



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0147725
(43) 공개일자 2023년10월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C12M 1/42 (2017.01) C12M 1/00 (2006.01)
C12M 1/06 (2006.01) C12M 1/34 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C12M 35/08 (2013.01)
C12M 23/58 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7032638
- (22) 출원일자(국제) 2022년02월18일
심사청구일자 2023년09월22일
- (85) 번역문제출일자 2023년09월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/FI2022/050105
- (87) 국제공개번호 WO 2022/207963
국제공개일자 2022년10월06일
- (30) 우선권주장
20215382 2021년03월31일 핀란드(FI)
- (71) 출원인
솔라 푸즈 오와이
핀란드 53850 라펜란타 라세르카투 6
- (72) 발명자
바이니카 파시
핀란드 53850 라펜란타 퀴페레카투 2-4 아스 6
피캐넨 유하-페카
핀란드 01640 반타 비카테티에 43아
- (74) 대리인
리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 25 항

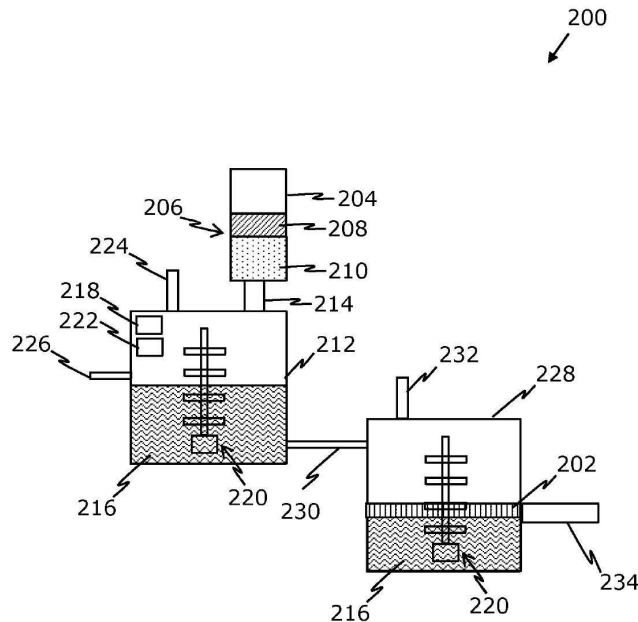
(54) 발명의 명칭 미생물 매스를 성장시키기 위한 방법 및 시스템

(57) 요약

미생물 매스 (202)를 성장시키는 방법이 개시된다. 상기 방법은 유기체로부터 바이오폐기물 (206)을 수집하는 단계로서, 상기 바이오폐기물은 제1 양의 물 (208) 및 제1 양의 고체상 (210)을 포함하는 것인 단계; 상기 수집된 바이오폐기물을 제1 반응기 (212)에 수용하는 단계; 고체상 무기 영양소의 적어도 일부를 제1 양의 물에 용해시

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



켜서 성장 배지 (216)를 형성하기 위해, 상기 제1 반응기내 수집된 바이오폐기물을 제1 작동 파라미터 세트를 사용하여 제1 기간 동안 처리하는 단계; 상기 형성된 성장 배지를 세척하는 단계로서, 상기 세척은 멸균, 분리 및 세정 단계를 포함하는 것인 단계; 상기 형성된 성장 배지를 미생물 매스의 접종물을 포함하는 제2 반응기 (228)에 제공하는 단계; 대기로부터 국소적으로 이산화탄소를 수집하는 단계; 대기 중에 존재하는 제2 양의 물을 수집하고, 수집된 제2 양의 물을 산소 및 수소 기체로 분할하는 단계; 상기 수집된 이산화탄소, 및 분할된 산소 및 수소 기체를 상기 제2 반응기에 제공하는 단계; 제2 작동 파라미터 세트하에 상기 제2 반응기에서 미생물 매스를 성장시키는 단계; 및 유기체가 소비할 식품을 생산하기 위해, 상기 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 수확하는 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류

C12M 27/02 (2013.01)

C12M 41/12 (2013.01)

C12M 41/26 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

미생물 매스 (microbial mass) (202)를 성장시키는 방법으로서,

- 유기체로부터 바이오폐기물 (206)을 수집하는 단계로서, 상기 바이오폐기물은 제1 양의 물 (208) 및 제1 양의 고체상 (210)을 포함하는 것인 단계;
- 상기 수집된 바이오폐기물을 제1 반응기 (212)에 수용하는 단계;
- 고체상 무기 영양소의 적어도 일부를 제1 양의 물에 용해시켜서 성장 배지 (216)를 형성하기 위해, 상기 제1 반응기내 수집된 바이오폐기물을 제1 작동 파라미터 세트 (set of operating parameters)를 사용하여 제1 기간 동안 처리하는 단계;
- 상기 형성된 성장 배지를 세척하는 단계로서, 상기 세척은 멸균, 분리 및 세정 단계를 포함하는 것인 단계;
- 상기 형성된 성장 배지를 미생물 매스의 접종물 (inoculum)을 포함하는 제2 반응기 (228)에 제공하는 단계;
- 대기 (atmosphere)로부터 국소적으로 이산화탄소를 수집하는 단계;
- 대기 중에 존재하는 제2 양의 물을 수집하고, 수집된 제2 양의 물을 산소 및 수소 기체로 분할하는 단계;
- 상기 수집된 이산화탄소, 및 분할된 산소 및 수소 기체를 상기 제2 반응기에 제공하는 단계;
- 제2 작동 파라미터 세트하에 상기 제2 반응기에서 미생물 매스를 성장시키는 단계; 및
- 유기체가 소비할 식품을 생산하기 위해, 상기 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 수확하는 단계를 포함하는 미생물 매스 (202)를 성장시키는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 성장 배지 (216) 중 물의 양은

- 성장 배지 중 물의 양이 성장 배지의 20 중량% 미만인 경우 제1 반응기 (212)에 제3 양의 물을 부가하여 조정하고,
- 성장 배지 중 물의 양이 성장 배지의 20 중량% 초과인 경우 고체상 (210)을 더 부가하여 조정하는 것인 방법.

청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 제1 작동 파라미터 세트는

- 적어도 섭씨 190도인, 제1 반응기 (212) 내부의 온도; 및
 - pH 4 미만인, 성장 배지 (216)의 pH
- 를 포함하는 것인 방법.

청구항 4

청구항 1 내지 3 중 어느 항에 있어서, 상기 제1 반응기 (212)에서 상기 바이오폐기물 (206)을 적어도 100 RPM의 속도로 교반하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 5

청구항 1 내지 4 중 어느 항에 있어서, 상기 제1 기간은 1시간 내지 18시간인 것인 방법.

청구항 6

청구항 1 내지 5 중 어느 항에 있어서, 상기 바이오폐기물 (206)은 대변 (feces) 및 소변 (urine)을 포함하고,

상기 제1 양의 물 (208)은 바이오폐기물의 50-90 중량%인 것인 방법.

청구항 7

청구항 1 내지 6 중 어느 항에 있어서, 상기 성장 배지 (216)의 적어도 일부로부터 이산화탄소를 추출하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 8

청구항 1 내지 7 중 어느 항에 있어서, 상기 미생물 바이오매스 (202)의 접종물은 적어도 하나의 단리된 미생물을 포함하고, 상기 미생물은 수소 기체를 에너지원으로 사용하고, 이산화탄소를 무기 탄소원으로 사용하여 성장할 수 있는 능력을 갖는 것인 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 접종용 미생물은 *클로스트리디움 융달리이* (*Clostridium ljungdahlii*), *사카로마이세스 세레비지에* (*Saccharomyces cerevisiae*), *크날가스* (Knallgas) 박테리아, *카미니박터* 속 (genus *Caminibacter*), *아퀴펙스* 속 (genus *Aquifex*), *파라코커스* 속 (genus *Paracoccus*), *크산토박터* 속 (genus *Xanthobacter*), *하이드로게노모나스* 속 (genus *Hydrogenomonas*), 메타노트로프 (methanotrophs), 메타노젠스 (methanogens), *게오박터* 속 (genus *Geobacter*), *시아노박테리움* 속 (genus *Cyanobacterium*), *아세트박테리움* 속 (genus *Acetobacterium*), *오실로스피라* 속 (genus *Oscillospira*), *플레오모르포모나스* 속 (genus *Pleomorphomonas*)의 그룹으로부터 선택되는 것인 방법.

청구항 10

청구항 1 내지 9 중 어느 항에 있어서, 상기 미생물 매스 (202)를 성장시키는 단계는 *크산토박터* 속의 박테리아 균주를 에너지원으로서 수소 및 무기 탄소원을 사용하여 연속 배양으로 배양하는 단계를 포함하며, 상기 무기 탄소원은 이산화탄소를 포함하는 것인 방법.

청구항 11

청구항 1 내지 10 중 어느 항에 있어서, 상기 미생물 매스 (202)는 단리된 박테리아 균주 VTT-E-193585 또는 이의 파생물 (derivative)을 포함하고, 상기 파생물은 수소 기체를 에너지원으로 사용하고, 이산화탄소를 유일한 탄소원으로 사용하여 성장할 수 있는 능력을 유지하는 것인 방법.

청구항 12

청구항 1 내지 11 중 어느 항에 있어서, 상기 유기체로부터 우레아를 수집하고, 상기 수집된 우레아를 이의 처리를 위해 제3 반응기에 제공하고, 상기 제3 반응기로부터 처리된 우레아를 미생물 매스 (202)의 성장을 위한 추가적인 성장 배지 성분으로서 제2 반응기 (228)에 제공하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 13

청구항 1 내지 12 중 어느 항에 있어서, 상기 미생물 매스 (202)는 바이오폐기물 (206) 및 기체를 유기체가 소비하기 위한 식품으로 재활용 (recycle)하기 위해 작동 가능하고, 상기 식품은 단백질, 탄수화물, 지방산, 향산화제, 섬유질 함량 중 적어도 하나가 풍부한 것인 방법.

청구항 14

미생물 매스 (202)를 성장시키기 위한 시스템 (200)으로서,

- 유기체로부터 바이오폐기물 (206)을 수집하도록 구성된 제1 스테이지 (first stage, 204)로서, 상기 바이오폐기물은 제1 양의 물 (208) 및 제1 양의 고체상 (210)을 포함하며, 상기 제1 스테이지는 수집기 유닛 (collector unit)인 것인 제1 스테이지 (204);

- 상기 제1 스테이지와 연결되어 유입구 (214)를 통해 상기 제1 스테이지로부터 수집된 바이오폐기물을 수용하고, 그 안에서 수용된 바이오폐기물을 처리하여 성장 배지 (216)를 형성하고, 형성된 성장 배지를 세척하는 제1 반응기 (first reactor, 212)로서, 상기 세척은 멸균, 분리 및 세정을 포함하고, 상기 바이오폐기물을 처리하기 위해 상기 제1 반응기는

- 제1 반응기 내부의 목적하는 온도를 유지하기 위한 온도 제어기 (218),
- 바이오폐기물의 연속 혼합을 위한 교반기 (220),
- pH 센서 (222), 및
- 제1 반응기에서 바이오폐기물의 pH를 제어하기 위해 제1 성분 세트를 제공하기 위한 적어도 하나의 제1 입력부 (224, 226)를 포함하는 것인 제1 반응기 (212); 및
- 상기 제1 반응기의 하류에 배열되고, 미생물 매스를 성장시키기 위해 제1 반응기로부터의 성장 배지를 수용하는 제2 반응기 (second reactor, 228)로서, 상기 제2 반응기는
 - 미생물 매스 (202)의 접종물,
 - 미생물 매스를 성장시키기 위해 제2 성분 세트를 수용하기 위한 제2 유입구 (232)로서, 상기 제2 성분 세트는 기체, 물 및 화학물질을 포함하는 것인 제2 유입구 (232), 및
 - 상기 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 수확하기 위한 유출구 (234)를 포함하는 것인 제2 반응기 (228)를 포함하는 미생물 매스 (202)를 성장시키기 위한 시스템 (200).

청구항 15

청구항 14에 있어서, 대기로부터 이산화탄소를 추출하기 위한 이산화탄소 추출기 (carbon dioxide extractor)를 추가로 포함하고, 상기 이산화탄소 추출기는 제2 반응기 (228)에 유입구를 경유하여 연결되는 것인 시스템 (200).

청구항 16

청구항 14 또는 15에 있어서, 유기체로부터 우레아를 수집하고 처리하기 위한 제3 반응기를 추가로 포함하고, 상기 제3 반응기는 상기 제2 반응기 (228)에 연결되어 상기 처리된 우레아를 미생물 매스 (202)의 성장을 위한 추가적인 성장 배지 성분으로서 상기 제2 반응기에 제공하는 것인 시스템 (200).

청구항 17

청구항 14 내지 16에 있어서, 상기 제2 유입구 (232)는 복수의 통로 (passages)를 포함하고, 각각은 제2 반응기 (228)에 제공될 제2 성분 세트의 개별 성분을 운반하기 위한 것인 시스템 (200).

청구항 18

청구항 14 내지 17에 있어서, 상기 제1 반응기 (212) 및 제2 반응기 (228)는 각각 바이오폐기물, 및 미생물 매스 및 제2 성분 세트를 포함하는 성장 배지를 혼합하기 위한 교반기 배열 (agitator arrangement)을 추가로 포함하는 것인 시스템 (200).

청구항 19

청구항 14 내지 18에 있어서, 상기 시스템은 중력장 (gravitational field) 및 비중력장 (non-gravitational field) 사이 범위의 하나 이상의 환경 조건에서 사용하기 위해 구성되는 것인 시스템 (200).

청구항 20

청구항 19에 있어서, 상기 제2 반응기 (228)는 비중력장 조건에서 사용하는 경우 성장 배지 (216)에 원심 효과 (centrifugal effect)를 발생시키기 위한 회전기 (rotator)를 포함하는 것인 시스템 (200).

청구항 21

청구항 19 내지 20에 있어서, 상기 제2 반응기 (228)는 비중력장 조건에서 사용하는 경우 성장 배지 (216)의 액적을 형성하기 위한 블레이드 세트 (set of blades)를 포함하는 것인 시스템 (200).

청구항 22

청구항 14 내지 21에 있어서, 상기 시스템은 폐쇄-순환 시스템 (closed-cycle system)인 것인 시스템 (200).

청구항 23

적어도 하나의 단리된 미생물을 배양하는 단계를 포함하는, 비중력장 조건에서 미생물 매스 (202)를 성장시키는 방법으로서,

상기 적어도 하나의 단리된 미생물을, 에너지원으로서 수소 및 무기 탄소원으로서 이산화탄소를 사용하여 연속 배양으로 배양하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 24

청구항 23에 있어서, 상기 적어도 하나의 단리된 미생물은 크산토타κτη 속의 박테리아 균주인 것인 방법.

