



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년01월16일
(11) 등록번호 10-1938871
(24) 등록일자 2019년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C12M 1/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C12M 21/02 (2013.01)

C12M 23/14 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0094946

(22) 출원일자 2018년08월14일

심사청구일자 2018년08월14일

(30) 우선권주장

1020170126877 2017년09월29일 대한민국(KR)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020160000123 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

심상준

서울특별시 강남구 선릉로 221, 301동 803호 (도곡동, 도곡렉슬아파트)

범항명

서울특별시 성북구 안암로 145, 창의관 618호 (안암동5가, 고려대학교자연계캠퍼스)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이처영, 장제환

전체 청구항 수 : 총 10 항

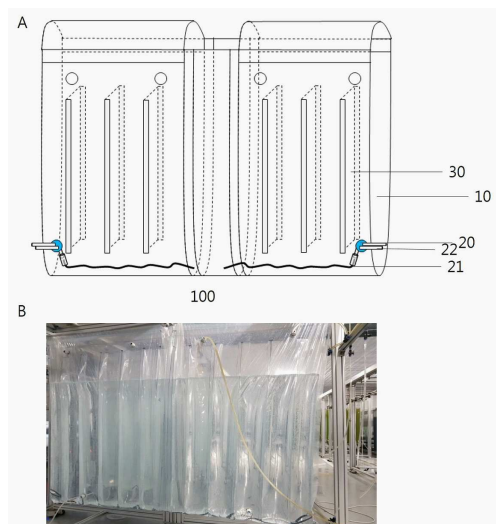
심사관 : 공성철

(54) 발명의 명칭 광합성 생물의 스케일업 배양이 용이한 투명 광생물 반응기 및 그 제작 방법

(57) 요약

본 발명은 대용량 광합성 생물 반응기 및 이의 제작방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 배플(Baffle)을 포함한 투명 광생물 반응기가 병렬 또는 직렬로 집합부에 의해 연결되어 스케일업이 용이한 대용량 광합성 생물 반응기 및 이의 제작방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 대용량 광합성 생물 반응기는 동일한 면적에서 기존의 광생물 반응기보다 많은 양의 미세조류를 배양하는 것이 가능하며, 또한 높은 광 투과도 및 원활한 mixing에 의한 높은 바이오매스 생산성 확보와 이산화탄소 감축 효율 면에서 획기적인 효과가 있다. 또한, 본 발명에 따르면 동일한 규모의 광합성 생물을 배양함에 있어서, 기존의 광합성 미생물 배양 공정보다 필요한 광합성 생물 반응기의 개수가 획기적으로 적으므로 운영비를 줄일 수 있는 장점이 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C12M 23/22 (2013.01)

C12M 23/26 (2013.01)

C12M 23/58 (2013.01)

C12M 29/06 (2013.01)

(72) 발명자

유병선

충청남도 천안시 동남구 청수로 98, 101동 203호
(청수동, 청솔LG아파트)

이정섭

서울특별시 노원구 동일로 1456, 709동 504호 (상계동, 상계주공7단지아파트)

성영준

서울특별시 영등포구 여의동로3길 10, 201동 501호
(여의도동, 여의도자이아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014M1A8A1049278

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 (재)한국이산화탄소포집및처리연구개발센터

연구사업명 거대과학연구개발사업(Korea CCS 2020사업)

연구과제명 생물학적 이산화탄소 고속전환 유기자원화 기술

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 광합성 생물의 배양용기;
- (b) 상기 배양용기 외부 하단에 형성되어 있는 다용도 입/출구;
- (c) 상기 배양용기의 외부에서 다용도 입·출구와 연결되어 있는 외부관;
- (d) 상기 배양용기의 내부에서 다용도 입·출구와 연결되어 있는 내부관; 및
- (e) 상기 배양용기 내부에 배플(Baffle)을 포함하되,

상기 배플은 표면에 1 내지 5개의 채널을 형성하고 있는 것을 특징으로 하고,

상기 배양용기가 투명필름으로 이루어진 것을 특징으로 하는 광합성 생물 반응기를 직렬 또는 병렬로 연결하는 접합부를 포함하는 대용량 광합성 생물 반응기.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 배양용기 상부에는, 상기 광합성 생물 반응기를 거치시키기 위한 거치부가 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 대용량 광합성 생물 반응기.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 투명필름은 저밀도 폴리에틸렌(LDPE), 폴리에틸렌 테레프탈레이트와 무연신 폴리프로필렌 혼합 필름(PET+CPP), 폴리 아세탈(POM), 폴리카보네이트(PC), 폴리에스터 설펜(PES), 폴리에틸렌(PE), 폴리염화비닐(PVC), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리프로필렌(PP), 폴리페닐렌옥사이드(PPO=PPE) 및 저밀도 폴리에틸렌과 폴리에틸렌 테레프탈레이트와 나일론8(Nylon 8)의 혼합 필름으로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 대용량 광합성 생물 반응기.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 다용도 입·출구는 (a) 광합성 생물 및 배양액의 투입, (b) 이산화탄소를 포함하는 가스의 투입, (c) 표본 샘플 추출 및 (d) 가스 배출로 구성된 군에서 선택되는 기능을 수행하기 위한 관이 연결되는 것을 특징으로 하는 대용량 광합성 생물 반응기.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 내부관중 이산화탄소를 포함하는 가스의 투입을 위한 내부관은 사방형 스파저(sparger)인 것을 특징으로 하는 대용량 광합성 생물 반응기.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 배플의 양 측단은 폴리에틸렌 재질인 것을 특징으로 하는 대용량 광합성 생물 반응기.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 배양용기 하단은 사선방향으로 열 집합되는 것을 특징으로 하는 대용량 광합성 생물 반응기.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 대용량 광합성 생물 반응기는 500 내지 1000L의 배양액으로 광합성 미생물을 배양하는 것을 특징으로 하는 대용량 광합성 생물 반응기

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 집합부의 양측단은 폴리에틸렌 재질인 것을 특징으로 하는 대용량 광합성 생물 반응기.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 광합성 생물 반응기의 하단에 보조 지지대를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 대용량 광합성 생물 반응기.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 대용량 광합성 생물 반응기 및 이의 제작방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 배플(Baffle)을 포함한 투명 광생물 반응기가 병렬 또는 직렬로 집합부에 의해 연결되어 스케일업이 용이한 대용량 광합성 생물 반응기 및 이의 제작방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 화석 연료의 사용에 따른 대규모 온실가스의 배출로 야기된 지구 온난화 현상은 인류를 비롯한 지구 생명체의 생존을 위협하고 있다. 이에 따라 이산화탄소 감축을 위한 이산화탄소 포집 및 저장 기술(CCS, Carbon Capture & Sequestration) 개발이 전세계적으로 활발히 진행 중에 있다. CCS 기술은 화력발전소를 비롯한 다양한 탄소 배출원에서 방출되는 다량의 이산화탄소를 고농도로 포집한 후 지중이나 해저에 주입하여 대기로부터 격리시키는 방법이다. 이러한 CCS 기술은 단기간에 다량의 이산화탄소를 저감시키는 효과가 있으나, 안정적인 저장 문제, 위치 선정 및 높은 설치비용 등은 국내에서 실질적인 CCS의 현실화를 막는 장애요인이다. 따라서 CCS 기술과 달리 이산화탄소를 저장이 아닌 산업적 용도로 직접 활용하거나 부가가치가 높은 물질로 전환하는 CCU(Carbon Capture & Utilization) 기술이 각광 받고 있고, 국내에서도 이산화탄소를 다양한 고부가 물질로 전환하는 공정 개발이 시도되고 있다. 그 중에서도 광합성 미생물인 미세조류를 활용한 이산화탄소의 생물학적 전환 공정은 이산화탄소 감축과 동시에 바이오연료, 바이오플라스틱, 의약품 등 다양한 고부가 물질 생산이 가능한

경제적인 이산화탄소 저감 기술로 주목받고 있다.

