



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0085244

(43) 공개일자 2015년07월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C12M 1/12 (2006.01) *C12N 1/12* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0004917

(22) 출원일자 2014년01월15일

심사청구일자 2014년01월15일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

이진원

서울특별시 송파구 오륜동 양재대로 1218 올림픽선수기자촌아파트 201동 1601호

권혁진

서울 관악구 성현로 80, 121동 1304호 (봉천동, 관악드림타운)

김상우

전북 익산시 선화로 209, (남중동)

(74) 대리인

양부현

전체 청구항 수 : 총 12 항

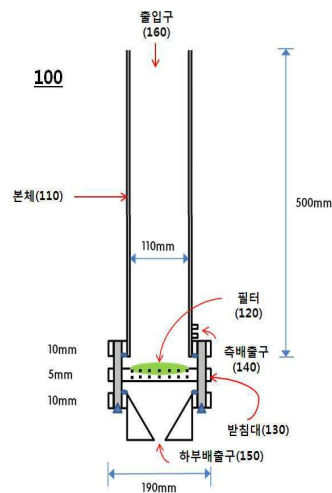
(54) 발명의 명칭 미세조류 수확장치

(57) 요약

본 발명은 본체(110), 미세조류 분리 가능한 필터(120) 및 필터(120)의 하부에 장착되는 받침대(130)를 포함하는 미세조류(microalgae) 수확장치(100)에 관한 것이다. 본 발명의 미세조류 수확장치는 별도의 압력을 가할 필요 없이 중력에 의해 시료를 침강시키고 장치 내부에 장착된 필터를 이용하여 미세조류 분획물을 수득할 수 있다.

특히, 직물(woven) 또는 부직포(non-woven) 재질의 필터를 사용함으로써 고수율의 미세조류 분획물을 수득할 수 있으며, 화학약품을 사용하지 않으면서도 고효율 저비용으로 미세조류를 수확할 수 있다는 장점이 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 D10913611H320000110

부처명 국토해양부

연구관리전문기관 한국해양과학기술진흥원

연구사업명 해양 생명공학사업

연구과제명 해양 바이오 에너지 생산기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교

연구기간 2009.12.07 ~ 2019.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

다음에 포함하는 미세조류(microalgae) 수확장치(100):

- (a) 상부에 미세조류 시료가 출입 가능한 출입구(160)가 형성되는 본체(110);
- (b) 상기 본체(110)의 내측 하부에 장착되며 미세조류 분리 가능한 필터(120); 및
- (c) 상기 필터(120)의 하부에 장착되며 미세조류를 제외한 물질이 통과 가능한 홀(hole)이 형성되는 받침대(130);

미세조류는 상기 본체의 상부 출입구로 투입되어 중력 침강에 의해 본체의 하부 방향으로 이동하며, 미세조류를 제외한 물질은 상기 필터 및 받침대에 형성된 홀을 통과하여 본체의 하부 방향으로 배출된다.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 본체(110)는 투명한 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 본체(110)는 본체의 하부가 하(上) 방향으로 갈수록 폭이 좁아지는 형상인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 본체(110)는 측면에 (i) 필터(120)에 의해 분리된 미세조류 분획물 또는 (ii) 미세조류 분획물을 제외한 상등액(supernatant)의 배출이 가능한 측배출구(140)가 형성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 측배출구(140)는 상기 미세조류의 분획물 또는 상등액을 흡입 분리할 수 있는 분리수단이 결합되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 측배출구(140)는 미세조류 분획물의 오염을 막기 위한 필터가 장착되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 본체(110)는 하부에 필터(120) 및 받침대(130)를 통과한 물질의 배출이 가능한 하부 배출구(150)가 형성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

제 4 항 또는 제 7 항에 있어서, 상기 측배출구(140) 및 하부 배출구(150)는 개폐 가능한 마개 또는 밸브가 장착되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 필터(120)는 직물(woven) 또는 부직포(non-woven) 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 직물은 나일론(nylon) 또는 면(cotton)인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 미세조류는 해양(marine) 미세조류인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 미세조류는 테트라셀미스(*Tetraselmis*), 클로렐라(*Chlorella*), 클람도모나스(*Chlamdomonas*), 캐토세로스(*Chaetoceros*), 스피롤리나(*Spirolina*), 두날리엘라(*Dunaliella*), 포르피리둠(*Porphyridum*), 페디아스트룸(*Pediastrum*) 또는 코엘라스트룸(*Coelastrum*)인 것을 특징으로 하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 미세조류 수확장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 채취할 수 있는 원유가 한정적이며 원유 가격의 상승, 연료 연소 시 발생하는 이산화탄소로 인한 지구온난화 같은 기상이변을 일으키는 문제가 발생하고 있다. 따라서 세계 각국에서는 지구 온난화의 대표적인 주범인 이산화탄소의 배출량을 줄이기 위하여 재생 가능한 대체 에너지원 연구 개발을 진행하고 있다[1-3].