청구항 25

청구항 23 내지 24 중 어느 항에 있어서, 상기 단리된 박테리아 균주는 VTT-E-193585 또는 이의 파생물이고, 상기 파생물은 수소 기체를 에너지원으로 사용하고, 이산화탄소를 유일한 탄소원으로 사용하여 성장할 수 있는 능력을 유지하는 것인 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시내용은 일반적으로 영양소 순환을 위한 폐쇄-순환 시스템 (closed-cycle systems)에서 미생물의 성장에 관한 것이며; 보다 구체적으로는 미생물 매스 (microbial mass)를 성장시키기 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다. 본 개시내용은 또한 비중력장 조건 (non-gravitational field conditions)에서 미생물 매스를 성장시키는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 미생물은 의약품, 식품 산업, 바이오폐기물 (biowaste) 관리 등에 이르는 다양한 응용 분야에서 활용되고 있다. 이와 관련하여, 미생물은 전형적으로 기능 식품, 식품 및/또는 식품 성분, 또는 생물학적 환경 정화 (bioremediation) 수단과 같은 전술한 응용을 위한 미생물 바이오매스를 생산하기 위해 최적으로 균형 잡힌 환경 조건하에 생물반응기 (bioreactors)에서 성장시킨다. 최적으로 균형 잡힌 환경 조건은 균형 잡힌 양의 영양소, 기체, 열, pH 및 압력을 포함한다. 최근에, 미생물은 우주정거장과 같은 폐쇄-순환 시스템에서 바이오폐기물 관리 및 이러한 시스템을 사용한 영양소 순환에 사용되었다. 특히, 이러한 미생물의 사용은 생물학적 폐기물 (또는 바이오폐기물)로부터 식물 재배를 위한 거름 (manure) 또는 비료 (fertilizers)를 생산하고 바이오폐기물의 처리로 인한 총 매립량을 줄이는 데에만 국한되었다.

[0003] 통상적으로, 바이오폐기물 관리 기술은 적합한 미생물(들)을 선택하여 성장 챔버에서 제어된 파라미터하에 미생물 매스를 성장시키는 기술을 활용한다. 더욱이, 폐쇄-순환 시스템에서 미생물 매스를 성장시키는 기존 기술은 바이오폐기물에서 이로부터 수득된 영양소를 사용하여 성장하는 미생물을 사용한다.

[0004] 예를 들어, 기존 시스템은 폐쇄-순환 시스템에서 물의 전기분해로 생성된 수소 기체를 사용하는 미생물 바이오매스 생산을 위한 연속 배양 기술을 채택한다. 이러한 목적을 위해 사용되는 미생물은 광범위한 속 (genus)에 속할 수 있으며, 바람직하게는 식품으로 사용될 수 있는 영양소를 생산하기 위해 이산화탄소, 우레아 및 물을 사용하는 미생물일 수 있다. 그러나, 기존 시스템의 문제점은 예를 들어 대변 (feces)과 같은 다양한 바이오폐기물을 시스템의 투입물 (input)로 활용하지 못한다는 것이다. 더욱이, 바이오폐기물은 우레아, 독소 및 다른 병원성 박테리아, 및 성장 배지와 인간에게 독성인 미생물을 함유하므로, 매립지 및 환경 오염을 초래하는 바이오폐기물의 처리가 필요하다.

[0005] 최근에는 바이오폐기물로부터 무기 물질 (inorganic material)을 회수하는 기술이 도입되었다. 일반적인 방법은 바이오폐기물을 연소시켜서 무기 물질, 즉 무기 물질의 회분 (ashing)을 회수하는 것이다. 그러나 이러한 기술은 또한 무기 물질 예컨대 질소, 철, 칼슘, 인, 망간을 완전히 회수하지 못하며, 이는 고온에서 산화 공정 중에 무기 물질이 그의 특성을 손실하기 때문이며, 예를 들어 원소 질소는 고온에서 질소 기체로 손실된다. 더욱이, 회분-형성 원소 (ash-forming elements)는 유리와 같은 불활성 실리케이트를 형성하여, 이는 영양소로 다시 재활용 (recycle)할 수 없다.

[0006] 그러므로, 전술한 논의의 관점에서, 미생물 매스를 성장시키고 효율적인 영양소 회수 및 순환을 달성하기 위한 기존 기술과 관련된 단점들을 극복해야 할 필요성이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] **요약**

[0008] 본 개시내용은 미생물 매스를 성장시키는 방법을 제공하고자 한다. 본 개시내용은 또한 미생물 매스를 성장시키기 위한 시스템을 제공하고자 한다. 또한, 본 개시내용은 비중력장 조건에서 미생물 매스를 성장시키는 방법을 제공하고자 한다.

[0009] 본 개시내용은 폐쇄-순환 시스템에서 생물학적 폐기물을 인간 식용 물질로 효율적으로 전환하는 기존 문제에 대한 해결책을 제공하고자 한다. 본 개시내용의 목적은 선행 기술이 직면한 문제점들을 적어도 부분적으로 극복하고, 미생물 매스를 성장시키기 위한 효율적이고 견고한 기술을 제공하여, 결과적으로 효과적이고 환경적으로 안전한 영양소 순환을 초래하는 해결책을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 일 양상에서, 본 개시내용의 일 구체예는 미생물 매스 (microbial mass)를 성장시키는 방법을 제공하며, 상기 방법은 하기 단계를 포함한다:

[0011] - 유기체로부터 바이오폐기물을 수집하는 단계로서, 상기 바이오폐기물은 제1 양의 물 및 제1 양의 고체상을 포함하는 것인 단계;

[0012] - 상기 수집된 바이오폐기물을 제1 반응기에 수용하는 단계;

[0013] - 고체상 무기 영양소의 적어도 일부를 제1 양의 물에 용해시켜서 성장 배지를 형성하기 위해, 상기 제1 반응기 내 수집된 바이오폐기물을 제1 작동 파라미터 세트 (set of operating parameters)를 사용하여 제1 기간 동안 처리하는 단계;

[0014] - 상기 형성된 성장 배지를 세척하는 단계로서, 상기 세척은 멸균, 분리 및 세정 단계를 포함하는 것인 단계;

[0015] - 상기 형성된 성장 배지를 미생물 매스의 접종물 (inoculum)을 포함하는 제2 반응기에 제공하는 단계;

[0016] - 대기 (atmosphere)로부터 국소적으로 이산화탄소를 수집하는 단계;

[0017] - 대기 중에 존재하는 제2 양의 물을 수집하고, 수집된 제2 양의 물을 산소 및 수소 기체로 분할하는 단계;

[0018] - 수집된 이산화탄소, 및 분할된 산소 및 수소 기체를 상기 제2 반응기에 제공하는 단계;

[0019] - 제2 작동 파라미터 세트하에 상기 제2 반응기에서 미생물 매스를 성장시키는 단계; 및

[0020] - 유기체가 소비할 식품을 생산하기 위해, 상기 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 수확하는 단계.

[0021] 다른 양상에서, 본 개시내용의 일 구체예는 미생물 매스를 성장시키기 위한 시스템을 제공하며, 상기 시스템은 하기를 포함한다:

[0022] - 유기체로부터 바이오폐기물을 수집하도록 구성된 제1 스테이지 (first stage)로서, 상기 바이오폐기물은 제1 양의 물 및 제1 양의 고체상을 포함하고, 여기서 제1 스테이지는 수집기 유닛 (collector unit)인 것인 제1 스테이지;

[0023] - 상기 제1 스테이지와 연결되어 유입구를 통해 상기 제1 스테이지로부터 수집된 바이오폐기물을 수용하고, 수용된 바이오폐기물을 내부에서 처리하여 성장 배지를 형성하고, 형성된 성장 배지를 세척하는 제1 반응기 (first reactor)로서, 상기 세척은 멸균, 분리 및 세정을 포함하고, 여기서 바이오폐기물을 처리하기 위해 상기 제1 반응기는

[0024] - 제1 반응기 내부의 목적하는 온도를 유지하기 위한 온도 제어기,

[0025] - 바이오폐기물의 연속 혼합을 위한 교반기,

[0026] - pH 센서, 및

- [0027] - 제1 반응기에서 바이오폐기물의 pH를 제어하기 위해 제1 성분 세트를 제공하기 위한 적어도 하나의 제1 입력 부를 포함하는 제1 반응기; 및
- [0028] - 상기 제1 반응기의 하류에 배열되어 미생물 매스를 성장시키기 위해 제1 반응기로부터의 성장 배지를 수용하는 제2 반응기 (second reactor)로서, 상기 제2 반응기는
 - [0029] - 미생물 매스의 집중물,
 - [0030] - 미생물 매스를 성장시키기 위해 제2 성분 세트를 수용하기 위한 제2 유입구로서, 상기 제2 성분 세트는 기체, 물 및 화학물질을 포함하는 것인 제2 유입구, 및
 - [0031] - 상기 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 수확하기 위한 유출구를 포함하는 제2 반응기.
- [0032] 또 다른 양상에서, 본 개시내용의 일 구체예는 비중력장 조건에서 미생물 매스를 성장시키는 방법을 제공하며, 상기 방법은 적어도 하나의 단리된 미생물을 배양하는 단계를 포함하고, 상기 적어도 하나의 단리된 미생물을 에너지원으로서 수소를 사용하고, 무기 탄소원으로서 이산화탄소를 사용하여 연속 배양으로 배양하는 단계를 포함한다.
- [0033] 본 개시내용의 구체예는 선행 기술의 전술된 문제를 실질적으로 제거하거나 또는 적어도 부분적으로 해결하고, 대변 및 소변을 포함하지만 이에 제한되지 않는 다양한 생물학적 폐기물을 포함하는 바이오폐기물로부터 무기 물질을 효과적으로 회수할 수 있다. 상기 바이오폐기물은 폐쇄-순환 시스템에서 미생물의 최적 성장을 위해 사용된다. 추가로, 본 개시내용의 구체예는 기능 식품, 의약품, 사료, 식품 및/또는 식품 성분에 이용될 수 있는 영양소의 생산을 가능하게 한다.
- [0034] 본 개시내용의 추가적 양상, 이점, 특징 및 목적은 하기에 첨부된 특허청구범위와 함께 해석되는 도면 및 예시적인 구체예의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.
- [0035] 본 개시내용의 특징들은 첨부된 특허청구범위에 의해 정의된 본 개시내용의 범위를 벗어나지 않으면서 다양한 조합으로 조합될 수 있는 것으로 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0036] 전술된 요약, 및 하기의 예시적인 구체예의 상세한 설명은 첨부된 도면과 함께 읽을 때 더 잘 이해된다. 본 개시내용을 설명하기 위한 목적으로, 본 개시내용의 예시적인 구성이 도면에 도시된다. 그러나, 본 개시내용은 본원에 개시된 특정 방법 및 수단에 한정되지 않는다. 더욱이, 당업자는 도면이 축적으로 도시되지 않는다는 것을 이해할 것이다. 가능한 한, 유사 요소는 동일한 번호로 표시하였다.

본 개시내용의 구체예는 본원에서 단지 예로서, 하기 다이어그램을 참조하여 설명될 것이다:

도 1은 본 개시내용의 일 구체예에 따른 미생물 매스를 성장시키는 방법의 단계를 보여주는 순서도 (flowchart)이고;

도 2는 본 개시내용의 다른 구체예에 따른 미생물 매스를 성장시키기 위한 시스템의 블록도 (block diagram)이다.

첨부된 도면에서, 밑줄친 번호 (underlined number)는 밑줄친 번호가 위치하는 그 위의 항목 또는 밑줄친 번호에 인접한 항목을 나타내기 위해 사용된다. 밑줄이 없는 번호 (non-underlined number)는 밑줄이 없는 번호를 항목에 연결하는 선으로 식별되는 항목과 관련된다. 번호에 밑줄이 없고 관련된 화살표가 있는 경우, 밑줄이 없는 번호는 화살표가 가리키는 일반 항목을 식별하기 위해 사용된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] **구체예의 상세한 설명**
- [0038] 하기 상세한 설명은 본 개시내용의 구체예 및 이들이 구현될 수 있는 방식을 예시한다. 본 개시내용을 수행하는 일부 방식들이 개시되었으나, 당업자는 본 개시내용을 수행하거나 또는 실시하기 위한 다른 구체예가 또한 가능하다는 것을 인식할 것이다.
- [0039] 일 양상에서, 본 개시내용의 일 구체예는 미생물 매스를 성장시키는 방법을 제공하며, 상기 방법은 하기 단계를 포함한다:

