



УКРАЇНА

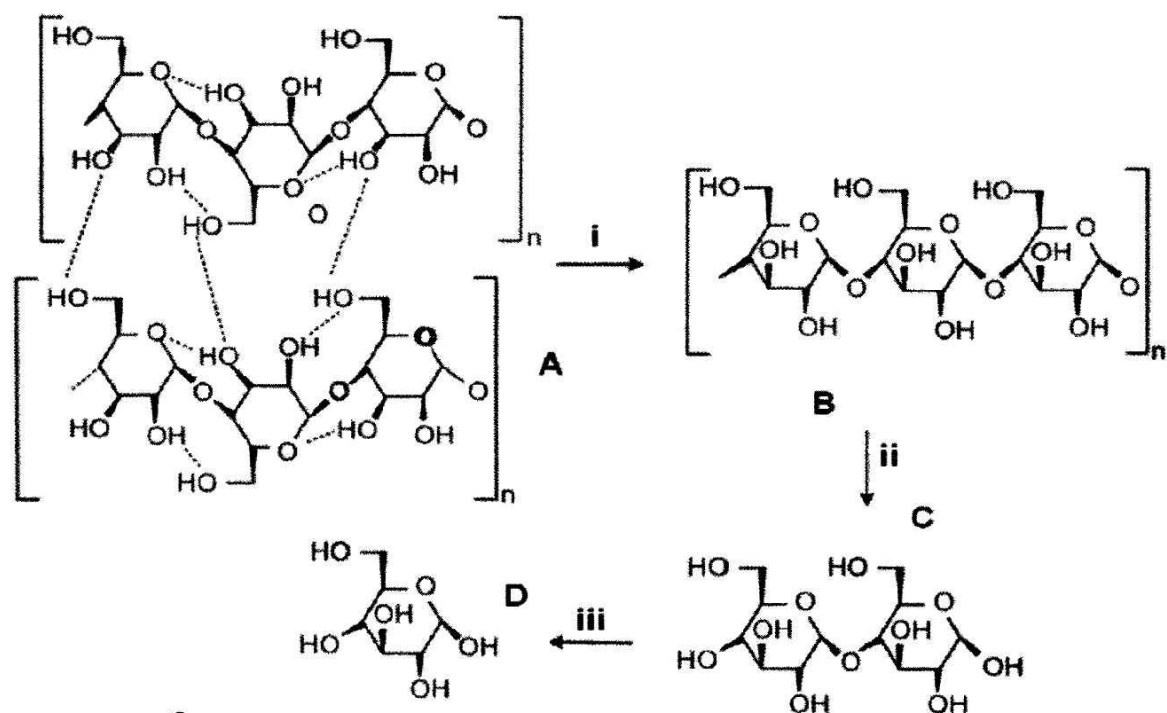
(19) **UA** (11) **116098** (13) **C2**
(51) МПК**C12P 7/10** (2006.01)**C12P 7/14** (2006.01)**C12P 1/02** (2006.01)**C12R 1/645** (2006.01)МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

(21) Номер заявки: а 2014 08101	(72) Винахідник(и): Медофф Маршалл (US), Мастерман Томас (US), Мун Джаевунг (US), Йосіда Аїічіро (US)
(22) Дата подання заявки: 20.12.2012	(73) Власник(и): КСІЛЕКО, ІНК., 360 Audubon Road, Wakefield, MA 01880, USA (US)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 12.02.2018	(74) Представник: Петров Андрій Володимирович, реєстр. №139
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 61/579,576	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 2010/200806 A1, 12.08.2010 JP 4194152 B2, 10.12.2008 WO 2008/040036 A1, 10.04.2008 US 2002/132313 A1, 19.09.2002 LIN S J ET AL. High-level production of erythritol by mutants of osmophilic <i>Moniliella</i> sp / PROCESS BIOCHEMISTRY, ELSEVIER, NL. - 01.06.2010. - vol. 45, № 6. - P. 973 - 979 EP 0845538 A2, 03.06.1998 US 5036011 A, 30.07.1991 US 5902739 A, 11.05.1999 US 5981241 A, 09.11.1999 KR 2002/0035051 A, 09.05.2002 WO 2010/135365 A2, 25.11.2010
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 22.12.2011	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: US	
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.09.2014, Бюл.№ 17	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.02.2018, Бюл.№ 3	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/US2012/071083, 20.12.2012	

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ЕРИТРИТОЛУ**(57) Реферат:**

Винахід стосується способу одержання еритритолу, який включає поєднання суспензії оцукреної лігноцелюлозної біомаси, що містить глюкозу та ксилозу, зі штамми *Moniliella pollinis* CBS 461.67 та *Moniliella megachiliensis* CBS 567.85, здатними перетворювати щонайменше один із цукрів на еритритол, причому стійкість лігноцелюлозної біомаси було зменшено, і ферментують цукровий сироп для одержання еритритолу при аерації від 0,3 до 1,0 об'єм/об'єм за хвилину та перемішуванні струменевим перемішувачем.

UA 116098 C2



Фиг. 1

Перехресні посилання на споріднені заявки

[0001] Ця заявка заявляє пріоритет за попередньою заявкою на патент США сер. № 61/579576, що подана 22 грудня 2011 р., вміст якої повністю включений у цю заявку шляхом посилання.

5 Область техніки

[0002] Цей винахід відноситься у цілому до виробництва продукції, зокрема цукрових спиртів, наприклад, таких як еритритол.

Рівень техніки

10 [0003] У зв'язку з тим, що застосування нафтопродуктів усе більше збільшується, відповідно зростає інтерес у поновлюваній сировині для виробництва біопалива і біохімікатів. Дослідження по застосуванню лігноцелюлозної біомаси як промислової сировини для таких виробничих процесів були початі ще в 1970-х. Лігноцелюлозна біомаса приваблива тим, що вона завжди є в великих кількостях, поновлювана, є місцевим ресурсом (не потрібне ввезення ззовні), а також не заважає продовольчому використанню інших видів сировини.

15 [0004] На сьогодні доступні багато видів потенційної лігноцелюлозної сировини, у тому числі: сільськогосподарські залишки, деревна біомаса, муніципальні відходи, насіння/жмихи олійних культур, морські водорості та ін. Як відомо, ці матеріали також використовуються як корми для тварин, як біокомпостні матеріали, пічні палива, або ж просто скидаються у землю на звалищах.

20 [0005] Лігноцелюлозна біомаса характеризується високою стійкістю (опірністю, непіддатливістю) до руйнування, оскільки стінки рослинної клітки мають жорстку і компакту структуру, яка охоплює кристалічні целюлозні фібрилли, вкладені в геміцелюлозну матрицю, оточену лігніном. Така компактна матриця не лише значно утруднює доступ ферментам і іншим хімічним речовинам, але також перешкоджає протіканню біохімічних і біологічних процесів.
25 Целюлозні матеріали біомаси (наприклад, такі, з яких весь лігнін заздалегідь видалений) можуть стати доступнішими для ферментних і інших конверсійних процесів. Слід зауважити, що целюлоза природного походження при контакті з гідрофільними ферментами часто дає досить низькі показники розкладання (відносно теоретично можливих), а лігноцелюлоза відрізняється ще більшою опірністю до дії ферментів. Крім того, кожен вид лігноцелюлозної біомаси має свій власний специфічний склад целюлози, геміцелюлози і лігніну.

30 [0006] При спробах використовувати ряд можливих способів з метою витягання структурних вуглеводів з лігноцелюлозної біомаси всі вони виявилися дуже дорогими, а отримувана при цьому продукція або характеризувалася досить низьким виходом, присутністю небажаних хімічних сполук у кінцевому продукті, або цукри, що містяться в ній, просто розкладались.

35 [0007] Проте, сахариди поновлюваних джерел біомаси сповна могли б стати основою виробничого одержання хімічних речовин і промислових палив, доповнюючи або замінюючи нафту і іншу копалинну промислову сировину. Для цього потрібно розробляти відповідні способи, які здатні зробити згадані ресурси моносахаридів доступними у великих кількостях, а також прийнятними за показниками чистоти і вартості.

40 Короткий опис винаходу

[0008] Запропонований спосіб одержання цукрового спирту з целюлозної або лігноцелюлозної біомаси, що містить один або більше за цукрів, який включає поєднання целюлозної або лігноцелюлозної біомаси з мікроорганізмом, здатним перетворювати щонайменше один із цукрів на цукровий спирт, і утримування комбінації "мікроорганізм - біомаса" за умов, що дають можливість мікроорганізмові перетворювати щонайменше один із згаданих цукрів на цукровий спирт. Деякі варіанти реалізації способу передбачають підготовку целюлозної або лігноцелюлозної біомаси, що містить один або більше цукрів, підготовку мікроорганізму, здатного здійснювати перетворення щонайменше одного з вказаних цукрів на цукровий спирт, поєднання целюлозної або лігноцелюлозної біомаси і мікроорганізму шляхом утворення поєднання "мікроорганізм – біомаса", а також утримування поєднання "мікроорганізм – біомаса" за умов, що надають можливість мікроорганізмові перетворювати щонайменше один з цукрів на цукровий спирт, виробляючи, таким чином, цукровий спирт з целюлозної або лігноцелюлозної біомаси. Целюлозна або лігноцелюлозна біомаса також можуть бути піддані оцукренню.

55 [0009] Будь-який з вказаних варіантів здійснення способу, згідно винаходу, може включати прийоми по зменшенню стійкості целюлозної або лігноцелюлозної біомаси до оцукрення, здійснювані до поєднання згаданої біомаси з мікроорганізмом. Стійкість біомаси може бути зменшена, наприклад, способом обробки, вибраним з групи: бомбардування електронами, руйнування ультразвуком, окислення, піроліз, паровий вибух, хімічна обробка, механічна обробка, заморожування помелу. Бажаним способом обробки може бути бомбардування

електронами.

[0010] Будь-який з вказаних варіантів здійснення способу може також включати механічну обробку целюлозної або лігноцелюлозної біомаси з метою зменшення її питомої щільності та/або збільшення її зовнішньої поверхні. Наприклад, згадана біомаса може піддаватися

дробленню у вигляді сухого або мокрого розмелювання.
[0011] У будь-якому з варіантів запропонованого способу біомаса може бути схильна до оцукрення за допомогою одного або більше ферментів-целюлаз. Спосіб може також включати відділення одного або більше цукрів до поєднання целюлозної або лігноцелюлозної біомаси з мікроорганізмом, або включати концентрацію одного або більше цукрів до поєднання целюлозної або лігноцелюлозної біомаси з мікроорганізмом. Варіанти способу можуть також включати як концентрацію, так і відділення одного або більше цукрів до поєднання целюлозної або лігноцелюлозної біомаси з мікроорганізмом. Оцукрювана біомаса може бути піддана коректуванню шляхом доведення початкової концентрації глюкози щонайменше до 5 мас. %.

Оцукрювана біомаса може бути також очищена, наприклад, з видаленням металевих іонів.

[0012] Варіанти способу можуть також включати культивування мікроорганізму у фазі клітинного зростання до поєднання целюлозної або лігноцелюлозної біомаси з мікроорганізмом.
[0013] У різних варіантах реалізації винаходу цукровий спирт може бути представлений такими спиртами: гліколь, гліцерин, еритритол, трейтол, арабітол, ксилітол, рибітол, маніт, сорбітол, галактитол, ідитол, інозит, волемітол, ізомальт, мальтитол, лактитол, мальтотриітол, мальтотетраітол або полігліцитол.

[0014] Як мікроорганізм можуть бути використані *Moniliella pollinis*, *Moniliella megachiliensis*, *Yarrowia lipolytica*, *Aureobasidium* sp., *Trichosporonoides* sp., *Trigonopsis variabilis*, *Trichosporon* sp., *Moniliella acetoabutans*, *Typhula variabilis*, *Candida magnoliae*, *Ustilaginomycetes*, *Pseudozyma tsukubaensis*; різновиди дріжджів з родів *Zygosaccharomyces*, *Debaryomyces*, *Hansenula* і *Pichia*, або дематіоїдні гриби роду *Torula*. Бажані варіанти мікроорганізму можуть бути представлені видами *Moniliella*: наприклад, *M. pollinis* штам CBS 461.67 або *M. megachiliensis* штам CBS 567.85.

[0015] У будь-якому з варіантів способу целюлозна або лігноцелюлозна біомаса може бути, наприклад, такою: папір, паперова продукція, паперовий брак, паперова м'якоть, пігментовані папери, завантажені папери, папір з покриттям, заповнені папери, журнали, друкарський матеріал, папір принтера, папір з декількома покриттями, картки, картон, картонаж, вата, деревина, ДСП, відходи лісівництва, тирса, осикова деревина, тріска, трави, свічграсс, міскантус, шнурова трава, двукисточник, залишки зерна, рисове лушпиння, вівсяне лушпиння, пшенична солома, ячмінна солома, сільськогосподарські відходи, силос, солома канопи, пшенична солома, ячмінна солома, вівсяна солома, рисова солома, джут, конопля, льон, бамбук, сізаль, абак, зернові висівки, зерновий сухий корм для худоби, соєвий сухий корм для худоби, зернове волокно, люцерна, сіно, кокосова обгортка, відходи цукрового виробництва, жом, бурякова м'якоть, жмих агави, водорості, морські водорості, гній, продукти каналізації, отброси, арракча, гречиха, банан, ячмінь, маніока, кудзу, ока, саго, сорго, картопля, батат, таро, ямс, квасоля, боби, сочевиця, горох, або суміші будь-якого з них.

[0016] Зрозуміло, що цей винахід не обмежується лише реалізаціями, згаданими в цьому короткому описі. Він також охоплює можливі модифікації у межах вмісту і обсягу винаходу, що визначаються формулою.

Короткий опис фігур

[0017] Вищенаведене детальніше пояснюється супровідними графічними матеріалами, на яких посилання на одні і ті ж складові у різних видах позначені однаковими буквами. Ілюстрації не вимагають масштабування, а лише ілюструють наочність варіанти реалізації цього винаходу.

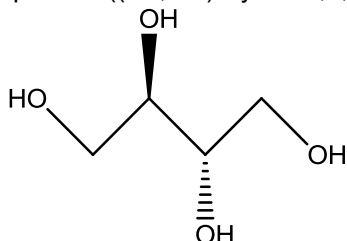
[0018] Фіг. 1 ілюструє діаграму тристадійного ферментативного гідролізу целюлози до глюкози. При цьому на першому етапі целюлозний субстрат (A) за допомогою ферменту ендоцелюлази (i) перетворюється на целюлозу (B); на другому етапі целюлоза (B) за допомогою ферменту екзоцелюлази (ii) перетворюється на целобіозу (C); на третьому етапі целобіоза (C) за допомогою ферменту целобіази (бета-глюкозидази) (iii) перетворюється на глюкозу (D).

[0019] Фіг. 2 ілюструє структурну схему процесу конверсії сировини біомаси на один або більше видів продукції. Спочатку первинний сировинний матеріал піддають попередній фізичній обробці (200) (наприклад, з метою зменшення його розмірів); потім проводять ще одну обробку цього матеріалу (210) для зменшення його стійкості; отриманий напівфабрикат оцукрюють (220) до стану цукрового сиропу; сироп транспортують (230) на переробляючий завод (наприклад, по трубопроводу, залізничним транспортом і так далі; або ж, якщо оцукрення здійснюється на згаданому заводі, – туди доставляють сировину, фермент і воду); оцукрювану сировину

піддають біологічній обробці (240) для одержання бажаного продукту (наприклад, спирту); останній, у свою чергу, надалі також може бути оброблений, наприклад, дистиляцією (250) з метою одержання остаточного продукту. Крім того, обробка з метою зниження стійкості може бути більш розширена за рахунок введення допоміжних операцій по вимірюванню вмісту лігніну (201) і регулювання або налаштування параметрів процесу (205). Оцукрення сировини (220) також може бути модифіковане за рахунок введення операції змішування за допомогою комбінування субстрата і ферменту (221).

Детальний опис винаходу

[0020] Цей винахід відноситься до способів обробки матеріалів (наприклад, матеріали біомаси або вироблювані біомасою матеріали, як наприклад целюлозні і лігноцелюлозні матеріали) промислової сировини біомаси, для одержання цукрових спиртів, наприклад еритритолу ((2R, 3S)-бутан-1,2,3,4-тетраол), або ізомерів, або їх сумішей.



[0021] У деяких прикладах перед оцукренням зменшують стійкість сировини до розкладання. Зменшення стійкості оцукрюваної сировини передбачає відповідну його обробку, наприклад, таку, як електронно-променеве випромінювання, руйнування ультразвуком, піроліз, окислення, паровий вибух, хімічна обробка, або будь-які їх комбінації.

