



DOCTORA:

EDNA MARCELA RAMÍREZ OROZCO

DIRECTORA NUEVAS CREACIONES

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

E. S. D.

REF. EXPEDIENTE No.: NC2017/0005575.
SOLICITUD PATENTE: DISPOSITIVO MODULAR DE HIGIENIZACIÓN
SOLICITANTE: MEDIANTE LUZ ULTRAVIOLETA.
UNIVERSIDAD DE LA SABANA.

RESPUESTA A REQUERIMIENTO OFICIAL OFICIO NO. 3709 NOTIFICADO EL 02 DE ABRIL DE 2020.

CLAUDIA LUCIA CARO RAMIREZ, mayor de edad, domiciliada en Bogotá D.C., identificada con cedula No 40.017.374, en mi condición de apoderada de la **UNIVERSIDAD DE LA SABANA**, por el presente escrito y estando dentro del término legal para hacerlo, doy respuesta al oficio arriba referenciado, de acuerdo con lo siguiente:

En respuesta al oficio No. 3709, a continuación, encuentran:

- i. Respuesta a los puntos del requerimiento
 - Respuesta punto por punto a los requerimientos del examinador.
- ii. Adjunto a este memorial se presentan los siguientes documentos
 - Capítulo reivindicatorio con control de cambios.
 - Capítulo reivindicatorio en limpio.
 - Capitulo descriptivo con control de cambios
 - Capitulo descriptivo en limpio
 - Nuevas figuras 1 y 2.

1. Modificaciones a las figuras

El solicitante ha modificado las figuras 1 y 2 con el fin de evitar confusiones con el capítulo reivindicatorio, en las anteriores figuras 1 y 2 se mencionaban las letras a - f, pero en el capítulo reivindicatorio se hacía referencia a los elementos identificándolos con los números romanos I a VI. Estas modificaciones se reflejan de igual forma en el capítulo descriptivo.

2. De la solicitud de patente.

Reivindicaciones:

- El examinador objeta la reivindicación 1 porque esta es muy general menciona una lista de partes sin que se establezca una relación de posición entre ellos y/o una correlación técnica entre dichos componentes.

El solicitante ha modificado la redacción de la reivindicación 1 con el fin de mostrar la correcta correlación de los elementos que componen el dispositivo modular.

- El examinador objeta el termino impreciso “pueden” de las reivindicaciones 3, 4 y 5.

El solicitante siguiendo las recomendaciones del examinador ha eliminado el termino objetado de las antiguas reivindicaciones 3, 4 y 5.

- El examinador objeta la reivindicación 5 porque esta presenta la siguiente ventaja técnica como una característica técnica.

“los cuales se pueden utilizar individualmente o combinarlos según requerimientos industriales”.

El solicitante ha eliminado la ventaja técnica objetada por el examinador de la antigua reivindicación 5.

- El examinador objeta las antiguas reivindicaciones 2, 3, 4 y 7 porque las proporciones definidas no son claras.

El solicitante ha modificado la descripción adicionando una explicación que permite entender de mejor manera las relaciones que se reivindican, de igual forma en la redacción del nuevo capítulo descriptivo se han clarificado las expresiones utilizadas.

3. Determinación de Estado de la técnica:

Como resultado del examen de patentabilidad el examinador encontró el siguiente documento relevante:

Ítem	Documento	Título	Fecha de publicación
D1	US8414839	“Ozone generator retrofit apparatus for jetted tubs, spas and other water circulation facilities”	9 de abril de 2013

4. Examen de patentabilidad

Novedad

Inicia el examinador comparando las características técnicas de la reivindicación 1 de la solicitud colombiana NC2017/0005575 con la materia técnica revelada por D1 como se muestra en la tabla 1 del oficio N° 3709. Como resultado de este análisis el examinador manifiesta que “*las características esenciales del dispositivo modular de higienización y/o esterilización de fluidos con luz ultravioleta de la reivindicación 1*

habían sido divulgadas previamente en el documento D1, por lo tanto, la materia reivindicada no es nueva.”(tomado del oficio 3709).

Continúa el examinador manifestando que D1 divulga las características técnicas de las reivindicaciones dependiente 5 y 6 y por lo tanto tampoco cumplen con el criterio de novedad

El solicitante quisiera manifestar su desacuerdo con el análisis realizado por el examinador. Para el solicitante es claro que el nuevo capítulo reivindicatorio que se presenta como respuesta al oficio 3709 cumplen con el requisito de novedad a la luz del documento citado por el examinador.

Para el solicitante es claro que el D1 no describe las características técnicas que componen la nueva reivindicación 1, más concretamente D1 no revela:

- Un recipiente refrigerado (I) el cual contiene el fluido a ser higienizado y/o esterilizado y donde el recipiente refrigerado está conectado mediante mangueras al módulo de tubos (II),
- Un sistema de tubos que conforman módulos de tubos (II) los cuales se ordenan en serie y se encuentran en una proporción de módulos a tubos que integran los módulos de 3:67 hasta 48:960; en donde los tubos comprenden lámparas UV tubulares al interior de su estructura tubular,
- Un intercambiador de calor (III) donde la entrada del intercambiador se encuentra conectado a la salida del módulo de tubos (III) y la salida del intercambiador de calor se conecta al recipiente refrigerado (I);
- Un artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV) encargado de garantizar un continuo movimiento de fluido en el sistema,
- Un sistema automatizado de válvulas (V) que permite la generación del circuito de higienización compuesto por el recipiente refrigerado (I), el módulo de tubos (II) el intercambiador de calor (III) y el artefacto de bombeo.

El solicitante quisiera resaltar que D1 se refiere a un principio de desinfección diferente al planteado en la presente invención. D1, como bien se aprecia en el título del mismo, se refiere la utilización de ozono como principio de desinfección, mientras

que la presente invención se revela un equipo modular que comprende un recipiente refrigerado (I), un sistema de tubos que conforman módulos de tubos (II) el cual utiliza lámparas UV dispuestas en tubos concéntricos, un intercambiador de calor (III), un artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), un sistema automatizado de válvulas (V) y opcionalmente un tanque de almacenamiento del producto (VI)

Por otro lado, los intercambiadores de calor de la presente solicitud operan como enfriadores mientras que D1 revela el uso de temperaturas de calentamiento para la desafección con ozono en combinación con otros productos sanitizantes; una tecnología completamente diferente a la que se protege en la presente invención.

Finalmente, y como se mencionó anteriormente D1 falla en describir la totalidad de los elementos que componen el dispositivo modular de higienización y/o esterilización de fluidos con luz ultravioleta. D1 no describe los tubos comprenden lámparas UV tubulares al interior de su estructura tubular que es una de los componentes esenciales de la presente invención.

El solicitante quisiera aclarar que las modificaciones no agregan materia ni alteran el objeto de la invención a proteger, la modificación se dirige a incluir la totalidad de características técnicas y las interacciones que comprenden el dispositivo modular.

Así, se solicita al examinador que, en base a estos argumentos, reconsidere las objeciones relativas al nivel inventivo de la presente invención.

Por todo lo dicho, solicitamos que la Superintendencia de Industria y Comercio admita las modificaciones que se han facilitado, las cuales no amplían materia y subsanan las objeciones realizadas por el examinador. Asimismo, solicitamos que continúe el trámite con normalidad y se proceda con la concesión del Derecho sobre la Patente de la referencia.

Para efectos de notificaciones, recibiré estas vía internet al correo electrónico claudia.caro@ponsip.com, en la secretaría de esa Dirección y/o en la de la



MADRID – BOGOTÁ – MEDELLÍN – SAN FRANCISCO – BRUSELAS – GUANGZHOU
BARCELONA – ALICANTE – SEVILLA – VALENCIA – VIGO – VITORIA – ZARAGOZA

Delegatura de Propiedad Intelectual o en mi oficina de abogados de la Calle 94 A No
11A-32 Oficina 306 de la ciudad de Bogotá.

Agradezco su atención.

CLAUDIA LUCIA CARO RAMIREZ
CC No 40.017.374 de Tunja
T.P. No 36.448 del C.S de la J.
Adjunto lo anunciado.

Capítulo reivindicatorio con control de cambios

1. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de fluidos con luz ultravioleta, que comprende:

- Recipiente refrigerado (I) el cual contiene el fluido a ser higienizado y/o esterilizado y donde el recipiente refrigerado está conectado mediante mangueras al módulo de tubos (II),
- Tubos que conforman módulos de tubos (II) los cuales se ordenan en serie y se encuentran en una proporción de módulos a tubos que integran los módulos de 3:67 hasta 48:960; en donde los tubos comprenden lámparas UV tubulares al interior de su estructura tubular,
- Intercambiador de calor (III) donde la entrada del intercambiador se encuentra conectado a la salida del módulo de tubos (II) y la salida del intercambiador de calor se conecta al recipiente refrigerado (I);
- Artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV) encargado de garantizar un continuo movimiento de fluido en el sistema,
- Sistema automatizado de válvulas (V) que permite la generación del circuito de higienización compuesto por el recipiente refrigerado (I), el módulo de tubos (II) el intercambiador de calor (III) y el artefacto de bombeo.

2. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un tanque de almacenamiento del producto (VI) el cual, una vez culmine el proceso de higienización y/o esterilización y por acción del sistema automatizado de válvulas (V), ingresa al tanque de almacenamiento del producto (VI) el producto higienización y/o esterilización listo para su utilización.

3. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un recipiente refrigerado (I) que contiene el fluido, el cual está conectado con mangueras a módulos de tubos en serie (II), en una proporción de tanque refrigerado (I) a módulos de tubos en serie (II) de 1:3 hasta 1:48.

4. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de

acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende módulos de tubos en serie (II) son del tipo lisos o labrados, posicionados horizontal y/o verticalmente, o de cuarzo.

5. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende intercambiadores de calor (III), los cuales están conectados en una proporción 1:1 con los módulos de tubos en serie (II); ~~Estos pueden ser~~ donde los intercambiadores se seleccionan del grupo de contacto directo o no con los fluidos, intercambiadores de superficie y donde dichos intercambiadores utilizan sistemas tipo placas o tubos.

6. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un artefacto de bombeo, de tipo centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), de tipo trifásico, los cuales operan individualmente o en combinación.

7. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un sistema automatizado de válvulas (V), preferiblemente entre 4 y 8 válvulas.

8. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 2, caracterizado porque comprende un tanque de almacenamiento (VI) del producto final y el cual está en una proporción de tanque de almacenamiento (VI) a recipiente refrigerado (I) de 1:1 ~~con el recipiente refrigerado (I).~~

Capítulo reivindicatorio en limpio.

1. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de fluidos con luz ultravioleta, que comprende:

- Recipiente refrigerado (I) el cual contiene el fluido a ser higienizado y/o esterilizado y donde el recipiente refrigerado está conectado mediante mangueras al módulo de tubos (II),
- Tubos que conforman módulos de tubos (II) los cuales se ordenan en serie y se encuentran en una proporción de módulos a tubos que integran los módulos de 3:67 hasta 48:960; en donde los tubos comprenden lámparas UV tubulares al interior de su estructura tubular,
- Intercambiador de calor (III) donde la entrada del intercambiador se encuentra conectado a la salida del módulo de tubos (II) y la salida del intercambiador de calor se conecta al recipiente refrigerado (I);
- Artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV) encargado de garantizar un continuo movimiento de fluido en el sistema,
- Sistema automatizado de válvulas (V) que permite la generación del circuito de higienización compuesto por el recipiente refrigerado (I), el módulo de tubos (II) el intercambiador de calor (III) y el artefacto de bombeo.

2. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un tanque de almacenamiento del producto (VI) el cual, una vez culmine el proceso de higienización y/o esterilización y por acción del sistema automatizado de válvulas (V), ingresa al tanque de almacenamiento del producto (VI) el producto higienización y/o esterilización listo para su utilización.

3. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un recipiente refrigerado (I) que contiene el fluido, el cual está conectado con mangueras a módulos de tubos en serie (II), en una proporción de tanque refrigerado (I) a módulos de tubos en serie (II) de 1:3 hasta 1:48.

4. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende módulos de tubos en

serie (II) son del tipo lisos o labrados, posicionados horizontal y/o verticalmente, o de cuarzo.

5. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende intercambiadores de calor (III), los cuales están conectados en una proporción 1:1 con los módulos de tubos en serie (II); donde los intercambiadores se seleccionan del grupo de contacto directo o no con los fluidos, intercambiadores de superficie y donde dichos intercambiadores utilizan sistemas tipo placas o tubos.

6. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un artefacto de bombeo, de tipo centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), de tipo trifásico, los cuales operan individualmente o en combinación.

7. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un sistema automatizado de válvulas (V), preferiblemente entre 4 y 8 válvulas.

8. Dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta de acuerdo a la reivindicación 2, caracterizado porque comprende un tanque de almacenamiento (VI) del producto final y el cual está en una proporción de tanque de almacenamiento (VI) a recipiente refrigerado (I) de 1:1.

Capítulo descriptivo con control de cambios.

Dispositivo modular de higienización mediante luz ultravioleta

1. Descripción

1.1 Sector Tecnológico

La presente invención se relaciona con el sector de la Ingeniería Mecánica, específicamente con el desarrollo de nuevos instrumentos, dispositivos y/o métodos para tratar agua y alimentos para consumo humano, con el objetivo de eliminar y/o reducir microorganismos patógenos en los productos. La presente invención también corresponde a un sistema de desinfección de alimentos y/o aguas mediante radiación ultravioleta.

1.2. Estado del Arte Previo

El uso de luz ultravioleta (UV) está altamente establecido para el tratamiento de aguas, desinfección de aire y superficies contaminadas. Por otro lado, la desinfección y/o esterilización de alimentos y bebidas para consumo humano, se realiza mediante la combinación de tratamientos químicos, físicos y mecánicos.

Aunque los tratamientos químicos logran eliminar los microorganismos patógenos, existe una reacción negativa del público en general sobre el uso de éstos en alimentos y/o bebidas debido a posibles daños en las propiedades organolépticas de los productos, además de temer a intoxicaciones. Es por esta razón, que los tratamientos físicos se han tornado una excelente opción para desinfectar y/o esterilizar alimentos y bebidas, ya que no causan efectos adversos en los humanos. Tratamientos físicos y mecánicos como la filtración, centrifugación, procesos térmicos como la pasteurización, y la luz ultravioleta, se han convertido en un objetivo para mejorar y reemplazar procesos químicos.

Uno de los procesos mayormente utilizados en bebidas lácteas es la pasteurización, pues logra eliminar los microorganismos patógenos en su totalidad. Sin embargo, luego de la popularidad del uso de probióticos y prebióticos en bebidas como el yogurt para aumentar la microbiota del sistema digestivo, la pasteurización se ha convertido en un problema para la industria láctea. Pues elimina tanto a los microorganismos patógenos como a los

microorganismos probióticos, de esta manera perdiendo las propiedades benéficas de este tipo de productos lácteos.

Debido a lo mencionado anteriormente, la radiación UV como método de conservación física, ha empezado a tener en los últimos años una imagen positiva de los consumidores. De hecho, nuevos estudios se están enfocando en desarrollar y mejorar dispositivos y procesos asociados a la desinfección/esterilización con radiación UV. Es más, en el año 2000, la FDA aprobó la luz UV como tratamiento alternativo a la pasteurización térmica de bebidas.

Actualmente existen varios estudios que ofrecen dispositivos y métodos para la desinfección y esterilización de alimentos, bebidas y para tratamiento de aguas. Estudios como la patente US5368826, proporcionan un aparato de control que coordina las operaciones de un sistema de desinfección de aguas residuales con luz UV. Los módulos utilizados en el mismo, permiten un menor número de reemplazos de lámparas, menor necesidad de personal, una mínima supervisión y mantenimiento, y un consumo eléctrico reducido. Esto se debe a varias características que comprende el aparato, como por ejemplo la cantidad de lámparas que pueden estar en un solo módulo, pues cada módulo tiene uno o más bancos de lámparas de luz UV. Asimismo, incluye uno o más centros de distribución de datos conectados a los módulos, e interfaces de datos conectados a los mismos, lo cual permite un seguimiento continuo del proceso. También, el aparato contiene uno o más conjuntos de control para el funcionamiento de las lámparas, que recopilan los datos que éstas emiten. Por último, comprende otro conjunto de control para leer y almacenar los datos que se conectan a un ordenador para transmitir y recibir la información de todo el aparato.

El uso de dispositivos modulares para la esterilización como en la patente CN203653295, se han convertido en una excelente opción debido a que su diseño modular, permite el ahorro de tiempo durante el montaje y el mantenimiento del equipo, lo cual mejora la eficiencia de la esterilización. El nuevo dispositivo modular comprende una cavidad con cuatro dispositivos sellados con lámparas ultravioleta al interior de éstos. Las lámparas están dispuestas de manera paralela y uniforme y están conectadas a una fuente de potencia. Sin embargo, no tienen un sistema automatizado que controle el

proceso de esterilización, lo cual implica un personal que realice un seguimiento continuo, y por lo tanto estar propensos a errores no detectados, como en cambios en el flujo y la presión adecuada. Asimismo, es un equipo que sirve para bebidas líquidas, más no bebidas con mayor densidad, como es la leche o lactosuero, pues el reducido número de lámparas podría impedir una buena esterilización en este tipo de productos.

Otro equipos modulares con mayor capacidad como el de la patente US2008224066, logran esterilizar con luz UV líquidos claros y opacos, incluidas aguas residuales, jugos, salsas y similares. El dispositivo comprende una cámara de tratamiento y una fuente de radiación, con una o más lámparas UV dispuestas en proximidad. Las lámparas se encuentran en unidades de iluminación modulares, adyacentes a la cámara de tratamiento. La cámara de tratamiento, mediante unos tubos proporciona un flujo paralelo o en serie. Asimismo, contienen un mezclador estático que permite el desplazamiento del líquido en espiral a través de un anillo, y un dispositivo enfriador para el líquido. El sistema de esterilización, permite mayor eficiencia debido a que existe la posibilidad de cambiar el flujo tanto en serie como paralelamente. Además, es un sistema robusto que logra soportar diferentes presiones y flujos. El hecho que tenga unidades de iluminación modulares facilita el manejo y el repuesto de los componentes y lámparas. Sin embargo, se observa que no contiene válvulas o un elemento similar que proporcione la recirculación de los fluidos, lo cual es esencial para una correcta esterilización de líquidos, en especial opacos. Por otra parte, no comprende un sistema automatizado para control de las condiciones del equipo.

Uno de los problemas que más se observan en dispositivos y procesos de desinfección con radiación UV es mantener la dosis deseada en cada momento del proceso, es decir mantener un flujo continuo. Pues, ocurre que la tasa del flujo y la presión del efluente puede variar en ocasiones, dejando períodos de tiempo sin las dosis correcta. En este sentido, la patente US6264836, proporciona un sistema basado en radiación UV para desinfección de aguas, el cual tiene la capacidad de ajustar y regular la potencia de salida de los reactores en un intervalo de tiempo amplio, de manera que se ajuste el caudal del afluente en respuesta a dicha retroalimentación en el instante que se requiera. Lo anterior, se debe a que el

dispositivo comprende un elemento automático que bombea constantemente el fluido y que controla así mismo la potencia de la luz UV; así permitiendo diferentes intensidades de luz UV, de modo que se produzca la descarga del fluido deseada por el operador. El control del proceso está configurado sobre un bucle de control de retroalimentación, lo que permite vigilar el buen funcionamiento del proceso de esterilización.

Otro de los retos que tienen los equipos y procesos para la desinfección y/o esterilización mediante radiación UV, es la penetración de la luz en bebidas que tienen una alta densidad o que contienen pequeños elementos sólidos. Por ejemplo, para tratar jugos de frutas o bebidas lácteas. Como la luz UV no llega a una penetración profunda de tales productos, estudios como el *Cryoconcentration technology in the bio-food industry: Principles and applications* de Aider & Halleux, 2009, muestran los cambios que se han realizado en varios equipos y las modificaciones en sus metodología para suplir la necesidad de penetración con radiación UV. Aumento en el número de lámparas UV, cambios en el diámetro de los tubos por donde pasa el fluido, aumento en el número de recirculaciones de los fluidos, la aplicación de movimientos turbulentos en el flujo o la rotación de los tubos, y la mezcla de la radiación UV con otros tratamientos químicos o físicos, son algunas de las aproximaciones para mejorar la esterilización de fluidos y contrarrestar el problema de la penetración de la UV en éstos. La patente WO0137675, describe un dispositivo y un método para la esterilización de líquidos turbios, en especial la leche, donde es difícil la penetración de la radiación UV. Para esto, el tubo del dispositivo por donde pasan los fluidos, contiene una funda con protuberancias o ranuras en espiral en la parte interna, para generar pequeñas turbulencias en el líquido que fluye y así asegurar que la luz UV que penetra llegue a diferentes puntos y así lograr una esterilización completa.

1.3 Descripción de la Invención

La presente invención se refiere al desarrollo de un dispositivo de higienización y/o esterilización de fluidos mediante radiación ultravioleta. El dispositivo es modular, lo que permite que se pueda adecuar según la capacidad que se requiera y además facilita el manejo del equipo y su mantenimiento, ahorrando tiempo durante la preparación y luego de usado.

