

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 955**

51 Int. Cl.:

C12M 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.11.2010 PCT/US2010/057257**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2011 WO11090543**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2010 E 10784625 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2526182**

54 Título: **Dispersión de materias primas y procesamiento de materiales**

30 Prioridad:

20.01.2010 US 296658 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

11.12.2017

73 Titular/es:

**XYLECO, INC. (100.0%)
271 Salem Street, Unit L
Woburn, MA 01801, US**

72 Inventor/es:

**MEDOFF, MARSHALL y
MASTERMAN, THOMAS**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 645 955 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispersión de materias primas y procesamiento de materiales

5 **ANTECEDENTES**

Los materiales celulósicos y lignocelulósicos se producen, se procesan y se usan en grandes cantidades en una serie de aplicaciones. A menudo, tales materiales se usan una vez y se descartan entonces como desecho, o simplemente se considera que son materiales de desecho, p.ej. aguas residuales, bagazo, serrín y rastrojos.

10

Se han descrito diversos materiales celulósicos y lignocelulósicos, sus usos y aplicaciones en las patentes de EE.UU. nº 7.307.108, 7.074.918, 6.448.307, 6.258.876, 6.207.729, 5.973.035 y 5.952.105; y en diversas solicitudes de patente, incluyendo "FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES," WO 2006/102543 y "FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES," publicación de solicitud de patente de EE.UU. nº 2007/0045456.

15

RESUMEN

Se divulgan procesos en la presente memoria para sacarificar o licuar un material, p.ej. una materia prima celulósica o lignocelulósica, convirtiendo la porción celulósica del material en azúcares de bajo peso molecular, p.ej. usando una enzima. La invención se refiere también a convertir una materia prima en un producto, p.ej. por fermentación. Los procesos incluyen utilizar sistemas dispersantes para dispersar una materia prima fibrosa y/o particulada en un medio líquido.

20

Los procesos divulgados en la presente memoria pueden utilizar materiales de baja densidad aparente, por ejemplo materias primas celulósicas o lignocelulósicas que se han pretratado físicamente para tener una densidad aparente de menos de aproximadamente $0,75 \text{ g/cm}^3$, p.ej. menos de aproximadamente 0,7, 0,65, 0,60, 0,50, 0,35, 0,25, 0,20, 0,15, 0,10, 0,05 o menos, p.ej. menos de $0,025 \text{ g/cm}^3$.

25

Tales materiales pueden ser especialmente difíciles de dispersar en líquidos, p.ej. con agua o un sistema disolvente para sacarificación, fermentación u otro procesamiento. Debido a su baja densidad aparente, los materiales tienden a flotar en la superficie de líquido en lugar de humedecerse y dispersarse en el líquido. En algunos casos, los materiales pueden ser hidrófobos, altamente cristalinos o de otro modo difíciles de humedecer. Al mismo tiempo, es deseable procesar la materia prima en una dispersión de nivel de sólidos relativamente alto, para obtener una alta concentración final de azúcar en el material sacarificado, o una alta concentración del producto deseado después de procesamiento (p.ej., de etanol u otro alcohol o alcoholes después de fermentación). En algunos casos, al utilizar los procedimientos descritos en la presente memoria, el nivel de sólidos de la dispersión durante el procesamiento puede ser de, por ejemplo, al menos un 10, 15, 20, 22,5, 25, 27,5, 30, 35, 40, 45 o incluso al menos un 50 % en peso de sólidos disueltos. Por ejemplo, el nivel de sólidos puede ser de aproximadamente 10 a 50 %, p.ej. de aproximadamente 10-40 %, 10-30 % o 10-20 %.

35

40

Los inventores han encontrado que la dispersión inicial de una materia prima añadida a un líquido puede mejorarse mediante el uso de cierto equipo durante la adición de la materia prima. El equipo descrito en la presente memoria permite dispersar rápida y fácilmente en el líquido la materia prima u otros sólidos o líquidos, p.ej. nutrientes, permitiendo añadir una gran cantidad de materia prima al líquido eficientemente. Esta dispersión eficiente de materia prima contribuye a un tiempo de licuefacción reducido y por tanto a un alto rendimiento, y facilita la producción de una mezcla con alto nivel de sólidos. De acuerdo con la invención, se proporciona un procedimiento como se especifica en la reivindicación 1 y un sistema como se especifica en la reivindicación 17. En un aspecto, la invención presenta un procedimiento que comprende sacarificar una materia prima de biomasa en un recipiente, habiéndose dispersado la materia prima de biomasa en un medio líquido usando un sistema dispersante que extrae la materia prima y el medio líquido del recipiente y recircula la materia prima y el medio líquido de vuelta al recipiente, comprendiendo el sistema dispersante una cámara y, dentro de la cámara, un miembro giratorio que incorpora la materia prima y el medio líquido en la cámara axialmente y expulsa una dispersión de la materia prima en el medio desde la cámara radialmente.

45

50

55 Algunas implementaciones incluyen uno o más de los siguientes rasgos. La materia prima puede tener una densidad aparente, por ejemplo, menor de aproximadamente $0,5 \text{ g/cm}^3$. El medio líquido puede incluir agua. El procedimiento puede incluir además suministrar un agente de sacarificación, p.ej. una enzima, al recipiente. El miembro giratorio puede funcionar como hélice y la acción del miembro giratorio en la cámara puede ser la de una bomba centrífuga. El procedimiento puede incluir además mezclar con un mezclador de chorro durante la sacarificación. El miembro giratorio puede incluir elementos de mezclado organizados coaxialmente con un rotor que se dispone en relación de

60

rotor-estator con una pared lateral de la cámara. El sistema dispersante puede incluir además un mezclador de chorro. El procedimiento puede incluir además suministrar la materia prima y/o un agente de sacarificación al recipiente desde una fuente dispuesta fuera del recipiente, por ejemplo situada por encima o al lado del recipiente, o a una distancia del recipiente y en comunicación con el mismo por un conducto. Suministrar la materia prima puede incluir soplar la materia prima sobre la superficie del medio líquido en el recipiente. El procedimiento puede incluir además suministrar una corriente de medio líquido desde la cámara del sistema dispersante a la materia prima sobre la superficie del medio líquido para humedecer la materia prima. La materia prima puede estar en condición sustancialmente seca, p.ej. de 0,1 a 15 % de contenido de humedad, antes del suministro al recipiente. La fuente de la que se suministran los materiales puede incluir una tolva, que puede estar en comunicación con un dispositivo de vibración. El sistema dispersante puede incluir una pluralidad de dispositivos dispersantes.

En algunas realizaciones, la sacarificación incluye añadir la materia prima al medio líquido en incrementos discretos y dispersar cada incremento discreto de materia prima en el medio líquido con el sistema dispersante antes de añadir otro incremento de materia prima. El procedimiento puede incluir también monitorizar el nivel de glucosa de una mezcla de la materia prima, el medio líquido y el agente de sacarificación durante la sacarificación. Puede añadirse materia prima y agente de sacarificación adicionales al recipiente durante la sacarificación y dispersarse en el medio usando el sistema dispersante.

En otro aspecto, la invención presenta un aparato de sacarificación de materia prima que incluye (a) un tanque, (b) un sistema de suministro configurado para suministrar una materia prima de biomasa y un medio líquido al tanque y (c) un sistema dispersante configurado para dispersar la materia prima de biomasa en el medio líquido, (d) un dispositivo de suministro de agente de sacarificación configurado para suministrar una cantidad medida de agente de sacarificación al tanque y (e) un mezclador configurado para mezclar los contenidos del tanque.

Algunas implementaciones incluyen uno o más de los siguientes rasgos. El sistema dispersante comprende una cámara y, dentro de la cámara, un miembro giratorio que incorpora la materia prima y el medio líquido en la cámara axialmente y expulsa una dispersión de materia prima en el medio desde la cámara radialmente. El aparato incluye además un controlador que ajusta el funcionamiento del dispositivo de suministro de materia prima y/o del dispositivo de suministro de agente de sacarificación basándose en la entrada del monitor del par de torsión. En algunos casos, el mezclador es un mezclador de chorro. El sistema de suministro puede incluir un soplador configurado para soplar la materia prima sobre la superficie de líquido del tanque, y el sistema dispersante puede configurarse para suministrar una corriente de líquido a la materia prima sobre la superficie del líquido, humedeciendo la materia prima.

En otro aspecto, la invención presenta un procedimiento que incluye sacarificar una materia prima de biomasa en un recipiente que contiene un medio líquido, habiéndose dispersado la materia prima de biomasa en el medio líquido mediante soplado de la materia prima de biomasa sobre la superficie del medio líquido en el recipiente, poniendo en contacto la materia prima sobre la superficie con una corriente de líquido para humedecer la materia prima y mezclando materia prima y líquido usando, p.ej., un mezclador de chorro.

En algunas implementaciones, se suministra la corriente de líquido usando una bomba de desplazamiento positivo.

En un aspecto adicional, la invención presenta un procedimiento que incluye sacarificar una materia prima de biomasa en un recipiente, habiéndose suministrado la materia prima de biomasa al recipiente por soplado de la materia prima de biomasa sobre la superficie de un medio líquido en el recipiente, y habiéndose dispersado en el medio líquido usando un sistema dispersante que comprende una cámara y, dentro de la cámara, un miembro giratorio que incorpora la materia prima y el medio líquido en la cámara axialmente y expulsa una dispersión de materia prima en el medio desde la cámara radialmente a la materia prima sobre la superficie del medio líquido. El procedimiento puede incluir además mezclar los contenidos del tanque con un mezclador de chorro.

En un aspecto que no forma parte de la invención, un aparato de sacarificación de materia prima incluye (a) un tanque, (b) un sistema de suministro configurado para suministrar una materia prima de biomasa y un medio líquido al tanque, que comprende un soplador para soplar la materia prima de biomasa al tanque, (c) un dispositivo de suministro de agente de sacarificación configurado para suministrar una cantidad medida de un agente de sacarificación al tanque y (d) un mezclador configurado para mezclar los contenidos del tanque.

Los procedimientos descritos en la presente memoria proporcionan un humedecimiento relativamente rápido y efectivo de materia prima de un nivel relativamente alto de sólidos. Al aumentar el nivel inicial de sólidos de materia prima en la mezcla, el proceso puede proceder más rápidamente, más eficientemente y más económicamente, y puede conseguirse generalmente una alta concentración resultante en el producto final.

Los procesos de sacarificación descritos en la presente memoria permiten convertir una materia prima celulósica o lignocelulósica en una forma conveniente y concentrada que puede transportarse fácilmente y utilizarse en otra instalación de fabricación, p.ej. una instalación configurada para fermentar soluciones de azúcar hasta alcoholes, para fabricar un producto, p.ej. un combustible tal como etanol. Tales concentrados pueden usar menos agua, lo que puede dar como resultado sustanciales ahorros de costes de fabricación y transporte.

Algunos procesos divulgados en la presente memoria incluyen la sacarificación de la materia prima y el transporte de la materia prima desde una localización remota, p.ej. donde se produce o almacena la materia prima, hasta la instalación de fabricación. En algunos casos, puede tener lugar sacarificación parcial o enteramente durante el transporte.

En algunos casos, los sistemas descritos en la presente memoria, o componentes de los mismos, pueden ser portátiles, de modo que el sistema pueda transportarse (p.ej., por tren, camión o embarcación marítima) desde una localización a otra. Se describe tal procesamiento móvil en el documento de EE.UU. nº de serie 12/374.549 y la solicitud internacional nº WO 2008/011598.

Los productos ejemplares que pueden producirse empleando los procedimientos descritos en la presente memoria incluyen hidrocarburos, proteínas, alcoholes (p.ej., un alcohol monohidroxílico o un alcohol dihidroxílico) tales como etanol, n-propanol o n-butanol, ácidos carboxílicos tales como ácido acético o ácido butírico, sales de ácido carboxílico, una mezcla de ácidos carboxílicos y sales de ácidos carboxílicos y ésteres de ácidos carboxílicos (p.ej., ésteres metílico, etílico y n-propílico), cetonas, aldehídos, ácidos alfa,beta-insaturados tales como ácido acrílico, olefinas tales como etileno y mezclas de cualquiera de estos. Los ejemplos específicos incluyen etanol, propanol, propilenglicol, butanol, 1,4-butanodiol, 1,3-propanodiol, ésteres metílico o etílico de cualquiera de estos alcoholes, acrilato de metilo, metacrilato de metilo, ácido láctico, ácido propiónico, ácido butírico, ácido succínico, ácido 3-hidroxi propiónico, una sal de cualquiera de los ácidos y una mezcla de cualquiera de los ácidos y sales respectivas. Se describen estos y otros productos en el documento WO 2009/134791. Se determina la densidad aparente usando la norma ASTM D1895B. Brevemente, el procedimiento implica rellenar un cilindro de medida de volumen conocido con una muestra y obtener el peso de la muestra. Se calcula la densidad aparente dividiendo el peso de la muestra en gramos entre el volumen conocido del cilindro en centímetros cúbicos.

30

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 es un diagrama que ilustra la hidrólisis enzimática de celulosa hasta glucosa.

35 La FIG. 2 es un diagrama de flujo que ilustra la conversión de una materia prima en etanol mediante la producción y transporte de una solución de glucosa. La FIG. 2A es una ilustración esquemática de un sistema de sacarificación de acuerdo con una realización. La FIG. 2B es una ilustración esquemática de un sistema de sacarificación de acuerdo con otra realización.

La FIG. 3 es un diagrama esquemático de una instalación de fabricación de etanol que se ha acondicionado para utilizar las soluciones y suspensiones divulgadas en la presente memoria.

La FIG. 4 es una vista esquemática en perspectiva de un sistema dispersante de acuerdo con una realización.

Las FIG. 5 y 5A son vistas esquemáticas en sección transversal y en perspectiva, respectivamente, de un dispositivo dispersante que puede usarse en el sistema dispersante mostrado en la FIG. 4.

La FIG. 6 es una vista esquemática en perspectiva de un sistema dispersante de acuerdo con otra realización.

45 Las FIG. 7 y 7A son diagramas que ilustran modos de funcionamiento alternativos para el sistema dispersante mostrado en la FIG. 6.

La FIG. 8 es una vista esquemática en perspectiva de un elemento dispersante que puede usarse en el sistema dispersante mostrado en la FIG. 6.

Las FIG. 9 y 9A son diagramas que ilustran el flujo de chorro que sale de una boquilla.

50 La FIG. 10 es una vista esquemática en perspectiva de un agitador de flujo de chorro de acuerdo con una realización. La FIG. 10A es una vista en perspectiva ampliada de la hélice y el tubo de chorro del agitador de flujo de chorro de la FIG. 10. La FIG. 10B es una vista en perspectiva ampliada de una hélice alternativa.

La FIG. 11 es una vista esquemática de un soplador para suministrar una materia prima de biomasa.

La FIG. 12 es una vista en sección transversal de un tanque que tiene un fondo abombado y dos mezcladores de chorro que se extienden por el tanque desde arriba.

55

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Los materiales que contienen glucano y/o xilano, por ejemplo materiales celulósicos y lignocelulósicos tales como los que usan los procedimientos descritos en la presente memoria y biomasa (p.ej., biomasa vegetal, biomasa animal,

60

papel y biomasa de desechos municipales) pueden convertirse en procesados produciendo intermedios y productos útiles tales como ácidos orgánicos, sales de ácidos orgánicos, anhídridos, ésteres de ácidos orgánicos y combustibles, p.ej. combustibles para motores de combustión interna o materias primas para células de combustible como los descritos en la presente memoria. Se describen en la presente memoria sistemas y procesos que pueden

5 usar como materiales de materia prima materiales celulósicos y/o lignocelulósicos que son fácilmente disponibles y abundantes, pero a menudo puede ser difícil procesar los materiales celulósicos o lignocelulósicos, p.ej. corrientes de desecho municipales y corrientes de desecho de papel, tales como corrientes que incluyen periódicos, papel Kraft, papel corrugado o mezclas de estos. Generalmente, si se requiere, los materiales pueden tratarse físicamente para procesamiento y/o después del procesamiento, a menudo por reducción de tamaño. Si es necesario reducir la
10 recalcitrancia del material, procesos procesados físicamente tales como fermentación. Muchos de los procesos descritos en la presente memoria pueden rebajar efectivamente el nivel de recalcitrancia de la materia prima, haciendo más fácil el procesamiento, tal como por bioprocesamiento (p.ej., con cualquier microorganismo descrito en la presente memoria, tal como un homoacetogénico o un heteroacetogénico y/o cualquier enzima descrita en la presente memoria), procesamiento térmico (p.ej., gasificación o pirólisis) o procedimientos químicos (p.ej., hidrólisis
15 ácida u oxidación). La materia prima de biomasa puede tratarse o procesarse usando uno o más de cualquiera de los procedimientos descritos en la presente memoria, tales como tratamiento mecánico, tratamiento químico, radiación, sonicación, oxidación, pirólisis o explosión por vapor. Los diversos sistemas y procedimientos de tratamiento pueden usarse en combinaciones de dos, tres o incluso cuatro o más de estas tecnologías u otras descritas en la presente memoria y en otro lugar.

20

Para convertir la materia prima en una forma que pueda procesarse fácilmente en una planta de fabricación existente, por ejemplo una planta de proteína monocelular, una planta de fabricación de enzimas o una planta de combustible, p.ej. una instalación de fabricación de etanol de grano, los procesos divulgados en la presente memoria pueden utilizar materiales de baja densidad aparente, por ejemplo materias primas celulósicas o lignocelulósicas que
25 se han pretratado físicamente para tener una densidad aparente de menos de aproximadamente $0,75 \text{ g/cm}^3$, p.ej. menos de aproximadamente 0,7, 0,65, 0,60, 0,50, 0,35, 0,25, 0,20, 0,15, 0,10, 0,05 o menos, p.ej. menos de $0,025 \text{ g/cm}^3$. Se determina la densidad aparente usando la norma ASTM D1895B. Brevemente, el procedimiento implica rellenar un cilindro de medida de volumen conocido con una muestra y obtener el peso de la muestra. Se calcula la densidad aparente dividiendo el peso de la muestra en gramos entre el volumen conocido del cilindro en centímetros
30 cúbicos.

Para convertir la materia prima en una forma que pueda procesarse fácilmente, se hidroliza la celulosa que contiene glucano o xilano en la materia prima hasta carbohidratos de bajo peso molecular, tales como azúcares, mediante un agente de sacarificación, p.ej. una enzima o ácido, un proceso al que se hace referencia como sacarificación. Los
35 carbohidratos de bajo peso molecular pueden usarse entonces, por ejemplo, en una planta de fabricación existente tal como una planta de proteína monocelular, una planta de fabricación de enzimas o una planta de combustible, p.ej. una instalación de fabricación de etanol.

