

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 755**

51 Int. Cl.:

**C08B 37/00** (2006.01)  
**C08H 8/00** (2010.01)  
**C13K 1/02** (2006.01)  
**C13K 13/00** (2006.01)  
**C12P 7/10** (2006.01)  
**D21B 1/12** (2006.01)  
**D21B 1/02** (2006.01)  
**D21B 1/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.09.2015 PCT/EP2015/071278**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.03.2016 WO16042054**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2015 E 15777885 (3)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 3194653**

54 Título: **Procedimiento continuo para el tratamiento de una biomasa lignocelulósica**

30 Prioridad:

**19.09.2014 IT MI20141613**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.11.2019**

73 Titular/es:

**VERSALIS S.P.A. (100.0%)  
 Piazza Boldrini 1  
 20097 San Donato Milanese, IT**

72 Inventor/es:

**RASETTO, VALERIA;  
 PASSERINI, GAIA y  
 ANELLI, ALBERTO**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 730 755 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

Procedimiento continuo para el tratamiento de una biomasa lignocelulósica

### 5 ANTECEDENTES

Las biomásas lignocelulósicas pueden ser convertidas en productos bioquímicos y combustibles por medio de procedimientos diferentes de conversión.

10 Antes de entrar en un procedimiento de conversión, la biomasa lignocelulósica recogida se somete habitualmente a un procesamiento inicial para la clasificación de la biomasa lignocelulósica compatible con los procedimientos y equipos de conversión.

15 Es deseable eliminar los componentes inorgánicos de la biomasa lignocelulósica, tales como silicatos, sales y elementos minerales, que son perjudiciales para el procedimiento o equipo de conversión.

Existe la necesidad también de aumentar el contenido de agua de la biomasa lignocelulósica cruda que, en algunos casos, es recibido en la planta de conversión muy seco.

20 Otro problema que surge de la manipulación de biomásas lignocelulósicas recibidas en la planta de conversión es la presencia de contaminantes externos, tales como piedras, grava, arenas, arena, polvo, arcilla, objetos metálicos que están presentes junto con las biomásas lignocelulósicas.

25 Hasta ahora diferentes equipos y procedimientos se han desarrollado para la preparación de la biomasa lignocelulósica cruda para ser procesada adicionalmente.

30 Una estrategia consiste en llevar a cabo las etapas de preparación de forma secuencial. Como ejemplo, los contaminantes externos pueden ser primero eliminados de la biomasa lignocelulósica cruda, por ejemplo, por medio de equipos de flotación con aire, y los objetos metálicos son eliminados por medio de dispositivos de separación magnética. Después, la biomasa lignocelulósica cruda puede tratarse con agua y opcionalmente aditivos, lavando así la biomasa y aumentando su contenido de agua. Se usan diferentes procedimientos de lavado y/o impregnación de la biomasa, normalmente proporcionando una agitación mecánica de la biomasa lignocelulósica. En este caso, una sección de manipulación de biomasa extendida está presente en la planta de conversión, conteniendo dicha sección de manipulación de la biomasa numerosos equipos, conectados habitualmente a cintas transportadoras, para transportar la biomasa. La estrategia distribuida aumenta el capital y los costes operativos, así como el riesgo de fracaso.

35 Una estrategia diferente es la integración de las etapas de preparación en un único equipo. Como ejemplo, en el documento US8771472 se describen un aparato y procedimientos relacionados para el tratamiento de material por corte, impregnación y/o lavado del material. El aparato comprende un receptáculo, un elemento de descarga con un generador de torbellinos y medios de bombeo dispuestos para bombear fluido y material del receptáculo hacia el generador de torbellinos, en el que el generador de torbellinos y los medios de bombeo en combinación están adaptados para generar un vórtex con la forma de una hélice cónica en el fluido que se extiende en el receptáculo.

40 En el documento US2008054108 se describe un desintegrador con un depósito para la recepción de los materiales a triturar y una unidad que tiene un cubo que gira en el depósito. Un rotor se fija a la salida de rotación de la unidad, comprendiendo el rotor un cubo giratorio anular y una pluralidad de aletas que se proyectan en general de forma axial desde el cubo. Cada una de las aletas tiene un contorno que está inclinado desde la dirección de rotación, al menos adyacente a la parte radialmente más externa de las mismas. Las aletas tienen un borde lateral orientado hacia una dirección axial y una pluralidad de dientes se proporcionan en el borde lateral de las aletas adyacentes a la parte radialmente más externa de las mismas para proporcionar una rápida trituración de material con un menor consumo de energía.

45 Es deseable que se utilice una baja cantidad de agua para el procesamiento de la materia prima lignocelulósica cruda antes de entrar en el procedimiento de conversión, ya que una cantidad de exceso de agua tiene que ser tratada en una instalación de aguas residuales. De este modo, es deseable una solución intermedia entre la cantidad de agua usada en el tratamiento y la eficacia del tratamiento.

50 También es deseable que el procedimiento use una baja cantidad de energía, que es a la vez energía térmica del calentamiento del agua de procedimiento y energía eléctrica para el suministro de medios de agitación mecánica.

### 60 SUMARIO DE LA INVENCION

65 Se describe un procedimiento de tratamiento de materia prima de biomasa lignocelulósica, recibida en una planta industrial para ser convertida en biocombustibles y productos bioquímicos, mediante el uso de una baja cantidad de agua.

## ES 2 730 755 T3

- 5 El procedimiento descrito logra numerosos objetivos técnicos: eliminación de al menos una parte de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua de la biomasa lignocelulósica en un corto tiempo de procesamiento, cantidad mínima de agua enviada al tratamiento de aguas residuales, baja energía térmica y eléctrica, así como la separación de contaminantes externos de la materia prima de biomasa lignocelulósica.
- El procedimiento descrito puede ser implementado por medio de un equipo compacto único integrando todas las funcionalidades, reduciendo así la zona del emplazamiento industrial.
- 10 El procedimiento descrito es un procedimiento continuo para el tratamiento de una corriente de biomasa lignocelulósica cruda, que comprende contaminantes insolubles en agua y una biomasa lignocelulósica compuesta por un componente lignocelulósico, compuestos no lignocelulósicos solubles en agua y compuestos no lignocelulósicos insolubles en agua, comprendiendo dicho procedimiento las etapas que consisten en: introducir la corriente de biomasa lignocelulósica cruda en un recipiente de extracción que contiene una solución de extracción que comprende
- 15 agua y especies solubles en agua y que tiene una primera conductividad eléctrica, en el que al menos una parte del disolvente de extracción procede de la extracción previamente tratada y contiene especies solubles en agua derivadas de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua de la biomasa lignocelulósica previamente tratada; liberar en la solución de extracción especies solubles en agua adicionales derivadas de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua de la biomasa lignocelulósica, para producir una corriente de biomasa lignocelulósica impregnada;
- 20 eliminar la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada de la solución de extracción; opcionalmente aclarar la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada con una corriente de solución de aclarado que comprende agua; separar la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada en al menos una corriente de biomasa lignocelulósica limpia y un líquido de impregnación que tiene una segunda conductividad eléctrica y que comprende agua y especies solubles en agua derivadas de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua de la biomasa lignocelulósica
- 25 caracterizado por la etapa que consiste en diluir la solución de extracción con al menos una corriente de dilución que comprende agua, en el que el flujo de la corriente de dilución y/o el flujo de la corriente de solución de aclarado opcional se regulan para controlar al menos una de la primera conductividad eléctrica y la segunda conductividad eléctrica a un valor asignado que se encuentra en el intervalo de 0,1 S/m a 5 S/m.
- 30 También se describe que el valor asignado de conductividad eléctrica puede estar en un intervalo seleccionado del grupo de 0,2 S/m a 3 S/m, 0,3 S/m a 2 S/m, y 0,5 S/m a 1,5 S/m, a una temperatura de referencia de 25 °C.
- Se describe además que la cantidad porcentual de las especies solubles en agua en la solución de extracción en peso puede ser un valor en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 0,25 % a 13 %, 0,5 % a 8 %, 0,8 % a
- 35 5 %, y 1,25 % a 4 %.
- También se describe que las especies solubles en agua comprenden especies cargadas y especies neutras y la relación en peso de la cantidad total de especies cargadas a la cantidad total de especies neutras en la solución de extracción puede estar en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 20:100 a 90:100, 40:100 a 80:100,
- 40 y 50:100 a 80:100.
- Se describe además que la cantidad porcentual de las especies solubles en agua en el líquido de impregnación en peso puede ser un valor en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 0,25 % a 13 %, 0,5 % a 8 %, 0,8 % a 5 %, y 1,25 % a 4 %.
- 45 También se describe que las especies solubles en agua comprenden especies cargadas y especies neutras y la relación en peso de la cantidad total de especies cargadas a la cantidad total de especies neutras en el líquido de impregnación puede estar en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 20:100 a 90:100, 40:100 a 80:100, y 50:100 a 80:100.
- 50 Se describe además que la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada antes de la etapa de separación e) tiene un líquido libre y la cantidad porcentual del líquido libre puede ser inferior a un valor seleccionado entre el grupo que consiste en 20 %, 10 % y 5 % en peso de la biomasa lignocelulósica sólida.
- 55 También se describe además que la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada antes de la etapa de separación e) puede estar sustancialmente vacía del líquido libre.
- Se describe además que al menos una parte del líquido libre de la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada puede ser vaciada antes de la etapa de separación e).
- 60 También se describe que la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada puede ser separada por medio de un tornillo de compresión.
- Se describe además que al menos una parte de los contaminantes insolubles en agua se puede separar de la biomasa
- 65 lignocelulósica en el recipiente de extracción.

