

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 633**

51 Int. Cl.:

C13B 20/14 (2011.01)

C13B 30/04 (2011.01)

C13B 30/14 (2011.01)

C13B 35/06 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2012 E 12795982 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.02.2016 EP 2785880**

54 Título: **Sistema y proceso de refinación de azúcar**

30 Prioridad:

02.12.2011 US 201161566307 P
26.11.2012 US 201213684798

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.04.2016

73 Titular/es:

AMALGAMATED RESEARCH LLC (100.0%)
1007 Orange Street
Wilmington, DE 19801, US

72 Inventor/es:

KEARNEY, MICHAEL M.;
HIEB, ALAN W.;
PRYOR, TIMOTHY E. y
VELASQUEZ, LAWRENCE

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 565 633 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

Sistema y proceso de refinación de azúcar

5 Campo

La presente descripción se refiere a un sistema y proceso para refinar azúcar sin refinar a azúcar blanca cristalina.

Antecedentes

10

El objetivo principal de una refinera de azúcar sin refinar es convertir económicamente azúcar sin refinar en un producto seguro y comercial para el consumo humano. Numerosos y variados procesos unitarios se utilizan para lograr este objetivo. La cristalización es uno de estos importantes procesos unitarios.

15

La refinera típica trata el licor fino/blanco purificado con varias "templadas" de cristalización que producen un producto vendible combinado. Debido a la recuperación/eliminación de azúcar fuera del licor fino de alimentación, las impurezas sin sacarosa aumentan en concentración en los jarabes de escorrentía de la templa. Como resultado, la producción de azúcar de calidad de producto final a través de cristalización se convierte en irrentable. El contenido de sacarosa del jarabe de escorrentía residual (también conocido como jarabe refinado residual) es relativamente alto y sin recuperación adicional de azúcar, resulta en pérdidas de ingresos significativas de recuperación de azúcar.

20

El proceso tradicional para reducir las pérdidas de azúcar en el jarabe de escorrentía residual utiliza una cámara de recuperación. La cámara de recuperación, básicamente utiliza la cristalización para producir una calidad aceptable de azúcar sin refinar que se retroalimenta hacia dentro de la unidad de fundición del azúcar sin refinar de la refinera. Existen numerosas técnicas utilizadas en diseños de cámaras de recuperación, pero todos utilizan el proceso de alto consumo de energía y equipamiento de cristalización evaporativa y centrifugación.

25

El documento WO 96/25522 A1 se refiere a un proceso para la molienda de caña de azúcar para producir azúcar sin refinar y para refinar azúcar sin refinar para producir azúcar blanca refinada.

30

Resumen

Un aspecto de la presente descripción se dirige a un sistema para refinar azúcar sin refinar. El sistema incluye una unidad de derretido configurada para recibir el azúcar sin refinar y un eluyente para producir un licor derretido, una unidad de decoloración configurada para recibir el licor derretido y producir un licor fino, y una unidad de cristalización configurada para fraccionar la sacarosa cristalina de alta pureza del licor fino y para proporcionar un jarabe de escorrentía. El sistema incluye además una unidad de ablandamiento configurada para recibir el jarabe de escorrentía para producir un jarabe ablandado, al menos una unidad de separación (por ejemplo, unidad de cromatografía) configurada para recibir el jarabe ablandado para producir un producto con bajo contenido de sacarosa invertida, y una línea de reciclaje configurada para retransmitir el producto con bajo contenido de sacarosa invertida de la al menos una unidad de separación a la unidad de derretido.

35

40

Otro aspecto de la presente descripción se dirige a un sistema para refinar azúcar sin refinar, que incluye una unidad de derretido configurada para recibir azúcar sin refinar y un eluyente para producir un licor derretido, una primera unidad configurada para recibir el licor derretido y producir un licor fino, y una unidad de cristalización configurada para fraccionar la sacarosa cristalina de alta pureza del licor fino y para proporcionar un jarabe de escorrentía que comprende compuestos invertidos, sacarosa sin fraccionar, y cationes divalentes. El sistema incluye además una segunda unidad configurada para recibir el jarabe de escorrentía y para eliminar al menos una porción de los cationes divalentes del jarabe de escorrentía para producir un jarabe ablandado, al menos una unidad de separación (por ejemplo, unidad de cromatografía) configurada para recibir el jarabe ablandado para fraccionar al menos una porción de los compuestos invertidos del jarabe ablandado recibido para producir un producto con bajo contenido de sacarosa invertida y una línea de reciclaje configurada para retransmitir el producto con bajo contenido de sacarosa invertida de la al menos una unidad de separación a la unidad de derretido.

45

50

Otro aspecto de la presente descripción se dirige a un método para refinar azúcar sin refinar. El método incluye combinar el azúcar sin refinar y un eluyente para producir un licor derretido que tiene un nivel de color, reducir el nivel de color del licor derretido para producir un licor fino, y fraccionar la sacarosa del licor fino para producir sacarosa cristalina de alta pureza y un jarabe de escorrentía. El método incluye además eliminar al menos una porción de los cationes divalentes del jarabe de escorrentía para producir un jarabe ablandado, eliminar al menos una porción de los compuestos invertidos del jarabe ablandado mediante el uso de una migración diferencial a través de una resina de intercambio iónico para producir un producto con bajo contenido de sacarosa invertida, unos compuestos invertidos, y combinar el producto con bajo contenido de sacarosa invertida con cantidades posteriores del azúcar sin refinar y el eluyente.

