

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 443**

51 Int. Cl.:

C12P 7/10 (2006.01)

C12P 19/02 (2006.01)

C12P 19/14 (2006.01)

C13K 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.02.2012 PCT/US2012/024970**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.08.2012 WO12112488**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2012 E 12705586 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 2675907**

54 Título: **Procesamiento de materias primas de papel**

30 Prioridad:

14.02.2011 US 201161442710 P

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

13.02.2018

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 2 654 443 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

Procesamiento de materias primas de papel.

5 ANTECEDENTES

Las revistas, catálogos y otros productos de papel que contienen altos niveles de recubrimientos, pigmentos y tintas, están ampliamente disponibles como materiales de desecho. Aunque se realizan esfuerzos para reciclar este papel usado, generalmente volviéndolo a usar en productos de papel reciclado, sería ventajoso que este papel usado se pudiera utilizar económicamente como materia prima para fabricar otros tipos de productos. La solicitud de patente publicada JP2011024545 divulga un procedimiento para producir un sacárido a partir de un material que contiene celulosa que contiene carbonato cálcico, tal como papel usado, procedimiento que comprende una etapa de sacarificar el material con una enzima celulasa.

15 RESUMEN

En general, esta invención se refiere a procedimientos de procesamiento de materias primas de papel, en particular ciertos tipos de materias primas de papel relativamente pesadas, tales como papeles altamente pigmentados, y/o papeles cargados, tales como papel que ha sido impreso en color (impreso con colores diferentes de o además del negro), por ejemplo, revistas y otros papeles.

Más específicamente, la presente invención se refiere a un procedimiento de producción de un azúcar, tal como se define en la reivindicación 1, procedimiento que comprende: proporcionar una materia prima de papel con un contenido de material de carga de más del 10 % en peso y un contenido de ceniza de al menos el 8 % en peso, y en el que el papel comprende además una tinta de impresión, combinar el papel con un agente sacarificante que es una enzima, en un tanque, y usar mezcla a chorro para mezclar el contenido del tanque durante la sacarificación.

Aspectos o realizaciones adicionales divulgados a continuación son parte de la invención solamente en la medida en que están dentro del alcance de dicho procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

Muchos de los procedimientos divulgados en el presente documento utilizan microorganismos o productos producidos por microorganismos, por ejemplo, enzimas, para bioprocesar la materia prima, producir productos intermedios y productos útiles, por ejemplo, energía, combustibles, alimentos y otros materiales. Por ejemplo, en algunos casos se usan enzimas para sacarificar las materias primas, convirtiendo las materias primas en azúcares. Los azúcares pueden usarse como un producto final o producto intermedio, o procesarse adicionalmente, por ejemplo, mediante fermentación. Por ejemplo, la xilosa puede hidrogenarse a xilitol y la glucosa puede hidrogenarse a sorbitol.

En un aspecto, la invención presenta procedimientos para producir un azúcar, por ejemplo, en forma de una solución o suspensión, que incluye proporcionar una materia prima de papel, incluyendo la materia prima de papel, papel para impresión offset, por ejemplo, papel impreso en offset, papel coloreado y/o papel recubierto, por ejemplo, papel recubierto de polímero y mezclar opcionalmente la materia prima con un fluido y/o agente sacarificante.

Algunas implementaciones incluyen una o más de las siguientes características. La materia prima de papel puede tener un peso base mayor de 35 lb, por ejemplo, de aproximadamente 35 lb a 330 lb y/o el papel puede tener un alto contenido de material de carga, por ejemplo, mayor de aproximadamente el 10 % en peso, por ejemplo, mayor del 20 % en peso. Por ejemplo, el material de carga o cualquier recubrimiento puede ser un material inorgánico. El papel también puede tener un alto gramaje, por ejemplo, mayor de aproximadamente 500 g/m². El papel puede comprender un pigmento o tinta de impresión, por ejemplo, a un nivel mayor de aproximadamente el 0,025 % en peso. El papel puede tener un contenido de ceniza mayor de aproximadamente el 8 % en peso.

El procedimiento puede incluir además añadir un microorganismo, por ejemplo, una levadura y/o una bacteria (por ejemplo, del género *Clostridium*), a la materia prima de papel o papel sacarificado y producir un producto o producto intermedio.

El producto puede ser un combustible, incluyendo, por ejemplo, alcoholes (por ejemplo, metanol, etanol, propanol, isopropanol, eritritol, n-butanol, isobutanol, sec-butanol, *terc*-butanol, etilenglicol, propilenglicol, 1,4-butanodiol y/o glicerina), alcoholes de azúcar (por ejemplo, eritritol, glicol, glicerol, sorbitol, treitol, arabitol, ribitol, manitol, dulcitol, fucitol, iditol, isomaltitol, maltitol, lactitol, xilitol y otros polioles), ácidos orgánicos (por ejemplo, ácido fórmico, ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico, ácido valérico, ácido caproico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oxálico, ácido malónico, ácido succínico, ácido glutárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido glicólico, ácido láctico y/o

ácido γ -hidroxibutírico), hidrocarburos (metano, etano, propano, isobuteno, pentano, n-hexano, biodiésel y/o biogasolinas), hidrógeno y mezclas de estos.

5 El procedimiento puede incluir además añadir una fuente de nutrientes basada en alimentos a la mezcla, por ejemplo, una fuente de nutrientes seleccionada entre el grupo que consiste en cereales, verduras, residuos de cereales, residuos de verduras y mezclas de los mismos, por ejemplo, trigo, avena, cebada, soja, guisantes, legumbres, patatas, maíz, salvado de arroz, harina de maíz, salvado de trigo y mezclas de los mismos. En dichos casos, la mezcla puede incluir además un sistema enzimático seleccionado para liberar nutrientes a partir de la fuente de nutrientes basada en alimentos, por ejemplo, un sistema que comprende una proteasa y una amilasa.

10 El procedimiento puede incluir purificar la solución o suspensión de azúcar. El procedimiento puede incluir procesar adicionalmente el azúcar, por ejemplo, separando xilosa y/o glucosa del azúcar. En algunos casos, la sacarificación puede llevarse a cabo a un pH de aproximadamente 3,8 a 4,2. La mezcla puede incluir adicionalmente una fuente de nitrógeno.

15 En algunos casos, el procedimiento incluye además tratar físicamente la materia prima de papel, por ejemplo tratar mecánicamente para reducir la densidad aparente de la materia prima de papel y/o aumentar el área superficial BET de la materia prima. Tratar físicamente la materia prima de papel puede incluir irradiación, por ejemplo, con un haz de electrones. El procedimiento puede incluir mezclar la materia prima de papel con un fluido. El procedimiento
20 puede incluir purificar la materia prima de papel, el azúcar y/u otros productos o productos intermedios. La materia prima de papel puede estar en forma de revistas. La materia prima de papel también puede ser un laminado de al menos una capa de un polímero y papel y puede incluir además al menos una capa de un metal por ejemplo, aluminio.

25 Aunque muchas realizaciones incluyen el uso de materias primas de papel relativamente pesadas, por ejemplo, que contienen materiales de carga y/o recubrimientos, pueden usarse otros papeles por ejemplo, papel de periódico.

Otras características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y las reivindicaciones.

30 **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra la conversión de una materia prima en etanol mediante la producción de una solución de glucosa.

35 La figura 2 es un diagrama esquemático de una planta de fabricación de etanol.
La figura 3 es un diagrama que ilustra la hidrólisis enzimática de celulosa a glucosa.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

40 Usando los procedimientos y paquetes de nutrientes descritos en el presente documento, materias primas de papel que incluyen altos niveles de pigmentos, colorantes, materiales de carga y/o revestimientos, y/o que tienen un elevado peso base, y los derivados sacarificados de dichas materias primas, pueden bioprocresarse, por ejemplo, usando fermentación, para producir productos intermedios y productos útiles tales como los descritos en el presente documento. En algunos casos, la materia prima incluye niveles altos de pigmentos y/o materiales de carga tales
45 como aquellas materias primas usadas en impresión, por ejemplo, revistas. En el presente documento se describen ejemplos de dichas materias primas. Las materias primas de este tipo son ventajosas por una serie de razones, incluyendo su coste relativamente bajo (si se usan materiales de desecho) y, en el caso de papeles de alto peso base, su densidad relativamente alta, que contribuye a la facilidad de manipulación y procesamiento.

50 **CONVERSIÓN DE MATERIALES CELULÓSICOS Y LIGNOCELULÓSICOS**

EN ALCOHOLES

Con referencia a la figura 1, un proceso para fabricar un alcohol, por ejemplo, etanol, o un butanol por ejemplo,
55 isobutanol, *sec*-butanol, *terc*-butanol o *n*-butanol, puede incluir, por ejemplo, opcionalmente tratar mecánicamente la materia prima (etapa 110), antes y/o después de este tratamiento, opcionalmente tratar la materia prima con otro tratamiento físico, por ejemplo irradiación, para reducir adicionalmente su recalcitrancia (etapa 112), sacarificar la materia prima para formar una solución de azúcar (etapa 114), opcionalmente transportar, por ejemplo, mediante una tubería, vagón, camión o barcaza, la solución (o la materia prima, enzima y agua, si la sacarificación se realiza
60 en ruta) a una planta de fabricación (etapa 116), y a continuación bioprocresar la materia prima tratada para producir un producto deseado (etapa 118), que a continuación se procesa adicionalmente, por ejemplo, por destilación (etapa

120). Si se desea, el contenido de lignina puede medirse (etapa 122) y los parámetros del proceso pueden establecerse o ajustarse basándose en esta medición (etapa 124), tal como se describe en la solicitud estadounidense N.º de serie 12/704.519, presentada el 11 de febrero de 2010.

- 5 Dado que las materias primas de papel con generalmente bajas en, o carecen completamente de, nutrientes para soportar los procesos biológicos, generalmente se prefiere que se añadan nutrientes al sistema, por ejemplo en forma de una fuente de nutrientes basadas en alimentos o paquete de nutrientes, tal como se divulga en la solicitud estadounidense N.º de serie 13/184.138. Cuando se utiliza, la fuente de nutrientes basada en alimentos o paquete de nutrientes está presente durante el bioprocesamiento (etapa 118), por ejemplo, fermentación, y, en algunas implementaciones preferidas, también puede estar presente durante la etapa de sacarificación (etapa 114). En algunas implementaciones, la fuente de nutrientes basada en alimentos o paquete de nutrientes se añade al comienzo de la etapa 114, junto con una combinación de enzimas adecuada para sacarificación, fermentación y liberación de nutrientes a partir de la fuente de nutrientes basada en alimentos.
- 10
- 15 La sacarificación se lleva a cabo bajo un primer conjunto de condiciones de proceso (por ejemplo, temperatura y pH), y a continuación cuando la sacarificación ha avanzado hasta un alcance deseado, las condiciones de proceso pueden ajustarse (por ejemplo, ajustando el pH de 4 a 5) para permitir que la fermentación avance.

- En algunos casos, la materia prima incluye materiales que no son beneficiosos para el procesamiento de la materia prima o reducen la calidad de los productos intermedios y/o productos. Por ejemplo, puede haber materiales que son tóxicos, y/o materiales inorgánicos sólidos o materiales orgánicos insolubles. Los materiales tóxicos pueden ser perjudiciales, por ejemplo, reduciendo la eficacia de enzimas y/o microorganismos. Son ejemplos de materiales tóxicos pigmentos y tintas descritos en el presente documento. Los materiales inorgánicos sólidos pueden ser perjudiciales, por ejemplo, para aumentar la viscosidad y densidad totales de soluciones en diversos procesos así como formar suspensiones acuosas, lodo y material sedimentado que puede, por ejemplo, bloquear aberturas, ser difícil de eliminar, por ejemplo, de la parte inferior de tanques, y/o aumentar el desgaste en mezcladores. Son ejemplos de materiales inorgánicos materiales de carga y recubrimientos descritos en el presente documento. Los materiales orgánicos insolubles pueden contaminar, por ejemplo, los productos de combustible finales y/o causar formación de espuma durante la mezcla u otras etapas del procesamiento. Son ejemplos de materiales orgánicos insolubles polímeros usados en papel recubierto de polímero descritos en el presente documento. Por lo tanto, puede ser ventajoso retirar parte de los sólidos insolubles y materiales orgánicos y purificar la materia prima en cualquier punto durante el procesamiento, tal como se describe en el presente documento. Sorprendentemente, se ha descubierto que, en algunos casos, materiales en la materia prima que se esperaba que fueran perjudiciales, tal como se ha descrito anteriormente, no afectan de forma significativamente adversa al proceso. Por ejemplo, algunas levaduras que proporcionan etanol mediante fermentación de azúcares derivados de materias primas de papel parecen ser muy resilientes a diversos pigmentos, tintas y materiales de carga.
- 20
- 25
- 30
- 35

- La planta de fabricación usada en las etapas 118-120 (y en algunos casos todas las etapas descritas anteriormente) puede ser, por ejemplo, una planta de fabricación de etanol a partir de grano o a partir de azúcar ya existente o una planta adaptada mediante eliminación o desmantelamiento de los equipos aguas arriba del sistema de bioprocesamiento (que, en una planta de etanol típica, generalmente, incluye un equipo de recepción del grano, un molino de martillos, un mezclador de suspensiones acuosas, un equipo de cocina y un equipo de licuefacción). En algunos casos, la materia prima recibida por la planta se puede introducir directamente en el equipo de fermentación. Una planta adaptada se muestra esquemáticamente en la figura 2 y se describe a continuación así como, por ejemplo, en la solicitud estadounidense N.º de serie 12/429.045, presentada el 23 de abril de 2009.
- 40
- 45

- La figura 2 muestra un sistema particular que utiliza las etapas descritas anteriormente para tratar una materia prima y a continuación usar la materia prima tratada en un proceso de fermentación para producir un alcohol. El sistema 100 incluye un módulo 102 en el que una materia prima es tratada mecánicamente inicialmente (etapa 12, anteriormente), un módulo 104 en el que la materia prima tratada mecánicamente es modificada estructuralmente (etapa 14, anteriormente), por ejemplo, por irradiación, y un módulo 106 en el que la materia prima modificada estructuralmente se somete a tratamiento mecánico adicional (etapa 16, anteriormente). Tal como se ha descrito anteriormente, el módulo 106 puede ser del mismo tipo que el módulo 102, o un tipo diferente. En algunas implementaciones, la materia prima modificada estructuralmente puede devolverse al módulo 102 para tratamiento mecánico adicional en lugar de ser tratada mecánicamente de forma adicional en un módulo independiente 106.
- 50
- 55

Tal como se describe en el presente documento, pueden utilizarse muchas variaciones del sistema 100.

