



УКРАЇНА

(19) UA (11) 29195 (13) U

(51) МПК (2006)

B01D 1/00

B01D 15/00

C07C 403/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ КАРОТИНОВІСНОЇ БІОМАСИ МІКРОВОДОРОСТІ
DUNALIELLA SALINA

1

2

(21) u200708450

(22) 23.07.2007

(24) 10.01.2008

(72) РУДАСЬ ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ТАТИЩЕВ ЄВГЕН ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, ШУТОВ ЄВГЕН МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ЧЕРНИШОВ СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ, UA, ТКАЧЕНКО ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ, UA, ДЮНЯШЕВ СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA, ЗАВАРЗІН ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ, UA, БАЛАБУХА ЗОРЕСЛАВ КІМОВИЧ, UA, КОМАРИСТА ВІКТОРІЯ ПАВЛІВНА, UA

(73) РУДАСЬ ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ТАТИЩЕВ ЄВГЕН ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, ШУТОВ ЄВГЕН МИКОЛАЙОВИЧ, UA

(56)

(57) 1. Пристрій для концентрування каротиновмісної біомаси мікроводорості *Dunaliella salina*, що складається з вертикально розташованого адсорбера циліндричної форми з плоским дном та передбаченим у нижній частині адсорбера вхідним штуцером, над яким розміщений паралельно дну розподільчий вузол у вигляді пластини з отворами, який відрізняється тим, що додатково містить пінозбірник, встановлений зверху на адсорбер, та зливну ємність циліндричної форми зі зливним штуцером,

закріплену співвісно всередині адсорбера і розташовану у його верхній частині під пінозбірником.

2. Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що пінозбірник виконаний у формі кільця і складається з двох камер, утворених поперечною перегородкою з вмонтованим у її центрі внутрішнім штуцером, спрямованим у верхню камеру пінозбірника, причому верхній кінець внутрішнього штуцера виконано закритим, а у верхній частині його бокової стінки по колу розташовано ряд наскрізних отворів, крім того у нижній частині верхньої камери пінозбірника передбачений зливний штуцер.

3. Пристрій за пп. 1-2, який відрізняється тим, що пінозбірник та розташований у ньому внутрішній штуцер мають ребристу поверхню.

4. Пристрій за пп. 1-3, який відрізняється тим, що зливний штуцер зливної ємності виконаний з можливістю регулювання рівня рідини у адсорбері шляхом зміни швидкості потоку рідкої фази, що проходить через зливний штуцер.

5. Пристрій за п. 4, який відрізняється тим, що зливний штуцер зливної ємності з'єднаний з трубопроводом через коліно з можливістю зміни діаметра поперечного перерізу останнього.

Корисна модель відноситься до біотехнології, а саме до виробництва бета-каротину з мікроводоростей роду *Dunaliella*.

Бета-каротин є цінною біологічно активною речовиною, яка може бути перетворена організмом у вітамін А. Бета-каротин знаходить своє застосування у харчовій та фармацевтичній галузі, у косметології, тваринництві. Найбагатшим джерелом природного бета-каротину є мікроводорість *Dunaliella salina*.

Мікроводорість природно росте в ропі солоних озер і басейнах солепромислів, а також вирощується штучно в фотобіореакторах. Виробництво бета-каротина на базі відкритих

водоєм частіше за все носить сезонний характер, зумовлений тим, що інтенсивність вегетації мікроводорості в зимовий період знижена. Концентрація клітин *Dunaliella salina* в осінньо-зимово-весняний період рідко перевищує 10-20 тисяч на 1мл ропи, а вміст бета-каротину - 1-2мг/л. Порівняно з літнім періодом (концентрація клітин до 100 тис. на 1мл, вміст бета-каротину до 15мг/л), для виробництва бета-каротину потрібно переробляти в середньому майже в 10 разів більший об'єм ропи, ніж в літній період, що істотно позначається на собівартості продукту.

