

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 464**

51 Int. Cl.:

C10C 5/00 (2006.01)

C10K 1/04 (2006.01)

C10K 1/08 (2006.01)

B01D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2013 PCT/NL2013/050353**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2013 WO13172705**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2013 E 13724020 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 2850150**

54 Título: **Método para controlar el contenido de agua en líquidos de pirólisis**

30 Prioridad:

16.05.2012 NL 2008835

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

14.03.2017

73 Titular/es:

**BTG BIOLIQUSD B.V. (100.0%)
Postbus 835
7500 AV Enschede, NL**

72 Inventor/es:

**VAN DE BELD, LAMBERTUS y
LEIJENHORST, EVERT, JOHANNES**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 605 464 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 controlar el contenido de agua en líquidos de pirólisis

Antecedentes de la invención

5 La presente invención describe un método para controlar el contenido de agua en líquidos de pirólisis. Además, la presente invención está relacionada con un aparato adecuado para llevar a cabo este método.

10 La pirólisis rápida es un proceso en el que se calienta rápidamente materia orgánica a 400 - 600°C en ausencia de aire. Bajo estas condiciones se producen vapores de pirólisis, gases no condensables y carbón. Los vapores se condensan en un líquido. Típicamente, el 50 - 70% en peso de materia prima se convierte en líquido. La pirólisis ofrece la posibilidad de desacoplar la conversión de biomasa y las aplicaciones del líquido de pirólisis (en tiempo, lugar y escala), la manipulación fácil de los líquidos y una calidad más consistente comparada con cualquier biomasa sólida. El líquido de pirólisis puede ser utilizado en muchas aplicaciones diferentes como por ejemplo calderas, motores, turbinas, o puede ser mejorado para su uso como combustible de transporte.

15 La calidad del líquido de pirólisis depende del tipo de materia prima, el porcentaje de humedad de la materia prima, las condiciones del proceso, etc. El contenido de agua del líquido es un parámetro importante y típicamente puede ser tan bajo como el 15% en peso hasta más del 30% en peso. El contenido de agua tiene una fuerte influencia en, por ejemplo, el poder calorífico y la viscosidad del líquido. Además, se sabe que un alto contenido de agua (típicamente superior al 28 - 30% en peso) conduce a un líquido con fases separadas: una fase orgánica altamente viscosa y una fase acuosa con baja viscosidad. La separación de fases es una situación altamente indeseable.

20 Para la aplicación y comerciabilidad del líquido de pirólisis es importante que se pueda producir un líquido de calidad bastante estable independientemente de variaciones en, por ejemplo, la materia prima, el porcentaje de humedad de la materia prima y las condiciones del proceso propiamente dicho. Se sabe que la materia prima con un mayor contenido de ceniza o álcali conduce a un mayor contenido de agua en el líquido, con el riesgo de que se produzca una separación de fases.

25 Para un funcionamiento fiable y continuo de cualquier proceso de pirólisis rápida también es ventajosa la producción de un líquido de calidad constante. En la mayoría de procesos se utiliza un condensador de spray para condensar los líquidos de la fase vapor mediante la pulverización de los líquidos de pirólisis dentro del condensador. Un líquido con una calidad bastante estable resultará en un patrón de rociamiento constante y un rendimiento de recuperación del líquido contante. Adicionalmente, un líquido de una sola fase puede ser filtrado con relativa facilidad siempre y cuando su viscosidad no sea demasiado alta, p. ej. bajo contenido de agua. Además, un líquido de una sola fase proporciona menos problemas de funcionamiento en intercambiadores de calor y bombas. Para evitar las reacciones de repolimerización en el líquido es preferible que la temperatura del líquido se mantenga por debajo de 60°C. La repolimerización conduciría a un incremento en la viscosidad y finalmente a una separación de fases.

30 Por tanto, se concluye que tener un método para controlar el contenido de agua en el líquido de pirólisis es ventajoso tanto para el propio proceso de pirólisis como para las aplicaciones, la posterior mejora y la comerciabilidad del líquido de pirólisis.

35 Para controlar el contenido de agua en el líquido de pirólisis se pueden seguir diferentes aproximaciones. En primer lugar, el condensador del líquido se puede hacer funcionar a una mayor temperatura para reducir la condensación de agua. De este modo tampoco se condensa parte de la materia orgánica y se reduce el rendimiento general. Una segunda aproximación consiste en incrementar la carga de gas en el condensador, que tiene el efecto de más agua abandona el condensador por medio de la fase gaseosa y se retiene menos agua en la fase líquida. En ambos casos mencionados anteriormente ocurriría una pérdida significativa de materia orgánica y, adicionalmente, todos los equipos situados aguas abajo deberían manejar un volumen de gas significativamente mayor (limpieza de gases, etc.).

40 Cambiando el porcentaje de humedad de la materia prima también se podría obtener un líquido de pirólisis con diferente contenido de agua. Sin embargo, éste no es un método adecuado para controlar el contenido de agua hasta un nivel aceptable ya que incluso con materia prima completamente seca (por ejemplo paja o racimos de fruta vacíos), se puede obtener un líquido de pirólisis con un contenido de agua demasiado alto. Todavía otra aproximación mas es obtener un líquido con bajo contenido de agua añadiendo agua adicional al líquido, forzando una separación de fases y obteniendo una fracción aceitosa espesa y una fase acuosa. Sin embargo, la fase acuosa contiene una cantidad significativa de compuestos orgánicos y solo se obtiene un bajo rendimiento. Además, este método no se puede utilizar para controlar el contenido de agua.

45 Otro método para obtener un líquido de pirólisis derivado de biomasa con bajo contenido de agua es haciendo funcionar el condensador a una alta temperatura evitando que el agua se condense, secando entonces la fase vapor en una etapa separado, y utilizar el gas seco en el proceso de pirólisis como gas portador. En particular, esto es aplicable a la pirólisis rápida basada en lecho fluidizado, pero también resulta en una gran pérdida de materia orgánica.

55

Todavía otra aproximación mas es producir un líquido de pirólisis de una sola fase. En esta aproximación, se añade un agente de supresión de la separación de fases para promover la formación de un producto condensado de una sola fase. Sin embargo, de forma desventajosa, se requieren cantidades relativamente grandes de agente para ser efectivo y la cantidad de agua como tal no está controlada.

- 5 SE 522 021 C2 describe un proceso y un sistema para la producción de líquidos de pirólisis con un contenido de agua controlado, en el que la biomasa se somete a un proceso de pirólisis rápida, los gases de pirólisis se condensan y el agua se elimina de los líquidos de pirólisis resultantes a través de evaporación.

Por lo tanto, hay una necesidad en la técnica anterior de proporcionar un método para el control del contenido de agua en el líquido de pirólisis.

- 10 Por tanto, un objetivo de la presente invención, entre otros objetivos, es proporcionar un método que no presente las desventajas de métodos conocidos. La presente invención consigue este objetivo, específicamente mediante el método para controlar el contenido de agua en un líquido de pirólisis que comprende:

- a) producir un vapor de pirólisis que comprende compuestos condensables y gases no condensables a una temperatura igual o menor que 70°C y a una presión igual o menor que 150.000 Pa (1,5 bar);
- 15 b) introducir la fase vapor en un condensador, condensar los compuestos condensables del vapor de pirólisis para obtener un condensado a una temperatura igual o menor que 70°C y a una presión igual o menor que 150.000 Pa (1,5 bar), y separar los gases no condensables del condensado;
- c) introducir al menos parte del condensado en un concentrador y concentrar dicho condensado mediante la eliminación de cierta cantidad de agua a una temperatura igual o menor que 80°C obteniendo de este modo un concentrado;
- 20 d) introducir el concentrado obtenido tras la etapa c) en el condensador y mezclarlo con el condensado presente en el condensador obteniendo de este modo un líquido de pirólisis con un contenido de agua controlado.

