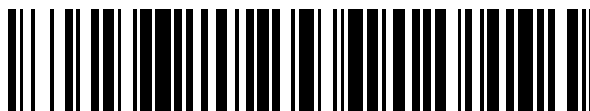


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 981**

51 Int. Cl.:

B07B 1/00 (2006.01)

B07B 15/00 (2006.01)

B02C 23/14 (2006.01)

C12P 3/00 (2006.01)

C12P 7/10 (2006.01)

C12P 7/16 (2006.01)

D21B 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2012 E 12425153 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017 EP 2708643**

54 Título: **Método para pretratar biomasas antes de su conversión en biocombustible**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.03.2018

73 Titular/es:

**MEDITERRANEA SOLUTIONS S.U.A.R.L. (100.0%)
Rue Sebbelet Cheikh, M'Hamedia 1145
Ben Arous, TN**

72 Inventor/es:

LA FROSCIA, SABATINO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 658 981 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

Método para pretratar biomásas antes de su conversión en biocombustible

5 La presente invención se refiere a un método para pretratar biomásas para obtener biocombustible.

De ese modo, la invención se dirige al campo técnico de los biocombustibles.

10 En el sector de los biocombustibles se conoce que el biocombustible se puede obtener a partir de biomásas, significando el término "biomásas" cualquier materia de origen vegetal o animal y la fracción orgánica de los residuos urbanos sólidos.

15 El término "biocombustible" se usa para referirse a cualquier combustible líquido o gaseoso obtenido a partir de biomásas tal como, por ejemplo, biogás, biometano, biohidrógeno, bioetanol, biobutanol.

Con el fin de producir biocombustibles, los polisacáridos que componen las biomásas deben experimentar una hidrólisis, es decir, se deben descomponer en azúcares más sencillos, monosacáridos u oligosacáridos.

20 Los azúcares más sencillos constituyen el sustrato nutricional de los microorganismos - bacterias, levaduras u hongos - que permiten que las biomásas experimenten una conversión bioquímica a biocombustible. La expresión "conversión bioquímica", o el término "fermentación", o "digestión" indican la conversión de una molécula en otra, catalizada por microorganismos y/o enzimas.

25 Una desventaja de los procesos de producción de biocombustible conocidos hasta la fecha es la reducida eficacia hidrolítica de una amplia diversidad de biomásas, especialmente biomásas celulósicas, significando "biomásas celulósicas" las biomásas que contienen celulosa, a menudo asociadas a otros polisacáridos - hemicelulosa - y a un polímero fenólico denominado lignina. Algunos ejemplos de biomásas celulósicas son madera, paja de cereal, plantas herbáceas, estiércol de vaca, productos secundarios de la molienda de cereales, etc.

30 La reducida eficacia hidrolítica está causada por la lignina, que reduce la acción enzimática sobre los carbohidratos hidrolizables, y por la estructura cristalina de la celulosa, que crea un obstáculo a la acción enzimática.

35 El problema constituido por la reducida eficacia del proceso de hidrólisis ha limitado en gran medida la producción, a gran escala, de biocombustibles no obtenidos a partir de cereales, caña de azúcar u oleaginosas.

Con el fin de superar esta desventaja, se han propuesto varios métodos para el pretratamiento de las biomásas antes de someter las biomásas al tratamiento de hidrólisis.

40 Estos métodos de pretratamiento hacen posible retirar parcialmente la lignina, reducir la cristalinidad de la celulosa, facilitar su despolimerización y mejorar de ese modo la eficacia de la hidrólisis, con el fin de permitir que las biomásas se conviertan de forma eficaz y económica en metano, etanol u otros biocombustibles.

45 Los métodos de pretratamiento de la técnica anterior se pueden dividir en métodos de pretratamiento químico, físico y biológico y las combinaciones de los mismos.

50 El pretratamiento en un entorno ácido es un método de pretratamiento químico muy común. Su principal desventaja es la formación de inhibidores del crecimiento microbiano que reducen la eficacia del proceso de conversión de biomásas en biocombustible. Además, los procesos de pretratamiento químico con ácido sulfúrico no se pueden usar para promover la degradación anaerobia de las biomásas en biogás debido a que se contamina el gas producido.

En cualquier caso, dado que las soluciones ácidas son altamente agresivas, el tratamiento se debe llevar a cabo en estructuras hechas de acero especial o materiales no metálicos específicos, todos ellos muy caros.

55 Para superar esas dificultades, se han desarrollado procesos de pretratamiento químico en un entorno alcalino. Estos producen efluentes que se deben tratar e implica un alto consumo de energía y por lo tanto no son adecuados para uso industrial. También se han desarrollado métodos de pretratamiento de biomásas de tipo físico, tales como el tratamiento con ultrasonidos e irradiación con microondas y rayos ionizantes. Algunos ejemplos de estos procesos se describen en los documentos de Patente US2005/0136520, WO2009/134745 y US2012/0111322.

60 También se conoce del documento de Patente DE 102011012191 un método para el tratamiento de biomásas con el fin de obtener fibras de celulosa para la producción de papel.

65 El método de este documento usa extractores de pulpa y molinos de bolas que requieren un consumo muy alto de energía necesario para el pretratamiento de las biomásas destinadas a la producción de biocombustible.

El documento de Patente US 2452533 desvela el tratamiento de paja para producir un tipo de fibra adecuado para la producción de papel u otros productos pero no biocombustibles. El método usa molienda percusiva por medio de molinos de bolas y molinos de varillas que requieren un alto consumo de energía.

5 El documento de Patente US 4562969 se refiere a un método para preparar pasta de madera molida para la industria del papel obtenida por molienda de madera en agua, en particular para la producción de papel para periódicos y/o papel crepé blando que requiere un alto consumo de energía.

Sin embargo, estos procesos son particularmente caros y difíciles de aplicar a nivel industrial.

10 En todos los métodos de pretratamiento descritos, se usa la molienda y/o la clasificación de la biomasa solo para preparar la biomasa para el pretratamiento con el fin de facilitar la acción de los agentes químicos, el calor, la radiación, etc.