- Después de estos tratamientos, que pueden repetirse tantas veces como se requiera para obtener propiedades de materia prima deseadas, la materia prima tratada es suministrada a un sistema de fermentación 108. La mezcla puede realizarse durante la fermentación, en cuyo caso la mezcla es preferentemente relativamente suave (baja
- 60

cizalla) para minimizar los daños a ingredientes sensibles a la cizalla tales como enzimas y otros microorganismos. En algunas realizaciones, se usa mezcla a chorro, tal como se describe en las solicitudes estadounidenses N.º de serie 12/782.694, 13/293.977 y 13/293.985.

5 Con referencia de nuevo a la figura 2, la fermentación produce una mezcla de etanol impura, que fluye al interior de un tanque de contención 110. Agua u otro disolvente, y otros componentes no etanol, se separan de la mezcla de etanol impura usando una columna de separación 112, y el etanol se destila a continuación usando una unidad de destilación 114, por ejemplo, un rectificador. La destilación puede ser mediante destilación al vacío. Finalmente, el etanol puede secarse usando un tamiz molecular 116 y/o desnaturalizarse, si fuera necesario, y enviarse a un
10 procedimiento de expedición deseado.

En algunos casos, los sistemas descritos en el presente documento o componentes de los mismos, pueden ser portátiles, de tal forma que el sistema se pueda transportar (por ejemplo, por ferrocarril, camión o barco) desde un lugar a otro. Las etapas del procedimiento descritas en el presente documento pueden realizarse en una o más
15 ubicaciones, y en algunos casos una o más de las etapas pueden realizarse en tránsito. Dicho procesamiento móvil se describe en la solicitud estadounidense N.º de serie 12/37.4549 y en la solicitud internacional n.º WO 2008/011598.

Cualquiera o todas de las etapas del procesamiento descritas en el presente documento pueden realizarse a
20 temperatura ambiente. Si se desea, puede emplearse refrigeración y/o calentamiento durante ciertas etapas. Por ejemplo, la materia prima puede refrigerarse durante el tratamiento mecánico para aumentar su fragilidad. En algunas realizaciones, la refrigeración se emplea antes, durante o después del tratamiento mecánico inicial y/o el tratamiento mecánico posterior. La refrigeración puede realizarse tal como se describe en la solicitud estadounidense N.º de serie 12/502.629, ahora patente de Estados Unidos N.º 7.900.857. Además, la temperatura
25 en el sistema de fermentación 108 puede estar controlada para potenciar la sacarificación y/o la fermentación.

Las etapas individuales de los procedimientos descritos anteriormente, así como los materiales usados, se describirán a continuación con más detalle.

30 **TRATAMIENTO FÍSICO**

Los procesos de tratamiento físico pueden incluir uno o más de cualquiera de los descritos en el presente documento, tales como tratamiento mecánico, tratamiento químico, irradiación, sonicación, oxidación, pirólisis o explosión por vapor. Los procedimientos de tratamiento se pueden usar en combinaciones de dos, tres o cuatro, o
35 incluso todas estas tecnologías (en cualquier orden). Cuando se usa más de un procedimiento de tratamiento, los procedimientos se pueden aplicar al mismo tiempo o en momentos diferentes. También se pueden usar otros procesos que cambian la estructura molecular de una materia prima, por sí solos o en combinación con los procesos descritos en el presente documento.

40 **Tratamientos mecánicos**

En algunos casos, los procedimientos pueden incluir el tratamiento mecánico de la materia prima. Los tratamientos mecánicos incluyen, por ejemplo, corte, molienda, prensado, trituración, cizallamiento o troceado. La molienda puede incluir, por ejemplo, molienda en molino de bolas, molienda en molino de martillos, molienda seca/húmeda en
45 rotor/estator, molienda criogénica, molienda en molino de cuchillas, molienda en molino de cuchillos, molienda en molino de discos, molienda en molino de rodillos u otros tipos de molienda. Otros tratamientos mecánicos incluyen, por ejemplo, trituración con piedras, craqueo, rasgado o desgarrado mecánico, trituración en molino de pines o molienda por abrasión por aire.

50 El tratamiento mecánico puede ser ventajoso para «abrir», «tensionar», romper y desgranar los materiales celulósicos u otros materiales en la materia prima, haciendo que la celulosa de los materiales sea más susceptible a la escisión de cadenas y/o a la reducción de su cristalinidad. Cuando son irradiados, los materiales abiertos también pueden ser más susceptibles a la oxidación.

55 En algunos casos, el tratamiento mecánico puede incluir una preparación inicial de la materia prima tal y como se recibe, por ejemplo, una reducción del tamaño de los materiales, tal como mediante corte, trituración, cizallamiento, pulverización o troceado. Por ejemplo, en algunos casos, la materia prima suelta (por ejemplo, papel offset para máquina y/o papel recubierto de polímero) se prepara mediante cizallamiento o desgranado.

60 Como alternativa, o además, la materia prima se puede tratar primero físicamente mediante uno o más de los otros procedimientos de tratamiento físico, por ejemplo, tratamiento químico, radiación, sonicación, oxidación, pirólisis o

explosión por vapor y, a continuación, se puede tratar mecánicamente. Esta secuencia puede ser ventajosa, ya que los materiales tratados mediante uno o más de los otros tratamientos, por ejemplo, irradiación o pirólisis, tienden a ser más frágiles y, por lo tanto, puede resultar más fácil cambiar posteriormente la estructura molecular del material mediante tratamiento mecánico.

5

En algunas realizaciones, el tratamiento mecánico incluye cizallamiento para dejar expuestas fibras del material. El cizallamiento se puede realizar, por ejemplo, usando un cortador de tipo cuchillo rotativo. Otros procedimientos de tratamiento mecánico de la materia prima incluyen, por ejemplo, la molienda o trituración. La molienda se puede realizar usando, por ejemplo, un molino de martillos, un molino de bolas, un molino coloidal, un molino cónico o en forma de cono, un molino de discos, un molino de muelas verticales, un molino Wiley o un molino harinero. La trituración se puede realizar usando, por ejemplo, una trituradora de piedras, una trituradora de pines, un molinillo de café o un molinillo de placas. La trituración la puede realizar, por ejemplo, un pin reciprocante u otro elemento, tal y como sucede en un molino de pines. Otros procedimientos de tratamiento mecánico incluyen el rasgado o desgarrado mecánico, otros procedimientos aplican presión al material y otros muelen mediante abrasión por aire. Los tratamientos mecánicos adecuados además incluyen cualquier otra técnica que cambie la estructura molecular de la materia prima.

Si se desea, el material tratado mecánicamente se puede hacer pasar a través de un tamiz que tenga, por ejemplo, un tamaño medio de apertura 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 realizan simultáneamente. Por ejemplo, un cortador de tipo cuchillo rotativo se puede usar para el cizallamiento y tamizado simultáneos de la materia prima. La materia prima se somete a cizallamiento entre cuchillas estacionarias y cuchillas rotativas para obtener un material cizallado que pasa a través de un tamiz y se captura en un contenedor.

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

30

El material celulósico también se puede tratar mecánicamente bajo un gas (tal como una corriente o atmósfera de un gas que no sea aire), por ejemplo, oxígeno o nitrógeno, o vapor.

Los sistemas de tratamiento mecánico se pueden configurar para producir corrientes con unas características morfológicas concretas tales como, por ejemplo, área superficial, porosidad, densidad aparente y relación longitud-anchura.

En algunas realizaciones, el área superficial BET del material tratado químicamente es mayor de 0,1 m²/g, por ejemplo, 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.

En algunas situaciones, puede ser deseable preparar un material de baja densidad aparente, densificar el material (por ejemplo, para hacerle 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 el presente documento, o cualquier material procesado mediante cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento puede densificarse posteriormente, por ejemplo, tal como se divulga en la solicitud estadounidense N.º de serie 12/429.045 ahora la patente de Estados Unidos N.º 7.932.065y WO 2008/0731 86.

50

Tratamiento por radiación

Pueden usarse una o más secuencias de procesamiento por radiación para procesar la materia prima de papel y proporcionar un material modificado estructuralmente que funciona como entrada para etapas y/o secuencias de procesamiento adicionales. La irradiación puede, por ejemplo, reducir el peso molecular y/o la cristalinidad de la materia prima. La radiación también puede esterilizar los materiales o cualquier medio necesario para bioprocasar el material.

En algunas realizaciones, la radiación puede ser proporcionada por (1) partículas muy cargadas, tales como partículas alfa o protones, (2) electrones producidos, por ejemplo, en aceleradores de desintegración beta o de haz de electrones, o (3) radiación electromagnética, por ejemplo, rayos gammas, rayos X o rayos ultravioleta. En un

60

enfoque, la radiación producida por sustancias radioactivas se puede usar para irradiar la materia prima. En otro enfoque, la radiación electromagnética (por ejemplo, producida usando emisores de haz de electrones) se puede usar para irradiar la materia prima. En algunas realizaciones, se puede utilizar cualquier combinación, en cualquier orden o simultáneamente, de (1) a (3). Las dosis aplicadas dependen del efecto deseado y de la materia prima concreta.

En algunos aspectos, cuando es deseable la escisión de cadenas y/o es deseable la funcionalización de la cadena polimérica, se pueden utilizar partículas más pesadas que los 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 cadenas por apertura de anillo, se pueden usar partículas cargadas positivamente, gracias sus propiedades de ácido de Lewis, para mejorar la escisión de cadena por apertura de anillo. Por ejemplo, cuando se desea la máxima oxidación, se pueden utilizar iones de oxígeno, y cuando se desea la máxima nitración, se pueden utilizar iones de nitrógeno. El uso de partículas pesadas y partículas cargadas positivamente se describe en la solicitud estadounidense N.º de serie 12/417.699, ahora patente de Estados Unidos N.º 7.931.784. En un procedimiento, se irradia un primer material que es, o incluye, celulosa y tiene un peso molecular promedio en número (M_{N1}), por ejemplo, mediante tratamiento con radiación ionizante (por ejemplo, en forma de radiación gamma, radiación de rayos X, luz ultravioleta (UV) de 100 nm a 280 nm, un haz de electrones u otras partículas cargadas) para obtener un segundo material que incluye celulosa y tiene un segundo peso molecular promedio en número (M_{N2}) inferior al primer peso molecular promedio en número. El segundo material (o el primer y segundo materiales) se pueden combinar con un microorganismo (con o sin tratamiento enzimático) que puede utilizar el segundo y/o el primer material, o sus azúcares constituyentes, o la lignina, para producir un producto intermedio o un producto, tal como los descritos en el presente documento.

Puesto que el segundo material incluye celulosa que tiene un peso molecular reducido en comparación con el primer material y, en algunos aspectos, también una cristalinidad reducida, generalmente, el segundo material es más dispersable, hinchable y/o soluble, por ejemplo, en una solución que contiene un microorganismo y/o una enzima. Estas propiedades hacen que el segundo material sea más fácil de procesar y más susceptible al ataque químico, enzimático y/o biológico que el primer material, lo que mejora enormemente la velocidad de producción y/o el grado de producción de un producto deseado, por ejemplo, etanol.

En algunas realizaciones, el segundo peso molecular medio numérico (M_{N2}) es menor que el primer peso molecular medio numérico (M_{N1}) en más de aproximadamente un 10 %, por ejemplo, más de aproximadamente un 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60 % o incluso más de aproximadamente un 75 %.

En algunos aspectos, el segundo material incluye celulosa que tiene una cristalinidad (C_2) que es menor que la cristalinidad (C_1) de la celulosa del primer material. Por ejemplo, (C_2) puede ser menor de (C_1) en más de aproximadamente un 10 %, por ejemplo más de aproximadamente un 15, 20, 25, 30, 35, 40 o incluso más de aproximadamente un 50 %.

En algunas realizaciones, el segundo material puede tener un grado de oxidación (O_2) superior al grado de oxidación del primer material (O_1). Un grado de oxidación más alto del material puede ayudar a su dispersabilidad, hinchabilidad y/o solubilidad, mejorando aún más la susceptibilidad del material a un ataque químico, enzimático o biológico. En algunas realizaciones, para incrementar el grado de oxidación del segundo material respecto al primer material, la irradiación se realiza en un ambiente oxidante, por ejemplo, bajo una manta de aire u oxígeno, produciendo así 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 aumenta su hidrofiliidad.

Radiación ionizante

Cada forma de radiación ioniza la materia prima de papel mediante interacciones concretas, tal y como se determina mediante la energía de la radiación. Las partículas muy cargadas ionizan principalmente la materia por dispersión coulombiana; asimismo, estas interacciones producen electrones energéticos que pueden ionizar aún más la materia. Las partículas alfa son idénticas a los núcleos de un átomo de helio y se producen mediante desintegración alfa de diversos núcleos radioactivos, tales como isótopos de bismuto, polonio, astato, radón, francio, radio, varios actínidos, tales como actinio, torio, uranio, neptunio, curio, californio, americio y plutonio.

