

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 388**

51 Int. Cl.:
D21C 9/18 (2006.01)
B30B 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08871946 .3**
96 Fecha de presentación: **29.10.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2225416**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.09.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE CONVERSIÓN DE SOLUCIONES LIGNOCELULÓSICAS CON ALTO CONTENIDO EN MATERIA SECA.**

30 Prioridad:
20.12.2007 FR 0709115

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.11.2011

73 Titular/es:
**IFP ENERGIES NOUVELLES
1 & 4 AVENUE DE BOIS-PRÉAU
92852 RUEIL MALMAISON CÉDEX, FR**

72 Inventor/es:
ROLLAND, Matthieu

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 369 388 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 de conversión de soluciones lignocelulósicas con alto contenido en materia seca

5 Campo técnico

La invención se refiere a un procedimiento de conversión de soluciones acuosas de sólidos lignocelulósicos que comprenden un contenido de sólidos comprendido entre el 1 y el 20% de materia seca, comprendiendo dicho procedimiento una etapa a) de compresión de dicha solución para separar la fase líquida presente en y entre los sólidos de la fase sólida comprimida y una etapa b) de extracción de al menos la fase líquida, tratando/homogeneizando después dicha fase líquida por tratamientos térmicos y/o químicos y reinyectándose sobre la fase sólida comprimida.

La invención se refiere por tanto al campo de los procedimientos de conversión de solución de sólidos lignocelulósicos con contenido elevado de sólidos, expresado en porcentaje de materia seca, siendo dichos procedimientos particularmente interesantes en los casos de reacciones limitadas por los reactivos y/o inhibidas por los productos de reacción.

Por materia seca se entiende, la cantidad de materia insoluble inicialmente añadida con respecto al peso total de la mezcla de reacción.

De acuerdo con la presente invención, la materia seca está constituida por materia insoluble y en particular sólidos granulares que, en solución acuosa, se presentan en forma de grumos compresibles. De manera ventajosa, estos sólidos granulares están constituidos por:

25 - biomasa lignocelulósica antes o después del tratamiento previo y en particular pasta de papel, paja y/o salvado de cereales, caña de azúcar, pulpa de remolacha o astillas de madera.

Las soluciones acuosas de materiales lignocelulósicos tienen una reología que depende del contenido de sólidos, y más particularmente del contenido de celulosa que se hincha cuando se pone en solución.

La pasta de papel, que contiene un 70% de celulosa, se trabaja en fábricas de pasta de papel a concentraciones de sólidos inferiores a 4 – 5% MS (materia seca). A estas concentraciones, las soluciones se comportan como líquidos y se aplican con tecnologías clásicas y sencillas: bombas, tuberías, reactores de tipo tanque, agitadores. A concentraciones más fuertes, las mezclas de agua - pasta de papel se componen de grumos de sólidos embebidos en agua y en contacto entre sí y algo adheridos entre sí. La mezcla carece de las propiedades de flujo de los líquidos así como las de los sólidos secos divididos. En particular la agitación es muy difícil: bien las mezclas internas ponen la pasta en movimiento de tipo bloque (sin agitación), o cizallan la pasta en varios bloques. Las realizaciones de estas mezclas son delicadas: las bombas se sustituyen, por ejemplo, por tornillos sin fin o bandas transportadoras o dispositivos plisados. De hecho, este tipo de mezcla se realiza de manera transitoria, bien durante un secado y obtención de un sólido en seco (60-90% MS) o durante una puesta en solución de un sólido en seco.

Las otras biomásas lignocelulósicas contienen generalmente el 30% de celulosa, de manera que se hinchan menos y pueden funcionar como líquidos hasta contenidos de materia seca del 10% aproximadamente.

El objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de conversión de solución de sólidos lignocelulósicos que comprenden un contenido elevado de sólidos expresado en porcentaje de materia seca para permitir tratamientos en intervalos en los que las reacciones son normalmente incompletas, en los que la distribución de los reactivos y en los que los fenómenos de inhibición por concentración de productos conducen a cinéticas más lentas y/o a rendimientos de reacciones menos interesantes.

