

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 515**

51 Int. Cl.:

C12M 1/107 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2011 E 11705880 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014 EP 2542658**

54 Título: **Proceso y dispositivo para fermentación anaerobia**

30 Prioridad:

04.03.2010 DE 102010010294

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

27.03.2015

73 Titular/es:

**CONVIOTEC GMBH (100.0%)
Lise-Meitner-Strasse 2
24941 Flensburg, DE**

72 Inventor/es:

SCHNEIDER, HOLGER, DR.

74 Agente/Representante:

CEPRIA, Raúl

ES 2 532 515 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

(0001) La invención concierne un proceso para la producción de biogás, energía eléctrica y energía térmica a partir de materiales biológicos, y más específicamente a un método para la fermentación anaerobia de un sustrato fluido usando un reactor que contiene al menos:

- una entrada (1)
- una salida (3),
- una multitud de particiones (6) que divide al menos el volumen interno del reactor destinado para el sustrato en una multitud de compartimentos (7 (i) - 7 (iv)), y a su vez cada compartimento (7 (i) - 7 (iv)) en al menos dos cámaras atravesadas por flujos de sustrato de sentidos contrarios (8 (i) - 8 (iv), 9 (i) - 9 (iv)).

(0002) La invención concierne igualmente un reactor que llega a aplicarse para el procedimiento que es sujeto de la patente.

(0003) El proceso de producción de biogás a partir de material biológico de partida bajo la exclusión de oxígeno (anaeróbico) se puede dividir en cuatro pasos principales:

- En el primer paso, la "hidrólisis", los compuestos complejos del material del sustrato (por ejemplo, hidratos de carbono, proteínas, grasas) se descomponen en compuestos orgánicos más simples (por ejemplo, aminoácidos, azúcares, ácidos grasos) que son unos productos intermedios. Las bacterias implicadas producen para ello las enzimas libres que descomponen el material de manera biológica.
- Después, en el segundo paso, dentro de la fase de "acidificación" (acidogénesis) y mediante las bacterias acidificantes, los productos intermedios (formados en el paso anterior) se siguen degradando a ácidos grasos (por ejemplo, acético, propiónico y ácido butírico) y de dióxido de carbono (CO₂) y de hidrógeno. Además, se forman también pequeñas cantidades de ácido láctico y alcoholes.
- En el tercer paso, consecutivamente, dentro de la "formación de ácido acético" (acetogénesis) y por las bacterias, los productos anteriores se convierten en los precursores del biogás (ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono).
- En el último paso de la producción de biogás, la "metanogénesis", también mediante bacterias se formará el metano a partir de los productos de la acetogénesis.

- 5 (0004) Cuando los cuatro pasos de degradación se desarrollan conjuntamente en un fermentador, se llama sistema de una sola etapa. Puesto que las bacterias de las etapas individuales requieren diferentes condiciones en cuanto a su hábitat, la separación espacial de los pasos de degradación puede ser una ventaja.
- (0005) Del documento WO 2006/124781, se conoce una planta de biogás para la fermentación anaeróbica en la que llega a aplicarse un reactor que está dividido en varias cámaras fijas, y en las que tienen lugar las reacciones descritas en el párrafo [0003].
- 10 (0006) En US 2007/025 69 71 A1 se reivindica una planta de biogás portátil, que consta de varias cámaras, flexibles, en forma de burbuja, y dimensionadas para un tamaño fijo.
- (0007) Se conoce del documento CH-A5-688737, una planta de biogás con una multitud de paredes divisoras/tabiques, que dividen al menos el volumen interior del reactor destinado para el sustrato una multitud de compartimentos.
- 15 (0008) Ambas plantas de biogás conocidas tienen en común la desventaja que, en especial medida por su diseño rígido, deben estar orientadas de modo especial a la sensibilidad de las bacterias de metano. El trasfondo de esto es que las bacterias de metano, de la lista de todas las bacterias que regularmente participan en el proceso de la fermentación anaeróbica, son las más sensibles a las perturbaciones y también se reproducen muy lentamente. En consecuencia de ello, las condiciones del entorno se ajustan a las bacterias de metano, en todos los reactores
- 20 conocidos en el estado actual de la técnica.
- (0009) Sin embargo, la separación espacial de las etapas de degradación anteriormente mencionada está limitada de manera que, por ejemplo, las bacterias de la acetogénesis y los de la metanogénesis pueden depender de una convivencia. La razón de esta dependencia es que las bacterias de la acetogénesis no toleran un alto contenido de hidrógeno
- 25 (0010) Un problema particular de los sistemas portátiles en su estado actual de técnica con volúmenes de los fermentadores pequeños es su particularmente alta sensibilidad; los cambios en la composición del sustrato, que se dan por naturaleza en los materiales biológicos, y las irregularidades en la alimentación del sustrato introducido causan muy rápidamente los cambios en el pH y en la colonización microbiana y, por lo tanto, la inestabilidad del sistema.

