



TÍTULO DE PATENTE No. 371710

Titular(es): EDWARD BRIAN HAMRICK
Domicilio: 16850 Collins Ave Ste 112-711, Sunny Isles Beach, Florida, 33160, E.U.A.
Denominación: MÉTODOS Y APARATOS PARA SEPARACIÓN DE ETANOL A PARTIR DE BIOMASA FERMENTADA.
Clasificación: **CIP:** B01D3/00; B01D3/16; B01D3/38; B01D5/00; B01J19/30; C07C29/80
CPC: B01D3/001; B01D3/002; B01D3/009; B01D3/16; B01D3/38; B01D5/006; B01J19/30; C07C29/80; C12M21/12; C12M47/10; B01J2219/30483; Y02E50/17
CSet1: C07C29/80; C07C31/08
Inventor(es): EDWARD BRIAN HAMRICK

SOLICITUD

Número:
MX/a/2018/016363

Fecha de Presentación Internacional:
20 de Febrero de 2018

PRIORIDAD

País:
US
US

Fecha:
30 de marzo de 2017
19 de febrero de 2018

Número:
62/478,619
15/898,744

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 20 de febrero de 2038

Fecha de Expedición: 11 de febrero de 2020

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud internacional y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracción III, 7º BIS 2 y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º fracción V inciso a), sub inciso ii), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), sub inciso ii), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; 1º, 3º y 5º inciso a) y antepenúltimo párrafo, del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

El presente oficio se signa con firma electrónica avanzada (FIEL), con fundamento en los artículos 7 BIS 2 de la Ley de la Propiedad Industrial; 3o de su Reglamento, y 1 fracción III, 2 fracción V, 26 BIS y 26 TER del Acuerdo por el que se establecen los lineamientos para el uso del Portal de Pagos y Servicios Electrónicos (PASE) del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, en los trámites que se indican.

SUBDIRECTORA DIVISIONAL DE EXAMEN DE FONDO DE PATENTES ÁREAS BIOTECNOLÓGICA, FARMACÉUTICA Y QUÍMICA

EMELIA HERNÁNDEZ PRIEGO



Cadena Original:
EMELIA HERNANDEZ PRIEGO|00001000000405397295|Servicio de Administración Tributaria|56||MX/2020/22934|MX/a/2018/016363|Título de patente PCT|1048|SEF|Pág(s) 1|Vgc03hC5IXBOYyLwWM/qCQqVHg=

Sello Digital:
bU3cRKHunAK3pL4nnffxQNqmOC3l2esEBDL31Y5JgpocvGNPOXOoo0A0BMvzO8o9TUmA14Q1Trp5KBgKpMkDSiogG4bA829165vklnIOYdNtVUYj1zx536qgqiROE/Fs7IXCZjGtAtIA+3vPSzR83y7ohxb+9g6LUB0OEeAe2fqVEByjKdE SL8IMUK0C4qqmcqr4hEmInhlTtGj8fae9iSPrV3tVDPttg/ZX0P8Y6P96vyR16K9a7iipmuJy1N3CjCyzxo2V1wnFS 4pPmYrzOu4tNA+nSI+Jsah4fQpc/LIJUZa2jRTKONGLL8P2VUjauCvWw5BQLP9qHRzpaAenA==



**MÉTODOS Y APARATOS PARA SEPARACIÓN DE ETANOL A PARTIR DE
BIOMASA FERMENTADA**

DATOS DE PRIORIDAD

Esta solicitud de patente internacional reivindica
5 prioridad para la Solicitud de Patente Provisional U. S. No.
62/478.619, presentada el 30 de marzo de 2017, y para la
Solicitud de Patente U. S. No. 15/898.744, presentada el 19 de
febrero de 2018, cada una de las cuales se incorpora por la
presente por referencia en esta memoria.

10 **CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a procesos y aparatos
para separación de etanol a partir de biomasa fermentada.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Existen muchas técnicas útiles para fermentación de
15 biomasa a fin de producir una biomasa rica en etanol. Esto se
conoce comúnmente como "fermentación en estado sólido".

La patente U. S. No. 4.490.469 describe un método para
producción de etanol por fermentación. Esta aparente propone
la trituration o conversión en pasta de biomasa hasta un tamaño
20 de pasta menor que 10 mm, sacarificación opcional de la pasta
con ácido o enzimas, mezcladura de una suspensión de levadura
con la pasta, espera hasta que se complete la fermentación, y
separación final del etanol por prensado o expresión del
líquido a partir de la pasta para producir un líquido rico en
25 etanol.

La patente U. S. No. 9.428.772 describe métodos y sistemas para fabricar productos de fermentación a partir de sustratos ricos en carbohidratos. Esta patente propone la puesta en infusión de catalizadores de hidrólisis y organismos de fermentación en biomasa lignocelulósica utilizando ciclos de vacío, espera hasta que se completa la fermentación, y separación del etanol por desprendimiento de materias volátiles a vacío.

La patente U. S. No. 9.499.839 describe métodos para fermentación de cosechas ricas en carbohidratos. Esta patente propone poner en infusión organismos de fermentación en biomasa rica en azúcares, escurrir el exceso de líquido de la biomasa, esperar hasta que se completa la fermentación, y separar el etanol por desprendimiento de materias volátiles a vacío o trituración.

La patente U. S. No. 9.631.209 describe métodos para fermentación de tallos de la familia Poáceas. Esta Patente propone triturar los tallos entre rodillos mientras están sumergidos en agua que contiene levadura, escurrir el exceso de líquido de los tallos, esperar hasta que se completa la fermentación, y separar el etanol por desprendimiento de materias volátiles a vacío o trituración.

Estos y muchos otros métodos de fermentación en estado sólido para producción de etanol adolecen todos ellos de la desventaja de que la trituración, el prensado, o la expresión

recuperan por regla general sólo aproximadamente 50% del etanol de la biomasa, y el desprendimiento de materias volátiles a vacío no es muy útil dado que el etanol producido contiene por lo general sólo aproximadamente 30% a 40% de alcohol en volumen (ABV).

Si bien existen muchos países en los cuales existe un mercado importante para el etanol potable al 30% a 40% ABV (v. g., cachaça en Brasil, licor del país en India, baijiu en China, y vodka en Rusia), existe un mercado mayor aún para la utilización de etanol en generadores, en motores de combustión interna, y para cocinado.

Los expertos en la técnica reconocerán que el etanol de 75% ABV es la concentración mínima requerida para encender una caldera. El etanol de 85% ABV es generalmente la concentración mínima requerida para poner en marcha un generador o un motor de combustión interna. Un sistema de inyección de combustible requiere al menos 92.5% ABV y preferiblemente etanol de 96% ABV. Si bien el etanol de 50% ABV entrará en ignición, la concentración mínima necesaria para soportar una llama estable para cocinado es etanol de 60% a 65% ABV, y es necesario etanol de 80% ABV para obtener una llama robusta para cocinado.