- [0004] 식물성 플랑크톤이라 불리는 미세조류는 광합성을 하는 수중 단세포 생물로 에너지 및 산업 소재 생산과 동시에 온실가스 저감이 가능한 자원으로 그 잠재력이 매우 큰 바이오매스 자원으로 관심을 받고 있으며 에너지·화학·환경 분야를 중심으로 미래에는 그 이용가치가 확대될 전망이다.
- [0005] 첫째, 에너지 분야에서 미세조류는 모든 바이오디젤 생산 작물 중 오일 생산성이 가장 우수하다. 대두, 유채, 해바라기, 오일팜 등은 재배 주기가 4~8개월인 반면 미세조류는 매일 수 배로 증식하여 1일 단위로 재배가 가능하며 단위 무게 당 지방 함량치도 높아 연간 오일 생산량이 대두의 100배 이상이다. 또한 식량자원의 에너지화라는 비판에서 자유로운 생명자원으로, 석유계 디젤과 유사한 물성을 가진 바이오 연료를 생산할 수 있다.
- [0006] 둘째, 화학 분야에서 미세조류는 다양한 유용물질을 생산할 수 있는 장점이 있으며, 현재 식품 분야를 중심으로 산업화되어 있지만, 향후 바이오케미컬 및 바이오플라스틱 분야로 산업화가 확대될 전망이다. 단백질 함량이 높은 미세조류인 클로렐라, 스피룰리나, 클라미도모나스 외에도 아스타잔틴이라는 고부가가치 물질을 만들어내는 헤마토코쿠스 등을 활용해 각종 아미노산, 항산화물질, 지방산을 보충하는 건강기능식품이 상용화 된 상태이다.
- [0007] 셋째, 환경 분야에서 미세조류는 상기에 기술한 것처럼 이산화탄소 저감이 가능하다는 측면에서 가장 큰 관심을 받고 있으며 세계적으로 관련 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 미세조류는 바이오매스 중량의 2배 정도의 이산화탄소를 흡수할 수 있으며 이는 육상 식물 대비 10~50배 높은 흡수 효율 수치이다. 또한 미세조류는 특정한 토양이나 수질을 가리지 않고 배양이 가능하다. 이에 관련 기업들은 이산화탄소 저감 및 공장폐수 정화 사업에 미세조류를 활용하려는 시도를 확대하고 있다.
- [0008] 본 발명자들은 미세조류의 효과적인 배양 목적을 달성할 수 있는 투명필름으로 구성된 광생물 반응기를 개발하였다(대한민국 특허 제10-1148194). 하지만, 상기 광생물 반응기는 배양 가능한 미세조류의 양이 매우 적은 단점이 있었다.
- [0009] 작은 규모의 미세조류 배양으로는 대규모 산업체 (석탄화력발전소, 열병합발전소 등)에서 배출되는 다량의 이산화탄소 배출량을 감당하지 못하는 한계가 존재한다. 이를 극복하기 위해서는 적게는 수 톤에서 많게는 수백 톤 규모의 미세조류 배양 시설이 요구된다. 세계적으로 널리 활용되는 옥외 대량 배양장치의 경우, 철근 콘크리트 구조물을 제작하여 연못 형태의 개방형 배양 시설물을 구축하거나 강화유리, 아크릴을 활용한 폐쇄형 광 생물반응기를 활용하고 있다. 하지만 이러한 미세조류 배양 시스템의 경우 배양규모가 증가될수록 초기 투자비용 및 관리 유지비 또한 매우 높아진다는 단점이 있다. 또한, 기존의 비닐 재질의 광 생물반응기는 구조의 한계로 인해 반응기 내 배양액 부피가 증가될수록 누수 및 파손의 위험성이 높아지는 단점이 있다.
- [0011] 이러한 배경하에 본 발명자들은 대용량 광합성 미생물 배양이 가능한 광합성 생물 반응기를 개발하기 위하여 예의 노력한 결과, 반응기의 접합 부위를 최소로 하고 일자형 스파저, 접합부, 고리형 지지대 구조 및 배플(Baffle)을 도입하여 광합성 생물 반응기를 제조할 경우, 반응기 내부공간에 존재하는 이산화탄소 및 광합성 생물이 더욱 분산되며, 반응기 모양의 변형으로 인한 광 투과도의 저하를 방지할 수 있다는 사실을 확인하고, 본 발명을 완성하게 되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명의 목적은 스케일업이 용이한 광합성 생물 반응기 및 그 제작방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 (a) 광합성 생물의 배양용기; (b) 상기 배양용기 외부 하단에 형성되어 있는 다용도 입/출구; (c) 상기 배양용기의 외부에서 다용도 입·출구와 연결되어 있는 외부관; (d) 상기 배양용기의 내부에서 다용도 입·출구와 연결되어 있는 내부관; 및 (e) 상기 배양용기 내부에 배플(Baffle)을 포함하되, 상기 배플은 표면에 1 내지 5개의 채널을 형성하고 있는 것을 특징으로 하고 상기 배양용기가 투명필름으로 이루어진 것을 특징으로 하는 광합성 생물 반응기를 직렬 또는 병렬로 연결하는 접합부를 포함하는 대용량 광합성 생물 반응기를 제공한다.
- [0016] 본 발명은 또한, (a) 배양용기 하단에 다용도 입/출구 부착을 위한 홀을 제작하는 단계; (b) 배양용기 내부에 배플을 부착하는 단계; (c) 배양용기에 다용도 입/출구, 내부관 및 외부관을 설치하는 단계; (d) 각각의 광합성

생물 반응기를 접합부를 이용하여 연결하는 단계; 및 (e) 반응기 상하부를 지지대에 의해 지지하여 수직형태로 배열하는 단계;를 포함하는 대용량 광합성 생물 반응기의 제작방법을 제공한다.

발명의 효과

[0018]

본 발명에 따른 광합성 생물 반응기는 동일한 면적에서 기존의 광 생물 반응기보다 많은 양의 미세조류를 배양하는 것이 가능하며, 또한 높은 광 투과도 및 원활한 mixing에 의한 단위 면적 당 높은 바이오매스 생산성 확보와 이산화탄소 감축 효율 면에서 획기적인 효과가 있다. 또한, 본 발명에 따르면 동일한 규모의 광합성 생물을 배양함에 있어서, 기존의 광합성 미생물 배양 공정보다 적은 개수의 반응기로 운영할 수 있으므로 반응기 제작 소요가 감소하여, 단위 면적 대비 공간 활용도가 높아져 임대료를 포함 경제적인 측면에서 효율이 높다. 결론적으로, 스케일업이 용이한 투명 광생물반응기를 개발하여 저비용, 고효율 미세조류 기반 바이오매스 생산을 통해 만들어지는 의약품, 기능성 식품, 화장품, 사료를 이산화탄소 대량 저감이라는 목표 달성과 함께 대량 생산 및 판매가 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0020]

도 1의 (A)는 광합성 생물의 스케일업 배양이 용이한 대용량 광합성 생물 반응기의 모식도이고, (B)는 실제로 제작한 대용량 광합성 생물 반응기의 사진이다.

도 2는 스케일 업을 위한 단일 반응기의 연결을 위해 제작된 접합부가 각각의 단일 반응기에 접합되는 모식도이다.

도 3은 반응기 내 컬럼(column)에 포함된 배양액의 효과적인 섞임(mixing)을 위해 채널(channel)이 형성된 배플(Baffle)에 대한 모식도이다.

도 4는 반응기 내 컬럼(column)에 보다 많은 양의 배양액을 주입하기 위해 제작한 배플(Baffle)이 반응기에 연결되는 모식도이다.

도 5는 가스 주입 및 샘플링(sampling) 튜브가 결합된 고무마개를 삽입할 수 있는 어댑터를 필름형 반응기에 실리콘을 이용하여 고정하는 것을 나타내는 모식도이다.

도 6은 가스 주입 및 샘플링(sampling) 튜브가 결합된 고무마개를 반응기에 고정된 어댑터에 삽입하고 어댑터 주변에서의 누수를 방지하기 위해 실리콘을 덧칠하는 과정을 나타낸 모식도이다.

도 7은 누수가 발생하지 않도록 고정된 고무마개에 일자형 스파저를 연결하는 과정을 나타낸 모식도이다.

도 8는 배플(Baffle) 및 접합부를 포함하는 반응기의 상단부에 고리형 지지대를 연결하여 트레이에 걸 수 있도록 하는 과정을 나타낸 모식도이다.

도 9는 트레이의 지지대가 보다 안정적으로 반응기의 하중을 견딜 수 있도록 설치한 구성품의 실제 모습이다.

도 10은 안정성을 위해 반응기 하단에 받침대를 두는 것에 대한 모식도이다.

도 11은 관을 사용하여 실제로 반응기에 물을 채우는 모습이다.

도 12는 반응기에 채워지는 물의 양과 그 때의 반응기 내의 물높이 사이의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 13의 (A)는 배플 수와 채널 유무에 따른 섞임 효율을 비교한 그래프이며, (B)는 시간에 따른 미세조류의 이동을 관찰한 사진이다.

도 14는 기존의 비닐 재질의 광 생물반응기와 고안된 광합성 생물 반응기의 클로렐라 불가리스(*Chlorella vulgaris*) 성장성을 비교한 그래프이다.(고안된 광합성 생물 반응기의 경우 250L, 500L를 5개와 6개의 배플이 채널을 가졌을 때와 그렇지 않았을 때로 나누어 비교하였다)

도 15는 고안된 광합성 생물 반응기의 단위 면적 당 바이오매스 생산량을 제시한 도표이다.