60

65

Breve descripción de las figuras

La Fig. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de refinación de azúcar sin refinar de la presente descripción.

5 La Fig. 2 es un diagrama de bloques de un sistema de refinación de azúcar sin refinar alternativo de la presente descripción.

Descripción detallada

10 La presente descripción se dirige a un sistema de refinación de azúcar sin refinar y proceso para la producción de sacarosa de alta calidad con altos niveles de recuperación. Como se discute más abajo, el proceso incluye una combinación de una etapa de intercambio iónico y una etapa de cromatografía para recuperar un producto con bajo contenido de sacarosa invertida, y para reciclar el producto de sacarosa de vuelta a un extremo frontal del proceso. El uso de esta combinación para recuperar el producto de sacarosa elimina eficazmente la necesidad de una cámara de recuperación convencional, que típicamente usa un proceso de alto consumo de energía y equipamiento.

15 La Fig. 1 ilustra el sistema 10 para la producción de sacarosa de alta calidad con altos niveles de recuperación a partir de azúcar sin refinar. Como se muestra, el sistema 10 incluye línea de azúcar sin refinar 12, línea de eluyente 14, y el fundidor 16, donde la línea de azúcar sin refinar 12 puede ser cualquier mecanismo adecuado para el transporte de azúcar sin refinar hacia el fundidor 16 (por ejemplo, una tolva de alimentación y el sistema sinfín, que no se muestra). El azúcar sin refinar típicamente tiene una pureza de cristales de azúcar de sacarosa que varía de aproximadamente 97.0 % en peso a aproximadamente 99.9 % en peso, la porción restante del azúcar sin refinar que son impurezas no deseadas que cubren las superficies de los cristales de azúcar de sacarosa.

20 En una modalidad, antes de alcanzar el fundidor 16, el azúcar sin refinar puede además experimentar un proceso de afinación para ayudar en la eliminación de las impurezas de los cristales de azúcar. El proceso de afinación implica mezclar el azúcar sin refinar con un jarabe concentrado caliente para ablandar los revestimientos de impurezas sobre los cristales de azúcar de sacarosa. El jarabe se separa después del azúcar sin refinar, tal como mediante centrifugación.

25 En el fundidor 16, el azúcar sin refinar se disuelve en un eluyente (por ejemplo, agua o agua potable de la refinera) de la línea eluyente 14, y se calienta para proporcionar un licor derretido que sale del fundidor 16 a través de la línea de fluido 18. Las concentraciones de sólidos secos adecuadas del azúcar sin refinar en el eluyente para el licor derretido varían de aproximadamente 50 % en peso a aproximadamente 75 % en peso. En algunas modalidades las concentraciones de sólidos secos adecuadas del azúcar sin refinar en el eluyente para el licor derretido varía de aproximadamente 60 % en peso a aproximadamente 70 % en peso (por ejemplo, aproximadamente 65 % en peso).

30 El licor derretido se hace pasar después a través de la unidad de filtro 20, que incluye uno o más filtros configurados para eliminar partículas sólidas no disueltas y una porción del color del licor derretido. El licor derretido filtrado resultante se alimenta después a través de la línea de fluido 22 para la unidad de decoloración por intercambio iónico 24, que es una o más columnas de intercambio iónico que convenientemente contienen una o más resinas de intercambio de aniones fuertes. Por ejemplo, la unidad de decoloración por intercambio iónico 24 puede incluir una primera columna o primera serie de columnas (por ejemplo, columna 26) que contiene una(s) primera(s) resina(s) de intercambio de aniones (por ejemplo, un decolorante de aniones de acrílico), y una segunda columna o segunda serie de columnas (por ejemplo, columna 28) que contiene una(s) segunda(s) resina(s) de intercambio de aniones (por ejemplo, un decolorante de aniones estirénicos). La unidad de decoloración por intercambio iónico 24 elimina las impurezas colorantes del licor derretido de la línea de fluido 22, lo que aclara de esta manera el color de un color marrón a un color blanquecino.

35 Los parámetros de operación de la unidad de decoloración por intercambio iónico 24 pueden variar en dependencia de varios factores de procesamiento, tales como el régimen de flujo y composición del licor derretido de la línea de fluido 22. Ejemplos de parámetros de operación adecuados para la columna 26 de la unidad de decoloración por intercambio iónico 24 incluyen una velocidad de agotamiento del lecho de aproximadamente de tres volúmenes del lecho por hora (bv/h), con una temperatura de agotamiento de aproximadamente 80 °C, y con un regenerante de una solución de 10 % de cloruro de sodio (NaCl) y 1 % de hidróxido de sodio (NaOH) en agua con una temperatura de regeneración adecuada. Las temperaturas de regeneración adecuadas pueden variar en una gran variación de temperaturas, y pueden variar de aproximadamente 25 °C a aproximadamente 75 °C. Ejemplos de resinas para la columna 26 incluyen resinas de aniones fuertes, tales como un decolorante de aniones de acrílico comercialmente disponible bajo el nombre comercial "LANXESS" S 5428" de Lanxess Corporation, Birmingham, NJ; y similares productos de resina de intercambio iónico.

