소 제1 기준을 만족하며, 바이오가스 고질화 과정이 완료된 후에도 본 발명의 바이오가스 정제 시스템 및 장치에 재투입되어 총 바이오가스의 부피 대비 메탄의 함량을 더 증가시키고, 이산화탄소 함량을 더 감소시켜 차량 연료 및 기존 천연가스 파이프라인을 이용하여 가정용 전기 발전, 난방 등 다양한 사용 목적을 가질 수 있도록 추가 공정을 거칠 수 있다. 차량 연료의 목적으로 사용될 시에 메탄 함량은 총 바이오가스 부피 대비 95% 이상이어야 하며, 천연가스 대체 배관망 주입의 목적으로 사용될 시에 메탄 함량은 총 바이오가스 부피 대비 85% 이상이어야 한다.
- [0031] 바이오가스 반송부는 가스의 운송을 강제할 수 있는 다양한 압력을 부여할 수 있는 장치일 수 있다. 일 구체예에서, 상기 바이오가스 반송부의 가스 반송률(gas recirculation rates; GRs)는 10ml/min 내지 90ml/min, 20ml/min 내지 90ml/min, 30ml/min 내지 90ml/min, 40ml/min 내지 90ml/min, 50ml/min 내지 90ml/min,

60ml/min 내지 90ml/min 인 것일 수 있다.

[0032] 잔여 소변의 비료화 단계(S160)는, 바이오가스의 정제 및 고질화가 모두 완료된 후에 소변 저장부의 잔여 소변을 비료화하는 단계이다.

[0033] 용어 "잔여 소변"이란, 소변 저장부에 저장되어 있던 가수분해된 소변에 바이오가스가 통과하여, 바이오가스 내의 이산화탄소가 소변에 녹아 들어간 상태인 소변을 의미할 수 있다. 잔여 소변이 되기 위한 바이오가스의 통과 횟수는 일회, 또는 여러회일 수 있다.

[0034] 일 구체예에서, 잔여 소변의 비료화는 비료 수집부에서 이루어질 수 있다. 잔여 소변은 다양한 방법으로 비료화할 수 있으며, 비료화의 방법은 전기 농축, 발효, 가열, 영양성분의 보강일 수 있으며 이에 제한되지는 않는다. 상기 전기 농축 방법으로 비료화를 수행할 시, 수소를 생산하는 공정과 병행될 수 있다. 비료화를 통해 제조된 비료는 질소 계열 비료일 수 있다.

[0036] 이하, 본 발명의 실시예를 통하여 더욱 상세히 설명한다.

[0037] 단, 하기 실시예 및 실험예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 내용이 하기 실시예 및 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.

## [실시예]

### [0040] 실시예 1: 가수분해된 소변의 확인

[0041] 가수분해가 완료된 소변의 주요 구성성분 및 화학적 성질을 확인하기 위하여 하기와 같은 실험을 실시했다.

[0042] 소변은 9명의 성인 자원봉사자로부터 채취되었으며, 채취 직후 냉장 보관되었다. 소변(100mL)의 가수 분해는 냉장 보관(4 ° C), 실온(25 ° C) 및 중온 배양 (35 ° C) 온도에서 실험되었다. 또한 요소 분해 효소 (Jack bean urease Type III, 15-50 kU / g, Sigma-Aldrich)를 10mg / L로 첨가하거나 첨가하지 않고 100mL 배지 병에서 수행했다. 우레아제 용량은 다양한 용량 (0 ~ 30 mg / L)에서 예비 테스트를 기반으로 선택되었다. 소변은 pH 및 전도도를 매일 모니터링하면서 다양한 온도에서 60 일 동안 배양되었으며, 배양 첫 48 시간 동안 pH와 전도도를 4 시간 간격으로 모니터링했다. 배양이 끝날 때의 최종 TAN(total ammonia nitrogen) 및 요소 농도는 모든 시험에서 측정되었다.

[0043] 그 결과 도 1에 나타난 바와 같이, 우레아제를 첨가했을 때 빠른 속도로 가수분해 되어 24시간 내에 적정 pH에 도달하였다. 우레아제를 첨가하지 않은 경우에는 소변을 가수분해하는 미생물과 박테리아가 활성화 될 수 있는 실온 이상의 온도에서만 소변의 가수분해가 이루어졌다.

