

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
C12M 1/00

(45) 공고일자 1995년02월11일
(11) 공고번호 특1995-0001110

(21) 출원번호	특1987-0002433	(65) 공개번호	특1987-0009014
(22) 출원일자	1987년03월18일	(43) 공개일자	1987년10월22일
(30) 우선권주장	8606817 1986년03월19일 영국(GB) 8614249 1986년06월11일 영국(GB) 8622818 1986년09월23일 영국(GB)		
(71) 출원인	바이오테크나 리미티드 리 피셔 로빈슨, 앵거스 윌리엄 모리슨 영국 런던 더블유아이엠 7 디비 원포울 스트리트 81		
(72) 발명자	리 피셔 로빈슨 영국 런던 앤더블유 3 1 에이피 베일 오브 헬스 애더니엄홀 3 앵거스 윌리엄 모리슨 영국 서레이 알엔 9 8 엔에이 사우드 가드스톤 킬버스토우 힐 이스트 스텐 스테드		
(74) 대리인	이병호		

심사관 : 이성우 (책자공보 제3869호)

(54) 바이오매스 제조장치

요약

내용없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

바이오매스 제조장치

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명에 따른 광생물반응기(photobioreactor)의 개략적 투시도.

제2도는 다수의 광생물반응기의 배치를 설명하는 약도.

제3도는 바이오매스(biomass)를 제조하는 변형방법에 대한 공정도.

제4도는 변형된 광생물반응기의 약도.

제5도는 연속식으로 작동하는 광생물반응기의 두 개의 बैं크의 공정도.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 바이오매스(biomass)의 제조방법에 관한 것이며, 특히 광생물반응기(photobioreactor) 및 이러한 광생물반응기를 사용하여 바이오매스를 제조하는 방법에 관한 것이다.

조류 및 해조류와 같은 간단한 식물체를 이용하는 광합성 기술에 의해 유용한 생성물을 제조하는데 대한 장기간의 상업적 잠재성이 얼마동안 인식되어 왔었다. 실제로, 태양광선, 이산화탄소 및 해수의 무기질 성분을 이용하여 더 복잡한 물질을 생성하는, 남조류와 같은 간단한 단세포 유기체의 능력은 진화과정에서 중요한 역할을 하였다. 복잡한 물질을 제조하는 간단한 유기체의 능력을 이용하고자 하는 많은 시도가 계속되어 왔다.

조류의 개수로 배양법(open channel cultivation)은 동물 또는 사람 소비용 바이오매스를 제조하기 위해서 시도되었다. 예상했던 것으로, 이와 같은 비교적 조잡한 방법은 부적합한 종(때때로 위험한 독소를 생성하는)의 침입, 기타 오염물(예를들어 먼지), 영양소 비율, 온도 및 pH와 같은 변수의 조절에 따른 어려움, 이산화탄소가 대기로 방출됨에 의한 본질적으로 낮은 수율 및 단지 바이오매스의 상부만을 조사하는 빛의 비효율적인 사용 등과 같은 문제로 인해 순수한 고급 생성물을 제조하는 데는 사용할 수 없는 것으로 입증되었다.

다소 더 복잡한 시도에는, 이탈리아공화국 특허원 제21522A/78호에 기술된 것과 같이 바이오매스 제조를 위해 수평으로 배치된 직경이 큰 투명한 플라스틱 튜브를 사용하는 방법이 포함된다. 이러한 시스템은 예를 들어, 튜브내에 있는 액체중의 바이오매스의 저밀도, 저속 유동으로 인해 조류에 의한 파이프의 피복 및 이에 따른 투명도의 감소, 여름철 기후 및 고지대에서 사용할 때의 과열과 같은 문제점을 가지고 있다.

또 다른 방법으로 영국 특허 제2118572호에는 패널 면에 대해 거의 수평으로 권취된 비교적 직경이 작은 파이프를 갖는 편평한 수직 패널(면적 약 1m²)을 포함하는 구조물이 제안되었다. 이는, 토지 사용율이 높는데, 그것은 플랜트 m²당 1m²의 설치 지면적을 필요로 하기 때문이다. 또한, 상업적 제조를 위해 충분히 많은 수의 이러한 단위 장치들을 조작하는 데에는 공정 제어 문제가 큰 문제이다. 패널의 설계는 악천후 조건을 견뎌낼 수 없는 고유의 불안정한 구조를 갖는다.

그 밖에 당면 문제는, 특히 개방 배양으로 작업하는 경우에, 바이오매스 배양물 내에서 박테리아, 아메바 및 윤충(rotifer)과 같은 원치 않는 미생물 종이 성장하게 된다는 점이 포함된다.

본 발명은 개선된 광생물반응기 및 토지 사용이 적고 작업 효율이 개선된, 상당한 상업적 규모로 수행될 수 있는 바이오매스의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명에 따라 조류, 박테리오파지 및 해조류와 같은 생식물체와 식물체의 성장에 필수적인 영양소로 이루어진 합성혼합물을 직립 코어(core) 구조물에 권취된 거의 투명한 튜브(여기에서 권취된 튜브의 외부는 자연광에 노출되며, 튜브 및/또는 코어에는 튜브와 코어 구조물 사이의 접촉 부위에서 튜브 내로의 광투과를 돕는 장치가 제공된다)를 통해 이동시키고, 이동하는 합성 혼합물이 광 에너지에 노출되도록 하고, 혼합물로부터 바이오매스 합성 생성물 스트림(stream)을 회수함을 특징으로 하는 바이오매스 제조방법을 제공한다.

