

PATENTE DE MODELO DE UTILIDAD

TÍTULO: APARATO PARA EL ROMPIMIENTO, ALISAMIENTO, PASTEURIZACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN DE LA PROTEÍNA DE LECHE QUE INCLUYE UNA COMBINACIÓN DE REACTORES DE CAVITACIÓN EN UN CIRCUITO DE FLUJO.

RESUMEN CON EL OBJETO Y FINALIDAD DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a un aparato para el rompimiento, alisamiento, pasteurización y homogeneización de proteína de origen lácteo que incluye una combinación de reactores de cavitación que hacen parte de un mismo circuito de flujo. Particularmente, la invención comprende un aparato que aplica el fenómeno de cavitación hidrodinámica y comprende una tolva de alimentación, válvula antirretorno, un mezclador mecánico integrado a una combinación de reactores de cavitación de flujo anular y flujo axial multi etapa, donde la línea de flujo está comandada mediante la combinación de una bomba de desplazamiento positiva, una bomba de alta cizalla y una válvula automática de dos vías, donde dicha línea adicionalmente comprende controladores tales como un sensor de presión, dos sensores de temperatura, un tablero de control y potencia, así como dispone de una línea de recirculación.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

ARTE PREVIO DE LA INVENCION

La industria alimentaria utiliza proteínas lácteas como principal componente nutricional en sus formulaciones. La proteína láctea es muy versátil y puede ser utilizada en infinidad de productos como quesos, yogures, bebidas lácteas entre otros. Las proteínas de leche vacuna se pueden dividir en dos: las proteínas del suero y las caseínas. Existen diferentes métodos para la separación y concentración de las fracciones proteicas de origen lácteo vacuno, caprino, y ovino entre otras, una de ellas consiste en la acidificación de la leche hasta alcanzar el puto isoelectrico de las caseínas, lo que produce su precipitación, método comúnmente usado para la fabricación de quesos. Las proteínas del lactosuero pueden ser separadas y concentradas a través de un tren de equipos de filtración pasando desde la macro hasta nano filtración. Los fermentados como los yogures, yogur tipo griego, y proteína concentrada de leches fermentadas son otro tipo de productos comúnmente encontrados en la industria láctea. Incluso las proteínas concentradas del lactosuero son incluidas en los procesos de producción de fermentados. Otra aplicación de las proteínas lácteas está en la formulación de productos con actividades fisiológicas tales como antioxidantes, antihipertensivos, estimulación del sistema inmunológico, etc. Esta amplia capacidad ha colocado a las proteínas de origen lácteo en un lugar privilegiado dentro de la industria alimentaria.

Actualmente los procesos de producción utilizados para obtener los diferentes productos lácteos emplean operaciones unitarias por medio de las cuales se busca que las propiedades organolépticas y de textura de los productos lácteos sean resaltadas. Dentro de esas operaciones unitarias se encuentran la pasteurización, disminución de tamaño, homogenización, concentración y mezcla. Generalmente la

homogenización es una reducción de tamaño de los componentes solubles de los diferentes productos. Así que la homogenización es una operación de vital importancia en esta industria, ya que afecta directamente la textura y el sabor del alimento, variables que están íntimamente relacionadas con el grado de aceptación del producto en el consumidor final. Otra operación importante en la industria láctea es la pasteurización, este proceso se ejecuta a alta temperatura con un rápido enfriamiento, el objetivo principal de esta operación es asegurar inocuidad en el producto. Este proceso generalmente deteriora en algún grado el sabor del producto por esta razón el control del tiempo de exposición del alimento a la alta temperatura debe ser el menor posible.

De otro lado, durante las últimas dos décadas la cavitación hidrodinámica ha sido estudiada como alternativa emergente en diferentes procesos químicos, físicos y biotecnológicos. Esta técnica no sólo reduce los costos totales de procesamiento; además, permite mantener una alta eficiencia energética en comparación con otras tecnologías convencionales, y presenta una mayor facilidad en cuanto a su escalamiento y funcionamiento a nivel comercial. La cavitación se define como el fenómeno de generación, crecimiento y posterior colapso de microburbujas de vapor (o cavidades) en el seno de un fluido líquido. La implosión de las burbujas ocurre en periodos de mili o microsegundos, liberando una gran cantidad de energía en un mínimo periodo de tiempo. Esta liberación de energía eleva la temperatura y presión local del fluido, causando la eliminación de agentes patógenos, la disminución del tamaño de partícula y la texturización del producto.

La cavitación hidrodinámica ocurre al presentarse una disminución o caída abrupta de presión causada por las condiciones de flujo, la configuración geométrica del esquema de transporte, o bajo el efecto de fuerzas externas. La cavitación inicia con la formación de burbujas en la zona de baja presión, al reducirse la presión del sistema por debajo de su presión crítica de vapor a la temperatura del líquido. Seguidamente, las cavidades alcanzan su máximo tamaño, exhibiendo condiciones

de expansión isotérmica. Finalmente, se presenta una recuperación de la presión en el sistema, que ocasiona el colapso adiabático inmediato de la burbuja y la formación de un estado supercrítico local de alta temperatura y presión. En este periodo, denominado punto caliente, se da lugar a la generación de radicales libres altamente reactivos; sumados a la aparición de chorros de flujo a gran velocidad y el consecuente incremento de la turbulencia en la corriente de fluido. Lo que se muestra en esta solicitud de patente es la aplicación de este concepto tecnológico a la industria láctea específicamente en la pasteurización, homogenización (reducción de tamaño), y texturización de las proteínas de origen lácteo. Asimismo, esta tecnología resalta las propiedades organolépticas de las proteínas ya que es un proceso a baja temperatura.