Los materiales que incluyen celulosa pueden tratarse con el agente de sacarificación combinando el material y el agente de sacarificación en un medio líquido, p.ej. un disolvente tal como una solución acuosa. Los procedimientos para dispersar el material en el medio líquido rápida y eficientemente se discuten con detalle a continuación. Una vez se ha dispersado el material en el medio, se mezclan a fondo medio, agente de sacarificación, material y medio líquido, en algunos casos a lo largo de la sacarificación. En algunas implementaciones, se añaden incrementalmente el material y/o el agente de sacarificación en lugar de todo a la vez. Por ejemplo, puede añadirse una porción del
45 material al medio líquido, dispersarse en el mismo y mezclarse con el agente de sacarificación hasta que el material se sacarifica al menos parcialmente, en cuyo punto se dispersa una segunda porción del material en el medio y se añade a la mezcla. Este proceso puede continuar hasta obtener la concentración de azúcar deseada.

Las enzimas y organismos destructores de biomasa que descomponen la biomasa, tal como las porciones de
50 celulosa y/o lignina de la biomasa, contienen o fabrican diversas enzimas celulolíticas (celulasas), ligninasas o diversos metabolitos destructores de biomasa de molécula pequeña. Estas enzimas pueden ser un complejo de enzimas que actúan sinérgicamente para degradar la celulosa cristalina o las porciones de lignina de la biomasa. Los ejemplos de enzimas celulolíticas incluyen: endoglucanasas, celobiohidrolasas y celobiasas (β -glucosidasas). Haciendo referencia a la FIG. 1, se hidroliza inicialmente un sustrato celulósico mediante endoglucanasas en
55 localizaciones aleatorias, produciendo intermedios oligoméricos. Estos intermedios son entonces sustratos para glucanasas de exoesición tales como celobiohidrolasa, produciendo celobiosa de los extremos del polímero de celulosa. La celobiosa es un dímero 1,4-ligado hidrosoluble de la glucosa. Finalmente, la celobiasa escinde la celobiosa procurando glucosa. Las celulasas adecuadas se discutirán en la presente memoria en una sección posterior.

60

El tiempo requerido para la sacarificación completa dependerá de las condiciones de proceso y de la materia prima y enzima usadas. Si se efectúa la sacarificación en una planta de fabricación en condiciones controladas, la celulosa puede convertirse de forma sustancialmente completa en glucosa en aproximadamente 12-96 horas. Si se efectúa la sacarificación parcial o completamente en tránsito, la sacarificación puede llevar más tiempo.

5

En algunos casos, se efectúa la sacarificación a un pH de aproximadamente 4 a 7, p.ej. de aproximadamente 4,5 a 6, o de aproximadamente 5 a 6.

Se prefiere generalmente que la concentración final de glucosa en la solución de azúcar sea relativamente alta, p.ej. mayor del 10 %, o mayor del 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 o incluso mayor del 95 % en peso. Esto reduce el volumen para expedir, e inhibe también el crecimiento microbiano en la solución. Después de la sacarificación, puede reducirse el volumen de agua, p.ej. mediante evaporación o destilación.

Puede obtenerse una solución de concentración relativamente alta limitando la cantidad de medio, p.ej. agua, añadido a la materia prima con la enzima. La concentración puede controlarse, p.ej., controlando cuánta sacarificación tiene lugar. Por ejemplo, la concentración puede aumentarse añadiendo más materia prima a la solución. La solubilidad de la materia prima en el medio puede aumentarse, por ejemplo, aumentando la temperatura de la solución y/o añadiendo un tensioactivo como se discutirá a continuación. Por ejemplo, la solución puede mantenerse a una temperatura de 40-50 °C, 50-60 °C, 60-80 °C o incluso mayor.

15
20

Haciendo referencia a la FIG. 2, un proceso para fabricar un alcohol, p.ej. etanol, puede incluir, por ejemplo, opcionalmente pretratar físicamente la materia prima, p.ej. reducir su tamaño (etapa 110), antes y/o después de este tratamiento, tratar opcionalmente la materia prima para reducir su recalcitrancia (etapa 112) y sacarificar la materia prima, formando una solución de azúcar (etapa 114). La sacarificación puede efectuarse mezclando una dispersión de la materia prima en un medio líquido, p.ej. agua, con una enzima (etapa 111), como se discutirá con detalle a continuación. Durante o después de la sacarificación, puede transportarse la mezcla (si la sacarificación se va a efectuar parcial o completamente en ruta), p.ej., por tubería, tren, camión o barcaza a una planta de fabricación (etapa 116). En la planta, la solución puede bioprocesarse para producir un producto deseado, p.ej. etanol (etapa 118), que se procesa entonces adicionalmente, p.ej. por destilación (etapa 120). Las etapas individuales de este proceso se describirán con detalle a continuación. Si se desea, las etapas de medir el contenido de lignina (etapa 122) y establecer o ajustar los parámetros de proceso (etapa 124) pueden efectuarse en diversos pasos del proceso, por ejemplo justo antes de la etapa o etapas de proceso usadas para cambiar la estructura de la materia prima, como se muestra. Si se incluyen estas etapas, se ajustan los parámetros de proceso para compensar la variabilidad del contenido de lignina de la materia prima, como se describe en el documento WO 2010/093829.

25
30
35

La etapa de mezclado 111 y la etapa de sacarificación 114 pueden efectuarse usando, por ejemplo, cualquiera de los sistemas mostrados en la FIG. 2A y 2B. Estos sistemas incluyen un tanque 136, que contiene inicialmente un medio líquido y más tarde contiene una mezcla 138 de medio líquido, materia prima y agente de sacarificación. El medio líquido se suministra al tanque a través de un sistema de tuberías por válvulas (no mostrado). Los sistemas incluyen también una tolva 130 en comunicación con una unidad dispersante 134. En la realización mostrada en la FIG. 2B, la tolva 130 recibe materia prima que se ha tratado para reducir su tamaño y opcionalmente para reducir su recalcitrancia (etapas 110 y 112 anteriores) mediante un módulo de pretratamiento de materia prima 132. En ambas realizaciones, la tolva puede recibir otros ingredientes secos, tales como levaduras y nutrientes, p.ej. desde un suministro 30. Opcionalmente, puede asociarse un dispositivo de vibración 36 con la tolva, para facilitar el suministro de material desde la tolva. El sistema incluye también una unidad dispersante 134. El medio líquido se incorpora en la unidad dispersante 134 desde el tanque y se devuelve al tanque por la unidad dispersante a través de la tubería de salida 137. La abertura de la tubería de salida 137 puede estar por encima del nivel líquido, como se muestra, o puede en algunos aspectos estar sumergida en el líquido del tanque. En algunos casos, dependiendo del tipo de unidad dispersante usada (como se discutirá a continuación), el sistema puede incluir una bomba 139, p.ej. una bomba de desplazamiento positivo, configurada para hacer circular el medio líquido a través del sistema dispersante y/o un viscosímetro 141 para monitorizar la viscosidad de la dispersión y activar la bomba cuando la viscosidad medida alcance un valor predeterminado.

En la realización mostrada en la FIG. 2A, se suministra la materia prima a la superficie del medio líquido en el tanque, p.ej. mediante un dispositivo de suministro 32 que tiene un conducto de suministro 34 (p.ej., manguera o tubería). El dispositivo de suministro 32 puede estar también asociado con un dispositivo de vibración 36, para facilitar el flujo de material en el dispositivo. El dispositivo de suministro 32 puede ser, por ejemplo, un soplador configurado para soplar material fibroso y/o particulado desde una fuente a una localización remota de la fuente a través de una manguera, p.ej. un soplador de aislamiento tal como el soplador FORCE 3 disponible en Intec, Frederick, Colorado. Se muestra esquemáticamente en la FIG. 11 un ejemplo de soplador 500. La tolva 502 del

55
60

soplador 500 recibe material de una fuente de material 504, p.ej. incorporando el material a través de la entrada 505 mediante el vacío 506. Una vez en la tolva, se desaglomera el material usando un dispositivo giratorio 508 que incluye brazos giratorios 510 que terminan en palas flexibles 512. El dispositivo giratorio 508 barre también el material a través de una abertura 514 hasta una esclusa 516. El suministro de material a la esclusa se mide por una
 5 placa o una válvula 518. La esclusa 516 incluye una pluralidad de paletas giratorias 520 que definen las cámaras 522. La porción inferior de la esclusa 516 incluye una conducción 524 a través de la cual se sopla aire desde un suministro de aire comprimido (no mostrado) a un tubo de salida (p.ej., conducto de suministro 34, FIG. 2A). Las paletas barren el material hasta la conducción en porciones individuales, que se soplan al tubo de salida tan pronto como están en el lugar adyacente a la conducción. Las paletas giratorias 520 giran suficientemente lentas para que
 10 cada cámara esté en posición adyacente a la conducción suficiente tiempo para suministrar tanto la porción de material como una cierta cantidad de aire al tubo de salida. Por tanto, se suministran porciones alternadas de aire y material al tubo de salida. A medida que el material pasa por el tubo de salida, que puede ser bastante largo, se mezclan el material y el aire aireando el material y manteniéndolo en movimiento suave a través del tubo de salida al tanque. La tasa de rotación de los miembros giratorios en el agitador y la esclusa se adapta conjuntamente y puede
 15 variarse por el usuario basándose en la materia prima, la longitud del tubo de salida y otras variables.

Como alternativa, el material puede suministrarse a la superficie del líquido usando otras técnicas, tales como alimentación por gravedad o tornillo transportador.

20 En algunas implementaciones, el tanque se proporciona con una cubierta flexible permeable al aire u otro dispositivo configurado para permitir la ventilación de aire desde el tanque durante el suministro de la materia prima mientras se previene que la materia prima se sople fuera del tanque y/o que entren contaminantes en el tanque.

A medida que se suministra el material de materia prima a través del conducto de suministro 34 sobre la superficie
 25 del líquido en el tanque, se descarga líquido a través de la tubería de salida 137 de la unidad dispersante 134 sobre el material. El líquido descargado humedece el material de materia prima, causando que se hunda en el líquido, donde puede dispersarse por la unidad dispersante 134, opcionalmente en combinación con la acción mezcladora de un mezclador de chorro 144, discutido a continuación.

30 Se prefiere generalmente que la unidad dispersante 134 y el mezclador de chorro 144 funcionen cuando se suministra la materia prima a través del conducto de suministro.

En la realización mostrada en la FIG. 2B, se suministra la materia prima al tanque a través de la tolva 130, que puede recibir la materia prima, por ejemplo, desde un módulo de tratamiento de materia prima 132, y entra en la
 35 unidad dispersante 134, donde se dispersa en el medio líquido, p.ej. agua.

En ambas realizaciones, se suministra un agente de sacarificación al tanque desde la tolva 140, que incluye un dispositivo medidor 142. Se mezclan los contenidos del tanque, p.ej. mediante uno o más mezcladores de chorro. Se representa esquemáticamente un mezclador de chorro 144 en las FIG. 2A y 2B; se describirán ejemplos de
 40 mezcladores de chorro adecuados con detalle a continuación y se describen también en el documento WO 2010/135365. El mezclador de chorro produce un chorro usando un motor 146 que impulsa una bomba y/o un rotor (no mostrados). El par de torsión ejercido por el motor 146 se correlaciona con el nivel de sólidos de la mezcla en el tanque, que a su vez refleja el grado al que se ha sacarificado la mezcla. Se mide el par de torsión por un monitor del par de torsión 148, que envía una señal a un motor 150 que impulsa la cinta 130 y también al dispositivo medidor
 45 142 de la tolva 140. Por tanto, el suministro de materia prima tratada y enzima puede interrumpirse y reanudarse en función de la sacarificación de los contenidos del tanque. Los datos medidos por el monitor del par de torsión pueden usarse también para ajustar el mezclador de chorro, p.ej., a menores rpm para un mezclador que utiliza un rotor, o a una menor velocidad de chorro para un mezclador impulsado por una bomba. En lugar, o además, del monitor del par de torsión, el sistema puede incluir un monitor de Amp (no mostrado) que mide el amperaje de carga total del
 50 motor. En algunos casos, el mezclador de chorro puede incluir un variador de frecuencia (VFD) para permitir ajustar la velocidad del motor.

El sistema puede incluir también un monitor térmico (no mostrado) que monitoriza la temperatura del medio líquido y ajusta la tasa de alimentación de la materia prima y/o las condiciones de mezclado en respuesta a aumentos de
 55 temperatura. Puede usarse tal bucle de realimentación de temperatura para prevenir que el medio líquido alcance una temperatura que desnaturalice la enzima.

Cuando se usan una o más bombas en los sistemas descritos en la presente memoria, se prefiere generalmente usar bombas de desplazamiento positivo (DP), p.ej., bombas de DP de cavidad progresiva o de tipo tornillo.

60

En algunos casos, la planta de fabricación puede ser, por ejemplo, una planta de etanol basada en grano o basada en azúcar existente o una que se ha acondicionado retirando o desmantelando el equipo aguas arriba del sistema de bioprocesamiento (que en una planta de etanol típica incluye generalmente equipo de recepción de grano, molino de martillos, mezclador de suspensión, equipo de cocción y equipo de licuefacción). Por tanto, la materia prima recibida por la planta se introduce directamente en el equipo de fermentación. Se muestra esquemáticamente en la FIG. 3 una planta acondicionada.

En algunas realizaciones, en lugar de transportar la materia prima sacarificada (solución de azúcar) a una planta de fabricación separada, o incluso un tanque separado, se inocula la solución de azúcar y se fermenta en el mismo tanque u otro recipiente usado para sacarificación. La fermentación puede completarse en el mismo recipiente, o puede iniciarse de esta manera y completarse entonces durante el transporte como se discute anteriormente.

Generalmente, el nivel de oxígeno en el recipiente de fermentación debería controlarse, p.ej., monitorizando el nivel de oxígeno y ventilando el tanque o aireando la mezcla según fuera necesario. Es también deseable monitorizar el nivel de etanol en el recipiente, de modo que cuando el nivel de etanol empiece a caer, pueda detenerse el proceso de fermentación, p.ej. calentando o por la adición de bisulfito de sodio. Otros procedimientos de detención de la fermentación incluyen añadir un peróxido (p.ej., ácido peroxiacético o peróxido de hidrógeno), añadir ácido succínico o una sal del mismo, enfriar los contenidos del recipiente o reducir la tasa de burbujeo de oxígeno. Pueden usarse combinaciones de cualesquiera dos o más de estos procedimientos. Si la fermentación se va a realizar o completar durante el transporte, el recipiente de transporte (p.ej., el tanque de un vagón o camión cisterna) puede equiparse con una unidad de control que incluye un monitor de oxígeno y un monitor de etanol, y un sistema de suministro para suministrar bisulfito de sodio (u otro aditivo terminador de la fermentación) al tanque y/o un sistema para ajustar los parámetros en el tanque para detener la fermentación.

Si se desea, puede utilizarse mezclado por chorro durante la fermentación, y si se realiza la fermentación en el mismo recipiente que la sacarificación, puede utilizarse el mismo equipo. Sin embargo, en algunas realizaciones no es necesario el mezclado por chorro. Por ejemplo, si se realiza la fermentación durante el transporte, el movimiento del vagón o el camión cisterna puede proporcionar una agitación adecuada.

30 **DISPERSIÓN Y MEZCLADO** **Dispersión**

La unidad dispersante 134 puede incluir cualquier tipo de equipo dispersante que humedezca la materia prima con el medio líquido. Muchas unidades dispersantes incluyen una cámara y un rotor en la cámara situado de tal modo que materia prima y medio líquido se lleven hacia el rotor axialmente, y se desalojen radialmente a la periferia del rotor y por tanto a través de la salida de la unidad, a la manera de una bomba centrífuga. Dependiendo de la construcción de la unidad dispersante, puede requerirse una bomba de apoyo (bomba 139, discutida anteriormente) para llevar el fluido a través de la unidad dispersante a altas viscosidades. Algunas unidades dispersantes se construyen para generar una muy alta presión de fluido estático en la unidad; cuando se usan tales unidades, generalmente no se requiere una bomba de apoyo.

Se muestra un ejemplo de un sistema dispersante 300 adecuado en las FIG. 4-5A. Este sistema genera una succión relativamente baja, y por tanto se usa típicamente una bomba de apoyo. El sistema dispersante 300 incluye una cuba receptora 302 que puede recibir materia prima de una tolva o bolsa mayor (no mostrada) u otra fuente y suministrarla a la unidad dispersante 301. La unidad dispersante 301 incluye una carcasa 304 que define una cámara dispersante 306 (FIG. 5A), una entrada de líquido 308, una entrada de sólidos 310 (FIG. 5A) en comunicación con la cuba 302 y una salida 312. El sistema dispersante 300 incluye también un motor 314 que impulsa la unidad dispersante 301, una interfaz de control de usuario 316 y una unidad a presión 318 que ayuda a mantener la integridad de los sellos en la unidad dispersante 301. Se dispone una válvula (no mostrada) entre la cuba receptora 302 y la entrada de sólidos 310 para medir el suministro de sólidos a la unidad dispersante 301.

Se muestra la estructura interna de la unidad dispersante 301 en las FIG. 5-5A. Después de pasar a través de la entrada de sólidos 310, se mueven los sólidos descendientemente por un tornillo sinfín 320 medida que los sólidos entran en contacto con el líquido que entra a través de la entrada de líquido 308. Se mezclan entonces líquido y sólidos mediante una serie de palas de mezclado 322, y finalmente por un rotor 324 (mostrado con detalle en la FIG. 5A) que se dispone en configuración de rotor/estator respecto a la pared lateral de la cámara 306. Esta serie de elementos de mezclado humedece los sólidos con el líquido, a niveles crecientes de cizallamiento, dando como resultado una dispersión sustancialmente homogénea que sale a través de la salida 312. La hélice, por el principio de Venturi, crea un gran diferencial de presión entre la cámara 306 y la cuba 302, que hace vacío y por tanto ayuda a incorporar el material del contenedor a la cámara.

Se muestra otro sistema dispersante 400 adecuado en las FIG. 6-8. Este sistema está comercialmente disponible en IKA® Works, Wilmington, Carolina del Norte, con el nombre comercial CMS 2000. El sistema dispersante 400, según se suministra, incluye un tanque de líquidos 402. Sin embargo, si se desea puede omitirse el tanque 402 relativamente pequeño y canalizarse el resto del sistema a un tanque mayor, p.ej. un tanque de volumen industrial (no mostrado). El sistema 400 incluye también un embudo receptor de sólidos 403, una unidad dispersante 401 que incluye una carcasa 404 que tiene una estructura similar a la de la carcasa 304 discutida anteriormente, un motor 414, una interfaz de control de usuario 416 y una unidad a presión 418.

