

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 510 641**

51 Int. Cl.:

C13B 30/02 (2011.01)

C13K 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2003 E 03726018 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.08.2014 EP 1488180**

54 Título: **Proceso para secar fluidos acuosos con alto contenido de lactosa**

30 Prioridad:

04.03.2002 US 361597 P

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

21.10.2014

73 Titular/es:

**RELCO, LLC (100.0%)
2281, 3rd Avenue SW
Willmar, MN 56201, US**

72 Inventor/es:

KELLER, A. KENT

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 510 641 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 secar fluidos acuosos con alto contenido de lactosa

5 **Introducción**

La presente invención se refiere a métodos, sistemas y equipos de procesamiento de productos lácteos usados para procesar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa (HLAF, *High Lactose Aqueous Fluid*) y productos del mismo. En particular, la presente invención se refiere a (1) sistemas y métodos para procesar HLAF tales como los obtenidos del procesamiento de la leche y, más particularmente, del procesamiento del suero lácteo, generando HLAF a través de la eliminación de proteínas por diversos métodos que incluyen, pero sin limitación, ultrafiltración, intercambio iónico, precipitación por calor y cromatografía; y (2) equipos especializados para realizar dicho procesamiento. El HLAF se procesa adicionalmente de acuerdo con los métodos y sistemas de la presente invención para proporcionar un producto rico en cristales de *alfa*-lactosa monohidrato, útil en productos de pastelería, sustitutos de la leche y similares.

Antecedentes

Dado que la fabricación de quesos se ha desarrollado durante años, esta se ha convertido en una actividad realizada en plantas de procesamiento cada vez más grandes, que se benefician de un mayor rendimiento. Como resultado, para los propietarios de estas plantas ha sido más rentable procesar los sub-productos de la fabricación de quesos. En particular, el suero lácteo ha mostrado tener valor para los fabricantes de quesos debido a valiosas proteínas o a proteínas no caseínicas, que quedan en el suero lácteo después de fabricar el queso. Estas proteínas se recuperan generalmente como concentrados de proteínas de suero lácteo (WCP, *Whey Protein Concentrates*) o aislados de proteínas de suero lácteo (WPI, *Whey Protein Isolates*) a través de un procesamiento adicional del suero lácteo. Los concentrados y aislados de proteínas de suero lácteo se producen normalmente a través de una serie de etapas de proceso, que incluyen normalmente ultrafiltración, evaporación y secado. Se ha desarrollado una demanda significativa de dichos productos en la industria alimenticia.

Los productos secundarios de este proceso de recuperación incluyen un fluido generalmente denominado "filtrado". El término filtrado se usa generalmente para referirse a un HLAF que pasa a través de, o se filtra a través de, filtros de membrana usados en la ultrafiltración de suero lácteo. Normalmente, de aproximadamente el 15 % al 30 % de los sólidos totales en el suero lácteo se recuperan como el concentrado de proteína de suero lácteo/aislado de proteína de suero lácteo (WPC/WPI) durante la ultrafiltración tradicional o cualquiera de los otros procesos conocidos para aislar proteínas de suero lácteo. Por lo tanto, el filtrado, contiene generalmente de aproximadamente el 70 a aproximadamente el 85 % de los sólidos totales en el suero lácteo. Estas cifras varían dependiendo del proceso usado para generar el WPC/WPI, pero se apreciará que, en cada caso, se recupera un porcentaje más grande de sólidos con el filtrado que el que se recupera con la fracción proteica aislada como WPC/WPI.

El filtrado es un fluido acuoso que contiene predominantemente lactosa, junto con algunas proteínas de bajo peso molecular, componentes nitrogenados no proteicos, minerales, vitaminas y otros constituyentes. Sin embargo, la eliminación de proteínas caseínicas y no caseínicas de la leche, generalmente hace que sea más difícil secar los sólidos que quedan en el filtrado de lo que podría ser el caso si estas proteínas se retuvieran en el fluido acuoso. Se considera generalmente que dichas proteínas son una "ayuda al secado". Ya que prácticamente todas las proteínicas caseínicas y la mayoría de las proteínas no caseínicas se han eliminado en esta fase del procesamiento de la leche, el filtrado es difícil de secar de forma rentable. Este es el reto que se aborda en la presente invención.

En operaciones comerciales, el filtrado normalmente se concentra por una serie de etapas que incluye ósmosis inversa y/o evaporación, que llevan al líquido a una concentración de sólidos total de aproximadamente 60 %. Después, este fluido concentrado se cristaliza y se centrifuga para separar una porción de la lactosa que posteriormente puede refinarse, secarse y comercializarse como un producto básico. El "filtrado sin lactosa" (DLP) restante se considera generalmente como un subproducto sin valor, incluso sabiendo que contiene generalmente de aproximadamente 30 a aproximadamente 35 % de los sólidos del suero lácteo original del que primero se aislaron el concentrado/aislado de proteínas de suero lácteo y después la lactosa. El DLP se usa generalmente como un suplemento alimenticio para animales. El coste del envío del DLP es generalmente aproximadamente el mismo que su valor para alimento animal, que es por lo que se considera generalmente que es un subproducto sin valor.

En el pasado, muchas plantas de procesamiento consideraron el DLP como un producto residual y lo eliminaron lo mejor que pudieron. Hoy en día, con el aumento del tamaño de las plantas de queso y con el aumento general de las regulaciones medioambientales, la eliminación de residuos del DLP no es una opción viable. Sin embargo, si se pudiese extraer un valor adicional del DLP a través de un procesamiento más rentable, se cree que la industria de procesamiento de quesos aceptaría dichas técnicas de procesamiento mejoradas.

Se apreciará que el valor de la lactosa y de otros constituyentes de la leche que quedan en el DLP tendrían valor sólo si pudieran recuperarse de forma que puedan usarse para otros fines más que como un complemento alimenticio líquido de poco valor. El reto al que se ha enfrentado la industria ha sido que ninguno de los procesos

actualmente disponibles para la industria proporciona una vía eficaz para recuperar toda la lactosa y otros constituyentes de la leche que quedan en el DLP en una forma que conduzca a comercializar estos constituyentes como ingredientes alimenticios o productos de alto valor alimenticio.

5 Se apreciará que hay un valor significativo en los productos secos, con alto contenido de lactosa; por lo tanto, un nuevo proceso que pueda permitir mejor que la industria de productos lácteos produzca productos útiles con alto contenido de lactosa desde filtrados y otros HLAf y nuevos sistemas para utilizar este proceso proporcionarán un avance deseado sobre los métodos y sistemas anteriores en la técnica para aislar la lactosa y otros constituyentes de la leche de los HLAf.

10

Técnica anterior

15 Ha habido varios intentos de recuperar todos los sólidos en el filtrado de forma que no dé como resultado un licor madre o DLP. En estos procesos, el filtrado se trata de forma diferente a aquel usado para recuperar una lactosa purificada. En un caso, la cantidad de humedad en el filtrado se reduce a través de un número de etapas, que incluye ósmosis inversa y/o evaporación, cristalización y secado por pulverización en un proceso no muy diferente del usado para el secado de leche y suero lácteo. Se cree que puede haber, quizás, hasta seis plantas en los Estados Unidos usando este proceso. El producto del proceso se ha encontrado que tiene valor como un producto rico en lactosa para ciertas aplicaciones. Sin embargo, ya que está basado en procesos tradicionales para secar leche y suero lácteo, este proceso es demasiado costoso para funcionar de forma rentable; y el equipo requerido tiene un coste de capital significativo. Se cree que el valor del producto, en relación con el coste de funcionamiento del proceso y la inversión de capital en el equipo requerido, no es suficiente para crear un incentivo financiero para que este proceso se adopte ampliamente.

25 Otro proceso, usado en dos o tres plantas en los Estados Unidos para secar filtrado, proporciona un sistema para concentrar secuencialmente filtrado de aproximadamente 18 a aproximadamente 40 % de sólidos totales y después secar los sólidos en un secador de rodillo caliente. El proceso usa una cantidad significativa de energía y es, por lo tanto, relativamente costoso. Además, el proceso es relativamente antihigiénico, limitando adicionalmente el uso del producto resultante como un ingrediente alimenticio. Finalmente, el producto se quema debido al sobrecalentamiento accidental y, por lo tanto, se compromete adicionalmente para su uso previsto como un complemento alimenticio reduciendo significativamente el retorno potencial de la inversión asociado con la inversión en y el uso de dicho sistema.

35 Getler et al. (Patente de Estados Unidos Nº 6.048.565) desvelan un proceso en el que se mezclan suero lácteo concentrado y/o productos de suero lácteo con suero lácteo, productos de suero lácteo u otros ingredientes para lograr un producto con alto contenido de sólidos adecuado para suministrar a un secador. Aunque que dicha "retromezcla" aumenta los sólidos totales, no reduce la cantidad de humedad a eliminarse en el secador. Por lo tanto, se cree generalmente que las eficacias de energía son sólo aproximadamente un 15 % menos que en los procesos existentes para secar productos de suero lácteo. Una patente posterior de Peters et al. (Patente IJ. S. Nº 6.335.045) describe un proceso para mejorar un tanto las eficacias de energía usando un evaporador recirculante convencional para lograr mayores sólidos antes de la retromezcla, sin embargo, el sistema tampoco proporciona una solución suficiente para el reto de recuperar eficazmente toda la lactosa contenida en los HLAf. El documento de Estados Unidos 5006204 desvela un proceso adicional para secar lactosa.

45 Se apreciará, de lo expuesto anteriormente, que una vez que las proteínas caseínicas y no caseínicas se eliminan de la leche y de los subproductos del procesamiento de la leche, tales como suero lácteo, se convierte en un reto significativo aislar eficientemente la lactosa y otros sólidos que quedan; que los sistemas y procesos de la técnica anterior para abordar este reto son inadecuados para satisfacer eficientemente las necesidades de la industria y que ese reto aún requiere soluciones. La presente invención proporciona soluciones para estos y otros problemas.

50

Sumario de la invención

La presente invención proporciona procesos y sistemas para secar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa (HLAf). El proceso preferido incluye la etapa de concentrar el HLAf que contiene de aproximadamente 1 a aproximadamente 35 % de sólidos, en el que al menos el 50 % de los sólidos son lactosa, para formar un HLAf concentrado que contiene de aproximadamente 45 a aproximadamente 65 % de sólidos como en la reivindicación 1.

60 El fluido gaseoso es preferentemente aire, aunque puede usarse cualquier fluido gaseoso que no convierta el producto parcialmente cristalizado resultante en inútil para su propósito previsto. Conforme progresa el enfriamiento evaporativo, la concentración de sólidos en el HLAf aumenta y la temperatura del HLAf disminuye, ambos de los cuales facilitan la cristalización de lactosa en el HLAf y en última instancia dan como resultado una cascada de eventos que conducen el HLAf hacia una concentración más y más grande y la lactosa en el HLAf hacia grados de cristalización más y más grandes. Ya que la cristalización de lactosa es exotérmica, el "calor de cristalización" que se genera durante cada evento de cristalización, se libera en el HLAf. Este calor de cristalización liberado facilita más evaporación, que a su vez aumenta el porcentaje de sólidos en el HLAf, que a su vez, estimula más cristalización, que, a su vez, da como resultado la liberación de más calor, que a su vez facilita más evaporación,

65

que a su vez aumenta el porcentaje de sólidos, que a su vez estimula más cristalización, etc. Esta cascada se continúa preferentemente hasta que el HLAF parcialmente cristalizado se enriquece con *alfa*-lactosa monohidrato cristalina y el HLAF contiene de aproximadamente 78 % a aproximadamente 88 % de sólidos. Los procesos preferidos también incluyen secar el HLAF parcialmente cristalizado por pulverización en una cámara llena de aire caliente para formar un producto rico en lactosa cristalina, preferentemente que contenga algo de humedad residual y de aproximadamente 90 a 99 % de sólidos, en el que de aproximadamente 70 a aproximadamente 100 % de la humedad residual en el producto cristalino con alto contenido de sólidos se incorpora dentro de cristales de *alfa*-lactosa monohidrato. En un sistema preferido para segar el HLAF parcialmente cristalizado se proporciona un secador por elevación de aire. El secador por elevación de aire preferido incluye una cámara de secado cerrada que tiene una entrada atomizadora para introducir el HLAF parcialmente cristalizado en la cámara de secado cerrada. La cámara de secado cerrada también incluye una porción superior y una porción inferior, una entrada de aire principal y una salida de aire de escape; la entrada de HLAF atomizadora y la entrada de aire principal que están localizadas en la porción inferior y la cámara de secado cerrada que tiene paredes laterales interiores divergentes definiendo un espacio interior que tiene un área en sección transversal que aumenta conforme las paredes laterales interiores divergentes se extienden desde la porción inferior hacia la porción superior. Se apreciará que es un objetivo de la presente invención proporcionar un secador por elevación de aire que tiene una cámara de secado cerrada en la que el área en sección transversal del espacio interior dentro de la cámara aumenta conforme se extiende desde la entrada atomizadora limitando de ese modo la probabilidad de que el producto contacte con las paredes del secador antes del secado de la superficie externa de la partícula atomizada. En el secador por elevación de aire preferido de la presente invención, un HLAF parcialmente cristalizado puede atomizarse e impulsarse hacia arriba dentro del espacio cerrado y puede estar apoyada por un flujo hacia arriba de aire caliente desde la entrada de aire principal localizada en la porción inferior de la cámara de secado cerrada, de manera que extiende el tiempo de secado para el HLAF parcialmente cristalizado atomizado resistiendo el deslizamiento gravitacional en las partículas de secado hacia las paredes del secador. Se apreciará que es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un medio de secado lleno con pequeñas partículas de HLAF sustancialmente seco (polvo) que puede recubrir o parcialmente recubrir HLAF recién atomizado antes de su contacto con las paredes del secador de este modo reduciendo el potencial de que el HLAF se pegue a las paredes del secador. El secado final en el secador por elevación de aire tiene lugar en un lecho fluido integrado, que proporciona tiempo extendido para la eliminación de humedad del interior de la partícula de HLAF y que proporciona gran parte del fino polvo para recubrir el HLAF recién atomizado.

