

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 897**

51 Int. Cl.:  
**C13B 35/06** (2011.01)  
**C13B 20/14** (2011.01)  
**C13B 20/18** (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06841506 .6**  
96 Fecha de presentación: **20.12.2006**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1963539**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.09.2008**

54 Título: **Proceso para la recuperación de componentes de sacarosa y/o no de sacarosa**

30 Prioridad:  
**21.12.2005 GB 0526034**  
**21.12.2005 US 752655 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**18.04.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**18.04.2012**

73 Titular/es:  
**DANISCO A/S**  
**LANGEBROGADE 1 PO BOX 17**  
**1001 COPENHAGEN K, DK**

72 Inventor/es:  
**CARTER, Melvin P y**  
**JENSEN, John Preben**

74 Agente/Representante:  
**Durán Moya, Luis Alfonso**

ES 2 378 897 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**

Proceso para la recuperación de componentes de sacarosa y/o no de sacarosa

5 **SECTOR DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un proceso para la recuperación de componentes de sacarosa y/o no de sacarosa de una solución que contiene sacarosa y, más particularmente, se refiere a un proceso en el que se utiliza electrodiálisis. Además, la presente invención se refiere a la utilización de electrodiálisis en la recuperación de componentes de sacarosa y/o no de sacarosa.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La electrodiálisis (ED), como técnica, se conoce desde los años 1950 y se utiliza ampliamente, por ejemplo, en el desalado de agua y suero y en la industria de la química inorgánica, por ejemplo para recuperar ácidos orgánicos de soluciones. El desalado de soluciones de caña de azúcar o remolacha azucarera mediante ED se estableció en los años 1960 a 80 en diversas publicaciones de patente. La electrodiálisis separa las sales de una solución de azúcar utilizando membranas de intercambio catiónico y aniónico alternativas. Esto se realiza haciendo pasar una corriente continua a través de una pila de membranas, haciendo que los aniones se muevan a través de la membrana de intercambio aniónico y los cationes a través de la membrana de intercambio catiónico. Los cationes no pueden desplazarse a través de la membrana de intercambio aniónico.

El documento US 3 799 806 da a conocer un proceso para la purificación y clarificación de zumos de azúcar, que implica ultrafiltración seguida de purificación con electrodiálisis. El azúcar se separa mediante cristalización del zumo purificado.

El documento US 3 781 174 da a conocer un proceso continuo para producir azúcar refinado a partir de zumo extraído de caña de azúcar. Este proceso comprende eliminar además las impurezas y la materia colorante utilizando una combinación de electrodiálisis en resina de intercambio iónico y membrana de intercambio iónico, concentrar el zumo purificado y cristalizar el zumo concentrado para formar azúcar refinado.

El documento US 4 331 483 da a conocer un proceso para purificar zumo de remolacha, poniendo en contacto al zumo a purificar con, como mínimo, dos intercambiadores de iones formados por un soporte mineral poroso cubierto con una película de polímero reticulado que contiene o que porta grupos de sal de amonio cuaternario para, como mínimo, uno de los intercambiadores de iones y grupos sulfona para, como mínimo, uno de los otros intercambiadores de iones. El intercambio iónico se utiliza para eliminar proteínas, aminoácidos y betaína. Además, el zumo purificado podría ser desmineralizado mediante intercambio iónico o electrodiálisis. El azúcar se separa a continuación mediante cristalización a partir del zumo purificado.

El documento US 4 083 732 da a conocer un método de tratamiento de zumo de azúcar fresco a aproximadamente temperatura ambiente que incluye eliminar impurezas no de azúcar, concentrar el zumo blanco acuoso y frío resultante mediante ósmosis inversa para formar un jarabe que se evapora para formar azúcar blanco directo y melaza comestible. También se da a conocer un método de eliminación de iones del jarabe mediante electrodiálisis para producir melaza comestible.

Por lo tanto, la electrodiálisis es bien conocida como método para desalar jarabe de caña de azúcar o melaza con una concentración relativamente alta. En el caso de jarabe de azúcar o melaza, sin embargo, se ha considerado defectuosa ya que el contenido no de azúcar orgánico se adheriría a y precipitaría sobre la película de intercambio aniónico y dificultaría la limpieza de la película. Un método para la reducción del ensuciamiento mediante la precipitación de calcio y silicio antes de la electrodiálisis se da a conocer en el documento US 4 492 601. Éste describe un proceso para clarificar y desalar jarabe de caña de azúcar o melaza, en el que impurezas oxiaácidas inorgánicas y ácidas orgánicas se eliminan de soluciones de caña de azúcar o melaza sin refinar mediante las etapas de (1) mezclar con la solución de jarabe de caña de azúcar o melaza sin refinar un cloruro soluble en agua de un ión de metal alcalinotérreo que reacciona con aniones y radicales oxiaácidos inorgánicos y con ácidos orgánicos para formar un precipitado insoluble en agua de dichos aniones y radicales oxiaácidos y ácidos orgánicos, (2) separar dicho precipitado de dicha solución, (3) diluir la solución sin precipitado, y (4) someter a dicha solución diluida a una electrodiálisis utilizando una película de intercambio catiónico y una película neutra dispuestas de manera alterna.

Sin embargo, la ED no se ha utilizado habitualmente hasta finales de los 1990 en la industria azucarera, debido a los elevados costes de inversión y debido a problemas de ensuciamiento causados por productos aniónicos eliminados mediante ED a partir de melaza. Se han patentado diversos exhaustivos métodos de pretratamiento para superar el problema de ensuciamiento, por ejemplo los documentos US 4 711 722 y JP 58-082124.

El desarrollo de membranas de intercambio aniónico resistentes al ensuciamiento y resistentes a alta temperatura y el diseño de pilas de electrodiálisis ha facilitado la utilización económica de ED en la industria azucarera. Eurodia

- Industrie S.A. ha establecido tecnología de ED comercialmente viable para el desalado de melaza de caña, jarabe de remolacha azucarera y azúcar líquido. Lutin describe la electrodiálisis como una tecnología de purificación en la industria azucarera especialmente para sustituir parcialmente resinas de intercambio iónico para la desmineralización y purificación de jarabes de azúcar (Zuckerindustrie [Industria azucarera] 125, No 12, págs. 982-984, 2000 de Lutin). Debe observarse que la tecnología de intercambio iónico no da a conocer un resultado idéntico a ED y que la regeneración de resinas de intercambio iónico implica necesariamente la utilización de ácidos y bases fuertes mientras que las resinas de ED se limpian fácilmente ocasionalmente mediante un lavado ácido seguido de un lavado alcalino con menos productos químicos que en el intercambio iónico.
- Además, se ha sospechado que los cationes de metales alcalinos son altamente melazagénicos al mantener al azúcar en la melaza e impidiendo que éste sea recuperado como azúcar cristalino. Elmidaoui y otros (Elsevier, Desalination 148, 2002, págs. 143-148) describen la eliminación de iones melazagénicos especialmente  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$  para jarabes de remolacha azucarera mediante electrodiálisis, utilizando una membrana de intercambio aniónico.
- Sin embargo, ninguna de las técnicas anteriores mencionadas da a conocer un proceso en el que se utilice separación cromatográfica.
- La separación cromatográfica se ha utilizado en la industria azucarera, por ejemplo para recuperar sacarosa, betaína y/o rafinosa de soluciones de azúcar, tales como melaza. Los documentos US 5 795 398 y 6 224 776 describen procesos de la técnica anterior para dicha recuperación.
- El artículo "New technologies in the sugar industry" (Nuevas tecnologías en la industria azucarera) de Matild Eszterle (Cukoripar liv, vol 54, (2001) No 1, págs. 4-10) da a conocer técnicas de separación utilizadas en la industria azucarera que incluyen cromatografía y electrodiálisis. Estas técnicas se dan a conocer como alternativas para la purificación de zumos de azúcar. Este artículo no da a conocer ninguna combinación específica de estas técnicas y solamente pretende dar a conocer un método que reduciría la cantidad de etapas de cristalización que consumen energía.
- El documento US 6 406 547 da a conocer un proceso para producir azúcar a partir de remolacha que comprende múltiples etapas, incluyendo dos etapas de ultrafiltración diferentes. En este proceso el permeado de la segunda ultrafiltración se nanofiltrar. La fracción retenida de nanofiltración puede utilizarse en operaciones de evaporación y cristalización para producir cristales de azúcar blanco. El proceso puede incluir opcionalmente etapas de intercambio iónico y/o purificación por electrodiálisis, antes de o después de la etapa de nanofiltración. Los jarabes de reciclado pueden tratarse con un separador cromatográfico para eliminar rafinosa de la solución de azúcar.
- El documento US 6 406 548 da a conocer un proceso similar al documento US 6 406 547, pero el azúcar se produce a partir de caña en lugar de remolacha.
- Kishihara S. y otros, dan a conocer en su artículo "Continuous chromatographic separation of sucrose, glucose and fructose using a simulated moving-bed adsorber" (Separación cromatográfica continua de sacarosa, glucosa y fructosa utilizando un adsorbedor de lecho móvil simulado) (International Sugar Journal, Agra Informa Ltd, Tunbridge Wells, gb, vol. 94, no. 1128, 1992, páginas 305-308) un proceso para la purificación de azúcar utilizando cromatografía. La electrodiálisis se menciona como una opción, pero el artículo no menciona ninguna combinación específica de electrodiálisis y cromatografía, y mucho menos de ventaja específica alguna que la utilización combinada en un orden específico puede aportar al proceso.
- El documento WO 95/16794 describe un proceso para purificar el zumo sin refinar (zumo de difusión) obtenido de remolacha azucarera. En este proceso los tradicionales métodos de purificación por tratamiento en un baño de cal y carbonatación se sustituyen por separación mediante ablandamiento por intercambio iónico y cromatográfica.
- El documento WO 2004/41003 da a conocer un producto a base de un extracto de remolacha azucarera, que es útil como mejorador del sabor en productos comestibles, particularmente en productos alimentarios, especialmente en bebidas edulcoradas con edulcorantes diferentes del azúcar natural. También se da a conocer un proceso para preparar dicho producto. Dicho proceso comienza a partir de diversos flujos del proceso de fabricación de remolacha azucarera y se basa en técnicas de membrana y/o fraccionamiento cromatográfico.
- El documento WO 03/018848 da a conocer un proceso para la preparación de azúcar blanco y moreno a partir de zumo de remolacha en bruto, del difusor. El zumo se purifica mediante filtración en membrana a 70-95°C en un filtro que tiene un límite de peso molecular entre 2.000 y 500.000 Dalton y se evapora hasta un contenido de materia seca de entre el 60 y el 80% en peso al vacío hasta un zumo espeso. Una cristalización evaporativa de múltiples etapas convencional del zumo espeso da afloramientos de cristales de azúcar blanco y moreno.
- En la técnica también se conoce la utilización de electrodiálisis para eliminar sales de hidrolizado de fibra de maíz antes de una etapa de separación cromatográfica en lecho móvil simulado ("SMB") (documentos US 6 586 212 o US 6 352 845).

