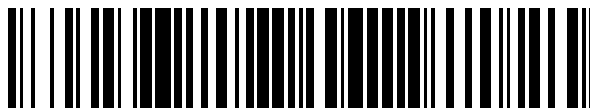


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 437**

21 Número de solicitud: 201630874

51 Int. Cl.:

C12P 19/00

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

28.06.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

02.01.2018

71 Solicitantes:

**ABENGOA BIOENERGIA NUEVAS
TECNOLOGIAS, S.A. (100.0%)
C/ ENERGIA SOLAR, 1 CAMPUS PALMAS ALTAS
41014 SEVILLA ES**

72 Inventor/es:

**VICENTE GARCÍA, Ana Isabel;
MONTEJO MÉNDEZ, Cristina;
CABEZA PÉREZ, Pablo;
RODRÍGUEZ BARRAL, Silvia;
GUERRERO GESTO, Margarita y
ZAN ALVAREZ, Patricia**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **Producción de jarabes de azúcar provenientes de hidrolizados de biomasa**

57 Resumen:

Producción de jarabes de azúcar provenientes de hidrolizados de biomasa.

La presente invención se refiere a un procedimiento de obtención de un jarabe de azúcar que comprende las etapas de separación sólido-líquido de un hidrolizado de biomasa; y concentración de la fase líquida obtenida en la etapa (a) mediante evaporación.

ES 2 648 437 A2

Producción de jarabes de azúcar provenientes de hidrolizados de biomasa

DESCRIPCIÓN

5 La presente invención se refiere a la producción de jarabes de azúcar a partir de hidrolizados procedentes de hidrolizado de biomasa.

ESTADO DE LA TÉCNICA

10 La presente invención se refiere a la producción de jarabes de azúcar provenientes de hidrolizados de biomasa, para concentrar los azúcares y eliminar el contenido insoluble e inerte.

15 El etanol es un biocombustible con el potencial de sustituir algunos de los combustibles fósiles utilizados para el transporte. La introducción de etanol en el mercado ha sido facilitada por los efectos positivos de mezclas de etanol-gasolina. Asimismo, se pueden obtener otros combustibles a partir de biomasa, como por ejemplo butanol. El biobutanol se puede emplear en la combustión de motores o puede ser mezclado con gasolina.

20 El bioetanol se puede producir a partir de cualquier biomasa, así que las materias primas son casi ilimitadas (subproductos de la agricultura, residuos sólidos urbanos, etc.). Sin embargo la producción de etanol a partir de materias primas lignocelulósicas tiene unas dificultades añadidas sobre el azúcar o el almidón. Los materiales
25 lignocelulósicos consisten mayoritariamente de celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa y la hemicelulosa pueden ser hidrolizados a azúcares monoméricos.

La hidrólisis de estos materiales puede llevarse a cabo por hidrólisis ácida o básica o por hidrólisis enzimática.

30 Una vez la materia prima ha sido hidrolizada, una solución que comprende azúcares monoméricos se lleva a fermentación.

35 Sin embargo, dependiendo de la materia prima, el hidrolizado puede contener una gran cantidad de inertes que pueden afectar a la fermentación.

Otro problema común es que, dependiendo de la materia prima y del tipo de hidrólisis, los hidrolizados obtenidos tienen una concentración de azúcares monoméricos muy baja, por lo que se obtienen concentraciones de etanol también muy bajas.

5 Por otro lado, es posible que se desee realizar la hidrólisis de la biomasa en una planta y almacenar el hidrolizado obtenido para un futuro o se desee transportar a otra planta diferente para su fermentación. Si la concentración de los hidrolizados es baja, estas operaciones supondrían un consumo de recursos muy elevado para el retorno que se obtendría.

10

Por tanto, se necesitan procedimientos para el tratamiento de hidrolizados obtenidos que resuelvan los problemas citados.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

15

La presente invención se refiere a la producción de jarabes de azúcar provenientes de hidrolizados de biomasa, para concentrar los azúcares y eliminar el contenido insoluble e inerte.

20

Ya que la biomasa proveniente de residuos suele tener una gran cantidad de contaminantes inertes como vidrio, metal, piedras, plásticos, etc. hacer un jarabe es una solución para evitar problemas de sobredimensionamiento, paros debidos a mantenimiento extra, averías en bombas. Además el jarabe puede ser fácilmente transportado y fermentado en una planta diferente.

25

La presente invención presenta las siguientes ventajas:

- Los jarabes obtenidos son fácilmente almacenables y transportables ya que tienen un volumen inferior al de los hidrolizados de los que provienen;

30

- se pueden almacenar jarabes de diferentes hidrolizados hasta acumular una cantidad suficiente para realizar la fermentación;

- se pueden transportar jarabes de distintas plantas a plantas diferentes para fermentación;

- los jarabes obtenidos son fermentables tras dilución o si se añaden en fermentaciones en marcha para aumentar la concentración de azúcares;

35

- se previenen problemas operacionales importantes y paros debidos a la presencia de abrasivos inertes presentes en la biomasa proveniente de residuos;
 - el tamaño de los equipos de fermentación puede ser significativamente reducido;
 - la contaminación y la degradación de los azúcares en los jarabes se evita más fácilmente.
- 5

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento de obtención de un jarabe de azúcar que comprende las siguientes etapas:

- a) separación sólido-líquido de un hidrolizado de biomasa;
- 10 b) concentración de la fase líquida obtenida en la etapa (a) mediante evaporación.