5 (0011) Actualmente, se trata de superar estos problemas mediante la utilización de las plantas de biogás a gran escala no portátiles, que disponen de los reactores de tanque con mezcla continua (CSTR - continuous stirred tank reactor) y hasta varios miles de metros cúbicos de volumen de trabajo, con periodos de residencia largos. Estos sistemas también muestran todavía una sensibilidad importante a los cambios en la composición del sustrato.

10 (0012) En un reactor de tanque con mezcla continua (CSTR - continuous stirred tank reactor) hay idóneamente en todo el reactor condiciones de fermentación y flujo iguales. Por eso, las perturbaciones afectan inmediatamente a la totalidad del contenido del reactor. Este riesgo se minimiza con cargas orgánicas muy bajas del reactor (caudal de entrada del sustrato bajo por unidad de tiempo).

15 (0013) La invención se basa en el objetivo/la tarea/el reto de poner a disposición del público un equipo en el que el proceso de biogás permanece estable cuando la composición y el suministro del sustrato varían, consigue un alto rendimiento y trabaja de manera eficiente con tiempos de retención cortos, es manejable también en pequeños volúmenes de fermentador y se desarrolla el proceso estable incluso en recipientes transportables, con unos esfuerzos de mantenimiento y control bajos.

(0014) La tarea se logra de acuerdo con la invención por un proceso para la fermentación anaerobia de un sustrato capaz de fluir, con un contenido de materia seca definido, utilizando un reactor, que contiene al menos:

- 20
- una entrada (1)
 - una salida (3),
 - una multitud de particiones/tabiques/paredes divisoras (6) que divide al menos el volumen interno del reactor destinado para el sustrato en una multitud de compartimentos (7 (i) - 7 (iv)) y cada compartimento (7 (i) - 7 (iv)) -a su vez en al menos dos cámaras - atravesadas por flujos del sustrato en sentidos contrarios (8 (i) - 8 (iv), 9 (i) - 9 (iv))
- 25

Cuando el método propuesto aquí se caracteriza por:

- poder aumentar o reducir la relación entre el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato en una dirección (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato en dirección opuesta (9 (i) - 9 (iv))
- 30
- al menos parte de las particiones/tabiques/paredes divisoras (6) están dispuestos para ser movibles en su situación espacial y / o la posición y / o la extensión espacial,

- cuando el movimiento y / o la expansión de las paredes de partición/tabiques/paredes divisoras (6) se controla en función del contenido de materia seca del sustrato.

(0015) Para el método propuesto se utiliza preferiblemente un reactor, fabricado de acero en forma cúbica o cilíndrica, y en caso de la última, con una forma circular o elíptica. Al menos para los diseños más pequeños, tales como, por ejemplo, los reactores de investigación, son adecuados los materiales de construcción como vidrio acrílico, plástico y plástico reforzado con fibra. Para grandes reactores preferiblemente se presentan el hormigón, el acero y hormigón armado para el suelo y las paredes laterales, así como el acero y los plásticos reforzados con fibra para el techo, sin de que hubiera limitación alguna respecto a la presente invención en cuanto a las formas de diseño o los materiales anteriormente mencionados. Con respecto al volumen interior de los reactores son preferidos y presentables los órdenes de magnitud de 4 litros para reactores experimentales hasta 200 m³ para grandes reactores.

