

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00288**

(22) Data de depozit: **06.04.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28.09.2012** BOPI nr. 9/2012

(41) Data publicării cererii:
28.08.2009 BOPI nr. 8/2009

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
CHIMIE ȘI PETROCHIMIE - ICECHIM,
SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR.202,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **VELEA SANDA, STR.ZAMBILELOR NR.6,
BL.60, ET.2, AP.5, SECTOR 2, BUCUREȘTI,
B, RO;**
• **STEPAN EMIL, BD.TIMIȘOARA NR.49,
BL.Cc6, SC.A, ET.3, AP.12, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
WO 2007/147028 A2; WO 2006/100667 A1

(54) PROCEDEU ȘI FOTOBIOREACTOR PENTRU SECHESTRAREA DURABILĂ A DIOXIDULUI DE CARBON DIN GAZELE CU EFECT DE SERĂ

(57) Rezumat:

Prezenta invenție se referă la un procedeu și la un fotobioreactor pentru sechestrarea durabilă a dioxidului de carbon din gazele cu efect de seră, în sisteme fotosintetizatoare cu regim de funcționare continuă. Fotobioreactorul conform invenției este compus din bioreactorul (B6) în care sunt amplasate un anumit număr de bioreactoare (B5) legate în paralel, și sistemul de iluminare (I7), în care bioreactorul (B6) are forma unei cuve paralelipipedice deschisă în partea superioară, iar bioreactoarele (B5) sunt formate din corpul bioreactorului (1), de forma unei cuve paralelipipedice, construită din material transparent pentru lumină, deschisă la partea superioară și laterală, și prevăzută cu flanșe dreptunghiulare, pe care sunt fixate capacele plane (2), unul dintre capace fiind asamblat cu o conductă (5) prin care se face alimentarea cu suspensia microalgală, iar celălalt capac fiind asamblat cu conductele (6 și 7) prin care se alimentează, prin barbotare, dioxid de carbon și aer, corpul bioreactorului (1) fiind asamblat cu două membrane de prea-plin (3), dispuse sub un unghi de 30...60° față de verticală, având rolul de a orienta surplusul de suspensie microalgală și de a-l transforma în perdea de picături, îmbunătățind captarea luminii și degajarea oxigenului. Procedeu conform invenției constă în încărcarea mediului de cultură în niște bioreactoare (5) la 86...89% din capacitate, inocularea unei suspensii de microalge, în raport față de mediu de 9:1, introducerea dioxidului de carbon cu un debit ales astfel încât pH-ul suspensiei

să varieze între 7,5...8,8 și barbotarea aerului pentru agitare timp de 7...10 zile, urmată de alimentarea cu mediu ce determină o creștere a volumului suspensiei și deversarea acesteia peste membranele de prea-plin (3), alimentarea cu mediu fiind oprită după 8...10 zile, când fotobioreactorul intră în regim de funcționare continuu, urmat de recoltarea unei părți din suspensie, filtrarea și valorificarea turtei microalgale.

Revendicări: 4
Figuri: 3

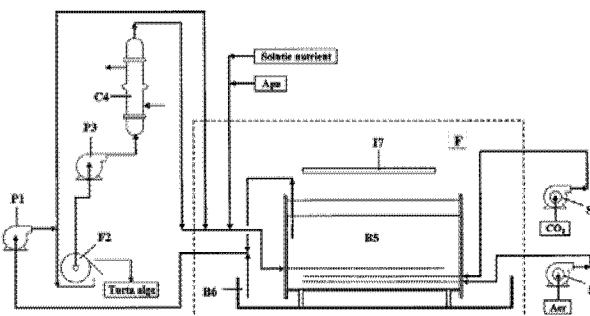


Fig. 1

Examinator: dr. chimist CONSTANTINESCU ADELA



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia

RO 123480 B1

1 Inventția se referă un procedeu și la un fotobioreactor pentru sechestrarea durabilă
a dioxidului de carbon, din gazele cu efect de seră, în sisteme fotosintetizatoare, utile, cu
3 regim de funcționare continuă.

5 Se cunosc numeroase procedee de sechestrare durabilă a dioxidului de carbon și
numeroase tipuri de fotobioreactoare pentru cultivarea microalgelor fotosintetizatoare.

7 Un astfel de fotobioreactor este format dintr-o incintă care conține un mediu de
cultură lichid, în care se cultivă organisme bazate pe fotosinteză. Incinta este prevăzută cu
9 tuburi paralele care emit lumină, imersate în mediul lichid și cu un sistem de curățire la
exterior, a acestor tuburi, de depunerile de microalge. De asemenea, incinta conține
11 dispozitive de alimentare cu aer îmbogățit în dioxid de carbon, dispuse paralel față de
sursele de lumină. Fotobioreactorul respectiv este utilizat în cadrul unui proces de obținere
13 a unor medii de cultură conținând organisme fotosintetizatoare, spre exemplu, a microalgelor
de tipul *Spirulina platensis*. Procedeele respectiv conține următoarele etape:

15 a. obținerea, în fotobioreactor, a unui mediu de cultură conținând microalge;
b. îndepărtarea, din fotobioreactor, a unei porțiuni din acest mediu de cultură;
c. separarea, din mediul de cultură, a unei faze solide conținând microalge, de faza
17 lichidă;

19 d. obținerea unei soluții de ioni de bicarbonat și de hidrogen, într-un bioreactor format
dintr-o cameră de reacție conținând anhidraza carbonică imobilizată, capabilă să catalizeze
hidratarea dioxidului de carbon dizolvat în apă și transformarea acestuia în ioni;

21 e. adăugarea, în soluția de ioni de bicarbonat și de hidrogen, a unui mediu de cultură
adekvat creșterii algelor, în vederea alimentării, cu acesta, a fotobioreactorului;

23 f. recuperarea căldurii conținute în acest mediu de cultură, prin trecerea printr-un
schimbător de căldură (**US 6602703**).