본 발명의 추가의 양태에 따라, 본 발명자들은 직립 코어 구조물, 사용할 때에 권취된 튜브의 외부가 자연광에 노출되도록 코어 구조물에 권취되어 있는 거의 투명한 튜브, 튜브와 코어 구조물 사이의 접촉부에서 튜브 내로의 광투과를 돕는 수단, 권취된 튜브를 통해 합성 혼합물을 이동시키는 수단 및 바이오매스 합성 생성물 스트림을 회수하는 수단을 포함하는 광생물반응기를 제공한다.

광투과를 돕는 수단은 튜브와 코어 구조물 사이의 접촉면에 인접하도록 튜브 및/또는 코어에 광반사 수단을 제공하는 것을 포함할 수 있다. 광반사 수단은 코어 구조물과 권취된 튜브 사이에 알루미늄 호일(aluminium foil)과 같은 물질을 삽입시킴으로써 적절하게 제공된다. 다른 방법으로는, 코어 구조물을 백색 페인트칠하고/하거나, 예를들어 발로티니(balotini)로 알려진 작은 유리구의 반사 표면을 제공할 수 있다. 다른 한편으로, 또는 또한, 코어는 튜브의 하부까지 충분한 광침투가 허용되도록 하기에 충분한 개방조각 구조물(openwork construction)일 수 있다. 광투과를 돕기 위해서는, 거울과 같은 반사 수단을 코어 구조물의 상부에 인접하게 위치시킬 수 있다. 또한, 코어 내부의 충분한 조도는 코어의 중공 중앙 부분에 수직 형광 튜브와 같은 임의의 형태를 인공 광원을 도입시킴으로써 제공될 수 있다. 이러한 추가의 조명은 연속적으로 또는 단지 필요한 경우에만, 예를들어 밤 또는 매우 어두운 상태에서 사용할 수 있다. 이러한 추가의 조명은 광 이용도를 최대로 하기 위해서 점멸(flickering) 조명이 제공되도록 배치할 수 있다.

바람직하게는 코어 구조물은 거의 원통형이고 튜브는 원통상에 나선형으로 권취된다. 그러나, 코어가 반드시 원통형일 필요는 없으며, 예를들어 원뿔대(truncated cone)형일 수도 있다. 이러한 형태는 태양빛이 수직으로 내려 쬐는 열대 지방에서의 광 이용에 대해 효과적일 수 있으며, 원뿔형의 구조물은 그들의 형성을 최소화한다. 바람직하게는 이 방법 및 장치들은 합성 혼합물의 재순환을 위해 제공되는 수단과 함께 연속적 제조에 적합하도록 제작되었다.

또한, 합성 혼합물은 코어 구조물의 상부로 펌프(pump)할 수 있으며 난류(turbulent) 조건하에서 권취된 튜브를 통하여 하부로 이동시킬 수 있다.

또한, 바람직하게는, 합성 혼합물은 튜브의 기저부에서 도입된 적절한 기체와 함께 튜브 상부로 펌프하여 헤더 탱크까지 보낼 수 있다.

본 발명의 방법은 호기적 또는 혐기적 조건하에서 수행될 수 있다. 따라서 이산화탄소 또는 공기를 튜브에 공급할 수 있거나, 또는 목적하는 합성 생성물에 따라서 산소 또는 공기/산소 혼합물과 같은 다른 기체가 사용될 수도 있다. 이러한 기체의 주입이 요구되지 않는, 몇몇 식물 합성 반응은 혐기적으로 수행된다.

본 발명의 바람직한 한가지 형태에서, 일부의 바이오매스 합성 반응 호기적으로 진행되는 반면에, 일부의 반응은 혐기적으로 진행된다는 사실은 연속적으로 조작되는 상기 기술된 바와 같은 두 개 이상의 반응기를 제공함으로써 이용될 수 있는데, 여기에서는 제1반응기(또는 반응기의 탱크)를 사용하여 이산화탄소와 같은 기체의 방출을 초래하는 혐기적 반응을 수행하고, 이 기체는 1차 생성물 바이오매스를 분리한 후에, 기체를 이용하는 호기적 반응을 위한 제2반응기에서 사용된다.

본 발명의 추가의 바람직한 형태에 따라, 암모니아 기체가 질소 공급원으로, 또는 질소 공급원의 하나로 사용된다. 조절된 암모니아 주입의 이용은 원치 않는 미생물 중(예를들어, 박테리아, 아메바 및 윤충)의 성장을 최소화하는데 유익한 것으로 밝혀졌다. 암모늄염 및 암모늄 이온의 존재는 이러한 성장은 억제하는 반면에, 스피룰리나(spirulina)(남조류)와 같은 식물체의 성장을 위해서는 영양소 공급원으로서 작용하는 것으로 믿어진다.

다르게는 또한, 이러한 성장은 튜브의 부분들에 대한 선택적 자외선 조사에 의해 방지할 수 있는데, 이러한 조사는 튜브의 내부에 또는 외부에 적용될 수 있다.

합성을 위한 영양소는 적어도 부분적으로 사탕 식물 또는 석유 정제 폐기물 또는 그밖의 BOD가 높은 탄수화물 폐기물과 같은 유출수로부터 제공될 수 있으며, 따라서 이 폐기물은 본 발명의 공정에서 정제되

고 생성된 바이오매스는 유출수 처리공정의 유용한 2차 생성물이다.

특히 바람직한 튜브 재료는 폴리에틸렌, 특히 탁월한 광투과 특성을 가지며 가격이 저렴한 저밀도 폴리에틸렌이다. 이는 또한 바이오매스 매질에 의한 침해에 대해 내성이 있는 유용한 잇점을 갖는다.

본 발명은 첨부된 도면을 참고로 하여 더 상세히 기술한다.