El objeto de la invención es la realización de dicho procedimiento para la reacción de hidrólisis enzimática.

Técnica anterior

55 La patente de Estados Unidos 7 267 049 B2 describe un aparato de tipo prensa para reducir el contenido acuoso de una pasta mediante un sistema de tornillo. La fase líquida y la fase concentrada de sólidos se extraen por separado. La presente invención usa esta propiedad de sistemas de tornillo para favorecer las reacciones en medio pastoso pero se diferencia particularmente porque la separación es temporal y el sólido se mezcla de nuevo con el líquido homogeneizado para mejorar rendimiento y/o la selectividad de la reacción.

65 La patente de Estados Unidos 7 217 340 B2 pertenece a otro campo distinto al de la conversión de solución de sólidos lignocelulósicos que comprende un contenido elevado de sólidos y describe una composición de reblandecimiento y su uso en el tratamiento de materiales celulósicos que contienen fibras tales como papel, textiles y muestras de tejidos. En particular, en dicha patente, el contenido en fibra de la pasta de papel está aumentado hasta un 7% de materia seca por un prensado al vacío y hasta un 25% de materia seca por transferencia en rodillos

que comprimen la pasta en una hoja. Se trata por tanto de un tratamiento final.

La hidrólisis enzimática es una reacción enzimática de conversión de sustrato (sólido) celulósico en celobiosa (producto intermedio) y después en glucosa (azúcar final). Las enzimas son las más competentes en un intervalo de temperatura y pH estrecho, generalmente 50-60 °C y pH = 4,5-5,5. Las reacciones las inhibe el azúcar final y las inhibe muy fuertemente la celobiosa, aumentando las inhibiciones con las concentraciones locales.

En lo que respecta a la hidrólisis enzimática de biomasa lignocelulósica, el contenido máximo, generalmente admitido, de sólidos expresado en porcentaje de materia seca es del 2 al 5%. Por encima, se producen los siguientes inconvenientes:

- aumento local de contenido de celobiosa, producto intermedio de reacción que inhibe las reacciones de hidrólisis de la celulosa.
- aumento local de contenido de glucosa, producto de la reacción, que también inhibe las reacciones de conversión y
- no homogeneidad de distribución de enzimas
- no homogeneidad de pH que conduce a operaciones más o menos competentes de acuerdo con los sitios.
- no homogeneidad de las temperaturas

Todas estas limitaciones aumentan con el contenido de materia seca. Ahora bien resulta económicamente interesante poder trabajar con un mayor contenido de materia inicial (más celulosa), ya que esto conduce a concentraciones de azúcares más elevadas y por consiguiente cantidades de alcohol más elevadas. Esto permite reducir los costes de destilación hacia alcohol puro, significativos en el coste de producción.

Objeto e interés de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento de conversión de solución acuosa de sólidos lignocelulósicos que comprenden un contenido de sólidos comprendido entre el 1 y el 20% de materia seca, comprendiendo dicho procedimiento una etapa a) de compresión de dicha solución para separar la fase líquida presente en y entre los sólidos de la fase sólida comprimida y una etapa b) de extracción de al menos la fase líquida, tratando/homogeneizando después dicha fase líquida mediante tratamientos térmicos y/o químicos y reinyectándose sobre la fase sólida comprimida.

El procedimiento de acuerdo con la presente invención permite por tanto homogeneizar las condiciones de las reacciones sobre pastas formadas por grumos compresibles por una renovación completa de la fase líquida presente en los grumos y su sustitución por un líquido homogeneizado (concentraciones, pH, temperatura, ...).