Los métodos más ampliamente utilizados para producir concentraciones de etanol superiores a 80% ABV emplean columnas de destilación. Esto comienza generalmente con un líquido que contiene 5% vol a 40% vol de etanol, que se hace hervir a la

presión atmosférica o a presión reducida, y utilizando una columna de destilación para producir concentraciones mayores de etanol.

Los expertos en la técnica reconocerán que existen dos tipos de columnas de destilación, las que utilizan platos y las que utilizan empaquetamiento de columna, y 2 modos de operación de las columnas de destilación (por lotes y continuas).

SUMARIO DE LA INVENCION

10 Algunas variaciones proporcionan un método para separar etanol de la biomasa fermentada, comprendiendo el método los pasos de:

(a) proporcionar una biomasa fermentada rica en etanol;

(b) empaquetar la biomasa fermentada rica en etanol en una columna de destilación vertical;

(c) añadir agua al fondo de la columna de destilación vertical;

(d) calentar el fondo de la columna de destilación vertical para hervir el agua, produciendo con ello un vapor de fondo;

(e) enfriar la parte superior de la columna de destilación vertical para condensar un vapor de cabeza, produciendo con ello un líquido de cabeza rico en etanol; y

(f) reintroducir una fracción de líquido de cabeza rico en etanol en la parte superior de la columna de destilación vertical,

en donde los pasos (d) a (f) se realizan simultáneamente.

5 En algunas realizaciones, la biomasa fermentada rica en etanol se selecciona del grupo constituido por virutas de madera blanda fermentadas, tallos fermentados de la familia Poáceas, plantas de remolacha azucarera fermentadas, patatas fermentadas, batatas fermentadas, tubérculos de mandioca
10 fermentados, y combinaciones de los mismos.

En ciertas realizaciones, la columna de destilación vertical es un bidón metálico o un tubo metálico. En ciertas realizaciones, la columna de destilación vertical es un tubo de HDPE corrugado con un fondo metálico en orientación vertical.

15 En algunas realizaciones, el paso (c) comprende introducir continua o intermitentemente agua del exterior en la columna de destilación vertical.

En algunas realizaciones, se aplica calor en el paso (d) utilizando un método seleccionado del grupo constituido por
20 energía térmica, calentamiento por inducción, vapor, y combinaciones de los mismos.

En algunas realizaciones, el enfriamiento en el paso (e) se aplica utilizando un método seleccionado de refrigeración por aire, refrigeración por agua, o una combinación de ambos.

En algunas realizaciones, el paso (f) se realiza utilizando un deflegmador.

Los pasos (d) a (f) pueden realizarse a una presión inferior a 100 kPa, por ejemplo.

5 En algunas realizaciones, el paso (c) se realiza simultáneamente con los pasos (d) a (f).

Otras variaciones de la invención proporcionan un aparato para separar un producto de fermentación (v. g., etanol) de la biomasa fermentada, comprendiendo el aparato:

10 (a) una columna de destilación vertical que contiene biomasa fermentada como empaquetamiento de destilación, en donde la biomasa fermentada incluye un producto de fermentación;

(b) un depósito de agua que, o bien (i) está contenido en la columna de destilación vertical o (ii) está aislado físicamente de, pero en comunicación fluida con, la columna de
15 destilación vertical;

(c) medios de calentamiento en el fondo de la columna de destilación vertical;

(d) medios de refrigeración en la parte superior de la
20 columna de destilación vertical; y

(e) medios de reflujo para reintroducir líquido enfriado en la parte superior de la columna de destilación vertical.

En ciertas realizaciones, la columna de destilación vertical es un bidón metálico o una tolva metálica. En ciertas

realizaciones, la columna de destilación vertical es un tubo de HDPE corrugado con un fondo metálico en orientación vertical.

En algunas realizaciones, el depósito de agua está contenido dentro de la columna de destilación vertical, en o
5 cerca del fondo de la columna de destilación vertical. El aparato puede comprender adicionalmente medios para inducir agua del exterior en la columna de destilación vertical. En ciertas realizaciones, el depósito de agua está aislado físicamente de la columna de destilación vertical.

10 Los medios de calentamiento pueden seleccionarse del grupo constituido por energía térmica, calentamiento por inducción, vapor, y combinaciones de los mismos.

Los medios de refrigeración pueden seleccionarse de refrigeración por aire, refrigeración por agua, o una
15 combinación de ambas.

En algunas realizaciones del aparato, el medio de reflujo es un deflegmador.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

A pesar de cualesquiera otras formas que puedan caer
20 dentro del alcance de la presente invención, FIG. 1 es un dibujo ilustrativo de un aparato que implementa el método de esta invención, en algunas realizaciones.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES DE LA INVENCION

Los métodos, procesos, y sistemas de la presente invención se describirán en detalle por referencia a diversas realizaciones y figura no limitantes.

Esta descripción permitirá a un experto en la técnica practicar y utilizar la invención, y describe varias realizaciones, adaptaciones, variaciones, alternativas, y usos de la invención. Estas y otras realizaciones, características, y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes para los expertos en la técnica cuando se ponen en práctica con referencia a la descripción detallada siguiente de la invención.

Como se utilizan en esta memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "un", "una", y "el/la" incluyen los plurales correspondientes a no ser que el contexto indique claramente otra cosa. A no ser que se definan de otro modo, todos los términos técnicos y científicos utilizados en esta memoria tienen el mismo significado que es entendido comúnmente por una persona con experiencia ordinaria en la técnica a la que pertenece esta invención.

A no ser que se indique otra cosa, todos los números que expresan parámetros, condiciones, resultados, etc. utilizados en la memoria descriptiva y las reivindicaciones deben entenderse como si estuvieran modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Conforme a ello, a no ser que se indique lo contrario, los números expuestos en la

memoria descriptiva siguiente y las reivindicaciones adjuntas son aproximaciones que pueden variar dependiendo de algoritmos y cálculos específicos.

El término "que comprende", que es sinónimo de "que incluye", "que contiene", o "caracterizado por" es inclusivo o indefinido, y no excluye elementos o pasos de método adicionales no indicados. "Que comprende" es un término de la técnica utilizado en lenguaje de reivindicaciones que significa que los elementos citados reivindicados son esenciales, pero pueden añadirse otros elementos de reivindicación y formar todavía un constructo dentro del alcance de la reivindicación.

Como se utiliza en esta memoria, la expresión "constituido por" excluye cualquier elemento, paso, o ingrediente no especificado en la reivindicación. Cuando la expresión "está constituido por" (o variaciones de la misma) aparece en una cláusula del cuerpo de una reivindicación, en lugar de inmediatamente después del preámbulo, la misma limita únicamente el elemento indicado en dicha cláusula; otros elementos no están excluidos de la reivindicación como un todo.