Cuando se utilizan partículas, estas pueden ser neutras (sin carga), cargadas positivamente o cargadas negativamente. Cuando están cargadas, las partículas cargadas pueden soportar una sola carga positiva o negativa o múltiples cargas, por ejemplo, una, dos, tres, o incluso cuatro o más cargas. En aspectos en los que se desee la escisión de cadenas, puede ser deseable usar 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, por ejemplo 500, 1000, 1500, 2000, 10.000 o incluso 100.000 veces la masa de un electrón en reposo. Por ejemplo, las partículas pueden tener una masa de aproximadamente 1 unidad atómica a aproximadamente 150 unidades atómicas, por ejemplo de aproximadamente 1 unidad atómica a aproximadamente 50 unidades atómicas, o de
- 5 aproximadamente 1 a aproximadamente 25, por ejemplo 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 comercializados por IBA, Bélgica, tales como el sistema Rhodotron®, o los aceleradores de tipo CC comercializados por RDI, actualmente IBA Industrial, tales como el Dynamitron®. Iones y electrones se describen en Introductory Nuclear Physics, Kenneth S.
- 10 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 March 2006, Iwata, Y. y col., "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators" Proceedings of EPAC 2006, Edinburgh, Scotland Leaner, C.M. Y col., "Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus" Proceedings of EPAC 2000, Viena, Austria.
- 15 La radiación gamma tiene la ventaja de una profundidad de penetración significativa en una variedad de materiales. Las fuentes de rayos gamma incluyen núcleos radiactivos tales como isótopos de cobalto, calcio, tecnecio, cromo, galio, indio, yodo, hierro, criptón, samario, selenio, sodio, talio y xenón.
- 20 Las fuentes de rayos X incluyen la colisión de rayos de electrones con dianas metálicas tales como wolframio o molibdeno o aleaciones, o fuentes de luz compactas tales como aquellas producidas comercialmente por Lyncean.
- Las fuentes de radiación ultravioleta incluyen lámparas de deuterio o cadmio.
- 25 Las fuentes de radiación infrarroja incluyen lámparas de cerámica de ventana de zafiro, cinc o seleniuro.
- Las fuentes de microondas incluyen clistrones, fuentes de RF de tipo Slevin o fuentes de haces de átomos que emplean los gases hidrógeno, oxígeno o nitrógeno.
- 30 En algunas realizaciones se usa un haz de electrones como fuente de radiación. Un haz de electrones tiene las ventajas de velocidades de dosificación altas (por ejemplo, 1, 5, o incluso 10 Mrad por segundo), alto rendimiento, menos contaminación y menos equipo de aislamiento. Los electrones también pueden ser más eficientes a la hora de provocar la escisión de cadenas. Además, 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.
- 35 Los haces de electrones se pueden generar, por ejemplo, mediante generadores electrostáticos, generadores en cascada, generadores transformadores, aceleradores de baja energía con un sistema de barrido, aceleradores de baja energía con un cátodo lineal, aceleradores lineales y aceleradores pulsados. Los electrones como fuente de radiación ionizante pueden ser útiles, por ejemplo, para secciones relativamente finas de materiales, por ejemplo, de
- 40 menos de 12,7 mm (0,5 pulgadas), por ejemplo, de menos de 10,2 mm (0,4 pulgadas), 7,6 mm (0,3 pulgadas), 5,1 mm (0,2 pulgadas), o menos de 2,5 mm (0,1 pulgadas). En algunas realizaciones, la energía de cada electrón en el haz de electrones es de aproximadamente 0,3 MeV a aproximadamente 2,0 MeV (millones de electronvoltios), por ejemplo de aproximadamente 0,5 MeV a aproximadamente 1,5 MeV, o de aproximadamente 0,7 MeV a aproximadamente 1,25 MeV.
- 45 Los dispositivos de irradiación de haces de electrones pueden ser adquiridos en Ion Beam Applications, Louvain-la-Neuve, Bélgica o Titan Corporation, San Diego, CA. Energías de electrón típicas pueden ser 1 MeV, 2 MeV, 4,5 MeV, 7,5 MeV o 10 MeV. Potencias típicas del dispositivo de irradiación de haces de electrones pueden ser 1 kW, 5 kW, 10 kW, 20 kW, 50 kW, 100 kW, 250 kW o 500 kW. El grado de despolimerización de la materia prima depende
- 50 de la energía de electrón usada y de la dosis aplicada, mientras que el tiempo de exposición depende de la potencia y la dosis. Las dosis típicas pueden asumir valores de 1 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 20 kGy, 50 kGy, 100 kGy o 200 kGy. En algunas realizaciones se pueden usar energías de 0,25-10 MeV (por ejemplo, de 0,5-0,8 MeV, 0,5-5 MeV, 0,8-4 MeV, 0,8-3 MeV, 0,8-2 MeV o 0,8-1,5 MeV). En algunas realizaciones se pueden usar energías de 1-100 MeV (por ejemplo, de 2-80 MeV, 5-50 MeV, 5-40 MeV, 5-30 MeV o 5-20 MeV). En algunas realizaciones preferidas se puede
- 55 usar una energía de 0,8-3 MeV (por ejemplo, de 0,8-2 MeV, 0,8-1,5 MeV) combinada con dosis entre 5-50 Mrad (por ejemplo, 5-40 Mrad, 5-30 Mrad o 5-20 Mrad).

Rayos de partículas iónicas

- 60 Pueden utilizarse partículas más pesadas que electrones para irradiar materiales de materia prima de papel. Por ejemplo, pueden utilizarse protones, núcleos de helio, iones de argón, iones de silicio, iones de neón, iones de

carbón, iones de fósforo, iones de oxígeno o iones de nitrógeno. En algunas realizaciones, las partículas más pesadas que electrones pueden inducir mayores cantidades de escisión de cadena (respecto a partículas más ligeras). En algunos aspectos, las partículas cargadas positivamente pueden inducir mayores cantidades de escisión de cadena que las partículas cargadas negativamente debido a su acidez.

5

Pueden generarse rayos de partículas más pesadas, por ejemplo, usando aceleradores lineales o ciclotrones. En algunas realizaciones, la energía de cada partícula del haz es de aproximadamente 1,0 MeV/unidad atómica (MeV/uma) a aproximadamente 6.000 MeV/unidad atómica, por ejemplo de aproximadamente 3 MeV/unidad atómica a aproximadamente 4.800 MeV/unidad atómica, o de aproximadamente 10 MeV/unidad atómica a aproximadamente

10 1.000 MeV/unidad atómica.

En ciertas realizaciones, los haces de iones usados para irradiar materia prima de papel pueden incluir más de un tipo de ion. Por ejemplo, los rayos iónicos pueden incluir mezclas de dos o más (por ejemplo, tres, cuatro o más) tipos diferentes de iones. Las mezclas ejemplares pueden incluir iones de carbono y protones, iones de carbono e iones de oxígeno, iones de nitrógeno y protones, e iones de hierro y protones. Más generalmente, pueden usarse mezclas de cualquiera de los iones descritos anteriormente (o cualquier otro ion) para formar los haces iónicos irradiantes. En particular, pueden usarse en un solo haz iónico mezclas de iones relativamente ligeros y relativamente más pesados.

15

20 En algunas realizaciones, los haces iónicos para irradiar materiales incluyen iones cargados positivamente. Los iones cargados positivamente pueden incluir, por ejemplo, iones de hidrógeno cargados positivamente (por ejemplo protones), iones de gas noble (por ejemplo, helio, neón, argón), iones de carbono, iones de nitrógeno, iones de oxígeno, átomos de silicio, iones de fósforo e iones metálicos tales como iones de sodio, iones de calcio y/o iones de hierro. Sin desear ligarse a teoría alguna, se cree que tales iones cargados positivamente se comportan químicamente como restos de ácido de Lewis cuando se exponen a materiales, iniciando y manteniendo reacciones de escisión de cadena con apertura de anillo catiónico en un entorno oxidativo.

25

En ciertas realizaciones, los rayos iónicos para irradiar materias primas de papel incluyen iones cargados negativamente. Los iones cargados negativamente pueden incluir, por ejemplo, iones de hidrógeno cargados negativamente (por ejemplo, iones hidruro) e iones cargados negativamente de diversos núcleos relativamente electronegativos (por ejemplo, iones de oxígeno, iones de nitrógeno, iones de carbono, iones de silicio e iones de fósforo). Sin desear ligarse a teoría alguna, se cree que tales iones cargados negativamente se comportan químicamente como restos de base de Lewis cuando se exponen a materiales, causando reacciones de escisión de cadena con apertura de anillo aniónico en un entorno reductor.

30

35 En algunas realizaciones, los haces para irradiar materia prima de papel pueden incluir átomos neutros. Por ejemplo, pueden incluirse uno cualquiera o más de átomos de hidrógeno, átomos de helio, átomos de carbono, átomos de nitrógeno, átomos de oxígeno, átomos de neón, átomos de silicio, átomos de fósforo, átomos de argón y átomos de hierro en haces que se usan para irradiación. En general, pueden estar presentes en los haces mezclas de dos cualesquiera o más de los tipos anteriores de átomos (por ejemplo, tres o más, cuatro o más o incluso más).

40

En ciertas realizaciones, los haces iónicos usados para irradiar materia prima de papel incluyen iones monocargados tales como uno o más de H^+ , H^- , He^+ , Ne^+ , Ar^+ , C^+ , C^- , O^+ , O^- , N^+ , N^- , Si^+ , Si^- , P^+ , P^- , Na^+ , Ca^+ y Fe^+ . En algunas realizaciones, los haces iónicos pueden incluir iones multicargados tales como uno o más de C^{2+} , C^{3+} , C^{4+} , N^{3+} , N^{5+} , N^{3-} , O^{2+} , O^{2-} , O_2^{2-} , Si^{2+} , Si^{4+} , Si^{2-} y Si^{4-} . En general, los haces iónicos puede incluir también iones polinucleares más complejos que portan cargas positivas o negativas múltiples. En ciertas realizaciones, en virtud de la estructura del ion polinuclear, pueden distribuirse efectivamente las cargas positivas o negativas sustancialmente sobre toda la estructura de los iones. En algunas realizaciones, las cargas positivas o negativas pueden estar algo localizadas sobre porciones de la estructura de los iones.

45

50

Radiación electromagnética

En realizaciones en las que la irradiación se realiza con radiación electromagnética, la radiación electromagnética puede tener, por ejemplo, energías por fotón (en electronvoltios) superiores a 10^2 eV, por ejemplo, superiores a 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 o incluso superiores a 10^7 eV. En algunas realizaciones, la radiación electromagnética tiene una energía por fotón de entre 10^4 y 10^7 , por ejemplo, entre 10^5 y 10^6 eV. La radiación electromagnética puede tener una frecuencia superior a, por ejemplo 10^{16} Hz, superior a 10^{17} Hz, 10^{18} , 10^{19} , 10^{20} o incluso superior a 10^{21} Hz. Las dosis típicas pueden asumir valores superiores a 1 Mrad (por ejemplo, superiores a 1 Mrad, superiores a 2 Mrad). En algunas realizaciones, la radiación electromagnética tiene una frecuencia de entre 10^{18} y 10^{22} Hz, por ejemplo entre 10^{19} y 10^{21} Hz. En algunas realizaciones se pueden usar dosis entre 1-100 Mrad (por ejemplo, 2-80 Mrad, 5-50 Mrad, 5-40 Mrad, 5-30 Mrad o 5-20 Mrad).

60

Desactivación y funcionalización controlada

Después del tratamiento con radiación ionizante, cualquiera de los materiales o mezclas descritas en el presente documento pueden volverse ionizadas; es decir, el material tratado puede incluir radicales a niveles que son detectables con un espectrómetro de resonancia de espín electrónico. Si una materia prima ionizada permanece en la atmósfera, se oxidará, tal como a un alcance que se generan grupos ácido carboxílico por reacción con el oxígeno atmosférico. En algunos aspectos con algunos materiales, dicha oxidación se desea debido a que puede ayudar en la descomposición adicional en peso molecular de la biomasa que contiene carbohidratos, y los grupos de oxidación, por ejemplo, grupos ácido carboxílico pueden ser útiles para solubilidad y utilización de microorganismos en algunos aspectos. Sin embargo, dado que los radicales pueden "vivir" durante algún tiempo después de la irradiación, por ejemplo, más de 1 día, 5 días, 30 días, 3 meses, 6 meses o incluso más de 1 año, las propiedades del material pueden seguir cambiando a lo largo del tiempo, lo que en algunos aspectos, puede ser deseable. De este modo, puede ser deseable desactivar ("quench") el material ionizado.

Después de la ionización, cualquier material ionizado puede desactivarse para reducir el nivel de radicales en el material ionizado, por ejemplo, de modo que los radicales ya no sean detectables con el espectrómetro de resonancia de espín electrónico. Por ejemplo, los radicales pueden desactivarse mediante la aplicación de una presión suficiente al material y/o utilizando un fluido en contacto con el material ionizado, tal como un gas o líquido, que reacciona con (desactiva) los radicales. El uso de un gas o líquido para, al menos, ayudar a la desactivación de los radicales puede usarse para funcionalizar el material ionizado con una cantidad y un tipo deseados de grupos funcionales, tales como grupos ácido carboxílico, grupos enol, grupos aldehído, grupos nitro, grupos nitrilo, grupos amino, grupos alquilamino, grupos alquilo, grupos cloroalquilo o grupos clorofluoroalquilo.

En algunos aspectos, dicha desactivación puede mejorar la estabilidad de algunos de los materiales ionizados. Por ejemplo, la desactivación puede mejorar la resistencia del material a la oxidación. La funcionalización por desactivación también puede mejorar la solubilidad de cualquier material descrito en el presente documento, puede mejorar su estabilidad térmica y puede mejorar la utilización del material mediante diversos microorganismos. Por ejemplo, los grupos funcionales conferidos al por la desactivación pueden actuar como sitios receptores para fijación por microorganismos, por ejemplo, para potenciar la hidrólisis de celulosa por diversos microorganismos.

En algunas realizaciones, la desactivación incluye una aplicación de presión al material ionizado, tal como mediante deformación mecánica del material, por ejemplo, comprimiendo mecánicamente de forma directa el material en una, dos o tres dimensiones, o aplicando presión a un fluido en el que está sumergido el material, por ejemplo, prensado isostático. En dichos aspectos, la deformación del propio material lleva a radicales, que a menudo están atrapados en dominios cristalinos, a acercarse lo suficiente de modo que los radicales puedan recombinarse, o reaccionar con otro grupo. En algunos aspectos, la presión se aplica junto con la aplicación de calor, tal como una cantidad suficiente de calor para elevar la temperatura del material a por encima de un punto de fusión o punto de ablandamiento de un componente del material, tal como celulosa u otro polímero. El calor puede mejorar la movilidad molecular en el material, lo que puede ayudar a la desactivación de los radicales. Cuando se utiliza presión para desactivar, la presión puede ser superior a aproximadamente 1000 psi, tal como superior a aproximadamente 1250 psi, 1450 psi, 3625 psi, 5075 psi, 7250 psi, 10.000 psi o incluso superior a 15.000 psi.

