

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 613**

51 Int. Cl.:

**C13K 5/00** (2006.01)

**C07H 3/04** (2006.01)

**A61K 9/20** (2006.01)

**A23C 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2016 PCT/EP2016/053821**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2016 WO16135172**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2016 E 16705963 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3262200**

54 Título: **Procedimiento de producción de lactosa baja en cenizas usando un clarificador con ácido y un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento**

30 Prioridad:

**28.02.2015 DK 201500115**

**10.07.2015 DK 201500409**

**04.09.2015 DK 201500528**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.07.2019**

73 Titular/es:

**SPX FLOW TECHNOLOGY DANMARK A/S**  
**(100.0%)**

**Østmarken 7**  
**2860 Søborg, DK**

72 Inventor/es:

**WAGNER, PETER;**  
**DALBERG, ANDERS y**  
**POULSEN, OLAV**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 720 613 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

Procedimiento de producción de lactosa baja en cenizas usando un clarificador con ácido y un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento

Campo

- 5 La invención se refiere a un método de precipitación combinada de calcio, separación mediante el uso de un clarificador centrífugo y ajuste del pH antes de un procedimiento adicional en la producción de lactosa a partir del permeado de suero de leche de alta pureza y muy bajos niveles de ceniza después del lavado.

Antecedentes

- 10 Un problema persistente en la producción de lactosa cristalina a partir de suero de leche o permeado de suero de leche es la presencia de sales en el suero de leche, que pueden coprecipitar con lactosa durante la cristalización de la lactosa. La concentración de sales minerales en el suero de leche por lo general es de 5-40 mM con sales de calcio, en particular fosfatos de calcio, siendo particularmente problemático para la producción eficiente de lactosa a partir del permeado de suero de leche debido al alto contenido de calcio en la leche y al comportamiento atípico de precipitación de fosfatos de calcio, que exhiben solubilidad reducida con temperatura aumentada.

- 15 En la industria, es común concentrar el permeado de suero de leche a un mayor contenido de sólidos usando la evaporación antes de la precipitación de la lactosa, véase, por ejemplo, WO 2012/047122. Sin embargo, cuando se evaporan y si los fosfatos de calcio no se inactivan antes de que el permeado de suero de leche penetre en el evaporador, las sales se pueden precipitar en las superficies de calor del evaporador, lo que reduce la eficacia del calentamiento y el tiempo de inactividad adicional para el mantenimiento y la limpieza.

- 20 Tradicionalmente, el fosfato de calcio se precipita en el permeado ajustando el pH a aproximadamente 7.2, por ejemplo, por adición de  $Mg(OH)_2$  o NaOH cáustico, después de lo cual el permeado se calienta a aproximadamente 80 °C. El fosfato de calcio precipitado se puede eliminar luego por centrifugación o filtración con membrana. Normalmente, luego el producto descargado se seca y se vende como aditivos alimentarios ("calcio de leche") o se usa en la fabricación de fertilizantes, por ejemplo, en el procedimiento Odda.

- 25 Sin embargo, con los métodos industriales tradicionales para precipitar fosfatos de calcio a partir del suero de leche es difícil obtener niveles de ceniza consistentes por debajo del 0.3% en los polvos de lactosa resultantes debido a la incorporación de Ca y P en los cristales de lactosa formados. Sin embargo, este nivel de ceniza es importante ya que el contenido máximo de ceniza del 0.3% es el límite máximo actual en la lactosa utilizada para fórmulas infantiles. Como resultado de ello, la lactosa para fórmulas infantiles actualmente debe someterse a un  
30 procedimiento adicional para reducir los niveles de ceniza en ellas para cumplir con los estándares actuales para fórmulas infantiles. Esto aumenta el coste en detrimento de la industria y las familias con bebés que dependen de fórmulas infantiles para la nutrición de sus hijos.

- 35 De acuerdo con lo anterior, existe una necesidad en la técnica de métodos a escala industrial para precipitar fosfatos de calcio a partir del permeado de suero de leche para obtener lactosa cristalizada con niveles bajos de ceniza de fosfatos de calcio.

Este problema se ha resuelto tradicionalmente sometiendo el suero de leche a ultrafiltración y a intercambio iónico a altas temperaturas, obteniendo así permeado de suero de leche con bajos niveles de ceniza de fosfatos de calcio. Sin embargo, este método generalmente se considera de alto precio para costes de implementación y funcionamiento.

- 40 El documento US 4,202,909 describe métodos para precipitar sales de calcio a partir de suero de leche a pH de leche, mientras que deja iones fosfato en el permeado de suero de leche, que implica precipitar calentando y eliminando el precipitado resultante, principalmente sales de citrato de calcio, mediante clarificación.

- 45 Existe un método alternativo que combina someter el suero de leche a la ultrafiltración para obtener un permeado enriquecido en calcio y fosfato, seguido de precipitación de calcio a temperatura elevada y pH básico, seguido de enfriamiento y separación del precipitado de calcio mediante el uso de un clarificador para eliminar los fosfatos de calcio precipitados y obtener un permeado de suero de leche con niveles reducidos de ceniza de fosfatos de calcio de 0.2%, véase por ejemplo, [http://us.westfaliaseparator.com/fileadmin/GEA\\_WS\\_US/Documents/Brochures/Dairy/Processing\\_Lines\\_for\\_Whey\\_Brochure.pdf](http://us.westfaliaseparator.com/fileadmin/GEA_WS_US/Documents/Brochures/Dairy/Processing_Lines_for_Whey_Brochure.pdf); accessed February 26, 2015 o <https://www.yumpu.com/de/document/view/7949755/prozesslinien-von-gea-westfalia-separator-zur-verarbeitung-von->  
50 ;published 2013, XP002757092. En este procedimiento, el fosfato de calcio se separa a partir del permeado de suero de leche. El propósito de este método es obtener fosfato de calcio como aditivo alimentario y también lograr mayores tiempos de operación en los procedimientos de concentración debido al efecto de desmineralización del permeado.

- 55 El documento EP261772727 describe un procedimiento para mejorar el rendimiento en la recuperación de lactosa esencialmente libre de minerales. El procedimiento comprende someter el suero de leche a un procedimiento de

5 separación; opcionalmente, concentrar la fracción rica en lactosa obtenida en la corriente principal y someterla a desmineralización; enfriar el residuo desmineralizado; y separando los cristales de lactosa del licor madre, y deshidratándolos para obtener una primera cantidad de lactosa, donde el licor madre separado de la corriente principal se somete por ejemplo a desmineralización, enfriamiento, separación de cristales y procedimiento de secado y mezcla con la primera cantidad.

10 Los inventores actuales se han dado cuenta ahora de que modificando el procedimiento alternativo anterior, se obtiene un procedimiento mejorado para la separación de fosfatos de calcio a partir del permeado de suero de leche que en una etapa puede producir niveles de ceniza por debajo del 0.2% y tan bajo como 0.1% sin la necesidad de una purificación adicional del permeado de suero de leche. Además, se consiguen así mejoras en el ahorro de energía, por ejemplo, como en algunas realizaciones, se pueden prescindir de las etapas de procedimiento de enfriamiento y posterior recalentamiento. El procedimiento de la presente invención es particularmente apropiado en la industria láctea donde se manejan grandes cantidades de permeado de suero de leche y donde las mejoras a la economía del procedimiento son de particular importancia. Una ventaja adicional del procedimiento actualmente sugerido es la mayor versatilidad de una línea de producción que implementa el procedimiento, permitiendo que la línea produzca lactosa tanto de alto como de bajo grado usando el mismo equipo, reduciendo así el CAPEX y el OPEX para la línea de producción.