15 El objetivo de la presente invención es proporcionar un método de pretratamiento de biomasa que pueda garantizar un alto rendimiento de conversión de biomasa en biocombustibles y una mejora en la calidad de los propios biocombustibles.

20 Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un método de pretratamiento de biomasa con un consumo reducido de energía.

Un objetivo adicional más de la invención es proporcionar un método de pretratamiento de biomasa que no produzca efluentes potencialmente contaminados.

25 De acuerdo con la invención, estos objetivos se consiguen mediante un método de pretratamiento de biomasa que comprende las características técnicas que se exponen en una o más de las reivindicaciones acompañantes.

30 Las características técnicas de la invención, de acuerdo con los objetivos anteriores, se describen claramente en las reivindicaciones anexas y sus ventajas son evidentes a partir de la descripción detallada que sigue a continuación, por referencia a las figuras acompañantes que ilustran realizaciones a modo de ejemplo no limitantes preferentes de la misma, y en las que

- las Figuras 1 a 6 ilustran realizaciones respectivas del método de acuerdo con la invención;
- 35 - la Figura 7 muestra un gráfico que representa las cantidades de metano obtenibles sometiendo las biomásas a un pretratamiento con el método de la invención, en comparación con los métodos de pretratamiento de la técnica anterior;
- la Figura 8 es un gráfico que muestra la proporción entre la energía usada para el pretratamiento y la energía generada mediante la combustión del metano producido, comparando el método de la invención con algunos métodos de pretratamiento de la técnica anterior.

40 El método de pretratamiento de biomasa de acuerdo con la invención permite que se traten las biomásas de un modo tal que se pueda obtener posteriormente un biocombustible usando procesos conocidos (en particular, conversión bioquímica).

45 Por referencia a la Figura 1, que ilustra de forma esquemática una forma simplificada del método de pretratamiento de biomasa de la invención, el método comprende una etapa inicial a) de hacer que la biomasa pase a través de un primer dispositivo 1 de reducción de tamaño para permitir que la biomasa se reduzca a partículas de menor tamaño.

El primer dispositivo 1 de reducción de tamaño es un molino de cuchillas o un molino de martillos.

50 Se debería observar que el molino 1 de cuchillas o martillos tiene de forma ventajosa un menor consumo de energía que otros dispositivos de reducción del tamaño de partícula si se usa para reducir el tamaño de partículas de gran tamaño (donde "gran" significa mayor de 5 mm).

55 Por lo tanto, se debía observar que este tipo de molino 1 es particularmente eficaz para el tratamiento de partículas de tamaño grueso y de ese modo permite que tales partículas se reduzcan en tamaño de una forma eficaz energéticamente.

60 Se debería observar, como llegará ser más evidente posteriormente, cuando se describan las diversas etapas diferentes con mayor detalle, que en el método de la invención cada etapa se lleva a cabo mediante un tipo predeterminado de dispositivo de tratamiento mecánico asociado a un consumo óptimo de energía para esa etapa.

De ese modo, el método de acuerdo con la invención es, en su conjunto, más eficaz energéticamente.

65 El método de la invención comprende una etapa adicional b) de colocar las partículas molidas sobre una rejilla de filtración de partículas de modo tal que pasen las partículas P1 más pequeñas que un tamaño predeterminado a

través de la rejilla y se alimenten fuera del dispositivo 1 de reducción de tamaño. De ese modo, se debería observar que el molino 1 de molienda trata mecánicamente de una forma energéticamente eficaz las partículas que son mayores que un tamaño predeterminado.

5 La rejilla de filtración se construye preferentemente en el interior del molino 1 de molienda.

La rejilla de filtración se configura con un tamaño tal que permita que pasen las partículas menores que el tamaño predeterminado a través de la misma.

10 Preferentemente, el tamaño predeterminado de 5 mm: de acuerdo con este aspecto, la rejilla de filtración permite que pasen las partículas P1 más pequeñas que 5 mm de diámetro a través de la misma.

Las partículas P1 que pasan a través de la rejilla de filtración se alimentan fuera del molino 1 de molienda hacia una etapa c) de procesamiento.

15 La siguiente etapa c) de procesamiento comprende hacer pasar las partículas P1 a través de un primer dispositivo 2 de clasificación de partículas para permitir que las partículas se dividan de acuerdo con su tamaño en una primera fracción f1 de partículas de tamaño grueso y una segunda fracción f2 de partículas de tamaño fino.

20 Por lo tanto, se debería observar que la primera fracción f1 de partículas de tamaño grueso incluye las partículas de mayor tamaño, mientras que la segunda fracción f2 de partículas de tamaño fino incluye las partículas que tienen un tamaño menor que el de la primera fracción f1 de partículas de tamaño grueso.

25 Las partículas f1 de tamaño grueso tienen un tamaño mayor de 600 μm , mientras que las de tamaño fino f2 tienen un tamaño menor de 600 μm .

El dispositivo 2 de clasificación consiste en un clasificador de corriente de aire centrífugo (conocido como "clasificación de aire vorticial") o un tamiz centrífugo.

30 La Figura 2 ilustra otra realización del método de la invención donde después de la etapa b) de hacer pasar las partículas a través de una rejilla y después hacer pasar las partículas P1 (que son menores que el tamaño predeterminado) a través del dispositivo 2 de clasificación de partículas, existe una etapa f) de hacer pasar las partículas P1 que son menores que el tamaño predeterminado a través de un segundo dispositivo 3 de reducción de tamaño mecánico, para obtener partículas P2 más finas.

35 Por lo tanto, se debería observar que las partículas indicadas como P2 en la Figura 2 tienen un tamaño menor que las indicadas como P1 en la Figura 2.

40 Preferentemente, el segundo dispositivo 3 de reducción de tamaño mecánico integra el primer dispositivo 2 de clasificación.

45 La Figura 3 ilustra una realización adicional más del método de la invención donde la etapa f) de hacer pasar las partículas P1 que son menores que el tamaño predeterminado a través del segundo dispositivo 3 de reducción de tamaño mecánico se lleva a cabo después de que se hayan alimentado las partículas P1 en el primer dispositivo 2 de clasificación de partículas.