Se apreciará que un objetivo de la presente invención es proporcionar un proceso que proporcione mayor ventaja comercial que los procesos actuales para concentrar y secar sólidos de fluidos acuosos con alto contenido de lactosa (HLAF) tales como suero lácteo, filtrados de suero lácteo, filtrados de leche y similares. Tal ventaja comercial se consigue por crear una cascada de cristalización continua antes de secar. Esta cascada continua reduce costes de equipamiento, de construcción y de funcionamiento asociados con la cristalización discontinua tradicional utilizando el calor de cristalización que se libera en el HLAF conforme la lactosa se cristaliza, conduciendo de este modo a evaporación adicional dando como resultado cristalización adicional y la liberación adicional de calor del calor de cristalización en el HLAF. Este proceso incluirá preferentemente introducir el fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado dentro de un aparato de enfriamiento, concentración, cristalización en el que el fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado se expone tanto a mezcla como a movimiento de un fluido gaseoso a una temperatura, contenido de humedad y velocidad de aire eficaces para crear una cascada de enfriamiento, concentración, cristalización en la que el enfriamiento evaporativo genera pérdida de humedad y un aumento en sólidos que a su vez facilita la cristalización de lactosa que a su vez libera calor de cristalización de la lactosa que a su vez aumenta la temperatura del fluido que a su vez facilita más enfriamiento evaporativo, para que se genere un fluido acuoso con alto contenido de lactosa parcialmente cristalizado que contiene de aproximadamente 78 a aproximadamente 88 % de sólidos. Se logra ventaja comercial adicional proporcionando un proceso que requiere un secador mucho más pequeño que de otra forma podría requerirse o se usa tradicionalmente para secar filtrados y otros HLAF, eliminando más agua a través de la evaporación que ha sido posible en los procesos de concentración/secado de HLAF tradicionales. Tal reducción en el tamaño del secador no sólo reduce los requisitos de inversión de capital, sino que también reduce los requisitos de energía. En comparación con los sistemas de secado de filtrado convencionales, se observa que el secador por elevación de aire preferido rinde aproximadamente 9,4 kg de producto por kg de agua eliminada, mientras que un secador de leche/suero lácteo convertido usado para secar filtrado rinde sólo 1,8 kg de producto por kg de agua eliminada.

Se consigue una ventaja comercial adicional diseñando el secador de tal manera que se impida que un producto cohesivo, como el HLAF parcialmente cristalizado recién atomizado, se adhiera a las paredes del secador recubriendo primero el producto con producto seco y recubriendo las paredes del secador con el mismo producto seco. Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un sistema de secado de HLAF que elimine la necesidad de realizar una etapa de secado posterior a la cristalización después de una etapa principal de secado, así como eliminar la necesidad de una etapa de secado adicional después de la etapa de secado posterior a la cristalización para generar una ventaja comercial adicional.

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un sistema de secado que incluye un secador en el que los HLAF parcialmente cristalizados se atomizan hacia arriba desde una porción inferior de la cámara de secado cerrada y la cámara de secado cerrada tiene paredes laterales interiores divergentes que definen un espacio interior

- que tiene un área en sección transversal que aumenta conforme se extiende hacia arriba dentro de la cámara cerrada lejos de la entrada atomizadora para introducir HLAf parcialmente cristalizados atomizados en la cámara de secado cerrada. Se apreciará que conforme aumenta el área en sección transversal del espacio interior de la cámara de secado cerrada la velocidad del ascenso de los HLAf parcialmente cristalizados atomizados caerá gradualmente conforme las fuerzas gravitacionales contrarrestan la inercia de las partículas ascendentes. Al mismo tiempo, el aire caliente que sube de la entrada de aire principal localizada en la porción inferior de la cámara secadora cerrada subirá, proporcionando apoyo adicional para los HLAf parcialmente cristalizados atomizados dentro del espacio interior definido por las paredes divergentes de la cámara de secado cerrada. Este apoyo de los HLAf parcialmente cristalizados atomizados se optimizará preferentemente para proporcionar un medio suficientemente secante para permitir secado sustancial y cristalización adicional de los HLAf parcialmente cristalizados atomizados para que se forme un producto altamente cristalizado en el que de aproximadamente 70 a aproximadamente 100 % de la humedad en el producto es humedad unida dentro de una estructura cristalina de *alfa*-lactosa monohidrato.
- Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un método para secar un HLAf parcialmente cristalizado que contiene de aproximadamente 78 a aproximadamente 88 % de sólidos; un método que incluye proporcionar una cámara de secado cerrada del tipo descrito anteriormente e introduciendo el HLAf parcialmente cristalizado dentro de la cámara de secado cerrada a través de la entrada atomizadora con presión del fluido suficiente para dirigir los HLAf parcialmente cristalizados atomizados hacia arriba dentro de la cámara en una dirección al menos parcialmente opuesta a una fuerza gravitacional que actúa en el HLAf parcialmente cristalizado atomizado. En realizaciones preferidas, los HLAf parcialmente cristalizados atomizados se fluidificarán al menos parcialmente dentro de la cámara de secado cerrada por aire caliente que sube hacia arriba dentro de la cámara de secado cerrada desde la entrada de aire principal en la porción inferior de la cámara de secado cerrada. Se apreciará que es un objetivo del presente método proporcionar un medio eficaz en el que los HLAf parcialmente cristalizados atomizados se convertirán en partículas altamente cristalizadas esencialmente secas y que estas partículas entrarán en contacto con HLAf parcialmente cristalizados recién atomizados de manera que recubran al menos parcialmente estos HLAf parcialmente cristalizados atomizados para mejorar la suficiencia del medio de secado dentro del espacio interior de la cámara de secado cerrada.
- Se apreciará que un objetivo adicional de la presente invención es producir un producto rico en *alfa*-lactosa monohidrato cristalina, ya que tal producto es menos higroscópico que un producto que contiene lactosa en formas no cristalinas. En realizaciones preferidas este producto contendrá de aproximadamente 90 a aproximadamente 99 % de sólidos y algo de humedad residual, de aproximadamente 70 a aproximadamente 100 % de la que es incorporada dentro de los cristales de *alfa*-lactosa monohidrato.
- Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un proceso en el que un HLAf se concentra tanto que, tras el enfriamiento, se crea una cascada de enfriamiento, concentración, cristalización en la que la energía derivada del calor de cristalización, liberada cuando se crean cristales de lactosa, es suficiente para dirigir a evaporación adicional de humedad desde una suspensión de HLAf ya altamente concentrado, de forma que esta evaporación adicional conduce a cristalización adicional, que a su vez libera más calor de cristalización, que dirige a evaporación adicional, de la que todavía resulta cristalización adicional, de esta manera concentrando altamente la suspensión de HLAf de tal forma que la humedad en la suspensión se reduce suficientemente para minimizar el tamaño del secador que se necesita para completar el proceso de cristalización y generar un producto de sólidos de HLAf altamente cristalino, que contiene preferentemente algo de humedad residual y de aproximadamente 90 a aproximadamente 99 % de sólidos, en el que de aproximadamente 70 a aproximadamente 100 % de la humedad en el producto de sólidos de HLAf cristalino se incorpora dentro de los cristales de *alfa*-lactosa monohidrato.
- Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un proceso en el que un producto cohesivo, tal como el HLAf parcialmente cristalizado generado en el aparato de enfriamiento, concentración, cristalización, pueda secarse sin adherirse a las paredes del secador y hacerlo de manera eficaz en energía y preferentemente en una única etapa. Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un sistema que incluye un secador "por elevación de aire" nuevo en el que un producto húmedo cohesivo se suspende en una columna de aire caliente que sube proporcionando de este modo ventaja comercial significativa. La gravedad reduce la velocidad media de las partículas que suben aumentando de ese modo el tiempo de contacto entre las partículas y el aire caliente antes de contactar con las paredes del secador. Además, conforme las partículas suben en la columna de aire caliente, la distancia entre las partículas que suben y las paredes laterales aumenta en lugar de disminuir como ocurre en secadores por pulverización de productos lácteos convencionales.
- El diseño único del secador por elevación de aire genera una alta concentración de polvo para acumular dentro de la cámara de secado. Como resultado, este polvo está disponible para recubrir las partículas de HLAf parcialmente cristalizado cohesivo que ascienden y descienden dentro del espacio interior de la cámara de secado cerrada y para recubrir las paredes laterales interiores divergentes, que preferentemente forman un cono divergente hacia arriba, impidiendo así este polvo la adhesión del producto a las paredes laterales y al cono. Recubriendo las partículas de HLAf parcialmente cristalizado, el polvo reduce la naturaleza cohesiva de las partículas de tal forma que pueden deslizarse por el cono del secador sin adherirse a las paredes laterales hasta que las partículas alcanzan un lecho fluidificado de HLAf, donde puede producirse el secado final.

Estas y otras diversas ventajas y comportamientos de novedad que caracterizan la presente invención se señalan con particularidad en las reivindicaciones adjuntas y forman parte de la presente invención. Sin embargo, para un mejor entendimiento de la presente invención, sus ventajas y objetos obtenidos por su uso, deberá hacerse referencia a los dibujos que forman una parte adicional de la presente invención, así como a la materia descriptiva adjunta en la que se ilustran y se describen realizaciones preferidas de la presente invención.

Dibujos

En los dibujos, en los que los números de referencia correspondientes, marcados con un apóstrofo (por ejemplo, 20') o no (por ejemplo, 20), indican partes correspondientes a través de las diversas vistas, en las que se muestran realizaciones específicas de la presente invención;

La Figura 1 es una ilustración esquemática de los elementos preferidos de un sistema 2 inicial para recuperar lactosa y otros constituyentes de la leche encontrados en el HLAf, tales como filtrado de suero lácteo, de acuerdo con métodos de la presente invención;

La Figura 2 es una ilustración esquemática detallada de una serie de tres dispositivos 22a, 22b, 22c de mezcla concentrador/enfriador/cristalizador usados en el sistema 2 inicial mostrado en la Figura 1;

La Figura 3 es una ilustración esquemática de elementos preferidos de un sistema 2' preferido para recuperar lactosa y otros constituyentes de la leche encontrados en el HLAf de acuerdo con métodos de la presente invención; esta realización difiere de la realización mostrada en la Figura 1, en que el concentrador/enfriador/cristalizador 20' comprende una sola unidad 22' de mezcla preferida, un secador 24' por elevación de aire preferido, un solo deshumidificador 25' y otras variaciones de la Figura 1, pero que, por otra parte, tiene generalmente elementos correspondientes a elementos del sistema mostrado en la Figura 1; en la que los elementos correspondientes se hacen referencia por números de referencia con los apóstrofes correspondientes;

La Figura 4 es una vista final del concentrador/enfriador/cristalizador 20' mostrado esquemáticamente en la Figura 3;

La Figura 5 es una vista en planta superior en sección del concentrador/enfriador/cristalizador 20' mostrado en las Figuras 3 y 4 como se ve en la línea 5-5 de la Figura 4;

La Figura 6 es una vista en alzado lateral en sección del concentrador/enfriador/cristalizador 20' mostrado en las Figuras 4 y 5 como se ve en la línea 6-6 de la Figura 4;

La Figura 7 es una vista en perspectiva del secador 24' pulverizador por elevación de aire en asociación con otros elementos determinados del sistema 2' mostrado esquemáticamente en la Figura 3;

La Figura 8 es una vista en planta inferior del secador 24' preferido de la presente invención mostrado en las Figuras 3 y 7; y

La Figura 9 es una vista en alzado lateral en sección del secador 24' preferido como se ve en la línea 9-9 de la Figura 8.