#### Resumen de la invención

20 En un primer aspecto y realización, la presente invención se refiere a un procedimiento para producir lactosa a partir de permeado de suero de leche concentrado que comprende entre 10 y 70% de sólidos secos, dichos sólidos secos que comprenden fosfato de calcio, dicho procedimiento que comprende las etapas de:

ii. Formación de precipitados de fosfato de calcio en dicho permeado de suero de leche en una etapa (5) de precipitación, una fracción de dichos precipitados tiene un tamaño mayor que un valor de corte del clarificador centrífugo;

25 iii. Clarificación del permeado de suero de leche de la etapa ii., en una etapa (7) de clarificación centrífuga para eliminar dicha fracción de dichos precipitados que tienen un tamaño mayor que dicho valor de corte del clarificador centrífugo para obtener un permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio;

iv. Adición de un ácido al permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio de la etapa iii., en una etapa (8) de adición de ácido para disolver cualquier precipitado restante de fosfato de calcio, obteniendo así un permeado de suero de leche libre de precipitado;

30 vi. Precipitación de la lactosa a partir de dicho permeado de suero de leche libre de precipitado de la etapa iv., en una etapa (10) de precipitación de la lactosa.

En una segunda realización del procedimiento según la primera realización, el procedimiento comprende además la etapa de:

35 i. Independientemente, ajuste del pH del permeado de suero de leche concentrado a entre pH 6.0 y pH 8.5 en una etapa (3) de ajuste de pH y/o calentamiento del permeado de suero de leche a entre 60 °C y 90 °C en una etapa (4) de calentamiento antes de formar dichos precipitados en la etapa ii.

En una tercera realización del procedimiento según la primera o segunda realización, el procedimiento comprende además la etapa de:

40 v. Concentración del permeado de suero de leche libre de precipitado de la etapa iv., en una etapa (9) de concentración de lactosa para obtener un permeado de suero de leche con un alto contenido de lactosa antes de precipitar la lactosa en dicha etapa (10) de precipitación de lactosa.

45 En una cuarta realización del procedimiento según cualquiera de las realizaciones primera a tercera, en la que, cuando está presente la etapa v, dicho permeado de suero de leche concentrado comprende preferiblemente entre 10 y 40% de sólidos secos, más preferiblemente 20% de sólidos secos, y cuando la etapa v. está ausente, dicho permeado de suero de leche concentrado comprende preferiblemente entre 45 y 70% de sólidos secos, más preferiblemente 60% de sólidos secos.

En una quinta realización del procedimiento según cualquiera de las realizaciones primera a cuarta, en la que cuando la etapa i. se realiza, dicha etapa (5) de precipitación se ejecuta durante al menos 30 minutos.

50 En una sexta realización del procedimiento según cualquiera de las realizaciones primera a quinta, dicho permeado de suero de leche concentrado que comprende entre 10 y 70% de sólidos secos, preferiblemente de 10 a 40% de sólidos secos, dicho procedimiento comprende las etapas de:

- i. Independientemente, ajuste del pH del permeado de suero de leche concentrado a entre pH 6.0 y pH 8.5 en una etapa (3) de ajuste del pH y/o calentamiento del permeado de suero de leche a entre 60 °C y 90 °C en una etapa (4) de calentamiento;
- 5 ii. Retención del concentrado de permeado de suero de leche de la etapa i., durante un tiempo de retención de al menos 30 minutos en una etapa (5) de precipitación para permitir que se formen precipitados de fosfatos de calcio que tienen un tamaño mayor que el valor de corte del clarificador en el permeado de suero de leche;
- iii. Clarificación del permeado de suero de leche de la etapa ii., en una etapa (7) de clarificación centrífuga para eliminar los precipitados de fosfatos de calcio con tamaños por encima de dicho valor de corte del clarificador centrífugo para obtener un permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio;
- 10 iv. Adición de ácido al permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio de la etapa iii., en una etapa (8) de adición de ácido para disolver los precipitados de fosfato de calcio más pequeños que dicho valor de corte del clarificador, obteniendo así un permeado de suero de leche libre de precipitado;
- v. Concentración del permeado de suero de leche libre de precipitado de la etapa iv., en una etapa (9) de concentración de lactosa para obtener un permeado de suero de leche con alto contenido de lactosa; y
- 15 vi. Precipitación de la lactosa a partir de dicho permeado de suero de leche con alto contenido de lactosa de la etapa v., en una etapa (10) de precipitación de lactosa.

En una séptima realización de la invención, según cualquiera de las realizaciones segunda a sexta, que comprenden tanto una etapa (3) de ajuste de pH como una etapa (4) de calentamiento.

- 20 En una realización ocho del procedimiento según cualquiera de dichas realizaciones primera a séptima, en la que la etapa ii. o, cuando esté presente, dicha etapa i., está precedido por una etapa (2) de concentración del permeado y, opcionalmente, una etapa de eliminación de riboflavina.

En una novena realización del procedimiento según cualquiera de las realizaciones anteriores, el procedimiento comprende la adición de una base para mantener el pH durante dicha etapa (5) de precipitación al pH de la etapa (3) de ajuste del pH.

- 25 En una décima realización del procedimiento según cualquiera de las realizaciones anteriores, dicho valor de corte del clarificador centrífugo es de 1 µm.

En una undécima realización del procedimiento según cualquiera de las realizaciones anteriores, el procedimiento comprende ajustar el pH hacia abajo en 0.05 a 0.5 grados de pH en dicha etapa (8) de adición de ácido.

- 30 En una duodécima realización del procedimiento según cualquiera de las realizaciones tercera a undécima, el procedimiento comprende que dicha etapa (9) de concentración de lactosa es la concentración por evaporación.

- En una decimotercera realización del procedimiento según cualquiera de las realizaciones previas en la que en la etapa (5) de precipitación se añade una base para mantener el pH a un nivel constante. En una decimocuarta realización, se describe una línea (20) de lactosa configurada para producir lactosa a partir de una fuente de permeado de suero de leche concentrado que comprende entre 10 y 40% de sólidos secos (30), dicha línea (20) de lactosa que comprende: una ruta (28) de flujo de permeado configurado para permitir que el permeado de suero de leche pase por dicha línea (20) de lactosa; una secuencia de unidades de procedimiento (21,22,23,24,25,26a,26b,27) dispuestas operativamente en dicha ruta (28) de flujo de permeado, en una primera sección que comprende una unidad (21) de calentamiento, un primer tanque (26a) cáustico configurado para la adición de una base a dicho permeado de suero de leche, y opcionalmente una ruta (29) de flujo de derivación de permeado para desviar dicha unidad de calentamiento; una segunda sección que comprende un tanque (22) de retención, un clarificador (23) centrífugo y, opcionalmente, un segundo tanque (26b) cáustico configurado para la adición de una base a dicho tanque de retención; una tercera sección que comprende un tanque (27) de ácido y una unidad (24) de concentración; y una cuarta sección que comprende una unidad (25) de precipitación de lactosa; al menos una bomba para bombear permeado de suero de leche concentrado a través de dicha línea (20) de lactosa; y un controlador configurado para ejecutar un procedimiento según cualquiera de las realizaciones primera a decimotercera de la presente invención; en la que en dicha primera sección se puede ejecutar una etapa (3) de ajuste de pH y/o una etapa (4) de calentamiento; en dicha segunda sección se puede ejecutar una etapa (5) de precipitación en dicho tanque (22) de retención, opcionalmente bajo la adición de una base a partir de dicho segundo tanque (26b) cáustico opcional, y seguido por una etapa (7) de clarificación; en dicha tercera sección se puede ejecutar una etapa (8) de adición de ácido seguida de una etapa (9) de concentración de lactosa; y en dicha cuarta sección se puede ejecutar una etapa (10) de precipitación de lactosa, produciendo así lactosa (33) sólida y licor madre (34) agotados en lactosa.
- 35
- 40
- 45
- 50