25 Fotobioreactorul prezintă dezavantaje legate de sistemul de curățire, la exterior, a
surselor de lumină, iar procedeele are dezavantaje datorită, în special, etapei de obținere a
27 ionilor de bicarbonat și de hidrogen, prin utilizarea anhidrazei carbonice, o enzimă
costisitoare.

29 Un alt tip de bioreactor, pentru cultivarea microorganismelor **1**, este format dintr-un
vas de reacție **2**, un număr de tuburi prin care se introduce gaz **3**, un vas vertical **4**, un vas
31 de expansiune **5** și un sistem de introducere a gazului **6**. Vasul de reacție **2** este construit
sub forma unui schimbător de căldură și are o parte inferioară **7**, prevăzută cu un capac **8**
33 și o manta de încălzire-răcire. Incinta astfel delimitată **12** funcționează ca o cameră de
biomasă, fiind prevăzută, la partea inferioară, cu un racord pentru prelevare probe și pentru
35 recoltare biomasă **44**. Opt tuburi de introducere gaz **3** sunt distribuite, sub formă circulară,
în jurul vasului vertical **4**, care are vasul de expansiune **5**, la partea superioară. Acesta
37 servește la îndepărtarea oxigenului din sistem și la compensarea volumului lichidului, ca
urmare a variațiilor de temperatură. Sistemul de introducere a gazului **6** are câte un racord
39 pentru introducere aer și pentru CO₂. Mediul de cultură este vehiculat din vasul de reacție
2, prin tuburile de introducere gaz **3**, și ajunge în vasul de expansiune **5**. De aici, mediul de
41 cultură este recirculat spre vasul de reacție **2**, prin vasul vertical **4**. Tuburile de introducere
a gazului **3** și vasul vertical **4** sunt iluminate cu ajutorul unui sistem de iluminare exterioară
43 **37**, operat în mod automat sau manual, și format din 24 de surse de lumină, de tipul tuburilor
fluorescente (**US 7425441**).

45 Fotobioreactorul prezintă dezavantaje legate de o construcție prea complicată, care
necesită investiții costisitoare.

RO 123480 B1

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție constă în realizarea unui sistem fotosintetizator integrat, cu regim de funcționare continuă, pentru sechestrarea durabilă a dioxidului de carbon din gazele cu efect de seră, care îmbină avantajele unui sistem deschis, cu cele ale unui sistem cu plăci plane, realizând o captare optimă a luminii și o productivitate ridicată.

Procedeul conform invenției înlătură dezavantajele menționate anterior, prin aceea că, inițial, se încarcă în bioreactoare B5/1...n mediu de cultură, la 86...89% din capacitate, se inoculează, în fiecare dintre acestea, o suspensie de microalge, de tipul *Chlorella homosphaera* AICB 424 sau *Chlorobotrys simplex* AICB 15, crescute în același mediu de cultură, selectat dintre mediul Z (Zarrouk), pentru primul tip de microalgă și, respectiv, mediul BBM (Basal Bold Medium), modificat prin adăugare a 3 g/l NaHCO₃, pentru cel de-al doilea tip, suspensia fiind prelevată în faza exponențială de creștere, raportul volumetric dintre mediul inițial de cultură și suspensia de inocul fiind de 9:1, se cuplează sistemul de iluminare 17, se introduce, prin conducta 6, dioxid de carbon, cu un debit astfel ales, încât pH-ul suspensiei microalgale să varieze în intervalul 7,5...8,8, și prin conducta 7, aer care barbotează, menținând agitarea suspensiei, se urmărește evoluția în timp a densității optice a suspensiei microalgale, constatându-se o fază de creștere exponențială, urmată de un declin relativ, de scurtădurată, și, în final, o fază staționară, în care nu se mai acumulează biomasă, ciclul respectiv având o durată de 7...10 zile, după care se începe alimentarea bioreactoarelor B5 cu mediu de cultură A, suspensia microalgală crescând în volum, începe să deverseze peste membranele de preaplin 3, în bioreactorul B6, după un interval de 8...10 zile, se oprește alimentarea cu mediu de cultură A, iar fotobioreactorul F intră în regim de funcționare continuă, timp în care se menține iluminarea și introducerea prin barbotare a dioxidului de carbon și a aerului, se pornește pompa P1, care aspiră suspensie microalgală din bioreactorul B6 și o introduce în bioreactoarele B5/1...n, prin conducta de alimentare 5, fiind vehiculată prin bioreactoare, după care deversează peste membranele de preaplin 3, ajungând din nou în bioreactorul B6, de unde, o parte din suspensia microalgală se recoltează, fiind vehiculată prin ramificație, de către pompa P1, în filtrul F2, unde se separă turta microalgală, care se trece la valorificare, de filtratul care se vehiculează cu pompa P3 prin schimbătorul de căldură C4, unde se încălzește la o temperatură astfel reglată, încât să se asigure o temperatură de 26...28°C a suspensiei microalgale din fotobioreactorul F, a cărui volum se menține constant, prin introducere de apă și/sau soluție de nutrient, astfel încât înălțimea stratului de suspensie microalgală din bioreactorul B6 să rămână constantă, la o valoare prescrisă între 80 și 300 mm.

Fotobioreactorul conform invenției înlătură dezavantajele menționate anterior, prin aceea că este compus din bioreactorul B6, în care sunt amplasate un anumit număr de bioreactoare B5, legate în paralel și sistemul de iluminare 17, de tipul iluminatului natural sau artificial, format din tuburi fluorescente, bioreactorul B6 are forma unui bazin sau a unei cuve paralelipipedice, deschise la partea superioară, și este construit, în funcție de mărimea acestuia, din materiale transparente pentru lumină, de tipul sticlei, a policarbonatului sau a poli-acrilatului, sau din beton impermeabilizat, bioreactoarele B5 sunt formate din corpul bioreactorului 1, de forma unei cuve paralelipipedice, construită din materiale transparente pentru lumină, de tipul sticlei, a policarbonatului sau a poli-acrilatului, sau din vergele metalice și/sau din plasă de sârmă, pentru rezistență mecanică, și având la interior o incintă paralelipipedică, formată din folie de polietilenă cu grosime de 0,2...0,4 mm, fixată lateral între flanșele și capacele 2, cu ajutorul unor cleme sau șuruburi, iar la partea superioară, pe membranele de preaplin 3, cuva fiind deschisă la partea superioară și laterală, și prevăzută

