

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 617**

51 Int. Cl.:

|                   |                              |           |
|-------------------|------------------------------|-----------|
| <b>C13B 10/12</b> | (2011.01) <b>A23L 3/32</b>   | (2006.01) |
| <b>C13B 10/10</b> | (2011.01) <b>A23L 3/3508</b> | (2006.01) |
| <b>C13B 20/00</b> | (2011.01) <b>C13B 10/00</b>  | (2011.01) |
| <b>C13B 20/16</b> | (2011.01)                    |           |
| <b>C13B 20/18</b> | (2011.01)                    |           |
| <b>A23L 2/04</b>  | (2006.01)                    |           |
| <b>A23L 2/68</b>  | (2006.01)                    |           |
| <b>A23L 2/70</b>  | (2006.01)                    |           |
| <b>A23L 2/72</b>  | (2006.01)                    |           |
| <b>A23L 3/16</b>  | (2006.01)                    |           |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.04.2018 PCT/AU2018/050338**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.11.2018 WO18201183**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2018 E 18794411 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2024 EP 3619328**

54 Título: **Método de procesamiento de la caña de azúcar**

30 Prioridad:

**01.05.2017 AU 2017901576**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.10.2024**

73 Titular/es:

**BIOMASS TECHNOLOGIES PTY LTD (100.0%)  
473 Darling Street  
Balmain NSW 2041, AU**

72 Inventor/es:

**BROWN, RODNEY A;  
SCOTT, MAXWELL A y  
DIAMOND, MARK**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

ES 2 983 617 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 de procesamiento de la caña de azúcar

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método de procesamiento del jugo de caña de azúcar crudo, tal como se define en las reivindicaciones anexas.

10 Antecedentes de la invención

La caña de azúcar es una planta monocotiledónea de crecimiento alto que se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales del mundo principalmente por su capacidad para almacenar altas concentraciones de sacarosa o azúcar, en los entrenudos del tallo. El sorgo es un pariente cercano de la caña de azúcar y al igual que la caña de azúcar, 15 determinadas variedades de sorgo, conocidas como "sorgos dulces", también acumulan grandes cantidades de azúcar en sus tallos. Cerca del momento de la madurez del grano, los sorgos dulces tienen 10 a 25 % de azúcar en el jugo del tallo, siendo la sacarosa el disacárido predominante.

Típicamente, la caña de azúcar crece durante 10 a 18 meses antes de la cosecha y la caña de azúcar madura mide 20 entre dos y cuatro metros de altura y lo ideal es cosecharla cuando el contenido de azúcar es máximo. En Australia y otros países técnicamente avanzados, la caña de azúcar se cosecha mediante diversas cosechadoras mecánicas. Los recolectores cortan los tallos de caña en su base, cerca del suelo, y alimentan los tallos de caña a través de una variedad de implementos de corte para producir tochos de caña que pueden recolectarse y transportarse fácilmente a los molinos para su procesamiento adicional.

25 Los tochos de caña típicamente se recogen en tolvas y se transportan a los molinos de caña de azúcar mediante diversos métodos, tales como locomotoras diésel o similares. La caña típicamente se procesa de manera que la caña cosechada más tempranamente se procese primero para mantener un suministro de caña fresca al molino. Luego, la caña típicamente se tritura en un molino de martillos para triturar la caña a material fibroso. Luego, la caña triturada típicamente se alimenta a través de una serie de molinos aplastadores para extraer el jugo rico en azúcar del material fibroso. 30

Típicamente, el jugo se deshidrata luego por deshidratación, lo que deja un producto de azúcar cristalino seco.

35 Se ha encontrado que la parte del jugo sin azúcar tiene muchos efectos positivos para la salud cuando se consume. Esta parte del jugo tiene abundantes vitaminas y minerales, que incluyen calcio, cromo, cobalto, cobre, magnesio, manganeso, fósforo, potasio y zinc. También puede contener hierro y vitaminas A, C, B1, B2, B3, B5 y B6 junto con una alta concentración de fitonutrientes, antioxidantes y otros compuestos que promueven la salud.

40 El valor nutricional del jugo de caña de azúcar se reduce exponencialmente después de cortar la caña. Los métodos tradicionales de procesamiento de la caña de azúcar para obtener un jugo final de grado alimenticio introducen retrasos significativos durante y entre cada etapa del procesamiento (de la cosecha a la salida del producto final), de esta manera reduce la calidad y los beneficios para la salud del producto final a lo largo del camino. Adicionalmente, los métodos de procesamiento tradicionales producen jugo de caña de azúcar que se decolora debido al pardeamiento 45 enzimático.

El documento FR3018080A1 se refiere a un proceso y sistema que asegura una larga vida útil del jugo de caña de azúcar obtenido, sin pardeamiento ni modificación de sus propiedades organolépticas.

50 Resumen

La presente invención se define en las reivindicaciones anexas.

De acuerdo con la presente invención, como se define en la reivindicación independiente 1, se proporciona un método 55 de procesamiento del jugo de caña de azúcar crudo, que comprende:

realizar una primera etapa de clarificación para agregar y eliminar la celulosa y la clorofila del jugo en donde:

60 el pH del jugo se reduce por debajo de pH 4,2;  
se separan del jugo la clorofila y la celulosa; y  
se separa del jugo la materia particulada mayor que 0,5 micras de diámetro, y se realiza una segunda etapa de clarificación para eliminar la polifenol oxidasa (PPO) del jugo en donde:

65 el jugo se trata térmicamente a 80 °C, 85 °C, 90 °C, 95 °C, 100 °C, 105 °C, 110 °C, 115 °C, o 120 °C para desnaturalizar la PPO mediante pasteurización;

la PPO desnaturalizada se separa del jugo, para proporcionar un producto de caña de azúcar acuoso sustancialmente transparente.

Las modalidades preferidas del método de la presente invención se definen en las reivindicaciones anexas 2-9.

El método puede comprender además aumentar el pH del jugo de caña de azúcar después de desnaturalizar la PPO y antes de separar la PPO desnaturalizada del jugo de caña de azúcar.

El método puede comprender además calentar el jugo de caña de azúcar con pH reducido entre 50 °C y 70 °C antes de separar la clorofila y la celulosa del jugo de caña de azúcar con pH reducido.

En el método, una o más de la separación de clorofila y celulosa, la separación de las partículas que tienen un diámetro mayor que 0,5 micras, y la separación de la polifenol oxidasa desnaturalizada del jugo de caña de azúcar pueden realizarse mediante centrifugación del jugo de caña de azúcar.

La separación de las partículas que tienen un diámetro mayor que 0,5 micras de la caña de azúcar puede comprender la microfiltración del jugo de caña de azúcar o bactofugación del jugo de caña de azúcar.

En el método de la presente invención, la etapa de pasteurización comprende un tratamiento térmico a una temperatura como se define en la reivindicación 1.

También se describe con propósitos ilustrativos, pero no forma parte de la presente invención, una pasteurización que puede comprender uno o más de:

- a) pasteurización por calor;
- b) pasteurización por campo eléctrico pulsado (PEF); y
- c) pasteurización a alta presión.

Reducir el pH puede comprender reducir el pH entre 3,8 y 4,2.

Reducir el pH del jugo de caña de azúcar crudo puede comprender reducir el pH al punto isoeléctrico de un constituyente central de la clorofila presente en el jugo de caña de azúcar crudo. El pH puede reducirse mediante el uso de ácido cítrico.

El aumento del pH puede comprender aumentar el pH entre 4,2 y 7. El pH puede aumentarse mediante el uso de bicarbonato de sodio.

La filtración puede comprender retirar las partículas que tienen un diámetro mayor que 0,2 micras.

La pasteurización puede comprender calentar el jugo de caña de azúcar filtrado entre 80 °C y 100 °C durante entre 10 y 20 segundos.

La pasteurización comprende calentar el jugo de caña de azúcar filtrado. Los jugos de caña de azúcar pueden enfriarse antes de aumentar el pH del jugo de caña de azúcar pasteurizado.

El jugo de caña de azúcar puede agitarse durante una o más de las etapas de reducción del pH, aumento del pH, y pasteurización.

El método puede comprender además concentrar el jugo de caña de azúcar mediante evaporación para formar un jarabe de caña de azúcar concentrado.

El método puede comprender además limpiar la caña de azúcar; y extraer el jugo de caña de azúcar crudo de la caña de azúcar limpia. La limpieza de la caña de azúcar puede comprender lavar a presión, girar y/o depurar la caña de azúcar. La limpieza de la caña de azúcar puede comprender irrigar la caña de azúcar con un biocida o un peróxido.

La extracción puede comprender separar la fibra de caña de azúcar del jugo de caña de azúcar extraído. El método puede comprender además secar la fibra de caña de azúcar.

El método puede comprender, además, antes de secar la fibra de caña de azúcar, macerar y lavar la fibra de caña de azúcar para eliminar los azúcares sobrantes. La fibra de caña de azúcar puede secarse mediante el uso de aire caliente.

El método puede comprender además retirar el exceso de humedad de la fibra de caña de azúcar lavada antes de secar la fibra de caña de azúcar.