La diferencia principal entre el sistema dispersante 400 y el sistema dispersante 300 se encuentra en la estructura interna de las unidades dispersantes 401 y 301. La unidad dispersante 401, mostrada con detalle en la FIG. 8, incluye un rotor 420 que funciona como hélice y genera una presión de fluido estático muy alta en la unidad. Como resultado, la unidad dispersante funciona a la manera de una bomba centrífuga, y generalmente no es necesaria una bomba de apoyo, incluso a viscosidades relativamente altas.

El rotor 420 incorpora el líquido del tanque en la cámara 406 a través de la entrada 408 a alta succión. Se incorporan axialmente el líquido y los sólidos (que entran a través de la entrada 410) en el rotor 420 a alta presión y salen del rotor 420 radialmente con flujo turbulento de alta velocidad que dispersa la materia prima en el líquido. Una dispersión sustancialmente homogénea sale de la cámara a través de la salida 412 y se suministra al tanque para sacarificación.

El sistema dispersante 400 puede funcionar en diversos modos, cuyos ejemplos se muestran en las FIG. 7 y 7A. En la FIG. 7, se alimenta la unidad dispersante 401 cargando la materia prima en una tolva 422 que está montada sobre la entrada de sólidos de la carcasa 404. Una válvula 424 controla el suministro de la materia prima a la unidad dispersante 401. La materia prima puede cargarse usando cualquier técnica de suministro deseada, p.ej. manualmente, por cinta, cargador neumático o similar. En la FIG. 7A, se succiona la materia prima de una bolsa o cuba 424 usando una varilla de succión 426. En este caso, puede controlarse el suministro de la materia prima controlando la tasa de succión. Pueden usarse otras organizaciones.

La materia prima puede suministrarse a la unidad dispersante continua o intermitentemente, y el sistema dispersante puede ejecutarse en modo de recirculación o de "una pasada". Si se desea, la unidad dispersante puede usarse para mezclado durante la sacarificación, después de completarse la dispersión inicial.

Mezclado por chorro

Una vez se ha dispersado sustancialmente la materia prima en el líquido, puede ser deseable desconectar el sistema dispersante y usar un mezclador que requiera menos energía para mezclado adicional. Los mezcladores particularmente ventajosos con este fin se conocen como "mezcladores de chorro". En general, los mezcladores adecuados tienen en común que producen un flujo circulante de alta velocidad, por ejemplo flujo de patrón toroidal o elíptico. Generalmente, los mezcladores preferidos exhiben una alta tasa de flujo de masa. Los mezcladores preferidos proporcionan esta acción de mezclado con un consumo relativamente bajo de energía. Se prefiere generalmente también que el mezclador produzca un cizallamiento relativamente bajo y evite el calentamiento del medio líquido, ya que el cizallamiento y/o el calentamiento pueden afectar perjudicialmente al agente de sacarificación (o microorganismo, p.ej. en el caso de fermentación). Como se discutirá con detalle a continuación, algunos mezcladores preferidos incorporan la mezcla a través de una entrada en un elemento de mezclado, que puede incluir un rotor o hélice, y expulsan entonces la mezcla del elemento de mezclado a través de una boquilla de salida. Esta acción circulante, y la alta velocidad del chorro que sale de la boquilla, ayudan a dispersar el material que flota sobre la superficie del líquido o el material que ha sedimentado en el fondo del tanque, dependiendo de la orientación del elemento de mezclado. Los elementos de mezclado pueden situarse en diferentes orientaciones para dispersar tanto material flotante como sedimentado, y la orientación de los elementos de mezclado puede ser ajustable en algunos casos.

En algunos sistemas de mezclado preferidos, la velocidad v_0 del chorro cuando alcanza el fluido ambiental es de aproximadamente 2 a 300 m/s, p.ej. de aproximadamente 5 a 150 m/s o de aproximadamente 10 a 100 m/s. El consumo de energía del sistema de mezclado puede ser de aproximadamente 20 a 1000 kW, p.ej. de 30 a 570 kW, de 50 a 500 kW o de 150 a 250 kW para un tanque de 100.000 l.

El mezclado de chorro implica la descarga de un chorro sumergido, o una serie de chorros sumergidos, de líquido a alta velocidad en un medio fluido, en este caso la mezcla de materia prima de biomasa, medio líquido y agente de sacarificación. El chorro de líquido penetra en el medio fluido, disipándose su energía por turbulencias y algo de calor inicial. Esta turbulencia está asociada a gradientes de velocidad (cizallamiento de fluido). El fluido circundante

se acelera y es arrastrado al flujo de chorro, aumentando este flujo de arrastre secundario a medida que aumenta la distancia desde la boquilla de chorro. El momento del flujo secundario permanece generalmente constante a medida que se expande el chorro, siempre que el flujo no choque con una pared, suelo u otro obstáculo. Cuanto más tiempo continúe el flujo antes de chocar con cualquier obstáculo, más líquido es arrastrado al flujo secundario, aumentando el flujo de masa en el tanque o recipiente. Cuando encuentra un obstáculo, el flujo secundario perderá momento, más o menos dependiendo de la geometría del tanque, p.ej. el ángulo al que el flujo impacte con el obstáculo. Es generalmente deseable orientar los chorros y/o diseñar el tanque de modo que se minimicen las pérdidas hidráulicas con las paredes del tanque. Por ejemplo, puede ser deseable que el tanque tenga un fondo arqueado (p.ej., una placa de cabeza abombada) y que los mezcladores de chorro estén orientados relativamente cerca de las paredes laterales, como se muestra en la FIG. 12. El fondo del tanque (placa de cabeza inferior) puede tener cualquier configuración abombada deseada, o puede tener una geometría elíptica o cónica.

El mezclado de chorro difiere de la mayoría de tipos de mezclado de líquido/líquido y líquido/sólido en que la fuerza impulsora es hidráulica en lugar de mecánica. En lugar de cizallar fluido e impulsarlo alrededor del recipiente de mezclado, como hace un agitador mecánico, un mezclador de chorro empuja al fluido a través de una o más boquillas en el tanque, creando chorros de alta velocidad que arrastran otros fluidos. El resultado es cizallamiento (fluido contra fluido) y circulación, lo que mezcla los contenidos del tanque eficientemente.

Haciendo referencia a la FIG. 9, el alto gradiente de velocidad entre el flujo central de un chorro sumergido y el fluido circundante causa remolinos. La FIG. 9A ilustra las características generales de un chorro sumergido. A medida que el chorro sumergido se expande en el entorno ambiental circundante, el perfil de velocidad se aplana a medida que aumenta la distancia (x) desde la boquilla. También, el gradiente de velocidad dv/dr cambia con r (la distancia desde la línea central del chorro) a una distancia dada x, de tal modo que se crean remolinos que definen la zona de mezclado (la expansión cónica desde la boquilla).

En un estudio experimental de un chorro sumergido en aire (cuyos resultados son aplicables a cualquier fluido, incluyendo agua), Albertson y col. ("Diffusion of Submerged Jets," artículo 2409, Amer. Soc. of Civil Engineers Transactions, vol. 115: 639-697, 1950, pág. 657) desarrollaron relaciones adimensionales para $v(x)_{r=0}/v_0$ (velocidad de la línea central), $v(r)_x/v(x)_{r=0}$ (perfil de velocidad a una x dada), Q_x/Q_0 (arrastre de flujo) y E_x/E_0 (cambio de energía con x):

(1) velocidad de la línea central, $v(x)_{r=0}/v_0$:

$$\frac{v(r=0)}{v_0} \frac{x}{D_0} = 6,2$$

(2) perfil de velocidad a cualquier x, $v(r)_x/v(x)_{r=0}$:

$$\log \left[\frac{v(r)_x}{v_0} \frac{x}{D} \right] = 0,79 - 33 \frac{r^2}{x^2}$$

(3) Flujo y energía a cualquier x:

$$\frac{Q_x}{Q_0} = 0,32 \frac{x}{D_0} \quad (10,21)$$

$$\frac{E_x}{E_0} = 4,1 \frac{D_0}{x} \quad (10,22)$$

donde:

$v(r=0)$ = velocidad de la línea central del chorro sumergido (m/s),

v_o = velocidad de chorro a medida que surge de la boquilla (m/s),

5 x = distancia desde la boquilla (m),

r = distancia desde la línea central del chorro (m),

D_o = diámetro de boquilla (m),

Q_x = flujo de fluido a través de cualquier plano dado a una distancia x de la boquilla (m³/s),

Q_o = flujo de fluido que surge de la boquilla (m³/s),

10 E = flujo de energía de fluido a través de cualquier plano dado a la distancia x desde la boquilla (m³/s),

E_o = flujo de energía del fluido que surge de la boquilla (m³/s).

("Water Treatment Unit Processes: Physical and Chemical," David W. Hendricks, CRC Press 2006, pág. 411.)

15 El mezclado a chorro es particularmente económico en aplicaciones de gran volumen (más de 1.000 gal) y baja viscosidad (menos de 1.000 cP). Es también generalmente ventajoso en la mayoría de casos que la bomba o motor del mezclador de chorro no esté sumergido, p.ej. cuando se usa una bomba está generalmente localizada fuera del recipiente.

20 Es una ventaja del mezclado de chorro que la temperatura del fluido ambiental (distinto del directamente adyacente a la salida de la boquilla, donde puede haber cierto calentamiento localizado) aumenta solo ligeramente si acaso. Por ejemplo, la temperatura puede aumentar en menos de 5 °C, menos de 1 °C o en una extensión no mensurable.

25

Agitadores de flujo de chorro

Se muestra un tipo de agitador de flujo de chorro en las FIG. 10-10A. Este tipo de mezclador está disponible comercialmente, p.ej. en IKA con el nombre comercial ROTOTRON™. Haciendo referencia a la FIG. 10, el

30 mezclador 200 incluye un motor 202 que hace girar un eje motor 204. Se monta un elemento de mezclado 206 al final del eje motor 204. Como se muestra en la FIG. 10A, el elemento de mezclado 206 incluye una protección 208 y dentro de la protección una hélice 210. Como se indica por las flechas, cuando la hélice gira en su dirección "adelante", la hélice 210 incorpora líquido a través del extremo superior abierto 212 de la protección y desaloja el líquido a través del extremo inferior abierto 214. El extremo de salida de líquido 214 está en forma de una corriente o

35 chorro de alta velocidad. Si se invierte la dirección de rotación de la hélice 210, puede incorporarse líquido a través del extremo inferior 214 y eyectarse a través del extremo superior 212. Esto puede usarse, por ejemplo, para aspirar sólidos que estén flotando cerca o sobre la superficie del líquido en un tanque o recipiente. (Se observa que "superior" e "inferior" hacen referencia a la orientación del mezclador en la FIG. 10; el mezclador puede estar orientado en un tanque de modo que el extremo superior esté por debajo del extremo inferior).

40

La protección 208 incluye las áreas acampanadas 216 y 218 adyacentes a sus extremos. Estas áreas acampanadas se cree que contribuyen al flujo generalmente toroidal que se observa con este tipo de mezclador. La geometría de la protección y la hélice concentran también el flujo en una corriente de alta velocidad usando un consumo de energía relativamente bajo.

45

Preferiblemente, la distancia entre la protección 208 y la hélice 210 es suficiente como para evitar una molienda excesiva del material a medida que pasa a través de la protección. Por ejemplo, la distancia puede ser al menos 10 veces el tamaño medio de partícula de los sólidos en la mezcla, preferiblemente al menos 100 veces.

50 En algunas implementaciones, se configura el eje 204 para permitir el suministro de gas a través del eje. Por ejemplo, el eje 204 puede incluir una perforación (no mostrada) a través de la cual se suministra gas, y uno o más orificios a través de los cuales sale gas a la mezcla. Los orificios pueden estar en la protección 208, para mejorar el mezclado, y/o en otras localizaciones a lo largo de la longitud del eje 204.

55 La hélice 210 puede tener cualquier geometría deseada que lleve líquido a través de la protección a alta velocidad. La hélice es preferiblemente una hélice marina, como se muestra en la FIG. 10A, pero puede tener un diseño diferente, por ejemplo una hélice Rushton como se muestra en la FIG. 10B, o una hélice Rushton modificada, p.ej. inclinada para proporcionar cierto flujo axial. Para generar el flujo de alta velocidad a través de la protección, el motor 202 es preferiblemente un motor de alto par de torsión y alta velocidad, p.ej. capaz de funcionar a 500 a 20.000 rpm,

60 p.ej. de 3.000 a 10.000 rpm. Sin embargo, cuanto mayor es el mezclador (p.ej., mayor es la protección y/o mayor es

el motor) menor puede ser la velocidad rotacional. Por tanto, si se usa un mezclador grande, tal como de 5 CV, 10 CV, 20 CV o 30 CV o mayor, el motor puede diseñarse para funcionar a velocidades rotacionales menores, p.ej. de menos de 2.000 rpm, menos de 1.500 rpm o incluso de 500 rpm o menos. Por ejemplo, un mezclador dimensionado para mezclar un tanque de 10.000-20.000 litros puede funcionar a velocidades de 900 a 1.200 rpm. El par de torsión del motor es preferiblemente autoajutable, para mantener una velocidad de hélice relativamente constante a medida que cambian las condiciones de mezclado con el tiempo, p.ej. debido a la sacarificación de los sólidos.

Ventajosamente, el mezclador puede orientarse a cualquier ángulo o localización deseado en el tanque, para dirigir el flujo de chorro en la dirección deseada. Además, como se discute anteriormente, dependiendo de la dirección de rotación de la hélice, puede usarse el mezclador para llevar fluido de cualquier extremo de la protección.

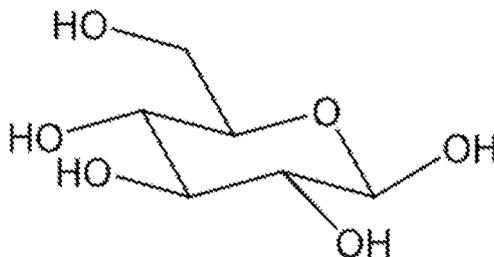
En algunas implementaciones, se sitúan dos o más mezcladores de chorro en el recipiente, estando uno o más configurados para chorro de fluido ascendente ("bomba ascendente") y estando uno o más configurados para chorro de fluido descendente ("bomba descendente"). En algunos casos, estará situado un mezclador de bombeo ascendente adyacente a un mezclador de bombeo descendente, para mejorar el flujo turbulento creado por los mezcladores. Si se desea, pueden conmutarse uno o más mezcladores entre flujo ascendente y flujo descendente durante el procesamiento. Puede ser ventajoso conmutar todos o la mayoría de los mezcladores a modo de bombeo ascendente durante la dispersión inicial de la materia prima en el medio líquido, particularmente si la materia prima se vierte o sopla sobre la superficie del líquido, ya que el bombeo ascendente crea una turbulencia significativa en la superficie. El bombeo ascendente puede usarse también durante la fermentación para ayudar a retirar el CO₂ del líquido, causando que el gas burbujee hasta la superficie, donde puede ventilarse.

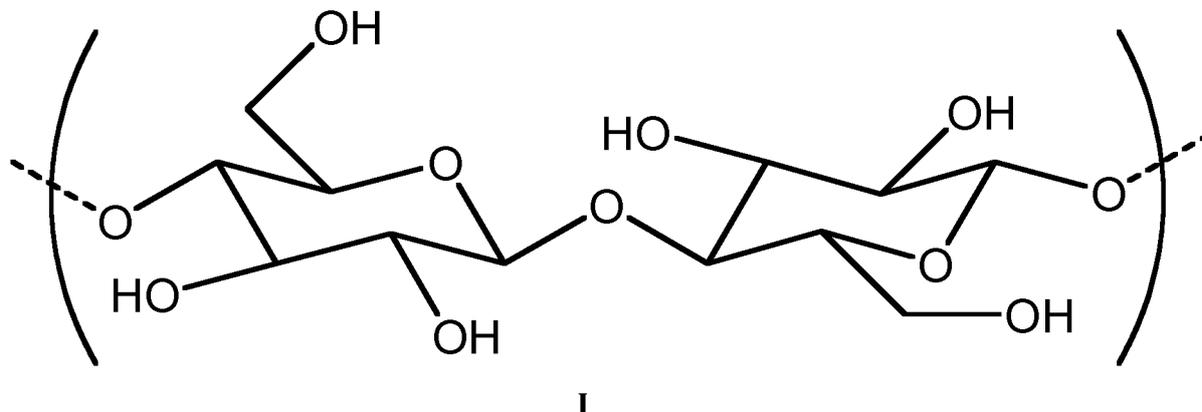
Se describen otros mezcladores de chorro adecuados en el documento WO 2010/135365.

25 **MATERIALES**

Materiales de biomasa

La biomasa puede ser, p.ej., un material celulósico o lignocelulósico. Tales materiales incluyen papel y productos del papel (p.ej., papel polirrevestido y papel Kraft), madera, materiales relacionados con la madera, p.ej., tablero de partículas, hierbas, cáscaras de arroz, bagazo, yute, cáñamo, lino, bambú, sisal, abacá, paja, hierba aguja, alfalfa, heno, mazorcas de maíz, rastrojo de maíz, pelo de coco; y materiales ricos en contenido de α -celulosa, p.ej. algodón. Las materias primas pueden obtenerse a partir de materiales textiles de recortes vírgenes, p.ej. retales, desechos postconsumidor, p.ej. trapos. Cuando se usan productos de papel, pueden ser materiales vírgenes, p.ej. materiales vírgenes de recortes, o pueden ser desechos postconsumidor. Aparte de materias primas vírgenes, pueden usarse también desechos postconsumidor, industriales (por ejemplo, desperdicios) y de procesamiento (por ejemplo, efluente de procesamiento de papel) como fuentes de fibra. Las materias primas de biomasa pueden obtenerse o derivarse también de desechos humanos (p.ej., aguas residuales), animales o vegetales. Se han descrito materiales celulósicos y lignocelulósicos adicionales en las patentes de EE.UU. n° 6.448.307, 6.258.876, 6.207.729, 5.973.035 y 5.952.105. En algunas realizaciones, el material de biomasa incluye un carbohidrato que es o incluye un material que tiene uno o más ligamientos β -1,4 y que tiene un peso molecular medio numérico de entre aproximadamente 3.000 y 50.000. Tal carbohidrato es o incluye celulosa (I), que deriva de (β -glucosa-1) mediante condensación de enlaces β (1,4)-glicosídicos. Este ligamiento contrasta con el de los enlaces α (1,4)-glicosídicos presentes en almidón y otros carbohidratos.