Descripción detallada de la invención

La presente invención proporciona procesos y sistemas para concentrar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa (HLAF), cristalizar lactosa dentro del HLAf y finalmente secar el HLAf. El HLAf contiene sólidos que se retienen generalmente en un fluido acuoso siguiendo el procesamiento de leche comercial o subproductos lácteos, tales como aquellos fluidos que resultan de la desproteínización de fluidos lácteos como, por ejemplo, a través de un proceso o procesos para la producción de queso y/o caseína, seguido por ejemplo de la producción de concentrados de proteínas de suero lácteo y/o aislados de proteínas de suero lácteo y similares. La presente invención también incluye sistemas con los que pueden completarse tales procesos y formarse lactosa cristalina de acuerdo con tales procesos.

Con referencia ahora a los dibujos y específicamente a la Figura 1, se muestra un sistema 2 para completar un proceso de concentración, cristalización y secado de fluidos acuosos con alto contenido de lactosa (HLAF) de acuerdo con los principios generales de la presente invención. El sistema 2 de procesamiento incluye equipamiento 6 eliminador de agua convencional para concentrar un fluido 3 acuoso con alto contenido de lactosa (HLAF), que contiene de aproximadamente 1 % a aproximadamente 35 % de sólidos, para formar un HLAf concentrado que tiene de aproximadamente 45 % a aproximadamente 65 %, preferentemente de aproximadamente 55 % a aproximadamente 65 %, más preferentemente de aproximadamente 60 % a aproximadamente 65 % de sólidos totales. En la realización mostrada en la Figura 1, el equipamiento 6 eliminador de agua es preferentemente un evaporador por vacío de película que cae tal como aquellos normalmente usados en la industria de productos

lácteos, sin embargo, se puede usar también otro equipamiento de evaporación conocido. El HLAF se mantiene preferentemente en un tanque 4 de suministro y se bombea al evaporador 6. En realizaciones alternativas, la eliminación de agua inicial puede conseguirse usando equipamiento de ósmosis inversa (no mostrado) tal como aquel normalmente usado en la industria de productos lácteos. En otras realizaciones alternativas, también puede usarse una combinación de equipamiento de ósmosis inversa y evaporación por vacío (no mostrado), o quizás otro equipamiento de concentración bien conocido; pero el objetivo, eliminar la suficiente humedad para concentrar el HLAF para rendir un HLAF concentrado que tenga preferentemente una concentración de sólidos totales de aproximadamente 45 % a aproximadamente 65 %, sigue siendo la misma con cada una de estas realizaciones alternativas.

Una vez que el HLAF se concentra de aproximadamente 45 % a aproximadamente 65% de sólidos totales, se bombea preferentemente a través de líneas 8a de transferencia de fluidos cerradas a un tanque 10 de equilibrio por una bomba 12a centrífuga, aunque pueden usarse otras bombas convencionales. El tanque 10 de equilibrio evita cambios repentinos en la concentración del suministro al alto concentrador 16 de sólidos, de esta forma facilitando el control del alto concentrador 16 de sólidos. El HLAF concentrado en el tanque 10 de equilibrio se bombea a través de líneas 8b de transferencia de fluidos adicionales por una bomba 12b centrífuga adicional al alto concentrador 16 de sólidos, que es preferentemente un evaporador de alta concentración diseñado para eliminar humedad adicional y subir la concentración de los sólidos totales en el HLAF concentrado adicionalmente de aproximadamente 70 % a aproximadamente 80 %, preferentemente de aproximadamente 72 % a aproximadamente 78 %, más preferentemente de aproximadamente 74 % a aproximadamente 76 % de sólidos. En realizaciones preferidas, un terminador 16 de alta concentración o evaporador de alta concentración subirá la concentración de los sólidos totales a una concentración mayor que la que generalmente se consigue en la evaporación de productos lácteos convencional del HLAF concentrado adicionalmente.

En círculos de procesamiento de productos lácteos convencionales, se cree generalmente que el producto se solidificaría cuando alcanzase concentraciones más altas. En línea con esta creencia, se apreciará que el equipamiento convencional no se ha diseñado para lograr el control preciso de temperatura, sólidos y flujo de fluido requeridos para las realizaciones preferidas de la presente invención. Sin embargo, como se apreciará, el evaporador 16 de alta concentración puede ser un evaporador atmosférico o un evaporador por vacío de los tipos conocidos en la técnica.

En realizaciones preferidas, el evaporador 16 de alta concentración puede ser un evaporado tipo circulante alto de placa y bastidor; un evaporador de película descendente especialmente diseñado para este proceso, un evaporador de superficie barrida o similares. Otros evaporadores, con capacidad de actividades concentradoras similares, pueden usarse también. Cualquier evaporador que se use, es preferible subir los sólidos totales de aproximadamente 74 % a aproximadamente 76 %. La fluidez se mantiene preferentemente manteniendo el HLAF concentrado a una temperatura suficientemente alta para prevenir eficazmente la cristalización sustancial de lactosa en el evaporador por vacío de alta concentración. Se apreciará de la discusión a continuación que es deseable mantener el HLAF altamente concentrado a una temperatura relativamente alta conforme va hacia la siguiente fase del proceso; es decir, concentración, enfriamiento y cristalización finales.

En realizaciones preferidas, el HLAF altamente concentrado, que tiene preferentemente un contenido de sólidos de aproximadamente 70 % a aproximadamente 80 %, más preferentemente de aproximadamente 72 % a aproximadamente 78 %, más preferentemente de aproximadamente 74 % a aproximadamente 76 %, se suministra entonces dentro de un concentrador/enfriador/cristalizador 20, donde la temperatura del HLAF caliente altamente concentrado se reduce al mismo tiempo que tiene lugar la evaporación adicional. El concentrador/enfriador/cristalizador 20 eliminará la humedad adicional del HLAF altamente concentrado entonces la concentración de los sólidos totales se convierte incluso mayor. Esta concentración adicional es importante para forzar la cristalización de lactosa y, en última instancia, para reducir los requisitos de tamaño del secador 24, 24' asociado requerido para una etapa de secado posterior en el proceso preferido. En la realización inicial mostrada en la Figura 1, el concentrador/enfriador/cristalizador 20 tiene una serie de tres dispositivos 22a, 22b, 22c de mezcla concentrador/enfriador/cristalizador interconectados, que permiten concentración, enfriamiento y cristalización en fase del HLAF concentrado.

Haciendo referencia ahora también a la Figura 2, los dispositivos 22a, 22b, 22c de mezcla tienen una serie de palas (no mostradas) o un tornillo de tipo sinfín (no mostrado), que rota aproximadamente un eje, o un par de ejes (no mostrados) para mover el material fluido de un extremo de entrada 23a a un extremo de salida 23b. El aire ambiental o aire enfriado se sopla dentro de cada uno de los tres dispositivos 22a, 22b, 22c de mezcla por un soplador 21a a través de líneas 21b de suministro y el aire se ventila con el tiempo fuera de los dispositivos 22a, 22b, 22c de mezcla llevando la humedad a través de una válvula 21c de escape de ventilación del vapor. Aunque este es uno de un número de enfriadores/concentradores/cristalizadores preferidos, se pueden usar otros dispositivos en los que el HLAF altamente concentrado se expone a aire soplado u otros fluidos gaseosos que reducen la temperatura del HLAF y aumentan la concentración de sólidos del HLAF. Se cree que el tamaño del secador 24 requerido para el proceso preferido disminuirá exponencialmente conforme la concentración de sólidos totales del HLAF suministrados dentro del secador 24 aumente linealmente.

En un sistema más preferido, un concentrador/enfriador/cristalizador 20', mostrado en la Figura 3, incluye sólo un único dispositivo 22' de mezcla. Se apreciará, sin embargo, que el aparato de enfriamiento/concentración/cristalización alternativo de la presente invención (no mostrado) puede tener cualquier número de dispositivos de mezcla eficaces para enfriar, concentrar y cristalizar el HLAF altamente concentrado para proporcionar el HLAF parcialmente cristalizado descrito en el presente documento.

Haciendo referencia ahora también a las Figuras 4-6, el enfriador/concentrador/cristalizador 20' preferido tiene una única cámara 22' de mezcla en la que el HLAF altamente concentrado se suministra a un extremo y el aire de enfriamiento se suministra preferentemente en el extremo opuesto, aunque tal sistema de contracorriente no es especialmente crítico para el proceso, ni es necesario. En realizaciones preferidas, la cámara o dispositivo 22' de mezcla se fabrica en parte de un tubo de acero inoxidable de 45720 mm que tiene un diámetro interno de 9.144 mm. Una serie de palas 80' se organizan alrededor de un eje 82', que tiene preferentemente 1524 mm de diámetro y se dirige con un motor o una unidad 84'. El HLAF altamente concentrado preferentemente se suministra de forma continua en el dispositivo 22' de mezcla a través de una entrada 23a' de suministro en un primer extremo del dispositivo 22' de mezcla y con el tiempo se abre camino a un segundo u opuesto extremo, bajo la fuerza de mezcla proporcionada por las palas 82' cuando gira el eje 80', donde fluye fuera de una salida de un extremo de salida 23b'. El aire se sopla en el segundo extremo del dispositivo 22' de mezcla donde sale el HLAF.

Conforme se elimina el agua del HLAF altamente concentrado en el enfriador/concentrador/cristalizador 20, 20', también se elimina energía ya que la transición de una fase fluida a una fase gaseosa requiere la consumición de una cantidad de energía generalmente denominada el "calor de vaporización". El calor sensible presente en el HLAF proporciona el calor de vaporización. Cuanta más humedad se evapora, se usa más energía de este modo enfriando el HLAF altamente concentrado. Conforme se enfría el HLAF altamente concentrado, se cristalizará algo de lactosa. Conforme se cristaliza la lactosa, libera calor generalmente denominado el "calor de cristalización". Este calor se libera al HLAF, de este modo aumentando el calor sensible del HLAF altamente concentrado. Cuanto más calor sensible está disponible, más evaporación puede tener lugar. Con evaporación adicional, la concentración de sólidos totales en el HLAF altamente concentrado aumenta, generando cristalización adicional. Una "reacción en cadena" de cristalización/evaporación entonces sobreviene en que el calor de cristalización dirige la reacción, proporcionando más y más energía para dirigir a evaporación, de este modo dirigiendo a cristalización adicional, para crear una cascada del tipo en que la energía para evaporación se genera por cristalización y la cristalización adicional resulta de la evaporación adicional. Nos referimos a esta reacción en cadena como la "cascada de enfriamiento/concentración/cristalización".

En realizaciones preferidas, un proceso de enfriamiento/concentración/cristalización se continuará a un punto donde el HLAF parcialmente cristalizado que sale del concentrador/enfriador/cristalizador 20, 20' preferentemente tiene un contenido de sólidos totales que varía de aproximadamente 78 % a aproximadamente 88 %, más preferentemente de aproximadamente 80 % a aproximadamente 85 % de sólidos totales. Se apreciará que la velocidad de cristalización, dadas las altas temperaturas en el concentrador/enfriador/cristalizador 20, 20' continuo será extremadamente rápida, permitiendo la cristalización que puede tomar un periodo de tiempo de aproximadamente 10 a aproximadamente 20 horas en procesos de cristalización convencionales, a tomar sólo unos pocos minutos. Esta reducción en tiempos de enfriamiento no sólo da como resultado ahorros considerables en el coste de equipamiento requerido para cristalización, sino también en la capacidad para usar un proceso de enfriamiento/concentración/cristalización continuo en lugar de un proceso discontinuo.

Se apreciará adicionalmente que los concentradores/enfriadores/cristalizadores 20, 20' continuos preferidos utilizan agua no refrigerada, como es requisito normalmente en cristalizadores convencionales. Aunque el agua refrigerada podría usarse en una realización alternativa, no se necesita porque el exceso de calor sensible se consume por el requisito de calor para dirigir a evaporación. Ya que la evaporación requiere el uso de calor sensible, no hay necesidad del gasto capital y de funcionamiento añadidos normalmente asociados con la refrigeración cristalizadora. El aire ambiental soplado en el dispositivo 22' de mezcla o dispositivos 22a, 22b, 22c de mezcla puede deshumidificarse por un deshumidificador 25, 25' del que un soplador 21a, 21a' puede extraer el aire deshumidificado; aunque tal deshumidificación no es requisito y puede, de hecho, eliminarse en ciertos climas o, quizá, estaciones del año en ciertos climas, donde la deshumidificación es innecesaria e improductiva como una cuestión de contabilidad de costes.

La combinación de sólidos grandes, agitación mecánica y enfriamiento rápido en los mezcladores 22a, 22b, 22c y 22', dirige a un alto grado de nucleación y cristalización de lactosa espontáneos en el HLAF altamente concentrado para generar el HLAF parcialmente cristalizado. La alta población de núcleos de lactosa se cree que minimiza el crecimiento de cristales de lactosa grandes, o a la inversa, promueve la formación de cristales pequeños. Una alta población de cristales pequeños se cree que generalmente asegura un área superficial de cristal de lactosa extremadamente alta. Un material no higroscópico, tal como la lactosa monohidrato, que tiene una gran área superficial, puede servir como transportador para los constituyentes higroscópicos del filtrado y otros productos de HLFA. Como resultado, el producto seco es menos propenso al aglutinamiento en el envase final que si el transportador no estuviera presente.