- [0040] - 유기체로부터 바이오폐기물을 수집하는 단계로서, 상기 바이오폐기물은 제1 양의 물 및 제1 양의 고체상을 포함하는 것인 단계;
- [0041] - 상기 수집된 바이오폐기물을 제1 반응기에 수용하는 단계;
- [0042] - 고체상 무기 영양소의 적어도 일부를 제1 양의 물에 용해시켜서 성장 배지를 형성하기 위해, 상기 제1 반응기 내 수집된 바이오폐기물을 제1 작동 파라미터 세트를 사용하여 제1 기간 동안 처리하는 단계;
- [0043] - 상기 형성된 성장 배지를 세척하는 단계로서, 상기 세척은 멸균, 분리 및 세정 단계를 포함하는 것인 단계;
- [0044] - 상기 형성된 성장 배지를 미생물 매스의 접종물을 포함하는 제2 반응기에 제공하는 단계;
- [0045] - 대기로부터 국소적으로 이산화탄소를 수집하는 단계;
- [0046] - 대기 중에 존재하는 제2 양의 물을 수집하고, 수집된 제2 양의 물을 산소 및 수소 기체로 분할하는 단계;
- [0047] - 수집된 이산화탄소, 및 분할된 산소 및 수소 기체를 상기 제2 반응기에 제공하는 단계;
- [0048] - 제2 작동 파라미터 세트하에 상기 제2 반응기에서 미생물 매스를 성장시키는 단계; 및
- [0049] - 유기체가 소비할 식품을 생산하기 위해, 상기 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 수확하는 단계.
- [0050] 다른 양상에서, 본 개시내용의 일 구체예는 미생물 매스를 성장시키기 위한 시스템을 제공하며, 상기 시스템은 하기를 포함한다:
- [0051] - 유기체로부터 바이오폐기물을 수집하도록 구성된 제1 스테이지로서, 상기 바이오폐기물은 제1 양의 물 및 제1 양의 고체상을 포함하며, 여기서 제1 스테이지는 수집기 유닛인 것인 제1 스테이지;
- [0052] - 상기 제1 스테이지와 연결되어 유입구를 통해 제1 스테이지로부터 수집된 바이오폐기물을 수용하고, 수용된 바이오폐기물을 내부에서 처리하여 성장 배지를 형성하고, 형성된 성장 배지를 세척하는 제1 반응기로서, 상기 세척은 멸균, 분리 및 세정을 포함하고, 여기서 바이오폐기물을 처리하기 위해 상기 제1 반응기는
- [0053] - 제1 반응기 내부의 목적하는 온도를 유지하기 위한 온도 제어기,
- [0054] - 바이오폐기물의 연속 혼합을 위한 교반기,
- [0055] - pH 센서, 및
- [0056] - 제1 반응기에서 바이오폐기물의 pH를 제어하기 위한 제1 성분 세트를 제공하기 위한 적어도 하나의 제1 입력부를 포함하는 제1 반응기; 및
- [0057] - 상기 제1 반응기의 하류에 배열되어, 미생물 매스를 성장시키기 위해 제1 반응기로부터의 성장 배지를 수용하는 제2 반응기로서, 상기 제2 반응기는
- [0058] - 미생물 매스의 접종물,
- [0059] - 미생물 매스를 성장시키기 위해 제2 성분 세트를 수용하기 위한 제2 유입구로서, 상기 제2 성분 세트는 기체, 물 및 화학물질을 포함하는 것인 제2 유입구, 및
- [0060] - 상기 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 수확하기 위한 유출구를 포함하는 것인 제2 반응기.
- [0061] 또 다른 양상에서, 본 개시내용의 일 구체예는 비중력장 조건에서 미생물 매스를 성장시키는 방법을 제공하며, 상기 방법은 적어도 하나의 단리된 미생물을 배양하는 단계를 포함하고, 상기 적어도 하나의 단리된 미생물을 에너지원으로서 수소를 사용하고, 무기 탄소원으로서 이산화탄소를 사용하여 연속 배양으로 배양하는 단계를 포함한다.
- [0062] 본 개시내용은 인간 (및/또는 동물)이 소비할 식품을 생산하기 위해 바이오폐기물을 사용하여 폐쇄-순환 시스템에서 미생물 매스를 성장시키는 전술한 방법을 제공한다. 본 개시내용의 방법은 미생물 매스를 성장시키기 위해 생물학적 폐기물을 사용하기 전에 이러한 생물학적 폐기물을 처리하는 단계를 포함한다. 유익하게도, 상기 생물학적 폐기물의 처리 공정은 바이오폐기물의 무기 미네랄의 화학적 조성을 유지하여 미생물이 폐쇄-순환 시스템 내부의 영양소 순환에 사용할 수 있도록 미네랄은 남아있도록 한다. 그러므로, 상기 처리 공정은 폐쇄-순환 시스템 내부에서 효과적인 영양소 순환을 가능하게 한다. 또한, 본 개시내용의 방법은 바이오폐기물로부터 병원성 박테리아 및 독소를 제거함으로써 대변 및 소변을 포함하지만 이에 제한되지 않는 다양한 생물학적 폐기물을 미

생물 성장에 사용함으로써, 이러한 폐기물의 처리와 관련된 문제를 해결한다. 또한, 이러한 미생물은 병원성 박테리아 및 독소를 제거함으로써 안전성이 확보되어, 식품 생산 등에 이용될 수 있다.

[0063] 본 개시내용 전반에 걸쳐, 본원에서 사용된 용어 "*미생물 매스 (microbial mass)*"는 배양 배지와 같은 샘플 중 살아있는 성분 (즉, 미생물)의 양의 측정을 지칭한다. 전형적으로, 미생물은 조류 (algae), 박테리아, 시아노박테리아, 효모, 진균, 고세균 등을 포함할 수 있다. 주로, 미생물 예컨대 박테리아, 조류 및 진균은 바이오폐기물 잔류물을 분해하여 영양소 (예: 질소, 탄소 등) 및 기체 (이산화탄소, 수소, 메탄 등)를 방출한다. 더욱이, 상기 미생물 매스는 독소 및 제노바이오틱스 (xenobiotics)를 대사하고, 샘플에 존재하는 금속 이온 (예: 아연, 구리, 니켈, 크롬, 납 등)을 생체 축적하는 능력을 가지고 있다. 특히, 상기 미생물은 호기성으로부터 혐기성 및 통성 조건 (facultative conditions)에 이르는 다양한 타입의 성장 조건에서 성장할 수 있는 능력을 가지고 있다. 미생물 매스에 대한 대체 용어로서 미생물 바이오매스 (microbial biomass)라는 용어를 사용할 수 있다.

[0064] 미생물은 이들의 적절한 자연 환경 및/또는 인공 시스템에서 성장하는 것을 이해할 것이다. 상기 인공 시스템은 주어진 미생물에 적합한 자연 환경을 모방하도록 구성된다. 전형적으로, 출발 물질로서 작용하는 미생물의 접종물 (즉, 시드 배양물로서 소량의 미생물)은 인공 시스템에서 최적의 성장 조건하에 더 많은 미생물을 성장시키기 위해 사용된다. 선택적으로, 상기 인공 시스템은 식물 세포, 진균, 하이브리도마 세포주 등을 포함하는 원핵 및 진핵 세포를 배양하는데 사용된다. 처음에는 인공 시스템에 무균 상태로 유지되는 미생물 배양물로부터의 접종물의 부피를 사용하여 시딩한다. 또한, 상기 미생물은 제어된 환경에서 최적의 성장을 달성하기 위해 정의된 기간 동안 성장하도록 하며, 이는 이후 '미생물 매스 (microbial mass)'로 지칭된다. 미생물의 최적 성장은 예를 들어 단백질, 지질, 탄수화물, 비타민, 미네랄, 섬유질 등을 포함하는 인간 영양소에서와 같이, 이후 사용하기 위해 후속적으로 수확되는 미생물 성장의 부산물 또는 바이오매스와 관련된다.

[0065] 선택적으로, 상기 인공 시스템은 예를 들어 생물반응기로 구현된다. 용어 "*생물반응기 (bioreactor)*"는 정의되고 제어된 물리적 및 화학적 조건하에, 세포 배양, 미생물 성장, 및 소비자의 영양학적, 약학적 또는 에너지 요구를 충족시키는 역할을 하는 바이오반응기 생산에 필요한 생물학적 및/또는 생화학적 반응을 위한 용기 (vessel)를 지칭한다. 상기 생물반응기는 원통형, 원추형, 직육면체형 또는 정육면체형과 같은 형태를 가질 수 있다. 선택적으로, 상기 생물반응기의 부피는 예를 들어 10 리터 (litres), 100 리터, 200 리터, 1000 리터 (L) 등이다.

[0066] 선택적으로, 생물반응기는 상기 생물반응기에서 가공될 내용물에 대해 불활성인 물질로 제작된다. 일례에서, 상기 제조 물질은 스테인리스 강 (예: 타입 304L, 316L 또는 316L), 다른 적합한 금속 또는 합금, 유리 물질, 섬유, 세라믹, 플라스틱 물질 및/또는 이들의 조합일 수 있다. 더욱이, 상기 제조 물질은 전형적으로 방수성 (waterproof)이며, 미생물 농축, 바이오매스 생산, 교반력, 폭기력 (aeration force), 작동 압력, 온도, 산, 알칼리 등과 같은 다양한 생물학적, 생화학적 및/또는 기계적 공정들의 마모 효과를 견디기에 충분히 강하다. 전형적으로, 상기 생물반응기는 그 안의 내용물의 무게를 유지하고, 다양한 생물학적, 생화학적 및/또는 기계적 공정들을 수행하기 위해 적당한 두께를 갖는다. 또한, 상기 생물반응기는 바람직하게는 멸균 조건, 예를 들어 121°C의 수증기 및 2.5 bar의 압력을 사용하는 증기 멸균 조건을 견딜 수 있어야 한다. 대안적으로, 상기 멸균은 화학적 멸균 또는 감마 멸균을 사용하여 수행될 수 있다.

[0067] 미생물 매스를 성장시키는 방법은 유기체로부터 바이오폐기물을 수집하는 단계로 시작하며, 상기 바이오폐기물은 제1 양의 물 및 제1 양의 고체상을 포함한다. 본 개시내용 전반에 걸쳐, 본원에서 사용된 용어 "*바이오폐기물 (biowaste)*"은 주로 유기 물질로 구성된 생분해성 폐기물 (biodegradable waste)을 지칭한다. 전형적으로, 상기 바이오폐기물은 퇴비화될 수 있는 음식물 폐기물 (food waste), 그린 폐기물 (green waste) (예: 질소 함량이 높은 잔디 깎기, 낙엽, 부엌 폐기물 등의 정원 쓰레기), 브라운 폐기물 (brown waste) (예: 탄소 함량이 높은 마른잎, 솔잎, 건초, 톱밥, 잔가지 등), 동물 배설물 (animal effluent) (예: 대변, 우유, 소변, 자궁 분비물, 타액 등), 및 소화 폐기물 (digestive waste) (예: 인간 배설물, 즉 소변 및 대변)을 포함한다. 본 개시내용의 바이오폐기물은 주로 유기체, 예컨대 인간 및/또는 인간과 동반하는 동물로부터 수집된 소화 폐기물로 구성된다. 더욱이, 이러한 바이오폐기물은 사람과 동물 모두에게 건강상 위험이 될 수 있는 병원성 박테리아 및 독소를 포함한다. 병원성 박테리아는 예를 들어 살모넬라 (Salmonella), 대장균 (E. coli), 살모넬라 (Salmonella), 시겔라 (Shigella) 및 비브리오 (Vibrio), 및 불쾌하고 유해한 감염을 일으킬 수 있는 다른 미생물을 포함할 수 있다. 그러므로, 병원성 박테리아 및/또는 독소는 식품 생산을 위해 미생물 매스를 성장시키기 전에 바이오폐기물로부터 제거해야 할 필요가 있다.

[0068] 선택적으로, 바이오폐기물은 대변 및 소변을 포함하고, 제1 양의 물은 바이오폐기물의 50-90 중량%이다. 특히,

대변은 제1 양의 고체상을 형성하고, 제1 양의 물은 소변, 대변에 해당하는 수분 함량 및/또는 대변 슬러리를 형성하는 플러시 워터 (flush water)로 구성된다. 제1 양의 물은 바이오폐기물의 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 또는 85 중량%에서 최대 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85 또는 90 중량%를 형성할 수 있다. 일례에서, 상기 제1 양의 물은 바이오폐기물의 90 중량%이다. 공정에서 적절한 성장 환경을 보장하기 위해 바이오폐기물에서 물의 양을 제어하는 것이 중요하다. 또한, 질소, 철, 칼슘, 인, 망간은 소변 대신에 또는 소변에 추가하여 대변에서 다량으로 발견되는 원소이다. 이러한 무기물을 영양소로 회수하는 것은 다양한 목적을 위해 미생물 매스를 성장시키는 데 유익하다.

[0069] 더욱이, 상기 바이오폐기물은 미생물 매스를 성장시키기 위한 전술한 시스템 내에 또는 미생물 매스를 성장시키기 위한 전술한 시스템에 커플링된 별도의 배열로서, 수집기 유닛 (이후에 "제1 스테이지 (first stage)"로 지칭함)에서 수집된다. 전형적으로, 상기 제1 스테이지는 적어도 하나의 유입구 및 유출구를 포함하여 그 내용물이 각각 제1 스테이지로 유입되고, 이후에 하류 수용 챔버 (이후에 "제1 반응기 (first reactor)"로 지칭함)로 유입되도록 한다. 선택적으로, 상기 제1 스테이지는 적어도 하나의 유입구 및 유출구에 거친 필터 (coarse filter)를 포함하여 상기 시스템의 효율적인 작동을 방해할 수 있는 거친 현탁 입자를 제거한다.

[0070] 그 후, 수집된 바이오폐기물은 제1 반응기에 수용된다. 본원에서 사용된 용어 "제1 반응기 (first reactor)"는 생물반응기 내부에 배열되거나 또는 생물반응기에 커플링된 개별 유닛으로서 제공되고, 수집된 바이오폐기물을 가공하도록 구성된 챔버 또는 용기를 지칭한다. 상기 제1 반응기는 미생물 매스를 성장시키기 위해 후속 사용을 위한 바이오폐기물을 가공하기에 적합한 조건을 제공한다. 상기 제1 반응기는 전형적으로 원통형, 원추형, 직육면체형 또는 정육면체형과 같은 특정 형태 및 특정 부피를 갖는 3차원 중공 구조 또는 용기이다.

[0071] 상기 제1 반응기에서 수집된 바이오폐기물은 고체상 무기 영양소의 적어도 일부를 제1 양의 물에 용해시켜서 성장 배지를 형성하기 위해 제1 작동 파라미터 세트를 사용하여 제1 기간 동안 처리된다. 이와 관련하여, 상기 제1 반응기에 바이오폐기물이 사전-정의된 수준 (pre-defined level)까지 충전되도록 구성된다. 선택적으로, 상기 제1 반응기내 바이오폐기물의 사전-정의된 수준은 상기 바이오폐기물이 제1 작동 파라미터 세트를 사용하여 고체상 무기 영양소의 적어도 일부를 제1 양의 물에 용해시켜서 슬러리-유사 성장 배지를 형성하도록 효과적으로 가공되는 경우의 상태 (state)와 관련될 수 있다.

[0072] 본 개시내용 전반에 걸쳐, 본원에서 사용된 용어 "성장 배지 (growth media)"는 미생물 매스를 성장시키기 위해 영양소를 제공하는 유체 또는 반-고체 기질을 지칭한다. 상기 성장 배지는 영양소가 존재하거나 또는 부재하는 액체상 및 고체상을 포함한다. 선택적으로, 상기 성장 배지의 액체상은 물 및/또는 소변을 포함하고, 고체상은 대변 및 고체상 무기 영양소를 포함한다. 일반적으로 소변은 약 90 중량%의 물 및 10 중량%의 무기 염 및 유기 화합물임을 이해할 것이다. 소변의 건조 고형물은 탄소, 질소, 인, 칼륨, 우레아 및 암모니아를 포함한다. 더욱이, 대변은 약 75 중량%의 물 및 25 중량%의 고형물을 포함한다. 또한, 상기 고형물은 약 30 중량%의 미생물 (박테리아, 원생동물, 기생충 알 등), 30 중량%의 소화가 안되는 식품 (indigestible food), 10-20 중량%의 지방, 2-3 중량%의 단백질, 및 10-20 중량%의 무기 영양소를 포함한다. 대변으로부터 수득된 무기 영양소는 탄소, 질소, 칼슘, 인, 철, 칼륨, 마그네슘, 셀레늄 등의 공급원이다. 유익하게도, 고체상 무기 영양소의 적어도 일부를 제1 양의 물에 용해시킴으로써 그 위에 있는 미생물의 성장을 위한 무기 영양소의 효과적인 흡수를 가능하게 한다.

