

Dispositivo de concentración de fluidos que acopla la técnica de crioconcentración en película y bloque

1. Descripción

1.1 Sector tecnológico

La presente invención se relaciona con el sector de la Ingeniería Mecánica, específicamente con el desarrollo de equipos para concentrar alimentos líquidos mediante congelación en película y bloque.

La presente invención tiene aplicación en el sector de la Biotecnología, específicamente en la concentración de fluidos y alimentos líquidos y purificación de residuos industriales que contienen compuestos tóxicos o metales pesados.

Asimismo, la presente invención, corresponde al tratamiento físico de fluidos para separar la fase sólida de la líquida para su concentración y purificación.

1.2 Estado del Arte Previo

Los dispositivos de crioconcentración corresponden con equipos frecuentemente utilizados para el procesos de concentración de fluidos por congelación; estos dispositivos han sido objeto de estudio a nivel académico e industrial en los últimos años, dando como resultado varios artículos e invenciones en trámite de patente.

El artículo científico publicado en 2014 y titulado "*Calculation process for the recovery of solutes retained in the ice in a multi-plate freeze concentrator: Time and concentration*" estudió la técnica de descongelación fraccionada como un

método para recuperar solutos incorporados en el hielo obtenido a partir de un equipo crioconcentrador. En esta investigación se determinaron los mejores tiempos de descongelación y concentración de soluto en el hielo, a varias temperaturas de descongelación. Adicional, como parte de la metodología del estudio, se utilizó la crioconcentración en película descendente. Este dispositivo no comprende un tanque de concentración de bloque; el cual recibe y congela la fracción diluida del tanque de almacenamiento de diluidos.

Otro artículo científico, publicado en 2007, titulado "*Concentration of aqueous sugar solutions in a multi-plate cryoconcentrator*" evaluó la concentración de soluciones acuosas de glucosa, fructosa y sacarosa utilizando un equipo crioconcentrador de placas múltiples. Además, se estudiaron diferentes parámetros para hacer seguimiento del proceso de crioconcentración, como la acumulación de hielo, la variación del contenido de sólidos solubles en la solución y en el hielo eliminado, así como la eficiencia térmica y la eficiencia concentración. Este dispositivo cuenta con un tanque de almacenamiento, un sistema eléctrico, sistema hidráulico, entre otros, pero no comprende un tanque que reciba y congele la fracción diluida del tanque de almacenamiento de diluidos.

Otro de los dispositivos divulgados corresponde con el documento titulado "Crioconcentración de extracto acuoso de café: estudio de las técnicas de bloque total y película descendente" en el cual se estudió el proceso de crioconcentración del extracto acuoso de café utilizando la técnica de bloque total, evaluando el efecto de las variables de temperatura de calentamiento ($TC = -10$ y -5 °C) y tiempo de recocido ($t = 0$ y 12 h) sobre la eficiencia de concentración y la morfología de la estructura del hielo al aplicar ciclos de enfriamiento-calentamiento. Al igual que los estudios anteriores, el dispositivo que se estudió no cuenta con el tanque de concentración en bloque.

En el estudio "*Freeze concentration of coffee extract: study of block and falling-*

film techniques. Chapter 2: Design of an equipment for the study of block and falling-film freeze concentration” se enseña la crioconcentración en bloque total y en película descendente para la obtención de extractos concentrados de café. Adicional, se diseñó una unidad de estudios para la crioconcentración, se estableció el efecto de las variables operativas de la crioconcentración en bloque y en película relacionado con la eficiencia de la separación; y se demostró la preservación de los componentes bioactivos, la preservación de los componentes volátiles y la calidad sensorial del extracto de café. También se obtuvieron modelos matemáticos para la predicción del coeficiente de distribución en el hielo, los cuales permiten predecir el comportamiento de la crioconcentración. Finalmente, se propuso una estrategia operativa para integración de las técnicas estudiadas que permite obtener eficiencias de separación acordes con los estándares industriales. El dispositivo utilizado no incorpora un tanque de almacenamiento de diluidos; el cual almacena y mezcla las fracciones de deshielo diluidas en cada una de las cámaras de congelación, ni un tanque de almacenamiento de alimento; el cual almacena el fluido de proceso.

