PATENTE DE MODELO DE UTILIDAD

TÍTULO: **FOTOBIORREACTOR TIPO COLUMNA DE BURBUJEO CON RECIRCULACIÓN INTERNA PARA LA FIJACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO.**

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

CAMPO DE LA INVENCIÓN

Esta invención se refiere a un equipo fotobiorreactor tipo columna de burbujeo con recirculación interna que incluye un circuito de recirculación de gas con un venturi para la generación de microburbujas para la fijación de dióxido de carbono.

El campo de la presente invención consiste en un fotobiorreactor tipo columna modificada, que permite la recirculación interna del CO_2 y posterior generación de microburbujas, optimizando la transferencia de masa de la fase líquida a la fase gaseosa, lo que mejora la cantidad de CO_2 disuelto en el medio para el aprovechamiento por parte de las microalgas en la fotosíntesis. La generación de microburbujas según la invención se basa en el aprovechamiento de la succión por una configuración de recirculación interna que incluye un circuito de recirculación de gas con un venturi para la generación de microburbujas para hacer circular el gas más de una vez a través del líquido. Gracias a la configuración de recirculación interna que incluye un paso tipo venturi, el gas es succionado y entregado al fondo de la columna en forma de microburbujas, que

ascienden a través del líquido retornando a la cabeza libre del fotobiorreactor sin la necesidad de suministro de gas. Tan pronto como el gas vuelve a la cabeza libre, queda disponible para ser succionado nuevamente, por lo que el paso del gas a través del líquido puede circular veces consecutivas. El número de recirculaciones depende de la relación entre el flujo de succión del venturi y el flujo de alimentación del gas al fotobiorreactor.

Según la invención, el fotobiorreactor es alimentado con dióxido de carbono, producto de fuentes fijas de combustión, con el fin de ser capturado o fijado por microalgas. El fotobiorreactor mantiene las condiciones adecuadas para el desarrollo fisiológico de las microalgas, monitoreándolas y controlándolas electrónicamente por los sensores, todo con el fin de optimizar la transferencia de masa en el fotobiorreactor y por ende la máxima fijación de CO_2 por parte de las microalgas, asociadas directamente a la recirculación y el tamaño de la burbuja generada, aumentando la producción de biomasa microalgal al tiempo que contribuye con las emisiones de CO_2.

De igual forma, se prefiere un montaje a escala industrial, donde el fotobiorreactor puede comprender un tanque de mayor tamaño y capacidad volumétrica con disposiciones de varios circuitos de recirculación de gas donde cada uno incluye un venturi con su propia bomba de líquidos para la generación de microburbujas o en un sistema en paralelo, que mediante una bomba de mayor capacidad de caudal, genere un flujo suficiente para disponer en paralelo varios circuitos de recirculación de gas donde cada uno incluya un venturi para la generación de microburbujas a mayor escala.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La actividad industrial produce la emisión de una gran cantidad de gases contaminantes a la atmósfera, tal como el dióxido de carbono. La contaminación atmosférica es un problema mundial que está adquiriendo proporciones

dramáticas debido a los peligros para la salud creados por contaminantes gaseosos, el efecto adverso sobre la vida vegetal y el famoso efecto global de invernadero debido a un aumento total en el contenido de dióxido carbono en la atmósfera.

El 80% de la energía que consumen los seres humanos proviene de combustibles fósiles, cuya combustión produce como desecho principal dióxido de carbono (CO_2). Este es un gas de efecto invernadero que se acumula día a día en la atmósfera, por lo que el mundo científico tiene como desafío buscar el desarrollo de métodos alternativos para disminuir los focos productores. Una estrategia para mitigar las altas concentraciones de CO_2 en la atmosfera y de fuentes emisoras, es el secuestro o fijación, por lo que la biotecnología ofrece una posible solución a este problema por medio de las biorrefinerías, basadas en el cultivo de MFs (Microorganismos fotosintéticos), como las microalgas, que se encargan de la captura del CO_2.

La captura de CO_2 por parte de las microalgas, se presenta como una alternativa amigable con el medio ambiente, con usos potenciales en la industria energética. Pero la captura del CO_2 no es eficiente, esto se debe a la baja solubilidad del CO_2 en el líquido, por lo que es necesario un sistema que asegure las condiciones de las microalgas y optimice la transferencia de masa de la fase líquida a la gaseosa, es decir, mejorar el camino que recorre el gas hasta la célula, permitiendo el máximo aprovechamiento del CO_2 y contribuyendo a su mitigación.

Como alternativa al aprovechamiento y mitigación del CO_2, los fotobiorreactores son útiles tanto para la producción de biomasa como de biomoléculas de interés. En el cultivo de microorganismos y cultivos celulares, en particular de células animales, vegetales y humanas, se utilizan diversos tipos de fotobiorreactores.