## ES 2 730 755 T3

También se describe que una parte de la solución de extracción puede ser descartada del procedimiento, y la cantidad total de solución de extracción descartada por Kg de biomasa lignocelulósica puede ser inferior a un valor seleccionado entre el grupo que consiste en 51/Kg, 41/Kg, 31/Kg, 21/Kg, y 11/Kg.

5 Se describe además que la relación en peso de la biomasa lignocelulósica presente en el recipiente de extracción al líquido de extracción en el recipiente de extracción puede ser inferior a un valor seleccionado entre el grupo que consiste en 1:1000, 1:800, 1:600, 1:400, 1:200, 1:100, 1: 70, 1:50, 1:30, 1:20, y 1:10.

10 También se describe que la temperatura de la solución de extracción puede estar en un intervalo seleccionado entre el grupo de 30 °C a 100 °C, 40 °C a 99 °C, 40 °C a 90 °C, y 50 °C a 85 °C.

15 Se describe además que la corriente de la biomasa lignocelulósica cruda reside en el recipiente de extracción durante un tiempo de residencia que puede estar en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 30 segundos a 300 minutos, 1 minuto a 20 minutos, 2 minutos a 20 minutos, 2 minutos a 15 minutos, y 3 a 10 minutos.

También se describe que la relación del caudal de biomasa lignocelulósica en Kg/hora en una base seca a la corriente de solución de lavado opcional en Kg/hora puede ser inferior a un valor seleccionado entre el grupo que consiste en 1:20, 1:15, 1: 10, 1:7, 1:5, 1:3, y 1:1.

20 Se describe además que la temperatura de la corriente de solución de aclarado opcional puede ser superior o igual a la temperatura de la solución de extracción.

25 También se describe que el contenido de humedad de la corriente de biomasa lignocelulósica limpia puede ser un valor en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 40 % a 75 %, 40 % a 70 %, 45 % a 65 %, y 45 % a 60 %.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 El procedimiento descrito es un procedimiento continuo para el tratamiento de una corriente de biomasa lignocelulósica cruda recibida en una planta industrial para convertir adicionalmente a biocombustibles y productos bioquímicos. Una biomasa lignocelulósica cruda es aquella que ha sido recogida pero que aún no ha sido sometida a un procedimiento de conversión tal como una explosión de vapor o gas. La biomasa lignocelulósica cruda es la biomasa lignocelulósica recogida, que ha sido sometida opcionalmente a procedimientos de manipulación y limpieza preliminares. Los procedimientos de manipulación se realizan habitualmente para reducir los costos de transporte de la biomasa, tales como, por ejemplo, la reducción del tamaño de la biomasa o el envasado de la biomasa en fardos. La reducción de tamaño se puede realizar por ejemplo por molienda, trituración o corte de la biomasa. El envasado de la biomasa en fardos puede reducir el volumen necesario para el transporte de la biomasa, y también puede aplicarse a la biomasa una determinada compresión.

40 Preferentemente, el siguiente tratamiento o procedimiento de conversión de la corriente de biomasa lignocelulósica comprende las etapas llevadas a cabo a una presión que es superior a la presión atmosférica, que es la presión a la que la biomasa lignocelulósica sale del procedimiento descrito. De este modo, la biomasa lignocelulósica procesada según el procedimiento descrito se transfiere de una presión inferior a una presión superior por medio de un aparato tal como un alimentador de tornillo para tapón.

45 La corriente de biomasa lignocelulósica cruda comprende biomasa lignocelulósica y contaminantes insolubles en agua.

50 Para el alcance del procedimiento descrito, la biomasa lignocelulósica está compuesta por un componente lignocelulósico, compuestos no lignocelulósicos solubles en agua y compuestos no lignocelulósicos insolubles en agua.

55 El componente lignocelulósico comprende carbohidratos (principalmente glucanos y xilanos) y lignina, que puede convertirse en biocombustibles y productos bioquímicos. Los carbohidratos son polímeros insolubles de azúcares monoméricos solubles en agua (tales como glucosa y xilosa).

60 Los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua comprenden compuestos presentes de forma natural en la biomasa lignocelulósica diferentes de los carbohidratos. Cuando se solubilizan en agua, las especies solubles en agua se derivan de estos compuestos por solubilización directa o también por reacciones más complejas. Las especies solubles en agua pueden ser especies neutras eléctricamente cargadas y especies eléctricamente neutras. Las especies cargadas solubles en agua pueden comprender por ejemplo aniones y cationes de sales orgánicas e inorgánicas de cationes, incluyendo sodio, calcio, potasio, amonio, magnesio. La conductividad eléctrica de una solución aumenta por el aumento de la concentración de especies cargadas disueltas. Como observación general, la conductividad eléctrica depende también de la movilidad de las especies cargadas. Las especies neutras solubles en agua pueden comprender por ejemplo ceras y extractos y estos ofrecen una contribución insignificante a la conductividad eléctrica. De este modo, la conductividad eléctrica de una solución no se ve afectada, o solo se ve afectada ligeramente, por la concentración de especies neutras solubles en agua.

Los compuestos solubles en agua se definen de la siguiente manera: una cantidad de 50 g de biomasa lignocelulósica se dispersa en 250 ml de agua destilada a 65 °C y se agita durante 5 minutos. La suspensión se filtra con un colador y la fracción líquida se recoge y analiza. Los compuestos solubles en agua son los compuestos en la fracción líquida que tienen una concentración superior a 0g/l.

Los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua comprenden compuestos, tales como sílice intrínseca presente en la biomasa lignocelulósica, que no se solubilizan en agua en las condiciones del procedimiento descrito.

Los contaminantes insolubles en agua comprenden por ejemplo piedras, grava, arenas, arena, polvo, arcilla, sílice y silicatos en general, y objetos metálicos, que se recogen con la biomasa lignocelulósica en la recolección y la operación de manipulación de la biomasa lignocelulósica y es deseable que se separen de la biomasa lignocelulósica antes de introducir la biomasa lignocelulósica a los dispositivos corriente abajo, que podrían dañarse. El tamaño de los contaminantes insolubles en agua puede variar de partículas muy pequeñas, en el intervalo de submilímetros, como en el caso de la arena, a varios centímetros, como en el caso de las piedras. En general se mezclan con la biomasa lignocelulósica y pueden adherirse a la superficie de la biomasa lignocelulósica o estar presentes en envoltorios de la biomasa lignocelulósica. En estos casos, la separación de la biomasa lignocelulósica puede resultar difícil.