제1도에 도시된 광생물반응기는 사실상 원통형인 직립 코어 구조물(2)(점선으로 표시됨)을 포함한다. 이 코어 구조물은 연속적 외부표면을 제공할 수 있으며 예를들어 중공 콘크리트 부분으로 이루어질 수 있다. 반응기의 크기에 따라서, 콘크리트 부분은 점검 및 보수 작업원이 내부로 들어가서 코어 구조물의 상부에 위치한 장치에 도달할 수 있도록 내부 접근 계단을 가질 수 있다.

또한, 코어 구조물은 개방조작 구조물일 수 있으며, 예를들어 이는 상표 "덱시온" ("Dexion")으로 알려진 것과 같은 금속 지지체의 구조일 수 있거나, 또는, 이와는 달리 코어는 원통형의 금속 망 구조일 수 있다.

지지체 구조물은 알루미늄 호일과 같은 광 반사물질의 층(4)으로 덮여 있다. 광 반사층(4)의 표면에는 거의 투명한 물질로 이루어진 나선형으로 권취된 튜브(6)가 있다. 바람직한 물질은, 바람직하게는 밀도가 낮은 폴리에틸렌인데, 이는 이러한 튜브가 탁월한 광투과 특성을 가지며, 가격이 저렴하고, 긴 길이로 용이하게 압출되어 권취될 수 있기 때문이다. 폴리에틸렌은 또한 내식성이 우수하다는 잇점을 가지고 있으며, 벌크(bulk)발효 방법에서 통상적으로 사용되는 스테인레스 강철과 같은 물질보다 반응 혼합물의 화학적 조건을 훨씬 잘 견뎌낼 수 있다. 그러나, 메틸 메타크릴레이트 또는 투명한 폴리비닐 클로라이드와 같은 다른 플라스틱 물질을 사용할 수 있거나, 사용조건을 견뎌낼 수 있다면, 유리와 같은 비플라스틱 물질도 또한 사용될 수 있다. 광반사 물질의 층(4)은 튜브(6)자체가 코어 구조물(2)에 인접하여 광반사 표면을 갖도록 반-은 도금되었거나 다른 식으로 처리된 몇몇 경우에는 필요하지 않을 수 있다. 썩기(도시되지 않음)가 코어 구조물(2)로부터 돌출되어 튜브를 지지하고 권취물의 미끄러짐을 방지할 수 있다.

코어 구조물이 충분히 개방구조인 경우에는 튜브의 하부까지 충분한 광이 도달할 것이기 때문에, 광반사 물질의 층이 필요하지 않을 수 있다. 코어 구조물의 내부로 충분한 광이 도달하도록 하기 위해서는, 플라스틱 튜브는 튜브 직경의 1/4이상 이격되도록 권취되어야 한다. 적합하게는 튜브의 수평에 대해 약 3°의 각으로 권취된다.

강도 때문에 필요한 경우에는 튜브는 예를들어 투명한 수지의 강화 외부 피복을 가질 수 있다. 이는, 바이오매스를 상당한 압력하에서 제조해야 할 필요가 있는 경우에 특히 유용하다.

코어 구조물은 일체 구조일 수 있으며, 예를들어 반사표면이 제공될 수 있으며 임의로는 튜브 권취가 그 위에서 이루어지는 망 구조물을 가지는 통상의 탱크일 수 있다. 필요한 경우, 외부 망 지지 구조물이 권취된 튜브 주위에 추가로 제공될 수 있다. 탱크는 요구되는 어떤 직경(예 : 2 내지 5m)이라도 가질 수 있다.

코어 구조물(2)의 하단부는 지면에 설치되며, 튜브(6)의 하단부(10)는 지면을 통하여 (12)로 일반적으로 표시된 제어 펌프 장치까지 연장된다. 격막 펌프 또는 기타 적합한 유형의 펌프를 포함할 수 있는, 펌프 장치(12)는 예를들어 이산화탄소 및/또는 공기, 영양소 및 질소 공급원(예 : 암모니아, 암모늄염, 우레아, 복합비료 등)에 대한 공급라인(14)에 연결된다. 공급라인은 편리하게는 컴퓨터 제어될 수 있다. 배출 튜브(15)는 합성 혼합물을 펌프장치(12)로부터, 코어 구조물(2)의 중공 중심을 따라 위쪽으로 연장되도록 배치된 중앙 튜브(16)를 통해 헤더 탱크(18)까지 운반한다. 헤더 탱크(18)는 라인(20)을 통해 생성물 스트림을 회수할 수 있도록 적합한 정화 수단(도시되지 않음)을 포함할 수 있다. 예를들어, 정화기 내에서 혼합물의 상부쪽으로 떠오르는 더 농축된 생성물은 웨어(weir)장치를 사용하여 회수할 수 있다. 한편, 헤더 탱크(18)는 하이드로사이클론(hydrocyclone)과 같은 다른 분리 수단으로 대체시킬 수 있다. 라인(20)은 헤더탱크(18)의 측면으로부터 연장되는 것으로 도시되어 있지만, 생성물이 구조물의 기저부에서 회수되도록 코어 구조물(2)의 중심에서 아래쪽으로 마찬가지로 연장될 수도 있다. 헤더 탱크는 또한 과량의 공기를 제거하고 생성된 산소를 회수하기 위해서 퍼저(purge) 시스템을 포함할 수도 있다.

또한 합성 혼합물은 코일 튜브의 기저부에서 도입된 적합한 기체와 함께, 코일 튜브를 따라 헤더 탱크(18)까지 펌프될 수 있으며, 여기에서 탱크(18)로부터 펌프까지의 반송(return)라인(16)은, 필요한 경우, 그 안에 유량계(flowmeter) 및/또는 열교환기 등의 장치를 포함한다. 이러한 구조는 제3도를 참고하여 하기에서 기술된다.