- 25 En el contexto de la presente invención, el vapor de pirólisis se origina de una composición de pirólisis producida en un reactor. La composición de pirólisis comprende dicho vapor así como un sólido (tal como una mezcla entre carbón y ceniza).

- En el contexto de la presente invención, el vapor de pirólisis se produce mediante un proceso de pirólisis. El proceso de pirólisis fabrica una composición de pirólisis a una temperatura en el intervalo de 400 – 500°C. El vapor comprende componentes condensables y gases no condensables a una temperatura igual o menor que 70°C y a una presión igual o menor que 150.000 Pa (1,5 bar). La composición de pirólisis producida en un proceso de pirólisis puede comprender un sólido de pirólisis (arena, carbón y ceniza) que se separa principalmente después de la producción de la composición de pirólisis, el vapor de pirólisis se separa de la composición de pirólisis (en la etapa a)). En el contexto de la presente invención, la composición de pirólisis puede comprender además algunos sólidos carbonosos (carbón, ceniza). El vapor en la etapa a) puede comprender algunas partículas sólidas (p. ej. material del lecho, carbón, ceniza o catalizador) que pueden estar presentes en el condensado cuando se condensa el vapor en líquido. Las partículas sólidas se pueden eliminar del líquido por filtración. En el contexto de la presente invención, la composición de pirólisis puede tener varios orígenes, como origen vegetal.
- 30
- 35

En el contexto de la presente invención, cuando se condensa el vapor de pirólisis, se convierte en un líquido de pirólisis en la etapa b).

- 40 En la etapa c), se introduce al menos parte del condensado en el concentrador. La expresión “al menos parte” se debe entender como al menos una porción del condensado, pero también puede ser casi todo el condensado. Ventajosamente, la porción del condensado introducida puede ser de al menos el 10% en peso del peso total de todo el condensado, al menos el 20% en peso, al menos el 30% en peso, al menos el 40% en peso, al menos el 50% en peso, al menos el 60% en peso, al menos el 70% en peso, al menos el 80% en peso, al menos el 90% en peso, al menos el 99% en peso.
- 45

- En la etapa d), cuando se mezcla el concentrado obtenido tras la etapa c) con la parte del condensado presente en el condensador, la mezcla es un líquido de pirólisis con una cantidad controlada/fijada de agua. En la etapa d), el líquido tratado se devuelve al condensador. Este paso permite obtener un cierto (predeterminado) contenido de agua en el condensador (un contenido que se puede controlar independientemente de la composición de pirólisis producida en el proceso de pirólisis) y evita la separación de fases del aceite nuevo en este condensador. Se evitan dificultades de funcionamiento en el propio condensador así como en el procesamiento aguas abajo, como la filtración.
- 50

Se puede llevar a cabo una etapa de filtración tras cualquiera de las etapas b), c) o d).

En el contexto de la presente invención, los componentes condensables son tales como componentes orgánicos (azúcares, fenoles, compuestos aromáticos, ácidos orgánicos, cetonas, aldehídos). Los gases no condensables son gases tales como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano, y nitrógeno.

- 5 Se puede hacer funcionar el condensador a temperaturas más altas para controlar el contenido de agua en el producto principal, pero de forma desventajosa se observa una pérdida significativa de rendimiento de producto. Sorprendentemente, se encontró que la pérdida de producto se puede reducir mediante una aproximación de dos pasos: i) en el primer paso, se condensan los líquidos de pirólisis a baja temperatura y ii) en un segundo paso se produce un líquido de pirólisis con un contenido de agua específico evaporando parte del agua del líquido de pirólisis. Esta aproximación proporciona un método robusto para controlar el contenido de agua en el líquido como una parte integrada de cualquier proceso de pirólisis rápida.

- 15 La condensación en la etapa b) se lleva a cabo a una temperatura igual o menor que 70°C, ventajosamente igual o menor que 68°C, más ventajosamente igual o menor que 65°C, aún más ventajosamente igual o menor que 60°C, lo más ventajosamente igual o menor que 50°C, lo aún más ventajosamente igual o menor que 40°C. Además, la condensación en la etapa b) se lleva a cabo a una temperatura igual o superior a 10°C, ventajosamente igual o superior a 15°C, más ventajosamente igual o superior a 20°C, lo más ventajosamente igual o superior a 30°C, lo aún más ventajosamente igual o superior a 35°C. La condensación en la etapa b) se lleva a cabo ventajosamente a una temperatura en cualquier intervalo descrito por los límites anteriores entre 10°C y 70°C. Por lo tanto, la condensación en la etapa b) se puede llevar a cabo a cualquier temperatura en el intervalo entre 10°C y 70°C, como a 10°C, 11°C, 12°C, 13°C, 14°C, 15°C, 16°C, 17°C, 18°C, 19°C, 20°C, 21°C, 22°C, 23°C, 24°C, 25°C, 26°C, 27°C, 28°C, 29°C, 30°C, 31°C, 32°C, 33°C, 34°C, 35°C, 36°C, 37°C, 38°C, 39°C, 40°C, 41°C, 42°C, 43°C, 44°C, 45°C, 46°C, 47°C, 48°C, 49°C, 50°C, 51°C, 52°C, 53°C, 54°C, 55°C, 56°C, 57°C, 58°C, 59°C, 60°C, 61°C, 62°C, 63°C, 64°C, 65°C, 66°C, 67°C, 68°C, 69°C, 70°C.

- 25 Por lo tanto, el objetivo de la etapa b) es acumular el líquido de pirólisis y separar los componentes condensables de los gases no condensables en las condiciones (temperatura y presión) descritas en la etapa b). Condensando los componentes condensables se forma un condensado (también designado como líquido). La presión a la que se lleva a cabo la condensación en la etapa b) es de en torno a la presión ambiente, alrededor de 100.000 Pa (1 bar), como máximo 150.000 Pa (1,5 bar). Ventajosamente, la presión de la condensación en la etapa b) es igual o menor que 150.000 Pa (1,5 bar).

- 30 En el contexto de la presente invención, el condensado obtenido en la etapa b) comprende los compuestos condensables. Ventajosamente, el condensado no contiene gases no condensables. Los compuestos condensables son cualquier compuesto originado del vapor de pirólisis que sea condensable (al menos parcialmente) a una temperatura igual o menor que 70°C y a una presión menor que 150.000 Pa (1,5 bar). De acuerdo con la presente invención, el condensado también comprende agua. La cantidad de agua en el condensado comprende, en el contexto de la presente invención, al menos el 15% en peso del peso total del condensado, como al menos el 20% en peso, como al menos el 30% en peso, como al menos el 40% en peso, como al menos el 50% en peso, como al menos el 60% en peso, como al menos el 70% en peso.

- 40 En la etapa c), se introduce al menos parte del condensado en el concentrador. La expresión "parte del condensado" debe ser entendida como cualquier valor entre el 5% y el 95% del peso total del condensado, tal como el 5% en peso del peso total del condensado, tal como el 10% en peso del peso total del condensado, tal como el 20% en peso del peso total del condensado, tal como el 30% en peso del peso total del condensado, tal como el 40% en peso del peso total del condensado, tal como el 50% en peso del peso total del condensado, tal como el 60% en peso del peso total del condensado, tal como el 70% en peso del peso total del condensado, tal como el 80% en peso del peso total del condensado, tal como el 90% en peso del peso total del condensado, tal como el 95% en peso del peso total del condensado.