Por otro lado, la patente JP2005144202 (A) “*Advanced freeze/concentration apparatus*” divulga un dispositivo que comprende un aparato para la concentración por congelación de productos alimenticios y fluidos. El aparato permite que a partir de la congelación de los sólidos en hielo se logre concentrar el fluido. Sin embargo, este dispositivo no incluye un tanque de almacenamiento de diluidos; el cual almacena y mezcla las fracciones de deshielo diluidas en cada una de las cámaras de congelación ni con un tanque de almacenamiento de alimento; el cual almacena el fluido de proceso.

Finalmente, en el estudio titulado “Caracterización del equipo piloto de crioconcentración de película alimentado con bomba peristáltica y variador de velocidad: ensayos con azúcares básicos” se describen las condiciones de operación de crioconcentración en placa en un dispositivo a escala de

laboratorio equipado con una bomba peristáltica y un variador de velocidad. Se estudia el comportamiento del fluido y sus limitaciones según la concentración de partida, velocidad de caudal y temperatura de enfriamiento, mediante soluciones de sacarosa y glucosa.

Existe una oportunidad en el diseño de dispositivos más eficientes y sencillos que incorporen dos o más tecnologías de concentración y purificación.

1.3 Descripción de la Invención

La presente invención se refiere a un dispositivo para concentrar fluidos por congelación mediante la combinación de las técnicas de crioconcentración en película, descongelación y crioconcentración en bloque, compuesta principalmente por una cámara de congelación multi-etapa, y una variedad de tanques con un sistema de bombas, válvulas y tubería asociados.

En su aspecto más general, la presente invención combina los componentes y características específicas, que logran un porcentaje alto de concentración de los fluidos y una elevada eficiencia en la separación entre los líquidos y sólidos de un fluido debido a la combinación de las técnicas de crioconcentración en película y bloque. Asimismo, se demuestra la preservación de los componentes activos y la calidad sensorial de los alimentos.

El dispositivo de crioconcentración de la presente invención, comprende una cámara multi-etapa (I), en donde ocurre la crioconcentración en película a través de un recipiente o tubería donde se cristaliza el hielo en la parte superior o lateral, como puede contener varias placas en donde ocurre la cristalización. Asimismo, el dispositivo concentrador de la presente invención, puede contener

entre 1 y 10 cámaras; por cada cámara que se agrega al dispositivo concentrador, al número de placas aumenta, elevando la nueva cámara a la 2 y así sucesivamente, exceptuando la primera cámara que comprende una sola placa. En este sentido la segunda cámara cuenta con 2 placas, la tercera cámara con 4 placas, la cuarta con 8 placas, la quinta con 16 placas, etc.

En este mismo aspecto de la invención, luego de que se separa el hielo del líquido, el hielo permanece adherido a las placas mientras que el líquido es recuperado entre 1 y 10 recipientes de recolección (II), ubicados en la parte inferior de cada una de las cámaras de congelación.

En el mismo aspecto general de la invención, luego de la aplicación de los ciclos de enfriamiento-calentamiento en las cámaras de congelación, el hielo previamente formado en las placas de congelación es parcialmente descongelado, por lo que esas fracciones de deshielo concentradas son almacenadas y mezcladas entre 1 y 10 recipientes de deshielo (III) en cada una de las cámaras de congelación, mientras que la fracción del deshielo diluido es almacenado y mezclado entre 1 y 2 tanques de almacenamiento de diluidos (IV).

En el mismo aspecto general de la invención, la fracción diluida mezclada en el tanque de almacenamiento de diluidos (IV), ingresa a 1 o 2 recipientes de concentración en bloque (V), el cual puede comprender tubos de tipo serpentín por donde circula la solución fraccionada para ser congelada y luego parcialmente descongelada y así recuperar la fracción líquida a una mayor concentración. Finalmente, el fluido del proceso es almacenado en un recipiente de almacenamiento de alimento (VI) y el cual está conectado a las tuberías del tanque de concentración en bloque. La presente invención, también comprende un sistema de bombas, válvulas y tuberías (VII) que recirculan el fluido del proceso desde los tanques de recolección hasta la parte superior de

las cámaras de congelación y lo distribuye por medio de aspersores sobre las placas de congelación.