En algunas realizaciones, la desactivación incluye poner en contacto el material ionizado con un fluido, tal como un líquido o gas, por ejemplo, un gas capaz de reaccionar con los radicales, tales como acetileno o una mezcla de acetileno en nitrógeno, etileno, etilenos clorados o clorofluoroetilenos, propileno o mezclas de estos gases. En otras realizaciones particulares, la desactivación incluyen poner en contacto material ionizado con un líquido, por ejemplo, un líquido soluble en, o al menos capaz de penetrar en el material y reaccionar con los radicales, tales como un dieno, tal como 1,5-ciclooctadieno. En algunas realizaciones específicas, la desactivación incluye poner en contacto el material con un antioxidante, tal como Vitamina E. Si se desea, la materia prima puede incluir un antioxidante dispersado en su interior, y la desactivación puede proceder de poner en contacto el antioxidante dispersado en la materia prima con los radicales.

La funcionalización puede potenciarse utilizando iones muy cargados, tales como cualquiera de los iones más pesados descritos en el presente documento. Por ejemplo, si se desea potenciar la oxidación, pueden utilizarse iones de oxígeno cargados para la irradiación. Si se desean grupos funcionales de nitrógeno, pueden utilizarse iones o aniones de nitrógeno que incluyen nitrógeno. Del mismo modo, si se desean grupos azufre o fósforo, pueden usarse iones de azufre o fósforo en la irradiación.

60 **Dosis**

- En algunos aspectos, la irradiación se realiza a una velocidad de dosificación superior a aproximadamente 0,25 Mrad por segundo, por ejemplo, superior a aproximadamente 0,5, 0,75, 1,0, 1,5, 2,0, o incluso superior a aproximadamente 2,5 Mrad por segundo. En algunas realizaciones, se efectúa la irradiación a una velocidad de dosis de entre 5,0 y 1500,0 kilorad/hora, por ejemplo entre 10,0 y 750,0 kilorad/hora o entre 50,0 y 350,0 kilorad/hora. En algunas realizaciones, la irradiación se realiza a una velocidad de dosis superior a aproximadamente 0,25 Mrad por segundo, por ejemplo, superior a aproximadamente 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2, 5, 7, 10, 12, 15, o incluso superior a aproximadamente 20 Mrad por segundo, por ejemplo de aproximadamente 0,25 a 2 Mrad por segundo.
- 10 En algunas realizaciones, la irradiación (con cualquier fuente de radiación o una combinación de fuentes) se realiza hasta que el material recibe una dosis de 0,25 Mrad, por ejemplo, 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, la irradiación se realiza hasta que el material recibe una dosis de entre 1,0 Mrad y 6,0 Mrad, por ejemplo, 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, la irradiación se realiza hasta que el material recibe una dosis de aproximadamente 0,1 Mrad a aproximadamente 500 Mrad, de aproximadamente 0,5 Mrad a aproximadamente 200 Mrad, de aproximadamente 1 Mrad a aproximadamente 100 Mrad, o de aproximadamente 5 Mrad a aproximadamente 60 Mrad. En algunas realizaciones, se aplica una dosis relativamente baja de radiación, por ejemplo, menos de 60 Mrad.

20 **Sonicación**

La sonicación puede reducir el peso molecular y/o la cristalinidad de los polímeros que componen la materia prima de papel, por ejemplo, celulosa. La sonicación también puede usarse para esterilizar los materiales. Tal como se ha descrito anteriormente en relación con la radiación, los parámetros del proceso usados para sonicación pueden modificarse dependiendo de diversos factores.

En un procedimiento, se dispersa un primer material que incluye celulosa que tiene un primer peso molecular medio numérico (M_{N1}) en un medio, tal como agua, y se sonica y/o se cavita de otro modo, 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 segundo materiales en ciertas realizaciones) puede combinarse con un microorganismo (con o sin tratamiento enzimático) que puede utilizar el segundo y/o primer material para producir un producto intermedio o producto.

Puesto que el segundo material incluye celulosa que tiene un peso molecular reducido en comparación con el primer material y, en algunos aspectos, también una cristalinidad reducida, generalmente, el segundo material es más dispersable, hinchable y/o soluble, por ejemplo, en una solución que contiene un microorganismo.

En algunas realizaciones, el segundo peso molecular medio numérico (M_{N2}) es menor que el primer peso molecular medio numérico (M_{N1}) en más de aproximadamente un 10 %, por ejemplo, más de aproximadamente un 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60 % o incluso más de aproximadamente un 75 %.

En algunos aspectos, el segundo material incluye celulosa que tiene una cristalinidad (C_2) que es menor que la cristalinidad (C_1) de la celulosa del primer material. Por ejemplo, (C_2) puede ser menor de (C_1) en más de aproximadamente un 10 %, por ejemplo un 15, 20, 25, 30, 35, 40 o incluso más de aproximadamente un 50 %.

En algunas realizaciones, el medio de sonicación es un medio acuoso. Si se desea, el medio puede incluir un oxidante tal como un peróxido (por ejemplo, peróxido de hidrógeno), un agente dispersante y/o un tampón. Los ejemplos de agentes dispersantes incluyen agentes dispersantes iónicos, por ejemplo laurilsulfato de sodio, y agentes dispersantes no iónicos, por ejemplo polietilenglicol.

En otras realizaciones, el medio de sonicación es no acuoso. Por ejemplo, la sonicación puede realizarse en un hidrocarburo, por ejemplo tolueno o heptano, un éter, por ejemplo dietiléter o tetrahidrofurano, o incluso en un gas licuado tal como argón, xenón o nitrógeno.

55 **Pirólisis**

Pueden usarse una o más secuencias de procesamiento por pirólisis para procesar materia prima de papel de una amplia variedad de fuentes diferentes para extraer sustancias útiles de los materiales, y para proporcionar materiales parcialmente degradados que funcionan como entrada de etapas y/o secuencias de procesamiento adicionales. La pirólisis también puede usarse para esterilizar los materiales. Las condiciones de pirólisis pueden variarse dependiendo de las características de la materia prima y/u otros factores.

En un ejemplo, se piroliza un primer material que incluye celulosa que tiene un primer peso molecular medio numérico (M_{N1}), por ejemplo calentando el primer material en un horno de tubo (en presencia o ausencia de oxígeno), 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.

Puesto que el segundo material incluye celulosa que tiene un peso molecular reducido en comparación con el primer material y, en algunos aspectos, también una cristalinidad reducida, generalmente, el segundo material es más dispersable, hinchable y/o soluble, por ejemplo, en una solución que contiene un microorganismo.

En algunas realizaciones, el segundo peso molecular medio numérico (M_{N2}) es menor que el primer peso molecular medio numérico (M_{N1}) en más de aproximadamente un 10 %, por ejemplo, más de aproximadamente un 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60 % o incluso más de aproximadamente un 75 %.

En algunos aspectos, el segundo material incluye celulosa que tiene una cristalinidad (C_2) que es menor que la cristalinidad (C_1) de la celulosa del primer material. Por ejemplo, (C_2) puede ser menor de (C_1) en más de aproximadamente un 10 %, por ejemplo un 15, 20, 25, 30, 35, 40 o incluso más de aproximadamente un 50 %.

En algunas realizaciones, la pirólisis de los materiales es continua. En otras realizaciones, se piroliza el material durante un tiempo predeterminado y se le permite enfriar entonces durante un segundo tiempo predeterminado antes de pirolizar de nuevo.

Oxidación

Pueden usarse una o más secuencias de procesamiento oxidativo para procesar materia prima de papel de una amplia variedad de fuentes diferentes para extraer sustancias útiles de la materia prima, y para proporcionar materia prima parcialmente degradada y/o alterada que funciona como entrada de etapas y/o secuencias de procesamiento adicionales. Las condiciones de oxidación pueden variarse, por ejemplo, dependiendo del contenido de lignina de la materia prima, con un mayor grado de oxidación deseándose generalmente para materias primas con un mayor contenido de lignina.

En un procedimiento, se oxida un primer material que incluye celulosa que tiene un primer peso molecular medio numérico (primer M_{N1}) y que tiene un primer contenido de oxígeno (O_1), por ejemplo, calentando el primer material en una corriente de aire o aire enriquecido en oxígeno, proporcionando un segundo material que incluye celulosa que tiene un segundo peso molecular medio numérico (segundo M_{N2}) y que tiene un segundo contenido de oxígeno (O_2) mayor que el primer contenido de oxígeno (O_1).

El segundo peso molecular medio numérico del segundo material es generalmente menor que el primer peso molecular medio numérico del primer material. Por ejemplo, el peso molecular puede reducirse en la misma medida que se ha descrito anteriormente con respecto a los otros tratamientos físicos. La cristalinidad del segundo material también puede reducirse en la misma medida que se ha descrito anteriormente con respecto a los otros tratamientos físicos.

En algunas realizaciones, el segundo contenido de oxígeno es al menos aproximadamente un 5 % mayor que el primer contenido de oxígeno, por ejemplo un 7,5 % mayor, un 10,0 % mayor, un 12,5 % mayor, un 15,0 % mayor o un 17,5 % mayor. En algunas realizaciones preferidas, el segundo contenido de oxígeno es al menos aproximadamente un 20,0 % mayor que el primer contenido de oxígeno del primer material. Se mide el contenido de oxígeno por análisis elemental pirolizando una muestra en un horno que funciona a 1300 °C o más. Es un analizador elemental adecuado el analizador LECO CHNS-932 con un horno de pirólisis a alta temperatura VTF-900.

Generalmente, aparece oxidación de un material en un entorno oxidante. Por ejemplo, la oxidación puede efectuarse o ayudarse por pirólisis en un entorno oxidante, tal como en aire o aire enriquecido en argón. Para ayudar a la oxidación, pueden añadirse diversos agentes químicos, tales como oxidantes, ácidos o bases, al material antes o durante la oxidación. Por ejemplo, puede añadirse un peróxido (por ejemplo peróxido de benzoilo) antes de la oxidación.

Algunos procedimientos oxidativos de reducción de la recalcitrancia en una materia prima de papel emplean química de tipo Fenton. Dichos procedimientos se divulgan, por ejemplo, en la solicitud estadounidense N.º de serie 12/639.289.

Los oxidantes ejemplares incluyen peróxidos tales como peróxido de hidrógeno y peróxido de benzoilo, persulfatos

tales como persulfato de amonio, formas activadas de oxígeno tales como ozono, permanganatos tales como permanganato de potasio, percloratos tales como perclorato de sodio e hipocloritos tales como hipoclorito de sodio (lejía doméstica).

5 En algunas situaciones, el pH se mantiene en o por debajo de aproximadamente 5,5 durante el contacto, tal como entre 1 y 5, entre 2 y 5, entre 2,5 y 5 o entre aproximadamente 3 y 5. Las condiciones de oxidación pueden incluir también un periodo de contacto de entre 2 y 12 horas, por ejemplo entre 4 y 10 horas o entre 5 y 8 horas. En algunos aspectos, la temperatura se mantiene en o por debajo de 300 °C, por ejemplo, en o por debajo de 250, 200, 150, 100 o 50 °C. En algunos aspectos, la temperatura permanece sustancialmente ambiente, por ejemplo, en o
10 aproximadamente 20-25 °C.

En algunas realizaciones, los uno o más oxidantes se aplican como un gas, tal como generando ozono *in-situ* irradiando el material a través del aire con un haz de partículas, tales como electrones.

15 En algunas realizaciones, la mezcla incluye además una o más hidroquinonas tales como 2,5-dimetoxihidroquinona (DMHQ) y/o una o más benzoquinonas tales como 2,5-dimetoxi-1,4-benzoquinona (DMBQ), que pueden ayudar a las reacciones de transferencia de electrones.

En algunas realizaciones, el uno o más oxidantes se generan electroquímicamente *in-situ*. Por ejemplo, pueden
20 producirse electroquímicamente peróxido de hidrógeno y/u ozono en un recipiente de contacto o reacción.

Otros procedimientos para solubilizar, reducir la recalcitrancia o funcionalizar

Cualquiera de los procesos de este párrafo puede usarse solo, sin ninguno de los procesos descritos en el presente
25 documento, o en combinación con cualquiera de los procesos descritos en el presente documento (en cualquier orden): explosión por vapor, tratamiento ácido (por ejemplo, tratamiento con 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 (por ejemplo, tratamiento con cal o hidróxido de sodio)),
30 tratamiento UV, tratamiento de extrusión por husillo (véase, por ejemplo la solicitud de patente estadounidense N.º de serie 13/099.151, tratamiento con disolvente (por ejemplo, tratamiento con líquidos iónicos) y criomolienda (véase, por ejemplo la solicitud estadounidense N.º de serie 12/502,629 ahora patente de Estados Unidos N.º 7.900.857).

Sacarificación

35 Con el fin de convertir la materia prima de papel en azúcares fermentables, la celulosa en la materia prima es hidrolizada por un agente sacarificante, por ejemplo, una enzima, un proceso denominado sacarificación. Los materiales que incluyen celulosa se tratan con la enzima, por ejemplo combinando el material y la enzima en un disolvente, por ejemplo en una solución acuosa.

40 Las enzimas y los organismos que descomponen celulosa contienen o fabrican diversas enzimas celulolíticas (celulasas), ligninasas o diversos metabolitos que destruyen la biomasa de molécula pequeña. Estas enzimas pueden ser un complejo enzimático que actúe sinérgicamente para degradar la celulosa cristalina. Los ejemplos de enzimas celulolíticas incluyen: endoglucanasas, celobiohidrolasas y celobiasas (β -glucosidasas). Con referencia a la
45 figura 3, inicialmente se hidroliza un sustrato celulósico mediante endoglucanasas en posiciones aleatorias para producir productos intermedios oligoméricos. A continuación, estos productos intermedios son sustratos para glucanasas de fragmentación exógenas, tales como la celobiohidrolasa, que producen celobiosa a partir de los extremos del polímero de celulosa. La celobiosa es un dímero hidrosoluble de la glucosa formado con enlace 1,4-glucosídico. Finalmente, la celobiasa escinde la celobiosa para producir glucosa.

