

Urządzenie do hodowli alg i innych organizmów fototropowych

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do hodowli alg i innych organizmów fototropowych, wykazujących zdolność do wysokiej produkcji biomasy.

Proces produkcji biomasy z mikroalg wymaga dostarczenia CO_2 , odpowiedniej dawki światła oraz doprowadzenia substancji odżywczych wspomagających hodowlę. Istotnymi czynnikami warunkującymi odpowiedni wzrost alg jest ponadto temperatura, pH. Dla zapewnienia prawidłowych warunków hodowli ważne jest również zapewnienie odpowiedniego jej mieszania i napowietrzania, co umożliwi wszystkim komórkom porównywalny dostęp do światła i substancji odżywczych w czasie trwania hodowli i poprawę wymiany gazowej pomiędzy powietrzem a cieczą hodowlaną. Procesy prowadzenia hodowli prowadzone są więc pod kontrolą licznych parametrów. W celu otrzymania jak najefektywniejszego procesu namnażania biomasy, konstruowane są odpowiednie systemy do prowadzenia hodowli w zbiornikach otwartych lub zamkniętych.

Hodowla w zamkniętych zbiornikach zmniejsza ryzyko zakażenia hodowli. Najczęściej stosowane do hodowli alg są fotobioreaktory rurowe z systemem rur o średnicy około 10 cm, wykonanych z materiału transparentnego dla światła, wewnątrz których przepływa ciecz hodowlana i następuje wzrost biomasy alg na drodze fotosyntezy. Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie bardzo dużego stosunku powierzchni do objętości, co jest ważne dla efektywnej produkcji. Istotnym parametrem procesu hodowli alg jest zapewnienie mieszania cieczy hodowlanej, co uzyskuje się dzięki wymuszeniu cyrkulacji cieczy przez rury bioreaktora za pomocą pompy. Po każdym cyklu obiegu, część strumienia cieczy hodowlanej trafia do urządzeń, w których oddzielana jest biomasa alg. Pozostała ciecz hodowlana wraca do zbiornika, w którym dodawana jest świeża porcja pożywki. Kluczowym czynnikiem dla wydajnej produkcji biomasy jest ponadto prędkość przepływu cieczy. Jeśli prędkość będzie zbyt duża, zostanie skrócony

czas trwania fotosyntezy w komórkach alg. Jeśli będzie za mała, komórki zaczną się osadzać na wewnętrznej powierzchni rur, co doprowadzi do zmniejszenia penetracji światła w głąb cieczy hodowlanej.

Osadzanie się alg na wewnętrznej powierzchni rur, czy zbiorników stanowi zatem znaczący problem dla wydajnego funkcjonowania fotobioreaktora.

Z polskiego zgłoszenia patentowego PL 401330 (A1) znane jest urządzenie do hodowli organizmów fototropowych. Urządzenie to zawiera fotobioreaktor, który w swym przestrzennym, zamkniętym zbiorniku posiada umieszczony wewnątrz element świetlny utworzony z cylindrycznej, przezroczystej rury o pierścieniowym, kołowym przekroju poprzecznym i umieszczoną wewnątrz tej rury kolumnę z osadzonymi na jej ścianach diodami świetlnymi LED. Po zewnętrznej stronie przezroczystej rury, równoległe do niej i naprzeciwległe znajdują się pionowe kolektory zasilane za pomocą pompy mieszającej, w których są osadzone hydrauliczne dysze z wylotami skierowanymi na zewnętrzną powierzchnię tej rury. Wyływające pod ciśnieniem z dysz strumienie czyszczą zewnętrzną powierzchnię tej rury, zapobiegając osadzaniu się alg. Zbiornik fotobioreaktora posiada króciec ssący, którym pobierana jest woda hodowlana, pompowana, nasycana CO₂ i zwracana następnie pod ciśnieniem dyszami do zbiornika. Zbiornik posiada ponadto króćce, którymi doprowadzone są: woda technologiczna, odwirowany, spasteryzowany odciek, zaszczep mikroorganizmów oraz pożywka.