40 Ejemplos de parámetros de operación adecuados para la columna 28 de la unidad de decoloración por intercambio iónico 24 incluyen una velocidad de agotamiento del lecho de aproximadamente de tres volúmenes del lecho por hora (bv/hr), y con una temperatura de agotamiento de aproximadamente 80 °C, y con un regenerante de una solución de 10 % de cloruro de sodio (NaCl) y 1 % de hidróxido de sodio (NaOH) en agua con una temperatura de regeneración adecuada (por ejemplo, de aproximadamente 25 °C a aproximadamente 75 °C). Ejemplos de resinas para la columna 28 incluyen resinas de aniones fuertes, tales como un decolorante de aniones estirénicos comercialmente disponible

bajo el nombre comercial "LANXESS" S 6368" de Lanxess Corporation, Birmingham, NJ, y similares productos de resina de intercambio iónico.

- 5 El licor fino resultante se alimenta después a través de la línea de fluido 30 al sistema de evaporación 32, que se configura para aumentar la concentración de sólidos de los cristales de azúcar de sacarosa en el eluyente, tal como por ebullición de una porción del eluyente. El licor fino concentrado resultante que sale del sistema de evaporación 32 a través de la línea de fluido 34 puede tener concentración de sólidos secos que varía de aproximadamente 70 % en peso a aproximadamente 75 % en peso.
- 10 El licor fino concentrado se alimenta después a través de la línea de fluido 34 a la unidad de cristalización/centrifugación 36, que es una unidad de cristalización y centrifugación de múltiples temlas configurada para cristalizar y separar el producto de azúcar blanca deseado del eluyente que contiene impurezas. Por ejemplo, la unidad de cristalización/centrifugación 36 puede incluir una serie de tachos al vacío en pares y unidades de centrifugación (por ejemplo, tachos al vacío 38_i , 38_{i+1} , ..., 38_n y unidades de centrifugación 40_i , 40_{i+1} , ..., 40_n). En esta modalidad, el licor fino concentrado 34 se alimenta al tacho al vacío 38_i , donde se concentra, se siembra con azúcar fina, y se alimenta bajo una condición saturada de azúcar para permitir que cristales de sacarosa crezcan y se separen del jarabe resultante. La masa cocida resultante se dirige después a la unidad de centrifugación 40_i , donde los cristales de sacarosa se separan del licor madre resultante o jarabe de escorrentía.
- 15
- 20 Los cristales de sacarosa se retransmiten desde la unidad de centrifugación 40_i a través de la línea de producto 42 y se secan para proporcionar el producto de azúcar blanca cristalina deseado. En este punto en el proceso, el licor madre se transfiere al tacho al vacío 38_{i+1} . El licor madre que entra al tacho al vacío 38_{i+1} tiene una menor concentración de sacarosa en comparación con el licor fino concentrado de la línea de fluido 34 debido a la cristalización y separación de los cristales de sacarosa.
- 25 Sin embargo, el licor madre todavía conserva una cantidad económicamente valiosa de sacarosa. Como tales, múltiples temlas de cristalización y centrifugación pueden realizarse de una manera en serie en tachos al vacío 38_{i+1} ... 38_n y unidades de centrifugación 40_{i+1} ... 40_n . Los cristales de sacarosa separados de cada unidad de centrifugación se transfieren después a lo largo de la línea de producto 42, y se secan para proporcionar más cantidades del producto de azúcar blanca cristalina deseado. Durante cada etapa de cristalización, la concentración de sacarosa en el licor madre disminuye. Esto puede continuar hasta que no se pueda obtener sacarosa adicional, tal como debido a restricciones de solubilidad, si el azúcar resultante es de calidad demasiado pobre para el producto o debido a recirculación, y/o razones económicas. Ejemplos de números adecuados de pares de tachos al vacío y unidades de centrifugación varía de uno a diez, con números particularmente adecuados que varían de tres a cinco.
- 30
- 35 El producto de azúcar blanca cristalina deseado de la línea de producto 42 puede después experimentar una o más etapas de posproducción y a continuación envasarse para uso del consumidor. Por otro lado, el jarabe de escorrentía final o licor madre sale de la unidad de cristalización/centrifugación 36 a través de la línea de fluido 44 para la unidad de ablandamiento del jarabe 46. La unidad de ablandamiento del jarabe 46 se configura para eliminar cationes divalentes, tales como iones calcio y magnesio del jarabe final. Esto aumenta la eficiencia de la etapa de cromatografía posterior en la unidad de cromatografía 48, que de cualquier otra manera puede no funcionar tan eficientemente con jarabe que contiene altos niveles de cationes divalentes.
- 40
- 45 En modalidades en las que la base de monovalentes del jarabe de la línea de fluido 44 excede de 15 miliequivalentes/100 gramos de sólidos disueltos, entonces la unidad de ablandamiento del jarabe 46 puede incorporar un suavizante de cationes débiles. Alternativamente, en modalidades en las que la base de monovalentes del jarabe de la línea de fluido 44 no excede de 15 miliequivalentes/100 gramos de sólidos disueltos, entonces la unidad de ablandamiento del jarabe 46 puede incorporar un suavizante de cationes fuertes.
- 50 La razón de esta distinción es que como la concentración de monovalentes en el jarabe aumenta, una resina de cationes fuertes tenderá a regenerarse por los monovalentes en lugar de obtener el reblandecimiento de divalentes deseado. Si bien el suavizante de cationes fuertes se regenera con una solución de NaCl, el suavizante de cationes débiles requiere una regeneración múltiple que consiste de una regeneración ácida para eliminar los cationes divalentes, seguido de una regeneración cáustica para convertir la resina a la forma monovalente.
- 55
- 60 Los parámetros de operación de la unidad de ablandamiento del jarabe 46 pueden variar en dependencia de varios factores de procesamiento, tales como el régimen de flujo y composición del jarabe de la línea de fluido 44. Ejemplos de parámetros de operación adecuados para la unidad de ablandamiento del jarabe 46 que usa un suavizante de cationes débiles incluyen una velocidad de agotamiento del lecho aproximadamente de tres bv/h, con una temperatura de agotamiento de aproximadamente 85 °C, y con un primer regenerante de una solución de 4 % de ácido clorhídrico (HCl) en agua con una primera temperatura de regeneración adecuada (por ejemplo, de aproximadamente 25 °C a aproximadamente 75 °C), y primera velocidad de regeneración aproximadamente de tres bv/h; y un segundo regenerante de una solución de 4 % de hidróxido de sodio (NaOH) en agua con una segunda temperatura de regeneración adecuada (por ejemplo, de aproximadamente 25 °C a aproximadamente 75 °C), y segunda velocidad de regeneración aproximadamente de tres bv/h. Ejemplos de resinas de cationes débiles adecuadas incluyen aquellas
- 65