Se conocen equipos para higienización, tales como la que se muestra en la Patente norteamericana N° US5.675.153 de Kazuyuki et al., se refiere a homogenización a partir de radiación, en la que existe un eje helicoidal dentro del espacio comprendido entre el tubo fluorescente y el alojamiento, de tal modo que el eje se extiende desde uno de los extremos del alojamiento hasta el otro extremo. El eje está ranurado y existe un espacio de separación entre el eje y la superficie interna del alojamiento. Tal estructura, diseñada para higienizar agua, resultará completamente inadecuada para la esterilización de fluidos viscosos o con partículas en suspensión, debido a las muchas esquinas o vértices puntiagudos en los que el flujo se estancaría y las bacterias serían capaces de multiplicarse. Existe, en los sólidos presentes en la bebida, la tendencia a depositarse en las superficies que definen el paso del flujo, en las zonas en las que existe una velocidad de flujo insuficiente, de modo que la estructura de la Patente norteamericana N° US5.575.153, se hubiera de utilizar para la esterilización de dispersiones coloidales viscosas, adolecería de depósitos y, como consecuencia de ello, requeriría una limpieza frecuente. La estructura será, en cualquier caso, difícil de limpiar.

Otros aparatos conocidos de uso de reactores donde se utiliza el fenómeno de cavitación para diversas aplicaciones como la presentada en el patente número DE2.408.754 de Gazda, que utiliza una centrífuga que fuerza a los fluidos a pasar a través de diferentes secciones a alta velocidad su aplicación está relacionada con la esterilización de fluidos líquidos. La patente UA65381 de Ukrainetset al., define un método para el tratamiento de leche utilizando un equipo con una velocidad de giro de $6000-8000\text{ s}^{-1}$ con baffles de cavitación con un factor de recirculación de 15-20. Por último, la patente UA21860 de Topilin et al., ilustra un pasteurizador de leche a través de cavitación que consta de un tanque para ingresar la leche, una bomba para leche, un cavitador inmerso en la tubería y un sistema de recirculación y enfriamiento.

En las patentes mencionadas no se hace alusión a la integración de un sistema tecnológico con reactores de cavitación multietapa que consigan la disminución controlada del tamaño de las partículas, su homogenización y pasteurización a baja temperatura. Así mismo no se menciona el desarrollo de reactores de flujo anular, en una línea o la modificación geométrica donde el reactor pueda alcanzar los tamaños de partícula necesarios para entregar textura y resaltar las propiedades organolépticas del producto lácteo, la proteína láctea concentrada o tipos de yogur tal como el tipo griego.

OBJETO DE LA INVENCION.

Por consiguiente, un primer objeto de la presente invención es evitar las desventajas del arte previo.

Un objeto importante de la invención es que la invención comparado con los aparatos de pasteurización tradicional, no utiliza vapor vivo de caldera como fuente de calor, únicamente los eventos cavitacionales controlados en los reactores logran además de destruir las esporas de las bacterias termodurícas, la

pasteurización en frío de la leche conservando hasta más del 90% las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la leche cruda.

También un objeto principal de la presente invención es proveer un aparato para el rompimiento, alisamiento, pasteurización y homogeneización de la proteína de leche o fluidos similares mediante cavitación y que al mismo tiempo mejore la textura y resalte las propiedades organolépticas del producto lácteo, la proteína láctea o tipos de yogur tal como el tipo griego.

Un objeto primordial de la presente invención es la higienización basada en el rompimiento, alisamiento, pasteurización y homogeneización de alimentos fluidos tales como lácteos y sin excepción también es aplicable en otras industrias tales como aquellas de carácter alimenticio u otras donde la necesidad de higienización de fluidos sea un requerimiento.

Un objeto no menos importante es la desinfección basada en el rompimiento, alisamiento, pasteurización y homogeneización de lácteos, mejorando sus características organolépticas, sin los efectos colaterales que traen consigo los tratamientos térmicos o la adición de químicos.

Un objeto también muy importante de la invención es proveer un aparato de higienización modular con capacidad para ser configurarlo según las necesidades, con medios para el seguimiento de las propiedades del fluido, medios adecuados para fácil armado y desarmado para limpieza o traslado.

Las características novedosas que se consideran como fundamento de la invención son expuestas en particular en las reivindicaciones adjuntas y las ventajas adicionales del mismo, se entenderán mejor sobre la descripción detallada siguiente con las modalidades preferidas y con base en el siguiente pliego de dibujos, que ilustrará y definirá más a fondo la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La figura 1 ilustra un vista en isométrico del aparato de la presente invención.

Las figuras 2 y 2a ilustran una vista y un detalle del mezclador mecánico del aparato de la presente invención.

La figuras 3a, 3B y 3d son vistas de configuraciones de combinaciones de reactores de flujo anular, flujo axial y de disco perforado del aparato de la presente invención.

Las figuras 4 y 4a ilustran una vista y un detalle del reactor de flujo anular del aparato de la presente invención.

La figura 5 ilustra una vista del reactor de flujo axial del aparato de la presente invención.

Las figuras 6, 6a, 6b, 6c y 6d lustran una vista y detalles del reactor de disco perforado del aparato de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a un aparato para el rompimiento, alisamiento, pasteurización y homogeneización de la proteína de leche que incluye una combinación de reactores de cavitación que hacen parte de un mismo circuito de flujo.