Breve descripción de los dibujos

Figura 1: Diagramas de flujo del procedimiento de la técnica anterior y procedimientos de ejemplo para la separación de fosfatos de calcio a partir del permeado de suero de leche según la presente invención.

Figura 2: Línea de lactosa para ejecutar un procedimiento según la invención.

Descripción detallada

5 El procedimiento mejorado para la separación de fosfatos de calcio a partir del permeado de suero de leche según la presente invención se describe a continuación con referencia al dibujo, figura 1. Los procedimientos descritos en el diagrama de flujo están destinados a ilustrar el concepto de la invención, y la persona experta podrá realizar modificaciones de los mismos, siguiendo el contenido de la presente divulgación, sin apartarse del concepto de la invención divulgado.

10 En general, se describe con la invención un procedimiento para la producción de cristales de lactosa con niveles bajos de ceniza que comprende la clarificación de un permeado de suero de leche después de la precipitación con calcio seguido de un ajuste del pH para disolver los precipitados de fosfatos de calcio que no se eliminan por clarificación.

15 De acuerdo con lo anterior, se describe en este documento un procedimiento para producir lactosa a partir del permeado de suero de leche concentrado que comprende entre 10 y 70% de sólidos secos, los sólidos secos que comprenden fosfato de calcio, el procedimiento que comprende las etapas de: ii. La formación de precipitados de fosfato de calcio en el permeado de suero de leche en una etapa (5) de precipitación, una fracción de los precipitados tiene un tamaño mayor que un valor de corte del clarificador centrífugo; iii. Clarificación del permeado de suero de leche de la etapa ii., en una etapa (7) de clarificación para eliminar la fracción de los precipitados que tienen un tamaño mayor que el valor de corte del clarificador para obtener un permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio; iv. Adición de un ácido al permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio de la etapa iii., en una etapa (8) de adición de ácido para disolver cualquier precipitado restante de fosfato de calcio, obteniendo así un permeado de suero de leche libre de precipitado; vi. Precipitación de la lactosa a partir del permeado de suero de leche libre de precipitado de la etapa iv., en una etapa (10) de precipitación de la lactosa.

25 En una realización particularmente preferida de la presente invención, se describe un procedimiento como se detalla a continuación para producir lactosa a partir del permeado de suero de leche concentrado, comprendiendo dicho permeado de suero de leche entre 10 y 70% de sólidos secos, preferiblemente de 10 a 40% de sólidos secos, dicho procedimiento comprende las etapas de: i. Independientemente, ajuste del pH del permeado de suero de leche concentrado a entre pH 6.0 y pH 8.5 en una etapa (3) de ajuste del pH y/o calentamiento del permeado de suero de leche a entre 60 °C y 90 °C en una etapa (4) de calentamiento; ii. Retención del permeado de suero de leche concentrado de la etapa i., durante un tiempo de retención de al menos 30 minutos en una etapa (5) de precipitación para permitir que se formen precipitados de fosfatos de calcio que tienen un tamaño mayor que el valor de corte del clarificador centrífugo en el permeado de suero de leche; iii. Clarificación del permeado de suero de leche de la etapa ii., en una etapa (7) de clarificación para eliminar los precipitados de fosfatos de calcio con tamaños por encima de dicho valor de corte del clarificador para obtener un permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio; iv. Adición de un ácido al permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio de la etapa iii., en una etapa (8) de adición de ácido para disolver los precipitados de fosfato de calcio más pequeños que dicho valor de corte del clarificador, obteniendo así un permeado de suero de leche libre de precipitado; v. Concentración del permeado de suero de leche libre de precipitado de la etapa iv., en una etapa (9) de concentración de lactosa para obtener un permeado de suero de leche con alto contenido de lactosa; y vi. Precipitación de la lactosa a partir de dicho permeado de suero de leche con alto contenido de lactosa de la etapa v., en una etapa (10) de precipitación de lactosa.

45 En la técnica anterior se sabe que forman precipitados de fosfato de calcio en el permeado de suero (véase, la figura 1) ajustando el pH a básico (3), calentando (4), precipitando fosfato de calcio (5), seguido de enfriamiento (6) y eliminación de los precipitados formados por clarificación (7). Sin embargo, el permeado de suero de leche reducido en calcio resultante no es satisfactorio para el uso en la producción de lactosa, ya que no todo el fosfato de calcio precipitado se elimina mediante el procedimiento de clarificación. Además, el procedimiento es ineficiente desde una perspectiva energética, ya que requiere etapas consecutivas de tanto calentamiento (4) como enfriamiento (6) antes de la clarificación (7).

50 En particular, la eliminación parcial del fosfato de calcio constituye un problema ya que el fosfato de calcio no eliminado por clarificación tiene una alta propensión a coprecipitar con lactosa, cuando la lactosa se cristaliza, y la presente invención tiene como objetivo adicional superar este problema.

55 Los presentes inventores han descubierto sorprendentemente que el problema de la coprecipitación se puede resolver de una manera simple volviendo a disolver los cristales de fosfato de calcio formados que no se eliminan mediante clarificación por adición de ácido permeado de suero de leche resultante después de la clarificación. Sin embargo, es un beneficio adicional bienvenido de la presente invención que cuando se sigue el procedimiento según la invención, el calentamiento es solo opcional y que, cuando el permeado de suero de leche se calienta opcionalmente, se puede prescindir del enfriamiento.

A continuación, la invención se describe a modo de ejemplo según un mejor modo de llevar a cabo el procedimiento de la invención; sin embargo, las desviaciones de este mejor modo comprendido por la invención se detallan en las reivindicaciones y la descripción.

5 El permeado de suero que comprende fosfatos de calcio disueltos en una fase acuosa se usa como material de partida (1), usualmente permeado de suero de leche a partir de la ultrafiltración. Normalmente se contempla que el permeado de suero de leche comprende fosfatos de calcio en concentraciones iguales a las que se encuentran en la leche a partir de la cual se originó el suero de leche, sin embargo, los permeados de suero de leche que contienen fosfatos de calcio en concentraciones superiores o inferiores a esta son igualmente apropiados para su uso con el procedimiento de la invención. El permeado de suero de leche se originará por lo general de la ultrafiltración de suero de leche, sin embargo, otros métodos para aislar proteínas de suero de leche a partir del permeado de suero de leche producen materiales de partida igualmente útiles y, por lo tanto, la presente invención no está limitada por la manera en que las proteínas de suero de leche se separan a partir del permeado de suero de leche.