La fibra de caña de azúcar puede transportarse sobre un transportador durante el secado.

El método puede comprender además moler la fibra de caña de azúcar seca hasta un polvo.

La fibra de caña de azúcar seca puede molerse hasta alcanzar entre 1 y 2 micras.

- 5 El exceso de energía térmica generado durante una o más de las etapas de pasteurización y separación del jugo de caña de azúcar puede usarse para secar la fibra de caña de azúcar.

De acuerdo con un aspecto adicional que se describe con propósitos ilustrativos pero que no forma parte de la presente invención, se describe un sistema para el procesamiento del jugo de caña de azúcar crudo, que comprende: una  
10 unidad de acidificación para reducir el pH del jugo de caña de azúcar a un pH en el que se elimina sustancialmente la actividad microbiológica; una primera unidad de separación para separar la clorofila del jugo de la caña de azúcar; una segunda unidad de separación para separar partículas que tienen un diámetro mayor que 0,5 micras del jugo de caña de azúcar; una unidad de pasteurización para desnaturalizar la polifenol oxidasa (PPO) en el jugo de caña de  
15 azúcar mediante pasteurización; una tercera unidad de separación para separar la polifenol oxidasa desnaturalizada del jugo de la caña de azúcar.

El sistema puede comprender además una unidad de neutralización para aumentar el pH del jugo de caña de azúcar después de desnaturalizar la PPO y antes de separar la PPO desnaturalizada del jugo de caña de azúcar.

- 20 El sistema puede comprender además un calentador para calentar el jugo de caña de azúcar con pH reducido entre 50 °C y 70 °C antes de separar la clorofila del jugo de caña de azúcar con pH reducido.

Una o más de la primera unidad de separación, la segunda unidad de separación y la tercera unidad de separación pueden comprender una centrífuga.

- 25 La segunda unidad de separación puede comprender una unidad de microfiltración.

La unidad de pasteurización puede comprender uno o más de:

- 30 a) un pasteurizador térmico;  
b) un pasteurizador de campo eléctrico pulsado (PEF);  
c) un pasteurizador de alta presión.

- 35 La unidad de acidificación puede configurarse para reducir el pH del jugo de caña de azúcar entre 3,8 y 4,2.

La unidad de acidificación puede configurarse para reducir el pH del jugo de caña de azúcar al punto isoelectrico de un constituyente central de clorofila presente en el jugo de caña de azúcar.

- 40 La unidad de neutralización puede configurarse para aumentar el pH del jugo de caña de azúcar entre 4,2 y 7.

La unidad de acidificación puede configurarse para reducir el pH del jugo de caña de azúcar mediante el uso de ácido cítrico.

- 45 La unidad de neutralización puede configurarse para reducir el pH del jugo de caña de azúcar mediante el uso de bicarbonato de sodio.

La segunda unidad de separación puede configurarse para eliminar partículas que tienen un diámetro mayor que 0,2 micras.

- 50 La unidad de pasteurización puede configurarse para calentar el jugo de caña de azúcar filtrado entre 80 °C y 100 °C durante entre 10 y 20 segundos.

La unidad de pasteurización puede configurarse para calentar el jugo de caña de azúcar filtrado. Los jugos de caña de azúcar pueden enfriarse antes de aumentar el pH del jugo de caña de azúcar pasteurizado.

- 55 El sistema puede comprender además uno o más agitadores para agitar el jugo de caña de azúcar durante una o más de las etapas de reducción del pH, aumento del pH, y pasteurización.

- 60 El sistema puede comprender además una unidad de ajuste de brix para concentrar el jugo de caña de azúcar mediante evaporación para formar un jarabe de caña de azúcar concentrado.

El sistema puede comprender además una unidad de limpieza para limpiar caña de azúcar; y una unidad de extracción para extraer el jugo de caña de azúcar crudo de la caña de azúcar limpia.

- 65 La unidad de limpieza puede configurarse para lavar a presión, secar y/o depurar la caña de azúcar.

La unidad de limpieza puede configurarse para irrigar la caña de azúcar con un biocida o un peróxido.

La unidad de limpieza puede configurarse para irrigar la caña de azúcar con agua a una temperatura predeterminada después de la irrigación con el biocida o peróxido.

La unidad de extracción puede configurarse para separar la fibra de caña de azúcar del jugo de caña de azúcar extraído.

El sistema puede comprender además una unidad de secado para secar la fibra de caña de azúcar.

El sistema puede comprender además una unidad de preparación para macerar y lavar la fibra de caña de azúcar para eliminar los azúcares sobrantes antes de secar la fibra de caña de azúcar.

La fibra de caña de azúcar puede secarse mediante el uso de aire caliente.

La unidad de preparación puede configurarse además para eliminar el exceso de humedad de la fibra de caña de azúcar lavada antes del secado de la fibra de caña de azúcar.

El sistema puede comprender además un transportador para transportar la caña de azúcar.

El sistema puede comprender además una unidad de molienda para moler la fibra de caña de azúcar seca hasta un polvo.

La unidad de molienda puede configurarse para moler la fibra de caña de azúcar seca a entre 1 y 2 micras.

El exceso de energía térmica generada durante uno o más de las etapas de pasteurización y separación del jugo de caña de azúcar se usa para secar la fibra de la caña de azúcar.

A través de toda esta descripción la palabra "comprender", o variaciones tales como "comprende" o "que comprende", se entiende que implica la inclusión de un elemento declarado, entero o etapa, o grupo de elementos, enteros o etapas, pero no la exclusión de ningún otro elemento, entero o etapa, o grupo de elementos, enteros o etapas.

#### Breve Descripción de las Figuras

La presente descripción se describirá ahora con referencia a las figuras acompañantes, en las cuales:

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de procesamiento de caña de azúcar de acuerdo con la presente descripción;

La Figura 2 es un diagrama de flujo del proceso realizado por un módulo del sistema de la Figura 1;

La Figura 3 es un diagrama esquemático detallado de la unidad de procesamiento de la fibra y la unidad de procesamiento del jugo mostradas en la Figura 1;

La Figura 4 es un diagrama esquemático detallado del módulo de ajuste de brix mostrado en la Figura 3.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método de procesamiento de jugo de caña de azúcar crudo;

La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ajuste de la concentración brix de jugo procesado mediante el uso del método mostrado en la Figura 5; y

La Figura 7 es un diagrama de flujo de un proceso realizado por la unidad de procesamiento de la fibra mostrada en las Figuras 1 y 3.

#### Descripción detallada de la invención

La presente descripción abarca un enfoque de proceso completo para la producción de jugo y fibra de caña de azúcar que puede lograr una conversión altamente eficiente de caña de azúcar recién cortada en jugo, jarabe y polvo de caña de azúcar estabilizado de grado alimenticio, y de esta manera maximiza el mantenimiento de los niveles de vitaminas y minerales presentes en el producto de caña de azúcar. La presente descripción puede ayudar a aumentar la eficiencia del procesamiento de la caña de azúcar en un ambiente microbiológicamente controlado con poca o ninguna pérdida de compuestos que promueven la salud en el producto final.

Por ejemplo, los inventores han desarrollado un proceso de dos etapas que implica etapas separadas de clarificación del jugo. En una primera etapa de clarificación, se agregan la celulosa y la clorofila y se eliminan del jugo. En una segunda etapa de clarificación, se elimina la polifenol oxidasa (PPO) del jugo. Al inactivar la clorofila y la PPO durante el proceso de eliminación, se elimina sustancialmente el pardeamiento enzimático. El producto de jugo de caña de azúcar resultante puede mantener todos los flavonoides y componentes minerales presentes en la caña de azúcar cruda original, mientras que su claridad y estabilidad pueden mejorarse enormemente en comparación con el jugo fabricado a partir de procesos de la técnica anterior.

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de procesamiento de caña de azúcar 100 que no forma parte

de la presente invención y sólo se describe con propósitos ilustrativos. El sistema 100 comprende una unidad de preparación de la caña cruda 102, una unidad de procesamiento del jugo 104 y una unidad de procesamiento de la fibra 106. La unidad de preparación de la caña 102 comprende una tolva receptora de la caña 108, una unidad de higienización 110 y un procesador de la caña 112. La unidad de preparación de la caña 102 es operable para recibir caña cosechada y convertirla en jugo de caña crudo y fibra de caña cruda que luego se pasan a la unidad de procesamiento del jugo 104 y a la unidad de procesamiento de la fibra 106 respectivamente.

Con el fin de maximizar la conservación de los compuestos que promueven la salud en la caña, es importante que haya el menor retraso posible entre la cosecha y el procesamiento de la caña. En consecuencia, el sistema 100 se ubica preferentemente muy cerca del sitio de cultivo de la caña que se procesa.

La caña cruda puede transportarse a través del sistema 100 de cualquier manera adecuada. Sin embargo, se prefiere que muchas o todas las unidades del sistema 100 estén muy cerca. Los aparatos adecuados para transportar la caña a través de cada una de las unidades y de una unidad a otra incluyen transportadores, brotes, tolvas y engranaje de alimentación. Sin embargo, se conocen en la técnica otros métodos de transporte automatizado de la caña a través del sistema.