(0016) En la forma preferida de realización del método propuesto, el reactor utilizado, en un diseño igualmente preferido, contiene a lo largo de su eje longitudinal una multitud de compartimentos posicionados uno al lado del otro (fig. 7 (i) - 7 (iv)). En muchos de los experimentos previos a la invención, se utilizaron para el procedimiento de la invención especialmente aquellos reactores en los que cada compartimento (7 (i) - 7 (iv)) está separado en dos cámaras atravesadas por flujos del sustrato en sentidos contrarios (8 (i) - 8 (iv) , 9 (i) - 9 (iv)), de las que en las cámaras (8 (i) - 8 (iv)) – por cada compartimento la primera cámara que atraviesa el sustrato- el sustrato fluye hacia abajo , y en las cámaras (9 (i) - 9 (iv)) - por cada compartimento la última cámara que atraviesa el sustrato- el sustrato fluye hacia arriba. Tales reactores se consideran preferidos en el sentido de la invención. En su caso, pueden moverse, de manera especialmente preferible al menos parte de las particiones/tabiques/paredes divisoras (6) a lo largo de la orientación del eje longitudinal del reactor, en función del contenido de materia seca del sustrato. La división del reactor en una multitud de compartimentos (7 (i) - 7 (iv)) y la división de cada compartimento (7 (i) - 7 (iv)) en cada caso en al menos dos cámaras (8 (i) - 8 (iv) 9 (i) - 9 (iv)) se efectúa mediante una multitud de paredes de partición/tabiques/paredes divisoras (6), que están alineados/-as preferiblemente de forma vertical.

(0017) Sin embargo, el método que aquí se propone, de ninguna manera condiciona a un diseño de los reactores con compartamientos a lo largo del eje longitudinal de la parte del reactor y con paredes de partición/tabiques/paredes divisoras (6) situadas y movibles a lo largo de la orientación del eje longitudinal, alineadas verticalmente (6). Al igual son imaginables los compartimentos

puestos de forma vertical (7 (i) - 7 (iv)) con paredes de partición/tabiques/paredes divisoras con orientadas horizontalmente (6).

5 (0018) En referencia a los/las particiones/tabiques/las paredes divisoras (6) junto a su desplazamiento lineal como una forma de movimiento, tambien se puede realizar su rotación, inclinación o plegar, bajar y subir así como la expansión o estrechamiento espacial cada vez en función del contenido de materia seca del sustrato. En particular el giro, la inclinación, o plegar las paredes de partición/tabiques/paredes divisoras son los movimientos especialmente preferidos con respecto al desplazamiento de las paredes de partición/tabiques/paredes divisoras (6).

10 (0019) Sorprendentemente, se ha mostrado que se puede lograr un estado de auto-inmovilización de las bacterias en las cámaras de flujo ascendente (9 (i) - 9 (iv)) de los compartimentos individuales (7 (i) - 7 (iv)) cuando la distancia de las paredes de partición/tabiques/paredes divisoras (6) se ajusta según la invención al contenido de la materia seca del sustrato utilizado. El contenido de materia seca del sustrato se mide preferiblemente en la entrada (1) en el reactor. Tambien es posible la determinación del contenido de materia seca del sustrato en la salida del
15 proceso (3), pero requiere unos conocimientos más detallados del comportamiento del proceso del reactor.

(0020) En el ajuste según la invención de la distancia de las paredes de partición/tabiques/paredes divisoras (6) al contenido de materia seca del sustrato utilizado, se produce de esta manera un desacoplamiento hidráulico del tiempo de retención de los sólidos.
20 Mediante la modificación concreta de las cámaras (8 (i) - 8 (iv), 9 (i) - 9 (iv)) de los compartimentos (7 (i) - 7 (iv)) se genera una forma completamente nueva en controlar el proceso de la producción de biogás.

(0021) La Tabla 1 refleja, para un funcionamiento de los procesos de producción de biogás particularmente estable, la relación correspondiente y más preferida según la presente invención,
25 entre el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato descendente (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato ascendente (9 (i) - 9 (iv)) en función de su contenido de materia seca del sustrato.

Tabla 1

Conenido de materia seca, % en peso	Relación entre el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato descendente (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras del flujo de sustrato ascendente (9 (i) - 9 (iv))	Ver figura
< 2 %	1:3	2a
2-5%	1:2	2b
5-10%	1: 1	2c
10-15%	2:1	2d
15-20%	3:1	2e

(0022) En la tabla se puede ver que en el método propuesto, preferiblemente la relación entre el volumen respectivo de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato descendente (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras del flujo de sustrato ascendente (9 (i) - 9 (iv)) se ajusta de tal manera que incrementa con el contenido de materia seca del sustrato.