[0022] Спосіб також включає механічну обробку сировини до та/або після зменшення її стійкості. Механічні обробки можуть включати різання, дроблення, у т.ч. за допомогою молотків, розчавлювання, розмелювання, стрижку і рублення. Механічна обробка обумовлює зменшення питомої щільності сировини та/або збільшення зовнішньої її поверхні. У деяких варіантах реалізації винаходу після механічної обробки матеріал може набувати питомої щільності менше 0,75 г/см³, наприклад, менш ніж близько 0,7, 0,65, 0,60, 0,50, 0,35, 0,25, 0,20, 0,15, 0,10, 0,05 або менше, наприклад, , менш ніж 0,025 г/см³. Питома щільність визначається з використанням оцінок Товариства по випробуванню матеріалів, США: D1895B). При цьому механічні обробки можуть або усувати зовсім, або істотно зменшувати стійкість сировини.

[0023] Спосіб реалізації винаходу також включає поєднання цукру, що вироблюється при зцукренні целюлозної або лігноцелюлозної біомаси сировини, з мікроорганізмом, з метою одержання бажаного продукту, наприклад цукрового спирту, зокрема, еритритолу. Інша отримувана при цьому продукція може містити, наприклад, лимонну кислоту, лізин або глютамінову кислоту.

[0024] У різних варіантах реалізації способу мікроорганізм може бути *Moniliella pollinis*, *Yarrowia lipolytica*, *Aureobasidium* sp., *Trichosporonoides* sp., *Trigonopsis variabilis*, *Trichosporon* sp., *Moniliella acetoabundans*, *Typhula variabilis*, *Candida magnoliae*, *Ustilaginomycetes*, *Pseudozyma tsukubaensis*; види дріжджів з родів *Zygosaccharomyces*, *Debaryomyces*, *Hansenula* і *Pichia*, дематіоїдні гриби роду *Torula*.

[0025] У деяких варіантах реалізації способу поєднання біомаси з мікроорганізмом може бути двостадійним процесом, що охоплює фази клітинного зростання і бродіння. При цьому бродіння здійснюється довільно, з використанням розчину, що містить глюкозу, і має концентрацію глюкози на початку бродіння щонайменше 5 мас. %. До того ж, розчин, що містить глюкозу, може бути розбавлений після того, як бродіння почалося.

[0026] Як проілюстровано на Фіг. 1, під час процесу оцукрення целюлозний субстрат (A) спочатку гідролізується ендоглюконазою (i) у випадкових розташуваннях, виробляючи олігомерні проміжні ланки (наприклад, целюлозу) (B). Ці проміжні ланки стають потім субстратом для екzogлюконази (ii), наприклад целобіогідролази, формуючи целобіозу на кінцях целюлозного полімеру. Целобіоза є розчинним у воді 1,4-зв'язаним димером глюкози. Нарешті, фермент целобіаза (iii) розщеплює субстрат целобіозу (C), виробляючи глюкозу (D). Іншими словами, ендоглюконази особливо ефективні в атакуванні кристалічних структурних утворень целюлози і збільшенні ефективності екзоцелюлаз: це дозволяє отримати целобіозу, яка, у свою чергу, вимагає специфічної дії ферменту целобіази, щоб у результаті виробляти глюкозу. Таким чином, можливо, що залежно від природи і структури оброблюваного целюлозного субстрата, кількість і видовий склад трьох різних ферментів змінюватимуться.

[0027] У деяких варіантах реалізації способу фермент виробляється грибом, наприклад,

штамами целюлітичного волокнистого гриба *Trichoderma reesei*, при цьому можливе використання високопродуктивних відносно виходу целюлази мутантів вказаного гриба, а саме, його штамів RUT-NG14, PC3-7, QM9414 та/або Rut-C30. Такі штами описані, наприклад, у джерелі "Методика селективного відбору ізолятів - продуцентів целюлази серед високопродуктивних мутантів гриба *Trichoderma reesei*" (Див.:Montenecourt, B.S. and Everleigh, D.E., Adv. Chem. Ser... 181, 289-301 (1979)), повне розкриття якого представлено тут шляхом посилання. Також можуть бути використані інші мікроорганізми – продуценти целюлази.

[0028] Як проілюстровано на Фіг. 2, процес виробництва цукрового спирту може включати додаткову механічну обробку сировини з метою зменшення його розмірів (200), причому до та/або після цього може проводитися також додаткова обробка сировини за допомогою різних фізичних методів, що сприяє зменшенню її стійкості до розкладання (210); потім здійснюють оцукрення сировини з використанням комплексу ферментів для одержання цукрового сиропу (220). Спосіб також може включати транспортування на переробляючий завод (230), - наприклад, трубопроводом, залізничним транспортом, вантажівкою або баржею, - вказаного сиропу (або сировини, ферменту і води, якщо оцукрення здійснюється у дорозі). В деяких випадках оцукрювану сировину піддають подальшій біологічній обробці (наприклад, зброджуванню), з метою одержання бажаного продукту, наприклад, спирту (240). Цей продукт також може бути оброблений далі, наприклад, дистиляцією (250), з метою одержання остаточного продукту. Один з бажаних способів зменшення стійкості сировини полягає в його електронному бомбардуванні. Якщо представляється можливим, то кроки по вимірюванню вмісту лігніну у сировині (201), а також інсталяції або налаштування параметрів процесу, заснованих на цьому вимірі (205), можуть виконуватися на різних стадіях процесу, наприклад, так, як описано у заявці на патент США сер. №2010/0203495 A1 Medoff і Masterman, від 12 серпня 2010, повне розкриття якої представлено тут шляхом посилання. Оцукрення сировини (220) також може модифікуватися за рахунок змішування сировини з середовищем і ферментом (221).

[0029] В деяких випадках, сировина може бути жареною, вимоченою, або вивареною у гарячій воді до проведення оцукрення, як описано у заявці на патент США сер. №13/276,192, поданій 18 жовтня, 2011.

[0030] Вищезазначені процеси можуть частково або повністю виконуватися в резервуарах (наприклад, з об'ємом щонайменше 4000, 40000, або 500000 л) на виробничому заводі та/або в дорозі, наприклад, в ємностях, що транспортуються, на залізничному, автомобільному або судноплавному маршруті. Також можуть бути задіяні пересувні ферментери, як описано в заявці на пат. США сер. №2010/0064746 A1, від 18 березня 2010, повне розкриття якої представлено тут шляхом посилання.

[0031] У бажаному варіанті реалізації способу вміст резервуару і ферментера змішують протягом усього процесу або частини, наприклад, використовуючи реактивне змішування, як описано в заявках на патенти США сер. №2010/0297705 A1 від 18 травня 2010 р., опублікованій 25 листопада 2012 р., № 2012/0100572 A1 від 10 листопада 2011, опублікованій 26 квітня 2012 р. і № 2012/0091035 A1 від 10 листопада 2011 р., опублікованій 19 квітня 2012 р., повні розкриття яких представлені тут шляхом посилання.

[0032] Додавання у вигляді сурфактантів або живильних речовин сприяє збільшенню продуктивності оцукрення. Наприклад, можуть бути додані неіонні сурфактанти типу Tween®20 або Tween®80, сурфактанти у вигляді поліетиленгліколя, а також іонні або амфотерні сурфактанти.

[0033] Спосіб передбачає можливість виробництва одного або більше видів прийнятних продуктів. Такими прийнятними продуктами можуть бути гліколь, гліцерин, еритритол, треїтол, арабітол, ксилітол, рибітол, маніт, сорбітол, галакситол, ідитол, інозит, волемітол, ізомальт, мальтитол, лактитол, мальтотриїтол, мальтотетраїтол і полігліцитол, які здатні викликати бродіння. Крім того, за допомогою цього способу також можуть бути отримані масляна, глюконова і лимонна кислоти.

[0034] У деяких варіантах реалізації винаходу, викликати бродіння може поліол, у тому числі мономірний поліол, як, наприклад, гліцерин, пентаеритритол, етилгліколь або сахароза. Вони можуть бути створені у полімерному поліолі у вигляді поліефирних поліолів.

[0035] У деяких варіантах реалізації винаходу механічна та/або фізична обробка сировини може комбінуватися з комплексом ферментів для оцукрення, а також з мікроорганізмом, здійснюючи перетворення щонайменше частини виділеного цукру на цукровий спирт. Цукровий спирт потім ізолюється від іншої продукції і різних незброджуваних матеріалів, наприклад, твердих домішок, не придатного до бродіння цукру і залишків клітинної тканини.

[0036] Механічна та/або фізична обробка сировини може також довільно комбінуватися з

комплексом ферментів для оцукрення, і після того, як процес оцукрення завершений щонайменше частково, вказана суміш поєднується з мікроорганізмом, здатним виробляти цукрові спирти. Умови для оцукрення (наприклад, температура, перемшування, аерація) можуть відрізнятися від умов для бродіння. Оптимальним показником кислотності для бродіння є pH 4-6. Типова тривалість бродіння складає від 24 до 120 годин з температурами від 25 до 40 °C, зазвичай 25-30 °C. Бродіння, як правило, проводять з провітрюванням, використовуючи для цього засоби припливно-витяжної вентиляції і повітряно-кисневого оснащення, що забезпечує підтримку розбавленого кисню на рівні не менше 10 % (наприклад, 20 % і вище). Оцукрення і бродіння можуть бути проведені в одному і тому самому або у різних реакторах/ємностях. Цукровий спирт потім ізолюють. Як наголошувалося вище, бродіння може виконуватися також під час процесу транспортування.

[0037] Висока початкова концентрація цукру на початку бродіння задовольняє вимогам виробництва цукрових спиртів. Отже, оцукрювана сировина може бути заздалегідь піддана концентруванню, з тим, щоб збільшити рівень глюкози у розчині, причому концентрування здійснюють перед поєднанням сировини з мікроорганізмом, що виробляє цукрові спирти. Концентрування можна досягти багатьма прийнятними способами, наприклад, нагріванням, охолодженням, центрифугуванням, зворотним осмосом, хроматографією, осадженням, кристалізацією, випарюванням, адсорбцією, а також будь-якими їх комбінаціями. Бажанішим є спосіб концентрації шляхом випарювання щонайменше частини рідин з оцукрюваної сировини. Концентрування сприяє тому, щоб істотно збільшити вміст глюкози до рівня більше 5 мас. %, наприклад, більше 10 мас. %, більше 15 мас. %, більше 20 мас. %, більше 30 мас. %, більше 40 мас. % або навіть більше 50 мас. %. Продукт бродіння потім ізолюють.

[0038] Оцукрювана сировина може бути очищена як до, так і після його концентрування. Очищення дає можливість підвищити вміст глюкози до рівня більше 50 мас. % усіх компонентів, окрім води (наприклад, більше 60 мас. %, більше 70 мас. %, більше 80 мас. %, більше 90 мас. % і навіть більше 99 мас. %). Очищення також можна здійснити багатьма прийнятними вищезгаданими способами, наприклад, нагріванням, охолодженням, центрифугуванням, зворотним осмосом, хроматографією, осадженням, кристалізацією, випарюванням, адсорбцією, а також будь-якими їх комбінаціями.

[0039] Згідно деяким варіантам реалізації ферментація є двостадійною, з фазою зростання клітин і фазою одержання продукту. На фазі зростання умови вибрані для оптимізації зростання клітин, тоді як на стадії одержання умови вибрані для оптимізації одержання бажаних продуктів ферментації. Як правило, низькі рівні цукру (наприклад, від 0,1 до 10 мас. %, від 0,2 до 5 мас. %) у середовищі зростання сприяють зростанню клітин, а високі рівні цукру (наприклад, більше ніж 5 мас. %, більше ніж близько 10 мас. %, більше ніж 20 мас. %, більше ніж 30 мас. %, більше ніж 40 мас. %) у ферментативному середовищі сприяють одержанню продукту. Інші умови необов'язково можуть бути модифіковані на кожній стадії, наприклад, температура, струшування, рівні цукру, живильні речовини та/або pH. Спостереження умов на кожній стадії може бути виконане для оптимізації процесу. Наприклад, зростання може спостерігатися для досягнення оптимальної щільності, наприклад, близько 50 г/л (наприклад, більше ніж 60 г/л, більше ніж 70 г/л або більше ніж близько 75 г/л), і концентрований оцукрений розчин може бути доданий для викликання початку утворення продукту. Необов'язково, процес може бути оптимізований, наприклад, спостереженням і регулюванням значення pH або рівня окислення з датчиками і автоматичною подачею для контролю зростання клітин і утворення продукту. Більше того, інші живильні речовини можуть контролюватися і спостерігатися для оптимізації процесу, наприклад, амінокислоти, вітаміни, іони металів, дріжджовий екстракт, екстракт з овочів, пептони, джерела вуглецю і білки).

[0040] Двостадійні ферментації описані у *Biotechnological production of erythritol and its applications*, Hee-jung Moon et al., *Appl. Microbiol. Biotechnol.* (2010) 86:1017-1025. Оскільки зазвичай висока початкова концентрація глюкози на початку ферментації сприяє утворенню еритритолу, якщо ця висока концентрація зберігається дуже довго, то вона може бути несприятливою для організму. Висока початкова концентрація глюкози може бути одержана шляхом концентрації глюкози протягом або після оцукрення, як описано вище. Після початкового часу ферментації, щоб дозволити початок ферментації, середовище ферментації розбавляють прийнятним розчинником, для того, щоб рівень глюкози довести до нижче близько 60 мас. % (наприклад, нижче близько 50 мас. %, нижче близько 40 мас. %). Розчинником може бути вода або вода з додатковими компонентами, такими як амінокислоти, вітаміни, іони металів, дріжджовий екстракт, екстракт з овочів, пептони, джерела вуглецю і білки.

Матеріали біомаси

[0041] Використаний у цьому описі термін "матеріали біомаси" включає лігноцелюлозні,

целюлозні, крохмальні і мікробні матеріали.

[0042] Лігноцелюлозні матеріали включають без обмеження дерево, пресовану деревину, деревні відходи (наприклад, тирса, осичняк, деревні стружки), трави, (наприклад, прутевидне просо, міскантус, спартину витончену, двукисточник тростниковидний), зернові залишки, (наприклад, рисове лушпиння, вівсяне лушпиння, пшеничне лушпиння, ячмінне лушпиння), відходи сільського господарства (наприклад, силос, солому канопи, пшеничну солому, ячмінну солому, вівсяну солому, рисову солому, джут, коноплю, льон, бамбук, сізаль, абаку, стрижні кукурудзяного качана, кукурудзяну солому, соєву солому, кукурудзяні волокна, люцерну, сіно, кокосовий ворс), залишки обробки цукру (наприклад, вичавку, бурякову стружку, вичавку агави), водорості, морські водорості, добрива, стічні води і суміші будь-якого з цього.

[0043] В деяких випадках лігноцелюлозний матеріал включає стрижні кукурудзяних качанів. Розмільчені або подрібнені молоткастою дробаркою стрижні кукурудзяного качана можуть бути розподілені у шарі відносно однорідної товщини для опромінення, а після опромінення вони легко диспергуються у середовищі для додаткової переробки. Для полегшення прибирання і збору в деяких випадках використовували цілу кукурудзяну рослину, включаючи стебло кукурудзи, кукурудзяні зерна і в деяких випадках навіть кореневу систему рослини.

[0044] Переважно, не були потрібні жодні додаткові живильні речовини (за винятком джерела азоту, наприклад, сечовини або аміаку) протягом ферментації стрижнів кукурудзяного качана або целюлозних або лігноцелюлозних матеріалів, що містять значну кількість стрижнів кукурудзяного качана.

[0045] Стрижні кукурудзяних качанів, до і після розтирання, також легко транспортувати і диспергувати, і вони мають меншу схильність до утворення вибухових сумішей у повітрі, чим інші целюлозні або лігноцелюлозні матеріали, такі як сіно і трави.

[0046] Целюлозні матеріали включають, наприклад, папір, паперову продукцію, відходи паперу, паперову масу, пігментний папір, крейдований папір, папір з покриттям, папір з наповнювачем, журнали, друкарську продукцію (наприклад, книги, каталоги, довідники, етикетки, календарі, листівки, брошури, публікації, газетний папір), папір для принтера, папір з декількома покриттями, пачку карток, картон, теку, матеріали з високим вмістом α -целлюлози, такі як бавовна, і суміші будь-якого з цього. Наприклад, паперова продукція, як описано у заявці на патент США № 13/396365 ("Magazine Feedstocks" Medoff et al., поданий 14 лютого 2012), повний вміст якої включений у цей документ шляхом посилання.