50 En la práctica, el método representado de forma esquemática en la Figura 3 integra el de la Figura 1 y de acuerdo con la misma, la fracción f1 de partículas de tamaño grueso alimentada fuera del primer dispositivo 2 de clasificación se hace pasar a través del segundo dispositivo 3 de reducción de tamaño para tener una fracción fi de tamaño más fino. De ese modo, hablando en términos más generales, en el método de pretratamiento que se ilustra en las Figuras 2 y 3, la etapa b) de hacer pasar las partículas a través de la rejilla va seguida de la etapa f) de hacer pasar las partículas P1 que son menores que el tamaño predeterminado a través de un segundo dispositivo 3 de reducción de tamaño mecánico, con el fin de obtener partículas (P2,fi) de tamaño aún más fino.

55 Por referencia a los diagramas de las Figuras 4, 5 y 6, el segundo dispositivo 3 de reducción de tamaño mecánico está corriente arriba del primer dispositivo 2 de clasificación y la fracción f1 de partículas de tamaño grueso alimentada fuera del primer dispositivo 2 de clasificación se alimenta de nuevo al segundo dispositivo 3 de reducción de tamaño mecánico. De acuerdo con este aspecto, la fracción f1 de partículas de tamaño grueso se mezcla con las partículas P1 alimentadas fuera del molino 1 al segundo dispositivo 3 de reducción de tamaño mecánico, para experimentar una reducción de tamaño adicional.

60

Preferentemente, el dispositivo 3 de tratamiento mecánico puede ser un molino de rodillos o, aún más preferentemente, un molino de impacto centrífugo.

65 Se debería observar que el molino de impacto centrífugo es más eficaz energéticamente que el molino 1 de cuchillas o martillos en la reducción del tamaño de partículas más pequeñas: de ese modo, en el método de acuerdo con la

- invención, el molino de impacto centrífugo trata mecánicamente las partículas después del molino 1 de cuchillas o martillos. Preferentemente, el método de tratamiento comprende además una o más etapas (e1,e2,e3) de hacer que la fracción f2 de partículas de tamaño fino pase a través de uno o más dispositivos (3a,3b,3c) de clasificación de partículas adicionales para permitir que la fracción f2 de partículas de tamaño fino se divida en dos o más fracciones superfinas (f5,f7,f9,f10) de diferente finura (Figuras 4, 5, 6), donde "superfino" significa fracciones con un tamaño de grano menor que el de la fracción f2.
- 5 Cada fracción superfina (f5,f7,f9,f10) tiene partículas de un tamaño predeterminado.
- 10 Preferentemente, las fracciones superfinas (f5,f7,f9,f10) tienen los siguientes tamaños (expresados en términos de D50, es decir, el tamaño del dispositivo de filtración por el que pasa un 50 % del material a su través): 350 µm, 200 µm, 90 µm y menos de 90 µm.
- 15 A este respecto, la Figura 6 muestra una pluralidad de dispositivos (3a,3b,3c) de clasificación.
- Con mayor detalle, corriente abajo del primer dispositivo 3a de clasificación, existe un segundo dispositivo 3b de clasificación y un tercer dispositivo 3c de clasificación conectados entre sí en cascada, es decir, uno después del otro.
- 20 El segundo dispositivo 3a de clasificación recibe la fracción f2 de partículas de tamaño fino y la divide en una fracción f5 de partículas de tamaño superfino y en una fracción f6 aún más fina que la fracción f5.
- El tercer dispositivo 3b de clasificación recibe la fracción f6 del dispositivo 3a de clasificación y la divide en una fracción f7 de partículas más finas que la fracción f6 y en una fracción f8 aún más fina que la fracción f7.
- 25 El cuarto dispositivo 3c de clasificación recibe la fracción f8 del dispositivo 3b de clasificación y la divide en una fracción f9 de partículas más finas que la fracción f8 y en una fracción f10 aún más fina que la fracción f9.
- Preferentemente, la fracción f10, que está en suspensión en una corriente de aire en el cuarto dispositivo 3c de clasificación, se separa de la corriente de aire haciéndola pasar a través de un dispositivo de separación.
- 30 El dispositivo de separación puede ser un ciclón de separación.
- Se debería observar que el fluido vehículo puede ser aire, o un gas inerte tal como, por ejemplo, CO₂, o N₂, o un gas no inerte tal como, por ejemplo, NH₃.
- 35 Se debería observar que los gases inertes permiten de forma ventajosa prevenir la formación de mezclas explosivas.
- Los dispositivos (3a,3b,3c) de clasificación permiten una subdivisión particularmente precisa y diversificada del tamaño de partícula que se obtiene de la biomasa.
- 40 Por referencia a las Figuras 4 y 5, las partículas f2 de tamaño más fino se hace que pasen a través de un tercer dispositivo 4 de reducción de tamaño antes de alimentarse al segundo dispositivo 3a de clasificación.
- 45 Por referencia en particular a la Figura 4, la etapa h) va seguida por una etapa de alimentar las partículas f2' al segundo dispositivo 3a de clasificación para obtener las fracciones f5' finas y las fracciones f6' más finas..
- A su vez, esta etapa va seguida por una etapa de alimentación de las partículas f6' al tercer dispositivo 3b de clasificación para obtener las fracciones f7' y f8' más finas y finas. En el diagrama que se muestra en la Figura 5, las partículas f2 pasan alternativamente a través de uno o más dispositivos (5,6) de reducción de tamaño y uno o más dispositivos (3a,3b) de clasificación para obtener una pluralidad de fracciones finas (f5'',f7'',f8'') de diferente finura.
- 50 Por referencia en particular a la Figura 5, se puede observar que después de la etapa h) existe la etapa i) de hacer que las partículas f2' que abandonan el dispositivo 4 de reducción de tamaño pasen a través de un cuarto dispositivo 5 de reducción de tamaño, para obtener las partículas f2'' aún más finas.
- 55 Después de la etapa i), las partículas f2'' se alimentan al segundo dispositivo 3a de clasificación con el fin de dividir las en una fracción superfina f5'' y en otra fracción f6'' de un tamaño aún más fino.
- 60 Más específicamente, de acuerdo con la realización de la Figura 5, la fracción superfina f5'' se alimenta de vuelta al tercer dispositivo 4 de reducción de tamaño donde experimenta una reducción de tamaño adicional.
- Se debería observar que la fracción f6'' se hace pasar a través de un quinto dispositivo 6 de reducción de tamaño y a continuación a través del tercer dispositivo 3b de clasificación para obtener otras fracciones superfinas f7'' y f8''.
- 65

Preferentemente, el tercer dispositivo 4 del tratamiento mecánico es un molino de impacto centrífugo o, alternativamente, un molino de bolas o un molino de energía vibratoria.