[0003] 대체 에너지원 중 하나인 바이오 에너지의 경우 바이오 디젤, 바이오 에탄올, 바이오 가스로 나눌 수 있다. 그리고 바이오 에탄올과 바이오 디젤을 수송 연료로 상용화한 나라도 있다[4-6]. 바이오 디젤은 옥수수(Corn), 캐놀라(Canola), 팜유(Oil palm) 또는 자트로파(Jatropha)와 같은 옥상 식물을 바이오매스(biomass)로 이용하여 생산할 수 있다. 이들은 옥상 식물에 비하여 면적당 생산 수율이 높으며, 재배를 위해 필요한 경작지도 더 적다. 또한, 햇빛, CO₂ 및 미량의 무기영양소만 있어도 성장할 수 있다는 장점을 가지고 있다[7-9].

[0004] 이러한 미세조류로부터 바이오 디젤을 얻기 위해서는 다음과 같은 단계를 거쳐야 한다. 미세조류를 대량으로 배양하고 배양액으로부터 미세조류를 수확한 뒤, 지질을 추출한다. 그리고 추출한 지질을 바이오 디젤로 전환한다. 미세조류로부터 수확 방법으로는 원심분리, 여과, 응집, 부유를 들 수 있다. 원심분리 방법은 가장 효율적이지만 아직까지 유지비에서 많은 비용이 들기 때문에 적합하지 못하다. 그리고 여과법의 경우 시간이 경과함에 따라 미세조류 덩어리에 의하여 막(membrane)이 막히는 일이 발생한다. 따라서 주기적인 막 교체가 필요하다[10]. 부유법의 경우는 응집제 첨가 혹은 기포를 발생시켜 미세조류 표면에 달라붙게 함으로써 밀도를 감소시켜 배양액 표면으로 떠오르게 하여 회수하는 방법이다. 하지만 상용화하기 위해서는 비용이 많이 소요된다. 응집법의 경우 효율은 좋으나 사용되는 화학약품들로 인하여 2차 오염을 일으켜 환경적으로 문제가 되는 치명적인 단점을 가지고 있다. 또한 상기 나열된 방법들은 모두 수확단계에서 많은 에너지 비용이 발생

하게 된다. 따라서 경제적 측면에서 지금의 석유연료에 대해 경쟁력을 가질 수 없다. 반면, 중력을 이용한 침전법은 에너지 비용이 들어가지 않으며, 환경적으로 유해한 화학약품이 사용되지 않기 때문에 2차 오염에 대한 피해를 걱정하지 않아도 된다.

[0005] 따라서 본 연구에서는 친환경적 저에너지의 높은 수확 효율을 가질 수 있도록 침강법을 이용한 미세조류 분리 수확 시스템을 개발하고 최적화하는 연구개발을 수행하였다.

[0006] 본 명세서 전체에 걸쳐 다수의 논문 및 특허문헌이 참조되고 그 인용이 표시되어 있다. 인용된 논문 및 특허문헌의 개시 내용은 그 전체로서 본 명세서에 참조로 삽입되어 본 발명이 속하는 기술 분야의 수준 및 본 발명의 내용이 보다 명확하게 설명된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명자들은 간단한 방법으로 미세조류를 분리하되 저비용 고수율로 미세조류를 수확할 수 있는 장치를 개발하고자 예의 연구 노력하였다. 그 결과, 기존의 미세조류 수확장치와 달리 중력침강법(gravity settling method)을 이용하고, 별도의 화학약품을 사용하지 않고 미세조류를 분리할 수 있는 장치를 개발하였다. 본 발명의 미세조류 수확장치는 별도의 압력을 가할 필요없이 중력에 의해 시료를 침강시키고 장치 내부에 장착된 필터를 이용하여 미세조류 분획물을 수득할 수 있다. 특히 본 발명자들은 직물(직포, woven) 또는 부직포(non-woven) 재질의 필터(또는 메쉬)를 사용함으로써 고수율의 미세조류 분획물을 수득할 수 있음을 확인함으로써 본 발명을 완성하게 되었다.

[0008] 따라서 본 발명의 목적은 미세조류 수확장치를 제공하는 데 있다.

[0009] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 보다 명확하게 된다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 양태에 따르면, 본 발명은 다음을 포함하는 미세조류(microalgae) 수확장치(100)를 제공한다:

[0011] (a) 상부에 미세조류 시료가 출입 가능한 출입구(160)가 형성되는 본체(110);

[0012] (b) 상기 본체(110)의 내측 하부에 장착되며 미세조류 분리 가능한 필터(120); 및

[0013] (c) 상기 필터(120)의 하부에 장착되며 미세조류를 제외한 물질이 통과 가능한 홀(hole)이 형성되는 받침대(130);

[0014] 미세조류는 상기 본체의 상부 출입구로 투입되어 중력 침강에 의해 본체의 하부 방향으로 이동하며, 미세조류를 제외한 물질은 상기 필터 및 받침대에 형성된 홀을 통과하여 본체의 하부 방향으로 배출된다.