Los grumos se presionan para extraer el líquido presente en los poros de los mismos. La fase líquida recuperada durante el prensado se mezcla por tanto fácilmente con una homogeneización de todos los parámetros que influyen sobre la reacción: concentraciones, pH, temperatura, ... La fase líquida homogeneizada se vuelve a poner en contacto con los grumos comprimidos que constituyen la fase sólida comprimida que reabsorben en pocos segundos todo el líquido con el cual se ponen en contacto. Todos los grumos se exponen por tanto a condiciones de reacción idénticas y más favorables que los de la reacción antes de la realización del procedimiento.

Dicho procedimiento también permite obtener condiciones de reacción idénticas cualquiera que sea el tamaño de los grumos.

Descripción de las figuras:

La figura 1 representa el modo de realización del reactor de pistón en el que se produce la reacción de conversión de solución acuosa lignocelulósica y la etapa a) de compresión del procedimiento de acuerdo con la invención.

La figura 2 representa el modo de realización del reactor de pistón en el que el pistón es un pistón rotatorio y también ilustra medios de amasado que consisten en protuberancias que se proyectan sobre al menos una parte de la altura de la fase sólida comprimida.

La figura 3 representa el modo de realización del reactor helicoidal en el que se produce la reacción de conversión de solución acuosa lignocelulósica y la etapa a) de compresión del procedimiento de acuerdo con la invención.

La figura 4 representa los diferentes modos de reinyección y de dispersión de la fase sólida obtenida en la etapa b) de extracción en la cabeza del reactor helicoidal, no estando representado en la figura el tornillo en el fondo del tanque.

Descripción detallada de la invención:

- La invención describe un procedimiento de conversión de solución acuosa de sólidos lignocelulósicos de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende un contenido de sólidos comprendido entre el 1 y el 20%, preferentemente comprendido entre el 1 y el 15% y de manera más preferida superior al 8% y de manera aún más preferida comprendido entre el 8 y el 15% de materia seca, comprendiendo dicho procedimiento una etapa a) de compresión de dicha solución para separar la fase líquida presente en y entre los sólidos de la fase sólida comprimida y una etapa b) de extracción de al menos la fase líquida, homogeneizándose después dicha fase líquida por tratamientos térmicos y/o químicos y volviéndose a mezclar en la fase sólida.
- La etapa a) de compresión se realiza ventajosamente según un eje de compresión vertical o en un tornillo.
- Dicha etapa a) también se realiza ventajosamente con agitación para mejorar la homogeneización.
- Ventajosamente, la fase líquida recogida se inyecta de manera dispersa, para rociar uniformemente la superficie superior de la fase sólida. La dispersión se realiza ventajosamente por una red de conductos de alimentación que genera gotas distribuidas de manera uniforme.
- La descripción de la invención se realiza en relación con las figuras 1 a 4.
- De acuerdo con un primer modo de realización, representado en la figura 1, la etapa a) de compresión del procedimiento de acuerdo con la invención se realiza ventajosamente en un reactor (1) que comprende un pistón de compresión perforado (2) comprendiendo dicho pistón de compresión tres elementos distintos:
- una rejilla perforada (3) que deja pasar el líquido y que bloquea los grumos, estando el tamaño medio de las perforaciones ventajosamente comprendido entre 1 a 3 veces el tamaño de los grumos.
 - un soporte de la rejilla y
 - un eje de compresión (4) perpendicular a dicha rejilla.
- Preferentemente, no es necesario que la rejilla (3) retenga todos los grumos. El paso más fino de la rejilla es de 500 μm . Para un paso de rejilla inferior, el flujo del líquido será menor y la bajada del pistón muy lenta. La rejilla (3) se fabrica ventajosamente con una placa perforada o con una rejilla metálica tejida o con un material poroso (sinterizado metálico, cerámica) o una membrana polimérica (hidrófila o hidrófoba). El soporte de la rejilla tiene la función de transmitir los esfuerzos mecánicos entre la rejilla y el eje de compresión perpendicular a dicha rejilla, mantener horizontal la rejilla, garantizar la estanqueidad entre las paredes y el pistón, y dejar pasar el líquido.
- De acuerdo con este primer modo de realización, el pistón (2) desciende regularmente y asciende en el sentido de la flecha indicada en la figura 1. Después del descenso del pistón, la fase líquida se encuentra por encima del pistón y la fase sólida comprimida por debajo.
- Ventajosamente, la solución acuosa de sólidos lignocelulósicos puede agitarse: la agitación puede realizarse de dos maneras diferentes: el pistón (2) de compresión puede comprender un agitador (no representado en la figura 1) cuyo eje de transmisión es interno y coaxial al eje de compresión de dicho pistón (2), o el pistón de compresión es un pistón de compresión rotatorio (5) provisto de protuberancias (6) que se proyectan sobre al menos una parte de la altura de la solución acuosa de los sólidos lignocelulósicos.
- Naturalmente, la fase líquida está, al menos parcialmente, homogeneizada durante la etapa a) de compresión debido a su paso a través de los grumos de sólidos lignocelulósicos y a través de la rejilla (3). Ventajosamente, la etapa b) de extracción de la fase líquida se efectúa por una extracción de la fase líquida al exterior del reactor (1) y después reinyección por medio de una bomba y de un inyector. El caudal de extracción y de inyección se ajusta para que el volumen del reactor se bombee al menos 3 veces y preferentemente 10 veces antes del levantamiento del pistón.
- Para mejora la homogeneidad de la fase líquida, el eje de compresión (4) de dicho pistón de compresión rotatorio puede dotarse ventajosamente de palas por encima de la rejilla.
- En efecto, el efecto de bombeo es máximo al principio, durante la primera hora. Después, con el avance de la reacción, el contenido de sólido disminuye fuertemente y el efecto de bombeo es menos interesante. Puede ser por tanto ventajoso subir totalmente el pistón y trabajar de manera habitual, es decir, utilizando únicamente un agitador clásico.
- En el caso en el que el procedimiento de acuerdo con la invención se realice en el reactor de pistón descrito anteriormente, la duración entre los bombeos está ventajosamente comprendida, para la primera hora entre 1 y 10 minutos y preferentemente entre 2 y 7 minutos y a continuación entre 5 y 120 minutos, y preferentemente entre 10 y 60 minutos.