En el fotobiorreactor de elevación por aire, se introduce gas como, por ejemplo, aire, en un compartimento dirigido hacia la cima del fotobiorreactor, en la especialidad también conocida como elevador. Preferiblemente, la introducción de

gas tiene lugar como burbujas finas. El elevador está conectado en su extremo superior e inferior al extremo superior e inferior de un compartimento adicional dirigido hacia el fondo del fotobiorreactor, conocida en la especialidad como descendente. La mayoría de los fotobiorreactores para la introducción de gas requieren de una bomba, la cual suministra aire al sistema.

La captura de CO_2 por parte de las microalgas no es muy eficiente y esto se debe a la baja solubilidad del gas en el líquido, limitando el tiempo de residencia del gas y la disponibilidad en el fotobiorreactor para uso de los microorganismos.

Para mejorar la disponibilidad de CO_2 en el medio debido a la baja solubilidad del gas en el líquido, se utiliza un sistema venturi para la recirculación del gas, el cual consta de modificaciones que permiten la producción de burbujas y aumento del tiempo de residencia del gas en el cultivo, al tiempo que genera un empuje de biomasa fuera del fotobiorreactor, facilitando la automatización, toma de datos y muestras.

El estado de la técnica revela la patente de Estados Unidos US8476067 de Morgan et. al., que ilustra un fotobiorreactor para la producción de biomasa y comprende un tubo generalmente vertical. El movimiento del fluido dentro del circuito interconectado de manera fluida también se ve afectado por el efecto venturi creado en el conjunto de base. El diámetro de expansión acomoda la diferencia en los diámetros de las vías de fluido de modo que las vías están interconectadas de forma fluida. A medida que el fluido se mueve hacia abajo a través de la ruta helicoidal generalmente vertical hacia la porción de diámetro pequeño, luego dentro de un tubo con un diámetro en expansión, un efecto venturi correspondiente comienza a afectar la velocidad del fluido de modo que cuando el conducto de fluido se expande hacia la porción más grande, el aparato de difusión de gas comienza a tener un efecto más significativo sobre el movimiento del fluido. No obstante, esta anterioridad aun cuando aprovecha el cambio de diámetro para el efecto venturi, no aprovecha el cambio de presión para succionar el gas sino que requiere la compresión del gas y por tanto está conectado a la entrada de aire

que tiene un monitor de flujo. La entrada de aire se conecta a una línea de gas que suministra gas al aparato de difusión de gas. Por tanto, esta anterioridad depende del suministro externo de gas. De igual forma esta configuración de fotobiorreactor tampoco comprende un circuito de recirculación interna.

Por lo tanto, una necesidad creciente en la técnica, es buscar un equipo que incluye una configuración de recirculación interna que incluye un circuito de recirculación de gas que incluye un venturi para la generación de microburbujas evitando la necesidad de compresión externa de gas para la fijación de dióxido de carbono.

OBJETO DE LA INVENCIÓN

Por consiguiente, un primer objeto de la presente invención es evitar las desventajas del arte previo. Más particularmente, un objeto de la presente invención es crear un equipo fotobiorreactor tipo columna de burbujeo para la generación de microburbujas para la fijación de dióxido de carbono.

Otro objeto importante de la invención comprende un fotobiorreactor que incluye una configuración de recirculación interna que incluye un circuito de recirculación de gas que incluye un venturi para la generación de microburbujas.

Otro objeto, es crear una disposición de fotobiorreactor con capacidad a escala industrial, donde el fotobiorreactor puede comprender un tanque de mayor tamaño y capacidad volumétrica con disposiciones de varios circuitos de recirculación de gas y/o en un sistema en paralelo, así como disposiciones de montajes a escala industrial que pueden variar en la medida que se aumenten las dimensiones de sus componentes.

Un objeto también muy importante es el hecho de que el equipo obtiene gas a partir de la succión y lo entrega al fondo de la columna en forma de microburbujas, que ascienden a través del líquido retornando a la cabeza libre del fotobiorreactor sin la necesidad de un compresor de gas de alta presión.

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 la debida referencia a los dibujos que la acompañan.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS.

Para aclarar más la invención y sus ventajas comparadas con el arte conocido, se describen a continuación con la ayuda de los dibujos anexos, las posibles formas de realizaciones ilustrativas y no limitativas de la aplicación de dichos principios.

FIG. 1. Muestra una vista esquemática de todo el equipo fotobiorreactor tipo columna de burbujeo con recirculación interna que incluye un circuito de recirculación de gas con un venturi para la generación de microburbujas para la fijación de dióxido de carbono.

FIG. 2. Muestra un detalle del tanque con el circuito de recirculación de gas que incluye un venturi según la presente invención.