[0073] 선택적으로, 상기 성장 배지는 탄소, 마그네슘, 칼륨, 인, 황, 철, 아연, 망간, 질소 (예: 암모니아, 우레아, 니트레이트 (nitrate), 니트라이트 (nitrite), 아미노산, 단백질 (가용성, 불용성 또는 가수분해)의 형태), 동물성 부산물, 유제품 폐기물, 효모, 지방산, 알코올, 폴리사카라이드, 미네랄, 비타민, 성장 인자, 산, 염기, 항생제, 소포체, 계면활성제 등을 포함하는 무기 영양소의 첨가를 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 성장 배지는 산소, 이산화탄소, 일산화탄소, 질소, 수소, 불활성 기체, 질소 산화물, 메탄 등과 같은 기체를 추가로 포함한다. 성장 배지와는 별개로 미생물은 최적의 성장을 위한 기체를 필요로 한다는 것을 이해할 것이다.

[0074] 더욱이, 상기 제1 반응기는 작동 중인 경우 성장 배지를 함유한다. 본 개시내용에서 사용된 용어 "작동 중인 경우 (when in operation)"는 제1 반응기가 해당 사용자에게 의해 작동되는 경우에만 제1 반응기를 제한하는 것이 아니라, 제1 반응기의 구조적 측면 뿐만 아니라 기능적 측면을 모두 포함하는 것으로 해석되어야 함을 이해할 것이다.

[0075] 선택적으로, 상기 제1 반응기는 열수 탄화 압력 용기 (hydrothermal carbonization pressure vessel)로 구현될 수 있다. 본원에서 사용된 용어 "열수 탄화 (hydrothermal carbonization)" 또는 "HTC"는 바이오폐기물의 사전-건조를 필요로 하지 않고, 온도, 압력 및 pH 제어를 사용하여 습윤 바이오폐기물의 성분들 (유기 및 무기 화합

물들)을 에너지 및/또는 화학적 화합물 (예: 구조화된 탄소, 바이오 연료 등)로 전환하는 열화학적 공정 (thermochemical process)을 지칭한다. HTC는 전형적으로 바이오폐기물을 처리하고, 고체상 (대변) 및 액체상 (소변)으로부터 질소, 철, 칼슘, 인, 망간과 같은 무기 영양소를 회수하기 위해 적당한 온도, 압력 및 pH를 사용한다. 선택적으로, HTC는 또한 체류 시간, 가열 속도, 바이오매스의 농도, 수질 (aqueous quality) 등과 같은 파라미터를 포함한다. HTC는 다양한 목적을 위해 미생물 매스를 성장시키기 위한 무기 영양소를 회수할 수 있다.

[0076] 선택적으로, 상기 제1 반응기는 예를 들어 10L Hastelloy C276 압력 반응기와 같은 HTC-호환 압력 용기이다. 상기 제1 반응기는 세라믹 발열체 (6 kW)를 사용한다. 선택적으로, 제1 반응기 주위에 이의 외부면을 따라 세라믹 가열 요소를 배열하는 것과 같이, 제1 반응기의 외부면에 가열이 제공된다. 대안적으로, 제1 반응기 주위에 이의 내부면을 따라 세라믹 가열 요소를 배열하는 것과 같이, 제1 반응기의 내부면에 가열이 제공된다.

[0077] 선택적으로, 제1 작동 파라미터 세트는 제1 반응기 내부의 온도 (여기서 온도는 적어도 섭씨 190도임); 성장 배지의 pH (여기서 pH는 4 미만임)를 포함한다. 본원에서 사용된 용어 "제1 작동 파라미터 세트 (first set of operating parameters)"는 고체상 무기 영양소의 적어도 일부를 제1 양의 물에 용해시켜서 미생물 매스를 성장시키기 위해 바이오폐기물의 처리에 필요한 조건 세트를 지칭한다. 상기 제1 작동 파라미터 세트는 제1 반응기 내부의 온도, pH 및 압력 조건을 포함한다. 상기 제1 반응기 중 내용물의 온도 조건, 압력 및 pH 값은 고형물의 분해 뿐만 아니라 고체상 무기 영양소의 완전성 유지를 보장하기 위한 중요한 파라미터임을 이해할 것이다. 상기 온도는 예를 들어 섭씨 150도 (°C), 160 °C, 170 °C, 180 °C, 190 °C, 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C 또는 250 °C에서 최대 160 °C, 170 °C, 180 °C, 190 °C, 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C, 250 °C 또는 300 °C, 바람직하게는 180 °C, 190 °C, 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C 또는 240 °C에서 최대 190 °C, 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C 또는 250 °C, 더 바람직하게는 190 °C, 200 °C 또는 210 °C에서 최대 200 °C, 210 °C 또는 220 °C일 수 있다. 일례에서, 상기 온도는 220°C이다. 전술한 온도 범위는 성장 배지 및 그 위에서 성장하는 미생물 매스에 유해할 뿐만 아니라 상기 미생물 매스의 최종 소비자에게 유독할 수 있는 성장 배지 중 병원성 박테리아를 사멸하는데 유리하다. 더욱이, 전술한 온도 범위는 고체상 유기물을 적절한 형태로 분해할 수 있다. 상기 제1 반응기가 압력 용기이고 매우 높은 온도에서 사용하는 것은 위험할 수 있기 때문에 온도가 매우 높지 않아야 한다는 것을 이해할 것이다. 더욱이, 상기 성장 배지는 매우 높은 온도에서는 끓을 수 있다. 상기 pH는 예를 들어 2, 2.5, 3 또는 3.5에서 최대 2.5, 3, 3.5 또는 4 범위의 산성 pH일 수 있다. 일례에서, 상기 pH는 2.3이다. 선택적으로, 상기 제1 반응기의 내용물의 pH는 예를 들어 황산과 같은 산을 사용하여 조정된다. HTC 공정 중에 더 낮은 pH 조건은 액체상, 즉 제1 양의 물에서 더 많은 가용성 고체상 무기 영양소를 생성한다는 것을 이해할 것이다. 상기 압력은 10, 12, 14, 16 또는 18 bar에서 최대 12, 14, 16, 18 또는 20 bar일 수 있다. 일례에서, 상기 압력은 10 bar이다.

[0078] 선택적으로, 상기 방법은 제1 반응기에서 바이오폐기물을 적어도 100 RPM의 속도로 교반하는 단계를 추가로 포함한다. 상기 바이오폐기물을 교반하면 바이오폐기물의 고형물을 더 작은 입자로 분해하여 상기 고체상 무기 영양소가 제1 양의 물에 효과적으로 용해되어 성장 배지를 형성할 수 있음을 이해할 것이다. 또한, 상기 바이오폐기물을 교반하면 상기 바이오폐기물을 효율적으로 폭기시켜서 상기 제1 반응기에서 위험한 폭발 (blast)을 방지한다. 교반 속도는 전형적으로 예를 들어 100 RPM, 200 RPM, 500 RPM, 1000 RPM, 2000 RPM 등일 수 있다. 선택적으로, 상기 교반 속도는 200 RPM이다. 선택적으로, 상기 바이오폐기물의 교반은 단방향 (unidirectional) 또는 윙풀 (whirlpool) 작용일 수 있다.

[0079] 선택적으로, 상기 제1 기간은 1시간 내지 18시간이다. HTC 공정을 사용하여 제1 반응기에서 바이오폐기물의 처리는 소정의 기간, 즉 제1 기간 동안 수행된다. 본원에서 사용된 용어 "제1 기간 (first period of time)"은 고체상 무기 영양소의 일부가 제1 양의 물에 실질적으로 용해되어 미생물 매스를 성장시키기에 적합한 성장 배지를 생성하는데 필요한 기간을 지칭한다. 상기 제1 기간은 전형적으로 1, 1.5, 2, 3, 6 또는 12시간에서 최대 2, 3, 6, 12 또는 18시간의 범위일 수 있다. 일례에서, 상기 제1 기간은 1시간이다. 상기 제1 기간은 바이오폐기물을 교반하는 속도의 함수임을 이해할 것이다. 이와 관련하여, 교반 속도가 빠른 경우 상기 제1 기간은 짧고, 교반 속도가 느린 경우 상기 제1 기간은 더 길다. 또한, 선택적으로, 상기 제1 기간은 제1 반응기 내부의 온도의 함수이다. 이와 관련하여, 상기 제1 반응기의 온도가 높은 경우에는 바이오폐기물을 처리하는데 필요한 시간이 더 짧고, 상기 제1 반응기의 온도가 낮은 경우에는 바이오폐기물을 처리하는데 필요한 시간이 더 길다.

[0080] 유익하게도, HTC는 산이 존재하는 상태에서 몇 시간 동안 처리하는 화학 공정 또는 기존의 회분-형성 방법과는 달리, 목적하는 무기 영양소의 구조적 또는 기능적 완전성의 손상 및/또는 에너지-집약적인 건조 공정을 포함하지 않고, 바이오폐기물로부터 무기 영양소 예컨대 질소, 철, 칼슘, 인, 망간을 회수할 수 있다. 또한, 유익하게

도, 상기 제1 반응기에서 발열 반응 중에 생성된 열은 그 내부의 온도 조건에 기여하므로, 상기 제1 반응기 내부의 온도 조건을 유지하는데 필요한 에너지 소비를 상당히 감소시킨다. 더욱이, HTC 공정은 시간-효율적이다.

[0081] 선택적으로, 상기 성장 배지 중 물의 양은 성장 배지 중 물의 양이 성장 배지의 20 중량% 미만인 경우 상기 제1 반응기에 제3 양의 물을 부가하여 조정되고, 성장 배지 중 물의 양이 성장 배지의 20 중량% 초과인 경우 고체상을 더 부가하여 조정된다. 특히, 사전-정의된 농도 (즉, 제1 양의 물 및 제1 양의 고체상) 및 컨시스턴시 (consistency)를 갖는 성장 배지가 미생물 매스를 성장시키는데 필요하다. 이와 관련하여, 상기 제1 반응기에서 물의 양을 조정함으로써, 성장 배지의 농도 및 컨시스턴시가 적절하게 변경될 수 있다. 상기 성장 배지의 사전-정의된 농도는 20 중량%의 물의 양 및 80 중량%의 고체상을 포함한다. 그러므로, 상기 성장 배지는 성장 배지 중 물의 양이 성장 배지의 20 중량% 미만인 경우 제3 양의 물을 사용하고, 성장 배지 중 물의 양이 성장 배지의 20 중량% 초과인 경우 고체상을 더 부가함으로써, 각각 적절하게 희석 또는 농축될 수 있다. 선택적으로, 상기 제3 양의 물은 소변 또는 통상의 물로부터 수득될 수 있다. 대안적 구체예에 따르면, 상기 제3 양의 물을 부가하거나 또는 고체상 물질을 더 부가하는 한계는 15-25 중량%일 수 있다.

[0082] 상기 방법은 형성된 성장 배지를 제2 반응기에 제공하기 전에 상기 형성된 성장 배지를 세척하는 단계를 추가로 포함한다. 본원에서 사용된 용어 "세척 (washing)"은 바이오폐기물에 존재하는 병원성 박테리아 및 독소로부터 성장 배지를 세정하는 것을 지칭한다. 성장 배지의 세척 (또는 세정)에는 멸균, 분리 및 세정 단계를 포함한다. 이와 관련하여, 고체상 무기 영양소의 적어도 일부를 제1 양의 물에 용해시킨 성장 배지는 상기 성장 배지로부터 병원성 박테리아 및 기타 독소를 사멸시키고 상기 성장 배지 중 용해되지 않은 고형물을 분리하기 위해 멸균 및 분리 단계를 각각 수행한다. 특히, 멸균 및 분리 단계는 성장 배지가 이후에 "제2 반응기 (second reactor)"로 지칭되는 성장 챔버에 도입되기 전에 수행한다. 실제로 본 개시내용에서는 열분해 또는 연소와 같은 공정은 사용하지 않기 때문에, 무기 물질 예컨대 질소, 철, 칼슘, 인, 망간을 회수하는 것이 가능하다. 선택적으로, 상기 분리 단계는 필터 (즉, 스크린, 메쉬 또는 멤브레인)를 사용하여 성장 배지 중 용해되지 않은 고체상을 분리한다. 보다 선택적으로, 필터 (즉, 스크린, 메쉬 또는 멤브레인)는 제2 반응기로 개방되는 제1 반응기의 유출구에 배열된다. 상기 분리 단계는 멤브레인 분리 기술 예컨대 미세여과, 한외여과, 나노여과 및 역삼투를 이용할 수 있다. 본 개시내용의 세정 단계는 성장 배지 중 탄화 잔류물 (HTC 공정으로부터 생성됨)을 세정하는 단계를 포함한다. 상기 탄화 잔류물의 세척은 성장 배지의 액체상 중 염 및 영양소의 회수를 추가로 개선하는데 중요하다. 선택적으로, 세정 단계는 예를 들어 교반을 수행하거나 또는 수행하지 않고, 물 (탈이온수, 증류수, 온수 또는 냉수)로 세척함으로써 수행된다. 대안적으로, 선택적으로, 상기 세정 단계는 예를 들어 염산, 질산, 황산, 수산화나트륨, 알칼리 등과 같은 화학물질로 세척함으로써 수행된다.

[0083] 상기 방법은 형성된 성장 배지를 미생물 매스의 접종물을 포함하는 제2 반응기에 제공하는 단계를 포함한다. 본원에서 사용된 용어 "제2 반응기 (second reactor)"는 제1 반응기의 하류에 배열된 챔버 또는 용기를 지칭한다. 상기 제2 반응기는 제1 반응기로부터 입수된 성장 배지에서 미생물 매스를 성장시키도록 구성된다. 상기 제2 반응기는 미생물 매스를 성장시키는데 적합한 조건을 제공한다. 선택적으로, 상기 제2 반응기는 제1 반응기보다 아래쪽에 수직으로 위치한다. 전술한 배열은 성장 배지가 제1 반응기로부터 제2 반응기로 유입되도록 한다. 상기 성장 배지는 중력의 영향으로 인해 제1 반응기로부터 제2 반응기로 유입된다. 선택적으로, 제1 반응기 및 제2 반응기가 모두 공통 수직축을 공유하도록 하는 방식으로 제1 반응기는 제2 반응기의 상부에 위치한다. 대안적으로, 제1 반응기 및 제2 반응기가 공통 수직축을 공유하지 않도록 제1 반응기는 제2 반응기의 상부에 위치할 수 있으며, 즉 상기 제2 반응기는 제1 반응기의 하류에 인접하게 위치한다. 이러한 경우에, 상기 제1 반응기 및 제2 반응기는 수직으로 이격된다. 다른 구체예에서, 상기 제2 반응기는 제1 반응기 아래에 위치하지 않고, 오히려 제2 반응기의 상부면이 제1 반응기의 바닥면 위에 있도록 수직으로 이격되어 있다. 선택적으로, 형성된 성장 배지를 제2 반응기에 제공하기 전에, 성장 배지는 예를 들어 멤브레인을 사용하여 여과될 수 있다.