Con referencia a la Figura 2, ahora se describirá un proceso 200 realizado por la unidad de preparación de la caña 102. En la etapa 202, la caña de azúcar cruda se recibe en la tolva receptora de la caña 108. La caña puede recibirse en la tolva receptora 108 en tochos recolectados o como caña cortada en barra entera. Durante la cosecha, los tochos se producen al retirar el extremo superior y frondoso de la caña y una porción de la parte inferior de la caña más cercana al suelo. Luego, la caña restante se corta en secciones cortas (de 20-30 cm de longitud) para formar los tochos. Si se proporciona la caña entera cortada en rama en la tolva receptora 108, los tallos de caña pueden romperse en o cerca de la tolva receptora mediante una trituradora o un arreglo de cabezal de forraje antes o después de pasar por la unidad de higienización subsecuente 110. En cualquier caso, la caña está preferentemente libre de hojas verdes, lo que se conoce como basura.

Es común que los agricultores rieguen las parcelas de caña de azúcar antes de la cosecha. Al hacerlo, la caña de azúcar absorbe las bacterias de la vegetación podrida del suelo del campo. Se prefiere eliminar la mayor cantidad posible de esta bacteria antes de extraer el jugo de la caña. En consecuencia, desde la tolva receptora 108, la caña avanza hacia la unidad de higienización 110 de cualquier manera conocida, por ejemplo, por medio de un transportador. En la unidad de higienización 104 se llevan a cabo las etapas 204 y 206. En la etapa 204, la caña cruda se lava, se seca y se depura para eliminar cualquier exceso de restos e impurezas recogidas en el campo o durante la cosecha y el transporte. Este proceso de higienización podrá realizarse mediante el uso de cribas de lavado vibratorias. La caña se lava preferentemente en un proceso de dos etapas. En la primera etapa 206 de este proceso, la caña puede irrigarse con un biocida, tal como un biocida orgánico, un ejemplo del cual es Tsunami (RTM), para esterilizar y destruir cualquier organismo dañino sobre la superficie de la caña. También puede usarse un peróxido para lavar la caña de azúcar. En una segunda etapa 208, mientras todavía está sobre los tamices de lavado, la caña cruda se rocía con agua tibia o caliente para eliminar el biocida u otro higienizante y para mantener el control biológico en la unidad de higienización 110. El agua usada para lavar la caña cruda se encuentra preferentemente a una temperatura entre 30 °C y 80 °C. Por ejemplo, el agua usada para lavar la caña puede estar a una temperatura menor que 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C, 70 °C, 75 °C o 80 °C. Para cualquiera de estos límites superiores de temperatura, donde corresponda, el agua usada para lavar la caña puede estar a una temperatura mayor que 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C, 60 °C, 65 °C.

Luego, la caña lavada se transporta al procesador de la caña 112 mediante el uso de, por ejemplo, tolvas y engranaje de alimentación. Luego, el procesador de la caña 112 separa la caña en la etapa 210 en jugo crudo y fibra. Este proceso puede implicar triturar y aplastar la caña de una manera conocida, por ejemplo, mediante el uso de un dispositivo de extracción tal como una prensa de cinta, un martillo, un rodillo, una prensa de husillo, un separador centrífugo o cualquier otro dispositivo mecánico extractor de jugo operable para extraer el jugo de la caña crudo y separar la fibra.

Una vez que el jugo y la fibra se han extraído y separado, el jugo crudo sale a la etapa 212 a la unidad de procesamiento del jugo 104 y la fibra cruda sale a la etapa 214 a la unidad de procesamiento de la fibra 106 para su procesamiento adicional. Alternativamente, se descarta la fibra cruda y solo se procesa adicionalmente el jugo crudo.

La salida de jugo crudo a la unidad de procesamiento del jugo 104 típicamente tiene una concentración de azúcar de 23 °Br y un pH de aproximadamente 5,45.

Con referencia a la Figura 3, se muestra un diagrama esquemático detallado de la unidad de procesamiento del jugo 104 y la unidad de procesamiento de la fibra 106. La unidad de procesamiento del jugo 104 comprende una pluralidad de módulos de procesamiento conectados en línea (como se indica en la Figura 3 mediante flechas mostradas entre ellos). El jugo puede bombearse a través de la unidad de procesamiento del jugo 104 mediante una o más bombas (no mostradas). Se apreciará que puede usarse cualquier arreglo de bomba adecuada para este fin, siempre y cuando el jugo no se dañe cuando se bombea a través de la unidad de procesamiento 104. Pueden usarse una o más bombas lobulares.

Los componentes de la unidad de procesamiento del jugo 104 pueden incluir un filtro grueso 302, una unidad de acidificación 304, un primer tanque de depósito 306, un primer clarificador 308, una unidad de microfiltración 310, un segundo tanque de depósito 312, y un segundo clarificador 314. La unidad de procesamiento del jugo 104 puede comprender además una unidad de ajuste de brix 316 para aumentar la concentración del producto de caña de azúcar, como se describirá en más detalle a continuación. También puede proporcionarse un pasteurizador (no mostrado) para pasteurizar el jugo de caña de azúcar. El pasteurizador puede posicionarse a la salida del segundo clarificador 314, integrado en la unidad de ajuste de brix 308, o posicionado a la salida de la unidad de ajuste de brix 308. Igualmente, pueden proporcionarse una o más unidades de pasteurización adicionales en cualquiera de las posiciones descritas anteriormente en la unidad de procesamiento 104.

El filtro grueso 302 se proporciona con una entrada de jugo para recibir jugo de caña de azúcar crudo desde el procesador de la caña 112. El filtro 302 se configura para eliminar la materia particulada de gran tamaño del jugo crudo, tales como celulosa o fibras sobrantes en el jugo de caña de azúcar cruda después de la extracción del jugo. El filtro 302 puede tener la forma de una bolsa de malla o una rejilla. El filtro grueso 302 puede configurarse para eliminar partículas mayores que 10 micras de diámetro y preferentemente 5 micras de diámetro.

Es ventajoso acidificar el jugo crudo lo antes posible para evitar que el jugo sufra un pardeamiento enzimático. En consecuencia, la unidad de acidificación 304 se proporciona para recibir la salida de jugo del procesador de la caña 112 por medio del filtro grueso 302. La unidad de acidificación 304 se proporciona con uno o más agitadores configurados para agitar el jugo junto con una unidad de inyección de ácido 328 configurada para inyectar ácido, tal como ácido alimentario, en la unidad de acidificación 304 para la acidificación de la caña de azúcar cruda en la unidad de acidificación 304. La unidad de inyección de ácido 328 puede comprender uno o más inyectores en línea y un controlador (no mostrado) para controlar la velocidad de inyección de ácido en la unidad de acidificación 304. La unidad de acidificación 304 puede comprender además un medidor de pH 330 configurado para medir el pH de la mezcla de jugo/ácido en la unidad de acidificación 304 y devolver esta información a la unidad de inyección de ácido 328. En base a esta información de pH recibida, la unidad de inyección de ácido 312 se configura para controlar la cantidad de ácido inyectado en la unidad de acidificación para mantener el pH del contenido de la unidad de acidificación 304 a un nivel de pH predeterminado.

El primer tanque de depósito 306 comprende un calentador y uno o más agitadores para calentar la salida de jugo de la unidad de acidificación 304. En su lugar en el primer tanque de depósito 306, puede usarse la propia unidad de acidificación 304 para calentar el jugo después de la acidificación.

Los clarificadores primero y segundo 308, 314 se proporcionan para eliminar los sólidos agregados del jugo en diversas etapas del proceso, como se describirá en más detalle a continuación. Preferentemente, los clarificadores primero y segundo 308, 314 comprenden cada uno una centrifuga como se conoce en la técnica. Alternativamente, los clarificadores primero y segundo 308, 314 pueden comprender un separador o decantador.

La unidad de microfiltración 310 se configura para eliminar la materia particulada fina del jugo. Preferentemente, la unidad de microfiltración puede operar para filtrar partículas que tienen un diámetro mayor que 0,5 micras. Al hacerlo, las bacterias y las proteínas más grandes (que provocan que el jugo se decolore) pueden filtrarse del jugo, lo que permite al mismo tiempo el paso de los flavonoides y los componentes minerales.

El segundo tanque de depósito 312 recibe jugo de la unidad de microfiltración 310 y comprende un medidor de pH 318 configurado para medir el pH del jugo y devolver esta información a una unidad de inyección de álcali 320. En base a esta información de pH recibida, la unidad de inyección de álcali 312 se configura para controlar la cantidad de álcali inyectada en la unidad de acidificación para mantener el pH del contenido del tanque de depósito 312 a un nivel de pH predeterminado.

La unidad de ajuste de brix 316 se muestra en más detalle en la Figura 4 y comprende un evaporador 321 para aumentar la concentración de azúcar del jugo de caña crudo para producir jarabe, junto con un secador 323 configurado para eliminar sustancialmente toda el agua del jugo, por lo tanto, producir un polvo seco.