(0023) Es especialmente preferido en el método propuesto, cuando la relación entre el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato descendente (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras del flujo de sustrato ascendente (9 (i) - 9 (iv)) con un contenido de materia seca de <2 % en peso esté en un intervalo de [1: 3,5] a [1 : mayor que 2,5].

(0024) Es especialmente preferido en el método propuesto, cuando la relación entre el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato descendente (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras del flujo de sustrato ascendente (9 (i) - 9 (iv)) con un contenido de materia seca de 2 % a 5% en peso esté en un intervalo de [1: 2,5] a [1 mayor que 1,5].

(0026) Es especialmente preferido en el método propuesto, cuando la relación entre el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato descendente (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las

cámaras del flujo de sustrato ascendente (9 (i) - 9 (iv)) con un contenido de materia seca de 5 % a 10% en peso, esté en un intervalo de [1: 1,5] a [1 menor que 1,5].

5 (0027) Es especialmente preferido en el método propuesto, cuando la relación entre el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato descendente (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras del flujo de sustrato ascendente (9 (i) - 9 (iv)) con un contenido de materia seca de 10 % a 15% en peso, esté en un intervalo de [mayor que 1,5 : 1] a [2,5 : 1].

10 (0028) Es especialmente preferido en el método propuesto, cuando la relación entre el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato descendente (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras del flujo de sustrato ascendente (9 (i) - 9 (iv)) con un contenido de materia seca de 15 % a 20% en peso, esté en un intervalo de [mayor que 2,5 : 1] a [3,5 : 1].

(0029) De la misma manera, la invención concierne un reactor en el que se aplica el método de la invención en al menos una de las formas de realización/diseño. En este caso, un reactor de este tipo para la fermentación anaerobia de un sustrato capaz de fluir con un contenido de materia seca definido, contiene:

- 15
- una entrada (1)
 - una salida (3),
 - una multitud de particiones/tabiques/paredes divisoras (6) que divide al menos el volumen interno destinado del reactor para el sustrato en una multitud de compartimentos (7 (i) - 7 (iv)) y cada compartimento (7 (i) - 7 (iv)) se divide a su vez en al menos dos cámaras
- 20
- atravesadas por flujos de sustrato en sentidos contrarios (8 (i) - 8 (iv), 9 (i) - 9 (iv))

Cuando el método propuesto aquí se caracteriza por:

- poder aumentar o reducir la relación entre el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato en una dirección (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato en dirección opuesta (9 (i) - 9 (iv))

25 que las particiones/tabiques/paredes divisoras (6) están dispuestos para ser movibles en su situación espacial y / o la posición,

y cuando el reactor cuenta con al menos un control del movimiento de las paredes de partición/tabiques/paredes divisoras (6) en función del contenido de materia seca del sustrato.

(0030) En una forma preferida de realización, las paredes de partición/tabiques/paredes divisoras (6) cubren toda la anchura del reactor.

5 (0031) La disposición de las particiones/tabiques/paredes divisoras (6) se efectúa debidamente de tal manera que se evita la formación de surcos y / o tapones dentro del reactor y se puede garantizar un flujo óptimo de forma permanente por el reactor.

10 (0032) Los suelos de los compartimentos individuales (7 (i) - 7 (iv)) se pueden diseñar de manera diferente, por ejemplo, pueden ser redondos o rectangulares, con o sin inclinación. También pueden estar equipados con uno o más puntos de salida para que sea posible de extraer sustrato desde varios puntos del reactor y volver a introducir en otro punto. (recircular). Para la extracción del sustrato, puede ser ventajoso utilizar una bomba. En particular, una bomba centralizada, que está conectada a través de varias válvulas con todos los puntos de salida y de entrada, puede utilizarse para los fines de la recirculación.

15 (0033) El flujo a través del reactor se realiza completamente hidráulico por la disposición de la entrada (1) y la salida (3), y según el principio de los vasos comunicantes, o apoyado por una o más bombas.