En el contexto de la presente invención, por “biomasa” se entiende “biomasa lignocelulósica que sea susceptible de ser transformada a sus componentes más elementales (azúcares fermentables). La biomasa se selecciona de la fracción biodegradable de los productos, residuos y restos de origen biológico procedentes de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales, tales como residuos de cultivos, y sustancias animales) industrias forestales (tales como recursos madereros) e industrias relacionadas que incluyen pesquerías y acuicultura, así como la fracción celulósica biodegradable de los residuos industriales y urbanos, tales como residuos sólidos urbanos o residuos de papel.

15

20

Por residuos industriales se entiende aquellas sustancias o productos, resultantes de un proceso industrial de producción, transformación, utilización, consumo o de limpieza del que el productor o el poseedor se quiere desprender o tenga la intención de hacerlo.

25

Por residuos urbanos se entiende aquellos que se generan en las actividades desarrolladas en los núcleos urbanos o en sus zonas de influencia, como son los domicilios particulares, los comercios, las oficinas y los servicios.

30

Preferiblemente la biomasa comprende residuos vegetales, residuos industriales, residuos urbanos o cualquiera de sus combinaciones.

Por residuos vegetales se entiende caña de azúcar, biomasa de almidón, granos de cereales, paja de cereales, paja de caña de azúcar, hierba, residuos arbóreos.

35

Preferiblemente los cereales se seleccionan de trigo, maíz, cebada, sorgo, arroz y cualquiera de sus combinaciones.

5 En una realización del primer aspecto de la presente invención, la evaporación de la etapa (b) es una evaporación entre 50°C y 100°C, preferiblemente entre 70°C y 80°C.

En otra realización del primer aspecto de la presente invención, la evaporación de la etapa (b) es una evaporación a vacío.

10 En otra realización del primer aspecto de la presente invención, la evaporación de la etapa (b) es una evaporación a vacío a una temperatura entre 70°C y 80°C.

15 En otra realización del primer aspecto de la presente invención, la separación sólido-líquido de la etapa (a) comprende una etapa de separación (a1) del hidrolizado de biomasa con un tamiz grueso plano, un tamiz grueso rotativo o una prensa de tornillo, para obtener una fase sólida 1 y una fase líquida 1.

20 Por tamiz grueso plano se entiende aquel con malla filtrante con una inclinación que va disminuyendo y que tiene una luz de malla entre 1 y 10 mm, preferiblemente entre 2 y 5 mm. Preferiblemente la malla filtrante tiene sección triangular. Preferiblemente la inclinación va disminuyendo desde los 65° hasta los 45°.

25 Por tamiz grueso rotativo se entiende aquel con malla filtrante de eje horizontal, donde son retenidos los sólidos y extraídos mediante rasqueta hasta el sistema de transporte y que tiene una luz de malla entre 1 y 100 mm, preferiblemente entre 2 y 5mm.

Por prensa de tornillo se entiende una prensa que consta de uno o más tornillos equipados con un dispositivo mecánico de presión.

30 La fase sólida obtenida en esta etapa (a1) (torta 1) puede comprender entre un 20% y un 25% en peso de la masa total y 25-30% en peso de sólidos totales, es decir, de la masa total que entra al equipo, un 20-25% en peso sale por la torta 1, mientras que el resto sigue por la corriente líquida. Asimismo, de los sólidos totales que entran al equipo, un 25-30% en peso salen por la torta 1, mientras que el resto siguen por la
35 corriente líquida.

Por masa total se entiende el total de materia que entra en el equipo, incluyendo el agua.

5 Por sólidos totales se entiende solamente la base seca. Los sólidos totales incluyen tanto los sólidos solubles como los sólidos insolubles.

10 Sólidos solubles es un término habitualmente utilizado. Por sólidos solubles se entiende aquellos sólidos que tienden a formar un sistema homogéneo con otros sólidos, es decir son todas aquellas sustancias que normalmente se presentan en estado sólido bajo condiciones ambientales pero que en ciertas circunstancias pasan a formar parte de una solución. Son ejemplos de sólidos solubles los azúcares como la glucosa o los ácidos orgánicos como el ácido láctico o acético.

15 Por sólidos insolubles se entiende aquellos que no se pueden disolver y formar una disolución, de manera que forman un sistema heterogéneo en el que se pueden diferenciar distintas fases.

20 La fase líquida 1 obtenida en la etapa (a1) puede comprender entre un 75% y un 80% en peso de la masa total.

25 Normalmente cuando la biomasa sean residuos industriales y/o residuos urbanos, esta etapa (a1) se llevará a cabo preferiblemente con un tamiz grueso plano o un tamiz grueso rotativo, debido a la cantidad de inertes de gran tamaño que pueden encontrarse en sus hidrolizados. Por tanto, en otra realización del primer aspecto de la presente invención, la biomasa es residuos industriales, residuos urbanos o cualquiera de sus combinaciones y la etapa (a) comprende una etapa de separación (a1) del hidrolizado de biomasa con un tamiz grueso plano o un tamiz grueso rotativo.

30 Preferiblemente, la fase sólida obtenida en la etapa (a1) cuando se utiliza un tamiz grueso plano o un tamiz grueso rotativo se lleva a la etapa de separación (a2). Por tanto, en otra realización del primer aspecto de la presente invención, la separación sólido-líquido de la etapa (a) comprende una etapa de separación (a1) del hidrolizado de biomasa con un tamiz grueso plano o un tamiz grueso rotativo; y
35 donde la separación sólido-líquido de la etapa (a) comprende una etapa de separación (a2) de la fase sólida 1 obtenida en la etapa de separación (a1) con una prensa de

tornillo, un espesador de tornillo o un filtro rotativo para obtener una fase sólida 2 y una fase líquida 2.