Particularmente, la invención comprende un aparato 1 que aplica el fenómeno de cavitación hidrodinámica. Con base en la figura 1, el aparato 1 comprende una tolva de alimentación del producto en conexión bridada hacia la tubería de flujo 2.

Dicha tolva de alimentación 1 está construida en acero inoxidable y comprende una configuración de sección cónica para impedir atascamientos de la materia prima alimentada a la máquina. En este caso la tolva 1 se carga con proteína de origen lácteo como queso, bebidas concentradas fermentadas tipo yogurt griego, bebidas lácteas, permeado de suero, coagulados, precipitados térmicos, floculados o cualquier fracción proteica de origen lácteo que quiera ser texturizada, y/o pasterizada, y/o acentuadas sus propiedades organolépticas. El material cargado tiene diferentes tamaños de partícula no es una solución homogénea ni constituida en su integridad. La materia prima se conduce a través de una tubería principal 2 constituida de acero inoxidable sanitaria, donde el diámetro de la tubería sanitaria depende de la capacidad de producción. Para el caso de una capacidad de producción de 1000Kg /h el diámetro de la tubería es de 0.75 m.

La línea de tubería principal 2 comprende inicialmente una válvula antirretorno 3 seguida por una bomba de desplazamiento positivo 4. En modalidades preferidas dicha bomba de desplazamiento positivo 4 puede seleccionarse de una bomba de lóbulos, pistón, tornillo, engranajes o cualquier bomba que se clasifique como de desplazamiento positivo. Adicionalmente debe ser de acero inoxidable, con una presión de salida de 300.000 Pa a 6.000.000 Pa, y un flujo de 1 a 70 m³/h.

Así mismo, a la línea de tubería principal 2 tiene conexión con una línea de recirculación 5 conectada a dicha línea de tubería 2 entre la válvula antirretorno 3 y la bomba de desplazamiento positivo 4. La válvula antirretorno 3 está preparada para evitar que la materia prima retorne a la tubería principal 2 una vez se ha dado inicio a la presurización de la línea de recirculación 5.

A continuación de la bomba de desplazamiento positivo 4, la línea de tubería principal 2 está conectada a una bomba de alta cizalla 6. En modalidades preferidas de la presente invención, la bomba de alta cizalla 6 puede ser seleccionada del tipo corona con estator ranurado o un molino coloidal en línea. Al igual que el resto de los elementos, debe constituirse de material de acero inoxidable con un flujo de 1 a 70 m³/h y soportar una presión de más de 6.000.000 Pa.

A partir de la bomba de alta cizalla 6, la línea de tubería principal 2 continúa hacia una válvula automática de dos vías 7. La válvula automática de dos vías 7 está en primera conexión con la línea de recirculación 5 en dirección de retorno a la tubería principal (2) y la segunda está en conexión con la zona de salida.

Dicha válvula automática de dos vías 7 es de acero inoxidable, de accionamiento rápido menor a 500 ms y soporta presiones de operación superiores a 6.000.000 Pa.

Como se ilustra en la figura 2, la línea de recirculación 5 está conectada a la línea de tubería principal 2 mediante un mezclador mecánico 8. El mezclador mecánico 8 puede comprender uno del tipo Venturi.

El mezclador mecánico 8 del tipo Venturi, está constituido conforme se ilustra en el detalle de la figura 2a por la conexión con la tubería principal 2 de entrada de materia prima, con el producto procesado desde la tubería de recirculación 5. Particularmente, el mezclador mecánico 8 comprende una conexión de sección cónica 9 de reducción de diámetro respecto a la tubería de recirculación 5 hacia un codo 10 dispuesto en el interior de la línea principal 2 compartiendo sus ejes longitudinales, donde dicho codo 10 se proyecta en dirección de la corriente de la tubería principal 2, en conexión con un tubo Venturi 11.

Dicho tubo Venturi 11 del mezclador mecánico 8 comprende un ducto que inicia con una reducción de diámetro que define un cono convergente formando una zona cónica convergente 12 que incluye un ángulo de entrada en conexión con una garganta 13 y se proyecta cilíndricamente conformando una zona alargada de desarrollo 14 y finaliza en un aumento de diámetro que define un cono divergente formando una zona cónica divergente 15 que incluye un ángulo de salida, de manera que fuerza al fluido en movimiento dentro de un conducto a que disminuya su presión al aumentar la velocidad después de pasar la garganta 13.

Particularmente, con base en la figura 2a, el ángulo del cono convergente α_1 de entrada en la zona cónica convergente 12 es mayor que el ángulo del cono divergente β_1 de la zona cónica divergente 14, de manera que esto asegura que la energía cinética del fluido aumente en forma progresiva a la entrada, causando una disminución de presión en la garganta 13 hasta la presión de vapor del fluido puro a la temperatura del sistema. El ángulo del cono convergente α_1 está entre 3° y 12° y el ángulo del cono divergente β_1 es menor en 1° a 10° que el utilizado por el cono convergente α_1 medido desde la pared del cono.