A pesar de los avances realizados en la técnica, existe una necesidad continuada del desarrollo de nuevos procesos para la separación y recuperación de componentes de sacarosa y no de sacarosa de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar. Específicamente, muchas de las estrategias de la técnica anterior descritas anteriormente en el presente documento implican la utilización de electrodiálisis en solitario para la purificación, y no mencionan la utilización de separación cromatográfica. Por lo tanto, la técnica anterior no da a conocer el tratamiento por electrodiálisis de una solución que contiene sacarosa seleccionada entre melaza y zumos de azúcar no nanofiltrados y licores de azúcar antes de la separación cromatográfica. El problema objetivo a resolver es mejorar el rendimiento global de componentes y permitir la recuperación de fracciones de mayor pureza de componentes de sacarosa y/o no de sacarosa a partir de dichas soluciones que contienen sacarosa y/o mayor capacidad de resina y volúmenes de evaporación reducidos en la separación cromatográfica.

#### CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

Un objetivo de la presente invención es, por lo tanto, dar a conocer un método y utilización para resolver los problemas anteriores. Los objetivos de la presente invención se consiguen mediante un método y utilización que se caracterizan por lo que se indica en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferentes de la presente invención se dan a conocer en las reivindicaciones dependientes.

La invención se basa en la idea de combinar electrodiálisis (ED) y cromatografía de una solución que contiene sacarosa para mejorar la eficacia global en la recuperación de sacarosa y otros subproductos, tales como betaína, a partir de soluciones que contienen sacarosa en comparación con la utilización de cromatografía en solitario. La eficacia global mejorada significa, por ejemplo, mayor pureza de los productos, mayor capacidad de producción, mayor rendimiento de los productos, mejor productividad de resina en cromatografía, menor consumo de energía del proceso, aparatos más pequeños, y/o mayor cantidad de sólidos secos que pasan por el proceso. Se ha descubierto sorprendentemente que el pretratamiento con ED de una solución que contiene sacarosa permite una mejor resolución de los compuestos en la separación cromatográfica y que se obtienen fracciones de producto con mayor pureza.

Una ventaja del método de la presente invención es que el tratamiento con ED de una solución que contiene sacarosa da como resultado un aumento de la pureza después de la eliminación de sales, lo que permite que se cristalice más azúcar después de la separación cromatográfica. También es una ventaja de la presente invención que, en la separación cromatográfica, la resolución de componentes no de sacarosa, tales como rafinosa y betaína, mejorará debido al tratamiento con ED. Por lo tanto, la pureza de estas fracciones aumentará. Esto ofrece un potencial para recuperar rafinosa junto con sacarosa y betaína. Por lo tanto, es un objetivo de la presente invención dar a conocer un método, que enriquezca componentes no de sacarosa para separar fracciones, es decir produzca fracciones de producto más puras.

Otra ventaja del presente proceso es la menor necesidad de energía causada por la reducida cantidad de sólidos secos introducidos en la separación cromatográfica y, como consecuencia, la reducida necesidad de evaporación de las fracciones de producto enriquecido.

La idea en la realización preferente de la presente invención es combinar electrodiálisis (ED), cristalización y cromatografía en lecho móvil simulado de melaza para mejorar la eficacia global en la recuperación de sacarosa y otros subproductos, tales como betaína, en comparación con la utilización de cromatografía en solitario. La realización de ED y cristalización antes de la separación cromatográfica reduce la cantidad de sólidos secos para la separación cromatográfica. Debido a las mayores concentraciones máximas de fracciones de sacarosa, betaína y rafinosa, los volúmenes a evaporar a partir de estas fracciones se reducirán y, por lo tanto, la necesidad de energía se reduce.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación, la presente invención se describirá con más detalle por medio de realizaciones preferentes en referencia a los dibujos adjuntos, en los que

La figura 1 es un diagrama de flujo esquemático del proceso de la presente invención, según una realización.

La figura 2 muestra el perfil de separación cromatográfica de un ensayo por lotes de melaza no tratada.

La figura 3 muestra el perfil de separación cromatográfica de un ensayo por lotes de melaza de ED-D.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Los inventores de la presente invención han descubierto sorprendentemente que la eficiencia de la recuperación de componentes de sacarosa y/o no de sacarosa de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar puede mejorar mediante la utilización de tratamiento con ED antes de una etapa cromatográfica.

La presente invención se refiere a un proceso útil desde el punto de vista industrial para la recuperación de componentes de sacarosa y/o no de sacarosa que comprende

- 5 - proporcionar una solución de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar seleccionada entre melaza, zumos y licores de azúcar, en la que dichos zumos de azúcar no se someten a nanofiltración durante el proceso;
- 10 - someter a dicha solución a electrodiálisis para eliminar de ella aniones y cationes inorgánicos y orgánicos y ácidos orgánicos;
- someter a la solución electrodiálizada a una separación cromatográfica para obtener componentes de sacarosa y no de sacarosa en fracciones separadas; y
- 15 - recuperar un producto seleccionado entre componentes de sacarosa y no de sacarosa de, como mínimo, una de dichas fracciones.

La melaza se define según Sugar Technology Beet and Cane Sugar Manufacture [Tecnología azucarera, fabricación de azúcar de remolacha y de caña] (Bartens, Berlín 1998, p. 1088) como el producto que porta azúcar del azúcar final, cuya pureza se ha reducido hasta el punto de que una cristalización adicional de azúcar no es económicamente factible sin el tratamiento especial de la melaza. Según el Handbook of Sugar Refining (A Manual for the Design and Operation of Sugar Refining Facilities [Manual del refinado de azúcar (Un manual para el diseño y el manejo de instalaciones para el refinado de azúcar)], John Wiley & sons, Inc 2000, página 6) la melaza se define como el producto que porta azúcar del azúcar final, cuya pureza se ha reducido hasta el punto de que una cristalización adicional de azúcar no es posible. La Unión Europea define en su normativa que la melaza de grado alimentario debe contener menos del 70% de sustancia seca de azúcares (sacarosa o sus productos de degradación y otros azúcares como rafinosa) para cualificarse como melaza dentro de la normativa de la UE. En relación con la presente invención, las melazas según cualquiera de las definiciones anteriores o según cualquier otra definición conocida se consideran melazas.

La cromatografía se utiliza ampliamente para recuperar comercialmente sacarosa y otros componentes tales como betaína especialmente a partir de melaza de remolacha. La presente invención combina la utilización de electrodiálisis (ED) con separación cromatográfica para mejorar la recuperación de sacarosa y otros componentes a partir de soluciones que contienen sacarosa, especialmente a partir de melaza. La ED se utiliza para aumentar la pureza de una solución que contiene sacarosa eliminando las sales.

En el proceso general de la presente invención, los componentes de sacarosa y/o no de sacarosa se recuperan mediante un proceso útil en la industria a partir de una solución de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar, siendo dicha solución seleccionada entre melaza, zumos y licores de azúcar. Durante el proceso de la presente invención, dichos zumos de azúcar no se someten a nanofiltración. La solución de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar se denomina en lo sucesivo en el presente documento como una solución que contiene sacarosa. Esta solución se somete a electrodiálisis (ED) para eliminar de ella aniones y cationes inorgánicos y orgánicos y ácidos orgánicos. La eliminación de dichos componentes mediante ED mejora el rendimiento de la separación cromatográfica, de modo que la forma del pico es más afilada y la concentración de componentes específicos en un pico es mayor, es decir la resolución entre picos aumenta. El efecto de la ED mejora significativamente el rendimiento de la separación cromatográfica permitiendo la separación y recuperación de fracciones de mayor pureza y/o una capacidad de resina mucho mayor (calculada como sólidos secos por hora por m<sup>3</sup> de resina). La solución electrodiálizada obtenida se somete a una separación cromatográfica para obtener componentes de sacarosa y no de sacarosa en fracciones separadas. Finalmente, se recupera un producto seleccionado entre componentes de sacarosa y no de sacarosa de, como mínimo, una de dichas fracciones. Por ejemplo, el extracto (= fracción) de sacarosa puede ser recuperado y refinado para proporcionar azúcar blanco. También pueden recuperarse betaína y rafinosa como fracciones separadas.

En una realización de la presente invención, la solución que contiene sacarosa comprende melaza de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar, y preferentemente dicha melaza contiene menos de 70% de sacarosa en la sustancia seca. Se considera generalmente que dicha solución es inadecuada para la recuperación de sacarosa mediante cristalización.

En otra realización de la presente invención, la solución que contiene sacarosa es zumo o licor de azúcar, que se selecciona entre zumo sin refinar, zumo espeso, zumo ligero y licor madre, siendo dicho zumo o licor de azúcar de origen de remolacha azucarera o caña de azúcar. En esta memoria descriptiva, el licor madre significa cualquier líquido en el que se han formado y del que se han eliminado cristales de azúcar. El zumo de azúcar utilizado en el proceso no está nanofiltrado, como en la técnica anterior, dado que la nanofiltración es una etapa superflua que diluye enormemente la solución de alimentación y aumenta la necesidad de una evaporación posterior y conduce a pérdidas de betaína y otros compuestos más pequeños.

Los componentes no de sacarosa preferentes comprenden betaína, rafinosa, azúcar invertido, aminoácidos, inositol y combinaciones de los mismos.

5 En otra realización de la presente invención, el proceso comprende una etapa adicional, en la que dicha electrodiálisis viene seguida por, como mínimo, una cristalización antes de dicha separación cromatográfica, proporcionando dicha cristalización azúcar cristalizada y solución electrodiálizada. La cristalización separa el azúcar de los componentes orgánicos e inorgánicos en la solución de azúcar, permitiendo que los cristales de azúcar se separen mediante centrifugado. La recuperación de azúcar a partir de la solución que contiene sacarosa tratada mediante ED reduce significativamente la cantidad de sólidos secos a tratar mediante cromatografía, aumentando de este modo la capacidad y reduciendo los costes de funcionamiento o reduciendo los costes de inversión para un nuevo sistema. La reducción del peso de sólidos secos habitualmente obtenibles mediante la utilización de ED antes de cromatografía es del orden del 20% y este peso se reduce de forma significativa adicionalmente mediante la etapa de cristalización.