라인(20)상의 생성물 스트림은 바이오매스로부터 목적하는 생성물을 처리하고/하거나 추출하기 위한 적합한 보호장치를 통과시킬 수 있다. 바이오매스를 적합한 비혼화성 추출제의 스트림에 대해 병류 또는 역류로 고체/액체 또는 액체/액체 접촉기를 통해 통과시키는 것이 특히 유용하다. 일련의 생성물은, 필요에 따라 접촉기 사이의 추출 찌꺼기 상을 재순환시키면서, 일련의 접촉기 내에서 접촉시킴으로써 추출할 수 있다. 적합한 추출기는 그레서(Graesser)접촉기로 알려져 있으며, 영구 특허 명세서 제1,145,894호 및 미합중국 특허 명세서 제3,649,209호에 기술되어 있는 버킷(bucket)형 접촉기이다.

광생물반응기의 크기는 수행될 바이오매스 제조 규모에 따라서 달라질 수 있다.

한가지 예는 스피룰리나(남조류)로부터의 바이오매스의 제조이다. 이러한 경우에는 코어 구조물(2)의 총 높이는 예를들어 8m이고, 코어 직경은 2m일 수 있다. 한편 권취된 튜브(6)는 직경 약 30mm의 저밀도 폴리에틸렌 튜브일 수 있으며, 중앙 튜브(16)는 펌프의 조절하에서 상승 이동이 방해되지 않도록 더 큰 직경(약 120mm)을 갖는다. 이러한 크기는 코어 구조물이 126㎡의 총 표면적을 제공하는 대략 1,347m의 튜브를 갖도록 하는 것으로 계산되며, 총 표면적 중의 약 100㎡의 면적이 이용 가능한 자연광에 의해 효과적으로 조사된다. 따라서 이러한 반응기의 용량은 대략 1,269 1이다. 반응기는 원형 횡단면을 갖기 때문에 제2도에 도시된 바와 같이 다수의 이러한 반응기가 비교적 작은 지면적에 설치될 수 있다. 따라서 반

응기를 조밀 패킹 배열 방식으로 배열시킴으로써, 단지 4m의 최소 간격으로도 낮 동안에 개개 반응기의 조사를 최대화 하고 음영의 효과를 최소화 한다.

도면은 스피롤리나로부터 마이크로바이오매스 제조의 예로써 주어진 것이지만, 더 큰 직경의 튜브를 갖는 반응기에서도 마이크로바이오매스 제조가 동일하게 수행될 수 있다는 것도 인식할 것이다. 그 예로는 해조류의 광합성을 수행하는 경우이다. 그러나 튜브의 직경은 물질이 코일을 통해 아래쪽으로 흐름에 따라 난류를 촉진시키기 위해 충분하도록 작게 유지시켜야 한다. 난류는 튜브의 내부가 불필요하게 피복되는 것을 방지하여, 플랜트의 작업 수명을 증가시킨다. 바람직하게는 난류는 2000이상, 더욱 바람직하게는 3000을 초과하는 레이놀드 수(Reynold number)가 제공되도록 하는 것이어야 한다. 또한 고도의 난류는, 세포가 공에 간헐적으로 노출되도록 하여 개개의 세포들이 광합성의 본질적인 간헐적 특성으로부터의 이점을 취하도록 하기 때문에 광합성시에 광 이용도를 최대화시킨다.

선행의 작업자에 의해, 연속광보다는 섬광을 사용함으로써, 바이오매스 제조시에 순간 성장 속도가 증가하고 광 에너지의 단위당 수율이 상승되는 것으로 밝혀졌다. 따라서, 제1도에 도시된 생물반응기의 변형 반응기의 경우, 얇고 작은 고휘도 알루미늄 형태의 불연속 커튼이 코어 구조물(2)의 주위에 일정간격을 두고 배치되며, 구조물(2)의 상부에서 레일과 같은 적절한 장치로부터 현수될 수 있다. 이러한 형태는 미풍에 조차도 진동하여 튜브면 상에 섬광이 비추어지도록 하여 성장율을 개선시킨다. 또한, 유사한 커튼을 중공 코어내에 배치시킬 수도 있다. 금속 리본과 같은 다른 형태의 커튼을 사용하여 유사한 효과를 얻을 수도 있다. 형광 튜브와 같은 조명이 튜브 구조물내에 사용되는 경우에는, 유사한 원리를 사용하여 성장 속도를 개선시킬 수 있다. 따라서 형광 튜브는 점멸 광 작용을 제공하도록 설치할 수 있다.

펌프장치는 물론 지면 위에 있을 수 있지만, 도시된 광생물반응기는 각각의 생물반응기 사이의 간격을 최대화하기 위해서 펌프장치(12)가 땅속에 묻혀 있다. 제2도에 도시된 예에서는, 펌프장치를 묻음으로써 생물반응기 사이에서 보조장치 및 생성물 수집 비히클이 통과하기에 적합한 간격이 제공되는 것을 알 수 있다. 이러한 보조장치에는 극한 기후 조건에 대처하기 위한 설비, 예를 들어 회로내에 포함된 열교환기를 포함할 수 있으며, 예를 들어, 동결의 가능성이 있는 차가운 밤 동안의 조건에선, 필요한 경우, 생물반응기 상부에 위치하는 제거가능한 단열 자켓(jacket)을 설치할 수도 있다. 마찬가지로, 매우 더운 상태에서는 냉각제를 외부 보조장치로부터 반응기 상에 분무할 수 있다. 이와는 달리, 생물반응기 그 자체가, 경우에 따라, 중공 코어 구조물까지 통하는 공급 튜브에 의해 공급되는 코어 구조물(2)의 상부에서, 분무링의 설비와 같은 튜브(6)상에 냉각제를 직접 분무하기 위한 설비를 포함할 수 있다.