У літній період продуктивність і поновлення сировинної бази залежить від погодних умов: за

(13) U

(11) 29195

(19) UA

похмурої погоди і температури ропи нижче за 18°C ріст культури практично повністю зупиняється.

У штучних закритих фотобіореакторах в контрольованих умовах середовища вдається досягнути концентрації клітин в культурі до 10 млн. на 1мл поживного середовища, але концентрація бета-каротину в клітинах в умовах культури (5-10пг на одну клітину) набагато нижче, ніж в природних водоймах (до 100пг на 1 клітину), тому вихід продукту на одиницю площі фотобіореактора не перевищує такого для природних водойм в зимовий період.

Природні відкриті водойми, в яких природно росте *Dunaliella salina*, мають перевагу перед штучними реакторами, яка складається не тільки у відсутності витрат на конструювання реактора і освітлення, але і у великих об'ємах ропи, доступної для переробки. Тому, за наявності великих площ солоних водойм, навіть з невисокою концентрацією клітин, застосування різних методів концентрування суспензії клітин перед екстракцією бета-каротину дозволить зробити виробництво високорентабельним незалежно від погодних умов і сезону, а також істотно збільшити його рентабельність в сприятливих погодних умовах.

Відома установка для виробництва бета-каротину [патент на корисну модель 19488, Україна, МПК7 B01D15/10, B01J8/20, C07C403/00, заявл. 30.06.2006, опубл. 15.12.2006, Бюл. №12] з ропи солоних озер або поживного середовища штучних біореакторів, що містить *Dunaliella salina*, з використанням адсорбції каротиновміщуючої біомаси в киплячому шарі сорбенту. Установка складається головним чином з адсорбера (найбільш близького за конструкцією до заявленого пристрою), магнітного сепаратора, екстрактора та системи десорберів з відстійниками. Установка функціонує за наступною схемою: адсорбція відбувається в безперервному процесі з наступним відділенням сорбенту від рідкої фази, екстракцією бета-каротину з сорбованої біомаси і регенерацією сорбенту. Сорбентом є дрібнодисперсний природний мінерал магнетит. Адсорбер відомої установки виконаний у формі вертикально розташованої судини циліндричної форми з плоским дном. У нижній частині адсорбера розміщено розподільчий вузол, виконаний у формі пластины з отворами, та вхідний штуцер для подання рідкої фази. Киплячий шар магнетиту створюється в адсорбері з подачею рідкої фази в нижній частини судини. Відбір сорбенту з сорбованою на ньому каротиновміщуючою біомасою проводиться в верхній частині адсорбера через перелив.

Відома установка забезпечує відділення біомаси мікроводорості від великого об'єму ропи, тобто, фактично - концентрування біомаси.

Прототип має наступні недоліки:

1. Значення вмісту сорбованого на магнетиті разом з біомасою бета-каротину прямо пов'язане з його концентрацією в вихідній ропі і при 1-2мг/л не перевищує 80мг/л сорбенту, тобто концентрування становить 40-80 разів.

2. Об'єм магнетиту, що покидає адсорбер на переливі, обмежений і не перевищує 20л з 1м²

площі перетину адсорбера в годину.

3. Магнетит з сорбованою на ньому біомасою *Dunaliella salina* погано відстоюється і містить до 60% води, що надалі при змішуванні з розчинником в процесі екстракції веде до утворення емульсії, яка стабілізується частками магнетиту.

4. Установка не дозволяє регенерувати сорбент повністю. Через 8-10 циклів сорбенту ефективність сорбції знижується і потрібна заміна сорбенту.

5. Для перекачування маси магнетиту по трубопроводах потрібні спеціальні насоси, що дорого коштують та швидко зношуються.

Недоліки прототипу пов'язані з недоліками сорбенту:

1. Низька спорідненість поверхні гранул магнетиту до ліпофільних матеріалів, і зокрема, до бета-каротину.

2. Висока питома вага магнетиту (5г/см³) і, як наслідок, повільне сплиття часток з сорбованою біомасою і низька швидкість осідання пасти магнетиту у воді (ропі).