15 La eliminación de azúcar de la solución de alimentación mediante cristalización reduce el contenido de azúcar y aumenta la concentración relativa de los componentes no de azúcar en el producto de la alimentación a la separación cromatográfica. Esto permite que las fracciones no de sacarosa, especialmente betaína y rafinosa, se recuperen con un rendimiento y una pureza sorprendentemente buenos en comparación con la técnica anterior. Además de esto, la sacarosa puede recuperarse con un alto rendimiento y pureza para la fracción de sacarosa a cristalizar a partir de ésta.

20 La eliminación de los aniones y cationes inorgánicos y orgánicos y ácidos orgánicos de la solución que contiene sacarosa mediante ED proporciona una solución a partir de la cual la sacarosa aún puede recuperarse mediante cristalización, incluso aunque la concentración de sacarosa en la solución sea baja, es decir por debajo del 70%.

25 El tratamiento mediante ED de una solución que contiene sacarosa también da como resultado un aumento de pureza después de la eliminación de aniones y cationes inorgánicos y orgánicos y ácidos orgánicos, lo que permite que cristalice más azúcar después de la separación cromatográfica. Sin desear vincularse a ninguna teoría, se cree que el comportamiento de cristalización mejorado de la sacarosa observado en la presente invención se debe a la eliminación mediante ED de componentes, que en caso contrario podrían haberse proyectado en el pico de sacarosa en la cromatografía, reduciendo de este modo la pureza del pico. Antes de la presente invención, no se sabía cómo se comportarían los diversos innumerables componentes de la solución de sacarosa en el tratamiento con ED y cómo afectarían los restantes componentes al perfil de separación cromatográfica.

30 La cristalización realizada después de la ED puede realizarse mediante cristalización por ebullición evaporativa (por ejemplo a 80°C), cristalización por enfriamiento (por ejemplo a por debajo de 40°C) o combinaciones de las mismas. El cristizador puede accionarse de forma discontinua o de forma continua. Una combinación de cristalización evaporativa y por enfriamiento es la técnica preferente en la presente invención.

35 En una realización de la presente invención, la solución que contiene sacarosa comprende melaza de remolacha. Esta solución se electrodiáliza y a continuación se cristaliza y la sacarosa cristalizada se recupera y se refina para proporcionar azúcar blanco y melaza electrodiálizada secundaria.

40 La separación cromatográfica en el proceso de la presente invención puede comprender una separación seleccionada entre separación por lotes, separación en lecho móvil simulado continua y separación en lecho móvil simulado secuencial. El desarrollo de cromatografía de SMB ha permitido que la aplicación industrial de esta tecnología se vuelva económicamente viable para la recuperación de sacarosa y betaína de melaza de remolacha. Por lo tanto, la cromatografía de lecho móvil simulado (SMB) se utiliza ampliamente para recuperar comercialmente sacarosa y otros componentes tales como betaína, especialmente de melaza de remolacha. El modo de funcionamiento de SMB ofrece una eficiencia de resina mucho mayor que los sistemas discontinuos originales con la misma cantidad de resina capaces de tratar de 2 a 3 veces más melaza. El procesamiento de melaza pretratada de la que se eliminó la ceniza mediante ED ofrece el potencial para un mejor y más rentable rendimiento a través de mejoras de la capacidad y mejores resoluciones de pico.

45 El fraccionamiento cromatográfico del proceso de la presente invención puede llevarse a cabo utilizando un material de relleno de columna seleccionado entre resinas de intercambio catiónico y aniónico. Las resinas se utilizan en forma de gel o en forma macroporosa. En una realización preferente de la presente invención, dichas resinas son resina de intercambio fuertemente ácida en forma de gel.

50 En una realización preferente de la presente invención, el fraccionamiento cromatográfico se lleva a cabo con resinas de intercambio catiónico. Las resinas de intercambio catiónico pueden seleccionarse entre resinas de intercambio catiónico fuertemente ácidas o resinas de intercambio catiónico débilmente ácidas.

55 Dichas resinas de intercambio catiónico fuertemente ácidas pueden estar en forma de un catión monovalente o en forma de un catión divalente. En una realización preferente de la presente invención, dicha resina de intercambio catiónico fuertemente ácida está, por ejemplo, en forma de Na<sup>+</sup> o Ca<sup>2+</sup>.

5 Dicha resina de intercambio catiónico fuertemente ácida puede tener un esqueleto de estireno. En una realización preferente de la presente invención, la resina es una resina de poliestireno-co-divinilbenceno sulfonado. Otras resinas de polímero alquenilaromático, como las basadas en monómeros como estireno alquil-sustituido o mezclas de los mismos, también pueden aplicarse. La resina también puede estar reticulada con otros monómeros de reticulación aromáticos adecuados, tales como diviniltolueno, divinilxileno, divinilnaftaleno, divinilbenceno, o con monómeros de reticulación alifáticos, tales como isopreno, diacrilato de etilenglicol, dimetacrilato de etilenglicol, N,N'-metilen bis-acrilamida o mezclas de los mismos. El grado de reticulación de la resina es habitualmente de aproximadamente 1% a aproximadamente 20%, preferentemente de aproximadamente 3% a aproximadamente 8%, del agente de reticulación, tal como divinilbenceno.

10 El tamaño promedio de partícula de las resinas que son útiles en la presente invención es normalmente de 10 a 2000 micrómetros, preferentemente de 100 a 400 micrómetros. En una realización preferente de la presente invención, las resinas son resinas de tipo gel.

15 Los fabricantes de las resinas incluyen, por ejemplo, Finex Oy, Purolite, Dow Chemicals, Bayer AG y Rohm & Haas Co.

20 En la operación de fraccionamiento cromatográfico, los cationes de la resina están preferentemente en equilibrio sustancial con los cationes de la fase móvil del sistema y/o con el material de alimentación del sistema.

25 El eluyente utilizado en el fraccionamiento cromatográfico es preferentemente agua, pero también son útiles soluciones de sales y agua. Además, son eluyentes útiles los condensados obtenidos de la evaporación (concentración) de las fracciones de producto a partir de la separación cromatográfica.

La temperatura del fraccionamiento cromatográfico está habitualmente en el intervalo de 20°C a 90°C, preferentemente, de 40°C a 65°C. El pH de la solución a fraccionar está habitualmente en el intervalo de 2 a 9.

30 El fraccionamiento cromatográfico puede llevarse a cabo utilizando todas las modificaciones conocidas del fraccionamiento cromatográfico, habitualmente como un proceso por lotes o un proceso en lecho móvil simulado (proceso SMB). El proceso SMB se lleva a cabo preferentemente como un proceso secuencial o continuo.

35 En el proceso en lecho móvil simulado, el fraccionamiento cromatográfico se lleva a cabo habitualmente utilizando de 2 a 14 columnas conectadas en serie y que forman, como mínimo, un bucle. Las columnas están conectadas con tuberías. El caudal en las columnas es habitualmente de 0,5 a 10 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>) del área de sección transversal de la columna. Las columnas están llenas de un material de relleno de columna seleccionado entre las resinas descritas anteriormente. Las columnas están provistas de tuberías de alimentación y tuberías de producto, de modo que la solución de alimentación y el eluyente puedan introducirse en las columnas y las fracciones de producto recogidas de las columnas. Las tuberías de producto están provistas de instrumentos en línea, de modo que la calidad/cantidad de los flujos de producción pueda monitorizarse durante el funcionamiento.

40 Durante la separación cromatográfica en SMB, la solución de alimentación se hace circular a través de las columnas en los bucles por medio de bombas. Se añade eluyente, y la fracción de producto que contiene el monosacárido deseado, otras fracciones de producto opcionales y fracciones residuales se recogen de las columnas.

45 En el proceso por lotes, la solución de alimentación y el eluyente se introducen en la parte superior del sistema de la columna y las fracciones de producto se recogen a partir de la parte inferior del sistema.

50 Antes del fraccionamiento cromatográfico, la solución de alimentación puede someterse a una o más etapas de pretratamiento seleccionadas, por ejemplo, entre ablandamiento mediante tratamiento de intercambio iónico, dilución, concentración por ejemplo mediante evaporación, ajuste del pH y filtración. Antes de introducirlos en las columnas, la solución de alimentación y el eluyente se calientan a la temperatura de fraccionamiento descrita anteriormente (por ejemplo en el intervalo de 50°C a 85°C).

55 Una realización adicional de la presente invención combina la utilización de técnicas de electrodiálisis y cristalización con la de separación cromatográfica para mejorar la recuperación de sacarosa y otros componentes a partir de la solución que contiene sacarosa. La ED se utiliza para aumentar la pureza de la solución que contiene sacarosa eliminando sales, lo que permite que la sacarosa cristalice adicionalmente a partir de la melaza. El efecto combinado de la ED y la cristalización no solamente reduce significativamente la cantidad de sólidos secos a tratar mediante SMB sino que también mejora significativamente el rendimiento de la separación cromatográfica tal como se ha mencionado anteriormente.

60 Las condiciones de funcionamiento de la etapa de electrodiálisis comprenden preferentemente introducir la solución a través de membranas de intercambio aniónico y catiónico, que funcionan a de 40°C a 100°C, preferentemente de 55°C a 65°C. Los ejemplos de membranas disponibles en el mercado adecuadas comprenden la membrana de

intercambio aniónico Neosepta AXE01 y la membrana de intercambio catiónico Neosepta CMX. La solución sometida a electrodiálisis tiene preferentemente un pH de 7 a 9 al entrar y un pH de 4 a 7 al salir de la electrodiálisis.

5 Preferentemente, la electrodiálisis elimina 60% o más, preferentemente 75% o más, y de la forma más preferente el 90% o más de los aniones y cationes inorgánicos y orgánicos y ácidos orgánicos contenidos inicialmente en dicha solución. En un tratamiento típico de electrodiálisis, se eliminan aproximadamente del 80% al 85% de las cenizas (medidas como conductividad).

10 El proceso de la presente invención podría comprender una serie de etapas adicionales. Por ejemplo, la solución puede someterse a un tratamiento seleccionado entre dilución, filtración, ablandamiento y combinaciones de los mismos antes o después de la electrodiálisis y antes de someterla a la separación cromatográfica.

