



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년12월08일
(11) 등록번호 10-1469828
(24) 등록일자 2014년12월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C12N 1/12 (2006.01) C12N 1/02 (2006.01)
C12M 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0075606
(22) 출원일자 2013년06월28일
심사청구일자 2013년06월28일
(56) 선행기술조사문헌
JP2012179586 A*
KR101172438 B1*
KR1020110094830 A
KR1020130019752 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
이태윤
경기 고양시 일산서구 대화동 삼운트루아 1012호
임준혁
부산 수영구 광안해변로 100, 213동 407호 (남천
동, 남천삼익비치아파트)
이제근
부산광역시 남구 황령대로 504, 103동 102호 (대
연동, 대연비치아파트)
(74) 대리인
특허법인 신태양

전체 청구항 수 : 총 1 항

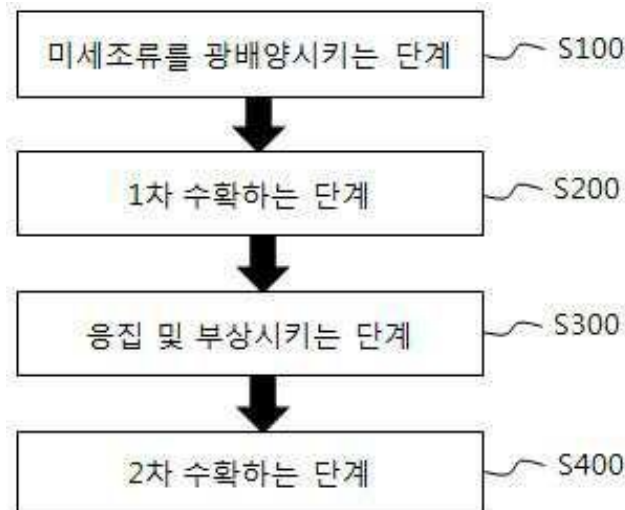
심사관 : 김정아

(54) 발명의 명칭 미세조류의 광배양 및 수확 방법

(57) 요약

본 발명은 미세조류의 광배양 및 수확 방법에 관한 것으로, 구체적으로는 광원으로 LED(light emitting diode)를 적용하여 미세조류의 배양효율을 향상시키고, 배양된 미세조류를 수확함에 있어 천연고분자 응집제와 마이크로 공기 기포를 적용하여 운전비용을 감소시키고 미세조류의 활용범위를 확장시키며, 또한 반연속 배양방법을 적용하여 수확하는 양은 작지만 짧은 시간 안에 다시 최대농도의 미세조류의 생산이 가능도록 하는, 미세조류의 광배양 및 수확 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C-D-2012-0938

부처명 해양수산부

연구관리전문기관 한국해양과학기술진흥원

연구사업명 해양에너지 및 자원이용기술개발사업

연구과제명 가스하이드레이트 형성원리를 이용한 해수담수화 기반기술개발

기 여 율 1/2

주관기관 부경대학교

연구기간 2012.09.01 ~ 2013.08.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C-D-2012-0847

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원사업

연구과제명 초음파 및 미세공기를 이용한 오염 하천 퇴적토 제거 메커니즘 연구

기 여 율 1/2

주관기관 부경대학교

연구기간 2012.09.01 ~ 2013.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

미세조류의 광배양 및 수확 방법에 있어서,

반응조에 미세조류 배양액을 투입하고, 광원에서 생성되는 빛을 조사하여 미세조류를 광배양시키는 단계(S100);

상기 S100 단계를 거친 미세조류 배양액 중 일부를 응집회수조로 1차 수확하는 단계(S200);

상기 S200 단계를 거쳐 수확된 미세조류 배양액에 천연고분자 응집제와 함께 마이크로 공기 기포를 투입하여 미세조류를 응집 및 부상시키는 단계(S300); 및

상기 S300 단계를 거쳐 응집 및 부상된 미세조류를 2차 수확하는 단계(S400);를 포함하여 구성되되,

상기 광원은, LED(light emitting diode)로써 650 ~ 700 nm 파장의 적색 LED, 400 ~ 500 nm 파장의 청색 LED 또는 백색 LED 중에서 단독 또는 2종 이상 병용하여 사용하되 조도값 1700 ~ 9000 Lux, 광량 50 ~ 165 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 으로 조사되는 것을 사용하며,

상기 S200 단계는, 상기 S100 단계를 거친 미세조류 배양액 중 10 ~ 50 부피%를 응집회수조로 1차 수확하고,

상기 천연고분자 응집제는, 상기 S200 단계를 거쳐 수확된 미세조류 배양액 100 중량부에 대하여, 0.05 ~ 0.5 중량부가 투입되되 상기 천연고분자 응집제는, 염화알루미늄6수화물($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 또는 폴리글루타민산(PG α 21Ca)이며,

상기 마이크로 공기 기포는, 그 크기가 2 ~ 20 μm 이며, 0.30 ~ 0.40 vvm의 속도로 5 ~ 15분간 투입되는 것을 특징으로 하는 미세조류의 광배양 및 수확 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