La presente invención se refiere específicamente a un aparato modular de uso industrial, que comprende un recipiente refrigerado (I) que contiene el fluido, y mantiene la temperatura baja para preservar el producto durante el proceso de higienización. Asimismo, los fluidos que salen desde el recipiente refrigerado (I) llegan a los módulos con tubos en serie (II) a través de unas mangueras que los conectan y en donde el sistema de válvulas (V) está presente para la recirculación y entrega del producto conforme a las especificaciones. En la misma invención, los módulos con tubos en serie (II) son uno de los elementos que le permiten al sistema ser modular, pues se pueden utilizar entre 3 y 48 módulos, y con tubos de hasta 960, según la capacidad que se requiera durante el proceso industrial; por ejemplo, un equipo pequeño puede tener 3 módulos cada uno con 22 tubos es decir 67 tubos y un equipo más grande y de mayor capacidad estaría comprendido por 48 módulos cada uno con 20 tubos, para un total de 960 tubos. Los tubos utilizados en los módulos pueden ser lisos o labrados, se colocan en serie y pueden estar posicionados de manera horizontal o vertical. Asimismo, pueden ser tubos de cuarzo. Al interior de los tubos se encuentran las lámparas de luz UV, las cuales son tubulares y mediante su irradiación eliminar la contaminación en los fluidos. En la presente invención, los intercambiadores de calor (III) al igual que los módulos de tubos (II) ofrecen la modularidad que se requiera para el dispositivo de higienización y/o esterilización, pues su cantidad depende del número de módulos que se utilicen. Los intercambiadores de calor (III) pueden ser de contacto directo con los fluidos o indirecto sin contacto o pueden ser intercambiadores de superficie, en donde pueden ser utilizados los de placas o de tubos.

De manera general, la presente invención comprende un artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), que pueden ser de tipo trifásicos, los cuales permiten que los fluidos tengan la presión suficiente para recorrer todo el sistema. Asimismo, se encuentra conectado entre el recipiente refrigerado (I) y los módulos de tubos en serie (II), y está rodeado de dos válvulas del sistema automatizado (V) para entrada y salida del producto.

En esta misma invención, el tanque de almacenamiento del producto final (VI), se encuentra conectado al recipiente refrigerado (I) y a los intercambiadores de calor (III), unidos mediante mangueras con las válvulas correspondientes.

En su aspecto más general, la invención logra reunir y asociar la configuración específica de los elementos técnicos a ventajas específicas probadas, como es el caso de la cantidad de módulos que el dispositivo puede tener, ofreciéndole una robustez y una alta capacidad para ser utilizado en procesos industriales con una mayor facilidad de uso y adaptación. Asimismo, contiene un sistema automatizado de válvulas que, en conjunto con las otras características del dispositivo, provee un sistema seguro, en el que se regulan las condiciones de recirculación y entrega del producto; así, asegurando un flujo constante y regulando las condiciones según el producto que se dese esterilizar.

Descripción de elementos técnicos relacionados:

- a) I) Recipiente refrigerado de contención de fluido conectado con mangueras a módulos de tubos en serie en una proporción de tanque refrigerado (I) a módulos de tubos en serie (II) de 1:3 hasta 1:48
- b) II) Tubos lisos o labrados en serie posicionados horizontal y/o verticalmente que conforman módulos de tubos en serie en una proporción de al menos 3:67 hasta 48:960; dichos tubos contienen lámparas UV tubulares internas con una potencia de 30 W;
- c) III) Intercambiador de calor intermedio en una proporción 1:1 con los módulos de tubos en serie;
- d) IV) Artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables, conectado entre el intercambiador de calor y los módulos de tubos en serie;
- e) V) Sistema automatizado de válvulas para recirculación y entrega de producto conforme.
- f) VI) Tanque de almacenamiento de producto final.

1.4 Descripción de los Dibujos

Figura 1. Dispositivo modular de higienización con UV. I) Recipiente refrigerado de contención de fluido conectado; II) módulos de tubos en serie con contienen lámparas UV tubulares internas; III) Intercambiador de calor intermedio; IV) artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables; V) sistema automatizado de válvulas para recirculación y entrega de producto y VI) tanque de almacenamiento de producto final.

Figura 2. Dispositivo de la invención en un acoplamiento de 3 módulos de tubos en serie, 66 tubos, capacidad 100 L/h.

Figura 3. Recuento de microorganismos presentes en el lactosuero sometido a higienización en el dispositivo de la invención.

Figura 4. Recuento de microorganismos en bebida láctea sometida a higienización ultravioleta en el dispositivo de la invención.

Figura 5. Recuento de E. coli a los cuatro caudales evaluados con el dispositivo de la invención. Figura 6. Recuento de S. cerevisiae a los cuatro caudales evaluados con el dispositivo de la invención.

1.5 Descripción detallada

La presente invención se relaciona con un dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta, que contiene: Recipiente refrigerado (I), Tubos que conforman módulos de tubos (II), Intercambiador de calor (III), Artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), Sistema automatizado de válvulas (V) y un tanque de almacenamiento del producto (VI). Preferentemente, el dispositivo de la presente invención contiene un recipiente refrigerado (I) que contiene el fluido y el cual está conectado con mangueras a módulos de tubos en serie (II), en una proporción de tanque refrigerado (I) a módulos de tubos en serie (II) de 1:3 hasta 1:48. Es por el recipiente refrigerado (I) por donde ingresa el fluido para ser enfriado y no se altere su calidad microbiológica.

En la presente invención de manera preferente, los módulos de tubos (II) comprenden tubos en serie en una proporción de al menos 3:67 hasta 48:960 con los módulos de tubos. Asimismo, tienen la particularidad de ser modulares y ajustarse según las necesidades industriales requeridas. Los tubos en serie pueden ser lisos o labrados, posicionados horizontal y/o verticalmente, y de cuarzo, en donde interiormente comprenden lámparas UV tubulares.

Específicamente, la presente invención comprende intercambiadores de calor (III), los cuales están conectados en una proporción 1:1 con los módulos de tubos en serie (II), pero a su vez se conectan a través de mangueras con el recipiente refrigerante (I) y el tanque de almacenamiento (VI). Asimismo, pueden ser de contacto directo o no con los fluidos o pueden ser intercambiadores de superficie, en donde pueden ser utilizados los de placas o de tubos.

En este mismo aspecto de la presente invención, el artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV) son de tipo trifásico, además, su cantidad varía según la capacidad que se requiera durante un proceso industrial. Se puede utilizar únicamente uno de estos 3 sistemas de bombeo o combinarlos.

En la presente invención de manera preferente, el sistema automatizado de válvulas (V) se encuentra sujeto a mangueras que conectan al recipiente refrigerado (I) con los módulos de tubos en serie (II), al recipiente refrigerado (I) con los intercambiadores de calor (III) y al tanque de almacenamiento (VI) con éstos últimos. Asimismo, su función de abrir y cerrar el flujo es automatizado lo que provee de mayor seguridad a todo el dispositivo de higienización y/o esterilización.

De manera preferente, el tanque de almacenamiento (VI), es un único tanque en donde sus dimensiones varían según la cantidad de producto a esterilizar y el cual mantiene las condiciones óptimas para que el producto final sea depositado. Al igual, éste se encuentra conectado tanto al recipiente de refrigeración (I) como a los intercambiadores de calor (III).

1.6 Modalidades preferidas

En la modalidad preferida de la presente invención, el dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta, comprende: un Recipiente refrigerado (I), Tubos que conforman módulos de tubos (II), Intercambiador de calor (III), Artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), Sistema automatizado de válvulas (V) y un tanque de almacenamiento del producto (VI). En la modalidad preferida de la presente invención, el recipiente refrigerado (I) contiene el fluido y está conectado con mangueras a los módulos de tubos en serie (II), en una proporción de 1:1 En donde los módulos de tubos de manera preferida están en una proporción de 1:22 con los tubos, los cuales son labrados y están en serie, y dispuestos horizontalmente. Preferiblemente, dichos tubos contienen lámparas UV tubulares internas con una potencia de 30 W.

En la modalidad preferida de la presente invención, el intercambiador de calor intermedio (III), está en una proporción 1:1 con los módulos de tubos en serie (II). En la modalidad preferida de la presente invención, el artefacto de bombeo, puede ser una centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), conectados entre el intercambiador de calor (III) y los módulos de tubos en serie (II).

En la modalidad preferida de la presente invención, el sistema automatizado de válvulas (V) para recirculación y entrega de producto conforme comprende entre 4 a 8 válvulas por módulo de tubos en serie (II).

1.7 Ejemplos

1.7.1 Realización práctica de la invención

Higienización de refresco de fruta Refresco de fruta sin pasteurización fue tratado en el prototipo de higienización ultravioleta para evaluar la reducción en carga microbiana y verificar el cumplimiento de normatividad exigida para el producto en lo referente a mesófilos, hongos y levaduras y Coliformes. Los resultados se presentan en la Tabla 1. Se manejó un caudal de 720 L/h y un tiempo de proceso de 60 minutos para una dosis de 1414 KJ/m2. Se evaluó el efecto de la tecnología sobre parámetros microbiológicos, pH, acidez, sólidos solubles, sólidos totales, color y viscosidad. Se compararon los resultados con un tratamiento de pasteurización estándar realizado a 63°C por 30 minutos. Los resultados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Efecto del tratamiento UV en parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de refresco de fruta.

	Antes del tratamiento UV	Después del tratamiento UV	Pasteurización	Requerimiento de norma técnica NTC 3549
Mesofilos (Log UFC/mL)	2.91 ± 0.11	1.29 ± 0.40	0.25 ± 0.50	2.00 - 2.48
Hongos y levaduras (Log UFC/mL)	1.23 ± 0.40	< 1.00 ± 0.00	< 1.00 ± 0.00	1.00 - 2.00
Coliformes (Log UFC/mL)	< 1.00 ± 0.00	< 1.00 ± 0.00	< 1.00 ± 0.00	< 1.00
pH	4.024 ± 0.028	3.805 ± 0.006	3.838 ± 0.023	4.6 max
Aciditez (% ácido cítrico)	0.276 ± 0.016	0.259 ± 0.003	0.274 ± 0.008	0.1 min
Sólidos solubles	8.4 ± 0.1	8.1 ± 0.1	8.2 ± 0.0	13 max

(°Brix)				
Solidos totales (g/L)	7.921 ± 0.064	7.713 ± 0.077	7.922 ± 0.022	
Color L*	14.77 ± 0.11	13.58 ± 0.07	12.18 ± 0.11	
Color a*	6.90 ± 0.21	6.28 ± 0.14	8.01 ± 0.04	
Color b*	10.07 ± 0.10	11.51 ± 0.14	12.15 ± 0.17	
Viscosidad η (mPa·s)	13.219 ± 0.085	6.618 ± 0.124	9.042 ± 0.077	

En la tabla se observa que los resultados microbiológicos por el tratamiento UV cumplen requerimientos de norma técnica y son comparables con los obtenidos por pasteurización térmica. Se observó que los parámetros fisicoquímicos no son afectados por el tratamiento y que son más similares al producto inicial para el tratamiento UV que para la pasteurización. Los resultados confirman la preservación de la calidad del producto.