10 De acuerdo con el procedimiento de la invención como se detalla en el diagrama de flujo de ejemplo de la figura 1, el permeado de suero de una fuente de permeado de suero de leche se concentra para eliminar el exceso de agua en una etapa (2) de concentración del permeado. Generalmente se prefiere que la concentración sea por ósmosis inversa, pero otros métodos para concentrar el permeado de suero son igualmente útiles. Dependiendo de las demandas del procedimiento, el permeado de suero de leche se puede concentrar a entre 10 y 40% de sólidos secos (DS), entre 15 y 35% de DS, entre 17 a 30% de DS, preferiblemente entre 18 y 25% de DS, y más preferiblemente 20% de DS. En otros procedimientos, el permeado de suero de leche se puede concentrar a entre 45 a 70% de DS, a entre 50 a 65% de DS, a entre 55 a 60% de DS, más preferiblemente a 60% de DS. En general, el procedimiento de la invención es apropiado para su uso con permeado de suero de leche concentrado que comprende entre 10 y 70% de DS.

15 La etapa (2) de concentración del permeado se puede combinar con una etapa de eliminación de riboflavina para la eliminación de riboflavina presente en el permeado de suero de leche, por ejemplo, pasando el permeado de suero de leche concentrado a través de una columna que contiene carbono activo, eliminando así la riboflavina por adsorción.

20 La etapa (2) de concentración del permeado se sigue ajustando el pH en una etapa (3) de ajuste del pH y/o una etapa (4) de calentamiento, y una etapa (5) de precipitación, preferiblemente una etapa de precipitación en una temperatura elevada. Como se detallará más adelante, las etapas de ajuste de pH (3) y de calentamiento (4) se pueden usar individualmente sin el otro o en combinación, prefiriéndose la combinación.

25 De acuerdo con lo anterior, el procedimiento de la invención puede comprender la etapa i. de, independientemente, ajustar el pH del permeado de suero de leche concentrado a entre pH 6.0 y pH 8.5 en una etapa (3) de ajuste de pH y/o calentamiento del permeado de suero de leche a entre 60 °C y 90 °C en una etapa (4) de calentamiento antes de formar dichos precipitados en la etapa ii.

30 El permeado de suero de leche en general tiene un pH inferior a 6.3. Una vez que el pH se eleva por encima de seis (véase, por ejemplo, el documento US 6558717 B1), se puede esperar que los fosfatos de calcio precipiten de la solución. Ya con un pH de 6.5, se puede esperar al menos un 50% de precipitación y elevar el pH a condiciones básicas moderadas, tales como un pH de 7.2, hará que más del 65% del fosfato de calcio se precipite debido a la influencia del pH solo. Elevar el pH por encima de 8 no beneficia aún más la precipitación de fosfatos de calcio. De acuerdo con lo anterior, en la etapa (3) de ajuste del pH como se contempla en la presente invención, el pH se ajusta entre al menos 6.0 y no más de 8.5, entre 6.1 y 8.0, entre 6.2 y 7.8. Más preferiblemente, el pH se ajusta para que esté entre 6.3 y 7.5, entre 6.4 y 7.2, o entre 6.5 y 6.9. Más preferiblemente, el pH se ajusta a 6.5. El experto sabrá cómo ajustar el pH para su uso en el presente procedimiento, si se contempla una optimización adicional más allá de lo que se indica en este documento.

35 En general, debido a la capacidad reguladora del permeado de suero de leche y, en particular, los fosfatos en el mismo, el ajuste del pH requiere cantidades equimolares de base para regular, de modo que una capacidad reguladora de un mol requerirá una base de mol para neutralizar. A este respecto, el método de la invención difiere significativamente de los métodos comúnmente aplicados para lavar cristales de lactosa formados en soluciones ligeramente acidificadas o básicas para eliminar las impurezas de la superficie de los cristales formados.

40 La etapa (4) de calentamiento implica calentamiento del permeado de suero de leche concentrado a una temperatura de precipitación por encima de 60 °C y por debajo de 90 °C. Los resultados mejorados se logran cuando la temperatura está entre 65 °C y 85 °C, más preferiblemente entre 70 °C y 80 °C, más preferiblemente entre 73 °C y 78 °C, y más preferiblemente alrededor de 75 °C. Estas temperaturas de precipitación son bien conocidas en la técnica y el experto sabrá cómo ajustar la temperatura para su uso en el presente procedimiento, si se contempla una optimización adicional más allá de lo que se indica en este documento.

45 Con el fin de lograr el alto nivel beneficioso de la eliminación de las cenizas en la lactosa cristalizada obtenida del permeado tratado mediante el procedimiento sugerido actualmente, el calentamiento (4) y el ajuste del pH (3) deben combinarse, sin embargo, debido a la etapa (2) de concentración del permeado, se puede lograr una precipitación

significativa de fosfatos de calcio con el procedimiento sin el uso de tanto el ajuste de pH o calentamiento, siempre y cuando se use al menos una de estas etapas del procedimiento. Por consiguiente, una planta de cristalización de lactosa o una línea (20) de producción que funcione según el presente procedimiento gana versatilidad adicional, ya que puede producir lactosa de baja y alta calidad sin la necesidad de líneas de producción dedicadas de bajo y alto grado. También, y en general, omitir una etapa del procedimiento reduce los costes de producción, lo que puede ser crucial para productos competitivos de baja calidad.

A la etapa (3) de ajuste del pH y/o la etapa (4) de calentamiento le sigue una etapa (5) de precipitación en la que el permeado concentrado se retiene en un recipiente de precipitación durante un tiempo de retención suficiente para permitir que se formen los cristales de fosfato de calcio más grandes de al menos 0.5  $\mu\text{m}$ . Un tiempo de retención promedio para la precipitación es preferiblemente de entre 30 minutos a 120 minutos, más preferiblemente alrededor de 60 minutos, como se conoce en la técnica. El experto sabrá cómo optimizar el tiempo de retención a la economía de procedimiento deseada. Para la eliminación de cenizas de alto nivel, los tiempos de retención de 60 minutos o más son generalmente suficientes, cuando se han implementado tanto la etapa (3) de ajuste del pH como la etapa (4) de calentamiento.

En una realización, se añade una base durante la etapa (5) de precipitación a la velocidad de precipitación con fosfato de calcio para mantener el pH constante, por ejemplo, en el nivel obtenido en la etapa (3) de ajuste del pH. En general, como los fosfatos de calcio en solución son ligeramente básicos, la eliminación de los fosfatos de calcio impulsará el pH hacia el ácido, lo que se compensa ventajosamente en la realización sugerida.

La etapa (5) de precipitación es seguida por una etapa (7) de clarificación, preferiblemente a la temperatura de la etapa (5) de precipitación. En la realización preferida, la energía se ahorra como enfriamiento o se puede omitir el calentamiento adicional. Además, al operar el procedimiento para obtener la eliminación de cenizas de alto nivel, retener la temperatura de la etapa (7) de clarificación sustancialmente a la temperatura de la etapa (5) de precipitación ayudará a impulsar el equilibrio hacia la precipitación, ya que los fosfatos de calcio se pueden eliminar continuamente durante la precipitación., lo que reduce aún más los niveles de ceniza en la lactosa producida en base al procedimiento actualmente sugerido.