FIG. 3. Muestra en detalle del circuito de recirculación de gas que incluye un venturi según la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Esta invención se refiere a un equipo fotobiorreactor tipo columna de burbujeo con recirculación interna que incluye un circuito de recirculación de gas con un venturi para la fijación de dióxido de carbono.

La presente invención consiste en un fotobiorreactor tipo columna modificada, que permite la recirculación interna del CO_2 y posterior generación de microburbujas, optimizando la transferencia de masa de la fase gaseosa a la fase líquida, lo que mejora la cantidad de CO_2 disuelto en el medio para el aprovechamiento por parte de las microalgas en la fotosíntesis.

Según la invención, conforme la figura 1, el equipo fotobiorreactor 100 permite la recirculación interna del CO_2 y posterior generación de microburbujas. Particularmente está compuesto por una línea de alimentación de gas 1 conectada a un reservorio 2 de CO_2 . A partir de dicho reservorio 2, mediante una primera línea de suministros 3 se provee el CO_2 para alimentar el sistema. Para el correcto suministro de CO_2, la primera línea de suministros 3 está conectada a un compresor 4 y un sensor 5 de CO_2. Para el control de flujo, la línea comprende válvulas de paso 6 y el compresor 4 está conectado a una segunda línea de suministro 7.

Para el correcto funcionamiento del equipo fotobiorreactor 100, adicionalmente comprende líneas de sensor 8 de CO_2, un sensor de densidad 9 que monitorea la absorbancia y la densidad del líquido de cultivo a partir de la transmitancia óptica y un sensor de pH 10, donde todos los sensores están en conexión con un dispositivo de adquisición de datos 11.

Por su parte, al interior del fotobiorreactor 100, el ensamble comprende líneas de sensor de intensidad lumínica 14 y un sensor de temperatura 15, conectados al dispositivo de adquisición de datos 11.

Para monitorear y procesar los datos de proceso, el fotobiorreactor 100 comprende medios de monitoreo 13.

Con base en la figura 1 la recirculación interna del CO_2 y posterior generación de microburbujas del fotobiorreactor 100 comprende un circuito de recirculación de gas que incluye un venturi 16 para la generación de microburbujas para la solubilización de dióxido de carbono dispuesto al interior del tanque 17.

De igual forma, el fotobiorreactor 100, comprende emisores de luz 18 dispuestos alrededor del tanque 17. El tanque 17, está dispuesto para alojar en su interior, durante su operación, líquido de cultivo. Por tanto, dicho tanque 17 una vez lleno del líquido de cultivo, dispone una zona inferior de líquido y una zona superior de gas con base en el nivel de líquido de cultivo, dejando un espacio libre correspondiente a la cabeza libre que comprende gas.

Para realizar las mediciones de densidad óptica y pH del cultivo de microalgas en tiempo real, se dispone de una línea de salida de líquido 20 que

parte de la sección más ancha del venturi 16, pasa por el sensor de densidad óptica 9, pasa por el sensor de pH 10 y retorna al tanque 17, donde desemboca por encima de la superficie libre del líquido del cultivo en el espacio correspondiente a la cabeza libre del gas.

Con base en las figuras 2 y 3, el venturi 16 comprende en conexión adicionalmente líneas de succión y recirculación 21 de CO_2 y una bomba sumergible de líquidos 22. Particularmente, el venturi 16 está dispuesto en posición horizontal hacia la zona inferior del tanque 17 sumergido en el líquido de cultivo y comprende un cuerpo principal 23 de configuración tubular alargada en conexión por un extremo con la bomba de líquidos 22 que suministra el líquido al venturi 16. Por el extremo opuesto, el cuerpo principal 23 está en conexión mediante un cuerpo de garganta 24 con un tubo de salida 25 de menor diámetro respecto al cuerpo principal 23. Dicho cuerpo de garganta 24 es de configuración troncocónica de reducción del diámetro interior y genera en el líquido impulsado por la bomba 22, un perfil con presión positiva en dirección al tubo de salida 25 desde cuerpo principal 23.

Para la toma adecuada de muestras, la línea de muestreo 20 se proyecta como una derivación perpendicular a partir del cuerpo principal 23 y hasta por fuera del tanque 17 en dirección al sensor de densidad óptica 9.

Para la debida recirculación y toma de gas, la línea de recirculación 21 de CO_2 debe sobresalir de manera suficiente del nivel de líquido de cultivo para retomar el gas y ser succionado hacia el interior del venturi 16.

En modalidades preferidas, el tanque 17 comprende acrílico transparente, con tapa hermética de cierre a presión 26.

Dicho tubo de salida 25 está conectado al cuerpo de garganta 24 y a partir del mismo se proyecta la línea de succión y recirculación 21 como una derivación perpendicular hacia la superficie sobrepasando el nivel de líquido de cultivo, hacia el espacio libre de la zona superior del tanque 17, correspondiente a la cabeza libre que comprende gas.