comercialmente disponibles bajo el nombre comercial "LANXESS" S 8528" de Lanxess Corporation, Birmingham, NJ; y similares productos de resina de intercambio iónico.

5 Ejemplos de parámetros de operación adecuados para la unidad de ablandamiento del jarabe 46 que usa un suavizante de cationes fuertes incluyen una velocidad de agotamiento del lecho aproximadamente de dos bv/h), con una temperatura de agotamiento de aproximadamente 85 °C, y con un regenerante de una solución de 10 % de cloruro de sodio (NaCl) en agua con una temperatura de regeneración adecuada (por ejemplo, de aproximadamente 25 °C a aproximadamente 75 °C). Ejemplos de resinas de cationes fuertes adecuadas incluyen aquellas comercialmente disponibles bajo los nombres comerciales "DOWEX MARATHON" y "DOWEX MONOSPHERE" de The Dow Chemical Company, Midland, MI; y similares productos de resina de intercambio iónico.

10 El jarabe ablandado después viaja desde unidad de ablandamiento del jarabe 46 hasta la unidad de cromatografía 48 a través de la línea de fluido 50. La unidad de cromatografía 48 es una serie de columnas de cromatografía configuradas para reducir azúcar invertido, sales, y nivel de color en el jarabe ablandado, y para reciclar el producto de bajo contenido de sacarosa invertida resultante hacia el extremo frontal del sistema 10, tal como hacia el fundidor 16, a través de línea de reciclaje 52. El uso de la unidad de ablandamiento del jarabe 46 y la unidad de cromatografía 48 excluye la necesidad de una cámara de recuperación convencional, que, como se discutió anteriormente, típicamente usa un proceso de alto consumo de energía y equipamiento.

15 La unidad de cromatografía 48 utiliza resina de intercambio iónico de cationes y es dependiente en un mecanismo de exclusión de tamaño. Los compuestos invertidos más pequeños, tales como glucosa y fructosa, se adsorben preferencialmente ya que el jarabe pasa a través de la resina lo que resulta así en una migración diferencial de la sacarosa invertida y deseada (es decir, la invertida queda atrás). Por lo tanto, la invertida puede recuperarse como una fracción separada de la fracción de sacarosa.

20 Los tipos adecuados de cromatografía apropiada para la unidad de cromatografía 48 incluyen operaciones de lecho continuo de movimiento simulado ("SMB"), operaciones de SMB variable en tiempo, operaciones de SMB semicontinuas, operaciones de SMB secuenciales, y operaciones de SMB pulsadas. Ejemplos de procesos de SMB se describen, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos núm. 6.379.554 (método de cromatografía de desplazamiento); patente de Estados Unidos núm. 5.102.553 (proceso de lecho en movimiento simulado variable en tiempo), patente de Estados Unidos núm. 6.093.326 (proceso de lecho en movimiento simulado secuencial, de una sola cola); y patente de Estados Unidos núm. 6.187.204 (lo mismo). Mientras la cromatografía en lote puede alternativamente usarse para esta etapa, se reconoce generalmente como menos eficiente con respecto al uso del eluyente y la cantidad de resina requerida en comparación con los métodos de tipo de lecho en movimiento simulado.

25 El número de columnas o lechos para la unidad de cromatografía 48 puede variar en dependencia de múltiples factores, tal como la composición y el régimen de flujo del jarabe ablandado de la línea de fluido 50. Ejemplos de número de columnas o lechos adecuado para la unidad de cromatografía 48 varía de uno a ocho. Ejemplos de resinas de cromatografía de cationes adecuadas incluyen aquellas comercialmente disponibles bajo el nombre comercial "DOWEX MONOSPHERE" de The Dow Chemical Company, Midland, MI; y bajo los nombres comerciales resinas "1310" y resinas "1320" de Rohm and Haas Company, Filadelfia, PA; aquellas bajo el nombre comercial "DIAION" de Mitsubishi Chemical Company, Tokio, Japón; y similares productos de resina de intercambio iónico.