Se realizó un panel sensorial con panel entrenado certificado para evaluar posibles cambios sensoriales del producto higienizado con ultravioleta en comparación con el pasteurizado. Los resultados se presentan en la tabla 2. A continuación, se presentan los perfiles sensoriales por aproximación para los tres productos evaluados junto con los diagramas de red. En la tabla 2 se puede observar los resultados de análisis sensorial de refresco de fruta.

Tabla 2. Resultados de análisis sensorial de refresco de fruta

DESCRIPTORES	Antes del tratamiento	Después del tratamiento UV
Apariencia	APARIENCIA	
A. Brillo	4,0	4,0
A. Homogeneidad en la superficie	4,3	4,0
Olor	OLOR	
O. Acido	2,9	2,9
O. Dulce	2,3	2,2
O. Artificial	2,7	2,8
O. Mandarina	2,8	2,8
O. Cítrico	2,8	2,6*
O. Químico	1,8	1,8
O. Fresco	3,7	3,3
Sabor	SABOR	

S. Acido	3,0	2,8
S. Dulce	2,5	2,7
S. Cítrico	3,3	2,9
S. Frutal	3,1	2,8
S. Mandarina	3,6	3,0
S. Artificial	2,4	2,6
S. Salino	1,0	1,2
. Químico	1,8	1,8
S. Plástico	1,2	1,8
S. Fresco	3,5	3,1
S. Aceitoso	1,1	1,2
S. Amargo	1,9	1,9
SS. Astringente	2,5	2,4
SS. Picante	1,9	2,0
T. Denso	2,4	2,0
Calidad General	2.1	1.7

Convenciones: A. (Apariencia), O. (Olor), S. (Sabor) SS. (Sensación somato sensorial) T. (Textura). Los valores resaltados en color verde, son las mayores intensidades para cada descriptor.

Como se puede observar en la tabla 1, la mayoría de los parámetros sensoriales evaluados presentan valores muy similares a los atributos del refresco de mandarina antes del tratamiento UV.

1.7.2 Prueba de higienización y/o esterilización de líquidos claros.

Higienización lactosuero

Lactosuero tomado de una industria láctea sin el proceso de pasteurización fue sometido al proceso de higienización ultravioleta a un caudal de 720 L/h y fue analizado microbiológica y fisicoquímicamente.

Como se observa en la tabla 7, el lactosuero tomado de la planta, presenta un recuento de los microorganismos indicadores por encima del límite permisible para una calidad aceptable, según la norma NTC 5098, la cual indica que el índice máximo para una calidad aceptable en mesófilos, Coliformes y mohos y levaduras es de 50000 UFC/mL, 100 UFC/mL y 1000 UFC/mL respectivamente, para *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus* el nivel máximo es de 200 UFC/mL y el recuento de *Salmonella* sp. y *Listeria monocytogenes* debe ser cero para tener un nivel de buena calidad.

Una vez el producto es sometido a higienización ultravioleta, se observa una disminución significativa en el recuento de todos los microorganismos indicadores. Específicamente, en el recuento de mesófilos se observó una disminución de cuatro ciclos logarítmicos. Por su parte, el recuento de

Coliformes después del proceso de higienización ultravioleta, presento una reducción alrededor de cuatro ciclos logarítmicos en 45 minutos. Por otra parte, para el recuento de mohos y levaduras se evidencio una disminución de cuatro ciclos logarítmicos. Salmonella sp., presentó la mayor reducción (seis ciclos logarítmicos) en 30 minutos. En el caso de Staphylococcus sp., se evidencio una reducción de dos ciclos logarítmicos y logra una concentración <1,00 Log UFC/ml en 30 minutos. De igual forma Bacillus sp., registró una reducción alrededor de cuatro ciclos logarítmicos en 45 minutos para el caudal. Por último, no se detectó Listeria monocytogenes en el producto, ni antes ni después de ser sometido al proceso de higienización ultravioleta. De acuerdo a estos resultados, se observó que la higienización ultravioleta permitió obtener las mayores reducciones en todos los microorganismos, aproximadamente en 60 minutos.

Tabla 3. Parámetros de calidad del producto.

Antes del tratamiento UV	Después del tratamiento UV	Pasteurización	Requerimiento de norma técnica NTC 5098	
5.81 ± 0.40	2.36 ± 0.19	2.95 ± 0.06	4.48 (m)	4.70 (M)
4.38 ± 0.57	1.73 ± 0.35	1.37 ± 0.29	2.00 (m)	3.00 (M)
4.15 ± 0.62	1.94 ± 0.15	<1.00 ± 0.00	1.00 (m)	2.00 (M)
7.68 ± 0.19	<1.00 ± 0.00		- (m)	- (M)
3.13 ± 0.86	<1.00 ± 0.00		2.00 (m)	2.30 (M)
5.12 ± 0.64	1.53 ± 0.29		2.00 (m)	2.30 (M)
<1.00 ± 0.00	<1.00 ± 0.00		- (m)	- (M)
7.064 ± 0.014	7.240 ± 0.028	6.672 ± 0.011	5.1 min	
0.060 ± 0.002	0.026 ± 0.001	0.062 ± 0.047		
6.0 ± 0.2	6.0 ± 0.1	9.6 ± 0.0		
4.429 ± 0.047	4.762 ± 0.032	9.538 ± 0.031		
9.32 ± 0.16	9.35 ± 0.42	9.26 ± 0.11		
27.52 ± 0.26	27.58 ± 0.10	33.75 ± 0.08		
-2.04 ± 0.05	-2.00 ± 0.06	-3.08 ± 0.63		
-1.16 ± 0.06	-3.69 ± 0.04	-0.62 ± 0.03		
1.217 ± 0.015	2.244 ± 0.238	9.046 ± 0.077		

En la tabla 3 se observa que los resultados microbiológicos por el tratamiento UV cumplen requerimientos de norma técnica y son comparables con los obtenidos por pasteurización térmica. Se observó que los parámetros fisicoquímicos no son afectados por el tratamiento y que son más similares al producto inicial para el tratamiento UV que para la pasteurización. Los resultados confirman la preservación de la calidad del producto.

1.7.3 Prueba de higienización y/o esterilización de líquidos opacos como lactosuero.

Higienización de una bebida láctea no fermentada

Una bebida láctea proveniente de una planta de productos lácteos sin el proceso de pasteurización fue sometido al proceso de higienización ultravioleta.

Como se observa en la figura 4, la bebida láctea tomada de la planta sin el proceso de pasteurización, presenta un recuento de los microorganismos indicadores por encima del límite permisible para una calidad aceptable, según la norma NTC 1419. Una vez el producto es sometido a higienización ultravioleta, se observó una disminución en el recuento de mesófilos de aproximadamente cuatro ciclos logarítmicos; El recuento de Coliformes después del proceso de higienización ultravioleta, presento una reducción alrededor de cuatro ciclos logarítmicos. Por otra parte, el recuento de Salmonella sp., presentó la mayor reducción (cinco ciclos logarítmicos).

De acuerdo a estos resultados, se observó que la higienización ultravioleta permitió obtener las mayores reducciones en todos los microorganismos, aproximadamente en 135 minutos, lo anterior permitió definir que el caudal óptimo para obtener las mayores reducciones en un menor tiempo es de 720 L/h y el tiempo mínimo de tratamiento debe ser de 135 minutos.

Tabla 4. Parámetros de calidad de la bebida láctea

	Antes del tratamiento UV	Después del tratamiento UV	Pasteurización	Requerimiento de norma técnica NTC 1419	
Mesophilic bacteria (Log UFC/mL)	7.85 ± 0.43	3.23 ± 0.07	4.88 ± 0.08	4.48 (m)	4.70 (M)
fungi and yeasts (Log UFC/mL)	3.44 ± 0.44	1.57 ± 0.31	< 1.00 ± 0.00		
Coliforms (Log UFC/mL)	5.95 ± 0.29	1.98 ± 0.23	< 1.00 ± 0.00	0.00 (m)	1.00 (M)
Salmonella sp. (Log UFC/mL)	7.46 ± 0.22	2.84 ± 0.14		- (m)	- (M)
pH	6.720 ± 0.002	6.416 ± 0.031	6.349 ± 0.010	6.5 min	6.85 max
Acidity (% lactic acid)	0.105 ± 0.004	0.155 ± 0.004	0.139 ± 0.001		

Soluble solids (°Brix)	16.7 ± 0.1	16.5 ± 0.1	16.0 ± 0.2		
Total solid content (g/L)	15.933 ± 0.163	15.086 ± 0.127	16.265 ± 0.583		
Protein content (mg/mL)	25.53 ± 1.76	26.30 ± 1.34	24.33 ± 1.30		
Color L*	69.75 ± 0.49	65.97 ± 0.11	70.69 ± 0.09		
Color a*	-1.93 ± 0.49	-2.36 ± 0.01	-1.50 ± 0.03		
Color b*	13.39 ± 0.93	2.98 ± 0.03	12.17 ± 0.09		
Viscosity η (mPa·s)	2.494 ± 0.097	2.281 ± 0.081	3.098 ± 0.184		

1.7.4 Prueba de modularidad para diferentes capacidades

Refresco de fruta con inoculación de microorganismos patógenos

Se realizó la higienización de refresco de fruta con inoculación del producto con *E. coli* y con *S. cerevisiae* para simular la condición de contaminación inicial de materia prima y analizar la efectividad de la aplicación de la higienización ultravioleta. Los resultados se muestran en las Tablas 6 y 7.

Tabla 5. Recuento de *E. coli* en el refresco de fruta en los cuatro tratamientos aplicados.