En las realizaciones iniciales de la presente invención, el concentrador/enfriador/cristalizador 20 continuo consistirá en una o más unidades o mezcladores 22a, 22b, 22c horizontales equipados con miembros de mezcla mecánicos internos. En realizaciones preferidas de estas realizaciones iniciales, la longitud de cada unidad generalmente es de aproximadamente dos a cinco veces más larga que la anchura de la unidad. Esta relación de longitud a anchura, junto con el diseño del dispositivo de mezcla se diseña y construye para minimizar la mezcla de extremo a extremo, conocida y denominada generalmente retromezcla, de este modo aumentando el número de fases teóricas en el concentrador/enfriador/cristalizador 20. Una característica preferida del concentrador/enfriador/cristalizador 20 es la capacidad de dispersar el HLAf en las superficies de las palas (no mostradas) o los sinfines (no mostrados), de manera que se promueve el contacto entre el aire ambiental o aire de enfriamiento y el HLAf altamente concentrado, de este modo facilitando mayor evaporación. La figura 2 ilustra una serie de tres dispositivos 22a, 22b y 22c diseñados específicamente para proporcionar un sistema 2 para cumplir los requisitos del presente proceso.

Con referencia ahora también a la Figura 3, se muestra un sistema 2' de procesamiento preferido; y también a las Figuras 4-6, en las que un concentrador/enfriador/cristalizador 20' se muestra teniendo sólo un único dispositivo 22' de mezcla concentrador/enfriador/cristalizador. El concentrador/enfriador/cristalizador 20' preferido tiene una serie de palas 80' que rotan aproximadamente un eje 82', para mover el material fluido desde un extremo 23a' de entrada a un extremo 23b' de salida. El aire se sopla al dispositivo 22' de mezcla por un soplador 21a' a través de líneas 21b' de suministro y el aire se ventila con el tiempo fuera del dispositivo 22' de mezcla transportando humedad a través de una válvula 21c'. Aunque este es el concentrador/enfriador/cristalizador preferido, se pueden usar otros dispositivos en los que el HLAf altamente concentrado se expone al aire soplado que reduce la temperatura del HLAf. Se cree que el tamaño del secador 24' que se requiere para el proceso preferido disminuirá exponencialmente cuando la concentración de los sólidos totales del HLAf suministrados en el secador 24' aumenta linealmente.

Este sistema 2' preferido trabaja de la misma manera general que el sistema inicial mostrado en las Figuras 1 y 2. Conforme el agua se elimina del HLAf altamente concentrado, la energía también se elimina porque la transición de una fase fluida a una fase gaseosa requiere energía generalmente denominada el calor de vaporización. El calor sensible presente en el HLAf suministra el calor para la evaporación. Por lo tanto, cuanto más humedad se evapora, más energía se usa de este modo enfriando el HLAf altamente concentrado. Conforme se enfría el HLAf, algo de lactosa cristalizará. Conforme la lactosa se cristaliza, libera calor generalmente denominado el calor de cristalización. Éste se libera al HLAf aumentando su calor sensible. Cuanto más calor sensible está disponible, más evaporación puede tener lugar. Con evaporación adicional, la concentración de sólidos totales en el HLAf aumenta, generando cristalización adicional. Una "reacción en cadena" de cristalización/evaporación sobreviene, como se describe anteriormente, el calor de cristalización dirige la reacción, proporcionando más y más energía para evaporación, dirigiendo a cristalización adicional, y crea una cascada del tipo en que la energía para la evaporación de la misma manera como se describe anteriormente.

Se apreciará adicionalmente que el concentrador/enfriador/cristalizador 20' continuo preferido utiliza preferentemente agua no refrigerada como se usa normalmente en cristalizadores convencionales. En lugar de agua refrigerada, el sistema usa preferentemente evaporación para enfriar, de este modo eliminando el capital y el gasto normalmente asociados con la refrigeración del cristalizador. El aire ambiental soplado en el dispositivo 22' de mezcla puede deshumidificarse por un deshumidificador 25', del que el soplador 21a' extrae aire deshumidificado.

La combinación de grandes sólidos, agitación mecánica y enfriamiento rápido en el mezclador 22' fuerza un alto grado de nucleación y cristalización de lactosa espontáneas en el HLAf altamente concentrado. La alta población de núcleos de lactosa minimiza el crecimiento de grandes cristales de lactosa, o inversamente, promueve la formación de cristales pequeños. Una alta población de cristales pequeños asegura un área superficial de cristal con alto contenido de lactosa. Un material no higroscópico, tal como lactosa monohidrato, que tiene un área superficial grande, puede servir como un transportador para los constituyentes higroscópicos del filtrado y otros productos de HLAf. Como resultado, el producto seco es menos propenso al aglutinamiento en el envase final que si el transportador no estuviera presente.

En realizaciones preferidas, el concentrador/enfriador/cristalizador 20' continuo consistirá en una o más unidades o mezcladores 22' horizontales equipados con miembros 80' de mezclado mecánicos internos. En realizaciones preferidas, la longitud de cada unidad generalmente es de aproximadamente dos a cinco veces más larga que la anchura de la unidad. Esta relación de longitud a anchura, junto con el diseño del dispositivo de mezcla se diseña y construye para minimizar la mezcla de extremo a extremo, conocida y denominada generalmente retromezcla, de este modo aumentando el número de fases teóricas en el concentrador/enfriador/cristalizador 20'. Una característica preferida del concentrador/enfriador/cristalizador 20' es la capacidad de dispersar el HLAf de las superficies de las palas 80', de manera que se promueve el contacto entre el aire ambiental o aire de enfriamiento y el HLAf, de este modo facilitando mayor evaporación.

Las figuras 4-6 ilustran un único dispositivo 22' de mezcla diseñado específicamente para proporcionar una función de concentración/enfriamiento/cristalización para un sistema 2' para cumplir los requisitos del presente proceso. El sistema mostrado en la Figura 3 es esencialmente el mismo que el que se muestra en la Figura 1, excepto que el enfriador/concentrador/cristalizador 20 de tres fases se reemplaza por un enfriador/concentrador/cristalizador 20'

que tiene un único dispositivo 22' de mezcla que concentra, enfría y cristaliza el HLAf altamente concentrado. El dispositivo 22' de mezcla incluye una entrada 23a' de producto y una salida 23b' de producto. El aire de enfriamiento se inyecta a través de una entrada 29a' de aire de enfriamiento al extremo de salida del producto del dispositivo 22' de mezcla y se expulsa del dispositivo a través de una salida 29b' de escape o válvula de ventilación en el extremo 22a' de entrada de producto del dispositivo 22'. El sistema 2' preferido utiliza aire deshumidificado, pero la deshumidificación no es crítica para el proceso.

Haciendo referencia ahora a ambas realizaciones mostradas en las Figuras 1 y 3, se apreciará que el producto que sale ya sea del concentrador/enfriador/cristalizador 20, 20' continuo se dirige a un tanque 26, 26' de compensación o tanque de equilibrio. La función principal del tanque de compensación es proporcionar un suministro continuo de HLAf cristalizado para el secador. Una función secundaria del tanque de compensación es permitir el equilibrio final entre lactosa en solución y lactosa en forma cristalizada. Una característica del tanque 26, 26' de compensación es que mantiene una temperatura relativamente alta (de 25 a 40 grados Celsius) comparado con cristalizadores de HLAf tradicionales (de 4 a 20 grados Celsius). Como resultado de la temperatura relativamente alta, se logra el equilibrio mucho más rápido que se logra en la cristalización tradicional.

El producto desde el tanque 26, 26' de compensación o el tanque de equilibrio se suministra a una bomba 34, 34' de alta presión mediante una bomba 36, 36' de desplazamiento o bomba de relleno tales como las normalmente disponibles para usar en la industria de productos lácteos. La bomba 36, 36' de desplazamiento positivo se usa en lugar de una bomba centrífuga para acomodar la alta viscosidad del HLAf concentrado/enfriado/cristalizado, que viene del concentrador/enfriador/cristalizador 20, 20' al tanque 26, 26' de equilibrio.

La bomba 36, 36' de alta presión es típica de esos comúnmente usados para suministrar leche o suero lácteo concentrados a un secador por pulverización. La bomba 36, 36' de alta presión debe ser capaz de tener presiones de salida en el intervalo de 3000 a 20000 kPa de presión manométrica. Las presiones de funcionamiento preferidas de aproximadamente 8000 a aproximadamente 10000 kPa de presión manométrica para el presente sistema se cree que deben ser más bajas que aquellas usadas normalmente en la industria para secadores por pulverización para leche y suero lácteo. Las presiones más bajas estimulan la formación de partículas más grandes que son generalmente aceptables para los secadores por pulverización típicos para leche y suero lácteo. El beneficio de las partículas más grandes se convertirá aparente en la siguiente discusión del secador 24, 24' preferido.

En esta fase en el proceso, el HLAf concentrado/enfriado/cristalizado (HLAf cristalizado) es una suspensión acuosa que tiene relativamente poca humedad que queda a dirigirse fuera del secador 24, 24'. La suspensión acuosa se bombea al secador 24, 24' donde se dispersa dentro de la cámara 31, 31' de secado preferentemente a través de una boquilla 28, 28' atomizadora. El HLAf parcialmente cristalizado descargado de la boquilla 28, 28' atomizadora en la cámara 31, 31' de secado contacta con aire caliente principalmente de un conducto 70, 70' de entrada de aire principal a una temperatura de aproximadamente 140 a aproximadamente 315 grados Celsius (°C). Como resultado, la evaporación rápida tiene lugar en la superficie de las partículas atomizadas. En una realización preferida, el aire de entrada principal se descarga hacia arriba desde una posición por debajo de la boquilla 28, 28' atomizadora. En los secadores por pulverización de leche y suero lácteo típicos, el aire de entrada principal se descarga generalmente hacia abajo desde la parte superior del secador por pulverización. En la realización preferida, sin embargo, este no es el caso. La mayoría de las cámaras 31, 31' de secado preferidas tienen forma de cono y el aire de escape se descarga desde la parte superior del secador 24, 24'. El área en sección transversal divergente de la cámara 31 de secado cerrada facilita una disminución en la velocidad del aire. Como resultado, la mayoría de las partículas de producto en última instancia caen de vuelta hacia el fondo del secador 24, 24'. Las partículas descendientes se re-introducen por el aire de entrada principal que descarga desde el conducto 70, 70' de entrada de aire cerca del fondo del secador 24, 24', o se depositan en los lados 32, 32' interiores cónicos del secador 24, 24'. Cualquiera de las vías de las partículas descendientes sirve como función útil. Aquellas partículas re-introducidas se añaden a la concentración de partículas suspendidas de este modo aumentando la probabilidad de recubrir el HLAf parcialmente cristalizado recién atomizado. Aquellas partículas que se depositan en las paredes 32, 32' laterales interiores cónicas proporcionan un tampón entre el producto parcialmente seco y las paredes de metal a las que el producto parcialmente seco de otra forma se pegaría. Dada la configuración única del secador 24, 24' se denomina como un "secador por elevación de aire".

Las partículas relativamente grandes se forman generalmente usando el proceso objeto. Como resultado de la formación de partículas relativamente grandes y de las temperaturas de salida del secador relativamente bajas desde aproximadamente 60 a aproximadamente 80 ° Celsius, la mayoría de partículas producidas en el secador 24, 24' por elevación de aire se secan sólo parcialmente durante el tiempo que descienden inicialmente desde una corriente de entrada de aire principal que fluye hacia arriba desde el conducto 70, 70' de entrada de aire. La humedad restante en las partículas está disponible para combinarse con cualquier lactosa que queda en solución para producir la forma no higroscópica cristalina de lactosa, *alfa*-lactosa monohidrato. En la ausencia de tal humedad, cualquier lactosa que quede en solución se secaría en la forma de una estructura parecida al vidrio, que es extremadamente higroscópica.

El secado final tiene lugar en un lecho fluido generado dentro de la cámara 31, 31' al fondo del secador 24, 24' por elevación de aire y por contacto de las partículas de humedad con partículas que tienen menos que la humedad

media. Las partículas de baja humedad se producen por re-suspensión de las partículas en la corriente de aire y por tiempos de residencia extendidos en el lecho fluido. En cada caso, el secado final se ralentiza, permitiendo de este modo algo de conversión de lactosa soluble residual a *alfa*-lactosa monohidrato. Un beneficio adicional de los tiempos de residencia es la capacidad para usar temperaturas de aire de salida bajas, de este modo aumentando la eficacia de energía global del secador 24, 24'.