Z publikacji patentu Korei Południowej KR101226627 (B1) znane jest urządzenie do hodowli mikroalg, zawierające wykonane z przeziernego materiału hodowlane wanny, które rozmieszczone są względem siebie kaskadowo i połączone są rurowymi przewodami. Do każdej z wanien doprowadzone są przewody z CO₂. Ponadto wanny zaopatrzone są w zamykane zaworami króćce, umożliwiające odprowadzenie płynu hodowlanego w przypadku jego zakażenia oraz zawory regulujące przepływ płynu pomiędzy nimi. Wewnątrz każdej z wanien, ponad lustrem płynu hodowlanego, umieszczone są równoległe

przegrody, przy czym rozmieszczone są one naprzemiennie wyżej i niżej, tak, że co druga przegroda dotyka lub jest poniżej lustra płynu. Przez przestrzeń pomiędzy przegrodami przepływa wtłaczany dwutlenek węgla, który przepływając pod zanurzonymi przegrodami powoduje wzburzenie płynu, co zapewnia zwiększenie powierzchni styku płynu z gazem i pozwala na lepsze mieszanie. Ponad wannami znajduje się oświetlenie, a wanny zamknięte są w pomieszczeniu ochronnym.

W opisie patentowym Stanów Zjednoczonych US8415142 (B2) zaprezentowano urządzenie do sekwestracji CO₂ z zastosowaniem alg. Urządzenie zawiera hodowlany zbiornik, wyposażony w miernik objętości, z którego pompa pompuje w sposób ciągły poprzez sieć przewodów płyn hodowlany do bioreaktorów. Hodowlany zbiornik wykonany jest z materiałów odpornych na korozję, takich jak polimery lub stal nierdzewna. Do zbiornika doprowadzony jest ze sprężarki dwutlenek węgla, wprowadzany poprzez zawory, dysze, dyfuzory gazowe lub membranę. Proponowane w rozwiązaniu stężenie podawanego CO₂ wynosi nie więcej niż 5000 ppm. Urządzenie stanowi zamknięty i sterylny system, co zapobiega zanieczyszczeniu i zakażeniu zawiesiny hodowlanej, jak i odparowywaniu wody. Płyn hodowlany nasycony CO₂ pompowany jest na wyższy poziom do wlotu rozdzielacza, rozdzielającego go następnie do poszczególnych bioreaktorów, tak, że płyn przepływa grawitacyjnie w dół do kolektora i następnie kierowany jest do wylotu, znajdującego się w dolnej części, poniżej bioreaktorów. Płyn przewodem wylotowym może być, w zależności od narastania alg, kierowany z powrotem do hodowlanego zbiornika i/lub do separatora, zestawionego z filtrami, urządzeniem odpieniającym, wirówką, celem oddzielenia wyhodowanych alg. Bioreaktory wykonane są jako płytowe kanały przepływowe, we wnętrzu których rozmieszczone są liczne poziome albo ukośne przegrody, służące do maksymalnego wydłużenia czasu przepływu zawiesiny hodowlanej, a zatem wydłużenia kontaktu ze światłem. Bioreaktory osłonięte są szczelnymi ścianami i zadaszeniem, przepuszczającymi

światło słoneczne. W ścianach przewidziano system kontroli temperatury z urządzeniami grzewczymi, a w zadaszeniu źródło sztucznego światła.

Celem wynalazku jest zaproponowanie urządzenia do hodowli alg i innych organizmów fototropowych, którego konstrukcja pozwoliłaby na znaczące zwiększenie wydajności fotobioreaktora poprzez wyeliminowanie zjawiska narastania alg na wewnętrznych powierzchniach rur, czy zbiorników, a także umożliwiłaby w prosty sposób optymalne nasycenie cieczy hodowlanej dwutlenkiem węgla i wykorzystanie światła słonecznego oraz sztucznego.