Recuento de <i>E. coli</i> ATCC 25922 en Log(UFC/mL)						
Tiempo	Caudal 720 L/h		Caudal 480 L/h		Caudal 240 L/h	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
0	8,59	0,23	8,64	0,01	7,86	0,50
15	6,99	0,15	6,52	0,30	7,63	0,09
30	6,29	0,51	6,01	0,24	7,51	0,11
45	5,81	0,36	7,19	0,09		
60	5,19	0,19	6,87	0,03		
75	4,53	0,50	4,00	0,00	6,85	0,08
90	3,30					
105	1,15	0,21				
120	<1.00	1,00	0,00	4,61	0,02	

El producto tomado de la planta sin el proceso de pasteurización fue inoculado con *E. coli* a una concentración de 109 UFC/mL y sometido al proceso de higienización ultravioleta usando cuatro caudales diferentes. Para el caudal más altos (720 L/h), se obtuvieron los mejores resultados, mostrando una reducción de siete ciclos logarítmicos aproximadamente en 105 minutos. Mientras que para el caudal 480 L/h, esta reducción se observó a los 120 minutos. Por el contrario, para el caudal más bajo, sólo se obtuvo una

reducción de cuatro ciclos logarítmicos. El índice máximo permisible para un producto de calidad aceptable solo se cumple para los caudales más altos (Tabla 5 y Figura 5).

Tabla 6. Recuento de *S. cerevisiae* en el refresco de fruta en los cuatro tratamientos aplicados.

Recuento de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC 7754 en Log(UFC/mL)								
Tiempo	Caudal 1440 L/h		Caudal 720 L/h		Caudal 480 L/h		Caudal 240 L/h	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
0	5,23	0,40	5,69	0,12	6,30	0,43	5,52	0,07
15	5,24	0,15	5,20	0,35	5,53	0,14	5,26	0,24
30	4,71	0,07	5,48	0,00	5,42	0,16	5,55	0,13
45	2,87	0,11	5,15	0,21	5,15	0,14	5,74	0,30
60	1,77	0,27	4,40	0,46	4,93	0,05	5,31	0,22
75	1,24	0,34	4,16	0,28	4,64	0,09	5,09	0,24
90	1,20	0,17	3,57	0,23	4,21	0,06	4,55	0,06
105	1,15	0,21	3,23	0,14	3,78	0,15	4,43	0,08
120	1,00		2,49	0,27	3,30	0,12	4,38	0,08

El producto tomado de la planta sin el proceso de pasteurización fue inoculado con *S. cerevisiae* a una concentración de 106 UFC/mL y sometido al proceso de higienización ultravioleta usando cuatro caudales diferentes. Los caudales de 720 y 480 L/h presentaron una reducción de cuatro ciclos logarítmicos aproximadamente en 120 minutos. Mientras que, para el caudal más bajo, sólo se observó una disminución de un ciclo logarítmico. En la tabla 7, se presenta el resumen de os resultados obtenidos:

Tabla 7. Recuento de microorganismos en refresco de fruta sometido a higienización ultravioleta.

Microorganismo	Caudal	Refresco de fruta			Requerimiento según norma NTC 3549 para un nivel de calidad aceptable
		Y (Inicial) Log (UFC/ml)	Y (Final) Log (UFC/ml)	Tiempo óptimo (min.)	
Mesófilos	720 L/h	3,02	1,00	90	300 UFC/ml
	80 L/h	2,91	2,09	90	
	280 L/h	2,80	1,70	120	
Mohos y Levaduras	720 L/h	1,00	<1.00	45	100 UFC/ml
	480 L/h	1,00	<1.00	45	
	280 L/h	1,70	<1.00	90	
<i>E. coli</i> ATCC 25922	720 L/h	8,59	<1.00	120	Ausencia
	480 L/h	8,64	1,00	120	
	280 L/h	7,86	4,61	120	

S. cerevisiae ATCC 7754	720 L/h	5,69	2,49	120	100 UFC/ml
	480 L/h	6,3	3,3	120	
	280 L/h	5,52	4,38	120	

1.1.1 Prueba de bajo consumo de energía

El consumo energético medido por unidad de volumen se calculó para el proceso por cada producto y microorganismo y es el parámetro utilizado con mayor relevancia en relación a la disminución de microorganismos debido a que la dosis no es un factor diferenciador pues es igual para cada producto y microorganismos.

Se realizó un cálculo de los costos operativos para el proceso. Los costos operativos son resumidos en la tabla 98. Se comparan con los costos estimados para la pasteurización del lote de 6 Litros de producto.

Tabla 98. Estimación de costos operativos

HIGIENIZACIÓN UV						
Producto	Volumen (L)	Equipo	Tiempo (min)	Consumo (Kwh)	Costo (\$)	Total \$/L
Refresco de mandarina	6	Lampara UV	90	0.167	74.7	\$ 82
		Equipo de refrigeración		0.801	357.9	
		Bomba		0.130	58.1	
Leche saborizada	6	Lampara UV	90	0.167	74.7	\$ 82
		Equipo de refrigeración		0.801	357.9	
		Bomba		0.130	58.1	
lactosuero	6	Lampara UV	75	0.139	62.2	\$ 78
		Equipo de refrigeración		0.801	357.9	
		Bomba		0.108	48.4	
PASTEURIZACIÓN						
Producto	Volumen (L)	Equipo	Tiempo (min)	Consumo (Kwh)	Costo (\$)	Total \$/L
Refresco de mandarina	6	Calentamiento	30	0.564	263.4	\$ 92
		Bomba	60	0.087	38.7	
		Enfriamiento	30	0.564	252.1	
Leche saborizada	6	Calentamiento	30	0.564	263.4	\$ 92
		Bomba	60	0.087	38.7	
		Enfriamiento	30	0.564	252.1	
lactosuero	6	Calentamiento	30	0.564	263.4	\$ 92
		Bomba	60	0.087	38.7	
		Enfriamiento	30	0.564	252.1	

Para los lotes procesados de 6 Litros, el costo es de 82 \$/L en UV y 92 \$/L para pasteurización. El costo del UV considera una eficiencia del ciclo de

refrigeración del 40% y una eficiencia térmica de la pasteurización del 100%. Estos costos son dependientes del equipo, la escala de producción, la posibilidad de regeneración energética, entre otros factores. Los resultados muestran que la higienización UV tiene costos competitivos con la pasteurización.

Capítulo descriptivo en limpio.

Dispositivo modular de higienización mediante luz ultravioleta

1. Descripción

1.1 Sector Tecnológico

La presente invención se relaciona con el sector de la Ingeniería Mecánica, específicamente con el desarrollo de nuevos instrumentos, dispositivos y/o métodos para tratar agua y alimentos para consumo humano, con el objetivo de eliminar y/o reducir microorganismos patógenos en los productos. La presente invención también corresponde a un sistema de desinfección de alimentos y/o aguas mediante radiación ultravioleta.

1.2. Estado del Arte Previo

El uso de luz ultravioleta (UV) está altamente establecido para el tratamiento de aguas, desinfección de aire y superficies contaminadas. Por otro lado, la desinfección y/o esterilización de alimentos y bebidas para consumo humano, se realiza mediante la combinación de tratamientos químicos, físicos y mecánicos.

Aunque los tratamientos químicos logran eliminar los microorganismos patógenos, existe una reacción negativa del público en general sobre el uso de éstos en alimentos y/o bebidas debido a posibles daños en las propiedades organolépticas de los productos, además de temer a intoxicaciones. Es por esta razón, que los tratamientos físicos se han tornado una excelente opción para desinfectar y/o esterilizar alimentos y bebidas, ya que no causan efectos adversos en los humanos. Tratamientos físicos y mecánicos como la filtración, centrifugación, procesos térmicos como la pasteurización, y la luz ultravioleta, se han convertido en un objetivo para mejorar y reemplazar procesos químicos.

Uno de los procesos mayormente utilizados en bebidas lácteas es la pasteurización, pues logra eliminar los microorganismos patógenos en su totalidad. Sin embargo, luego de la popularidad del uso de probióticos y prebióticos en bebidas como el yogurt para aumentar la microbiota del sistema digestivo, la pasteurización se ha convertido en un problema para la industria láctea. Pues elimina tanto a los microorganismos patógenos como a los

microorganismos probióticos, de esta manera perdiendo las propiedades benéficas de este tipo de productos lácteos.

Debido a lo mencionado anteriormente, la radiación UV como método de conservación física, ha empezado a tener en los últimos años una imagen positiva de los consumidores. De hecho, nuevos estudios se están enfocando en desarrollar y mejorar dispositivos y procesos asociados a la desinfección/esterilización con radiación UV. Es más, en el año 2000, la FDA aprobó la luz UV como tratamiento alternativo a la pasteurización térmica de bebidas.

Actualmente existen varios estudios que ofrecen dispositivos y métodos para la desinfección y esterilización de alimentos, bebidas y para tratamiento de aguas. Estudios como la patente US5368826, proporcionan un aparato de control que coordina las operaciones de un sistema de desinfección de aguas residuales con luz UV. Los módulos utilizados en el mismo, permiten un menor número de reemplazos de lámparas, menor necesidad de personal, una mínima supervisión y mantenimiento, y un consumo eléctrico reducido. Esto se debe a varias características que comprende el aparato, como por ejemplo la cantidad de lámparas que pueden estar en un solo módulo, pues cada módulo tiene uno o más bancos de lámparas de luz UV. Asimismo, incluye uno o más centros de distribución de datos conectados a los módulos, e interfaces de datos conectados a los mismos, lo cual permite un seguimiento continuo del proceso. También, el aparato contiene uno o más conjuntos de control para el funcionamiento de las lámparas, que recopilan los datos que éstas emiten. Por último, comprende otro conjunto de control para leer y almacenar los datos que se conectan a un ordenador para transmitir y recibir la información de todo el aparato.

El uso de dispositivos modulares para la esterilización como en la patente CN203653295, se han convertido en una excelente opción debido a que su diseño modular, permite el ahorro de tiempo durante el montaje y el mantenimiento del equipo, lo cual mejora la eficiencia de la esterilización. El nuevo dispositivo modular comprende una cavidad con cuatro dispositivos sellados con lámparas ultravioleta al interior de éstos. Las lámparas están dispuestas de manera paralela y uniforme y están conectadas a una fuente de potencia. Sin embargo, no tienen un sistema automatizado que controle el

proceso de esterilización, lo cual implica un personal que realice un seguimiento continuo, y por lo tanto estar propensos a errores no detectados, como en cambios en el flujo y la presión adecuada. Asimismo, es un equipo que sirve para bebidas líquidas, más no bebidas con mayor densidad, como es la leche o lactosuero, pues el reducido número de lámparas podría impedir una buena esterilización en este tipo de productos.