15 En una realización de la presente invención, la solución de alimentación que contiene sacarosa de melaza de remolacha se somete a electrodiálisis, cristalización y separación cromatográfica, en ese orden, y un producto seleccionado entre componentes de sacarosa y no de sacarosa de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar se recupera o recuperan después de dicha separación cromatográfica.

20 La solución sometida a cristalización después de electrodiálisis puede tener un contenido de sacarosa del 65% al 75% de la sustancia seca. En una realización preferente de la presente invención, tanta de dicha sacarosa como pueda recuperarse con gran pureza (habitualmente menos del 50% de dicha sacarosa), se recupera en la cristalización post-electrodiálisis. El resto de la sacarosa estará retenido en una fracción de sacarosa obtenida en dicha separación cromatográfica y la sacarosa puede recuperarse de nuevo con gran pureza y alto rendimiento mediante cristalización a partir de dicha fracción.

25 En una realización preferente, el rendimiento total de sacarosa recuperada de la solución de alimentación de melaza mejora significativamente en comparación con el rendimiento de una separación cromatográfica similar y cristalización sin electrodiálisis. El rendimiento de sacarosa total conseguido a partir de melaza como sacarosa cristalina puede ser superior al 85% y ventajosamente superior al 90% en sacarosa disponible en melaza. También es preferente que una fracción que contiene un componente no de sacarosa seleccionado entre betaína y rafinosa se recupere después de dicha separación cromatográfica. La pureza de la fracción de dicho componente no de  
30 sacarosa recuperado de dicha solución de alimentación mejora significativamente en comparación con la pureza de una fracción similar a partir de una separación cromatográfica sin electrodiálisis. La pureza del producto es un resultado de la eficacia del proceso. Es preferente, además, que la cantidad de sólidos secos de la solución sometida a separación cromatográfica se reduzca significativamente en comparación con la cantidad sometida a  
35 separación cromatográfica en un proceso similar sin una electrodiálisis y cristalización precedentes.

La pureza de la sacarosa recuperada de dicha fracción es habitualmente del 90% al 95% de la sustancia seca.

40 La pureza de dicha fracción de rafinosa es habitualmente del 40% al 70%, preferentemente del 55% al 65% de la sustancia seca.

La pureza de dicha fracción de betaína es habitualmente del 65% al 80% de la sustancia seca.

45 El componente de sacarosa recuperado según los procesos de la presente invención puede procesarse adicionalmente a un producto final adecuado tal como azúcar en polvo (también conocido como azúcar de mesa, azúcar fino o azúcar superfino), azúcar decorativo (también conocido como azúcar cristalino o azúcar grueso), azúcar granulado, azúcar glasé (también conocido como azúcar de repostería), azúcar para mermelada, azúcar en terrones (también conocido como cubitos de azúcar), azúcar líquido, azúcar gelificante, azúcar instantáneo, azúcar perla, azúcares con sabores por ejemplo canela y coco o cristales de azúcar coloreado. También pueden producirse  
50 jarabes y azúcares y jarabes orgánicos.

La presente invención también se refiere a la utilización de electrodiálisis para mejorar la eficacia de la separación cromatográfica en la recuperación industrial de componentes de sacarosa y/o no de sacarosa. Tal como se ha mencionado anteriormente, la separación cromatográfica puede seleccionarse entre separación discontinua y  
55 separación continua. Preferentemente dicha separación continua se selecciona entre un método con lecho móvil simulado (SMB) un método con lecho móvil simulado secuencial. En una realización de la presente invención, el método con lecho móvil simulado se realiza en un proceso, en el que el proceso de separación comprende, como mínimo, dos perfiles de separación en el mismo bucle como se describe, por ejemplo, en el documento US 6224776.

60 En una realización de la presente invención, el rendimiento total de sacarosa en un proceso de recuperación de sacarosa aumenta al pretratar a una solución que contiene sacarosa mediante electrodiálisis antes de someterla a separación cromatográfica, en comparación con un proceso similar sin electrodiálisis. En una realización adicional, dicha electrodiálisis viene seguida por cristalización de sacarosa antes de dicha separación cromatográfica.

65 En la utilización de la presente invención, la pureza de la fracción de componente no de sacarosa seleccionada entre betaína y rafinosa aumenta preferentemente mejorando la resolución de sacarosa y dichos componentes en dicha

separación cromatográfica, en comparación con un proceso similar sin electrodiálisis, y además el volumen de solución introducido en una etapa de separación cromatográfica en un proceso dado se reduce preferentemente de forma significativa, pretratando a dicha solución de alimentación con electrodiálisis y cristalización.

5 La utilización de electrodiálisis según la presente invención puede realizarse de modo que la separación cromatográfica se lleve a cabo en una solución que contiene sacarosa tratada o no tratada mediante carbonatación. Dicha solución que contiene sacarosa comprende preferentemente melaza de remolacha. Es ventajoso que la utilización de ED pueda eliminar el pretratamiento de carbonatación tradicional necesario para la melaza antes de la separación cromatográfica. Carbonatación significa la eliminación de Ca y Mg con tratamiento en un baño de cal para impedir la precipitación de Ca en columnas de resina de separación.

10 En una realización de la presente invención, tal como se ilustra en la figura 1, una solución de melaza de remolacha azucarera es sometida a electrodiálisis (ED) para eliminar de aquella sales y ácidos inorgánicos y orgánicos. La solución electrodiálizada obtenida (melaza de producto de ED) se somete, como mínimo, a una cristalización (cristalización de D). La cristalización separa el azúcar de los componentes orgánicos e inorgánicos en la solución de azúcar. Los cristales de azúcar se eliminan mediante centrifugado para proporcionar sacarosa cristalizada (azúcar de D) y licor electrodiálizado (melaza de ED-D). La sacarosa cristalizada (azúcar de D) se recupera y se refina mediante cualquier método de cristalización convencional para proporcionar azúcar blanco y melaza electrodiálizada secundaria. La melaza de ED-D se somete a una separación cromatográfica para obtener componentes de sacarosa y no de sacarosa en fracciones separadas. El extracto de sacarosa se recupera y se refina para proporcionar azúcar blanco. Se recuperan betaína y rafinosa como fracciones separadas.

15 La presente invención se ilustra adicionalmente en los siguientes ejemplos. Debe entenderse que solamente tienen carácter de ejemplo y no pretenden definir el alcance de la presente invención ni limitar el ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

## 25 EJEMPLOS

### 30 Ejemplo 1

El ejemplo 1 comprende las siguientes etapas:

- 1) Electrodiálisis (ED) de melaza de remolacha azucarera normal que produce melaza de ED purificada;
- 35 2) Cristalización evaporativa y por enfriamiento de la melaza de ED purificada que produce una masa cocida de ED-D;
- 3) Centrifugado de la masa cocida de ED-D que produce un azúcar de ED-D y una melaza de ED-D con agotamiento de azúcar y de pureza de sacarosa similar a la melaza industrial normal;
- 40 4) Refinado del azúcar de ED-D a azúcar blanco de la manera tradicional mediante re-disolución y re-cristalización;
- 45 5) Separación cromatográfica de la melaza de ED-D y recuperación de la sacarosa y los componentes no de azúcar o utilidades directas de la melaza de ED-D de buen sabor.
- 6) Cristalización de la fracción de sacarosa y recuperación de azúcar blanco.

### 50 Composición de la melaza

La melaza de remolacha introducida en la unidad de ED se analizó de la siguiente manera:

Tabla 1

Análisis de melaza normal	% de sustancia seca al refractómetro (RDS)
Sacarosa	57,8
Glucosa	0,03
Fructosa	0,08
Betaína	5,3
Rafinosa	2,2
Ácido láctico	3,2
Ácido fórmico	0,7
Ácido acético	1,0
Ácido pirrolidoncarboxílico	1,2
Sodio	1,6
Potasio	4,6
Calcio	0,105
Magnesio	0,002
Hierro	0,005

### Electrodiálisis

- 5 La melaza de alimentación se diluyó en primer lugar del 78,7% de sustancia seca al refractómetro (RDS) a aproximadamente el 30% de RDS antes de introducirla en la Planta Piloto Electrodializadora utilizando membranas de intercambio Neosepta AXE01 y CMX. Una reducción del 80% de la conductividad de 20 a 4 mS/cm se consiguió a una temperatura de funcionamiento de 55°C utilizando una densidad de corriente de 7 mA/cm<sup>2</sup> y 1 V/célula. Los análisis de la melaza antes y después del tratamiento de ED dieron los siguientes resultados:

10

Tabla 2

Análisis	Melaza de alimentación	Melaza de ED
Sólidos secos, % (RDS)	31,1	24,6
Pureza de sacarosa, % de RDS	57,8	71,2
Ceniza por conductividad % de RDS	12,0	2,5
Color, Icumsa	44888	44112
pH	7,6	4,9
Betaína, % de RDS	5,3	6,3
Rafinosa, % de RDS	2,2	2,7

15

La ED aumentó la pureza de sacarosa de melaza en más de 13 unidades de %. Había poca eliminación del color. El pH de la melaza de producto se redujo causando una ligera inversión de sacarosa. Para minimizar esta hidrólisis no deseada de sacarosa a glucosa y fructosa, el pH de la melaza de ED se incrementó de 4,9 a 7,9 con hidróxido sódico. La melaza de ED se evaporó en un evaporador de película descendente del 24,6% al 68,3% de RDS produciendo una melaza de producto de ED.

20

El análisis de la solución saturada de cloruro sódico de ED mostraba niveles de sacarosa de aproximadamente 2% de RDS. Un balance de materia mostró un rendimiento de sacarosa del 99,3%. Los rendimientos de betaína y rafinosa se estimaron en 95,9% y 99,5%, respectivamente, a partir del balance de materia.

### Cristalización

25

La melaza del producto de ED se sometió a una única etapa de cristalización evaporativa al vacío seguida de cristalización por enfriamiento y centrifugado. Se aplicó el mismo método que el utilizado para la cristalización del tercer producto en el proceso de cristalización de sacarosa de remolacha tradicional, en el que se produce una melaza con agotamiento de azúcar a partir de la cual se recupera el azúcar cristalino mediante centrifugado.

30

Se utilizó un cristizador por lotes evaporativo de tipo DDS piloto de 300 litros con agitador. La melaza del producto de ED se concentró al vacío a 80°C y se sembró con cristales de azúcar, que se hicieron crecer mediante concentración adicional durante aproximadamente diez horas y agotamiento de sacarosa de la melaza del producto de ED. Después de la concentración final, la masa cocida se enfrió a aproximadamente 1°C/h con agitación hasta una temperatura inferior a 45°C y se centrifugó para producir azúcar de ED-D y melaza de ED-D.