El aire de entrada secundario, suministrado al fondo de la cámara 31, 31' a través de la entrada 77, 77' de aire secundario caliente y mantiene un lecho fluido (no mostrado) en una región 74, 74' de lecho fluido dentro de la cámara 31, 31' de secado cerrada. En el sistema 2, mostrado en la Figura 1, las temperaturas de aire de entrada secundario están preferentemente entre aproximadamente 100 y aproximadamente 150 grados Celsius, preferentemente entre aproximadamente 130 y aproximadamente 140 grados Celsius. Las velocidades de aire de cara en la sección de lecho fluido del secador 24, 24' por elevación de aire se ajustan para dar fluidificación vigorosa. La fluidificación vigorosa ayuda en asegurar una alta densidad de partículas finas en el secador 24, 24' por elevación de aire, de este modo asegurando el recubrimiento de las partículas de humedad antes de que contacten las paredes 32, 32' interiores de metal del secador 24, 24' así como el recubrimiento de las paredes del secador con HLAf sustancialmente seco.

En la realización preferida mostrada en la Figura 1, el aire de escape sale de la parte superior del secador 24 a través de líneas 37a y 37b de salida de aire de escape que se suministra a un filtro 38 de manga. Además, en una realización alternativa (no mostrada), una única línea de salida suministrará al filtro 38 de manga. El aire de escape contiene partículas finas, que se generan en el secador 24, 24'. El aire de escape se extrae al filtro 38 de manga por un soplador 40, que extrae aire a través del filtro 38 de manga y expulsa el aire. Las partículas finas en el aire de escape del secador 24 se recogen en el filtro de manga y se redirigen de vuelta al secador 24 a través de una línea 42 de entrada a través de la que el aire ambiental o, de forma alternativa, el aire ambiental deshumidificado se sopla por un soplador 44 adicional.

En el sistema 2 de procesamiento mostrado en la Figura 1 los sólidos de HLAf secos se descargan desde el secador a través de una línea 52 de salida interconectada con una línea 54, que pasa a un tubo 56 de enfriamiento y se suministra a un filtro 58 de manga a través de una línea 57 de suministro. En el sistema inicial mostrado en la Figura 1, los filtros de manga tendrán bolsas recubiertas de membrana, preferentemente Gore-Tex® o bolsas recubiertas de membrana comparables. Las corrientes de aire que vienen del secador 24 a través de las diversas líneas 52, 54 y 57 se extraen todas por un soplador 60 adicional. Los sólidos de HLAf secos se recogen en el filtro de manga y se envían preferentemente a un molino 62 antes de envasar, almacenar y transportar. De forma alternativa, donde sea económica y medioambientalmente factible, puede usarse uno o más ciclones en lugar de uno o más filtros de manga.

En realizaciones preferidas, el secador 24 por elevación de aire tiene las siguientes características adicionales:

1. Las paredes 32 del secador 24 están aisladas, no sólo para la conservación de energía, sino también para evitar la condensación de humedad en las superficies de metal más frías. Si la condensación tuviera lugar, el producto se pegaría a la superficie húmeda resultante.
2. Los sólidos de HLAf se descargan del secador de una manera tal para permitir la eliminación de partículas grandes, así como pequeñas. Esto está en contraste con una descarga de desbordamiento sencilla, que descargaría con preferencia partículas más pequeñas. Los sólidos de HLAf pueden descargarse a través de una válvula rotatoria, el control de la cual está basado en el nivel de producto. De forma alternativa, tales sólidos cristalizados pueden descargarse de un lecho vigorosamente fluidificado a través de un orificio en la pared lateral. La velocidad de descarga dependerá de la velocidad de flujo de producto pasado por el orificio. Por lo tanto, conforme la concentración de polvo de sólidos cristalizados dentro del secador aumenta, la velocidad de eliminación aumenta al punto de que se alcanza el equilibrio entre la velocidad de entrada de polvo y la velocidad de salida de polvo.
3. Las temperaturas del aire de escape se mantienen a temperaturas bien por encima del punto de rocío. Esto se consigue usando temperaturas del aire de entrada considerablemente inferiores a aquellas usadas en secadores de productos lácteos convencionales. En secadores de productos lácteos convencionales, las temperaturas de entrada bajas no serían prácticas debido a la necesidad de evaporar una gran cantidad de humedad por unidad de producto. El proceso, que es el objetivo de esta invención, consigue la mayoría de la evaporación en el alto concentrador y en el concentrador/enfriador/cristalizador antes de entrar al secador 24 final; de este modo haciendo más práctico usar temperaturas de entrada más bajas.
4. El secador 24 por elevación de aire es mucho más pequeño que los secadores de productos lácteos convencionales de capacidad similar. Como se discute inmediatamente antes, el secador 24 puede ser mucho más pequeño cuando la mayoría de la eliminación de agua se consigue antes del secador final. Por ejemplo, el suministro a los secadores de productos lácteos convencionales contiene sólo aproximadamente un 50 % de sólidos totales; en cuyo caso, se produce aproximadamente 1 kg de producto por cada kg de agua eliminado. El suministro a secadores por pulverización modificados para el secado de filtrado puede ser aproximadamente un 60 % de sólidos totales. En el presente proceso, el suministro al secador 24 por elevación de aire puede contener aproximadamente un 85 % de sólidos totales.
5. El filtrado se secó usando equipamiento convencional y usando los diversos dispositivos usados en el sistema 2, y

el porcentaje de sólidos y la cantidad de agua y sólidos se determinaron después de cada fase de los procesos respectivos. Los resultados de esta comparación se informan a continuación en la Tabla 1.

TABLA 1

Comparación del Secado de Filtrado: Base Convencional frente a la Presente Invención: 100 kg del Evaporador						
<i>Convencional</i>	Sólidos	Total (kg)	Agua (kg)	Sólidos (kg)	Evaporación en secador (kg)	Kg de producto por Kg de agua eliminada
Del evaporador	60 %	100,0	40,0	60,0		
Del Secador	94 %	63,8	3,8	60,0	36,2	1,8
<i>Presente Invención</i>						
Del evaporador	60 %	100,0	40,0	60,0		
Del Evaporador de Alta Concentración	75 %	80,0	20,0	60,0		
Del Enfriador/Concentrador/Cristalizador	85 %	70,6	10,6	60,0		
Del Secador por Elevación de Aire	94 %	63,8	3,8	60,0	6,8	9,4

5 Haciendo referencia a la Tabla 1 anterior, el secado por pulverización convencional del filtrado produce aproximadamente 1,8 kg de producto por kg de agua eliminada mientras que en el presente proceso el secador por elevación de aire puede producir aproximadamente 9,4 kg de producto por kg de agua eliminada. Esta alta productividad de producto para una unidad dada de agua eliminada da como resultado ahorros dramáticos no sólo en los costes de energía reducidos sino también en una reducción en los costes de equipamiento y construcción.

15 6. El aire de entrada principal preferentemente entra a través de un conducto 70 y un codo 72 localizado encima de la región 74 de lecho fluido, o, de forma alternativa, a través de un conducto localizado concéntricamente (no mostrado) con el lecho fluido y que descarga encima de la región 74 del lecho fluido. El espacio disponible en el edificio secador y las características del producto a secar dictaminarán la configuración preferencial del aire de entrada.

20 Se apreciará que cada una de las características alternativas de la realización inicial puede incluirse en el alcance de la presente invención de una forma similar como se describe para esta realización inicial mostrada en la Figura 1.

25 El producto que deja cualquiera de los secadores 24, 24' por elevación de aire debe ser enfriado antes de envasar. El enfriamiento puede conseguirse en cualquiera de los muchos procesos normalmente usados para enfriar productos lácteos secos. El método más simple es enfriar en una línea de transporte, tal como el tubo 56 de enfriamiento citado en la Figura 1. Este método se usaría para procesos que tienen salidas relativamente pequeñas. Los procesos con salidas más grandes emplearían preferentemente un enfriador multi-fase, tal como un enfriador de lecho fluido estático o vibrante (no mostrado). Las temperaturas del producto final, que sale del tubo 56 de enfriamiento, estarán preferentemente entre aproximadamente 20 y aproximadamente 40 grados Celsius para minimizar la descoloración, debido principalmente a la reacción de Maillard, y el aglutinamiento en el envase del producto final.

30 Un producto deseable de HLAf altamente cristalizado resulta generalmente de las etapas de procesamiento discutidas anteriormente. La concentración del producto final será preferentemente de aproximadamente 90 % a aproximadamente 99 % de sólidos totales, preferentemente de aproximadamente 94 % a aproximadamente 95 % de sólidos totales con de aproximadamente 80 % a aproximadamente 100 % de la humedad atada en los cristales de alfa-lactosa monohidrato cristalina que contienen un 5 % de humedad como el agua de hidratación.

35 Con referencia ahora a las Figuras 3 y 7, una realización preferida del presente sistema 2' se muestra en la Figura 3 y el secador 24' por pulverización por elevación de aire preferido también se muestra en la Figura 7 junto con otros elementos del sistema 2' preferido.

40 Con referencia ahora también a las Figuras 8 y 9, el secador 24' por pulverización por elevación de aire incluye una cámara 31' de secado cerrada que tiene paredes 32' laterales interiores cónicas que definen parcialmente un espacio 33' interior intermedio que extiende la longitud de las paredes 32' laterales interiores cónicas.

45 El HLAf parcialmente cristalizado se bombea a la cámara 31' de secado cerrada por una bomba 36' de alta presión que dirige el HLAf parcialmente cristalizado a través de la línea 37' de conexión que se extiende hacia arriba a través del conducto 76' de aire principal al atomizador 28' que está localizado justo en la parte superior del conducto 76' de aire principal. En una realización de la presente invención, el conducto 76' de aire principal tiene 686 mm (27

pulgadas) de diámetro aunque otros diámetros, de otra manera apropiados para la capacidad del secador, también se contemplan dentro del alcance de la presente invención. En esta realización, la distancia desde el fondo de la cámara 31' de secado cerrada al principio de las paredes 32' laterales interiores cónicas y el espacio 33' interior intermedio es de aproximadamente 1220 mm (48 pulgadas). La distancia entre las paredes 32' laterales cónicas y el final de las paredes laterales cónicas es de aproximadamente 5944 mm (19,5 pies) y la distancia desde el extremo de las paredes 32' laterales cónicas a la parte superior de la cámara 31' de secado cerrada es de aproximadamente 3050 mm (10 pies), pero todas estas distancias son escalables. En la misma realización de la presente invención, las paredes 32' laterales interiores cónicas divergen desde las paredes laterales verticales de la porción 68' cilíndrica inferior por un ángulo de aproximadamente 20 grados, o 70 grados desde un plano horizontal (no mostrado) que pasa a través de la cámara 31' de secado sustancialmente vertical al principio de las paredes 32' laterales interiores cónicas.

Las partículas de HLAf parcialmente cristalizado atomizado (no mostradas) se dirigen hacia arriba dentro del espacio 33' interior intermedio bajo la presión de la bomba 36' de alta presión y también por el flujo de aire principal que sale del conducto 76' de aire principal que rodea al atomizador 28'. El aire principal se dirige por el ventilador 64' de aire principal que dirige aire a través del conducto 70' de entrada de aire principal que se extiende desde el ventilador 64' de aire principal al intercambiador 65' de calor del aire principal hasta el codo 72'; antes de convertirse en el conducto 76' de aire principal. En una realización de la presente invención, el aire principal fluirá fuera del conducto 76' de aire principal, a una velocidad de aproximadamente 278 a aproximadamente 390 metros cúbicos por minuto (de 10.000 a aproximadamente 14.000 pies cúbicos por minuto), preferentemente de aproximadamente 334 metros cúbicos por minuto (12.000 pies cúbicos por minuto) a una temperatura preferida de aproximadamente 120 a aproximadamente 400, preferentemente de aproximadamente 140 a aproximadamente 200, más preferentemente de aproximadamente 160 grados Celsius (°C). Las velocidades del aire son escalables, sin embargo, y cambiarán para cumplir diversas necesidades y parámetros). Además, se apreciará que las diversas dimensiones del secador 24' por elevación de aire, de un grado u otro, requieren variación adicional para cumplir variaciones en parámetros de funcionamiento tales como velocidad de suministro y concentración.

En realizaciones preferidas, el atomizador 28' y el conducto 76' de entrada de aire principal se extienden sólo dentro del espacio 33' o cono 33' interior intermedio de la cámara 31' de secado cerrada. En una realización de la presente invención, se extienden aproximadamente 50 mm (2 pulgadas) dentro del cono 33'.