[0047] Целюлозні матеріали також можуть включати лігноцелюлозні матеріали, які були делігніфіковані.

[0048] Крохмалисті матеріали включають сам крохмаль, наприклад, кукурудзяний крохмаль, пшеничний крохмаль, томатний крохмаль або рисовий крохмаль, похідні крохмалю або матеріал, який містять крохмаль, такий як придатний до застосування харчовий продукт або зернові. Наприклад, крохмалистим матеріалом може бути арахча, гречка, банан, ячмінь, маніока, кудза, ока, саго, сорго, звичайні домашні томати, солодкий томат, таро, батат і один або більше видів бобів, такі як звичайні боби, сочевиця або горох. Суміші двох або більше крохмалистих матеріалів також є крохмалистими матеріалами. Також можуть бути використані суміші крохмалистих, целюлозних та/або лігноцелюлозних матеріалів. Наприклад, біомасою може бути ціла рослина, частина рослини або різні частини рослини, наприклад, пшениця, бавовник, кукурудза, рисова рослина або дерево. Крохмалисті матеріали можуть бути оброблені будь-якими описаними у цій заявці способами.

[0049] Мікробні матеріали включають без обмеження будь-який природний або генетично модифікований мікроорганізм або організм, який містить або здатний забезпечувати джерело вуглеводів (наприклад, целюлоза), наприклад, протист, наприклад, тваринний протист (наприклад, протозоа, такі як жгутикові, амебні, інфузорії і споровики) і рослинний протист (наприклад, водорість, така як альвеолярні, хлорарахнофітові, криптомонадові, еугленіди, глаукофіти, гаптофіти, червоні водорості, стромінопілі і viridiaeplantae). Інші приклади включають морські водорості, планктон (наприклад, макропланктон, мезопланктон, мікропланктон, нанопланктон, пікопланктон і фемтопланктон), фітопланктон, бактерії (наприклад, грампозитивні бактерії, грамнегативні бактерії і екстремофіли), дріжджі та/або суміші цього. В деяких випадках мікробна біомаса може бути одержана з природних джерел, наприклад, океану, озер, водоймищ, наприклад, з солоною водою або з прісною водою, або на суші. Альтернативно або додатково, мікробна біомаса може бути одержана з культурних систем, наприклад, великомасштабних сухих і вологих культур і ферментативних систем.

[0050] Матеріал біомаси також може включати субпродукти і подібні джерела матеріалу.

[0051] Згідно іншим варіантам реалізації матеріали біомаси, такі як целюлозні, крохмальні і лігноцелюлозні сировинні матеріали, можуть бути отримані з трансгенних мікроорганізмів і

рослин, які можуть бути модифіковані по відношенню до різноманітності дикого типу. Такі модифікації можуть бути зроблені, наприклад, шляхом ітеративних стадій вибору і відтворення із одержанням необхідних ознак в рослині. Більше того, у рослин генетичний матеріал може бути видалений, модифікований, пригнічений та/або доданий по відношенню до різноманітності дикого типу. Наприклад, генетично модифіковані рослини можуть бути отримані способами рекомбінантної ДНК, причому генетичні модифікації включають введення або модифікацію специфічних генів з батьківських різновидів, або, наприклад, із застосуванням трансгенного виведення, причому специфічний ген або гени вводили в рослину з різних зразків рослин та/або бактерій. Іншим способом утворення генетичної зміни є спосіб за допомогою мутаційної селекції, при якому нові алелі були штучно утворені з ендегенних генів. Штучні гени можуть бути утворені різними способами, включаючи обробку рослини або насіння, наприклад, хімічними мутагенами (наприклад, із застосуванням алкілюючих агентів, епоксидів, алкалоїдів, пероксидів, формальдегіду), опроміненням (наприклад, рентгенівськими променями, гамма-променями, нейтронами, бета-частками, альфа-частками, протонами, дейтеронами, УФ-опроміненням) і температурним ураженням або іншими зовнішніми діями, і подальшими методиками вибору. Інші способи забезпечення модифікованих генів проводили шляхом допускаючої помилки ПЦР і перестановкою ДНК, а потім введенням бажаної модифікованої ДНК у бажану рослину або насіння. Способи введення бажаної генетичної зміни в насіння або рослину включають, наприклад, застосування бактеріального носія, біоаркушки, осідання фосфату кальцію, електропорації, сплайсингу генів, сайленсингу генів, ліпофекції, мікроін'єкції і вірусних носіїв. Додаткові генетично модифіковані матеріали були описані у заявці на патент США № 13/396369, поданій 14 лютого 2012, повний зміст якої включений у цей документ шляхом посилання.

[0052] Будь-який з описаних у цьому документі способів можуть бути застосовані на практиці з сумішами будь-яких матеріалів біомаси, які описані у цьому документі.

Одержання матеріалу біомаси – механічні обробки

[0053] Біомаса може бути у сухій формі, наприклад, з менше ніж близько 35 % вмістом води (наприклад, менше ніж близько 20 %, менше ніж близько 15 %, менше ніж близько 10 %, менше ніж близько 5 %, менше ніж близько 4 %, менше ніж близько 3 %, менше ніж близько 2 % або навіть менше ніж близько 1 %). Біомаса також може бути доставлена у вологому стані, наприклад, у вигляді вологої твердої речовини, суспензії або суспензії з щонайменше приблизним вмістом твердих часток 10 мас. % (наприклад, щонайменше близько 20 мас. %, щонайменше близько 30 мас. %, щонайменше близько 40 мас. %, щонайменше близько 50 мас. %, щонайменше близько 60 мас. %, щонайменше близько 70 мас. %).

[0054] При розкритому у цьому документі способі можуть бути використані матеріали з низькою об'ємною щільністю, наприклад, целюозна або лігноцелюозна сировина, яку фізично обробляли для об'ємної щільності менше ніж близько 0,75 г/см³, наприклад, менше ніж близько 0,7, 0,65, 0,60, 0,50, 0,35, 0,25, 0,20, 0,15, 0,10, 0,05 або менш, наприклад, менше ніж близько 0,025 г/см³. Об'ємну щільність визначали з визначенням ASTM D1895B. Загалом, такий спосіб включає заповнення мірного циліндра відомого об'єму зразком і одержання маси зразка. Об'ємну щільність розраховували шляхом ділення маси зразка у грамах на відомий об'єм циліндра у кубічних сантиметрах. За необхідності, щільність матеріалів з низькою об'ємною щільністю може бути підвищена, наприклад, способами, описаним у патенті США № 7971809 Medoff, повний зміст якого включений у цей документ шляхом посилання.

[0055] В деяких випадках процеси попередньої переробки включають просіювання матеріалу біомаси. Просіювання може бути проведене через вічко або перфоровану пластину з бажаним розміром отвору, наприклад, менше ніж близько 6,35 мм (1/4 дюйма, 0,25 дюйма) (наприклад, менше ніж близько 3,18 мм (1/8 дюйма, 0,125 дюйма), менше ніж близько 1,59 мм (1/16 дюйма, 0,0625 дюйма), менше ніж близько 0,79 мм (1/32 дюйма, 0,03125 дюйма), наприклад, менше ніж близько 0,51 мм (1/50 дюйма, 0,02000 дюйма), менше ніж близько 0,40 мм (1/64 дюйма, 0,015625 дюйма), менше ніж близько 0,23 мм (0,009 дюйма), менше ніж близько 0,20 мм (1/128 дюйма, 0,0078125 дюйма), менше ніж близько 0,18 мм (0,007 дюйма), менше ніж близько 0,13 мм (0,005 дюйма) або навіть менше ніж близько 0,10 мм (1/256 дюйма, 0,00390625 дюйма)). Згідно однієї конфігурації бажана біомаса падає крізь отвори або сито, і, таким чином, біомаса, яка є більшою за отвори або сита, не опромінювалася. Ці матеріали більшого розміру можуть бути повторно перероблені, наприклад, подрібненням, або вони можуть бути легко видалені з переробки. Згідно іншої конфігурації матеріал, який є більшим за отвори, опромінювали, а матеріал, який є меншим, видаляли просіюванням або рециркулювали. При такому вигляді конфігурації сам по собі транспортер (наприклад, його частина) може бути перфорований або виготовлений з вічками. Наприклад, згідно одному

конкретному варіанту реалізації матеріал біомаси може бути вологим, а отвори або вічка дозволяють воді витікати з біомаси перед опроміненням.

[0056] Просіювання матеріалу також може бути здійснене ручним способом, наприклад, за допомогою оператора або механічно (наприклад, автомат, обладнаний сенсором кольору, відбивання або іншим сенсором), за допомогою чого видаляють непотрібний матеріал. Просіюванням також може бути магнітне просіювання, де магніт розташований поряд з переміщуванням матеріалом, і магнітний матеріал видаляли магнітним шляхом.

[0057] Необов'язкові процеси попередньої переробки можуть включати нагрів матеріалу. Наприклад, частина транспортера може бути направлена крізь нагріту зону. Нагріта зона може бути утворена, наприклад, ІЧ-опроміненням, мікрохвилями, спалюванням (наприклад, газу, вугілля, нафти, біомаси), резистивним нагрівом та/або індукційною котушкою. Нагрівання можна використовувати з щонайменше одного боку або більше ніж з одного боку, він може бути безперервним або періодичним і може бути лише для частини матеріалу або для всього матеріалу. Наприклад, частина, що транспортується, може бути нагріта із застосуванням теплової сорочки. Нагрівання, наприклад, може бути проведене з метою сушіння матеріалу. У разі сушіння матеріалу це також може бути полегшено, з або без нагріву, рухом газу (наприклад, повітря, кисню, азоту, He, CO₂, аргону) над та/або через біомасу, яку транспортували.

[0058] Необов'язково, процес переробки може включати охолодження матеріалу. Матеріал, що охолоджує, описаний у патенті США № 7900857 Medoff, повний вміст якого включений у цей документ шляхом посилання. Наприклад, охолодження може відбуватися за допомогою доставки рідини, що охолоджує, наприклад, води (наприклад, гліцерином) або азоту (наприклад, рідкого азоту) на дно транспортного лотка. Альтернативно, охолоджуючий газ, наприклад, охолоджений азот, може бути продутий над матеріалами біомаси або під системою транспортування.

[0059] Інший спосіб необов'язкового процесу попередньої переробки може включати додавання матеріалу до біомаси. Додатковий матеріал може бути доданий, наприклад, наливанням, окропленням та/або виливанням матеріалу на біомасу, що переноситься. Матеріали, які можуть бути додані, включають, наприклад, метали, кераміку та/або іони, як описано в публікації заявки на патент США № 2010/0105119 A1 (поданий 26 жовтня 2009) і в публікації заявки на патент США № 2010/0159569 A1 (поданий 16 грудня 2009), повний вміст яких включений у цей документ шляхом посилання. Необов'язкові матеріали, які можуть бути додані, включають кислоти і основи. Інші матеріали, які можуть бути додані, є оксидантами (наприклад, пероксидами, хлорати), полімери, мономери, що полімеризуються (наприклад, такі, що містять ненасичені зв'язки), воду, каталізатори, ферменти та/або організми. Матеріали можуть бути додані, наприклад, у чистій формі, у вигляді розчину у розчиннику (наприклад, воді або органічному розчиннику) та/або у вигляді розчину. В деяких випадках розчинник є летким і може випаровуватися, наприклад, нагріванням та/або продуванням газу, як описано раніше. Доданий матеріал може утворювати однорідне покриття біомаси або бути гомогенною сумішшю різних компонентів (наприклад, біомаси і додаткового матеріалу). Доданий матеріал може модулювати подальшу стадію опромінення збільшення ефективності опромінення, гальмування опромінення або зміною ефекту опромінення (наприклад, від пучків електронів до рентгенівських променів або тепла). Спосіб не може впливати на опромінення, але може бути застосовним для додаткової послідовної переробки. Доданий матеріал може сприяти транспорту матеріалу, наприклад, зниженням запиленості.

[0060] Біомаса може бути доставлена в транспортер за допомогою стрічкового транспортера, пневматичного транспортера, шнекового транспортера, бункера, трубки, вручну або комбінацією з цього. Біомаса може, наприклад, бути опущеною, вилитою та/або поміщеною у транспортер будь-яким з цих способів. Згідно деяким варіантам реалізації матеріал доставляли у транспортер із застосуванням закритої системи розподілу матеріалів, щоб допомагати зберігати атмосферу з низьким вмістом кисню та/або для боротьби з пилом і дрібними частками. Підняті суспендовані у повітрі дрібні частки біомаси і пил є небажаними, оскільки вони можуть утворювати загрозу вибуху або пошкодження фольги вікон електронної гармати (при використанні такого пристрою для обробки матеріалу).

[0061] Матеріал може бути вирівняний з утворенням однорідної товщини від близько 0,0312 до 5 дюймів (наприклад, від близько 0,0625 до 2,000 дюйма, від близько 0,125 до 1 дюйма, від близько 0,125 до 0,5 дюйма, від близько 0,3 до 0,9 дюйма, від близько 0,2 до 0,5 дюйма, від близько 0,25 до 1,0 дюйма, від близько 0,25 до 0,5 дюйма, 0,100 +/- 0,025 дюйма, 0,150 +/- 0,025 дюйма, 0,200 +/- 0,025 дюйма, 0,250 +/- 0,025 дюйма, 0,300 +/- 0,025 дюйма, 0,350 +/- 0,025 дюйма, 0,400 +/- 0,025 дюйма, 0,450 +/- 0,025 дюйма, 0,500 +/- 0,025 дюйма, 0,550 +/- 0,025

дюйма, 0,600 +/- 0,025 дюйма, 0,700 +/- 0,025 дюйма, 0,750 +/- 0,025 дюйма, 0,800 +/- 0,025 дюйма, 0,850 +/- 0,025 дюйма, 0,900 +/- 0,025 дюйма, 0,900 +/- 0,025 дюйма).

[0062] Як правило, є бажаним переносити матеріал так швидко, наскільки можливо через пучок електронів для максимізації пропускної здатності. Наприклад, матеріал може переноситися при швидкостях щонайменше 1 фут/хв., наприклад, щонайменше 2 фут/хв., щонайменше 3 фут/хв., щонайменше 4 фут/хв., щонайменше 5 фут/хв., щонайменше 10 фут/хв., щонайменше 15 фут/хв., 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 фут/хв. Швидкість транспортування пов'язана із струмом пучка, наприклад, для біомаси, завтовшки ¼ дюйма і 100 мА, транспортер може рухатися близько з 20 фут/хв. із забезпеченням застосовного дозування опромінення, при 50 мА транспортер може рухатися близько з 10 фут/хв. із забезпеченням близько такого ж дозування опромінення.

[0063] Після того, як матеріал біомаси був транспортований через зону опромінення, можуть бути проведені необов'язкові процеси попередньої переробки. Необов'язковий процес попередньої переробки може, наприклад, бути процесом, описаним відносно процесу попереднього опромінення. Наприклад, біомаса може бути просіяна, бути нагріта, охолоджена та/або об'єднана з добавками. Що унікально для післяопромінення, гасіння радикалів може відбуватися, наприклад, гасінням шляхом додавання рідин або газів (наприклад, кисню, оксиду азоту, аміаку, рідин) із застосуванням тиску, теплоти та/або додавання акцепторів радикалів. Наприклад, біомаса може бути виведена із замкнутого транспортера і піддана дії газу (наприклад, кисню), де її гасили з утворенням карбоксильованих груп. Згідно одному варіанту реалізації біомасу протягом опромінення піддавали дії активного газу або рідини. Гасіння біомаси, яку опромінювали, описане у патенті США № 8083906 Medoff, повний вміст якого включений у цей документ шляхом посилання.

[0064] При необхідності, для додаткового пониження стійкості матеріалу біомаси додатково до опромінення можуть бути використані одна або декілька механічних обробок. Ці процеси можуть бути використані до, протягом і після опромінення.

[0065] В деяких випадках механічна обробка може включати початкове одержання сировини в стані постачання, наприклад, зменшення розміру матеріалів, наприклад, подрібненням, наприклад, різанням, перемелюванням, розтином, тонким подрібненням або дробленням. Наприклад, у деяких випадках нещільну сировину (наприклад, вторинний папір, крохмалисті матеріали або просо прутувидне) одержували різанням або шматуванням. Механічна обробка може знижувати об'ємну щільність матеріалу біомаси, збільшувати площу поверхні матеріалу біомаси та/або зменшувати один або більше розмірів матеріалу біомаси.