35

### Resultados de la cristalización

Los análisis de la melaza de ED-D dieron los siguientes resultados:

Tabla 3

	% de RDS
Sacarosa	57,9
Betaína	9,2
Rafinosa	5,0
Ácido láctico	0,3
Ácido fórmico	-
Ácido acético	0,1
Ácido pirrolidoncarboxílico	0,3
Sodio	0,6
Potasio	1,1
Calcio	0,06
Magnesio	0,006
Hierro	0,007

El azúcar de ED-D podía refinarse de la manera normal para producir un azúcar refinado y la fracción de melaza de ED-D secundaria obtenida de este modo fue mezclada con la melaza de ED-D para maximizar la recuperación de sacarosa, betaína y rafinosa en el proceso de separación cromatográfica. El rendimiento de sacarosa de la cristalización era el 44% (calculado como sacarosa 100% pura) calculado en sacarosa cristalina recuperada como porcentaje de sacarosa introducida (kg).

#### Separación cromatográfica

La materia prima de melaza de ED-D se diluyó a RDS 60 g/100 g y el pH se ajustó a aproximadamente pH 8 con NaOH. El contenido de iones de sodio era del 0,5% de RDS antes del ajuste del pH. Después del ajuste del pH (pH 8,1) la solución se filtró a través de un filtro prensa y se diluyó a RDS 35,4 g/100 g. La composición del licor de alimentación de melaza de ED-D era la siguiente:

Tabla 4

Componentes del azúcar, betaína	% de RDS
Sacarosa	57,9
Glucosa	1,1
Fructosa	2,1
Betaína	9,2
Rafinosa	5,0

La melaza de ED-D se sometió a una separación cromatográfica en modo discontinuo para recuperar la sacarosa y las fracciones de betaína. Los ensayos de separación se realizaron utilizando aproximadamente 210 litros de resina de separación, (una resina de intercambio catiónico fuerte, Finex CS 11 GC, 5,5% de DVB) cargada en una columna de separación por lotes piloto que tiene un diámetro de 0,225 m. La resina se regeneró a forma de Na<sup>+</sup> con NaCl al 5% y NaCl al 10%. La resina se lavó a continuación con agua sometida a intercambio iónico y se sometió a retrolavado antes de comenzar los ensayos de separación.

La composición de las muestras de alimentación y las muestras de fracción seleccionadas se analizaron mediante cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), (columna en forma de Na<sup>+</sup>). El contenido de metal de las soluciones de alimentación se analizó con plasma acoplado por inducción (ICP) y ácidos orgánicos con HPLC utilizando columna en forma de H<sup>+</sup>. El índice refractométrico (RDS), el pH y la conductividad se midieron a partir de todas las muestras de fracción y muestras de alimentación.

El perfil de separación para melaza de ED-D (figura 3) muestra una mejor separación de sales, sacarosa, rafinosa y betaína entre sí que para melaza de remolacha normal (figura 2). Debido a la resolución mejorada, la pureza del pico de rafinosa aumentó hasta el nivel del 60% de RDS de melaza de ED-D desde el nivel del 13-15% de RDS de melaza normal.

Los resultados de los cálculos de capacidad (kg de sólidos secos/h/m<sup>3</sup> de resina) para melaza de ED-D se comparan con aquellos para melaza no tratada normal para pureza de sacarosa y betaína constantes y relaciones de reciclado de la siguiente manera:

Tabla 5

	Melaza no tratada	Melaza de ED-D
Intervalo de alimentación, minutos	145	140
Rendimiento de sacarosa, %	82,7	94,3
Pureza de sacarosa, % en DS	91,9	92,0
Pureza de sacarosa en la fracción residual, % en DS	19,4	8,6
Rendimiento de betaína, %	83,7	91,7
Pureza de betaína, % en DS	65,0	65,0
Relación de reciclado, %	15,0	15,0
Capacidad del producto <sup>(1)</sup> , kg/h/m <sup>3</sup>	8,6	8,5
Capacidad de sacarosa, kg/h/m <sup>3</sup>	4,1	4,6
Capacidad de betaína, kg/h/m <sup>3</sup>	0,5	1,2
Concentraciones de fracción, DS g/100 ml		
Residual	4,7	3,9
Reciclado frontal	13,8	9,5
Sacarosa	13,2	12,7
Reciclado posterior	6,8	4,1
Betaína	1,4	4,2
* fracciones residuales, de sacarosa y betaína (excluyendo las fracciones de reciclado)		

Los resultados anteriores muestran una ventaja de tratamiento de ED con respecto a los rendimientos de sacarosa y betaína cuando la relación de reciclado y las purezas de sacarosa y betaína se mantenían constantes. Con la melaza de ED-D, los rendimientos de sacarosa y betaína eran de aproximadamente el 94% y aproximadamente el 92%, respectivamente. La pureza de sacarosa en la fracción residual era menor de 9% aproximadamente. Para la melaza no tratada normal, los rendimientos de sacarosa y betaína eran de aproximadamente 83% y 84%, respectivamente, y la pureza de sacarosa en la fracción residual era de aproximadamente el 19%.

- 5
- 10 La capacidad del producto era la misma, tanto para melaza normal como tratada con ED, debido a las relaciones de reciclado constantes, pero la capacidad para la fracción de betaína era mayor con melaza de ED-D debido a la mejor resolución entre sacarosa y betaína. También la capacidad de la fracción de sacarosa era un poco mejor con melaza de ED-D. Las concentraciones de las fracciones de reciclado eran más bajas con melaza de ED-D, que requiere más evaporación antes de que las fracciones pudieran reciclarse de vuelta al proceso. La concentración de la fracción de betaína era tres veces mayor con melaza de ED-D.
- 15

Quando los rendimientos y purezas de sacarosa y betaína se mantenían constantes, las diferencias entre las separaciones pueden verse en relaciones de reciclado y capacidades, de la siguiente manera:

20

Tabla 6

	Melaza no tratada	Melaza de ED-D
Intervalo de alimentación, min.	145	140
Rendimiento de sacarosa, %	90,1	90,0
Pureza de sacarosa, % en DS	92,0	92,0
Pureza de sacarosa en la fracción residual, % en DS	11,1	14,2
Rendimiento de betaína, %	90,0	90,0
Pureza de betaína, % en DS	65,0	65,6
Relación de reciclado, %	20,7	13,6
Capacidad del producto <sup>(1)</sup> , kg/h/m <sup>3</sup>	8,0	8,7
Capacidad de sacarosa, kg/h/m <sup>3</sup>	4,0	4,5
Capacidad de betaína, kg/h/m <sup>3</sup>	0,5	1,1
Concentraciones de fracción, DS g/100 ml		
Residual	4,4	4,1
Reciclado frontal	11,7	10,7
Sacarosa	14,1	12,6
Reciclado posterior	7,9	4,1
Betaína	1,4	4,2
* fracciones residual, de sacarosa y betaína (excluyendo fracciones de reciclado)		

Quando los rendimientos y purezas de sacarosa y betaína se mantuvieron constantes, las diferencias entre las separaciones pueden verse en las relaciones de reciclado y capacidades en los resultados anteriores. La relación de reciclado era mucho mayor para la melaza no tratada normal (el 21% frente al 14%). Esto tenía un efecto sobre la capacidad del producto, que para la melaza no tratada era de 8,0 kg/h/m<sup>3</sup> en comparación con 8,7 kg/h/m<sup>3</sup> para melaza de ED-D. También la capacidad de la sacarosa y las fracciones de betaína eran mejores con melaza de ED-D. Además en este caso, las concentraciones de fracciones de reciclado eran menores con Melaza de ED-D - mayor diferencia en concentraciones de reciclado posterior. Las concentraciones de fracción de betaína eran las mismas que en el primer caso en la tabla 5.

25

**Rendimiento global de sacarosa**

5 El rendimiento global de sacarosa a partir de melaza de remolacha normal mediante cristalización de la fracción de melaza de ED y sacarosa de separación cromatográfica se calculó a partir del balance de materia según las cifras en la tabla 5; rendimiento de sacarosa 94% y rendimiento de betaína 92%, de la siguiente manera:

Tabla 7

		Sacarosa, unidades	% de rendimiento de sacarosa
1)	Melaza de remolacha normal de inicio	455	
2)	Cristalización de azúcar blanco a partir de melaza de ED	200	(44%)
4)	Separación cromatográfica de melaza de ED-D	237	(94%)
3)	Cristalización de azúcar blanco de la fracción de sacarosa	219	(92%)
	Total de azúcar blanco recuperado	419	92%

10 La recuperación global de sacarosa a partir de melaza de remolacha normal aumentó hasta el 92% como resultado del tratamiento con ED de la melaza antes de la separación cromatográfica. Para melaza de remolacha normal sin tratamiento con ED, el rendimiento de sacarosa cristalina total era del 76%, según el ejemplo de referencia 2.

**Rendimiento global de betaína**

15 El rendimiento global de betaína para la fracción de betaína a partir de la melaza de ED se calculó a partir de los balances de materia de la siguiente manera:

Tabla 8

	Betaína, unidades	% de rendimiento
Melaza de remolacha normal de inicio	42	
Fracción de betaína	37	88%

20 La recuperación global de betaína es del 88%. La pureza de la fracción de betaína puede ser, como mínimo, de hasta el 68% de sustancia seca con un buen rendimiento.

Ejemplo 2 (ejemplo de referencia)

25 El **ejemplo 2** comprende las siguientes etapas:

- 1) Filtración y ablandamiento de melaza de remolacha azucarera normal;
- 2) Separación cromatográfica de la melaza;
- 3) Recuperación de fracciones de sacarosa y no de azúcar;
- 4) Cristalización de la fracción de sacarosa y recuperación de azúcar blanco.