- Los materiales de almidón incluyen almidón mismo, p.ej. almidón de maíz, almidón de trigo, almidón de patata o almidón de arroz, un derivado de almidón o un material que incluye almidón, tal como un producto alimentario comestible o una cosecha. Por ejemplo, el material de almidón puede ser arracacha, trigo sarraceno, plátano, cebada, tapioca, kudzu, oca, sagú, sorgo, patatas domésticas ordinarias, batata, taro, ñames o una o más judías tales como habas, lentejas o guisantes. Son también materiales de almidón combinaciones de dos cualesquiera o más materiales de almidón.
- 10 En algunos casos, la biomasa es un material microbiano. Las fuentes microbianas incluyen, pero sin limitación, cualquier microorganismo u organismo de origen natural o modificado genéticamente que contenga o sea capaz de proporcionar una fuente de carbohidratos (p.ej. celulosa), por ejemplo protistas, p.ej. protistas animales (p.ej., protozoos tales como flagelados, ameboides, ciliados y esporozoos) y protistas vegetales (p.ej., algas tales como alveolados, clorarcariofitos, criptomónadas, euglénidos, glaucófitos, haptófitos, algas rojas, estramenópilos y viridiplantas). Otros ejemplos incluyen algas marinas, plácton (p.ej., macroplácton, mesoplácton, microplácton, nanoplácton, picoplácton y femtoplácton), fitoplácton, bacterias (p.ej., bacterias grampositivas, bacterias gramnegativas y extremófilas), levadura y/o mezclas de estas. En algunos aspectos, puede obtenerse biomasa microbiana a partir de fuentes naturales, p.ej., el océano, lagos, masas de agua, p.ej., agua salada o agua dulce o en tierra. Como alternativa o además, la biomasa microbiana puede obtenerse a partir de sistemas de cultivo, p.ej. sistemas de cultivo húmedos y secos a gran escala.

Agentes de sacarificación

- Las enzimas adecuadas incluyen celobiasas y celulasas capaces de degradar biomasa.
- 25 Las celobiasas adecuadas incluyen una celobiasa de *Aspergillus niger* vendida con el nombre comercial NOVOZYME 188™.
- Las celulasas son capaces de degradar biomasa, y pueden ser de origen fúngico o bacteriano. Las enzimas adecuadas incluyen celulasas de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Humicola*, *Fusarium*, *Thielavia*, *Acremonium*, *Chrysosporium* y *Trichoderma*, e incluyen especies de *Humicola*, *Coprinus*, *Thielavia*, *Fusarium*, *Myceliophthora*, *Acremonium*, *Cephalosporium*, *Scytalidium*, *Penicillium* o *Aspergillus* (véase, p.ej., el documento EP 458162), especialmente aquellas producidas por una cepa seleccionada de entre las especies *Humicola insolens* (reclasificada como *Scytalidium thermophilum*, véase, p.ej. la patente de EE.UU., nº 4.435.307)), *Coprinus cinereus*, *Fusarium oxysporum*, *Myceliophthora thermophila*, *Meripilus giganteus*, *Thielavia terrestris*, *Acremonium* sp., *Acremonium persicinum*, *Acremonium acremonium*, *Acremonium brachyphenium*, *Acremonium dichromosporum*, *Acremonium obclavatum*, *Acremonium pinkertoniae*, *Acremonium roseogriseum*, *Acremonium incoloratum*, y *Acremonium furatum*; preferiblemente de las especies *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 y *Acremonium furatum* CBS 299.70H. Las enzimas celulolíticas pueden obtenerse también de *Chrysosporium*, preferiblemente una cepa de *Chrysosporium lucknowense*.
- 45 Adicionalmente, pueden usarse *Trichoderma* (particularmente *Trichoderma viride*, *Trichoderma reesei*, y *Trichoderma koningii*), *Bacillus* alcalófilos (véanse, por ejemplo, la patente de EE.UU. nº 3.844.890 y el documento

EP 458162), y *Streptomyces* (véase, p.ej., el documento EP 458162).

Pueden utilizarse complejos enzimáticos, tales como aquellos disponibles en Genecore bajo el nombre comercial ACCELLERASE®, por ejemplo el complejo enzimático Accellerase® 1500. El complejo enzimático Accellerase® 1500 contiene múltiples actividades enzimáticas, principalmente exoglucanasa, endoglucanasa (2200-2800 U de CMC/g), hemicelulasa y beta-glucosidasa (525-775 U de pNPG/g) y tiene un pH de 4,6 a 5,0. La actividad endoglucanasa del complejo enzimático se expresa en unidades de actividad de carboximetilcelulosa (U de CMC), mientras que la actividad beta-glucosidasa se reseña en unidades de actividad de pNP-glucósido (U de pNPG). En una realización, se usa una combinación de complejo enzimático Accellerase® 1500 y celobiasa NOVOZYME™ 188.

En algunas implementaciones, el agente de sacarificación comprende un ácido, p.ej. un ácido mineral. Cuando se usa un ácido, pueden generarse coproductos que son tóxicos para microorganismos, en cuyo caso el proceso puede incluir además retirar tales coproductos. La retirada puede efectuarse usando carbono activado, p.ej. carbón activado, u otras técnicas adecuadas.

Agentes de fermentación

El microorganismo o microorganismos usados en fermentación pueden ser microorganismos naturales y/o microorganismos genomanipulados. Por ejemplo, el microorganismo puede ser una bacteria, p.ej., una bacteria celulolítica, un hongo, p.ej., una levadura, una planta o un protista, por ejemplo, un alga, un protozoo o un protista similar a hongo, por ejemplo, un moho mucilaginoso. Cuando los organismos son compatibles, pueden utilizarse mezclas de organismos.

Los microorganismos fermentativos adecuados tienen la capacidad de convertir carbohidratos, tales como glucosa, xilosa, arabinosa, manosa, galactosa, oligosacáridos o polisacáridos en productos de fermentación. Los microorganismos fermentativos incluyen cepas del género *Sacchromyces* spp. p.ej., *Sacchromyces cerevisiae* (levadura de panadería), *Saccharomyces distaticus*, *Saccharomyces uvarum*; el género *Kluveromyces*, p.ej., las especies *Kluveromyces marxianus*, *Kluveromyces fragilis*; el género *Candida*, p.ej., *Candida pseudotropicalis*, y *Candida brassicae*, *Pichia stipitis* (un pariente de *Candida shehatae*), el género *Clavispora*, p.ej. las especies *Clavispora lusitanae* y *Clavispora opuntiae*, el género *Pachysolen*, p.ej. las especies *Pachysolen tannophilus*, el género *Bretannomyces*, p.ej. las especies *Bretannomyces clausenii* (Philippidis, G. P., 1996, *Cellulose bioconversion technology*, en *Handbook on Bioethanol: Production and Utilization*, Wyman, C.E., ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212).

Las levaduras comercialmente disponibles incluyen, por ejemplo, Red Star®/Lesaffre Ethanol Red (disponible en Red Star/Lesaffre, EE.UU.), FALI® (disponible en Fleischmann's Yeast, una división de Burns Philip Food Inc., EE.UU.), SUPER-START® (disponible en Alltech, ahora Lalemand), GERT STRAND® (disponible en Gert Strand AB, Suecia) y FERMOL® (disponible en DSM Specialties).

Las bacterias pueden usarse también en fermentación, p.ej. *Zymomonas mobilis* y *Clostridium thermocellum* (Philippidis, 1996, supra).

Aditivos

45 Antibióticos

Aunque se prefiere generalmente tener una alta concentración de azúcar en la solución sacarificada, pueden usarse concentraciones menores, en cuyo caso puede ser deseable añadir un aditivo antimicrobiano, p.ej. un antibiótico de amplio espectro, a baja concentración, p.ej. de 50 a 150 ppm. Otros antibióticos adecuados incluyen anfotericina B, ampicilina, cloranfenicol, ciprofloxacina, gentamicina, higromicina B, kanamicina, neomicina, penicilina, puromicina y estreptomina. Los antibióticos inhibirán el crecimiento de microorganismos durante el transporte y almacenamiento, y pueden usarse a concentraciones apropiadas, p.ej. entre 15 y 1000 ppm en peso, p.ej. entre 25 y 500 ppm, o entre 50 y 150 ppm. Si se desea, puede incluirse un antibiótico incluso si la concentración de azúcar es relativamente alta.

55 Tensioactivos

La adición de tensioactivos puede mejorar la tasa de sacarificación. Los ejemplos de tensioactivos incluyen tensioactivos no iónicos tales como los tensioactivos de polietilenglicol Tween® 20 o Tween® 80, tensioactivos iónicos o tensioactivos anfotéricos. Otros tensioactivos adecuados incluyen etoxilatos de octilfenol tales como los tensioactivos no iónicos de la serie TRITON™ X comercialmente disponibles en Dow Chemical. Puede añadirse

también un tensioactivo para mantener el azúcar que se está produciendo en solución, particularmente en soluciones de alta concentración.

Medio de sacarificación

5

En una realización, el medio tiene las siguientes concentraciones de componentes:

Base nitrogenada de levadura	1,7 g/l
Urea	2,27 g/l
Peptona	6,56 g/l
Tensioactivo Tween® 80	10 g/l

TRATAMIENTO FÍSICO DE LA PREPARACIÓN FÍSICA DE MATERIA PRIMA

10

En algunos casos, los procedimientos pueden incluir una preparación física, p.ej. reducción de tamaño de los materiales, tal como por cortado, molturación, cizallamiento, pulverización o troceado. Por ejemplo, en algunos casos, se prepara materia prima suelta (p.ej., papel reciclado, materiales de almidón, carbón o hierba aguja) por cizallamiento o trituración. Por ejemplo, en otros casos, se pretrata o procesa en primer lugar el material usando uno

15

o más de cualquiera de los procedimientos descritos en la presente memoria, tales como radiación, sonicación, oxidación, pirólisis o explosión por vapor, y se reduce entonces el tamaño o se reduce adicionalmente el tamaño. Tratar en primer lugar y reducir entonces el tamaño puede ser ventajoso, puesto que los materiales tratados tienden a ser más quebradizos y, por lo tanto, más fáciles de reducir de tamaño. Pueden usarse tamices y/o imanes para retirar objetos de gran tamaño o indeseables tales como, por ejemplo, rocas o clavos de la corriente de alimentación.

20

Los sistemas de preparación de alimentación pueden configurarse para producir corrientes con características específicas tales como, por ejemplo, tamaños máximos específicos, longitud a anchura específica o relaciones de área superficial específicas. La preparación física puede aumentar la tasa de reacciones o reducir el tiempo de procesamiento requerido para abrir los materiales y hacerlos más accesibles a procesos y/o reactivos, tales como

25

reactivos en una solución. Puede controlarse la densidad aparente de las materias primas (p.ej. aumentarse). En algunas situaciones, puede ser deseable preparar un material de baja densidad aparente, densificar el material (p.ej., para hacerlo más fácil y menos costoso de transportar a otro sitio) y revertir entonces el material a un estado de menor densidad aparente.

30 Reducción de tamaño

En algunas realizaciones, el material para procesar está en forma de un material fibroso que incluye fibras proporcionadas cizallando una fuente de fibra. Por ejemplo, el cizallamiento puede efectuarse con un cortador de cuchilla giratoria.

35

Por ejemplo, puede cizallarse una fuente de fibra, p.ej. que es recalcitrante o que se ha reducido su nivel de recalcitrancia, p.ej., en un cortador de cuchilla giratoria, proporcionando un primer material fibroso. Se pasa el primer material fibroso a través de un primer tamiz, p.ej. que tiene un tamaño medio de abertura de 1,59 mm o menos (1/16 de pulgada, 0,0625 pulgadas), proporcionando un segundo material fibroso. Si se desea, puede cortarse la fuente de fibra antes del cizallamiento, p.ej. con una trituradora. Por ejemplo, cuando se usa un papel como fuente de fibra, el papel puede cortarse en primer lugar en tiras que son, p.ej. de 1/4 a 1/2 de pulgada de ancho, usando una trituradora, p.ej. una trituradora de tornillo contrarrotatorio, tal como las fabricadas por Munson (Atica, N.Y.). Como alternativa a la trituración, el papel puede reducirse en tamaño cortando hasta un tamaño deseado usando un cortador de guillotina. Por ejemplo, el cortador de guillotina puede usarse para cortar el papel en láminas que son,

40

45

p.ej., de 10 pulgadas de ancho por 12 pulgadas de largo.

En algunas realizaciones, el cizallamiento de la fuente de fibra y el paso del primer material fibroso resultante a través de un primer tamiz se efectúan simultáneamente. El cizallamiento y el paso pueden efectuarse también en un proceso de tipo lote.

50

Por ejemplo, puede usarse un cortador de cuchilla giratoria para cizallar la fuente de fibra y cribar simultáneamente el primer material fibroso. Un cortador de cuchilla giratoria incluye una tolva que puede cargarse con una fuente de fibra triturada preparada triturando una fuente de fibra. La fuente de fibra triturada de algunas implementaciones, la

materia prima, se trata físicamente antes de la sacarificación y/o fermentación. Los procesos de tratamiento físico pueden incluir uno o más de cualquiera de los descritos en la presente memoria, tales como tratamiento mecánico, tratamiento químico, irradiación, sonicación, oxidación, pirólisis o explosión por vapor. Los procedimientos de tratamiento pueden usarse en combinaciones de dos, tres, cuatro o incluso todas estas tecnologías (en cualquier orden). Cuando se usa más de un procedimiento de tratamiento, los procedimientos pueden aplicarse al mismo tiempo o en momentos diferentes. Pueden usarse también otros procesos que cambian la estructura molecular de una materia prima de biomasa, solos o en combinación con los procesos divulgados en la presente memoria.

Tratamientos mecánicos

10 En algunos casos, los procedimientos pueden incluir tratar mecánicamente la materia prima de biomasa. Los tratamientos mecánicos incluyen, por ejemplo, cortado, molienda, compresión, molturación, cizallamiento y troceado. La molienda puede incluir, por ejemplo, molienda de bolas, molienda de martillos, molienda en seco o húmedo con rotor/estator u otros tipos de molienda. Otros tratamientos mecánicos incluyen, p.ej., molturación con piedra, 15 agrietamiento, arranque o desgarramiento mecánicos, molturación por púas o molienda por fricción.

El tratamiento mecánico puede ser ventajoso para "abrir", "estresar", romper y despedazar los materiales celulósicos o lignocelulósicos, haciendo a la celulosa de los materiales más susceptible de escisión de cadena y/o reducción de la cristalinidad. Los materiales abiertos pueden ser también más susceptibles de oxidación cuando se irradian.

20 En algunos casos, el tratamiento mecánico puede incluir una preparación inicial de la materia prima como se recibe, p.ej. reducción de tamaño de los materiales, tal como por cortado, molturación, cizallamiento, pulverización o troceado. Por ejemplo, en algunos casos, se prepara materia prima suelta (p.ej., papel reciclado, materiales de almidón o hierba aguja) por cizallamiento o trituración.

25 Como alternativa, o además, puede tratarse físicamente en primer lugar el material de materia prima mediante uno o más de los otros procedimientos de tratamiento físico, p.ej., tratamiento químico, radiación, sonicación, oxidación, pirólisis o explosión por vapor, y tratarse entonces mecánicamente. Esta secuencia puede ser ventajosa, puesto que los materiales tratados mediante uno o más de los otros tratamientos, p.ej. irradiación o pirólisis, tienden a ser más quebradizos y, por lo tanto, puede ser más fácil cambiar adicionalmente la estructura molecular del material por 30 tratamiento mecánico.

En algunas realizaciones, el material de materia prima está en forma de un material fibroso, y el tratamiento mecánico incluye cizallamiento para exponer las fibras del material fibroso. El cizallamiento puede efectuarse, por ejemplo, usando un cortador de cuchilla giratoria. Otros procedimientos de tratamiento mecánico de materia prima 35 incluyen, por ejemplo, molienda o molturación. La molienda puede efectuarse usando, por ejemplo, un molino de martillos, molino de bolas, molino coloidal, molino cónico o de cono, molino de disco, molino de muelas verticales, molino Wiley o molino de grano. La molturación puede efectuarse usando, por ejemplo, un molino de piedra, molino de púas, molino de café o molino de rodillos. La molturación puede proporcionarse, por ejemplo, por una púa 40 alternante u otro elemento, como es el caso en un molino de púas. Otros procedimientos de tratamiento mecánico incluyen arranque o desgarramiento mecánicos, otros procedimientos que aplican presión al material y molienda por fricción. Los tratamientos mecánicos adecuados incluyen además cualquier otra técnica que cambie la estructura molecular de la materia prima.

45 Si se desea, el material tratado mecánicamente puede pasarse a través de un tamiz, p.ej., que tiene un tamaño medio de abertura de 1,59 mm o menos (1/16 pulgadas, 0,0625 pulgadas). En algunas realizaciones, el cizallamiento u otro tratamiento mecánico y el tamizado se efectúan simultáneamente. Por ejemplo, puede usarse un cortador de cuchilla giratoria para cizallar y tamizar simultáneamente la materia prima. La materia prima se cizalla entre hojas estacionarias y hojas giratorias para proporcionar un material cizallado que pasa a través de un tamiz y 50 se captura en una cuba.

El material celulósico o lignocelulósico puede tratarse mecánicamente en estado seco (p.ej., que tiene poca o ninguna agua sobre su superficie), estado hidratado (p.ej., que tiene hasta un 10 % en peso de agua absorbida) o en estado húmedo, p.ej. que tiene entre aproximadamente un 10 % y aproximadamente un 75 % en peso de agua. La 55 fuente de fibra puede incluso tratarse mecánicamente mientras se sumerge parcial o completamente bajo un líquido, tal como agua, etanol o isopropanol.

El material celulósico o lignocelulósico de la fuente de fibra puede tratarse mecánicamente también bajo un gas (tal como una corriente o atmósfera de gas distinto del aire), p.ej. oxígeno o nitrógeno, o vapor.

60

Si se desea, la lignina puede retirarse de cualquiera de los materiales fibrosos que incluyen lignina. También, para ayudar a la descomposición de los materiales que incluyen celulosa, puede tratarse el material antes o durante el tratamiento mecánico o irradiación con calor, un producto químico (p.ej., ácido mineral, base o un oxidante fuerte tal como hipoclorito de sodio) y/o una enzima. Por ejemplo, la molturación puede efectuarse en presencia de un ácido.

5

Los sistemas de tratamiento mecánico pueden configurarse para producir corrientes con características de morfología específicas tales como, por ejemplo, área superficial, porosidad, densidad aparente y, en el caso de materias primas fibrosas, características de fibra tales como la relación de longitud a anchura.