[0084] 선택적으로, 상기 제2 반응기는 전형적으로 원통형, 원추형, 직육면체형 또는 정육면체형과 같은 특정 형태 및 특정 부피를 갖는 3차원 중공 구조 또는 용기이다. 선택적으로, 상기 제1 및 제2 반응기는 예를 들어 부피, 치수, 제조 물질 등에 기반하여, 서로 구조적으로 유사하다. 대안적으로, 상기 제1 및 제2 반응기는 구조적으로 상이할 수 있다. 상기 제1 및 제2 반응기는 서로 기능적으로 유사하거나 또는 상이할 수 있음을 이해할 것이다.

[0085] 더욱이, 상기 제2 반응기는 작동 중에 유도기 (lag phase) (미생물 매스의 성장이 시작될 예정이거나 또는 막 시작된 경우), 대수기 (log phase) (미생물 매스의 성장이 빠른 속도로 증가하고 있는 경우), 또는 정지기 (stationary phase) (미생물 매스의 성장이 정지하였거나 또는 정지할 예정인 경우) 중 적어도 하나의 성장기 (growth phase)에 미생물 매스의 접종물을 포함한다. 선택적으로, 본 개시내용의 시스템은 성장 배지가 일정하게 부가되고 성장 배지가 일정하게 제거되는 연속 배양 시스템이며, 미생물 매스의 성장은 성장 속도가 일정한

경우 정상-상태 (steady-state)에 도달할 수 있다.

[0086]

선택적으로, 미생물 바이오매스의 접종물은 적어도 하나의 단리된 미생물을 포함하며, 상기 미생물은 수소 기체를 에너지원으로 사용하고, 이산화탄소를 무기 탄소원으로 사용하여 성장할 수 있는 능력을 갖는다. 선택적으로, 상기 단리된 미생물은 그의 자연 서식지로부터 입수될 수 있다. 대안적으로, 선택적으로, 상기 단리된 미생물은 GMP (Good Manufacturing Process) 및 멸균 조건의 지침에 따라 생산 및 저장되는, 실험실 배양으로부터 입수될 수 있다. 상기 단리된 미생물은 수소 기체 및 이산화탄소를 각각 에너지원 및 탄소원으로 사용하는 능력을 가지고 있다. 탄소원에 기반하여, 미생물은 독립영양생물 (autotrophs) (탄소를 이산화탄소로부터 입수함), 종속영양생물 (heterotrophs) (탄소를 유기 화합물로부터 입수함) 또는 혼합영양생물 (mixotrophs) (탄소를 유기 화합물과 이산화탄소를 고정하여 입수함)일 수 있다. 에너지원에 기반하여, 미생물은 독립영양생물, 광독립영양생물 (photoautotrophs) (에너지를 일광으로부터 입수함), 무기영양생물 (lithotrophs) (전자 수용체 예컨대 수소를 무기 화합물로부터 입수함), 유기영양생물 (organotrophic) (전자 수용체 예컨대 수소를 유기 화합물로부터 입수함) 또는 화학영양생물 (chemotrophs) (에너지를 외부 화합물로부터 입수함)일 수 있다. 실제로, 전술한 용어는 예를 들어 화학무기영양생물 (chemolithotrophs), 화학무기독립영양생물 (chemolithoautotrophs), 화학무기종속영양생물 (chemolithoheterotrophs) 등과 같이, 이들의 에너지원 및 탄소원에 기반한 미생물을 지칭하기 위해 자유롭게 조합될 수 있음을 이해할 것이다.

[0087]

선택적으로, 접종용 미생물은 하기 그룹으로부터 선택된다: *클로스트리디움 용달리이* (*Clostridium ljungdahlii*), *사카로마이세스 세레비지에* (*Saccharomyces cerevisiae*), 크날가스 (Knallgas) 박테리아 (예: *쿠프리아비두스 네카토르* (*Cupriavidus necator*), *로도코쿠스 오파쿠스* (*Rhodococcus opacus*), *하이드로게노박터 서모필루스* (*Hydrogenobacter thermophilus*), *하이드로게노비브리오 마리누스* (*Hydrogenovibrio marinus*), *알칼리게네스 유티트로파* (*Alcaligenes eutropha*) 등), *카미니박터* 속 (genus *Caminibacter*), *아퀴팩스* 속 (genus *Aquifex*), *파라코쿠스* 속 (genus *Paracoccus*), *크산토박터* 속 (genus *Xanthobacter*), *하이드로게노모나스* 속 (genus *Hydrogenomonas*), 메타노트로프 (methanotrophs), 메타노겐스 (methanogens), *게오박터* 속 (genus *Geobacter*), *시아노박테리움* 속 (genus *Cyanobacterium*), *아세트박테리움* 속 (genus *Acetobacterium*), *오실로스피라* 속 (genus *Oscillospira*), *플레오모르포모나스* 속 (genus *Pleomorphomonas*). *클로스트리디움 용달리이*는 합성 기체 및 이산화탄소/수소 혼합물에서 성장하는 혐기성 호모아세트젠 (anaerobic homoacetogen)이다. *C. 용달리이*는 당 (sugars), 다른 유기 화합물, 이산화탄소/수소 혼합물 및/또는 합성 기체를 발효시켜서 단백질 및 화학물질을 생성할 수 있다. 이러한 과정에서, *C. 용달리이*는 대기 중 이산화탄소 및 일산화탄소를 지속적으로 환원시킨다. 크날가스 박테리아는 화학무기독립영양 조건 (chemolithoautotrophic conditions)하에 산소를 사용하여 이산화탄소를 고정하고 수소 기체를 산화시켜서 바이오매스를 성장시키는 것으로 알려져 있다. 호기성 또는 통성 화학무기독립영양 조건하에 크날가스 박테리아는 단백질 및 다른 고-에너지 분자를 생성한다. *카미니박터* 속에 속하는 미생물은 호열성, 혐기성, 화학무기독립영양 박테리아이다. 이들은 성장을 위해 수소 기체 및 이산화탄소를 각각 에너지원 및 탄소원으로 사용한다. *아퀴팩스* 속에 속하는 미생물은 85°C 내지 95°C 범위의 온도에서, 및 산소 또는 질소를 환원시킴으로써 각각 호기성 (산소 수준이 매우 낮음) 또는 혐기성 조건에서 가장 잘 성장하는 고도 호열성 미생물 (extreme thermophiles)이다. *파라코쿠스* 속에 속하는 미생물은 니트레이트를 분자 질소로 환원시키는 능력을 가진 통성 박테리아이다. *파라코쿠스* 종은 성장을 위해 다양한 유기 및 무기 기질을 사용할 수 있으므로, 생물학적 환경 정화 공정에서 잠재적인 용도를 찾을 수 있다. *크산토박터* 속에 속하는 미생물은 질소-고정 유기체로, 이는 화학무기독립영양 (이들 환경에서 수소, 이산화탄소 및 산소의 존재하에 분자 질소를 질소원으로 사용) 뿐만 아니라 화학유기종속영양 (메탄올, 에탄올 및 다양한 유기산을 유일한 탄소원으로 사용)으로 성장할 수 있다. *하이드로게노모나스* 속에 속하는 미생물은 수소를 전자 공여체로 사용할 수 있는 통성 독립영양생물의 그룹이다. *메타노겐스*는 저산소 조건에서 대사 부산물로 메탄을 생성하는 혐기성 유기체로, 이는 폐수 처리에서 응용을 찾을 수 있다. *게오박터* 속에 속하는 미생물은 유기 화합물 및 금속을 이산화탄소로 산화시키는 혐기성 박테리아로, 이는 생분해 및 생물학적 환경 정화에서 응용을 찾을 수 있다. *시아노박테리움* 속에 속하는 미생물은 자유-생활 광합성 (free-living photosynthetic) 박테리아 및 내공생 (endosymbiotic) 박테리아이다. *시아노박테리움* 종은 혐기성 조건하에 대기 질소를 암모니아, 니트레이트 또는 니트라이트로 고정하고, 이를 결국 단백질로 전환하는 것으로 알려져 있다. *아세트박테리움* 속에 속하는 미생물은 이산화탄소 또는 일산화탄소를 사용하여 아세트산을 생성하는 혐기성 박테리아이다. *오실로스피라* 속에 속하는 미생물은 당을 탄소원으로 사용하는 혐기성 유기체이다. *플레오모르포모나스* 속에 속하는 미생물은 메탄을 탄소원 및 에너지원으로 사용한다. *플레오모르포모나스* 종은 또한 질소를 고정할 수 있다. *사카로마이세스 세레비지에*는 당 (예: 글루코스, 말토스, 트레할로스 등)을 발효시켜서 단백질 및 다른 유용한 화합물 (예: 바이오에탄올)을 생성하는 통성 혐기성 효모이다. 메타노트로프는 산소의 존재하에 성장하여 미생물 매스

의 일부로서 단백질 및 화학물질을 생산하는 것으로 알려진 메탄-사용 박테리아이다.

- [0088] 선택적으로, 상기 미생물 매스를 성장시키는 단계는 에너지원으로서 수소 및 무기 탄소원을 사용하여 연속 배양으로 크산토박터 속의 박테리아 균주를 배양하는 단계를 포함하며, 여기서 무기 탄소원은 이산화탄소를 포함한다. 전술한 바와 같이, 크산토박터 속의 박테리아 균주는 질소-고정 박테리아로, 에너지원으로서 수소 및 탄소원으로서 이산화탄소의 존재하에 질소를 고정한다. 처음에, 크산토박터 속의 박테리아 균주를 제2 반응기에 접종하여 사전-정의된 기간 동안 및/또는 미생물 매스가 미리-결정된 크기로 성장할 때까지 연속 배양으로 성장시킨다.
- [0089] 선택적으로, 상기 미생물 매스는 단리된 박테리아 균주 VTT-E-193585 또는 이의 파생물 (derivative)을 포함하며, 상기 파생물은 수소 기체를 에너지원으로 사용하고, 이산화탄소를 유일한 탄소원으로 사용하여 성장할 수 있는 능력을 유지한다. 상기 단리된 박테리아 균주 VTT-E-193585 또는 이의 파생물은 유전적으로 안정하고, 수소 기체를 에너지원으로 사용하고, 이산화탄소를 탄소원으로 사용함으로써 경시적으로 최적 조건에서 스트레스 조건에 이르는 광범위한 공정 조건에서 성장할 수 있다. 본원에서 사용된 용어 "유전적으로 안정한 (genetically stable)"은 여러 세대 또는 세포 분열, 이상적으로는 수백 내지 수천 세대 또는 세포 분열에 걸쳐 변화에 저항하고 그의 유전자형을 유지하는 종 또는 균주/단리물의 특징을 의미한다.
- [0090] 상기 방법은 이산화탄소를 수집하는 단계를 포함한다. 미생물이 성장을 위해 탄소원으로 이산화탄소를 사용하기 때문에, 이산화탄소는 대기로부터 수집되거나 또는 대안적으로 다른 공정으로부터 공급된다. 당업자에게 알려진 다양한 기술을 사용하여 이산화탄소를 수집할 수 있음을 이해할 것이다. 구체적으로, 폐쇄-순환 시스템과 같은 시스템에서, 이산화탄소는 상기 시스템의 벽으로 덮인 대기와 같은 대기로부터 국소로 수집된다. 예를 들어, 이산화탄소는 화학적 매질, 기능성 흡착제 또는 이산화탄소 추출기를 사용하여 수집될 수 있다. 유익하게도, 대기로부터 이산화탄소를 지속적으로 사용하는 미생물은 대기 중 이산화탄소의 양을 소비하게 된다. 상기 시스템의 인간 사용자 (human occupants)가 호흡한 이산화탄소를 미생물이 사용하기 위해 상기 인간 사용자는 호흡하여 점점 더 많은 이산화탄소를 호흡 부산물로서 생성하기 때문에, 대기로부터의 이산화탄소는 결코 끝나지 않으므로, 미생물이 성장할 수 있는 탄소원으로 용이하게 이용 가능하다. 선택적으로, 대안적으로, 이산화탄소 및 에너지는 예를 들어 태양광 패널 (solar panels)을 통해 외부 대기로부터 획득되며, 이러한 경우 상기 시스템은 재생 시스템일 수 있다.
- [0091] 선택적으로, 상기 방법은 성장 배지의 적어도 일부로부터 이산화탄소를 추출하는 단계를 추가로 포함한다. 이와 관련하여, 이산화탄소는 성장 배지로부터 고정된다. 더욱이, 성장 배지로부터의 무기 탄소 (이산화탄소 형태)는 미생물에 의해 고정되거나 또는 유기 화합물로 전환된다. 그 다음에 상기 유기 화합물은 미생물이 성장하는데 필요한 에너지를 저장하는데 사용된다.
- [0092] 상기 방법은 제2 양의 물을 수집하고 수집된 제2 양의 물을 산소 및 수소 기체로 분할하는 단계를 포함한다. 본원에서 사용된 용어 "제2 양의 물 (second amount of water)"은 대기 중에 존재하는 물 또는 수분의 양을 지칭한다. 상기 시스템의 사용자, 예컨대 인간이 호흡하여 대기 중에 이산화탄소 및 수증기를 생성한다는 것을 이해할 것이다. 상기 제2 양의 물은 전형적으로 대기, 우레아 등 중의 수분을 응축하여 국소 대기로부터 수집한다. 상기 수집된 제2 양의 물은 예를 들어 전기분해 공정을 사용하여 수소 기체 및 산소로 분할된다. 이 과정에서 방출된 수소 기체는 미생물이 성장하기 위한 에너지원으로 사용된다. 더욱이, 제2 양의 물을 분할하여 생성된 산소는 통성 또는 호기성 미생물에 의해 성장 배지 중 유기물의 가수분해 속도를 개선한다. 유익하게도, 상기 제2 양의 물을 수소 기체 및 산소로 분할하면 미생물 매스를 성장시키는데 이용 가능한 수소 기체 및 산소를 저장하기 위한 기체상 용기를 설치할 필요가 없다.
- [0093] 상기 방법은 수집된 이산화탄소 및 분할된 산소 및 수소 기체를 제2 반응기로 제공하는 단계를 포함한다. 성장 배지와는 별개로 미생물은 최적의 성장을 위해 기체를 필요로 한다는 것을 이해할 것이다. 상기 기체는 제2 반응기 내부의 성장 배지에 용해된다. 분할된 산소 및 수소 기체 및 수집된 이산화탄소를 제2 반응기로 공급하여 제2 반응기내의 미생물 매스에 폭기 및 필요한 에너지 및 탄소원을 제공한다. 더욱이, 산소는 용해된 형태로 미생물에 제공된다. 전형적으로, 용존 산소는 폭기 (aeration)라는 과정을 통해 미생물에 지속적으로 제공된다. 성장 배지에 기체를 용해시키는 것은 기체의 체류 시간에 비례한다. 본 개시내용 전반에 걸쳐, 본원에서 사용된 용어 "체류 시간 (residence time)"은 기체가 생물반응기에서 보내는 시간을 지칭한다. 일례에서, 성장 배지에서 기포 (gas bubble) 형태로 기체의 체류 시간은 10분 내지 30분의 범위일 수 있다. 선택적으로, 작은 기포는 큰 기포와 비교하여 부피당 표면적이 더 크기 때문에, 부력이 적고, 그러므로 체류 시간이 더 길다. 선택적으로, 상기 기체는 성장 배지에 살포되어 성장 배지와 기체의 효과적인 혼합을 가능하게 하고 성장 배지