RO 123480 B1

1 cu flanșe dreptunghiulare, pe care se fixează, cu șuruburi sau cleme, capace plane 2,
2 construite din același tip de material transparent pentru lumină, unul dintre capacele laterale
3 este asamblat cu o conductă 5, din PVC, prin care se face alimentarea cu soluție de nutrient
(suspensie microalgală), conducta are numeroase găuri, prin care soluția de nutrient se
5 distribuie uniform în întreg volumul bioreactorului, și este prevăzută cu o flanșă de racordare,
iar celălalt capac este asamblat cu conducta 6, din PVC, prin care se alimentează, prin
7 barbotare, dioxid de carbon, și cu conducta 7, prin care se alimentează, prin barbotare, aer,
pentru agitare, ambele conducte fiind prevăzute cu găuri de distribuție și cu flanșe, corpul
9 bioreactorului 1 este asamblat cu două membrane de preaplin 3, dispuse sub un unghi de
30...60° față de verticală, membranele având rolul să orienteze surplusul de suspensie micro-
11 algală și să-l transforme, prin cădere liberă, în perdea de picături, îmbunătățind captarea
luminii și degajarea oxigenului, împiedicând astfel apariția fenomenelor de fotooxidare.

13 Invenția prezintă următoarele avantaje:

14 - asigură sechestrarea avansată a dioxidului de carbon din gazele cu efect de seră,
15 întâi printr-un proces de chemosorbție, sub formă de bicarbonat de sodiu, apoi prin captarea
optimă a luminii și obținerea de masă microalgală cu randamente ridicate, în urma procesului
17 de fotosinteză;

18 - îmbină avantajele sistemului deschis, cu cele ale sistemului cu plăci plane, în cadrul
19 unui sistem fotosintetizator integrat, cu regim de funcționare continuă;

20 - asigură consumuri energetice reduse, prin conducerea operațiilor tehnologice la
21 temperaturi apropiate de cea a mediului ambiant și prin utilizarea optimă a energiei
luminoase, de proveniență naturală sau artificială, datorită construcției adecvate a
23 fotobioreactorului;

24 - aplicarea procedurii necesită investiții minime, deoarece instalația necesită un
25 număr mic de utilaje de complexitate redusă, fotobioreactorul fiind ușor de construit, din
materiale ieftine;

26 - fotobioreactorul permite o transpunere ușoară la scară mai mare, atât prin mărirea
27 dimensiunilor, cât și a numărului de bioreactoare componente;

28 - fotobioreactorul realizează o îndepărtare avansată a oxigenului din suspensia
29 algală, împiedicând astfel apariția fenomenelor nedorite de fotooxidare.

30 Se dau, în continuare, două exemple de realizare a invenției, cu referire la fig. 1...3,
31 care reprezintă:

32 - fig. 1, schema instalației de sechestrare durabilă a dioxidului de carbon, din gazele
cu efect de seră;

34 - fig. 2, ansamblu fotobioreactor - vedere de sus;

35 - fig. 3, bioreactor B5.

36 **Exemplul 1.** Se utilizează un fotobioreactor F, compus din bioreactorul B6, sub forma
37 unei cuve paralelipipedice, deschisă la partea inferioară, având dimensiunile L x l x H (mm)
38 = 1500 x 500 x 400. Cuvă este construită din sticlă. Este prevăzută cu un racord de evacuare
a suspensiei microalgale, cu ajutorul unei pompe. În interiorul cuvei bioreactorului B6, sunt
40 amplasate două bioreactoare B5, având fiecare un volum de 30 l, legate în paralel.
Bioreactoarele B5 sunt formate din corpul bioreactorului 1, de forma unei cuve
42 paralelipipedice, deschisă la partea inferioară și laterală, având dimensiunile L x l x H (mm)
43 = 1000 x 500 x 60. Corpul 1 este construit din poliacrilat și este prevăzută cu flanșe drept-
44 unghiulare, pe care se fixează, cu șuruburi sau cleme, capace plane 2, construite din același
tip de material. Unul dintre capacele laterale este asamblat cu o țevă 5, din PVC, cu
45 diametrul $\phi = 8$, prin care se face alimentarea cu soluție de nutrient (suspensie algală).
47

RO 123480 B1

Țeava are numeroase găuri prin care soluția de nutrient se distribuie uniform în întreg volumul bioreactorului și este prevăzută cu o flanșă de racordare. Celălalt capac este asamblat cu țeava 6, din PVC, cu diametrul $\phi = 6$, prin care se alimentează, prin barbotare, un amestec de gaze ($\text{CO}_2 + \text{aer} + \text{N}_2$). Țeava este prevăzută cu găuri de distribuție și cu flanșă. Corpul bioreactorului 1 este asamblat cu două membrane de preaplin 3, dispuse sub un unghi de 60° față de verticală. Aceste membrane au rolul să orienteze surplusul de suspensie algală și să-l transforme, prin cădere liberă, în perdea de picături, îmbunătățind astfel degajarea oxigenului și împiedicând apariția fenomenelor de fotooxidare. Bioreactorul este prevăzut cu suporturi 4, având înălțimea de 100 mm. Fotobioreactorul F are un sistem de iluminare, format din tuburi fluorescente de 40 W, asigurând o intensitate luminoasă de 1000 lucși.

Se încarcă cele două bioreactoare B5/1 și B5/2, cu câte 26 l mediu de cultură Z, având compoziția prezentată în tabelul 1.