30 El azúcar invertido separado del jarabe ablandado puede salir de la unidad de cromatografía 48 a través de la línea de producto invertido 54 para usar en otros procesos, como se desee. El producto de bajo contenido de sacarosa invertida resultante puede reciclarse hacia el extremo frontal del sistema 10, tal como hacia el fundidor 16, a través de la línea de reciclaje 52, como se discutió anteriormente. Esto permite que el producto de bajo contenido de sacarosa invertida, que además es bajo en contenido de color y sales, se procese a través del sistema 10 de nuevo para recuperar cantidades adicionales de sacarosa, lo que aumenta de esta manera la cantidad de sacarosa económicamente valiosa que se alcanza del sistema 10.

35 La Fig. 2 ilustra el sistema 110 para la producción de sacarosa de alta calidad con altos niveles de recuperación a partir de azúcar sin refinar, que es una alternativa al sistema 10 (que se muestra en la Fig. 1), y donde los números de referencia correspondientes se incrementan en "100". Como se muestra en la FIG. 2, el sistema 110 se suma a la eficiencia del sistema 10 mediante la incorporación de etapas de limpieza adicionales a la combinación de intercambio iónico/cromatografía. Esto puede ser útil si el azúcar sin refinar es difícil de procesar en calidad aceptable. Ya que el azúcar sin refinar puede frecuentemente suministrarse a una refinería con características impredecibles, el sistema 110 es un proceso preferido en la mayoría de los casos para asegurar un producto de sacarosa de alta calidad continuo.

40 El sistema 110 incluye línea de azúcar sin refinar 112, línea de eluyente 114, fundidor 116, línea de fluido 118, unidad de filtro 120, línea de fluido 122, unidad de decoloración por intercambio iónico 124, línea de fluido 130, sistema de evaporación 132, línea de fluido 134, unidad de cristalización/centrifugación 136, línea de producto 142, línea de fluido 144, unidad de ablandamiento del jarabe 146, y línea de fluido 150, cada uno de los cuales puede funcionar de la misma manera como se discutió anteriormente para los componentes respectivos del sistema 10 para producir el producto de azúcar blanca cristalina deseado en la línea 142 y el jarabe ablandado en la línea de fluido 150.

5 El sistema 110 puede además incluir la unidad de clarificación 155 y la línea de fluido 156, que se encuentra entre la línea de fluido 118 y el filtro 120. La unidad de clarificación 155 se configura para clarificar el licor derretido, y puede incluir un proceso de fosfatación/clarificación. Después de salir de la unidad de clarificación 155, el licor derretido clarificado puede entrar en la unidad de filtro 120 a través de la línea fluido 156. El licor derretido clarificado y filtrado puede después proseguir a través de las unidades anteriormente discutidas para producir el producto de azúcar blanca deseado en la línea 142 y el jarabe ablandado en la línea de fluido 150.

10 El jarabe ablandado después viaja a través de la línea de fluido 150 desde la unidad de ablandamiento del jarabe 146 hasta la primera vuelta de la unidad de cromatografía 157. La primera vuelta de la unidad de cromatografía 157 puede funcionar de la misma manera que la unidad de cromatografía 48 para reducir los niveles del azúcar invertido, color, y sales en el jarabe de producto. En consecuencia, la primera vuelta de la unidad de cromatografía 157 se usa para la separación de los compuestos invertidos del jarabe ablandado. El azúcar invertido separado del jarabe ablandado puede salir de la unidad de cromatografía 157 a través de la línea de producto invertido 158 para usar en otros procesos, como se desee.

15 El producto de bajo contenido de sacarosa invertida o intermedia resultante puede dirigirse a través de la línea de fluido 160 a un segundo sistema de evaporación 162, que se configura para aumentar la concentración de sólidos de los sólidos en el producto de bajo contenido de sacarosa invertida, por ebullición de una porción del eluyente. El producto de sacarosa concentrada resultante que sale del sistema de evaporación 162 a través de la línea de fluido 164 puede tener concentración de sólidos secos que varía de aproximadamente 50 % en peso a aproximadamente 70 % en peso.

20 El producto de sacarosa concentrada se alimenta después a una segunda vuelta de la unidad de cromatografía 166. La segunda vuelta de la unidad de cromatografía 166 puede funcionar además de la misma manera que la unidad de cromatografía 48 para reducir aún más los niveles del azúcar invertido, color, y sales en el jarabe de producto. El extracto o jarabe enriquecido que sale de la segunda vuelta de la unidad de cromatografía 166 a través de la línea de fluido 168 es un extracto de alta pureza que contiene principalmente sacarosa. En comparación, el segundo subproducto refinado que sale de la segunda vuelta de la unidad de cromatografía 166 a través de la línea de refinado 170 contiene principalmente sales, color, y compuestos de alto peso molecular.

25 El jarabe enriquecido que viaja a través de la línea de fluido 168 puede someterse opcionalmente de nuevo a la eliminación de color adicional, desodorización, y esterilización mediante el uso de una etapa de peróxido de hidrógeno/carbono. Por ejemplo, el jarabe enriquecido que viaja a través de la línea de fluido 168 puede alimentarse al reactor 172, donde el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) se añade al jarabe enriquecido y se deja reaccionar durante un período de tiempo (por ejemplo, aproximadamente 30 minutos).