5 Preferentemente, el cuarto dispositivo 5 de tratamiento mecánico es un molino de inyección o, alternativamente, un molino de bolas o un molino de energía vibratoria.

10 Se debería observar que si el cuarto dispositivo 5 de reducción de tamaño y/o el quinto dispositivo 6 de reducción de tamaño es un molino de inyección, puede integrar el dispositivo (3a, 3b) de clasificación - que está situado corriente abajo del mismo dispositivo (5,6) de tratamiento mecánico - de un modo tal que defina un único dispositivo de reducción y dispositivo de clasificación.

Las partículas que se alimentan al molino de inyección colisionan con las partículas que ya se encuentran en su interior, reduciendo de este modo el tamaño de las partículas.

15 De ese modo, la reducción de tamaño en el molino de inyección se produce por colisión de las partículas entre sí, un mecanismo particularmente eficaz en el caso de partículas con un tamaño de grano superfino.

20 Todas las realizaciones de las Figuras 4, 5 y 6 se pueden realizar produciendo el material fino f2 de acuerdo con la realización de la Figura 3.

La disponibilidad de una pluralidad de fracciones de partículas con un tamaño de grano de medio (f1) a fino y superfino (f5, f5', f5'', f7, f7', f7'', f8, f8', f8'', f9, f10) significa que cada fracción se puede usar para un fin específico en función de su tamaño y composición química.

25 Por ejemplo, las fracciones más gruesas (f5) se pueden usar para producir biogás en un proceso de digestión anaerobia, las de tamaño intermedio (f7, f8), que son altamente apreciadas para la preparación de biocombustible, se pueden usar en un proceso de fermentación para producir etanol y las fracciones superfinas (f9, f10), que son aún más apreciadas, se pueden fermentar para producir hidrógeno.

30 Las fracciones superfinas también se pueden usar en procesos bioquímicos para producir ácidos orgánicos, tales como, por ejemplo, ácido acético, ácido levulínico y ácido láctico, que son moléculas plataforma (o "bloques de construcción") que se usan para obtener compuestos químicos de alto valor mediante síntesis.

35 De nuevo a modo de ejemplo, las fracciones menos finas (f2, f5) tienen generalmente un mayor contenido de fibra y un menor contenido de ceniza, lo que significa que, además de la producción de combustible, también se pueden usar alternativamente para la producción de microgránulos de combustible y para la industria de la celulosa.

40 La expresión "microgránulos de combustible" se usa para referirse a combustible sólido obtenido por densificación de una biomasa cuyo tamaño se ha reducido y que a continuación se comprime en cápsulas cilíndricas normalmente entre 6 y 10 mm de diámetro.

Los microgránulos se usan normalmente para alimentar calderas de tamaño pequeño y medio.

45 Las fracciones superfinas obtenidas a partir de algunas biomásas tales como, por ejemplo, residuos del procesamiento de naranjas, piñas, aceitunas y uvas, también se pueden usar de forma ventajosa para la producción de aditivos alimentarios y productos nutracéuticos.

50 De nuevo a modo de ejemplo, las fracciones superfinas (por ejemplo f9, f10) que son particularmente ricas en carbohidratos no estructurales y proteínas se pueden usar como alimento para animales (en forma de piensos).

El método que se ha descrito anteriormente hace posible obtener resultados particularmente ventajosos.

55 En particular, gracias al método de pretratamiento anterior a la hidrólisis, es posible obtener biocombustible de alta calidad, con un bajo contenido de sustancias no deseables (por ejemplo, sulfuro de hidrógeno).

60 Se debería observar que el proceso de tratamiento descrito da biocombustible con un rendimiento de energía particularmente alto: en otras palabras, la energía que se usa en el pretratamiento mecánico y en el proceso posterior - por ejemplo, fermentación anaerobia - es considerablemente menor que la energía obtenible a partir del biocombustible preparado.

Se debería observar que la reducción de tamaño de las biomásas facilita la capacidad de conversión de las biomásas en biocombustible, como se explica con mayor detalle posteriormente.

65 También se debería observar que el mayor contenido de carbohidratos no estructurales obtenido con el método de la invención mediante despolimerización de celulosa y hemicelulosa, también facilita la capacidad de conversión de las biomásas en biocombustible.

La invención también define un método para la producción de biocombustible que comprende el método de pretratamiento que se ha descrito anteriormente, seguido de una etapa de conversión bioquímica de las partículas tratadas con el fin de obtener biocombustible.

5 Los ejemplos que siguen a continuación, obtenidos a partir de ensayos experimentales, destacan las ventajas del método de pretratamiento de acuerdo con la invención. Las siguientes tablas informan de datos con respecto a paja de cereal con un 12 % de humedad.

La paja de cereal se procesó usando el método que se ha descrito anteriormente, donde:

- 10
- el dispositivo 1 es un molino de martillos con una rejilla de 5 mm de tamaño de malla;
 - el dispositivo 3 es un molino de impacto centrífugo.

15 El método permitió que se obtuvieran tres fracciones, en concreto C (que corresponde a f1), M, que corresponde a f5 o f5' o f5'') y F (que corresponde a f6 o f6' o f6''), que constituyen un 40,4 %, un 45,1 % y un 14,5 % de la entrada de material de partida, respectivamente. Se encontró que la fracción C tenía un D50 (tamaño de malla característico de un filtro a través del cual pasa un 50 % del material) de 600 µm, la fracción M, un D50 de 350 µm y la fracción F, un D50 de 200 µm.

20 De ese modo, la fracción C tenía el mayor tamaño de grano, la fracción F el tamaño más fino de grano y la fracción M un tamaño de grano intermedio.

La siguiente tabla muestra la composición química de la paja de cereal de partida usada y las fracciones C, M, F obtenidas usando el método de la invención.