De acuerdo con un segundo modo de realización ilustrado en la figura 3, la etapa a) de compresión se realiza en un reactor (1) que comprende un tornillo (7) en el fondo del tanque en el que se produce dicha etapa a) de compresión.

5 En este caso, la recogida de la fase líquida separada (conducto 8) y de la fase sólida comprimida (conducto 9) se realiza ventajosamente al final de la etapa a) de compresión.

De hecho, la fase sólida comprimida también se extrae ventajosamente de manera preferente de modo continuo durante la etapa b) de extracción y se reinyecta en el cabezal de dicho reactor por el conducto (9).

10 De acuerdo con un primer modo de realización preferido de dicho segundo modo de realización representado en la figura 4a, dicha fase sólida comprimida se reinyecta ventajosamente y se dispersa en el cabezal del reactor, preferentemente por medio de un cono de dispersión (10) estático o rotatorio, de semiángulo en el vértice comprendido entre 30 y 60 ° y de diámetro comprendido entre 1/3 y 1/4 del diámetro del reactor o, de manera
15 preferida, por medio de un plato de dispersión rotativo (11), de diámetro comprendido entre 1/3 y 1/4 del diámetro del reactor, impulsándose dicho plato por el eje de transmisión del agitador, representado en la figura 4b.

De acuerdo con otro modo de realización preferido de dicho segundo modo de realización representado en la figura 4c, dicha fase sólida comprimida se reinyecta ventajosamente y se dispersa en el cabezal del reactor por medio de un mezclador secundario (12) que se usa para poner en contacto íntimo la fase sólida con la fase líquida.
20

La fase líquida recogida se inyecta ventajosamente de manera dispersa, para rociar uniformemente la superficie superior de la fase sólida. La dispersión se realiza ventajosamente por una red de conductos de alimentación que genera gotas distribuidas de manera uniforme.