에서 각 기체의 체류 시간을 증가시켜서 미생물이 효율적으로 사용할 수 있다. 성장 배지의 폭기는 성장 배지의 신선도를 유지하여 효과적인 미생물 성장을 초래할 수 있음을 이해할 것이다. 선택적으로, 이산화탄소, 산소 및 수소 기체 이외의 다른 기체가 제2 반응기에 제공될 수 있다. 다른 기체로는 일산화탄소, 질소, 불활성 기체, 질소 산화물, 메탄 등을 포함하지만 이에 한정되지 않는다.

[0094] 전형적으로, 상기 기체는 성장 배지에 존재하는 미생물의 양에 기반한, 미리결정된 양에 기반하여 제2 반응기에 제공된다. 다시 말해, 성장시킬 미생물 매스의 목적하는 양 및 기체를 사용하는 미생물의 알려진 능력에 기반하여, 기체 및 성장 배지의 양이 결정된다. 선택적으로, 기체의 양은 미생물의 성장 단계의 다양한 길이에 따라 달라진다. 선택적으로, 기체의 양은 호기성 성장, 혐기성 성장, 통성 성장 등과 같은 미생물 매스의 성장에 사용되는 전략에 따라 달라진다.

[0095] 상기 방법은 제2 작동 파라미터 세트에 따라 제2 반응기에서 미생물 매스를 성장시키는 단계를 포함한다. 상기 제2 반응기는 미생물 매스의 효율적인 성장을 가능하게 하는 제2 작동 파라미터 세트로 구성된다. 본원에서 사용된 용어 "제2 작동 파라미터 세트 (second set of operating parameters)"는 제2 반응기에서 미생물 매스를 성장시키는데 필요한 조건 세트를 지칭한다. 상기 제2 작동 파라미터 세트는 진술한 성장 배지, 폭기 (용존 산소 농도) 및 교반 (성장 배지를 규칙적으로 교반하여 달성되는 혼합), 삼투압, pH 및 제2 반응기 내부의 온도 조건이 제공되는 영양 요건을 포함한다. 미생물의 성장 속도가 높으면 제2 작동 파라미터 세트의 급격한 변화를 초래하여, 예를 들어 제어기 배열, 조절기 및/또는 센서를 통한 상기 제2 작동 파라미터 세트의 지속적인 모니터링이 필요하다는 것을 이해할 것이다. 상기 영양 요건에는 전형적으로 거대 분자 (예: 탄소, 수소, 산소, 질소, 황, 인) 및 마이크로분자 (예: 미량 원소 및 유기 성장 인자, 예를 들어 마그네슘, 칼륨, 나트륨, 칼슘 및 철)를 포함한다. 더욱이, 온도 범위는 미생물의 상이한 타입에 따라 가변될 수 있다. 선호하는 온도 범위에 기반하여, 상기 미생물은 전형적으로 한냉균 (psychrophiles) (최적 온도가 0-30 °C인 저온성 미생물), 중온균 (mesophiles) (최적 온도가 25-40 °C인 중온성 미생물) 및 호열균 (thermophiles) (최적 온도가 50-80 °C인 호열성 미생물)로 분류된다. 또한, pH 5.4 내지 8.5 사이의 중성 pH가 미생물 성장에 가장 적합하다. 그러나, 호산균 (acidophiles)으로 지칭되는 일부 미생물은 산성 pH (4.5 미만)에서 성장할 수 있는 반면에, 호알칼리성 미생물 (alkaliphiles)으로 지칭되는 다른 미생물은 pH 7 내지 14 범위의 알칼리성 pH에서 성장할 수 있다. 특히, 곰팡이 및 효모는 pH 5 내지 6 사이의 pH에서 가장 잘 성장한다. 또한, 미생물 매스의 성장은 또한 성장 배지의 삼투압 (미생물의 외부 환경에서 염 농도에 의해 결정됨)의 함수이다. 또한, 성장 배지 중에 미생물이 흡수하기 위한 기체 (예: 산소)를 용해시키기 위해 성장 배지에는 규칙적인 폭기 및 교반을 필요로 한다. 상기 성장 배지는 미생물 매스의 성장을 촉진하기 위해 액체상, 예컨대 물을 충분히 포함한다는 것을 이해할 것이다. 제2 반응기에서 미생물의 접종물이 초기 유도 및/또는 대수 성장기에 존재하는 것을 이해할 것이다.

[0096] 상기 방법은 유기체가 소비할 식품을 생산하기 위해 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 수확하는 단계를 포함한다. 본원에서 사용된 용어 "수확 (harvest)" 또는 "수확하는 (harvesting)"은 제2 반응기에서 성장 배지로부터 성장한 미생물 매스를 꺼내는 과정을 지칭한다. 선택적으로, 성장한 미생물 매스의 수확은 연속적 (continuously) 또는 회분식 (batch-per-batch)으로 수행된다. 성장한 미생물 매스는 일반적으로 정지 성장기, 즉 미생물이 더 이상 성장하지 않는 경우에 존재한다. 수확된 성장한 미생물 매스는 당업자에게 알려진 기술을 사용하여, 그로부터 목적하는 산물을 유도하기 위해 추가로 가공될 수 있다. 수확된 성장한 미생물 매스로부터 유래된 목적하는 산물은 단백질, 지질, 탄수화물, 섬유질, 비타민, 미네랄 및/또는 향산화제를 포함한다. 선택적으로, 목적하는 산물은 식품, 식품 성분, 기능 식품, 의약품, 소비재 및/또는 응용 제품 등으로 소비될 수 있다. 실제로, 상기 방법 단계는 시너지 효과를 제공하고, 미생물 매스의 성장을 가능하게 한다. 일 구체예에 따르면, 상기 방법은 우주 정거장과 같은 폐쇄 시스템에서 미생물 매스를 성장시키는데 적합하며, 이는 바이오폐기물이 우주 정거장에서 우주 비행사로부터 수집될 수 있고, 이산화탄소는 우주 정거장의 대기로부터 수집될 수 있으며, 수확된 성장한 미생물 매스는 우주 비행사를 위한 음식으로 제공될 수 있으므로 순환이 폐쇄될 수 있다.

[0097] 선택적으로, 상기 미생물 매스는 바이오폐기물 및 기체를 유기체가 소비할 식품으로 재활용되도록 작동할 수 있고, 상기 식품에는 단백질, 탄수화물, 지방산, 향산화제, 섬유질 함량 중 적어도 하나가 풍부하다. 초기 유도 및/또는 대수 성장기의 미생물은 성장 배지 중 유기 화합물과 제2 반응기에 제공된 기체를 사용하여 바이오폐기물 및 기체를 소비 가능한 산물, 바람직하게는 영양소로 재활용된다. 선택적으로, 상기 미생물 매스는 단백질, 지질, 탄수화물, 섬유질, 비타민, 미네랄 및/또는 향산화제를 생산할 수 있는 미생물을 포함한다. 수확된 미생물 매스로부터 유래된 영양소는 저-비용 영양 요건을 충족하는 인간 및 동물과 같은 유기체, 바람직하게는 인간이 사용하기에 안전하다는 것을 이해할 것이다.

- [0098] 선택적으로, 상기 방법은 유기체로부터 우레아를 수집하는 단계, 상기 수집된 우레아를 이의 처리를 위해 제3 반응기에 제공하는 단계, 및 상기 제3 반응기로부터 처리된 우레아를 미생물 매스의 성장을 위한 추가적인 성장 배지 성분으로서 제2 반응기에 제공하는 단계를 추가로 포함한다. 우레아는 가수분해되어 암모니아 형태의 우레아 질소, 및 이산화탄소를 제공하는 것을 이해할 것이다. 상기 미생물은 수소의 존재 하에 질소를 사용하고, 성장을 위해 성장 배지로부터의 산소를 사용한다. 선택적으로, 상기 제3 반응기는 제1 반응기에 평행하게 배열되거나, 또는 대안적으로 제1 스테이지의 하류에 배열되어 우레아를 수집한다. 선택적으로, 상기 제3 반응기는 수집된 우레아를 성장 배지로 사용하기에 안전하도록 만들기 위해 처리하도록 구성된다. 선택적으로, 상기 제3 반응기는 원통형, 원추형, 직육면체형 또는 정육면체형과 같은 특정 형태 및 특정 부피를 갖는 3차원 중공 구조 또는 용기이다. 선택적으로, 제1 반응기, 제2 반응기 및 제3 반응기는 예를 들어 부피, 치수, 제조 물질 등에 기반하여 서로 구조적으로 유사하다. 대안적으로, 제1 반응기, 제2 반응기 및 제3 반응기는 구조적으로 상이할 수 있다. 제1 반응기 및 제3 반응기는 서로 기능적으로 유사하거나 또는 상이할 수 있음을 이해할 것이다.
- [0099] 본 개시내용은 또한 전술한 시스템에 관한 것이다. 상기 개시된 다양한 구체예 및 변형이 상기 시스템에 준용된다.
- [0100] 특히, 상기 제1 반응기는 유입구에 의해 제1 스테이지에 연결되고, 상기 제1 스테이지로부터 수집된 바이오폐기물은 처리를 위해 제1 반응기에 수용된다. 선택적으로, 상기 유입구는 특정 길이를 갖는 관형 구조로, 제1 스테이지로부터 수집된 바이오폐기물을 제1 반응기로 제공하기 위한 통로 역할을 한다. 또한, 제1 스테이지로부터 수집된 바이오폐기물을 제1 반응기로 유입시키기 위한 펌프가 사용될 수 있다. 또한, 상기 유입구는 수집된 바이오폐기물을 유입구를 경유하여 제1 반응기로의 공급을 조절하기 위한 조절기에 작동 가능하게 커플링될 수 있다.
- [0101] 상기 제1 반응기는 수용된 바이오폐기물을 처리하기 위해, 제1 반응기 내부의 목적하는 온도를 유지하기 위한 온도 제어기, 바이오폐기물의 연속 혼합을 위한 교반기, pH 센서 및 제1 반응기에서 바이오폐기물의 pH를 제어하기 위한 제1 성분 세트를 제공하기 위한 적어도 하나의 제1 입력부를 포함한다. 선택적으로, 상기 제1 반응기는 바이오폐기물을 처리하기 위한 제어된 조건을 제공하기 위해 제1 반응기 내부의 제1 작동 파라미터 세트를 제어하기 위한 제어기 배열을 포함한다. 이와 관련하여, 상기 제어기 배열은 센서 데이터에 기반하여 제1 반응기 내부의 제1 작동 파라미터 세트를 감지하고 조절하기 위한 복수의 센서 및 조절기 (또는 이들의 조합)를 포함한다. 상기 제어기 배열은 예를 들어 제1 반응기 내의 온도, 습도, 기체 농도 (이산화탄소, 산소 및 기타 기체와 같은 기체들의 적어도 2개의 상대 농도) 및 pH를 각각 검출 (또는 감지)하기 위한 온도 제어기, 습도 센서, 기체 농도 센서, pH 센서 등을 포함한다. 적어도 하나의 제1 입력부는 제1 반응기에서 바이오폐기물의 pH를 제어하기 위한 제1 성분 세트 예컨대 알칼리성 또는 산성 화합물 또는 용액이 부가되는, 제1 반응기에 대한 진입점 (entry points)으로서 역할을 하는 것을 이해할 것이다. 바이오폐기물의 pH가 사전-정의된 pH 값보다 큰 경우, 예를 들어 2.3보다 큰 경우 산성 화합물 또는 용액이 부가되고, 바이오폐기물의 pH가 사전-정의된 pH 값 미만인 경우 즉 2.3보다 큰 경우 알칼리성 화합물 또는 용액을 부가하여, 상기 바이오폐기물의 pH를 사전-정의된 범위로 맞추는 것을 이해할 것이다. 선택적으로, 상기 제어기 배열은 제1 반응기 내부의 제1 작동 파라미터 세트를 처리 시간 내내 연속적으로, 또는 단속적으로, 즉 예를 들어 5분, 10분, 15분, 20분, 30분, 60분 등 중 적어도 하나의 간격이 있는 기간, 또는 1시간 내지 18시간 또는 전술한 임의의 범위의 시간과 같은 사전-정의된 기간에 감지 및 조절하도록 구성된다.
- [0102] 선택적으로, 상기 바이오폐기물을 처리하는데 최적인 제1 작동 파라미터 세트는 데이터베이스로부터 획득되며, 여기서 데이터베이스는 제어기 배열에 통신 가능하게 커플링된다 (communicably coupled). 또한, 상기 데이터베이스는 데이터 또는 그 조직화된 바디 (organized body)가 표시되는 방식에 관계없이 디지털 정보의 조직화된 바디와 관련된다. 보다 선택적으로, 상기 데이터베이스는 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 및/또는 이들의 임의의 조합일 수 있다. 상기 데이터베이스에는 임의의 데이터 저장 소프트웨어 및 시스템, 예를 들어 IBM DB2 및 Oracle 9와 같은 관계형 데이터베이스 (relational database)를 포함한다. 보다 선택적으로, 상기 제어기 배열은 통신 네트워크를 통해 데이터베이스에 통신 가능하게 커플링된다. 일례에서, 상기 통신 네트워크는 셀룰러 네트워크 (cellular network), 단거리 라디오 (short range radio) (예: Bluetooth®), 인터넷 (Internet), 무선 근거리 네트워크 (wireless local area network), 적외선 근거리 네트워크 (Infrared Local Area Network), 또는 이들의 임의의 조합을 포함하지만 이에 한정되지 않는다.
- [0103] 상기 제1 반응기는 성장 배지 형태로 처리된 바이오폐기물을 제2 반응기에 제공하기 위한 제1 유출구를 갖는다. 상기 제1 유출구는 상기 제1 유입구와 유사하게, 특정 길이를 갖는 관형 구조로, 상기 제1 반응기로부터의 성장 배지를 위한 출구 또는 통로로서 역할을 한다. 선택적으로, 상기 제1 유출구는 성장 배지의 제1 유출구를 통한

유출을 조절하기 위한 조절기에 작동 가능하게 커플링될 수 있다.