5 La fase sólida obtenida en esta etapa (a2) torta 2 puede comprender entre un 5% y un 10% en peso de la masa total y entre un 50% y un 55% en peso de los sólidos totales.

La fase líquida 2 obtenida en la etapa (a2) puede comprender aproximadamente un 15% en peso de la masa total.

10 Sin embargo, cuando la biomasa utilizada proviene de residuos vegetales, se puede utilizar en la etapa (a1) una prensa de tornillo. Por tanto, en otra realización del primer aspecto de la presente invención, la separación sólido-líquido de la etapa (a) comprende una etapa de separación (a1) del hidrolizado de biomasa con una prensa de tornillo.

15 Las diferentes fases líquidas obtenidas (ya sea el propio hidrolizado o las fases líquidas obtenidas en las etapas (a1) y/o (a2)) se llevan a una última etapa de separación (a3).

20 La combinación de las fases líquidas 1 y 2 (obtenidas en las etapas a1 y a2, respectivamente) pueden comprender entre un 90% en peso y un 95% en peso del total de los azúcares solubles. La fase líquida 3 obtenida en la etapa a3 puede comprender entre un 70% en peso y un 75% en peso de la masa total y un 70%-75 % en peso del total de los azúcares solubles.

25 Por tanto, en otra realización del primer aspecto de la presente invención, la separación sólido-líquido de la etapa (a) comprende una etapa de separación (a3) del hidrolizado de biomasa y/o de la fase líquida 1 obtenida en la etapa de separación (a1) y/o de la fase líquida obtenida en la etapa de separación (a2) con centrifuga o
30 filtro prensa para obtener una fase sólida 3 y una fase líquida 3.

Por centrífuga se entiende el equipo que emplea la fuerza centrífuga que se genera en los movimientos de rotación, con el fin de separar los elementos constituyentes de una mezcla.

35

Por filtro prensa se entiende un sistema de filtración por presión que consiste en una serie de placas y marcos alternados con una tela filtrante a cada lado de las placas.

5 La fase sólida obtenida en la etapa (a3) (torta 3) puede comprender entre un 20% en peso y un 25% en peso de la masa total y entre un 25% en peso y un 30% en peso de los sólidos totales.

Las fases sólidas obtenidas en las etapas (a2) y/o (a3) se pueden quemar.

10 En otra realización del primer aspecto de la presente invención la biomasa comprende residuos vegetales, residuos industriales, residuos urbanos o cualquiera de sus combinaciones.

15 En otra realización del primer aspecto de la presente invención, la biomasa comprende residuos vegetales seleccionados de caña de azúcar, granos de cereales, paja de cereales, hierba, residuos arbóreos y cualquiera de sus combinaciones, preferiblemente la biomasa es paja de cereales.

20 En otra realización del primer aspecto de la presente invención el hidrolizado de biomasa es un hidrolizado proveniente de una hidrólisis enzimática.

25 En otra realización del primer aspecto de la presente invención la evaporación de la etapa (b) se lleva a cabo hasta que se alcanza una concentración de azúcares solubles entre el 50% en peso y el 80% en peso respecto a la masa total, preferiblemente entre el 55% en peso y el 70% en peso respecto a la masa total.

30 A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y figuras se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

35

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

FIG. 1. Esquema del procedimiento de la invención. B: biomasa; H: hidrolizado; FS1, FS2: fases sólidas 1 y 2, respectivamente; FL1, FL2: fases líquidas 1 y 2, respectivamente; FL: fase líquida a evaporar; J: jarabe; a1, a2, a3: etapas de separación; b: etapa de evaporación.

FIG. 2. Gráfica que muestra la relación entre la viscosidad de los jarabes obtenidos en el ejemplo 4 y la temperatura. V (cP): viscosidad en cP; T (°C): temperatura en °C; 50% TS, 60% TS y 70% TS: concentración en % en peso de sólidos solubles totales respecto a la masa total. La línea discontinua indica la viscosidad a partir de la cual el jarabe no es bombeable.

FIG. 3. Gráfica que muestra la relación entre a_w y concentración de sólidos solubles totales. a_w : actividad del agua; % TS: % en peso de sólidos solubles totales respecto a la masa total; E3: ejemplo 3; E4: ejemplo 4.

EJEMPLOS

A continuación se ilustrará la invención mediante unos ensayos realizados por los inventores, que ponen de manifiesto la efectividad del producto de la invención.

Ejemplo 1. Caracterización de la biomasa e hidrólisis

En primer lugar se determinó la humedad de las muestras mediante pérdida de peso en estufa a 105°C y el contenido en cenizas por calcinación a 550°C. A continuación se realiza un análisis composicional de la muestra completa en el que se determina el contenido en celulosa, hemicelulosa y lignina siguiendo el protocolo desarrollado por el NREL, *National Renewable Energy Laboratory* (Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass, Laboratory Analytical Procedure, 2008, revisión 2011; Sluiter *et al.*).

Biomasa 1: Paja de maíz (también conocido como "corn stover").

Una vez caracterizada, la materia prima se llevó a una etapa de pretratamiento con ácido sulfúrico diluido, entre 12 y 14 bar manométrico durante 5 minutos a alta presión

y temperatura, para romper la estructura de la hemicelulosa y aumentar así la accesibilidad de las enzimas.

El sustrato pretratado se lleva a una etapa de acondicionamiento de pH en la que se
5 añade hidróxido de amonio hasta alcanzar el pH óptimo (5,0) de la etapa de hidrólisis enzimática.