3. Магнетит має досить високу спорідненість до білкових компонентів біомаси, які поступово займають всю поверхню часток сорбента, знижуючи ефективність сорбції бета-каротину.

4. Паста магнетиту має високу в'язкість і абразивні властивості.

Проаналізувавши властивості різних сорбентів, які можуть використовуватися в подібних пристроях, автори дійшли до висновку, що всіх вище перелічених недоліків позбавлені гази, і зокрема, повітря.

1. Поверхня пухирців повітря у воді має виражені гідрофобні властивості і ефективно сорбує мікроводорості, зокрема *Dunaliella salina*.

2. При пропущенні повітря через рідину пухирці повітря досить швидко і легко спливають, навіть без організації зваженого шару за допомогою висхідного струму рідини.

3. На поверхні рідини досить швидко утворюється піна, яка, спадаючи, дає концентрат каротиновміщуючої біомаси *Dunaliella salina*.

4. При використанні в якості сорбенту пухирців повітря регенерація сорбенту не потрібна, відповідно відпадає необхідність в системі десорберів.

5. Концентрат каротиновміщуючої біомаси мікроводорості *Dunaliella salina* являє собою рідину, яка легко транспортується по трубопроводах за допомогою стандартного насосного обладнання.

В основу корисної моделі поставлене завдання створення нового пристрою для концентрування каротиновміщуючої біомаси мікроводорості *Dunaliella salina*, конструктивні особливості якого (додаткове введення пінозбірника оригінальної конструкції, зливної ємності, оптимальним чином розташованої у адсорбері та ін.) обумовлені використанням в якості сорбенту бульбашок повітря.

Нове рішення дозволяє спростити та здешевіти конструкцію пристрою, зокрема, за

рахунок виключення таких вузлів як десорбери, відстійники, сепаратори тощо. Натомість заявлений пристрій дозволяє суттєво підвищити концентрацію клітин біомаси міководорості понад 3 млн. на 1мл одержаного концентрату з вмістом бета-каротину мінімум 200мг/л. Новий пристрій екологічно безпечний та простий у використанні.

Поставлене завдання вирішується таким чином, що у пристрої для концентрування каротиновміщуючої біомаси міководорості *Dunaliella salina*, який складається з вертикально розташованого адсорбера циліндричної форми з плоским дном та передбаченим у нижній частині адсорбера вхідним штуцером, над яким розміщений паралельно дну розподільчий вузол у вигляді пластини з отворами, корисною моделлю передбачено, що заявлений пристрій додатково містить пінозбірник, встановлений зверху на адсорбер, та зливну ємність циліндричної форми зі зливним штуцером, закріплену співосно всередині адсорбера і розташовану у його верхній частині під пінозбірником.

Згідно з корисною моделлю пінозбірник, виконаний у формі кільця та складається з двох камер, утворених поперечною перегородкою з вмонтованим у її центрі внутрішнім штуцером, спрямованим у верхню камеру пінозбірника, причому верхній кінець внутрішнього штуцера виконано закритим, а у верхній частині його бокової стінки по колу розташовано ряд наскрізних отворів, крім того у нижній частині верхньої камери пінозбірника передбачений зливний штуцер.

У відповідності з корисною моделлю пінозбірник та розташований у ньому внутрішній штуцер мають ребристу поверхню.

Корисною моделлю також передбачено, що зливний штуцер зливної ємності виконаний з можливістю регулювання рівня рідини у адсорбері шляхом зміни швидкості потоку рідкої фази, що проходить через зливний штуцер.

Як варіант, зливний штуцер зливної ємності може бути з'єднаний з трубопроводом через коліно з певним діаметром поперечного перетину. При зміні діаметра коліна трубопроводу змінюється швидкість протікання рідкої фази через зливний штуцер і, тим самим, регулюється рівень рідини в адсорбері. Зміна швидкості протікання рідкої фази через зливний штуцер може бути здійснена за допомогою будь-якого іншого вузла, придатного для використання у заявленому пристрої.