10 En algunas realizaciones, el área superficial de BET del material tratado mecánicamente es mayor de 0,1 m²/g, p.ej. mayor de 0,25 m²/g, mayor de 0,5 m²/g, mayor de 1,0 m²/g, mayor de 1,5 m²/g, mayor de 1,75 m²/g, mayor de 5,0 m²/g, mayor de 10 m²/g, mayor de 25 m²/g, mayor de 35 m²/g, mayor de 50 m²/g, mayor de 60 m²/g, mayor de 75 m²/g, mayor de 100 m²/g, mayor de 150 m²/g, mayor de 200 m²/g o incluso mayor de 250 m²/g.

15 La porosidad del material tratado mecánicamente puede ser, p.ej., mayor de un 20 %, mayor de un 25 %, mayor de un 35 %, mayor de un 50 %, mayor de un 60 %, mayor de un 70 %, mayor de un 80 %, mayor de un 85 %, mayor de un 90 %, mayor de un 92 %, mayor de un 94 %, mayor de un 95 %, mayor de un 97,5 %, mayor de un 99 % o incluso mayor de un 99,5 %.

20 En algunas realizaciones, después del tratamiento mecánico el material tiene una densidad aparente de menos de 0,25 g/cm³, p.ej. 0,20 g/cm³, 0,15 g/cm³, 0,10 g/cm³, 0,05 g/cm³ o menos, p.ej., 0,025 g/cm³. Se determina la densidad aparente usando la norma ASTM D1895B. Brevemente, el procedimiento implica rellenar un cilindro de medida de volumen conocido con una muestra y obtener el peso de la muestra. Se calcula la densidad aparente dividiendo el peso de la muestra en gramos entre el volumen conocido del cilindro en centímetros cúbicos.

25

Si la materia prima es un material fibroso, las fibras del material tratado mecánicamente de materiales fibrosos puede tener una relación media de longitud a diámetro relativamente grande (p.ej., mayor de 20 a 1), incluso si se han cizallado más de una vez. Además, las fibras de los materiales fibrosos descritos en la presente memoria pueden tener una distribución de longitud y/o relación de longitud a diámetro relativamente estrecha.

30

Como se usa en la presente memoria, las anchuras medias de fibra (p.ej., diámetros) son aquellas determinadas ópticamente por selección aleatoria de aproximadamente 5.000 fibras. Las longitudes medias de fibra son longitudes ponderadas por longitud corregidas. Las áreas superficiales de BET (Brunauer, Emmet y Teller) son áreas de superficie multipuntual, y las porosidades son aquellas determinadas por porosimetría de mercurio.

35

Si la segunda materia prima es un material fibroso 14, la relación media de longitud a diámetro de las fibras del material tratado mecánicamente puede ser, p.ej., mayor de 8/1, p.ej. mayor de 10/1, mayor de 15/1, mayor de 20/1, mayor de 25/1 o mayor de 50/1. La longitud media de fibra del material tratado mecánicamente 14 puede ser, p.ej., de entre aproximadamente 0,5 mm y 2,5 mm, p.ej. de entre aproximadamente 0,75 mm y 1,0 mm y la anchura media (p.ej., diámetro) del segundo material fibroso 14 puede ser, p.ej., de entre aproximadamente 5 µm y 50 µm, p.ej., de entre aproximadamente 10 µm y 30 µm.

40

En algunas realizaciones, si la materia prima es un material fibroso, la desviación estándar de la longitud de la fibra del material tratado mecánicamente puede ser menor del 60 % de la longitud media de fibra del material tratado mecánicamente, p.ej. menor del 50 % de la longitud media, menor del 40 % de la longitud media, menor del 25 % de la longitud media, menor del 10 % de la longitud media, menor del 5 % de la longitud media o incluso menor del 1 % de la longitud media.

45

En algunas situaciones, puede ser deseable preparar un material de baja densidad aparente, densificar el material (p.ej., para hacerlo más fácil y menos costoso de transportar a otro sitio) y revertir entonces el material a un estado de menor densidad aparente. Los materiales densificados pueden procesarse mediante cualquiera de los procedimientos descritos en la presente memoria, o cualquier material procesado mediante cualquiera de los procedimientos descritos en la presente memoria puede densificarse posteriormente, p.ej. como se divulga en el documento de EE.UU. nº de serie 12/429.045 y el documento WO 2008/073186.

50

Tratamiento para solubilizar, reducir la recalcitrancia o funcionalizar

Los materiales que se han preparado físicamente o no pueden tratarse para uso en cualquier proceso de producción descrito en la presente memoria. Uno o más de los procesos de producción descritos a continuación pueden incluirse en la unidad operativa reductora de la recalcitrancia discutida anteriormente. Como alternativa, o además,

60

pueden incluirse otros procesos para reducir la recalcitrancia.

Los procesos de tratamiento utilizados por la unidad operativa reductora de la recalcitrancia pueden incluir uno o más de irradiación, sonicación, oxidación, pirólisis o explosión por vapor. Los procedimientos de tratamiento pueden usarse en combinaciones de dos, tres, cuatro o incluso todas estas tecnologías (en cualquier orden).

Tratamiento de radiación

10 Pueden usarse una o más secuencias de procesamiento por radiación para procesar materiales de la materia prima y proporcionar una amplia variedad de diferentes fuentes para extraer sustancias útiles de la materia prima, y para proporcionar material modificado estructuralmente degradado parcialmente que funciona como entrada para etapas y/o secuencias de procesamiento adicionales. La irradiación, por ejemplo, puede reducir el peso molecular y/o la cristalinidad de la materia prima. La radiación puede esterilizar también los materiales, o cualquier medio necesario para bioprocasar el material.

15 En algunas realizaciones, se usa la energía depositada en un material que libera un electrón de su orbital atómico para irradiar los materiales. La radiación puede proporcionarse por (1) partículas pesadas cargadas, tales como partículas alfa o protones, (2) electrones producidos, por ejemplo, en desintegración beta o aceleradores de rayos de electrones o (3) radiación electromagnética, por ejemplo rayos gamma, rayos X o rayos ultravioleta. En un enfoque, puede usarse la radiación producida por sustancias radiactivas para irradiar la materia prima. En algunas realizaciones, puede utilizarse cualquier combinación en cualquier orden o simultáneamente de (1) a (3). En otro enfoque, puede usarse radiación electromagnética (p.ej., producida usando emisores de rayo de electrones) para irradiar la materia prima. Las dosis aplicadas dependen del efecto deseado y de la materia prima particular.

20 En algunos aspectos, cuando es deseable la escisión de cadena y/o es deseable la funcionalización de la cadena polimérica, pueden utilizarse partículas más pesadas que electrones, tales como protones, núcleos de helio, iones de argón, iones de silicio, iones de neón, iones de carbono, iones de fósforo, iones de oxígeno o iones de nitrógeno. Cuando se desea la escisión de cadena con apertura de anillo, pueden utilizarse partículas cargadas positivamente por sus propiedades de ácido de Lewis para una escisión de cadena con apertura de anillo mejorada. Por ejemplo, cuando se desea una oxidación máxima, pueden utilizarse iones de oxígeno, y cuando se desea una nitración máxima pueden utilizarse iones de nitrógeno. Se describe el uso de partículas pesadas y partículas cargadas positivamente en el documento US 2010-0108567 A1.

25 En un procedimiento, se irradia un primer material que es o incluye celulosa que tiene un primer peso molecular medio numérico (M_{N1}), p.ej., mediante tratamiento con radiación ionizante (p.ej., en forma de radiación gamma, radiación de rayos X, luz ultravioleta (UV) de 100 nm a 280 nm, un rayo de electrones u otras partículas cargadas), proporcionando un segundo material que incluye celulosa que tiene un segundo peso molecular medio numérico (M_{N2}) menor que el primer peso molecular medio numérico. El segundo material (o el primer y el segundo material) pueden combinarse con un microorganismo (con o sin tratamiento enzimático) que puede utilizar el segundo y/o primer material o sus azúcares o lignina constituyentes para producir un intermedio o un producto tales como los descritos en la presente memoria.

30 Puesto que el segundo material incluye celulosa que tiene un peso molecular reducido respecto al primer material, y en algunos casos una cristalinidad reducida también, el segundo material es generalmente más dispersable, hinchable y/o soluble, p.ej. en una solución que contiene un microorganismo y/o una enzima. Estas propiedades hacen al segundo material más fácil de procesar y más susceptible al ataque químico, enzimático y/o biológico respecto al primer material, lo que puede mejorar en gran medida la tasa de producción y/o el nivel de producción de un producto deseado, p.ej. etanol. La radiación puede esterilizar también los materiales, o cualquier medio necesario para bioprocasar el material.

35 En algunas realizaciones, el segundo material puede tener un nivel de oxidación (O_2) que es mayor que el nivel de oxidación (O_1) del primer material. Un mayor nivel de oxidación del material puede ayudar a su dispersabilidad, hinchabilidad y/o solubilidad, mejorando además la susceptibilidad del material al ataque químico, enzimático o biológico. En algunas realizaciones, para aumentar el nivel de oxidación del segundo material respecto al primer material, se efectúa la irradiación bajo un entorno oxidante, p.ej. bajo una lámina de aire u oxígeno, produciendo un segundo material que está más oxidado que el primer material. Por ejemplo, el segundo material puede tener más grupos hidroxilo, grupos aldehído, grupos cetona, grupos éster o grupos ácido carboxílico, lo que puede aumentar su hidrofilia.

60 **Radiación ionizante**

Cada forma de radiación ioniza el material que contiene carbono mediante interacciones particulares, como se determina por la energía de la radiación. Las partículas cargadas pesadas ionizan principalmente a través de dispersión de Coulomb; además, estas interacciones producen electrones energéticos que pueden ionizar
5 adicionalmente la materia. Las partículas alfa son idénticas al núcleo de un átomo de helio y se producen por la desintegración alfa de diversos núcleos radiactivos, tales como isótopos de bismuto, polonio, ástato, radón, francio, radio, varios actínidos tales como actinio, torio, uranio, neptunio, curio, californio, americio y plutonio.

Cuando se utilizan partículas, pueden ser neutras (no cargadas), cargadas positivamente o cargadas negativamente.
10 Cuando son cargadas, las partículas cargadas pueden portar una carga positiva o negativa simple o múltiples cargas, p.ej. una, dos, tres o incluso cuatro o más cargas. En aspectos en que se desea la escisión de cadena, pueden ser deseable partículas cargadas positivamente, en parte debido a su naturaleza ácida. Cuando se utilizan partículas, las partículas pueden tener la masa de un electrón en reposo o mayor, p.ej. 500, 1000, 1500, 2000,
15 masa de aproximadamente 1 unidad atómica a aproximadamente 150 unidades atómicas, p.ej. de aproximadamente 1 unidad atómica a aproximadamente 50 unidades atómicas, o de aproximadamente 1 a aproximadamente 25, p.ej. 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 o 15 uma. Los aceleradores usados para acelerar las partículas pueden ser de CC electrostática, CC electrodinámica, lineal de RF, lineal de inducción magnética o de onda continua. Por ejemplo, los aceleradores de tipo ciclotrón están disponibles en IBA, Bélgica, tales como el sistema Rhodotron®, mientras que los aceleradores
20 de tipo CC están disponibles en RDI, ahora IBA Industrial, tales como Dynamitron®. Se discuten iones y aceleradores de iones en 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" Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 de marzo de 2006, Iwata, Y. y col., "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators" Proceedings of EPAC 2006, Edimburgo, Escocia y Leaner, C.M. y col., "Status of the Superconducting
25 ECR Ion Source Venus" Proceedings of EPAC 2000, Viena, Austria.

En algunas realizaciones, se usa un rayo de electrones como fuente de radiación. Un rayo de electrones tiene la ventaja de tasas de dosis altas (p.ej., 1, 5 o incluso 10 Mrad por segundo), alto rendimiento, menos contención y menos equipo de confinamiento. Los electrones pueden ser también más eficientes para causar la escisión de
30 cadena. Además, los electrones que tienen energías de 4-10 MeV pueden tener una profundidad de penetración de 5 a 30 mm o más, tal como 40 mm. En algunos casos, se usan dispositivos de rayos de electrones múltiples (p.ej., múltiples cabezas, a menudo se hacen referencia como "horquillas") para suministrar múltiples dosis de radiación de rayo de electrones al material. Esta alta potencia de rayo total se consigue habitualmente utilizando múltiples cabezas acelerantes. Por ejemplo, el dispositivo de rayo de electrones puede incluir dos, cuatro o más cabezas
35 acelerantes. Como ejemplo, el dispositivo de rayo de electrones puede incluir cuatro cabezas acelerantes, cada una de las cuales tiene una potencia de rayo de 300 kW, para una potencia de rayo total de 1200 kW. El uso de múltiples cabezas, cada una de las cuales tiene una potencia de rayo de electrones relativamente baja, previene una subida excesiva de la temperatura en el material, previniendo así la combustión del material, y aumenta también la uniformidad de la dosis a través del grosor de la capa de material.
40

Los rayos de electrones pueden generarse, p.ej., mediante generadores electrostáticos, generadores de cascada, generadores transformadores, aceleradores de baja energía con un sistema de cribado, aceleradores de baja energía con un cátodo lineal, aceleradores lineales y aceleradores por pulsos. Los electrones como fuente de radiación ionizante pueden ser útiles, p.ej., para pilas relativamente finas de materiales, p.ej. de menos de 0,5
45 pulgadas, menos de 0,4 pulgadas, 0,3 pulgadas, 0,2 pulgadas o menos de 0,1 pulgadas. En algunas realizaciones, la energía de cada electrón en el rayo de electrones es de aproximadamente 0,3 MeV a aproximadamente 2,0 MeV (millones de electronvoltios), p.ej. de aproximadamente 0,5 MeV a aproximadamente 1,5 MeV, o de aproximadamente 0,7 MeV a aproximadamente 1,25 MeV.

Los dispositivos de irradiación por rayo de electrones pueden procurarse comercialmente en Ion Beam Applications, Louvain-la-Neuve, Bélgica o the Titan Corporation, San Diego, CA. Las energías de electrón típicas pueden ser de 1 MeV, 2 MeV, 4,5 MeV, 7,5 MeV o 10 MeV. La potencia del dispositivo de irradiación de rayo de electrones típica puede ser de 1 kW, 5 kW, 10 kW, 20 kW, 50 kW, 100 kW, 250 kW o 500 kW. El nivel de despolimerización de la materia prima depende de la energía electrónica usada y de la dosis aplicada, mientras que el tiempo de exposición
55 depende de la potencia y la dosis. Las dosis típicas pueden tomar valores de 1 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 20 kGy, 50 kGy, 100 kGy o 200 kGy.

Radiación electromagnética

60 En realizaciones en que se efectúa la irradiación con radiación electromagnética, la radiación electromagnética

puede tener, p.ej., una energía por fotón (en electronvoltios) de más de 10^2 eV, p.ej. mayor de 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 o incluso mayor de 10^7 eV. En algunas realizaciones la radiación electromagnética tiene una energía por fotón de entre 10^4 y 10^7 , p.ej. entre 10^5 y 10^6 eV. La radiación electromagnética puede tener una frecuencia, p.ej., mayor de 10^{16} Hz, mayor de 10^{17} Hz, 10^{18} , 10^{19} , 10^{20} o incluso mayor de 10^{21} Hz. En algunas realizaciones, la radiación electromagnética tiene una frecuencia de entre 10^{18} y 10^{22} Hz, p.ej. entre 10^{19} y 10^{21} Hz.

Dosis

En algunas realizaciones, se efectúa la irradiación (con cualquier fuente de radiación o una combinación de fuentes) hasta que el material recibe una dosis de al menos 0,25 Mrad, p.ej. al menos 1,0, 2,5, 5,0, 8,0, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 o incluso al menos 100 Mrad. En algunas realizaciones, se efectúa la irradiación hasta que el material recibe una dosis de entre 1,0 Mrad y 6,0 Mrad, p.ej. entre 1,5 Mrad y 4,0 Mrad, 2 Mrad y 10 Mrad, 5 Mrad y 20 Mrad, 10 Mrad y 30 Mrad, 10 Mrad y 40 Mrad o 20 Mrad y 50 Mrad.

En algunas realizaciones, se efectúa la irradiación a una tasa de dosis de entre 5,0 y 1500,0 kilorad/hora, p.ej. entre 10,0 y 750,0 kilorad/hora o entre 50,0 y 350,0 kilorad/hora.

En algunas realizaciones, se usan dos o más fuentes de radiación, tales como dos o más radiaciones ionizantes. Por ejemplo, las muestras pueden tratarse, en cualquier orden, con un rayo de electrones, seguido de radiación gamma y luz UV que tiene longitudes de onda de aproximadamente 100 nm a aproximadamente 280 nm. En algunas realizaciones, se tratan las muestras con tres fuentes de radiación ionizante, tales como un rayo de electrones, radiación gamma y luz UV energética.

Sonicación, pirólisis y oxidación

Además del tratamiento de radiación, la materia prima puede tratarse con una cualquiera o más de sonicación, pirólisis y oxidación. Estos procesos de tratamiento se describen en el documento US 2009-0286295 A1.

Otros procesos para solubilizar, reducir la recalcitrancia o funcionalizar

Puede usarse cualquiera de los procesos de este párrafo solo sin ninguno de los procesos descritos en la presente memoria, o en combinación con cualquiera de los procesos descritos en la presente memoria (en cualquier orden): explosión por vapor, tratamiento químico (p.ej., tratamiento ácido (incluyendo tratamiento con ácido concentrado y diluido con ácidos minerales tales como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y ácidos orgánicos tales como ácido trifluoroacético)), y/o tratamiento básico (p.ej., tratamiento con cal o hidróxido de sodio)), tratamiento UV, tratamiento de extrusión de tornillo, tratamiento de disolvente (p.ej., tratamiento con líquidos iónicos) y molienda tras congelación.

PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES ÁCIDOS, ÉSTERES Y/U OTROS PRODUCTOS

Después de efectuar una o más de las etapas de procesamiento discutidas anteriormente en la biomasa, pueden procesarse los carbohidratos complejos contenidos en las fracciones de celulosa y hemicelulosa hasta azúcares fermentables usando un proceso de sacarificación, como se discute anteriormente.

Después de transportar la solución de azúcar resultante a una instalación de fabricación, pueden convertirse los azúcares en una variedad de productos, tales como alcoholes, p.ej. etanol, u ácidos orgánicos. El producto obtenido depende del microorganismo utilizado y de las condiciones en que ocurra el bioprocesamiento. Estas etapas pueden efectuarse, por ejemplo, utilizando el equipo existente de la instalación de fabricación de etanol basada en maíz.