도 16은 기존의 비닐 재질의 광 생물반응기와 고안된 광합성 생물 반응기의 클로렐라 불가리스(*Chlorella vulgaris*) 성장성을 비교한 그래프이다.(기존의 비닐 재질의 광 생물 반응기는 control로, 고안된 광합성 생물 반응기는 New PBR로 지칭하였다)

도 17은 임펠러를 추가하여 닻형(anchor)으로 제작되어질 수 있는 배플에 대한 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하 설명하는 기술은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 이하 설명하는 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이하 설명하는 기술의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0022] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않으며, 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 이하 설명하는 기술의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0023] 본 명세서에서 사용되는 용어에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 해석되지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함한다" 등의 용어는 실시된 특징, 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 의미하는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0024] 도면에 대한 상세한 설명을 하기에 앞서, 본 명세서에서의 구성부들에 대한 구분은 각 구성부가 담당하는 주기능 별로 구분한 것에 불과함을 명확히 하고자 한다. 즉, 이하에서 설명할 2개 이상의 구성부가 하나의 구성부로 합쳐지거나 또는 하나의 구성부가 보다 세분화된 기능별로 2개 이상으로 분화되어 구비될 수도 있다. 그리고 이하에서 설명할 구성부 각각은 자신이 담당하는 주기능 이외에도 다른 구성부가 담당하는 기능 중 일부 또는 전부의 기능을 추가적으로 수행할 수도 있으며, 구성부 각각이 담당하는 주기능 중 일부 기능이 다른 구성부에 의해 전담되어 수행될 수도 있음은 물론이다.
- [0025] 또, 방법 또는 동작 방법을 수행함에 있어서, 상기 방법을 이루는 각 과정들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 과정들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0027] 본 발명에서는 광합성 생물 반응기의 스케일업이 용이한 대용량 광합성 생물 반응기에 있어서, 대용량 배양의 효율을 확인하고자 하였다.
- [0028] 본 발명에서는, 투명필름 재질의 배양용기 및 배플(baffle)을 포함하는 광합성 생물 반응기와 대조군에서 미세조류를 배양한 결과, 고안된 광합성 생물 반응기에서 동일한 면적 하에서 많은 양의 미세조류의 배양이 원활히 이루어지며 바이오매스 생산성 또한 우수함을 확인 할 수 있었다.
- [0030] 즉, 본 발명의 일 실시예에서는 저밀도 폴리에틸렌(LDPE) 필름과 폴리 에틸렌 테레프탈레이트(PET) 및 나일론 8(nylon 8)이 합성된 혼합 필름 소재의 배양용기를 포함하는 광합성 생물 반응기를 각각 제작한 후, 이를 접합부로 연결하여 대용량 광합성 생물 반응기를 제작하고, 미세조류인 클로렐라 불가리스(*Chlorella vulgaris*)를 배양한 결과, 배양용기의 광 투과성이 용이하고, 대용량 배양이 가능한 것을 확인할 수 있었다.
- [0031] 따라서, 본 발명은 일 관점에서, (a) 광합성 생물의 광합성이 일어나는 배양용기; (b) 상기 배양용기 외부 하단에 형성되어 있는 다용도 입/출구; (c) 상기 배양용기의 외부에서 다용도 입·출구와 연결되어 있는 외부관; (d) 상기 배양용기의 내부에서 다용도 입·출구와 연결되어 있는 내부관; 및 (e) 상기 배양용기 내부에 배플(baffle)을 포함하되, 상기 배양용기가 투명필름으로 이루어진 것을 특징으로 하는 광합성 생물 반응기에 관한 것이다.
- [0033] 이하, 도면을 참조하여 본 발명에 따른 광합성 생물 반응기를 자세히 설명하면 다음과 같다.
- [0034] 도 1의 (A)는 본 발명의 일 실시예에 따른 광합성 생물 반응기(100)의 구조를 나타낸 도면이다.
- [0035] 도 1의 (A)에 도시된 바와 같이, 상기 배양용기(10)는 투명필름으로 이루어져 있으며, 상기 투명필름은 광합성 생물의 성장이 용이하도록 투명하고, 광 투과율이 우수한 것이라면 특별히 제한되지 않고 이용될 수 있으며, 저밀도 폴리에틸렌(LDPE), 폴리에틸렌 테레프탈레이트와 무연신 폴리프로필렌 혼합 필름(PET+CPP), 폴리 아세탈(POM), 폴리카보네이트(PC), 폴리에스터 설펜(PES), 폴리에틸렌(PE), 폴리염화비닐(PVC), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리프로필렌(PP), 폴리페닐렌옥사이드(PP0=PPE) 및 저밀도 폴리에틸렌과 폴리에틸렌 테레프탈레이트와 나일론8(Nylon 8)의 혼합 필름 등을 예시할 수 있다. 상기 투명 필름은 광합성 생물 반응기의 배양용기

소재로 널리 이용되는 유리, 아크릴 등에 비하여, 동등한 광 투과율을 가지면서도 가볍고 투명하며, 기계적 강도가 우수한 장점이 있다.

- [0036] 본 발명에 따른 상기 광합성 생물 반응기를 구성하는 배양용기(10)는 배양액이 주입되면 판형(plate type)과 기포탑(bubble column)의 형상을 갖는 것을 특징으로 한다. 배양용기가 판형이기 때문에 빛이 투과되는 반응기 내부의 거리가 짧아져 광 투과율이 우수하다.
- [0037] 상기 배양용기(10)에 주입되는 광합성 미생물은 크게 미세조류(Microalgae), 남세균(Cyanobacteria) 및 광합성 박테리아(Photosynthetic bacteria)로 나뉜다.
- [0038] 여기서, 상기 미세조류(Microalgae)는 광합성 색소를 가지고 광합성을 하는 단세포 진핵 미생물들의 총칭이다.
- [0039] 이러한 상기 미세조류의 종류로서는 아나시스티스 니둘란스(*Anacystis nidulans*), 안키스트로데스무스(*Ankistrodesmus sp.*), 비둘과 오리타(*Biddulpha aurita*), 보트리오코커스 브라우니(*Botryococcus braunii*), 캐토세로스(*Chaetoceros sp.*), 클라미도모나스 아플라나타(*Chlamydomonas applanata*), 클라미도모나스 레인하티(*Chlamydomonas reinhardtii*), 클로렐라(*Chlorella sp.*), 클로렐라 엘립소이디아(*Chlorella ellipsoidea*), 클로렐라 에머슨니(*Chlorella emersonii*), 클로렐라 프로토테코이데스(*Chlorella protothecoides*), 클로렐라 피레노이도사(*Chlorella pyrenoidosa*), 클로렐라 소로키니아나(*Chlorella sorokiniana*), 클로렐라 불가리스(*Chlorella vulgaris*), 클로렐라 미누티시마(*Chlorella minutissima*), 클로로코커스 리토탈레(*Chlorococcus littorale*), 시클로텔라 크립티카(*Cyclotella cryptica*), 두나리엘라 바르다윌(*Dunaliella bardawil*), 두나리엘라 살리나(*Dunaliella salina*), 두나리엘라 테르티오렉타(*Dunaliella tertiolecta*), 두나리엘라 프리모렉타(*Dunaliella primolecta*), 짐노디눔(*Gymnodinium sp.*), 히메노모나스 카르테라(*Hymenomonas carterae*), 이소크리시스 갈바나(*Isochrysis galbana*), 이소크리시스(*Isochrysis sp.*), 마이크로시스티스 애루기노사(*Microcystis aeruginosa*), 마이크로모나스 푸실라(*Micromonas pusilla*), 모노두스 서브테라니어스(*Monodus subterraneus*), 난노클로리스(*Nannochloris sp.*), 난노클로롭시스(*Nannochloropsis sp.*), 난노클로롭시스 아토무스(*Nannochloropsis atomus*), 난노클로롭시스 살리나(*Nannochloropsis salina*), 나비쿨라 펠리쿨로사(*Navicula pelliculosa*), 니츠시아(*Nitzschia sp.*), 니츠시아 클로스테리움(*Nitzschia closterium*), 니츠시아 팔레아(*Nitzschia palea*), 오오시스티스 폴리모파(*Oocystis polymorpha*), 우로코커스(*Ourococcus sp.*), 오실라토리아 루베센스(*Oscillatoria rubescens*), 팔로바 루테리(*Pavlova lutheri*), 페오닥틸룸 트리코르누툼(*Phaeodactylum tricornutum*), 피크노코커스 프로바솔리(*Pycnococcus provasolii*), 피라미모나스 코르다타(*Pyramimonas cordata*), 스피룰리나 플라텐시스(*Spirulina platensis*), 스테파노디스쿠스 미누툴루스(*Stephanodiscus minutulus*), 스티코코커스(*Stichococcus sp.*), 시네드라 울나(*Synedra ulna*), 세네데스무스 오블리쿠스(*Scenedesmus obliquus*), 셀레나스트룸 그라실레(*Selenastrum gracile*), 스키텔레노마 코스탈룸(*Skeletonoma costatum*), 테트라셀미스 추이(*Tetraselmis chui*), 테트라셀미스 마쿨라타(*Tetraselmis maculata*), 테트라셀미스(*Tetraselmis sp.*), 테트라셀미스 수에시카(*Tetraselmis suecica*), 탈라시오시라 슈도모나(*Thalassiosira pseudomona*) 등이 있으며, 본 발명에서는 상기 미세조류 중 하나 이상을 이용할 수 있다.
- [0040] 상기 남세균은 원핵생물 중 엽록소를 이용하여 광합성을 하는 세균류의 총칭이다.
- [0041] 이러한 상기 남세균은 아나베나(*Anabaena sp.*), 칼로트릭스(*Calothrix sp.*), 캐미시폰(*Chaemisiphon sp.*), 크로코시디옵시스(*Chroococciopsis sp.*), 시아노테세(*Cyanothece sp.*), 실린드로스페르뮴(*Cylindrospermum sp.*), 데모카펠라(*Dermocarpella sp.*), 피세렐라(*Fischerella sp.*), 글로에오캡사(*Gloeocapsa sp.*), 믹소사르시나(*Myxosarcina sp.*), 노스톡(*Nostoc sp.*), 오실라토리아(*Oscillatoria sp.*), 포르미디움 코리움(*Phormidium corium*), 플루로캡사(*Pleurocapsa sp.*), 프로클로로코커스(*Prochlorococcus sp.*), 슈다나베나(*Pseudanabaena sp.*), 시네코코커스(*Synechococcus*), 시네코시스티스(*Synechocystis sp.*), 톨리포트릭스(*Tolypothrix sp.*), 제노코커스(*Xenococcus sp.*) 등이 있으며, 본 발명에서는 상기 남세균 중 하나 이상을 이용할 수 있다.
- [0042] 상기 광합성 박테리아는 빛에너지를 이용하여 탄소동화작용을 하는 세균을 말한다.
- [0043] 이러한 상기 광합성 박테리아는 로도시스타(*Rhodocista centenaria*), 로도스피라 트루에페리(*Rhodospira trueperi*), 로도스피릴룸 풀뎀(*Rhodospirillum fulvum*), 로도스피릴룸 몰리쉬아눔(*Rhodospirillum molischianum*), 로도스피릴룸 포토메트리쿰(*Rhodospirillum photometricum*), 로도스피릴룸 루브룸(*Rhodospirillum rubrum*), 로도스피릴룸 살렉시겐스(*Rhodospirillum sallexigens*), 로도스피릴룸 살리나루튼(*Rhodospirillum salinarutn*), 로도스피릴룸 소도멘세(*Rhodospirillum sodomense*), 로도스피릴룸 메디오살리눔(*Rhodospirillum mediosalinum*), 로도슈도모나스(*Rhodopseudomonas sp.*), 로도슈도모나스 애시도필라