Otro equipos modulares con mayor capacidad como el de la patente US2008224066, logran esterilizar con luz UV líquidos claros y opacos, incluidas aguas residuales, jugos, salsas y similares. El dispositivo comprende una cámara de tratamiento y una fuente de radiación, con una o más lámparas UV dispuestas en proximidad. Las lámparas se encuentran en unidades de iluminación modulares, adyacentes a la cámara de tratamiento. La cámara de tratamiento, mediante unos tubos proporciona un flujo paralelo o en serie. Asimismo, contienen un mezclador estático que permite el desplazamiento del líquido en espiral a través de un anillo, y un dispositivo enfriador para el líquido. El sistema de esterilización, permite mayor eficiencia debido a que existe la posibilidad de cambiar el flujo tanto en serie como paralelamente. Además, es un sistema robusto que logra soportar diferentes presiones y flujos. El hecho que tenga unidades de iluminación modulares facilita el manejo y el repuesto de los componentes y lámparas. Sin embargo, se observa que no contiene válvulas o un elemento similar que proporcione la recirculación de los fluidos, lo cual es esencial para una correcta esterilización de líquidos, en especial opacos. Por otra parte, no comprende un sistema automatizado para control de las condiciones del equipo.

Uno de los problemas que más se observan en dispositivos y procesos de desinfección con radiación UV es mantener la dosis deseada en cada momento del proceso, es decir mantener un flujo continuo. Pues, ocurre que la tasa del flujo y la presión del efluente puede variar en ocasiones, dejando períodos de tiempo sin las dosis correcta. En este sentido, la patente US6264836, proporciona un sistema basado en radiación UV para desinfección de aguas, el cual tiene la capacidad de ajustar y regular la potencia de salida de los reactores en un intervalo de tiempo amplio, de manera que se ajuste el caudal del afluente en respuesta a dicha retroalimentación en el instante que se requiera. Lo anterior, se debe a que el

dispositivo comprende un elemento automático que bombea constantemente el fluido y que controla así mismo la potencia de la luz UV; así permitiendo diferentes intensidades de luz UV, de modo que se produzca la descarga del fluido deseada por el operador. El control del proceso está configurado sobre un bucle de control de retroalimentación, lo que permite vigilar el buen funcionamiento del proceso de esterilización.

Otro de los retos que tienen los equipos y procesos para la desinfección y/o esterilización mediante radiación UV, es la penetración de la luz en bebidas que tienen una alta densidad o que contienen pequeños elementos sólidos. Por ejemplo, para tratar jugos de frutas o bebidas lácteas. Como la luz UV no llega a una penetración profunda de tales productos, estudios como el *Cryoconcentration technology in the bio-food industry: Principles and applications* de Aider & Halleux, 2009, muestran los cambios que se han realizado en varios equipos y las modificaciones en sus metodología para suplir la necesidad de penetración con radiación UV. Aumento en el número de lámparas UV, cambios en el diámetro de los tubos por donde pasa el fluido, aumento en el número de recirculaciones de los fluidos, la aplicación de movimientos turbulentos en el flujo o la rotación de los tubos, y la mezcla de la radiación UV con otros tratamientos químicos o físicos, son algunas de las aproximaciones para mejorar la esterilización de fluidos y contrarrestar el problema de la penetración de la UV en éstos. La patente WO0137675, describe un dispositivo y un método para la esterilización de líquidos turbios, en especial la leche, donde es difícil la penetración de la radiación UV. Para esto, el tubo del dispositivo por donde pasan los fluidos, contiene una funda con protuberancias o ranuras en espiral en la parte interna, para generar pequeñas turbulencias en el líquido que fluye y así asegurar que la luz UV que penetra llegue a diferentes puntos y así lograr una esterilización completa.

1.3 Descripción de la Invención

La presente invención se refiere al desarrollo de un dispositivo de higienización y/o esterilización de fluidos mediante radiación ultravioleta. El dispositivo es modular, lo que permite que se pueda adecuar según la capacidad que se requiera y además facilita el manejo del equipo y su mantenimiento, ahorrando tiempo durante la preparación y luego de usado.

La presente invención se refiere específicamente a un aparato modular de uso industrial, que comprende un recipiente refrigerado (I) que contiene el fluido, y mantiene la temperatura baja para preservar el producto durante el proceso de higienización. Asimismo, los fluidos que salen desde el recipiente refrigerado (I) llegan a los módulos con tubos en serie (II) a través de unas mangueras que los conectan y en donde el sistema de válvulas (V) está presente para la recirculación y entrega del producto conforme a las especificaciones. En la misma invención, los módulos con tubos en serie (II) son uno de los elementos que le permiten al sistema ser modular, pues se pueden utilizar entre 3 y 48 módulos, y con tubos de hasta 960, según la capacidad que se requiera durante el proceso industrial; por ejemplo, un equipo pequeño puede tener 3 módulos cada uno con 22 tubos es decir 67 tubos y un equipo más grande y de mayor capacidad estaría comprendido por 48 módulos cada uno con 20 tubos, para un total de 960 tubos. Los tubos utilizados en los módulos pueden ser lisos o labrados, se colocan en serie y pueden estar posicionados de manera horizontal o vertical. Asimismo, pueden ser tubos de cuarzo. Al interior de los tubos se encuentran las lámparas de luz UV, las cuales son tubulares y mediante su irradiación eliminar la contaminación en los fluidos. En la presente invención, los intercambiadores de calor (III) al igual que los módulos de tubos (II) ofrecen la modularidad que se requiera para el dispositivo de higienización y/o esterilización, pues su cantidad depende del número de módulos que se utilicen. Los intercambiadores de calor (III) pueden ser de contacto directo con los fluidos o indirecto sin contacto o pueden ser intercambiadores de superficie, en donde pueden ser utilizados los de placas o de tubos.

De manera general, la presente invención comprende un artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), que pueden ser de tipo trifásicos, los cuales permiten que los fluidos tengan la presión suficiente para recorrer todo el sistema. Asimismo, se encuentra conectado entre el recipiente refrigerado (I) y los módulos de tubos en serie (II), y está rodeado de dos válvulas del sistema automatizado (V) para entrada y salida del producto.

En esta misma invención, el tanque de almacenamiento del producto final (VI), se encuentra conectado al recipiente refrigerado (I) y a los intercambiadores de calor (III), unidos mediante mangueras con las válvulas correspondientes.

En su aspecto más general, la invención logra reunir y asociar la configuración específica de los elementos técnicos a ventajas específicas probadas, como es el caso de la cantidad de módulos que el dispositivo puede tener, ofreciéndole una robustez y una alta capacidad para ser utilizado en procesos industriales con una mayor facilidad de uso y adaptación. Asimismo, contiene un sistema automatizado de válvulas que, en conjunto con las otras características del dispositivo, provee un sistema seguro, en el que se regulan las condiciones de recirculación y entrega del producto; así, asegurando un flujo constante y regulando las condiciones según el producto que se dese esterilizar.

Descripción de elementos técnicos relacionados:

- I) Recipiente refrigerado de contención de fluido conectado con mangueras a módulos de tubos en serie en una proporción de tanque refrigerado (I) a módulos de tubos en serie (II) de 1:3 hasta 1:48
- II) Tubos lisos o labrados en serie posicionados horizontal y/o verticalmente que conforman módulos de tubos en serie en una proporción de al menos 3:67 hasta 48:960; dichos tubos contienen lámparas UV tubulares internas con una potencia de 30 W;
- III) Intercambiador de calor intermedio en una proporción 1:1 con los módulos de tubos en serie;
- IV) Artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables, conectado entre el intercambiador de calor y los módulos de tubos en serie;
- V) Sistema automatizado de válvulas para recirculación y entrega de producto conforme.
- VI) Tanque de almacenamiento de producto final.

1.4 Descripción de los Dibujos

Figura 1. Dispositivo modular de higienización con UV. I) Recipiente refrigerado de contención de fluido conectado; II) módulos de tubos en serie con contienen lámparas UV tubulares internas; III) Intercambiador de calor intermedio; IV) artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables; V) sistema automatizado de válvulas para recirculación y entrega de producto y VI) tanque de almacenamiento de producto final.

Figura 2. Dispositivo de la invención en un acoplamiento de 3 módulos de tubos en serie, 66 tubos, capacidad 100 L/h.

Figura 3. Recuento de microorganismos presentes en el lactosuero sometido a higienización en el dispositivo de la invención.

Figura 4. Recuento de microorganismos en bebida láctea sometida a higienización ultravioleta en el dispositivo de la invención.

Figura 5. Recuento de E. coli a los cuatro caudales evaluados con el dispositivo de la invención.

Figura 6. Recuento de S. cerevisiae a los cuatro caudales evaluados con el dispositivo de la invención.

1.5 Descripción detallada

La presente invención se relaciona con un dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta, que contiene: Recipiente refrigerado (I), Tubos que conforman módulos de tubos (II), Intercambiador de calor (III), Artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), Sistema automatizado de válvulas (V) y un tanque de almacenamiento del producto (VI). Preferentemente, el dispositivo de la presente invención contiene un recipiente refrigerado (I) que contiene el fluido y el cual está conectado con mangueras a módulos de tubos en serie (II), en una proporción de tanque refrigerado (I) a módulos de tubos en serie (II) de 1:3 hasta 1:48. Es por el recipiente refrigerado (I) por donde ingresa el fluido para ser enfriado y no se altere su calidad microbiológica.

En la presente invención de manera preferente, los módulos de tubos (II) comprenden tubos en serie en una proporción de al menos 3:67 hasta 48:960 con los módulos de tubos. Asimismo, tienen la particularidad de ser modulares y ajustarse según las necesidades industriales requeridas. Los tubos en serie pueden ser lisos o labrados, posicionados horizontal y/o verticalmente, y de cuarzo, en donde interiormente comprenden lámparas UV tubulares.

Específicamente, la presente invención comprende intercambiadores de calor (III), los cuales están conectados en una proporción 1:1 con los módulos de tubos en serie (II), pero a su vez se conectan a través de mangueras con el recipiente refrigerante (I) y el tanque de almacenamiento (VI). Asimismo, pueden ser de

contacto directo o no con los fluidos o pueden ser intercambiadores de superficie, en donde pueden ser utilizados los de placas o de tubos.

En este mismo aspecto de la presente invención, el artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV) son de tipo trifásico, además, su cantidad varía según la capacidad que se requiera durante un proceso industrial. Se puede utilizar únicamente uno de estos 3 sistemas de bombeo o combinarlos.

En la presente invención de manera preferente, el sistema automatizado de válvulas (V) se encuentra sujeto a mangueras que conectan al recipiente refrigerado (I) con los módulos de tubos en serie (II), al recipiente refrigerado (I) con los intercambiadores de calor (III) y al tanque de almacenamiento (VI) con éstos últimos. Asimismo, su función de abrir y cerrar el flujo es automatizado lo que provee de mayor seguridad a todo el dispositivo de higienización y/o esterilización.