Los procesos y equipos de mezclado discutidos en la presente memoria pueden usarse también durante el bioprocesamiento, si se desea. Ventajosamente, los sistemas de mezclado descritos en la presente memoria no confieren un alto cizallamiento al líquido, y no elevan significativamente la temperatura global del líquido. Como resultado, los microorganismos usados en el bioprocesamiento se mantienen en condición viable a lo largo del proceso. El mezclado puede mejorar la tasa de reacción y mejorar la eficiencia del proceso. Generalmente, la fermentación utiliza diversos microorganismos. La solución de azúcar producida por sacarificación de materiales lignocelulósicos contendrá generalmente xilosa así como glucosa. Puede ser deseable retirar la xilosa, p.ej. por cromatografía, ya que algunos microorganismos usados comúnmente (p.ej. levaduras) no actúan sobre la xilosa. La xilosa puede recogerse y utilizarse en la fabricación de otros productos, p.ej. piensos animales y el edulcorante xilitol. La xilosa puede retirarse antes o después del suministro de la solución de azúcar a la instalación de fabricación donde se efectuará la fermentación.

El microorganismo puede ser un microorganismo natural o un microorganismo genomanipulado, p.ej., cualquiera de los microorganismos discutidos en la sección de Materiales de la presente memoria.

- 5 El pH óptimo para la levadura es de aproximadamente pH 4 a 5, mientras que el pH óptimo para *Zymomonas* es de aproximadamente pH 5 a 6. Los tiempos de fermentación típicos son de aproximadamente 24 a 96 horas, con temperaturas en el intervalo de 26 a 40 °C, sin embargo los microorganismos termófilos prefieren temperaturas mayores.
- 10 Los grupos ácido carboxílico generalmente rebajan el pH de la solución de fermentación, tendiendo a inhibir la fermentación con algunos microorganismos, tal como *Pichia stipitis*. Por consiguiente, en algunos casos es deseable añadir una base y/o un tampón, antes o durante la fermentación, para elevar el pH de la solución. Por ejemplo, pueden añadirse hidróxido sódico o cal al medio de fermentación para elevar el pH del medio al intervalo que es óptimo para el microorganismo utilizado.
- 15 La fermentación se realiza generalmente en un medio acuoso de crecimiento, que puede contener una fuente de nitrógeno u otra fuente de nutrientes, p.ej., urea, junto con vitaminas y trazas de minerales y metales. Generalmente es preferible que el medio de crecimiento sea estéril, o al menos tenga una carga microbiana baja, por ejemplo, recuento bacteriano. La esterilización del medio de crecimiento puede lograrse de cualquier manera deseada. Sin embargo, en implementaciones preferidas, la esterilización se realiza irradiando el medio de crecimiento o los componentes individuales del medio de crecimiento antes del mezclado. La dosificación de radiación es generalmente tan baja como sea posible mientras se sigan obteniendo resultados adecuados, con el fin de minimizar el consumo de energía y el coste resultante. Por ejemplo, en muchos casos, el propio medio de crecimiento o los componentes del medio de crecimiento pueden tratarse con una dosis de radiación de menos de 5 Mrad, tal como
- 20 menos de 4, 3, 2 o 1 Mrad. En casos específicos, el medio de crecimiento es tratado con una dosis de entre aproximadamente 1 y 3 Mrad.

- En algunas realizaciones, puede interrumpirse todo o una porción del proceso de fermentación antes de que el azúcar de bajo peso molecular se convierta completamente en etanol. Los productos de fermentación intermedios
- 30 incluyen altas concentraciones de azúcar y carbohidratos. Estos productos de fermentación intermedios pueden usarse en la preparación de alimentos para consumo humano o animal. Adicionalmente, o como alternativa, los productos de fermentación intermedios pueden molturarse a un tamaño de partícula fino en un molino de laboratorio de acero inoxidable, produciendo una sustancia similar a harina.
- 35 Pueden utilizarse fermentadores móviles, como se describen en la solicitud de patente provisional de EE.UU. nº de serie 60/832.735, ahora solicitud internacional publicada nº WO 2008/011598. De forma similar, el equipo de sacarificación puede ser móvil. Además, la sacarificación y/o fermentación pueden efectuarse en parte o enteramente durante el tránsito.

40 **POSTPROCESAMIENTO**

- Después de la fermentación, pueden destilarse los fluidos resultantes usando, por ejemplo, una "columna de cerveza" para separar etanol y otros alcoholes de la mayoría de agua y sólidos residuales. El vapor que sale de la columna de cerveza puede ser, p.ej., etanol al 35 % en peso y puede alimentarse a una columna de rectificación.
- 45 Puede purificarse una mezcla casi azeotrópica de etanol (92,5 %) y agua de la columna de rectificación hasta etanol puro (99,5 %) usando tamices moleculares en fase de vapor. Los fondos de la columna de cerveza pueden enviarse al primer efecto de un evaporador de tres efectos. El condensador del reflujo de la columna de rectificación puede proporcionar calor para este primer efecto. Después del primer efecto, pueden separarse los sólidos usando una centrífuga y secarse en un secador giratorio. Puede reciclarse una porción (25 %) del efluente de la centrífuga a la
- 50 fermentación y enviarse el resto al segundo y tercer efectos del evaporador. La mayoría del condensado de evaporador puede devolverse al proceso en forma de condensado bastante limpio, con una pequeña porción separada para tratamiento de agua residual para prevenir la acumulación de compuestos de bajo punto de ebullición.

55 **INTERMEDIOS Y PRODUCTOS**

- Usando los procesos descritos en la presente memoria, la biomasa tratada puede convertirse en uno o más productos tales como energía, combustibles, alimentos y materiales. Los ejemplos específicos de productos incluyen, pero sin limitación, hidrógeno, alcoholes (p.ej., alcoholes monohidroxílicos o alcoholes dihidroxílicos tales
- 60 como etanol, n-propanol o n-butanol), alcoholes hidratados o acuosos, p.ej. que contienen más de un 10 %, 20 %, 30

% o incluso más de un 40 % de agua, xilitol, azúcares, biocombustible, ácidos orgánicos (p.ej., ácido acético y/o ácido láctico), hidrocarburos, coproductos (p.ej., proteínas tales como proteínas celulolíticas (enzimas) o proteínas monocelulares)) y mezclas de cualquiera de estos en cualquier combinación o concentración relativa, y opcionalmente en combinación con cualquier aditivo, p.ej. aditivos de combustible. Otros ejemplos incluyen ácidos carboxílicos, tales como ácido acético o ácido butírico, sales de ácido carboxílico, una mezcla de ácidos carboxílicos y sales de ácidos carboxílicos y ésteres de ácidos carboxílicos (p.ej., ésteres metílico, etílico y n-propílico), cetonas (p.ej., acetona), aldehídos (p.ej., acetaldehído), ácidos alfa,beta-insaturados tales como ácido acrílico y olefinas tales como etileno. Otros alcoholes y derivados de alcohol incluyen propanol, propilenglicol, 1,4-butanodiol, 1,3-propanodiol, ésteres metílico o etílico de cualquiera de estos alcoholes. Otros productos incluyen acrilato de metilo, metacrilato de metilo, ácido láctico, ácido propiónico, ácido butírico, ácido succínico, ácido 3-hidroxipropiónico, una sal de cualquiera de los ácidos y una mezcla de cualquiera de los ácidos y sales respectivas.

Se describen otros intermedios y productos, incluyendo productos alimentarios y farmacéuticos, en el documento US 2010-0124583 A1.

15

OTRAS REALIZACIONES

Se han descrito una serie de realizaciones.

20 En algunas implementaciones, los sistemas discutidos en la presente memoria, o componentes de estos sistemas, pueden ser portátiles, p.ej. a la manera del equipo de procesamiento móvil descrito en la solicitud internacional nº WO 2008/011598.

25 En cualquiera de los sistemas dispersantes descritos en la presente memoria, el flujo de fluido (líquido y/o gas) a través del sistema de dispersión puede ser continuo o por pulsos, o una combinación de periodos de flujo continuo con intervalos de flujo por pulsos. Cuando el flujo es por pulsos, los pulsos pueden ser regulares o irregulares.

30 Aunque se ha hecho referencia a tanques en la presente memoria, el proceso puede tener lugar en cualquier tipo de recipiente o contenedor, incluyendo lagunas, piscinas, estanques y similares. Si el contenedor en que tiene lugar el mezclado es una estructura en el suelo, tal como una laguna, puede estar revestido. El contenedor puede estar cubierto, p.ej. si está en el exterior, o descubierto.

35 En una realización alternativa, el sistema dispersante 134 puede omitirse en los sistemas mostrados en las FIG. 2A y 2B, y puede usarse una bomba para extraer líquido del tanque y suministrarlo a través de la tubería de salida 137 para humedecer el material de materia prima, que se dispersa entonces por la acción mezcladora del mezclador de chorro 144. En tales implementaciones, la bomba sería preferiblemente una bomba de bajo cizallamiento, p.ej. una bomba de desplazamiento positivo tal como las bombas de cavidad progresiva disponibles en SEEPEX y las bombas de lóbulos de Waukesha. Se prefiere también que la bomba sea capaz de bombear fluidos de alta viscosidad, puesto que la viscosidad del líquido aumentará a medida que se añada más materia prima.

40

Aunque se han descrito materias primas de biomasa en la presente memoria, pueden usarse otras materias primas y mezclas de materias primas de biomasa con otras materias primas. Por ejemplo, algunas implementaciones pueden utilizar mezclas de materias primas de biomasa con materias primas que contienen hidrocarburo.

45 Por consiguiente, están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones otras realizaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento que comprende:
 - 5 sacarificar una materia prima de biomasa en un recipiente, habiéndose dispersado la materia prima de biomasa en un medio líquido usando un sistema dispersante que extrae la materia prima y el medio líquido del recipiente y recircula la materia prima y el medio líquido de vuelta al recipiente, donde el sistema dispersante comprende una cámara y, dentro de la cámara, un miembro giratorio que incorpora la materia prima y el medio líquido en la cámara axialmente y expulsa una dispersión de materia prima en el medio desde la cámara radialmente.
- 10 2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el sistema dispersante comprende una bomba de desplazamiento positivo y donde, preferiblemente, la bomba de desplazamiento positivo es una bomba de cavidad progresiva.
- 15 3. El procedimiento de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde la materia prima tiene una densidad aparente de menos de aproximadamente $0,75 \text{ g/cm}^3$ y donde, opcionalmente, la materia prima comprende un material celulósico o lignocelulósico.
- 20 4. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el medio líquido comprende agua.
- 25 5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además suministrar un agente de sacarificación al recipiente y donde, preferiblemente, el agente de sacarificación comprende una enzima.
- 30 6. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el miembro giratorio funciona como hélice y la acción del miembro giratorio en la cámara es la de una bomba centrífuga y donde, opcionalmente, el miembro giratorio comprende elementos de mezclado organizados coaxialmente con un rotor que se dispone en relación de rotor-estator con una pared lateral de la cámara.
- 35 7. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además mezclar con un mezclador de chorro durante la sacarificación.
8. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sistema dispersante comprende además un mezclador de chorro.
- 40 9. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además suministrar la materia prima y/o un agente de sacarificación al recipiente desde una fuente dispuesta fuera del recipiente y donde, preferiblemente, la fuente está situada por encima del recipiente y donde, opcionalmente, la fuente comprende una tolva y la tolva está en comunicación con un dispositivo de vibración.
- 45 10. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además suministrar una corriente de medio líquido a la materia prima sobre la superficie del medio líquido para humedecer la materia prima y donde, opcionalmente, la materia prima está en una condición sustancialmente seca antes de suministro al recipiente.
- 50 11. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sistema dispersante comprende una pluralidad de dispositivos dispersantes.
- 55 12. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la sacarificación comprende añadir la materia prima al medio líquido en incrementos discretos; y dispersar cada incremento discreto de materia prima en el medio líquido con el sistema de dispersión antes de añadir otro incremento de materia prima.
- 60 13. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además monitorizar el nivel de glucosa de una mezcla de materia prima, medio líquido y agente de sacarificación durante la sacarificación.
14. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además añadir materia prima y agente de sacarificación adicional al recipiente durante la sacarificación y dispersar la materia prima en el medio usando el sistema de dispersión.

15. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el recipiente comprende un tanque.
- 5 16. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además añadir un emulsionante o tensioactivo a la mezcla en el recipiente.
17. Un sistema de sacarificación de materia prima que comprende:
- 10 un tanque,
un sistema de suministro configurado para suministrar una materia prima de biomasa y un medio líquido al tanque,
un sistema de dispersión configurado para dispersar la materia prima de biomasa en el medio líquido,
un dispositivo de suministro de agente de sacarificación configurado para suministrar una cantidad medida de agente de sacarificación al tanque, y
- 15 un mezclador configurado para mezclar los contenidos del tanque,
donde el sistema dispersante está configurado para extraer la materia prima y el medio líquido del tanque y recircularlos de vuelta al tanque, y donde el sistema dispersante comprende una cámara y, dentro de la cámara, un miembro giratorio que incorpora la materia prima y el medio líquido en la cámara axialmente y expulsa una dispersión de materia prima en el medio desde la cámara radialmente.
- 20 18. El sistema de la reivindicación 17, donde el sistema dispersante comprende una bomba de desplazamiento positivo y donde, opcionalmente, el sistema dispersante está configurado para suministrar una corriente de líquido a la materia prima sobre la superficie del líquido, humedeciendo la materia prima.
- 25 19. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 17 o 18, que comprende además un controlador que ajusta el funcionamiento del dispositivo de suministro de materia prima y/o el dispositivo de suministro de agente de sacarificación basándose en la entrada del monitor de par de torsión.
20. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, donde el mezclador comprende un
- 30 mezclador de chorro.