Como se utiliza en esta memoria, la expresión "constituido esencialmente por" limita el alcance de una reivindicación a los elementos o pasos de método especificados, más aquéllos que no afectan materialmente a la base y la(s) característica(s) nueva(s) de la materia objeto reivindicada.

Con respecto a los términos "que comprende", "constituido por", y "constituido esencialmente por", donde se utiliza uno de estos tres términos en esta memoria, la materia objeto descrita y reivindicada actualmente puede incluir el uso de cualquiera de los otros dos términos. Así, en algunas realizaciones no citadas explícitamente de otro modo, cualquier ejemplo de "que comprende" puede reemplazarse por "constituido por" o, alternativamente, por "constituido esencialmente por".

La presente invención está basada en una solución técnica para el problema de que la trituración, prensado, o expresión recupera por lo general sólo 50% del etanol de la biomasa fermentada, y que el desprendimiento de materias volátiles a vacío no es muy útil porque el etanol producido contiene por regla general sólo aproximadamente 30% a 40% de alcohol en volumen (ABV).

Esta invención se basa, al menos en parte, en el enfoque técnico de utilizar la biomasa fermentada propiamente dicha como material de empaquetamiento en una columna de destilación.

Los principios de la invención, en algunas variaciones, se demuestran en los Ejemplos de esta memoria. Obsérvese que, si bien se describen muchas realizaciones referentes a etanol, la invención no está limitada a etanol como el producto de fermentación contenido en la biomasa fermentada. En otras realizaciones, pueden producirse diversos alcoholes, ácidos orgánicos, hidrocarburos, y otros compuestos.

La invención proporciona un método para separación de etanol de una biomasa fermentada, comprendiendo el método los pasos de:

- (a) proporcionar una biomasa fermentada rica en etanol;
- 5 (b) empaquetar la biomasa fermentada rica en etanol en una columna de destilación vertical;
- (c) añadir agua al fondo de la columna de destilación vertical;
- (d) calentar (v. g., por aplicación de calor o a
10 temperaturas adecuadas) el fondo de la columna vertical para hervir el agua, produciendo un vapor de fondo;
- (e) enfriar (v. g., por aplicación de refrigeración o a temperaturas adecuadas) la parte superior de la columna vertical para condensar un vapor de cabeza y producir un
15 líquido de cabeza rico en etanol; y
- (f) reintroducir una fracción del líquido de cabeza rico en etanol en la columna vertical, preferiblemente en o cerca de la parte superior de la columna vertical,
- en donde los pasos (d) a (f) se realizan con preferencia
20 simultáneamente.

Los expertos en la técnica reconocerán que este método es similar a una columna de destilación de empaquetamiento, excepto que (a) el material de empaquetamiento es o incluye biomasa fermentada y (b) se utiliza agua o una solución acuosa

en el fondo de la columna de destilación para transferir calor a la biomasa fermentada en el fondo de la columna de destilación.

La biomasa fermentada que es rica en etanol se utiliza como material de empaquetamiento en la columna de destilación, y puede utilizarse una pequeña cantidad de agua en el fondo de la columna para transferir calor eficientemente a la biomasa en el fondo de la columna. El empaquetamiento de biomasa fermentada tiene una ratio alta de superficie a volumen y por tanto es un material de empaquetamiento eficiente. A medida que el vapor se condensa en la biomasa, se difunde calor en la biomasa, causando la producción de un vapor etanol/agua, vapor que es expulsado luego de la biomasa a través del apoplasto o fibras de la biomasa. Este vapor etanol/agua del cuerpo (fase a granel) de la biomasa enriquece la concentración de etanol en la superficie de las partículas de la biomasa. Dado que el etanol es más volátil que el agua, gotitas que contienen concentraciones menores de etanol gotean en dirección descendente desde la biomasa, y un vapor que contiene concentraciones mayores de etanol asciende a través de la biomasa. Esto da como resultado una concentración mayor de etanol en la parte superior de la columna que la que existía inicialmente la biomasa fermentada.

La difusión de calor en la biomasa requiere cierto tiempo. Esto se describe en el Capítulo 5 de Lienhard IV, J. H., y V. Lienhard, *A Heat Transfer Textbook*, 4^a edición, Cambridge

Massachusetts (2017), que se incorpora por la presente aquí por referencia, y se hace referencia a ello en esta memoria como "Leinhard". La Figura 5.8 (para probetas, v. g. tallos) y la Figura 5.9 (para esferas, v. g. tubérculos y virutas de madera) en Leinhard proporcionan un método sencillo para
5 calcular el tiempo necesario para que el centro de la biomasa se caliente hasta el punto de ebullición del etanol contenido en la biomasa. Por ejemplo, una remolacha azucarera fermentada con un diámetro de 0.1 metros (4 pulgadas) tiene un número de
10 Fourier (Fo) de 0.208 al cabo de una hora (el mismo que en el Ejemplo 5.2 de Leinhard). Una remolacha azucarera fermentada con 18% de azúcar en peso tendrá un contenido de etanol de aproximadamente 10% ABV, que tiene un punto de ebullición de aproximadamente 94°C (que en la Figura 5.9 es una temperatura
15 sin dimensiones de aproximadamente 0.05). Para el vapor condensante ($1000 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$), el número de Biot (Bi) de esta remolacha azucarera es aproximadamente 83, y $1/Bi$ es por tanto aproximadamente 0.012. La esquina superior izquierda de la
Figura 5.9 in Leinhard muestra que el vapor condensante
20 calentará el centro de esta remolacha azucarera a aproximadamente 94°C en aproximadamente 1.5 horas.

En realizaciones preferidas, la biomasa fermentada se selecciona del grupo constituido por virutas de madera blanda fermentadas, tallos fermentados de la familia Poáceas (caña de
25 azúcar y sorgo dulce), remolachas azucareras fermentadas,

patatas fermentadas, batatas fermentadas, tubérculos de
mandioca fermentados, y combinaciones de los mismos. Éstas son
las cosechas ricas en carbohidratos cultivadas más comúnmente,
pero esta lista no es exhaustiva y los principios de la
5 invención pueden aplicarse a otras materias primas de biomasa.
La geometría de la biomasa fermentada puede variar, tal como
esferas, varillas, tubos, fibras, placas, matas, virutas,
orientaciones aleatorias, o una combinación de las mismas.
Opcionalmente, la biomasa fermentada se prensa en geometrías
10 de empaquetamiento de la columna de destilación seleccionadas,
si bien esto no es necesario en absoluto.