Tabelul 1

Compoziția mediului nutritiv Z (Zarrouk)

Componenți	Concentrație, g/l
NaHCO_3	16,80
K_2HPO_4	0,50
NaNO_3	2,50
K_2SO_4	1,00
NaCl	1,00
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0,20
$\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	0,04
Soluție de Fe chelatat ^{*)}	5 ml
Soluție de microelemente	1 ml
Componenți soluție microelemente	Concentrație, g/l
H_3BO_4	2,860
$\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	2,030
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,222
MoO_3 (85%)	0,018
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,079
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,494

^{*)} Soluția de Fe chelatat conține 0,69 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ și 0,93 g Na_2EDTA la 100 ml.

O suspensie de *Chlorella homosphaera* AICB 424, crescută în mediu Z, prelevată în faza exponențială de creștere, având un volum de 3 l, se inoculează în fiecare dintre cele două bioreactoare B5, umplute cu mediu Z. Se cuplează sistemul de iluminare și se introduce, prin conducta 6, un amestec de gaze, cu compoziția: 7% CO_2 , 14% O_2 , 79% N_2 , cu un debit de 24 l/h. Se măsoară densitatea optică (OD) și pH-ul suspensiei microalgale, în funcție de timp. pH-ul trebuie menținut în intervalul 8,3...8,8, prin ajustarea debitului de gaze cu CO_2 . Urmărind variația OD în timp, se constată o fază de creștere exponențială,

RO 123480 B1

1 după care suspensia intră într-o fază de declin relativ, care este de scurtă durată și apoi
2 apare faza staționară, în care nu se mai acumulează biomasa. Ciclul respectiv durează
3 7 zile, după care se începe alimentarea fiecărui bioreactor **B5/1** și, respectiv, **B5/2**, cu un
4 debit de 3 l/zi mediu de cultură Z. Suspensia microalgală din fiecare bioreactor crește în
5 volum și începe să deverseze peste membranele de preaplin **3**, în bioreactorul **B6**. După
6 10 zile, se oprește alimentarea cu mediu de cultură Z, iar fotobioreactorul F intră în regim de
7 funcționare continuă.

8 Se menține iluminarea și introducerea, prin barbotare, a amestecului de gaze în
9 bioreactoarele **B5/1, 2**, în condițiile menținerii pH-lui suspensiei în intervalul 8,3...8,8, și se
10 pornește pompa **P1**, cu un debit de 600 l/h. Aceasta aspiră suspensie algală din bioreactorul
11 **B6** și o introduce în bioreactoarele **B5/1, 2**, prin conducta de alimentare **5**. De aici, suspensia
12 algală este vehiculată prin bioreactoarele **B5/1, 2** și deversează peste membranele de
13 preaplin **3**, ajungând în bioreactorul **B6**. O parte din suspensia algală se recoltează, fiind
14 vehiculată prin ramificație, de către pompa **P1**, cu un debit de 0,3 l/h, în filtrul **F2**. Se separă
15 de pe filtru turtă algală, care se trece la valorificare, de filtratul care se vehiculează cu pompa
16 **P3**, prin schimbătorul de căldură **C4**. Aici, filtratul se încălzește la o temperatură astfel
17 reglată, încât să se asigure suspensiei algale din fotoreactorul F o temperatură de 26...28°C.
18 Periodic, se completează volumul de suspensie algală din fotobioreactor, prin introducerea
19 de apă și/sau soluție de nutrient, astfel încât înălțimea stratului de suspensie algală din bio-
20 reactorul **B6** să rămână constantă, la valoarea de 80 mm. Productivitatea fotobioreactorului,
21 în regim de funcționare continuă, este de $1,4 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{zi}^{-1}$ masă microalgală uscată. Aceasta
22 conține 32% ulei algal, care a fost extras cu hexan și s-a determinat distribuția acizilor grași
23 în trigliceridele componente ale uleiului algal, prin metoda cromatografiei de gaze.
24 Rezultatele sunt prezentate în tabelul 2. Se observă că uleiul algal are un conținut relativ
25 ridicat de acizi grași polinesaturați (C18:3n3, C18:3n4, C20:3n6), produse cu valoare de
26 utilizare ridicată, utilizate, în special, ca suplimente alimentare.

Tabelul 2

Distribuția acizilor grași în trigliceridele din uleiul algal extras din
Chlorella homosphaera AICB 424

Componenți acizi grași	Concentrație %
C8:0	4,61
C10:0	4,05
C12:0	1,01
C14:0	1,20
C16:0	11,92
Cl 6:1 trans	7,90
C16:1 cis	6,95
C18:0	12,04
C18:1 cis	7,49
C18:2 cis	14,80
C18:3n3	25,70
C18:3n4	1,39
C20:1n9	0,58
C20:3n6	0,36

Notă: Primul număr reprezintă numărul de atomi de carbon din molecula acidului gras, iar al doilea număr reprezintă numărul de legături duble.

RO 123480 B1

Exemplul 2. Se utilizează un fotobioreactor F, compus din bioreactorul **B6**, sub forma unui bazin din beton impermeabilizat, de formă paralelipipedică, deschis la partea inferioară, având dimensiunile $L \times l \times H$ (m) = 12 x 12 x 0,5. Este prevăzut cu un racord de evacuare a suspensiei microalgale cu ajutorul unei pompe și cu un racord pentru curățire. În interiorul bazinului bioreactorului **B6**, sunt amplasate douăzeci de bioreactoare **B5**, având fiecare un volum nominal de 2 m³, legate în paralel. Bioreactoarele **B5** sunt formate din corpul bioreactorului **1**, de forma unei cuve paralelipipedice cu dimensiunile $L \times l \times H$ (m) = 10 x 1 x 0,2, construit din vergele metalice și/sau din plasă de sârmă, pentru rezistență mecanică, și având la interior o incintă paralelipipedică, formată din folie de polietilenă cu grosime de 0,4 mm. Folia este fixată lateral, între flanșele și capacele **2**, cu ajutorul unor cleme sau șuruburi, iar la partea superioară, pe membranele de preaplin **3**. Unul dintre capacele laterale **2** este asamblat cu o conductă **5**, din PVC, cu diametrul $\phi = 40$, prin care se face alimentarea cu soluție de nutrient (suspensie algală). Conducta are numeroase găuri prin care soluția de nutrient se distribuie uniform în întreg volumul bioreactorului și este prevăzută cu o flanșă de racordare. Celălalt capac este asamblat cu conducta **6**, din PVC, cu diametrul $\phi = 30$, prin care se alimentează prin barbotare CO₂ și cu conducta **7**, din PVC, cu diametrul $\phi = 60$, prin care se alimentează, prin barbotare, aer. Conductele **6** și **7** sunt prevăzute cu găuri de distribuție și cu flanșe. Corpul bioreactorului **1** este asamblat cu două membrane de preaplin **3**, dispuse sub un unghi de 30° față de verticală. Aceste membrane au rolul să orienteze surplusul de suspensie algală și să-l transforme, prin cădere liberă, în perdea de picături, îmbunătățind astfel degajarea oxigenului și împiedicând apariția fenomenelor de fotooxidare. Bioreactorul este prevăzut cu suporturi **4**, având înălțimea de 300 mm. Fotobioreactorul **F** are un sistem de iluminare naturală, dublat de un sistem alternativ de iluminare artificială, format din tuburi fluorescente de 80 W, care asigură o intensitate luminoasă de 1000 lucși.