25 En el caso en el que el procedimiento de acuerdo con la invención se realice en el reactor helicoidal descrito anteriormente, la tasa de renovación por el tornillo está, durante las dos primeras horas, comprendida entre un volumen de reactor cada minuto y un volumen de reactor cada 30 minutos y preferentemente comprendida entre un volumen de reactor cada 5 minutos y un volumen de reactor cada 20 minutos y después comprendida entre un volumen de reactor cada 20 minutos y un volumen de reactor cada 60 minutos y preferentemente comprende un
30 volumen de reactor cada 30 minutos y un volumen de reactor cada 50 minutos.

Cualquiera que sea el modo de realización de la etapa de compresión, y de acuerdo con la invención, la fase líquida se homogeniza por tratamientos térmicos y/o químicos antes de volver a mezclarse en la fase sólida.

35 Los tratamientos térmicos y/o génicos ventajosamente realizados sobre la fase líquida extraída son los siguientes:

- una regulación de temperatura por medios conocidos por el experto en la materia,
- una regulación de pH por medios conocidos por el experto en la materia,
- una adición de reactivos tal como por ejemplo antibióticos.

40 El objeto de la invención es la aplicación de dicho procedimiento para la reacción de hidrólisis enzimática. En este caso, la reacción de hidrólisis enzimática descrita anteriormente se produce en el reactor de pistón o helicoidal descrito anteriormente.

45 Ventajosamente, en dicho reactor de pistón o helicoidal también se produce, de manera simultánea con la reacción de hidrólisis enzimática, una reacción de fermentación alcohólica.

Ventajosamente, la biomasa lignocelulósica puede someterse a una etapa de tratamiento previo, tal como por ejemplo, operaciones químicas térmicas y mecánicas cuya función es favorecer los rendimientos de la reacción de hidrólisis enzimática. Estos tratamientos previos requieren la manipulación de pastas más o menos secas según los
50 casos. Dichos tratamientos previos pueden ser, por ejemplo, ebulliciones en fase ácida o básica, operaciones de compresión-expansión (explosión al vapor, procedimiento AFEX),... Generalmente, los productos obtenidos en las etapas de tratamientos previos son sólidos de tipo granular o grumoso, o pastas con gran contenido en agua. La invención elabora así potenciales sobre tratamientos intermedios con producción o realización de pasta con gran contenido en materia seca.

55 Ventajosamente, los tratamientos térmicos y/o químicos realizados en la fase líquida extraída al final de la reacción de hidrólisis enzimática son los siguientes:

- ventajosamente la fase líquida puede pasar a un procedimiento de conversión de celobiosa en glucosa para realizar una hidrólisis enzimática adicional en el exterior del reactor.
- ventajosamente la fase líquida puede, después del cambio de las condiciones operativas de acuerdo con técnicas conocidas por el experto en la materia, pasar a un procedimiento de fermentación separado, reinyectándose después el efluente obtenido de la fermentación en el cabezal del reactor después de reajustar las condiciones operativas (pH, temperaturas ...) a las condiciones operativas de la hidrólisis enzimática de
60 acuerdo con técnicas conocidas por el experto en la materia.

Ejemplos

Ejemplo1: Hidrólisis enzimática

5 La reacción de hidrólisis enzimática se realiza en fondo del tanque del reactor de extracción helicoidal de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención, constituyéndose la solución de sólidos lignocelulósicos por una solución de pasta de papel que contiene un 15% de materia insoluble, adición progresiva de la materia prima.

Las condiciones operativas en el reactor helicoidal son las siguientes:

10

- temperatura del reactor 55 °C,
- pH = 4,8

La tasa de renovación por el tornillo es de:

15

- durante las dos primeras horas: 1 volumen de reactor en 20 minutos
- y después: 1 volumen de reactor en 50 minutos.