명세서

기술분야

본 발명은 반응조와 응집 회수조를 분리한 반연속 배양방법을 적용하되, 광원으로 LED(light emitting diode)를 적용하여 미세조류를 배양하고, 천연고분자 응집제와 마이크로 공기 기포를 이용하여 이를 수확할 수 있도록 하는 미세조류의 광배양 및 수확 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 일반적으로 미세조류는 광합성 색소를 가지고 광합성을 하는 단세포생물들을 통칭하는 것으로, 적당한 양의 빛과 용존 영양물질만 존재하면 성장이 가능하며, 바이오 매스 및 바이오 연료의 생산, 대기 및 수질 환경의 개선 등 다양한 분야에 활용될 수 있다.
- [0003] 구체적으로 설명하면, 우선 미세조류의 배양을 통한 바이오 매스 생산 및 산업적 이용 측면에서 살펴보면, 미세조류의 경우 빛을 에너지원으로 태양광을 사용하여 이산화탄소를 고정화하며 유용물질을 생산하는 특징을 가지고 있으며, 이러한 미세조류 배양을 통하여 산업적으로 중요한 유용물질을 생산하려는 연구가 활발하게 수행되고 있다. 일반적으로 바이오매스는 광합성으로 생성되는 유기물을 의미하는데, 미세조류는 광합성을 통해 배양되며 생성된 바이오매스 및 산업적 유용물질은 종에 따라 건강보조식품, 사료, 화장품, 신약 개발원료, 수송연료나 교통에너지 등 여러 방면으로 활용된다.
- [0004] 그리고, 미세조류를 이용한 바이오 연료 생산 연구 측면에서 살펴보면, 미세조류를 사용한 바이오 연료 생산 연구는 전 세계적으로 친환경정책의 흐름에 따라 다양하게 진행되고 있으며, 바이오 디젤은 동·식물성 유지와 알코올을 반응시켜 만든 지방산 메틸에스테르(Fatty acid methylesters)로서 순도가 95 % 이상인 것을 뜻하며 일반 경유와 물리화학적 특성이 거의 같아 경유를 대체할 수 있다. 한편, 미세조류로부터 디젤을 생산하기 위해서는 높은 칼로리를 위한 지질이 필요한데, *Chlorella*는 바이오매스 생산량이 높은 반면 지질함량은 28~32%로 *Nannochloropsis sp.*(31~68%) 및 *Botryococcus sp.*(29~75%)에 비해 상대적으로 낮은 편이지만 바이오매스 생산량과 지질함량이 높지만 배양조건이 까다로워 배양하기 어려우며 *Botryococcus sp.* 경우 지질함량은 현재까지 알려진 미세조류 중 가장 높으나 세포성장률 및 바이오매스 생산량이 낮은 점을 미뤄 볼 때, *Chlorella*의 경우 성장률이 높고 배양하기 쉬운 장점이 있기 때문에 고효율 반응을 이용한 미세조류 배양실험에 적합한 균주이다.
- [0005] 또한, 미세조류 배양을 통한 대기 및 수질 환경 개선 측면에서 살펴보면, 이산화탄소로 인해 전세계 평균기온 지난 100년간(1906~2005년) 0.74℃ 상승하였으며, 지구평균해수면은 1961~1993년간 매년 1.8mm 상승하였고, CO₂ 농도가 290ppm에서 360ppm으로 1세기 동안 30%가 증가했다. 21세기 대기중 CO₂ 농도는 550ppm을 초과할 것으로 예측되고 있으며, 지구의 평균 표면온도가 1.9~4.4℃ 증가할 것으로 예측되고 있다. 따라서, 이산화탄소 고정 메카니즘 및 클로렐라 배양을 통한 CO₂ 저감 관련하여, 미세조류는 고등식물과 거의 동일한 광합성 기작을 가진다. 그러나 대기 중의 무기탄소를 광합성의 주요 탄소원으로하는 식물군과는 달리 수중에 존재하는 미세조류의 경우 CO₂를 용존 무기 탄소(Dissolved Inorganic Carbon(DIC))으로 부터 얻을 수 있다. 광합성을 위해서 미세조류 내에 광합성 효소인 RUBISCO (ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase)가 존재하며 이 효소까지 무기탄소의 확산은 광합성능을 결정하는 중요한 요인으로 작용함. RUBISCO는 carboxylase 활성과 oxygenase 활성을 동시에 지니고 있으며 이 두가지 활성은 CO₂와 O₂의 농도에 따라 서로 경쟁적으로 나타난다. RUBISCO의 CO₂ 친화도는 원래 낮지만 세포내 CO₂농도를 높이는 기작에 의하여 높은 광합성 속도를 나타 낼 수가 있다. 이러한 CCM(CO₂ concentrating mechanism) 에서 미세조류 세포 내의 여러 가지 생체막을 통한 CO₂ 이동은 CO₂와 HCO₃⁻ 간의 전환(CO₂ + H₂O ⇌ HCO₃⁻ + H⁺)을 촉진하는 다양한 CA(Carbonic anhydrase)효소 들과 관련되어 있다.
- [0006] 한편, 미세조류 배양을 통해 바이오매스 생산뿐만 아니라 기존의 폐수처리에 적용하여 영양염류를 제거하는 연구가 많이 진행되고 있는데, 이는 미세조류 배양에 필요한 인, 질소의 무상공급과 더불어 수질정화라는 두개의 목표를 달성할 수 있기 때문이다. 따라서, 미세조류 배양을 통한 수질개선과 관련하여, 우리나라의 하수는 탄소원에 비해 질소원의 비율이 상대적으로 높아 기존의 미생물을 이용하여 하·폐수 처리 방법으로 질소를 제거하기에는 효율이 낮은 단점을 가진다. 즉, 포함되어 있는 질소가 충분히 제거되지 않은 상태에서 수계에 방류된다면 질소로 인하여 발생된 부영양화 현상 때문에 경제적인 피해는 물론 생태계의 교란이 야기될 수 있다. 미세조류는 광합성을 하여 성장하는 미생물로서 유기 탄소원의 공급이 필요 없고 이산화탄소를 탄소원으로 이용하여 성장하므로 C/N비(탄질비)가 낮은 폐수에서 질소를 고정화할 수 있다. 즉, 조류처리(algal treatment)의 경우 축산분뇨에 포함된 영양물질을 미세조류(microalgae)를 이용하여 처리하는 방식으로 기존 처리시설과 연계하였