La biomasa fermentada se obtiene típicamente de la
fermentación en estado sólido de una biomasa de partida,
utilizando uno o más microorganismos adecuados, para fermentar
15 al menos parcialmente los azúcares o polímeros de azúcar en
productos de fermentación contenidos todavía en la biomasa. La
fermentación en estado sólido es una técnica de cultivo en la
cual ciertos microorganismos fermentan los azúcares en
productos (tales como etanol) en condiciones controladas sobre
20 partículas sólidas húmedas, con humedad suficiente para
mantener el crecimiento y/o el metabolismo de los microbios.
Algunas realizaciones emplean métodos como los expuestos en La
Patente U. S. No. 9,428,772, la Patente U. S. No. 9,499,839,
y/o la Patente U. S. No. 9,631,209, que se incorpora por la
25 presente en esta memoria por referencia. Los expertos en la

técnica reconocerán que existen muchos métodos y organismos adecuados para fermentación en estado sólido de una biomasa rica en carbohidratos a etanol u otros productos de fermentación.

5 Asimismo, puede obtenerse biomasa fermentada por fermentación de una biomasa que puede ser diferente de la fermentación en estado sólido. Por ejemplo, puede emplearse fermentación de biomasa en líquido sumergido, en la cual la biomasa fermentada se recupera luego (por ejemplo, por
10 filtración o centrifugación) para uso en la presente invención. Esto es menos práctico, dado que los productos de fermentación están contenidos también en la fase líquida, pero se mantiene dentro del alcance de esta memoria. Los productos de fermentación en la fase líquida pueden recuperarse por separado
15 y/o pueden alimentarse opcionalmente a una columna de destilación como la proporcionada en esta memoria, en forma diluida, para purificación mientras que la biomasa fermentada recuperada se utiliza como empaquetamiento de destilación.

20 La biomasa fermentada puede contener diversas concentraciones de etanol, tales como aproximadamente o al menos aproximadamente 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15% en peso o más sobre la base del peso total de biomasa fermentada con todos los componentes, incluidos todos los sólidos y el agua.

En esta invención pueden utilizarse muchos tipos de columnas de destilación. El más simple es utilizar un recipiente de fondo metálico tal como un bidón de 204 L (55 galones), o una tolva metálica de gran tamaño, o un tubo de HDPE corrugado de gran diámetro (>0.5 m) que descansa sobre uno de sus extremos con un tapón metálico en el fondo. El tubo de HDPE corrugado puede ser ventajoso en el sentido de que es económico por unidad de volumen, está aislado, y puede resistir la presión del vacío.

En algunas realizaciones, la columna vertical es un bidón metálico. En algunas realizaciones, la columna vertical es una tolva metálica. En algunas realizaciones preferidas, la columna vertical es un tubo corrugado de polietileno de alta densidad (HDPE) con un fondo metálico en orientación vertical.

En el paso (c), puede añadirse agua por introducción continua o intermitente de agua del exterior en la columna de destilación vertical. Por ejemplo, puede bombearse agua del exterior en la columna vertical. En algunas realizaciones, una cantidad adecuada de agua se dispone inicialmente en el fondo de la columna de destilación, y puede requerirse o no agua adicional durante la operación de la columna de destilación. En ciertas realizaciones, está contenida agua suficiente en la biomasa fermentada, por lo que no es necesario introducir agua adicional (del exterior) inicial o continuamente en el fondo de la columna. Dicho de otro modo, cuando está contenida

suficiente agua en la biomasa fermentada, durante la operación una porción de dicha agua se difunde fuera de las partículas de biomasa y cae al fondo de la columna. Se añade todavía agua al fondo de la columna vertical (paso (c)), pero es agua
5 contenida inicialmente en la biomasa fermentada. Son posibles combinaciones. Por ejemplo, una cantidad inicial de agua puede disolverse en la columna para la puesta en marcha. Durante la operación, dicha agua se vaporiza, pero puede reemplazarse, parcial o completamente, con agua procedente de la biomasa
10 fermentada. Si ello es insuficiente todavía, puede introducirse luego continua o periódicamente agua del exterior en la columna de destilación. En algunas realizaciones, el paso (c) se realiza simultáneamente con los pasos (d) a (f).

A medida que el líquido de la parte superior se retira de
15 la parte superior de la columna, puede ser necesario añadir agua líquida al fondo de la columna para aportar transmisión de calor a la biomasa fermentada, cuando el contenido inicial de agua de la biomasa fermentada es insuficiente. En caso contrario, el fondo de la una puede secarse y la transmisión
20 de calor tendría lugar únicamente por conducción, lo cual es mucho menos eficiente que la ebullición del agua en el fondo de la columna.

En algunas realizaciones, se introduce agua suficiente en el fondo de la columna de tal modo que el fondo no llega a
25 secarse nunca durante la destilación. Esta agua puede

introducirse inicialmente en la columna y/o introducirse
periódicamente durante la destilación. En la práctica, un nivel
de agua de aproximadamente 5% de la altura de la columna es
típicamente suficiente, dado que también es expulsada agua por
5 la biomasa junto con el etanol, y esta agua migra hacia abajo
de la columna mientras el etanol migra hacia arriba de la
columna. En diversas realizaciones, se emplea un nivel de agua
de aproximadamente 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, o 25% de la
altura de la columna. Preferiblemente, la cantidad de agua en
10 el fondo de la columna es suficiente para revestir el exterior
de la biomasa cuando se condensa.

En realizaciones preferidas, el calor se aplica a la
columna utilizando un método seleccionado del grupo constituido
por energía térmica, calentamiento por inducción, vapor, y
15 combinaciones de los mismos.

La energía es el coste principal de la destilación, y los
expertos en la técnica reconocerán las alternativas de la
utilización de diversos tipos de energía térmica, calentamiento
por inducción, y vapor. Si se utiliza calentamiento por
20 inducción, el fondo de la columna de destilación es
preferiblemente un metal férreo, y preferiblemente no es acero
inoxidable.

En realizaciones preferidas, el enfriamiento se aplica
utilizando un método seleccionado de refrigeración por aire,
25 refrigeración por agua, o una combinación de ambos. En diversas

realizaciones, la refrigeración puede aplicarse generalmente utilizando refrigeración de gas, refrigeración de líquido, o refrigeración combinada gas/líquido. Refrigerantes líquidos distintos de agua son conocidos por los expertos en la técnica.

5 La refrigeración por aire del condensador requiere un área mayor que la refrigeración por agua, pero el aire frío es a menudo más económico. Los expertos en la técnica reconocerán las alternativas de la utilización de tipos diferentes de refrigeración del condensador.

10 En realizaciones preferidas, el paso (f) se realiza utilizando un deflegmador. Un deflegmador es un dispositivo adaptado para la condensación parcial de una corriente de vapor multicomponente. La corriente de vapor asciende verticalmente y el condensado (vapor condensado) desciende bajo la influencia
15 de la gravedad. Los deflegmadores proporcionan un medio satisfactorio para combinar el reflujo con la redistribución uniforme del reflujo a la parte superior de la columna. Una realización preferida, que es sencilla y económica, es una placa metálica plana refrigerada por aire provista de orificios
20 para que el vapor escape de la columna de destilación.