[0044] 또한, 도 2에 나타난 바와 같이, 우레아제를 첨가했을 때 빠른 속도로 가수분해 되어 48시간 내에 적정 전도도에 도달하였다. 우레아제를 첨가하지 않은 경우에는 소변을 가수분해하는 미생물과 박테리아가 활성화 될 수 있는 실온 이상의 온도에서만 소변의 가수분해가 이루어졌다.

[0045] 도 3에 나타난 바와 같이, 우레아제의 유무 및 배양이 이루어지는 온도에 따라 적정 pH 및 전도도에 도달하는 시간이 상이한 것을 알 수 있다.

### [0047] 실시예 2: 합성 바이오가스의 고질화 여부 확인

[0048] 합성 바이오가스의 소변 통과 후 고질화 여부를 확인하기 위하여 하기와 같은 실험을 실시했다.

[0049] 500mL 유리 반응기에 실온에서 5일 동안 10mg / L 우레아제로 가수 분해하여 제조된 400mL의 소변을 채웠다. 원하는 부피의 바이오가스를 담은 이중 밸브 테들러 백 (350 x 500 mm)을 각 반응기에 연결했다. 바이오가스는 스파저를 통해 반응기 바닥으로 펌핑되고 인간 소변에서 위쪽으로 이동하면서 통과 된 다음 반응기 헤드 스페이스에서 가스백으로 재순환되었다. 휴대용 바이오가스 분석기 (Biogas 5000, Geotech)를 반응 라인에 연결하여 시간 경과에 따른 바이오 가스 구성의 변화를 모니터링했다. 바이오 가스 조성은 매시간 분석되었고, 바이오 가스 반송은 분석 중 일시적으로 중단되었다(약 5 분). 바이오가스 고질화를 위한 실험 설정의 개략도는 도 7과 같다. 합성 바이오 가스 (총 부피 대비 메탄 60 % 및 이산화탄소 40 %)를 사용한 고질화 실험은 세 가지 다른

바이오 가스 부피 (6, 8 및 10L)를 사용하여 30 및 70 mL / min의 두 가지 다른 가스 반송률(GR)에서 수행되었다. 각 고질화 조건은 중복 테스트되었다.

[0050] 사용한 인간 소변은 고질화 공정(즉, CH<sub>4</sub> 함량의 포화)이 끝난 후 수집되어 하루 동안 건조했다. 건조 된 물질을 막자 사발과 유봉으로 미세하게 분쇄 한 다음 532 nm 여기원(Excitation Source, 勵起源)을 사용하는 라만 분광기 (alpha300R, WITec) 및 Cu-K $\alpha$  방사선 소스를 사용하는 X-선 회절 (D8 advance, Bruker AXS)로 분석했다. 사용 된 인간 소변에서 형성된 입자의 구성과 결정 구조를 특성화했다.

[0051] 그 결과 도 4에 나타난 바와 같이, 가스 반송률(gas recirculation rates; GRs)이 높을수록 고질화 속도가 더 빠른 것으로 나타났다.

[0052] 또한, 도 5에 나타난 바와 같이, 작은 부피에서 실험할수록 최종 고질화 정도가 증가한 것으로 나타났다.

### [0054] 실시예 3: 실제 바이오가스의 고질화 여부 확인

[0055] 실제 바이오가스의 소변 통과 후 고질화 여부를 확인하기 위하여 하기와 같은 실험을 실시했다.