Tras la adición del cocktail enzimático comienza la etapa de hidrólisis enzimática que
se alarga durante al menos 72 horas y puede hacerse tanto en matraz como en
10 reactor, siendo el primero incubado en agitador orbital a 150 rpm y 50°C.

Composición Paja de maíz	% en peso respecto al total de materia
Glucano (insoluble)	32%
Xilano (insolubles)	16%
Otros ¹	32%
Cenizas	20 %

Tabla 1. Composición de paja de maíz.

¹: Otros comprenden compuestos tales como hemicelulosa o lignina.

15 Biomasa 2: Residuos urbanos

Los residuos urbanos se introducen en un trómel o criba giratoria de entre 80-100mm, siendo el biowaste la corriente de tamaño menor a esta sección que está compuesta mayoritariamente por materia orgánica. El biowaste se llevó a un pretratamiento de
20 esterilización con ácido sulfúrico diluido y digestión a 4 bar durante 5 minutos. El sustrato pretratado se llevó hasta un reactor en el que se le añadió hidróxido amónico hasta un pH de 5,0 y a continuación el cocktail enzimático en función del contenido inicial de celulosa y almidón en el sustrato pretratado. La temperatura se mantuvo en 50°C y la agitación en 600 rpm.

25

Humedad Corriente Biowaste	56,5%
Cenizas Corriente Biowaste	15,2%

Tabla 2. Composición de los residuos urbanos utilizados en los ejemplos.

Composición Corriente Biowaste (fracción orgánica de los residuos urbanos)	% en base seca con respecto al total de fracción orgánica de los residuos
Materia orgánica	75%
Papel y cartón	18%
Textil	0%
Madera	1%
Plásticos (PET, PEAD y otros)	1%
Film	0%
Metales	0%
Otros	4%

Tabla 3. Composición de la corriente de la fracción orgánica de los residuos urbanos. La fracción orgánica contiene trazas de vidrio, textil, plásticos, etc. ya que en la limpieza para obtener solo la fracción orgánica siempre quedan remanentes de otras fracciones por que la limpieza no es efectiva al 100 %.

5

Composición materia orgánica	% en peso respecto al total de materia orgánica en base seca
Glucano (insoluble)	36%
Xilano (insolubles)	4%
Otros ¹	60%

Tabla 4. Composición de la materia orgánica en base seca.

¹: Otros comprenden compuestos tales como ácidos orgánicos (láctico, acético, succínico), glicerol, metanol, etanol hidroximetilfurfural o furfural).

10 Tras la liberación de azúcares durante la etapa de hidrólisis enzimática, el hidrolizado se lleva a la etapa de separación sólido-líquido en la que el interés es recuperar el máximo posible de la fracción soluble contenida en el líquido. Además el sólido eliminado debe tener la mayor sequedad posible para valorizarlo mediante tratamiento térmico (incineración o gasificación).

15

Para conocer el rendimiento de las distintas etapas de este proceso se realizan análisis composicionales para determinar el contenido en azúcares (oligómeros y monómeros) y la caracterización completa de sólidos (sólidos totales, sólidos insolubles y sólidos en suspensión) a las muestras tanto a la entrada como a la salida de cada una de las etapas.

20

Ejemplo 2: Separación S/L en una etapa (a3)

El hidrolizado de la biomasa 1 obtenido en el ejemplo 1 se llevó hasta una etapa de separación sólido líquido en filtro prensa con el fin de eliminar el máximo posible de sólidos insolubles de la corriente rica en azúcares para aumentar el rendimiento de una posterior etapa de concentración.

El hidrolizado obtenido en el ejemplo 1 se introdujo en un filtro prensa con una presión de trabajo de 8 bar obteniéndose dos corrientes, una corriente sólida o torta con un contenido en sólidos totales del 55% la mayoría de ellos insolubles, y una corriente líquida con un 15% de sólidos totales de los que únicamente un 0,2% son sólidos insolubles. Esta corriente líquida clarificada se envió a una etapa de evaporación en un evaporador tipo película fina en condiciones de vacío (150 mbar) y a una temperatura en la camisa exterior de 90°C obteniéndose un jarabe concentrado al 65%TS en un tiempo inferior a 10 minutos evitando así la degradación de los azúcares en esta etapa. La torta generada se llevó a una etapa de valorización energética.

El jarabe así obtenido tuvo la siguiente composición:

Compuesto	Concentración (% en peso azúcares solubles)
Glucosa	40,1%
Xilosa	17,3%
Otros ¹	7,7%
Sólidos totales	65,0%

Tabla 5. Concentración de azúcares en el jarabe obtenido en el ejemplo 2.

¹: Otros comprenden otros azúcares como manosa o galactosa y compuestos orgánicos tales como ácidos orgánicos (láctico, acético, succínico), glicerol, metanol, etanol hidroximetilfurfural o furfural.

Ejemplo 3: Separación S/L en dos etapas (a1+a3)

El hidrolizado de la biomasa 2 obtenido en el ejemplo 1 se llevó hasta una etapa de espesamiento en prensa de tornillo con malla de salida de 300 micras y presión de 3 bares.

Se produjeron dos corrientes, una de líquido con un contenido en sólidos totales del 14% siendo el 35% de ellos insolubles, y una corriente sólida con un 55% de sólidos totales en su mayoría insolubles que es llevada a valorización energética. La corriente líquida se llevó hasta una etapa de clarificación en centrífuga donde en condiciones de 3000G y tiempo de residencia de 2 minutos, se eliminan de la corriente producto la mayor parte de sólidos insolubles formando una nueva torta. La torta procedente de la centrífuga, con un porcentaje en sólidos del 30%, se une a la anterior en el proceso de valorización energética.