Se încarcă cele douăzeci de bioreactoare **B5/1...20**, cu câte 1,7 m³ mediu de cultură **BBM**, modificat prin adăugare de NaHCO₃, având compoziția prezentată în tabelul 3.

Tabelul 3

Compoziția mediului nutritiv **BBM** (Basal Bold Medium), modificat cu NaHCO₃

Componenți	Concentrație
NaNO ₃	0,250
KH ₂ PO ₄	0,175
K ₂ HPO ₄	0,075
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	0,075
CaCl ₂ · 2 H ₂ O	0,025
NaCl	0,025
KOH 85%	0,031
NaHCO ₃	3
Soluție de Fe chelatat ¹⁾	1 ml
Soluție de microelemente	1 ml
Componenți soluție microelemente	Concentrație, a/l
H ₃ BO ₄	2,860
MnSO ₄ · 4 H ₂ O	2,030

RO 123480 B1

Tabelul 3 (continuare)

Componenți	Concentrație
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0,222
MoO ₃ (85%)	0,018
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0,079
Co(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	0,494

^{*)}Soluția de Fe chelatat conține 0,69 g FeSO₄ · 7H₂O și 0,93 g Na₂EDTA la 100 ml.

O suspensie de *Chlorobotrys simplex* AICB 15, crescută în mediu BBM, modificat cu NaHCO₃, prelevată în faza exponențială de creștere, având un volum de 190 l, se inoculează în fiecare dintre cele douăzeci de bioreactoare **B5**. Se cuplează sistemul de iluminare **17** și se introduce, prin conducta **6**, CO₂, cu un debit astfel ales, încât să se mențină pH-ul mediului în intervalul 7,5...8. Se barbotează aer, furnizat de suflanta **S9**, prin conducta **7**, în fiecare dintre bioreactoarele **B5**, cu un debit total de 16 m³/h. Se urmărește variația densității optice (OD) a suspensiei microalgale, în timp. Se constată o fază de creștere exponențială, după care suspensia intră într-o fază de declin relativ, care este de scurtă durată și apoi apare faza staționară, în care nu se mai acumulează biomasă. Ciclul respectiv durează 8 zile, după care se începe alimentarea fiecărui bioreactor **B5/1...20**, cu un debit de 170 l/zi mediu de cultură BBM. Suspensia microalgală din fiecare bioreactor crește în volum și începe să deverseze peste membranele de preaplin **3**, în bioreactorul **B6**. După 9 zile, se oprește alimentarea cu mediu de cultură BBM modificat, iar fotobioreactorul **F** intră în regim de funcționare continuă.

Se menține iluminarea și introducerea prin barbotare a amestecului de gaze în bioreactoarele **B5/1, 2** și se pornește pompa **P1**, cu un debit de 400 m³/h. Aceasta aspiră suspensie algală din bioreactorul **B6** și o introduce în bioreactoarele **B5/1...20** prin conducta de alimentare **5**. De aici, suspensia algală este vehiculată prin bioreactoarele **B5/1, 2** și deversează peste membranele preaplin **3**, ajungând în bioreactorul **B6**. O parte din suspensia algală se recoltează, fiind vehiculată prin ramificație, de către pompa **P1**, cu un debit de 0,2 m³/h, în filtrul **F2**. Se separă, de pe filtru, turta algală care se trece la valorificare, de filtratul care se vehiculează cu pompa **P3**, prin schimbătorul de căldură **C4**. Aici, filtratul se încălzește la o temperatură astfel reglată, încât să se asigure o temperatură, a suspensiei algale din fotoreactorul **F**, de 26...28°C. Periodic, se completează volumul de suspensie algală din fotobioreactor, prin introducerea de apă și/sau soluție de nutrient, astfel încât înălțimea stratului de suspensie algală din bioreactorul **B6** să rămână constantă, la valoarea de 300 mm. Productivitatea fotobioreactorului, în regim de funcționare continuă, este de 1,1 g · l⁻¹ · zi⁻¹. Aceasta conține 40,2% ulei algal, care a fost extras cu hexan și s-a determinat distribuția acizilor grași în trigliceridele componente ale uleiului algal, prin metoda cromatografiei de gaze. Rezultatele sunt prezentate în tabelul 4. Se observă că distribuția acizilor grași este favorabilă obținerii de biodiesel - biocombustibil cu structură de esteri metilici ai acizilor grași.