50 Los agentes sacarificantes adecuados se describen, por ejemplo, en la sección de Materiales a continuación.

Tal como se ha indicado anteriormente, una fuente de nutrientes basada en alimentos o paquete de nutrientes se añade preferentemente antes de o durante la sacarificación, y se añade una enzima que se selecciona para liberar
55 nutrientes de la fuente de nutrientes basada en alimentos. Las enzimas adecuadas se describen, por ejemplo, en la sección de Materiales a continuación.

El proceso de sacarificación puede realizarse parcial o completamente en un tanque (por ejemplo, un tanque que tenga un volumen de al menos 4.000, 40.000, 400.000 o 1.000.000 l) en una planta de fabricación y/o puede
60 realizarse parcial o completamente en tránsito, por ejemplo en un vagón, camión cisterna o en un superpetrolero o la bodega de un barco. El tiempo requerido para completar la sacarificación 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 y xilosa en aproximadamente 12-96 horas. Si la sacarificación se realiza parcial o completamente en tránsito, la sacarificación puede requerir más tiempo. El contenido del tanque se mezcla durante la sacarificación, usando mezcla a chorro, por ejemplo, tal como se describe en las solicitudes estadounidenses N.º de serie 12/782.694, 13/293.985 y 13/293.977.

La adición de tensioactivos puede mejorar la velocidad de sacarificación. Entre los ejemplos de tensioactivos se incluyen tensioactivos no iónicos, tales como Tween® 20 o Tween® 80, tensioactivos de polietilenglicol, tensioactivos iónicos o tensioactivos anfóteros.

Se prefiere generalmente que la concentración de la solución de glucosa resultante sea relativamente alta, por ejemplo mayor del 40 % o mayor del 50, 60, 70, 80, 90 o incluso mayor del 95 % en peso. Esto reduce el volumen a expedir, si la sacarificación y la fermentación se realizan en diferentes ubicaciones, y también inhibe el crecimiento microbiano en la solución. Sin embargo, pueden usarse concentraciones menores, en cuyo caso puede ser deseable añadir un aditivo antimicrobiano, por ejemplo un antibiótico de amplio espectro, a una baja concentración, por ejemplo 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 se pueden usar en concentraciones adecuadas, por ejemplo, entre 15 y 1000 ppm en peso, por ejemplo, entre 25 y 500 ppm, o entre 50 y 150 ppm. Si se desea, se puede incluir un antibiótico incluso si la concentración de azúcar es relativamente alta.

Puede obtenerse una concentración relativamente alta limitando la cantidad de agua añadida a la materia prima con la enzima. La concentración se puede controlar, por ejemplo, controlando cuánta sacarificación tiene lugar. Por ejemplo, la concentración se puede aumentar añadiendo más materia prima a la solución. Para mantener en solución el azúcar que se está produciendo, puede añadirse un tensioactivo, por ejemplo uno de los descritos anteriormente. La solubilidad puede aumentarse también aumentando la temperatura de la solución. Por ejemplo, la solución puede mantenerse a una temperatura de 40-50 °C, 60-80 °C o incluso mayor.

En algunas realizaciones, se procesa la materia prima para convertirla en un material sólido conveniente y concentrado, por ejemplo en forma de polvo, gránulos o partículas. El material concentrado puede estar en forma purificada o bruta o cruda. La forma concentrada puede tener, por ejemplo, una concentración de azúcar total de entre aproximadamente 90 % en peso y aproximadamente 100 % en peso, por ejemplo del 92, 94, 96 o 98 % en peso de azúcar. Dicha forma puede ser particularmente económica de expedir, por ejemplo a una instalación de bioprocesamiento, tal como una planta de fabricación de biocombustible. Dicha forma puede ser ventajosa de almacenar y manejar, más fácil de fabricar y se convierte tanto en un producto intermedio como un producto, proporcionando una opción a la biorrefinería en cuanto a qué productos fabricar.

En algunos aspectos, el material en polvo, gránulos o partículas puede incluir también uno o más de los materiales, por ejemplo aditivos o productos químicos, descritos en el presente documento, tales como la fuente de nutrientes basada en alimentos o paquete de nutrientes, una fuente de nitrógeno, por ejemplo urea o una peptona, un tensioactivo, una enzima o cualquier microorganismo descrito en el presente documento. En algunos aspectos, se combinan todos los materiales necesarios para un bioproceso en el material en polvo, gránulos o partículas. Dicha forma puede ser una forma particularmente conveniente para transportar a una instalación de bioprocesamiento remota, tal como una instalación de fabricación de biocombustibles remota. Dicha forma puede ser también ventajosa de almacenar y manejar.

En algunos aspectos, el material en polvo, gránulos o partículas (con o sin materiales añadidos tales como aditivos y productos químicos) puede tratarse mediante cualquiera de los tratamientos físicos descritos en la solicitud estadounidense N.º de serie 12/429.045. Por ejemplo, irradiar el material en polvo, gránulos o partículas puede aumentar su solubilidad y puede esterilizar el material de modo que una instalación de bioprocesamiento pueda integrar el material en su proceso directamente según pueda requerirse para un producto intermedio o producto contemplado.

En ciertos aspectos, el material en polvo, gránulos o partículas (con o son materiales añadidos tales como aditivos y productos químicos) puede estar portado en una estructura o vehículo por facilidad de transporte, almacenamiento o manejo. Por ejemplo, la estructura o vehículo puede incluir o incorporar una bolsa o revestimiento, tal como una bolsa o revestimiento degradable. Dicha forma puede ser particularmente útil para añadir directamente a un sistema de bioprocesamiento.

Fermentación

Los microorganismos pueden producir una serie de productos intermedios y productos útiles mediante fermentación de un azúcar de bajo peso molecular producido mediante sacarificación de los materiales de materia prima de papel.

- 5 Por ejemplo, la fermentación u otros procesos biológicos pueden producir alcoholes, ácidos orgánicos, hidrocarburos, hidrógeno, proteínas o mezclas de cualquiera de estos materiales.

Por ejemplo, la levadura y la bacteria *Zymomonas* se pueden usar para la fermentación o conversión. En la sección de Materiales, se describen otros microorganismos. El pH óptimo para las fermentaciones es de aproximadamente

10 pH 4 a 7. Por ejemplo, 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 habituales son de 24 a 168 (por ejemplo, de 24 a 96 h) horas con temperaturas en el intervalo de 20 °C a 40 °C (por ejemplo, de 26 °C a 40 °C), sin embargo, los microorganismos termófilos prefieren temperaturas superiores.

- 15 Por ejemplo, en algunas realizaciones, cuando se usan organismos anaerobios, al menos una parte de la fermentación se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, por ejemplo, bajo una manta de un gas inerte tal como N₂, Ar, He, CO₂ o mezclas de los mismos. Además, la mezcla puede tener una purga constante de un gas inerte que fluye a través del tanque durante parte de, o toda, la fermentación. En algunos casos, las condiciones anaerobias se pueden conseguir o mantener mediante producción de dióxido de carbono durante la fermentación sin necesidad de
- 20 gas inerte adicional alguno.

En algunas realizaciones, todo, o una parte del procedimiento de fermentación, se puede interrumpir antes de que el azúcar de bajo peso molecular se haya convertido completamente en un producto (por ejemplo, etanol). Los productos intermedios de la fermentación incluyen altas concentraciones de azúcar y carbohidratos. Los azúcares y

25 carbohidratos se pueden aislar tal y como se describe más adelante. Estos productos intermedios de la fermentación se pueden usar en la preparación de alimentos para el consumo humano o animal. Además, o como alternativa, los productos intermedios de la fermentación se pueden triturar a un tamaño de partícula fino en un molino de acero inoxidable de laboratorio para producir una sustancia de aspecto similar a la harina.

- 30 Se pueden utilizar fermentadores móviles, tal y como se describe en la solicitud provisional de Estados Unidos de N.º de serie 60/832.735, ahora solicitud internacional publicada N.º WO2008/011598. De forma similar, el equipo de sacarificación puede ser móvil. Además, la sacarificación y/o fermentación se pueden realizar en parte o en su totalidad durante el tránsito.

35 Destilación

Después de la fermentación, los fluidos resultantes se pueden destilar usando, por ejemplo, una «columna de destilación de cerveza» para separar el etanol y otros alcoholes de la mayor parte del agua y los residuos sólidos. El vapor que sale de la columna de destilación de cerveza puede ser, por ejemplo, etanol al 35 % en peso y se puede

40 alimentar a una columna rectificadora. Una mezcla prácticamente azeotrópica de etanol (92,5 %) y agua procedente de la columna rectificadora se puede purificar para obtener etanol puro (99,5 %) usando tamices moleculares en fase vapor. El fondo de la columna de destilación de cerveza se puede enviar al primer efecto de un evaporador de tres efectos. El condensador de reflujo de la columna rectificadora puede proporcionar calor para este primer efecto. Después del primer efecto, los sólidos se pueden separar usando una centrifugadora y secar en una secadora

45 rotativa. Una parte (25 %) del efluente de la centrifugadora se puede reciclar a la fermentación y el resto se puede enviar al segundo y tercer efectos del evaporador. La mayor parte del condensado del evaporador de puede devolver al procedimiento como condensado relativamente limpio y una pequeña parte se puede devolver al tratamiento de aguas residuales para evitar la acumulación de compuestos de bajo punto de ebullición.

50 Otros posibles procesamientos de azúcares

El procesamiento durante o después de la sacarificación puede incluir aislamiento y/o concentración de azúcares por cromatografía, por ejemplo, cromatografía en lecho móvil simulado, precipitación, centrifugación, cristalización, evaporación de disolvente y combinaciones de las mismas. Además, u opcionalmente, el procesamiento puede

55 incluir isomerización de uno o más de los azúcares en la solución o suspensión de azúcar. Adicionalmente, u opcionalmente, la solución o suspensión de azúcar puede procesarse químicamente por ejemplo, glucosa y xilosa pueden hidrogenarse a sorbitol y xilitol, respectivamente. La hidrogenación puede conseguirse mediante el uso de un catalizador por ejemplo, Pt/γ-Al₂O₃, Ru/C, níquel Raney en combinación con H₂ a alta presión por ejemplo, de 10 a 12000 psi.

60

ELIMINACIÓN DE MATERIALES DE CARGA, TINTAS Y RECUBRIMIENTOS

Las materias primas de papel usadas en los procesos descritos pueden contener materiales de carga, recubrimientos, material laminado, pigmentos, tintas y aglutinantes. Estos pueden eliminarse y desecharse o reciclarse tal como se describe en el presente documento.

5

Los materiales de carga inorgánicos y recubrimientos por ejemplo, los descritos en la sección de materiales a continuación pueden eliminarse en cualquier punto durante el proceso. Por ejemplo, el material de carga inorgánico y el recubrimiento pueden eliminarse de la materia prima después de un tratamiento mecánico, físico o químico para reducir la recalcitrancia de la materia prima; después de combinación con un fluido; después, durante o antes de la sacarificación; después, durante o antes de una etapa de purificación; después, durante o antes de una etapa de fermentación; y/o después, durante o antes de una etapa de conversión química. Los materiales de carga y recubrimientos pueden retirarse mediante cualquier medio por ejemplo, mediante sedimentación, precipitación, secuestro de ligandos, filtración, flotación, conversión química y centrifugación. Algunos de los tratamientos físicos descritos en el presente documento (véase la sección de Tratamiento físico) pueden ayudar a separar los materiales

10 celulósicos de los materiales de carga inorgánicos y los recubrimientos (por ejemplo, tratamientos mecánicos, tratamientos químicos, irradiación, pirólisis, sonicación y/u oxidación). Los los materiales de carga inorgánicos recuperados pueden reciclarse o desecharse.

15

Las tintas que están presentes pueden eliminarse de la materia prima en cualquier punto durante el proceso. Las tintas pueden ser un medio complejo compuesto por varios componentes por ejemplo, disolventes, pigmentos, colorantes, resinas, lubricantes, solubilizantes, tensioactivos, materia particulada y/o emisores de fluorescencia. Por ejemplo, papeles impresos, por ejemplo, revistas y catálogos, pueden incluir altos niveles de los pigmentos usados generalmente en tintas de impresión. En algunos casos, los papeles incluyen pigmentos de base metálica, pigmentos orgánicos y/o pigmentos de laca. Por ejemplo, los pigmentos que pueden usarse son lacas amarillas, laca

20 amarillo de tartrazina, amarillos de Hansa, amarillos de diarilita, pigmentos azo amarillos, amarillo fluorescente, naranja de diarilida, ADN naranja, naranja de pirazolona, naranja rápida F2G, naranja de bencimidazolona HL, laca roja de etilo C, para-rojos, rojo de toluidina, Carmín FB, rojos y rubies naftol, rojo permanente FRC, burdeos FRR, rojos rubí, rojos litol, rojo BON, rubí litol 4B, marrón BON, Rodamina 6G, rojo laca C, rojo arilamida BON, magentas de quinacrinona, rosa de ferrocianida de cobre, carmines y rojos de bencimidazolona, magenta Azo G, escarlata de

25 antraquinona, lacas de rubija roja, azules de ftalocianina, azul Victoria de PMTA, azul Victoria CFA, azul ultramarino, azul de indantreno, azules alcalinos, azul pavo real, burdeos de bencimidazolona HF 3R, rodamina de PMTA, violeta de PMTA, violeta de dioxazina, violeta de carbazol, cristal violeta, violeta de dioxazina B, rojo tioindigoide, verdes de ftalocianina, verdes de PMTA, marrón de bencimidazolona HFR, rojo de cadmio, amarillo de cadmio, naranjas de cadmio, rojos de cadmio-mercurio, amarillos de óxido de hierro, azules de óxido de hierro, marrones de óxido de

30 hierro, rojos de óxido de hierro, azul ultramar, violeta ultramar, beige de antimonio de titanio de cromo, azul de ftalocianina de cobre, pigmentos verdes de ftalocianina de cobre, azul de potasa y pigmentos de azul de soda. La eliminación de la tinta puede ayudar a mejorar ciertas partes en el proceso. Por ejemplo, algunas tintas pueden ser tóxicas para microorganismos usados en el proceso. Las tintas también pueden conferir una coloración o toxicidad no deseables al producto final. Además, la eliminación de las tintas puede permitir que éstas sean recicladas, mejorando la relación coste beneficio del proceso y rebajando el impacto medioambiental de la materia prima de papel. Las tintas pueden eliminarse mediante cualquier medio. Por ejemplo, la eliminación puede incluir etapas de dispersión, flotación, prensado y/o lavado, extracción con disolventes (por ejemplo, CO₂ supercrítico, alcohol, agua y disolventes orgánicos), sedimentación, medios químicos, tamizado y/o precipitación. Algunos de los tratamientos físicos descritos en el presente documento (véase la sección de Tratamiento físico) pueden ayudar a separar los

35 materiales celulósicos de las tintas (por ejemplo, tratamientos mecánicos, tratamientos químicos, irradiación, pirólisis, sonicación y/u oxidación). Pueden usarse, además, tecnologías de destinte enzimático tales como las divulgadas en la patente de Estados Unidos 7.297.224.