(*Rhodopseudomonas acidophila*), 로도슈도모나스 캡슐라투스(*Rhodopseudomonas capsulatus*), 로도슈도모나스 팔루스트리스(*Rhodopseudomonas palustris*), 로도슈도모나스 스페로이데스(*Rhodopseudomonas sphaeroides*), 로도박터 캡슐라투스(*Rhodobacter capsulatus*), 로도박터 스페로이데스(*Rhodobacter sphaeroides*) 등이 있으며, 본 발명에서는 상기 광합성 박테리아 중 하나 이상을 이용할 수 있다.

- [0046] 이들은 엽록소 대신 박테리오클로로필(bacteriochlorophyll)을 가지므로 이산화탄소를 재료로 광합성 성장이 가능하다.
- [0048] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 배플(baffle)을 나타낸 모식도이다. 도 3에 개시된 바와 같이 본 발명의 배플은 가운데 채널(channel)(31)을 형성할 수 있으며, 배양용기(100) 내부를 부분적으로 구획하여 배양 용량을 늘리는 용도로 사용될 수 있다. 배플이 없는 반응기의 경우 5개의 열 접합면(총 컬럼 수가 6개 일 경우)이 발생하지만 배플이 포함된 반응기의 경우 10개의 열 접합면이 발생하여 실용적이(volumetric capacity) 증가한다. 본 발명의 배플은 또한 배양용기와 접합되는 부분(32)은 폴리에틸렌 재질인 것을 특징으로 할 수 있으며, 이는 배양용기와 열접합을 용이하게 달성하기 위한 목적이다.
- [0049] 상기 배플의 모양은 배양용기와 같은 판형(plate) 일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 예를 들어 도 16에 개시된 바와 같이 배플 후단부에 임펠러를 추가하여 닻형(anchor)인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0050] 상기 닻형 배플은 임펠러가 스파저로부터 나오는 air를 조각내어 표면적을 넓혀 air transfer 효율을 높임으로써 배양 효율을 증가시킬 수 있다
- [0052] 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 배양용기(10)의 내부공간은 상기 배양용기의 정면과 후면의 안쪽면 소정 부분이 배플에 의해 구획을 형성함으로써 부분적으로 구획된 것을 특징으로 한다. 상기 배양용기(10)는 투명필름 재질로 이루어져 있으므로, 배플을 접착시키면, 구획이 이루어질 수 있다.
- [0053] 본 발명에 있어서, 내부공간이 부분적으로 구획되었다는 것은 배양용기 내부공간이 세로 일자형으로 구획되되, 배양용기 상부 끝에서 밑바닥까지 구획된 것이 아니라, 배양용기 상부와 밑바닥으로부터 일정 간격만큼 이격된 후, 구획된 것을 의미한다. 따라서, 배양용기 내의 배양액은 일정 간격만큼 이격된 통로를 통하여 이동이 가능하다.
- [0054] 상기 구획은 상기 다용도 입/출구와 배양용기의 상부 사이에 형성될 수 있다. 상기 구획의 길이는 반응기의 높이에 따라 달라질 수 있다. 상기 구획, 즉 배플의 길이가 너무 짧을 경우 구획의 효과를 얻을 수 없으며, 너무 길 경우, 오히려 반응기 내부공간에 존재하는 이산화탄소 및 광합성 생물의 고른 분포가 어렵게 될 수 있다.
- [0055] 상기 구획의 간격, 즉 배플과 다음 배플간의 거리는 앞서 기재한 바와 같이, 반응기의 용량 등에 따라 특별한 제한없이 적절하게 선택할 수 있다.
- [0057] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라, 대용량 광합성 생물 반응기를 제작할 때, 배플을 배치하는 방식을 모사한 것으로, 도 4에 도시된 바와 같이, 배양용기 내부에 배플은 1개 이상 합입될 수 있으며, n 개의 반응기 모듈을 연결할 때, m(m > 7)개의 배플이 mn, mn-1, mn-2, mn-3개 까지 접합되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0058] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 다용도 입/출구의 고정 연결부의 결합 설명도이다. 상기 다용도 입/출구(20)는 착탈이 가능하도록 배양용기(10) 외부 하단에 결합되어 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 배양용기(10) 내부 및 외부에 위치한 고정 연결부(50)는 배양용기 외부에 위치한 고정 연결부 및 내부에 위치한 피팅 너트(51)로 구성되어 있다. 상기 다용도 입/출구는 반응기의 홀(60)을 통해 부착되는 것을 특징으로 할 수 있으며, 상기 홀은 입/출구의 크기에 따라 조절할 수 있다.
- [0059] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 다용도 입/출구의 결합예를 나타낸 도면이다. 도면에 도시된 바와 같이, 고정 연결부의 마개를 열어 다용도 입/출구를 부착할 수 있으며, 누수 방지를 위해 실리콘으로 처리하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0060] 상기 다용도 입/출구(20)는 (a) 광합성 생물 및 배양액의 투입, (b) 이산화탄소를 포함하는 가스의 투입, (c) 표본 샘플 추출 및 (d) 가스 배출로 구성된 군에서 선택되는 기능을 수행하기 위한 관이 연결된 것을 특징으로 한다. 상기 관의 수는 특별한 제한없이 형성 될 수 있다.
- [0061] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 광합성 생물 반응기에 형성된 다용도 입출구를 설치한 도면이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 다용도 입/출구는 상기 배양용기의 외부에서 다용도 입·출구와 연결되어 있는 외부관(22) 및 상기 배양용기의 내부에서 다용도 입·출구와 연결되어 있는 내부관(21)이 연결되어 있다.