RO 123480 B1

Tabelul 4

Distribuția acizilor grași în trigliceridele din uleiul algal extras din *Chlorobotrys simplex*
AICB 15

Componenți acizi grași	Concentrație %	
C8:0	10,41	5
C10:0	5,67	
C12:0	4,02	7
C12:1	3,65	
C14:0	1,70	9
C14:1	1,13	
C16:0	13,89	11
Cl 6:1 trans	1,52	
C16:1 cis	4,04	13
C18:0	0,00	
C18:1 cis	5,86	15
C18:2 cis	37,73	
C18:3n6	5,82	17
C18:3n3	0,21	
C18:3n4	3,62	19
C20:1n9	0,51	
C20:3n6	0,22	21

RO 123480 B1

Revendicări

1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45
47

1. Procedeu pentru sechestrarea durabilă a dioxidului de carbon, din gazele cu efect de seră, în sisteme fotosintetizatoare, utile, cu regim de funcționare continuă, **caracterizat prin aceea că**, inițial, se încarcă bioreactoarele (**B5/1...n**) cu mediu de cultură A, la 86...89% din capacitate, se inoculează, în fiecare dintre acestea, o suspensie de microalge, crescută în mediu (**A**), prelevată în faza exponențială de creștere, raportul volumetric dintre mediul inițial de cultură (**A**) și suspensia de inocul fiind de 9:1, se cuplează sistemul de iluminare (**17**), se introduce, prin conducta (**6**), dioxid de carbon, cu un debit astfel ales, încât pH-ul suspensiei microalgale să varieze în intervalul 7,5...8,8, și, prin conducta (**7**), aer care barbotează, menținând agitarea suspensiei, se urmărește evoluția în timp a densității optice a suspensiei microalgale, constatându-se o fază de creștere exponențială, urmată de un declin relativ, de scurtă durată, și, în final, o fază staționară în care nu se mai acumulează biomasă, ciclul respectiv având o durată de 7...10 zile, după care se începe alimentarea bioreactoarelor (**B5**) cu mediu de cultură A, suspensia microalgală crescând în volum, începe să deverseze peste membranele de preaplin (**3**), în bioreactorul (**B6**), după un interval de 8...10 zile, se oprește alimentarea cu mediu de cultură (**A**), iar fotobioreactorul (**F**) intră în regim de funcționare continuă, timp în care se mențin iluminarea și introducerea prin barbotare a dioxidului de carbon și a aerului, se pornește pompa (**P1**), care aspiră suspensie microalgală din bioreactorul (**B6**) și o introduce în bioreactoare (**B5/1...n**), prin conducta de alimentare (**5**), fiind vehiculată prin bioreactoare, după care deversează peste membranele de preaplin (**3**), ajungând din nou în bioreactorul (**B6**), de unde o parte din suspensia microalgală se recoltează, fiind vehiculată prin ramificație, de către pompa (**P1**), în filtrul (**F2**), unde se separă turta microalgală care se trece la valorificare, de filtratul care se vehiculează cu pompa (**P3**), prin schimbătorul de căldură (**C4**), unde se încălzește la o temperatură astfel reglată, încât să se asigure o temperatură de 26...28°C a suspensiei microalgale din fotobioreactorul (**F**), al cărui volum se menține constant, prin introducerea de apă și/sau soluție de nutrient, astfel încât înălțimea stratului de suspensie microalgală din bioreactorul (**B6**) să rămână constantă, la o valoare prescrisă între 80 și 300 mm.

2. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** microalga este de tipul *Chlorella homosphaera* AICB 424 sau *Chlorobotrys simplex* AICB 15, iar mediul de cultură (**A**) este de tip mediu Z (Zarrouk), pentru primul tip de microalgă și, respectiv, mediu BBM (Basal Bold Medium), modificat prin adăugare a 3 g/l NaHCO₃, pentru cel de-al doilea tip.

3. Fotobioreactor pentru sechestrarea durabilă a dioxidului de carbon, din gazele cu efect de seră, în sisteme fotosintetizatoare, utile, cu regim de funcționare continuă, **caracterizat prin aceea că** este compus din bioreactorul (**B6**), în care sunt amplasate un anumit număr de bioreactoare (**B5**) legate în paralel și sistemul de iluminare (**17**), bioreactorul (**B6**) are forma unui bazin sau a unei cuve paralelipipedice, deschisă la partea superioară, bioreactoarele (**B5**) sunt formate din corpul bioreactorului (**1**), de forma unei cuve paralelipipedice, construită din materiale transparente pentru lumină, deschisă la partea superioară și laterală, și prevăzută cu flanșe dreptunghiulare pe care se fixează, cu șuruburi sau cleme, capace plane (**2**), construite din același tip de material transparent pentru lumină, unul dintre capacele laterale este asamblat cu o conductă (**5**) din PVC, prin care se face alimentarea cu soluție de nutrient (suspensie algală), conducta are numeroase găuri prin care soluția de nutrient se distribuie uniform în întreg volumul bioreactorului și este prevăzută cu o flanșă de racordare, iar celălalt capac este asamblat cu conducta (**6**) din PVC, prin care se alimentează, prin barbotare, dioxid de carbon, și cu conducta (**7**), prin care se alimentează, prin

RO 123480 B1

barbotare, aer, pentru agitare, ambele conducte fiind prevăzute cu găuri de distribuție și cu flanșe, corpul bioreactorului (1) este asamblat cu două membrane de preaplin (3), dispuse sub un unghi de 30...60° față de verticală, membranele având rolul să orienteze surplusul de suspensie microalgală și să-l transforme, prin cădere liberă, în perdea de picături, îmbunătățind captarea luminii și degajarea oxigenului, împiedicând astfel apariția fenomenelor de fotooxidare. 1
3
5

4. Fotobioreactor conform revendicării 3, **caracterizat prin aceea că** bioreactorul (B6) este construit, în funcție de mărimea acestuia, din materiale transparente pentru lumină sau din beton impermeabilizat, corpul bioreactoarelor (B5) este construit din materiale transparente pentru lumină sau din vergele metalice și/sau din plasă de sârmă, pentru rezistență mecanică, și având la interior o incintă paralelipipedică, formată din folie de polietilenă cu grosimea de 0,2...0,4 mm, fixată lateral, între flanșele și capacele (2), cu ajutorul unor cleme sau șuruburi, iar la partea superioară, pe membranele de preaplin (3), materialele transparente pentru lumină sunt de tipul sticlei, a policarbonatului sau a poli-acrilatului, iar sistemul de iluminare (17) este de tipul iluminatului natural sau artificial, format din tuburi fluorescente. 7
9
11
13
15

(51) Int.Cl.