La fase líquida extraída se somete un tratamiento de ajuste de pH de acuerdo con una técnica conocida por el experto en la materia.

20

Ejemplo 2: Hidrólisis enzimática

La reacción de hidrólisis enzimática se realiza en el reactor de pistón de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención, constituyéndose la solución de sólidos lignocelulósicos por una solución de astillas de madera que contiene un 13% de materia insoluble, adición progresiva de la materia prima.

25

Las condiciones operativas en el reactor helicoidal son las siguientes:

30

- temperatura del reactor 55 °C,
- pH = 4,8
- la duración entre los bombeos es la siguiente:
- la primera hora: 1 bombeo durante 5 minutos
- después 1 bombeo cada 30 minutos.

35

Ejemplo 3: Modelo con limitación de la difusión de reactivos

Esta simulación demuestra la eficacia del procedimiento de acuerdo con la invención ya que permite uniformizar la concentración del reactivo A cuando el procedimiento de conversión se realiza en un reactor de pistón con respecto a un procedimiento que no comprende la etapa b) de extracción de la fase líquida, ni la de homogeneización mediante tratamientos térmicos y/o químicos ni su reinyección en la fase sólida.

40

La reacción química realizada en el reactor de pistón descrita anteriormente es una reacción química cuya cinética es de orden 1. Se mide la concentración de un reactivo A en solución en la fase líquida. La difusión del reactivo A en el grumo es lenta y limita la tasa de desaparición del reactivo A: el núcleo del grumo no opera de manera óptima.

45

La elaboración del modelo muestra que un bombeo regular permite mejorar los rendimientos (es decir que se consume una cantidad más grande de A en el mismo tiempo o parte de A se consume en menos tiempo), y más aún cuanto mayor sea la frecuencia de bombeo.

50

El prensado de los grumos, de acuerdo con el procedimiento de la invención, permite por tanto uniformizar la concentración de A en el grumo y en el exterior del grumo, de manera que las limitaciones de la difusión que limitan la reacción se minimizan.

55

La figura 4 representa la concentración del producto A en función de la duración de la reacción de acuerdo con el ejemplo 3.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de conversión de soluciones acuosas de sólidos lignocelulósicos que comprenden un contenido de sólidos comprendido entre el 1 y el 20% de materia seca, comprendiendo dicho procedimiento una etapa a) de compresión de dicha solución para separar la fase líquida presente en y entre los sólidos de la fase sólida comprimida y una etapa b) de extracción de al menos la fase líquida, homogeneizándose después dicha fase líquida por tratamientos térmicos y/o químicos y volviéndose a mezclar con la fase sólida, realizando dicho procedimiento la reacción de hidrólisis enzimática.
- 10 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la etapa a) de compresión se realiza de acuerdo con un eje de compresión vertical.
- 15 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 en el que la etapa a) de compresión se realiza en un reactor que comprende un pistón de compresión perforado, comprendiendo dicho pistón de compresión 3 elementos distintos:
- una rejilla perforada
 - un soporte de rejilla y
 - un eje de compresión perpendicular a dicha rejilla.
- 20 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3 en el que la etapa a) de compresión se realiza con agitación.
- 25 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 en el que la agitación se realiza por medio de un agitador cuyo eje de transmisión es interno y coaxial al eje de compresión de dicho pistón.
- 30 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 en el que dicho pistón de compresión es un pistón de compresión rotatorio provisto de protuberancias que se proyectan sobre al menos una parte de la altura de la solución acuosa de los sólidos lignocelulósicos.
- 35 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 en el que el eje de dicho pistón de compresión rotatorio está provisto de palas por encima de la rejilla perforada en la fase líquida.
- 40 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la etapa a) de compresión se realiza en un tornillo.
- 45 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 en el que la etapa a) de compresión se realiza en un reactor que comprende un tornillo.
- 50 10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9 en el que la fase sólida comprimida también se extrae en la etapa b) de extracción y se reinyecta en cabezal de dicho reactor.
- 55 11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10 en el que la fase sólida comprimida se reinyecta y se dispersa en el cabezal del reactor.
- 60 12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11 en el que la fase sólida comprimida se reinyecta por medio de un cono de dispersión estático o rotatorio, de semiángulo en el vértice comprendido entre 30 y 60 °C de un diámetro comprendido entre 1/3 y 1/4 del diámetro del reactor.
13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11 en el que la fase sólida comprimida se reinyecta por medio de un plato de dispersión rotatorio de un diámetro comprendido entre 1/3 y 1/4 del diámetro del reactor, impulsándose dicho plato por el eje de transmisión del agitador.
14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13 en el que de manera simultánea, con la reacción de hidrólisis enzimática, se produce una reacción de fermentación alcohólica.
15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14 en el que la fase líquida pasa a un procedimiento de conversión de celobiosa en glucosa para realizar una hidrólisis enzimática adicional en el exterior de dicho reactor.
16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14 en el que la fase líquida pasa a un procedimiento de fermentación separado, reinyectándose después el efluente obtenido de la fermentación en el cabezal del reactor.