Debido a que se disminuye la presión en la garganta 13, durante el recorrido por la zona de desarrollo 15 se generan burbujas en el fluido tratado, luego en la zona cónica divergente 14, donde la energía cinética del fluido disminuye aumenta la presión causando el colapso de las burbujas en el seno del fluido dentro de la tubería principal 2. El ángulo de la zona cónica divergente 14 asegura que la energía liberada por la colisión de las partículas del fluido que quieren ocupar el espacio de la burbuja colapsada sea aprovechada de una forma más eficiente. La colisión de las partículas que quieren ocupar el espacio de las burbujas colapsadas crea además ondas de choque que se transmiten por el fluido causando la disminución controlada del tamaño de las partículas del fluido y la destrucción a baja temperatura de agentes patógenos. Seguido, el fluido una vez ha pasado por

zona divergente 14 del tubo de Venturi 11, pasa a una zona de mezcla 16 dentro del tubo principal 2. Allí, el producto tratado continúa liberando energía que es transferida a la materia prima, de este modo se asegura una mezcla completa entre el producto y la materia prima. En esta zona de mezcla 16 además se inicia la esterilización de la materia prima y se asegura la inocuidad del producto que está siendo procesado. A la entrada del producto procesado se destaca una disminución gradual del área transversal perpendicular a la dirección del flujo, esto contribuye a acelerar el fluido aumentando su velocidad, mejorando la formación de burbujas en la zona de desarrollo 15 del mezclador mecánico 8 del tipo Venturi.

Ahora bien, la línea de tubería principal 2, entre la salida de la bomba de alta cizalla 6 y la conexión con la válvula automática de dos vías 7, se dispone de una línea de cavitación 17 como se ilustra en la figura 1.

Dicha línea de cavitación 17 comprende en su interior reactores multietapa que pueden llegar a tener hasta 25 microrreactores arreglados en paralelo o en serie.

Cada microrreactor es capaz de generar eventos cavitacionales controlados que permiten establecer el grado de rompimiento de las partículas del fluido tratado. La distribución del tamaño de partículas puede ser controlada en más del 90%, es decir se pueden configurar los reactores de cavitación para que, por ejemplo, más del 90% de las partículas del fluido alcancen un tamaño de partícula establecido. También es posible fijar la distribución de partículas para que más del 90% de ellas se distribuyan entre dos tamaños.

Estos microrreactores puede ser de flujo anular, flujo axial y de disco perforado como se ilustra en las figura 3a, 3b y 3c en una modalidad en serie. El arreglo de reactores de cavitación en serie, está compuesto por combinaciones de reactores de cavitación de flujo anular 18 conforme la figura 3a, combinaciones entre reactores de flujo anular 18 y reactores de placa perforada 19 conforme la figura

3b o la combinación de los tres reactores de flujo anular 18, placa perforada 19 y flujo axial 20 como se ilustra en la figura 3c.

Por su parte, con base en la figura 4 y el detalle de la figura 4a, el reactor de cavitación de flujo anular 18 está conformado por el conducto 17 que se reduce diametralmente formando a zona cónica convergente de entrada 21 por un extremo del conducto al inicio de la trayectoria de flujo y una ampliación de diámetro que conforma una zona cónica divergente de salida 22 por el extremo opuesto de dicho conducto. Incluye adicionalmente un cono central 23 centrado y dispuesto en contracorriente sobre el eje del ducto que incluye ranuras perimetrales 24 dispuestas a lo largo del cono. En una modalidad preferida tal y como se ilustra en la figura 4, puede comprender dos ranuras, pero en otras modalidades puede comprender 4 o más ranuras.

Como se evidencia en el detalle de la figura 4a, el cono central 23 comprende una holgura 25 formada con el extremo final del cono 23 y la pared interna del ducto 17. Este reactor es de flujo anular debido a que el fluido cuando ingresa al cono central 23 fluye a través del ánulo formado por el cono y la pared del ducto, donde cada ranura 24 del cono 23 actúa como una garganta donde la presión del fluido cae de forma proporcional al área del ánulo. Seguido del cono 23, por detrás del mismo se desarrolla una zona de expansión adiabática 26 antes de la ampliación de diámetro que conforma una zona cónica divergente de salida 22. En cada garganta se generan eventos cavitacionales que son mayores a medida que el área anular se disminuye. En cada garganta hay un aumento de la velocidad del fluido y una disminución de la presión, pero una vez el fluido alcanza la parte plana de la ranura hay colapso de algunas burbujas o cavidades liberando energía. Esta energía liberada es transferida a las partículas y agentes patógenos causando el rompimiento de patógenos y la disminución del tamaño de las partículas logrando la higienización y texturización del fluido. La holgura 25 es la mínima área anular por la que pasará el fluido y es el punto donde se presentan mayores eventos de

formación de burbujas. La holgura 25 como las ranuras 24 del cono 23 son específicas para cada mezcla y su distancia medida hasta la pared del reactor puede variar entre 20 y 0.01 mm. En la zona de expansión adiabática 26 el aumento abrupto del área anular inicia el colapso de algunas burbujas, luego en la zona cónica divergente de salida 22 a medida que se transportan el fluido por el conducto, las burbujas restantes colapsan en su totalidad liberando energía que es transferida al fluido causando la eliminación de patógenos y la disminución del tamaño de partícula hasta el tamaño deseado en el producto final. La velocidad del fluido en la zona central del perfil de velocidad está entre 0.1 m/s hasta 450 m/s.