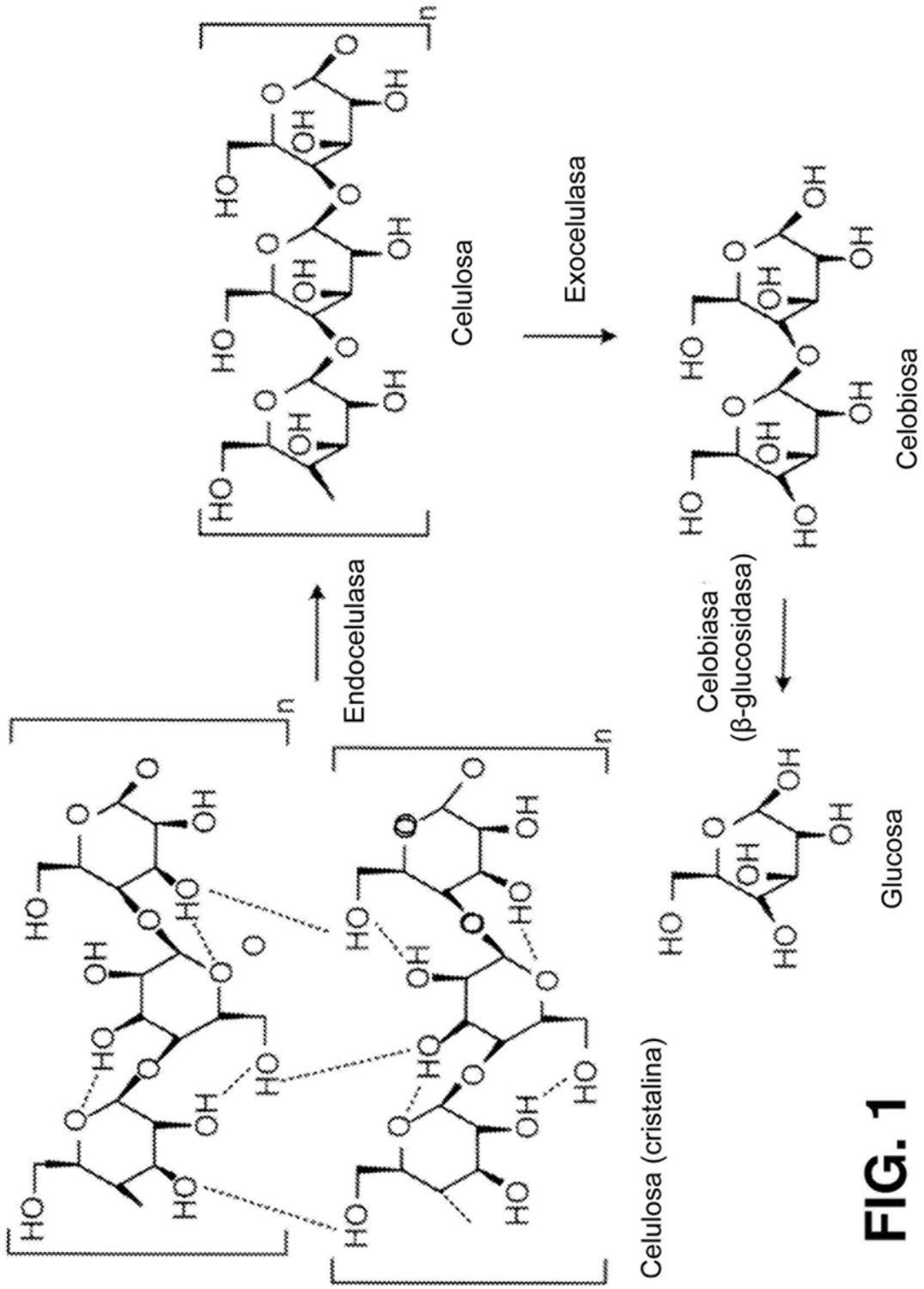


FIG. 1

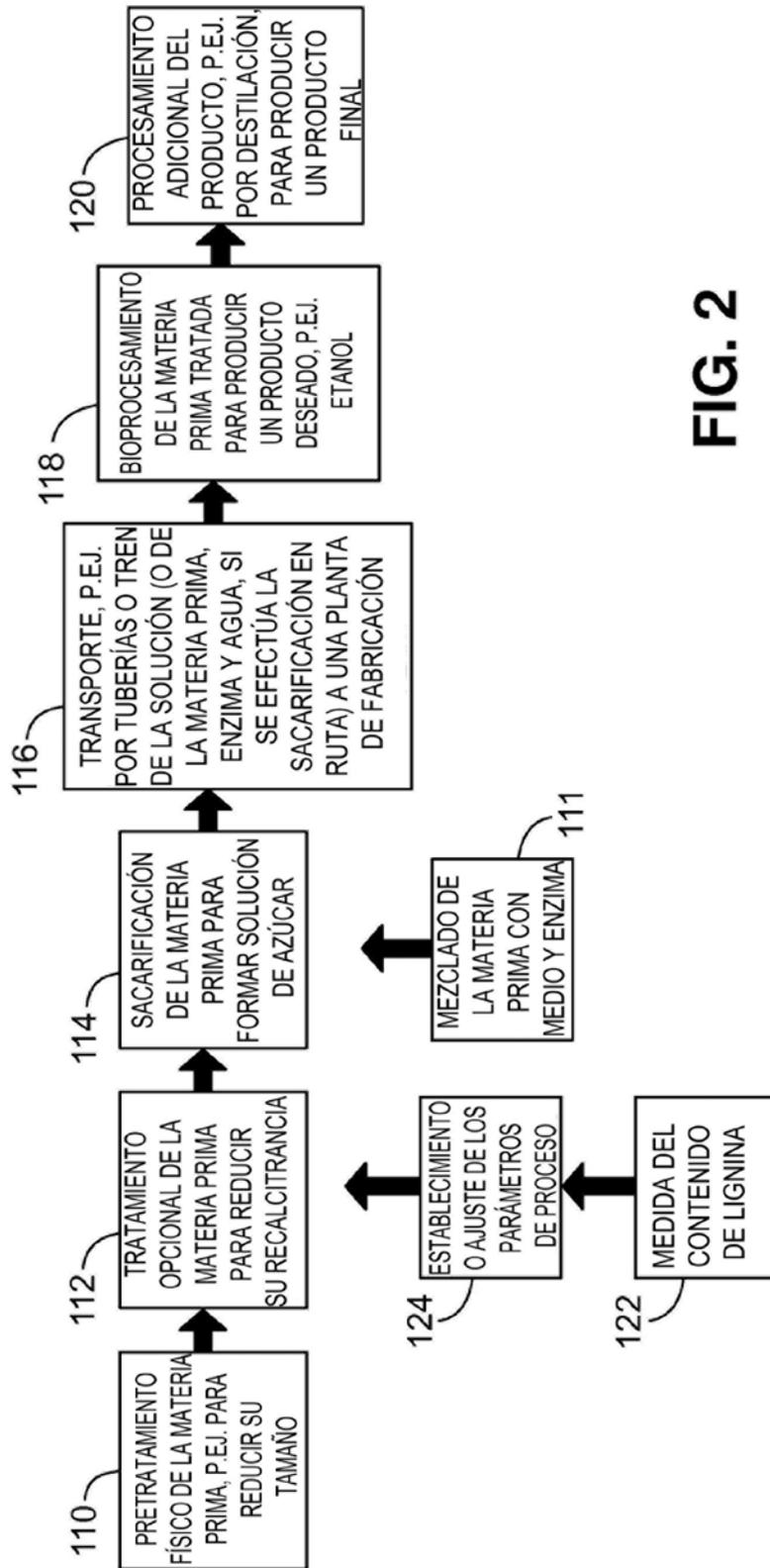


FIG. 2

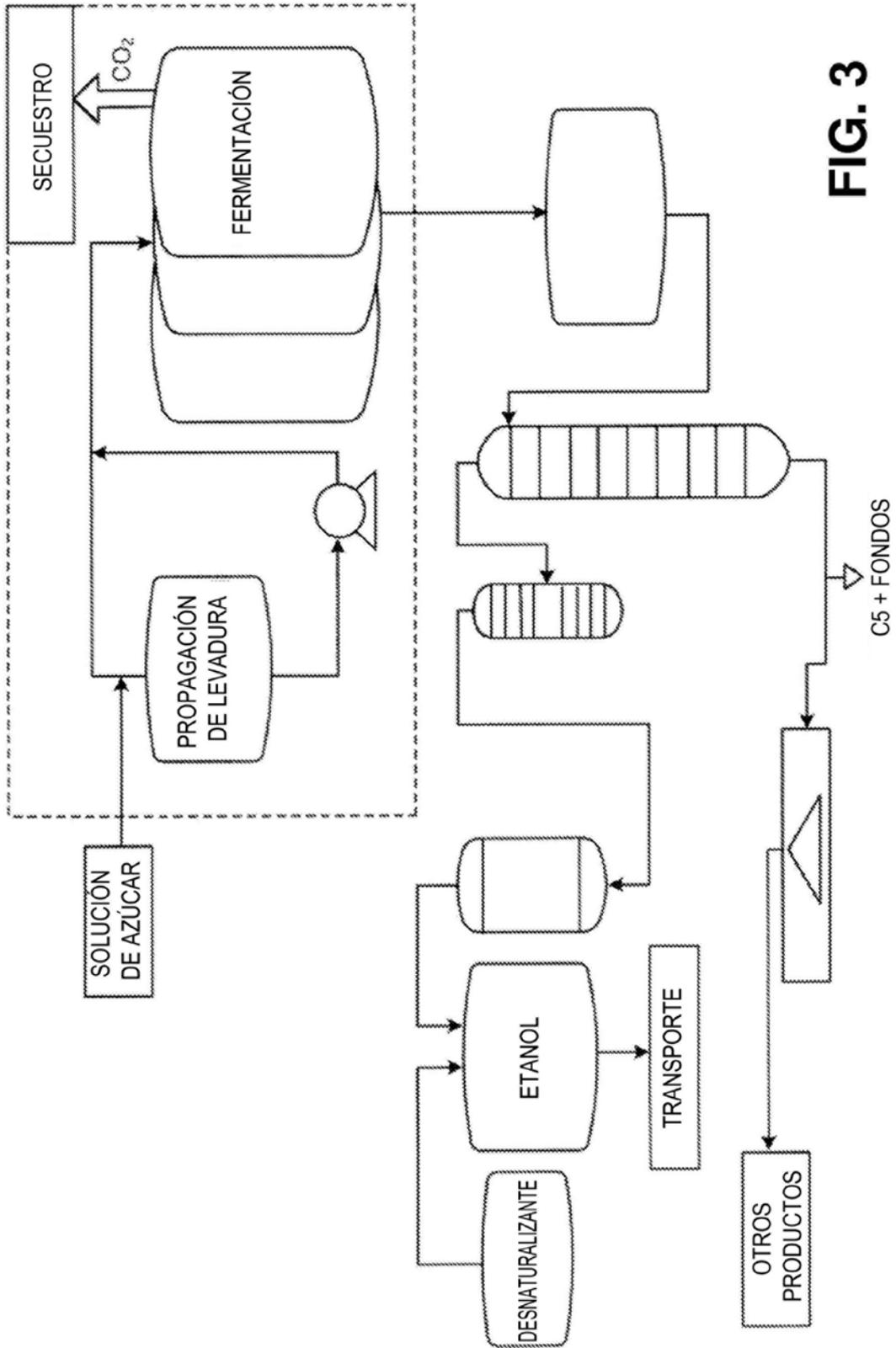


FIG. 3

FIG. 4

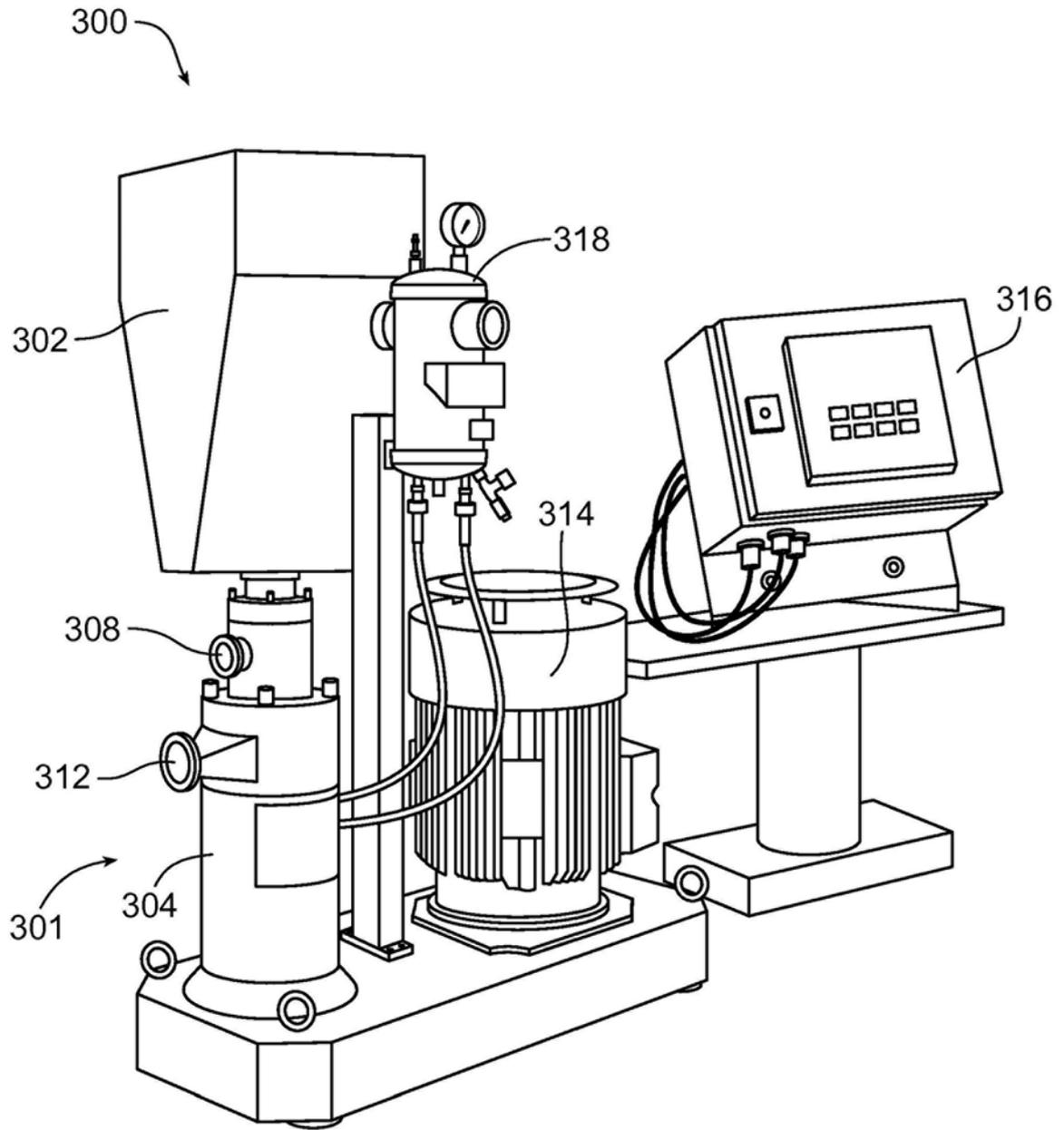


FIG. 5

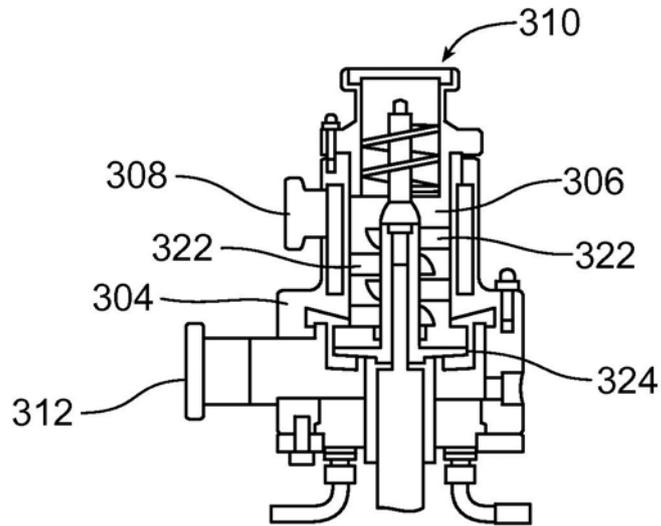


FIG. 5A

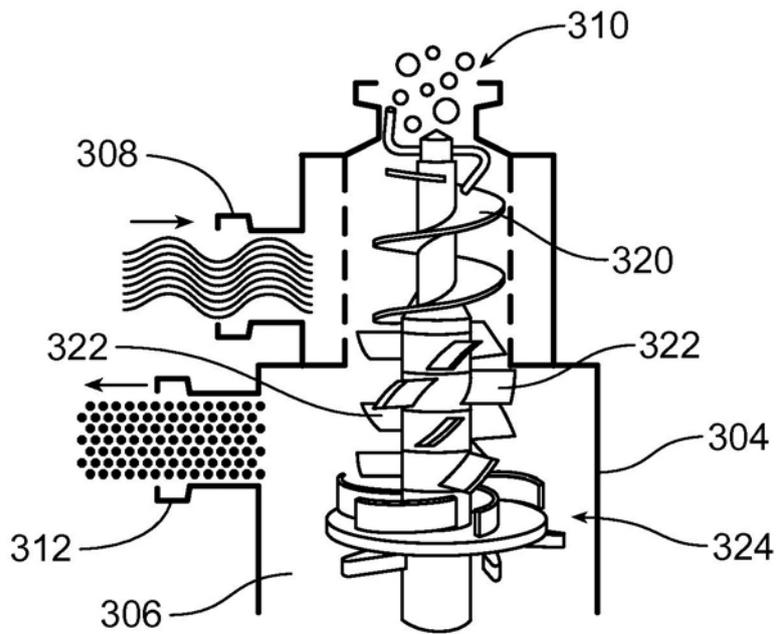


FIG. 6

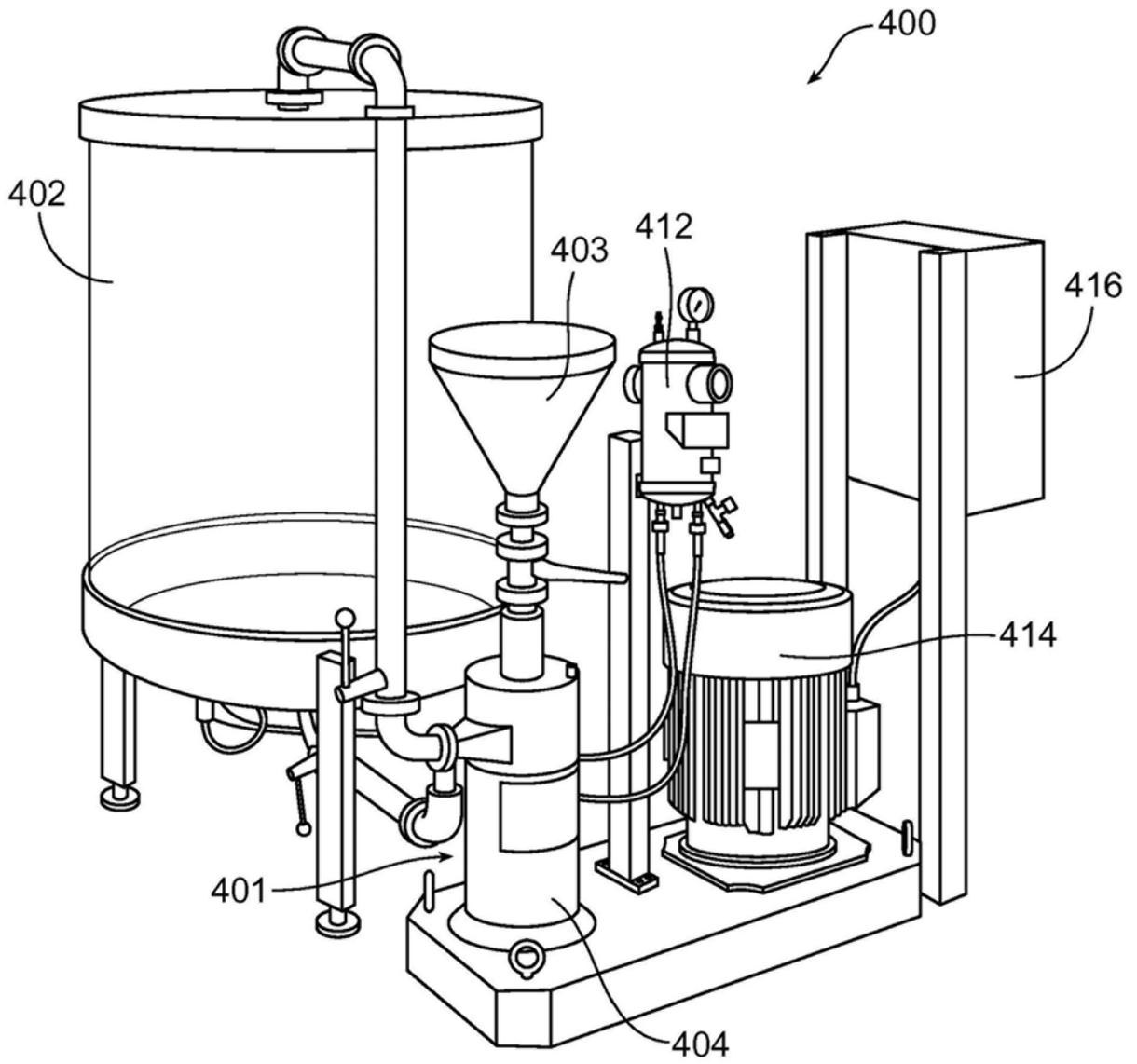


FIG. 7

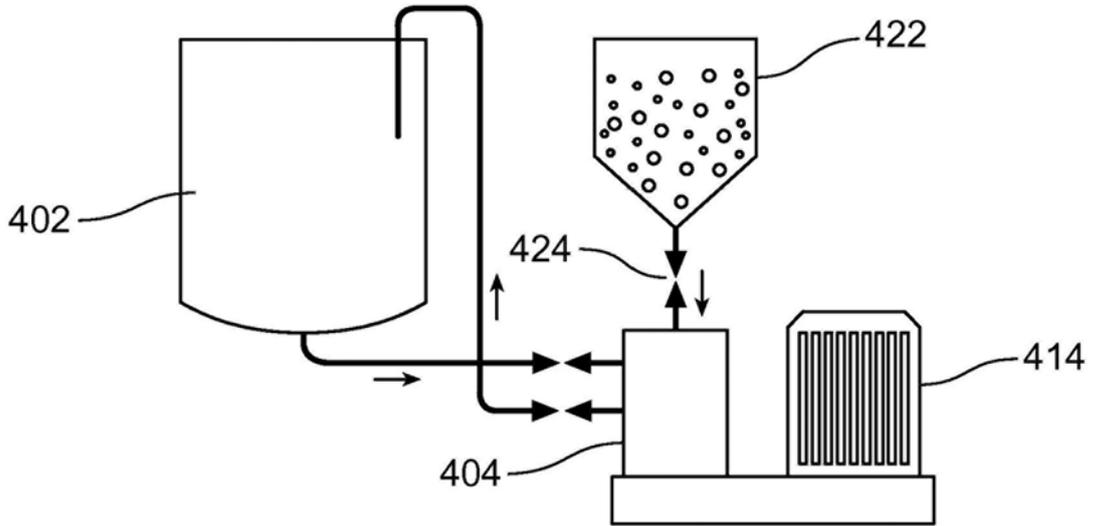