도시된 반응기의 변형 반응기(도시되지 않음)에서, 코어 구조물(2)은 코어 구조물의 기저부까지 연장되는 튜브에 연결되는 중앙 환상 정화기를 통한 생성물 회수를 위해 제공된 수단과 함께 회전 플랫폼(platform)상에 설치된다. 이러한 배치는 튜브내의 유도 특성에 영향을 미치고/미치거나 태양광선에 대한 조류의 노출시간에 영향을 미치기 위해서 회전속도를 이용하는 잇점을 갖는다.

대규모로 사용하기에 적합한 바이오매스 제조의 다른 방법에는 제3도에 예시된 플랜트가 사용된다. 이 플랜트는 평형으로 배치되어 있으며, 각각 적합한 코어 구조물(도시되지 않음)상에 설치된 한쌍의 거의 투명한 코일 튜브(20,22)를 포함한다. 코일은 예를 들어, 길이가 500m이고 직경이 30mm인 투명한 폴리비닐 클로라이드 튜브일 수 있다. 적합한 코어 구조물은 일반적으로 백색으로 페인트칠하고, 임의로 또한 반사성 유리 볼로 피복된 원통체이다. 두 개가 코일이 도시되어 있지만 추가의 코일이 사용될 수 있다는 것은 알 것이다. 합성 혼합물은 펌프장치(27)(적합하게는 격막 펌프)에 의해 펌프된 재순환 반응물과 함께 유량계(26)를 통해 공급되어 단일 라인(25)으로부터 라인(23,24)을 통해 코일(20,22)에 공급된다. 라인(25)에 도달하기 전에, 재순환 반응물은 투입 전열기(29)가 설치된 열교환 단위(28)를 통과한다. 단위(28)는 찬 기후에서 필요한 경우에 열을 제공하거나, 뜨거운 주위 조건하에서는 열을 제거하기 위해 사용된다. 이산화탄소 및 공기는 또한 각각 라인(30,31)상의 적합한 유량계(도시되지 않음)를 통해 라인(25)에 공급된다.

코일(20,22)의 상부에서 유동하는 합성 혼합물은, 혼합물이 반송 파이프(35)를 통해 아래쪽으로 흘러서, 생성물 바이오매스(예, 조류)가 수집되고 주기적으로 회수되는 백 필터(bag filter)(36)까지 가도록 하는 유출물 회수 장치(34)를 갖는 헤더 탱크(33)로 보내지기 위해 라인(32)에서 합류된다. 이 백은 큰 성숙한 조류는 걸러내면서 더 작은 성장 중인 조류는 통과시키는 망(mesh)이다. 백 필터(36)는 라인(38)을 통해 보충수가 공급되고 일련의 영양소 공급 용기(40)로부터 라인(39)을 통해 영양소가 공급되는 필터 단위(37)내에 배치된다. 물과 영양소가 첨가된 단위(37)중의 여액은 수준 조절 밸브(43)에 대해 응답하는 펌프(42)의 작용하에서 라인(41)을 통해 헤더 탱크(33)로 반송된다.

과량의 이산화탄소(및/또는 다른 기체 생성물)는 헤더 탱크(33)로부터 라인(44)을 통해 회수된다. 필요한 경우, 공기는 공기 퍼지 라인(45)을 통해 헤더 탱크(33)에 공급된다. 유출물 회수 장치(34)를 넘쳐 아래로 흐르지 않는 순환 합성 혼합물은 라인(46)을 통해 펌프(27)에 반송된다.

시스템 내에서의 순환 및 생성물의 회수는 전자적으로 조작되는 압력 조절 밸브(47)에 의해 조절되며, 이들은 일단 최적 합성 조건(예를 들면, 광학적 밀도 측정에 의해 결정되는)에 도달하면 개시시킨 후에 가동시킨다.

상기 기술된 장치에서, 합성 혼합물은 코일 상부로 펌프되고 생성물은 중력하에서 반송 파이프(35)를 통해 아래쪽으로 흐른다는 것에 유의해야 할 것이다. 이러한 배치는 이산화탄소 공급물이, 헤더 탱크(33) 내로 방출되기 전에 전환을 위해 성장중인 조류를 비교적 장시간 접촉한다는 잇점을 갖는다(과량의 이산화탄소가 유출 라인(44)에 잔류하는 경우, 이산화탄소의 공급은 감소된다). 또한 직립이며 필터 백(36)에까지 이르는 비교적 긴 반송 파이프(35)는 밀폐되는 것을 방지하는 고속을 제공한다.

도면들에 도시된 생물반응기는 조립이 용이하여, 원하는 경우에 기본단위 형태(modular form)로 제작할 수 있다. 따라서 튜브형 코일은 필요에 따라 반응 생성물을 제거할 수 있고/있거나 필요한 추가의 영양소 공급물을 도입시킬 수 있도록 밸브 및 접속 부위(junction)를 사용하여 부분별 조립하여 쉽게 제작할 수 있다. 이는 특성의 발효 반응과 같은, 급속 반응에 대해서 특히 유용하다.

튜브 내에서 매우 심한 난류를 제공하는데 필요한 원동력을 제공하기 위한 펌프 조작은(중중 바람직하다)상기에 기술하였지만, 예를들어, 생물 세포가 민감한 성질의 것인 경우에 몇몇 반응에서는 더 낮은 유동 조건을 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 경우에는 순환을 유지시키는 양력(lift)으로써 공기 및/또는 다른 기체 공급물을 사용하는 것으로 충분할 수 있다. 압축된 기체가 필요한 경우에는 벤투리 제트(venturi jet)또는 증기 제트가 사용될 수 있다. 증기 주입은 성장을 위해 특정 양의 열이 요구되는 경우에 특히 적합하다.