[0066] Альтернативно або додатково, матеріал сировини спочатку може бути фізично оброблений одним або декількома іншими фізичними способами обробки, наприклад, хімічною обробкою, опроміненням, обробкою ультразвуком, окисленням, піролізом або обробкою паром, а потім оброблений механічно. Ця послідовність може бути переважною, оскільки матеріали, що обробляються однією або більше з інших обробок, наприклад, опромінення або піроліз, зазвичай бувають крихкішими, і, таким чином, буде легко додатково змінювати структуру матеріалу механічною обробкою. Наприклад, матеріал сировини може бути транспортований через іонізуюче опромінення із застосуванням транспортера, як описано у цьому документі, а потім механічно оброблений. За допомогою хімічної обробки може бути видалена деяка кількість або весь лігнін (наприклад, перетворення на м'яку масу хімічним способом), і матеріал частково або повністю може бути гідролізований. Способи також можна використовувати із заздалегідь гідролізованим матеріалом. Способи також можуть бути використані з матеріалом, який не був заздалегідь гідролізований. Способи можуть бути використані з сумішами гідролізованих і негідролізованих матеріалів, наприклад, близько з 50 % або більше негідролізованого матеріалу, близько з 60 % або більше негідролізованого матеріалу, близько з 70 % або більше негідролізованого матеріалу, близько з 80 % або більше негідролізованого матеріалу або навіть близько з 90 % або більше негідролізованого матеріалу.

[0067] Додатково до зменшення розміру, що може бути виконане спочатку та/або пізніше при переробці, механічна обробка також може бути переважною для "відкриття", "напруги", розлому або руйнування матеріалів біомаси, що робить целюлозу матеріалів чутливішою до розпаду ланцюга та/або руйнуванню кристалічної структури протягом фізичної обробки.

[0068] Способи механічної обробки матеріалу біомаси включають, наприклад, перемелювання або дроблення. Перемелювання може бути виконане із застосуванням, наприклад, млина, кульового млина, колоїдного млина, конічного або конусного млина, дискового млина, бігуна, млина Уайлі, борошномельного млина або іншого млина. Дроблення може бути виконане із застосуванням, наприклад, дробарки ріжучого/ударного типу. Деякі типові дробарки включають жорнові дробарки, штифтові дробарки, кофемолки і гратознімачі.

Дроблення або перемелювання можуть бути забезпечені, наприклад, штифтом з гойдальним рухом, або іншим елементом, як у випадку зі штифтовими млинами. Інші способи механічної обробки включають механічне спущування, розрив, розрізання або розколювання, інші способи, які застосовують тиск до волокон, і перемелювання із стиранням у повітрі. Прийнятні механічні обробки додатково включають будь-яку іншу методику, яка продовжує руйнування внутрішньої структури матеріалу, яке було розпочато на попередніх стадіях переробки.

[0069] Механічні системи підготовки подачі можуть бути сконфігуровані для одержання потоків з конкретними характеристиками, такими як, наприклад, конкретні максимальні розміри, конкретні співвідношення довжини до ширини або конкретні співвідношення площ поверхні. Фізичне одержання може збільшувати швидкість реакцій, покращувати рух матеріалу по транспортеру, покращувати профіль опромінення матеріалу, покращувати однорідність опромінення матеріалу або знижувати час переробки, потрібний відкриттям матеріалів і роблячи їх доступнішими для процесів та/або реагентів, таких як реагенти у розчині.

[0070] Об'ємна щільність сировини може контролюватися (наприклад, підвищуватися). У деяких ситуаціях може бути бажаним одержання матеріалу з низькою об'ємною щільністю, наприклад, ущільненням матеріалу (наприклад, ущільнення може зробити його зручнішим і менш дорожчим для перенесення на інший бік), а потім повернення матеріалу у стан нижчої об'ємної щільності (наприклад, після перенесення). Матеріал може бути ущільнений, наприклад, від менше ніж близько 0,2 г/куб.см. до більше ніж близько 0,9 г/куб.см. (наприклад, від менше ніж близько 0,3 до більше ніж близько 0,5 г/куб.см., від менше ніж близько 0,3 до більше ніж близько 0,9 г/куб.см., від менше ніж близько 0,5 до більше ніж близько 0,9 г/куб.см., від менше ніж близько 0,3 до більше ніж близько 0,8 г/куб.см., від менше ніж близько 0,2 до більше ніж близько 0,5 г/куб.см.). Наприклад, матеріал може бути ущільнений за допомогою способів і устаткування, які розкриті у патенті США № 7932065 Medoff і в публікації міжнародної заявки WO 2008/073186 (яка була подана 26 жовтня 2007, була опублікована англійською мовою і вказаною країною є США), повний вміст яких включений у цей документ шляхом посилання. Ущільнені матеріали можуть бути перероблені будь-яким з описаних у цьому документі способів, або будь-який матеріал, перероблений будь-яким з описаних у цьому документі способів, далі може бути ущільнений.

[0071] Згідно деяким варіантам реалізації матеріал, що переробляється, перебуває у вигляді волокнистого матеріалу, що містить волокна, які отримані розрізанням джерела волокон. Наприклад, розрізання може бути виконане дисковими ножицями.

[0072] Наприклад, розрізання джерела волокон, наприклад, яке є стійким або із зниженим дорівнює стійкості, може бути виконано, наприклад, дисковими ножицями з одержанням першого волокнистого матеріалу. Перший волокнистий матеріал пропускали через перше сито, наприклад, з середнім розміром отвору 1,59 мм або менше (1/16 дюйма, 0,0625 дюйма), з одержанням другого волокнистого матеріалу. За необхідності, джерело волокон може бути відрізане перед розрізанням, наприклад, за допомогою шредера. Наприклад, при застосуванні паперу як джерела волокон, папір можна спочатку розрізати на смужки шириною, наприклад, від 1/4- до 1/2- дюйма із застосуванням шредера, наприклад, шредера з гвинтом протилежного обертання, такого як виробляється компанією Munson (Ютіка, Нью-Йорк). Як альтернатива розрізанню на смужки, папір можна подрібнити шляхом розрізання до необхідного розміру в різальній машині гільйотини. Наприклад, різальну машину гільйотини можна застосовувати для розрізання паперу на листи, наприклад, шириною 10 дюймів і завдовжки 12 дюймів.

[0073] Згідно деяким варіантам реалізації розрізання джерела волокна і проходження першого волокнистого матеріалу, що утворився, через перше сито здійснюють одночасно. Розрізання і проходження можна також здійснити в періодичному процесі.

[0074] Наприклад, дискові ножиці можуть бути використані для одночасного розрізання джерела волокна і просіювання першого волокнистого матеріалу. Дискові ножиці містять завантажувальний бункер, який можна завантажити подрібненим джерелом волокна, отриманим у результаті його подрібнення. Подрібнене джерело волокна.

[0075] У деяких варіантах реалізації сировину фізично обробляли перед оцукренням та/або ферментацією. Способи фізичної обробки можуть включати один або більше з будь-яких способів, описаних у цій заявці, такі як механічна обробка, хімічна обробка, опромінення, обробка ультразвуком, окислення, піроліз або обробка паром. Способи обробки можуть бути використані у комбінаціях з двох, трьох, чотирьох або навіть усіх з вказаних технологій (у будь-якому порядку). При застосуванні більше одного способу обробки, способи можуть бути використані одночасно або у різний час. Також можуть бути використані інші способи, які змінюють молекулярну структуру сировини біомаси, окремо або в комбінації із способами, описаними у цій заявці.

[0076] Можуть бути використані механічні обробки, і характеристики механічно оброблених матеріалів біомаси описані детальніше в публікації заявки на патент США № 2012/0100577 A1, поданої 18 жовтня 2011, повний зміст якої включений у цей документ шляхом посилання.

Обробка матеріалу біомаси -- бомбардування частками

[0077] Одна або декілька обробок бомбардування частками високих енергій можуть бути використані для переробки вихідної сировини з великої різноманітності різних джерел для виділення застосовних речовин з сировини, і для забезпечення органічного матеріалу, що частково розклався, який виконує функцію подачі на додаткові стадії переробки і послідовності. Бомбардування частками може знижувати молекулярну масу і кристалічний стан сировини. Згідно деяким варіантам реалізації енергія, що міститься в матеріалі, який вивільняє електрон з його атомної орбіталі, може бути використана для обробки матеріалів. Бомбардування може бути забезпечене важкими зарядженими частками (такими як альфа-частки або протони), електронами (отриманими, наприклад, при бета-розпаді або в прискорювачах пучка електронів) або електромагнітним випромінюванням (наприклад, гамма-промені, рентгенівські промені або ультрафіолетові промені). Альтернативно, випромінювання, вироблене радіоактивними речовинами, може бути використане для обробки сировини. Може бути використана будь-яка комбінація у будь-якому порядку або одночасно з цими обробками. В іншому підході електромагнітне випромінювання (наприклад, отримане із застосуванням випромінювачів пучка електронів) може бути використано для обробки сировини.

[0078] Кожна форма енергії іонізує біомасу за рахунок конкретних взаємодій. Важкі заряджені частки у першу чергу іонізують матерію кулонівським розсіюванням; більше того, ці взаємодії виробляють електрони високої енергії, які можуть додатково іонізувати матерію. Альфа-частки тотожні ядрам атома гелію і утворюються при альфа-розпаді різних радіоактивних ядер, таких як ізотопи вісмуту, полонію, астату, радону, францію, радію, деяких актиноідів, таких як актиній, торій, уран, нептуній, кюрій, каліфорній, америцій і плутоній.

[0079] При використанні часток вони можуть бути нейтральними (незарядженими), позитивно зарядженими або негативно зарядженими. Якщо заряджені, то заряджені частки можуть нести один позитивний або негативний заряд або декілька зарядів, наприклад, один, два, три або навіть чотири або більше зарядів. У випадках, якщо потрібен розрив ланцюга, бажаними можуть бути позитивно заряджені частки, частково завдяки їх кислотній природі. При використанні часток вони можуть мати масу, рівну масі електрона у стані спокою або більшу, наприклад, у 500, 1000, 1500 або 2000 або більше разів маси електрона у стані спокою. Наприклад, частки можуть мати масу від близько 1 атомної одиниці до близько 150 атомних одиниць, наприклад, від близько 1 атомної одиниці до близько 50 атомних одиниць або від близько 1 до близько 25, наприклад, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 або 15 атомних одиниць. Прискорювачі, що застосовуються для прискорення часток, можуть бути електростатичними з постійним струмом, електростатичними з постійним струмом, радіочастотними лінійними, магнітоіндукційними лінійними або з незгасаючими хвилями. Наприклад, прискорювачі циклотронного типу є доступними від IBA (Ion Beam Accelerators, Louvain-la-Neuve, Бельгія), такі як система Rhodotron™, оскільки прискорювачі постійного струму доступні від RDI, зараз IBA Industrial, такі як Dynamitron™. Іони і прискорювачі іонів обговорювали в Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane, John Wiley & Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, FIZIKA B 6 (1997) 4, 177-206; Chu, William T., "Overview of Light-Ion Beam Therapy", Колумбус-Огайо, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 Mar. 2006; Iwata, Y. et al., "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators", Proceedings of EPAC 2006, Единбург, Шотландія; i Leitner, C. M. et al., "Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus", Proceedings of EPAC 2000, Відень, Австрія.

[0080] Дози, що використовуються, залежать від бажаного ефекту і конкретної сировини. Наприклад, високі дози можуть розривати хімічні зв'язки в компонентах сировини, а низькі дози можуть підсилювати хімічне зв'язування (наприклад, перехресне зшивання) у компонентах сировини.

[0081] В деяких випадках, якщо розрив ланцюга є бажаним та/або бажаною є функціоналізація полімерного ланцюга, можуть бути використані частки, які важче електронів, такі як протони, ядра гелію, іони аргону, іони кремнію, іони неону, іони вуглецю, іони фосфору, іони кисню або іони азоту. Якщо бажаним є розрив ланцюга з розкриттям циклу, то для посилення цього можуть бути використані позитивно заряджені частки завдяки їх властивостям кислот Льюїса. Наприклад, якщо бажаними є функціональні групи, що містять кисень, може бути виконана обробка у присутності кисню або навіть обробка іонами кисню. Наприклад, якщо бажаними є функціональні групи, що містять азот, може бути виконана обробка у присутності азоту або навіть обробка іонами азоту.

Інші форми енергії

[0082] Електрони взаємодіють за допомогою кулонівського розсіювання і гальмівного випромінювання, утвореними шляхом змін швидкості електронів. Електрони можуть бути утворені з радіоактивних ядер, які піддавали бета-розпаду, наприклад, ізотопи йоду, цезію, технецію і іридію. Альтернативно, за допомогою термоіонної емісії як джерело електронів може

5 бути використана електронна гармата.

[0083] Електромагнітне випромінювання взаємодіє за допомогою трьох процесів: фотоелектричне поглинання, комптонівське розсіювання і утворення пар. Переважну взаємодію визначали енергією падаючого випромінювання і атомним числом матеріалу. Підсумовування

10 взаємодій, сприяючих поглиненню випромінювання в целюлозний матеріал, може бути виражене масовим коефіцієнтом поглинання.

[0084] Електромагнітне випромінювання підкласифікували як гамма-промені, рентгенівські промені, ультрафіолетові промені, інфрачервоні промені, мікрохвильові хвилі або радіохвилі, залежно від довжини хвилі.

[0085] Наприклад, гамма-випромінювання може бути використане для обробки матеріалів. Гамма-випромінювання має перевагою істотну глибину проникнення в різний матеріал зразка. Джерела гамма-променів включають радіоактивні ядра, такі як ізотопи кобальту, кальцію, технецію, хрому, галію, індію, йоду, заліза, криптону, самарію, селену, натрію, талію і ксенону.

[0086] Джерела рентгенівських променів включають зіткнення пучка електронів з металевими мішенями, такими як вольфрам або молибден або сплави, або компактні джерела світла, наприклад, такі, які комерційно отримані від Lyncean.

20 [0087] Джерела для ультрафіолетового випромінювання включають дейтерій або кадмієві лампи.

[0088] Джерела для інфрачервоного випромінювання включають керамічні лампи з вікнами з сапфіра або селеніда цинку.

25 [0089] Джерела мікрохвильових хвиль включають клістрон, запропоновані джерела Слевіним СВЧ або джерела пучків атомів, в яких використовують газоподібний водень, кисень або азот.

[0090] У розкритих у цьому документі способах можуть бути використані різні інші пристрої, включаючи джерела польової іонізації, електростатичні роздільники іонів, генератори польової іонізації, джерела термоіонної емісії, джерела іонів надвисокочастотного розряду, рециркулюючі або статистичні прискорювачі, динамічні лінійні прискорювачі, прискорювачі Ван-де-Граафа і складчасті тандемні прискорювачі. Такі пристрої розкриті, наприклад, у патенті США № 7931784 B2, повне розкриття якого включене у цей документ шляхом посилання.

Обробка матеріалу біомаси -- бомбардування електронами

35 [0091] Сировина може бути оброблена за допомогою бомбардування електронами для модифікації його структури, і, таким чином, зниження його стійкості. Така обробка може, наприклад, знижувати середню молекулярну масу сировини, змінювати кристалічну структуру сировини та/або збільшувати площу поверхні і пористість сировини.

[0092] Як правило, бажаним є бомбардування електронами пучком електронів, оскільки воно

40 забезпечує дуже високу пропускну здатність і тому, що застосування пристрою з пучком електронів відносно низької напруги/високої потужності усуває потребу у дорогому захисті з бетонного зведення, оскільки такі пристрої є "самозахисними" і забезпечують безпеку, ефективний процес. Оскільки "самозахисні" пристрої дійсно включають захист (наприклад, захист і металевої пластини), їм не потрібна споруда з бетонного зведення, що значно знижує капітальні витрати і часто дозволяє використання існуючого виробничого устаткування без

45 дорогої модифікації. Прискорювачі пучка електронів доступні, наприклад, від IBA (Ion Beam Applications, Louvain-la-Neuve, Бельгія), Titan Corporation (Сан-Дієго, Каліфорнія, США) і NHV Corporation (Nippon High Voltage, Японія).

[0093] Бомбардування електронами виконували із застосуванням електроннопроменевого

50 пристрою з номінальною енергією менше ніж 10 MeV, наприклад, менше ніж 7 MeV, менше ніж 5 MeV або менше ніж 2 MeV, наприклад, від близько 0,5 до 1,5 MeV, від близько 0,8 до 1,8 MeV, від близько 0,7 до 1 MeV або від близько 1 до 3 MeV. Згідно деяким варіантам реалізації номінальна енергія становить близько від 500 до 800 keV.