Para la generación de microburbujas, tal como se ilustra en el detalle de la figura 4, dicha línea de succión y recirculación 21 se proyecta hasta el interior del

tubo de salida 25 mediante una acople de reducción 27 de forma tronco cónica que lo conecta con un ducto de eyección 28 de menor diámetro respecto a la línea de succión y recirculación 21, donde dicho ducto de eyección 28 se proyecta hasta el interior central del tubo de salida 25 de manera que coadyuva en la generación de microburbujas debido a la presión negativa del flujo de fluido al interior del tubo de salida 25. Dicho ducto de eyección 28 comprende un diámetro menor a 1 mm.

Con la caída de presión a partir de la presión negativa del fluido de entrada por el tubo 23, se succiona gas tomado de la línea de succión y recirculación 21 de CO_2 y por el empuje de la bomba 22, se genera un esfuerzo cortante en la fase líquida que fracciona el gas que ingresa al tubo de salida 25 por el ducto de eyección 28, generando microburbujas.

Finalmente, como producto del esfuerzo cortante y la succión constante de gas, se generan microburbujas que permiten mayor área de contacto gas-líquido y un aumento en la velocidad de transferencia de masa. Por su parte, la línea de muestreo 20 permite bombear la suspensión microalgal fuera del tanque 17 del equipo fotobiorreactor 100 hacia el sensor óptico que obtiene mediciones de densidad óptica del cultivo en tiempo real.

En la presente invención, gracias a la línea de recirculación de CO_2, se toma el gas necesario que se encuentra en la cabeza libre del equipo fotobiorreactor 100 y se hace recircular en la fase líquida del sistema en repetidas ocasiones. Dicha línea está conectada al desprendimiento lateral del venturi por un extremo, mientras que el otro extremo sale del líquido por la parte superior del reactor y permite la entrada del gas contenido en la cabeza libre. El gas al pasar por el venturi es fraccionado para producir microburbujas, las cuales ascienden a través del líquido y regresan a la cabeza libre del equipo fotobiorreactor 100. Esta operación se repite varias veces por lo que se considera que hay recirculación del gas a través de la fase líquida. Esta recirculación depende en gran medida del flujo de alimentación de gas al equipo fotobiorreactor 100, que debe ser menor que el flujo de la succión de gas en el venturi. Cuanto mayor sea el flujo del gas hacia el venturi, mayor será el número de recirculaciones del gas antes de escapar del equipo fotobiorreactor 100.

El sistema de sensores de monitoreo y adquisición de datos coadyuva al ensamble del equipo fotobiorreactor 100 con el suministro y censado necesario durante el proceso. Con base en el sensor de pH, se monitorea la acidez o basicidad que se presente en el sistema. El sensor óptico mide la densidad óptica o densidad celular del sistema, el cual es alimentado por la línea de muestreo que se desprende del sistema venturi. Un sensor de CO_2 permite determinar la concentración en el gas en la fase gaseosa. Un sensor de temperatura, detecta los cambios de temperatura. Un sensor de intensidad lumínica permite medir la cantidad de luz que llega a las microalgas en cualquier lugar del equipo fotobiorreactor 100, factor que determina la velocidad de crecimiento de las mismas. Estos sensores facilitan el aseguramiento de las condiciones adecuadas para el cultivo de microalgas, que son las encargadas de fijar y capturar el CO_2 alimentado al equipo fotobiorreactor 100.

En modalidades alternativas de la invención, se prefiere un montaje a escala industrial, donde el fotobiorreactor puede comprender un tanque de mayor tamaño y capacidad volumétrica con disposiciones de varios circuitos de recirculación de gas donde cada uno incluye un venturi con su propia bomba de líquidos para la generación de microburbujas o en un sistema en paralelo, que mediante una bomba de mayor capacidad de caudal, genere un flujo suficiente para disponer en paralelo varios circuitos de recirculación de gas donde cada uno incluya un venturi para la generación de microburbujas a mayor escala. Las disposiciones de montajes a escala industrial pueden variar en la medida que se aumenten las dimensiones de sus componentes, tales como el tanque que dependiendo de la configuración, se pueden disponer varios tanques cada uno con la inclusión de sistemas independientes y/o en paralelo de circuitos de recirculación de gas.

Sólo se han ilustrado a manera de ejemplo algunas modalidades preferidas de la invención. En este respecto, se apreciará que la construcción del equipo fotobiorreactor tipo columna de burbujeo con recirculación interna que incluye un circuito de recirculación de gas que incluye un venturi para la generación de microburbujas para la fijación de dióxido de carbono, se puede escoger de una

pluralidad de alternativas sin apartarse del espíritu de la invención según las siguientes reivindicaciones.