**Composición de la melaza**

40 La melaza no tratada se pretrató diluyendo a Brix 60 g/100 g y carbonatando mediante un ajuste de pH con NaOH y adición de carbonato sódico. Seguidamente, la solución carbonatada se filtró con un filtro de presión Seitz. El pH de la solución de alimentación se ajustó a continuación a pH 8,9 antes de la separación cromatográfica. La dilución final se realizó a 36,2 g de RDS/100 g. La conductividad de la solución era de 19,4 mS/cm y el contenido de calcio del 0,006% de RDS. La composición del licor de alimentación preparado se analizó de la siguiente manera:

Tabla 9

Componentes de azúcar, betaína	% de RDS
Sacarosa	57,8
Glucosa	0,8
Fructosa	1,0
Betaína	5,3
Rafinosa	2,2

45

### Separación cromatográfica

Los ensayos de separación cromatográfica en modo discontinuo se realizaron utilizando el mismo procedimiento que el descrito en el ejemplo 1. El perfil de separación de la melaza no tratada se muestra en la figura 2. Los resultados de los cálculos de capacidad para melaza no tratada normal para pureza de sacarosa y betaína y relaciones de reciclado constantes (Tabla 5) mostraban rendimientos de sacarosa y betaína de aproximadamente el 83% y aproximadamente el 84%, respectivamente. La pureza de sacarosa en la fracción residual era de aproximadamente el 19%. Tal como se ha explicado en el ejemplo 1, estos rendimientos son inferiores a los rendimientos de sacarosa y betaína de aproximadamente el 94% y aproximadamente el 92%, respectivamente, que los conseguidos con melaza de ED-D. La pureza de sacarosa en la fracción residual para melaza de ED-D era menor de aproximadamente el 9%.

Cuando los rendimientos y purezas de sacarosa y betaína se mantenían constantes (Tabla 6) la relación de reciclado es mucho mayor para la melaza no tratada normal al 21% en comparación con el 14% para la melaza de ED-D. Esto afectaba a la capacidad del producto, que para la melaza no tratada era de 8,0 kg/h/m<sup>3</sup> en comparación con 8,7 kg/h/m<sup>3</sup> para la melaza de ED-D. Además, la capacidad de las fracciones de sacarosa y betaína eran menores para la melaza no tratada. Los rendimientos para melaza normal en el separador cromatográfico eran de aproximadamente el 90% y aproximadamente el 90% para sacarosa y betaína, respectivamente. La pureza de la fracción de sacarosa era del 92% (Tabla 6)

### Rendimiento global de sacarosa

El rendimiento global de sacarosa a partir de melaza de remolacha normal mediante separación cromatográfica y cristalización de la fracción rica en sacarosa del 94% de pureza se calcula a partir del balance de materia de la siguiente manera:

Tabla 10

		Sacarosa, unidades	% de rendimiento
1)	Melaza de remolacha normal de inicio	455	
2)	Separación cromatográfica para fracción de sacarosa	378	83%
3)	Cristalización de azúcar blanco a partir de la fracción de sacarosa	344	91%
	Total de azúcar blanco recuperado	344	76%

La recuperación global de sacarosa a partir de melaza de remolacha normal es del 76% en comparación con el 92% cuando se usa el tratamiento con ED de la melaza antes de la separación cromatográfica (véase la Tabla 7).

### Rendimiento global de betaína

El rendimiento global de betaína a partir de la melaza de ED se calcula a partir de los balances de materia de la siguiente manera:

Tabla 11

	Betaína, unidades	% de rendimiento
Melaza de inicio	42	
Fracción de betaína	35	84%

La recuperación global de betaína a partir de la melaza de remolacha normal es del 84% en comparación con el 88% cuando se utiliza el tratamiento con ED de la melaza antes de la separación cromatográfica. La pureza de la fracción de betaína es también tres unidades menor al 65% en comparación con el 68% cuando se utiliza el tratamiento con ED.

En estos ejemplos 1 y 2 se comparó la separación de melaza no tratada y melaza de ED-D con resina SAC en forma de Na<sup>+</sup>. La electrodiálisis (ED) es un pretratamiento de la solución de alimentación, que elimina no azúcares tanto inorgánicos como orgánicos. Los ensayos mostraron que la utilización de tratamiento con ED antes de la separación cromatográfica puede mejorar el rendimiento de separación.

El perfil de separación de la melaza no tratada se muestra en la figura 2 y el de la melaza de ED-D en la figura 3. Tal como puede verse a partir de las figuras, la resolución es mucho mejor con melaza de ED-D. Las sales, la sacarosa y la betaína están bien separadas entre sí. La elución de sacarosa comienza unos 10 minutos antes en la separación de melaza de ED-D. Hay un "segundo" pico de sacarosa más pequeño en la pendiente posterior del perfil de sacarosa en todas las separaciones con melaza de ED.

Con la melaza no tratada, los picos de sacarosa y betaína son mucho más amplios en comparación con los picos en la separación con melaza de ED-D. Parte de la sacarosa se eluye bajo el pico de betaína y además parte de las sales se eluyen bajo el pico de sacarosa en la separación de melaza no tratada, mientras que con melaza de ED-D, las sales, la sacarosa y la betaína se separaban casi como picos diferentes entre sí. Con ambas melazas, la elución de glucosa y fructosa comienza antes que la betaína, solapándose parcialmente con la sacarosa y betaína. El inositol y el glicerol se eluyen casi a la misma velocidad que la betaína. La rafinosa se eluye como un pico muy plano y ancho en la separación de melaza no tratada.

### Ejemplo 3

En este ejemplo, la separación cromatográfica se realizó utilizando una planta piloto de lecho móvil simulado (SMB). Para proporcionar suficiente melaza de ED-D para este trabajo de ensayo, la cristalización y el centrifugado de la melaza de ED se realizaron a escala industrial.

En los ensayos de SMB, se creó una secuencia de separación de 2 perfiles y los resultados de separación para la melaza de ED-D se compararon con los obtenidos de la melaza no tratada original.

El ejemplo 3 comprende las siguientes etapas:

1) Electrodiálisis (ED) de melaza de remolacha azucarera no tratada normal para producir una melaza de ED purificada;

2) Cristalización evaporativa de la melaza de ED purificada a escala industrial utilizando un evaporador al vacío por lotes de 30 m<sup>3</sup> para producir una masa cocida de ED-D;

3) Cristalización por enfriamiento de la masa cocida de ED-D de 80°C a 50°C durante 48 horas mediante enfriamiento natural en un receptor de la templa agitado;

4) Centrifugado de la masa cocida de ED-D mediante una centrifuga continua produciendo un azúcar de ED-D y una melaza de ED-D con agotamiento de azúcar y que tiene una pureza similar a la melaza industrial no tratada normal;

5) Refinado del azúcar de ED-D a azúcar blanco de la manera tradicional mediante re-disolución y re-cristalización;

6) Separación cromatográfica de la melaza de ED-D utilizando la técnica de lecho móvil simulado secuencial que tiene una longitud de lecho total de 24 metros y recuperación de la sacarosa y los componentes no de azúcar.

7) Cristalización de la fracción de sacarosa y recuperación de azúcar blanco.

### Composición de la melaza

La melaza de remolacha introducida en la unidad de ED se analizó de la siguiente manera:

Tabla 12

Análisis de la melaza no tratada	% de RDS
Sacarosa	60,8
Glucosa	0,2
Fructosa	0,5
Betaína	6,6
Rafinosa	2,8
Sodio	0,8
Potasio	4,5
Calcio	0,1
Magnesio	0,002
Hierro	0,003

### Electrodiálisis

La melaza de alimentación se diluyó del 77,8% de sustancia seca al refractómetro (RDS) al ~30% de RDS antes de introducirla en la Planta Piloto Electrodiализadora, EUR 20 B 200-10 utilizando Neosepta AXE01 como membrana de intercambio aniónico y Neosepta CMX como membrana de intercambio catiónico. Se consiguió una reducción del 60% de conductividad de 20 a 8 mS/cm a una temperatura de funcionamiento de 55°C utilizando una densidad de

corriente de 7 mA/cm<sup>2</sup> y 1 V/célula. Los análisis de la melaza antes y después de la ED dieron los siguientes resultados:

Tabla 13

Análisis	Melaza de alimentación	Melaza de ED
RDS	32,5	28,1
Pureza de sacarosa, % de RDS	60,8	70,7
Ceniza por conductividad %RDS	11,6	4,0
Color, Icumsa	62,370	69,120
pH	7,3	4,9

5 El tratamiento con ED aumentó la pureza de sacarosa de la melaza en casi 10 unidades de %. No hubo eliminación del color. El pH de la melaza del producto aumentó inmediatamente de 4,9 a 8,1 con hidróxido sódico para evitar la inversión de sacarosa. La melaza de ED se evaporó en un evaporador de película descendente del 28,1% al 74,6% de RDS para producir melaza del producto de ED.

10 El análisis de la solución saturada de cloruro sódico de ED mostraba un contenido de pol del 6,7% de RDS. El balance de materia mostraba un rendimiento de sacarosa del 98,3%. Los rendimientos de betaína y rafinosa se estimaron en el 76,0% y el 82,4%, respectivamente, a partir del balance de materia.

### 15 **Cristalización**

La melaza del producto de ED se sometió a una única cristalización evaporativa a 80°C en un recipiente al vacío agitado de 30 m<sup>3</sup> con toma central. Se utilizó el mismo procedimiento que para la cristalización del producto final. Los cristales de azúcar producidos en la masa cocida final eran normales.

### 20 **Masa cocida de ED-D**

25 La masa cocida se descargó en un tanque receptor de la templa y se enfrió de forma natural con agitación a 50°C durante un periodo de 48 horas. Seguidamente, la masa cocida se centrifugó en una máquina continua. Los cristales de azúcar se separaron, se disolvieron y se reciclaron en los evaporadores de ebullición de azúcar blanco. Se recogieron cuatro toneladas de la melaza de ED-D separada de los cristales de azúcar para separación cromatográfica.

30 Los análisis de la melaza de ED-D dieron los siguientes resultados:

Tabla 14

Análisis de la melaza de ED-D	% de RDS
Sacarosa	58,6
Glucosa	0,3
Fructosa	0,4
Betaína	8,4
Rafinosa	3,9
Sodio	0,7
Potasio	2,3
Calcio	0,1
Magnesio	0,01
Hierro	0,01

35 Los resultados muestran que la melaza de ED-D tiene aproximadamente 2 unidades de % menos de contenido de sacarosa (58,6%) en comparación con la melaza no tratada original (60,8%). Los contenidos de rafinosa y betaína eran claramente más altos que en la melaza no tratada.