El evaporador 321 puede ser del tipo película descendente y puede tener múltiples efectos. En otras palabras, el evaporador 321 puede comprender múltiples evaporadores de película descendente, el condensado de un primer evaporador de película descendente (conocido como primer efecto) que proporciona la entrada a un segundo evaporador de película descendente (conocido como segundo efecto), y así sucesivamente. Preferentemente, el evaporador 321 comprende un evaporador de película descendente de efectos múltiples que comprende tres o más efectos.

El secador 323 es operable para producir un polvo seco a partir del jarabe de caña de azúcar que sale del evaporador 321. En algunas modalidades, el secador 323 es un secador por pulverización.

A continuación, se describirá la operación de la unidad de procesamiento del jugo 104 mostrada en las Figuras 3 y 4 con referencia al diagrama de flujo mostrado en la Figura 5.

En la etapa 402, el jugo de caña de azúcar crudo recibido del procesador de la caña 112 se filtra mediante el uso del filtro grueso 302 para eliminar la celulosa o fibra sobrante en el jugo de caña de azúcar crudo después de la extracción del jugo.

5 Luego, el jugo de caña de azúcar filtrado grueso se acidifica en la etapa 404 mediante la adición de ácido mediante la unidad de inyección de ácido 312. El pH del jugo se reduce al menos hasta un punto en el que la actividad microbiológica cesa sustancialmente, es decir, por debajo de 4,2.

10 Preferentemente, el pH del jugo se reduce sustancialmente hasta el punto isoeléctrico de la clorofila. Al hacerlo, la carga eléctrica neta de la clorofila puede reducirse sustancialmente a cero, lo que permite eliminar la clorofila más fácilmente durante la clarificación. El punto isoeléctrico de la clorofila es aproximadamente 3,86, pero puede variar en dependencia de la cantidad de azúcar presente en la caña de azúcar que se procesa que, a su vez, puede depender de la madurez de la caña de azúcar (donde se encontraba en su ciclo de desarrollo cuando se cosechó) y la cantidad de nitratos presentes en el suelo. En consecuencia, el pH objetivo puede ajustarse para tener en cuenta las variaciones estacionales y de composición en la caña de azúcar que se proporciona a la unidad de preparación de la caña 102. En consecuencia, en algunas modalidades, el pH del jugo puede reducirse y mantenerse entre 3,7 y 4.

Además de lo anterior, reducir el pH del jugo por debajo de 4,0 inactiva cualquier polifenol oxidasa (PPO) presente en el jugo, de esta manera reduce sustancialmente el pardeamiento enzimático del jugo relacionado con la PPO durante las etapas de procesamiento subsecuentes; un beneficio adicional de acidificar el jugo al inicio del proceso.

25 Los inventores han encontrado que la adición de un ácido relativamente débil en concentraciones elevadas permite un mejor control del pH. Un ejemplo de un ácido débil adecuado es el ácido ascórbico que puede inyectarse mediante la unidad de inyección de ácido 312 en la unidad de acidificación 302. Puede usarse una solución de aproximadamente 20 % de concentración de ácido ascórbico. Esta solución puede prepararse a 50°C al combinar 600 gramos de ácido ascórbico con 2400 gramos de agua. Alternativamente, puede usarse ácido cítrico. Alternativamente, pueden usarse jugos de frutas relativamente ácidos, tales como jugo de limón o jugo de lima, para reducir el pH del jugo de caña de azúcar.

30 Con el pH del producto de jugo de caña de azúcar reducido hasta un punto en el que a) la actividad microbiológica cesa sustancialmente, b) la PPO se inactiva y c) la clorofila en el jugo tiene una carga eléctrica neta sustancialmente cero, en la etapa 406 el jugo puede calentarse a una temperatura de entre 50 °C y 70 °C, preferentemente de 60 °C a 70 °C y con mayor preferencia a 65 °C. Al aumentar la temperatura del jugo, aumenta el diferencial de densidad entre la clorofila y cualquier resto de celulosa, por un lado, y la solución acuosa de jugo, por otro lado. Esto provoca que la clorofila se agregue y flocule en la preparación para la siguiente etapa del proceso 400 en el que se elimina la clorofila del jugo.

40 En la etapa 408, la clorofila y la celulosa restante presentes en el jugo acidificado se separan del producto de jugo en el primer clarificador 308. Esta etapa se prefiere mediante centrifugación, pero alternativamente puede realizarse mediante el uso de un filtro.

Desde el primer clarificador 308, en la etapa 410, el jugo pasa a la unidad de microfiltración 306 donde las materias particuladas finas, tales como proteínas, se separan del jugo.

45 En esta etapa se separan del jugo las materias particuladas mayores que 0,5 micras de diámetro. Esto puede incluir bacterias y materia particulada que tienen un diámetro mayor que 0,5 micras pero que no tienen un diferencial de densidad suficientemente grande con relación al jugo acuoso a granel que se separa en el primer clarificador 308 en la etapa 408. En su lugar, mediante el uso de un dispositivo de microfiltración para separar esta materia del jugo, puede usarse una centrifuga, tal como una bactofugadora.

50 Cabe señalar que las etapas de separación del jugo 408, 410, por un lado, la clorofila del jugo y, por otro lado, otras materias particuladas finas, se realizan en dos etapas separadas. En otras modalidades, sin embargo, estas dos etapas pueden combinarse en una sola etapa en la que tanto la clorofila como otras materias particuladas finas que tienen un diámetro mayor que, por ejemplo, 0,5 micras, se separan del jugo al mismo tiempo. En tales modalidades, puede usarse una bactofugadora para realizar este proceso.

60 El resultado de la microfiltración en la etapa 410 es un producto de jugo acidificado que contiene azúcares, flavonoides, minerales y PPO inactivada. En este punto, el jugo típicamente tiene un pH por debajo de 4,0 para inactivar la PPO presente en el jugo. Sin embargo, sin retirar las PPO, elevar el pH del jugo a un estado neutro provocaría que la PPO y otras enzimas se activaran y comenzarían el proceso de pardeamiento del jugo en su detrimento.

65 En consecuencia, en la etapa 412, el jugo se calienta a una temperatura que desnaturaliza cualquier enzima PPO y otras enzimas presentes en el jugo. En algunas modalidades, el jugo se calienta a una temperatura de 95 °C durante 10 minutos. El tratamiento térmico usado conduce a la desnaturalización de la PPO y otras enzimas contenidas en el jugo sin afectar los flavonoides ni los componentes minerales del jugo. En consecuencia, el jugo se calienta a 80 °C, 85 °C, 90 °C, 95 °C, 100 °C, 105 °C, 110 °C, 115 °C, o 120 °C. El tiempo en el que se mantiene el jugo a cualquiera

de esas temperaturas puede ser de 5 segundos, 10 segundos, 15 segundos, 20 segundos, 25 segundos, 30 segundos, 35 segundos, 40 segundos, 45 segundos o 50 segundos, por ejemplo.

Esta etapa de tratamiento térmico 412 puede realizarse en el segundo tanque de depósito 312 o, alternativamente, en un tanque de depósito separado posicionado entre la unidad de microfiltración 310 y el segundo tanque de depósito 312. En cualquier caso, el diferencial de temperatura  $\Delta T$  a través de las paredes del tanque en el que el jugo se calienta se mantiene preferentemente lo más bajo posible para evitar la caramelización de los azúcares del jugo en las paredes del tanque. En consecuencia, el tanque puede agitarse y/o proporcionarse con una camisa de agua. Alternativamente, el jugo puede pasar a través de un intercambiador de calor para elevar su temperatura.

El método de la presente invención usa un tratamiento térmico como se define en la reivindicación 1. Otras técnicas de pasteurización descritas en la presente descripción con propósitos ilustrativos pero que no forman parte de la presente invención son la pasteurización por campo eléctrico pulsado y el procesamiento a alta presión.

Subsecuente a la etapa de tratamiento térmico 414 descrito anteriormente, el jugo puede enfriarse (pasiva o activamente) en la etapa 414 a la temperatura que tenía antes del tratamiento térmico. Por ejemplo, el jugo puede enfriarse entre 50 °C y 70 °C, preferentemente entre 60 °C y 70 °C y con mayor preferencia 65 °C. Este enfriamiento puede realizarse en el tanque de depósito 312 o en un tanque separado (no mostrado) o puede realizarse mediante el uso de un intercambiador de calor tal como un intercambiador de calor tubular.

Ahora que las enzimas PPO (y otras enzimas presentes en el jugo) ya no están vivas, el pH del jugo puede elevarse en la etapa 416 sin riesgo de estropear la claridad del jugo debido al pardeamiento enzimático. En dependencia de la concentración brix del producto final deseado, el pH del jugo puede elevarse entre 4 y 7. Elevar el pH del jugo a 6,5 permite al jugo mezclarse con productos que tienen ingredientes clave con un punto isoeléctrico de aproximadamente 6,5.