을 경우 여러 가지 시너지효과가 있을 것으로 예상하고 있다는 보고가 있으며, 수질을 악화시키는 축산폐수를 자원으로 재활용하기 위한 목적으로 부식 토양 미생물에 의해 발효시킨 처리수를 이용하여 *Chlorella ovalis*와 *Dunaliella parva*의 생산력을 강화할 수 있는 배지를 개발했다는 보고가 있고, *Chlorella sp.* HA-1를 이용하여 축산폐수로부터 방출되어 하천의 부영양화를 유발하는 질소, 인 등의 영양염류를 제거하기 위한 조류배양공정 개발연구를 했다는 보고가 있으며, C/N 비가 낮은 폐수 내의 질소를 제거하기 위하여 *Chlorella Kessleri*를 이용하여 질소 제거능력을 알아보고 *Chlorella*의 단일 균으로 폐수 내 질소 제거 장치의 가능성을 알아본 연구가 진행된 사례가 있다.

[0007] 한편, 일반적인 미세조류 배양방법을 살펴보면, 우선 개방형 배양(Open culture systems)방법은 도 1에 도시된 바와 같이, 자연 상태에서 영양원 공급이 풍부한 개방된 연못 등에서 배양하는 것으로, 초기 설비투자액과 운전비용이 저렴하고 유지 및 보수가 용이한 장점을 가지고 있으나, 자연광을 이용함에 따라 배양장치 내부로 효과적인 빛 전달이 이루어지지 않아 균체의 성장속도가 느리고, 균체의 성장 수율이 낮으며, 오염으로 인한 미세조류 생물량 및 종의 불안정성, 영양원의 불균등 분포 등의 문제점과 더불어 많은 양의 이산화탄소를 제거하기 위해서는 넓은 설치공간이 필요한 단점이 있다. 또한 미세조류의 침전이 일어나는 점과 순환식 원형연못의 경우 중앙부에 효과적인 교반이 어려운 단점이 있어 미세조류의 효과적인 전이가 현저히 감소되기 때문에 생산성이 낮으며, 현재 거의 대부분 수로(raceway)형태로 축조되고 있는데, 수로형 연못은 한 개 또는 몇 개의 채널(channel)이 연결되어 순환하도록 구성되며 깊이는 약 0.3 m이고, 콘크리트, 플라스틱 등의 재질로 제작되며, 배양액의 순환 및 미세조류의 침강을 방지하기 위해 수차(paddle wheel)를 설치한다. 실외배양(Raceway pond)의 배양액의 냉각은 증발에 의해 조절되며, 미세조류 바이오매스의 증산을 위해 공급되는 이산화탄소의 많은 부분은 대부분 대기 중으로 손실되므로 광생물 반응기에 비하여 광합성 효율이 낮은 단점이 있으며, 미세조류의 생산성은 다른 미세조류 및 미생물에 의한 오염에 크게 영향을 받게 된다.