Los clarificadores actuales, tales como el rango de clarificador de SPX Seital Separation Technology, permiten la recuperación de partículas finas por encima de un valor de corte del clarificador dado, por lo general 0.5-500  $\mu\text{m}$ . Por lo tanto, los tiempos de retención en la etapa de precipitación deben ser suficientes para obtener cristales de fosfato de calcio de al menos un valor de corte del clarificador de 0.5  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, en el presente procedimiento, es preferible que el tiempo de retención sea suficiente para generar cristales de un valor de corte de clarificador de al menos 1  $\mu\text{m}$  para la eficacia óptima del clarificador empleado. También se pueden usar otros medios de eliminación centrífuga de los precipitados son conocidos para los expertos en la materia, tales como, por ejemplo centrifugadoras.

A la clarificación en la etapa (7) le sigue una etapa (8) de adición de ácido en la que el permeado reducido en fosfatos de calcio se ajusta a un pH de 0.05 a 0.5 grados de pH. El pH puede, según las necesidades en los procedimientos posteriores adicionales, en algunos casos reducirse aún más. Al reducir el pH del permeado, los precipitados de fosfatos de calcio que eran demasiado pequeños para ser eliminados en la etapa (7) de clarificación se disolverán. Debido a la eliminación del fosfato del permeado durante la precipitación, los cambios de pH y la capacidad reguladora del permeado se reducen. De acuerdo con lo anterior, puede ser beneficioso añadir la base de manera continua durante la precipitación, si se usa la opción de la etapa (3) de ajuste del pH. Alternativamente, el pH cae durante la precipitación. Dado que la masa de las partículas de fosfatos de calcio muy finas en el permeado es muy baja, y la capacidad reguladora se reduce por la eliminación significativa de fosfato, la cantidad de ácido requerido para la neutralización y la disolución es relativamente pequeña, aunque se necesitarán cantidades equimolares para la disolución completa.

El permeado, que ahora se ha convertido en un permeado reducido en fosfatos de calcio, se puede someter posteriormente a una concentración adicional, con el fin de concentrar la lactosa contenida en el mismo en una etapa (9) de concentración de lactosa antes de la precipitación de la lactosa en una etapa (10) de precipitación de lactosa para producir lactosa cristalina (11). Los métodos de concentración y precipitación de lactosa, como se conocen generalmente en la técnica, son todos apropiados para estas etapas posteriores.

De acuerdo con lo anterior, el procedimiento de la invención puede comprender en una etapa v. que concentra del permeado de suero de leche libre de precipitado de la etapa iv., en una etapa (9) de concentración de lactosa para obtener un permeado de suero de leche con un alto contenido de lactosa antes de precipitar la lactosa en dicha etapa (10) de precipitación de lactosa. Cuando está presente la etapa v, dicho permeado de suero de leche concentrado comprende preferiblemente entre 10 y 45% de sólidos secos, más preferiblemente 20% de sólidos secos, y cuando la etapa v está ausente, dicho permeado de suero de leche concentrado comprende preferiblemente entre 45 y 70% de sólidos secos, más preferiblemente, 60% de sólidos secos como se detalla anteriormente en relación con la etapa (2) de concentración del permeado.

Una etapa (9) de concentración de lactosa particularmente apropiada es por evaporación según métodos conocidos en la técnica. Cuando la concentración de lactosa se realiza por evaporación del permeado reducido en fosfatos de

calcio, es una ventaja adicional del procedimiento sugerido en la actualidad que cuando se emplea una etapa (4) de calentamiento antes y durante la precipitación (5) de fosfatos de calcio y la clarificación (7), el permeado que llega a la etapa (9) de concentración ya se calentó a la temperatura de precipitación y se necesita menos o ningún calentamiento para obtener la temperatura de entrada deseada del evaporador.

- 5 Los siguientes ejemplos muestran el efecto de producir lactosa cristalina según el procedimiento actualmente sugerido, siguiendo el procedimiento preferido de ajuste de pH y calentamiento para obtener cristales de lactosa con bajo nivel de cenizas.

10 En un aspecto adicional de la invención, se describe una disposición, por ejemplo, una línea de producción en este documento denominada línea (20) de lactosa configurada para ejecutar un procedimiento según cualquiera de las realizaciones anteriores. Esta realización se detalla más adelante con referencia a la figura 2.

15 De acuerdo con lo anterior, se describe en una realización una línea (20) de lactosa configurada para producir lactosa a partir de una fuente de permeado de suero de leche concentrado que comprende entre 10 y 70% de sólidos secos (30), dicha línea (20) de lactosa que comprende: una ruta (28) flujo de permeado configurada para permitir que el permeado de suero de leche pase por dicha línea (20) de lactosa; una secuencia de unidades (21,22,23,24,25, 26a, 26b, 27) de procedimiento dispuestas operativamente en dicha ruta (28) de flujo de permeado, en una primera sección que comprende una unidad (21) de calentamiento, un primer tanque (26a) cáustico configurado para la adición de una base a dicho permeado de suero de leche, y opcionalmente una ruta (29) de flujo de derivación de permeado para desviar dicha unidad de calentamiento; una segunda sección que comprende un tanque (22) de retención, un clarificador (23) y, opcionalmente, un segundo tanque (26b) cáustico configurado para la adición de una base a dicho tanque de retención; una tercera sección que comprende un tanque (27) de ácido y una unidad (24) de concentración; y una cuarta sección que comprende una unidad (25) de precipitación de lactosa; al menos una bomba para bombear permeado de suero de leche concentrado a través de dicha línea (20) de lactosa; y un controlador configurado para ejecutar un procedimiento según cualquiera de las realizaciones de la presente invención; en el que en dicha primera sección se puede ejecutar una etapa (3) de ajuste de pH y/o una etapa (4) de calentamiento; en dicha segunda sección se puede ejecutar una etapa (5) de precipitación en dicho tanque (22) de retención, opcionalmente bajo la adición de una base a partir de dicho segundo tanque (26b) cáustico opcional, y seguido por una etapa (7) de clarificación; en dicha tercera sección se puede ejecutar una etapa (8) de adición de ácido seguida de una etapa (9) de concentración de lactosa; y en dicha cuarta sección se puede ejecutar una etapa (10) de precipitación de lactosa, produciendo así lactosa (33) sólida y licor madre (34) agotados en lactosa.

20 La línea (20) de lactosa recibe permeado de suero de leche concentrado a partir de una fuente de permeado de suero de leche concentrado (30) que comprende entre 10 y 70% de sólidos secos, preferiblemente de 10 a 40% de sólidos secos, que se pueden obtener de cualquier manera que sea útil en la técnica. De acuerdo con lo anterior, la fuente no se considera limitante de la presente invención. El permeado de suero de leche concentrado se agota ventajosamente en riboflavina.