- 50 En la etapa c) se ha de entender la concentración del condensado mediante la eliminación de cierta cantidad de agua como la separación, o eliminación, de cierta cantidad de agua del condensado para obtener un líquido de pirólisis en la etapa d) con el contenido de agua deseado. En otras palabras, significa eliminar al menos parte del agua del condensado. Ventajosamente, se elimina como mucho el 80% en peso del peso total de agua en el condensado, más ventajosamente como mucho el 50% en peso, lo más ventajosamente como mucho el 80% en peso.

- 55 En el contexto de la presente invención, se debe entender una "cierta cantidad de agua" como el porcentaje deseado, dependiendo del contenido de agua en la composición de pirólisis original, por lo tanto del contenido de agua de la composición de pirólisis. El porcentaje de agua en el original depende de la fuente de los materiales pirolizados. Por ejemplo, cuando el contenido de agua en el vapor de pirólisis que va a ser condensado tiene un gran contenido de agua, se tiene que eliminar más agua que si el contenido de agua en el vapor de pirólisis fuera relativamente más bajo.

En el contexto de la presente invención, el concentrado obtenido en la etapa c) comprende los compuestos condensables y tiene un contenido de agua igual o menor que el condensado. La concentración en la etapa c) se lleva a cabo a una temperatura igual o menor que 80°C, ventajosamente igual o menor que 75°C, más ventajosamente igual o menor que 70°C, aún más ventajosamente igual o menor que 65°C, lo más ventajosamente igual o menor que 60°C, lo aún más ventajosamente igual o menor que 55°C. Además, la etapa c) se lleva a cabo a una temperatura igual o superior a 10°C, ventajosamente igual o superior a 15°C, más ventajosamente igual o superior a 20°C, lo más ventajosamente igual o superior a 30°C, lo aún más ventajosamente igual o superior a 35°C. La etapa c) se lleva a cabo ventajosamente a una temperatura en cualquier intervalo descrito por los límites anteriores de 10°C a 80°C. Por lo tanto, la concentración en la etapa c) se puede llevar a cabo a cualquier temperatura en el intervalo de 10°C a 80°C, como a 10°C, 11°C, 12°C, 13°C, 14°C, 15°C, 16°C, 17°C, 18°C, 19°C, 20°C, 21°C, 22°C, 23°C, 24°C, 25°C, 26°C, 27°C, 28°C, 29°C, 30°C, 31°C, 32°C, 33°C, 34°C, 35°C, 36°C, 37°C, 38°C, 39°C, 40°C, 41°C, 42°C, 43°C, 44°C, 45°C, 46°C, 47°C, 48°C, 49°C, 50°C, 51°C, 52°C, 53°C, 54°C, 55°C, 56°C, 57°C, 58°C, 59°C, 60°C, 61°C, 62°C, 63°C, 64°C, 65°C, 66°C, 67°C, 68°C, 69°C, 70°C, 71°C, 72°C, 73°C, 74°C, 75°C, 76°C, 77°C, 78°C, 79°C, 80°C.

En el contexto de la presente invención, se puede medir la calidad del material de pirólisis una vez se ha llevado a cabo el proceso mediante mediciones en línea de viscosidad, de densidad o de agua.

De acuerdo con la presente invención, la condensación en la etapa b) se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 5°C a 70°C, preferiblemente de 10°C a 60°C, más preferiblemente de 20°C a 50°C.

De acuerdo con la presente invención, la concentración en la etapa c) se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 10°C a 80°C, preferiblemente de 20°C a 70°C, más preferiblemente de 40°C a 70°C.

De acuerdo con la presente invención, la concentración en la etapa c) se lleva a cabo a una presión igual o menor que 50.000 Pa (500 mbar), preferiblemente igual o menor que 35.000 Pa (350 mbar), más preferiblemente igual o menor que 25.000 Pa (250 mbar), lo más preferiblemente igual o menor que 20.000 Pa (200 mbar). Por lo tanto, la concentración en la etapa c) se puede llevar a cabo a cualquier presión igual o menor que 20.000 Pa (200 mbar), como a una presión igual o menor que 18.000 Pa (180 mbar), una presión igual o menor que 15.000 Pa (150 mbar), una presión igual o menor que 12.500 Pa (125 mbar), una presión igual o menor que 10.000 Pa (100 mbar), una presión igual o menor que 8.000 Pa (80 mbar), una presión igual o menor que 5.000 Pa (50 mbar). La concentración en la etapa c) se lleva a cabo en un concentrador. Un concentrador es un contenedor adecuado para llevar a cabo la concentración de un líquido. Por concentración se debe entender la reducción de la cantidad de un compuesto particular. En la presente invención, la concentración en la etapa c) permite la reducción y el control de la cantidad de agua en el condensado.

Ventajosamente, la presión en la etapa c) es igual o menor que 18.000 Pa (180 mbar), más ventajosamente igual o menor que 17.000 Pa (170 mbar), lo más ventajosamente igual o menor que 15.000 Pa (150 bar).

De acuerdo con la presente invención, la introducción del concentrado obtenido tras la etapa c) en el condensador también puede llevarse a cabo mediante pulverización. En el contexto de la presente invención, el concentrado obtenido tras la etapa c) se hace circular hacia el condensador. La circulación se puede llevar a cabo mediante pulverización. El concentrado contiene menos agua y su introducción, o circulación (a veces denominado también como recirculación), permite controlar la cantidad de agua en el líquido de pirólisis en el condensador. Por pulverización se ha de entender la creación de pequeñas gotas del concentrado que son introducidas en el condensador a alta velocidad, típicamente por una bomba. La pulverización ocurre ventajosamente en la parte superior del condensador.

De acuerdo con la presente invención, la condensación en la etapa b) se lleva a cabo en un condensador y la concentración en la etapa c) se lleva a cabo en un evaporador. Ventajosamente, el evaporador se hace funcionar como un equipo flash y el propio líquido de pirólisis proporciona la energía para la evaporación. Un evaporador, en el contexto de la presente invención, es un equipo utilizado para convertir (o para permitir la conversión) de la forma líquida de un químico en su forma gaseosa. El evaporador puede ser un evaporador escogido del grupo de evaporadores de circulación natural/forzada, un evaporador de película descendente, un evaporador de película ascendente, un evaporador de placas de película ascendente y descendente, un evaporador de efecto múltiple o un evaporador flash.

Los evaporadores de circulación natural se basan en la circulación natural del producto causada por las diferencias de densidad que surgen del calentamiento. En un evaporador que utilice tubos, una vez que el agua comienza a hervir, las burbujas comenzarán a subir y a provocar la circulación, facilitando la separación del líquido y el vapor en la parte superior de los tubos de calentamiento. La cantidad de evaporación que tiene lugar depende de la diferencia de temperatura entre el vapor y la disolución. Pueden surgir problemas si los tubos no están adecuadamente sumergidos en la disolución. Si esto ocurre, el sistema se secará y la circulación se comprometerá. Para evitar esto, se puede utilizar circulación forzada insertando una bomba para incrementar la presión y la circulación. La circulación forzada ocurre cuando la carga hidrostática evita la ebullición en la superficie de calentamiento. También se puede utilizar una bomba para evitar la precipitación de incrustaciones que es causada por la ebullición del líquido en los tubos; la bomba suprime la formación de burbujas. Otros problemas son que el tiempo de residencia

es indefinido y que el consumo de vapor es muy alto, pero a altas temperaturas es fácil conseguir una buena circulación.

5 Un evaporador de película descendente está hecho generalmente de largos tubos (4 – 8 metros de longitud) que están rodeados de camisas de vapor. Cuando se usa este tipo de evaporador es importante la distribución uniforme de la disolución. La disolución entra y como fluye hacia abajo gana velocidad. Se atribuye esta ganancia en velocidad al vapor que se libera contra el medio de calentamiento, que fluye hacia abajo también. Este evaporador se aplica generalmente a disoluciones altamente viscosas, así que se usa frecuentemente en las industrias química, alimentaria y de la fermentación.