Preferentemente, el pH del jugo se eleva mediante el uso de un álcali débil para evitar que los azúcares del jugo se quemen al entrar en contacto con el álcali. Por ejemplo, puede usarse una solución saturada al 8 % de bicarbonato de sodio (que tiene un pH de 7,7). Incluso mediante el uso de un álcali débil tal como bicarbonato de sodio, es ventajoso agitar la mezcla de álcali del jugo para evitar que se queme el azúcar molecular en el jugo y asegurar una distribución uniforme del álcali en la solución. Puede usarse además un álcali más fuerte para neutralizar el jugo acidificado. En tales casos, el álcali puede añadirse al jugo mediante el uso de un turbo mezclador o similar, nuevamente para evitar que se quemen los azúcares en el jugo.

Se apreciará que puede ser conveniente un producto final que tiene un pH de aproximadamente 4. La etapa 416 de aumentar el pH del jugo es opcional, por tanto, y puede quedar fuera del proceso 400.

Así como también el jugo para el ajuste de brix, el aumento del pH del jugo provoca además que las enzimas PPO desnaturalizadas contenidas en el mismo se agreguen, lo que a su vez aumenta la eficiencia de eliminación de dichas enzimas PPO en etapas subsecuentes del proceso. Para mejorar aún más la eficiencia de la separación de la PPO del jugo, el jugo neutralizado puede dejarse reposar (sin agitación) para permitir que las enzimas PPO floculadas se asienten en la parte inferior del tanque. Luego, el jugo puede separarse de la mayor parte de la PPO antes de clarificarlas en la etapa 418, por ejemplo, en el segundo clarificador 314.

Durante la clarificación en la etapa 418, el jugo se separa de la PPO restante, otras enzimas y la gran mayoría de los organismos microbiológicos que aún quedan en el jugo. La clarificación en la etapa 418 puede realizarse mediante centrifugación, filtración y/o decantación del jugo sobrenadante después de la floculación de las enzimas durante la sedimentación.

El producto de jugo resultante después de la clarificación en la etapa 418 es un producto de caña de azúcar acuoso sustancialmente transparente, libre de celulosa, clorofila y enzimas PPO y rico en flavonoides y minerales que estaban originalmente presentes en el jugo de caña de azúcar crudo.

Después de que el jugo se haya clarificado en la etapa 418, luego, puede pasar a la unidad de ajuste de brix 316 para procesarse en un producto final, ya sea jugo, jarabe o polvo. La unidad de ajuste de Brix 316 puede configurarse para procesar el jugo crudo en los tres productos finales o uno o dos de jugo, jarabe y polvo.

Con referencia ahora a la Figura 6, si el producto final deseado es jugo de caña de azúcar, la concentración brix del jugo puede ajustarse entre 8 °Br y 12 °Br mediante la adición de agua en la etapa 420. El producto final es un jugo de caña de azúcar estéril y de grado alimenticio que tiene un alto contenido de minerales y vitaminas. El jugo puede descargarse por medio de un llenador aséptico estándar de la industria en contenedores a granel o camiones cisterna refrigerados, en dependencia de los requisitos de distribución. El producto de jugo final puede envasarse mediante el uso de cualquier proceso adecuado conocido en la técnica.

Si el producto final deseado es jarabe de caña de azúcar, en la etapa 422, el jugo se bombea a la unidad de evaporación 321 para aumentar la concentración de azúcar (brix) en el jugo mediante evaporación del agua fuera del

jugo. La temperatura de evaporación se elige de manera que limite el daño al jugo y al mismo tiempo se logre la evaporación requerida. En ejemplos, el evaporador puede funcionar entre 40 y 45 °C, entre 45 y 50 °C, entre 55 y 60 °C, entre 60 y 65 °C, o entre 65 y 70 °C. Para reducir la temperatura de evaporación del agua en la unidad de evaporación 321, puede aumentarse la presión en la unidad de evaporación 321. Donde se use un evaporador de película descendente, el vapor de cada efecto puede usarse en la producción de esencia de caña de azúcar.

Se apreciará que el jarabe de caña de azúcar concentrado producido en la unidad de evaporación 321 tendrá un pH reducido con relación al jugo de caña de azúcar proporcionado a la unidad de evaporación 321 debido a su mayor concentración. En consecuencia y como se mencionó anteriormente, en la etapa 416, el pH del jugo se ajusta para tener en cuenta la evaporación durante la etapa 422.

Opcionalmente, el jarabe concentrado puede pasteurizarse mediante calentamiento a entre 60 °C y 120 °C durante entre 10 y 50 segundos. El jarabe concentrado puede calentarse a 60 °C, 65 °C, 70 °C, 75 °C, 80 °C, 85 °C, 90 °C, 95 °C, 100 °C, 105 °C, 110 °C, 115 °C, o 120 °C. El tiempo en el que se mantiene el jarabe a cualquiera de esas temperaturas puede ser de 10 segundos, 15 segundos, 20 segundos, 25 segundos, 30 segundos, 35 segundos, 40 segundos, 45 segundos, o 50 segundos.

Independientemente de si se realiza o no la etapa de pasteurización anterior, el jarabe puede descargarse a un llenador aséptico para distribuirse como se requiere (embotellado, colocado en contenedores a granel, camiones cisterna refrigerados, etc.).

Si el producto final deseado es polvo de caña de azúcar en forma seca, luego en la etapa 416, el jarabe producido en la unidad de evaporación 321 se introduce en el secador 323 y se atomiza mediante el uso de un atomizador, tal como un disco giratorio o una tobera de simple o doble fluido de alta presión, que atomiza el jarabe a medida que se introduce en una corriente de vapor caliente y se vaporiza. Debido a la alta tensión superficial del agua, se forman sólidos cuando la humedad abandona rápidamente las gotas atomizadas, de esta manera forma los sólidos secos que caen a la parte inferior del secador 323.

El atomizador puede ser un atomizador con tobera de doble fluido. En tales casos, se proporciona un gas presurizado, tal como dióxido de carbono, como el segundo fluido en combinación con el jarabe de azúcar (el primer fluido).

Se apreciará que la unidad de procesamiento del jugo 104 puede producir jugo final y productos de jarabe/polvo en paralelo.

Además de la producción de jugo y/o jarabe de caña de azúcar refinado, la fibra separada en el procesador de la caña 112 puede ser procesada por la unidad de procesamiento de la fibra 106. La unidad de procesamiento de la fibra 106 comprende una unidad de preparación 321, un transportador 322, uno o más secadores de caña 324 y una unidad de molienda 326. La Figura 5 muestra un diagrama de flujo del proceso 500 realizado por la unidad de procesamiento de la fibra 106. En la etapa 501, la unidad de procesamiento de la fibra 106 recibe fibra de caña cruda desde el procesador de la caña 112 y entra en la unidad de preparación 321 configurada para eliminar cualquier exceso de azúcar de la fibra que de cualquier otra manera provocaría el pardeamiento de la fibra. La unidad de procesamiento 321 comprende un macerador que macera la fibra para reducir el tamaño de partícula de la fibra. Esto mejora la transferencia de agua a través de la fibra, lo que a su vez aumenta la eficiencia y la eliminación de azúcares de la fibra. La unidad de procesamiento 321 comprende además una lavadora, tal como una lavadora de contraflujo. En la etapa 502, la fibra se lava con la lavadora para eliminar el exceso de azúcares. Además, la unidad de preparación 321 puede comprender además un decantador u otros medios para retirar el exceso de humedad de la fibra antes del secado. Opcionalmente, puede añadirse jugo extraído de la fibra de azúcar al jugo de caña de azúcar durante el procesamiento en la unidad de procesamiento del jugo 104. Por ejemplo, el jugo extraído de la unidad de preparación 321 puede alimentarse a la unidad de acidificación 304 como lo indica la flecha 323, o por medio del filtro grueso 302 a la unidad de acidificación 304. La decisión de añadir el jugo extraído en la unidad de preparación al jugo que se procesa en la unidad de procesamiento del jugo 104 puede basarse en la calidad de los azúcares eliminados y el uso del jugo que se procesa.

Desde la unidad de preparación 321, la caña cruda puede transportarse a través de la unidad de procesamiento de la fibra 106 sobre el transportador 322. En la etapa 503, la caña cruda macerada y lavada se seca mediante la salida de aire caliente de uno o más secadores de caña 324 a medida que la caña se mueve a lo largo del transportador 322. Luego, el transportador 322 transporta la caña seca a la unidad de molienda 326 donde, en la etapa 504, se muele de cualquier manera conocida. Preferentemente, la fibra se muele entre 1 y 2 micras, 2 y 3 micras, 3 y 4 micras o 4 y 5 micras. La fibra de caña molida seca, luego sale en la etapa 506 y se empaqueta de cualquier manera conocida.

Se apreciará que los tanques de depósito 306, 312, la unidad de evaporación 321 y el secador 323 no son 100 % eficientes y por lo tanto cada uno produce al menos algo de exceso de calor cuando se usan. Los inventores han determinado que esta energía térmica perdida puede aprovecharse para proporcionar calor a la unidad de procesamiento de la fibra 106, por lo tanto, reduce el consumo total de energía. El calor que irradia el aparato en la unidad de procesamiento del jugo puede conducirse a la unidad de procesamiento de la fibra y usarse para calentar o precalentar el aire que ingresa a los secadores de caña 324 para reducir la carga sobre los calentadores dispuestos en los mismos. Adicional o alternativamente, este aire caliente puede alimentarse a través de intercambiadores de

calor ubicados en la unidad de procesamiento de la fibra 106 para aumentar la temperatura ambiente en la misma, nuevamente de esta manera reduce la carga (y por tanto el consumo de energía) en los secadores de caña 324.