Rozwiązanie problemu stanowi urządzenie do hodowli alg i innych organizmów fototropowych, zawierające połączone ze sobą: fotobioreaktor, magazynowy zbiornik zawiesiny alg, wirówkę, magazynowy zbiornik odwirowanej biomasy, zbiornik na odciek, sekcję pasteryzacji i sterylizacji, sekcję chłodzenia, zbiornik wody grzewczej, zbiornik wody technologicznej, zbiornik rozmnażania i podgrzewania czystych kultur alg, zbiornik podgrzewania pożywki, zbiornik gazu CO₂, czujniki kontrolno-pomiarowe parametrów procesu oraz inne znane elementy tworzące funkcjonalną instalację, którego istotą jest to, że fotobioreaktor zbudowany jest z przynajmniej jednego, otwartego od góry zbiornika ze ściany którego wyprowadzony jest ssący króciec przyłączający zasilający przewód, którym pompa pompuje zawiesinę hodowlaną do umieszczonej ponad zbiornikiem deszczownicy i ponadto zbiornik zamknięty jest, najkorzystniej szczelnie, we wnętrzu osłoniętym wykonaną z przeziernego materiału osłoną wyposażoną w źródło światła i zaopatrzoną we wlotowy króciec CO₂. Wnętrze osłonięte osłoną posiada czujnik temperatury oraz system regulacji temperatury, w skład którego mogą wchodzić nawiewy ciepłego powietrza, wentylatory, urządzenia klimatyzacyjne lub ich kombinacja, w celu utrzymania właściwej dla hodowli temperatury. Osłona może być wykonana jako pomieszczenie szklarni. Korzystnie, ściany osłony są izolowane cieplnie na przykład poprzez wykonanie ich jako przegród warstwowych. W zbiorniku natomiast znajduje się czujnik zmętnienia, informujący o stopniu namnożenia komórek alg oraz czujnik poziomu wody, zabezpieczający przed przelaniem.

Korzystnie deszczownica ma kształt i wielkość odpowiadające górnej podstawie bryły zbiornika. W urządzeniu według wynalazku narastanie alg następuje w objętości skapującego grawitacyjnie z deszczownicy do zbiornika płynu hodowlanego, zatem dopasowany kształt deszczownicy zapewnia największą efektywną objętość skapującej cieczy. Jednocześnie eliminuje się tradycyjne elementy fotobioreaktora, na których mogłyby się osadzać narastające algi, w związku z czym nie istnieje problem obniżenia efektywności fotobioreaktora z tego powodu. Nie ma też konieczności oczyszczania takich elementów. Ponieważ płyn hodowlany skapuje strugami, zapewniony jest dobry dostęp światła do całej jego objętości. Ponadto, światło intensywnie odbija się od skapujących strug, co wzmacnia jego przenikanie do środka objętości.

Korzystnie, zbiornik ma kształt niecki o wygładzonych krawędziach, co ułatwia odprowadzanie alg ze zbiornika i eliminuje miejsca narażone na zwiększone zarastanie algami. W tym celu przewiduje się ponadto pokrycie wewnętrznej powierzchni materiałami utrudniającymi osadzanie się alg, na przykład powłoką teflonową.

Korzystnie, wysokość bocznych ścian jest nie większa niż 120 cm.

Korzystnie w zbiorniku osadzona jest pozioma, perforowana przegroda, która najkorzystniej występuje jako siatka. Przegroda powoduje częściowe rozdzielanie płynu hodowlanego, gdzie w dolnej części zbiornika, pod przegrodą mogą osiadać algi i zapewniona jest im ciemna faza fotosyntezy. Przegroda osadzona jest na wysokości od 60 do 80% wysokości zbiornika, mierzonej od jego dna. W tym wariantcie ssący króciec zasilającego przewodu znajduje się powyżej przegrody.