[0015] 본 발명자들은 간단한 방법으로 미세조류를 분리하되 저비용 고수율로 미세조류를 수확할 수 있는 장치를 개발하고자 예의 연구 노력한 결과, 기존의 미세조류 수확장치와 달리 중력침강법(gravity settling method)을 이용하고, 별도의 화학약품을 사용하지 않고 미세조류를 분리할 수 있는 장치를 개발하였다. 본 발명의 미세조류 수확장치는 별도의 압력을 가할 필요없이 중력에 의해 시료를 침강시키고 장치 내부에 장착된 필터를 이용하여 미세조류 분획물을 수득할 수 있다. 특히 본 발명자들은 직물(직포, woven) 또는 부직포(non-woven) 재질의 필터(또는 메쉬)를 사용함으로써 고수율의 미세조류 분획물을 수득할 수 있음을 확인하였다.

[0016] 본 발명자들은 기존의 미세조류 수확방법인 원심분리, 여과, 응집 및 부유법이 ① 저효율 고비용, ② 주기적인 막 교체, 및 ③ 화학약품 사용으로 인한 환경오염을 유발한다는 단점에 착안하여, 화학약품을 사용하지 않으면

서도 고효율 저비용으로 미세조류를 수확할 수 있는 장치를 고안하게 되었다.

[0017] 본 명세서에서 용어 “미세조류(microalgae)”는 식물성 플랑크톤(phytoplankton)으로서 민물(freshwater) 또는 해양(marine)에 서식하며 육안으로는 확인할 수 없는 미세한(microscopic) 조류를 의미한다. 이들은 단세포 종으로서 존재하거나, 체인(chain) 또는 그룹으로서 존재한다. 종에 따라, 미세조류의 크기는 수 마이크로미터(μm)에서 수백 마이크로미터(μm)의 크기로 나뉠 수 있다. 고등 식물과 달리 미세조류는 뿌리, 줄기 및 잎이 없으나 광합성이 가능하다. 이들은 대기 산소의 약 절반가량을 생산할 수 있으며, 광합성적 독립 영양생물로서 온실가스인 이산화탄소를 소비한다. 미세조류의 세포들은 수용액 상에서 부유하여 자라며, 따라서 물, 이산화탄소 및 다른 영양소에 대해 보다 효과적으로 접근할 수 있다. 미세조류는 생물학적 다양성을 가지며, 거의 개발되지 않은 자원으로서 약 200,000-800,000 종이 존재한다. 한편, 어유(fish oil)가 오메가(omega)-3 지방산을 함유하고 있는 것으로 알려져 있지만, 실질적으로 어류는 오메가-3를 생산할 수 없다. 즉, 어류들은 미세조류를 소비함으로써 오메가-3를 축적시킨다. 따라서 오메가-3지방산은 어류가 아닌 미세조류로부터 직접적으로 수득할 수 있는 것이다. 건강보충제로서 잘 알려진 미세조류로는 스피롤리나(*Spirulina*)가 있다.

[0018] 본 발명의 미세조류 수확장치는 중력침강방법에 의해 분리 또는 농축될 수 있는 모든 미세조류에 적용할 수 있으며, 예컨대 해양(marine) 미세조류인 테트라셀미스(*Tetraselmis*), 클로렐라(*Chlorella*), 클람도모나스(*Chlamdomonas*), 캐토세로스(*Chaetoceros*), 스피롤리나(*Spirulina*), 두날리엘라(*Dunaliella*), 포르피리둠(*Porphyridium*), 페디아스트룸(*Pediastrum*), 코엘라스트룸(*Coelastrum*) 등에 적용가능하며, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0019] 상기 테트라셀미스(*Tetraselmis* sp.)는 녹색이고 운동성이 있으며, 약 10 μm 길이 x 14 μm 폭의 크기를 가진다. 예컨대, 상기 테트라셀미스는 테트라셀미스 알라크리스(*Tetraselmis alacris*), 테트라셀미스 아피쿨라타(*Tetraselmis apiculata*), 테트라셀미스 아스커스(*Tetraselmis ascus*), 테트라셀미스 아스티그마티카(*Tetraselmis astigmatica*), 테트라셀미스 추이(*Tetraselmis chuii*), 테트라셀미스 콘볼루타(*Tetraselmis convolutae*), 테트라셀미스 코르디포르미스(*Tetraselmis cordiformis*), 테트라셀미스 데시카차리이(*Tetraselmis desikacharyi*), 테트라셀미스 그라실리스(*Tetraselmis gracilis*), 테트라셀미스 하제니(*Tetraselmis hazeni*), 테트라셀미스 임펠루시다(*Tetraselmis impellucida*), 테트라셀미스 인콘스피쿠아(*Tetraselmis inconspicua*), 테트라셀미스 레비스(*Tetraselmis levis*), 테트라셀미스 마쿨라타(*Tetraselmis maculata*), 테트라셀미스 마리나(*Tetraselmis marina*), 테트라셀미스 마이크로파필라타(*Tetraselmis micropapillata*), 테트라셀미스 루벤스(*Tetraselmis rubens*), 테트라셀미스 스트리아타(*Tetraselmis striata*), 테트라셀미스 수에시카(*Tetraselmis suecica*), 테트라셀미스 테트라브라치아(*Tetraselmis tetrabrachia*), 테트라셀미스 테트라셀레(*Tetraselmis tetrathele*), 테트라셀미스 베루코사(*Tetraselmis verrucosa*) 및 테트라셀미스 웨츠테이니(*Tetraselmis wettsteinii*)를 포함한다.