FIGURA 1

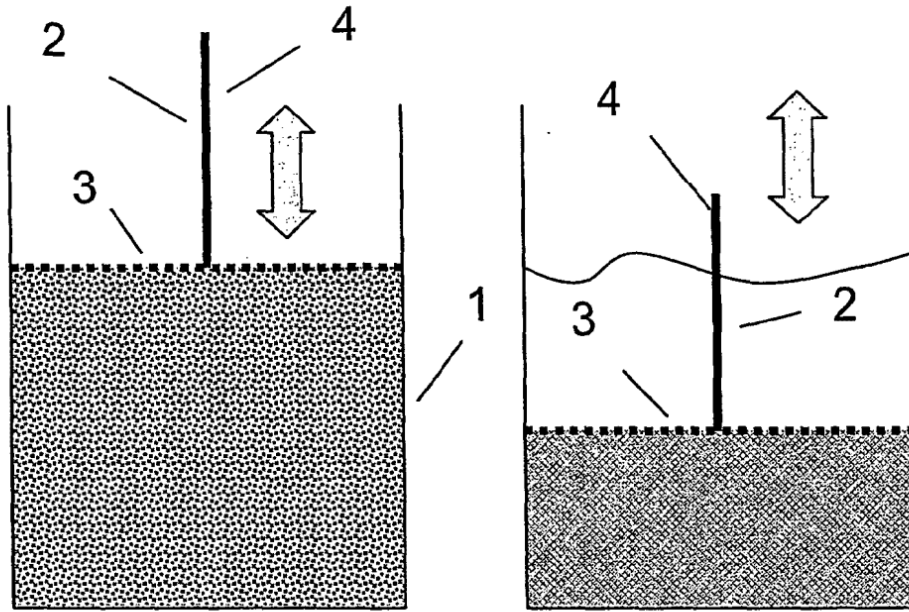


FIGURA 2

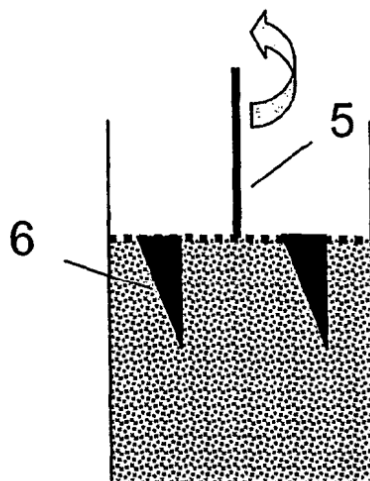


FIGURA 3

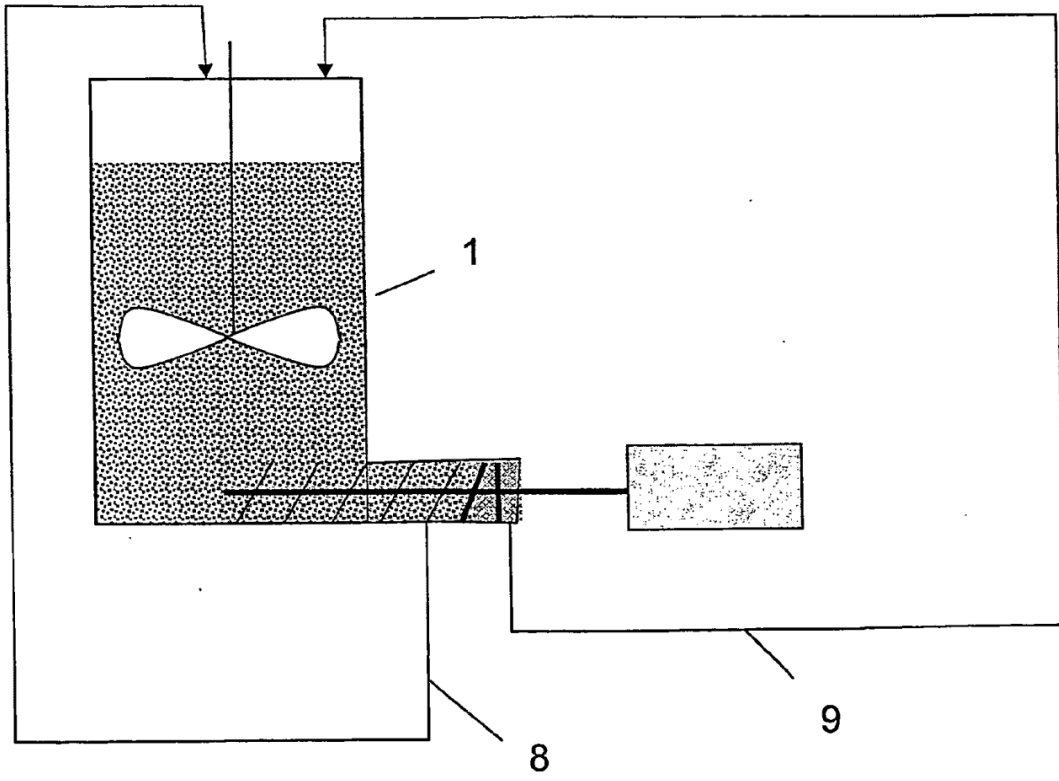


FIGURA 4