Korzystnie dwutlenek węgla dostarczany jest do wnętrza w takiej ilości, by jego stężenie wynosiło od 2 do 5%, a gaz zawierający CO₂ pompowany jest dla uzyskania we wnętrzu nieznacznego nadciśnienia wynoszącego około 0,1 atm. Utrzymywanie nadciśnienia we wnętrzu fotobioreaktora ogranicza dostęp powietrza z zewnątrz, zmniejszając jednocześnie dostęp szkodliwych dla hodowli drobnoustrojów.

Korzystnie pompa ma regulowaną intensywność przepływu, pozwalającą na dostosowanie intensywności dla zapewnienia optymalnych warunków hodowli.

Fotobioreaktor urządzenia zawiera korzystnie więcej niż jeden zbiornik, z których każdy posiada ssący króciec, do którego przyłączony jest zasilający przewód, którym pompa pompuje hodowlany płyn do deszczownicy, przy czym zbiorniki oddzielone są od siebie izolującymi przegrodami, zamontowanymi we wnętrzu fotobioreaktora, tworząc segmenty. Każdy z segmentów wyposażony jest w źródło światła i wlot CO_2 . Oczywiście jest, że każdy zbiornik posiada wówczas probierczy zawór do pobierania próbek płynu do badania. W każdym segmencie znajduje się czujnik temperatury i system regulacji temperatury oraz aparatura kontrolno- pomiarowa. Segmentowa budowa fotobioreaktora pozwala na większą produktywność i efektywność procesu. Izolujące przegrody zapobiegają szerzeniu się ewentualnego zakażenia hodowli.

Przedmiot wynalazku przedstawiony jest w przykładowym wykonaniu na rysunku, na którym:

Fig.1 przedstawia urządzenie schematycznie,

Fig.2 przedstawia schematycznie fotobioreaktor 10 w widoku z przodu,

Fig.3 przedstawia plan zbiorników 9 ze schematem instalacji w widoku z góry,

Fig.4 przedstawia widok z góry na przegrodę 16, osadzoną w zbiorniku 9.

W przykładowym wykonaniu, przedstawionym niżej, wzajemne połączenie elementów tworzących funkcjonalną instalację urządzenia zawiera równocześnie objaśnienie etapów prowadzonego procesu i funkcji jaką te elementy w tym procesie spełniają.

W urządzeniu według wynalazku woda potrzebna do hodowli pobierana jest z magazynowego zbiornika 1 wody technologicznej i zbiornika 2 na odciek i jest pasteryzowana i sterylizowana w sekcji pasteryzacji 3, do którego jest

doprowadzona para grzewcza zaworem regulacyjnym 4. W sekcji chłodzenia 5 woda jest schładzana do temperatury optymalnej dla hodowli. Do ostatecznego schłodzenia wody technologicznej stosuje się wodę lodową z agregatu 6. Tak przygotowana woda zasilana jest komórkami alg ze zbiornika 7 rozmnażania czystych kultur oraz pożywką ze zbiornika 8 przygotowanej pożywki, przy zachowaniu pożądanej dla hodowli temperatury i, jako płyn hodowlany, trafia do, w tym przypadku trzech, zbiorników 9 fotobioreaktora 10. Każdy ze zbiorników 9 umieszczony jest we wnętrzu 11 podzielonym izolującymi przegrodami 12, tworzącymi analogicznie skonstruowane i wyposażone segmenty 13. Zbiorniki 9 wykonane są jako otwarta od góry niecka o wygładzonych krawędziach. Wewnętrzna powierzchnia zbiornika 9 pokryta jest powłoką teflonową. Wysokość zbiornika 9 wynosi 1m, natomiast górna podstawa bryły zbiornika 9 ma wymiary 3x8m. Górna krawędź bocznych ścian 14 zbiornika 9 wyposażona jest dodatkowo w kołnierz 15, którego ściany odchylone są na zewnątrz. Kołnierz 15 zapobiega rozpryskiwaniu się płynu hodowlanego. Poziom płynu hodowlanego w zbiorniku 9 przewidziany jest do wysokości bocznych ścian 14. W każdym zbiorniku 9 osadzona jest pozioma przegroda 16, wykonana jako siatka, rozdzielająca częściowo płyn hodowlany. Przegroda 16 osadzona jest w zbiornikach 9 na wysokości 70 cm od dna 17 zbiornika 9 i zapewnia częściową sedymentację alg i ustalenie w dolnej części zbiornika 9 ciemnej fazy fotosyntezy. W dnie 17 każdego zbiornika 9 znajduje się spustowy króciec 18, zamykany zaworem 19, a w bocznej ścianie 14 ssący króciec 20 przyłączający zasilający przewód 21 i króciec 22 dopływu płynu hodowlanego z zamykającym zaworem 23, odcinającym, gdy jest taka potrzeba, dopływ kolejnych porcji płynu hodowlanego. Ssący króciec 20 umieszczony jest powyżej przegrody 16. Zasilającym przewodem 21 płyn hodowlany pompowany jest pompą 24, z możliwością regulacji intensywności przepływu, ze zbiorników 9 do deszczownic 25. Deszczownicami 25 płyn skapuje grawitacyjnie do odpowiedniego zbiornika 9, na jego całą górną płaszczyznę. Cykl ten powtarza się, aż do uzyskania pożądanego poziomu namnożonych alg, co wskazuje