Con base en la ejemplificación de la figura 5, el reactor de cavitación de flujo axial 19, está conformado por el conducto 27 que se reduce diametralmente formando un cono convergente que define una zona cónica convergente de entrada 28 por un extremo del conducto e incluye un ángulo de entrada al inicio de la trayectoria de flujo y una ampliación de diámetro que conforma un cono divergente que define una zona cónica divergente de salida 29 por el extremo opuesto de dicho conducto que incluye un ángulo de salida, formando entre los mismos un cilindro central 30 generalmente tubular que inicia en una garganta 31 y finaliza en una zona de expansión adiabática 32 con un escalón que amplía el diámetro interno del ducto.

Este reactor de cavitación de flujo axial 19 se caracteriza por que el ángulo de entrada α_2 del cono convergente 28 está entre 3 y 15° y es mayor que el ángulo β_2 del cono divergente 29 entre 1° y 10°, de manera que esto asegura que la energía cinética del fluido aumente en forma progresiva a la entrada del reactor causando una disminución de presión en la garganta 31 hasta la presión de vapor del fluido puro a la temperatura del sistema. En el cilindro central 30 se generan cavidades o burbujas en el fluido tratado, luego en la zona de expansión adiabática 32 y en la zona de salida convergente 29 se presenta el colapso de las burbujas. La desaparición abrupta de las burbujas hace que las partículas del fluido entren

rápidamente a ocupar el espacio de la cavidad causando una colisión de partículas que libera energía y que causa ondas de choque. La energía liberada y las ondas de choque son transferidas al fluido causando el rompimiento de las células patógenas, la homogeneización, la texturización y la pasteurización del producto. En este reactor se consigue una menor disminución del tamaño de las partículas y es indicado cuando se desea que la textura presente gránulos detectables por el sentido del gusto.

Por último, el reactor cavitacional de disco perforado 20 con base en las figuras 6 y 6a, está conformado por un ducto 33 cilíndrico con una zona de entrada 24 por un extremo y una zona de salida 35 por el extremo opuesto que incluye en el centro un disco perforado 36.

Preferiblemente, el disco 36 en la vista frontal, comprende perforaciones pasantes 37 de forma circular u ovalada distribuidas sobre una superficie cerrada 38 conforme se ilustra en la figura 6a.

Por su parte, con base en la figura 6b se ilustra perforación pasante 37 del disco perforado 33 con base en la figura 6b. En el detalle D de la perforación 37 de la figura 6c se ilustra el orificio 37 y con base en el corte EE de la figura 6d, se observa que comprende una entrada cónica convergente 39 entre 3° y 12° . Seguido de la entrada cónica 39 se configura una garganta 40 hacia una salida cilíndrica 41. Cada una de estas perforaciones 37 actúa como un cavitador de flujo axial, es decir, acelerar el flujo cuando este pase por cada garganta 40 de cada perforación 37 y como consecuencia genera burbujas o cavidades en el seno del fluido. Luego en la zona de salida 41 se provoca el colapso de las cavidades liberando energía y creando ondas de choque, que causaran el rompimiento de células patógenas, y la disminución de tamaño de las partículas del fluido. Así se consigue un producto pasteurizado, homogenizado y con mejores propiedades organolépticas. La ventaja de este reactor radica en que en poco espacio pueden

tenerse varios reactores cavitacionales que aumentaran los eventos de formación de cavidades utilizando menor energía mecánica suplida por la bomba de desplazamiento positivo 4.

De igual forma, todas las conexiones de los accesorios en la tubería principal 2 comprende bridas, conexiones del tipo clamp o similares.

El aparato de la invención puede estar conformado por diferentes arreglos entre los tres tipos de reactores enunciados. Puede por ejemplo estar conformado por dos o más reactores cavitacionales de flujo anular 18, de flujo axial 19 y reactores de placa o disco perforado 20, o combinación de los tres reactores. Para llevar a cabo estos arreglos cada reactor debe estar separado por un conducto tubular 17, 27 ó 33 que permita que el fluido alcance el régimen de flujo completamente desarrollado. La separación entre reactores puede estar entre 35 a 150 mm. La separación de los reactores influye directamente en la textura y tamaño de partícula del producto final.

El aparato de la invención también comprende controladores tal como un tablero de control y potencia 42 que está integrado por un controlador lógico programable (PLC) en conexión con una pantalla táctil. En el control automático se puede fijar la presión de entrada al reactor de cavitación, la cual es registrada por el sensor de presión dispuesto en la tubería principal 2. Si la presión del sistema es menor a la establecida la bomba de desplazamiento positivo 4 aumenta las revoluciones por minuto a través de un variador de frecuencia que controla los hercios del motor.

También se debe establecer la temperatura de operación del proceso la cual es registrada por las termocuplas dispuesta a lo largo del trayecto del flujo en la tubería principal 2. La temperatura de operación necesaria para alcanzar la pasteurización del producto está ubicada entre 5°C y 70°C con una presión de 300.000 a 5.000.000 Pa. Si no se ha alcanzado la presión la válvula automática de

dos vías o similar 7 permanecerá cerrada y el ciclo de recirculación 5 estará funcionando.

Cuando el sistema alcance la temperatura y presión establecida la antirretorno 3 permitirá la entrada de materia prima y la válvula de tres vías 7 la salida de producto terminado. El reciclo interno y la configuración de los reactores es la que asegura que el producto sea esterilizado, homogenizado y potenciado sus características organolépticas.

En otras modalidades de la invención, el aparato puede ser configurado para operar sin el circuito de recirculación 5 y obtener los mismos beneficios aquí ya expuestos. Cuando el equipo opera sin recirculación deben utilizarse reactores de flujo anular 18 en serie con conos con hasta 10 ranuras. Para este caso la configuración de las variables de control: presión de entrada al sistema de reactores debe estar entre 5.000.000 Pa y 25.000.000 Pa, la holgura entre 0.01 y 0.2 mm y la velocidad del fluido entre 450 y 5000 m/s.