- [0104] 상기 제2 반응기는 미생물 매스의 접종물, 미생물 매스를 성장시키기 위해 제2 성분 세트 (상기 제2 성분 세트는 기체, 물 및 화학물질들을 포함함)를 수용하기 위한 제2 유입구, 및 성장한 미생물 매스를 제2 반응기로부터 수확하기 위한 유출구를 포함한다. 상기 미생물 매스의 접종물은 전형적으로 공급 유입구를 통해, 공정 초기에 한 번 제2 반응기로 공급된다. 제1 반응기로부터 입수된 성장 배지와는 별개로, 미생물은 성장을 위해 다른 성분을 필요로 한다는 것을 이해할 것이다. 상기 제2 성분 세트는 미생물 매스를 성장시키는데 필요한 필수 요소를 제공하도록 구성된다. 상기 제2 성분 세트는 산소, 이산화탄소, 수소 기체 등과 같은 기체, 물, 및 화학물질 예컨대 성장 배지의 최적 pH를 유지하기 위한 알칼리성 및/또는 산성 화합물 또는 용액을 포함한다.
- [0105] 선택적으로, 상기 제2 유입구는 특정 길이를 가진 관형 구조로, 이는 제2 성분 세트를 제2 반응기로 제공하기 위한 유입구로서의 역할을 한다. 상기 제2 유입구는 제2 반응기의 측벽들에 제공될 수 있다. 또한, 상기 제2 유입구는 제2 반응기의 하단부에 제공될 수 있다. 상기 제2 유입구용 기체들은 기체 저장 유닛으로부터 제공될 수 있으며, 상기 유닛은 제2 반응기 외부에 위치할 수 있다. 또한, 상기 기체 저장 유닛으로부터의 기체들을 제2 반응기로 유입시키기 위한 펌프가 사용될 수 있다. 또한, 상기 제2 유입구는 기체들을 제2 유입구를 경유하여 제2 반응기로서의 공급을 조절하기 위한 조절기에 작동 가능하게 커플링될 수 있다. 선택적으로, 상기 기체들은 기체 저장 유닛 내에 압력하에서, 즉 압축 상태로 저장될 수 있다. 더욱이, 기체들의 유속은 제어기 배열에 의해 제어될 수 있으며, 즉 제어기 배열은 기체 저장 유닛으로부터 제2 반응기로 유입되는 기체들의 양 및/또는 속도를 조절할 수 있다. 일례에서, 기체의 유속은 0.1 내지 2 부피의 기체/성장 배지의 부피/분 (vvm)의 범위 내에 있다.
- [0106] 선택적으로, 상기 제2 유입구는 기포를 형성하기 위한 다수의 개구부 (openings)를 가진 노즐 (nozzle)을 포함할 수 있다. 상기 노즐, 예를 들어 살포기 (sparger)는 제2 유입구의 단부에 있는 돌출부 (protrusion)로서 역할을 하며, 기체들을 기포로서 제2 반응기로 분산시키기 위해 다수의 개구부, 예컨대 작은 구멍들을 포함한다. 상기 노즐의 다수의 개구부를 통해 살포된 기체들은 작은 기포와 큰 기포들의 조합을 생성한다. 더욱이, 상기 노즐 내의 개구부의 직경은 예를 들어 0.5-200 μm (micrometres), 바람직하게는 1-30 μm , 더 바람직하게는 3-10 μm 일 수 있다. 상기 노즐 내의 개구부의 직경은 예를 들어 0.5, 0.7, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 22, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140 또는 150 μm 에서 최대 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 22, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 또는 200 μm 일 수 있다. 선택적으로, 기포들의 형태는 튜브형, 구형, 반구형, 타원체형, 반-타원체형 및/또는 이들의 조합 중 어느 형태이다. 용어 "살포 (sparge)", "살포된 (sparged)" 또는 "살포하는 (sparging)"은 살포기 (또는 디퓨저 또는 노즐)를 사용하여 기체를 성장 배지와 같은 액체로 주입하는 공정을 지칭한다. 선택적으로, 살포는 발효, 오존화, 산화, 수소화 등과 같은 응용에서 추가적인 반응을 위해 폭기 및 탄산화 (carbonation)와 같이, 기체를 액체상에 용해시키기 위해 사용된다. 대안적으로, 살포는 스트리핑 (stripping) 응용 등과 같이, 성장 배지로부터 오염물을 제거하기 위해 사용된다.
- [0107] 선택적으로, 상기 제2 유입구는 복수의 통로를 포함하며, 각 통로는 제2 반응기에 제공될 제2 성분 세트의 개별 성분을 운반하기 위한 것이다. 특히, 제2 반응기에는 각 제2 성분 세트를 제2 반응기에 제공하기 위한 복수의 별도의 제2 유입구를 구비할 수 있다. 대안적으로, 제2 반응기에는 각 제2 성분 세트를 제2 반응기에 제공하기 위한 공통의 제2 유입구를 구비할 수 있다. 일례에서, 기체를 제2 반응기에 제공하기 위한 제2 유입구의 경우, 상기 제2 유입구는 2개 이상의 기체를 위한 2개 이상의 통로를 만드는 적어도 하나의 분리 (separation)를 포함하고, 여기서 복수의 통로들 각각은 제2 반응기로 제공될 기체들의 개별 기체를 운반하기 위한 전용 입력부로서의 역할을 한다. 상기 전용 입력부는 발열 반응과 같은 바람직하지 않은 반응들을 초래할 수 있는 기체들의 혼합을 방지한다. 일례에서, 상기 제2 유입구는 산소 기체를 운반하는 제1 통로, 이산화탄소를 운반하는 제2 통로, 수소 기체를 운반하는 제3 통로 등을 포함한다. 선택적으로, 상기 제2 유입구는 제2 반응기의 상이한 위치들에 배열된 제2 유입구들의 그룹에 의해 형성될 수 있다.
- [0108] 선택적으로, 상기 제1 반응기 및 제2 반응기 각각은 바이오폐기물 및 미생물 매스를 포함하는 성장 배지와 그 안에 있는 제2 성분 세트를 혼합하기 위한 교반기 배열을 추가로 포함한다. 상기 교반기는 제1 반응기에서 바이오폐기물을 교반하여 상기 바이오폐기물의 액체상과 고체상을 혼합하여 성장 배지를 형성할 뿐만 아니라, 제2 반응기에서 미생물 매스와 제2 성분 세트를 포함하는 성장 배지를 형성하도록 구성된다. 본원에서 사용된 용어 "교반기 (stirrer)"는 성장 배지의 슬러리를 형성하기 위해 바이오폐기물을 혼합하고, 폭기를 위해 성장 배지를 추가로 혼합하기 위한 회전 장치 (rotating device)를 지칭한다. 일례에서, 교반기는 시계 방향, 반시계 방향, 또는 둘 다의 방향으로 회전하도록 구성되고 작동 가능하다. 제1 반응기에서 교반기의 교반 속도는 전형적으로

예를 들어 100 RPM, 200 RPM, 500 RPM, 1000 RPM, 2000 RPM 등일 수 있다. 선택적으로, 교반 속도는 200 RPM이다. 선택적으로, 교반기는 모터 (motor), 모터에 연결된 샤프트 (shaft) 및 샤프트에 배열된 블레이드 (blades)를 포함한다. 선택적으로, 상기 블레이드는 앵커-타입 블레이드 (anchor-type blades)이다. 상기 블레이드는 교반기 배열의 샤프트에 견고하게 커플링되며, 샤프트의 회전과 함께 회전하도록 작동할 수 있다. 선택적으로, 상기 블레이드는 수직으로 이격된 방식으로 샤프트에 견고하게 커플링된 블레이드의 그룹 또는 세트를 포함한다. 보다 선택적으로, 상기 블레이드 그룹의 각각은 2개 이상의 블레이드를 포함할 수 있다.

[0109] 선택적으로, 상기 제1 반응기 및 제2 반응기 각각은 별도의 교반기를 포함한다. 대안적으로, 상기 제1 반응기 및 제2 반응기는 공통 교반기를 포함할 수 있으며, 즉 제1 반응기 및 제2 반응기 모두를 통과하는 샤프트를 갖는다. 또한, 블레이드는 샤프트에 커플링되고, 상기 샤프트는 공통 모터에 (직접, 또는 벨트 (belt) 및 풀리 배열 (pulley arrangement)을 사용하여) 커플링된다.

[0110] 더욱이, 상기 제2 반응기는 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 수확하기 위한 유출구를 포함한다. 전형적으로, 상기 유출구는 제2 유입구와 유사하며, 특정 길이를 갖는 관형 구조이고, 이는 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 위한 유출구로서 역할을 한다. 선택적으로, 상기 유출구는 유출구를 통한 성장 배지의 유출을 조절하기 위해 조절기에 작동 가능하게 커플링될 수 있다. 선택적으로, 상기 유출구는 제2 반응기의 측면에 제공될 수 있다. 또한, 상기 유출구는 제2 반응기의 하단에 제공될 수 있다. 선택적으로, 제2 반응기로부터 성장한 미생물 매스를 수확하기 위해 펌프가 사용된다. 제2 반응기로부터 수확된 성장한 미생물 매스는 진행된 성장기, 즉 대수기의 미생물 매스를 갖는 것을 이해할 것이다. 구체적으로, 제2 유입구에 의해 제공된 기체는 주로 제2 반응기의 성장 배지와 접촉하게 되어, 제2 반응기의 성장 배지에 존재하는 미생물이 기체를 실질적으로 소비하여 실질적인 성장을 유발하게 한다. 선택적으로, 제2 반응기의 성장 배지는 제1 반응기로부터의 새로운 성장 배지를 수용하기 위해 반응기로부터 일정하게 제거되어, 제2 반응기에서 미생물 매스의 최적 성장을 가능하게 한다. 선택적으로, 제2 반응기로부터 제거된 성장 배지는 생산 성장 배지 저장 유닛 (output growth media storage unit)에 저장된다.

[0111] 선택적으로, 상기 시스템은 과잉의 기체를 재활용하기 위해 제1 반응기와 제2 반응기 사이에 배열된 기체 재활용 배열 (gas recycle arrangement)을 추가로 포함한다. 상기 기체 재활용 배열은 필수적으로 제1 반응기를 제2 반응기에 유체적으로 커플링하는 (fluidically couples) 세장형 통로 (elongate passage) 또는 튜브형 구조 (tubular structure)를 포함하는 것을 이해할 것이다. 선택적으로, 상기 기체 재활용 배열은 기체 저장 유닛에 커플링된다. 상기 기체 재활용 배열은 과잉의 기체의 흐름을 제어하기 위한 밸브 및 조절기를 포함할 수 있다. 추가적으로, 상기 기체 재활용 배열은 당해 기술 분야에 알려져 있는 기체 분리 배열 (gas separation arrangement)을 포함할 수 있다. 상기 기체 분리 배열은 후속하여 제2 반응기의 제2 유입구로 전달되는 기체들의 혼합물을 개별 기체로 분리하도록 작동할 수 있다. 일례에서, 상기 기체 재활용 배열은 과잉의 기체들 내에 존재할 수 있는 임의의 불순물들을 제거한다.

[0112] 선택적으로, 상기 시스템은 대기로부터 이산화탄소를 추출하기 위한 이산화탄소 추출기 (carbon dioxide extractor)를 추가로 포함하며, 상기 이산화탄소 추출기는 유입구를 경유하여 제2 반응기에 연결된다. 상기 이산화탄소 추출기는 전형적으로 직접 공기 포집 (direct air capture)과 같이 이산화탄소를 흡수하는 수단이다. 선택적으로, 상기 이산화탄소 추출기는 이산화탄소를 기체 형태, 압축 및 격리 형태 (예: 카보네이트 염의 형태)로 흡수하는 흡착제 물질 (sorbent materials)이다. 수집된 (흡수 또는 추출된) 이산화탄소는 제2 반응기에 그 안에서 미생물 매스를 성장시키기 위해 제공된다.

[0113] 선택적으로, 상기 시스템은 유기체로부터 우레아를 수집하고 처리하기 위한 제3 반응기를 추가로 포함하고, 상기 제3 반응기는 제2 반응기에 연결되어, 처리된 우레아를 미생물 매스의 성장을 위한 추가적인 성장 배지 성분으로서 제2 반응기에 제공한다.

[0114] 선택적으로, 상기 시스템은 폐쇄-순환 시스템이다. 본원에서 사용된 용어 "폐쇄-순환 시스템 (closed-cycle system)"은 인간 및 반려 동물과 같은 사용자를 위한 폐쇄-루프 생물재생 생명 유지 시스템 (closed-loop bioregenerative life support system)을 지칭한다. 특히, 상기 폐쇄-순환 시스템은 공기, 물 및 영양소의 재활용에서 완전한 자급 자족 (self-sufficiency)을 달성할 수 있도록 구성되고 작동 가능하다. 이와 관련하여, 상기 폐쇄-순환 시스템은 영양소 재활용을 담당하는 미생물 매스를 성장시키기 위해 인간 배설물과 같은 바이오 폐기물을 사용한다. 선택적으로, 상기 폐쇄-순환 시스템에는 상기 시스템의 기능을 추가로 지원하기 위해 재활용 동물, 식용 동물, 식물 시스템이 구비될 수 있다. 예를 들어, 상기 폐쇄-순환 시스템은 장기 임무를 수행하는 우주 왕복선 (space shuttle), 재난 관리 캡슐 (disaster management capsule), 전쟁-안전 터널 (war-

safety tunnel), 극한 기후 거주지 (extreme-climate abode), 연속 생물반응기 탱크 (continuous bioreactor tank) 등일 수 있다.