[0020] 본 명세서에서 용어 “미세조류를 제외한 물질”은 필터(또는 메쉬)에 의해 분리된 미세조류를 제외한 모든 물질을 지칭하며, 보다 상세하게는 미세조류 배양액에서 미세조류 자체를 제외한 배양액 성분 및 미세한 불순물을 포함한다.

[0021] 본 명세서에서 용어 “수확장치(harvest apparatus)”는 미세조류를 분리하여 수확하는 장치의 의미로서, 분리장치(separation apparatus)와 동일한 의미로 사용된다.

[0022] 이하, 본 발명의 미세조류 수확장치(100)에 대하여 상세히 설명한다:

[0023] 구성 (a): 본체(110)

[0024] 본 발명의 미세조류 수확장치(100)에 포함되는 본체는 당업계에 공지된 어떠한 형상으로도 제작될 수 있으며, 예컨대 원통형 형상, 상(上) 방향으로 갈수록 폭이 좁아지는 원통형 형상 또는 하(下) 방향으로 갈수록 폭이 좁아지는 원통형 형상으로 제작할 수 있다. 본 발명에 따르면, 상기 본체(110)는 본체의 하부가 하(下) 방향으로 갈수록 폭이 좁아지는 형상이다.

[0025] 상기 본체(110)는 내부에 투입된 미세조류의 이동이 관찰 가능하도록 투명한 재질로 형성되어 있으며, 예컨대 플라스틱 또는 유리로 형성된다.

[0026] 본 발명의 미세조류 수확장치(100) 본체(110)의 상부에는 미세조류 시료가 출입 가능한 출입구(160)가 형성되어 있다.

- [0027] 상기 본체(110)는 측면에 필터(120)에 의해 분리된 (i) 필터(120)에 의해 분리된 미세조류 분획물 또는 (ii) 미세조류 분획물을 제외한 상등액(supernatant)의 배출이 가능한 측배출구(140)가 형성될 수 있다. 즉, 상기 측배출구는 미세조류 분획물을 분리할 수 있는 출구로서 사용할 수도 있지만, 필터 상에 남아 있는 미세조류 외의 상등액을 제거하는 용도로 설계할 수도 있다. 예컨대, 본 발명의 장치는 중력을 통한 밀도차를 이용하여 고액분리가 이루어져, 하층의 미세조류 분획물 및 상층의 물로 분리되며, 하층 또는 상층에 연결된 측배출구를 열어주어 미세조류 분획물을 분리하거나 상층의 물이 빠져나가도록 할 수 있다. 추가적으로, 상기 측배출구(140)에는 미세조류의 분획물 또는 상등액을 흡입 분리할 수 있는 분리수단(예컨대, 튜브, 피펫, 스포이드, 시린지(syringe) 등)이 결합될 수 있다. 미세조류의 분획물을 위한 분리수단으로서, 측배출구에 결합하여 분획물을 흡입 분리할 수 있는 수단은 무엇이든 가능하나, 경제성 및 효율성을 고려할 경우 시린지를 이용하는 것이 가장 바람직하다. 시린지를 이용할 경우 매우 편리하고, 정교하게 상기 본체의 하부에 형성되어 있는 분획물을 분리할 수 있을 것이다. 이 경우 오염(contamination)을 방지하기 위해 멸균 처리된 시린지(syringe)를 이용하여 분획물을 분리하는 것이 바람직할 것이다. 또한, 측배출구(140)에는 미세조류 분획물의 수확(분리)시 오염을 막기 위한 필터가 장착될 수 있다.
- [0028] 상기 본체(110)의 하부에는 상기 필터(120) 및 받침대(130)를 통과한 물질의 배출이 가능한 하부 배출구(150)가 형성될 수 있다. 측배출구(140) 및 하부 배출구(150)에는 개폐 가능한 마개 또는 밸브가 장착될 수 있다. 측배출구(140) 및 하부 배출구(150)의 형상은 홀(hole) 또는 돌출(protruding) 형상일 수 있으며, 상기 배출구가 돌출 형상인 경우 시료의 오염을 최소화하기 위하여 돌출 부위가 점점 좁아지는 깔대기 모양으로 제작할 수 있다.
- [0029] 한편, 본 발명의 장치는 본체에 투입된 미세조류에 대하여 중력 이외의 하(下) 방향의 압력을 가하기 위하여, 상기 본체(110)의 내부에 삽입가능하고, 상기 본체의 내부에서 진퇴 가능하며, 미세조류에 대하여 하(下) 방향의 압력을 가하는 플런저(plunger)를 포함할 수 있다. 상기 플런저는 본체의 상부로 투입되고 본체 내의 미세조류가 외부와 차단되도록 밀봉하는 역할을 한다. 이는 O-링(ring) 형상의 패킹(packaging)을 포함함으로써 가능하다. 상기 패킹은 탄성 재료의 물질로 형성될 수 있으며 바람직하게는 고무를 포함하는 재료로 형성된다.
- [0030] 구성 (b): 필터(120)
- [0031] 본 발명의 미세조류 수확장치(100)는 미세조류를 분리하기 위한 수단으로서 필터를 포함한다. 상기 필터(120)는 직물(woven) 또는 부직포(non-woven) 재료로 형성될 수 있으며, 직물(woven)을 사용할 경우 나일론(nylon) 또는 면(cotton)을 사용할 수 있다.
- [0032] 필터는 상기 본체(110)의 내측 하부에 장착되며, 본체의 상부를 통해 투입된 미세조류는 필터를 통과하지 못하고 필터의 상부에 남아있게 되며, 미세조류를 제외한 배양액, 기타 불순물들은 필터를 통과하여 받침대로 이동한다.
- [0033] 본 발명에 따르면, 해양 미세조류인 테트라셀미스의 크기가 10 내지 14 마이크로미터이며, 따라서 이보다 작은 공극을 가진 필터, 예컨대 10 마이크로미터 이하의 공극을 포함하는 필터를 사용하여 상기 미세조류를 분리할 수 있다. 즉, 필터는 분리하고자 하는 미세조류의 크기를 고려하여 적합한 크기의 공극을 가진 필터를 선택하여 사용할 수 있다.
- [0034] 구성 (c): 받침대(130)
- [0035] 본 발명의 미세조류 수확장치(100)는 상기 필터(120)의 하부에 장착되며 미세조류를 제외한 물질이 통과 가능한 홀이 형성된 받침대(130)를 포함한다.
- [0036] 상기 받침대(130)는 유체가 통과할 수 있는 재질이든 어느 것이나 가능하지만, 해수의 pH 변화를 견딜 수 있는 재질이어야 하므로, 금속 재질보다는 플라스틱 또는 유리 등의 재질이 적합하다.
- [0037] 본 발명의 미세조류 수확장치에 미세조류를 투입한 경우, 미세조류는 중력 침강에 의해 본체의 하부 방향으로 이동하며, 미세조류를 제외한 물질은 받침대에 형성된 홀을 통과하여 본체의 하부 방향으로 배출된다.
- [0038] 본 발명의 미세조류 수확장치는 상기 받침대의 하부에 하부 배출구(150)로부터 배출된 물질을 수용할 수 있는