### 40 **Separación cromatográfica**

45 Las soluciones de alimentación para separación cromatográfica se sometieron a un pretratamiento de intercambio iónico. Los análisis de metales mostraron un contenido de iones K<sup>+</sup> significativamente más bajo en la melaza de ED-D del 2,3% de RDS en comparación con el 4,5% de RDS en la melaza no tratada. A diferencia del ejemplo 1, el contenido de calcio era el mismo en ambas melazas. El nivel de calcio se redujo mediante un método de ablandamiento común. Esto se realizó diluyendo el material de melaza y filtrando la solución a través de un filtro prensa antes de pasar sobre el intercambiador de iones con resina de intercambio catiónico en forma de sodio.

La melaza de ED-D y la melaza de remolacha normal se sometieron a continuación a separación cromatográfica por SMB secuencial de 2 perfiles para recuperar las fracciones de sacarosa y betaína. Los ensayos de separación se

realizaron utilizando una longitud de lecho total de 24 metros compuesto por seis columnas. Los parámetros de separación eran los siguientes:

Tabla 15

	Melaza
Tamaño de alimentación, % del volumen del lecho	9-12
Carga de alimentación, kg de DS/m <sup>3</sup>	59 - 84
Concentración de alimentación, % de RDS	50 - 55
Temperatura, °C	80

5 La resina de separación utilizada en estos ensayos era una resina de intercambio catiónico fuerte Dow 99K/350 que tenía un contenido de DVB del 6%. La resina se regeneró en forma de Na<sup>+</sup> y el relleno de las columnas se realizó usando una solución de NaCl al 8%.

10 Se realizaron ensayos para establecer cuánta mayor capacidad de separación podía conseguirse para la melaza de ED-D en comparación con la melaza no tratada. Los ensayos de separación comenzaron con melaza no tratada normal a una capacidad normal de 30 kg de RDS/m<sup>3</sup>/h. Sin embargo, cuando los resultados mostraban un rendimiento de separación sorprendentemente bueno, la capacidad aumentaba hasta 35 y a continuación hasta 42 kg de RDS/m<sup>3</sup>/h. El primer ensayo de separación con melaza de ED-D comenzó a la alta capacidad de 42 kg de RDS/m<sup>3</sup>/h y a continuación aumentó. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 16

Material de alimentación	Melaza no tratada	Melaza de ED-D
Ensayo	A	B
Carga de alimentación (kg de DS/m <sup>3</sup> )	59,1	74,2
Pureza de alimentación (sacarosa, % de DS)	60	59,0
Alimentación, color (pH 7)	97,180	128,540
(tiempo de demora aprox. en un tanque de alimentación)	(9 días)	(2 días)
pH de la alimentación	7,14	7,4
RI-DS residual (g/100g)	6,8	8,2
Evap. residual kg de H <sub>2</sub> O/h/m <sup>3</sup>	192,3	184,2
Rendimiento de sacarosa (%)	90,7	92,6
Pureza de sacarosa (% de DS)	94,2	93,2
Sacarosa, color (pH 7)	9,140	8,000
RI-DS de Sacarosa (g/100 g)	30,4	32,4
Evap. de sacarosa kg de H <sub>2</sub> O/h/m <sup>3</sup>	40,6	48,9
Cap. de sacarosa (kgDSsac/h/m <sup>3</sup> )	20,6	27,5
Evap. kg de H <sub>2</sub> O/kg de DS (sac.)	2,0	1,8
Rendimiento de betaína (%)	96,2	92,3
Pureza de betaína (% DS)	73,0	76,5
RI-DS de betaína (g/100 g)	7,3	8,9
Evap. de betaína. kg de H <sub>2</sub> O/h/m <sup>3</sup>	48,5	60,6
Cap. de Betaína (kg de DSbet/m <sup>3</sup> /h)	2,1	3,6
Evap. necesaria H <sub>2</sub> O/kg de DS(bet)	23,0	16,7
Pureza de reciclado (% de DS)	63,3	63,4
Relación de reciclado (%)	14,1	9,6
Tiempo de ciclo (minutos)	73,0	73,0
Cap. del producto * (kg DS/m <sup>3</sup> /h)	41,8	55,1
* Fracciones residual, de sacarosa y betaína (excluyendo fracciones de reciclado)		

20 En el Ensayo B con melaza de ED-D, la capacidad del producto aumentaba a 55 kg de RDS/m<sup>3</sup>/h, una tasa el 30% mayor en comparación con la melaza no tratada. La pureza de la fracción de sacarosa obtenida era del 93,2%. Ésta era una unidad de pureza inferior a la conseguida para la melaza no tratada en el ensayo A, a la menor capacidad del 41,8% de kg de RDS/m<sup>3</sup>/h y causada aparentemente por un mayor contenido de rafinosa. Al mismo tiempo, la capacidad de sacarosa de melaza de ED-D en el ensayo B aumentó a 27,5 kg de RDSsac/m<sup>3</sup>/h en comparación con 20,6 kg de RDSsac/m<sup>3</sup>/h con la melaza no tratada.

25

La capacidad de betaína aumentaba de 2,1 a 3,6 kg de RDS/m<sup>3</sup>/h con la melaza de ED-D y la necesidad de evaporación declinaba de 23 a 16,7 kg de H<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>/h.

5 Los valores de color eran más altos en la melaza de ED-D, debido a diferentes tiempos de demora en los tanques de alimentación calentados. Los resultados muestran que el pretratamiento de melaza mediante ED puede mejorar la capacidad de separación cromatográfica en SMB en más del 30% para sacarosa y en el 70% para betaína en comparación con la melaza no tratada.

10 La presente invención se ha ilustrado en el presente documento principalmente en relación con el tratamiento de melaza, dado que se cree que la recuperación de productos útiles a partir de melaza tiene el mejor potencial técnico y comercial. Sin embargo, es obvio para los expertos en la materia que pueden obtenerse beneficios técnicos similares de mayor pureza, rendimiento y/o capacidad mediante la aplicación del proceso de la presente invención en otros tipos de soluciones de sacarosa.

15

**REIVINDICACIONES**

1. Proceso industrialmente útil para la recuperación de componentes de sacarosa y/o no de sacarosa, que comprende
- 5
- proporcionar una solución de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar seleccionada entre melaza, zumos y licores de azúcar, en la que dichos zumos de azúcar no se someten a nanofiltración durante el proceso;
- 10
- someter a dicha solución a electrodiálisis para eliminar de ella aniones y cationes inorgánicos y orgánicos y ácidos orgánicos;
  - someter a la solución electrodiálizada a una separación cromatográfica para obtener componentes de sacarosa y no de sacarosa en fracciones separadas; y
- 15
- recuperar un producto seleccionado entre componentes de sacarosa y no de sacarosa de, como mínimo, una de dichas fracciones.
2. Proceso, según la reivindicación 1, en el que dicha electrodiálisis viene seguida por, como mínimo, una cristalización antes de dicha separación cromatográfica, proporcionando dicha cristalización sacarosa cristalizada y solución electrodiálizada.
- 20
3. Proceso, según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicha solución de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar comprende melaza.
- 25
4. Proceso, según la reivindicación 3, en el que dicha melaza contiene menos de 70% de sacarosa en la sustancia seca.
5. Proceso, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicho zumo de azúcar se selecciona entre zumo sin refinar, zumo espeso y zumo ligero, y dicho licor es licor madre.
- 30
6. Proceso, según la reivindicación 1, en el que dicha electrodiálisis comprende introducir dicha solución a través de membranas de intercambio aniónico y catiónico, que funcionan a 40-100°C, preferentemente 55-65°C.
- 35
7. Proceso, según la reivindicación 1, en el que la solución sometida a electrodiálisis tiene un pH de 7-9 al entrar y un pH de 4-7 al salir de la electrodiálisis.
8. Proceso, según la reivindicación 7, en el que dicha electrodiálisis elimina el 60% o más de los aniones y cationes inorgánicos y orgánicos y ácidos orgánicos contenidos inicialmente en dicha solución.
- 40
9. Proceso, según la reivindicación 7, en el que dicha electrodiálisis elimina el 75% o más de los aniones y cationes inorgánicos y orgánicos y ácidos orgánicos contenidos inicialmente en dicha solución.
10. Proceso, según la reivindicación 7, en el que dicha electrodiálisis elimina el 90% o más de los aniones y cationes inorgánicos y orgánicos y ácidos orgánicos contenidos inicialmente en dicha solución.
- 45
11. Proceso, según la reivindicación 2, en el que dicha cristalización o cristalizaciones se seleccionan entre cristalización por ebullición evaporativa y cristalización por enfriamiento y combinaciones de las mismas.
- 50
12. Proceso, según la reivindicación 2, en el que dicha solución de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar comprende melaza de remolacha y dicha sacarosa cristalizada se refina para proporcionar azúcar blanco y melaza electrodiálizada secundaria.
- 55
13. Proceso, según la reivindicación 1, en el que dicha solución electrodiálizada se somete a un tratamiento seleccionado entre dilución, filtración, ablandamiento y combinaciones de los mismos antes de someterla a dicha separación cromatográfica.
- 60
14. Proceso, según la reivindicación 1, en el que dicha separación cromatográfica comprende una separación seleccionada entre separación discontinua, separación en lecho móvil simulado continua y separación en lecho móvil simulado secuencial.
15. Proceso, según la reivindicación 1, en el que dichos componentes no de sacarosa se seleccionan entre betaína, rafinosa, azúcar invertido, aminoácidos, inositol y combinaciones de los mismos.
- 65
16. Proceso, según la reivindicación 1, en el que dicha solución de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar es melaza de remolacha y se somete a electrodiálisis, cristalización y separación cromatográfica, en ese

orden, y un producto seleccionado entre componentes de sacarosa y no de sacarosa se recupera o recuperan después de dicha separación cromatográfica.

5 17. Proceso, según la reivindicación 16, en el que la solución sometida a cristalización después de dicha electrodiálisis tiene un contenido de sacarosa del 65 al 75% de la sustancia seca y que hasta 20% a 50% de dicha sacarosa se recupera en dicha cristalización.

10 18. Proceso, según la reivindicación 16, en el que una fracción que contiene sacarosa se recupera después de dicha separación cromatográfica y la sacarosa se recupera mediante cristalización a partir de dicha fracción.

19. Proceso, según la reivindicación 18, en el que el rendimiento total de sacarosa recuperada de dicha solución de alimentación de melaza mejora significativamente en comparación con el rendimiento de una separación cromatográfica similar y cristalización sin electrodiálisis.

15 20. Proceso, según la reivindicación 18, en el que la pureza de sacarosa de dicha fracción es del 92% al 95%.