FIG. 7A

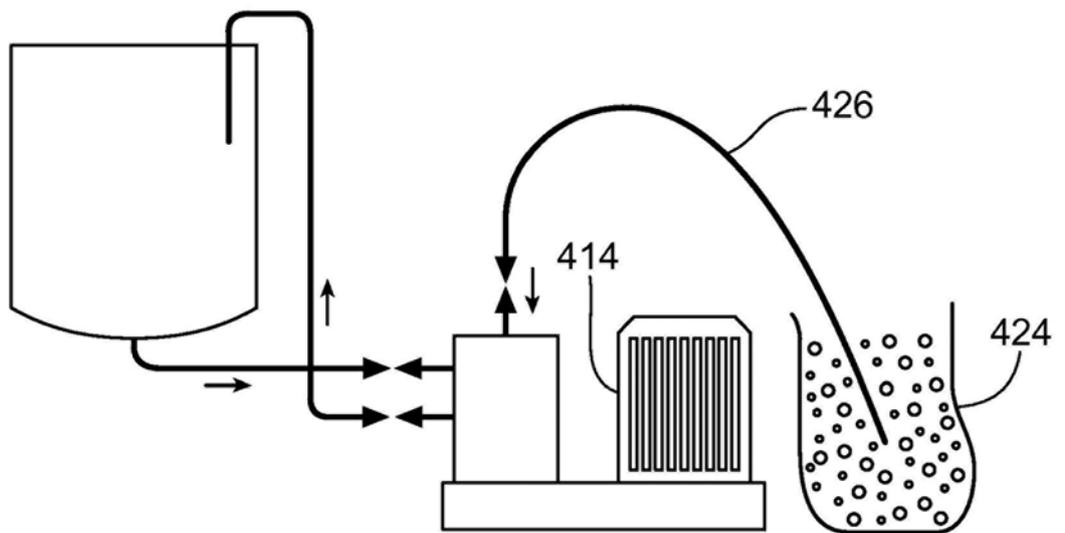
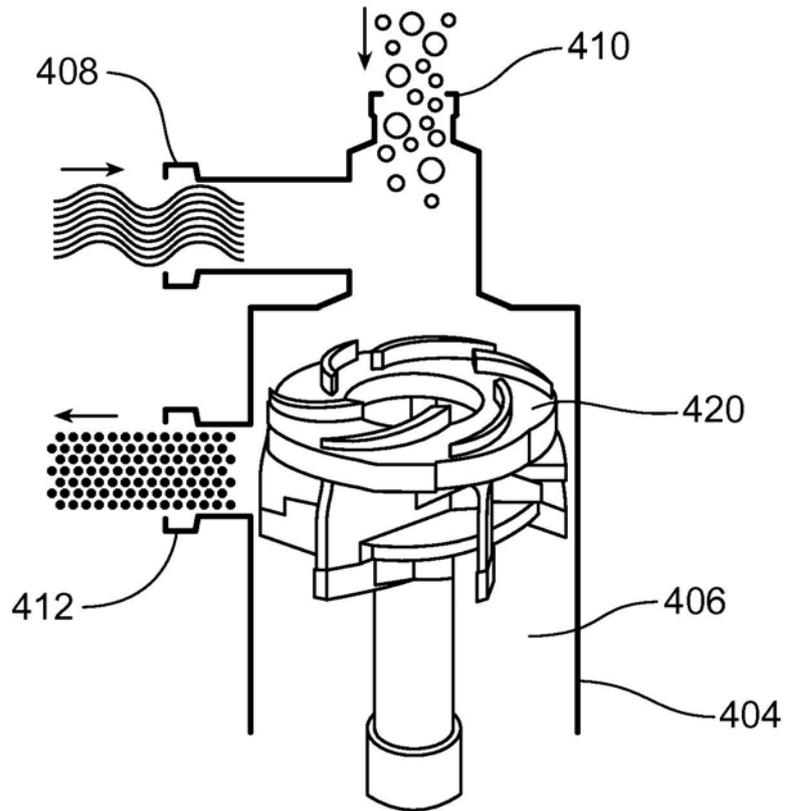


FIG. 8



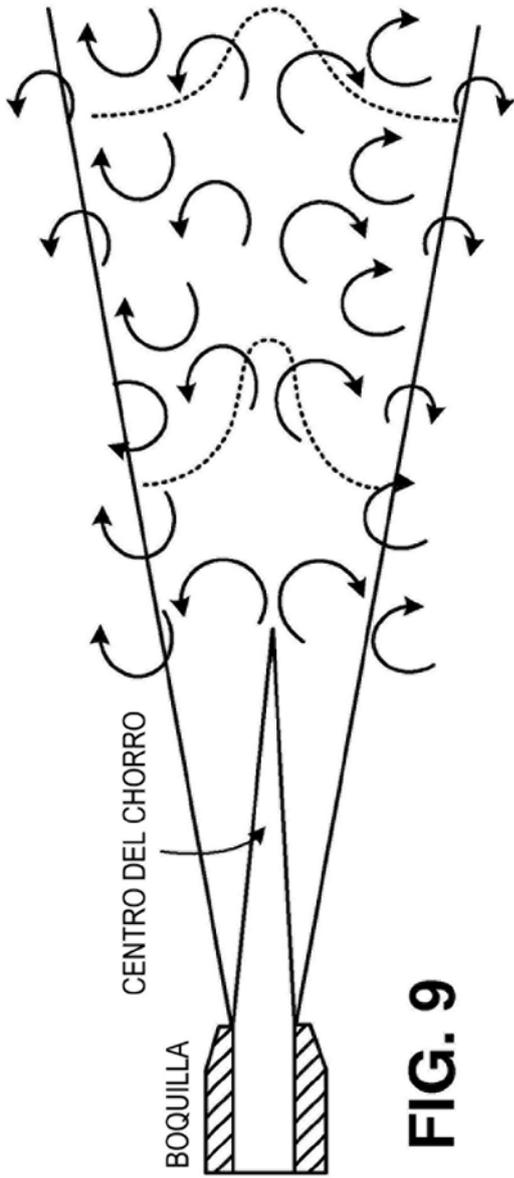


FIG. 9

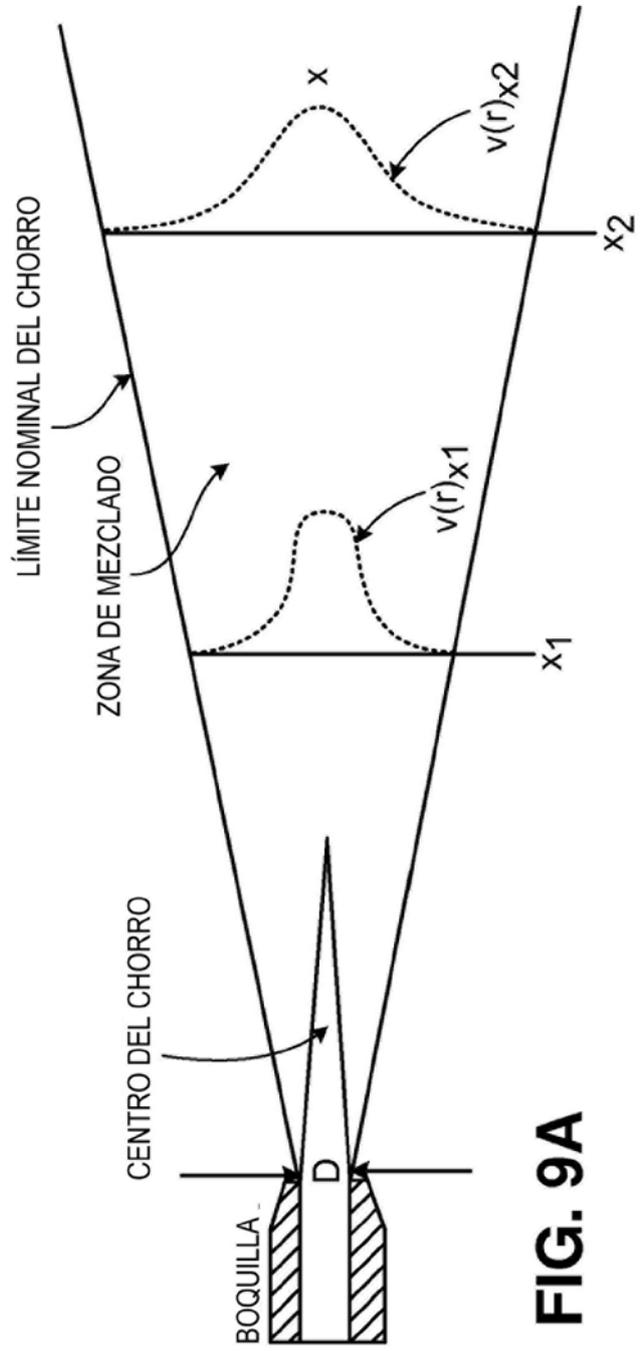
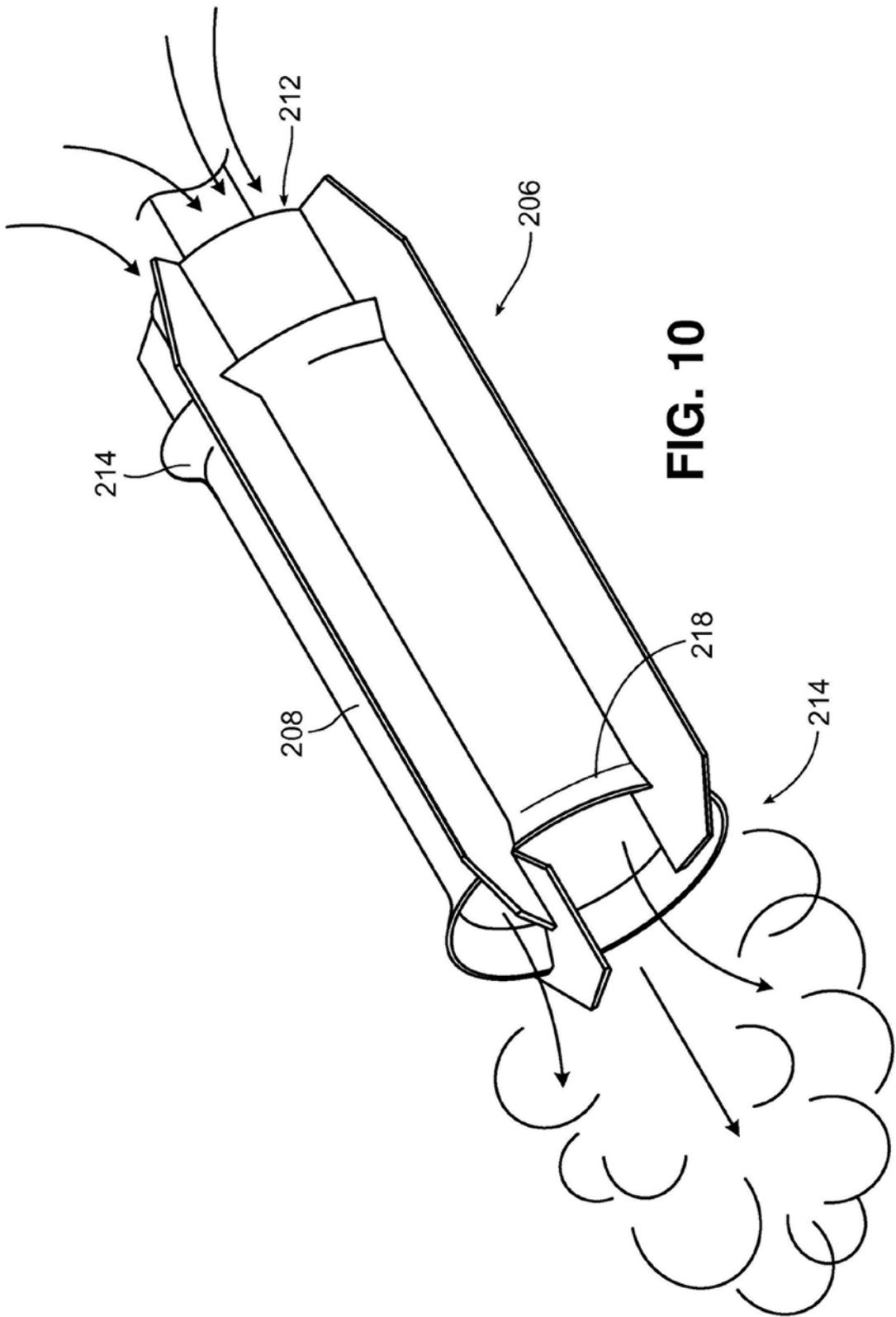


FIG. 9A



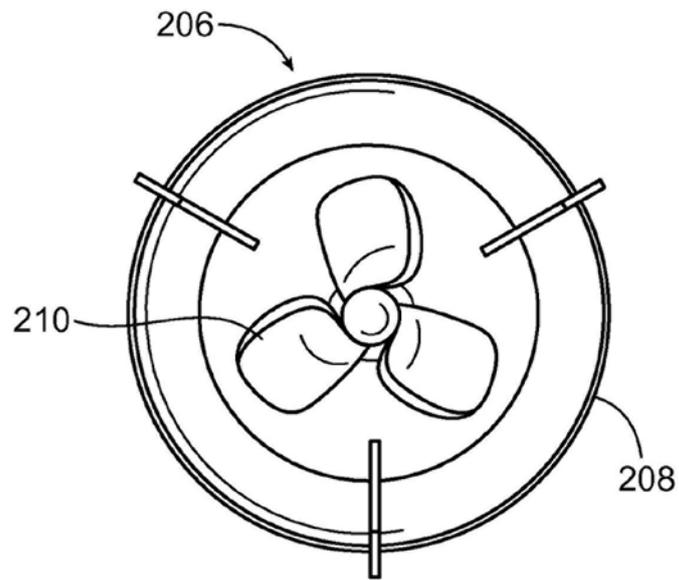


FIG. 10A

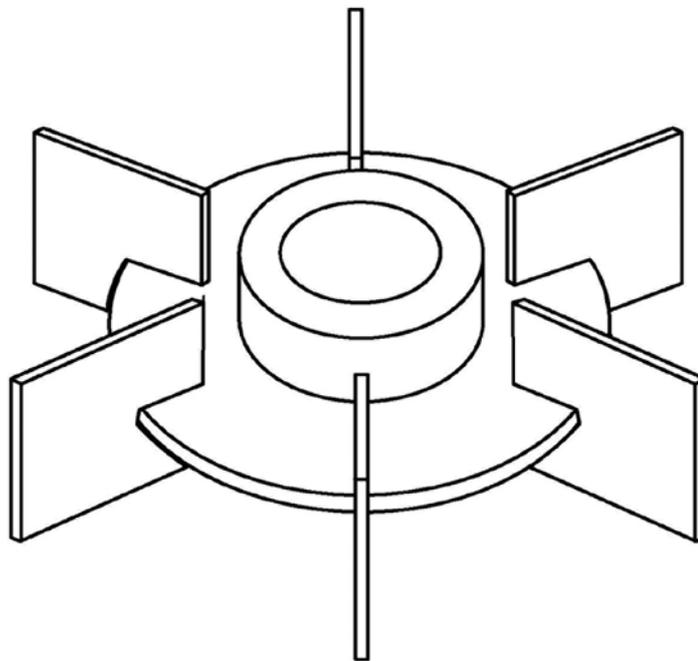


FIG. 10B

FIG. 11

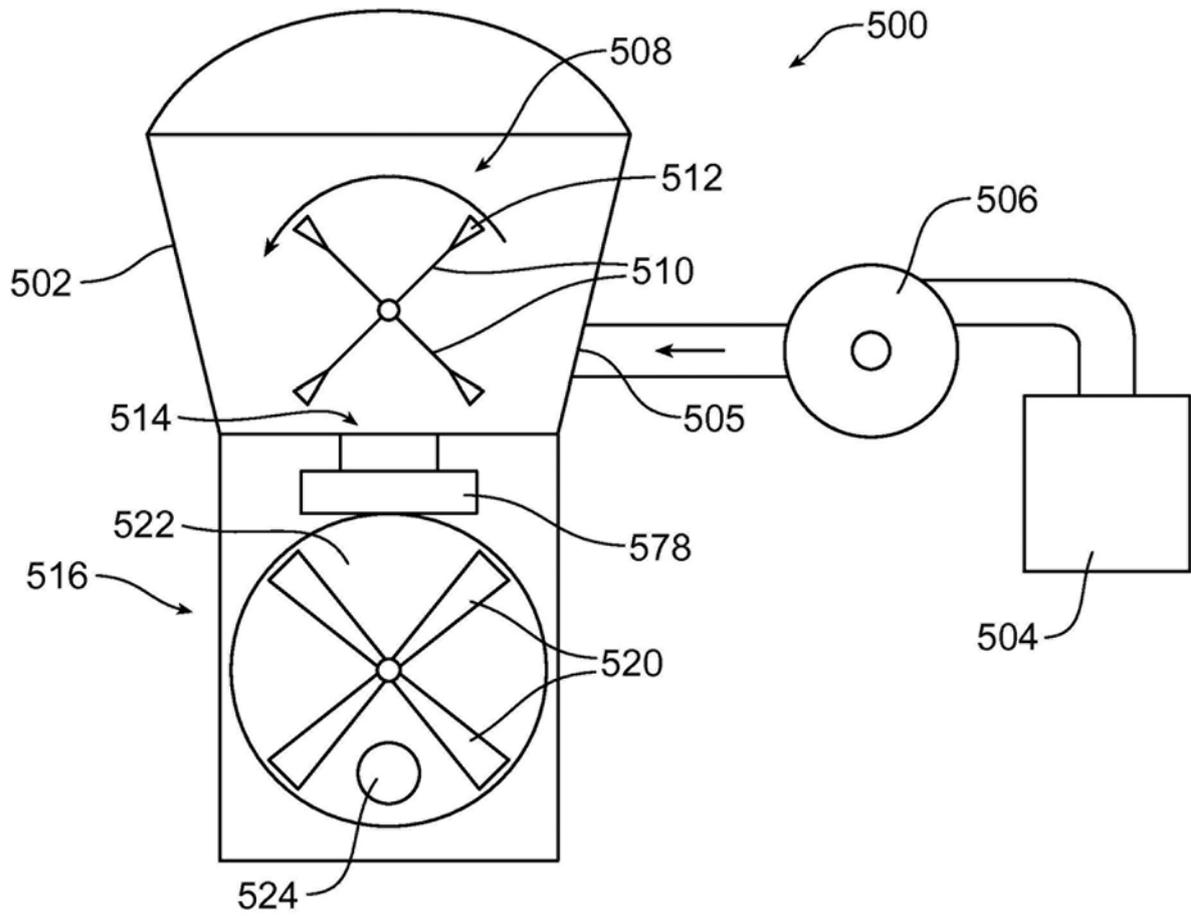


FIG. 12