25 La línea (20) de lactosa comprende una ruta (28) de flujo de permeado configurada para permitir que el permeado de suero de leche pase por la línea (20) de lactosa y la secuencia de unidades de procedimiento (21, 22, 23, 24, 25, 26a, 26b, 27) dispuesto operativamente en la ruta (28) de flujo de permeado. Para este propósito, la ruta del flujo de permeado conecta las unidades de procedimiento en una secuencia, por ejemplo, por el uso de tuberías o conductos. Como el permeado de suero de leche es un líquido, se bombea ventajosamente a través de la línea (20) de lactosa desde su punto de entrada como permeado de suero de leche concentrado (30) (punto de cruce de la línea punteada ubicada entre los elementos (30) y (28) en la figura 2) y a su punto de salida (donde sale como licor madre (34), figura 2) usando al menos una bomba. La al menos una bomba se instalará en la ruta (28) de flujo de permeado según los requisitos específicos de la línea (20) de lactosa de la invención. En una realización preferida, una pluralidad de bombas se instala en la ruta (28) de flujo de permeado entre las secciones descritas a continuación para asegurar un flujo eficiente de permeado de suero de leche a través de la línea (20) de lactosa.

30 La secuencia de unidades (21, 22, 23, 24, 25, 26a, 26b, 27) de procedimiento está dispuesta operativamente en la ruta (28) de flujo de permeado de una manera que se describe útilmente como una secuencia de secciones consecutivas. En una sección, la materia puede entrar o salir de la ruta (28) de flujo de permeado, sin que por ello se cambie la dirección de flujo general del permeado de suero de leche. Las secciones detalladas en este documento son útiles para describir el flujo del procedimiento del permeado de suero de leche a través de la línea (20) de lactosa, ya que cada sección comprenderá no más de una unidad de procedimiento añadiendo materia y una unidad de procedimiento eliminando materia de la línea (20) de lactosa, sin embargo, aunque es útil para describir la línea (20) de lactosa, esta subdivisión en secciones es de otra manera arbitraria y no influye en la ejecución de los procedimientos de la invención en la línea (20) de lactosa.

35 Un controlador configurado para ejecutar un procedimiento según cualquiera de las realizaciones de la presente invención está comprendido además en la línea (20) de lactosa.

En este sentido, se puede definir una primera sección que comprende una unidad (21) de calentamiento, un primer tanque (26a) cáustico configurado para la adición de una base al permeado de suero de leche y, opcionalmente, una



5 ruta (29) de flujo de derivación del permeado para desviar la unidad de calentamiento. En esta primera sección se puede ejecutar una etapa (3) de ajuste de pH y/o una etapa (4) de calentamiento. En la figura 2, el orden del primer tanque (26a) cáustico y la unidad (21) de calentamiento se muestra con el tanque cáustico primero, sin embargo, la posición de estas dos unidades de procedimiento se puede cambiar sin influir en la ejecución de las etapas (3, 4) del procedimiento. La unidad (21) de calentamiento está ubicada en la ruta (28) de flujo de permeado mientras que el primer tanque (26a) cáustico se une a la ruta (28) de flujo de permeado, por ejemplo, por una válvula y una bomba auxiliar para bombear el producto cáustico a partir del tanque hasta la ruta del flujo de permeado. La unidad de calentamiento es preferiblemente un intercambiador de calor como se conoce en la técnica del calentamiento continuo de permeado de suero de leche, pero también puede ser una caldera tradicional por lotes. Se puede incluir una ruta (29) de flujo de derivación de permeado opcional para desviar la unidad (21) de calentamiento. En funcionamiento cuando no se necesita calor, la unidad (21) de calentamiento puede permanecer apagada permitiendo que el permeado de suero de leche pase a la unidad de calentamiento sin ser calentada, sin embargo, como la unidad (21) de calentamiento normalmente presentará una restricción de flujo considerable, es ventajoso para desviar esta unidad, cuando no se usa, por medio de la ruta (29) de flujo de derivación de permeado.

15 Además (la figura 2), una segunda sección que comprende un tanque (22) de retención, un clarificador (23) y, opcionalmente, un segundo tanque (26b) cáustico configurado para la adición de una base al tanque de retención, se puede definir como detallado anteriormente. En esta segunda sección se puede ejecutar una etapa (5) de precipitación en el tanque (22) de retención, opcionalmente bajo la adición de la base del segundo tanque (26b) cáustico opcional, que es seguido por una etapa (7) de clarificación en el clarificador (23). Se prefieren los clarificadores como se detallaron anteriormente, sin embargo, también se pueden aplicar en el procedimiento medios de aislamiento alternativos, como filtros o centrifugadoras de masa. Sin embargo, la ventaja del clarificador (23) es la capacidad de separar los fosfatos de calcio, CaP, (31) a partir de los permeados de suero de leche durante la operación continua. El tanque (22) de retención está ubicado en la ruta (28) de flujo de permeado, mientras que el segundo tanque (26a) cáustico se une al tanque (22) de retención, por ejemplo, por una válvula y una bomba auxiliar para bombear el producto cáustico a partir del tanque hasta la ruta del flujo de permeado.

20 Además (la figura 2), una tercera sección que comprende un tanque (27) de ácido y una unidad (24) de concentración se puede definir como se detalla anteriormente. En esta tercera sección se puede ejecutar una etapa (8) de adición de ácido seguido de una etapa (9) de concentración de lactosa. La unidad (24) de concentración está ubicada en la ruta (28) de flujo de permeado mientras que el tanque (27) de ácido se une a la ruta (28) de flujo de permeado, por ejemplo, por una válvula y una bomba auxiliar para bombear el ácido del tanque a la trayectoria del flujo de permeado. Las unidades (24) de concentración apropiadas pueden ser unidades de evaporación para evaporar el agua (32) a partir del permeado de suero de leche, pero también se puede emplear adecuadamente la nano o ultrafiltración como se conoce en la técnica de concentración de los permeados de suero.

30 Finalmente (la figura 2), una cuarta sección que comprende una unidad (25) de precipitación de lactosa donde, en esta sección, se puede ejecutar una etapa (10) de precipitación de lactosa, produciendo así la lactosa (33) sólida y el licor madre (34) agotados en lactosa. En general, la persona experta sabrá cómo precipitar la lactosa a partir de una solución de permeado de suero de leche concentrado y la presente invención no está limitada por la manera en que se ejecuta la precipitación de la lactosa.

Ejemplos - La ceniza produce polvo de lactosa cristalizada:

40 Técnica anterior - Comparativa:

Tanque de cristalización sin clarificador y ácido: 0% de un 67% de lejía, 40 min a 75 °C y ningún ácido dio un resultado de ceniza de 0.29% y 0.24% medido como ceniza sulfatada.

Divulgación actual:

45 El tanque de cristalización con clarificador y ácido: 0,075% de 67% de lejía a un 20% de DM permeado de suero de leche, 60 min a 75 °C, con clarificador y 0.1% de un 37% de ácido dio un resultado de ceniza de 0.10 % y 0.11% medido como ceniza sulfatada.

Cuando el licor madre de este se purificó y se procesó nuevamente a 0% de lejía, 60 minutos a 75 °C con clarificador y 0.1% de un ácido al 37%, luego esto dio un resultado de ceniza de 0.12% y 0.12% medido como ceniza sulfatada.

50 El uso de clarificador y ácido dio un resultado consistente y muy bueno, medido sobre el contenido de cenizas en el polvo final de lactosa.