 En algunas realizaciones, el paso (f) reintroduce líquido rico en etanol de la parte superior en la parte superior de la columna de destilación vertical. Alternativa o adicionalmente, el paso (f) puede reintroducir líquido rico en etanol de la
25 parte superior cerca de la parte superior de la columna de

destilación vertical, pero no en el extremo superior, tal como aproximadamente al 50%, 60%, 70%, 90%, 90%, o 95% de la altura de la columna de destilación vertical (siendo 100% de la altura el extremo superior de la columna de destilación vertical propiamente dicho, pero sin incluir el deflegmador u otros dispositivos situados por encima de la columna o aguas abajo del extremo superior de la columna).

La fracción de líquido rico en etanol de la parte superior que puede reintroducirse en la columna de destilación vertical puede variar ampliamente, tal como una ratio en peso que oscila desde aproximadamente 0,01 hasta aproximadamente 0,99. En diversas realizaciones, la ratio en peso es aproximadamente 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, o 0.95. Durante la operación, la ratio en peso (fracción reintroducida en la columna) puede variar, debido a variaciones en temperatura o presión, variaciones en la concentración a medida que se desprende el etanol de la biomasa fermentada, o aleatoriamente.

Típicamente, el líquido rico en etanol de la parte superior se reintroduce en la columna de destilación vertical de una manera sustancialmente continua, del mismo modo que se destila el etanol de la biomasa fermentada de modo sustancialmente continuo. Sin embargo, pueden ocurrir variaciones en tiempo y espacio durante la destilación, debido a la termodinámica, la transmisión de masa, y a transmisión de

calor subyacentes. En ciertas realizaciones, el líquido rico en etanol de la parte superior se reintroduce en la columna de destilación vertical de una manera intencionadamente intermitente, tal como cuando se utiliza un esquema de control para monitorizar las concentraciones locales de etanol.

En realizaciones preferidas, los pasos (c) a (f) se realizan a una presión absoluta menor que aproximadamente 100 kPa (presión atmosférica), tal como aproximadamente o menor que aproximadamente 90 kPa, 80 kPa, 70 kPa, 60 kPa, 50 kPa, 40 kPa, 30 kPa, 20 kPa, o 10 kPa.

En algunas realizaciones, el paso (d) se realiza a una temperatura de aproximadamente, o menor que aproximadamente, 90°C, 80°C, 70°C, 60°C, 50°C, 40°C, o 30°C.

La utilización de presiones inferiores a la presión atmosférica permite el uso de calor de menor temperatura en el fondo de la columna de destilación. Esto hace posible utilizar calor solar, gas de chimenea, agua caliente, u otras fuentes de calor de menor temperatura para la columna de destilación. Ello da también como resultado menores pérdidas de calor al ambiente a través de las paredes de la columna de destilación, aumentando la eficiencia global.

La biomasa fermentada que es rica en etanol contiene a menudo pectina en el tejido parenquimático. La pectina se degrada con el calor, produciendo metanol, que es usualmente un producto indeseable de la destilación. Esto se describe en

Diaz, Jerome V., Gordon E. Anthon, y Diane M. Barrett, "Nonenzymatic degradation of citrus pectin and pectate during prolonged heating: effects of pH, temperature, and degree of methyl esterification," *Journal of agricultural and food chemistry* 55.13 (2007): 5131-5136, que se incorporan por la presente por referencia en esta memoria. La Figura 3(A) de dicho documento muestra que la cantidad de metanol producida a partir de pectina cuando se calienta es aproximadamente la décima parte a 75 °C que a 100 °C.

10 Un aparato ilustrativo de implementación del método de esta invención se muestra en FIG. 1. Una vez más, la invención no está limitada a etanol como el producto de fermentación.

La biomasa impregnada con etanol, **105**, está localizada en el interior de la columna **106** sobre una placa perforada **117**.
15 La columna **106** está envuelta preferiblemente en un material aislante apropiado (no representado) aunque la falta de tal aislamiento no impediría el funcionamiento del aparato e impactaría únicamente en su eficiencia energética. Una placa perforada **117** impide que la biomasa entre en contacto con el
20 agua en el depósito **102** que se mantiene con agua suficiente por medio del suministro de agua **112**. La placa perforada **117** no es crítica; la falta de una placa perforada no impediría el funcionamiento del aparato y aumentaría sólo ligeramente el ensuciamiento de la placa metálica **118**. En el fondo de la
25 columna **106** está dispuesta una placa metálica **118** por encima

de un calentador **101** controlado por un indicador de temperatura **104** y un controlador de potencia **103**. El calentador **101** proporciona calor al depósito **102** para vaporizar el agua, mientras que la placa metálica **118** asegura una distribución
5 uniforme del calor. En algunas realizaciones, el calentador **101** es eléctrico. Sin embargo, pueden utilizarse otros dispositivos de calentamiento, con inclusión de un calentador de vapor, un calentador de fuego directo, un calentador de aceite caliente, o un calentador solar.

10 En las realizaciones representadas en FIG. 1, el depósito **102** está alojado dentro de la columna. En otras realizaciones, el depósito está separado físicamente de la columna con medios adecuados para el flujo de vapor de agua desde el depósito a la columna y de condensado desde la columna al depósito.

15 A medida que el vapor de agua asciende a través de la columna **106**, el vapor se enriquece con etanol de punto de ebullición bajo, dando como resultado la disminución del contenido de etanol en la biomasa. Al abandonar la biomasa **105**, el vapor rico en etanol pasa por un deflegmador **108** que enfría
20 el vapor y, al proporcionar condensación parcial, permite una concentración ulterior del etanol. Pueden utilizarse los controladores de temperatura **107** y **114** para medir la temperatura del vapor que abandona la biomasa **105** y la temperatura del vapor que sale del deflegmador **108**,
25 respectivamente. Este diferencial de temperatura puede

controlarse variando la refrigeración del deflegmador **108** con el refrigerante **122**. En algunas realizaciones, el refrigerante **122** es un refrigerante de aire, pero podrían utilizarse otros sistemas de refrigeración, tales como una camisa de agua o un serpentín con líquido refrigerante en el exterior o el interior del camino de flujo. El vapor que sale del deflegmador **108** se condensa totalmente en el condensador **109**. El condensador **109** representado en esta realización está refrigerado por líquido. La tubería **120** indica el flujo de un medio de refrigeración apropiado, pero pueden utilizarse otros medios de refrigeración tales como convección por aire forzado o convección por aire natural. Se utiliza una bomba de vacío **110** para controlar la presión en el sistema. La presión del sistema se indica en el manómetro **111**. La bomba de vacío puede estar configurada para permitir la operación del sistema a un vacío elevado o exclusivamente para la expulsión de los gases incondensables fríos. En algunas realizaciones diseñadas para operar únicamente a la temperatura ambiente o próxima a ésta, la bomba de vacío puede omitirse. El indicador de temperatura **121** indica la temperatura en el interior del condensador **109**. El condensado rico en etanol se recoge en la vasija de recogida **113**.