[0008] 다음으로, 밀폐형 배양(Closed culture systems)방법은 도 2에 도시된 바와 같이, 관형 광생물반응기(Tubular photobioreactor)와 판형 광생물반응기 (flat-plate photobioreactor)로 효과적인 멸균이 가능하고, 기체전달이 용이하며, 구조가 간단하여 쉽게 어느 곳에서든 설치가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 상기 관형 광생물반응기는 유리 또는 플라스틱 재질을 주로 사용하며, 우수한 교반성, 효과적인 멸균, 기체 전달의 용이성, 공간적 설치의 용이성 등 여러 장점이 있다. 다만, 대량 배양을 위하여 관의 직경을 크게 할수록 부피에 대한 표면채광면적이 상대적으로 떨어지는 구조적인 단점을 지니기 때문에 효과적인 교반시스템 또는 인공채광 시스템을 추가적으로 구비해야하며, 이때 관의 길이는 제한을 받게 된다. 고농도 배양을 위한 광생물 반응기는 단위 부피당 표면적 비가 높아야 하는데 이를 높이는 가장 쉽고 간단한 방법은 판형 광생물 반응기이며, 이러한 장점에서 판형 광생물반응기에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한 광섬유반응기(Optical fiber reactor)의 경우에는 빛을 광섬유를 통해 반응기 내부로 조사시켜 빛에너지이용효율을 높이는데, 다른 반응기들에 비해 높은 이산화탄소 고정화효율을 얻을 수 있다. 그러나 고가의 광섬유와 부대시설로 인한 초기 투자비가 지나치게 높다는 단점이 있다.

[0009] 한편, 생육조건에 따른 배양방법으로써, Photoautotroph은 최대의 성장을 위하여 물, 빛, 기초영양분만을 필요로 하며, Autotrophic은 광을 조사하고 이산화탄소를 탄소원으로 사용하며, Heterotrophic은 광을 조사하지 않고 포도당을 탄소원으로하여 무균환경에서 탱크 내에서 암조건으로 배양하며, mixotrophic은 광의 조사 하에 초산 등의 유기탄산을 탄소원으로 사용한다.

[0010] 이를 고려할 때, 우리나라는 일별, 계절별 온도 및 강수량의 차이가 심하기 때문에 기후의 영향을 덜 받는 밀폐형 배양시스템이 효과적이며, 특히 개방형 배양의 경우 넓은 부지가 필요하므로 우리나라의 실정에 적합하지 않다.

[0011] 관련 선행기술로써, 특허문헌 1에는 미세조류의 대량생산을 위한 연속식광반응기에 있어서, 광원으로 형광등을 사용하는 기술이 공개되어 있다.

[0012] 하지만 광원으로 형광등을 사용할 경우, 광변환효율이 백열등(8%)에 비해서는 높지만 LED(25~30%)에 비해서는 낮으며, 이로 인해 같은 광량을 발산할 경우, 형광등에서의 외부 접촉온도는 110℃에 육박하여 재배식물이나 미세조류 배양기에 가까이 둘 수 없으며, 통상 빛의 세기는 광원과의 거리의 제곱에 반비례하므로 광효율이 급격히 저하되는 문제점이 있었다.

- [0013] 또한, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 별도의 냉각시스템을 구비해야할 뿐만 아니라 배양에 필요없는 과장의 빛이 포함됨에 따라 유해과장제거를 위한 별도의 필터를 구비해야하는 문제점이 있었다.
- [0014] 한편, 대부분의 미세조류는 배양액에서의 농도가 낮으며, 크기가 30 μ m이하이고, 물의 밀도보다 약간 크다는 이유로 분리하기가 용이하지 않다. 따라서, 미세조류의 대량배양을 통한 유용물질들의 생산과정에서 해결되어야 하는 중요한 과제중의 하나가 경제적인 수확(harvesting)이며, 적합한 수확방법은 조류의 종 및 조류로부터 얻어질 유용물질의 용도에 따라 달라지는데, 통상 여과(filtration), 침전화(sedimentation), 부유(flotation), 원심분리(Centrifugation), 응집(flocculation) 등과 같은 복잡한 과정을 통하여 이루어진다.
- [0015] 관련 선행기술로써 특허문헌 2에서는 미세조류 고밀도 배양용 광생물 반응기와, 이를 이용한 미세조류 배양 및 수확 방법에 관한 것으로, 미세조류의 배양이 끝난 후, 응집제(CaCl_2 와 FeCl_3)를 배양액에 첨가하여 응집반응을 유도한 후, 미세조류를 수확하는 기술이 공개되어 있다.
- [0016] 응집(flocculation)법은 배양액 중의 미세조류를 수용액과 분리하기 위해 화학응집제 또는 생물학적 응집방법(bioflocculation)을 이용하여 미세조류를 수확하는 방법인데, 미세조류의 표면은 (+) 전하로 대전되어 있어 각 미세조류 입자들은 수용액 중에 부유상태로 존재하는데 화학응집제의 경우 이러한 미세조류 표면의 전하를 중성으로 전환시켜 미세조류 입자들간의 반발력을 줄여 입자들간의 결합을 촉진시키는 역할을 한다. 하지만 화학응집제를 사용하는 경우 미세조류에 화학약품이 포함되므로 수확된 미세조류의 사용에 제한이 있으며 생물학적 응집방법은 화학응집제에 의한 응집에 비해 시간이 오래 걸리고 공정도 다소 복잡한 단점이 있다.
- [0017] 또한, 특허문헌 3에서는 미세조류 배양용 광생물 반응장치에 관한 것으로, 원심분리기를 이용하여 배양된 미세조류를 수확함으로써, 이산화 탄소의 흡수 고정량을 향상시키고자 한 기술이 공개되어 있다.
- [0018] 하지만, 원심분리(centrifugation)법을 이용할 경우, 통상 미세조류 전체 공정에서 수확비용은 미세조류의 종류, 셀 농도, 배양방법에 따라 차이가 있지만, 대략 20~30%로 차지하는 것으로 보고되는데, 이에 대한 비용계산은 원심분리를 통해 배양액과 미세조류를 분리시키는 과정에서 발생하는 비용을 일반적으로 평균한 값으로 배치형식의 원심분리가 아닌 연속적 원심분리 방법을 의미한다. 즉, 연속적 원심분리의 경우 배양액속의 미세조류의 농도가 낮기 때문에 많은 에너지를 소모하게 되는데, 0.04%에서 4%의 미세조류 건조중량을 포함한 배양액에서 원심분리를 통해 분리하는 비용은 1.3 kWh/m³에 달한다고 보고되고 있으며, 원심분리를 통해 22%의 건조중량을 만들기 위해서는 약 8 kWh/m³이 소모된다고 보고된다. 따라서, membrane 필터를 이용한 미세조류 수확에서는 70% 수확효율을 얻기 위해 사용되는 전력은 0.25 kWh/m³에 지나지 않기 때문에 바이오디젤 생산을 위해서는 원심분리 방법은 경제성이 떨어지는 문제점이 있었다.
- [0019] 한편, 최근 진공을 가하여 배양액 중의 미세조류를 수면으로 부상시켜 처리하는 기술도 개발되었으나, 진공을 이용한 부상(flotation)법을 이용할 경우, 미세조류 수확비용이 0.2 kWh/kg DW로 기존의 응집법과 원심분리에 비해 10~100배 정도의 비용 절감이 있는 것으로 보고되었으나, 초기 투자비용이 다른 방법에 비해 높은 문제점이 있다.
- [0020] 또한, 상기 특허문헌 1 내지 3의 경우, 미세조류의 배양과, 응집 및 회수를 하나의 반응기에서 수행함에 따라 미세조류의 수확량은 많지만, 배양 및 수확에 소모되는 시간이 증가할 뿐만 아니라 미세조류의 농도가 낮은 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0021] (특허문헌 0001) : 대한민국 공개특허공보 제10-2005-0081766호 "이산화탄소의 저감 및 미세조류의 대량생산을