# REIVINDICACIONES

1. Un método de procesamiento del jugo de caña de azúcar crudo, que comprende:

5            realizar una primera etapa de clarificación para agregar y eliminar la celulosa y la clorofila del jugo en donde:  
                  el pH del jugo se reduce por debajo de pH 4,2;  
                  la clorofila y la celulosa se separan del jugo; y la materia particulada mayor que 0,5 micras de diámetro se  
 10            separa del jugo, y

                 realizar una segunda etapa de clarificación para eliminar la polifenol oxidasa (PPO) del jugo  
                  en donde:

15            el jugo se trata térmicamente a 80 °C, 85 °C, 90 °C, 95 °C, 100 °C, 105 °C, 110 °C, 115 °C, o 120 °C para  
                  desnaturalizar la PPO mediante pasteurización;  
                  la PPO desnaturalizada se separa del jugo, para proporcionar un producto de caña de azúcar acuoso  
                  sustancialmente transparente.

20            2. El método de la reivindicación 1, en donde, en la segunda etapa de clarificación, el pH del jugo se aumenta entre  
                  4,2 y 7 después de desnaturalizar la PPO y antes de separar la PPO desnaturalizada del jugo.

                 3. El método de la reivindicación 1, en donde, en la primera etapa de clarificación, el jugo con pH reducido se calienta  
                  a una temperatura de entre 50 °C y 70 °C antes de separar la clorofila y la celulosa del jugo.

25            4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la clorofila y la celulosa se separan del jugo  
                  mediante centrifuga, la materia particulada mayor que 0,5 micras de diámetro se separa del jugo mediante  
                  centrifuga y/o la PPO desnaturalizada se separa del jugo mediante centrifuga.

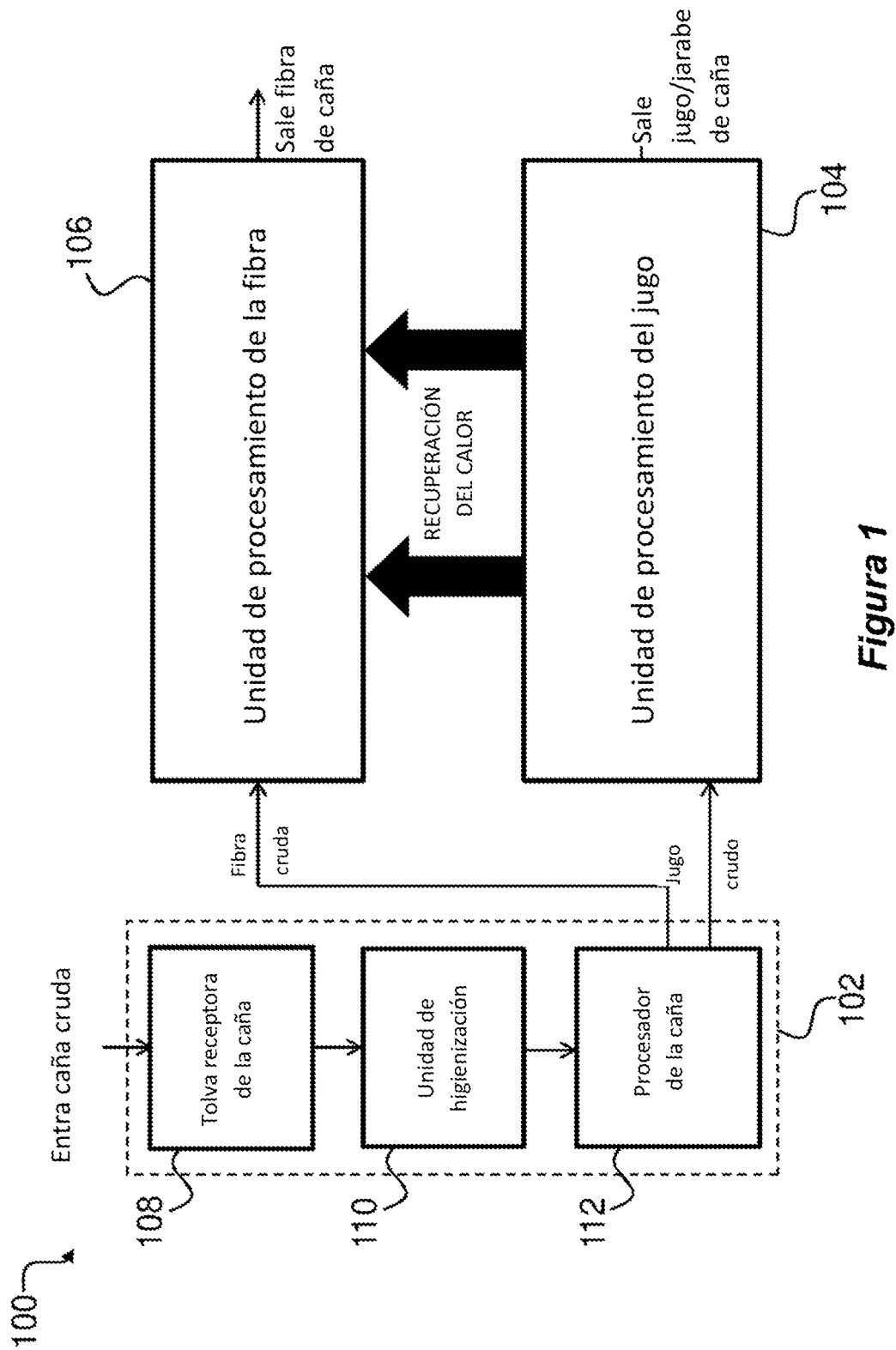
30            5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la materia particulada mayor que 0,5 micras  
                  de diámetro se separa del jugo mediante microfiltración.

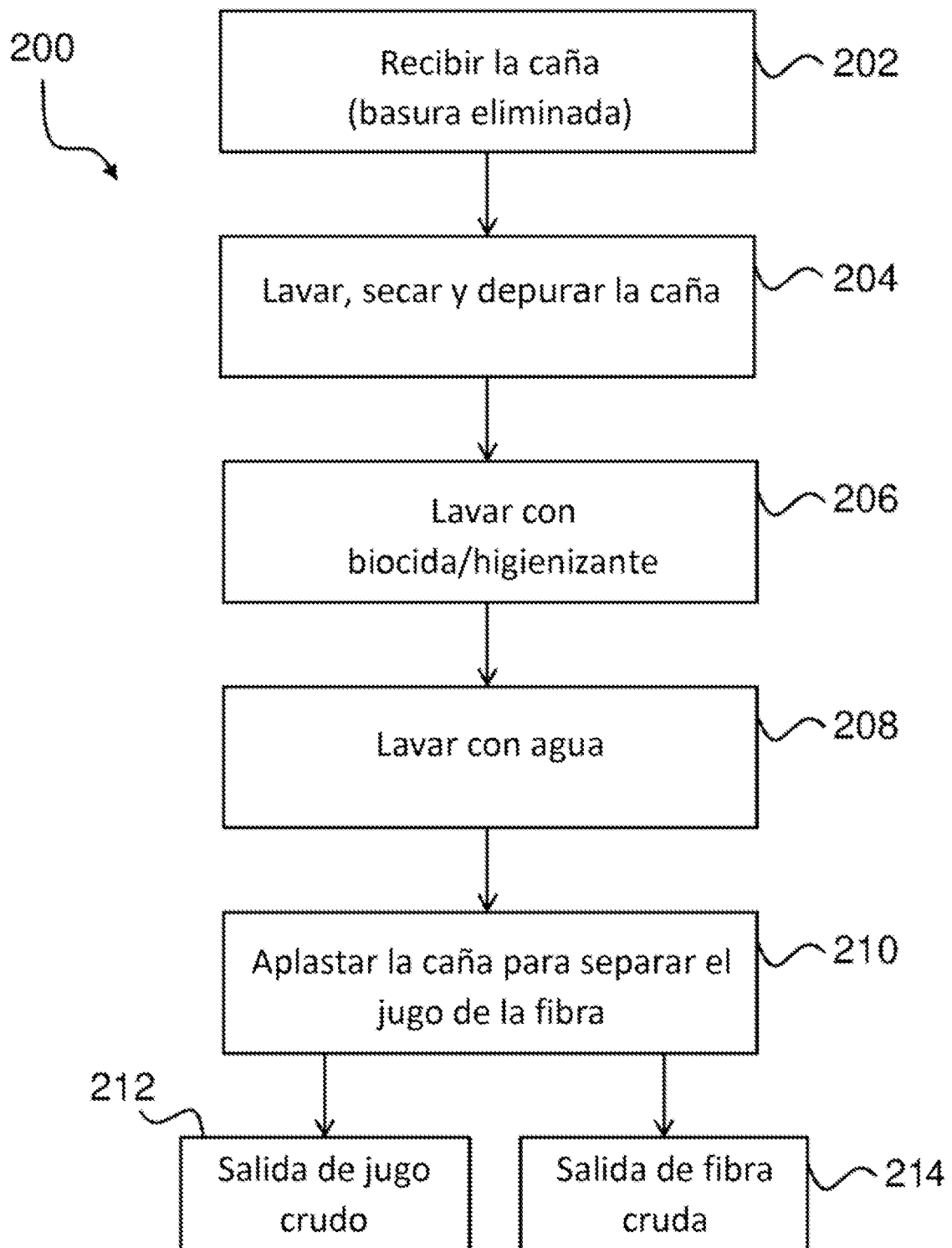
                 6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, en la primera etapa de clarificación, el  
 35            pH del jugo se reduce a un pH entre 3,8 y 4,2.