저장수단을 추가적으로 포함할 수 있다.

발명의 효과

본 발명의 특징 및 이점을 요약하면 다음과 같다:

(a) 본 발명은 본체(110), 미세조류 분리 가능한 필터(120) 및 필터(120)의 하부에 장착되는 받침대(130)를 포함하는 미세조류(microalgae) 수확장치(100)를 제공한다.

(b) 본 발명의 미세조류 수확장치는 별도의 압력을 가할 필요없이 중력에 의해 시료를 침강시키고 장치 내부에 장착된 필터를 이용하여 미세조류 분획물을 수득할 수 있다.

(c) 특히, 직물(woven) 또는 부직포(non-woven) 재질의 필터를 사용함으로써 고수율의 미세조류 분획물을 수득할 수 있으며, 화학약품을 사용하지 않으면서도 고효율 저비용으로 미세조류를 수확할 수 있다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

도 1 및 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 미세조류 수확장치의 측면도를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 미세조류 수확장치의 사시도를 나타낸다. 본체 내부에 있는 피스톤 형상은 하(下) 방향의 압력 증가를 위해 추가된 구성이다.

도 4는 철 메쉬를 사용하였을 때 pH 변화에 의해 철 메쉬가 부식된 모습을 나타낸다.

도 5a(부직포 메쉬) 및 도 5b(나일론 메쉬)는 본 발명의 미세조류 수확장치를 사용하여 미세조류를 분리하였을 때의 수확 효율을 나타낸 그래프이다.

도 6a 및 도 6b는 나일론 메쉬를 사용하여 미세조류를 분리하였을 때, 분리된 미세조류 분획물을 보여준다. 도 6b는 도 6a의 나일론 메쉬를 25℃에서 2시간 방치하여 수분을 80%이상 제거한 후의 모습을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에 있어서 자명할 것이다.

실시예

실험재료 및 방법

미세조류 및 메쉬 소재 종류

본 발명에 사용된 미세조류 종류는 테트라셀미스(*Tetraselmis sp.*) KCTC12236BP (생명공학연구원 생물자원센터 기탁번호)이다. 상기 테트라셀미스 KCTC12236BP는 인하대에서 배양된 조류 배양액을 받아 실험을 진행하였다.