위한 연속식광반응기"

(특허문헌 0002) : 대한민국 공개특허공보 제10-2011-0094830호 "미세조류 고밀도 배양용 광생물 반응기와, 이를 이용한 미세조류 배양 및 수확 방법"

(특허문헌 0003) : 대한민국 공개특허공보 제10-2013-0025742호 "미세조류 배양용 광생물 반응장치"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0022] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 광원으로 형광등을 사용하던 종래기술과 달리, 형광등에 비해 높은 광효율을 가지는 LED(light emitting diode)를 적용함에 따라 미세조류의 배양효율을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 종래 형광등에 비해 열의 발생이 미비하여 냉각시스템이 필요 없고, 배양에 필요 없는 파장의 빛이 포함되어있지 않음에 따라 유해파장제거를 위한 별도의 필터를 구비하지 않아도 되는, 미세조류의 광배양 및 수확 방법을 제공함을 과제로 한다.

[0023] 또한, 원심분리기와 화학응집제를 이용하여 미세조류를 수확하는 종래기술과 달리, 배양된 미세조류를 수확함에 있어 천연고분자 응집제와 마이크로 공기 기포를 적용함으로써, 운전비용 등이 감소되어 경제적인 뿐만 아니라 수확된 미세조류에 화학물질이 포함되지 않음에 따라 그 사용에 제한이 없도록 하는, 미세조류의 광배양 및 수확 방법을 제공함을 다른 과제로 한다.

[0024] 아울러, 미세조류의 배양과, 응집 및 회수를 하나의 반응기에서 수행하던 종래기술과 달리, 미세조류를 배양시키기 위한 반응조와, 배양된 미세조류를 응집하여 회수하는 응집 회수조를 분리하여, 미세조류의 성장곡선 최대치에서 반응조의 배양액 일부를 수확한 후 회수함으로써, 수확하는 양은 작지만 짧은 시간 안에 다시 최대농도의 미세조류의 생산이 가능도록 하는, 미세조류의 광배양 및 수확 방법을 제공함을 또 다른 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0025] 본 발명은 미세조류의 광배양 및 수확 방법에 있어서,

[0026] 반응조에 미세조류 배양액을 투입하고, 광원에서 생성되는 빛을 조사하여 미세조류를 광배양시키는 단계(S100);

[0027] 상기 S100 단계를 거친 미세조류 배양액 중 일부를 응집회수조로 1차 수확하는 단계(S200);

[0028] 상기 S200 단계를 거쳐 수확된 미세조류 배양액에 천연고분자 응집제와 함께 마이크로 공기 기포를 투입하여 미세조류를 응집 및 부상시키는 단계(S300); 및

[0029] 상기 S300 단계를 거쳐 응집 및 부상된 미세조류를 2차 수확하는 단계(S400);를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 미세조류의 광배양 및 수확 방법을 과제의 해결 수단으로 한다.