De manera preferente, el tanque de almacenamiento (VI), es un único tanque en donde sus dimensiones varían según la cantidad de producto a esterilizar y el cual mantiene las condiciones óptimas para que el producto final sea depositado. Al igual, éste se encuentra conectado tanto al recipiente de refrigeración (I) como a los intercambiadores de calor (III).

1.6 Modalidades preferidas

En la modalidad preferida de la presente invención, el dispositivo modular de higienización y/o esterilización de luz ultravioleta, comprende: un Recipiente refrigerado (I), Tubos que conforman módulos de tubos (II), Intercambiador de calor (III), Artefacto de bombeo, centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), Sistema automatizado de válvulas (V) y un tanque de almacenamiento del producto (VI). En la modalidad preferida de la presente invención, el recipiente refrigerado (I) contiene el fluido y está conectado con mangueras a los módulos de tubos en serie (II), en una proporción de 1:1 En donde los módulos de tubos de manera preferida están en una proporción de 1:22 con los tubos, los cuales son labrados y están en serie, y dispuestos horizontalmente. Preferiblemente, dichos tubos contienen lámparas UV tubulares internas con una potencia de 30 W.

En la modalidad preferida de la presente invención, el intercambiador de calor intermedio (III), está en una proporción 1:1 con los módulos de tubos en serie (II).

En la modalidad preferida de la presente invención, el artefacto de bombeo, puede se una centrífuga o lóbulos intercambiables (IV), conectados entre el intercambiador de calor (III) y los módulos de tubos en serie (II).

En la modalidad preferida de la presente invención, el sistema automatizado de válvulas (V) para recirculación y entrega de producto conforme comprende entre 4 a 8 válvulas por módulo de tubos en serie (II).

1.7 Ejemplos

1.7.1 Realización práctica de la invención

Higienización de refresco de fruta Refresco de fruta sin pasteurización fue tratado en el prototipo de higienización ultravioleta para evaluar la reducción en carga microbiana y verificar el cumplimiento de normatividad exigida para el producto en lo referente a mesófilos, hongos y levaduras y Coliformes. Los resultados se presentan en la Tabla 1. Se manejó un caudal de 720 L/h y un tiempo de proceso de 60 minutos para una dosis de 1414 KJ/m². Se evaluó el efecto de la tecnología sobre parámetros microbiológicos, pH, acidez, sólidos solubles, sólidos totales, color y viscosidad. Se compararon los resultados con un tratamiento de pasteurización estándar realizado a 63°C por 30 minutos. Los resultados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Efecto del tratamiento UV en parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de refresco de fruta.

	Antes del tratamiento UV	Después del tratamiento UV	Pasteurización	Requerimiento de norma técnica NTC 3549
Mesofilos (Log UFC/mL)	2.91 ± 0.11	1.29 ± 0.40	0.25 ± 0.50	2.00 - 2.48
Hongos y levaduras (Log UFC/mL)	1.23 ± 0.40	< 1.00 ± 0.00	< 1.00 ± 0.00	1.00 - 2.00
Coliformes (Log UFC/mL)	< 1.00 ± 0.00	< 1.00 ± 0.00	< 1.00 ± 0.00	< 1.00
pH	4.024 ± 0.028	3.805 ± 0.006	3.838 ± 0.023	4.6 max
Aciditez (% ácido cítrico)	0.276 ± 0.016	0.259 ± 0.003	0.274 ± 0.008	0.1 min
Sólidos solubles	8.4 ± 0.1	8.1 ± 0.1	8.2 ± 0.0	13 max

(°Brix)				
Solidos totales (g/L)	7.921 ± 0.064	7.713 ± 0.077	7.922 ± 0.022	
Color L*	14.77 ± 0.11	13.58 ± 0.07	12.18 ± 0.11	
Color a*	6.90 ± 0.21	6.28 ± 0.14	8.01 ± 0.04	
Color b*	10.07 ± 0.10	11.51 ± 0.14	12.15 ± 0.17	
Viscosidad η (mPa·s)	13.219 ± 0.085	6.618 ± 0.124	9.042 ± 0.077	

En la tabla se observa que los resultados microbiológicos por el tratamiento UV cumplen requerimientos de norma técnica y son comparables con los obtenidos por pasteurización térmica. Se observó que los parámetros fisicoquímicos no son afectados por el tratamiento y que son más similares al producto inicial para el tratamiento UV que para la pasteurización. Los resultados confirman la preservación de la calidad del producto.

Se realizó un panel sensorial con panel entrenado certificado para evaluar posibles cambios sensoriales del producto higienizado con ultravioleta en comparación con el pasteurizado. Los resultados se presentan en la tabla 2. A continuación, se presentan los perfiles sensoriales por aproximación para los tres productos evaluados junto con los diagramas de red. En la tabla 2 se puede observar los resultados de análisis sensorial de refresco de fruta.

Tabla 2. Resultados de análisis sensorial de refresco de fruta

DESCRIPTORES	Antes del tratamiento	Después del tratamiento UV
Apariencia	APARIENCIA	
A. Brillo	4,0	4,0
A. Homogeneidad en la superficie	4,3	4,0
Olor	OLOR	
O. Acido	2,9	2,9
O. Dulce	2,3	2,2
O. Artificial	2,7	2,8
O. Mandarina	2,8	2,8
O. Cítrico	2,8	2,6*
O. Químico	1,8	1,8
O. Fresco	3,7	3,3
Sabor	SABOR	
S. Acido	3,0	2,8
S. Dulce	2,5	2,7
S. Cítrico	3,3	2,9

S. Frutal	3,1	2,8
S. Mandarina	3,6	3,0
S. Artificial	2,4	2,6
S. Salino	1,0	1,2
. Químico	1,8	1,8
S. Plástico	1,2	1,8
S. Fresco	3,5	3,1
S. Aceitoso	1,1	1,2
S. Amargo	1,9	1,9
SS. Astringente	2,5	2,4
SS. Picante	1,9	2,0
T. Denso	2,4	2,0
Calidad General	2,1	1,7

Convenciones: A. (Apariencia), O. (Olor), S. (Sabor) SS. (Sensación somato sensorial) T. (Textura). Los valores resaltados en color verde, son las mayores intensidades para cada descriptor.

Como se puede observar en la tabla 1, la mayoría de los parámetros sensoriales evaluados presentan valores muy similares a los atributos del refresco de mandarina antes del tratamiento UV.

1.7.2 Prueba de higienización y/o esterilización de líquidos claros.

Higienización lactosuero

Lactosuero tomado de una industria láctea sin el proceso de pasteurización fue sometido al proceso de higienización ultravioleta a un caudal de 720 L/h y fue analizado microbiológica y fisicoquímicamente.

Como se observa en la tabla 7, el lactosuero tomado de la planta, presenta un recuento de los microorganismos indicadores por encima del límite permisible para una calidad aceptable, según la norma NTC 5098, la cual indica que el índice máximo para una calidad aceptable en mesófilos, Coliformes y mohos y levaduras es de 50000 UFC/mL, 100 UFC/mL y 1000 UFC/mL respectivamente, para *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus* el nivel máximo es de 200 UFC/mL y el recuento de *Salmonella* sp. y *Listeria monocytogenes* debe ser cero para tener un nivel de buena calidad.

Una vez el producto es sometido a higienización ultravioleta, se observa una disminución significativa en el recuento de todos los microorganismos indicadores. Específicamente, en el recuento de mesófilos se observó una disminución de cuatro ciclos logarítmicos. Por su parte, el recuento de Coliformes después del proceso de higienización ultravioleta, presento una reducción alrededor de cuatro ciclos logarítmicos en 45 minutos. Por otra

parte, para el recuento de mohos y levaduras se evidencio una disminuci3n de cuatro ciclos logaritmicos. Salmonella sp., present3 la mayor reducci3n (seis ciclos logaritmicos) en 30 minutos. En el caso de Staphylococcus sp., se evidencio una reducci3n de dos ciclos logaritmicos y logra una concentraci3n <1,00 Log UFC/ml en 30 minutos. De igual forma Bacillus sp., registr3 una reducci3n alrededor de cuatro ciclos logaritmicos en 45 minutos para el caudal. Por 3ltimo, no se detect3 Listeria monocytogenes en el producto, ni antes ni despu3s de ser sometido al proceso de higienizaci3n ultravioleta. De acuerdo a estos resultados, se observ3 que la higienizaci3n ultravioleta permiti3 obtener las mayores reducciones en todos los microorganismos, aproximadamente en 60 minutos.

Tabla 3. Par3metros de calidad del producto.

Antes del tratamiento UV	Despu3s del tratamiento UV	Pasteurizaci3n	Requerimiento de norma t3cnica NTC 5098	
5.81 ± 0.40	2.36 ± 0.19	2.95 ± 0.06	4.48 (m)	4.70 (M)
4.38 ± 0.57	1.73 ± 0.35	1.37 ± 0.29	2.00 (m)	3.00 (M)
4.15 ± 0.62	1.94 ± 0.15	<1.00 ± 0.00	1.00 (m)	2.00 (M)
7.68 ± 0.19	<1.00 ± 0.00		- (m)	- (M)
3.13 ± 0.86	<1.00 ± 0.00		2.00 (m)	2.30 (M)
5.12 ± 0.64	1.53 ± 0.29		2.00 (m)	2.30 (M)
<1.00 ± 0.00	<1.00 ± 0.00		- (m)	- (M)
7.064 ± 0.014	7.240 ± 0.028	6.672 ± 0.011	5.1 min	
0.060 ± 0.002	0.026 ± 0.001	0.062 ± 0.047		
6.0 ± 0.2	6.0 ± 0.1	9.6 ± 0.0		
4.429 ± 0.047	4.762 ± 0.032	9.538 ± 0.031		
9.32 ± 0.16	9.35 ± 0.42	9.26 ± 0.11		
27.52 ± 0.26	27.58 ± 0.10	33.75 ± 0.08		
-2.04 ± 0.05	-2.00 ± 0.06	-3.08 ± 0.63		
-1.16 ± 0.06	-3.69 ± 0.04	-0.62 ± 0.03		
1.217 ± 0.015	2.244 ± 0.238	9.046 ± 0.077		

En la tabla 3 se observa que los resultados microbiol3gicos por el tratamiento UV cumplen requerimientos de norma t3cnica y son comparables con los obtenidos por pasteurizaci3n t3rmica. Se observ3 que los par3metros

fisicoquímicos no son afectados por el tratamiento y que son más similares al producto inicial para el tratamiento UV que para la pasteurización. Los resultados confirman la preservación de la calidad del producto.

1.7.3 Prueba de higienización y/o esterilización de líquidos opacos como lactosuero.

Higienización de una bebida láctea no fermentada

Una bebida láctea proveniente de una planta de productos lácteos sin el proceso de pasteurización fue sometido al proceso de higienización ultravioleta.