배양액의 조성은 표 1과 같다. 배양액의 농도는 Beer-Lambert 한계를 고려해서 배양액의 흡광도(Optical Density, 이하 “OD” 로 표기함)를 1 이하로 희석시킨 뒤 사용하였다.

표 1

성분	농도 (mg/l)
주 영양성분(major nutrients)	
NaNO ₃	75
NaH ₂ PO ₄ H ₂ O	5
Na ₂ SiO ₃ 9H ₂ O	30
혼적원소 주 모액(trace metals primary stocks)	
CuSO ₄ 5H ₂ O	4.36

ZnSO ₄ 7H ₂ O	3.15
ORZnCl ₂	0.01
CoCl ₂ 6H ₂ O	0.022
MnCl ₂ 4H ₂ O	0.01
Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O	0.18
비타민 주 모액(vitamins primary stocks)	
비오틴(biotin)	0.1
비타민 B ₁₂	0.5

[0050] 미세조류를 중력을 이용하여 수확하기 위한 수확장치는 별도로 제작하였다 (도 1). 미세조류 수확에 사용된 메쉬(mesh)는 총 3가지로 나일론(nylon) 메쉬(Spectrum laboratories, USA), 부직포(non woven)(Chungsoo technofil, Korea) 및 철제(iron) 메쉬(UninanoTech, Korea) 이다. 모든 메쉬의 공극크기(pore size)는 5 μ m 로 동일한 상태에서 진행하였다.

[0051] pH에 대한 메쉬 소재들의 내구성 측정

[0052] 해양식물 미세조류는 광합성을 하기 때문에 CO₂를 소비하게 되고, 이로 인해 그 활동도에 따라 pH가 8.0 - 8.2 로 바뀌게 된다. pH 변화가 부식에 미치는 영향은 적으나 석회질이 석출되는 것에 영향을 미칠 수 있기 때문에 부식속도에 영향을 미치게 될 수 있다. 따라서 실험에 사용된 3가지의 메쉬 소재에 대한 pH 내성 실험은 향후 수확장치를 해양 배양장에 적용 시 수확비용에 대한 중요한 경제적 요인이 된다.

[0053] 실험은 3 종류의 메쉬 소재들을 각각의 pH 버퍼에 일주일(168hr)동안 침지시켜 부식정도를 관찰하였다. 사용된 pH 버퍼는 pH 4, pH 7 및 pH 10으로 모두 Thermo (USA)사 제품을 사용하였다. 또한 해수에서의 내구성을 확인하기 위하여 인공해수에도 동일한 실험을 진행하였다. 인공해수는 증류수 500 ml에 23.9 g NaCl, 4.0 g Na₂SO₄, 0.7 g NaHCO₃, 0.1 g KBr, 30 mg H₃BO₃ 및 3 mg NaF을 녹이고(용액 1) 다시 455 ml의 증류수에 10.8 g MgCl₂ 6H₂O, 1.5 g CaCl₂ 2H₂O, 25 mg SrCl₂ 6H₂O를 녹인 다음(용액2), 상기 용액 2를 용액 1에 첨가하여 제조하였다. pH 측정은 pH 미터(Mettler-Toledo InPro3030, Swiss)를 이용하여 측정하였다. pH 미터기 사용에 앞서 먼저 눈금 교정(calibration)을 실시하여 실험의 신뢰성을 높였다.

[0054] 침전 효율 측정 방법

[0055] 미세조류의 농도는 UV/vis 분광광도계(Shimadzu BioSpec-mini, Japan)를 이용해서 Beer-Lambert의 법칙에 의하여 측정하였다. 미세조류의 침전시간은 10시간으로 일정하게 유지하고 재현성을 위하여 여러 번 반복실험을 진행하였다. 침전을 실시하기 전 미세조류 배양액의 수면으로부터 3 cm 아래에서 상등액을 채취하여 UV/vis 분광광도계로 흡광도를 확인하였다. 이후 침전을 실시하고, 침전이 끝난 미세조류 배양액을 교반 전과 마찬가지로 수면으로부터 3 cm 아래 상등액을 채취한 후 UV/vis 분광광도계로 흡광도를 측정하였다. 침전 전, 후의 흡광도를 이용하여 미세조류의 농도를 결정하였다. 이 때, 미세조류 테트라셀미스의 파장은 640 nm에서 흡광도를 측정하였고 흡광도와 미세조류 농도 간의 선형적인 관계식에 의하여 농도를 환산한 후, 침전 정도를 침전 효율로 정의하여 다음과 같은 식에 의해서 계산하였다:

[0056] 응집율(Flocculation efficiency, %) = {OD₆₄₀ (t₀) - OD₆₄₀ (t) / OD₆₄₀ (t₀)} x 100

[0057] * OD₆₄₀ (t): 교반 후 수면으로부터 3 cm 아래에 있는 상등액의 미세조류 농도; OD₆₄₀ (t₀): 교반 전 수면으로부터 3 cm 아래에 있는 상등액의 미세조류 농도

[0058]