Así las cosas, otra modalidad de la invención entonces puede comprender una tolva de alimentación del producto en conexión bridada hacia una línea de tubería principal 2; donde la línea de tubería principal 2 comprende inicialmente una válvula antirretorno 3 seguida por una bomba de desplazamiento positivo 4, donde la línea de tubería principal 2 está conectada a una bomba de alta cizalla 6 y a partir de la bomba de alta cizalla 6, la línea de tubería principal 2 continúa hacia una válvula automática 7, donde dicha válvula automática 7 está en conexión con la zona de salida; y, donde la línea de tubería principal 2, entre la salida de la bomba de alta cizalla 6 y la conexión con la válvula automática de dos vías 7, se dispone de una línea de cavitación compuesta por un conducto 17 que comprende reactores de cavitación dispuestos en serie o paralelo seleccionados entre un reactor cavitador de flujo anular, reactor cavitador de flujo axial y un reactor cavitador de disco perforado o combinaciones de los mismos.

La leche descremada y deslactosada tiene un contenido de grasa entre el 0.5% y el 1.5%, la leche semidescremada tiene un contenido de grasa entre 1.5 y 2.5%. Estos dos tipos de leche tienen un tamaño de glóbulos de grasa mayor a 6 micras. Cuando este tipo de leches son procesadas con el aparato de la presente invención a una presión de entrada de 7.000.000 Pa a 20.000.000 Pa, con reactores de flujo anular 18 con hasta 5 ranuras, una holgura de 0.01 a 0.1 mm y una velocidad de flujo de 450 a 1200 m/s, se consigue una redistribución de los glóbulos de grasa láctea en el seno del fluido causada por una disminución del glóbulo de grasa hasta 0.5 micras.

Esta nueva distribución crea una nano emulsión de los glóbulos de grasa presentes en la leche descremada aumentando su área de contacto con los otros componentes de la leche especialmente con el agua. Es de tener en cuenta que mayor área de contacto con el agua gracias a la nano emulsión mejora las características organolépticas de la leche descremada acercando su sabor al sabor de la leche entera.

Otra aplicación de esta tecnología tiene que ver con la eliminación de las esporas de bacterias termodúricas en la leche. Las bacterias termodúricas son resistentes a los tratamientos térmicos convencionales de pasteurización de la industria de la leche y causan problemas en la calidad de los productos derivados lácteos. Las bacterias termodúricas de productos lácteos pertenecen a diferentes grupos microbianos e incluyen cepas de los géneros *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Arthrobacter*, *Lactobacillus*, y bacterias formadoras de esporas pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Paenibacillus* y *Clostridium*. Recuentos de esporas termodúricas mayores a 1000 ufc/L provocan defectos en el producto procesado. Estas esporas fueron removidas de la leche utilizando el proceso arriba descrito; para ello se utilizaron dos reactores en serie uno de flujo axial y otro de flujo anular, la presión de entrada a los reactores se ubicó entre

10.500.000 Pa y 30.000.000 Pa, el reactor de flujo axial tiene una holgura entre 0.5mm y 1mm, el reactor de flujo anular tiene un cono con hasta con tres ranuras y una holgura entre 0.001mm y 0.25 mm, finalmente, la velocidad de flujo del proceso de destrucción de esporas termodúricas se limitó entre 500 m/s y 2500 m/s. A estas condiciones de operación la temperatura final de la leche tratada alcanzó entre 60 y 72 °C para un recuento final de esporas termodúricas de 0 ufc/mL, de mesófilos aerobios menos de 20 ufc/mL, prueba de fosfatasa negativa y prueba de peroxidasa positiva. Este aparato de la invención comparado con los aparatos de pasteurización tradicional, no utiliza vapor vivo de caldera como fuente de calor, únicamente los eventos cavitacionales controlados en los reactores logran no sólo destruir estas esporas, también permiten la pasteurización en frío de la leche logrando con ello conservar hasta más del 90% las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la leche cruda.

Aun cuando se ha ilustrado el aparato para el rompimiento, alisamiento, pasteurización y homogeneización de la proteína de leche que incluye una combinación de reactores de cavitación que hacen parte de un mismo circuito de flujo, la invención es susceptible de aplicarse a innumerables formas, de tal manera que sólo se han ilustrado a manera de ejemplo algunas modalidades preferidas de la invención. En este respecto, se apreciará que el aparato para el rompimiento, alisamiento, pasteurización y homogeneización de proteína de origen lácteo, así como los arreglos en su configuración particular se puede escoger de una pluralidad de alternativas sin apartarse del espíritu de la invención según las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para el rompimiento, alisamiento, pasteurización y homogeneización de la proteína de leche **caracterizado porque** comprende:

una tolva de alimentación del producto en conexión bridada hacia una línea de tubería principal (2);

donde la línea de tubería principal (2) comprende inicialmente una válvula antirretorno (3) seguida por una bomba de desplazamiento positivo (4), donde la línea de tubería principal (2) también tiene conexión con una línea de recirculación (5) conectada a dicha línea de tubería (2) entre la válvula antirretorno (3) y la bomba de desplazamiento positivo (4) y a continuación de la bomba de desplazamiento positivo (4), la línea de tubería principal (2) está conectada a una bomba de alta cizalla (6) y a partir de la bomba de alta cizalla (6), la línea de tubería principal (2) continúa hacia una válvula automática de dos vías (7), donde dicha válvula automática de dos vías (7) está en primera conexión con la línea de recirculación (5) en dirección de retorno a la tubería principal (2) y la segunda está en conexión con la zona de salida;