Como se observa en la figura 4, la bebida láctea tomada de la planta sin el proceso de pasteurización, presenta un recuento de los microorganismos indicadores por encima del límite permisible para una calidad aceptable, según la norma NTC 1419. Una vez el producto es sometido a higienización ultravioleta, se observó una disminución en el recuento de mesófilos de aproximadamente cuatro ciclos logarítmicos; El recuento de Coliformes después del proceso de higienización ultravioleta, presento una reducción alrededor de cuatro ciclos logarítmicos. Por otra parte, el recuento de Salmonella sp., presentó la mayor reducción (cinco ciclos logarítmicos).

De acuerdo a estos resultados, se observó que la higienización ultravioleta permitió obtener las mayores reducciones en todos los microorganismos, aproximadamente en 135 minutos, lo anterior permitió definir que el caudal óptimo para obtener las mayores reducciones en un menor tiempo es de 720 L/h y el tiempo mínimo de tratamiento debe ser de 135 minutos.

Tabla 4. Parámetros de calidad de la bebida láctea

	Antes del tratamiento UV	Después del tratamiento UV	Pasteurización	Requerimiento de norma técnica NTC 1419	
Mesophilic bacteria (Log UFC/mL)	7.85 ± 0.43	3.23 ± 0.07	4.88 ± 0.08	4.48 (m)	4.70 (M)
fungi and yeasts (Log UFC/mL)	3.44 ± 0.44	1.57 ± 0.31	< 1.00 ± 0.00		
Coliforms (Log UFC/mL)	5.95 ± 0.29	1.98 ± 0.23	< 1.00 ± 0.00	0.00 (m)	1.00 (M)

Salmonella sp. (Log UFC/mL)	7.46 ± 0.22	2.84 ± 0.14		- (m)	- (M)
pH	6.720 ± 0.002	6.416 ± 0.031	6.349 ± 0.010	6.5 min	6.85 max
Acidity (% lactic acid)	0.105 ± 0.004	0.155 ± 0.004	0.139 ± 0.001		
Soluble solids (°Brix)	16.7 ± 0.1	16.5 ± 0.1	16.0 ± 0.2		
Total solid content (g/L)	15.933 ± 0.163	15.086 ± 0.127	16.265 ± 0.583		
Protein content (mg/mL)	25.53 ± 1.76	26.30 ± 1.34	24.33 ± 1.30		
Color L*	69.75 ± 0.49	65.97 ± 0.11	70.69 ± 0.09		
Color a*	-1.93 ± 0.49	-2.36 ± 0.01	-1.50 ± 0.03		
Color b*	13.39 ± 0.93	2.98 ± 0.03	12.17 ± 0.09		
Viscosity η (mPa·s)	2.494 ± 0.097	2.281 ± 0.081	3.098 ± 0.184		

1.7.4 Prueba de modularidad para diferentes capacidades

Refresco de fruta con inoculación de microorganismos patógenos

Se realizó la higienización de refresco de fruta con inoculación del producto con *E. coli* y con *S. cerevisiae* para simular la condición de contaminación inicial de materia prima y analizar la efectividad de la aplicación de la higienización ultravioleta. Los resultados se muestran en las Tablas 6 y 7.

Tabla 5. Recuento de *E. coli* en el refresco de fruta en los cuatro tratamientos aplicados.

Recuento de <i>E. coli</i> ATCC 25922 en Log(UFC/mL)						
Tiempo	Caudal 720 L/h		Caudal 480 L/h		Caudal 240 L/h	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
0	8,59	0,23	8,64	0,01	7,86	0,50
15	6,99	0,15	6,52	0,30	7,63	0,09
30	6,29	0,51	6,01	0,24	7,51	0,11
45	5,81	0,36	7,19	0,09		
60	5,19	0,19	6,87	0,03		
75	4,53	0,50	4,00	0,00	6,85	0,08
90	3,30					
105	1,15	0,21				
120	<1.00	1,00	0,00	4,61	0,02	

El producto tomado de la planta sin el proceso de pasteurización fue inoculado con *E. coli* a una concentración de 109 UFC/mL y sometido al proceso de

higienización ultravioleta usando cuatro caudales diferentes. Para el caudal más altos (720 L/h), se obtuvieron los mejores resultados, mostrando una reducción de siete ciclos logarítmicos aproximadamente en 105 minutos. Mientras que para el caudal 480 L/h, esta reducción se observó a los 120 minutos. Por el contrario, para el caudal más bajo, sólo se obtuvo una reducción de cuatro ciclos logarítmicos. El índice máximo permisible para un producto de calidad aceptable solo se cumple para los caudales más altos (Tabla 5 y Figura 5).

Tabla 6. Recuento de *S. cerevisiae* en el refresco de fruta en los cuatro tratamientos aplicados.

Recuento de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC 7754 en Log(UFC/mL)								
Tiempo	Caudal 1440 L/h		Caudal 720 L/h		Caudal 480 L/h		Caudal 240 L/h	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
0	5,23	0,40	5,69	0,12	6,30	0,43	5,52	0,07
15	5,24	0,15	5,20	0,35	5,53	0,14	5,26	0,24
30	4,71	0,07	5,48	0,00	5,42	0,16	5,55	0,13
45	2,87	0,11	5,15	0,21	5,15	0,14	5,74	0,30
60	1,77	0,27	4,40	0,46	4,93	0,05	5,31	0,22
75	1,24	0,34	4,16	0,28	4,64	0,09	5,09	0,24
90	1,20	0,17	3,57	0,23	4,21	0,06	4,55	0,06
105	1,15	0,21	3,23	0,14	3,78	0,15	4,43	0,08
120	1,00		2,49	0,27	3,30	0,12	4,38	0,08

El producto tomado de la planta sin el proceso de pasteurización fue inoculado con *S. cerevisiae* a una concentración de 106 UFC/mL y sometido al proceso de higienización ultravioleta usando cuatro caudales diferentes. Los caudales de 720 y 480 L/h presentaron una reducción de cuatro ciclos logarítmicos aproximadamente en 120 minutos. Mientras que, para el caudal más bajo, sólo se observó una disminución de un ciclo logarítmico. En la tabla 7, se presenta el resumen de os resultados obtenidos:

Tabla 7. Recuento de microorganismos en refresco de fruta sometido a higienización ultravioleta.

Microorganismo	Caudal	Refresco de fruta			Requerimiento según norma NTC 3549 para un nivel de calidad aceptable
		Y (Inicial) Log (UFC/ml)	Y (Final) Log (UFC/ml)	Tiempo óptimo (min.)	
Mesófilos	720 L/h	3,02	1,00	90	300 UFC/ml
	80 L/h	2,91	2,09	90	
	280 L/h	2,80	1,70	120	
Mohos y Levaduras	720 L/h	1,00	<1.00	45	100 UFC/ml
	480 L/h	1,00	<1.00	45	
	280 L/h	1,70	<1.00	90	
	720 L/h	8,59	<1.00	120	Ausencia

E. coli ATCC 25922	480 L/h	8,64	1,00	120	100 UFC/ml
	280 L/h	7,86	4,61	120	
S. cerevisiae ATCC 7754	720 L/h	5,69	2,49	120	
	480 L/h	6,3	3,3	120	
	280 L/h	5,52	4,38	120	

1.1.1 Prueba de bajo consumo de energía

El consumo energético medido por unidad de volumen se calculó para el proceso por cada producto y microorganismo y es el parámetro utilizado con mayor relevancia en relación a la disminución de microorganismos debido a que la dosis no es un factor diferenciador pues es igual para cada producto y microorganismos.

Se realizó un cálculo de los costos operativos para el proceso. Los costos operativos son resumidos en la tabla 98. Se comparan con los costos estimados para la pasteurización del lote de 6 Litros de producto.

Tabla 98. Estimación de costos operativos

HIGIENIZACIÓN UV						
Producto	Volumen (L)	Equipo	Tiempo (min)	Consumo (Kwh)	Costo (\$)	Total \$/L
Refresco de mandarina	6	Lampara UV	90	0.167	74.7	\$ 82
		Equipo de refrigeración		0.801	357.9	
		Bomba		0.130	58.1	
Leche saborizada	6	Lampara UV	90	0.167	74.7	\$ 82
		Equipo de refrigeración		0.801	357.9	
		Bomba		0.130	58.1	
lactosuero	6	Lampara UV	75	0.139	62.2	\$ 78
		Equipo de refrigeración		0.801	357.9	
		Bomba		0.108	48.4	
PASTEURIZACIÓN						
Producto	Volumen (L)	Equipo	Tiempo (min)	Consumo (Kwh)	Costo (\$)	Total \$/L
Refresco de mandarina	6	Calentamiento	30	0.564	263.4	\$ 92
		Bomba	60	0.087	38.7	
		Enfriamiento	30	0.564	252.1	
Leche saborizada	6	Calentamiento	30	0.564	263.4	\$ 92
		Bomba	60	0.087	38.7	
		Enfriamiento	30	0.564	252.1	
lactosuero	6	Calentamiento	30	0.564	263.4	\$ 92
		Bomba	60	0.087	38.7	
		Enfriamiento	30	0.564	252.1	

Para los lotes procesados de 6 Litros, el costo es de 82 \$/L en UV y 92 \$/L para pasteurización. El costo del UV considera una eficiencia del ciclo de refrigeración del 40% y una eficiencia térmica de la pasteurización del 100%. Estos costos son dependientes del equipo, la escala de producción, la

posibilidad de regeneración energética, entre otros factores. Los resultados muestran que la higienización UV tiene costos competitivos con la pasteurización.

Nueva figura 1 y 2

FIGURA 1

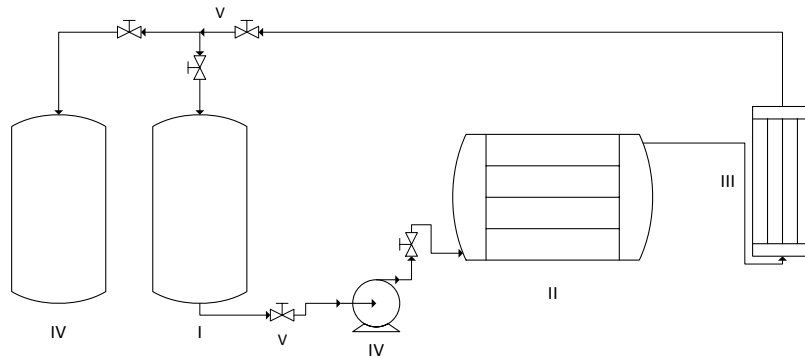


FIGURA 2