Preferentemente, la cantidad porcentual de los contaminantes en la corriente de biomasa lignocelulósica cruda es inferior a 10 %, 5 %, 3 %, y 1 % en peso seco.

Las biomásas lignocelulósicas se describen en detalle en la siguiente sección.

Incluso si cualquier tipo de biomasa lignocelulósica puede ser tratado según el procedimiento descrito, una materia prima preferida es una biomasa lignocelulósica pulverizada en virutas, en la que las virutas se caracterizan por una baja densidad aparente. La densidad aparente se define como la masa de numerosas partículas del material dividido por el volumen total que ocupan. El volumen total incluye un volumen de partículas, un volumen vacío entre partículas, y un volumen de poros interno. La densidad aparente no es una propiedad intrínseca de un material; puede cambiar dependiendo de cómo se manipula el material. La densidad aparente se determina según la norma ASABE S 269.4 DEC91 (normas ASABE, Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas y Biológicos), que define procesos y procedimientos de medición de la densidad de unidad, densidad aparente, durabilidad, y contenido de humedad de diversos productos densificados compuestos principalmente por forraje, cultivos leñosos, u otros materiales fibrosos y no fibrosos para la manipulación a granel en las industrias de piensos y no piensos. La densidad aparente puede ser inferior a 300 kg/m<sup>3</sup>, preferentemente inferior a 250 kg/m<sup>3</sup>, más preferentemente inferior a 200 kg/m<sup>3</sup>, incluso más preferentemente inferior a 150 kg/m<sup>3</sup>, incluso aún más preferentemente inferior a 100 kg/m<sup>3</sup>, lo más preferentemente inferior a 75 kg/m<sup>3</sup>, siendo inferior a 50 kg/m<sup>3</sup> el valor incluso más preferido. La densidad aparente puede ser superior a 10kg/m<sup>3</sup>, preferentemente superior a 15 kg/m<sup>3</sup>, más preferentemente superior a 20 kg/m<sup>3</sup>. La densidad aparente es medida en un contenido de humedad del 10 %.

Incluso si el procedimiento descrito puede suministrar la biomasa lignocelulósica pulverizada compuesta por virutas de cualquier forma, son evidentes las ventajas en el caso de virutas alargadas. La materia prima lignocelulósica pulverizada puede caracterizarse por la relación media de aspecto de las virutas, en la que la relación de aspecto de una viruta se define como la relación de su tamaño más largo y el tamaño medio en la sección transversal con el tamaño más largo. La media se realiza con un muestreo de la materia prima que tiene una relevancia estadística. Como ejemplo, en el caso de la paja de trigo, la viruta puede ser tan larga como algunas decenas de centímetros y el tamaño medio transversal es normalmente de unos pocos milímetros. La relación media de aspecto puede ser superior a 3:1, preferentemente superior a 5:1, más preferentemente superior a 10:1, incluso más preferentemente superior a 15:1, incluso aún más preferentemente superior a 20:1, lo más preferentemente superior a 30:1, siendo superior a 40:1 el valor incluso más preferido.

Preferentemente, la materia prima lignocelulósica se selecciona entre el grupo que consiste en pasto varilla, *Mischantus*, *Arundo Donax*, paja de caña de azúcar, bagazo, paja de trigo, paja de cebada, y paja de arroz.

Según un aspecto de la invención, la materia prima lignocelulósica se trata en una solución de extracción sucia para solubilizar al menos una parte de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua, comprendiendo la solución de extracción sucia especies solubles en agua disueltas derivadas previamente de una alícuota de la biomasa lignocelulósica tratada. Dicho en otras palabras, las especies solubles en agua derivadas de la corriente de biomasa lignocelulósica se acumulan en la solución de extracción. Además, las partículas finas de contaminantes insolubles en agua también se acumulan en la solución de extracción, que aparece con un color marrón oscuro. Los inventores han descubierto que tomando como parámetro de calidad o de control la conductividad eléctrica de la corriente o corrientes sucias en uno o más puntos del procedimiento de tratamiento, el consumo de agua puede ser reducido o minimizado. La conductividad eléctrica de la solución de extracción, o una corriente de líquido de impregnación extraída de la biomasa lignocelulósica impregnada, o ambas, puede usarse para regular los flujos de los flujos de líquido que entran y salen del procedimiento descrito. Los inventores han descubierto que la conductividad eléctrica es un parámetro representativo del procedimiento de solubilización, es decir, de la concentración total de todas las especies solubles en agua, incluso si solo se ve afectada por la concentración de las especies cargadas solubles en agua disueltas.

Según otro aspecto de la invención, los contaminantes insolubles en agua se separan de la biomasa lignocelulósica por medio de densidad de masa aparente, de este modo sin o con un uso mínimo de energía mecánica externa.

- 5 Según otro aspecto de la invención, la biomasa lignocelulósica se trata primero en una gran cantidad de una solución de extracción sucia, con una alta concentración de especies solubles en agua, y luego se aclara con un flujo escaso de una corriente de solución de aclarado limpia, que se usa preferentemente para diluir la solución de extracción, con lo que un uso mínimo de agua limpia neta es necesario para el funcionamiento del procedimiento completo.
- 10 El procedimiento descrito es un procedimiento continuo, en el que la corriente de biomasa lignocelulósica cruda es introducida en un recipiente de extracción que contiene una solución de extracción para eliminar al menos un parte de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua de la biomasa lignocelulósica por solubilización en la solución de extracción. Para que el procedimiento descrito sea continuo, no es necesario que la corriente de biomasa lignocelulósica cruda se introduzca de forma continua en el recipiente de extracción, sino que puede ser introducida en alícuotas o pulsos estables. Por ende, hay momentos en los que no hay biomasa lignocelulósica cruda entrando en el recipiente de extracción. Pero, con el tiempo, la masa total introducida en el recipiente de extracción es igual a la masa total eliminada del recipiente de extracción. Una característica distintiva entre un procedimiento continuo y uno discontinuo es que, en un procedimiento continuo, la etapa de separación se está produciendo o progresa al mismo tiempo que la biomasa lignocelulósica cruda se introduce en el recipiente de extracción y/o la corriente de materia prima lignocelulósica impregnada se elimina del recipiente de extracción. Otra forma de señalar esto es que la separación en el recipiente de extracción se produce simultáneamente, o al mismo tiempo, eliminando la corriente de materia prima lignocelulósica impregnada del recipiente de extracción. Dicha eliminación se realiza de una manera continua que incluye la eliminación de una alícuota o pulso.
- 20 El recipiente de extracción puede tener cualquier tamaño y forma adecuados para el alcance del procedimiento descrito. El recipiente de extracción puede ser un recipiente abierto, con una superficie libre de la solución de extracción expuesta al entorno externo, o un recipiente cerrado, con una cubierta para aislar la solución de extracción del entorno externo.
- 25 Preferentemente, el recipiente de extracción tiene la forma de un depósito, con una sección horizontal alargada, con una dimensión principal, o longitud, que puede estar comprendida entre 2 m y 100 m, preferentemente entre 4 m y 80 m, incluso más preferentemente entre 4 m y 40 m.
- 30 La sección horizontal del recipiente de extracción puede tener una forma tipo rectangular, que puede modificarse por ejemplo para orientar la biomasa lignocelulósica hacia una región específica del recipiente de extracción o prevenir la acumulación de la biomasa lignocelulósica en alguna región del recipiente de extracción.
- 35 La altura del depósito de separación puede ser de 10 cm a 10 m, preferentemente entre 50 cm y 6 m, más preferentemente entre 1 m y 5 m, y lo más preferentemente entre 2 m y 4 m. La altura del recipiente de extracción puede no ser uniforme, y en este caso, la altura corresponde a la altura mínima del recipiente.
- 40 La solución de extracción contenida en el recipiente de extracción comprende agua y compuestos solubles en agua que se han solubilizado por el tratamiento de una alícuota anterior de la corriente de biomasa lignocelulósica.
- 45 El líquido de extracción puede llenar completamente el recipiente de extracción, como en el caso de un recipiente cerrado, o puede llenar parcialmente el recipiente de extracción. Preferentemente, la altura del líquido de extracción es suficiente para separar los contaminantes insolubles en agua según el procedimiento descrito.
- 50 En el caso de que la corriente de biomasa lignocelulósica sea una paja compactada en fardos, los fardos se desagregan preferentemente para introducir la corriente de biomasa lignocelulósica cruda suelta en el recipiente de extracción.
- 55 La corriente de biomasa lignocelulósica cruda se introduce preferentemente en el recipiente de extracción como una biomasa seca, lo que significa que ningún líquido libre está presente en la corriente entrante. El contenido de humedad es preferentemente inferior a 50 %, más preferentemente inferior a 30 %, incluso más preferentemente inferior a 20 %, y lo más preferentemente inferior a 10 %. En otra realización, la corriente de biomasa lignocelulósica cruda se introduce en el recipiente de extracción como una corriente de suspensión, mezclada con un líquido que comprende agua.
- 60 Si el recipiente de extracción es de tipo abierto, la corriente de biomasa lignocelulósica cruda se introduce preferentemente en el recipiente de extracción por gravedad a través de la superficie libre del líquido de extracción, por ejemplo, por medio de una cinta transportadora, y puede dispersarse en una parte ancha o, preferentemente, en una parte limitada de la superficie de la solución de extracción.
- 65 La corriente de biomasa lignocelulósica cruda puede introducirse por transporte forzado, por ejemplo por medio de un transportador sin fin, por debajo de la altura máxima de la solución de extracción, que corresponde a la superficie libre del líquido de extracción en el caso de que el recipiente de extracción esté abierto.