[0115] 선택적으로, 상기 시스템은 중력장과 비중력장 사이의 하나 이상의 환경 조건에서 사용하도록 구성된다. 본 개시내용의 시스템은 제1 반응기 및 제2 반응기에서 제1 작동 파라미터 세트 및 제2 작동 파라미터 세트를 각각 제어하기 위한 제어기 배열로 구성되는 것을 이해할 것이다. 그러므로, 상기 시스템은 임의의 대기 조건, 즉 중력 (gravity), 역중력 (negative gravity), 부분 중력 (partial gravity) (예: 낮은 중력 또는 마이크로중력) 및 무중력 (no gravity at all) 상태에서 상기 시스템의 적절한 작동을 위해, 제1 반응기 및 제2 반응기에서 제1 작동 파라미터 세트 및 제2 작동 파라미터 세트를 (상기 시스템 내에서 또는 외부 제어 시스템에 의해) 각각 조정하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 상기 시스템은 중력 센서 (gravity sensor)를 포함한다.

[0116] 선택적으로, 상기 제2 반응기는 비중력장 조건에서 사용되는 경우 성장 배지에 원심 효과를 발생시키기 위한 회전기 (rotator)를 포함한다. 선택적으로, 상기 회전기는 기능적으로 및 구조적으로 제2 반응기의 교반기와 유사할 수 있다. 상기 회전기는 적어도 하나일 수 있고, 역중력, 부분 중력 또는 비중력장 조건의 영향하에 성장 배지의 혼합을 가능하게 하기 위해 제2 반응기의 벽에 배열될 수 있다. 부분 중력 또는 비중력 조건에서 성장 배지는 제2 반응기의 바닥에 있지 않기 때문에, 교반기는 성장 배지를 혼합하는데 충분하지 않을 수 있다는 것을 이해할 것이다. 그러한 경우에, 제2 용기의 교반기에 추가하여 제2 반응기의 벽에 있는 회전기(들)는 미생물 매스를 성장시키기 위해 성장 배지의 효율적이고 효과적인 혼합을 가능하게 한다. 선택적으로, 상기 회전기의 속도는 교반기의 속도와 유사할 수 있다. 대안적으로, 상기 회전기는 제2 반응기의 교반기와 기능적으로 및 구조적으로 유사하지 않을 수 있다. 실제로 상기 반응기 챔버에 인공 중력을 생성하면 미생물 매스의 성장을 제어할 수 있다. (원심력에 의한) 인공 중력 효과가 없다면 예를 들어 성장 배지에 기체 및 영양소를 추가하는 것이 불가능하다.

[0117] 선택적으로, 상기 제2 반응기는 비중력장 조건에서 사용될 때 성장 배지의 액적을 형성하기 위한 블레이드 세트 (set of blades)를 포함한다. 선택적으로, 상기 블레이드 세트는 교반기 및/또는 회전기와 함께 배열될 수 있다. 대안적으로, 선택적으로, 상기 블레이드 세트는 제2 반응기의 벽에 배열될 수 있다. 비중력장 조건에서 물이 구형 액적을 형성하는 것을 이해할 것이다. 그러므로, 교반기, 회전기 및/또는 블레이드 세트를 사용하여 혼합하는 경우 성장 배지의 액체상은 액적을 형성한다. 선택적으로, 액적으로서 성장 배지의 액체상의 분리는 제2 반응기의 유출구로부터 성장한 미생물 매스의 응집을 수확할 수 있다. 또한, 블레이드 세트가 없으면 상기 성장 배지는 제2 반응기 내부에서 단일 구형 액체 물체를 형성할 수 있다. 이는 예를 들어 성장 배지에 CO₂ 투여를 제어하기 어렵게 한다. 작은 액적이 생성되어 제2 반응기 챔버 주위로 이동하여 반응기 챔버의 기체 유입구 부근에 있는 액적에 CO₂를 제공할 수 있다.

[0118] 본 개시내용은 또한 전술한 바와 같은 방법에 관한 것이다. 상기 개시된 다양한 구체예 및 변형은 본 방법에 준용된다.

[0119] 비중력장 조건에서 미생물 매스를 성장시키는 방법으로서, 상기 방법은 적어도 하나의 단리된 미생물을 배양하는 단계를 포함하고, 상기 적어도 하나의 단리된 미생물을 에너지원으로 수소 및 무기 탄소원으로 이산화탄소를 사용하여 연속 배양으로 배양하는 단계를 포함한다. 전술한 바와 같이, 상기 시스템은 폐쇄-순환 시스템이므로, 수소를 에너지원으로 사용하고, 이산화탄소를 무기 탄소원으로 사용하는 능력을 갖는 적어도 하나의 단리된 미생물을 포함하는 미생물 매스의 접종물을 상기 시스템에 도입하고 연속적으로 배양한다. 특히, 상기 방법은 중력장 및 비중력장 조건 모두에서 목적하는 결과를 제공하도록 작동 가능하다. 상기 단리된 미생물은 상기 단리된 미생물의 미생물 매스를 성장시키기 위한 시스템의 제2 반응기에서 최적의 제2 작동 파라미터 세트하에 연속적으로 배양된다.

[0120] 선택적으로, 상기 적어도 하나의 단리된 미생물은 크산토박터 속의 박테리아 균주이다.

[0121] 선택적으로, 상기 단리된 박테리아 균주는 VTT-E-193585 또는 이의 파생물이고, 상기 파생물은 수소 기체를 에너지원으로 사용하고, 이산화탄소를 유일한 탄소원으로 사용하여 성장할 수 있는 능력을 유지하였다.

[0122] 또한, 비중력장 조건에서 작동하는 경우, 처리된 바이오폐기물은 제1 반응기에 적용된 압력을 사용하여 제1 반응기로부터 제2 반응기에 제공된다.

[0123] 일 구체예에서, 본 개시내용의 방법 및 시스템은 식물, 동물 또는 인간에 이르는 모든 타입의 세포를 성장시키는데 사용될 수 있다.

[0124] **도면의 상세한 설명**

[0125] 도 1을 참조하여, 본 개시내용의 일 구체예에 따라, 미생물 매스를 성장시키는 방법의 단계를 예시하는 흐름도 (100)가 도시되어 있다. 단계 (102)에서, 바이오폐기물은 유기체로부터 수집되며, 상기 바이오폐기물은 제1 양의 물 및 제1 양의 고체상을 포함한다. 단계 (104)에서, 상기 수집된 바이오폐기물은 제1 반응기에 수용된다. 단계 (106)에서, 고체상 무기 영양소의 적어도 일부를 제1 양의 물에 용해시켜서 성장 배지를 형성하기 위해 상기 수집된 바이오폐기물은 제1 반응기에서 제1 작동 파라미터 세트를 사용하여 제1 기간 동안 처리된다. 단계 (107)에서, 상기 형성된 성장 배지는 세척되며, 여기서 세척은 멸균, 분리 및 세정 단계를 포함한다. 단계 (108)에서, 상기 형성된 성장 배지는 미생물 매스의 접종물을 포함하는 제2 반응기에 제공된다. 단계 (110)에서, 이산화탄소가 수집된다. 단계 (112)에서, 제2 양의 물이 수집되어 산소 및 수소 기체로 분할된다. 단계 (114)에서, 상기 수집된 이산화탄소 및 분할된 산소 및 수소 기체가 제2 반응기로 제공된다. 단계 (116)에서, 미생물 매스는 제2 작동 파라미터 세트하에 제2 반응기에서 성장된다. 단계 (118)에서, 성장한 미생물 매스는 제2 반응기로부터 수확되어 유기체가 소비할 식품을 생산한다.

[0126] 단계 (102, 104, 106, 107, 108, 110, 112, 114, 116 및 118)는 예시일 뿐이며, 본원의 특허청구범위를 벗어나지 않고, 하나 이상의 단계가 추가되거나, 하나 이상의 단계가 제거되거나, 또는 하나 이상 단계가 다른 순서로 제공되는 다른 대안이 또한 제공될 수 있다.

[0127] 도 2를 참조하여, 본 개시내용의 일 구체예에 따라 미생물 매스 (202)를 성장시키기 위한 시스템 (200)의 블록도가 도시되어 있다. 상기 시스템 (200)은 유기체로부터 바이오폐기물 (206)을 수집하도록 구성된 제1 스테이지 (204)를 포함하고, 상기 바이오폐기물 (206)은 제1 양의 물 (208) 및 제1 양의 고체상 (210)을 포함한다. 제1 반응기 (212)는 제1 스테이지 (204)에 연결되어 상기 제1 스테이지 (204)로부터 수집된 바이오폐기물 (206)을 유입구 (214)를 통해 수용하고, 그 안에 수용된 바이오폐기물 (206)을 처리하여 성장 배지 (216)를 형성한다.

[0128] 상기 바이오폐기물을 처리하기 위한 제1 반응기 (206)는 제1 반응기 (212) 내부의 목적하는 온도를 유지하기 위한 온도 제어기 (218), 바이오폐기물 (206)의 연속 혼합을 위한 교반기 (220), pH 센서 (222), 및 제1 반응기 (212)에서 성장 배지 (216)의 pH를 제어하기 위해 제1 성분 세트를 제공하기 위한 적어도 하나의 제1 입력부, 예컨대 제1 입력부 (224, 226)를 포함한다.

[0129] 제2 반응기 (228)는 제1 반응기 (212)의 하류에 배열되어, 미생물 매스 (202)를 성장시키기 위해 제1 반응기 (212)로부터 제1 유출구 (230)를 통해 성장 배지 (216)를 수용한다. 상기 제2 반응기 (228)는 미생물 매스 (202)의 접종물, 미생물 매스 (202)를 성장시키기 위한 제2 성분 세트 (상기 제2 성분 세트는 기체, 물 및 화학 물질을 포함함)를 수용하기 위한 제2 유입구 (232), 및 제2 반응기 (228)로부터 성장한 미생물 매스 (202)를 수확하기 위한 유출구 (234)를 포함한다.

[0130] 전술한 본 개시내용의 구체예에 대한 변형은 첨부된 청구범위에 의해 정의된 본 개시내용의 범위를 벗어나지 않고 가능하다. 본 개시내용을 설명하고 청구하기 위해 사용된 "함유하는 (including)", "포함하는 (comprising)", "내포하는 (incorporating)", "갖다 (have)", "이다 (is)"와 같은 표현은 비-배타적인 방식으로, 즉 명시적으로 기재되지 않은 항목들, 성분들, 또는 요소들도 존재하는 것으로 해석되어야 한다. 단수형에 대한 언급은 또한 복수형과 관련된 것으로 해석되어야 한다.

수탁번호

[0131]

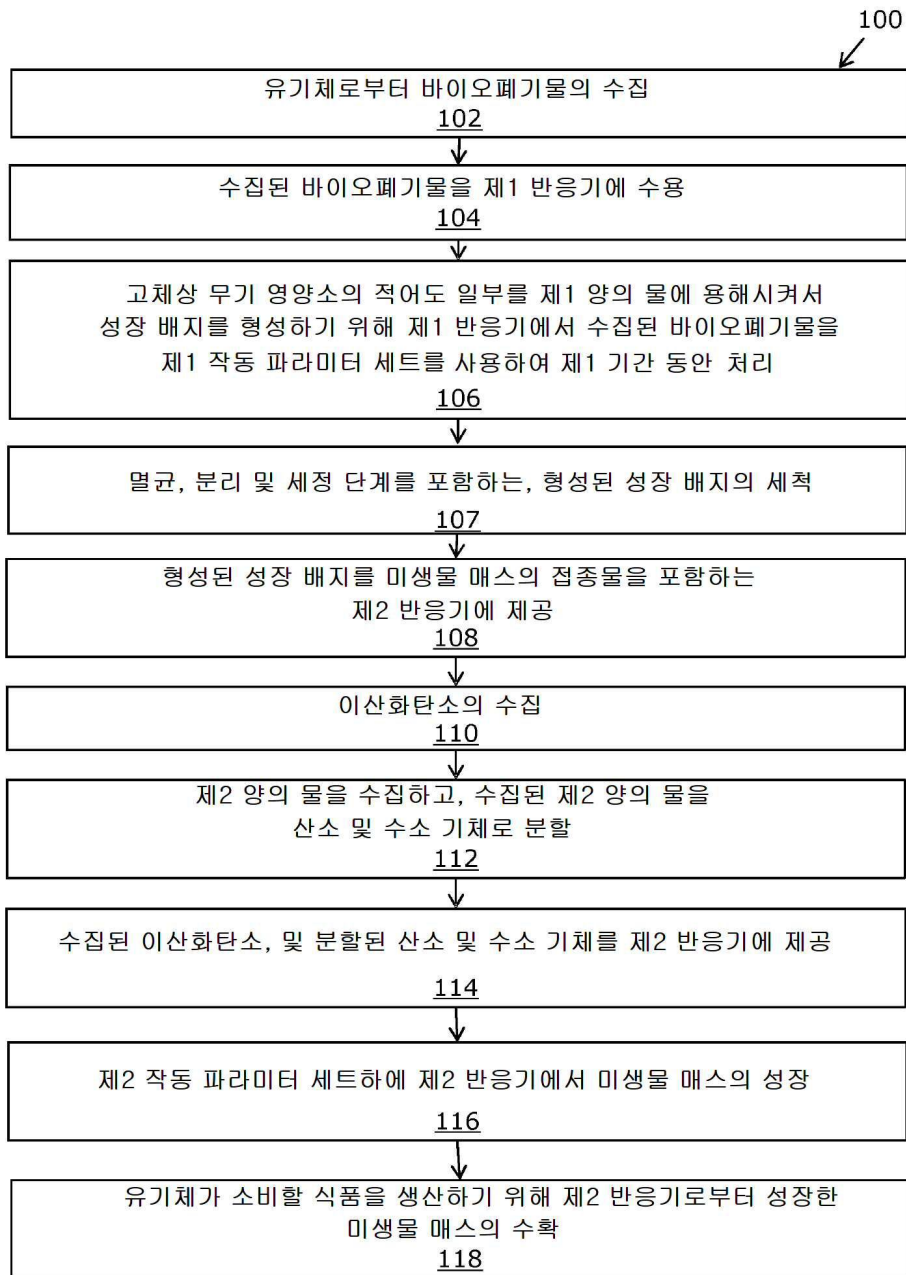
기탁기관명 : VTT Culture Collection

수탁번호 : VTT-E-193585

수탁일자 : 20190611

도면

도면1



도면2