30 Tras la reacción del peróxido de hidrógeno en el reactor 172, el jarabe enriquecido puede viajar a través de la línea de fluido 174 hasta la unidad de tratamiento con carbono 176. En la unidad de tratamiento con carbono 176, el carbono se usa para catalizar la eliminación del peróxido remanente, si es necesario, y además eliminar color y olor adicionales. El carbono puede añadirse como carbón activado en polvo (PAC) y después se filtra, o el jarabe puede pasar a través de un lecho de carbón activado granulado (GAC). Los niveles típicos de peróxido de hidrógeno son de 100 a 500 partes por millón (ppm) de H_2O_2 en sólidos disueltos. Los niveles más altos son apropiados para el material que presenta color y/o olor superiores. Los niveles típicos de adición de carbono varían de aproximadamente 0.001 gramos por gramo de sólidos disueltos a aproximadamente 0.005 gramos por gramo de sólidos disueltos. Una vez más, niveles más altos son apropiados cuando el color y el olor son altos.

35 Si no se necesita el efecto de decoloración/desodorización del carbono, el peróxido de hidrógeno residual puede eliminarse, si es necesario, mediante el uso de una enzima catalasa, que proporciona una eliminación catalítica del peróxido. Después de salir de la unidad de tratamiento con carbono 176 a través de la línea de fluido 178, el jarabe enriquecido resultante puede filtrarse en la unidad de filtro 180 para eliminar cualquier carbono residual del jarabe enriquecido.

40 El producto de bajo contenido de sacarosa invertida resultante puede reciclarse hacia el extremo frontal del sistema 110, tal como hacia el fundidor 116, a través de la línea de reciclaje 182. Esto permite que el producto de bajo contenido de sacarosa invertida, que además es bajo en contenido de color y sales, y contenido de cenizas se procese a través del sistema 110 de nuevo para recuperar cantidades adicionales de sacarosa, lo que aumenta de esta manera la cantidad de sacarosa económicamente valiosa que se alcanza del sistema 110.

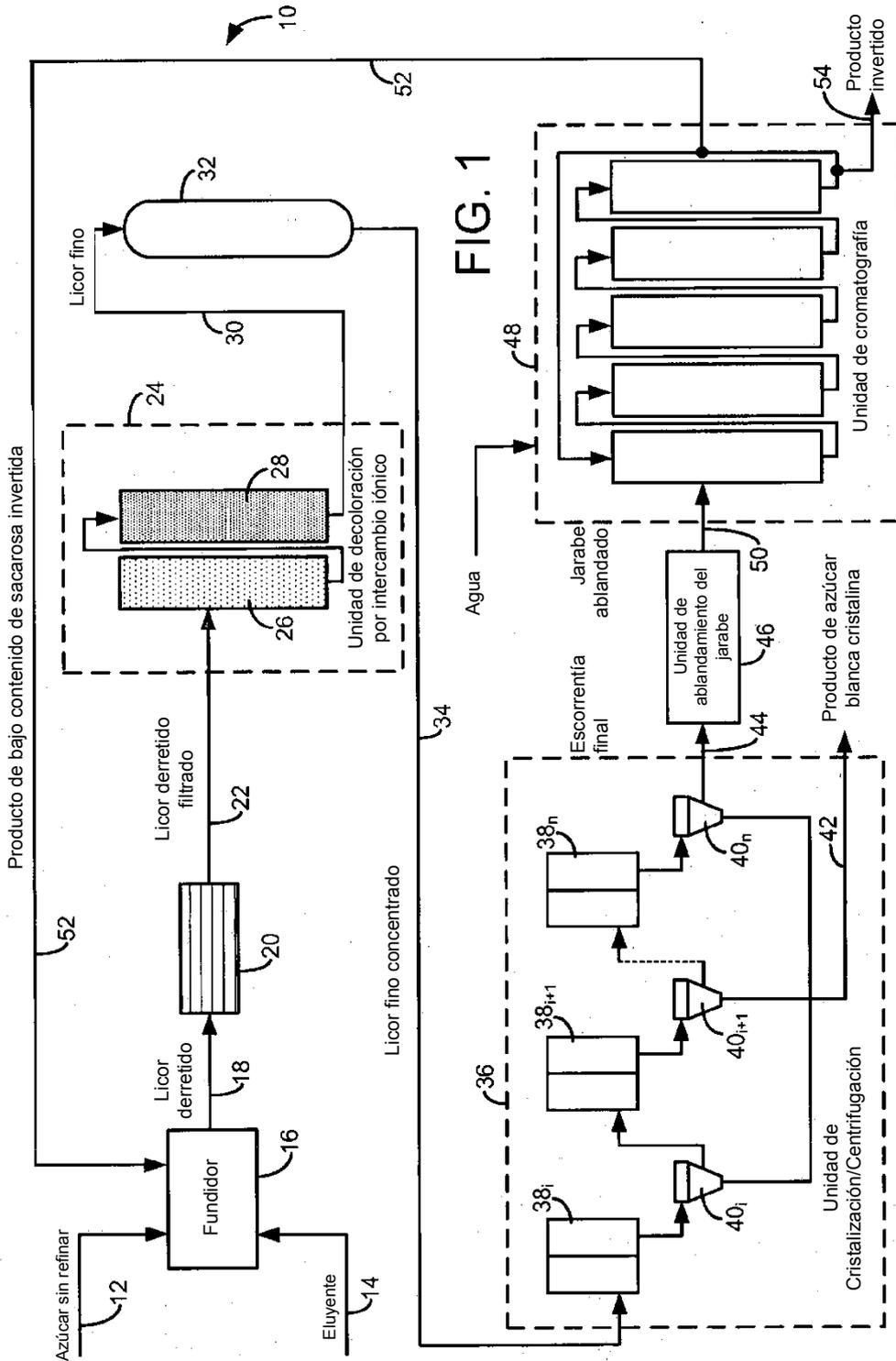
45 Los sistemas 10 y 110 pueden además incluir uno o más componentes de proceso que pueden usarse para mejorar la eficiencia de las etapas de intercambio iónico y cromatografía, tales como la tecnología fractal de lecho superficial como se describe en la patente de los Estados Unidos núm. 7.390.408. Este método, aunque no es necesario para la funcionalidad de los sistemas 10 y 110, generalmente proporcionará ventajas adicionales con respecto a la reducción de los costos de capital, la mejora de calidad del producto, y el uso reducido de agua.