튜브형 기본 단위를 사용하는 경우에는, 긴 유동 통과 중에도 튜브를 통과하는 유속을 조절할 수 있도록 중간 펌프 및/또는 공기 또는 스팀 주입용 설비를 장치할 수 있다. 이는 반응 매질이 점성으로 되는 경향이 있는 경우에, 예를들어 특정의 발효 공정에서 특히 유용하다. 제4도는 압력강하(및 또한 예를들어 35°C에서 가온시에 튜브에 일어날 수 있는 신장)의 문제를 극복하기 위한 설비를 구현한 변형된 반응기를 도식적으로 설명한 것이다. 즉 코일(50)을 코어(51)상에 구획별로 배열시킨다. 합성 혼합물은 재순환 펌프 및 열교환기 단위(52)를 통해 코일 상부로 펌프되지만, 코일의 하부에 모두 도입되지 않고 일련의 유입 라인(53)을 따라 도입된다. 공기 및 CO₂는 또한, 라인(53) 각각에 대한 밸브 유입부(58)를 갖는 공급 주관(feed main)(57)을 통해 각 라인(53)에 도입된다. 유사하게 유출 라인(54)은 각 코일 구획으로부터 상승 주관(rising main)(56)을 통해 헤더 탱크(55)까지 연장된다. 상승 주관(56)은 튜브의 팽창에 대해 부합하도록 코일의 측면에서 이동할 수 있도록 구성하는 것이 유리하다. 따라서 주관은 가요성일 수 있거나 강성일 수 있지만, 주로 가요성 설비로 제공된다. 각 코일 구획에서의 튜브의 길이는 유속, 튜브 내경(tubing bore) 및 탐높이 등에 따라서 변화할 수 있지만, 대략적으로 길이가 약 300m 이고 튜브 내경이 20mm인 소단위 약 8개가 적합한 것으로 밝혀졌다.

상기 기술된 방법 및 장치들은 광범위한 바이오매스 제조공정에 적용할 수 있다. 필요한 경우, 반응기에 대한 공급시스템은 다양한 조건하에서 셀레늄, 코발트, 구리, 아연, 갈륨 및 게르마늄과 같은 하나 이상의 미량 영양소를 소량 도입시켜 미량 원소량을 변화시키도록 조절할 수 있다. 이 공정은 조절된 조건하에서 예를들어, 조류 및 해조류로부터 단일 종의 순수한 바이오매스의 제조를 가능케 하여 순수하고 일관된 생물을 생성시킨다. 사용된 보조 처리에 따라서, 바이오매스 중의 특성의 유용한 생성물의 농도가 증가될 수 있다. 조류 및 기타 간단한 유기체는 사람 및 동물의 건강에 유익하거나 필수적이거나 강한, 가공화된 복합체, 통상 단백질질을 형성할 수 있는 것으로 밝혀졌다. 예를들어, 감마 리놀렌산(GLA)을 함유하는 고농도의 지질을 스피롤리나로부터 수득할 수 있다. 다르게는 고등급의 한천은 그라실라리아(Gracilaria)로부터 수득할 수 있으며 베타-카로틴은 두날리엘라(Dunaliella)로부터 수득할 수 있다. 수행되는 공정에 의해 반응기내의 색상 밀도가 증가하는 경우(수용성 천연 색소의 양이 증가함으로써 인해), 색소 제거 수단(예를들면, 상기 기술된 그래서 접촉기를 사용하는, 크로마토그래피 분리, 또는 용매 추출)이, 적합하게는 색소 회수 수단과 함께 도입될 수 있다. 따라서 광투과에 악영향을 미치는 과도한 색소형성의 증강이 유지된다. 이러한 색소에는 클로로필, 카로틴, 피코시아닌 및 피코에리트린 이 포함된다.

생물 반응기에 공급되는 영양소 및 조작 조건에 대해 상당한 변형이 가능하다는 것은 인식될 것이다.

질소 공급원의 하나로, 또는 유일한 질소 공급원으로서 암모니아 가스를 사용하는 것이 유용하다는 사실이 밝혀졌다. 암모니아 기체의 조절된 주입은, 스피롤리나와 같은 유기체의 성장을 촉진시키는 반면에, 박테리아, 아메바 및 윤충과 같은 원치 않는 미생물체의 성장은 억제한다. 이는, 이러한 미생물 종의 성장이 이전에 제안된 바이오매스 제조방법에 있어서 주요 문제가 되었기 때문에 상업적으로 상당히 중요하다.

박테리아의 성장을 억제하는, 일산화탄소와 같은 다른 기체가 사용될 수도 있다.

또 다른 방법으로써 또한, 박테리아의 침입 문제는 튜브의 구획들에 대해 자외선 조사법을 사용함으로써 적어도 부분적으로 경감시킬 수 있다. 이 방법은, 예를들어, 튜브의 하나 이상의 부분 주위에 자외선 방사 코일을 권취시키고/시키거나 튜브 자체내에, 적합하게는 특별히 넓혀진 튜브 구획에 자외선 방파 튜브를 삽입시킴으로써 수행될 수 있다.

상기 기술된 반응기는 호기성 및 혐기성 바이오매스 제조공정 모두에 대해 사용하기에 적합하다. 따라서 이산화탄소 또는 공기와 같은 기체를 예를들어 스피롤리나 또는 클로렐라 제조를 위해 사용할 수 있는 반면에, 공기/산소 혼합물 또는 산소만을 효모 성장과 같은 특정 공정을 위해 사용할 수도 있다. 영양소로서 고 BOD(생물학적 산소 요구량) 탄수화물 폐기물을 사용하여 로도슈도모나스 팔루스트리스(Rhodospseudomonas palustris)의 배양(이는 이산화탄소를 생성하는 반응이다)과 같은, 혐기적 공정을 수행할 수 있다. 또다른 공정에는 탄화수소를 이산화탄소를 분해시키기 위한 노르카디아(Norcadia), 칸디다(Candida) 및 다른 슈도모나스(Pseudomonas) 유기체의 성장이 포함된다.