El conducto 76' de entrada de aire principal está rodeado por una rejilla 75' de lecho fluido. La rejilla 75' está sujeta dentro de un soporte 78' y puede retirarse y limpiarse desenganchando el soporte 78'. La rejilla proporciona una serie de aperturas para permitir que fluya aire secundario del ventilador 66' de aire secundario a través de un conducto 77' de aire secundario a un intercambiador 67' de calor del aire secundario y dentro de una porción 68' cilíndrica inferior de la cámara 31' de secado cerrada. Desde la porción 68' cilíndrica inferior, el aire secundario fluye hacia arriba a través de la rejilla 75' para proporcionar apoyo para un lecho fluidificado de producto (no mostrado) de partículas de HLAf al menos parcialmente cristalizado (no mostradas) en una región 74' de lecho fluidificado de la cámara 31' de secado cerrada que se extiende generalmente desde la parte superior de la rejilla 75' al principio del espacio o cono 33' interior intermedio. Durante la operación en una realización de la presente invención, el lecho fluidificado (no mostrado) será de aproximadamente 300 a aproximadamente 900 mm (de 12 a aproximadamente 36 pulgadas) de profundidad por encima de la rejilla 75', sin embargo, la profundidad del lecho fluidificado también es escalable.

Se apreciará, que conforme las partículas alcanzan la parte superior del conducto 76' de aire principal, el flujo de aire principal forzará las partículas hacia arriba. Durante el funcionamiento en una realización de la presente invención, que es objeto de cambio una vez que se obtiene experiencia de funcionamiento con el secador por elevación de aire, el aire secundario fluirá a una velocidad de aire más lenta que el flujo de aire principal. El aire secundario se proyectará que fluya a de aproximadamente 97 a aproximadamente 125, preferentemente de aproximadamente 104 a aproximadamente 118, preferentemente 111 metros cúbicos por minuto (de aproximadamente 3.500 a aproximadamente 4.500, preferentemente de aproximadamente 3.750 a aproximadamente 4.250, preferentemente 4.000 pies cúbicos por minuto) y a una temperatura de aproximadamente 100 a aproximadamente 200, preferentemente de aproximadamente 110 a aproximadamente 150, más preferentemente de aproximadamente 120 grados Celsius (°C) en un sistema 2' de la presente invención proyectado que se convierta en funcional en el futuro próximo. Otra vez, sin embargo, las velocidades de aire proyectadas son escalables y las temperaturas pueden variar para cumplir ciertos requisitos y variar parámetros relacionados.

La rejilla 75' es preferentemente de acero inoxidable. En una realización de la presente invención, se graban con láser orificios de 1,59 mm (1/16^a de pulgada) de diámetro en una serie de filas escalonadas, que están espaciadas 12,7 mm (0,5 pulgadas) la una de la otra, de tal forma que los orificios están escalonados 6,35 mm (0,25 pulgadas) de tal forma que cada orificio está a 14,2 mm (0,559 pulgadas) de cada orificio adyacente (de centro a centro). Se apreciará, sin embargo, que otros diseños de rejilla pueden usarse y que conforme se obtiene experiencia del uso del secador 24' por elevación de aire, se anticipará optimización adicional. Los atomizadores que pueden usarse incluyen Boquillas Secas de Pulverizador SB de 12,7 mm (0,5 pulgadas) de Spraying Systems Co., Estados Unidos, Boquillas SDX de 12,7 mm (0,5 pulgadas) de Delavan Spray Technologies, Reino Unido, y similares.

5 Se ha de entender que, incluso aunque en la descripción anterior se hayan explicado numerosas características y ventajas de las diversas realizaciones de la presente invención, junto con detalles de la estructura y función de diversas realizaciones de la invención, esta descripción es solo ilustrativa y pueden hacerse cambios en detalle, especialmente en materia de tamaño, forma y disposición de las partes, dentro de los principios de la presente invención en la mayor medida indicados por el significado general extenso de los términos en los que se expresan las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para secar fluidos acuosos con alto contenido de lactosa, comprendiendo el proceso las etapas de:

5 concentrar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa que contiene de aproximadamente un 1 a aproximadamente un 35 % de sólidos, en donde al menos el 50 % de los sólidos son lactosa, para formar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado que contiene de aproximadamente un 45 a aproximadamente un 65 % de sólidos, produciéndose la concentración sin retromezcla sustancial de suero lácteo o de productos de suero lácteo dentro del suministro acuoso con alto contenido de lactosa;

10 concentrar adicionalmente el fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado en un evaporador de alta concentración para formar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado que contiene de aproximadamente un 70 a aproximadamente un 80 % de sólidos;

15 **caracterizado por que** el fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado se transfiere a un aparato de enfriamiento, concentración, cristalización (20) en el que se crea una cascada de enfriamiento, concentración, cristalización, exponiendo el fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado a un fluido gaseoso, que es eficaz para enfriar y concentrar adicionalmente el fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado de manera que provoca la cristalización de lactosa en el interior del fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado, para generar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa parcialmente cristalizado que contenga de aproximadamente un 78 a aproximadamente un 88 % de sólidos; y

20 pulverizar el fluido acuoso con alto contenido de lactosa parcialmente cristalizado en una cámara (24) que contiene aire caliente para formar un producto rico en lactosa cristalina con alto contenido de sólidos.

2. El proceso de la reivindicación 1, en el que el fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado contiene de aproximadamente un 45 a aproximadamente un 65 % de sólidos.

25 3. El proceso de la reivindicación 2, que comprende una etapa de concentrar adicionalmente el fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado en un evaporador (16) de alta concentración para formar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado que contiene de aproximadamente un 70 a aproximadamente un 80 % de sólidos.

30 4. El proceso de la reivindicación 3, en el que la etapa de concentrar adicionalmente el fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado incluye evaporar la humedad del fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado en un evaporador de alta concentración (16) seleccionado del grupo que consiste en un evaporador por vacío de alta concentración y un evaporador atmosférico de alta concentración; incluyendo dicha etapa de

35 concentración adicional mantener el fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado a una temperatura suficiente para mantener la lactosa sustancialmente en solución.

40 5. El proceso de la reivindicación 3, en el que el fluido gaseoso es aire y la etapa de transferencia incluye reducir la temperatura del fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado y continuar concentrando el fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado, provocando de este modo una cristalización de la lactosa dentro del fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado en un aparato de enfriamiento, concentración, cristalización (20) en que se sopla aire sobre las superficies de fluido expuestas del fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado de manera suficiente para iniciar una cascada de cristalización en la que la energía generada por una liberación de calor resultante de la formación de cristales de lactosa proporciona energía para dirigir la evaporación adicional y concentrar adicionalmente el fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado de manera que el fluido acuoso con alto contenido de lactosa

45 parcialmente cristalizado contenga de aproximadamente un 82 a aproximadamente un 88 % de sólidos.

50 6. El proceso de la reivindicación 3, en el que la etapa de pulverización incluye atomizar el fluido acuoso con alto contenido de lactosa parcialmente cristalizado dentro de una cámara (24) para formar el producto cristalino con alto contenido de sólidos, conteniendo el producto cristalino con alto contenido de sólidos algo de humedad residual y de aproximadamente un 90 a aproximadamente un 99 % de sólidos, en el que de aproximadamente el 70 a aproximadamente el 100 % de la humedad residual en el producto cristalino con alto contenido de sólidos se incorpora dentro de los cristales de *alfa-lactosa* monohidrato.

55 7. El proceso de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una etapa de concentración del fluido acuoso con alto contenido de lactosa que contiene de aproximadamente un 1 a aproximadamente un 35 % de sólidos, en el que al menos el 50 % de los sólidos son lactosa, para formar un fluido acuoso caliente con alto contenido de lactosa altamente concentrado que contiene de aproximadamente un 70 a aproximadamente un 80 % de sólidos; y

60 transferir el fluido acuoso caliente con alto contenido de lactosa altamente concentrado al aparato de enfriamiento, concentración, cristalización (20).

65 8. El proceso de la reivindicación 7, en el que la etapa de concentración incluye concentrar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa que contiene de aproximadamente un 1 a aproximadamente un 35 % de sólidos, en el que al menos el 50 % de los sólidos son lactosa, para formar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado que contiene de aproximadamente un 45 a aproximadamente un 65 % de sólidos; y concentrar adicionalmente el

5 fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado en un evaporador de alta concentración (16) para formar el fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado; en donde el evaporador de alta concentración (16) se selecciona del grupo que consiste en un evaporador por vacío de alta concentración y en un evaporador atmosférico de alta concentración; y en el que dicha etapa de concentración adicional incluye mantener el fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado a una temperatura suficientemente alta para mantener eficazmente la lactosa sustancialmente en solución.

10 9. El proceso de la reivindicación 7, en el que el fluido gaseoso es aire y la etapa de transferencia incluye reducir la temperatura del fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado y continuar concentrando el fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado, provocando de este modo una cristalización de lactosa dentro del fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado en el aparato de enfriamiento, concentración, cristalización en el que se sopla aire sobre las superficies de fluido expuestas del fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado de manera suficiente para iniciar una cascada de cristalización en la que la energía generada por una liberación de calor de cristalización resultante de la formación de cristales de lactosa proporciona calor para proporcionar energía para dirigir la evaporación adicional y concentrar adicionalmente el fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado de manera que el fluido acuoso con alto contenido de lactosa parcialmente cristalizado contenga de aproximadamente un 82 a aproximadamente un 88 % de sólidos.

20 10. El proceso de la reivindicación 7, en el que la etapa de pulverización incluye atomizar el fluido acuoso con alto contenido de lactosa parcialmente cristalizado en la cámara (24) para formar el producto de sólidos, conteniendo el producto de sólidos algo de humedad residual y de aproximadamente un 90 a aproximadamente un 99 % de sólidos, en el que de aproximadamente un 70 a aproximadamente un 100 % de la humedad residual en el producto cristalino con alto contenido de sólidos se incorpora dentro de los cristales de *alfa-lactosa* monohidrato.

25 11. El proceso de la reivindicación 3, en el que la cascada de enfriamiento, concentración, cristalización utiliza el calor de cristalización que proviene de la cristalización de la lactosa dentro del fluido acuoso con alto contenido de lactosa concentrado para hacer avanzar la cascada de enfriamiento, concentración, cristalización para generar un fluido acuoso con alto contenido de lactosa parcialmente cristalizado que contenga de aproximadamente un 78 a aproximadamente un 88 % de sólidos.

35 12. El proceso de la reivindicación 3, en el que la temperatura del fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado es mayor de aproximadamente 50 grados Celsius, en donde el fluido acuoso con alto contenido de lactosa altamente concentrado se expone tanto a una mezcla como a un movimiento de un fluido gaseoso a una temperatura, un contenido de humedad y una velocidad del aire eficaces para crear una cascada de enfriamiento, concentración, cristalización en la que el enfriamiento evaporativo provoca pérdida de humedad y un aumento de sólidos que, a su vez, facilitan la cristalización de la lactosa que, a su vez, libera calor de cristalización de la lactosa que, a su vez, aumenta la temperatura del fluido que, a su vez, facilita más enfriamiento evaporativo, de modo que se genera un fluido acuoso con alto contenido de lactosa parcialmente cristalizado que contiene de aproximadamente un 78 a aproximadamente un 88 % de sólidos; y en donde la pulverización del fluido acuoso con alto contenido de lactosa parcialmente cristalizado dentro de la cámara de secado (24) que contiene aire caliente forma un producto cristalino con alto contenido de sólidos rico en cristales de *alfa-lactosa* monohidrato cristalina; en donde el producto cristalino con alto contenido de sólidos contiene algo de humedad residual y de aproximadamente un 90 a aproximadamente un 99 % de sólidos, en donde de aproximadamente un 80 a aproximadamente un 100 % de la humedad residual en el producto cristalino con alto contenido de sólidos se incorpora dentro de los cristales de *alfa-lactosa* monohidrato.