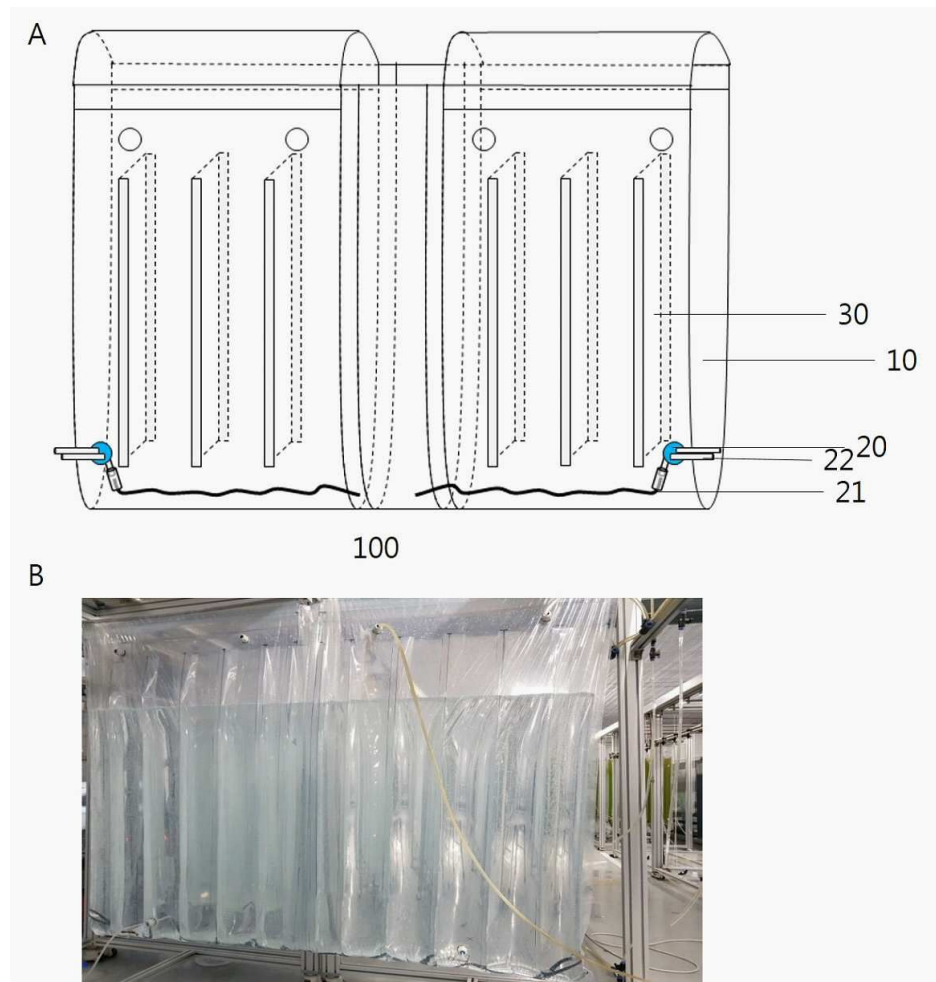
- [0062] 본 발명에서 상기 외부관 및 내부관은 호스 형태의 구멍을 가진 것 이라면 특별한 제한없이 사용이 가능하지만, 멸균이 가능한 스테인레스, 실리콘 호스 등을 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 외부관 및 내부관은 일체형이거나, 상기 다용도 입/출구(20)에 각각 연결될 수도 있다.
- [0063] 본 발명에서 상기 내부관은 사방형 스파저(sparger)인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0064] 상기 이산화탄소를 포함하는 가스의 투입홀과 연결된 이산화탄소를 포함하는 가스의 투입용 외부관(22)은 광합성 생물 반응기(100) 내부로 이산화탄소를 공급하기 위한 것이다. 이때 공급되는 이산화탄소는 광합성 생물 반응기 외부에 별도로 마련된 유량계를 통하여 공급량이 조절될 수 있다. 광합성 생물 반응기(100) 내의 광합성 생물의 크기나 특성, 반응기 내부의 크기, 분사기의 특성에 따라 이산화탄소 분포도가 달라질 수 있으므로, 상기 유량계를 사용하여 이산화탄소의 공급량을 조절하는 것이 바람직하다.
- [0065] 상기 다용도 입/출구(20)의 수는 광합성 생물 반응기(100)의 용량에 따라 임의적으로 설치할 수 있다.
- [0066] 도 8은 배플 및 접합부를 포함하는 대용량 광합성 생물 반응기의 상단부에 고리형 지지대(70)를 연결하여 트레이에 걸 수 있도록 고리형 지지대를 부착하는 과정을 개시한 것이며, 도 9는 실제로 고리형 지지대(70)를 설치한 사진이다.
- [0067] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 광합성 생물 반응기를 지지 또는 고정시킬 수 있도록 배양용기(10) 상부 끝단에 지지대(70)이 연결된 지지봉(80)이 형성되며, 하단에는 받침대(90)을 설치한 모습을 나타내는 모식도이다. 상기 지지대(70)는 지지봉(80)이 삽입될 수 있도록 내부가 비어 있다. 상기 지지봉(80)은 상기 광합성 생물 반응기를 지지시키기 위한 것으로써, 상기 광합성 생물 반응기의 중량을 지지할 수 있는 강도를 가지는 것이라면 특별한 제한없이 사용할 수 있다. 상기 지지봉(80)의 양쪽 끝단은 별도의 스탠드 등에 거치될 수 있다.
- [0068] 본 발명에 따른 광합성 생물 반응기(100)의 높이는 20~500cm, 바람직하게는 40~200cm, 가로 길이는 3~1500cm, 측면길이(반응기 두께)는 2~50cm 인 것이 바람직하다. 상기 측면 길이는 광합성 생물 반응기에 배양액을 넣었을 때의 두께를 의미한다.
- [0069] 본 발명에 따른 상기 배플의 높이는 15 ~ 400cm, 바람직하게는 30~200cm이고, 가로 길이는 10~20cm이며, 홀의 지름은 1~5cm인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0071] 본 발명은 다른 관점에서, 상기 광합성 생물 반응기를 직렬 또는 병렬로 연결하는 접합부를 포함하는 대용량 광합성 생물 반응기에 관한 것이다.
- [0072] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 접합부와 광합성 생물 반응기를 연결하는 방법을 도시한 것으로 본 발명의 접합부(40)의 양 측면 폴리에틸렌 재질로 구성되어 열접합으로 광생물 반응기의 양 측면과 연결되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0073] 본 발명에 있어서, 상기 대용량 광생물 반응기는 500 내지 1000L의 배양액으로 광합성 미생물을 배양하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0074] 본 발명에서, 상기 접합부의 높이는 상기 광합성 생물 반응기의 2배 인 것이 바람직하며, 가로 길이는 10 ~ 20cm인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0075] 본 발명은 또한, (a) 배양용기 하단에 다용도 입/출구 부착을 위한 홀을 제작하는 단계; (b) 배양용기 내부에 배플을 부착하는 단계; (c) 배양용기에 다용도 입/출구, 내부관 및 외부관을 설치하는 단계; (d) 각각의 광합성 생물 반응기를 접합부를 이용하여 연결하는 단계; 및 (e) 반응기 상하부를 지지대에 의해 지지하여 수직형태로 배열하는 단계;를 포함하는 대용량 광합성 생물 반응기의 제작방법에 관한 것이다.
- [0076] 본 발명에 있어서, 상기 (a) 단계의 홀은 배양용기 직접 뚫는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0077] 본 발명에 있어서, 상기 (b) 단계의 배플은 수용성 접착제로 배양용기에 고정된 다음, 열접합으로 배양용기에 부착되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0078] 본 발명에서 상기 수용성 접착제는 물에 반응하여 용해되는 접착제이면 제한없이 이용가능하나 바람직하게는 물 풀인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0079] 본 발명에 있어서, 상기 다용도 입/출구를 설치하는 단계는 실리콘으로 배양용기와 다용도 입/출구 사이를 메꾸는 것을 특징으로 할 수 있다.