본 발명의 유용한 추가의 실시태양에 따르면, 두 개의 생물반응기, 또는 생물반응기의 बैं크는 연속되도록 연결할 수 있으며, 여기에서 제1생물반응기는 CO₂를 생성하는 슈도모나스 팔루스트리스 또는 에시도필라(Acidophila)의 성장과 같은, 혐기성 반응에 사용되는 반면에, 제2반응기는 클로렐라 또는 스피롤리나와 같은 CO₂를 사용하여 산소를 생성하는 조류에 배양에 CO₂를 사용한다. 이러한 시스템은 제5도에 예시되어 있다.

제5도의 공정도에서, 고 BOD 유출액은 로도슈도모나스 에시도필리아와 같은 이산화탄소-생성 유기체의 배양을 위한 영양소로서 라인(60)을 통해 반응기(61)들의 제1뱅크에 보내진다. 반응기(61)내에서 생성되는 이산화탄소는 라인(62)을 통해서 회수한다. 반응기(61)로부터의 유출액은 라인(63)을 통해 필터 유니트(64)에서 회수되는데, 여기에서는 고히 바이오매스가 회수된다. 라인(62)내의 이산화탄소 스트림을 라인(65)내에서 필터(64)로부터의 유출액과 합하여 스피롤리나와 같은 이산화탄소-소모, 산소-생성 유기체의 배양을 위한 영양소로서 반응기(66)들의 제2뱅크에 통과시킨다. 산소는 어떤 유용한 목적을 위해서 라인(67)에서 회수되고, 라인(68)으로부터 회수되는 유출액을 유니트(69)에서 여과하여 고체 바이오매스

생성물을 수득한다. 라인(70)에 잔류하는 유출액은 상당히 감소된 BOD값을 갖는다.

물론 추가의 단계가 추가될 수 있으며, 어떤 목적하는 수의 반응기를 각 बैं크에 사용할 수 있다. 제1반응기에 생성된 어떤 다른 가스는 후속 생물 반응기에서 또는 다른 목적을 위해 사용될 수 있다. 다수의 반응기의 사용은, 제1반응기가 예를들어, 기체 생성물(이들은 분리되어 산소는 제2반응기내에서 산소 소모성 물질을 위해 사용된다)로서 수소 및 산소를 생성하는 칼리다모나스 라인하르디티(*Chalidamonas Reinhardtii*)와 같은 수-분해성 조류의 성장을 위해 사용되는 경우에 유용한 것으로 입증될 수 있다.

혼합물을 재순환시키면서 계속적으로 수행 가능한 공정의 설비는 최소량의 폐기물을 사용하여 가스 및 영양소의 소비량을 가능한 한 낮게 유지시킨다. 생성물 산소는 인접한 화학 플랜트 내에서 사용될 수 있다. 생성된 열은 열교환에 이용될 수 있다. 개수로 광합성 공정에서 수득가능한 밀도의 7배까지, 또는 심지어 40배까지의 높은 바이오매스 밀도를 수득할 수 있다. 방치되거나 고르지 못한 토지조차도 이용할 수 있으며 설비의 규모는 성장 요구에 맞도록 쉽게 확장시킬 수 있다. 각을 이룬 유니트의 사용은 광이용을 최대화하며 산란 광조차도 효과적으로 이용할 수 있다. 따라서 바이오매스 제조를 위해서 가능한 범위는 비교적 넓어 흐린 영구 겨울철의 광조차도 조류 또는 해조류 성장에 대해서 충분하다는 것이 밝혀졌다. 험한 겨울철에조차도 대략 10°C의 최소 온도를 유지시키기 위해서 단지 낮은 수준의 열만이 요구된다. 험한 기후에는, 투명한 폴리에틸렌 시트의 외부 커튼을 사용하여 튜브를 단열시키는 것이 유리한 것으로 밝혀졌다. 여름철의 냉각은 대략 35°C의 최고 온도를 유지시키는 것이 요구된다. 난류 조건의 이용은 세척하기 전에 장시간의 가동 시간을 가능하게 하여 작업 중지 기간을 최소로 유지시킨다. 하얗은 튜브의 세척은 비교적 간단한 조작이며 튜브를 통하여 세척 "블레트" (bullet)를 통과시킴으로써 수행될 수 있다. 이는 오염물질을 가끔 벽으로부터 긁어내어야 하는 통상적인 발효 탱크 세척시에 직면하는 문제와 대조된다.

상기 기술된 시스템은 그 자체가 자동 제어 시스템에 적합하며, 기본 단위의 전체 배열을 컴퓨터로 제어할 수 있기 때문에, 노동력이 절약된다는 사실을 알 수 있다. 추가의 잇점은, 이러한 다-기본 단위 시스템의 일부는 필요한 경우, 플랜트를 크게 변형시키지 않고 한가지 유형의 생성물을 생성하는 시스템으로부터 다른 시스템으로 전환시킬 수 있다는 점이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