10 En un evaporador de película ascendente, la ebullición tiene lugar dentro de tubos, debido al calentamiento producido (generalmente por vapor) fuera del mismo. Por tanto no se desea el sumergimiento; la creación de burbujas de vapor de agua dentro del tubo crea un flujo ascendente que mejora el coeficiente de transferencia de calor. Este tipo de evaporador es por tanto bastante eficiente, siendo la desventaja que es propenso a sufrir un escamado rápido de la superficie interna de los tubos. Este diseño se utiliza generalmente con disoluciones transparentes y sin sal. Los tubos son generalmente bastante largos (más de 4 metros); algunas veces se proporciona una pequeña realimentación. Calcular este tipo de evaporador es generalmente una tarea delicada, ya que requiere una evaluación precisa del nivel real del licor del proceso dentro de los tubos. Las aplicaciones recientes tienden a favorecer el patrón de película descendente en lugar de éste.

15 Los evaporadores de placas de película ascendente y descendente tienen un área de superficie relativamente grande. Las placas son generalmente corrugadas y se soportan en un marco. Durante la evaporación, el vapor fluye a través de los canales formados por los espacios libres entre las placas. El vapor asciende y desciende alternativamente en paralelo al líquido concentrado. El vapor sigue caminos a favor de la corriente y contracorriente en relación con el líquido. Tanto el concentrado como el vapor alimentan a una plataforma de separación, donde el vapor se envía al condensador. Este tipo de evaporador de placas se aplica frecuentemente en las industrias lácteas y de fermentación ya que tienen flexibilidad espacial. Un punto negativo de este tipo de evaporador es que está limitado en cuanto a su habilidad para tratar productos viscosos o que contienen sólidos. Hay otros tipos de evaporador de placas, que trabajan solo con película ascendente. En el de tipo de película ascendente se pueden utilizar viscosidades mucho más altas comparadas con el de tipo película ascendente y descendente descrito anteriormente.

20 A diferencia de los evaporadores de etapa única, los evaporadores de efecto múltiple pueden estar formados por hasta siete etapas de evaporación o efectos. El consumo de energía de un evaporador de efecto simple es muy alto y constituye la mayor parte del coste de un sistema de evaporación. Juntar varios evaporadores ahorra calor y por tanto requiere menos energía. Añadir un evaporador al original disminuye el consumo de energía hasta un 50% del consumo original. Añadir otro efecto lo reduce al 33%, etc. Se puede utilizar una ecuación del porcentaje de ahorro de calor para estimar cuanto se ahorraría añadiendo una cierta cantidad de efectos. El número de efectos en un evaporador de efecto múltiple está restringido generalmente a siete porque después el coste de los equipos comienza a alcanzar el dinero ahorrado por el descenso del requerimiento de energía. Se pueden utilizar dos tipos de sistemas de alimentación con los evaporadores de efecto múltiple. La alimentación directa tiene lugar cuando el producto entra en el sistema a través del primer efecto, que es el que está a mayor temperatura. Después el producto se concentra parcialmente porque parte del agua se transforma en vapor y es arrastrada. El producto alimenta después un segundo efecto que está a una temperatura un poco menor. El segundo efecto utiliza el vapor calentado en la primera etapa como fuente de calor (ahorrando así en el gasto en energía). La combinación entre bajas temperaturas y altas viscosidades en los efectos subsecuentes proporciona buenas condiciones para el tratamiento de productos sensibles al calor como enzimas y proteínas. Para el uso de este sistema se requiere un aumento del área de la superficie de calentamiento de los efectos subsecuentes. Otra manera de proceder es utilizando alimentación a contracorriente. En este proceso, los productos diluidos alimentan el último efecto que tiene la menor temperatura y son transferidos de efecto en efecto con temperaturas crecientes.

25 Un evaporador flash o enfriador flash se puede entender como una combinación de enfriamiento del producto y concentración. El líquido caliente alimenta un recipiente que se hace funcionar a baja presión y, consecuentemente, se liberan los vapores hasta que se alcanza un equilibrio térmico. La energía requerida para la evaporación es proporcionada por el líquido caliente causando una reducción en la temperatura del líquido. A menudo se aplica este tipo de evaporador/enfriador con fluidos viscosos y sensibles.

30 De acuerdo con la presente invención, la etapa a) produce energía que puede ser utilizada para llevar a cabo la etapa c). La etapa a) es ventajosamente un proceso de pirólisis. Más ventajosamente, la sustancia pirolizada es una biomasa. La pirólisis de biomasa, o biomateriales, produce carbón, líquidos y gases a partir de biomasa calentando la biomasa en un ambiente bajo en, o en ausencia de, oxígeno. La ausencia de oxígeno previene la combustión. El rendimiento relativo de productos de pirólisis varía con la temperatura. Una temperatura por debajo de 400°C (752 - 932°F) produce más carbón, mientras que temperaturas por encima de 400°C (1.292°F) favorecen el rendimiento de componentes combustibles líquidos y gaseosos. La pirólisis ocurre más rápidamente a mayores temperaturas, requiriendo típicamente segundos en lugar de horas. La pirólisis a alta temperatura también es conocida como gasificación, y produce principalmente gas de síntesis. Los rendimientos típicos de la pirólisis rápida son un 70% de

bioaceite, un 15% de biocarbón y un 15% de gas. Por comparación, la pirólisis lenta puede producir sustancialmente más carbón (sobre un 50%).

5 De acuerdo con la presente invención, se puede llevar a cabo una etapa de filtración tras cada uno de las etapas b), c) o d). Ventajosamente, la filtración se lleva a cabo tras la etapa b) y/o tras la etapa c) y/o tras la etapa d). En el contexto de la presente invención, la etapa de filtrado, también designado por el término "filtración", es la separación de sólidos de un flujo líquido (el condensado, el concentrado o su mezcla) mediante la interposición de un medio a través del cual solo puede pasar el fluido. Los sólidos demasiado grandes se retienen, pero la separación no es completa; los sólidos estarán contaminados con un poco de fluido y el filtrado contendrá partículas finas (dependiendo del tamaño del poro y el grosor del filtro).

10 De acuerdo con la presente invención, la etapa a) es un proceso de pirólisis. Puede ser una pirólisis lenta, preferiblemente es una pirólisis rápida.

De acuerdo con la presente invención, la etapa a) es la pirólisis de biomasa vegetal, o residuos, o un flujo de residuos (cualquier materia orgánica que contenga sólidos).

15 De acuerdo con otro aspecto, la presente invención está relacionada con un aparato para controlar el contenido de agua en un líquido de pirólisis que comprende:

1) un condensador para un vapor de pirólisis que comprende compuestos condensables y gases no condensables para obtener la separación de los gases no condensables de dicho vapor, dicho condensador comprende al menos dos tomas, en donde al menos una de las al menos dos tomas comprende al menos una entrada para recibir los compuestos condensables del vapor de pirólisis y dicho condensador
20 comprende al menos dos extremos de descarga, dichos al menos dos extremos de descarga comprenden al menos una salida, en donde al menos uno de los al menos dos extremos de descarga comprende al menos una salida para gases no condensables y en donde al menos uno de los al menos dos extremos de descarga comprende una salida para un condensado, dicho condensador se puede hacer funcionar a temperatura igual o menor que 70°C, y a una presión igual o menor que 150.000 Pa (1,5 bar);

25 2) un concentrador conectado con dicha salida para el condensado del condensador para la concentración de dicho condensado eliminando una cantidad predeterminada de agua, dicho concentrador comprende al menos una toma, dicha toma comprende al menos una entrada para recibir el condensado producido en el condensador y dicho concentrador comprende al menos dos extremos de descarga comprendiendo al menos una salida, en donde al menos uno de los dos extremos de descarga comprende al menos una
30 salida para el concentrado conectada al condensador, dicho concentrador se puede hacer funcionar a temperatura igual o menor que 80°C, y a una presión igual o menor que 50.000 Pa (500 mbar), en el que el condensador está conectado a una de las salidas para el concentrado de dicho concentrador.