donde la línea de recirculación (5) está conectada a la línea de tubería principal (2) mediante un mezclador mecánico (8) constituido por una conexión de sección cónica (9) de reducción de diámetro respecto a la tubería de recirculación (5) hacia un codo (10) dispuesto en el interior de la línea principal (2) compartiendo su eje longitudinal, donde dicho codo (10) se proyecta en dirección de la corriente de la tubería principal (2), en conexión con un tubo Venturi (11);

donde la línea de tubería principal (2), entre la salida de la bomba de alta cizalla (6) y la conexión con la válvula automática de dos vías (7), se dispone de una línea de cavitación compuesta por un conducto (17) que

comprende reactores de cavitación dispuestos en serie o paralelo seleccionados entre un reactor cavitador de flujo anular, reactor cavitador de flujo axial y un reactor cavitador de disco perforado o combinaciones de los mismos; y,

controladores tal como un tablero de control y potencia (42) que está integrado por un controlador lógico programable (PLC) en conexión con una pantalla táctil.

2. Aparato según la reivindicación 1 **caracterizado porque** el tubo Venturi (11) del mezclador mecánico (8) comprende un ducto que inicia con una reducción de diámetro que define un cono convergente (12) que incluye un ángulo de entrada α_1 en conexión con una garganta (13) y se proyecta cilíndricamente conformando una zona alargada de desarrollo (14) y finaliza en un aumento de diámetro que define un cono divergente (15) que incluye un ángulo de salida β_1 .
3. Aparato según la reivindicación 2 **caracterizado porque** el ángulo de entrada del cono convergente α_1 está entre 3° y 12° y el ángulo de salida del cono divergente β_1 es menor en 1° a 10° que el ángulo del cono de entrada convergente α_1 del tubo Venturi (11) del mezclador mecánico (8), donde dichos ángulos son medidos desde la pared del cono.
4. Aparato según la reivindicación 1 **caracterizado porque** el reactor de cavitación de flujo anular (18) está conformado por el conducto (17) que se reduce diametralmente formando una zona cónica convergente de entrada (21) por un extremo del conducto al inicio de la trayectoria de flujo y una ampliación de diámetro que conforma una zona cónica divergente de salida (22) por el extremo opuesto de dicho conducto y que incluye adicionalmente un cono central (23) centrado y dispuesto en contracorriente sobre el eje longitudinal del ducto que incluye ranuras perimetrales (24) dispuestas a lo largo del cono (23)

5. Aparato según la reivindicación 4 **caracterizado porque** comprende entre dos y veinte ranuras.
6. Aparato según la reivindicación 4 **caracterizado porque** el cono central (23) comprende una holgura (25) formada con el extremo final del cono (23) y la pared interna del ducto (17).
7. Aparato según la reivindicación 1 **caracterizado porque** el reactor de cavitación de flujo axial (19), está conformado por el conducto (27) que se reduce diametralmente formando un cono convergente de entrada (28) por un extremo del conducto al inicio de la trayectoria de flujo que incluye un ángulo de entrada α_2 , y con una ampliación de diámetro que conforma un cono divergente de salida (29) por el extremo opuesto de dicho conducto (27) que incluye un ángulo de salida β_2 , formando entre los mismos un cilindro central (30) generalmente tubular que inicia en una garganta (31) y finaliza en una zona de expansión adiabática (32) con un escalón que amplía el diámetro interno del ducto.
8. Aparato según la reivindicación 7 **caracterizado porque** el ángulo de entrada α_2 del cono convergente (28) está entre 3° y 15° y es mayor que el ángulo de salida β_2 del cono divergente (29) entre 1° y 10° del reactor de cavitación de flujo axial (19).
9. Aparato según la reivindicación 1 **caracterizado porque** el reactor cavitacional de disco perforado (20) está conformado por un ducto (33) cilíndrico con una zona de entrada (24) por un extremo y una zona de salida (35) por el extremo opuesto que incluye en el centro un disco perforado (36), donde dicho disco (36) comprende perforaciones pasantes (37) distribuidas sobre una superficie cerrada (38).
10. Aparato según la reivindicación 9 **caracterizado porque** las perforaciones pasantes (37) distribuidas sobre una superficie cerrada (38) son de forma circular.