25

	Ceniza (% TS)	NDF (% VS)	ADF (% VS)	ADL (% VS)	CP (% VS)	EE (% VS)	NSC (% VS)
Paja de cereal de partida	8,6	84,2	51,7	8,6	8,0	1,5	6,3
C	7,1	83,7	54,9	8,8	6,9	0,9	8,4
M	8,5	60,3	52,7	9,2	8,2	1,4	10,0
F	11,8	69,8	42,0	6,8	11,5	2,2	16,5

En la tabla anterior, se usa la siguiente notación: Ceniza es el contenido de ceniza;

NDF es el contenido de fibra detergente neutra;

ADF es el contenido de fibra detergente ácida;

30 ADL es el contenido de lignina detergente ácida;

CP es el contenido de proteína en bruto;

EE es el contenido de extracto de éter (lípidos);

NSC es el contenido de carbohidratos no estructurales;

TS es el contenido total de sólidos;

35 VS es el contenido de sólidos volátiles (conocidos de otro modo como sustancia orgánica).

El método de invención puede producir un cambio en la composición química del material, aunque es un método mecánico. Esta modificación química del material se puede inferir de la tabla anterior (que muestra la composición química del material sometido al proceso y de las fracciones C, M, F obtenidas a partir del proceso de acuerdo con la invención).

40

En efecto, como se muestra la tabla, el contenido de carbohidratos no estructurales (NSC) de las fracciones C, M, F es mayor que el del material de partida y el contenido total de fibra (NDF) es siempre menor que el del material de partida.

45 Esto significa que el método de la invención permite de forma ventajosa que los carbohidratos complejos que forman parte de la fibra (celulosa y hemicelulosa) se conviertan en carbohidratos más simples que son más fáciles de hidrolizar. Además, los datos de la tabla relacionados con las fracciones C, M, F en comparación con el material de partida, muestran las diferencias en términos de composición química entre el material producido y el material de partida.

50

La fracción F, por ejemplo, es 2,6 veces mayor en el contenido de carbohidratos no estructurales (NSC) que el material de partida y 1,4 veces mayor en proteína en bruto (CP) y contenido de extracto de éter (EE) que el material de partida.

55

La fracción F también tiene un contenido de fibra menor (NDF) que el material de partida (un 69,8 % para la fracción F frente a un 84,2 % para el material de partida).

5 Los productos, o fracciones, que se obtienen con el método de acuerdo con la invención se sometieron a un ensayo de biometanación en condiciones mesófilas (es decir, a temperaturas en el intervalo de 30-45 °C) durante un periodo de 52 días, que muestra claramente una mayor capacidad de producción de metano en comparación con el material sin tratar ("paja de cereal de partida"), como se puede inferir a partir de la siguiente tabla.

	Rendimiento de CH ₄ (Nm ³ /t _{vs})	CH ₂ (% vol)	NH ₃ (ppm)	H ₂ S (ppm)
Paja de cereal de partida (3 cm)	152	52,1	36	63
C	298	51,1	35	46
M	319	52,3	33	51
F	354	52,2	35	57

10 Otra ventaja de la invención es que mejora la calidad del combustible producido, como se puede inferir a partir del contenido reducido de sulfuro de hidrógeno en el biogás producido con las fracciones C, M y F obtenidas con el método de la invención en comparación con el biogás obtenido a partir de la paja sin tratar.

15 En la tabla anterior, se usa la siguiente notación: rendimiento de CH₄ es la producción de metano (en metros cúbicos normales por tonelada de sustancia orgánica, donde "metros cúbicos normales" significa el volumen de metano gaseoso en m³ medido en las condiciones de referencia de 1 atm y una temperatura de 20 °C); CH₄ es el contenido de metano en el biogás; NH₃ es el contenido de amoníaco en el biogás; H₂S es el contenido de sulfuro de hidrógeno - una sustancia no deseada - en el biogás.

20 La Figura 7 compara gráficamente la producción de metano para cada una de las fracciones C, M, F obtenidas con el método de la invención (seguido de digestión anaerobia en condiciones mesófilas) y a partir de los productos obtenidos mediante métodos conocidos tales como explosión de vapor, químico con la base Ca(OH)₂, químico con la base (NH₄)₂CO₃, e irradiación de microondas.

25 Los resultados obtenidos con el método de pretratamiento de la invención son mejores que los obtenidos con los métodos de pretratamiento de la técnica anterior que son más complejos y caros, como se ilustra en la Figura 7. En particular, en lo que respecta a la fracción F muy fina, la producción de biogás es una mejora considerable sobre la de los procesos de la técnica anterior.

30 La Figura 8 compara gráficamente la proporción entre la energía usada para el pretratamiento (Epr) y la obtenida por combustión del metano (ECH₄) producido a partir de la conversión química posterior (en este ejemplo específico, la conversión se consigue mediante digestión anaerobia), para el método de acuerdo con la invención y los métodos de la técnica anterior.

35 Si la proporción Epr/ECH₄ es mayor que 1, la energía usada para el pretratamiento es mayor que la obtenible mediante la combustión del metano producido, y de ese modo el proceso tiene un balance de energía negativo.

40 A modo de ejemplo, la proporción Epr/ECH₄ es 4,1 en el pretratamiento químico con la base Ca(OH)₂: de este modo, el pretratamiento químico del material con la base Ca(OH)₂ usa más de 4 veces de energía que la que será obtenible con el metano producido. Los métodos de la técnica anterior comparados son explosión de vapor, químico con la base Ca(OH)₂, químico con la base (NH₄)₂CO₃, e irradiación de microondas.

45 En la Figura 8 se usa la siguiente notación:

- ECH₄ es la energía generada mediante la combustión del metano producido;
- Epr es la energía que se usa para el pretratamiento (la energía eléctrica se iguala con la energía térmica generada mediante la combustión del metano producido, considerando un rendimiento de producción y distribución de 0,35);
- PI es el método de acuerdo con la presente invención.