[0094] Пучок електронів може мати відносно високу потужність повного пучка (об'єднана

55 потужність пучка всіх прискорюючих голівок, або, при використанні декількох прискорювачів, всіх прискорювачів і всіх голівок), наприклад, щонайменше 25 кВт, наприклад, щонайменше 30, 40, 50, 60, 65, 70, 80, 100, 125 або 150 кВт. У деяких випадках потужність доходить навіть до 500 кВт, 750 кВт або навіть 1000 кВт або більше. У деяких випадках пучок електронів має потужність пучка 1200 кВт або більше.

60 [0095] Ця висока потужність повного пучка зазвичай досягається із застосуванням декількох

прискорюючих голівок. Наприклад, електроннопроменевий пристрій може включати дві, чотири або більше прискорюючих голівок. Застосування декількох голівок, кожна з яких має відносно низьку потужність пучка, запобігає надмірному підвищенню температури в матеріалі, і тим самим запобігає згорянню матеріалу і також збільшує однорідність дози за допомогою товщини шару матеріалу.

[0096] Згідно деяким варіантам реалізації, бажаним є охолодження матеріалу протягом бомбардування електронами. Наприклад, матеріал може бути охолоджений при транспортуванні, наприклад, за допомогою шнекової машини або іншого засобу транспортування.

[0097] Для зниження енергії, необхідної для процесу зниження стійкості, бажаною є обробка матеріалу настільки швидко, наскільки можливо. У загальному випадку є бажаним, якщо обробку проводили при інтенсивності дози більше ніж близько 0,25 Мрад на секунду, наприклад, більше ніж близько 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2, 5, 7, 10, 12, 15 або навіть більше ніж близько 20 Мрад на секунду, наприклад, від близько 0,25 до 2 Мрад на секунду. Як правило, вищим дозам необхідні вищі лінійні швидкості, щоб уникнути термічної деструкції матеріалу. Згідно одному варіанту реалізації прискорювач встановлювали на 3 MeV, струм пучка 50 мАмп і лінійна швидкість дорівнювала 24 фут/хвилину, для товщини зразка близько 20 мм (наприклад, подрібнений матеріал стрижня кукурудзяного качана з об'ємною щільністю 0,5 г/см³).

[0098] Згідно деяким варіантам реалізації бомбардування електронами проводили, поки матеріал отримувал загальну дозу щонайменше 0,5 Мрад, наприклад, щонайменше 5, 10, 20, 30 або щонайменше 40 Мрад. Згідно деяким варіантам реалізації обробку проводили, поки матеріал отримувал дозу від близько 0,5 Мрад до близько 150 Мрад, від близько 1 Мрад до близько 100 Мрад, від близько 2 Мрад до близько 75 Мрад, від 10 Мрад до близько 50 Мрад, наприклад, від близько 5 Мрад до близько 50 Мрад, від близько 20 Мрад до близько 40 Мрад, від близько 10 Мрад до близько 35 Мрад або від близько 25 Мрад до близько 30 Мрад. Згідно деяким варіантам реалізації бажаною є загальна доза від 25 до 35 Мрад, що використовується оптимально протягом декількох секунд, наприклад, близько 5 Мрад/проходження з кожним проходженням, що застосовується близько протягом однієї секунди. Застосування дози більше ніж 7-8 Мрад/проходження у деяких випадках може викликати термічний розпад сировинного матеріалу.

[0099] Із застосуванням багатосекційних голівок, як обговорювалося вище, матеріал може бути оброблений багатократним проходженням, наприклад, двома проходженнями при від 10 до 20 Мрад/проходження, наприклад, від 12 до 18 Мрад/проходження, неповним у декілька секунд для охолодження, або трьома проходженнями від 7 до 12 Мрад/проходження, наприклад, від 9 до 11 Мрад/проходження. Як обговорювалося вище, обробка матеріалу декількома відносно низькими дозами, а не однією високою дозою, направлена на запобігання перегріванню матеріалу, а також збільшує однорідність дози за допомогою товщини матеріалу. Згідно деяким варіантам реалізації матеріал перемішували або іншим чином змішували протягом або після кожної проходження, а потім знову вирівнювали у рівномірний шар перед наступним проходженням для додаткового посилення однорідності обробки.

[0100] Згідно деяким варіантам реалізації електрони прискорювалися, наприклад, до швидкості більше ніж 75 відсотків швидкості світла, наприклад, більше ніж 85, 90, 95 або 99 відсотків швидкості світла.

[0101] Згідно деяким варіантам реалізації будь-яка описана у цьому документі переробка відбувається з лігноцелюлозним матеріалом, який залишається сухим, як і був придбаний, або який сушили, наприклад, із застосуванням нагрівання та/або зниженого тиску. Наприклад, згідно деяким варіантам реалізації целюлозний та/або лігноцелюлозний матеріал містить менше ніж близько п'ять відсотків по масі утримуваної води, виміряної при 25 °C і при п'ятдесяти відсотках відносної вологості.

[0102] Бомбардування електронами може бути використане, оскільки целюлозний та/або лігноцелюлозний матеріал піддавали дії повітря, збагаченого киснем повітря або навіть самого кисню, або покривали інертним газом, таким як азот, аргон або гелій. При необхідності максимального окислення застосовували окислювальне середовище, таке як повітря або кисень, і відстань від джерела пучка оптимізована для максимізації утворення активного газу, наприклад, озону та/або оксидів азоту.

[0103] Згідно деяким варіантам реалізації застосовують два або більше джерел електронів, наприклад, два або більше іонізуючих джерел. Наприклад, зразки можуть бути оброблені у будь-якому порядку пучком електронів, а потім гамма-випромінюванням і УФ світлом з довжинами хвиль від близько 100 нм до близько 280 нм. Згідно деяким варіантам реалізації зразки обробляли трьома джерелами іонізуючого випромінювання, наприклад, пучок

електронів, гамма-випромінювання і УФ світло високої енергії. Біомасу переміщали через зону обробки, де її можуть бомбардувати електронами. Як правило, бажано, коли основа матеріалу біомаси при обробці має відносно рівномірну товщину, як описано раніше.

[0104] Може бути ефективним повторення обробки для ґрунтовнішого зниження стійкості біомаси та/або додаткової модифікації біомаси. Зокрема, параметри процесу можуть бути встановлені після першого (наприклад, другого, третього, четвертого або більш) проходження залежно від стійкості матеріалу. Згідно деяким варіантам реалізації може бути використаний такий конвеєр, який містить кругову систему, в якій біомаса переміщалася багато раз через різні описані вище процеси. Згідно іншим варіантам реалізації використовували багато пристроїв для обробки (наприклад, електроннопроменеві генератори) для обробки біомаси багато (наприклад, 2, 3, 4 або більше) разів. Згідно іншим варіантам реалізації один електроннопроменевий генератор може бути джерелом багатьох пучків (наприклад, 2, 3, 4 або більше пучків), які можуть бути використані для обробки біомаси.

[0105] Ефективність при зміні молекулярної/надмолекулярної структури і зниженні стійкості матеріалу біомаси залежить від використаної енергії електрона і використаної дози, тоді як час дії залежить від потужності і дози.

[0106] Згідно деяким варіантам реалізації обробку (будь-яким джерелом електронів або комбінацією джерел) проводили, поки матеріал отримував дозу щонайменше близько 0,05 Мрад, наприклад, щонайменше близько 0,1, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,5, 5,0, 7,5, 10,0, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175 або 200 Мрад. Згідно деяким варіантам реалізації обробку проводили, поки матеріал отримував дозу 0,1-100 Мрад, 1-200, 5-200, 10-200, 5-150, 5-100, 5-50, 5-40, 10-50, 10-75, 15-50, 20-35 Мрад.

[0107] Згідно деяким варіантам реалізації обробку проводили при інтенсивності дози від 5,0 до 1500,0 кілорад/год., наприклад, від 10,0 до 750,0 кілорад/год. або від 50,0 до 350,0 кілорад/год. Згідно іншим варіантам реалізації обробку проводили при інтенсивності дози від 10 до 10000 кілорад/год., від 100 до 1000 кілорад/год. або від 500 до 1000 кілорад/год.

Електронні джерела

[0108] Електрони взаємодіють через кулонівське розсіювання і гальмівне випромінювання, отримані змінами швидкості електронів. Електрони можуть бути отримані за допомогою радіоактивних ядер, які піддаються бета-розпаду, таких як ізотопи йоду, цезію, технецію і іридію. Альтернативно, як джерело електронів може бути використана електронна гармата шляхом термоіонної емісії і прискорена за допомогою прискорюючого потенціалу. Електронна гармата утворює електрони, прискорює їх за допомогою сильного потенціалу (наприклад, більше ніж близько 500 тисяч, більше ніж близько 1 мільйон, більше ніж близько 2 мільйони, більше ніж близько 5 мільйонів, більше ніж близько 6 мільйонів, більше ніж близько 7 мільйонів, більше ніж близько 8 мільйонів, більше ніж близько 9 мільйонів або навіть більше ніж 10 мільйонів вольт), а потім сканує їх магнітною шляхом у площині x-y, в якій електрони спочатку прискорювалися в z-напрямок вниз по трубі і витягувалися через фольгове вікно. Сканування електронного пучка застосовне для збільшення поверхні опромінення при опроміненні матеріалів, наприклад, біомаси, яку переміщали через скануючий пучок. Сканування пучка електронів також розподіляє теплове навантаження гомогенно на вікно і допомагає знижувати розлом фольгового вікна через локальний нагрів пучком електронів. Розлом фольгового вікна є причиною істотного часу простою через подальше необхідне відновлення і перезапуск електронної гармати.

[0109] У розкритих у цьому документі способах можуть бути використані різні інші опромінювачі, включаючи джерела польової іонізації, електростатичні роздільники іонів, генератори польової іонізації, джерела термоіонної емісії, джерела іонів надвисокочастотного розряду, рециркулюючі або статистичні прискорювачі, динамічні лінійні прискорювачі, прискорювачі Ван-де-Граафа і складчасті тандемні прискорювачі. Такі пристрої розкриті, наприклад, у патенті США № 7931784 Medoff, повне розкриття якого включене у цей документ шляхом посилання.

[0110] Пучок електронів може бути використаний як джерело випромінювання. Пучок електронів має перевагу вискодозованих доз (наприклад, 1, 5 або навіть 10 Мрад на секунду), високою пропускною здатністю, слабкішим утриманням і меншим обмеженням устаткування. Пучки електронів також можуть мати високий електричний ккд (наприклад, 80 %) з урахуванням низькоенергетичного застосування відносно інших способів опромінення, які можуть переводити у нижчу вартість операції і знижувати викиди парникових газів, які відповідають меншій кількості використовуваної енергії. Пучки електронів можуть бути утворені, наприклад, електростатичними генераторами, каскадними генераторами, трансформаторними генераторами, прискорювачами низької енергії із скануючою системою, прискорювачами низької енергії з лінійним катодом, лінійними прискорювачами і імпульсними прискорювачами.

[0111] Електрони також можуть бути ефективнішими при викликанні змін у молекулярній структурі матеріалів біомаси, наприклад, механізмом розщеплювання ланцюга. Крім того, електрони з енергіями 0,5-10 MeV можуть проникати в матеріали з низькою щільністю, такі як матеріали біомаси, описані у цьому документі, наприклад, матеріали з об'ємною щільністю менше ніж 0,5 г/см³ і товщиною 0,3-10 см. Як джерело іонізуючого випромінювання електрони можуть бути використані, наприклад, для відносно тонких пачок, шарів або основ матеріалів, наприклад, менше ніж близько 0,5 дюйма, наприклад, менше ніж близько 0,4 дюйма, 0,3 дюйма, 0,25 дюйма або менше ніж близько 0,1 дюйм. Згідно деяким варіантам реалізації енергія кожного електрона електронного пучка складає від близько 0,3 MeV до близько 2,0 MeV (мегаелектронвольт), наприклад, від близько 0,5 MeV до близько 1,5 MeV або від близько 0,7 MeV до близько 1,25 MeV. Способи опромінення матеріалів обговорювали в публікації заявки на патент США №2012/0100577 A1, поданій 18 жовтня 2011, повне розкриття якої включене у цей документ шляхом посилання.

[0112] Пристрої для електропроменевого опромінення можуть бути комерційно придбані в Ion Beam Applications (Louvain-la-Neuve, Бельгія), Titan Corporation (Сан-Дієго, Каліфорнія, США) і NHV Corporation (Nippon High Voltage, Японія). Типові енергії електронів можуть складати 0,5 MeV, 1 MeV, 2 MeV, 4,5 MeV, 7,5 MeV або 10 MeV. Типова потужність пристрою для електропроменевого опромінення може складати 1 кВт, 5 кВт, 10 кВт, 20 кВт, 50 кВт, 60 кВт, 70 кВт, 80 кВт, 90 кВт, 100 кВт, 125 кВт, 150 кВт, 175 кВт, 200 кВт, 250 кВт, 300 кВт, 350 кВт, 400 кВт, 450 кВт, 500 кВт, 600 кВт, 700 кВт, 800 кВт, 900 кВт або навіть 1000 кВт.

[0113] Співвідношення при розгляді вимог потужності пристрою для опромінення електронним пучком включають вартість експлуатації, капітальні витрати, зниження вартості і контур пристрою. Співвідношення при розгляді рівнів доз опромінення електронним пучком стосуватимуться витрат енергії і дозвілля, безпеки і здоров'я (Європейське суспільство гематології). Як правило, генератори зберігали в камері для зберігання, наприклад, зі свинцю або бетону, спеціально для утворення рентгенівських променів, які утворені в процесі. Співвідношення при розгляді енергій електронів включають витрати енергії.

[0114] Пристрій для опромінення електронним пучком може давати або фіксований пучок, або скануючий пучок. Скануючий пучок може бути бажаним з великою довжиною розгортки скана і високими швидкостями сканування, оскільки він ефективно замінюватиме великий, широкий фіксований пучок. Крім того, доступною є ширина сектора 0,5 м, 1 м, 2 м або більше. Скануючий пучок є бажаним у більшості варіантів реалізації, описаних у цій заявці, внаслідок більшої ширини скана і зниженої можливості локального нагріву і неефективності вікон.

Обробка матеріалу біомаси -- обробка ультразвуком, піроліз, окислення, обробка парою

[0115] За необхідності, один або більше способів обробки ультразвуком, піролізу, окислювальних процесів або процесів дії парою можуть бути використані додатково до або замість інших обробок для додаткового зниження стійкості матеріалу біомаси. Ці способи можуть бути використані перед, протягом та/або після іншої обробки або обробок. Ці способи детально описані у патенті США № 7932065 Medoff, повне розкриття якого включене у цей документ шляхом посилання.

Застосування обробленого матеріалу біомаси

[0116] Із застосуванням описаних у цьому документі способів первинні матеріали біомаси (наприклад, біомаса рослин, біомаса тварин, папір і біомаса міських відходів) можуть бути використані як сировина з одержанням застосовних проміжних сполук і продуктів, таких як органічні кислоти, солі органічних кислот, ангідриди, складні ефіри органічних кислот, і палив, наприклад, палив для двигунів внутрішнього згоряння або сировини для паливних елементів. У цьому документі описані системи і способи, при яких як сировина можуть бути використані целюлозні та/або лігноцелюлозні матеріали, які є легко доступними, але часто можуть бути складними для виробництва, наприклад, потоки міських відходів і потоки відходів, наприклад, потоки, які включають газетний папір, крафт-папір, гофрований папір або їх суміші.

[0117] Для перетворення сировини на форму, яка може бути легко перероблена, целюлоза, що містить глюкан або ксилан, у сировині може бути гідролізована в низькомолекулярні вуглеводи, такі як цукри, оцукрюючим агентом, наприклад, ферментом або кислотою, спосіб називається оцукрення. Потім низькомолекулярні вуглеводи можуть бути використані, наприклад, в існуючій виробничій установці, такий як установка для одноклітинного білка, виробнича установка для ферментів або паливна установка, наприклад, виробниче устаткування для етанолу.

[0118] Сировина може бути гідролізована із застосуванням ферменту, наприклад, об'єднанням матеріалів і ферменту в розчиннику, наприклад, у водному розчині.

[0119] Альтернативно, організмом можуть поставлятися ферменти, які розбивають біомасу,

таку як целюлоза та/або частини лігніну біомаси, містять або виробляють різні целюлітичні ферменти (целюлази), лігнінази або різні низькомолекулярні метаболіти для розпаду біомаси. Ці ферменти можуть бути комплексом ферментів, який діє синергічно для розпаду кристалічної целюлози або частин лігніну біомаси. Приклади целюлітичних ферментів включають:

5 ендоглюканази, целобіогідролази і целобіази (бета-глюкозидази).