zamontowany w każdym zbiorniku czujnik 26 zmętnienia. Wskutek sygnału od czujnika 26 zmętnienia następuje automatyczne odebranie płynu algowego spustowym króćcem 18 i przepompowanie go pompą 27 do separatora 28, w którym następuje rozdział płynu na zawierający wzrośnięte i niewzrośnięte komórki algowe. Płyn ze wzrośniętymi komórkami algowymi trafia do wirówki 29 i po odwirowaniu oddzielona biomasa magazynowana jest w zbiorniku 30 biomasy, a odciek kierowany jest do zbiornika 2 na odciek. Ze zbiornika 2 na odciek, po uzupełnieniu wodą technologiczną z magazynowego zbiornika 1 wody technologicznej następuje kolejny cykl obiegu.

Zbiorniki 9 wyposażone są ponadto w probiercze zawory 31 do pobierania próbek, czujniki 32 poziomu wody, zabezpieczające przed przelaniem, czujniki 33 pH, czujniki 34 azotu oraz czujniki 35 tlenu.

Zbiorniki 9 umieszczone są we wnętrzu 11 fotobioreaktora 10, które, podzielone na segmenty 13, osłonięte jest osłoną 36 wykonaną z przeziernego materiału. Osłona 36 wykonana jest jako szczelna szklarnia, co stanowi zabezpieczenie przed warunkami zewnętrznymi, zapobiega parowaniu wody oraz izoluje od zakażeń z zewnątrz. Jednocześnie pozwala na doświetlenie światłem słonecznym. Każdy segment 13 wyposażony jest w źródło 37 światła oraz w wykonany w osłonie 36 wlot 38 doprowadzający gaz, będący mieszaniną powietrza i dwutlenku węgla pobieranego ze zbiornika 39 gazu CO₂ w takiej ilości, by jego stężenie we wnętrzu 11 wynosiło od 2 do 5%. Gaz dostarczany do każdego segmentu 13 tłoczony jest ponadto do wnętrza 11 w takiej ilości, by nadciśnienie o wartości około 0,1 atm. Wartości te reguluje odpowiednia aparatura kontrolno-pomiarowa.

We wnętrzu 11 każdego segmentu 13 znajduje się również czujnik 40 temperatury oraz system regulacji temperatury, w skład którego wchodzi dmuchawy ciepłego powietrza 41, które skierowane są na ściany osłony 36 w celu zmniejszenia zjawiska skraplania się na nich pary wodnej, wentylatory 42,

których zadaniem jest równomierne mieszanie powietrza i urządzenia 43 klimatyzacyjne.

Urządzenie według wynalazku pozwala na wyhodowanie z 1m³ wody średnio 3 kg alg w przeciągu doby.