55 Los resultados obtenidos con el método de pretratamiento de la invención son claramente mejores que los obtenidos con los métodos de pretratamiento de la técnica anterior. A continuación se ofrecen algunos detalles en lo que respecta al cálculo de la proporción Epr/ECH₄ para obtener el gráfico de la Figura 8. Por referencia al proceso de explosión de vapor, los datos necesarios para calcular la proporción Epr/ECH₄ se obtuvieron a partir de la descripción del proceso en la bibliografía técnica, en particular A. Bauer *et al.*, Analysis of methane potentials of steam-exploded wheat straw and estimation of energy yields of combined ethanol and methane production, Journal of Biotechnology 142 (2009) 50-55.

Por referencia al proceso químico con la base $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y la base $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, los datos necesarios para el cálculo de la proporción Epr/ECH4 se obtuvieron a partir de la descripción del tratamiento en la bibliografía técnica: TV Fernandes *et al.*, Effects of thermo-chemical pre-treatment on anaerobic biodegradability and hydrolysis of lignocellulosic biomass, Bioresource Technology, 100 (2009), 2575-2579.

5 Por referencia al proceso de irradiación de microondas, los datos necesarios para el cálculo de la proporción Epr/ECH4 se obtuvieron a partir de la descripción del tratamiento en: D. Jackowiak *et al.*, Optimisation of a microwave pretreatment of wheat straw for methane production, - Bioresource technology, 102 (2011) 6750-6756).

10 El requisito de energía del pretratamiento de la presente invención es al menos un orden de magnitud menor que el de los métodos de pretratamiento conocidos, como se muestra en la Figura 8.

Otra ventaja de la invención es que no produce productos residuales (tales como efluentes líquidos).

15 La invención descrita anteriormente es susceptible de aplicación industrial y se puede modificar y adaptar de varias formas sin apartarse de ese modo del alcance del concepto de la invención. El alcance de la invención se define únicamente mediante las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método para preparar biomasas que permite su posterior conversión en biocombustible, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- a) hacer que las biomasas pasen a través de un primer dispositivo (1) de reducción de tamaño mecánico formado por un molino de cuchillas o un molino de martillos que permite que las biomasas se reduzcan a partículas;

- b) colocar las partículas sobre una rejilla de filtración de partículas de un modo tal que las partículas (P1) menores que un tamaño predeterminado de 5 mm pasen a través de la rejilla y se alimenten fuera del primer dispositivo (1) de reducción de tamaño mecánico;

- c) hacer que las partículas (P1) que son menores que el tamaño predeterminado pasen a través de un primer dispositivo (2) de clasificación de partículas para permitir que las partículas (P1) que son menores que el tamaño predeterminado se dividan de acuerdo con el tamaño en una fracción (f1) de partículas de tamaño grueso y una fracción (f2) de partículas de tamaño fino, en el que en la fracción (f1) de partículas de tamaño grueso dichas partículas tienen un tamaño mayor de 600 μm , mientras que en la fracción (f2) de partículas de tamaño fino dichas partículas tienen un tamaño menor de 600 μm , siendo dicho primer dispositivo (2) de clasificación un clasificador de aire vorticial o un tamiz centrífugo.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa b) de hacer pasar las partículas a través de la rejilla está seguida por una etapa f) de hacer pasar las partículas (P1) que son menores que el tamaño predeterminado y se alimentan fuera del primer dispositivo (1) de reducción de tamaño mecánico, o de la rejilla, a través de al menos un segundo dispositivo (3) de reducción de tamaño mecánico, para obtener partículas (P2,fi) que tiene un tamaño menor que las partículas (P1) alimentadas fuera del primer dispositivo (1) de reducción de tamaño mecánico.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la etapa f) de hacer pasar las partículas (P1) que son menores que el tamaño predeterminado a través del segundo dispositivo (3) de reducción de tamaño mecánico se lleva a cabo antes de alimentar las partículas (P1) que son menores que el tamaño predeterminado al primer dispositivo (2) de clasificación de partículas.

4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 2 o 3, que comprende una etapa de hacer pasar la fracción (f1) de partículas de tamaño grueso alimentadas fuera del primer dispositivo (2) de clasificación a través del segundo dispositivo (3) de reducción de tamaño mecánico para obtener una fracción (fi) de tamaño más fino.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende una etapa de hacer pasar las partículas de tamaño más fino (fi) a través del primer dispositivo de clasificación donde se mezclan con las partículas (P1) alimentadas fuera del primer dispositivo (1) de reducción de tamaño mecánico.

6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende al menos una etapa (e1,e2,e3) de hacer que la fracción (f2) de partículas de tamaño fino pase a través de al menos un segundo dispositivo (3a,3b,3c) de clasificación de partículas para permitir que la fracción (f2) de partículas de tamaño fino se divida dimensionalmente en dos o más fracciones superfinas (f5,f5',f5'',f7,f7',f7'',f8,f8',f8'',f9,f10), que tienen cada una partículas de un tamaño superfino predeterminado.

7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 2-5, que comprende al menos una etapa (h) de hacer que la fracción (f2) de partículas de tamaño fino pase a través de al menos un tercer dispositivo (4) de reducción de tamaño de partícula mecánico con el fin de llevar a cabo una tercera reducción del tamaño de las partículas de la fracción (f2).

8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la al menos una etapa (h) precede a la al menos una etapa (e1) de hacer que la fracción (f2) de partículas de tamaño fino pase a través del segundo dispositivo (3a, 3b, 3c) de clasificación de partículas.

9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 2-5, 7 u 8, que comprende al menos una etapa (i,e1;i,e2) de hacer que la fracción (f2) de partículas de tamaño fino pase a través de al menos un cuarto dispositivo (5,6) de reducción de tamaño y al menos un tercer dispositivo (3b,3c) de clasificación de partículas posterior para permitir que el tamaño de las partículas se reduzca gradualmente y permitir que la fracción (f2) de partículas de tamaño fino se divida dimensionalmente en dos o más fracciones superfinas (f5", f7",f8").

10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 6 o 9, en el que en las fracciones superfinas (f5,f5',f5'',f7,f7',f7'',f8,f8',f8'',f9,f10) de partículas de tamaño superfino predeterminado dichas partículas tienen aproximadamente el siguiente tamaño, respectivamente: 350 μm , 200 μm , 90 μm y menos de 90 μm .