[0120] Протягом оцукрення целюлозний субстрат спочатку може бути гідролізований ендоглюканазами при довільних місцях розташування із застосуванням олігомерних проміжних сполук. Ці проміжні сполуки потім є субстратами для екзо-розщеплення глюканаз, таких як целобіогідролаза, з одержанням целобіози з кінців полімеру целюлози. Целобіоза є розчинним у

10 воді 1,4-зчепленим димером глюкози. Зрештою, целобіаза розщеплює целобіозу із одержанням глюкози. Ефективність (наприклад, час гідролізу та/або завершеність гідролізу) цього способу залежить від стійкості целюлозного матеріалу.

Промпкні сполуки і продукти

[0121] Описані в цьому документі способи бажано використовували для одержання

15 бутанола, наприклад, ізобутанола або н-бутанола, а також похідних. Проте, способи можуть бути використані для одержання інших продуктів, побічних продуктів і проміжних речовин, наприклад, продуктів, описаних у публікації на заявку на патент США № 2012/0100577 A1, поданій 18 жовтня 2011 і опублікованій 26 квітня 2012, повний вміст якої включений у цей документ шляхом посилання.

[0122] Із застосуванням описаних у цьому документі способів матеріал біомаси може бути перетворений на один або більше продуктів, таких як енергія, палива, харчові продукти і матеріали. Конкретні приклади продуктів включають без обмеження водень, цукри (наприклад, глюкоза, ксилоза, арабіноза, маноза, галактоза, фруктоза, дисахариди, олігосахариди і полісахариди), спирти (наприклад, одноатомні спирти або двоатомні спирти, такі як етанол, н-пропанол, ізобутанол, втор-бутанол, трет-бутанол або н-бутанол), гідратовані або водні спирти (наприклад, що містять більше ніж 10 %, 20 %, 30 % або навіть більше ніж 40 % вод), біодизельне паливо, органічні кислоти, вуглеводні (наприклад, метан, етан, пропан, ізобутен, пентан, н-гексан, біодизельне паливо, біобензин і їх суміші), супутні продукти (наприклад, білки, такі як целюлотичні білки (ферменти) або одноклітинні білки) і суміші будь-якого з цього у будь-якій комбінації або відносній концентрації, і необов'язково у комбінації з будь-якими добавками (наприклад, паливними присадками). Інші приклади включають карбонові кислоти, солі карбонової кислоти, суміш карбонових кислот і солей карбонових кислот і складні ефіри карбонових кислот (наприклад, метилові, етилові і н-пропілові складні ефіри), кетон (наприклад, ацетон), альдегіди (наприклад, ацетальдегід), альфа- і бета-ненасичені кислоти (наприклад, акрилова кислота) і олефіни (наприклад, етилен). Інші спирти і похідні спиртів включають пропанол, пропіленгліколь, 1,4-бутандіол, 1,3-пропандіол, цукрові спирти і поліоли (наприклад, гліколь, гліцерин, еритрит, трейтол, арабіт, ксиліт, рибіт, маніт, сорбіт, галактит, ідит, інозит, волеміт, ізомальт, мальтит, лактит, мальтотріїт, мальтотетраїт і полігліцит, а також інші поліоли), і метилові або етилові складні ефіри будь-які з вказаних спиртів. Інші продукти включають метилакрилат, метилметакрилат, молочну кислоту, лимонну кислоту, мурашину

40 кислоту, оцтову кислоту, пропіонову кислоту, масляну кислоту, бурштинову кислоту, валеріанову кислоту, капронову кислоту, 3-гідроксипропіонову кислоту, пальмітинову кислоту, стеаринову кислоту, щавлеву кислоту, малонову кислоту, глутарову кислоту, олеїнову кислоту, лінолеву кислоту, гліколеву кислоту, гамма-гідроксимасляну кислоту і їх суміші, сіль будь-якої з вказаних кислот, суміші будь-яких з кислот і їх відповідних солей.

[0123] Будь-яка комбінація вищезгаданих продуктів один з одним і вищезгаданих продуктів з іншими продуктами, причому інші продукти можуть бути отримані за способами, описаними у цьому документі або іншим чином, можуть бути упаковані разом і продаватися у вигляді продуктів. Продукти можуть бути об'єднані, наприклад, змішуванням, перемішуванням або

50 спільним розчиненням, або можуть бути просто упаковані або продаватися разом.

[0124] Будь-які з продуктів або комбінації продуктів, описаних у цьому документі, можуть бути дезинфіковані або стерилізовані перед продажем продуктів, наприклад, після очищення або виділення або навіть після упаковки, для нейтралізації одного або декількох теоретично небажаних забрудників, які можуть бути присутніми в продукті(-ах). Така санітарія може бути

55 проведена бомбардуванням електронами, наприклад, при дозуванні менше ніж близько 20 Мрад, наприклад, від близько 0,1 до 15 Мрад, від близько 0,5 до 7 Мрад або від близько 1 до 3 Мрад.

[0125] За допомогою процесів, описаних у цьому документі, можуть бути отримані різні потоки побічних продуктів, застосовні для утворення пари і електрики, що застосовуються в

60 інших частинах установки (спільне утворення) або продаються на відкритому ринку. Наприклад,

пара, утворена зі згоряння потоків побічних продуктів, може бути використана при процесі дистиляції. Як інший приклад, електрика, утворена зі згоряння потоків побічних продуктів, може бути використана для потужних електроннопроменевих генераторів, що використовуються при попередній обробці.

5 [0126] Побічні продукти, що використовуються для утворення пари і електрики, отримані з великої кількості джерел за допомогою способу. Наприклад, анаеробне розкладання стічних вод може давати біогаз, з високим вмістом метану невеликою кількістю стічної біомаси (шлам). Як інший приклад можуть бути використані тверді речовини після оцукрення та/або після дистиляції (наприклад, лігнін, що не прореагував, целюлоза і геміцелюлоза, що залишилися

10 після попередньої обробки і первинних процесів), наприклад, спалювані як паливо.
[0127] Багато отриманих продуктів, такі як етанол або н-бутанол, можуть бути використані як паливо для приведених у дію автомобілів, вантажних автомобілів, тракторів, кораблів або поїздів, наприклад, як паливо для двигунів внутрішнього згоряння або як сировина для паливного елементу. Багато що з отриманих продуктів також може бути використано для

15 потужних літальних апаратів, таких як літаки, наприклад, з реактивними двигунами, або гвинтокрили. Крім того, описані у цьому документі продукти можуть бути використані для виробництва електроживлення, наприклад, у традиційній паровироблюючій установці або в установці паливного елементу.

[0128] Інші проміжні сполуки і продукти, у тому числі, харчові і фармацевтичні продукти, описані у публікації заявки на патент США № 2010/0124583 A1, опублікованій 20 травня 2010, Medoff, повний вміст якої включений у цю заявку шляхом посилання.

Післяобробка

[0129] Спосіб очищення продуктів може включати застосування іонообмінних смол, активованого вугілля, фільтрацію, дистиляцію, центрифугування, хроматографію, осадження,

25 кристалізацію, випаровування, адсорбцію і їх комбінації. У деяких випадках, продукт ферментації також стерилізований, наприклад, теплом або опроміненням.

Оцукрення

[0130] Для одержання розчину фруктози з сировини зниженої стійкості, оброблені матеріали біомаси можуть бути оцукрені шляхом об'єднання матеріалу і целюлазного ферменту в рідкому середовищі, наприклад, у водному розчині. В деяких випадках матеріал кип'ятили, замочували або варили в гарячій воді перед оцукренням, як описано у публікації заявки на патент США № 2012/0100577 Medoff і Masterman, опублікованій 26 квітня 2012, повний вміст якої включений у цей документ шляхом посилання.

[0131] Процес оцукрення може бути частковий або повністю виконаний у резервуарі (наприклад, у резервуарі з об'ємом щонайменше 4000, 40000 або 500000 л) на виробничій установці, та/або може бути частково або повністю виконаний при транспортуванні, наприклад, в автодрезині, автоцистерні або в супертанкері або в трюмі. Час, необхідний для повного оцукрення, залежатиме від умов процесу і використовуваних матеріалу біомаси і ферменту. Якщо оцукрення виконували на виробничій установці за контрольованих умов, целюлоза може в

35 значній мірі бути повністю покритою цукром, наприклад, глюкозою близько за 12-96 годин. Якщо оцукрення виконували частково або повністю при транспортуванні, оцукрення може займати більше часу.

[0132] Як правило, є бажаним, щоб вміст резервуару змішувався протягом оцукрення, наприклад, із застосуванням струменевого перемішування, як описано в міжнародній заявці № PCT/US2010/035331, поданій 18 травня 2010, яка була опублікована англійською мовою як WO 2010/135380 і вказаною країною є США, повний вміст якої включений у цей документ шляхом посилання.

[0133] Додавання поверхнево-активних речовин може збільшити швидкість оцукрення. Приклади поверхнево-активних речовин включають неіонні поверхнево-активні речовини, такі як поліетиленгліколеві поверхнево-активні речовини Tween® 20 або Tween® 80, іонні поверхнево-активні речовини або амфотерні поверхнево-активні речовини.

[0134] В цілому бажано, щоб концентрація цукрового розчину, отриманого в результаті оцукрення, була порівняно високою, наприклад, більше ніж 40 %, або більше ніж 50, 60, 70, 80, 90, або навіть більше ніж 95 % по масі. Вода може бути видалена, наприклад, випаровуванням

50 для збільшення концентрації цукрового розчину. Це дозволяє зменшити об'єм при транспортуванні і також інгібує зростання мікроорганізмів у розчині.

[0135] Альтернативно, можуть бути використані цукрові розчини нижчих концентрацій, у цьому випадку може бути бажаним додати протимікробну добавку, наприклад, антибіотик широкого спектру дії при низькій концентрації, наприклад, від 50 до 150 ppm. Інші прийнятні антибіотики включають Амфотерицин В, ампіцилін, хлорамфенікол, ципрофлоксацин,

60

гентаміцин, гігроміцин В, канаміцин, неоміцин, пеніцилін, пуроміцин, стрептоміцин. Антибіотики інгібуватимуть зростання мікроорганізмів при транспортуванні і зберіганні, і вони можуть бути використані при прийнятних концентраціях, наприклад, від 15 до 1000 ppm по масі, наприклад, від 25 до 500 ppm або від 50 до 150 ppm. За необхідності, можна додати антибіотик, якщо навіть

5 концентрація цукру порівняно висока. Альтернативно, можуть бути використані інші добавки з протимікробним препаратом із захисними властивостями. Бажано, протимікробна(-і) добавка(-и) є харчовими.

[0136] Розчин з відносно високою концентрацією може бути отриманий шляхом обмеження кількості води, доданої до матеріалу біомаси з ферментом. Концентрація може регулюватися, наприклад, контролем того, в якій мірі виникає оцукрення. Наприклад, концентрація може бути збільшена шляхом додавання у розчин більшої кількості матеріалу біомаси. Для збереження цукру, утвореного у розчині, може бути додана поверхнево-активна речовина, наприклад, одна з обговорюваних вище. Розчинність також може бути збільшена шляхом підвищення температури розчину. Наприклад, температуру розчину можна підтримувати при 40-50 °C, 60-

15 80 °C або навіть вище.

[0137] Шляхом додавання глюкозоізомерази до вмісту резервуару може бути одержана висока концентрація фруктози без оцукрення, інгібованого цукрами у резервуарі. Глюкозоізомераза може бути додана у будь-якій кількості. Наприклад, концентрація може бути нижче близько 500 од./г целюлози (нижче ніж або дорівнює 100 од./г целюлози, нижче ніж або дорівнює 50 од./г целюлози, нижче ніж або дорівнює 10 од./г целюлози, нижче ніж або дорівнює 5 од./г целюлози). Концентрація складає щонайменше близько 0,1 од./г целюлози (щонайменше близько 0,5 од./г целюлози, щонайменше близько 1 од./г целюлози, щонайменше близько 2 од./г целюлози, щонайменше близько 3 од./г целюлози).

[0138] Доповнення глюкозоізомерази збільшує кількість отриманих цукрів щонайменше на 5 % (щонайменше на 10 %, щонайменше на 15 %, щонайменше 20 %).

[0139] Концентрація цукрів у розчині також може бути збільшена шляхом обмеження кількості води, доданої до сировини з ферментом, та/або концентрація може бути збільшена шляхом додавання більшої кількості сировини до розчину протягом оцукрення. Для збереження цукру, який одержувався у розчині, може бути додана поверхнево-активна речовина, наприклад, одна з обговорюваних вище. Розчинність також може бути збільшена підвищенням температури розчину. Наприклад, розчин може зберігатися при температурі 40-50 °C, 60-80 °C або навіть вище.

Оцукрюючі агенти

[0140] Прийнятні целюлотичні ферменти включають целюлази. Целюлази можуть бути отримані, наприклад, із видів роду *Bacillus*, *Coprinus*, *Myceliophthora*, *Cephalosporium*, *Scytalidium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Pseudomonas*, *Humicola*, *Fusarium*, *Thielavia*, *Acremonium*, *Chrysosporium* і *Trichoderma*, особливо такі, які отримані за допомогою штаму, вибраного з видів *Aspergillus* (див., наприклад, публікацію Європейського патенту № 0458162), *Humicola insolens* (перекласифікований *Scytalidium thermophilum*, див., наприклад, патент США № 4435307), *Coprinus cinereus*, *Fusarium oxysporum*, *Myceliophthora thermophila*, *Meripilus giganteus*, *Thielavia terrestris*, *Acremonium* sp. (включаючи без обмеження *A. persicinum*, *A. acremonium*, *A. brachyphenium*, *A. dichromosporum*, *A. obclavatum*, *A. pinkertoniae*, *A. roseogriseum*, *A. incoloratum* і *A. furatum*). Бажані штами включають *Humicola insolens* DSM 1800, *Fusarium oxysporum* DSM 2672, *Myceliophthora thermophila* CBS 117.65, *Cephalosporium* sp. RYM-202, *Acremonium* sp. CBS 478.94, *Acremonium* sp. CBS 265.95, *Acremonium persicinum* CBS 169.65, *Acremonium acremonium* AHU 9519, *Cephalosporium* sp. CBS 535.71, *Acremonium brachyphenium* CBS 866.73, *Acremonium dichromosporum* CBS 683.73, *Acremonium obclavatum* CBS 311.74, *Acremonium pinkertoniae* CBS 157.70, *Acremonium roseogriseum* CBS 134.56, *Acremonium incoloratum* CBS 146.62 і *Acremonium furatum* CBS 299.70H. Целюлотичні ферменти також можуть бути отримані з *Chrysosporium*, бажано штаму *Chrysosporium lucknowense*. Додаткові штами, які можуть бути використані, включають без обмеження *Trichoderma* (зокрема, *T. viride*, *T. reesei* і *T. koningii*), алкалофільні *Bacillus* (див., наприклад, патент США № 3844890 і публікацію Європейського патенту № 0458162) і *Streptomyces* (див., наприклад, публікацію Європейського патенту № 0458162).

[0141] Багато мікроорганізмів, які можуть бути використані для оцукрення матеріалу біомаси і одержання цукрів, також можуть бути використані для ферментації і перетворення цих цукрів на застосовні продукти.

ЦУКРИ

[0142] В описаних у цьому документі процесах, наприклад, після оцукрення, можуть бути виділені цукри (наприклад, глюкоза і ксиліоза). Наприклад, цукри можуть бути виділені

осадженням, кристалізацією, хроматографією (наприклад, хроматографія з псевдорухомих шаром, хроматографія високого тиску), центрифугуванням, екстракцією, будь-яким іншим відомим з області техніки способом виділення і їх комбінаціями.

Гідрування і інші хімічні перетворення

5 [0143] Описані у цьому документі процеси можуть включати гідрування. Наприклад, глюкоза і ксилоза можуть гідровані до сорбіту і ксиліту, відповідно. Гідрування може бути виконане із застосуванням каталізатора (наприклад, Pt/гамма-Al₂O₃, Ru/C, скелетний нікелевий каталізатор гідрування або інші відомі з області техніки каталізатори) у комбінації з H₂ при високому тиску (наприклад, від 10 до 12000 фунтів на квадратний дюйм). Можуть бути використані інші типи

10 хімічних перетворень продуктів з описаних у цьому документі процесів, наприклад, одержання таких вироблених з органічних цукрів продуктів (наприклад, фурфураль і вироблених з фурфурала продуктів). Хімічні перетворення вироблених з цукру продуктів описані у попередній заявці на патент США № 61/667481, поданій 3 липня 2012, повний опис якої включений у цей документ шляхом посилання.