                 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde, en la primera etapa de clarificación, el pH del  
                  jugo se reduce y se mantiene a un pH entre 3,7 y 4.

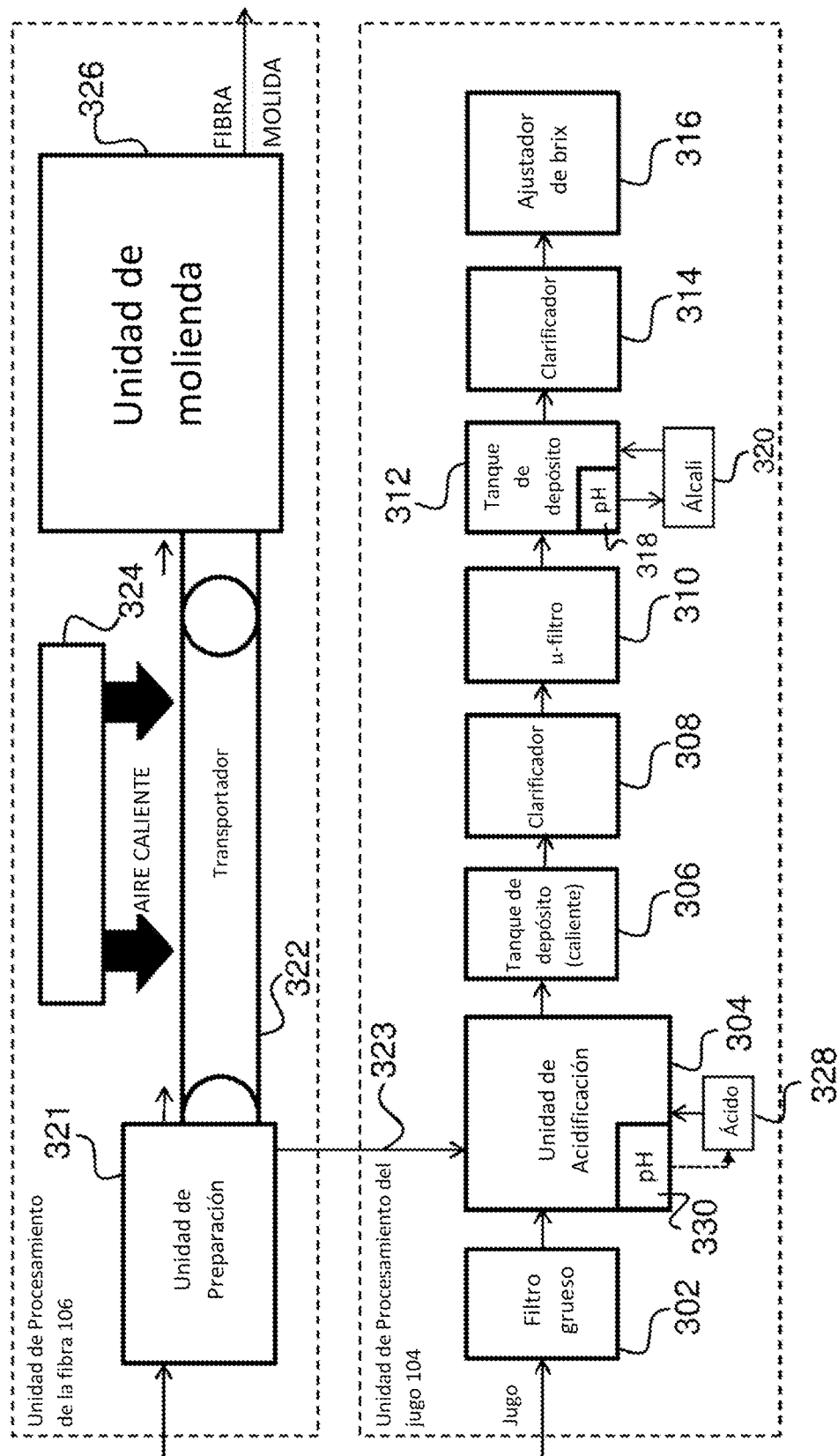
40            8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, seguido de la etapa de concentración del producto  
                  de caña de azúcar acuoso sustancialmente transparente mediante evaporación para formar un jarabe de caña de  
                  azúcar concentrado.

                 9. El método de la reivindicación 8, seguido de la etapa de secado del jarabe de caña de azúcar concentrado para  
 45            producir un polvo de caña de azúcar en forma seca.