11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 6, 8 o 9, en el que los dispositivos (3a,3b,3c) de clasificación adicionales son clasificadores de aire vorticiales o tamices centrífugos.

5 12. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 2-5 o 7-9, en el que el segundo dispositivo (3) de reducción de tamaño mecánico es un molino de impacto centrífugo.

10 13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 2-5, 7-9 o 12, en el que el segundo dispositivo (3) de reducción de tamaño mecánico se construye en el interior del primer dispositivo (2) de clasificación, o viceversa.

14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 2-5, 7-9, 12 o 13, en el que el segundo dispositivo (3) de reducción de tamaño mecánico es un dispositivo de molienda o un molino de rodillos.

15 15. Método para obtener biocombustible a partir de biomasas, que comprende las etapas de:

- tratar las biomasas usando el método de pretratamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes;
- someter las partículas obtenidas del método de pretratamiento de acuerdo con las reivindicaciones precedentes a conversión bioquímica con el fin de obtener biocombustible.

20

FIG. 1

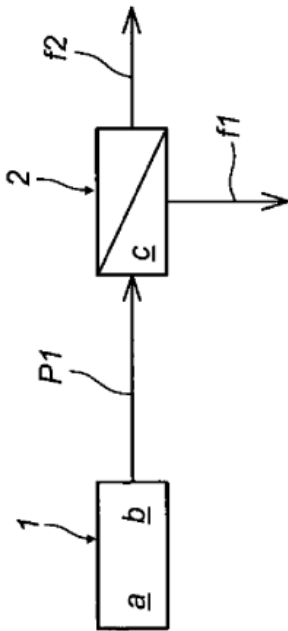


FIG. 2

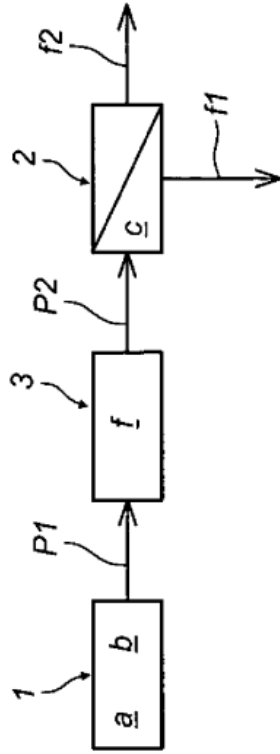


FIG. 3

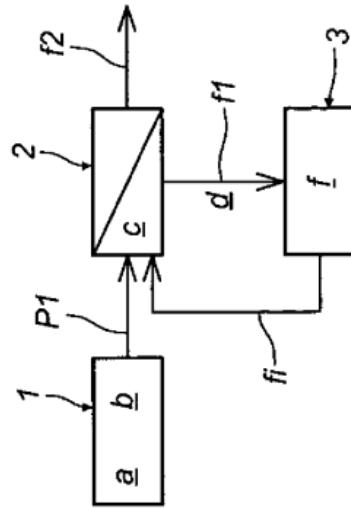


FIG. 4

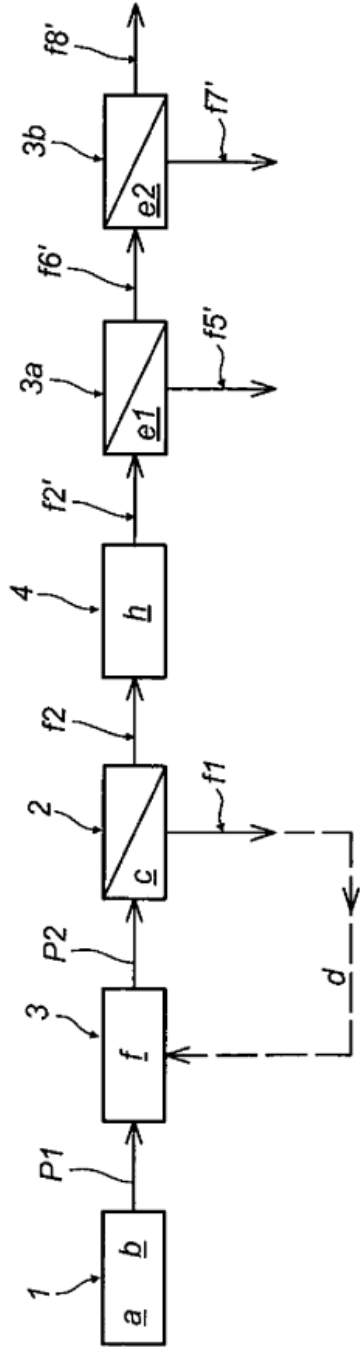


FIG. 5

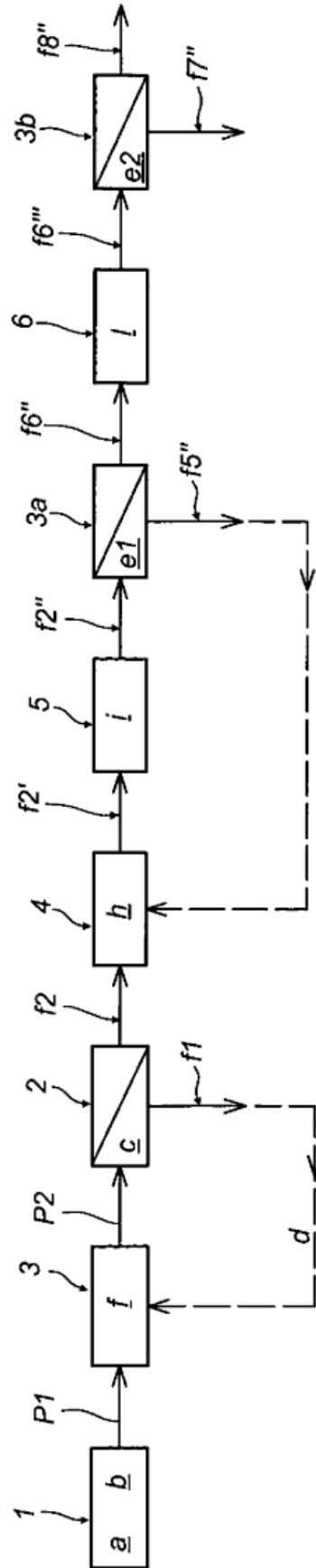


FIG. 6

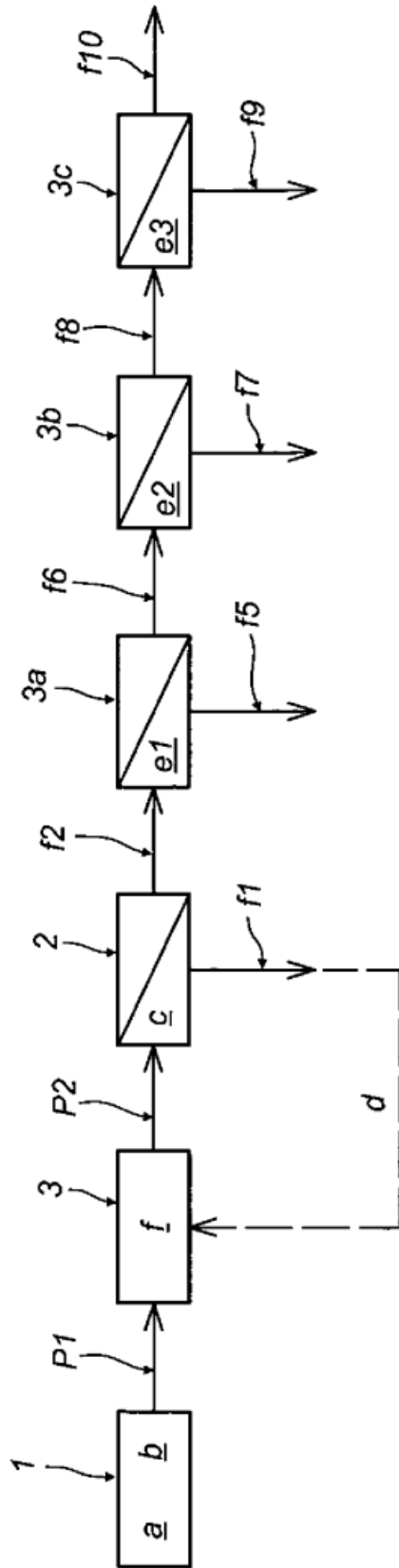


FIG. 7

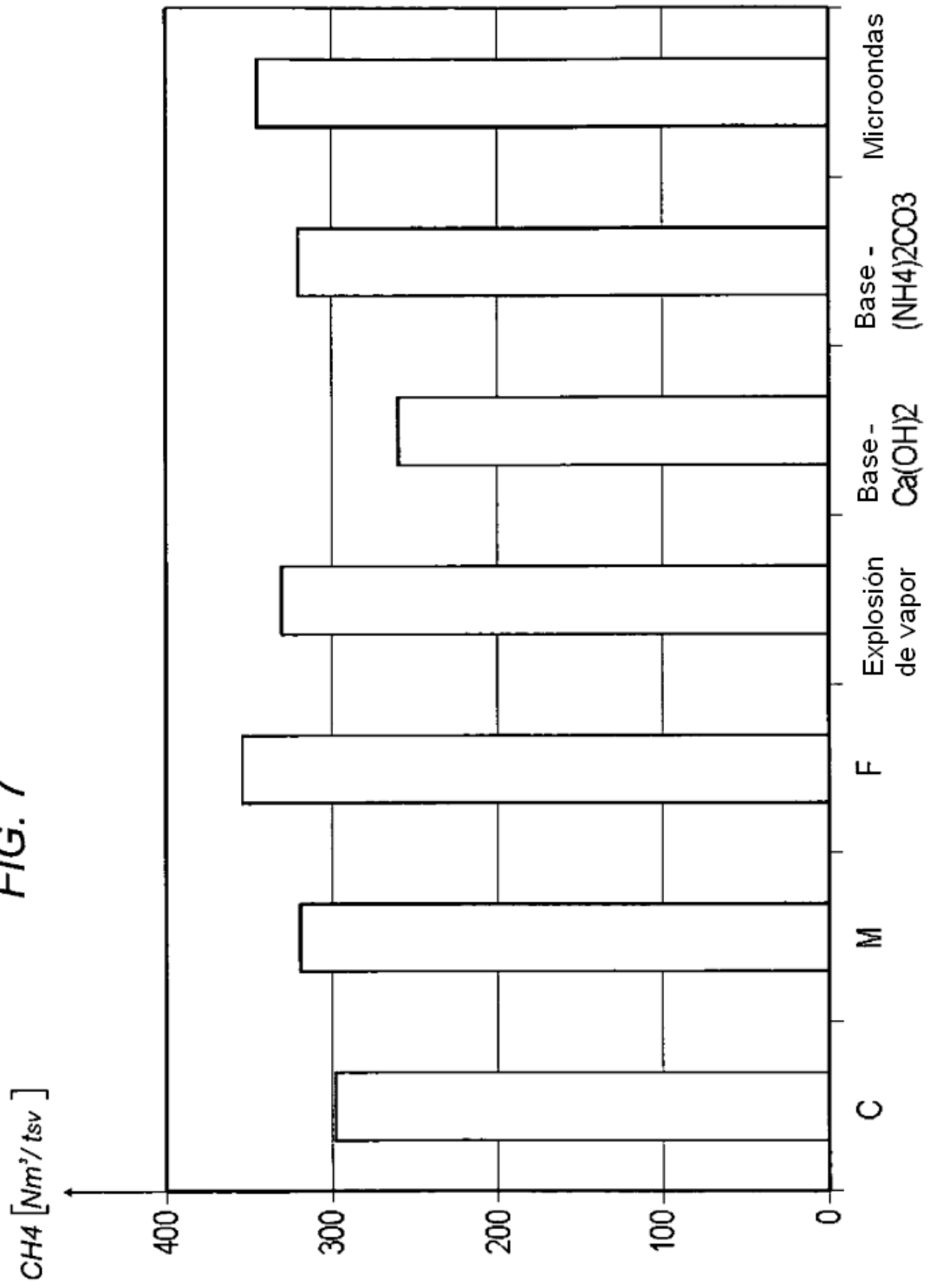


FIG. 8