Una persona con experiencia ordinaria en la técnica reconocerá que pueden emplearse equipo y componentes conocidos para los procesos, métodos, aparatos, y sistemas dados a

conocer en esta memoria. Los procesos de esta memoria pueden ser por lotes, continuos, semicontinuos, o pseudo-continuos.

Por ejemplo, el paso (b) de empaquetamiento de la biomasa fermentada rica en etanol en una columna vertical puede realizarse por lotes, seguido por la operación continua de los
5 pasos (d) a (f), y opcionalmente el paso (c). En algunas realizaciones comerciales, el paso (b) es también continuo o semi-continuo, es decir la biomasa fermentada rica en etanol puede introducirse en la columna a través de una abertura tal
10 como cerca de la parte superior de la columna mientras que la biomasa empobrecida en etanol puede retirarse de la columna a través de una abertura tal como cerca del fondo de la columna.

La potencia, o capacidad de proceso, puede variar también ampliamente desde pequeñas unidades a escala de laboratorio
15 hasta unidades a escala totalmente comercial, con inclusión de cualquier escala piloto, de demostración, o semi-comercial. En diversas realizaciones, la capacidad de proceso es al menos aproximadamente 1 kg/día, 10 kg/día, 100 kg/día, 1 tonelada/día (todas las toneladas son toneladas métricas), 10 toneladas/día,
20 100 toneladas/día, 500 toneladas/día, 1000 toneladas/día, 2000 toneladas/día, o mayor.

El sistema global puede encontrarse en una localización fija, o puede ser transportable. El sistema puede construirse utilizando módulos que pueden duplicarse simplemente para el
25 aumento a escala práctica.

Diversas sondas pueden permitir la monitorización y el control precisos del proceso a lo largo de diversas etapas del mismo, hasta e incluyendo potencialmente todas las etapas del proceso. Sería de esperar que la monitorización precisa del proceso diera como resultado mejoras en rendimiento y eficiencia, tanto dinámicamente como a lo largo de un período de tiempo cuando la historia operativa puede utilizarse para ajustar las condiciones de proceso (con inclusión de programas de presión cíclicos). En algunas realizaciones, está dispuesta una sonda de reacción en comunicación operativa con una zona del proceso. Una sonda de reacción de este tipo puede ser útil para extraer muestras líquidas y analizarlas, a fin de determinar el grado de separación, o perfil de etanol, etc. Los ajustes del proceso pueden basarse en medidas, si se considera necesario o deseable, utilizando principios de control de procesos bien conocidos (realimentación, alimentación directa, lógica proporcional-integral-derivada, etc.).

Las corrientes sólidas, líquidas, y gaseosas producidas o existentes en el proceso pueden reciclarse independientemente, transferirse a pasos subsiguientes, o retirarse/purgarse del proceso en cualquier punto.

EJEMPLOS

Se construyó un aparato de prueba, correspondiente al aparato ilustrativo representado en FIG.1. Se realizaron tres

pruebas de destilación: la primera a la presión atmosférica (101.325 kPa) con virutas de madera infundidas con etanol, la segunda a la presión atmosférica con caña de azúcar fermentada, y la tercera a 50 kPa de presión con dados de madera infundidos con etanol.

La biomasa **105** en la primera prueba eran dados de madera blanda de 12 mm infundidos a vacío con una solución al 10% de ABV. La biomasa **105** en la segunda prueba era caña de azúcar fermentada conforme al método indicado en la Patente U. S. No. 9.631.209 (que se incorpora por la presente en esta memoria por referencia), cortada en longitudes de 25 mm de tal modo que pudiera introducirse en la columna. La biomasa **105** en la tercera prueba eran dados de madera blanda de 12 mm infundidos a vacío con una solución al 10% de ABV.

En las pruebas primera y segunda no se utilizó la bomba de vacío **110**, y en la tercera prueba se utilizó una bomba de vacío para mantener el manómetro **111** a 50 kPa.

La columna **106** era un tubo de acero inoxidable 304 con una longitud de 91 cm, un diámetro interior de 45 mm y un diámetro exterior de 51 mm, y estaba envuelta en aislamiento de tubo calentador de agua con esterilla de fibra de vidrio.

El depósito **102** en cada prueba contenía inicialmente 200 mL de agua destilada y no se utilizó la placa perforada **117**. Al final de cada prueba, quedaban aproximadamente 125 mL de líquido en el depósito **102**.

La placa metálica **118** era una placa de acero inoxidable 304 con una superficie de 2600 cm², soldada al fondo de la columna **106**.

El calentador **101** era una placa caliente comercial de 1200 W, atornillada al lado inferior de la placa metálica **118**. No se utilizó el indicador de temperatura **104**, y el controlador de potencia **103** era un reostato que se dejó en la posición total durante estas tres pruebas.

El deflegmador **108** era una longitud de 9 cm de tubo de cobre de dobles paredes, diámetro interior de 14 mm y diámetro exterior de 20 mm.

Los controladores de temperatura **107** y **114** eran termopares que medían la temperatura del vapor saliente de la biomasa y la temperatura del vapor saliente del deflegmador, respectivamente.

En las pruebas primera y segunda, el refrigerante **122** era aire de flujo variable bombeado con una bomba peristáltica para controlar la temperatura en el controlador de temperatura **114** por debajo de 80 °C. En la tercera prueba, el refrigerante **122** era agua de flujo constante a una temperatura constante de 60 °C.

El condensador **109** era una longitud de 50 cm de tubo de cobre de dobles paredes, diámetro interior 20 mm y diámetro exterior 28 mm.

El indicador de temperatura **121** se mantuvo a 10 °C.

La vasiija de recogida **113** era un matraz Erlenmeyer de 250 mL, conectado al condensador con un tapón de caucho de tal modo que pudo mantenerse a vacío en la tercera prueba.

Se preparó una solución de 800 mL de agua destilada y 200 mL de etanol con 50% ABV para las pruebas primera y tercera. Esto corresponde a 10% ABV, 8.01% de alcohol en peso.

En la primera prueba, esta solución con 10% de ABV se infundió utilizando vacío en 200 g de dados de madera blanda totalmente seca, de 12 mm en cada lado. Después de la infusión, el peso era 441.8 g, por lo que se infundieron 241.8 g de solución con 10% de ABV en los dados de madera. Esto corresponde a $241.8 \text{ g} \times 8.01\% = 19.37 \text{ g}$ de etanol. Después de 6 h de destilación a la presión atmosférica, se recuperaron 23.492 g de destilado, y la masa de 20 mL de este destilado era 16.8 g. La densidad era 0.84 g/cm^3 , 86.6% ABV, 81.3% en peso, para un total de 19.09 g de etanol recuperado, o 98% recuperado (con cierta incertidumbre debida al error experimental de aproximadamente 5%).