- [0080] 본 발명에 있어서, 상기 광합성 생물 반응기의 양 끝 컬럼(column)의 유동성이 없이 미세조류가 쌓이는 공간(dead zone)을 제거하고, 가해지는 압력을 감소시키기 위해, 반응기 하단의 양 끝을 사선방향으로 열 접합하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0081] 본 발명에 있어서, 상기 (d) 단계는 광합성 생물 반응기 양 측면을 접합부와 열접합으로 연결하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0082] 본 발명에 있어서 상기 제작방법은 (e) 대용량 광합성 생물 반응기 하단에 보조 지지대를 설치하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0084] [실시예]
- [0085] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.
- [0086] 특히, 하기 실시예에서는 본 발명에 따른 광합성 생물 반응기에서 미세조류 중 클로렐라 불가리스(*Chlorella vulgaris*)를 대상으로 배양을 수행하였으나, 다른 종류의 미세조류를 배양시키는 것 역시 당업자에게 자명한 사항이라 할 것이다.
- [0088] **실시예 1. 광합성 생물 반응기를 포함한 구성 요소들의 제작 과정**
- [0089] 롤 형태로 감겨져 있는 저밀도 폴리에틸렌 필름(LDPE) 및 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)와 나일론8(Nylon8)으로 광합성 생물 반응기(높이:180 cm, 가로 길이:120 cm, 측면 길이:21 cm, 용량:200 L 이상), 접합부(높이:400 cm, 가로:12 cm), 배플(Baffle)(높이:160 cm, 가로:16 cm)를 제작하였다(도 1).
- [0091] **실시예 2. 구성 요소들의 세부 제작 과정**
- [0092] 구성 요소들의 연결이 이루어지지 않은 광합성 생물 반응기의 좌·우 하단에 지름 3 cm의 가스 주입을 비롯한 샘플링(sampling)을 위해 홀을 컴퍼스를 사용하여 제작하였다. 상단의 단일 광합성 생물 반응기의 연결을 위해 제작해둔 접합부를 각각의 단일 반응기의 양 쪽 끝으로 위치시킨 후 열 접합기를 사용하여 연결하였으며, 이 때 연결된 광합성 생물 반응기의 하단은 측면에서 보았을 때 “U” 자 형태를 가지는 것을 확인하였다.
- [0093] 반응기 내 칼럼(column)에 포함된 배양액의 효과적인 섞임(mixing)을 위해 배플(Baffle) 1개당 3개의 채널(channel)을 지름 2cm의 크기로 컴퍼스를 사용하여 제작하였으며, 열 접합기를 사용하여 접합부로 연결된 반응기에 연결하였다. n개의 반응기 모듈을 연결할 때, 7n-2개의 배플(Baffle)을 설치하였다.
- [0094] 그 뒤, 하단에 형성된 홀에서의 누수를 방지하기 위해 어댑터 주위를 실리콘(silicon)으로 덧칠을 하였으며(도 5, 도 7) 그 안으로 일자형 가스 주입 장치(sparger) 및 샘플링(sampling) line을 연결하였다(도 7). 샘플링(sampling) line의 끝은 조이개를 사용하여 누수를 방지하였다.
- [0095] 광합성 생물 반응기의 상·하·좌·우를 열 접합기를 사용하여 접합하고, 광합성 생물 반응기의 상단에는 고리형 지지대를 추가적으로 접합시켰다(도 8, 도 9).
- [0096] 반응기 양 끝 컬럼(column)의 dead zone을 제거하고, 가해지는 압력을 감소시키기 위해 반응기 하단의 양 끝을 사선방향으로 열 접합하여 광합성 생물 반응기의 제작을 완성하였다(도 10, 도 11).
- [0097] 광합성 생물 반응기의 외부 재질은 PE, PET, Nylon으로 구성되어 있어, 접합부를 열접합 할 수 없기 때문에 광합성 생물 반응기의 상하를 반전시켜 접합부를 기저귀 형태로 제작하여 접합하였다(도 2).
- [0099] **실시예 3. 대용량 광합성 생물 반응기를 이용한 미세 조류 배양 능력 확인**
- [0100] 광생물반응기에 배양액이 채워짐에 따라 증가되는 하중으로 인한 트레이 내 지지대의 변형을 방지하기 위하여 지지대의 가운데에 보조 지지대를 도 9와 같이 설치하였다.
- [0101] 트레이의 지지대에 광합성 생물 반응기를 건 후, 가스의 inlet에 3~5%의 이산화탄소를 포함하는 공기를 주입하고자 가스관을 연결한 다음, 관을 사용하여 반응기에 물, 배지(culture media), (*Chlorella vulgaris*)를 순차적으로 주입하여 배양을 진행하였다
- [0102] 배지로는 TAP-C(0.5M TRIS Base, Nutrient Stock, Phosphate buffer, Hutner, HCl로 구성)를 사용하였으며 18 일 동안 배양하였다.

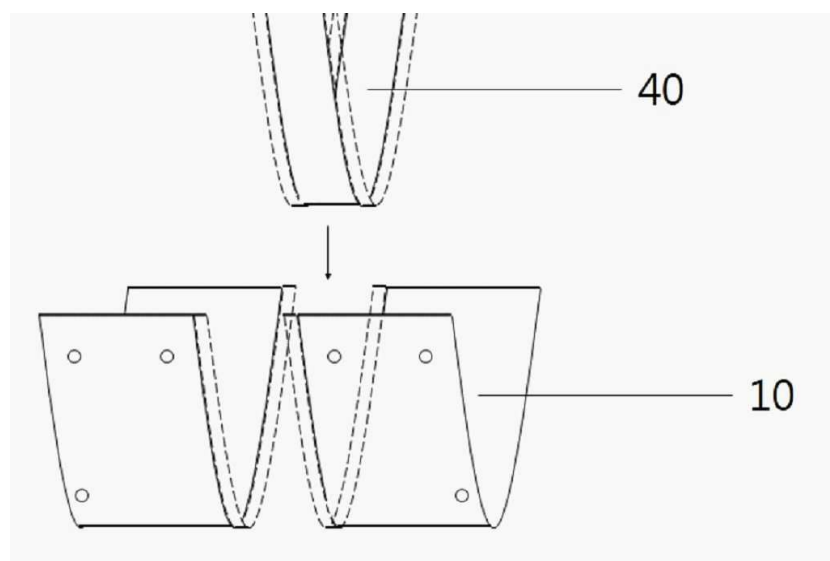
- [0103] 그 결과, 기존 발명(대한민국 특허 제10-1148194)에서 제작한 광생물 반응기(control)에 비하여, 본원 발명에서 제작한 광합성 생물 반응기에서 성장성이 더욱 뛰어난 것을 확인할 수 있었다(도 16).
- [0105] **실시예 4. 배플 수, 채널 유무에 따른 배양기의 성능 확인**
- [0106] 트레이의 지지대에 5개의 배플/채널 또는 6개의 배플/채널을 포함하는 광합성 생물 반응기; 또는 5개 또는 6개의 배플만 포함하는 광합성 생물 반응기를 건 후, 가스의 inlet에 3~5%의 이산화탄소를 포함하는 공기를 주입하고자 가스관을 연결한 다음, 관을 사용하여 각각의 반응기에 물, 배지(culture media), (*Chlorella vulgaris*)를 순차적으로 주입하여 배양을 진행하였다
- [0107] 배지로는 TAP-C(0.5M TRIS Base, Nutrient Stock, Phosphate buffer, Hutner, HCl로 구성)를 사용하였으며, 수산화칼륨(KOH)을 주입함에 따른 pH 변화와 미세조류 접종후, 미세조류가 퍼지는 시간을 18일 동안 배양하면서 측정하였다.
- [0108] 그 결과, 6개의 채널과 배플을 모두 가진 광합성 생물 반응기에서 배양 효율이 가장 뛰어난 것을 확인할 수 있었다(도 13).
- [0109] 또한, 각각의 광합성 생물 반응기에서 생산되는 바이오매스의 양을 측정한 결과, 6개의 배플과 채널을 가진 광합성 생물 반응기의 바이오매스 생산량이 가장 많은 것을 확인할 수 있었으며(도 14), 단위 면적당 세포의 성장성을 하기 수식으로 분석한 결과, 채널과 배플의 수에 비례하여 성장성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다(도 15).
- [0110] 수식 1: 단위 면적당 세포 성장성 = (반응기 용량) X (트레이 내 반응기 개수)/(트레이 면적) X (세포 성장성)
- [0112] 이상으로 본 발명 내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는 바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 이러한 구체적 기술은 단지 바람직한 실시태양일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