15 Ферментація

[0144] Бажано, *Clostridium* spp. використовується для перетворення цукру (наприклад, фруктози) на бутанол. Оптимальне значення pH для ферментації складає близько pH 4-7. Наприклад, оптимальне значення pH для дріжджів складає близько pH 4-5, тоді як оптимальне значення pH для *Zygomonas* складає близько pH 5-6. Типовий час ферментації складає від

20 близько 24 до 168 годин (наприклад, від 24 до 96 годин) при температурах у діапазоні від 20 °C до 40 °C (наприклад, від 26 °C до 40 °C), проте термофільні мікроорганізми віддають перевагу вищим температурам.

[0145] Згідно деяким варіантам реалізації, наприклад, при використанні анаеробних організмів, щонайменше частину ферментації проводили за відсутності кисню, наприклад, в оболонці інертного газу, такого як N₂, Ar, He, CO₂, або суміші цього. Крім того, суміші може бути необхідне постійне продування інертним газом, що проходить через резервуар протягом часткової або повної ферментації. В деяких випадках анаеробна умова може бути досягнута або зберігатися за допомогою одержання діоксиду вуглецю протягом ферментації і без

25 необхідності додаткового інертного газу.

[0146] Згідно деяким варіантам реалізації весь або частина способу ферментації може бути перервана перед повним перетворенням низькомолекулярного цукру на продукт (наприклад, етанол). Проміжні продукти ферментації містять цукор і вуглеводи у високих концентраціях. Цукри і вуглеводи можуть бути виділені будь-якими способами, відомими з області техніки. Ці проміжні продукти ферментації можуть бути використані при одержанні харчових продуктів для

30 людського або тваринного вжитку. Додатково або альтернативно, проміжні продукти ферментації можуть бути подрібнені до тонкодисперсних часток у лабораторному млині з неіржавіючої сталі з одержанням речовини подібної борошну.

[0147] Струменеве перемішування може бути використане протягом ферментації, і в деяких випадках оцукрення і ферментацію виконують в одному резервуарі.

40 [0148] Живильні речовини для мікроорганізмів можуть бути додані протягом оцукрення та/або ферментації, наприклад, упаковки живильних речовин на основі харчових продуктів, описані у публікації заявки на патент США № 2012/0052536, поданій 15 липня 2011, повний вміст якої включений у цей документ шляхом посилання.

[0149] "Ферментація" передбачає способи і продукти, розкриті у попередній заявці на патент США № 61/579559, поданій 22 грудня 2012, і попередній заявці на патент США № 61/579576, поданій 22 грудня 2012, повний вміст яких включений у цей документ шляхом посилання.

[0150] Можуть бути використані пересувні ферментери, як описано у міжнародній заявці РСТ/US2007/074028 (яка подана 20 липня 2007, опублікована англійською мовою як WO 2008/011598 і вказаною країною є США), повний вміст якої включений у цей документ шляхом

50 посилання. Так само, устаткування для оцукрення може бути пересувним. Крім того, оцукрення та/або ферментація можуть бути виконані частково або повністю протягом переміщення.

Агенти ферментації

[0151] Хоча бажаними є *Clostridium*, також можуть бути використані інші мікроорганізми. Наприклад, дріжджі і бактерії *Zygomonas* можуть використовуватися для ферментації або

55 перетворення цукру(-ів) на інший(-і) спирт(-и). Інші мікроорганізми обговорювалися нижче. Вони можуть бути мікроорганізмами природного походження та/або розробленими мікроорганізмами. Наприклад, мікроорганізмом може бути бактерія (включаючи без обмеження наприклад, целюлотична бактерія), гриб, (включаючи без обмеження, наприклад, дріжджі), рослина, протист, наприклад, протозоа або грибоподібний протист (включаючи без обмеження,

60 наприклад, слизисту цвіль), або водорість. Якщо організми сумісні, можуть бути використані

суміші організмів.

[0152] Прийнятні ферментуючі мікроорганізми мають здатність перетворювати вуглеводи, такі як глюкоза, фруктоза, ксилоза, арабіноза, маноза, галактоза, олігосахариди або полісахариди, на продукти ферментації. Ферментуючі мікроорганізми включають штами роду *Saccharomyces* spp. (включаючи без обмеження *S. cerevisiae* (пекарні дріжджі), *S. distaticus*, *S. uvarum*), роду *Kluuyveromyces*, (включаючи без обмеження *K. marxianus*, *K. fragilis*), роду *Candida* (включаючи без обмеження *C. pseudotropicalis* і *C. brassicae*), *Pichia stipitis* (родинний до *Candida shehatae*), роду *Clavispora* (включаючи без обмеження *C. lusitanae* і *C. opuntiae*), роду *Pachysolen* (включаючи без обмеження *P. tannophilus*), роду *Bretanomyces* (включаючи без обмеження, наприклад, *B. clausenii* (Philippidis, G. P., 1996, Cellulose bioconversion technology, in Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman, C.E., ed., Taylor & Francis, Вашингтон, DC, 179-212)). Інші прийнятні мікроорганізми включають, наприклад, *Zymomonas mobilis*, *Clostridium* spp. (включаючи без обмеження *C. thermocellum* (Philippidis, 1996, supra), *C. saccharobutylacetonicum*, *C. saccharobutylicum*, *C. Puniceum*, *C. beijerinckii*, і *C. acetobutylicum*), *Moniliella pollinis*, *Moniliella megachiliensis*, *Lactobacillus* spp. *Yarrowia lipolytica*, *Aureobasidium* sp., *Trichosporonoides* sp., *Trigonopsis variabilis*, *Trichosporon* sp., *Moniliellaacetobutans* sp., *Typhula variabilis*, *Candida magnoliae*, *Ustilaginomycetes* sp., *Pseudozyma tsukubaensis*, види дріжджів роду *Zygosaccharomyces*, *Debaryomyces*, *Hansenula* і *Pichia* і пігментовані гриби роду *Torula*.

[0153] Наприклад, *Clostridium* spp. може бути використаний для одержання етанолу, бутанолу, масляної кислоти, оцтової кислоти і ацетону. *Lactobacillus* spp. може бути використаний для одержання молочної кислоти.

[0154] Багато таких штамів мікроорганізмів є загальнодоступними, або комерційно, або у сховищах, таких як ATCC (American Type Culture Collection, Manassas, Вірджинія, США), NRRL (Agricultural Research Service Culture Collection, Peoria, Іллінойс, США) або DSMZ (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GMBH, Брауншвейг, Німеччина), для назви деяких.

[0155] Комерційно доступні дріжджі містять, наприклад, Red Star®/Lesaffre Ethanol Red (доступний від Red Star/Lesaffre, США), FALI® (доступний від Fleischmann's Yeast, відділення Burns Philip Food Inc., USA), SUPERSTART® (доступний від Alltech, запатентовано Lalemand), GERT STRAND® (доступний від Gert Strand AB, Швеція) і FERMOL® (доступний від DSM Specialties).

[0156] Багато мікроорганізмів, які можуть бути використані для оцукрення матеріалу біомаси і одержання цукрів, також можуть бути використані для ферментації і перетворення цих цукрів на застосовні продукти.

Дистиляція

[0157] Після ферментації отримані рідини можуть бути дистильованими із застосуванням, наприклад, "бражної колонії", для відділення етанолу і інших спиртів від більшої частини води і твердих залишків. Пара, що виходить із бражної колонії може бути з, наприклад, 35 % по масі етанолу, і може подаватися у колонію ректифікації. Суміш майже азеотропного (92,5 %) етанолу і води з колонії ректифікації може бути очищена до чистого (99,5 %) етанолу із застосуванням парових фазних молекулярних сит. Осади бражної колонії можуть бути направлені у перший корпус трьохкорпусного випарника. Зворотний холодильник колонії ректифікації має забезпечити тепло для цього першого корпусу. Після першого корпусу тверді речовини можуть бути відокремлені із застосуванням центрифуги і висушені у барабанній сушарці. Частина (25 %) потоку продукту з центрифуги може бути повернена назад для ферментації, а залишок відправлений до другого і третього корпуси випарника. Велика частина конденсату випарника може бути повернена у процес у вигляді фактично чистого конденсату з невеликою частиною, що відокремилася для обробки стічних вод, для запобігання накопиченню низькокиплячих сполук.

[0158] За винятком описаних у цьому документі прикладів або якщо не визначено інше, всі області числових значень, кількості, значення і процентний вміст, наприклад, для кількості матеріалів, елементного вмісту, часу і температур реакції, співвідношення кількостей і інше, у наступній частині опису і прикладеної формули винаходу можуть читатися ненавмисно з додаванням слова "близько", навіть якщо термін "близько" явним чином не присутній із значенням, кількістю або діапазоном. Відповідно, якщо не відмічено інше, викладені у наступному описі і прикладеній формулі винаходу числові параметри є наближеними величинами, які можуть варіювати залежно від бажаних властивостей, які необхідно отримати у цьому винаході. Щонайменше, і не як спроба обмежити застосування теорії еквівалентів до обсягу формули винаходу, кожен числовий параметр щонайменше слід тлумачити у світлі числа повідомлених значущих розрядів і застосуванням звичайних методик округлення.

[0159] Не дивлячись на те, що області числових значень і параметри, викладені в широкому обсязі цього винаходу є приблизними, числові значення, викладені в конкретних прикладах,

повідомлені максимально точно. Проте, будь-яке числове значення за визначенням містить погрішність, що неминуче виникає в результаті стандартного відхилення, яке зустрічається в його основних відповідних досліджуваних вимірах. Більше того, якщо у цьому документі описані області числових значень, ці області включають кінцеві точки викладеної області (тобто, можуть

бути використані кінцеві точки). При використанні у цьому документі процентного вмісту по масі, повідомлені числові значення були відносно загальної маси.

[0160] Також слід розуміти, що будь-яка описана у цьому винаході область числових значень передбачає включення всіх піддіапазонів, що підпадають під неї. Наприклад, мається на увазі, що діапазон "від 1 до 10" включає всі піддіапазони між (і включаючи) описаним мінімальним значенням 1 і описаним максимальним значенням 10, тобто з мінімальним значенням, рівним або більше 1, і максимальним значенням, рівним або менше 10. Мається на увазі, що використані у цьому винаході терміни "один" або форми однини включають "щонайменше один" або "один або декілька", якщо не відмічене інше.

Приклади

[0161] Приклад 1. Матеріали і способи

[0162] Підготовка культур насіння: Клітки *Moniliella*, які зберігали при -80°C , використовували для інокуляції середовища для вирощування (20 г/л екстракту солоду, 1 г/л пептону, 20 г/л глюкози), і інкубували при 30°C і струшували при 200 обертів на хвилину протягом 72 годин. Культуру потім переміщали у біореактор (будь-який з 3 л, 20 л, або 400 л) для одержання еритритола.

[0163] Головна культура: Середовище виробництва еритритола складається з 10 г/л дріжджового екстракту, 1 г/л фітинової кислоти, 1 г/л нітрату калію, 100 г/л хлориду кальцію, 10 мг/л сульфату міді, 50 мг/л хлориду цинку і або 300 г/л глюкози (хімічно чистий від Sigma), або очищеного оцукреного стрижня кукурудзяного качана власного виробництва.

[0164] Стрижень кукурудзяного качана обробляли 35 Мрад з електронного променя, і оцукрювали целюлазою власного виробництва. Оцукрений стрижень кукурудзяного качана потім очищали катіонним обміном (Diaion PK228, Mitsubishi Chemical Corporation) і аніонним обміном (Diaion JA300, Mitsubishi Chemical Corporation).

[0165] Приклад 2. Визначення умов культури

[0166] Культура біореактора складалася з 1,5 л у 3 л ємності, 10 л у 20 л ємності або 250 л у 400 л ємності. Інокулум для кожного, що складається з культивованої протягом 72 годин культури насіння, додавали до 5 % з об'єму у біореакторі. Аерація була відрегульована до 0,3-1 VVM, перемішування складало 300-1000 обертів на хвилину і температура дорівнювала 35°C . Протиспінювач 204 додавали безперервно при швидкості 1,5 мл/л/день.

[0167] Дванадцять різних дріжджових екстрактів перевіряли на наслідок виробництва еритритола. Результати: Гранульований Fisher (виробництво еритритола 105 г/л), Thermo Oxoid (30 г/л), Bacto Tech (94 г/л), Fluka (108 г/л), Thermo Remel (111 г/л), Teknova (108 г/л), Acros (93 г/л), Boston (96 г/л), Sunrise (8 г/л), US Biochem (88 г/л), Sigma (76 г/л) і BD (90-120 г/л). Гранульований Fisher Bacto Tech, Fluka, Thermo Remel, Teknova, Acros, Boston, US Biochem і BD були використані для додаткового випробування.

[0168] Досліджували дванадцять різних протипінних агентів. Це: Antifoam A, B, C, O-30, SE-15, Y-30, Silicone Antifoam, Antifoam 204 (уці від Sigma Chemical Company, St. Louis, Missouri, USA), Antifoam AF (від Fisher), KFO 880, KFO 770 і Foam Blast 779 (від Emerald Performance Materials).

[0169]

Таблиця 1а

Компоненти середовища, досліджувані для виробництва еритритола

Компонент середовища	Досліджуваний діапазон	Робочий діапазон*	Оптимальний діапазон
Фітинова кислота (період культури)	з фітинової кислотою	3-4 дні для досягнення максимального виробництва	з фітинової кислотою
Фітинова кислота (період культури)	без фітинової кислоти	10-12 днів для досягнення максимального виробництва	
Фітинова кислота (кількість)	0,3 – 9 г/л	0,3 – 1,0 г/л	0,3 – 1,0 г/л
Одноосновний фосфат натрію (період культури)	2-12 г/л	2-12 г/л (3-4 дні для досягнення максимального виробництва)	Нижчий вихід, ніж фітинова кислота
Хлорид кальцію (кількість)	10-300 мг/л	10-150 мг/л	100 мг/л
Глюкоза (кількість)	150-600 г/л	200-400 г/л	300 г/л
Сульфат міді (кількість)	2-250 мг/л	2-250 мг/л	10 мг/л
Дріжджовий екстракт (кількість)	5-20 г/л	9-13 г/л	10 г/л
Дріжджовий екстракт (марка)	12 різних марок	9 різних марок	Fluka YE
Хлорид цинка (кількість)	25-100 мг/л	25-100 мг/л	50 мг/л
Протипінний агент (марка)	12 різних агентів	KFO 880; Antifoam 204	Antifoam 204
Джерело азоту	5 різних джерел	Сечовина; Нітрат натрію; Нітрат амонія; Сульфат амонію; Нітрат калію	Нітрат калію
Нітрат калія (кількість)	0,5-5 г/л	0,5-5 г/л	1 г/л

[0170] **"Робочий діапазон" був визначений як умови, при яких одержували більше, ніж 80 г/л еритритола з 300 г/л глюкози.

5 [0171]

Таблиця 1b

Умови культури, досліджувані для виробництва еритритола

Досліджувана умова	Досліджуваний діапазон	Робочий діапазон*	Оптимальний діапазон
Струшування (швидкість у 3 л біореакторі)	450-1000 обертів на хвилину	600-1000 обертів на хвилину	800 обертів на хвилину
Струшування (швидкість у 20 л біореакторі)	300-650 обертів на хвилину	400-650 обертів на хвилину	650 обертів на хвилину
Аерація (VVM)	0,3-1 VVM	0,3-1 VVM	0,6 VVM
Температура культури	30-40 °C	30-37 °C	35 °C
Турбулентність (занурювана труба в 400 л біореактор)	з/без занурюваної труби	з занурюваною трубою	з занурюваною трубою

[0172] * "Робочий діапазон" був визначений як умови, при яких одержували більше, ніж 80 г/л еритритола з 300 г/л глюкози.

[0173] Приклад 3. Культура біореактора Moniliella у 3 л біореакторі.

10 [0174] Moniliella pollinis (штам CBS 461.67; Centraalbureau voor Schimmelcultures, Утрехт, Нідерланди) культивували у середовищі для одержання у 3 л біореакторі (1,5 л об'єму культури) з різними умовами для компонентів середовища (Таблиця 1а). Фітинова кислота скорочувала період культури від 3 до 4 днів, поки виробництво еритритола без фітинової кислоти не стало

складати від 10 до 12 днів (Таблиця 1а). Кожен компонент (фітинова кислота, дріжджовий екстракт, одноосновний фосфат натрію, хлорид кальцію, глюкоза, сульфат міді, хлорид цинку, нітрат калію) досліджували на одержання оптимальної концентрації (Таблиця 1а). Фізичні умови, що включають збовтування, аерацію, температуру, також досліджували (Таблиця 1б).

5 Типове отримання еритритолу складало від 80 до 120 г/л еритритолу з 300 г/л глюкози.