Se obtiene un líquido clarificado en el que se recuperan el 80% de los sólidos solubles y un contenido de sólidos insolubles menor al 2%. La clarificación de este líquido favorece la etapa de evaporación a escala industrial pues aumenta las horas de operación al requerir un menor mantenimiento. La concentración del jarabe se realizó en un evaporador tipo película fina en condiciones de vacío (150mbar) y a una temperatura en la camisa exterior de 75°C obteniéndose un jarabe concentrado al 65%TS en un tiempo inferior a 10 minutos.

Compuesto	Concentración (% en peso azúcares solubles)
Glucosa	33,3%
Xilosa	4,5%
Otros ¹	27,2%
Sólidos totales	65,0%

Tabla 6. Concentración de azúcares en el jarabe obtenido en el ejemplo 3.

¹: Otros comprenden otros azúcares como manosa o galactosa y compuestos tales como ácidos orgánicos (láctico, acético, succínico), glicerol, metanol, etanol hidroximetilfurfural o furfural.

Ejemplo 4. Separación S/L en tres etapas (a1+a2+a3)

El hidrolizado de la biomasa 2 obtenido en el ejemplo 1 se llevó hasta una etapa de cribado a través de un tamiz rotatorio de 3 mm en el que se obtuvieron dos corrientes, una fase sólida que se llevó hasta un espesador y una fase líquida con una concentración de sólidos del 14% en peso de los que el 30% en peso eran sólidos insolubles.

La fase sólida fue prensada en un equipo compactador, en espesador de tornillo, que aumentó la sequedad de la torta recuperando a su vez mayor cantidad de sólidos solubles por una segunda corriente líquida. La torta con un 60% en peso de sólidos totales es enviada a una etapa de valorización energética (se queman).

5

Las dos corrientes líquidas obtenidas (la del tamiz y la del equipo compactador) se llevaron hasta un tanque donde se le adicionó una dosis de 800 ppm de floculante catiónico a una etapa de clarificación por centrifugación a 3000G y tiempo de residencia 2 minutos, en la que se eliminaron con un rendimiento del 85% en peso los sólidos insolubles contenidos en la corriente formando una torta que se une a la primera en la etapa de valorización energética. El líquido clarificado se llevó a una etapa de evaporación multiefecto con una primera etapa en evaporador de película descendente donde se concentra el jarabe hasta un 30% en peso de sólidos trabajando a vacío (200 mbar) y una temperatura inferior a 80°C en la camisa. El concentrado de este equipo se lleva a un segundo efecto que consiste en un evaporador de película fina que concentra el jarabe hasta un 70% en peso de sólidos totales en condiciones de vacío (250 mbar) y con temperaturas en la camisa exterior de 75°C.

10

15

20

La inclusión de una etapa previa con el tamiz grueso permite una mejor operación de este equipo puesto que se trabaja con grandes cantidades de líquido que pueden acumularse en la malla de los equipos que espesan. La inclusión de la tercera etapa aumenta la recuperación de sólidos solubles y la sequedad de la torta que se lleva a valorización energética (se queman).

25

Se extrajeron alícuotas de jarabes a concentraciones de entre 50%, y 70% en peso de sólidos totales. En la tabla siguiente se muestra la composición del jarabe al 60% en peso de sólidos totales.

Compuesto	Concentración (% en peso azúcares solubles)
Glucosa	30,9%
Xilosa	4,1%
¹ Otros	24,7%
Sólidos totales	60,00%

Tabla 7. Concentración de azúcares en el jarabe al 60% en peso obtenido en el ejemplo 4.

¹: Otros comprenden otros azúcares como manosa o galactosa y compuestos tales como ácidos orgánicos (láctico, acéticos, succínico), glicerol, metanol, etanol
5 hidroximetilfurfural o furfural.

Ejemplo 5. Estabilidad y viscosidad de los jarabes

10 Como medida de la estabilidad de los jarabes se ha utilizado la actividad del agua de dichos jarabes. La definición de la actividad del agua es la relación entre la presión de vapor del aire alrededor de un alimento (p) y la presión de vapor del agua pura (p_0), ambos permaneciendo a una misma temperatura. Normalmente se expresa con las siglas a_w , (*activity water* en inglés). Una definición más sencilla sería la cantidad de agua libre que hay en un alimento, es decir, la cantidad de agua disponible para
15 reaccionar químicamente con otras sustancias y provocar el crecimiento microbiano.

El resto de agua que permanece en el alimento es el agua ligada, está combinada con otros elementos y no está disponible para los microorganismos, por tanto no afecta al crecimiento microbiano.

20 Las unidades de medida van de 0 a 1 a_w y equivalen a la humedad relativa de equilibrio (ERH) que va de 0 a 100% H.R.

25 La relación entre la actividad del agua y el contenido de agua o humedad a una temperatura dada deben calcularse empíricamente para cada producto, obteniendo las isothermas de adsorción. Para un mismo contenido de agua o humedad, no tendrá necesariamente el mismo valor de actividad del agua una isoterma de adsorción que una isoterma de desorción.

30 Para realizar la medida de actividad del agua se emplean equipos como higrómetros de capacitancia. Los higrómetros de capacitancia consisten en dos placas cargadas separadas por una membrana de polímero dieléctrico. La humedad hace que la membrana absorba agua, variando la distancia entre las placas con la consecuente variación de la geometría del capacitador, midiéndose así la capacitancia. Este valor
35 es aproximadamente proporcional a la actividad de agua tal como se determina por una calibración específica del sensor.