도면

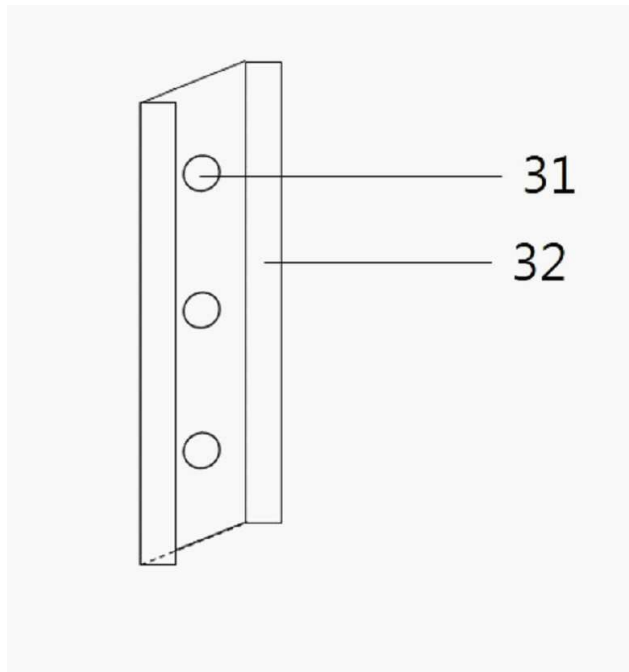
도면1



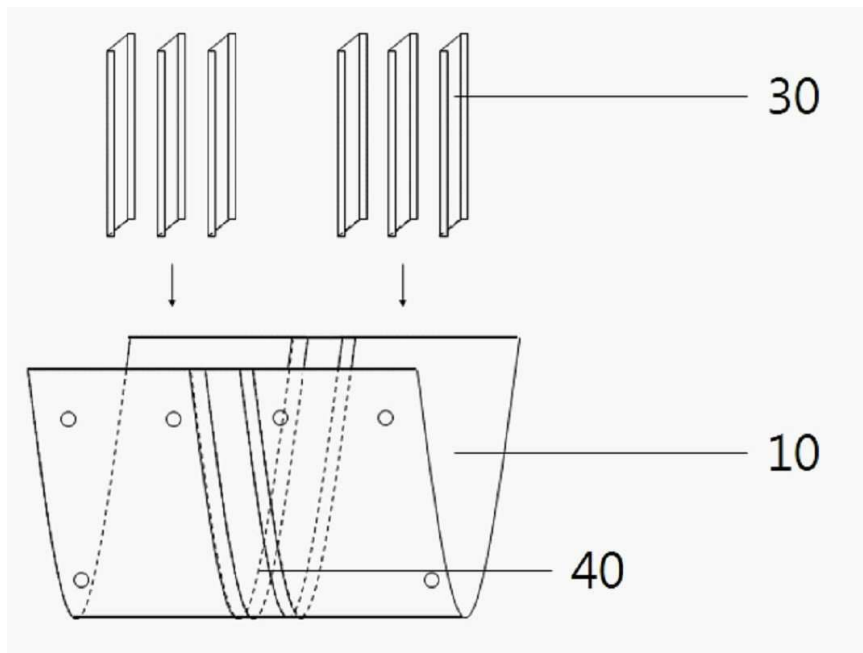
도면2



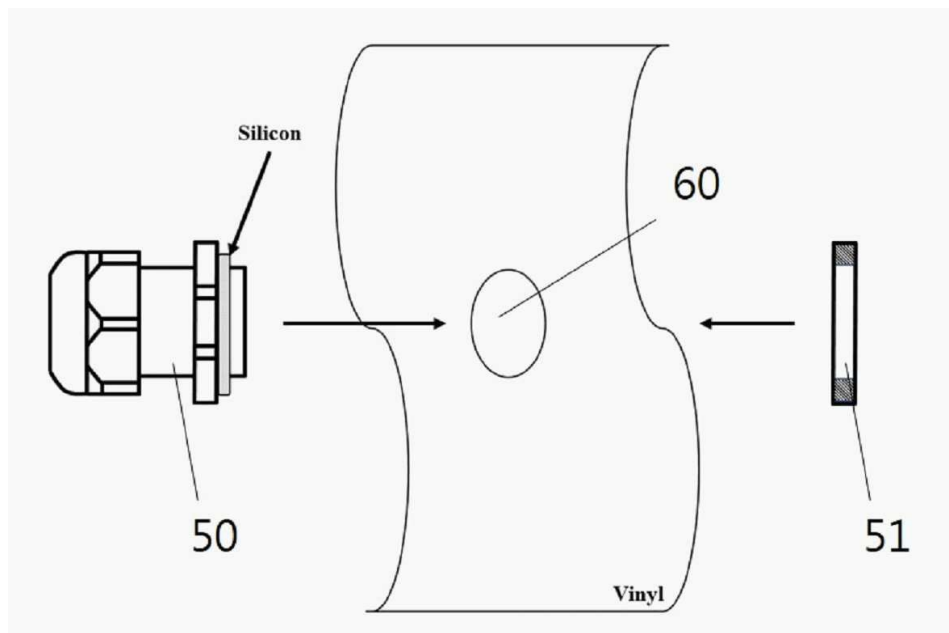
도면3



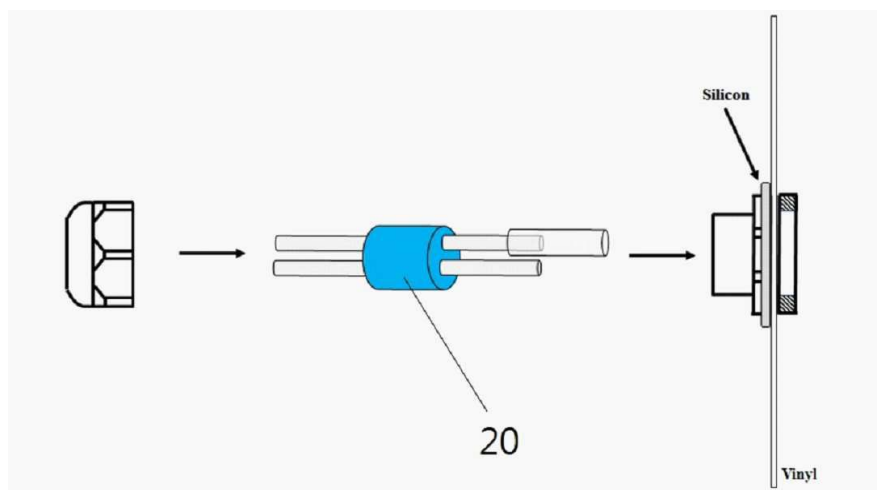
도면4



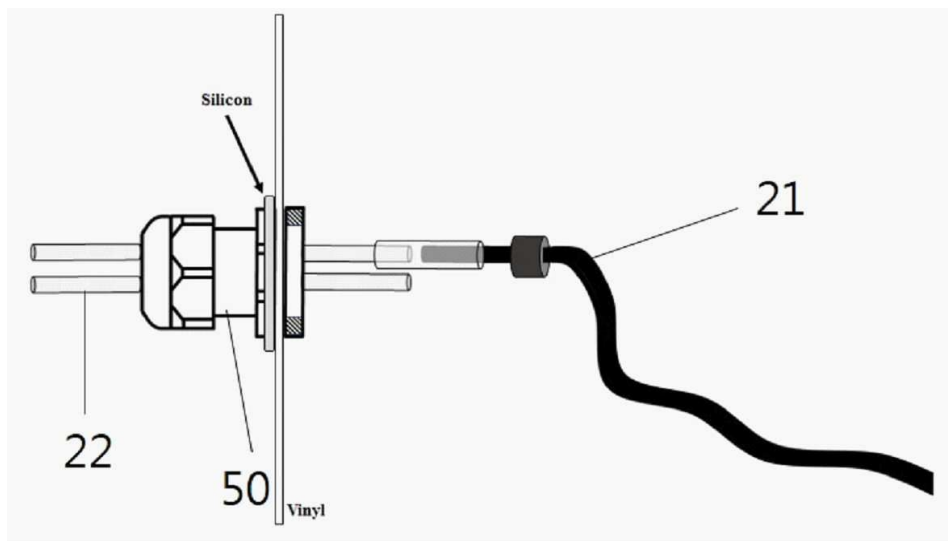
도면5



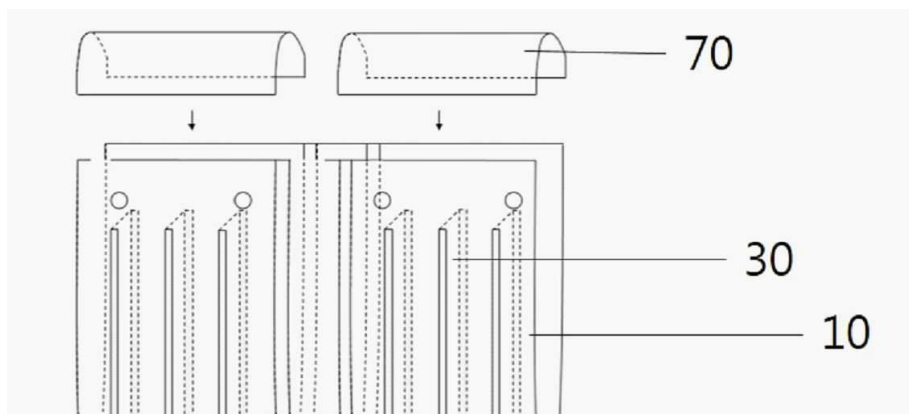
도면6



도면7