Cuando se describen los valores de presión, en el contexto de la presente invención, la presión (el intervalo) se debe entender como la presión absoluta.

35 En el contexto de la presente invención, una toma es una parte que permite que los componentes entren en un reactor, un condensador, un concentrador. Una entrada es una subunidad de una toma, tal como un tubo. Un extremo de descarga es una parte que permite que los componentes salgan de un reactor, un condensador, un concentrador. Una salida es una subunidad del extremo de descarga, tal como un tubo. Entradas y salidas pueden estar conectadas a controladores de temperatura, intercambiadores de calor, filtros.

40 De acuerdo con la presente invención, el dispositivo también comprende un reactor para producir un vapor de pirólisis situado antes del condensador, dicho reactor comprende al menos una toma y al menos un extremo de descarga, dicha al menos una toma comprende al menos una entrada y dicho al menos un extremo de descarga comprende al menos una salida para dicho vapor y en donde el condensador está conectado con dicha salida para dicho vapor de dicho reactor para obtener la separación de los gases no condensables del condensado.
45 Ventajosamente, se lleva a cabo una reacción de pirólisis en el reactor. La reacción de pirólisis produce una mezcla de pirólisis que comprende una fase sólida (tal como carbón y ceniza) y un vapor de pirólisis. Tal y como se describe en el contexto de la presente invención, el vapor de pirólisis comprende componentes condensables y los gases no condensables.

De acuerdo con la presente invención, el condensador está conectado a una de las salidas para el concentrado de dicho concentrador en donde la conexión está situada en la parte superior de dicho condensador para pulverizar el concentrado obtenido en el concentrador. El condensador está conectado (por al menos una toma comprendiendo al menos una entrada) a una de las salidas para el concentrado de dicho concentrador en la parte superior de dicho condensador para pulverizar el concentrado obtenido en el concentrador. Se debe entender que al menos una de las tomas del condensador, comprendiendo al menos una entrada, permite introducir el concentrado dentro del
55 condensador.

Las definiciones y preferencias descritas en la presente solicitud son aplicables para todos los aspectos y realizaciones de la presente invención.

La presente invención se describe más a fondo, sin estar limitada, en las siguientes figuras y Ejemplo.

Figura 1: esquema del proceso de acuerdo con la presente invención.

Figura 2: viscosidades cinemáticas en función del contenido de agua en el aceite para dos temperaturas diferentes.

Figura 3: tasa de evaporación de agua en función de la presión en el evaporador.

5 Figura 4: contenido de agua frente rendimiento en un líquido de pirólisis.

Figura 5: contenido de agua frente rendimiento en un líquido de pirólisis.

La Figura 1 ilustra el método de acuerdo con la presente invención. El flujo de vapor 100 se genera en el proceso de pirólisis rápida y alimenta el condensador 102 para condensar los líquidos de pirólisis. En esta realización, los líquidos se condensan mediante un pulverizador de líquidos de pirólisis (101). El calor se elimina del flujo de recirculación 101 por medio de un intercambiador de calor 112. Opcionalmente, se puede poner un filtro 113 en la línea de recirculación 101 para eliminar partículas del líquido de pirólisis. Se puede poner la línea 101 en la parte superior del condensador (con el propósito de la pulverización). El condensador 102 se hace funcionar generalmente a presión ambiente y a una temperatura de entre 20 y 50°C. Desde el líquido de pirólisis condensado, un segundo flujo (también denominado como una parte del condensado) 104 alimenta el evaporador 106 que es, por ejemplo, un evaporador de película al vacío. Este evaporador se hace funcionar típicamente a temperaturas de entre 40 – 70°C y a presión reducida que puede variar entre 500 y 50.000 Pa (5 y 500 mbar). En el contexto de la realización ilustrada en la Figura 1, el concentrador es un evaporador (el concentrado puede por tanto ser designado como un evaporado). La presión de funcionamiento del evaporador 106 se puede utilizar para controlar la tasa de evaporación de agua. El líquido de pirólisis con un contenido de agua reducido (107), también designado como un concentrado (o un evaporado), es enviado de vuelta al condensador principal, y mezclado con el líquido de pirólisis presente en el condensador 102. El producto, un líquido de pirólisis que contiene una cantidad de agua controlada, es eliminado del condensador a través de 108. Un flujo de vapor rico en agua 105 se elimina de la parte superior del evaporador 106.

Existen diferentes métodos para controlar la tasa de evaporación de agua en el evaporador 106 tales como, por ejemplo, la presión de funcionamiento, la temperatura de funcionamiento y el área de la superficie. La tasa de evaporación de agua requerida está determinada por la calidad real del líquido de pirólisis presente en el condensador 102 que es equivalente con el líquido en los flujos 101 y 104. Se puede determinar en línea el contenido de agua real del líquido de pirólisis mediante un equipo adecuado. Como una alternativa para la medida directa del agua y como aproximación práctica, la viscosidad y temperatura del líquido de pirólisis se determinan en línea, para lo que hay varios instrumentos disponibles en el mercado. Existe una fuerte relación entre el contenido de agua en el aceite y la viscosidad, tal y como se ilustra en la Figura 2. En la Figura 3 se muestra que la tasa de evaporación de agua se puede controlar muy bien mediante la presión en el evaporador. Hacer funcionar el evaporador bajo presión reducida tiene la ventaja de que la temperatura del líquido de pirólisis se puede mantener a una temperatura relativamente baja evitando o minimizando reacciones de repolimerización en el líquido. En la Figura 1 las características 110, 111 y 114 representan bombas y 103 representa el flujo de gases no condensables. El vapor rico en agua 105 se produce en el evaporador 106.

Ejemplos

Ejemplo 1

Se ha pirolizado madera de pino en una unidad de pirólisis rápida a una tasa de alimentación de 2 kg/h. El porcentaje de humedad de la madera de pino era del 5% en peso. La temperatura del reactor de pirólisis estuvo en el intervalo de 485°C hasta 495°C, y la presión fue la atmosférica. Se dirigió la fase vapor liberada hacia un condensador de spray que se puede hacer funcionar a temperaturas de hasta 90°C. En el condensador se acumula el líquido de pirólisis incluyendo agua. Con baja temperatura en el condensador se acumula la máxima cantidad de líquido de pirólisis, pero el contenido de agua en el aceite también es máximo. Incrementando la temperatura del condensador acabará menos cantidad de agua en el aceite, pero también se perderá parte de la materia orgánica, tal y como se muestra en las figuras 4 y 5. Alternativamente, el método descrito en esta solicitud condensa la máxima cantidad de líquido de pirólisis haciendo funcionar el condensador a baja temperatura, y evaporando el agua del líquido de pirólisis por separado de manera controlada. En este ejemplo, se produjo el líquido de pirólisis bajo las mismas condiciones descritas anteriormente, y se condensó el líquido a una temperatura de 48°C. Este líquido acumulado contenía un 25,8% en peso de agua. Subsecuentemente, se eliminó el agua del líquido en un evaporador rotativo de película. Las condiciones de funcionamiento del evaporador de película fueron una temperatura de 60 – 90°C y una presión de 10.000 Pa (100 mbar). Se tomaron muestras del líquido a diferentes tiempos y se determinó el contenido de agua. Se encontró que la cantidad de materia orgánica perdida por el último método es significativamente menor, tal y como se ilustra en las figuras 4 y 5.