50 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a las modalidades preferidas, los expertos en la materia reconocerán que pueden hacerse cambios en la forma y detalle sin apartarse del alcance de la invención.

Reivindicaciones

1. Un sistema para refinar azúcar sin refinar , el sistema que comprende :
 5 una unidad de derretido configurada para recibir el azúcar sin refinar y un eluyente para producir un licor derretido;
 una unidad de decoloración configurada para recibir el licor derretido y para producir un licor fino;
 una unidad de cristalización configurada para fraccionar la sacarosa cristalina de alta pureza del licor fino y para proporcionar un jarabe de escorrentía;
 10 una unidad de ablandamiento configurada para recibir el jarabe de escorrentía para producir un jarabe ablandado;
 al menos una unidad de separación configurada para recibir el jarabe ablandado para producir un producto con bajo contenido de sacarosa invertida; y
 una línea de reciclaje configurada para retransmitir el producto con bajo contenido de sacarosa invertida de la al menos una unidad de separación hacia la unidad de derretido.
 15
2. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, en donde la al menos una unidad de separación comprende una serie de columnas de cromatografía configuradas para recibir el jarabe ablandado y para fraccionar al menos una porción de los compuestos invertidos del jarabe ablandado recibido.
- 20 3. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, en donde la al menos una unidad de separación comprende: una primera serie de columnas de cromatografía configuradas para recibir el jarabe ablandado y para producir un producto de sacarosa intermedio;
 una unidad concentradora configurada para aumentar una concentración de sólidos en el producto de sacarosa intermedio para producir un producto de sacarosa concentrada; y
 25 una segunda serie de columnas de cromatografía configuradas para recibir el producto de sacarosa concentrada y para producir el producto de bajo contenido de sacarosa invertida.
4. El sistema de conformidad con la reivindicación 3 que comprende además:
 30 un reactor con peróxido de hidrógeno configurado para recibir el producto de bajo contenido de sacarosa invertida de la segunda serie de columnas de cromatografía;
 una unidad de tratamiento con carbono dispuesta aguas abajo desde el reactor con peróxido de hidrógeno; y
 una unidad de filtración dispuesta aguas abajo de la unidad de tratamiento con carbono y aguas arriba de la línea de reciclaje.
- 35 5. El sistema de conformidad con la reivindicación 3, y que comprende además una línea de refinado conectada a una de la segunda serie de columnas de cromatografía, en donde la segunda serie de columnas de cromatografía están configuradas adicionalmente para producir un subproducto refinado del jarabe enriquecido concentrado y proporcionar el subproducto refinado a la línea de refinado.
- 40 6. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, en donde el producto de sacarosa concentrada producido por la unidad concentradora tiene una concentración de sólidos secos que varía de aproximadamente 50 % en peso a aproximadamente 70 % en peso.
- 45 7. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, en donde el jarabe de escorrentía proporcionado por la unidad de cristalización comprende compuestos invertidos, sacarosa sin fraccionar, y cationes divalentes.
8. El sistema de conformidad con la reivindicación 7, y que comprende además una línea de producto invertido, en donde la al menos una unidad de separación se configura además para proporcionar la porción fraccionada de los compuestos invertidos a la línea de producto invertido.
 50
9. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, en donde la unidad de cristalización comprende una serie de tachos al vacío y unidades de centrifugación.
- 55 10. Un método para refinar azúcar sin refinar, el método que comprende :
 combinar el azúcar sin refinar y un eluyente para producir un licor derretido que tiene un nivel de color;
 reducir el nivel de color del licor derretido para producir un licor fino;
 fraccionar sacarosa del licor fino para producir sacarosa cristalina de alta pureza y un jarabe de escorrentía;
 eliminar al menos una porción de cationes divalentes del jarabe de escorrentía para producir un jarabe ablandado;
 60 eliminar al menos una porción de los compuestos invertidos del jarabe ablandado mediante el uso de una migración diferencial a través de una resina de intercambio iónico para producir un producto de bajo contenido de sacarosa invertida, unos compuestos invertidos; y
 combinar el producto de bajo contenido de sacarosa invertida con cantidades posteriores de azúcar sin refinar y el eluyente.
 65