- Una parte de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua en la biomasa lignocelulósica se solubilizan en la solución de extracción, añadiendo así nuevas especies solubles en agua a la solución de extracción. Una pequeña cantidad de los carbohidratos del componente lignocelulósico también puede solubilizarse en azúcares solubles en la solución de extracción, dependiendo de la temperatura de la solución de extracción y el tiempo de residencia de la biomasa lignocelulósica en el recipiente de extracción. Preferentemente, las condiciones del procedimiento son tales que la mayor parte de los compuestos solubles en agua se solubilizan en el agua de extracción mientras no se produzca una solubilización significativa de los carbohidratos.
- La agitación mecánica puede ser proporcionada para mejorar aún más la solubilización de los compuestos solubles en agua.
- La solubilización de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua se mejora a una temperatura elevada de la solución de extracción. La temperatura de la solución de extracción puede estar comprendida entre 30 °C y 100 °C, preferentemente entre 40 °C y 99 °C, más preferentemente entre 40 °C y 90 °C, y lo más preferentemente entre 50 °C y 85 °C. Preferentemente, la temperatura se selecciona para no solubilizar los carbohidratos insolubles de la biomasa lignocelulósica. Un fluido a una temperatura superior a la temperatura de la solución de extracción que circula en un sistema de tuberías en contacto térmico con la solución de extracción puede usarse para calentar la solución de extracción a la temperatura deseada.
- El tiempo de residencia de la biomasa lignocelulósica en la solución de extracción puede estar comprendido entre 30 segundos y 300 minutos, preferentemente entre 1 minuto y 20 minutos, más preferentemente entre 2 minutos y 20 minutos, incluso más preferentemente entre 2 minutos y 15 minutos, y lo más preferentemente entre 3 y 10 minutos. El tiempo de residencia puede evaluarse mediante la localización de una parte de la biomasa lignocelulósica en el recipiente de extracción.
- La etapa de solubilización se lleva a cabo preferentemente con un exceso de solución de extracción con respecto a la cantidad de la biomasa lignocelulósica presente en el recipiente de extracción. Preferentemente, la relación en peso de la biomasa lignocelulósica presente en el recipiente de extracción al líquido de extracción en el recipiente de extracción puede ser inferior a un valor seleccionado entre el grupo que consiste en 1:1000, 1:800, 1:600, 1:400, 1:200, 1:100, 1: 70, 1:50, 1:30, 1:20, y 1:10. La cantidad de solución de extracción en el recipiente de extracción es controlada por la regulación de los flujos de las corrientes de entrada y salida del recipiente de extracción.
- La solución de extracción comprende una cantidad total de especies solubles en agua que se han acumulado mientras se ejecuta el procedimiento continuo descrito. La cantidad porcentual de las especies solubles en agua en la solución de extracción puede ser un valor en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 0,25 % a 13 %, preferentemente en 0,5 % a 8 %, más preferentemente en 0,8 % a 5 %, y lo más preferentemente en 1,25 % a 4 %.
- Puesto que las especies solubles en agua comprenden especies cargadas y especies neutras, la solución de extracción puede caracterizarse por la relación en peso de la cantidad total de especies cargadas a la cantidad total de especies neutras, que puede estar en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 20:100 a 90:100, preferentemente en 40:100 a 80:100, y lo más preferentemente en 50:100 a 80:100.
- La conductividad eléctrica de la solución de extracción varía con la concentración de las especies cargadas solubles en agua en la solución de extracción y no se ve afectada por la concentración de las especies neutras solubles en agua. De este modo, dos soluciones de extracción que tienen la misma concentración de las especies cargadas solubles en agua, pero diferentes concentraciones de especies neutras tendrán la misma conductividad eléctrica. Como la solución de extracción se elimina del recipiente de separación de una manera no selectiva con respecto a la carga eléctrica de las especies solubles en agua, es decir, evitando la acumulación de un tipo particular de especies, los inventores han descubierto que la conductividad eléctrica se puede usar para representar la concentración total de las especies solubles en agua, proporcionando así un parámetro para controlar la calidad de la solución de extracción.
- La conductividad eléctrica de la solución de extracción es controlada a un valor asignado en un intervalo objetivo adecuado. Si la conductividad eléctrica fuese inferior al límite inferior del intervalo objetivo, las especies solubles en agua en el recipiente de extracción estarían demasiado diluidas, lo que indica un consumo excesivo de agua. Por otra parte, si la conductividad eléctrica fuese superior al límite superior, la solución de extracción estaría demasiado sucia y la liberación de especies solubles en agua adicionales puede ser menos eficaz. Es importante especificar que, mientras se lleva a cabo el procedimiento descrito de forma continua, puede haber intervalos de tiempo en los que la conductividad eléctrica de la solución de extracción se encuentra fuera del intervalo objetivo. Es decir, puede haber alícuotas de la biomasa lignocelulósica que se tratan en una solución de extracción con una conductividad eléctrica que se encuentra fuera del intervalo objetivo. La conductividad eléctrica se controla a un valor medio en el intervalo objetivo durante un periodo de tiempo que es superior al tiempo de residencia de la biomasa lignocelulósica en el recipiente de extracción.
- La conductividad eléctrica de la solución de extracción se encuentra en un intervalo de 0,1 S/m a 5 S/m, preferentemente de 0,2 S/m a 3 S/m, más preferentemente de 0,3 S/m a 2 S/m, y lo más preferentemente de 0,5 S/m

a 1,5 S/m. Siendo la conductividad eléctrica fuertemente dependiente de la temperatura, los intervalos preferidos se definen en la temperatura de referencia de 25 °C. El intervalo de la conductividad eléctrica en la temperatura de la solución de extracción puede determinarse con facilidad según una medición de referencia de la conductividad eléctrica a la temperatura de referencia.

5 Una amplia variedad de instrumentación está disponible comercialmente para la medición de la conductividad eléctrica. En general, existen dos tipos de células, el tipo clásico con electrodos planos o cilíndricos y un segundo tipo basado en la inducción. Numerosos sistemas comerciales ofrecen una corrección automática de la temperatura. La conductividad puede medirse insertando la sonda en el recipiente de extracción o en una alícuota de la solución de extracción eliminada del recipiente de extracción. La conductividad eléctrica se puede medir de forma continua o intermitente.