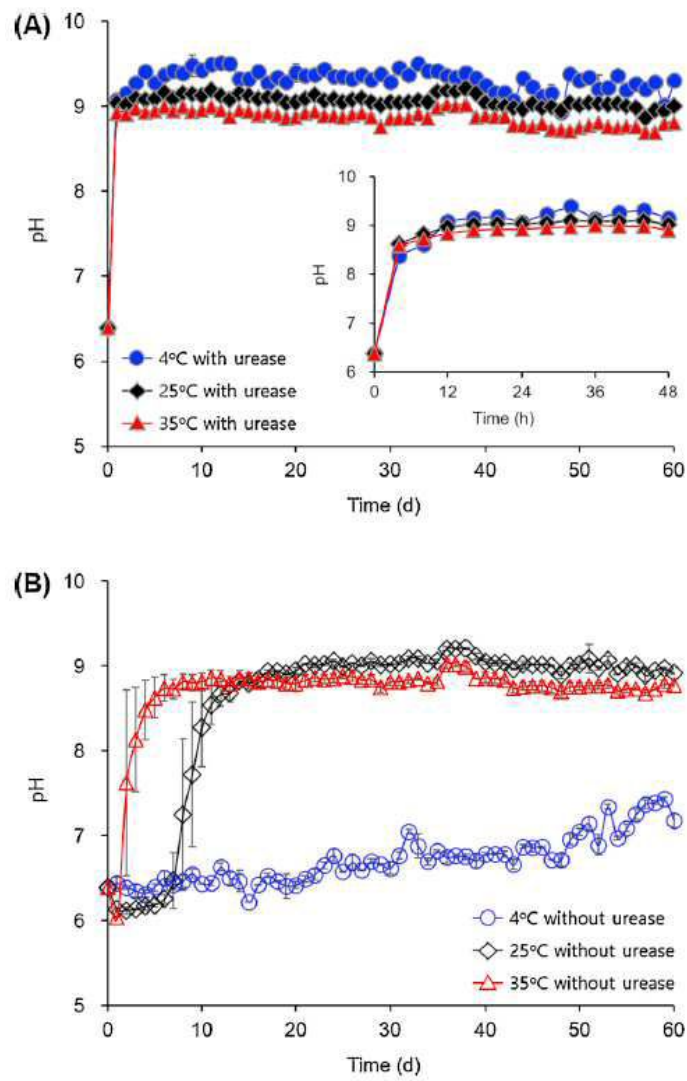
[0056] 500mL 유리 반응기에 실온에서 5일 동안 10mg / L 우레아제로 가수 분해하여 제조된 400mL의 소변을 채웠다. 원하는 부피의 바이오가스를 담은 이중 밸브 테들러 백 (350 x 500 mm)을 각 반응기에 연결했다. 바이오가스는 스파저를 통해 반응기 바닥으로 펌핑되고 인간 소변에서 위쪽으로 이동하면서 통과 된 다음 반응기 헤드 스페이스에서 가스백으로 재순환되었다. 휴대용 바이오가스 분석기 (Biogas 5000, Geotech)를 반송 라인에 연결하여 시간 경과에 따른 바이오 가스 구성의 변화를 모니터링했다. 바이오 가스 조성은 매시간 분석되었고, 바이오 가스 반송은 분석 중 일시적으로 중단되었다(약 5 분). 바이오가스 고질화를 위한 실험 설정의 개략도는 도 7과 같다. 합성 바이오 가스 (총 부피 대비 메탄 60 % 및 이산화탄소 40 %)를 사용한 고질화 실험은 세 가지 다른 바이오 가스 부피 (6, 8 및 10L)를 사용하여 30 및 70 mL / min의 두 가지 다른 가스 반송률(GR)에서 수행되었다. 각 고질화 조건은 중복 테스트되었다. 돼지 분뇨와 음식물 쓰레기를 처리하는 혐기성 소화조에서 얻은 실제 바이오 가스의 고질화는 6L의 바이오 가스 부피로 70mL / min의 GR에서 테스트되었다.

[0057] 사용한 인간 소변은 고질화 공정(즉, CH<sub>4</sub> 함량의 포화)이 끝난 후 수집되어 하루 동안 건조했다. 건조 된 물질을 막자 사발과 유봉으로 미세하게 분쇄 한 다음 532 nm 여기원(Excitation Source, 勵起源)을 사용하는 라만 분광기 (alpha300R, WITec) 및 Cu-K $\alpha$  방사선 소스를 사용하는 X-선 회절 (D8 advance, Bruker AXS)로 분석했다. 사용 된 인간 소변에서 형성된 입자의 구성과 결정 구조를 특성화했다.