11. El método de conformidad con la reivindicación 10, en donde eliminar al menos una porción de los compuestos invertidos del jarabe ablandado comprende:
alimentar el jarabe ablandado a través de una primera serie de columnas de cromatografía para producir un producto de sacarosa intermedio;
5 aumentar la concentración de sólidos en el producto de sacarosa intermedio para producir un producto de sacarosa concentrada; y
alimentar el producto de sacarosa concentrada a través de una segunda serie de columnas de cromatografía para producir el producto de bajo contenido de sacarosa invertida.
- 10 12. El método de conformidad con la reivindicación 11 que comprende además:
hacer reaccionar el producto de bajo contenido de sacarosa invertida de la segunda serie de columnas de cromatografía con peróxido de hidrógeno;
tratar el producto de bajo contenido de sacarosa invertida reaccionado con carbono; y
15 filtrar el producto de bajo contenido de sacarosa invertida tratado.
- 20 13. El método de conformidad con la reivindicación 11, en donde el aumento de la concentración de sólidos en el producto de sacarosa intermedio para producir el producto de sacarosa concentrada comprende evaporar una porción del eluyente de manera que el producto de sacarosa concentrada tenga una concentración de sólidos secos que varía de aproximadamente 50 % en peso a aproximadamente 70 % en peso.
14. El método de conformidad con la reivindicación 11, y que comprende además eliminar al menos una porción de un subproducto refinado de la segunda serie de columnas de cromatografía.
- 25 15. El método de conformidad con la reivindicación 10, en donde el fraccionamiento de la sacarosa del licor fino para producir sacarosa cristalina de alta pureza y el jarabe de escorrentía comprende cristalizar y separar la sacarosa cristalina de alta pureza en una unidad de múltiples templas.



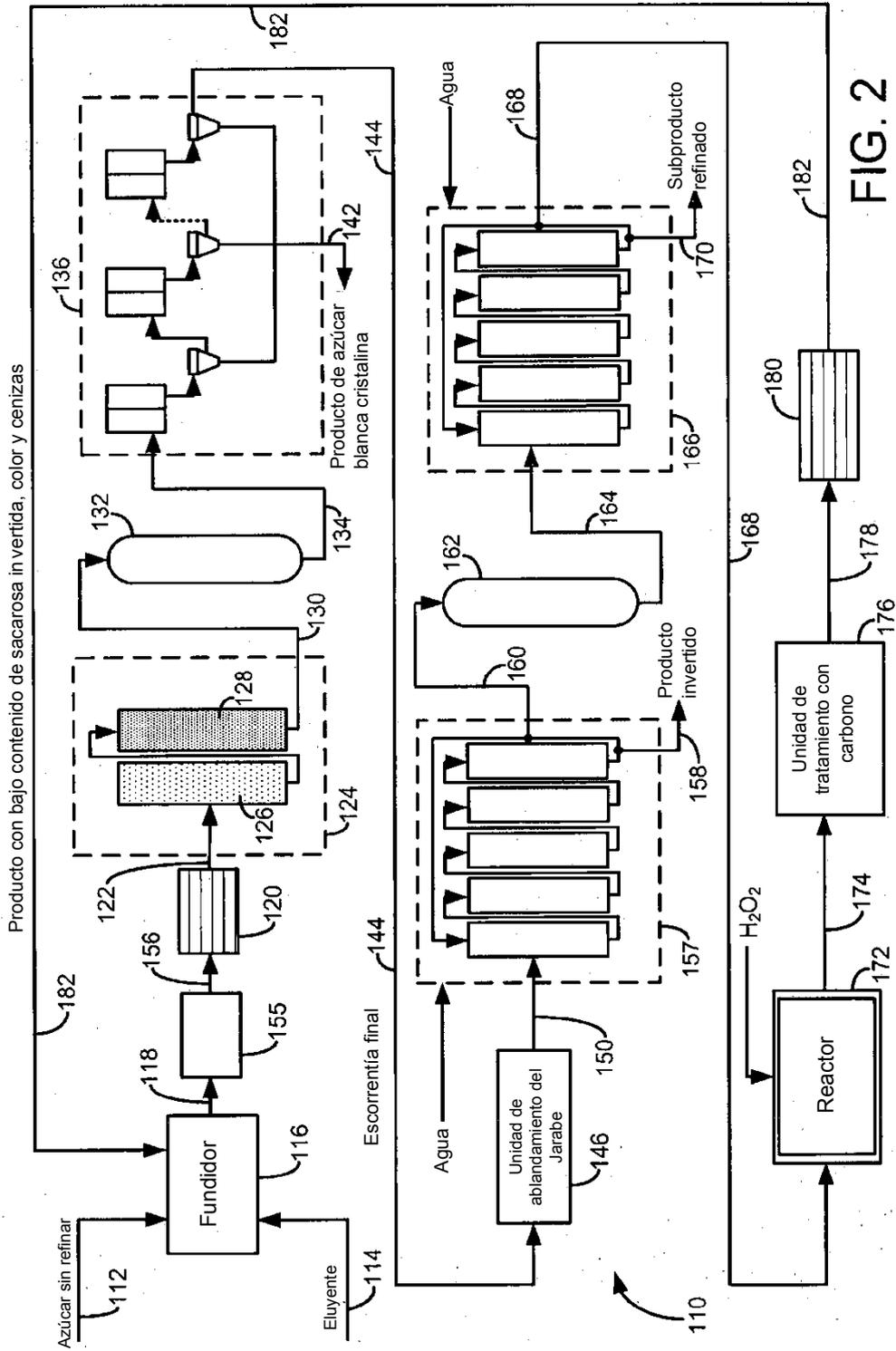


FIG. 2