Comentarios de cierre

55 El término "que comprende" tal como se usa en las reivindicaciones no excluye otros elementos o etapas. El término "un" o "una" tal como se usa en las reivindicaciones no excluye una pluralidad. Y aunque la presente invención se ha descrito en detalle con fines ilustrativos, se entiende que tal detalle es únicamente para ese propósito, y los expertos en la técnica pueden realizar variaciones en esta sin apartarse del alcance de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de producción de lactosa a partir de permeado de suero de leche concentrado que comprende entre 10 y 70% de sólidos secos, dichos sólidos secos que comprenden fosfato de calcio, dicho procedimiento que comprende las etapas de:
- 5 ii. Formación de precipitados de fosfato de calcio en dicho permeado de suero de leche en una etapa (5) de precipitación, una fracción de dichos precipitados que tiene un tamaño mayor que un valor de corte del clarificador centrífugo;
- 10 iii. Clarificación del permeado de suero de leche de la etapa ii., en una etapa (7) de clarificación centrífuga para eliminar dicha fracción de dichos precipitados que tienen un tamaño mayor que dicho valor de corte del clarificador centrífugo para obtener un permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio;
- iv. Adición de un ácido al permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio de la etapa iii., en una etapa (8) de adición de ácido para disolver cualquier precipitado restante de fosfato de calcio, obteniendo así un permeado de suero de leche libre de precipitado;
- 15 vi. Precipitación de la lactosa a partir de dicho permeado de suero de leche libre de precipitado de la etapa iv., en una etapa (10) de precipitación de la lactosa.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de:
- i. Independientemente, ajuste del pH del permeado de suero de leche concentrado a entre pH 6.0 y pH 8.5 en una etapa (3) de ajuste de pH y/o calentamiento del permeado de suero de leche a entre 60 °C y 90 °C en una etapa (4) de calentamiento antes de formar dichos precipitados en la etapa ii.
- 20 3. El procedimiento de ya sea la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende además la etapa de:
- v. Concentración del permeado de suero de leche libre de precipitado de la etapa iv., en una etapa (9) de concentración de lactosa para obtener un permeado de suero de leche con un alto contenido de lactosa antes de precipitar la lactosa en dicha etapa (10) de precipitación de lactosa.
- 25 4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que, cuando está presente la etapa v, dicho permeado de suero de leche concentrado comprende preferiblemente entre 10 y 40% de sólidos secos, más preferiblemente 20% de sólidos secos, y cuando la etapa v está ausente, dicho permeado de suero de leche concentrado comprende preferiblemente entre 45 a 70% de sólidos secos, más preferiblemente 60% de sólidos secos.
- 30 5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que cuando la etapa i. se realiza, dicha etapa (5) de precipitación se ejecuta durante al menos 30 minutos.
6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, dicho permeado de suero de leche concentrado que comprende entre 10 y 70% de sólidos secos, preferiblemente de 10 a 40% de sólidos secos, dicho procedimiento que comprende las etapas de:
- 35 i. Independientemente, ajuste del pH del permeado de suero de leche concentrado a entre pH 6.0 y pH 8.5 en una etapa (3) de ajuste del pH y/o calentamiento del permeado de suero de leche a entre 60 °C y 90 °C en una etapa (4) de calentamiento;
- ii. Retención del permeado de suero de leche concentrado de la etapa i. durante un tiempo de retención de al menos 30 minutos en una etapa (5) de precipitación para permitir que se formen precipitados de fosfatos de calcio que tienen un tamaño mayor que el valor de corte del clarificador centrífugo en el permeado de suero de leche;
- 40 iii. Clarificación del permeado de suero de leche de la etapa ii., en una etapa (7) de clarificación centrífuga para eliminar los precipitados de fosfatos de calcio con tamaños por encima de dicho valor de corte del clarificador centrífugo para obtener un permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio;
- 45 iv. Adición de un ácido al permeado de suero de leche reducido en fosfatos de calcio de la etapa iii., en una etapa (8) de adición de ácido para disolver los precipitados de fosfato de calcio más pequeños que dicho valor de corte del clarificador, obteniendo así un permeado de suero de leche libre de precipitado;
- v. Concentración del permeado de suero de leche libre de precipitado de la etapa iv., en una etapa (9) de concentración de lactosa para obtener un permeado de suero de leche con alto contenido de lactosa; y
- vi. Precipitación de la lactosa a partir de dicho permeado de suero de leche con alto contenido de lactosa de la etapa v., en una etapa (10) de precipitación de lactosa.

7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6 que comprende tanto una etapa (3) de ajuste de pH como una etapa (4) de calentamiento.
8. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la etapa ii. o, cuando esté presente, la etapa i., está precedido por una etapa (2) de concentración del permeado y, opcionalmente, una etapa de eliminación de riboflavina.
9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende la adición de una base para mantener el pH durante dicha etapa (5) de precipitación al pH de la etapa (3) de ajuste de pH.
10. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dicho valor de corte del clarificador centrífugo es de 1  $\mu$ m.
11. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende ajustar el pH por debajo de 0.05 a 0.5 grados de pH en dicha etapa (8) de adición de ácido.
12. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 11, en el que dicha etapa (9) de concentración de lactosa es la concentración por evaporación.
13. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que en dicha etapa (5) de precipitación se añade una base para mantener el pH a un nivel constante.
14. Una línea (20) de lactosa configurada para producir lactosa a partir de una fuente de permeado de suero de leche concentrado que comprende entre 10 y 70% de sólidos secos (30), dicha línea (20) de lactosa que comprende:
- una ruta (28) de flujo de permeado configurada para permitir que el permeado de suero de leche pase por dicha línea (20) de lactosa;
  - una secuencia de unidades (21, 22, 23, 24, 25, 26a, 26b, 27) de procedimiento dispuestas operativamente en dicha ruta (28) de flujo de permeado, en:
    - una primera sección que comprende una unidad (21) de calentamiento, un primer tanque (26a) cáustico configurado para la adición de una base a dicho permeado de suero de leche, y opcionalmente una ruta (29) de flujo de derivación de permeado para desviar dicha unidad de calentamiento;
    - una segunda sección que comprende un tanque (22) de retención, un clarificador (23) centrífugo y, opcionalmente, un segundo tanque (26b) cáustico configurado para la adición de una base a dicho tanque de retención;
    - una tercera sección que comprende un tanque (27) de ácido y una unidad (24) de concentración; y
    - una cuarta sección que comprende una unidad (25) de precipitación de lactosa;
  - al menos una bomba para bombear el permeado de suero de leche concentrado a través de dicha línea (20) de lactosa; y
  - un controlador configurado para ejecutar un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13;
- en el que
- dicha primera sección está adaptada para ejecutar una etapa (3) de ajuste de pH y/o una etapa (4) de calentamiento;
  - dicha segunda sección está adaptada para ejecutar una etapa (5) de precipitación en dicho tanque (22) de retención, opcionalmente bajo la adición de una base a partir de dicho segundo tanque (26b) cáustico opcional, y después de una etapa (7) de clarificación centrífuga;
  - dicha tercera sección está adaptada para ejecutar una etapa (8) de adición de ácido seguida de una etapa (9) de concentración de lactosa; y
  - dicha cuarta sección está adaptada para ejecutar una etapa (10) de precipitación de lactosa, produciendo así lactosa (33) sólida y licor madre (34) agotado en lactosa.