Los datos que aquí se muestran fueron obtenidos con el higrómetro de capacitancia Hygrolab 2, con la sonda AW-DIO, de Rotronic, Para la medida se empleó una cantidad de muestras entre 15 y 50 ml y a una temperatura entre 20°C y 30°C.

5

En la tabla 8 se muestran valores de actividad de agua de jarabes del ejemplo 3 y 4 a distintas concentraciones de sólidos totales.

	Jarabe del ejemplo 3		Jarabe del ejemplo 4			
Concentración	56%TS	70%TS	50%TS	53%TS	62%TS	66%TS
Actividad del agua	0,81	0,68	0,92	0,88	0,84	0,81

Tabla 8. Actividad de agua de jarabes del ejemplo 3 y 4 a distintas concentraciones de sólidos totales. %TS: % en peso de sólidos totales.

10

Conforme a literatura (*Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*, Gustavo V. Barbosa-Canovas *et al.*, ISBN: 978-0-8138-2408-6), valores de a_w menores de 0,8 serán suficientes para evitar contaminación del jarabe. A mayor %TS menor actividad del agua y menor riesgo de contaminación, aunque resulta complicado el trasiego del jarabe a temperatura ambiente y puede ser necesario el calentamiento de las líneas para facilitar el bombeo.

15

Por otro lado se estudió la viscosidad de los jarabes obtenidos en el ejemplo 4. Para medir la viscosidad se emplea un viscosímetro Brookfield. Este viscosímetro mide la viscosidad captando el par de torsión necesario para hacer girar a velocidad constante un husillo inmerso en la muestra de fluido a estudiar. El par de torsión es proporcional a la resistencia viscosa sobre el eje sumergido, y en consecuencia, a la viscosidad del fluido.

20

25

En la figura 2 se muestra la variación de la viscosidad con la temperatura de 3 jarabes del ejemplo 4 a concentraciones de 50%, 60% y 70% en peso de sólidos totales respectivamente.

En la figura 3 se han representado actividad del agua (a_w) de jarabes del ejemplo 3 y del ejemplo 4 respecto a la concentración en peso de sólidos totales entre 50 % y 70 %. Se puede observar que un jarabe con una concentración entre 55%-70% en peso de sólidos solubles totales presenta una buena a_w a la vez que como ya hemos visto una viscosidad no demasiado alta, por lo que es la concentración idónea.

5

Una mayor concentración presentaría mayor estabilidad pero no serían jarabes viables por su alta viscosidad.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de obtención de un jarabe de azúcar que comprende las siguientes etapas:
 - 5 a) separación sólido-líquido de un hidrolizado de biomasa;
 - b) concentración de la fase líquida obtenida en la etapa (a) mediante evaporación.
2. Procedimiento según la reivindicación anterior, donde la evaporación de la etapa (b) es una evaporación entre 50°C y 100°C.
10
3. Procedimiento según la reivindicación anterior, donde la evaporación de la etapa (b) es una evaporación entre 70°C y 80°C.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la
15 evaporación de la etapa (b) es una evaporación a vacío.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la separación sólido-líquido de la etapa (a) comprende una etapa de separación (a1) del hidrolizado de biomasa con un tamiz grueso plano, un tamiz grueso rotativo o una
20 prensa de tornillo, para obtener una fase sólida 1 y una fase líquida 1.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, donde la separación sólido-líquido de la etapa (a) comprende una etapa de separación (a1) del hidrolizado de biomasa con un tamiz grueso plano o un tamiz grueso rotativo; y
25 donde la separación sólido-líquido de la etapa (a) comprende una etapa de separación (a2) de la fase sólida 1 obtenida en la etapa de separación (a1) con una prensa de tornillo, un espesador de tornillo o un filtro rotativo para obtener una fase sólida 2 y una fase líquida 2.
- 30 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, donde la separación sólido-líquido de la etapa (a) comprende una etapa de separación (a3) del hidrolizado de biomasa y/o de la fase líquida 1 obtenida en la etapa de separación (a1) y/o de la fase líquida obtenida en la etapa de separación (a2) con centrífuga o filtro prensa para obtener un fase sólida 3 y una fase líquida 3.

35

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la biomasa comprende residuos vegetales, residuos industriales, residuos urbanos o cualquiera de sus combinaciones.
- 5 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la biomasa comprende residuos vegetales seleccionados de caña de azúcar, granos de cereales, paja de cereales, hierba, residuos arbóreos y cualquiera de sus combinaciones.
- 10 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el hidrolizado de biomasa es un hidrolizado proveniente de una hidrólisis enzimática.
- 15 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la evaporación de la etapa (b) se lleva a cabo hasta que se alcanza una concentración de azúcares solubles entre 50% y el 80% en peso respecto a la masa total.
- 20 12. Procedimiento según la reivindicación anterior, donde la evaporación de la etapa (b) se lleva a cabo hasta que se alcanza una concentración de azúcares solubles entre el 55% y el 70% en peso respecto a la masa total.