20 (0034) Encima de los compartimentos individuales (7 (i) - 7 (iv)), están previstos los espacios de gas (5), que están conectados entre sí o cerrados herméticamente, de manera que el gas puede salir a través de una salida central (2) o por separado en por varios conductos de gas por múltiples salidas de gas (2) - por ejemplo, una salida de gas (2) por compartimento (7 (i) - 7 (iv)).

(0035) El reactor de acuerdo con la invención puede ser diseñado por sus dimensiones para que pueda ser incorporado en un contenedor, y, por tanto, sea portátil.

(0036) Antes de la entrada a el reactor de acuerdo con la invención, el material a fermentar, puede ser tratado previamente de modo que el tamaño medio de partícula es de ≤ 5 mm.

25 (0037) El reactor de acuerdo con la invención / método de la invención permite la digestión anaerobia de materiales preferiblemente con un contenido de materia seca de 2-20% y una DQO (demanda química de oxígeno) de 3000 mg / l a 500.000 mg / l.

(0038) La proporción de sustancias no fermentables en el sustrato de entrada no supera preferiblemente una cantidad de 20 % en peso de la materia seca.

(0039) La información que figura en la descripción y en las reivindicaciones de patente respecto a % en peso se refieren cada uno al peso absolutamente seco.

(0040) La figura 1 representa una posible forma de realización del reactor que aquí se propone para la fermentación anaerobia de un sustrato capaz de fluir con un contenido de materia seca definido. En este caso, el reactor es un recipiente cúbico que tiene una base rectangular alineada horizontalmente (4), las paredes frontales y laterales rectangulares y verticales, y un techo alineado horizontalmente. El reactor tiene una entrada (1) en la parte superior de una pared frontal y una descarga (3) en la parte superior de la pared frontal opuesta, a través de las que se puede suministrar y retirar el sustrato al reactor. Por las tres - en este caso inmóviles - particiones/tabiques/paredes divisoras (6) que se erigen verticalmente desde el suelo (4) en el interior del reactor, se divide el interior del reactor en cuatro compartimentos (7 (i) - 7 (iv)). Con las cuatro particiones/tabiques/paredes divisoras (6) móviles - en este caso a lo largo de la orientación del eje longitudinal del reactor - cada compartimento individual (7 (i) - 7 (iv)), se divide en exactamente dos cámaras atravesadas por flujos de sustrato de sentido contrario del (8 (i) - 8 (iv) 9 (i) - 9 (iv)). En ello y por cada compartimento (7 (i) - 7 (iv)), el sustrato atraviesa primero las cámaras (8 (i) - 8 (iv)) con un flujo descendente, y al final, por cada compartimento (7 (i) - 7 (iv)), las cámaras (9 (i) - 9 (iv)) con un flujo de sustrato ascendente. En la parte superior de cada compartimento (7 (i) - 7 (iv)) hay un espacio de gas (5) y con su propia salida de gas (2) a través de la cual pueden salir los gases producidos en la fermentación anaeróbica.

(0041) La figura 2, con sus figuras parciales de A hasta E, muestra para ilustrar las relaciones entre el volumen de las cámaras de flujo de sustrato descendente (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras de flujo de sustrato ascendente (9 (i) - 9 (iv)), que se pueden influenciar por el desplazamiento de los/las separaciones/tabiques/paredes divisoras (6)- para los casos que figuran en la tabla 1.

(0042) Para demostrar la teoría de la invención, se realizaron los siguientes experimentos que, a su vez, no limitaron a la ciencia general:

(0043) Para la comparación, se utilizó un reactor de tanque con mezcla continua (CSTR) convencional con las siguientes características:

Volumen de trabajo: 4 litros

Volumen de cabeza: aproximadamente 1 litro

Velocidad del agitador: 100 rpm (revoluciones por minuto)

Este reactor de laboratorio es comparable con un fermentador de biogás equipado con agitador central y una relación entre altura y diámetro (H:D) a 1:1.