En su aspecto más general, la presente invención logra acoplar la tecnología de crioconcentración en película y bloque permitiendo que el dispositivo opere de forma continua y por el cual se obtiene un producto más eficiente en términos de concentración y separación, así manteniendo las propiedades del alimento. Asimismo, la ventaja de regeneración energética del dispositivo de la presente invención se logra a través del serpentín en el concentrador de bloque por donde circula el alimento que ingresa al equipo. Por otra parte, el dispositivo está diseñado de una manera simple y a escala industrial, por lo cual es más económico que otros dispositivos de crioconcentración.

1.4 Descripción de los Dibujos

Figura 1: Vista frontal del dispositivo crioconcentrador con cada uno de los elementos técnicos.

1.5 Descripción detallada

La presente invención se relaciona con un dispositivo para concentrar fluidos por congelación mediante la combinación de las técnicas de crioconcentración en película, descongelación y crioconcentración en bloque, que comprende: Cámara de congelación multi-etapa (I), Tanque de recolección (II), Tanque de deshielo (III), Tanque de almacenamiento de diluidos (IV), Tanque de concentración en bloque (V), Tanque de almacenamiento de alimento (VI) y Sistema de bombas, válvulas y tuberías (VII).

Preferentemente, el dispositivo comprende entre 1 y 10 cámaras de congelación multi-etapa (I) en donde ocurre la crioconcentración en película, recirculando el fluido en las placas de una cámara a otra, desde la última hasta la primera. Sobre las placas desciende una película de fluido y se forma el hielo; posteriormente, el fluido que desciende en película sobre las placas de congelación es recuperado en los 1 y 10 tanques de recolección (II), los cuales se ubican en la parte inferior de las cámaras de congelación (I) respectivas, en una proporción de 1:1. Luego, comienza la etapa de descongelación de los hielos que se encuentran adheridos en las placas de congelación, de manera que ese líquido descongelado es recuperado y mezcladas las fracciones de deshielo concentradas en 1 a 10 tanques de deshielo (III), para cada una de las cámaras de congelación (I) en una proporción de 1:1. Una vez se ha descongelado la mitad del hielo, el líquido descongelado pasa a ser recolectado en 1 o 2 tanques de almacenamiento de diluidos (IV), donde se mezcla todo el líquido concentrado que viene de los tanques de deshielo (III) en una proporción entre 1:1 a 1:10. Consecutivamente,

el fluido pasa a 1 o 2 tanques de concentración en bloque (V), en donde es congelado y luego se descongela poniéndolo en contacto con un tubo por el que circula la materia prima que ingresa al equipo desde el tanque de almacenamiento de alimento (VI) en una proporción 1:1. Ahí, el líquido del tanque de concentración de bloque (V) es descongelado, en donde la primera mitad sale como efluente final y la otra mitad, se lleva a la última cámara de congelación (I) para iniciar de nuevo todo el proceso. En el dispositivo de la presente invención, el sistema de bombas, válvulas y tuberías (VII), recirculan el fluido del proceso desde los tanques de recolección (II) hasta la parte superior de las cámaras de congelación multi-etapa (I).

1.6 Modalidades preferidas

En la modalidad preferida de la presente invención, el dispositivo para concentrar fluidos por congelación mediante la combinación de las técnicas de crioconcentración en película descongelación y crioconcentración en bloque, comprende: Cámara de congelación multi-etapa (I), Tanque de recolección (II), Tanque de deshielo (III), Tanque de almacenamiento de diluidos (IV), Tanque de concentración en bloque (V), Tanque de almacenamiento de (VI), Sistema de bombas, válvulas y tuberías (VII).

En la modalidad preferida de la presente invención, la cámara de congelación multi-etapa (I), comprende 4 cámaras con una serie de placas refrigeradas. A través de las placas, el fluido a concentrar recircula hasta formar hielo. Preferentemente, la primera cámara cuenta con una placa de congelación, la segunda con 2, la tercera con 4, y la cuarta con 8 placas de congelación, y se encuentra en una proporción de 1:1 con los tanques de recolección (II) ubicados en la parte inferior de las cámaras (I).