40

45

Los materiales de recubrimiento, por ejemplo, los que se encuentran en papel recubierto de polímero descrito en la sección de materiales a continuación, pueden eliminarse e la materia prima en cualquier punto durante el proceso. Esto puede realizarse mediante, por ejemplo, los métodos mencionados anteriormente para la eliminación de pigmentos y tintas y materiales inorgánicos. En algunos casos, donde el papel recubierto de polímero es un laminado, la delaminación puede realizarse mediante, por ejemplo, medios químicos y/o mecánicos. Las porciones de laminado no celulósico pueden separarse a continuación de las capas que contienen celulosa y desecharse y/o

50

55 reciclarse.

PRODUCTOS INTERMEDIOS Y PRODUCTOS

Los procesos y nutrientes descritos en el presente documento pueden usarse para convertir materias primas de papel en uno o más productos, tales como energía, combustibles, alimentos y materiales. Los ejemplos concretos de productos incluyen, aunque no se limitan a, hidrógeno, azúcares (por ejemplo, glucosa, xilosa, arabinosa, manosa,

60

- galactosa, fructosa, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos), alcoholes (por ejemplo, alcoholes monohídricos o alcoholes dihidricos, tales como etanol, n-propanol, isobutanol, sec-butanol, terc-butanol o n-butanol), alcoholes hidratados o hidrosos, por ejemplo, que contengan más del 10 %, 20 %, 30 % o incluso más del 40 % de agua, azúcares, biodiésel, ácidos orgánicos (por ejemplo, ácido acético y/o ácido láctico), hidrocarburos por ejemplo, metano, etano, propano, butano, isobuteno, pentano, n-hexano, biodiésel, biogasolina y mezclas de los mismos, coproductos (por ejemplo, proteínas, tales como proteínas celulolíticas (enzimas) o proteínas unicelulares) y mezclas de cualquiera de estos, en cualquier combinación o concentración relativa y, opcionalmente, en combinación con cualquier aditivo, por ejemplo, aditivos para combustibles. Otros ejemplos incluyen ácidos carboxílicos tales como ácido acético o ácido butírico, sales de un ácido carboxílico, una mezcla de ácidos carboxílicos y sales de ácidos carboxílicos y ésteres de ácidos carboxílicos (por ejemplo, ésteres metílico, etílico y n-propílico), cetonas, aldehídos, ácidos alfa,beta-insaturados tales como ácido acrílico y olefinas tales como etileno. Otros alcoholes y derivados de alcoholes incluyen propanol, propilenglicol, 1,4-butanodiol, 1,3-propanodiol, alcoholes del azúcar (por ejemplo, eritritol, glicol, glicerol, sorbitol, treitol, arabitol, ribitol, manitol, dulcitol, fucitol, iditol, isomalt, maltitol, lactitol, xilitol y otros polioles) y ésteres metílicos o etílicos de cualquiera de estos alcoholes. Otros productos incluyen acrilato de metilo y metacrilato de metilo. El producto también puede ser un ácido orgánico, por ejemplo, ácido láctico, ácido fórmico, ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico, ácido succínico, ácido valérico, ácido caprónico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oxálico, ácido malónico, ácido glutárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido glicólico, ácido γ -hidroxibutírico, una mezcla de los mismos, una sal de cualquiera de estos ácidos, o una mezcla de cualquiera de los ácidos y sus respectivas sales.
- Otros productos intermedios y productos, incluyendo alimentos y productos farmacéuticos, se describen en la solicitud de Estados Unidos de N.º de serie 12/417900 .

MATERIALES

Materias primas de papel

- Las materias primas de papel adecuadas incluyen papel con alto contenido de pigmento, recubrimiento o material de carga y pueden tener un bajo valor calorífico. Las fuentes de dicho papel incluyen revistas, catálogos, libros, manuales, etiquetas, calendarios, tarjetas de felicitación y otros materiales impresos de alta calidad tales como prospectos, folletos y similares. Los papeles pueden incluir al menos el 0,025 % en peso de pigmento, material de carga o recubrimiento, por ejemplo, del 0 al 80%, del 0 al 50%, del 0,1 al 50%, del 0,1 al 30%, del 0,1 al 20%, del 0,5 al 2,5%, del 0,2 al 15%, del 0,3 al 10%, del 0,5 al 5%. De acuerdo con el procedimiento de la invención, la materia prima de papel tiene un contenido de material de carga de más del 10 % en peso y un contenido de ceniza de al menos el 8 % en peso, y comprende una tinta de impresión. Otras materias primas de papel adecuadas incluyen papel recubierto de alto peso base y/o papel con un alto contenido de material de carga es decir, al menos el 10 % en peso. Estos papeles pueden estar impresos o no impresos. Los ejemplos de este tipo de materia prima incluyen papel que tiene un peso base, tal como se define como el peso en libras (lb) para una resma (500 hojas) de hojas de 25" X 38", de al menos 35 lb., por ejemplo al menos 45 lb., al menos 50 lb., al menos 60 lb, al menos 70 lb. o al menos 80 lb. La materia prima incluye papel que tiene un peso base por debajo de 330 lb., por ejemplo por debajo de aproximadamente 300 lb, por debajo de aproximadamente 250 lb, por debajo de aproximadamente 200 lb, por debajo de aproximadamente 150 lb, por debajo de aproximadamente 120 lb, por debajo de aproximadamente 110 lb, por debajo de aproximadamente 105 lb o por debajo de aproximadamente 100 lb. Por ejemplo el peso base puede estar entre 35 lb y 330 lb, 35 lb y 120 lb, entre 35 lb y 110 lb, entre 35 lb y 100 lb, entre 35 lb y 90 lb, entre 45 lb y 120 lb, entre 45 lb y 110 lb, entre 45 lb y 100 lb, entre 45 lb y 90 lb, entre 50 lb y 120 lb, entre 50 lb y 110 lb, entre 50 lb y 100 lb, entre 50 lb y 90 lb, entre 60 lb y 120 lb, entre 60 lb y 110 lb, entre 60 lb y 100 lb, entre 60 lb y 90 lb, entre 60 lb y 120 lb, entre 60 lb y 110 lb, entre 60 lb y 100 lb, entre 60 lb y 90 lb, entre 70 lb y 120 lb, entre 70 lb y 110 lb, entre 70 lb y 100 lb, entre 70 lb y 90 lb, entre 90 lb y 330 lb, entre 90 lb y 300 lb, entre 90 lb y 250 lb, entre 90 lb y 200 lb, entre 90 lb y 150 lb, entre 90 lb y 110 lb, entre 110 lb y 330 lb, entre 110 lb y 300 lb, entre 110 lb y 250 lb, entre 110 lb y 200 lb, entre 110 lb y 150 lb, entre 130 lb y 330 lb, entre 130 lb y 300 lb, entre 130 lb y 250 lb, entre 130 lb y 200 lb, o entre 130 lb y 150 lb, En algunas realizaciones, los papeles tienen una densidad relativamente alta, por ejemplo, superior a 1,11 g/cm³, en algunos casos de aproximadamente 1,11 a 2 g/cm³ por ejemplo, 1,11 a 1,8 g/cm², 1,11 a 1,6 g/cm², 1,11 a 1,52 g/cm², 1,2 a 1,8 g/cm², 1,2 a 1,6 g/cm², 1,2 a 1,52 g/cm², 1,3 a 1,8 g/cm², 1,3 a 1,6 g/cm² o 1,3 a 1,52 g/cm². Dichos papeles a menudo tienen un alto contenido de ceniza, por ejemplo, al menos el 8 % en peso, al menos el 10 % en peso, al menos el 15 % en peso, al menos el 20 % en peso o al menos el 50 % en peso. El contenido de ceniza puede estar entre el 8 y el 50 %, por ejemplo, entre el 10 y el 50 %, entre el 20 y el 50 %, entre el 30 y el 50 %, entre el 10 y el 40 %, entre el 20 y el 40%, entre el 10 y el 30% o entre el 10 y el 20%. Los papeles pueden tener un alto contenido de material de carga, por ejemplo, al menos el 10 % en peso, por ejemplo, al menos el 20 % en peso, al menos el 30 % en peso, al menos el 40 % en peso o al menos el 50 % en peso. El contenido de material de carga puede estar entre el 10 y el 80 %, por ejemplo, entre el 20 y el 80 %, entre el 30 y el 80 %, entre el 40 y el 80 %, entre el 10 y el 70 %, entre el 20 y el 70 %, entre el 30 y el 70 %, entre el 40 y el

- 70 %, entre el 10 y el 60 %, entre el 20 y el 60 %, entre el 30 y el 60 % y entre el 40 y 60 %. Los materiales de carga adecuados incluyen arcillas, óxidos (por ejemplo, titania, sílice, alúmina), carbonatos (por ejemplo, carbonato de calcio), silicatos (por ejemplo, talco) y aluminosilicatos (por ejemplo, caolín). En la industria se hace referencia a una calidad adecuada de papel recubierto como papel recubierto con acabado en máquina (MFC). En otras realizaciones, el papel puede tener una alta densidad superficial (es decir, gramaje), por ejemplo, al menos 50 g/m², al menos 60 g/m², al menos 70 g/m², al menos 80 g/m² o al menos 90 g/m². El gramaje puede estar entre 50 g/m² y 200 g/m², entre 50 g/m² y 175 g/m², entre 50 g/m² y 150 g/m², entre 50 g/m² y 125 g/m², entre 50 g/m² y 100 g/m², entre 60 g/m² y 200 g/m², entre 60 g/m² y 175 g/m², entre 60 g/m² y 150 g/m², entre 60 g/m² y 125 g/m², entre 60 g/m² y 100 g/m², entre 70 g/m² y 200 g/m², entre 70 g/m² y 175 g/m², entre 70 g/m² y 150 g/m², entre 70 g/m² y 125 g/m², entre 70 g/m² y 100 g/m², entre 80 g/m² y 200 g/m², entre 80 g/m² y 175 g/m², entre 80 g/m² y 150 g/m², entre 80 g/m² y 125 g/m², entre 80 g/m² y 100 g/m², entre 130 g/m² y 500 g/m², entre 130 g/m² y 450 g/m², entre 130 g/m² y 350 g/m², entre 130 g/m² y 300 g/m², entre 130 g/m² y 250 g/m², entre 130 g/m² y 200 g/m², entre 130 g/m² y 175 g/m², entre 130 g/m² y 150 g/m², entre 200 g/m² y 500 g/m², entre 200 g/m² y 450 g/m², entre 200 g/m² y 350 g/m², entre 200 g/m² y 300 g/m², entre 200 g/m² y 250 g/m², entre 250 g/m² y 500 g/m², entre 250 g/m² y 450 g/m², entre 250 g/m² y 350 g/m², entre 250 g/m² y 300 g/m², entre 200 g/m² y 250 g/m², entre 300 g/m² y 500 g/m², entre 300 g/m² y 450 g/m² o entre 300 g/m² y 350 g/m².

Los papeles recubiertos se conocen bien en la técnica papelera, y se divulgan, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos N.º 6.777.075; 6.783.804 y 7.625.441.