15 La conductividad eléctrica de la solución de extracción se controla alrededor de un valor asignado en los intervalos preferidos por medio de la regulación del flujo de una o más corrientes de dilución añadidas a la solución de extracción, con una concentración de especies solubles en agua que es inferior a la concentración de las especies solubles en agua en la solución de extracción. Una corriente de agua limpia se puede añadir a la solución de extracción a partir de una fuente externa de agua. Otras corrientes de dilución pueden ser obtenidas por medio del reciclado de corrientes internas del procedimiento. Las diferentes corrientes pueden añadirse a la solución de extracción de diferentes entradas, o combinarse entre sí para formar una corriente única antes de ser insertadas en la solución de extracción. La temperatura de la corriente o corrientes de dilución puede ser superior a la temperatura de la solución de extracción para aumentar o mantener la temperatura de la solución de extracción.

25 Una corriente de la solución de extracción se descarta del recipiente de extracción y también puede regularse para controlar la conductividad eléctrica en el intervalo objetivo. La corriente puede eliminarse de una salida dedicada o junto con la biomasa lignocelulósica impregnada eliminada del recipiente de extracción. El procedimiento puede caracterizarse por la cantidad total de solución de extracción descartada del procedimiento, en todas sus manifestaciones, incluyendo, lodo, para tratar un Kg de biomasa lignocelulósica en una base seca, la cantidad total de solución de extracción descartada del procedimiento es preferentemente inferior a 51/Kg, más preferentemente inferior a 41/Kg, incluso más preferentemente inferior a 31/Kg, incluso aún más preferentemente inferior a 21/Kg, y lo más preferentemente inferior a 11/Kg por Kg de biomasa lignocelulósica.

La corriente de la solución de extracción descartada del procedimiento puede enviarse a una instalación de tratamiento de aguas residuales.

35 La conductividad eléctrica de la solución de extracción puede mantenerse en el intervalo deseado por medio de un sistema automático, preferentemente un sistema controlado por ordenador, que regula el flujo de la corriente o corrientes de dilución.

40 En una realización preferida, los componentes insolubles en agua de la corriente de biomasa lignocelulósica cruda se separan según sus densidades de masa aparente en la solución de extracción. Cabe destacar que la densidad de masa aparente en la solución de extracción es diferente de la densidad aparente como se define por la norma de referencia ASAE 269.4, ya que la solución de extracción llena vacíos intersticiales y también puede penetrar al menos parcialmente en los poros de la biomasa. La densidad de masa aparente en la solución de extracción puede definirse según la norma ASAE 269.4, con la excepción de que la biomasa se inserta en un contenedor lleno con solución de extracción en lugar de aire. La biomasa lignocelulósica cruda en el recipiente de extracción puede comprender envoltorios de biomasa lignocelulósica, en la que se incluyen partículas de contaminantes insolubles. Para el alcance de la separación descrita, el envoltorio es una unidad distinta que está separada según su propia densidad de masa aparente. Los componentes insolubles en agua, que incluyen envoltorios de biomasa lignocelulósica, se separan de este modo por flotabilidad en al menos una corriente de residuos, depositada en el fondo del recipiente de extracción, y que comprende al menos la mayor parte de los contaminantes insolubles en agua, y una corriente de biomasa lignocelulósica impregnada en un recipiente de extracción, que flota en la parte superior del recipiente de extracción, y que comprende la mayor parte de la biomasa lignocelulósica. La corriente de residuos puede comprender además una parte de la biomasa lignocelulósica, que es preferentemente inferior a 15 %, más preferentemente inferior a 10 %, incluso más preferentemente inferior a 5 % y los más preferentemente inferior a 3 % en peso en una base seca de la biomasa lignocelulósica que entra en el recipiente de extracción. La corriente de biomasa lignocelulósica impregnada puede comprender además una parte de los contaminantes insolubles en agua, que es preferentemente inferior a 15 %, más preferentemente inferior a 10 %, incluso más preferentemente inferior a 5 % y los más preferentemente inferior a 3 % en peso en una base seca de los contaminantes insolubles en agua que entran en el recipiente de extracción.

60 La separación de los componentes insolubles en agua puede ser promovida por agitación mecánica de la biomasa lignocelulósica cruda en el recipiente de extracción, por ejemplo, por medio de ruedas de paletas. La separación también puede ser promovida por flotación gaseosa inyectando burbujas de gas en la solución de extracción. Las pequeñas burbujas se adhieren a los envoltorios suspendidos haciendo que los envoltorios suspendidos floten en la superficie de la solución de extracción. El gas preferido es aire.



La corriente de residuos depositados en el fondo del recipiente de extracción se puede eliminar por medio de medios mecánicos tales como una cinta transportadora de paletas, o por gravedad.

5 La corriente de biomasa lignocelulósica impregnada puede ser transportada hacia una región de salida del recipiente de extracción por medio de un sistema mecánico, que puede comprender una cinta transportadora de paletas, o una rueda de paletas, o ambas. Se puede usar un flujo neto de la solución de extracción en el recipiente de extracción. En este caso, la solución de extracción fluye desde una entrada de la solución de extracción a una salida de la solución de extracción, en la que se elimina y recircula en el recipiente de extracción desde la entrada.

10 Medios pasivos, tales como barreras fijas pueden estar presentes en el recipiente de extracción para orientar y acumular la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada hacia la región de salida de la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada, evitando la acumulación de la biomasa en las zonas muertas del recipiente de extracción.

15 La corriente de biomasa lignocelulósica impregnada se elimina del recipiente de extracción, preferentemente de una salida de la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada colocada en la región de salida o cerca de la misma del recipiente de extracción. La biomasa lignocelulósica impregnada se elimina del recipiente de extracción en forma de una corriente de suspensión diluida con una parte de la solución de extracción, y se vacía preferentemente para separar una corriente líquida sucia que comprende al menos una parte del líquido libre de la corriente de suspensión de biomasa lignocelulósica impregnada. La corriente líquida sucia comprende agua y compuestos solubles no lignocelulósicos en agua, y puede comprender además algunos componentes insolubles. La separación se produce preferentemente bajo la acción de la gravedad y la corriente líquida sucia separada, que está aproximadamente a la misma temperatura de la solución de extracción en el recipiente de extracción, puede introducirse en el recipiente de extracción, con o sin ninguna etapa de procesamiento adicional. Dicho de otra manera, preferentemente, existe un drenaje continuo de la corriente sucia líquida en el recipiente de extracción.

25 Un modo preferido para eliminar la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada del recipiente de extracción se realiza por medio de un sistema de eliminación mecánica conectado a la salida de la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada y que se extiende a una posición superior del recipiente de extracción con respecto a la gravedad. Preferentemente, el sistema de eliminación mecánica comprende una cinta transportadora, más preferentemente un sistema transportador de paletas, que extrae la corriente de suspensión de biomasa lignocelulósica impregnada de una zona de salida del recipiente de extracción y vacía la corriente líquida sucia mientras eleva la corriente de materia prima lignocelulósica impregnada a la posición superior. Pueden situarse orificios adecuados en la cinta transportadora para promover el drenaje del líquido libre.

35 En una realización, toda la corriente líquida sucia se vuelve a introducir en el recipiente de extracción. En otra realización, se reintroduce al menos 50 % en peso, más preferentemente al menos 60 %, incluso más preferentemente al menos 70 % y lo más preferentemente al menos 80 % de la parte de la corriente líquida sucia. Una de las razones para eliminar una parte de la corriente líquida sucia del procedimiento es evitar la acumulación excesiva de las especies solubles en agua derivadas de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua en la solución de extracción.

40 A medida que el drenaje elimina la mayor parte del líquido libre en la corriente de suspensión de biomasa lignocelulósica impregnada, la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada tras el drenaje tiene un bajo contenido de líquido libre, que es preferentemente inferior a 20 %, más preferentemente inferior a 10 %, y lo más preferentemente inferior a 5 % en peso de la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada tras el drenaje en base húmeda.