[0030] 이때, 상기 광원은, LED(light emitting diode)인 것이 바람직하다.

[0031] 아울러, 상기 LED는, 650 ~ 700 nm 파장의 적색 LED, 400 ~ 500 nm 파장의 청색 LED 또는 백색 LED 중에서 단독 또는 2종 이상 병용하여 사용하되, 조도값 1700 ~ 9000 Lux, 광량 50 ~ 165 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 으로 조사되는 것이 바람직하다.

[0032] 한편, 상기 S200 단계는, 상기 S100 단계를 거친 미세조류 배양액 중 10 ~ 50 부피%를 응집회수조로 1차 수확하

는 것이 바람직하다.

[0033] 그리고, 상기 천연고분자 응집제는, 상기 S200 단계를 거쳐 수확된 미세조류 배양액 100 중량부에 대하여, 0.05 ~ 0.5 중량부가 투입되는 것이 바람직하다.

[0034] 이때, 상기 천연고분자 응집제는, 염화알루미늄6수화물($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 또는 폴리글루타민산(PG α 21Ca)인 것이 바람직하다.

[0035] 또한 상기 마이크로 공기 기포는, 그 크기가 2 ~ 20 μm 이며, 0.30 ~ 0.40 vvm의 속도로 5 ~ 15분간 투입되는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0036] 기술적 측면에서 수중 LED를 미세조류 배양에 사용할 수 있는 기술적 기반을 제공하여 기존 미세조류 배양보다 훨씬 높은 생산성과 경제성을 제공할 수 있으며, 실제 바이오디젤이나 바이오에탄올 생산공정에서 수확비용이 전체 공정 비용의 20%를 차지하므로 수확공정에서의 생산성 향상과 비용절감을 도모할 수 있고, 반연속배양과 미세조류 수확시스템을 결합하여 전체 공정의 연속성을 유지하며, 자동화 공정의 도입으로 관리비용의 절감을 도모할 수 있는 효과가 있다.

[0037] 그리고, 환경적 측면에서 하폐수 처리 및 해양, 담수 생물 서식지의 오염을 제거하는 생물복원에도 미세조류 배양이 크게 기여할 수 있으며, 호소 부영양화의 문제를 해결하기 위해서는 방류수의 영양염류 농도를 현저히 감소시켜야 하고 이를 위해서는 하폐수의 3차 처리(고도처리)가 필수적인데, 이때 질소와 인에 대한 높은 축적기능을 갖는 미세조류를 이용하여 방류수 중에서 질소와 인의 제거효율을 높일 수 있으며, 미세조류를 이용한 폐수처리의 대표적인 예로는 폐수로 채워진 산화지로 불리는 연못에서 미세조류를 배양하면 '알바조드(albazod)'라고 불리는 미세조류, 세균, 동물성 플랑크톤, 잔재물의 결합체가 형성되는데, 이와 같은 산화지 처리에서 본 발명을 활용한다면 처리효율을 향상시켜 수질정화에 큰 역할을 할 수 있을 것이며, 폐수중에 존재하는 중금속 처리에 미세조류 배양 시스템을 적용할 수 있고, 일부 해산 또는 담수산 미세조류는 중금속을 선택적으로 흡수하여 체내에 축적하는 기능이 탁월한 것으로 알려져 있으므로, 본 발명을 적용하여 오염물질을 제거할 수 있는 새로운 방안을 확보할 수 있는 효과가 있다.

[0038] 또한, 경제적인산업적 측면에서 미세조류 배양을 통하여 산업적으로 중요한 유용물질을 생산할 수 있을 뿐만 아니라 바이오매스 및 산업적 유용물질은 종에 따라 건강보조식품, 사료, 화장품, 신약 개발원료, 수송연료나 교통에너지 등 여러 방면으로 활용될 수 있고, 수산 인공양식업의 발달에 따라 양어사료로써 미세조류의 수요가 증가하고 있으며 담수산 클로렐라를 윤충(Rotifer)의 먹이생물로도 이용되어지며, 미네랄, 비타민, 필수 아미노산을 다량 함유하고 있다는 특징과 다양한 생리활성을 가지고 있어 사료첨가제, 식품첨가물 및 화장품, 의약품으로서 이용가능성을 지니고 있고, LED-해양 융합기술의 창출을 통하여 수산업, 해양바이오 산업, 해양환경 방제 등에서 신규시장을 창출하여 관련 산업의 부흥과 성장을 견인하는 중요한 역할을 수행할 수 있는 등 해양산업의 고부가가치화 및 부흥에 기여할 수 이므로, LED 산업은 2015년 세계시장 1,000억\$, 년평균성장률 41%의 고성장이 예견되는 산업으로 LED의 이용분야를 확대할 수 있는 등 LED 산업의 대규모 시장형성과 성장성이 우수하도록 하고, 우리나라는 2012년경 LED조명 시장이 급속 성장하고 있으며, 2015년경부터 LED-농생명, LED-해양분야가 성장기에 들어갈 전망이므로 본 발명은 이러한 추세에 맞는 선도적인 발명으로 활용될 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 미세조류의 광배양 및 수확 방법을 나타낸 흐름도