11. Aparato según la reivindicación 9 **caracterizado porque** las perforaciones pasantes (37) distribuidas sobre una superficie cerrada (38) son de forma ovalada.
12. Aparato según la reivindicación 10 u 11 **caracterizado porque** cada perforación (37) comprende una entrada cónica convergente (39), seguido de una garganta (40) hacia una salida cilíndrica (41) .
13. Aparato según la reivindicación 1 **caracterizado porque** la tolva de alimentación (2) está construida en acero inoxidable y comprende una configuración de sección cónica
14. Aparato según la reivindicación 1 **caracterizado porque** la bomba de desplazamiento positivo (4) es seleccionada de una bomba de lóbulos, pistón, tornillo, engranajes o cualquier bomba que se clasifique como de desplazamiento positivo y debe comprender acero inoxidable, con una presión de salida de 300.000 Pa a 6.000.000 Pa, y un flujo de 1 a 70 m³/h.
15. Aparato según la reivindicación 1 **caracterizado porque** la bomba de alta cizalla (6) es seleccionada del tipo corona con estator ranurado o un molino coloidal en línea y constituida de acero inoxidable con un flujo de 1 a 70 m³/h y soportar una presión de 6.000.000 Pa.
16. Aparato según la reivindicación 1 **caracterizado porque** la válvula automática de dos vías (7) es de acero inoxidable, de accionamiento rápido de 500 ms y soporta presiones de operación de 6.000.000 Pa.
17. Aparato para el rompimiento, alisamiento, pasteurización y homogeneización de la proteína de leche **caracterizado porque** comprende:
- una tolva de alimentación del producto en conexión bridada hacia una línea de tubería principal (2);
 - donde la línea de tubería principal (2) comprende inicialmente una válvula antirretorno (3) seguida por una bomba de desplazamiento positivo (4), donde la línea de tubería principal (2) está conectada a una bomba de alta cizalla (6) y a partir de la bomba de alta cizalla (6), la línea de tubería

principal (2) continúa hacia una válvula automática (7), donde dicha válvula automática (7) está en conexión con la zona de salida;

donde la línea de tubería principal (2), entre la salida de la bomba de alta cizalla (6) y la conexión con la válvula automática (7), se dispone de una línea de cavitación compuesta por un conducto (17) que comprende reactores de cavitación dispuestos en serie o paralelo seleccionados entre un reactor cavitador de flujo anular, reactor cavitador de flujo axial y un reactor cavitador de disco perforado o combinaciones de los mismos; y,

controladores tal como un tablero de control y potencia (42) que está integrado por un controlador lógico programable (PLC) en conexión con una pantalla táctil.

18. Aparato según la reivindicación 17 **caracterizado porque** el reactor de cavitación de flujo anular (18) está conformado por el conducto (17) que se reduce diametralmente formando una zona cónica convergente de entrada (21) por un extremo del conducto al inicio de la trayectoria de flujo y una ampliación de diámetro que conforma una zona cónica divergente de salida (22) por el extremo opuesto de dicho conducto y que incluye adicionalmente un cono central (23) centrado y dispuesto en contracorriente sobre el eje longitudinal del ducto que incluye ranuras perimetrales (24) dispuestas a lo largo del cono (23)
19. Aparato según la reivindicación 18 **caracterizado porque** comprende entre dos y veinte ranuras y donde el cono central (23) comprende una holgura (25) formada con el extremo final del cono (23) y la pared interna del ducto (17).
20. Aparato según la reivindicación 17 **caracterizado porque** el reactor de cavitación de flujo axial (19), está conformado por el conducto (27) que se reduce diametralmente formando un cono convergente de entrada (28) por un extremo del conducto al inicio de la trayectoria de flujo que incluye un ángulo de entrada α_2 , y con una ampliación de diámetro que conforma un cono divergente de salida (29) por el extremo opuesto de dicho conducto

(27) que incluye un ángulo de salida β_2 , formando entre los mismos un cilindro central (30) generalmente tubular que inicia en una garganta (31) y finaliza en una zona de expansión adiabática (32) con un escalón que amplía el diámetro interno del ducto.

21. Aparato según la reivindicación 20 **caracterizado porque** el ángulo de entrada α_2 del cono convergente (28) está entre 3° y 15° y es mayor que el ángulo de salida β_2 del cono divergente (29) entre 1° y 10° del reactor de cavitación de flujo axial (19).
22. Aparato según la reivindicación 17 **caracterizado porque** el reactor cavitacional de disco perforado (20) está conformado por un ducto (33) cilíndrico con una zona de entrada (24) por un extremo y una zona de salida (35) por el extremo opuesto que incluye en el centro un disco perforado (36), donde dicho disco (36) comprende perforaciones pasantes (37) distribuidas sobre una superficie cerrada (38).
23. Aparato según la reivindicación 23 **caracterizado porque** las perforaciones pasantes (37) distribuidas sobre una superficie cerrada (38) son de forma circular.
24. Aparato según la reivindicación 23 **caracterizado porque** las perforaciones pasantes (37) distribuidas sobre una superficie cerrada (38) son de forma ovalada.
25. Aparato según la reivindicación 24 ó 25 **caracterizado porque** cada perforación (37) comprende una entrada cónica convergente (39), seguido de una garganta (40) hacia una salida cilíndrica (41).
26. Aparato según la reivindicación 17 **caracterizado porque** tolva de alimentación (2) está construida en acero inoxidable y comprende una configuración de sección cónica
27. Aparato según la reivindicación 17 **caracterizado porque** la bomba de desplazamiento positivo (4) es seleccionada de una bomba de lóbulos, pistón, tornillo, engranajes o cualquier bomba que se clasifique como de

desplazamiento positivo y debe comprender acero inoxidable, con una presión de salida de 300.000 Pa a 6.0000.00 Pa, y un flujo de 1 a 70 m³/h.

28.Aparato según la reivindicación 17 **caracterizado porque** la bomba de alta cizalla (6) es seleccionada del tipo corona con estator ranurado o un molino coloidal en línea y constituida de acero inoxidable con un flujo de 1 a 70 m³/h y soportar una presión de 6.000.000 Pa.

29.Aparato según la reivindicación 17 **caracterizado porque** la válvula automática (7) es de acero inoxidable, de accionamiento rápido de 500 ms y soporta presiones de operación de 6.000.000 Pa.

-/-