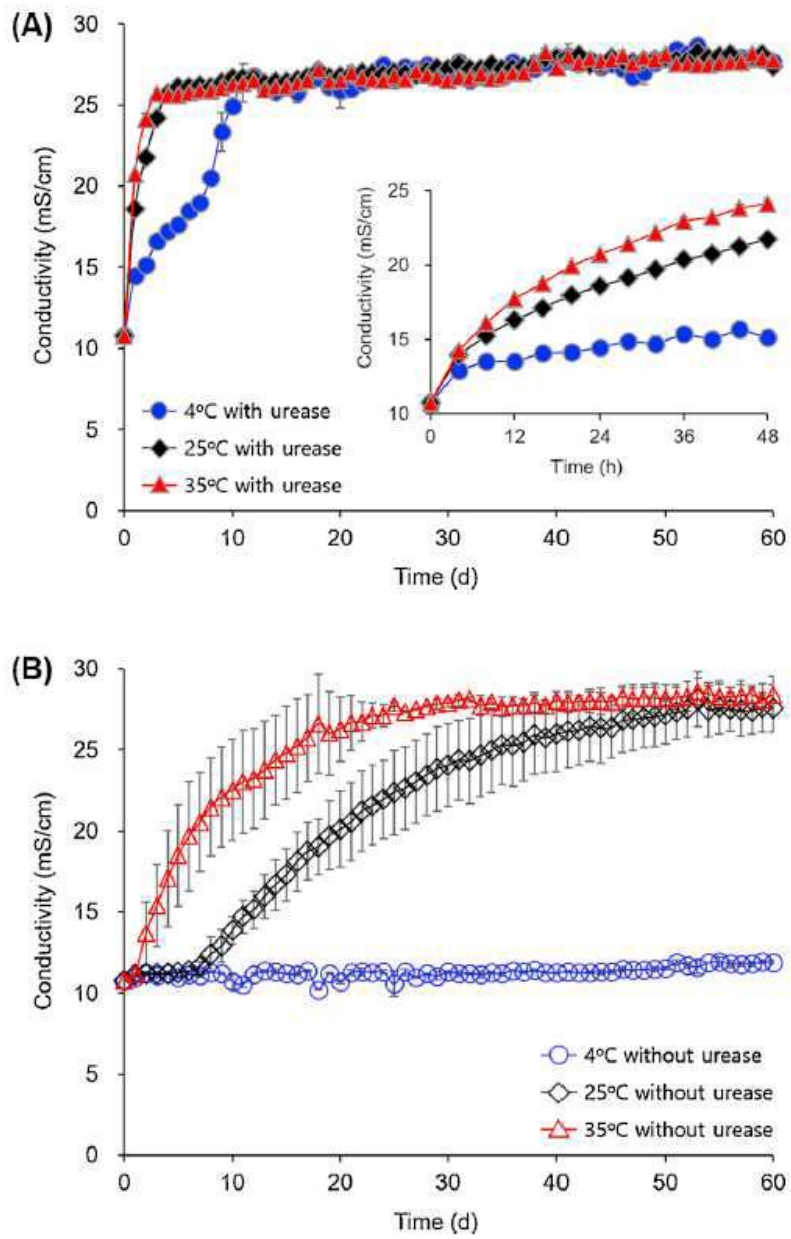
[0058] 그 결과, 도 6에서 나타난 바와 같이, 실제 바이오가스의 메탄 함량 및 전도도는 일정 수치로 수렴하였다.