Las cargas orgánicas máximas de los sustratos probados en este reactor de laboratorio fueron:

- 5 lixiviado de maíz ensilado: 7 kg SV / m³ d
- Restos de comida: 3 kg SV / m³ d (espuma en cargas más altas)
- Remolacha de azúcar: 7 kg SV / m³ d

10 (0044) En todos los experimentos con el reactor de laboratorio convencional las irregularidades en la alimentación de sustrato (fluctuación de las cantidades, la calidad o las así llamadas "cargas de choque" - sobrecarga repentina con grandes cantidades de sustrato) llevaron a unas fuertes disminuciones de la producción de biogás hasta a la paralización completa del proceso de biogás.

El reactor experimental según la invención

15 (0045) Para la determinación de los parámetros de la invención relevante se utilizó un reactor experimental en una escala reducida, que corresponde en su estructura básica con la ilustración en la Figura 1. Este reactor experimental, en el presente caso de cristal acrílico, tiene un volumen de trabajo de 4 litros con cuatro compartimentos (7 (i) - 7 (iv)) que tiene una cámara atravesada por un flujo descendente y una cámara atravesada por un flujo ascendente en cada uno (8 (i) - 8 (iv), 9 (i) - 9 (iv)). Cada uno de los compartimentos (7 (i) - 7 (iv)) tiene una superficie de 0.002 m². El interior del reactor tiene una altura de 0,5 m con un espacio de gas (5) adicional de 0,2 m. Los volúmenes de las cámaras (8 (i) - 8 (iv), 9 (i) - 9 (iv)) dependen de la relación entre la cámara de flujo descendente (8 (i) - 8 (iv)) y la cámara de de flujo ascendente (8 (i) - 8 (IV)) y, de acuerdo con la invención, adaptados respecto al contenido de materia seca del sustrato. Se registran las velocidades de flujo correspondientes en las cámaras individuales. En un biorreactor de la escala de producción (con un tamaño) de varios metros cúbicos, las velocidades serán más altas (hasta 25 0,5 m / h).

Métodos de análisis

30 (0046) El contenido de materia seca del sustrato (MS) se determinó gravimétricamente mediante el secado de una muestra a 105 °C durante 24 horas (hasta peso constante) y queda expresado en porcentaje de los componentes sólidos. Los sólidos volátiles (SV) es la pérdida por ignición de la muestra seca, como resultados de una quema de la muestra a 600 °C. Los SV representan el porcentaje de materia orgánica respecto a la materia seca de la muestra.

(0047) Para la determinación de la DQO se utilizaron las „Cubetas test” (LCK514) de la empresa HACH-LANGE.

(0048) La producción de biogás se determinó con un contador de gas "MilliGascounter" de la empresa RITTER.

5 Preparación de los sustratos

(0049) Debido a las bajas velocidades de flujo y los relacionados bajos caudales de bombeo de la bomba de manguera utilizada, era necesario tratar los sustratos de forma especial. Para este fin, los sustratos se molieron y se homogeneizaron con un molino de martillos de laboratorio con un diámetro de pantalla de 0.5 mm.

10 Resultados de las fermentaciones de ensayo

(0050) Los sustratos de ensayo individuales fermentaron en el reactor experimental a 37 °C con la adición de un inóculo con fangos desgasificados procedentes del tratamiento anaerobio de una depuradora de aguas residuales municipales:

15

Sustratos con un contenido de materia seca de 2-5% (tratamiento con el reactor según la invención y utilizando el proceso de la invención)

Sustrato de ensayo: purines de cerdo con un 4% de materia seca

Tiempo de retención: 12 días

20 Relación entre las cámaras de flujo descendente y flujo ascendente: 1:2

Velocidad del flujo en la cámara de flujo descendente: 0,02 m / h

Velocidad del flujo en la cámara de flujo ascendente: 0,01 m / h

DQO en la entrada del reactor: 40.000-50.000 mg / l

DQO a la salida del reactor: 2.000 – 3.000 mg / l

25 Carga orgánica: máx. 3 kg oTS/m³ d

Rendimiento de biogás: 20m³ por tonelada de purin de cerdo

(0051) Sustratos con un contenido de materia seca de 5 - 10% (tratamiento con el reactor según la invención y utilizando el proceso de la invención)