- 20 Los papeles recubiertos adecuados como materias primas pueden incluir papel recubierto con un material inorgánico, por ejemplo los mismos materiales usados como materiales de carga pueden usarse en recubrimientos. Adicionalmente, los papeles recubiertos pueden incluir papel recubierto con un polímero (papel recubierto de polímero). Dicho papel puede fabricarse, por ejemplo, por recubrimiento por extrusión, recubrimiento con cepillo, recubrimiento de cortina, recubrimiento con cuchilla, recubrimiento con cuchilla de aire, recubrimiento por colada o recubrimiento de papel por rodillo. Por ejemplo, las fuentes de dicho papel recubierto de polímero incluyen diversos envases para alimentos, incluyendo cajas de cartón para zumos, bolsas de condimentos (por ejemplo, azúcar, sal, pimienta), platos, bolsas de comida para mascotas, tazas, cuencos, bandejas y cajas para alimentos congelados. El papel recubierto de polímero puede contener, además del papel, por ejemplo, polímeros (por ejemplo, polietileno, polipropileno, polímeros biodegradables, silicona), látex, aglutinantes, cera y, en algunos casos, una o más capas de aluminio. Los papeles recubiertos de polímero pueden ser laminados multicapa, por ejemplo, hechos con una o más, por ejemplo, dos, tres, cuatro, cinco o más capas de polietileno y papel y una o más, por ejemplo, dos, tres o más capas de aluminio.
- 35 Las materias primas de papel normalmente tienen un bajo valor calorífico bruto por ejemplo, por debajo de 7500 Btu/lb por ejemplo por debajo de 7400 Btu/lb, por debajo de 7200 Btu/lb, por debajo de 7000 Btu/lb, por debajo de 6800 Btu/lb, por debajo de 6600 Btu/lb, por debajo de 6400 Btu/lb, por debajo de 6200 Btu/lb, por debajo de 6000 Btu/lb, por debajo de 5800 Btu/lb, por debajo de 5600 Btu/lb, por debajo de 5400 Btu/lb o por debajo de 5200 Btu/lb. El valor calorífico bruto puede estar entre aproximadamente 5200 y 7500 Btu/lb por ejemplo, entre 6800 y 7000 Btu/lb, entre 6700 y 7100 Btu/lb, entre 6400 y 7100 Btu/lb, entre 6600 y 6800 Btu/lb, entre 6100 y 6700 Btu/lb, entre 6100 y 6300 Btu/lb, entre 6000 y 6350 Btu/lb, entre 5600 y 6400 Btu/lb o entre 5200 y 5500 Btu/lb. El valor calorífico bruto puede medirse usando un calorímetro de bomba por ejemplo, tal como se perfil en el procedimiento ASTM E711.
- 45 La materia prima de papel puede tener un peso básico entre 35 lb y 330 lb, por ejemplo 45 lb y 330 lb, 60 y 330 lb, 80 y 330 lb, 60 y 200 lb, 60 y 100 lb; opcionalmente un contenido de material de carga superior a aproximadamente el 10 % en peso, por ejemplo, entre el 10 y el 80 % en peso, entre el 20 y el 80 % en peso, entre el 30 y el 80 % en peso, entre el 30 y el 70 % en peso, entre el 230 y el 60 % en peso; opcionalmente un gramaje entre 50 y 500 g/m², por ejemplo, 70 y 500 g/m², 90 y 500 g/m², 90 y 400 g/m², 90 y 300 g/m², 90 y 200 g/m²; y opcionalmente un valor calorífico entre 7500 y 4000 Btu/lb, por ejemplo, 7000 y 4000 Btu/lb, 6500 y 4000 Btu/lb, 5000 y 4000 Btu/lb, 6000 y 4500 Btu/lb; opcionalmente un contenido de ceniza entre el 8 y el 50 % en peso, por ejemplo, el 10 y el 80 % en peso, el 10 y el 60 % en peso, el 10 y el 50 % en peso, el 20 y el 50 % en peso.

- Alguna materia prima de papel adecuada puede incluir una hoja homogénea formada por fibras de celulosa que se entrelazan irregularmente. Estos pueden incluir, por ejemplo, papeles abrasivos, papel absorbente, papel libre de ácido, papel a prueba de ácido, papel de libro de cuentas, papel adhesivo, papel secado al aire, papel filtro de aire, papel de álbum, papel de albúmina, papel alcalino, papel de imitación cocodrilo, papel laminado de papel de aluminio, papel de munición, papel de tarjeta de anuncio, papel antioxidante, papel antideslizante, papel antiguo, papel de archivo, papel de arte, papel laminado de asfalto, papel azurelaid, papel de forro, papel para tocino, papel de bagazo, papel para envolver de panadería, papel de globo, papel del billete de banco o moneda, papel del barógrafo, papel de barrera, papel baritado, papel de envuelta de bidi, papel de biblia, papel impermeable negro,

- papel de embalaje de cuchilla, papel a prueba de sangre o de carnicería, papel secante, papel de anteproyecto, cartón, papel de relleno, papel obra, papel para libros, cartulina, papel de impresión Braille, papel para envolver pan, cartulina Bristol, papel para formularios comerciales, papel para envolver mantequilla, papel quemado, papel para cables, papel imitación cuero, papel calico, papel para envolver caramelos, papel tela, papel autocopiante, cartón,
- 5 cartón corrugado, cartón, papel para cartuchos, papel recubierto de alto brillo, papel de catálogo, papel para cartas, papel para cheques, papel para envolver quesos, aglomerado, cromo, papel grueso (también papel industrial), papel cuché recubierto, papel recubierto, forro superior blanco recubierto, papel de acabado mate, papeles de color rápido, papel para productos básicos, Kraft coloreado, papel de condensador, papel de construcción, cartón para envases, papel de copiadora o papel láser, papel de correspondencia, cartón corrugado, medios corrugados o medios
- 10 acanalados, papel de algodón o de trapo, papel de cubierta o cartulina, papel de seda, hoja cortada, papel damasco, papel de calcomanía, papel base diazo, papel para documentos, papel de dibujo, cartón dúplex, papel dúplex, papel de guardas, papel para sobres, papel esparto, Kraft Extensible, cartón recubierto por extrusión, papel base para fax, resistente a la llama, papel flocado, papel fluorescente, cartulina plegable, papel Form Bond, cuché, papel para envolver fruta, cartón de junta, papel glassine, papel satinado, papel de granito, papel para huecograbado, cartón
- 15 gris, papel resistente a la grasa, papel verde, papel de mies, papel engomado, cartón de yeso, papel hecho a mano, papel colgante, papel de tamaño difícil, papel de sellado térmico, papel térmico, Papel Hi-Fi (acabado alto), papeles industriales, resistente a los insectos, cartón aislante, cartón marfil, papel Japonés, papel yute, papel para bolsas Kraft, cubierta Kraft, papel Kraft, papel Kraft impermeable, papel Kraft para envolver, papel de etiquetas, papel de encaje, papel verjurado, papel laminado, cartón para revestidos laminado, papel de Látex, papel para libro de cuentas, papel resistente a la luz, papel de revestimientos, cartón para revestimientos, papel de tornasol, recubierto en máquina, papel de revista, manila, papel de mapas, papel de mármol, papel de matriz, papel de acabado mate, papel mecánico, papel suave, papel de base de metalización, papel acabado en máquina, papel satinado a máquina, cartón, papel morera, papeles de colores naturales o papeles auto coloreados, papel para prensa, papel de avena, papel offset, papel de embalaje, Cartulina, papel patrón, papel permanente, papel fotográfico, cartulina para naipes,
- 25 papel para escritos, papel de extrusión de poliéster, cartulina para postales, papel de desecho postconsumo, papel de póster, papel de desecho de consumidor, papel recubierto sensible a la presión, papel de publicación, cartón de pasta, papel siliconado, cartón asfáltico, papel seguro, papel de seguridad, papel autoadhesivo, papel autocontenido, papel tratado con silicio, cartón corrugado de una cara, papel dimensionado, papel para sello, cartón de paja, papel de gamuza, papel supercalandrado, dimensionado en superficie, papel Super Art, papel de fibra sintética, papel para
- 30 etiquetas, Testliner, papel de texto, papel térmico, papel de dibujo translúcido, papel transparente, papel tratado, papel Union Kraft, papel sin esmaltar, papel sin dimensionar, papel a prueba de vapor, papel de etiqueta barnizada, pergamino vegetal, papel vitela, papel de terciopelo, papel de acabado aterciopelado, papel de vulcanización, guata, papel de pared, papel de acuarela, papel de acabado al agua, papel resistente al agua, papel Waterleaf, papel encerado, papel resistente a la humedad, papel protector blanco, papel Willesden, toallitas o paños húmedos, tejido,
- 35 papel para envolver, papel para escribir y papel xerográfico.

Las materias primas descritas en el presente documento pueden usarse en combinación con cualquiera de las materias primas de biomasa descritas en la solicitud estadounidense N.º de serie 12/417.880, presentada el 3 de abril de 2009.

40

Agentes sacarificantes

Entre las enzimas adecuadas se incluyen las celobiasas y celulasas capaces de degradar biomasa.

- 45 Las celobiasas adecuadas incluyen una celobiasa procedente de *Aspergillus niger* comercializada bajo el nombre comercial NOVOZYME 188™.

- Las celulasas son capaces de degradar la biomasa y pueden ser de origen fúngico o bacteriano. Las enzimas adecuadas incluyen las celulasas de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Humicola*, *Fusarium*, *Thielavia*,
- 50 *Acremohium*, *Chrysosporium* y *Trichoderma*, e incluyen especies de *Humicola*, *Coprinus*, *Thielavia*, *Fusarium*, *Myceliophthora*, *Acremohium*, *Cephalosporium*, *Scytalidium*, *Penicillium* o *Aspergillus* (véase, por ejemplo, el documento EP 458162), especialmente las producidas por una cepa seleccionada de entre las especies *Humicola insolens* (reclasificada como *Scytalidium thermophilum*, véase, por ejemplo, la patente de Estados Unidos N.º 4.435.307), *Coprinus cinereus*, *Fusarium oxysporum*, *Myceliophthora thermophila*, *Meripilus giganteus*, *Thielavia*
- 55 *terrestris*, *Acremonium sp.*, *Acremonium persicinum*, *Acremonium acremonium*, *Acremonium brachyphenium*, *Acremonium dichromosporum*, *Acremonium obclavatum*, *Acremonium pinkertoniae*, *Acremonium roseogriseum*, *Acremonium incoloratum*, y *Acremonium furatum*; preferentemente procedentes 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*
- 60 *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 también se pueden obtener de *Chrysosporium*, preferentemente de una cepa de *Chrysosporium lucknowense*. Además, se pueden usar *Trichoderma* (especialmente *Trichoderma viride*, *Trichoderma reesei*, y *Trichoderma koningii*), *Bacillus* alcalofílicos (véanse, por ejemplo, la patente de Estados Unidos N.º 3.844.890 y la EP 458162), y *Streptomyces* (véase, por ejemplo, la patente EP 458162).

Se pueden utilizar complejos enzimáticos, tales como los comercializados por Genencore® 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 CMC U/g), hemicelulasa y beta-glucosidasa (525-775 pNPG U/g), y tiene un pH de 4,6 a 5,0. La actividad endoglucanasa del complejo enzimático se expresa en unidades de actividad carboximetilcelulosa (CMC U), mientras que la actividad beta-glucosidasa se presenta en unidades de actividad pNP-glucosidasa (pNP U). En una realización, se usa una mezcla del complejo enzimático Accellerase® 1500 y celobiasa NOVOZYME™ 188.

15 **Agentes de fermentación**

El(los) microorganismo(s) usados en la fermentación pueden ser microorganismos naturales y/o microorganismos modificados. Por ejemplo, el microorganismo puede ser una bacteria, por ejemplo, una bacteria celulolítica, un hongo, por ejemplo, una levadura, una planta o una protista, por ejemplo, un alga o un protozoo o una protista similar a un hongo, por ejemplo, un moho mucilaginoso. Cuando los organismos son compatibles, se pueden utilizar mezclas de microorganismos.

Los microorganismos de fermentación tienen la capacidad de convertir carbohidratos, tales como glucosa, fructosa, xilosa, arabinosa, manosa, galactosa, oligosacáridos o polisacáridos en productos de fermentación. Entre los microorganismos de fermentación se incluyen cepas del género *Sacchromyces spp.*, por ejemplo, *Sacchromyces cerevisiae* (levadura de panadería), *Saccharomyces distaticus*, *Saccharomyces uvarum*; del género *Kluyveromyces*, por ejemplo, las especies *Kluyveromyces marxianus*, *Kluyveromyces fragilis*; del género *Candida*, por ejemplo, *Candida pseudotropicalis*, y *Candida brassicae*, *Pichia stipitis* (un pariente de la *Candida shehatae*, del género *Clavispora*, por ejemplo, las especies *Clavispora lusitaniae* y *Clavispora opuntiae*, del género *Pachysolen*, por ejemplo, la especie *Pachysolen tannophilus* y del género *Bretannomyces*, por ejemplo, la especie *Bretannomyces clausenii* (Philippidis, G. P., 1996, Cellulose bioconversion technology, in Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman, C.E., ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212). Otros microorganismos adecuados incluyen, por ejemplo, *Zymomonas mobilis*, *Clostridium thermocellum* (Philippidis, 1996, *supra*), *Clostridium saccharobutylicum*, *Clostridium saccharobutylicum*, *Clostridium Puniceum*, *Clostridium beijerinckii*, *Clostridium acetobutylicum*, *Moniliella pollinis*, *Yarrowia lipolytica*, *Aureobasidium sp.*, *Trichosporonoides sp.*, *Trigonopsis variabilis*, *Trichosporon sp.*, *Moniliellaacetobutans*, *Typhula variabilis*, *Candida magnoliae*, *Ustilaginomycetes*, *Pseudozyma tsukubaensis*, especies de levadura de los géneros *Zygosaccharomyces*, *Debaryomyces*, *Hansenula* y *Pichia* y hongos del género dematoide *Torula*.

Las levaduras disponibles en el mercado incluyen, por ejemplo, Red Star®/Lesaffre Ethanol Red (comercializada por Red Star/Lesaffre, EE. UU.), FALI® (comercializada por Fleischmann's Yeast, una división de Bums Philip Food Inc., EE. UU.), SUPERSTART® (comercializada por Alltech, actualmente Lalemand), GERT STRAND® (comercializada por Gert Strand AB, Sweden) y FERMOL® (comercializada por DSM Specialties).

45 **Ingredientes de paquete de nutrientes**

Tal como se ha descrito anteriormente, se puede preferir incluir un paquete de nutrientes en el sistema durante la sacarificación y/o la fermentación. Los paquetes de nutrientes preferidos contienen una fuente de nutrientes basada en alimentos, una fuente de nitrógeno y, en algunos casos, otros ingredientes, por ejemplo, fosfatos. Las fuentes de nutrientes basadas en alimentos adecuadas incluyen cereales y verduras, incluyendo los descritos anteriormente y muchos otros. La fuente de nutrientes basada en alimentos puede incluir mezclas de dos o más cereales y/o verduras. Dichas fuentes y paquetes de nutrientes se divulgan en la solicitud estadounidense N.º de serie 13/184.138.

55 **Enzimas para liberar nutrientes**

Cuando se utiliza una fuente de nutrientes basada en alimentos, se prefiere que la mezcla de sacarificación y/o fermentación incluya además un sistema enzimático seleccionado para liberar nutrientes, por ejemplo, nitrógeno, aminoácidos y grasas, a partir de la fuente de nutrientes basada en alimentos. Por ejemplo, el sistema enzimático puede incluir una o más enzimas seleccionadas entre el grupo que consiste en amilasas, proteasas, y mezclas de las mismas. Dichos sistemas se divulgan en la solicitud estadounidense N.º de serie 13/184.138.

Celdas de combustible

Cuando los procedimientos descritos en el presente documento producen una solución o suspensión de azúcar, esta
5 solución o suspensión se puede usar posteriormente en una celda de combustible.