[0059] 실험결과 및 고찰

[0060] 메쉬 소재 내구성 판단

- [0061] 나일론, 철 및 부식포 메쉬에 대한 실험을 진행하였다. 상기 메쉬를 pH 4, 7 및 10의 버퍼 용액과 인공해수에 일주일(168hr)동안 침지시켜 내식성(부식)에 대한 실험을 진행하였다. 나일론이나 부식포의 경우 면(cotton) 소재의 메쉬이기 때문에 pH에 대한 영향성을 거의 받지 않았다. 하지만 도 4와 같이 철제 메쉬의 경우 부식이 일어남을 육안으로 확인할 수 있다. 철제 메쉬는 해수와 pH 10에서 상당한 부식이 진행되었으며, pH 4와 pH 7에서는 약간의 부식으로 인한 녹이 생기는 것을 확인할 수 있었다. 이 실험을 통하여 철제 메쉬는 실험에 적절하지 못하다는 결론을 내렸다.
- [0062] **미세조류 수확**
- [0063] 미세조류 테트라셀미스 배양액을 본 발명의 아크릴 수확장치에 넣어 10시간 동안 정치시켰다. 침전 후 상등액(supernatant)은 제작한 수확장치의 측배출구(도 1 참조)를 통하여 제거하고 메쉬 위에 남아있는 미세조류만을 수확하였다. 사용된 메쉬로는 pH에 대한 내식성이 좋았던 부식포 및 나일론 메쉬를 이용하였다. 도 5a에서 볼 수 있듯이 부식포의 경우 수확률이 40%였다. 이는 부식포 자체가 섬유를 방직, 제직, 편조하지 않고 화학적 또는 기계적 방법(접착, 용착, 포락 등)으로 박층상 섬유 집합체(웹)의 섬유를 결합시켜 제조하였기 때문이다. 이로 인해 부식포 공극의 크기가 비교적 일정치 아니하여 수확된 미세조류 양이 적었다. 한편, 나일론 메쉬의 경우 도 5b에서와 같이 수확률이 80% 이상을 유지하는 결과를 보였다. 도 6a 및 도 6b는 나일론 메쉬를 이용하여 미세조류를 수확한 사진이다.
- [0064] 상기 결과를 통하여, 중력 침강법을 이용한 본 발명의 미세조류 수확장치가 일정 수율의 유지하는데 있어, 부식포 또는 나일론 메쉬를 사용할 수 있으며, 특히 80%이상의 수확률을 유지하는데 있어 나일론 메쉬가 가장 적합하다는 결론을 내릴 수 있었다.
- [0065] **결론**
- [0066] 미세조류 테트라셀미스 KCTC12236BP는 철 메쉬의 경우 pH 내식성 실험에서 부식으로 인하여 적절하지 않다고 판명되었으며, 부식포 메쉬의 경우 침전 시 섬유 자체의 불규칙한 공극(pore)으로 인하여 수확효율이 비교적 낮다는 결과를 얻었다. 나일론 메쉬의 경우에는 pH 내성 실험에서도 부식이 전혀 발생하지 않았으며, 침전 시 섬유 자체의 규칙적인 공극으로 인하여 80% 이상의 높은 수확효율을 보였다. 따라서, 미세조류를 중력을 이용하여 침전시킬 때 가장 적절한 메쉬 소재로는 직물(woven)인 나일론 메쉬라고 결론 내렸다.
- [0067] 본 연구를 통해서 에너지를 사용하지 않고 미세조류를 수확하였으며, 특히 나일론 메쉬를 사용 시 80% 이상의 높은 수확효율을 얻을 수 있었다. 에너지를 사용하지 않은 미세조류 수확장치는 향후 미세조류 유래 바이오디젤의 생산에 경제적으로 기여할 것이며, 화학약품들을 사용하지 않은 미세조류 수확방법은 약품들로부터 초래되는 환경적인 문제점을 해결할 수 있고 이는 좀 더 친환경적이며 산업적인 바이오 디젤의 생산성과 연계 될 것이라 기대한다.
- [0068] 이상으로 본 발명의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 구현예일 뿐이며, 이에 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백하다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항과 그의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.
- [0069] **참조문헌**
- [0070] 1. L. Brennan, and P. Owende (2010) Biofuels from microalgaeA review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renew. Sustain. Energ. Rev.* 14: 557-577
- [0071] 2. A.B.M. Sharif Hossain, and A. Salleh (2008) Biodiesel Fuel Production from Algae as Renewable Energy. *Am. J. Biochem. Biotech.* 4: 250-254.
- [0072] 3. A. Szklo, and R. Schaeffer (2006) Alternative energy sources or integrated alternative energy systems: Oil as a modern lance of Peleus for the energy transition. *Energ.* 31: 2513-2522
- [0073] 4. M. Junginger, T. Bolkesj ø, D. Bradley, P. Dolzan, A. Faaij, J. Heinim, B. Hektor, Ø. Leistad, E.

Ling, M. Perry, E. Piacente, Frank, R. C., Y. Ryckmans, P. P. Schouwenberg, B. Solberg, E. Tr ø mborg, A. da S. Walter, and M. de Wit (2008) Developments in international bioenergy trade. Biomass Bioenerg. 32: 717-729.