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 미세조류의 광배양 및 수확 방법을 도식화한 개략도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0040] 상기의 효과를 달성하기 위한 본 발명은 미세조류의 광배양 및 수확 방법에 관한 것으로서, 본 발명의 기술적 구성을 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며 그 이외 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흐트리지 않도록 생략될 것이라는 것을 유의하여야 한다.
- [0041] 이하, 본 발명에 따른 미세조류의 광배양 및 수확 방법을 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0042] 본 발명에 따른 미세조류의 광배양 및 수확 방법은 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 미세조류를 광배양시키는 단계(S100), 1차 수확하는 단계(S200), 응집 및 부상시키는 단계(S300) 및 2차 수확하는 단계(S400)를 포함하여 구성된다.
- [0043] 상기 미세조류를 광배양시키는 단계(S100)는 반응조에 미세조류 배양액을 투입하고, 광원에서 생성되는 빛을 조사하여 미세조류를 광배양시키는 단계로써, 광원으로 LED(light emitting diode)가 사용된다.
- [0044] 즉, 형광등에 비해 높은 광효율을 가지는 LED를 적용함에 따라 미세조류의 배양효율을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 종래 형광등에 비해 열의 발생이 미비하여 냉각시스템이 필요 없고, 배양에 필요 없는 파장의 빛이 포함되어있지 않음에 따라 유해파장제거를 위한 별도의 필터를 구비하지 않아도 된다.
- [0045] 이때, 상기 LED는, 650 ~ 700 nm 파장의 적색 LED, 400 ~ 500 nm 파장의 청색 LED 또는 백색 LED 중에서 단독 또는 2종 이상 병용하여 사용하되, 조도값 1700 ~ 9000 Lux, 광량 50 ~ 165 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 으로 조사된다.
- [0046] 상기 LED의 파장, 조도값 및 광량이 상기 범위 미만일 경우, 비증식속도와 최대 세포농도가 저하될 우려가 있으며, 상기 범위를 벗어날 경우, 비경제적일 우려가 있다.
- [0047] 한편, 상기 미세조류 배양액은 미세조류를 배지를 이용하여 배양시킨 후, 회석시킨 용액으로 이미 공지된 기술이며, 클로렐라속(*Chlorella* sp.), 노클로로피시스속(*Nannochloropsis* sp.), 보트리오크커스속(*Botryococcus* sp.), 세네데스무스속(*Scenedesmus* sp.), 스피루리나속(*Spirulina* sp.) 등의 다양한 미세조류 및 배지를 사용할 수 있다.
- [0048] 상기 1차 수확하는 단계(S200)는 상기 S100 단계를 거친 미세조류 배양액 중 일부를 응집회수조로 1차 수확하는 단계로써, 상기 S100 단계를 거친 미세조류 배양액 중 10 ~ 50 부피%를 응집회수조로 1차 수확한다.
- [0049] 즉, 미세조류의 성장곡선 최대치에서 반응조의 배양액 일부를 수확한 후 회수함으로써, 수확하는 양은 작지만 짧은 시간 안에 다시 최대 농도의 미세조류의 배양 및 생산이 가능도록 한다.
- [0050] 이때, 상기 미세조류의 1차 수확량이 상기 범위를 벗어날 경우, 미세조류의 배양효과가 미비해질 우려가 있다.
- [0051] 한편, 상기 미세조류의 성장곡선은 본 발명이 적용되는 미세조류의 종류 운전조건 및 환경 등에 따라 각각 가변적일 수 있으며, 특별히 한정되지는 않는다.
- [0052] 즉, 본 발명이 적용 시, 그 조건(미세조류의 종류 운전조건 및 환경 등)에 맞는 성장곡선을 파악한 후 1차 수확시점을 적용한다.
- [0053] 상기 미세조류를 응집 및 부상시키는 단계(S300)는, 상기 S200 단계를 거쳐 수확된 미세조류 배양액에 천연고분자 응집제와 함께 마이크로 공기 기포를 투입하여 미세조류를 응집 및 부상시키는 단계로써, 상기 S200 단계를 거쳐 수확된 미세조류 배양액 100 중량부에 대하여, 천연고분자 응집제 0.05 ~ 0.5 중량부가 투입되며, 이와 동시에 크기가 2 ~ 20 μm 인 마이크로 공기 기포가 0.30 ~ 0.40 vvm의 속도로 5 ~ 15분간 투입되어 상기 응집된 미세조류가 기포에 흡착되어 부상된다.