C12M 1/00 (2006.01),

C12N 1/12 (2006.01)

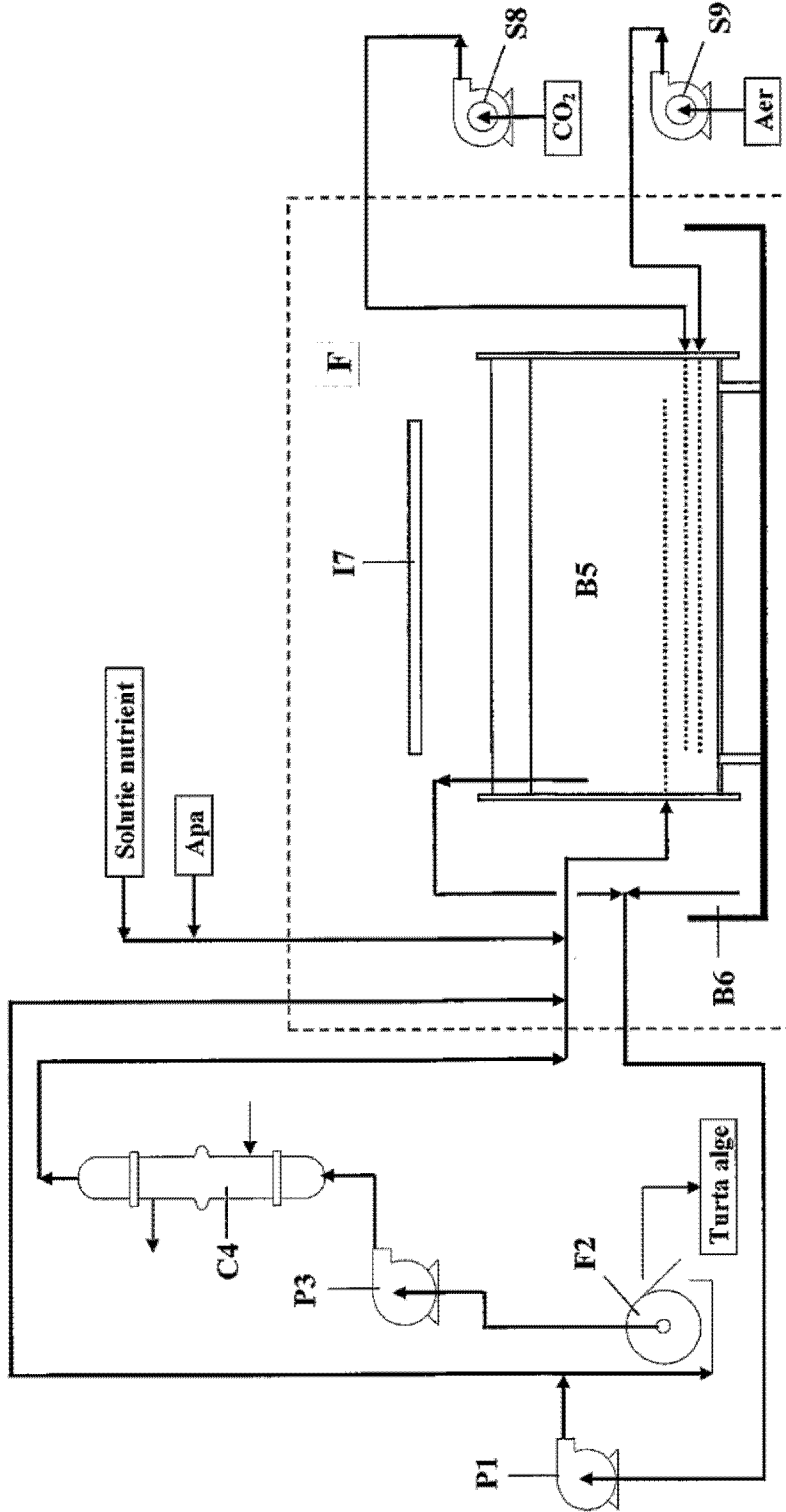


Fig. 1

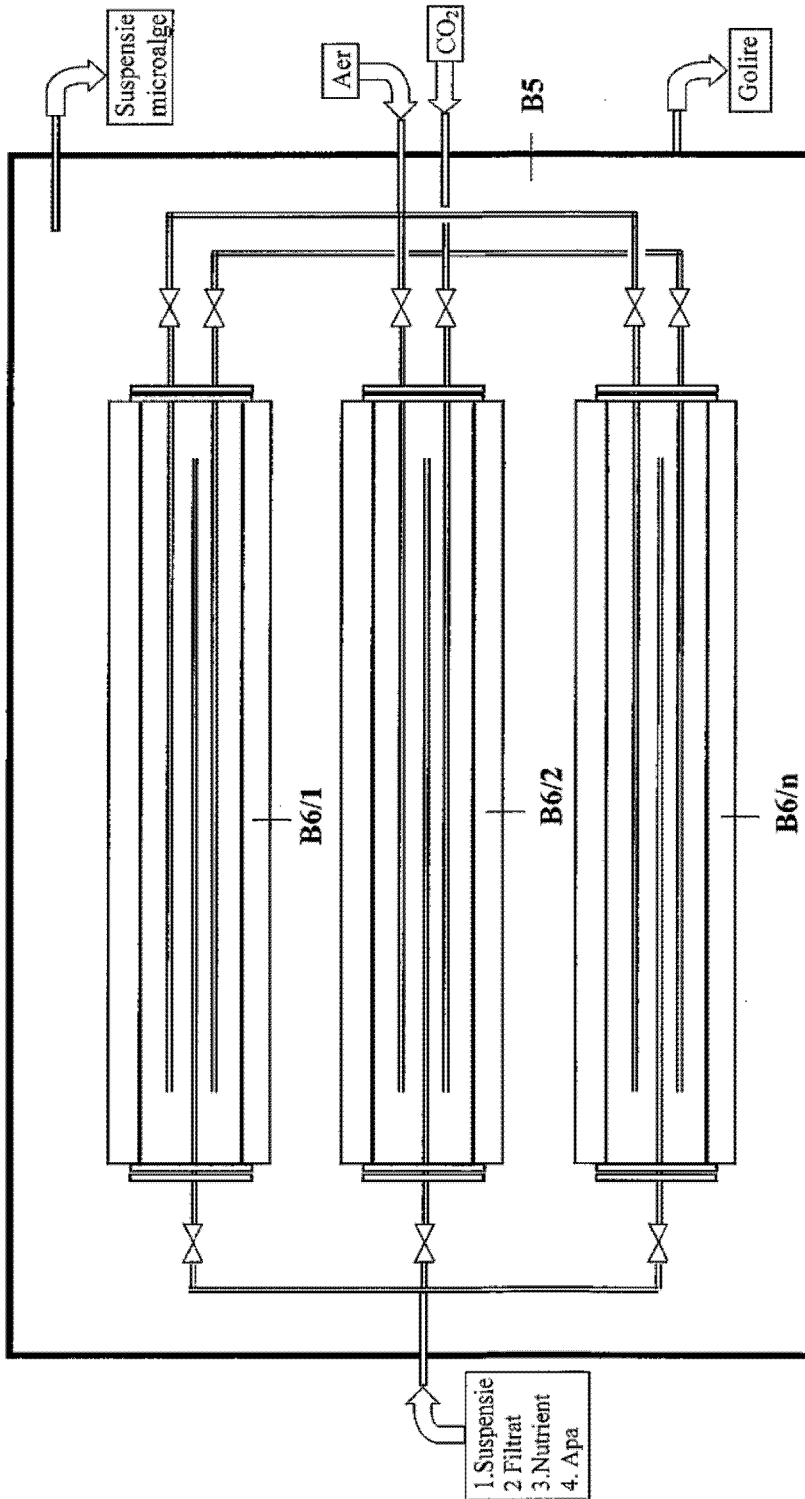


Fig. 2

(51) Int.Cl.