사실상 원통형인 적립 지지체 구조물 ; 지지체 구조물에 의해 지지되며 이의 외부에 나선형으로 권취되어, 사용시, 권취된 튜브의 외부가 자연광에 노출되도록 되어 있는 사실상 투명한 튜브(여기서, 튜브는 적어도 생 식물체를 담고 있다) ; 합성 혼합물이 난류 조건하에서 권취된 튜브를 통해 유동하도록 하는 수단 및 권취된 튜브로부터 바이오매스 합성생성물을 회수하는 수단을 포함하는 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 지지체 구조물이 중공구조이며 원통형의 벽을 포함하고 벽에 있는 구멍을 통해 광이 통과할 수 있도록 하는 구멍을 갖는 개방 구조인 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 튜브가 수평에 대해 약 3°의 각도로 권취되어 있으며, 인접한 튜브가 튜브 직경의 1/4에 이르는 거리만큼 이격되어 있는 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 튜브와 지지체 구조물의 외부사이에 위치하는 광 반사 수단을 포함하는 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 투명 튜브의 상부 말단이 연결되어 있는, 지지체 구조물의 상부 상에 장착되어 있는 헤더 탱크 및 헤더 탱크로부터 지지체 구조물의 바닥까지 연장되는 파이프(여기서, 지지체 구조물의 바닥에 위치하는 파이프는 투명 튜브의 하부 말단에 연결된다)를 포함하며 헤더 탱크로부터 바이오매스 합성생성물을 회수하는 수단이 갖추어져 있는 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 파이프의 단면적인 나선형으로 권취된 튜브의 직경보다 큰 장치.

청구항 7

사실상 원통형인 적립 지지체 구조물 ; 지지체 구조물에 의해 지지되며 이의 외부에 나선형으로 권취되어, 사용시, 권취된 튜브의 외부가 자연광에 노출되도록 되어 있는 사실상 투명한 튜브(여기서, 튜브는 적어도 생 식물체를 담고 있다) ; 투명 튜브의 상부 말단이 연결되어 있는, 지지체 구조물의 상부에 위치하는 헤더 탱크 ; 투명 튜브의 하부 말단에 연결되어 있는, 헤더 탱크로부터 지지체 구조물의 바닥까지 연장되는 파이프 ; 합성 혼합물이 튜브, 헤더 탱크 및 파이프를 통해 유동하도록 하는 수단 및 헤더 탱크로부터 바이오매스 합성 생성물을 회수하는 수단을 포함하는 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 파이프의 단면적인 나선형으로 권취된 튜브의 직경보다 큰 장치.

청구항 9

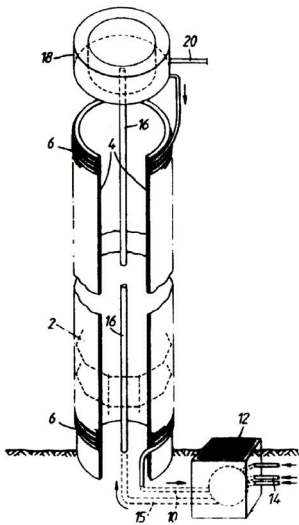
제1항에 있어서, 튜브가 지지체 구조물 상에 다수의 구획에 하나 위체 하나씩 권취되어 있으며 각 구획은 유입 말단 및 유출 말단을 가지며, 유입 말단들은 함께 연결되어 있고 합성 혼합물은 튜브의 구획을 통해 평행하게 유동하는 장치.

청구항 10

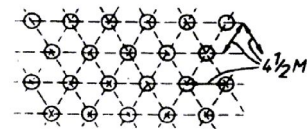
사실상 원통형인 직립 지지체 구조물 ; 지지체 구조물 상부에 위치하는 헤더 탱크 ; 지지체 구조물에 의해 지지되며 이의 외부에 나선형으로 권취되어, 사용시, 권취된 튜브의 외부가 자연광에 노출되도록 되어 있는 사실상 투명한 튜브(여기서, 튜브는 다수의 분리된 구획으로 배열되어 있으며, 각각 유입 말단 및 유출 말단을 가지고 지지체 구조물 상에 하나 위에 하나씩 배열되어 있으며, 튜브는 또한 적어도 생식물체를 담고 있다) ; 유입구 및 유출구를 갖는 펌프(여기서, 튜브의 구획들의 유입 말단들은 함께 연결되며 펌프의 유출구에도 연결되고 튜브의 구획들의 유출 말단들은 함께 연결되어 헤더 탱크에도 연결된다) ; 헤더로부터 펌프(여기서, 펌프는 합성 혼합물이 난류조건하에서 권취된 튜브의 구획들을 통해 평행하게 흐르도록 작동된다)의 유입구에까지 연장되는 파이프 및 헤더 탱크로부터 바이오매스 합성 생성물을 회수하는 수단을 포함하는 장치.

도면

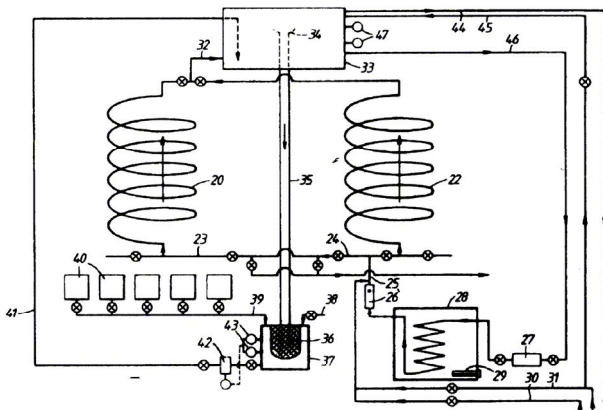
도면1



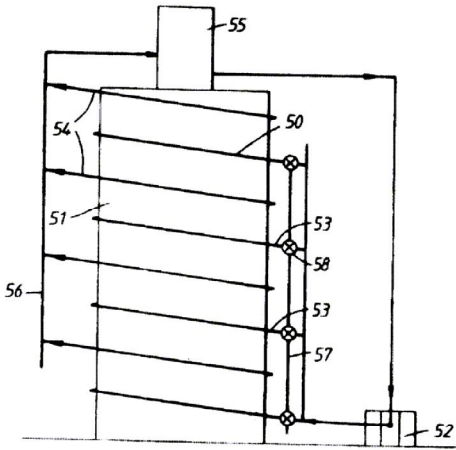
도면2



도면3



도면4



도면5