- [0054] 즉, 미세조류의 수확 시, 운전비용 등이 감소되어 경제적인 뿐만 아니라 수확된 미세조류에 화학물질이 포함되지 않음에 따라 그 사용에 제한이 없게 된다.
- [0055] 이때, 상기 천연고분자 응집제는, 염화알루미늄6수화물($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 또는 폴리글루타민산(PG α 21Ca)등을 적용할 수 있으며, 상기 천연고분자 응집제의 투입량이 0.05 중량부 미만일 경우, 미세조류의 응집효과가 미비할 우려가 있으며, 0.5 중량부를 초과할 경우, 후술되어질 2차 수확 단계(S400)에서 마이크로 공기 기포에 의해 부상이 잘 되지 않을 우려가 있다.
- [0056] 그리고, 상기 마이크로 공기 기포의 크기, 분사속도 및 시간이 상기 범위를 벗어날 경우, 응집된 미세조류가 제대로 부상되지 않을 우려가 있다.
- [0057] 한편, 상기 마이크로 공기 기포에는 이산화탄소가 포함될 수 있다.
- [0058] 상기 2차 수확하는 단계(S400)는, 상기 S300 단계를 거쳐 천연고분자 응집제에 의해 응집되고 마이크로 공기 기포에 의해 부상된 미세조류를 통상의 수확기구 등을 이용하여 2차 수확하게 된다.
- [0059] 이하 본 발명을 아래 실시예에 의거하여 더욱 상세히 설명하겠는바 본 발명이 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0060] 1. 미세조류의 광배양 및 수확
- [0061] (제조예 1) 미세조류 배양액
- [0062] 본 발명에 사용된 미세조류는 *Chlorella* sp. FC-21로 한국해양 미세조류은행(KMMCC, Korea)으로부터 분양받았으며, 사용된 배지는 아래 [표 1]에 나타낸 바와 같은 성분의 JM배지(Jaworski's Medium, Thompson et al., 1988)를 조제하여 121℃에서 15분간 멸균하여 사용하였다. 이때 최대 셀농도는 2×10^7 cells/mL이었다.

표 1

(단위: mg/L 탈이온수)

조성	함양
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	20
KH_2PO_4	12.4
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50
NaHCO_3	15.9
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	36
NaNO_3	80
EDTA FeNa	2.25
EDTANa_2	2.25
H_3BO_3	2.48
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.39
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.00
cyanobalamin	0.04
thiamine HCl	0.04
biotin	0.04

[0064] (실시예 1)

[0065] 상기 제조예 1에 의해 제조된 미세조류 배양액을 반응조에 투입하고, 650 ~ nm 파장의 적색 LED를 이용하여, 조도값 1700 Lux, 광량 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 으로 조사하여 미세조류를 배양시킨 후, 상기 미세조류 배양액 중 50 부피%를 응집회수조로 1차 수확하였다. 그리고 상기 1차 수확된 미세조류 배양액에 폴리글루타민산(PG α 21Ca) 0.05 중량부를 투입하는 동시에 크기가 2 μm 인 마이크로 공기 기포를 0.40 vvm의 속도로 5분간 투입하여 응집 및 부상된 미세조류를 2차 수확하였다.

[0066] (실시예 2)

[0067] 상기 제조예 1에 의해 제조된 미세조류 배양액을 반응조에 투입하고, 500 nm 파장의 백색 LED를 이용하여, 조도값 9000 Lux, 광량 165 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 으로 조사하여 미세조류를 배양시킨 후, 상기 미세조류 배양액 중 10 부피%를 응집회수조로 1차 수확하였다. 그리고 상기 1차 수확된 미세조류 배양액에 염화알루미늄6수화물($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.5 중량부를 투입하는 동시에 크기가 20 μm 인 마이크로 공기 기포를 0.30 vvm의 속도로 15분간 투입하여 응집 및 부상된 미세조류를 2차 수확하였다.

[0068] (비교예 1)

[0069] 상기 제조예 1에 의해 제조된 미세조류 배양액을 반응조에 투입하고, 형광등을 이용하여 상기 실시예 1의 LED와 동일한 광량으로 조사하여 미세조류를 배양시킨 후, CaCl_2 0.5 중량부를 투입한 후, 원심분리기를 이용하여 미세조류 수확하였다.

[0070] 2. 최종 미세 조류 농도 평가

[0071] 상기 실시예 1, 2 및 비교예 1의 방법에 따라 수확된 미세조류의 최종 농도를 현미경 직접계수법으로 측정하였으며, 그 결과를 아래 [표 2]에 나타내었다.

표 2

	운전시간	최종농도
실시예 1	6일	2×10^8 cells/mL
실시예 2	3일(반연속배양)	7×10^6 cells/mL
비교예 1	6일(형광등 조명)	1×10^7 cells/mL

[0073] 상기 [표 2]에서와 같이 본 발명에 따른 실시예 1, 2는 비교예 1에 비하여 미세조류의 최종농도가 높은 것을 알 수 있다.

[0074] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 미세조류의 광배양 및 수확 방법을 상기의 바람직한 실시 예를 통해 설명하고, 그 우수성을 확인하였지만 해당 기술 분야의 당업자라면 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0075] S100 : 미세조류를 광배양시키는 단계

S200 : 1차 수확하는 단계
S300 : 응집 및 부상시키는 단계
S400 : 2차 수확하는 단계

도면

도면1



도면2