Подача газу (повітря) в адсорбер здійснюється у вигляді газорідної суміші через вхідний штуцер. Розподільчий вузол служить для рівномірного розподілення пухирців по перетину адсорбера. Газорідна суміш може бути одержана різними відомими способами, наприклад: за допомогою сатуратора, подачі повітря від компресора в трубопровід під тиском, за допомогою організації підсосу повітря насосом, встановлення в трубопроводі водоструминного насоса.

На Фіг.1 наведено схематичне зображення у розрізі заявленого пристрою, який містить адсорбер 1 з вхідним штуцером 2, розподільчий

вузол 3 у вигляді пластини з отворами, пінозбірник 4 з перегородкою 5 та внутрішнім штуцером 6 з отворами 7, зливний штуцер 8 у верхній камері пінозбірника 4, зливну ємність 9 зі зливним штуцером 10, коліном трубопроводу 11 та елементами кріплення 12.

Адсорбер 1 виконаний у вигляді вертикально розташованої судини циліндричної форми з плоским дном. У нижній частині адсорбера 1 передбачений вхідний штуцер 2 і розташований над ним паралельно дну розподільчий вузол 3 у вигляді пластини з отворами. Зверху на адсорбер 1 встановлено пінозбірник 4, виконаний у формі кільця. Пінозбірник 4 має дві камери, утворені поперечною перегородкою 5, в центрі якої співосно вмонтовано внутрішній штуцер 6 з закритим верхнім кінцем, звернутий у бік верхньої камери пінозбірника 4. У верхній частині внутрішнього штуцера 6 по колу розташовані наскрізні отвори 7. У верхній частині адсорбера 1 за допомогою елементів кріплення 12 співосно закріплено зливну ємність 9 зі зливним штуцером 10 для зливу ропи, вільної від біомаси *Dunaliella salina*. Як варіант, для регулювання швидкості зливу ропи використано коліно 11 трубопроводу, з'єднане зі зливним штуцером 10.

Зливну ємність 9 встановлено співосно з адсорбером 1 з метою рівномірного розподілу потоку пухирців через адсорбер 1. Злив відбувається через зливну ємність 9, закріплену елементами 12 на деякій відстані від верхнього краю адсорбера 1. Коли потік рідини досягає верхнього краю зливної ємності 9, рідина потрапляє в неї рівномірно по колу верхнього краю зливної ємності 9 і не порушує ламінарного потоку пухирців. Діаметр коліна 11 зливного трубопроводу підбирається таким чином, щоб за робочих швидкостей потоку рівень ропи в адсорбері 1 був трохи вищий за ємність зливу 9. Це зроблено для того, щоб не допустити потрапляння пінного концентрату в злив. Ємність пінозбірника 4 і внутрішній штуцер 6 мають ребристу поверхню, які, разом із заглушкою внутрішнього штуцера і рядом отворів 7 виступають як механічні перешкоди, з якими стикаються пухирці повітря, що сприяє більш швидкому мимовільному гасінню піни. Злив концентрату каротиновміщуючої біомаси після гасіння піни здійснюється через зливний штуцер 8.

Відповідно до заявленої корисної моделі, пристрій працює таким чином. Поступаюча в адсорбер 1 ропи з каротиновміщуючою біомасою *Dunaliella salina*, змішана з повітрям будь-яким з відомих способів, попадає в простір під розподільчим вузлом 3. Проходячи через отвори пластинки, пухирці повітря рівномірно розподіляються по перетину адсорбера 1 і ламінарним потоком підіймаються у верхню частину адсорбера 1, захоплюючи з собою каротиновміщуючу біомасу *Dunaliella salina*. Швидкість руху пухирців складається з швидкості потоку ропи і швидкості сплиття самих пухирців, тому ропи покидає адсорбер 1 через зливну ємність 9 практично вільною від пухирців повітря, які скупчуються вище за перелив у вигляді піни.