도면

도면1



도면2

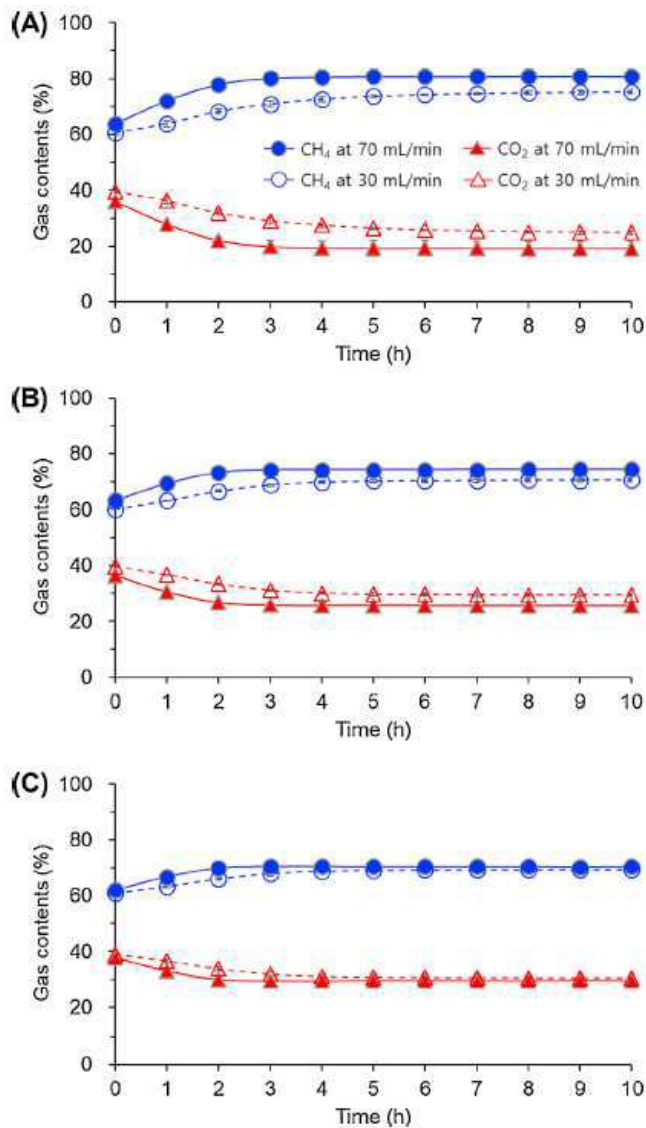


도면3

| Sample or test condition | Day | pH        | Conductivity<br>(mS/cm) | TAN <sup>a</sup><br>(mg/L) | Urea<br>(mmol/L) |
|--------------------------|-----|-----------|-------------------------|----------------------------|------------------|
| Fresh urine              |     | 6.4       | 10.8                    | 337 (3) <sup>b</sup>       | 145.48 (3.27)    |
| 4°C with urease          | 2   | 9.2 (0.1) | 15.2 (0.2)              | 1,527 (13)                 | 69.11 (0.12)     |
|                          | 60  | 9.3 (0.0) | 27.6 (0.2)              | 4,416 (121)                | 7.18 (1.07)      |
| 25°C with urease         | 2   | 9.0 (0.0) | 21.8 (0.1)              | 2,538 (16)                 | 35.96 (5.64)     |
|                          | 60  | 9.0 (0.0) | 27.4 (0.1)              | 4,592 (27)                 | 3.81 (0.80)      |
| 35°C with urease         | 2   | 8.9 (0.0) | 24.1 (0.0)              | 3,035 (40)                 | 19.13 (9.75)     |
|                          | 60  | 8.8 (0.0) | 27.7 (0.3)              | 4,447 (426)                | 6.85 (3.05)      |
| 4°C without urease       | 60  | 7.1 (0.0) | 11.9 (0.2)              | 393 (89)                   | 143.37 (1.49)    |
| 25°C without urease      | 60  | 8.9 (0.0) | 27.6 (1.5)              | 4,493 (313)                | 14.62 (2.75)     |
| 35°C without urease      | 60  | 8.8 (0.0) | 28.4 (1.2)              | 4,676 (200)                | 11.90 (2.43)     |

<sup>a</sup> Total ammonia nitrogen.  
<sup>b</sup> Standard deviations are given in parentheses.