45 En una realización preferida, la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada tras el drenaje está sustancialmente vacía de líquido libre, es decir, el líquido libre es inferior a 1 % en peso. El líquido libre es el líquido que está separado por decantación de una alícuota de la corriente lignocelulósica impregnada tras el drenaje en un decantador durante 1 hora.

50 A medida que la biomasa lignocelulósica es tratada con la solución de extracción sucia que contiene especies solubles en agua acumuladas, en una realización preferida, la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada se aclara con una corriente de solución de aclarado, preferentemente mientras se vacía la corriente líquida sucia de la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada. La corriente de solución de aclarado comprende agua y es en general más limpia que la solución de extracción. De esta manera, al menos una parte de las especies solubles en agua que se han solubilizado, pero pueden adherirse al componente lignocelulósico se eliminan de la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada. En este caso, la corriente líquida sucia comprende la solución de aclarado vaciada y tiene una concentración de especies solubles en agua que es inferior a la concentración de especies solubles en agua en la solución de extracción. La corriente líquida sucia puede introducirse en el recipiente de extracción como una corriente de dilución. En una realización, la corriente líquida sucia es la corriente de dilución única usada para diluir la solución de extracción.

65 En una realización preferida, la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada se aclara en un flujo limitado de corriente de solución aclarada, con lo que el procedimiento descrito minimiza la cantidad total de agua necesaria para tratar la biomasa lignocelulósica. La relación del flujo de la corriente de materia prima lignocelulósica impregnada en

Kg/hora en una base seca al flujo de la corriente de solución impregnada en Kg/hora es inferior a 1:20, preferentemente inferior a 1:15, más preferentemente inferior a 1: 10, incluso más preferentemente inferior a 1:7, 1:5, incluso aún más preferentemente inferior a 1:3, y lo más preferentemente inferior a 1:1.

5 Preferentemente, la corriente de solución de aclarado se inyecta en una configuración en contraflujo con respecto a la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada, y puede inyectarse a través de uno o más puntos de inyección mientras la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada es transportada por el sistema de eliminación mecánica.

10 La solución de aclarado puede estar comprendida a una temperatura entre 30 °C y 100 °C, preferentemente entre 40 °C y 99 °C, más preferentemente entre 40 °C y 90 °C, y lo más preferentemente entre 50 °C y 85 °C.

15 En una realización, la temperatura de la corriente de solución de aclarado es superior o igual a la temperatura del líquido de extracción y la corriente líquida sucia puede introducirse en el recipiente de extracción con el fin de calentar la solución de extracción.

20 La corriente de biomasa lignocelulósica impregnada se aclara durante un tiempo de aclarado que es un valor en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 30 segundos a 300 minutos, 1 minuto a 20 minutos, 2 minutos a 20 minutos, 2 minutos a 15 minutos, y 3 a 10 minutos. La corriente de biomasa lignocelulósica impregnada puede ser una parte significativa del tiempo de residencia de la biomasa lignocelulósica en el depósito de separación. Preferentemente, el tiempo de aclarado está comprendido en un intervalo entre 1 % y 80 %, más preferentemente entre 5 % y 70 %, incluso más preferentemente entre 10 % y 60 %, y lo más preferentemente entre 20 % y 50 % del tiempo de residencia. De esta manera, una parte adicional de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua puede solubilizarse adicionalmente durante el aclarado y eliminarse de la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada.

25 Incluso si la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada contiene una escasa o una cantidad nula de líquido libre, el contenido de humedad es aún elevado, siendo la biomasa lignocelulósica impregnada con la solución de extracción. El contenido de humedad puede estar en el intervalo de 70 % a 95 %, preferentemente de 70 % a 90 %, más preferentemente de 75 % a 95 %, y lo más preferentemente de 75 % a 90 %.

30 La corriente de biomasa lignocelulósica impregnada se separa en al menos una corriente líquida impregnada y una corriente de biomasa lignocelulósica limpia preferentemente por medio de un dispositivo de compresión continua. Un dispositivo preferido es un tornillo de compresión, ubicado en una carcasa cilíndrica que tiene una pantalla de filtro anular para eliminar líquidos mientras se transporta de forma continua la corriente de biomasa lignocelulósica limpia. El contenido de humedad de la corriente de biomasa lignocelulósica limpia puede estar en el intervalo de 40 % a 75 %, preferentemente de 40 % a 70 %, más preferentemente de 45 % a 65 %, y lo más preferentemente de 45 % a 60 %. El líquido impregnado comprende agua y especies solubles en agua adicionales, que se absorbieron principalmente con la biomasa lignocelulósica impregnada. El líquido de impregnación puede comprender además una pequeña parte de la biomasa lignocelulósica sólida suspendida en el líquido.

35 Los inventores hallaron que la conductividad eléctrica del líquido de impregnación es representativa de la eficacia del procedimiento en la solubilización de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua y puede usarse como un parámetro de calidad o control para regular el flujo de la corriente o corrientes de dilución, con el fin de reducir la cantidad de agua neta usada en el procedimiento.

40 La conductividad eléctrica del líquido de impregnación se controla a un valor asignado que se encuentra en el intervalo objetivo adecuado, con las mismas consideraciones que en el caso de la solución de extracción. En particular, la conductividad eléctrica se controla a un valor medio en el intervalo objetivo durante un periodo de tiempo que es superior al tiempo de residencia de la biomasa lignocelulósica en el recipiente de extracción.

45 La conductividad eléctrica del líquido de impregnación se encuentra en un intervalo de 0,1 S/m a 5 S/m, preferentemente de 0,2 S/m a 3 S/m, más preferentemente de 0,3 S/m a 2 S/m, y lo más preferentemente de 0,5 S/m a 1,5 S/m. Siendo la conductividad eléctrica fuertemente dependiente de la temperatura, los intervalos preferidos se definen en la temperatura de referencia de 25 °C.

50 La cantidad total de las especies solubles en agua en el líquido de impregnación en peso puede ser un valor en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 0,25 % a 13 %, preferentemente en 0,5 % a 8 %, más preferentemente en 0,8 % a 5 %, y lo más preferentemente en 1,25 % a 4 %.

55 Puesto que las especies solubles en agua comprenden especies cargadas y especies neutras, el líquido de impregnación también puede caracterizarse por la relación en peso de la cantidad total de especies cargadas a la cantidad total de especies neutras, que puede estar en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 20:100 a 90:100, preferentemente en 40:100 a 80:100, y más preferentemente en 50:100 a 80:100.

60 La conductividad eléctrica del líquido de impregnación puede ser el único parámetro de control, o puede usarse como un parámetro adicional. En el último caso, el valor asignado de la conductividad del líquido de impregnación puede ser

diferente del valor objetivo de la conductividad de la solución de extracción, y el valor asignado de la conductividad del líquido de impregnación es preferentemente superior al valor asignado de la conductividad de la solución de extracción. En otra realización, el valor asignado de la conductividad del líquido de impregnación está en un primer intervalo y el valor asignado de la conductividad del líquido de impregnación está en un segundo intervalo y el primer intervalo y el segundo intervalo son diferentes. La conductividad eléctrica tanto de la solución de extracción como del líquido de impregnación se controla regulando el flujo de corriente o corrientes de dilución.

El líquido de impregnación puede volverse a introducir en el recipiente de extracción, finalmente después de la eliminación de sólidos en suspensión. La corriente de biomasa lignocelulósica limpia puede suministrarse a un alimentador de tornillo para tapón para entrar en un procedimiento de conversión en condiciones presurizadas para producir biocombustibles y productos bioquímicos.

#### Biomasa lignocelulósica

En general, una materia prima lignocelulósica, indicada también como biomasa lignocelulósica puede ser descrita de la siguiente manera:

Además del almidón, los tres constituyentes principales de la biomasa vegetal son celulosa, hemicelulosa y lignina, que se conocen comúnmente por el término genérico de lignocelulosa. Las biomásas que contienen polisacáridos como un término genérico incluyen tanto almidón como biomásas lignocelulósicas. Por lo tanto, algunos tipos de materias primas pueden ser biomasa vegetal, biomasa que contiene polisacáridos, y biomasa lignocelulósica que puede o no contener almidón.