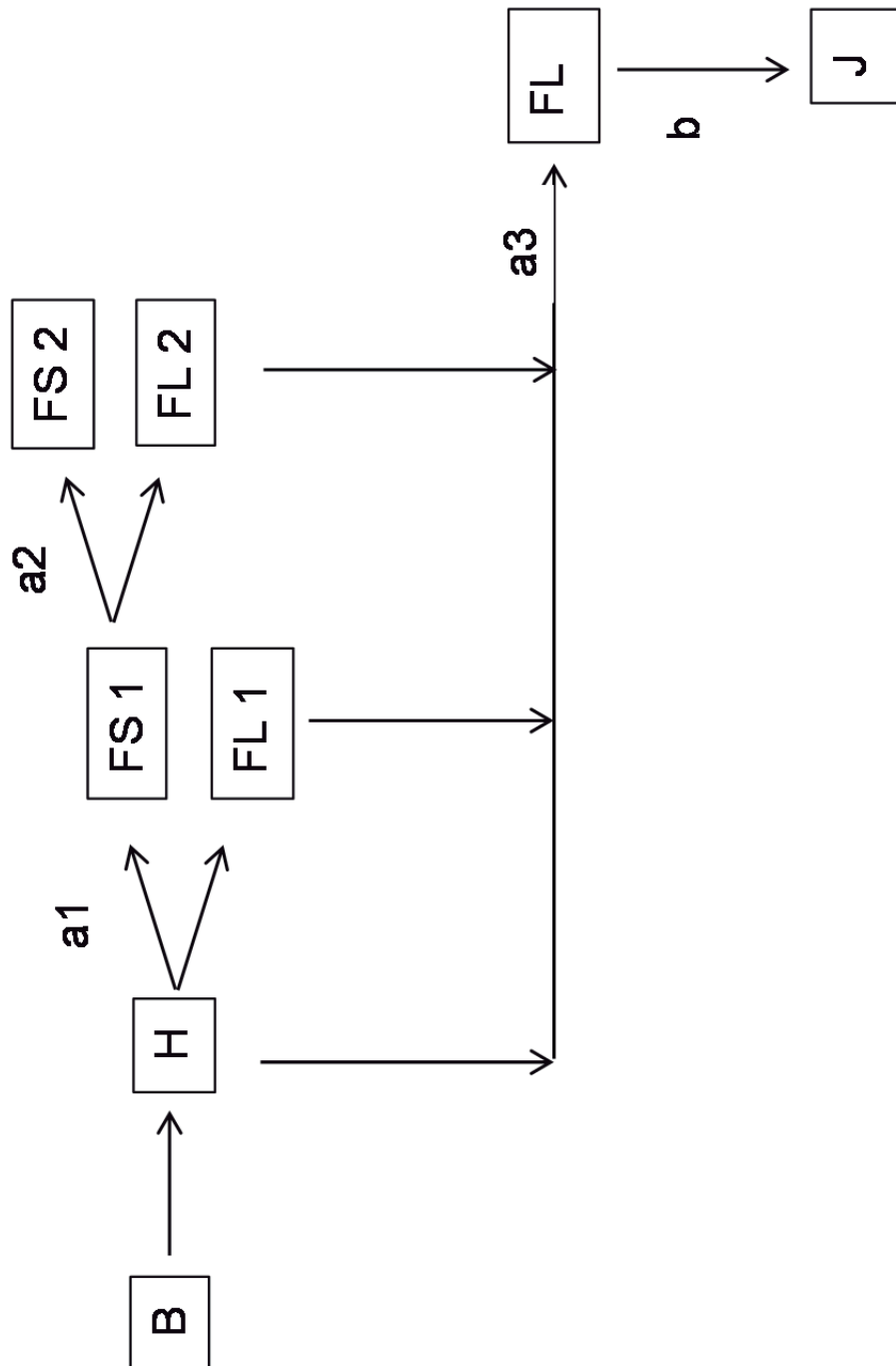


FIG. 1

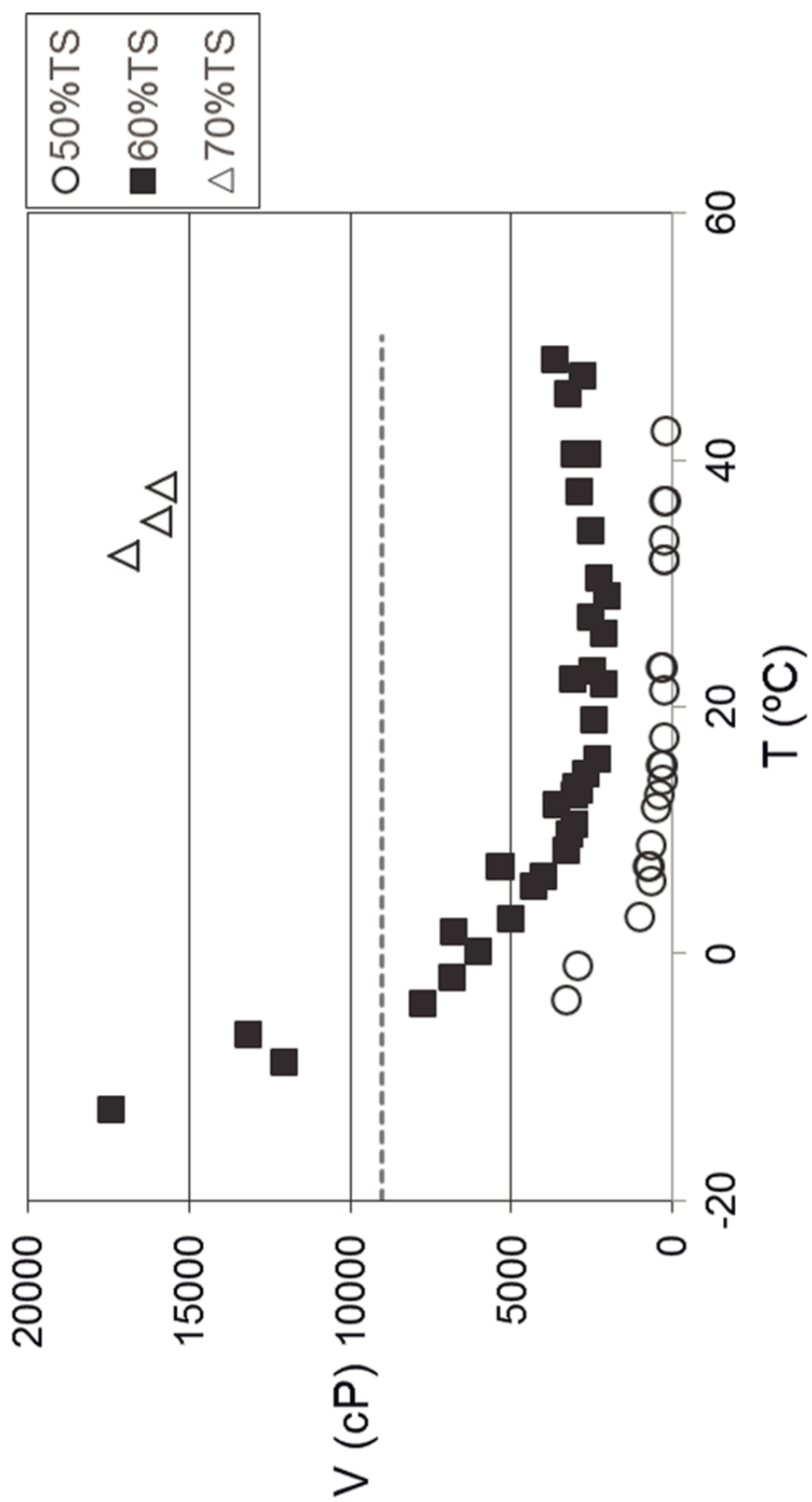