En la modalidad preferida de la presente invención, los 4 tanques de recolección (II), almacenan el fluido que desciende en película sobre las placas de congelación y se encuentran ubicados en la parte inferior de las cámaras de congelación (I) respectivas.

En la modalidad preferida de la presente invención un tanque de deshielo (III), es el que almacena y mezcla las fracciones de deshielo concentradas en cada una de las cámaras de congelación (I) en una proporción de 1:4.

En la modalidad preferida de la presente invención, un tanque de almacenamiento de diluidos (IV), es el que almacena y mezcla las fracciones de deshielo diluidas en cada una de las cámaras de congelación (I), en una proporción de 1:4.

En la modalidad preferida de la presente invención, un tanque de concentración de bloque (V), es el que recibe y congela la fracción diluida del tanque de almacenamiento de diluidos (IV), en una proporción de 1:1. Este tanque (V) dispone de un serpentín por el que circula el alimento que ingresa al equipo para pre-enfriamiento y también dispone de una camisa por la que circula el fluido refrigerante.

En la modalidad preferida de la presente invención, un tanque de almacenamiento de alimento (VI), almacena el fluido del proceso y está conectado mediante tuberías al serpentín del tanque de bloque (V), en una proporción de 1:1.

En la modalidad preferida de la presente invención, el sistema de bombas, válvulas y tuberías (VI), recirculan el fluido del proceso desde los tanques de recolección (II) hasta la parte superior de las cámaras de congelación (I) y lo distribuye por medio de aspersores sobre las placas de congelación de las cámaras multi-etapa (I).

1.7 Ejemplos

1.7.1 Realización práctica de la invención

Se procesa en el crioconcentrador un fluido alimentario -extracto de café- que ingresa con una concentración de sólidos de 14%. El fluido debe ingresar al tanque de almacenamiento de manera que siempre se disponga del volumen inicial (100 litros -1000 litros, esto depende de la escala). Cuando el equipo opera en condición de estado estable, después de la fase de alistamiento, el fluido es concentrado en la cuarta cámara de congelación hasta 17% de sólidos

recuperando un 68% de la masa de fluido que ingresa a esta. En la tercera cámara de congelación el fluido aumenta desde 17% hasta 21% recuperando el 72% de la masa. En la segunda cámara de congelación, el fluido aumenta su concentración de 21% hasta 25% recuperando el 74% de la masa y en la primera cámara de congelación se incrementó la concentración hasta 29% y recuperando el 75% de la masa. De la cámara 1 se obtiene el producto final con 29% de sólidos, logrando en cuatro etapas una eficiencia de concentración del 96%, una recuperación de solutos del 93% y un índice de concentración de 2. Las fracciones diluidas son recuperadas en los tanques de deshielo 1 a 4 en fracciones entre el 30% y 70% de masa y son recirculadas para ser mezcladas con el alimento en la cámara de congelación 4. Las fracciones diluidas del deshielo son llevadas al tanque de concentración de bloque en donde se obtiene un efluente final con 1% de sólidos, logrando una pureza adecuada para su disposición final. Con esta configuración operando en flujo semicontinuo por cada 100 litros de alimento al 14% de sólidos se obtienen 44 litros a una concentración de 30% de sólidos y 56 litros al 1% de sólidos.

1.7.2 Prueba de crioconcentración de varios productos

A las mismas condiciones del ejemplo 1, con 1000 kg de una solución de sacarosa agua al 5% de sólidos (rango similar a pulpas de frutas) se obtienen 241 kg de solución concentrada al 20% y 759 kg de efluente diluido al 0.3% de concentración. Esto representa una eficiencia de concentración del 98.5%, una recuperación de solutos del 95% y una índice de concentración de 4.

1.7.3 Prueba de eficiencia

Ingresa una salmuera al equipo con una concentración de 3.5% de sales. Siguiendo el procedimiento descrito en el ejemplo 1 y 2, en 5 etapas de concentración es posible obtener un 30% de la masa inicial con una concentración del 10.8% y un 70% de producto con 0.15% de sales. Esto representa una eficiencia del 98.6% , una recuperación de solutos del 93% que puede ser incrementada con más etapas de bloque.