[0074] 5. R. Harun, M. Davidson, M. Doyle, R. Gopiraj, M. Danquah, and G. Forde (2011) Technoeconomic analysis of an integrated microalgae photobioreactor, biodiesel and biogas production facility. Biomass Bioenerg. 35: 741-747.

[0075] 6. Y. Li, M. Horsman, N. Wu, C. Q. Lan, and Nathalie D. C. (2008) Biofuels from Microalgae. Biotechnol. Prog. 24: 815-820.

[0076] 7. R. Raja, S. Hemaiswarya, N.A. Kumar, S. Sridhar, and R. Rengasamy (2008) A perspective on the biotechnological potential of microalgae. Crit. Rev. Microbiol. 34: 7788

[0077] 8. A.K. Lee, D.M. Lewis, and P.J. Ashman (2009) Microbial flocculation, a potentially low-cost harvesting technique for marine microalgae for the production of biodiesel. J. Appl. Phycol. 21: 559-567.

[0078] 9. C.G. Dismukes, D. Carrieri, N. Bennette, G.M. Ananyev, and M.C. Posewitz (2008) Aquatic phototrophs: efficient alternatives to land-based crops for biofuels. Curr. Opin. Biotechnol. 19: 235240.

[0079] 10. P. Somasundaran, T. Hubbard (2006) Encyclopedia of surface and colloid science. 2nd ed., pp. 2588-2591. CRC Press, Taylor & Francis Group, NY, USA.

부호의 설명

[0080] 100: 미세조류 분리장치

110: 본체

120: 필터

130: 받침대

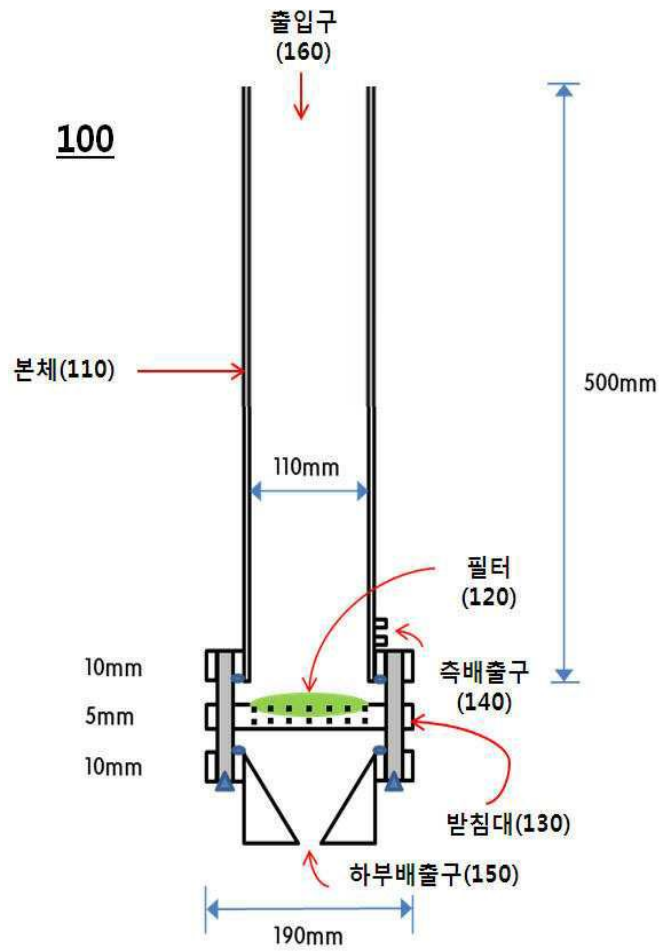
140: 측배출구

150: 하부 배출구

160: 출입구

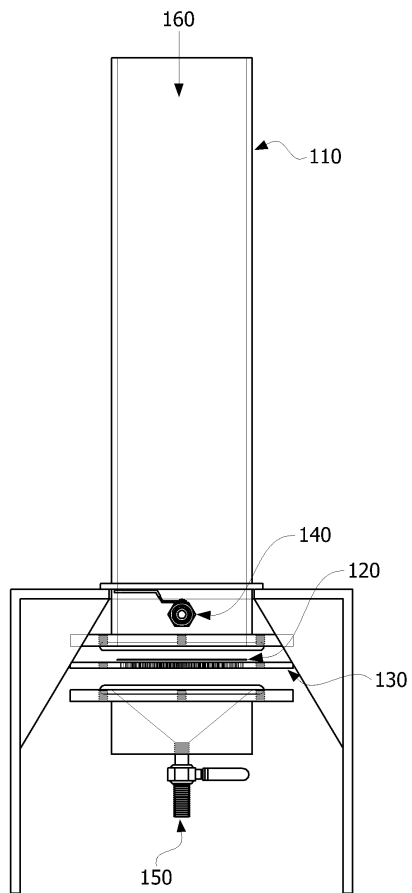
도면

도면1



도면2

100



도면3