FIG. 2

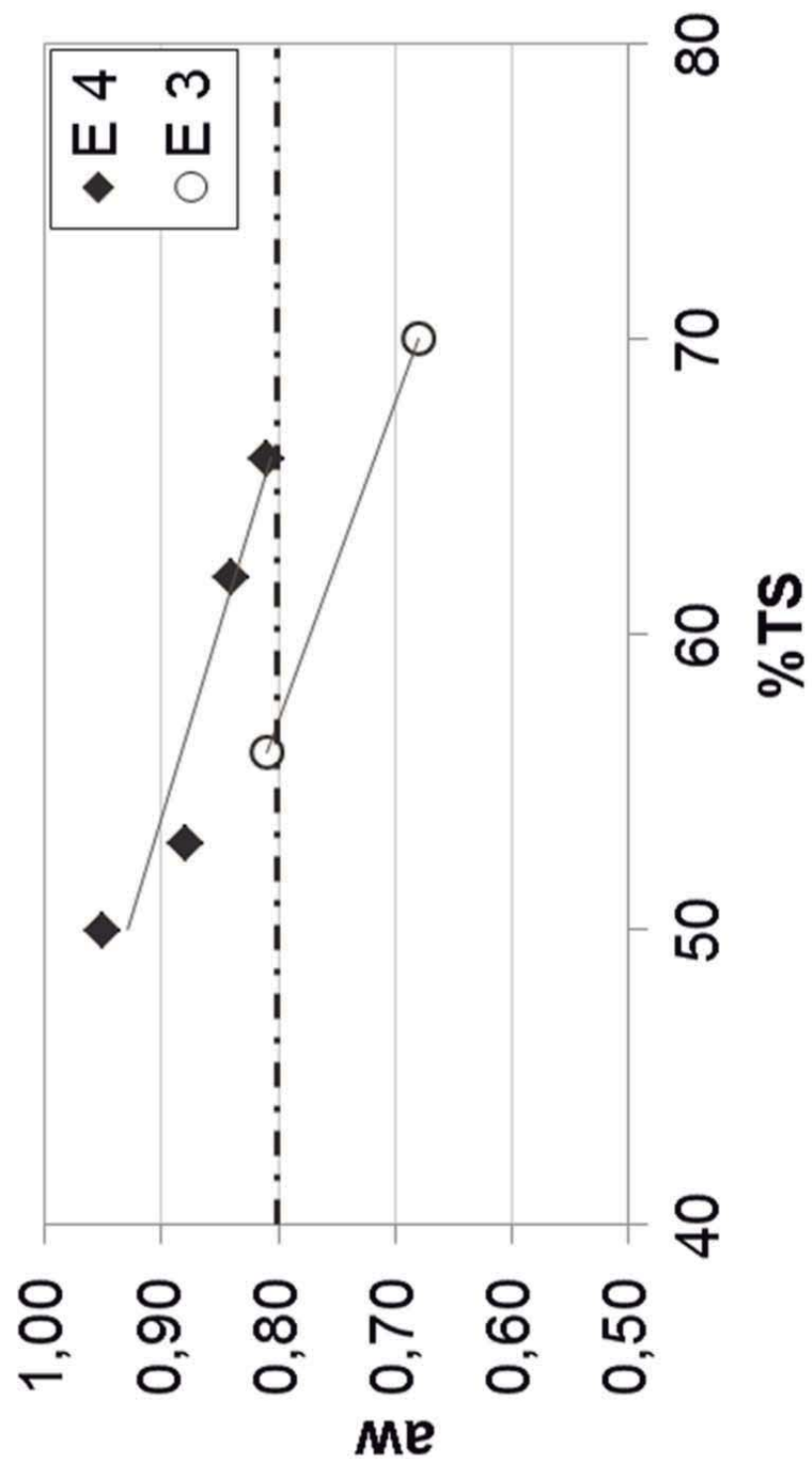


FIG. 3