Las biomásas que contienen polisacáridos según la presente invención incluyen cualquier material que contiene azúcares poliméricos, por ejemplo, en forma de almidón, así como almidón refinado, celulosa y hemicelulosa.

Tipos relevantes de materia prima lignocelulósica para deducir la invención reivindicada pueden incluir biomásas derivadas de cultivos agrícolas seleccionadas entre el grupo que consiste en almidón que contiene granos, almidón refinado; rastrojo de maíz, bagazo, colza, sorgo, madera blanda por ejemplo *Pinus sylvestris*, *Pinus radiata*, madera dura, por ejemplo, *Salix spp.* *Eucalyptus spp.*; tubérculos, por ejemplo, remolacha, patata; cereales, por ejemplo, arroz, trigo, centeno, avena, cebada, colza, sorgo y maíz, papel de desecho, fracciones de fibra de procesamiento de biogás, estiércol, residuos procedentes del procesamiento de aceite de palma, residuos sólidos urbanos o similares. Si bien los experimentos se limitan a unos pocos ejemplos del listado enumerado anteriormente, se cree que la invención es aplicable a todos los miembros del listado.

En una realización, la materia prima de biomasa lignocelulósica usada en el procedimiento proviene de la familia usualmente denominada gramíneas. El nombre propio es la familia conocida como *Poaceae* o *Gramineae* en la clase Liliopsida (las monocotiledóneas) de las plantas de floración. Las plantas de esta familia son generalmente denominadas gramíneas o, para distinguirlas de las otras graminoideas, gramíneas verdaderas. También se incluye el bambú. Existen aproximadamente 600 géneros y unas 9.000-10.000 o más especies de gramíneas (Índice mundial de especies de gramíneas de Kew).

*Poaceae* incluye los granos de alimentos básicos y cultivos de cereales cultivados en todo el mundo, hierba de césped, gramíneas forrajeras, y bambú. *Poaceae* tiene generalmente tienen tallos huecos llamados cañas, que se conectan (sólido) a intervalos llamados nudos, los puntos a lo largo de la caña en la que surgen las hojas. Las hojas de la hierba son generalmente alternas, dísticas (en un plano) o raramente espirales, y con vetas paralelas. Cada hoja se diferencia en una vaina péctica inferior que agarra el tallo en una distancia y un limbo con márgenes. Los limbos de las hojas de numerosas gramíneas se endurecen con fitolitos de sílice, que ayuda a disuadir a los animales de pastoreo. En algunas gramíneas (tales como juncos) esto hace que los bordes de los limbos de las gramíneas estén lo suficientemente afilados como para cortar piel humana. Un apéndice membranoso o margen de pelos, denominado lígula, se encuentra en la unión entre la vaina péctica y el limbo, evitando que penetre agua o insectos en la vaina péctica.

Los limbos de las gramíneas crecen en la base del limbo y no desde las puntas de los tallos alargados. Este punto de crecimiento bajo evolucionó en respuesta a los animales de pastoreo y permite que las gramíneas sean pastadas o segadas regularmente sin provocar un grave daño a la planta.

Las flores de *Poaceae* están dispuestas de forma característica en espiguillas, teniendo cada espiguilla uno o más flósculos (las espiguillas se agrupan además en panículas o espigas). Una espiguilla consiste en dos (o en ocasiones menos) brácteas en la base, denominadas glumas, seguido por uno o más flósculos. Un flósculo consiste en la flor rodeada por dos brácteas denominadas lema (la externa) y palea (la interna). Las flores son generalmente hermafroditas (maíz, andrógino, es una excepción) y la polinización es casi siempre anemófila. El perianto se reduce a dos escalas, denominado lodículas, que se expanden y contraen para difundir el lema y la palea; estas se interpretan en general por ser sépalos modificados.

El fruto de *Poaceae* es una cariósipide en la que el episperma se fusiona con la pared del fruto y, por ende, no puede separarse del mismo (como en un grano de maíz).

Existen tres clasificaciones generales de hábito de crecimiento presente en las gramíneas; de tipo racimo (también llamado caespitosa), estolonífero y rizomatosa.

5 El éxito de las gramíneas reside en parte en su morfología y procedimientos de crecimiento, y en parte en su diversidad fisiológica. La mayoría de las gramíneas se dividen en dos grupos fisiológicos, usando las vías fotosintéticas C3 y C4 para la fijación de carbono. Las gramíneas C4 tienen una vía fotosintética vinculada a una anatomía de hoja de Kranz especializada que las adapta particularmente a climas cálidos y una atmósfera baja en dióxido de carbono.

10 Las gramíneas C3 se conocen como "gramíneas de temporada fría" mientras que las plantas C4 son consideradas como "gramíneas de estación cálida". Las gramíneas pueden ser anuales o perennes. Ejemplos de estación fría anual son el trigo, el centeno, el pastillo de invierno (plantas de la especie *Poa* anual, *Poa annua* y avena). Ejemplos de estación fría perenne son pasto ovillo (dátilo, *Dactylis glomerata*), festuca (*Festuca spp*), pasto azul de kentucky y raigrás perenne (*Lolium perenne*). Ejemplos de estación cálida anual son el maíz, sorgo de sudán y mijo perla.  
15 Ejemplos de temporada cálida perenne son un gran andropogon, gramínea india, bermuda y pasto aguja.

Una clasificación de la familia de las gramíneas reconoce doce subfamilias: Estas son 1) *anomochloideae*, un pequeño linaje de gramíneas de hoja ancha que incluye dos géneros (*Anomochloa*, *Streptochaeta*); 2) *Pharoidae*, un pequeño linaje de gramíneas que incluye tres géneros, incluidos *Pharus* y *Leptaspis*; 3) *Puelioideae* un pequeño linaje que incluye el género africano *Puelia*; 4) *Pooideae* que incluye trigo, cebada, avena, cebadilla (*Bromus*) y crespillos (*Calamagrostis*); 5) *Bambusoideae* que incluye bambú; 6) *Ehrhartoideae*, que incluye arroz, y arroz silvestre; 7) *Arundinoideae*, que incluye caña gigante y caña común; 8) *Centothecoideae*, una pequeña subfamilia de 11 géneros que se incluye algunas veces en *Panicoideae*; 9) *Chloridoideae* que incluyeannonis (*Eragrostis*, ca. 350 especies, incluido teff), matojos de burro (*Sporobolus*, unas 160 especies), mijo dedo (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.), y césped de Muhly (*Muhlenbergia*, ca. 175 especies); 10) *Panicoideae* que incluye mijo, maíz, sorgo, azúcar de caña, la mayor parte mijo, fonio y andropogon; 11) *Micrairoideae* y 12) *Danthonioideae* que incluye cortadera argentina; con *Poa* que es un género de aproximadamente 500 especies de gramíneas, nativas de las regiones templadas de ambos hemisferios.  
20  
25

30 Las gramíneas agrícolas cultivadas por sus semillas comestibles se denominan cereales. Estos cereales comunes son el arroz, el trigo y el maíz (millo). De todos los cultivos, el 70 % son gramíneas.

La caña de azúcar es la principal fuente de producción de azúcar. Las gramíneas se usan para la construcción. El andamiaje realizado de bambú es capaz de soportar vientos de fuerza de tifón que podrían romper andamios de acero.  
35 Los bambúes más grandes y *Arundo donax* tienen cañas fuertes que pueden usarse de una manera similar a la madera, y las raíces de las gramíneas estabilizan el césped de las casas con césped. Arundo se usa para fabricar cañas para instrumentos de viento, y el bambú se usa para innumerables implementos.