도면4



도면5

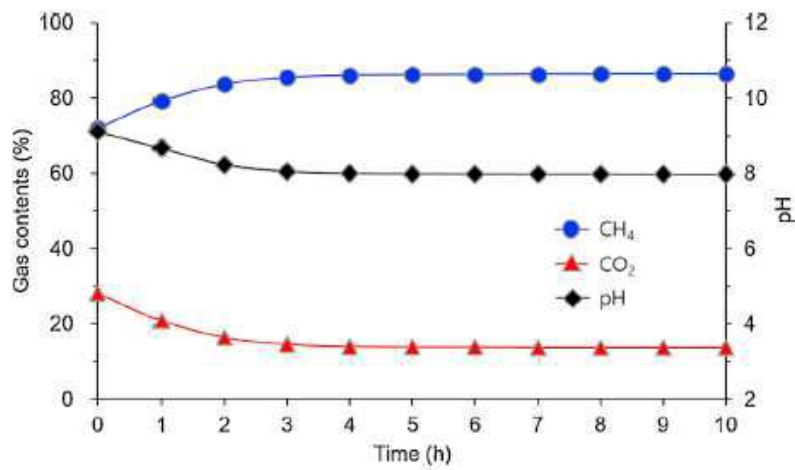
| Recirculation rate<br>(mL/min) | Gas volume<br>(L) | CO <sub>2</sub> removal<br>(mL) | Final CH <sub>4</sub> content<br>(%) | CO <sub>2</sub> capture capacity<br>(mol CO <sub>2</sub> /mol TAN) | Conductivity<br>(mS/cm) | TIC <sup>a</sup><br>(mg/L) | TAN <sup>b</sup><br>(mg/L) |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 70                             | 6                 | 1,543 (135) <sup>c</sup>        | 80.82 (2.45)                         | 0.53 (0.05)                                                        | 28.8 (0.4)              | 2,428 (57)                 | 4,207 (40)                 |
|                                | 8                 | 1,542 (79)                      | 74.33 (0.90)                         | 0.53 (0.03)                                                        | 28.2 (0.6)              | 2,565 (103)                | 4,158 (46)                 |
|                                | 10                | 1,491 (42)                      | 70.51 (0.35)                         | 0.52 (0.01)                                                        | 29.0 (0.0)              | 2,422 (45)                 | 4,221 (112)                |
| 30                             | 6                 | 1,215 (46)                      | 75.23 (0.73)                         | 0.42 (0.02)                                                        | 28.5 (0.1)              | 2,585 (92)                 | 3,972 (89)                 |
|                                | 8                 | 1,200 (54)                      | 70.59 (0.56)                         | 0.41 (0.02)                                                        | 28.9 (0.2)              | 2,697 (64)                 | 4,286 (31)                 |
|                                | 10                | 1,364 (90)                      | 69.48 (0.72)                         | 0.47 (0.03)                                                        | 27.5 (1.1)              | 2,575 (81)                 | 4,386 (115)                |

<sup>a</sup> Total inorganic carbon.

<sup>b</sup> Total ammonia nitrogen.

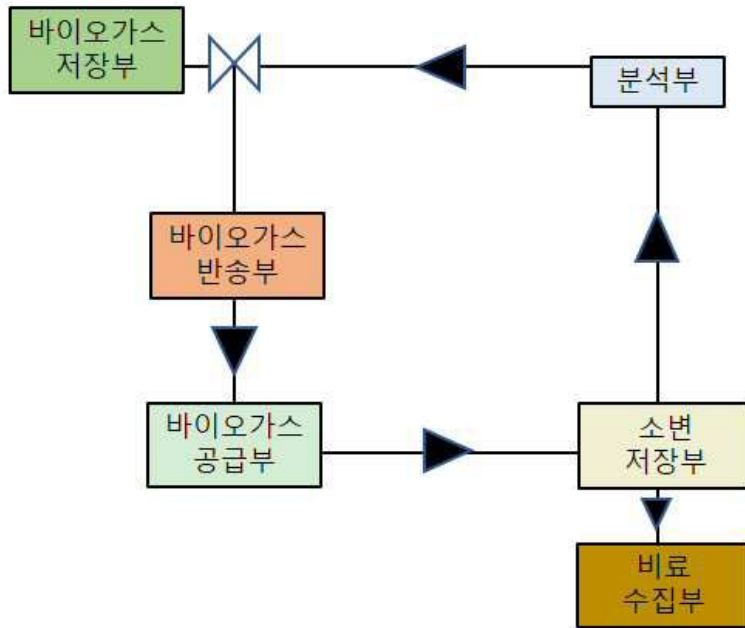
<sup>c</sup> Standard deviations are given in parentheses.

도면6



| CO <sub>2</sub> removal<br>(mL) | Final CH <sub>4</sub> content<br>(%) | CO <sub>2</sub> capture capacity<br>(mol CO <sub>2</sub> /mol TAN) | Conductivity<br>(mS/cm) | TIC<br>(mg/L) | TAN<br>(mg/L) |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|
| 1,049 ± 31                      | 86.29 ± 0.54                         | 0.38 ± 0.01                                                        | 27.53 ± 1.10            | 2,622 ± 263   | 4,022 ± 81    |

도면7



도면8