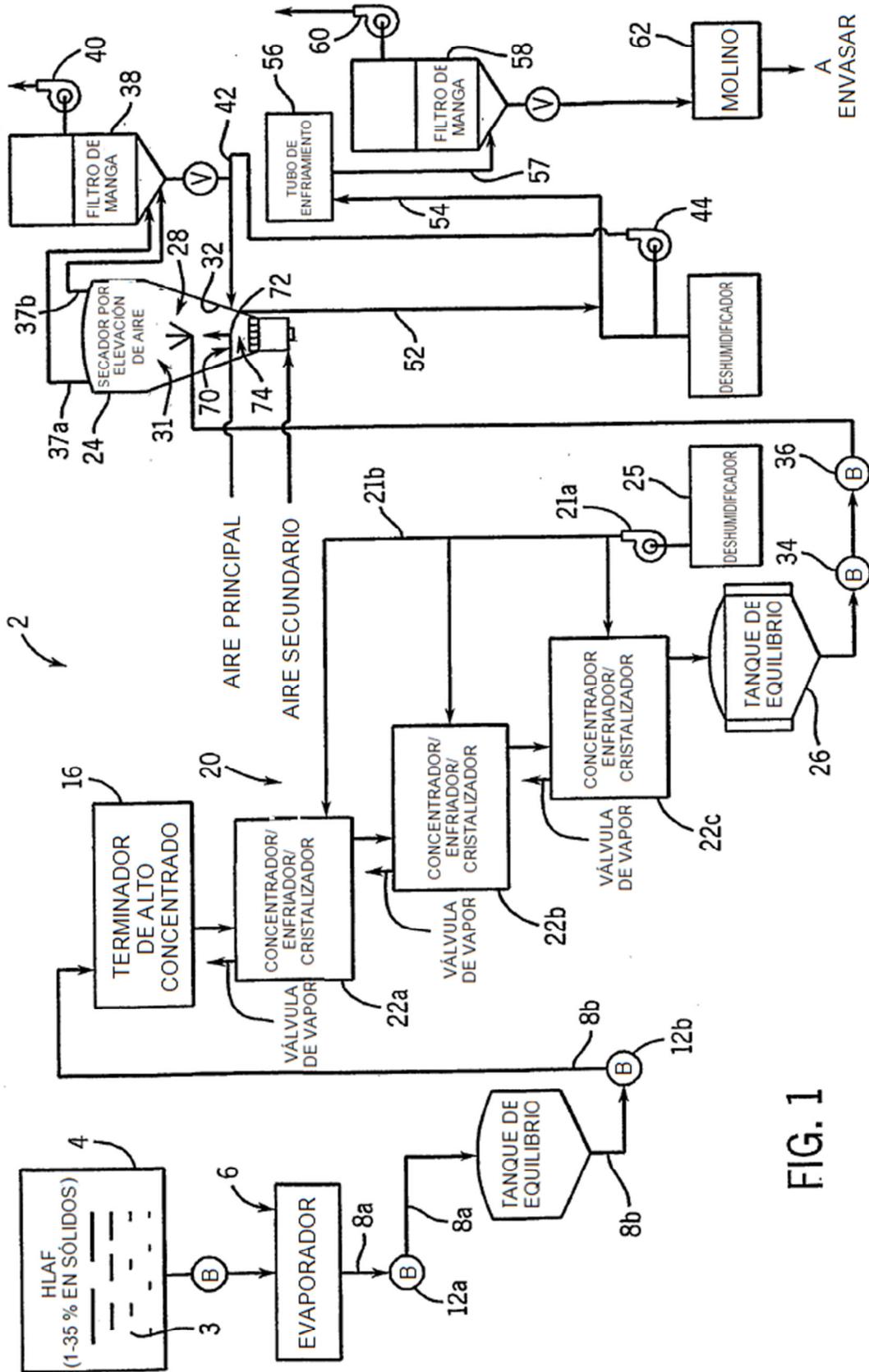


FIG. 1

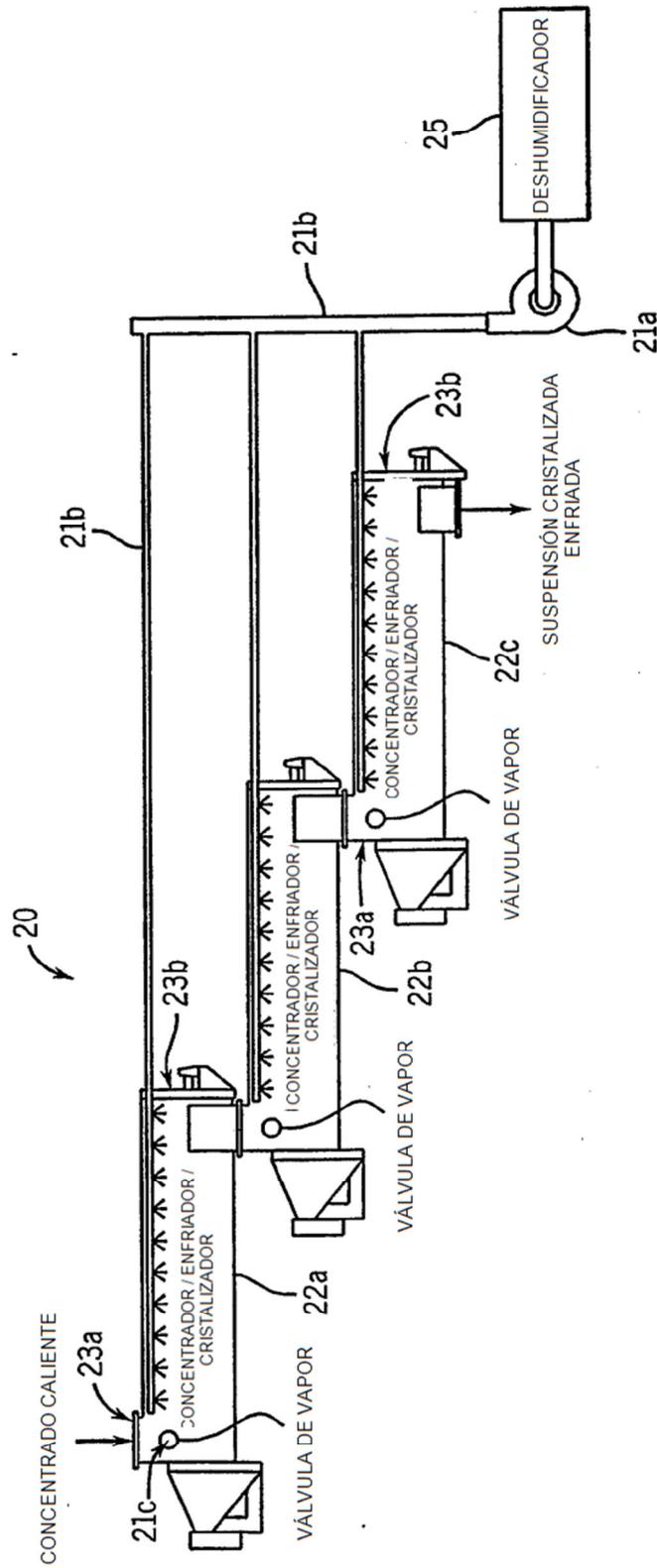


FIG. 2

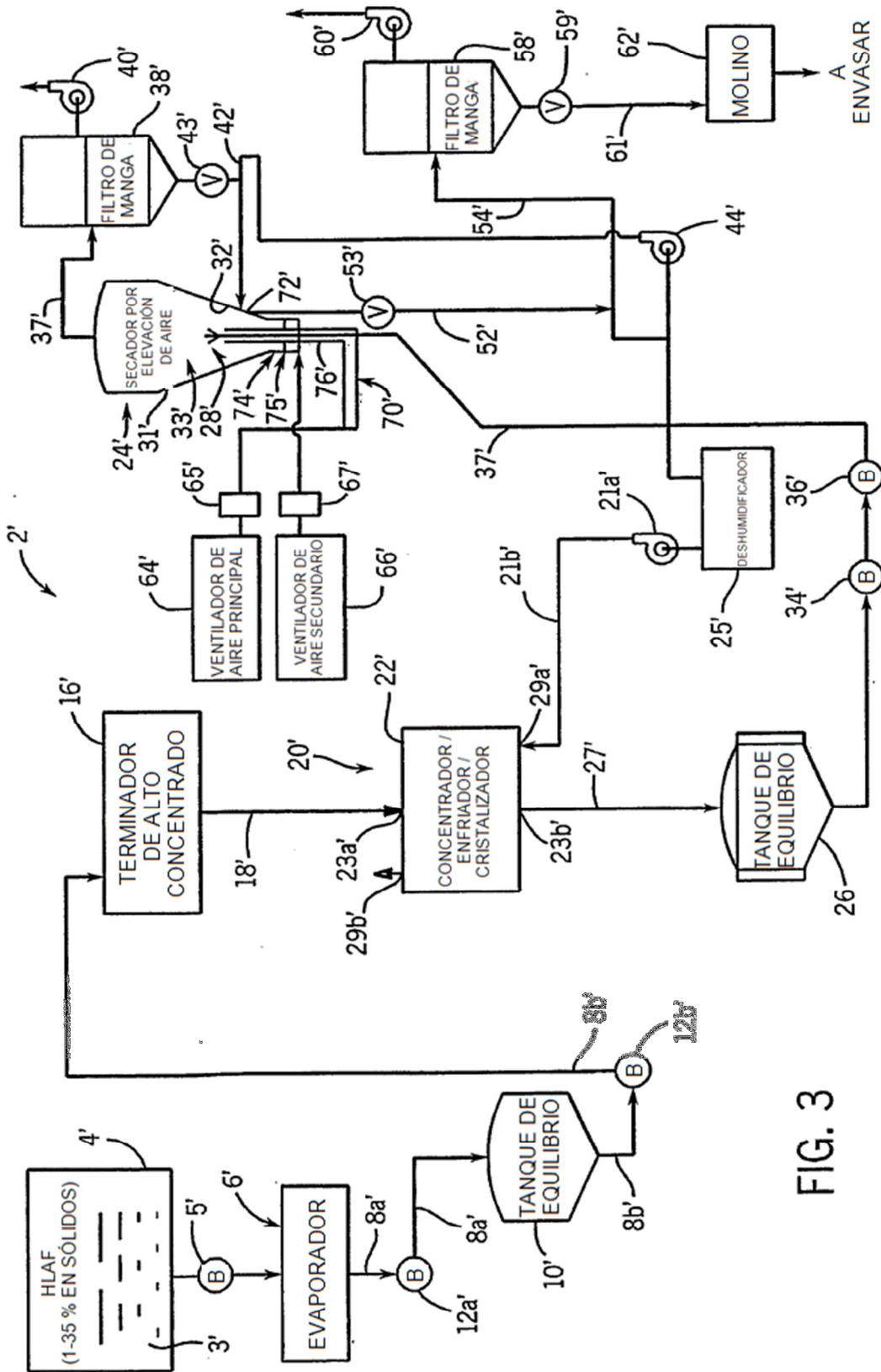


FIG. 3

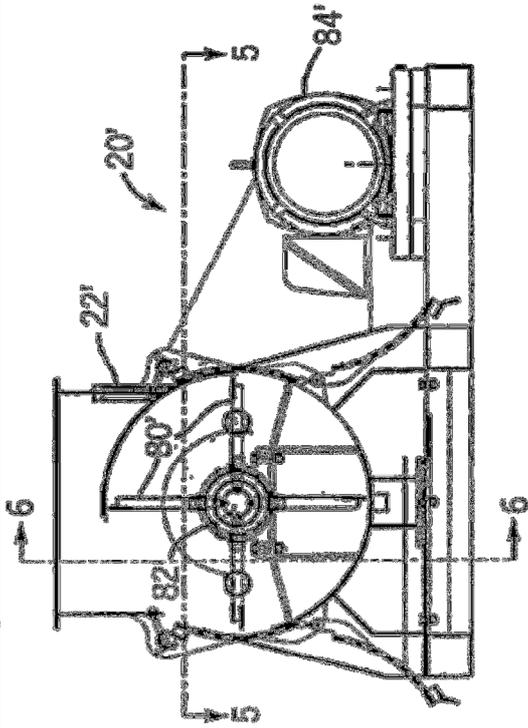


FIG. 4

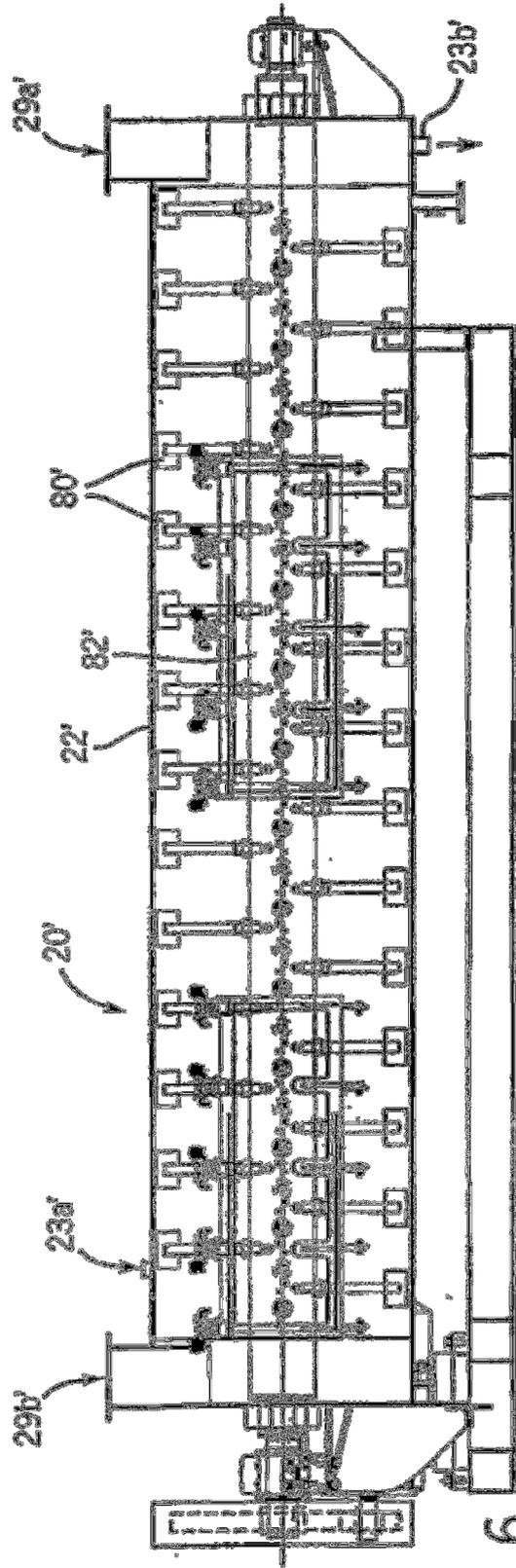