En la segunda prueba, se infundieron 500 g de caña de azúcar con levadura utilizando el método de la Patente U. S. No. 9,631,209, y se fermentaron durante 60 h. El progreso de la fermentación se midió por el gas producido utilizando un MilliGascounter, tipo MGC-1, de Dr. -Ing. Ritter Apparatebau GmbH & Co. KG en Bochum, Alemania. La cantidad de gas producido se mide a la resolución del mililitro a lo largo del periodo

de la fermentación. La fermentación de 3.35 g de azúcar (normalmente sacarosa) genera 1 L de gas (CO_2), por lo que la cantidad de azúcar fermentada, la velocidad de fermentación, y la cantidad total de azúcar fermentada pueden inferirse por el gráfico de gas producido a lo largo del tiempo. Se midieron 9
5 litros de gas, lo que significaba que se fermentaron 30.15 g de azúcar y se produjeron aproximadamente 15 g de etanol. Se expulsaron 56 g de líquido a partir de 564 g de caña de azúcar infundida, y este líquido expulsado no se utilizó en la columna
10 de destilación, por lo que quedaban aproximadamente 13.5 g de etanol en la caña de azúcar. Después de 5 h de destilación a la presión atmosférica, se recuperaron 12.71 g de destilado, y la masa de 10 mL de este destilado era 8.24 g. La densidad era 0.824 g/cm^3 , 91.54% ABV, 87.7% en peso, para un total de 11.15
15 g de etanol recuperado, o sea 83% recuperado (con cierta incertidumbre debida al error experimental de aproximadamente 10%).

En la tercera prueba, se infundió una solución con 10% de ABV utilizando vacío en 231 g de dados de madera blanda
20 totalmente secos, de 12 mm en cada lado. Después de la infusión, el peso era 491 g, por lo que se infundieron 260 g de solución con 10% ABV en los dados de madera. Esto correspondía a $260 \text{ g} \times 8.01\% = 20.83 \text{ g}$ de etanol. Después de 3.5 h de destilación a una presión de 50 kPa, se recuperaron 28 mL de destilado, y la
25 masa de 20 mL de este destilado era 16.72 g, por lo que se

recuperaron 23.41 g de destilado. La densidad era 0.836 g/cm³,
87.89% etanol en volumen, 82.97% etanol en peso, para un total
de 19.42 g de etanol recuperado, o sea 93% recuperado (con
cierta incertidumbre debida al error experimental de
5 aproximadamente 5%).

Los resultados de estas tres pruebas evidencian que el
método esta invención es una vía útil y práctica para separar
etanol a partir de biomasa fermentada.

Los expertos en la técnica reconocerán que pueden
10 realizarse fácilmente mejoras en la cantidad de etanol
recuperado y la concentración del destilado por un mejor
control de la temperatura en el deflegmador.

Los principios de la invención pueden aplicarse a otros
productos de fermentación distintos de etanol, tales como (pero
15 sin carácter limitante) alcoholes, ácidos orgánicos,
hidrocarburos, etc.

En esta descripción detallada, se ha hecho referencia a
múltiples realizaciones. Estas realizaciones se describen para
permitir a los expertos en la técnica llevar a la práctica la
20 invención, y debe entenderse que se pueden hacer por un
profesional experto modificaciones de las diversas
realizaciones descritas.

Donde los métodos y pasos arriba descritos indican ciertos
eventos que ocurren en cierto orden, los expertos en la técnica
25 reconocerán que el orden de ciertos pasos puede modificarse y

que tales modificaciones están de acuerdo con las variaciones de la invención. Adicionalmente, ciertos pasos pueden realizarse simultáneamente en un proceso paralelo siempre que sea posible, así como realizarse sucesivamente.

5 Todas las publicaciones, patentes, y solicitudes de patente citadas en esta memoria descriptiva se incorporan en esta memoria por referencia en su totalidad como si cada publicación, patente, o solicitud de patente se incluyera específica e individualmente en esta memoria.

10 Las realizaciones y variaciones arriba descritas deberían proporcionar una indicación de la utilidad y versatilidad de la presente invención. Otras realizaciones que no proporcionen la totalidad de las características y ventajas expuestas en esta memoria pueden utilizarse también, sin desviarse del
15 espíritu y alcance de la presente invención. Tales modificaciones y variaciones se considera que están dentro del alcance de la invención definido por las reivindicaciones. En caso de conflicto en las definiciones entre la presente descripción y un diccionario u otra referencia, prevalecerá la
20 presente descripción.

Se hace constar que con relación a esta fecha, el mejor método conocido por la solicitante para llevar a la práctica la citada invención, es el que resulta claro de la presente descripción de la invención.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método para separar etanol de biomasa fermentada, comprendiendo dicho método las etapas de:

(a) proporcionar una biomasa fermentada rica en etanol;

5 (b) empaquetar una columna vertical con un empaque que consiste esencialmente de dicha biomasa fermentada rica en etanol;

(c) añadir un líquido que consiste esencialmente en agua al fondo de dicha columna vertical;

10 (d) calentar el fondo de dicha columna vertical para hervir dicho líquido, produciendo con ello un vapor de fondo;

(e) enfriar la parte superior de dicha columna vertical para condensar un vapor de cabeza, produciendo con ello un líquido de cabeza rico en etanol; y,

15 (f) reintroducir una fracción de dicho líquido de cabeza rico en etanol en la parte superior de dicha columna vertical, en donde las etapas (d) a (f) se realizan simultáneamente.

2. El método de la reivindicación 1, en donde dicha biomasa fermentada rica en etanol se selecciona del grupo
20 constituido por virutas de madera blanda fermentadas, tallos fermentados de la familia Poáceas, remolacha azucarera fermentada, patatas fermentadas, batatas fermentadas, tubérculos de mandioca fermentados, y combinaciones de los mismos.

25 3. El método de la reivindicación 1, en donde dicha

columna vertical es un bidón metálico o una tolva metálica.

4. El método de la reivindicación 1, en donde dicha columna vertical es un tubo de HDPE corrugado con un fondo metálico en una orientación vertical.

5 5. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa (c) comprende introducir continua o intermitentemente agua del exterior en dicha columna vertical.

6. El método de la reivindicación 1, en donde se aplica calor en la etapa (d) utilizando un método seleccionado del grupo constituido por energía térmica, calentamiento por inducción, vapor, y combinaciones de los mismos.

7. El método de la reivindicación 1, en donde dicha refrigeración en la etapa (e) se aplica utilizando refrigeración con aire, refrigeración con agua, o una combinación de los mismos.

8. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa (f) se realiza utilizando un deflegmador.

9. El método de la reivindicación 1, en donde las etapas (d) a (f) se realizan a una presión inferior a 100 kPa.

20 10. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa (c) se realiza simultáneamente con las etapas (d) a (f).