figura 4 a

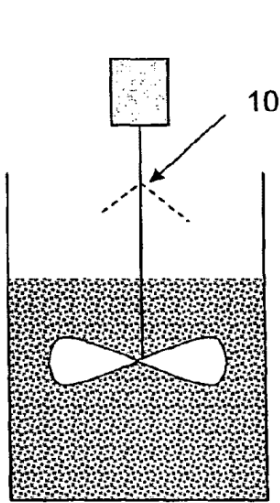


figura 4 b

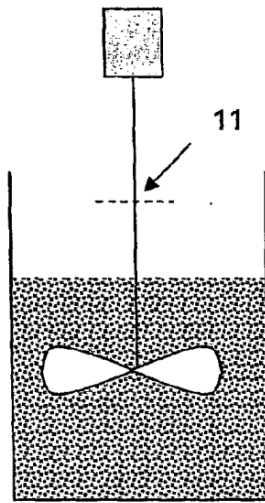


figura 4 c

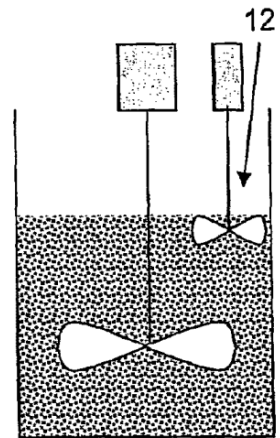


FIGURA 5