55

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar el contenido de agua en un líquido de pirólisis que comprende:
 - a) producir un vapor de pirólisis que comprende compuestos condensables y gases no condensables a una temperatura igual o menor que 70°C y a una presión igual o menor que 150.000 Pa (1,5 bar);
 - 5 b) introducir la fase vapor en un condensador (102), condensar los compuestos condensables del vapor de pirólisis para obtener un condensado a una temperatura igual o menor que 70°C y a una presión igual o menor que 150.000 Pa (1,5 bar), y separar los gases no condensables del condensado;
 - c) introducir al menos parte del condensado en el concentrador (106) y concentrar dicho condensado eliminando cierta cantidad de agua a una temperatura igual o menor que 80°C obteniendo de este modo un concentrado;
 - 10 d) introducir el concentrado obtenido tras la etapa c) en el condensador (102) obteniendo de este modo un líquido de pirólisis con un contenido de agua controlado.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la condensación en la etapa b) se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 5°C a 70°C, preferiblemente de 10°C a 60°C, más preferiblemente de 20°C a 50°C.
- 15 3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la separación en la etapa c) se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 10°C a 80°C, preferiblemente de 20°C a 70°C, más preferiblemente de 40°C a 70°C.
4. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la concentración en la etapa c) se lleva a cabo a una presión igual o menor que 50.000 Pa (500 mbar).
5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la introducción del concentrado obtenido tras la etapa c) en el condensador (102) se lleva a cabo mediante rociamiento.
- 20 6. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el concentrador (106) es un evaporador.
7. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la etapa a) produce energía que se utiliza para llevar a cabo la separación en la etapa c).
- 25 8. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que se lleva a cabo una etapa de filtración tras cualquiera de las etapas b, c o d.
9. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que se lleva a cabo una pirólisis rápida en la etapa a).
10. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que se lleva a cabo una pirólisis rápida de biomasa vegetal en la etapa a).
- 30 11. Aparato para llevar a cabo el método tal y como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 que comprende:
 - 1) un condensador (102) para un vapor de pirólisis que comprende compuestos condensables y gases no condensables para obtener la separación de los gases no condensables de dicho vapor, dicho condensador (102) comprende al menos dos tomas, en donde al menos una de las al menos dos tomas comprende al menos una entrada para recibir los compuestos condensables del vapor de pirólisis y dicho condensador (102) comprende al menos dos extremos de descarga, dichos al menos dos extremos de descarga comprenden al menos una salida, en donde al menos uno de los al menos dos extremos de descarga comprende al menos una salida para los gases no condensables y donde al menos uno de los al menos dos extremos de descarga comprende una salida para un condensado, dicho condensador (102) se puede hacer funcionar a una temperatura igual o menor que 70°C, y a una presión de 150.000 Pa (1,5 bar);
 - 35 2) un concentrador (106) conectado a dicha salida para el condensado del condensador (102) para concentrar dicho condensado mediante la eliminación de una cantidad predeterminada de agua, dicho concentrador (106) comprende al menos una toma, dicha toma comprende al menos una entrada para recibir el condensado producido en el condensador (102) y dicho concentrador (106) comprende al menos dos extremos de descarga comprendiendo al menos una salida, en donde al menos uno de los al menos dos extremos de descarga comprende al menos una salida para el concentrado conectada con el condensador (102), dicho concentrador (106) se puede hacer funcionar a una temperatura igual o menor que 80°C, y a una presión igual o menor que 5.000 Pa (500 mbar),
 - 45
 - 50

en donde el condensador (102) está conectado a una de las salidas para el concentrado de dicho concentrador (106).

12. Aparato de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el concentrador (106) es un evaporador.

5 13. Aparato de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, en el que se sitúa un reactor para producir un vapor de pirólisis antes del condensador (102), dicho reactor comprende al menos una toma y al menos un extremo de descarga, dicha al menos una toma comprende al menos una entrada y dicho al menos un extremo de descarga comprende al menos una salida para dicho vapor y donde el condensador (102) está conectado con dicha salida para dicho vapor de dicho reactor para obtener la separación de los gases no condensables del condensado.

10 14. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde el condensador (102) está conectado a una de las salidas para el concentrado de dicho concentrador (106) en donde la conexión está localizada en la parte superior de dicho condensador para pulverizar el concentrado obtenido en el concentrador (106).