Otra materia prima de biomasa lignocelulósica puede ser plantas leñosas o maderas. Una planta leñosa es una planta que usa madera como su tejido estructural. Estas son normalmente plantas perennes cuyos tallos y raíces más grandes están reforzados con madera producida de forma adyacente a los tejidos vasculares. El tallo principal, las ramas más grandes, y las raíces de estas plantas son generalmente cubiertos por una capa de corteza espesa. Las plantas leñosas son por lo general árboles, arbustos o lianas. La madera es una adaptación celular estructural que permite a las plantas leñosas crecer a partir de tallos por encima del suelo año tras año, haciendo por ende algunas plantas leñosas más grandes y plantas más altas.  
40  
45

Estas plantas necesitan un sistema vascular para mover el agua y los nutrientes desde las raíces a las hojas (xilema) y mover los azúcares de las hojas al resto de la planta (floema). Existen dos tipos de xilema: primario que se forma durante el crecimiento primario de procambium y xilema secundario que se forma durante el crecimiento secundario de la zona generatriz vascular.  
50

Lo que generalmente se denomina "madera" es el xilema secundario de dichas plantas.

Los dos grupos principales en las que el xilema secundario se encuentra son:  
55

1) coníferas (*Coniferae*): existen unas seiscientos especies de coníferas. Todas las especies tienen xilema secundario, que tiene una estructura relativamente uniforme en este grupo. Numerosas coníferas se convierten en árboles altos: el xilema secundario de tales árboles se comercializa como madera blanda.

60 2) angiospermas (*Angiospermae*): existen unas 250.000 a 400.000 especies de angiospermas. En este grupo, el xilema secundario no se ha encontrado en las monocotiledóneas (por ejemplo *Poaceae*). Numerosas angiospermas monocotiledóneas se convierten en árboles, y el xilema secundario de estas se comercializan como madera dura.

El término madera blanda se usa para describir la madera de árboles que pertenecen a las gimnospermas. Las gimnospermas son plantas con semillas desnudas no encerradas en un ovario. Estos "frutos" de semilla se consideran más primitivos que las maderas duras. Los árboles de madera blanda son por lo general de hoja perenne, llevan conos,  
65

y tienen hojas similares a agujas u hojas rudimentarias. Incluyen especies de coníferas, por ejemplo, pino, píceas, abetos y cedros. La dureza de la madera varía entre las especies de coníferas.

5 El término madera dura se usa para describir la madera de árboles que pertenecen a la familia de las angiospermas. Las angiospermas son plantas con óvulos cerrados para la protección en un ovario. Cuando se fertilizan, estos óvulos se convierten en semillas. Los árboles de madera dura son generalmente de hoja ancha; en latitudes templadas y boreales en su mayoría son de hoja caduca, pero en los trópicos y subtropicos en su mayoría son de hoja perene. Estas hojas pueden ser simples (limbos simples) o pueden estar compuestas con folíolos unidos a un tallo de la hoja. Si bien tienen una forma variable en todas las hojas de madera dura estas tienen una red distinta de venas finas. Las plantas de madera dura incluyen por ejemplo álamo, abedul, cerezo, arce, roble y teca.

10 Por lo tanto, en una realización, una biomasa lignocelulósica adecuada puede seleccionarse entre el grupo que consiste en gramíneas y maderas. En una realización, la biomasa lignocelulósica puede seleccionarse entre el grupo que consiste en las plantas pertenecientes a las coníferas, angiospermas, *Poaceae* y familias. Otra biomasa lignocelulósica preferida puede ser aquella biomasa que tenga al menos 10 % en peso de su materia seca como celulosa, o más preferentemente al menos 5 % en peso de su materia seca como celulosa.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento continuo para el tratamiento de una corriente de biomasa lignocelulósica cruda, que comprende contaminantes insolubles en agua y una biomasa lignocelulósica compuesta por un componente lignocelulósico, compuestos no lignocelulósicos solubles en agua y compuestos no lignocelulósicos insolubles en agua, comprendiendo dicho procedimiento las etapas que consisten en:
- a. introducir la corriente de biomasa lignocelulósica cruda en un recipiente de extracción que contiene una solución de extracción que comprende agua y especies solubles en agua y que tiene una primera conductividad eléctrica, en el que al menos una parte de la solución de extracción procede de la extracción de una parte de biomasa lignocelulósica previamente tratada y contiene especies solubles en agua derivadas de los compuestos solubles no lignocelulósicos en agua de la biomasa lignocelulósica previamente tratada;
  - b. liberar en la solución de extracción especies solubles en agua adicionales derivadas de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua de la biomasa lignocelulósica, para producir una corriente de biomasa lignocelulósica impregnada;
  - c. eliminar la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada de la solución de extracción;
  - d. opcionalmente aclarar la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada con una corriente de solución de aclarado que comprende agua;
  - e. separar la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada en al menos una corriente de biomasa lignocelulósica y un líquido de impregnación que tiene una segunda conductividad eléctrica y que comprende agua y especies solubles en agua derivadas de los compuestos no lignocelulósicos solubles en agua de la biomasa lignocelulósica;
- caracterizado por** la etapa que consiste en:
- f. diluir la solución de extracción con al menos una corriente de dilución que comprende agua, en la que el flujo de la corriente de dilución y/o el flujo de la corriente de solución de aclarado opcional se regulan para controlar al menos una de la primera conductividad eléctrica y la segunda conductividad eléctrica a un valor asignado que se encuentra en el intervalo de 0,1 S/m a 5 S/m.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el valor asignado está en un intervalo seleccionado entre el grupo de 0,2 S/m a 3 S/m, 0,3 S/m a 2 S/m, y 0,5 S/m a 1,5 S/m, a una temperatura de referencia de 25 °C.
3. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que la cantidad porcentual de las especies solubles en agua en peso en la solución de extracción es un valor en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 0,25 % a 13 %, 0,5 % a 8 %, 0,8 % a 5 %, y 1,25 % a 4 %.
4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que las especies solubles en agua comprenden especies cargadas y especies neutras y la relación en peso de la cantidad total de especies cargadas a la cantidad total de especies neutras en la solución de extracción está en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 20:100 a 90:100, 40:100 a 80:100, y 50:100 a 80:100.
5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la cantidad porcentual de las especies solubles en agua en peso en el líquido de impregnación es un valor en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 0,25 % a 13 %, 0,5 % a 8 %, 0,8 % a 5 %, y 1,25 % a 4 %.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que las especies solubles en agua comprenden especies cargadas y especies neutras y la relación en peso de la cantidad total de especies cargadas a la cantidad total de especies neutras en el líquido de impregnación está en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 20:100 a 90:100, 40:100 a 80:100, y 50:100 a 80:100.
7. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada antes de la etapa de separación e) tiene un líquido libre y la cantidad porcentual del líquido libre es inferior a un valor seleccionado entre el grupo que consiste en 20 %, 10 % y 5 % en peso de la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada antes de la etapa de separación e) está sustancialmente vacía del líquido libre.
9. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, en el que al menos una parte del líquido libre de la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada se vacía antes de la etapa de separación e).

## ES 2 730 755 T3

10. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que la corriente de biomasa lignocelulósica impregnada se separa por medio de un tornillo de compresión.
- 5 11. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que al menos una parte de los contaminantes insolubles en agua se separan de la biomasa lignocelulósica en el recipiente de extracción.
- 10 12. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la relación en peso de la biomasa lignocelulósica presente en el recipiente de extracción al líquido de extracción en el recipiente de extracción puede ser inferior a un valor seleccionado entre el grupo que consiste en 1:1000, 1:800, 1:600, 1:400, 1:200, 1:100, 1: 70, 1:50, 1:30, 1:20, y 1:10.
- 15 13. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 12, en el que la temperatura de la solución de extracción está en un intervalo seleccionado entre el grupo de 30 °C a 100 °C, 40 °C a 99 °C, 40 °C a 90 °C, y 50 °C a 85 °C.
- 20 14. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el que la corriente de biomasa lignocelulósica cruda reside en el recipiente de extracción durante un tiempo de residencia que está en un intervalo seleccionado entre el grupo que consiste en 30 segundos a 300 minutos, 1 minuto a 20 minutos, 2 minutos a 20 minutos, 2 minutos a 15 minutos, y 3 a 10 minutos.
15. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que la temperatura de la corriente de solución de aclarado opcional es superior o igual a la temperatura de la solución de extracción.