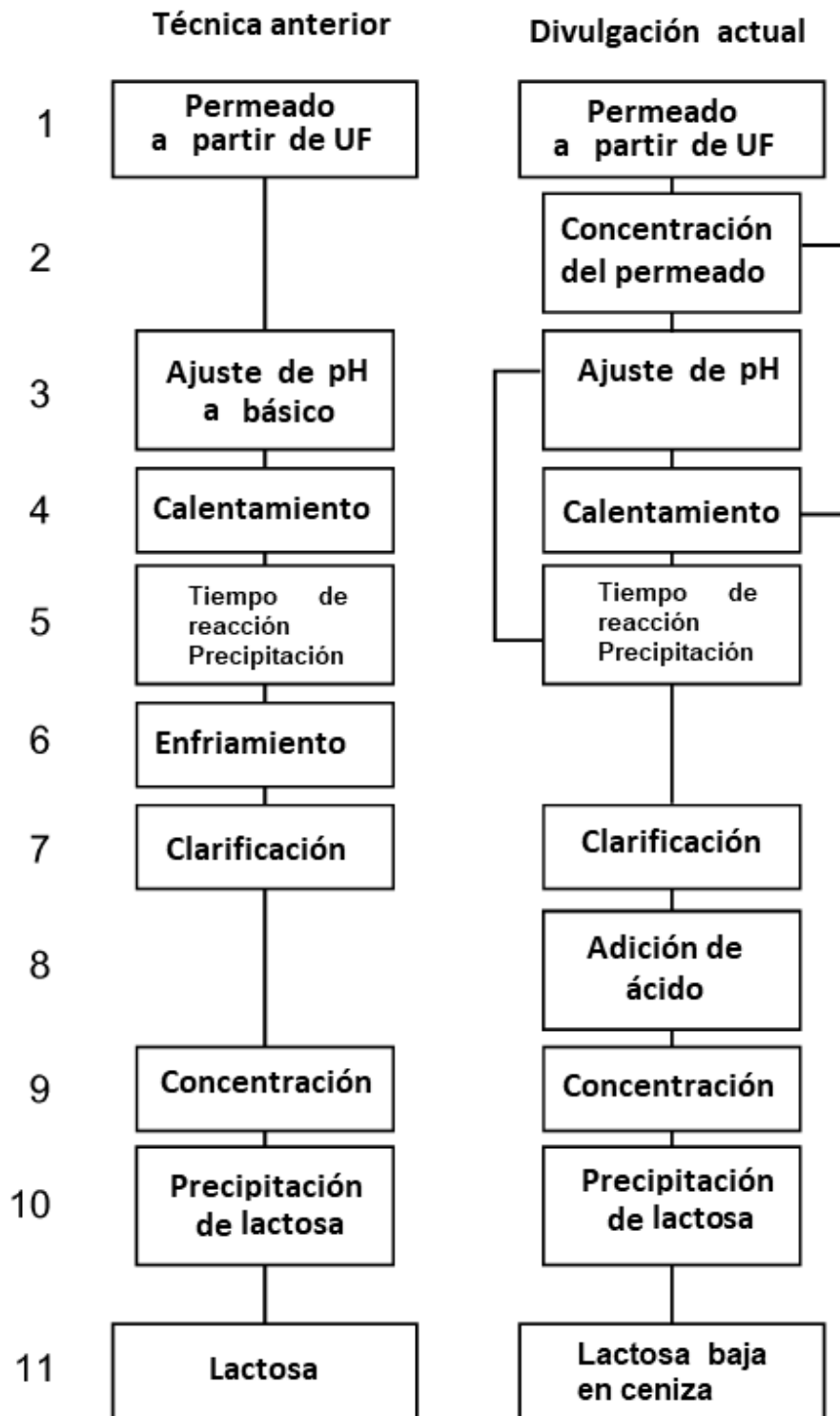


Figura 1

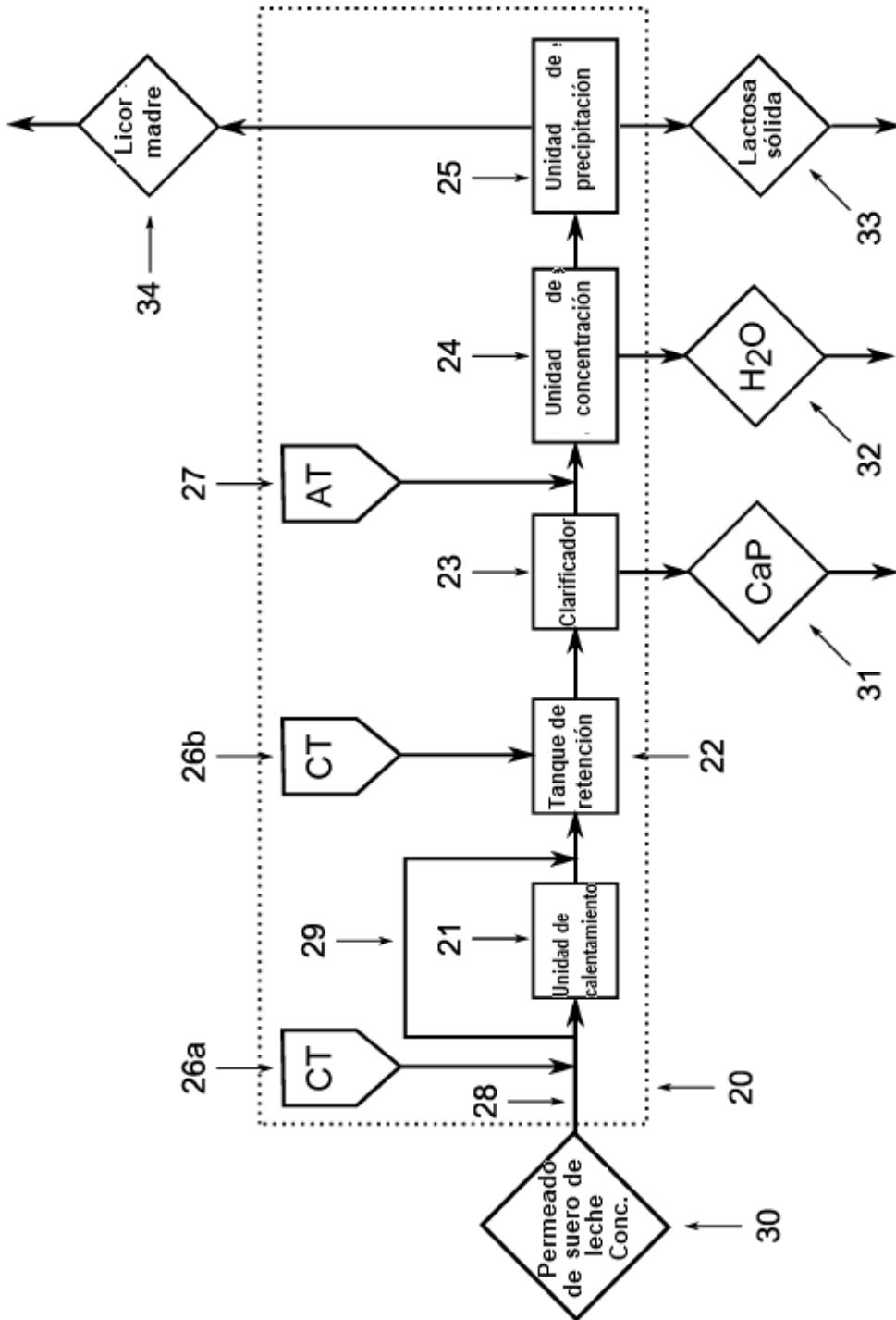


Figura 2