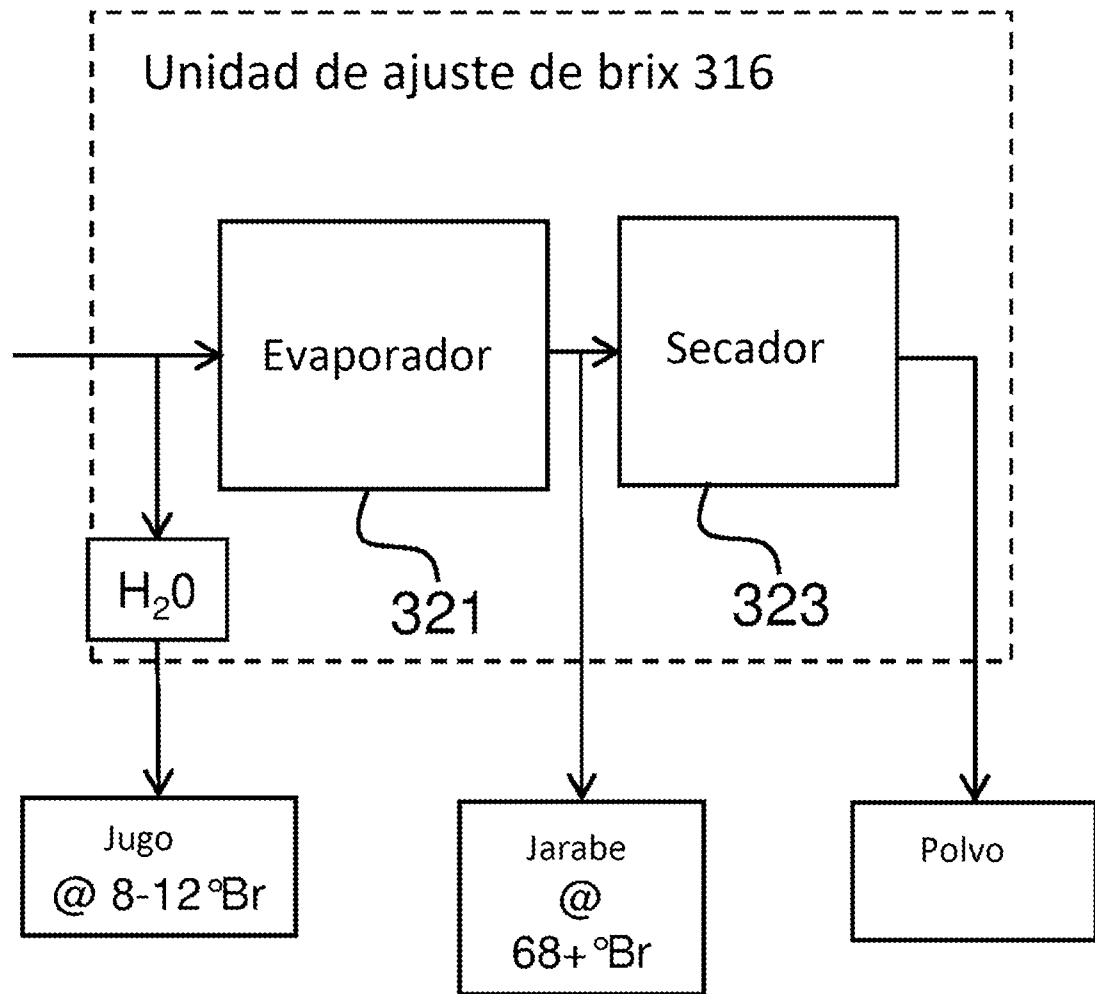




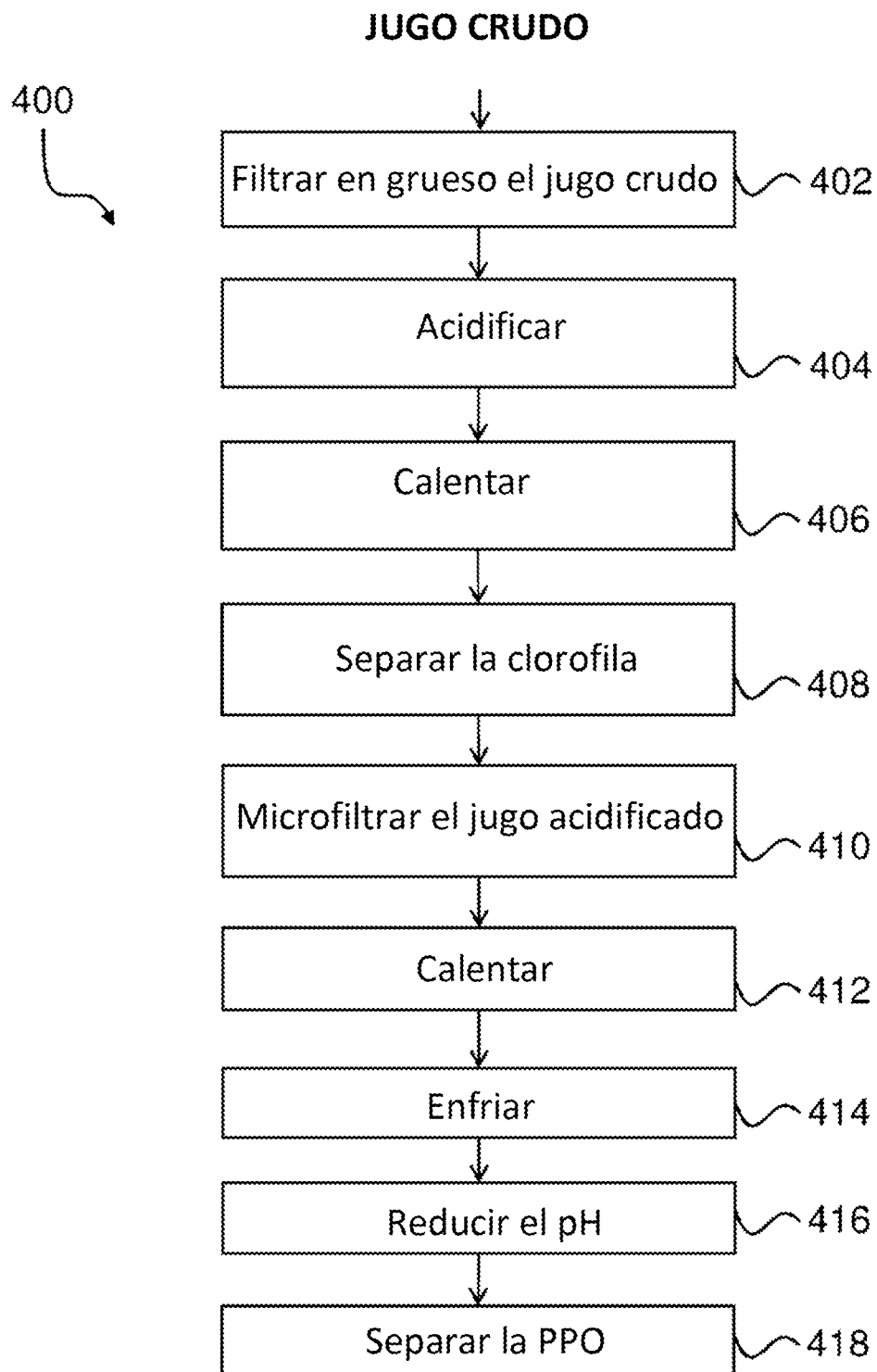
**Figura 2**



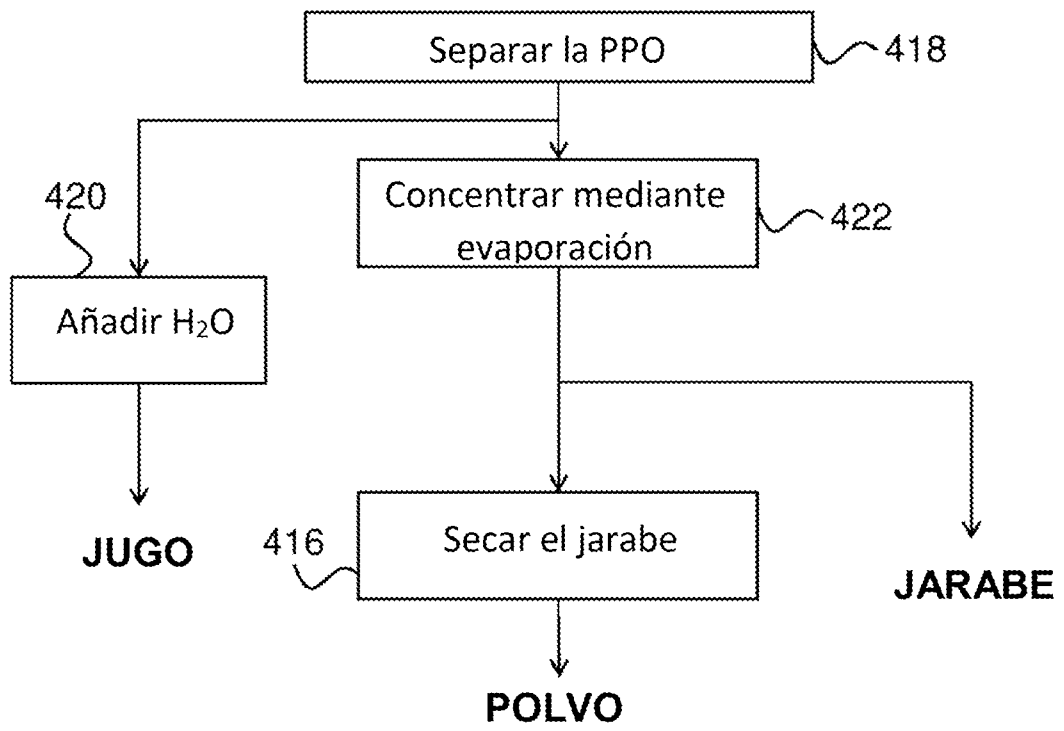
**Figura 3**



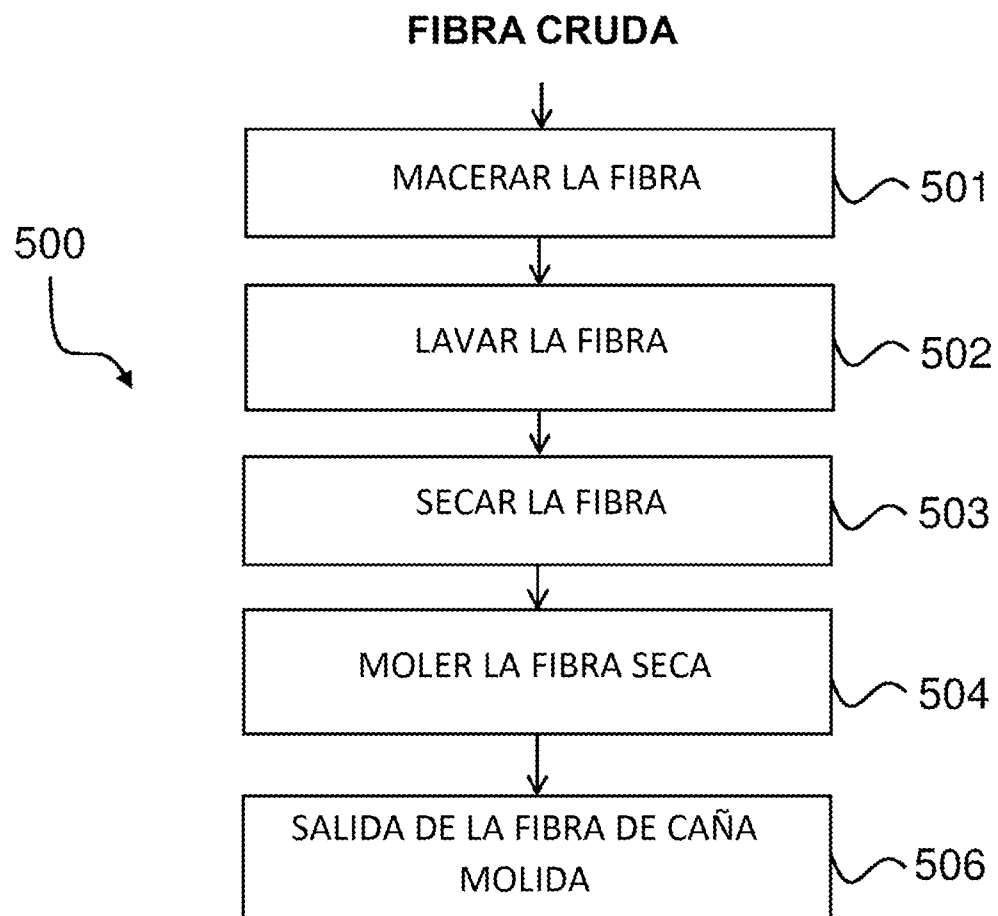
**Figura 4**



**Figura 5**



**Figura 6**



**Figura 7**