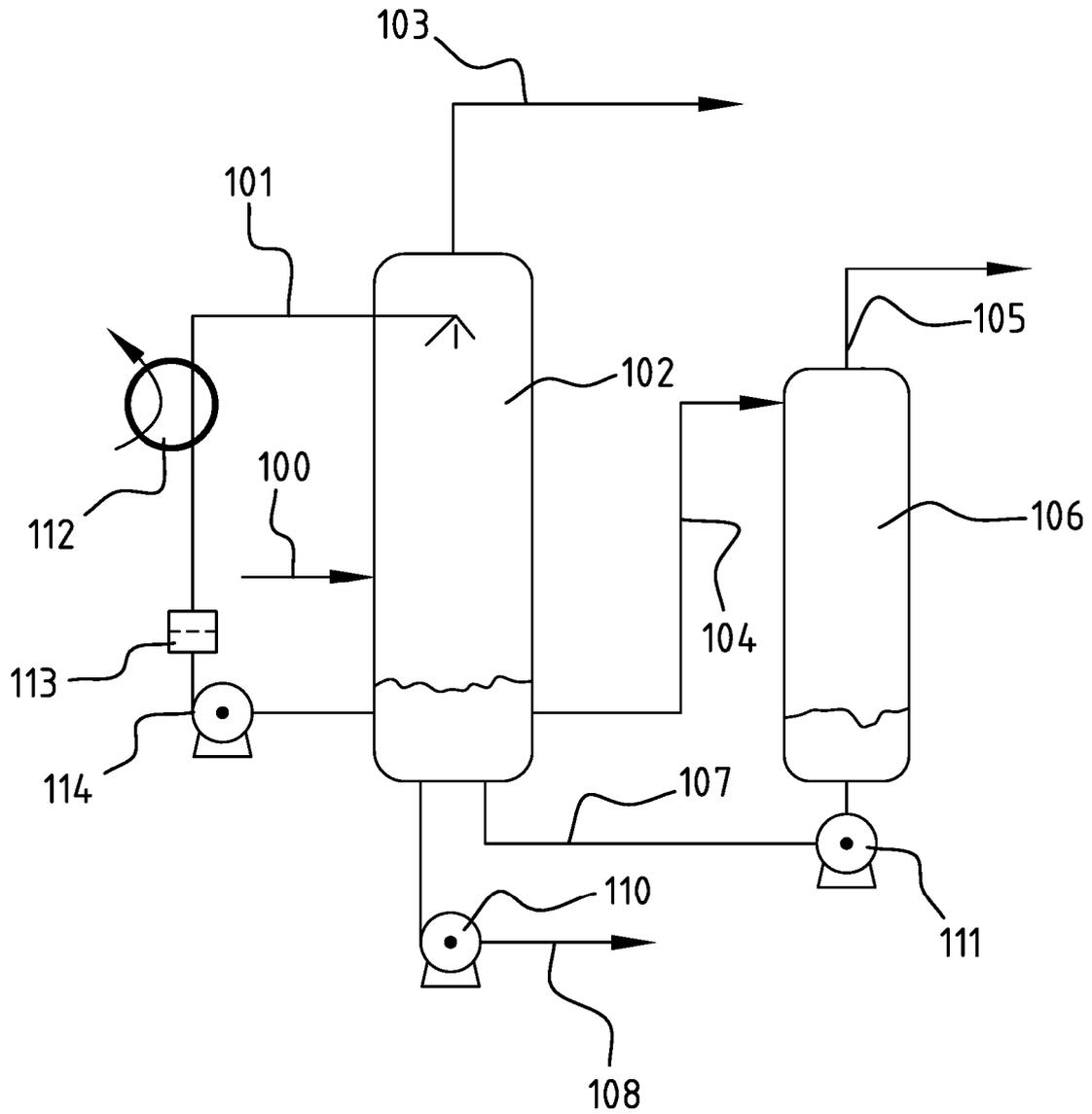


FIG. 1

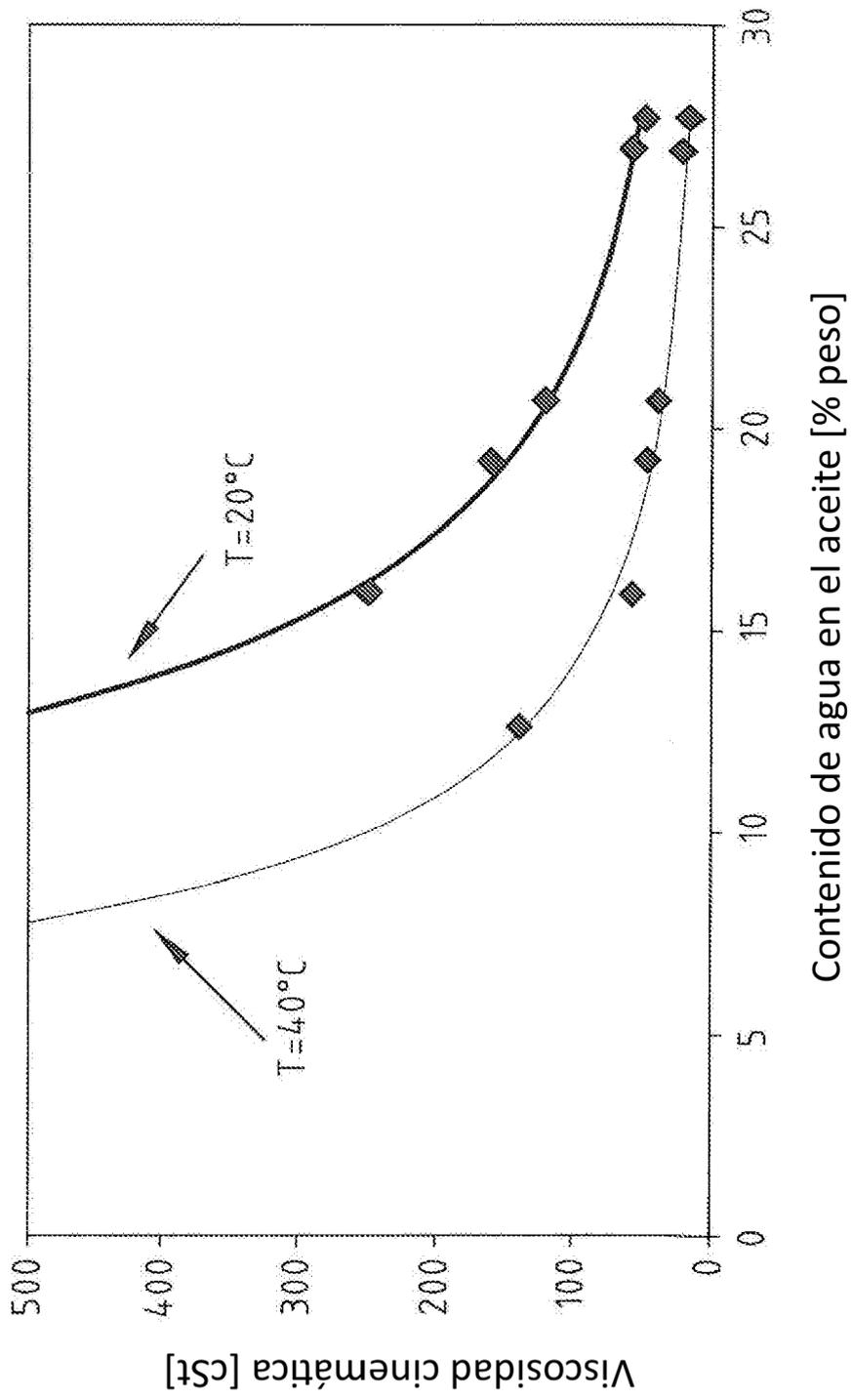


FIG. 2

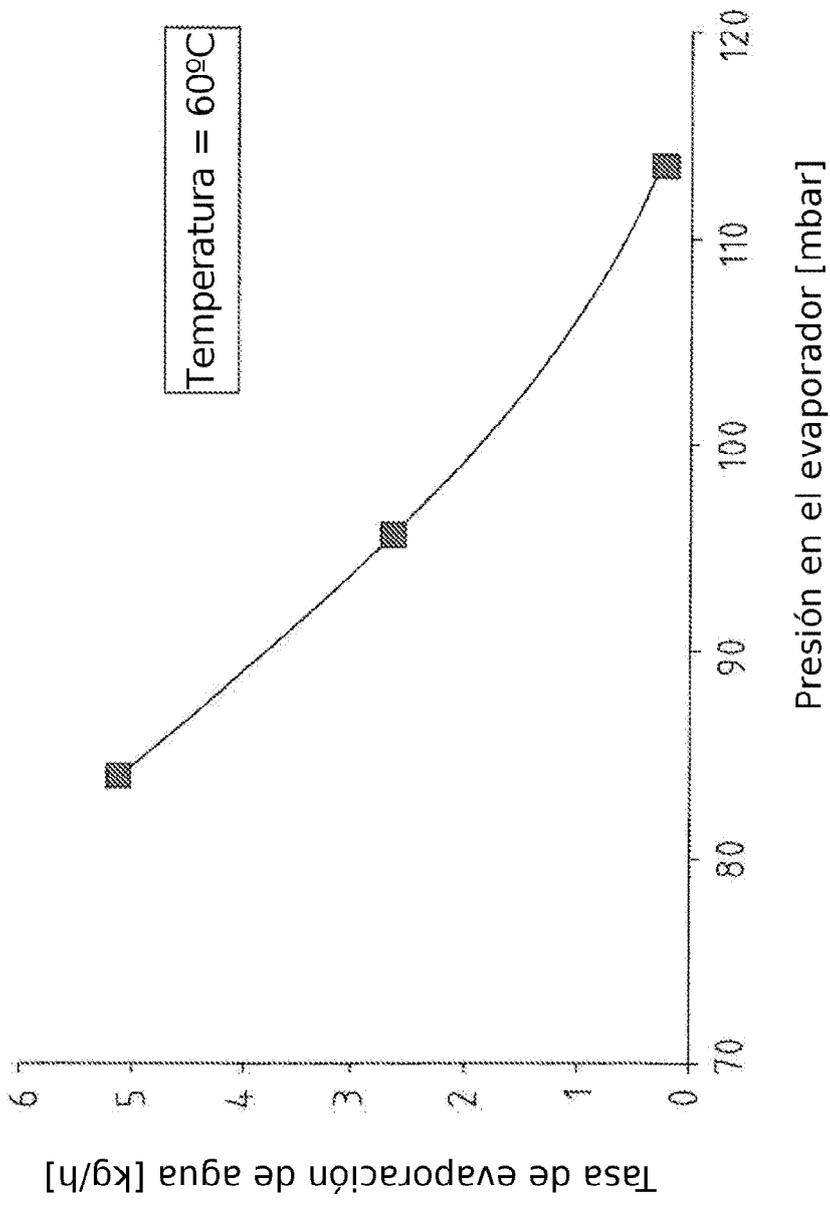