11. Un aparato para separar un producto de fermentación de biomasa fermentada, comprendiendo dicho aparato:

(a) una columna vertical que contiene un empaque que
25 consiste esencialmente de biomasa fermentada y un producto de

fermentación dentro de dicha biomasa fermentada;

(b) un depósito de agua que, o bien (i) está contenido en dicha columna vertical o (ii) está aislado físicamente de, pero en comunicación fluida con dicha columna vertical;

5 (c) un calentador dispuesto en el fondo de dicha columna vertical;

(d) un refrigerador dispuesto en la parte superior de dicha columna vertical; y,

(e) un dispositivo de reflujo para reintroducir líquido enfriado en dicha parte superior de dicha columna vertical.

10 12. El aparato de la reivindicación 11, en donde dicha columna vertical es un bidón metálico o una tolva metálica.

13. El aparato de la reivindicación 11, en donde dicha columna vertical es un tubo de HDPE corrugado con un fondo metálico en una orientación vertical.

14. El aparato de la reivindicación 11, en donde dicho depósito de agua está contenido dentro de dicha columna vertical, en o cerca del fondo de dicha columna vertical.

15 15. El aparato de la reivindicación 14, comprendiendo adicionalmente dicho aparato una bomba para introducir agua del exterior en dicha columna vertical.

16. El aparato de la reivindicación 11, en donde dicho depósito de agua está aislado físicamente de dicha columna vertical.

25 17. El aparato de la reivindicación 11, en donde dicho

calentador se selecciona del grupo constituido por un calentador eléctrico, un calentador de vapor, un calentador de fuego directo, un calentador de aceite caliente, un calentador de inducción y un calentador solar.

5 18. El aparato de la reivindicación 11, en donde dicho refrigerador se selecciona de un refrigerador por aire, un refrigerador por agua, o una combinación de los mismos.

 19. El aparato de la reivindicación 11, en donde dicho dispositivo de reflujo es un deflegmador.

10 20. El aparato de la reivindicación 11, en donde dicho producto de fermentación contenido dentro de dicho empaque es etanol.

RESUMEN

Se proporciona un método para separar etanol de biomasa fermentada. Se utiliza directamente biomasa fermentada que es rica en etanol como material de empaquetamiento en una columna de destilación, y se utiliza una pequeña cantidad de agua en el fondo de la columna para transferir eficientemente calor a la biomasa en el fondo de la columna. El empaquetamiento de biomasa fermentada tiene una ratio alta de superficie a volumen, lo que le hace un material de empaquetamiento eficiente. A medida que se condensa vapor en la biomasa, la difusión de vapor etanol/agua desde el cuerpo de la biomasa enriquece la concentración de etanol en la superficie de la biomasa. Gotitas que contienen concentraciones menores de etanol gotean hacia abajo desde la biomasa, y vapores que contienen concentraciones mayores de etanol ascienden desde la biomasa, dando como resultado una concentración mayor de etanol en la parte superior de la columna que la que existía inicialmente en la biomasa.

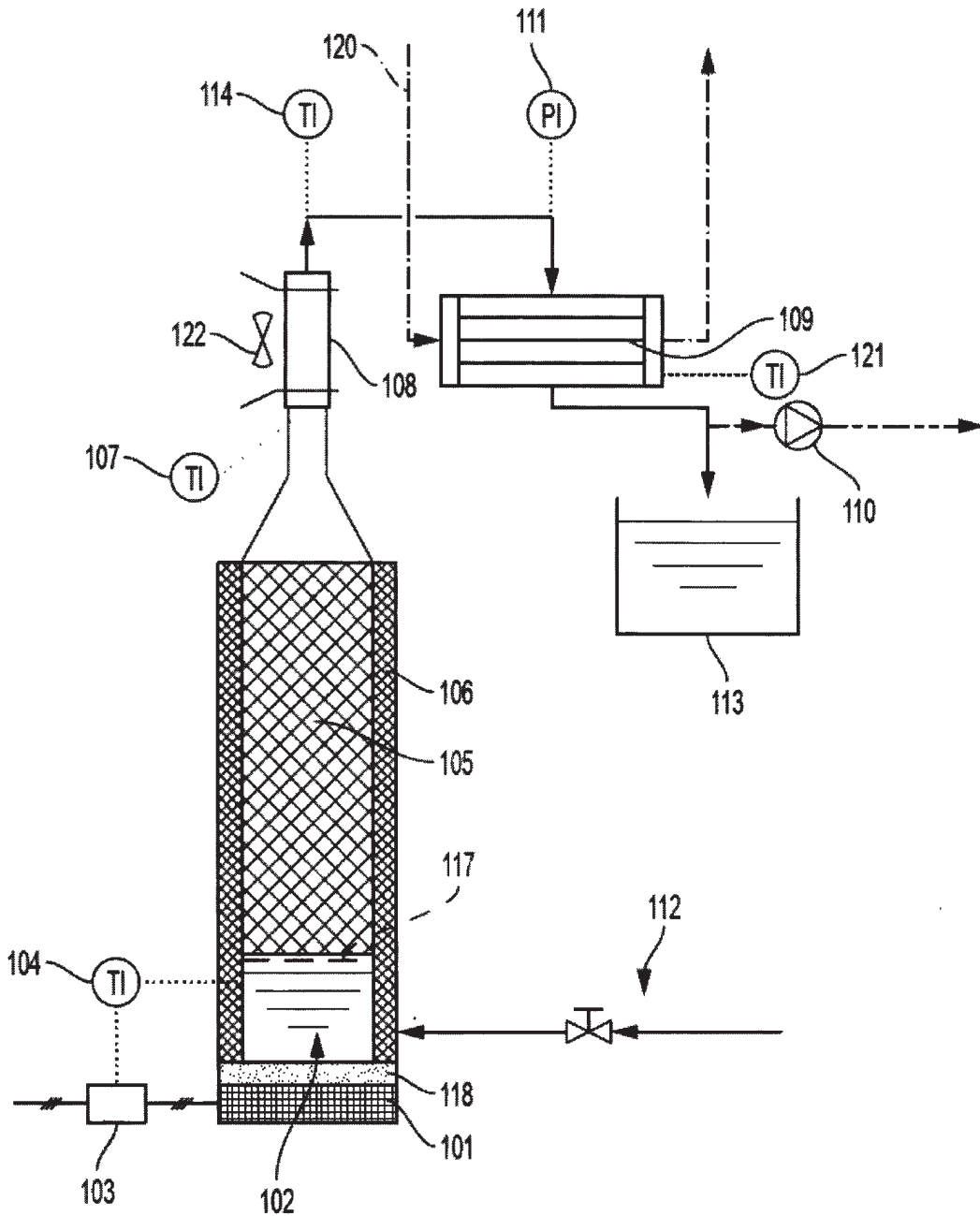


FIG. 1