Піна підіймається по нижній камері пінозбірника 4 і потрапляє у внутрішній штуцер 6, що веде у верхню камеру пінозбірника 4. Проходячи через ряд отворів 7 під заглушкою внутрішнього штуцера 6 піна частково гаситься. Подальше мимовільне гасіння піни відбувається при її стіканні по ребрих стінках пінозбірника 4 і відстоюванні в ємності пінозбірника 4. Злив концентрата каротиновміщуючої біомаси, що утворюється внаслідок гасіння піни, відбувається через зливний штуцер 8 пінозбірника 4.

Заявлений пристрій на відміну від системи адсорбтив-десорбтив прототипу є компактним і може бути встановлений і експлуатуватися на стандартній вантажній платформі. Це дає додаткові переваги, оскільки мобільна установка може переміщатися від одного джерела сировини до іншого, як на великій відстані, так і між сусідніми басейнами і сторонами одного басейну, і проводити ефективний збір біомаси з точок, де її вміст вищий внаслідок дії природних чинників: поділу клітин мікроводорості і вітрового нагону біомаси.

Отриманий концентрат, що містить у 200-250 вищу концентрацію бета-каротину, ніж вихідна ропа, може зберігатися (при доданні антиоксидантів), використовуватися для вилучення біомаси з метою її використання як готового продукту (корму для риб, харчової або кормової добавки, косметичного засобу), або транспортуватися до стаціонарного переробляючого модуля для виділення бета-каротину.

На ефективність роботи заявленого пристрою впливають наступні параметри: швидкість потоку ропи через адсорбер, висота стовпа рідини в адсорбері, співвідношення повітря-ропа в газопо-рідинній суміші, що поступає в адсорбер. Ці параметри були оптимізовані в процесі випробування заявленої конструкції. Для її оптимальної роботи бажано дотримання наступних параметрів: швидкість потоку ропи 1,5-3 м³/год·м² перетину адсорбера, висота стовпа рідини 2-3 м, співвідношення повітря-вода в надходжувачій газопо-рідинній суміші 1:1.

Корисна модель ілюструється прикладом.

Приклад 1. Для отримання концентрата каротиновміщуючої біомаси *Dunaliella salina* з ропи озера Змієво з концентрацією клітин 20 тис. в 1 мл, 50 пг бета-каротину на клітину, 1 мг/л бета-каротину, було зібрано установку відповідно до заявленої корисної моделі.

Адсорбер був виготовлений з поліетиленової труби висотою 2 м, діаметром 315 мм, з плоским дном. Розподільчий вузол був закріплений в адсорбері на відстані 3 см від дна. Зверху на адсорбері був встановлений пінозбірник.

У процесі експлуатації установки ропу з озера подавали зі швидкістю потоку 150 л/год., заздалегідь змішуючи з повітрям в співвідношенні 1:1 з використанням компресора. Спостерігали за накопиченням і гасінням піни в пінозбірнику. Рідкий концентрат біомаси після гасіння піни зливали в окрему ємність. За добу було зібрано біля 15 л концентрата.

У концентраті визначили вміст бета-каротину, який становив 230 мг/л. Таким чином, каротиновміщуюча біомаса була сконцентрована в 230 разів, ефективність вилучення бета-каротину в концентрат склала близько 90%.

Таким чином, заявлений новий ефективний пристрій по концентруванню каротиновміщуючої біомаси мікроводорості *Dunaliella salina*, конструкція якої загалом і в окремих елементах технологічна у виготовленні, компактна і допускає установку на транспортні засоби, що дозволяє переміщувати пристрій в місця природного концентрування сировини, що додатково підвищує ефективність збору біомаси. Заявлений пристрій виготовлений з екологічно безпечних матеріалів, дозволених до застосування в харчовій і фармацевтичній промисловості. У процесі роботи повітря використовується як єдиний агент, що привноситься. Тому, ні ропи, яка скидається назад в басейн, ні каротиновміщуюча біомаса, яка використовується цілком або для подальшої екстракції бета-каротину, не містять ніяких технологічних домішок. Технологія є екологічно безпечною, а продукт, що отримується, екологічно чистим.