C12M 1/00 (2006.01),

C12N 1/12 (2006.01)

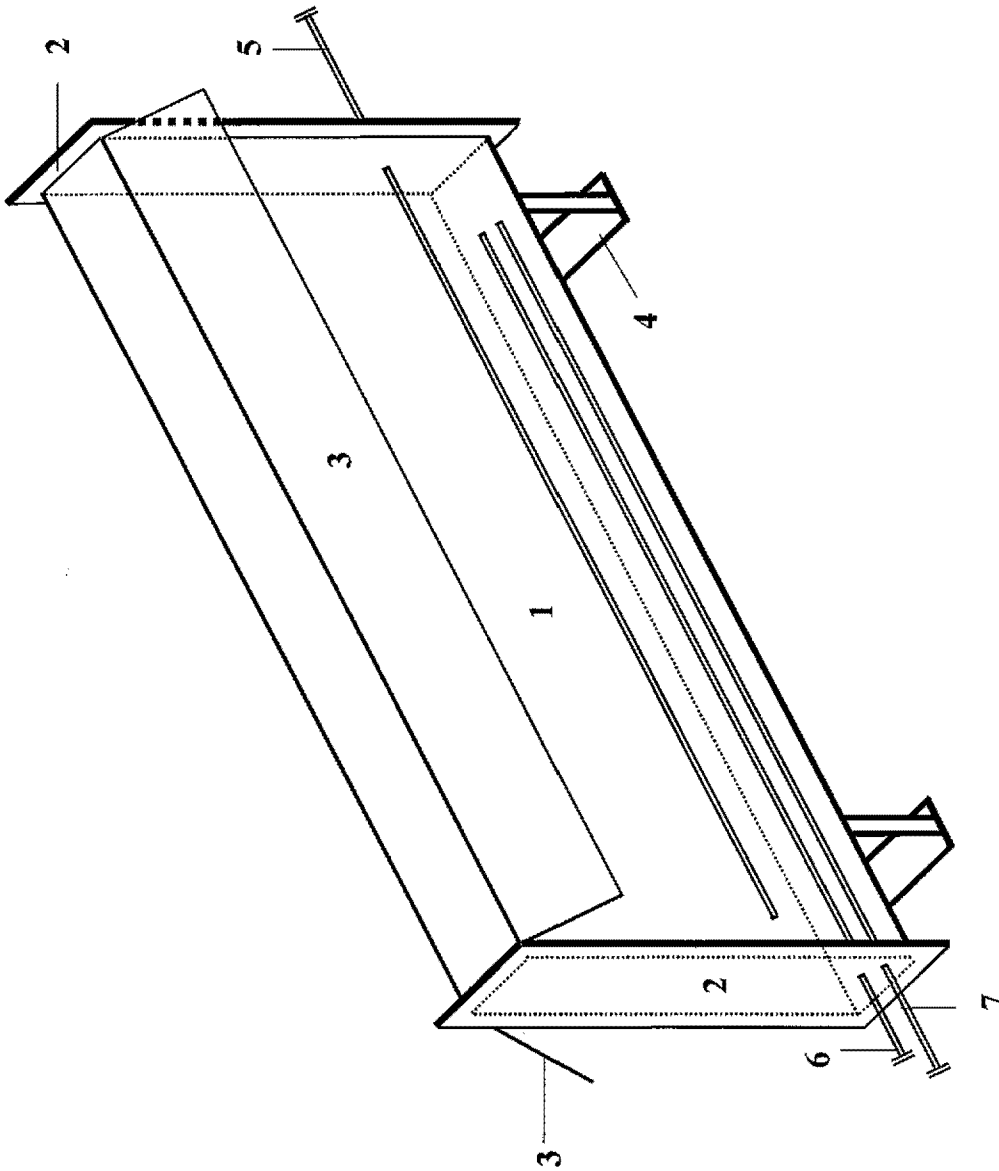


Fig. 3



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 483/2012