FIG. 3

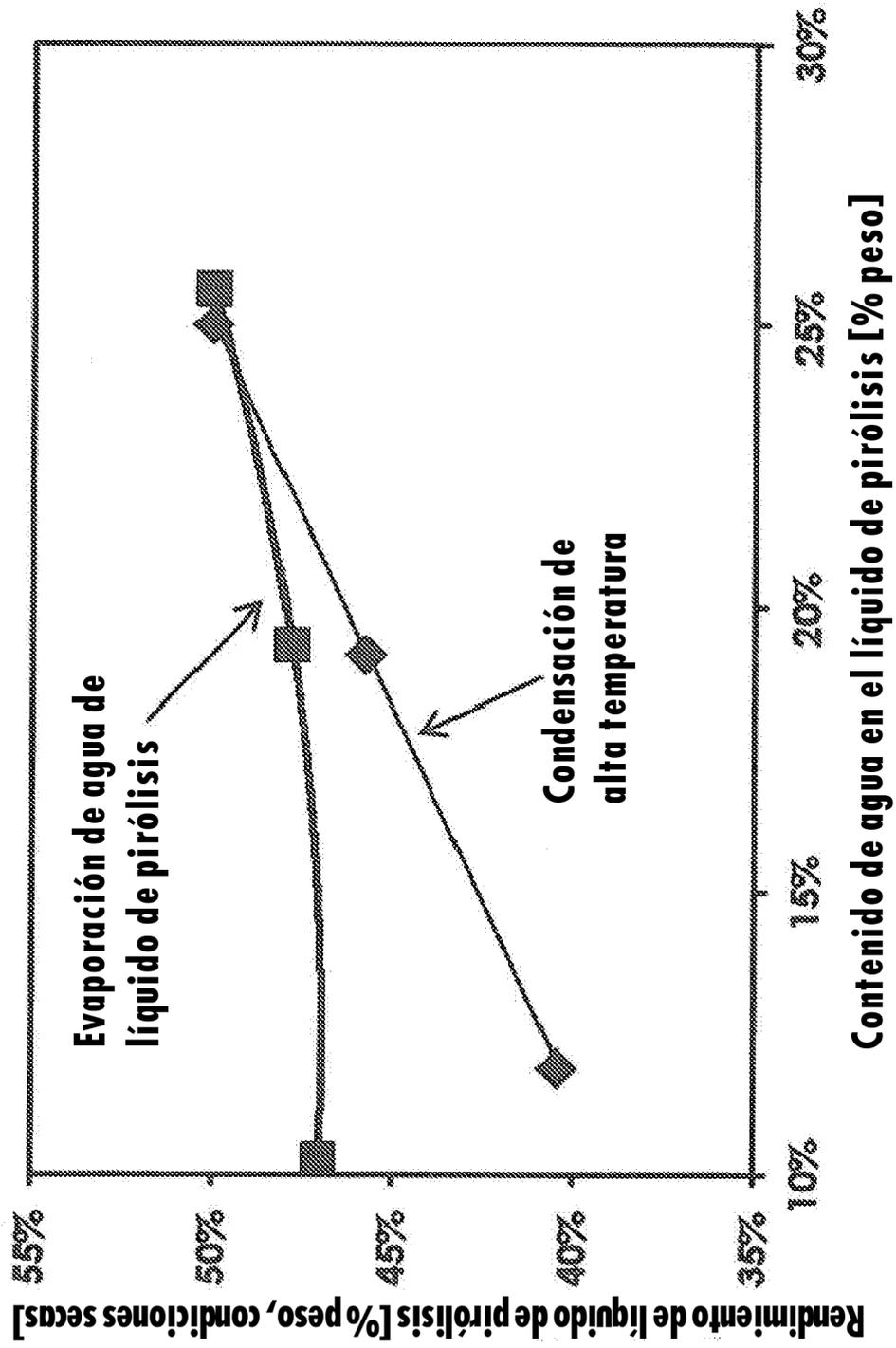


FIG. 4

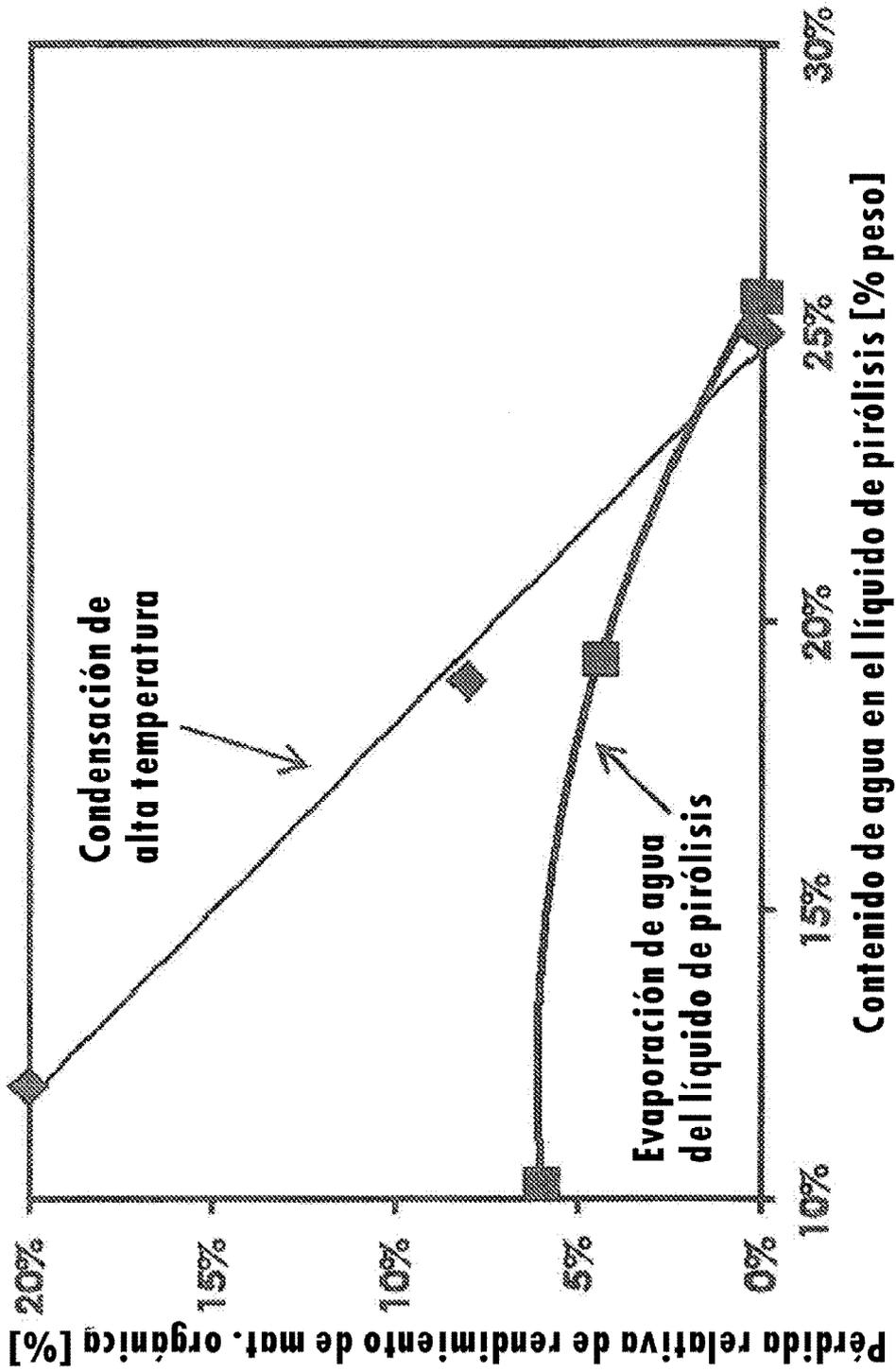


FIG. 5