OTRAS REALIZACIONES

Aunque es posible realizar todos los procesos descritos en el presente documento en una ubicación física, en
10 algunas realizaciones, los procesos se completan en múltiples sitios, y/o pueden realizarse durante el transporte.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de producción de un azúcar, que comprende proporcionar una materia prima de papel con un contenido de material de carga de más del 10 % en peso y un contenido de ceniza de al menos el 8 %
5 en peso, y donde el papel comprende además una tinta de impresión, combinar el papel con un agente sacarificante que es una enzima, en un tanque, y usar mezcla a chorro para mezclar el contenido del tanque durante la sacarificación.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el contenido de material de carga es al menos el 20 %
10 en peso.
3. El procedimiento de cualquiera de las realizaciones anteriores, donde el papel está en forma de revistas.
- 15 4. El procedimiento de cualquiera de las realizaciones anteriores, que comprende además añadir una fuente de nutrientes basada en alimentos a la mezcla.
5. El procedimiento de cualquiera de las realizaciones anteriores, que comprende además añadir un
20 microorganismo al papel sacarificado y producir un producto o producto intermedio.
6. El procedimiento de la reivindicación 4, donde la fuente de nutrientes basada en alimentos se selecciona entre el grupo que consiste en cereales, verduras, residuos de cereales, residuos de verduras y mezclas de los mismos.
- 25 7. El procedimiento de la reivindicación 5, donde el producto comprende un combustible seleccionado entre el grupo que consiste en hidrógeno, alcoholes, ácidos orgánicos, hidrocarburos y mezclas de los mismos.
8. El procedimiento de la reivindicación 5, donde el microorganismo comprende una levadura y/o una
30 bacteria.
9. El procedimiento de cualquiera de las realizaciones anteriores, que comprende además tratar físicamente el papel.
10. El procedimiento de cualquiera de las realizaciones anteriores, que comprende además procesar el
35 azúcar.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, donde el procesamiento comprende separar xilosa y/o glucosa del azúcar.
- 40 12. El procedimiento de cualquiera de las realizaciones anteriores, donde la sacarificación se lleva a cabo a un pH de aproximadamente 3,8 a 4,2.
13. El procedimiento de la reivindicación 9, donde el tratamiento físico comprende tratar mecánicamente el papel para reducir la densidad aparente del papel y/o aumentar el área superficial BET del papel.
45
14. El procedimiento de la reivindicación 4, donde la fuente de nutrientes basada en alimentos se selecciona entre el grupo que consiste en trigo, avena, cebada, soja, guisantes, legumbres, patatas, maíz, salvado de arroz, harina de maíz, salvado de trigo y mezclas de los mismos.

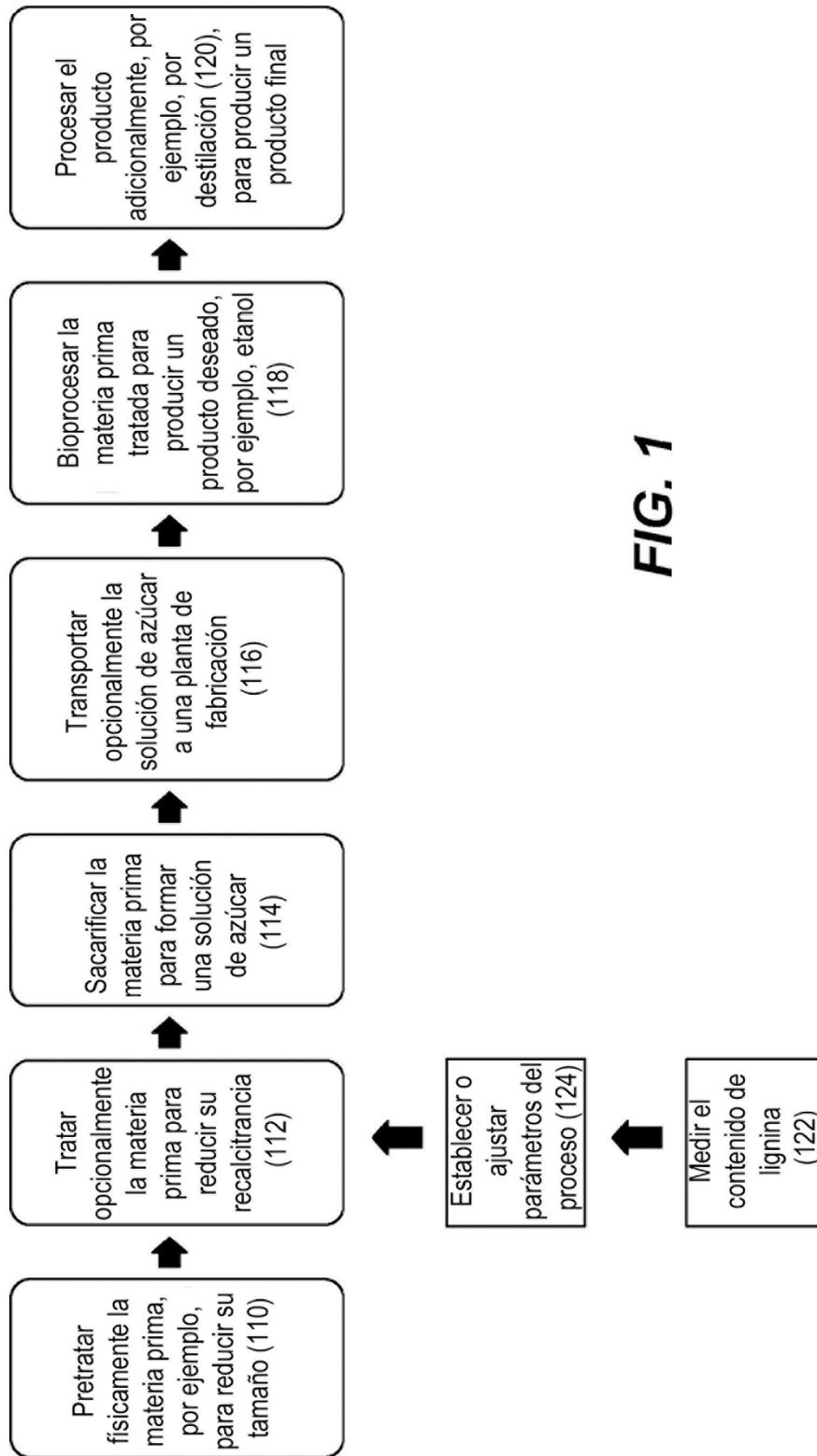


FIG. 1

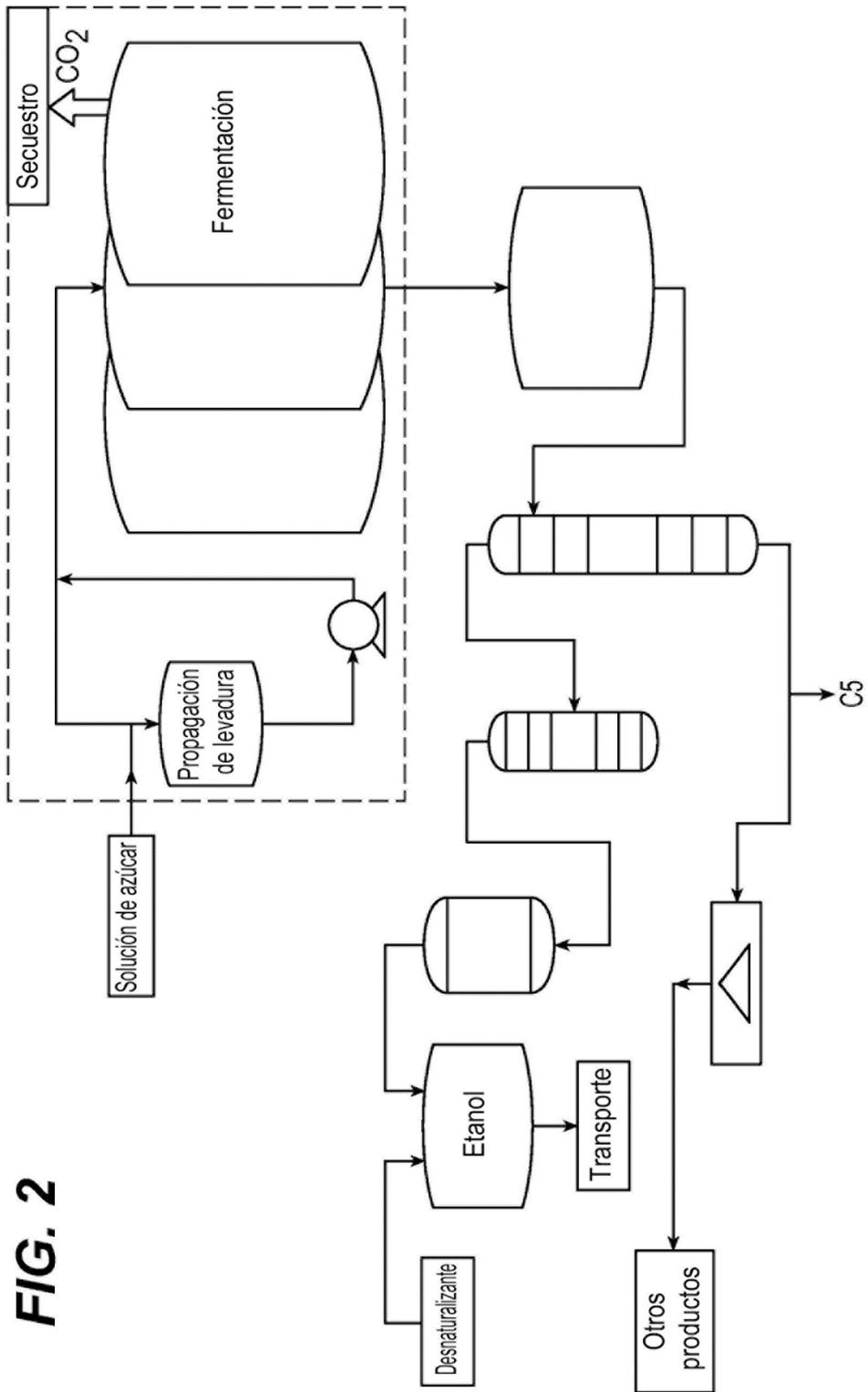


FIG. 2

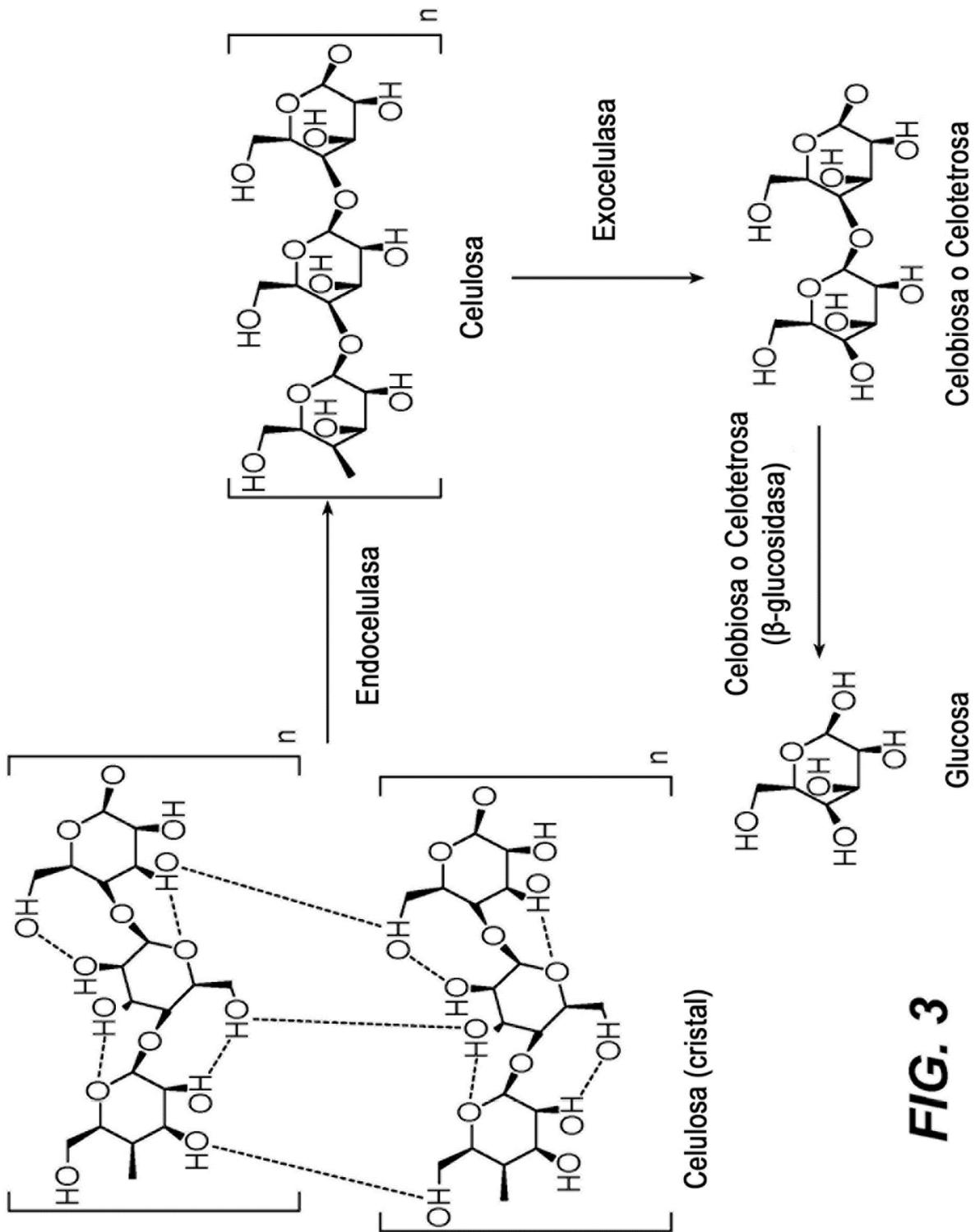


FIG. 3