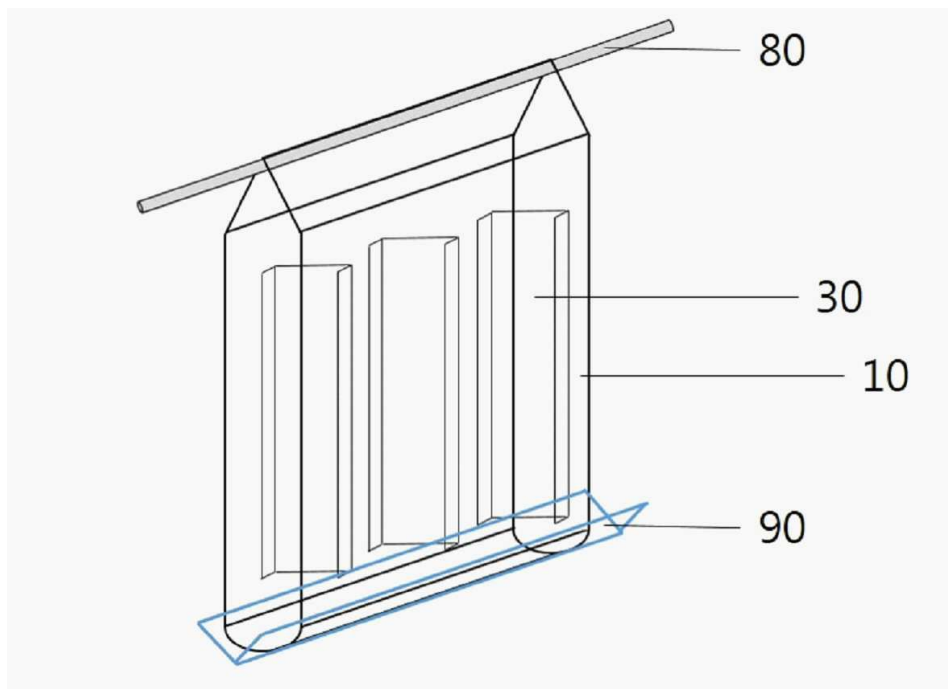
도면8



도면9



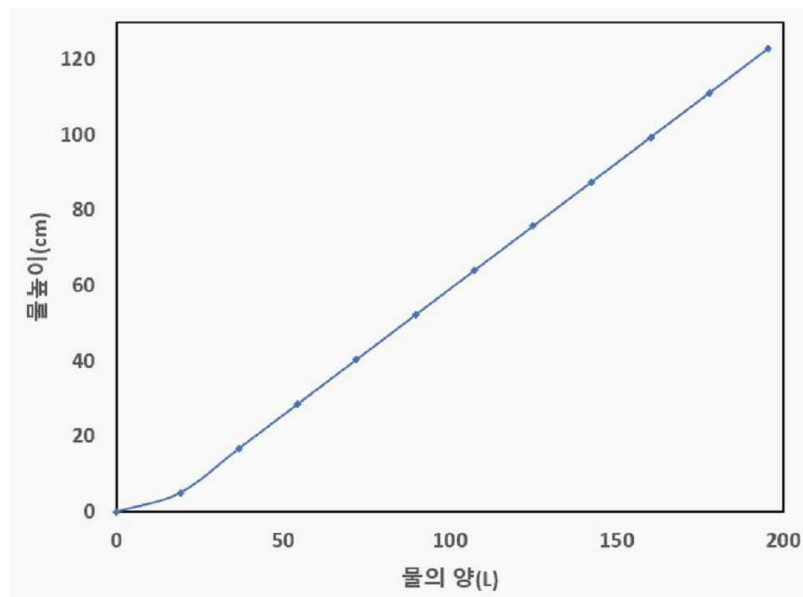
도면10



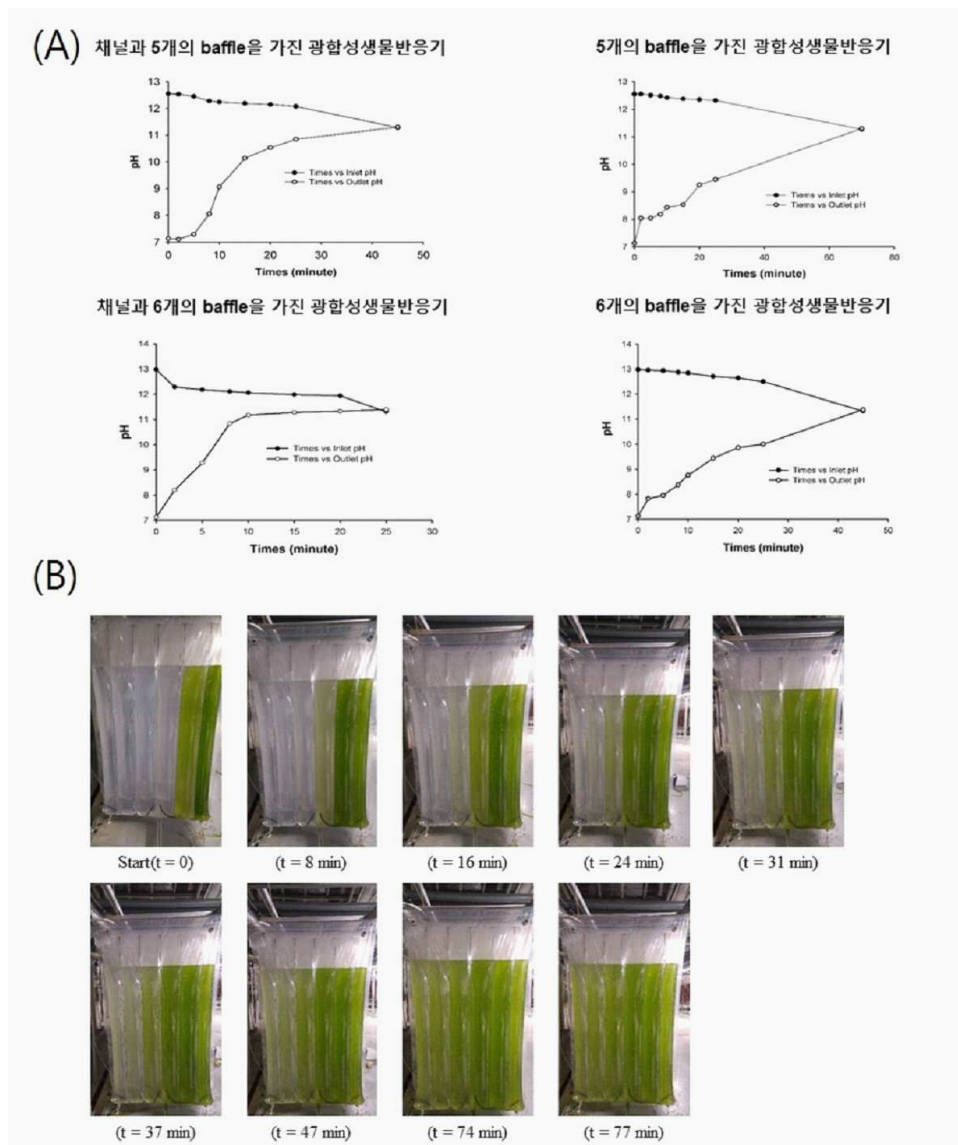
도면11



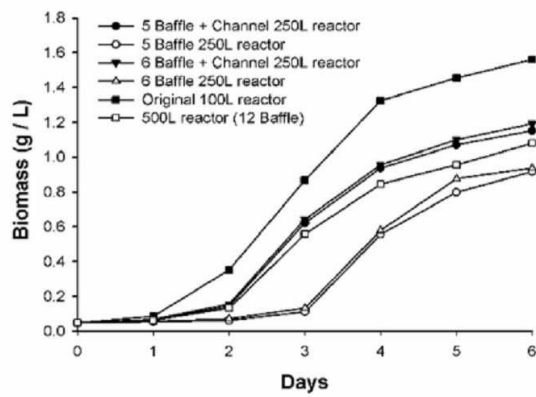
도면12



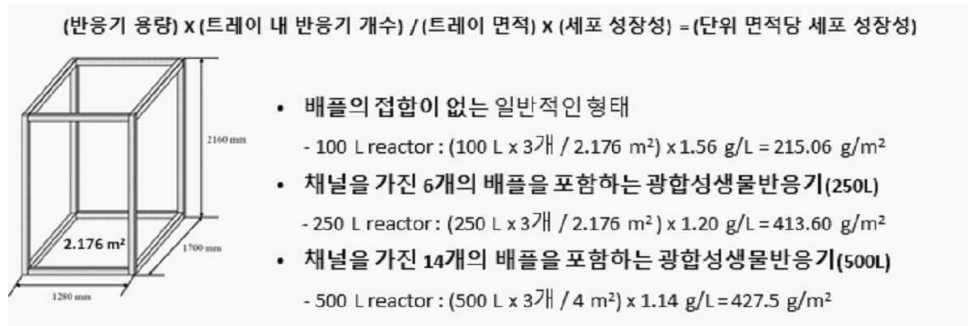
도면13



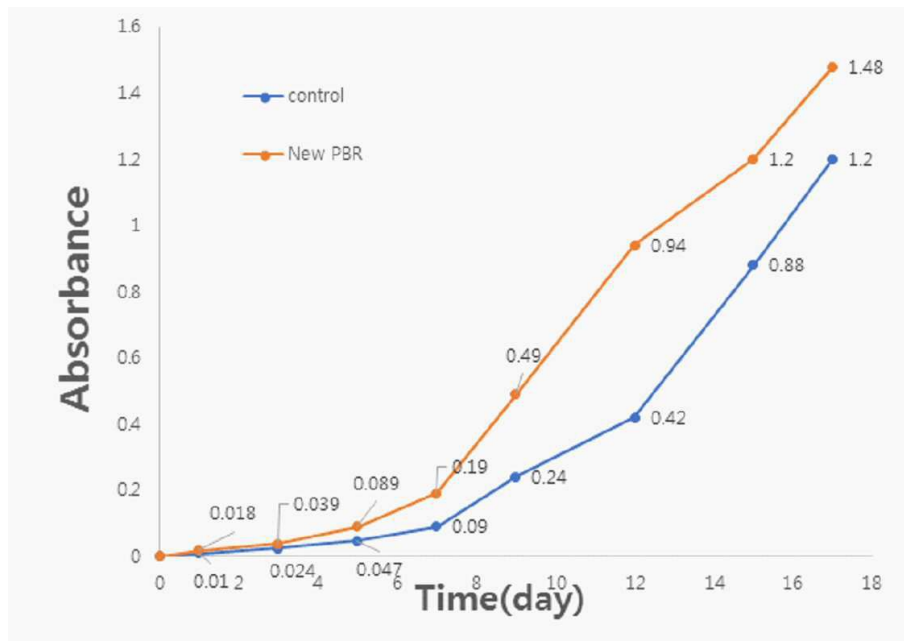
도면14



도면15



도면16



도면17