[0175] У таблиці нижче представлено виробництво еритритолу у 3 л біореакторі з культурою штаму *Moniliella* CBS 461.67 з оптимальними концентраціями компонентів середовища (300 г/л глюкози, 10 г/л дріжджового екстракту, 1 г/л фітинової кислоти, 1 г/л нітрату калію).

[0176]

Таблиця 2

Виробництво еритритолу і інших продуктів з 300 г/л глюкози

День	Гліцерин	Еритритол	Рибіт	Етанол
0	0	0	0	0
1	7,13	3,66	0	5,39
2	33,50	35,69	3,51	9,68
3	33,77	92,13	4,79	2,86
4	16,89	88,51	4,92	0,45

10

[0177] Приклад 4. Культура *Moniliella* у 20 л біореакторі.

[0178] Виявлено, що швидкість струшування дуже впливає на виробництво еритритолу. Еритритол одержували в об'ємі культури 10 л у 20 л біореакторі при трьох різних швидкостях (300 обертів на хвилину, 400 обертів на хвилину, 650 обертів на хвилину), при 1 VVM і 35 °C, у середовищі, що складається з дріжджового екстракту (10 г/л), KNO₃ (1 г/л), фітинової кислоти (1 г/л), CuSO₄ (2 мг/л). Культури при 400 обертів на хвилину і 650 обертів на хвилину також включали три лопатних колеса. Культуру при 650 обертах за хвилину аерували при 0,6 VVM, а не при 1 VVM.

15

[0179] Культура біореактора зі швидкістю струшування 300 обертів на хвилину призводила до нижчого одержання еритритолу, чим та сама культура при 650 обертах на хвилину. З іншого боку, виробництво етанолу було зменшене шляхом збільшення швидкості струшування.

20

[0180]

Таблиця 3

Ефект швидкості струшування на виробництво еритритолу

День	Гліцерин	Еритритол	Рибіт	Етанол	Глюкоза
300 обертів на хвилину					
0	4,09	3,35	0	2,36	>50
1	10,80	5,95	3,06	15,15	>50
2	18,48	19,39	0	24,44	>50
3	24,24	48,09	0	32,37	70,74
4	25,27	59,51	0	25,15	0
5	23,36	64,09	3,60	8,48	0
6	21,59	63,70	3,66	2,32	
7	19,35	59,69	3,65	1,50	
400 обертів на хвилину					
0	0	0	0	0	300
1,3	7,09	4,21	0	21,16	>150
3	16,07	80,01	3,41	22,43	48,70
4	9,56	92,08	3,88	11,04	0
4,3	7,16	94,70	3,94	4,57	0
5	4,08	86,30	3,68	1,31	0
650 обертів на хвилину					
0	0	0	0	0	300
2	18,01	89,13	4,13	6,57	112,57
3	30,72	145,67	6,86	1,61	4,31
4	16,02	129,69	6,59	1,39	0
5	12,65	147,54	6,87		0

[0181] Приклад 5. Культура *Moniliella* у 400 л біореакторі.

- 5 [0182] Виявлено, що швидкість перенесення кисню є ключовим фактором при виробництві еритритолу у 400 л біореакторі. Для посилення турбулентності використовували дві занурювані трубки, розподільник повітря був встановлений на дні ємності і коефіцієнт стискування був збільшений. Результати (у г/л) представлені у таблиці нижче.

[0183]

Таблиця 4

Виробництво еритритолу і інших продуктів у 400 л біореакторі

День	Гліцерин	Еритритол	Рибіт	Етанол
0	0	0	0	0
1	6,1	9,2	1,5	15,3
2	10,0	60,3	1,7	19,3
3	11,8	75,3	0	27,7

[0184] Приклад 6. Очищення продукту оцукрення

- 10 [0185] Стрижень кукурудзяного качана оцукрювали і отриману цукрову суміш очищали іонним обміном. Катіонний обмін і аніонний обмін використовували для видалення металевих компонентів, перерахованих у таблиці нижче.

[0186]

Таблиця 5

Металеві елементи у ppm у розчині оцукреного стрижня кукурудзяного качана, що містить 100 г/л глюкози, до і після іонного обміну.

Елемент	Перед іонним обміном	Після катіонного обміну	Після катіонного і аніонного обміну
Mn	9	0	0
Zn	9	0	0
Si	71	70	0
Fe	14	0	0
P	668	704	0
K	4951	20	0
Mg	418	0	0
Na	10099	0	0
Ca	342	0	0
S	2048	2372	37

- 15 [0187] Розчин очищеного оцукреного стрижня кукурудзяного качана потім використовували для виробництва еритритолу двома різними штамми *Moiliella*, CBS 461.67 (*Monilliella pollinis*) і CBS 567.85 (*Moliniella megachiliensis*). Використовували культури судини, і компоненти середовища, що містять 10 г/л дріжджового екстракту, 1 г/л нітрату калію, 0,3 г/л фітинової кислоти, 2 мг/л сульфату міді, а також очищений оцукрений стрижень кукурудзяного качана. Глюкоза була витрачена за 2 дні, було витрачено невелику кількість ксилози.

20 [0188]

Таблиця 6

Виробництво еритритолу двома різними штамми з очищеного оцукреного стрижня кукурудзяного качана, що містить 160 г/л глюкози і 140 г/л ксилози.

День	Гліцерин	Еритритол	Рибіт	Етанол	Фруктоза
Штам CBS 461.67					
0	6,85	4,54	0	0,36	9,78
2	9,22	31,20	0	22,35	0
3	7,30	33,46	0	19,80	0
Штам CBS 567.85					
0	0	4,54	0	0,21	10,30
2	9,72	29,36	0	22,52	0
3	7,82	45,99	0	19,47	0

[0189] Виробництво еритритолу складало 21 % при CBS 461.67 і 28 % при CBS 567.85. Цей вихід порівняний з виробництвом еритритолу з хімічно чистою глюкозою (від 30 до 40 % виходу).

[0190] Будь-який патент, публікація або інший матеріал розкриття, повністю або частково, який, як вказано, включений у цей документ шляхом посилання, включений у нього лише до такої міри, при якій матеріал, що міститься, не протирічить існуючим визначенням, твердженням або іншому матеріалу розкриття, викладеному у цьому описі. У зв'язку з цим, і в необхідних випадках, викладене у цьому документі конкретне розкриття замінює будь-який матеріал, що протирічить і включений шляхом посилання. Будь-який матеріал або його частина, які, як вказано, включені шляхом посилання, але які протирічать існуючим визначенням, твердженням або іншому викладеному у цьому документі розкритому матеріалу, будуть включені лише до такої міри, щоб не виникало протиріччя між цим включеним матеріалом і існуючим матеріалом розкриття.

[0191] У тому вигляді, як цей винахід був проілюстрований і описаний із посиланнями на бажані варіанти його реалізації, для кваліфікованого фахівця у цій області, буде очевидним те, що різні зміни у формулі і деталях можуть бути зроблені без відхилення від контексту винаходу, і так, щоб не порушувати обсяг прав, закладений у формулі.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб одержання еритритолу, який включає стадії, на яких поєднують суспензію оцукреної лігноцелюлозної біомаси, що містить цукровий сироп, який включає глюкозу та ксилозу, одержані із біомаси, з мікроорганізмом, здатним перетворювати щонайменше одного із цукрів на еритритол, причому стійкість лігноцелюлозної біомаси було зменшено, і де мікроорганізм являє собою штами *Moniliella pollinis* CBS 461.67 та *Moniliella megachiliensis* CBS 567.85; і використовують мікроорганізм для ферментації цукрового сиропу для одержання еритритолу, при забезпеченні аерації від 0,3 до 1,0 об'єм/об'єм за хвилину та перемішуючи суспензію за допомогою струменевого перемішувача.

2. Спосіб за п. 1, який додатково включає стадію оцукрювання лігноцелюлозної біомаси.

3. Спосіб за п. 1, який додатково включає встановлення концентрації глюкози на щонайменше 5 мас. %.

4. Спосіб за п. 2, в якому біомасу оцукрюють однією або декількома целюлазами.

5. Спосіб за п. 1, в якому целюлозна або лігноцелюлозна біомаса вибрана із групи, яка включає папір, паперова продукція, паперовий брак, паперова м'якоть, пігментовані папери, завантажені папери, папір з покриттям, завантажені папери, журнали, друкарський матеріал, папір принтера, папір з декількома покриттями, картки, картон, картонаж, вата, деревина, ДСП, відходи лісівництва, тирса, осикова деревина, тріска, трави, свічграс, міскантус, шнурова трава, очеретянка звичайна, залишки зерна, рисове лушпиння, вівсяне лушпиння, пшенична солома, ячмінна солома, сільськогосподарські відходи, силос, солома канопи, пшенична солома, ячмінна солома, вівсяна солома, рисова солома, джут, конопля, льон, бамбук, сизаль, абак, зернові висівки, зерновий сухий корм для худоби, соєвий сухий корм для худоби, зернове волокно, люцерна, сіно, кокосова обгортка, відходи цукрового виробництва, жом, бурякова м'якоть, макуха агави, водорості, морські водорості, гній, продукти каналізації, відходи, аракача, гречка, банан, ячмінь, маніока, кудзу, ока, саго, сорго, картопля, батат, таро, ямс, квасоля, боби, сочевиця, горох або суміші будь-якого з них.

6. Спосіб за п. 1, який додатково включає стадію механічної обробки целюлозної або лігноцелюлозної біомаси з метою зменшення її питомої щільності та/або збільшенні її зовнішньої поверхні.

7. Спосіб за п. 1, який додатково включає стадію дроблення лігноцелюлозної біомаси.

8. Спосіб за п. 7, в якому зазначене дроблення являє собою сухе розмелювання.

9. Спосіб за п. 7, в якому зазначене дроблення являє собою мокре розмелювання.

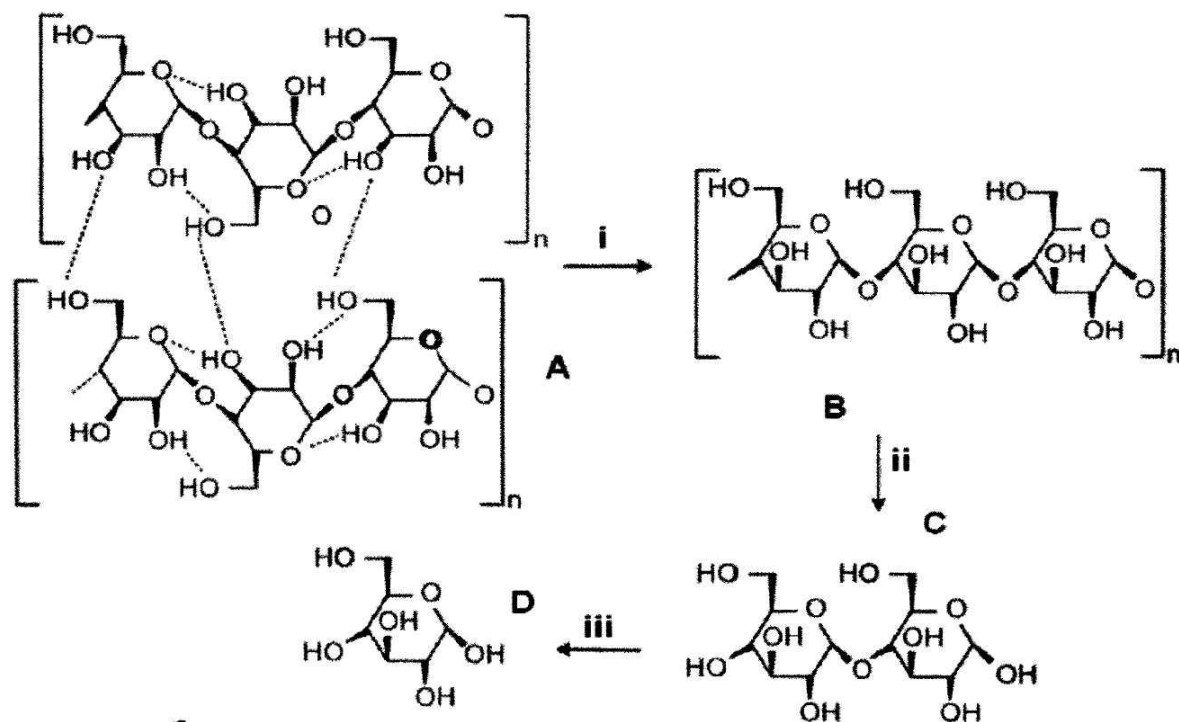
10. Спосіб за п. 1, який додатково включає стадію культивування мікроорганізму у фазі клітинного росту до поєднання лігноцелюлозної біомаси з мікроорганізмом.

11. Спосіб за п. 1, де стійкість лігноцелюлозної біомаси зменшують шляхом бомбардування електронами.

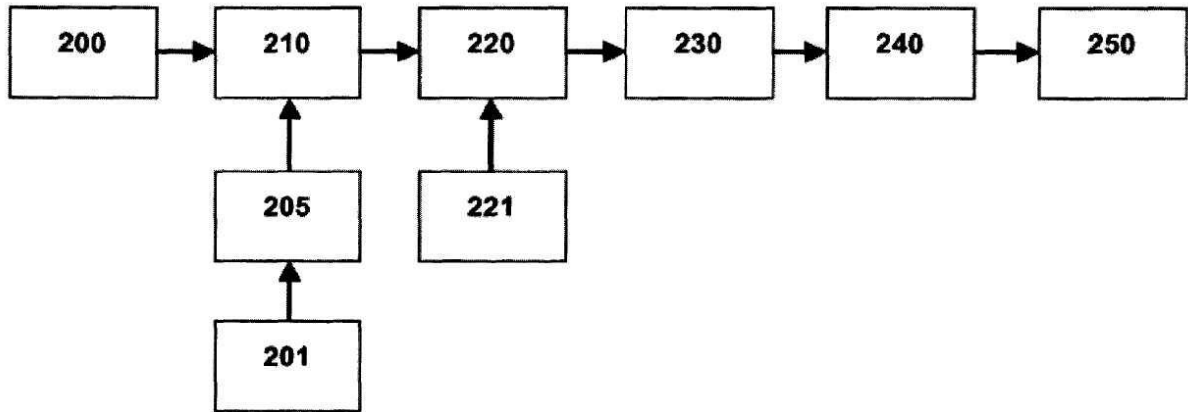
12. Спосіб за п. 11, в якому бомбардування електронами здійснюють при дозі, що становить щонайменше 5 Мрад.

13. Спосіб за п. 11, в якому бомбардування електронами здійснюють при дозі, що становить від 5 Мрад до 50 Мрад.

14. Спосіб за п. 11, в якому бомбардування електронами здійснюють при дозі, що становить від 20 Мрад до 40 Мрад.
15. Спосіб за п. 11, в якому бомбардування електронами здійснюють при інтенсивності дози більше ніж 0,25 Мрад/с.
- 5 16. Спосіб за п. 11, в якому бомбардування електронами здійснюють при інтенсивності дози від 0,25 Мрад/с до 2 Мрад/с.
17. Спосіб за п. 11, в якому бомбардування електронами здійснюють при інтенсивності дози більше ніж 2 Мрад/с.
18. Спосіб за п. 1, в якому струменевий перемішувач додатково включає лопатне колесо, яке обертається при швидкості від 400 до 650 обертів на хвилину при перемішуванні.
- 10 19. Спосіб за п. 1, в якому струменевий перемішувач включає вісь, і спосіб додатково включає стадію аерації суспензії через канал в осі.
20. Спосіб за п. 19, в якому канал забезпечує аерацію при 0,6 об'єм./об'єм за хвилину.
21. Спосіб за п. 1, в якому вихід еритритолу є порівняним з виходом еритритолу з застосуванням хімічно чистої глюкози замість суспензії.
- 15 22. Спосіб за п. 21, в якому вихід еритритолу з застосуванням суспензії становить від 21 % до 28 %.
23. Спосіб за п. 21, в якому вихід еритритолу з застосуванням хімічно чистої глюкози становить від 30 % до 40 %.
- 20 24. Спосіб за п. 1, в якому вихід еритритолу становить від 70 % до 93 % від виробництва еритритолу з застосуванням хімічно чистої глюкози замість суспензії.
25. Спосіб за п. 1, в якому концентрація ксилози в цукровому сиропі більше ніж 10 мас. %.
26. Спосіб за п. 1, в якому концентрація ксилози в цукровому сиропі більше ніж 20 мас. %.
27. Спосіб за п. 1, в якому вихід еритритолу становить від 70 % до 93 % від виробництва еритритолу з застосуванням хімічно чистої глюкози замість суспензії, та концентрація ксилози в цукровому сиропі більше ніж 20 мас. %.
- 25



ФІГ. 1



ФІГ. 2

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601