20 21. Proceso, según la reivindicación 16, en el que una fracción que contiene un componente no de sacarosa seleccionado entre betaína y rafinosa se recupera después de dicha separación cromatográfica y la pureza de dicha fracción de dicho componente no de sacarosa recuperado a partir de dicha solución de alimentación mejora en comparación con la pureza de una fracción similar de una separación cromatográfica sin electrodiálisis.

22. Proceso, según la reivindicación 21, en el que dicho componente no de sacarosa comprende rafinosa y la pureza de dicha fracción de rafinosa es del 40% al 70%, preferentemente del 55% al 65% de la sustancia seca.

25 23. Proceso, según la reivindicación 21, en el que dicho componente no de sacarosa comprende betaína y la pureza de dicha fracción de betaína es del 65% al 75% de la sustancia seca.

30 24. Proceso, según la reivindicación 16, en el que la cantidad de sólidos secos sometida a separación cromatográfica se reduce significativamente en comparación con la cantidad sometida a separación cromatográfica en un proceso similar sin electrodiálisis y cristalización precedentes.

35 25. Proceso, según la reivindicación 1, en el que el componente de sacarosa recuperado se procesa adicionalmente a azúcar en polvo, azúcar decorativo, azúcar granulado, azúcar glasé, azúcar para mermelada, azúcar en terrones, azúcar líquido, azúcar gelificante, o cristales de azúcar coloreado.

26. Utilización de electrodiálisis para mejorar la eficiencia de separación cromatográfica en la recuperación industrial de componentes de sacarosa y/o no de sacarosa de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar.

40 27. Utilización, según la reivindicación 26, en la que dicha separación cromatográfica se selecciona entre separación discontinua y separación continua.

28. Utilización, según la reivindicación 27, en la que dicha separación continua se selecciona entre un método en lecho móvil simulado y un método en lecho móvil simulado secuencial.

45 29. Utilización, según la reivindicación 28, en la que dicho método en lecho móvil simulado se lleva a cabo en un proceso, en el que el proceso de separación comprende, como mínimo, dos perfiles de separación en el mismo bucle.

50 30. Utilización, según la reivindicación 26 ó 27, en la que el rendimiento total de sacarosa en un proceso de recuperación de sacarosa aumenta pretratando una solución de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar mediante electrodiálisis antes de someterla a separación cromatográfica, en comparación con un proceso similar sin electrodiálisis.

55 31. Utilización, según la reivindicación 26 ó 27, en la que dicha electrodiálisis viene seguida por cristalización de sacarosa antes de dicha separación cromatográfica.

60 32. Utilización, según la reivindicación 26 ó 27, en la que la pureza de fracción de componentes no de sacarosa seleccionados entre betaína y rafinosa aumenta mejorando la resolución de sacarosa y dichos componentes en dicha separación cromatográfica, en comparación con un proceso similar sin electrodiálisis.

33. Utilización, según la reivindicación 26 ó 27, en la que el volumen de solución introducida en una etapa de separación cromatográfica en un proceso dado se reduce significativamente pretratando dicha solución de alimentación con electrodiálisis y cristalización.

65 34. Utilización, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 26 a 33, en la que dicha solución de origen de remolacha azucarera y/o caña de azúcar comprende melaza de remolacha.

Figura 1

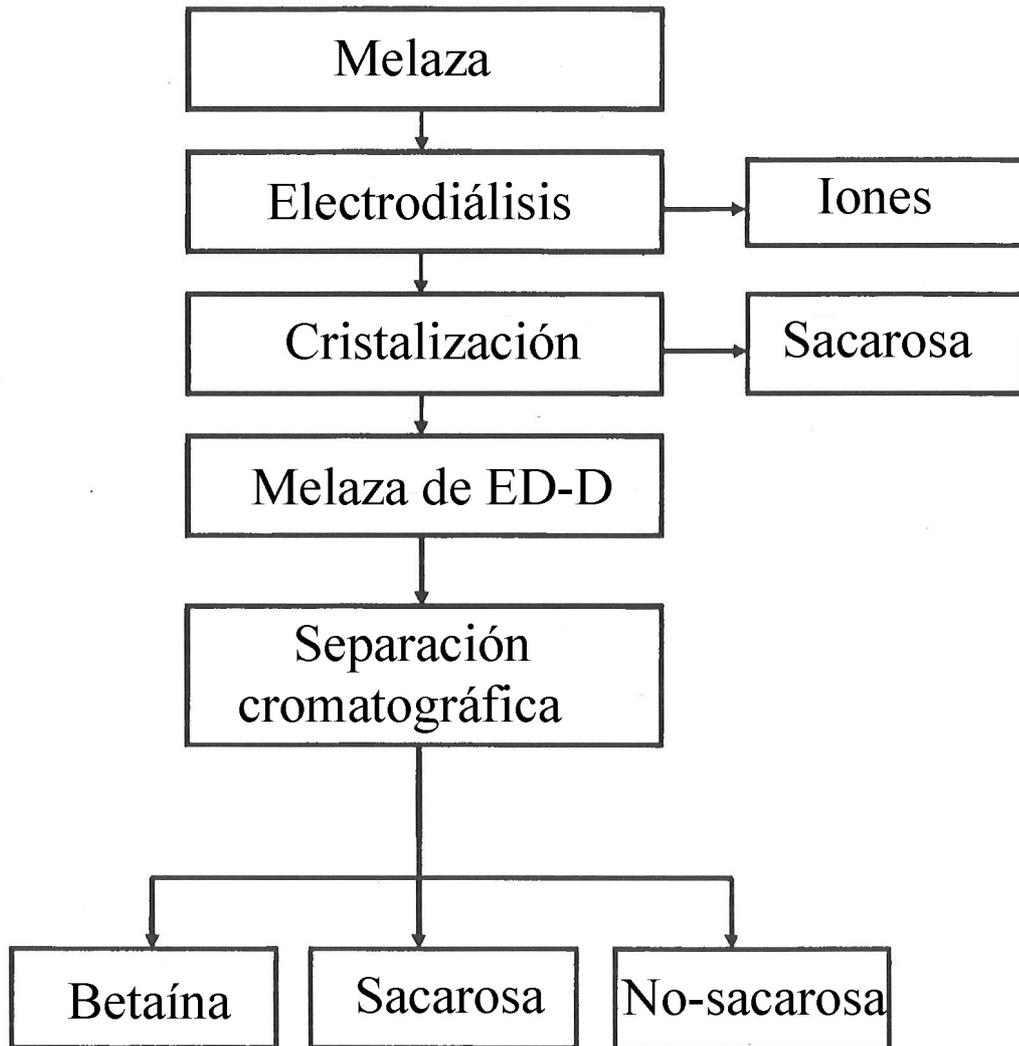


Figura 2. Perfil de separación de melaza no tratada

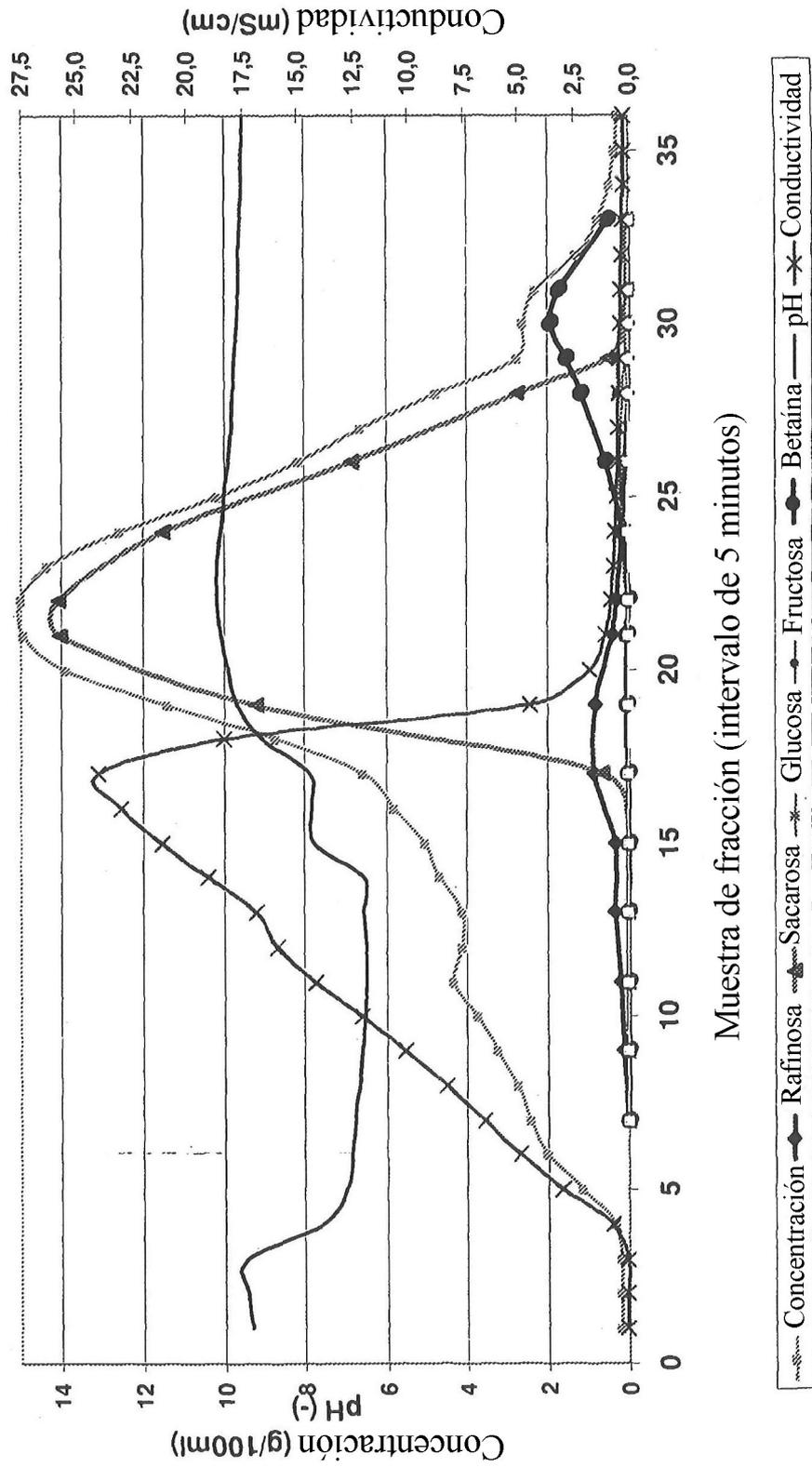


Figura 3. Perfil de separación de melaza de ED-D