FIG. 6

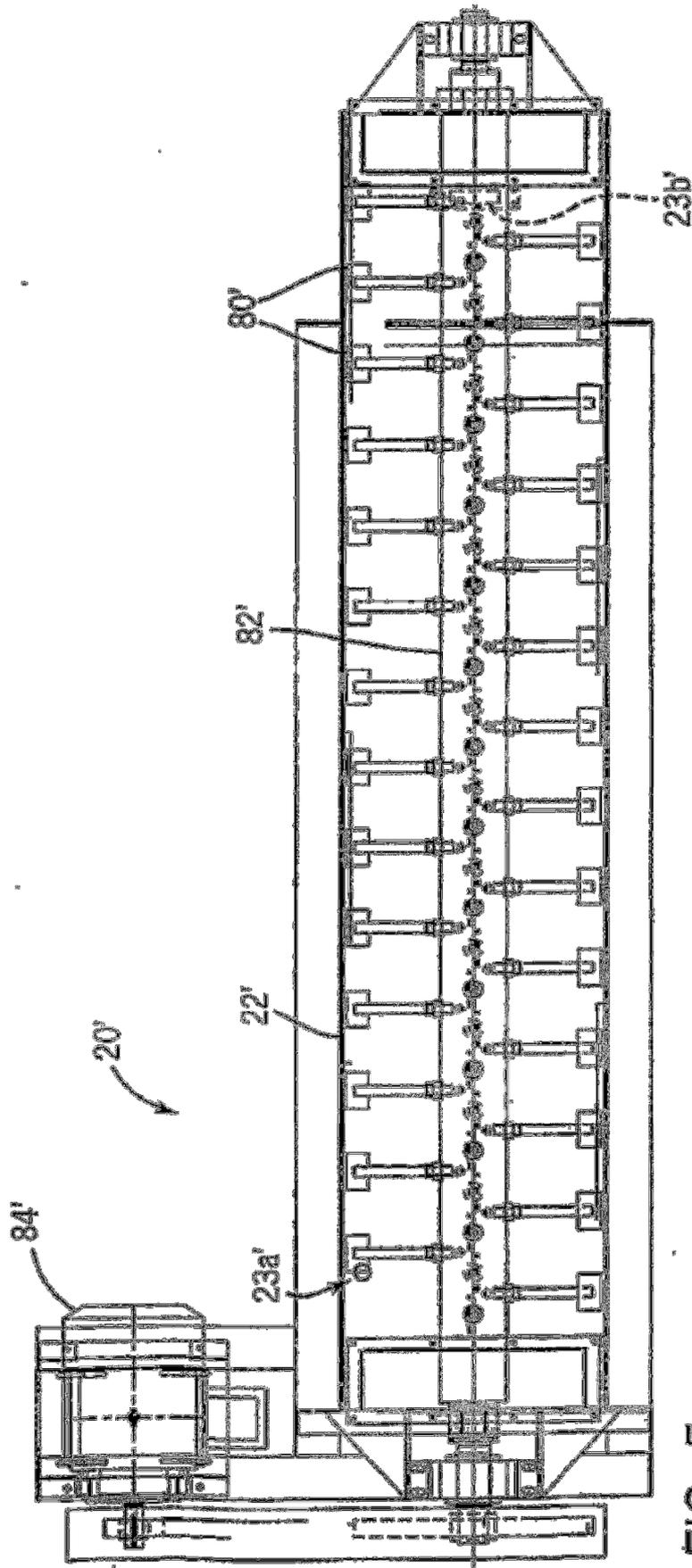


FIG. 5

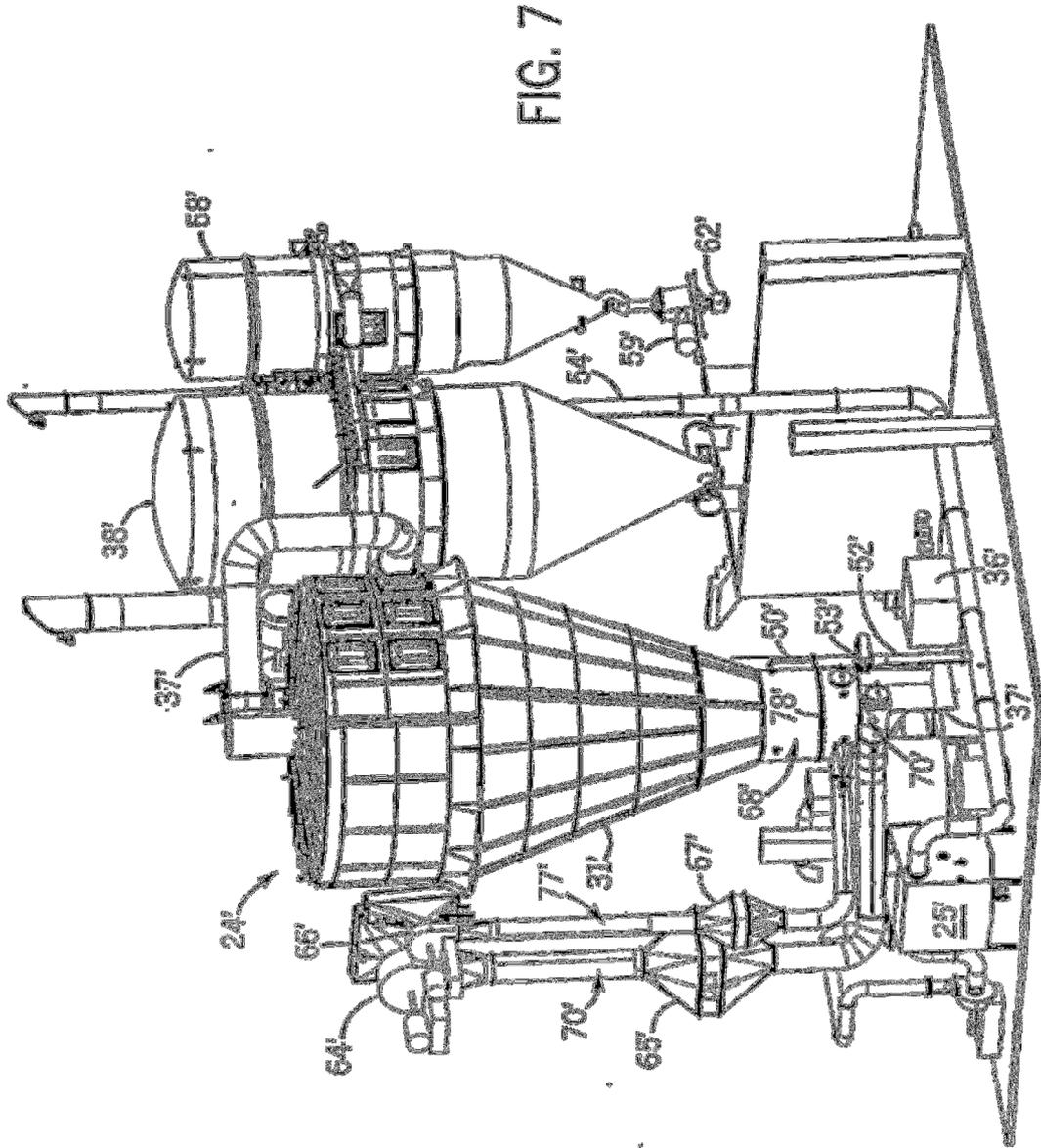


FIG. 7

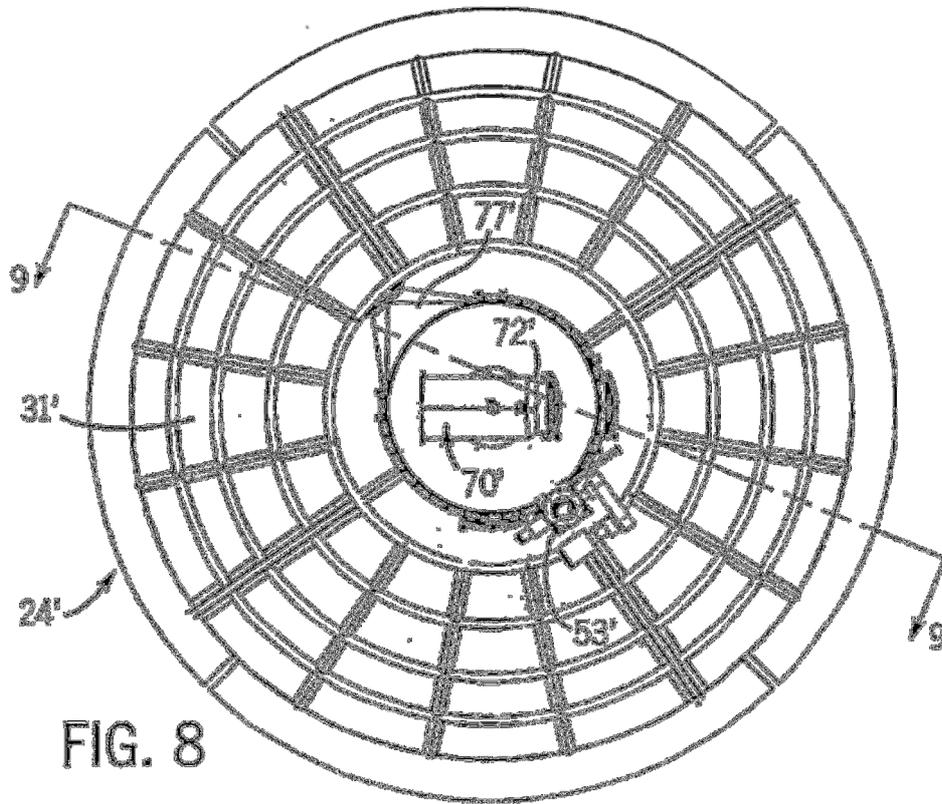


FIG. 8

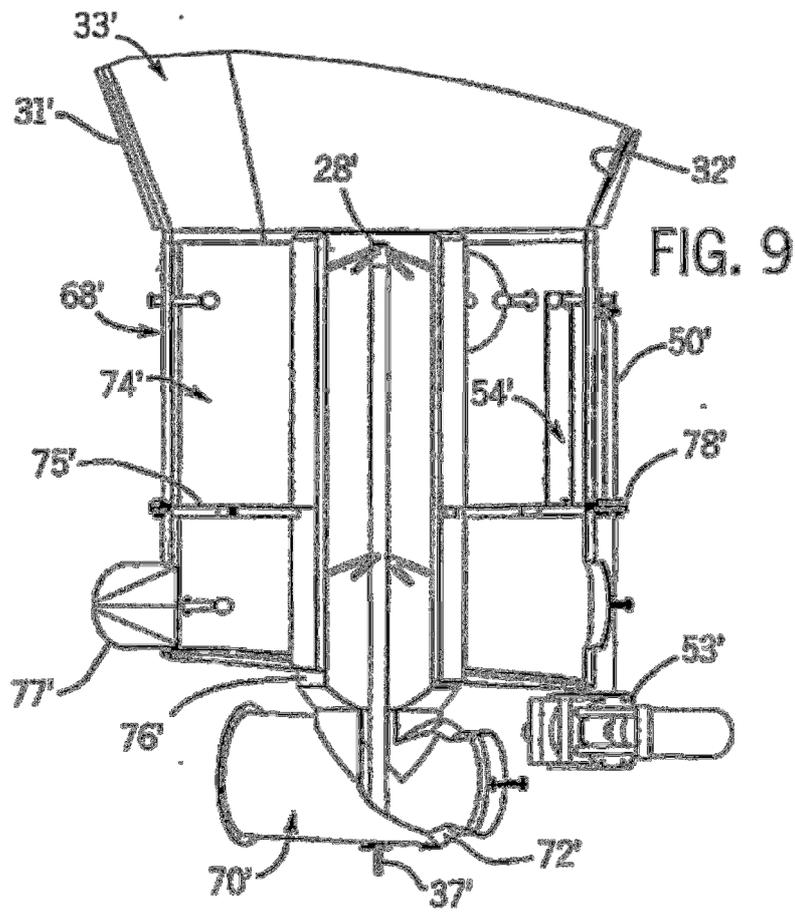


FIG. 9