30 Sustrato de ensayo: lixiviados de maíz ensilado, previamente térmicamente tratado, con 9% de materia seca

Tiempo de retención: 8 días

Relación entre las cámaras de flujo descendente y flujo ascendente: 01:01

Velocidad del flujo en la cámara de flujo descendente: 0,02 m / h

Velocidad del flujo en la cámara de flujo ascendente: 0,02 m / h

DQO en la entrada del reactor: 120.000-140.000 mg / l

5 DQO en la salida del reactor: 500 – 1.000 mg / l

Carga orgánica: máx. 11 kg oTS/m³ d

Rendimiento de biogás: 65m³ por tonelada de lixiviado de maíz ensilado

(0052) Sustratos con un contenido de materia seca de 10-15% (tratamiento con el reactor según la invención y utilizando el proceso de la invención)

10

Sustrato de ensayo: restos de comida higienizadas, con 14,5% de materia seca

Tiempo de retención: 10 días

Relación entre las cámaras de flujo descendente y flujo ascendente: 02:01

Velocidad del flujo en la cámara de flujo descendente: 0,012 m / h

15 Velocidad del flujo en la cámara de flujo ascendente: 0,025 m / h

DQO en la entrada del reactor: 200.000-230.000 mg / l

DQO a la salida del reactor: 1.000 – 2.000 mg / l

Carga orgánica: máx. 15 kg oTS/m³ d

Rendimiento de biogás: 131m³ por tonelada de residuos de alimentos

20

(0053) Sustratos con un contenido de materia seca de 15 - 20% (tratamiento con el reactor según la invención y utilizando el proceso de la invención)

Sustrato de ensayo: la remolacha azucarera triturada, con un 19% de materia seca

Tiempo de retención: 10 días

25 Relación entre las cámaras de flujo descendente y flujo ascendente: 3: 1

velocidad del flujo en la cámara de flujo descendente: 0,01 m / h

velocidad del flujo en la cámara de flujo ascendente: 0,033 m / h

DQO en la entrada del reactor: 270.000-300.000 mg / l

DQO a la salida del reactor: 1.000 – 2.000 mg / l

30 Carga orgánica: máx. 20 kg oTS/m³ d

Rendimiento de biogás: 153m³ por tonelada de remolacha azucarera

(0054) El proceso de acuerdo con la invención muestra en todos los casos una insensibilidad a las fluctuaciones en el sustrato, tanto en términos de cantidad y en términos de la calidad.

(0055) El reactor de acuerdo con la invención es robusto contra las fluctuaciones y perturbaciones debido a la compartimentación. Esto permite que en el reactor de acuerdo con la invención se admiten unas tasas de cargas mayores. En los compartimentos individuales, se establecen diferentes condiciones de fermentación (tal como pH), que conducen a la estabilización del proceso de fermentación. El proceso de biogás se compone de varios pasos individuales, que se basan uno al otro pero con condiciones diferentes. El reactor de acuerdo con la invención apoya específicamente las características de este proceso para cada paso. Las cargas orgánicas más elevadas, los tiempos de residencia más cortos y las mejores condiciones de fermentación conducen a mayores rendimientos globales por unidad de tiempo (aumento del rendimiento espacio-tiempo) en comparación con los reactores convencionales, como muestra la tabla 2.

Tabla 2: Aumento del rendimiento espacio-tiempo del reactor de laboratorio según la invención en comparación con el reactor de laboratorio convencional:

Substrato de ensayo	Rendimiento espacio-tiempo [m ³ de biogás por m ³ de volumen de reactor y día]		Aumento del rendimiento espacio-tiempo
	reactor de laboratorio de la invención	reactor de laboratorio convencional	
Purin de cerdo	2	0,7	3 x
Lixiviados de ensilado de maiz	9	3	3 x
Restos de comida higienizado	14	2	7 x
Remolacha triturada	16	4	4 x

Lista de referencia:

- 1 Entrada sustrato
- 2 Salida Gas
- 3 Salida sustrato
- 5 4 Suelo
- 5 Zona/espacio de gas
- 6 Paredes de separación/tabiques/paredes separadoras
- 7 (i) a 7 (iv) compartimentos (i) a (iv)
- 8 (i) a 8 (iv) cámaras con flujo descendente en los compartimentos: (i) a (iv)
- 10 9 (i) a 9 (iv) cámaras de flujo ascendente en los compartimentos (i) a (iv)

REIVINDICACIONES

1. El método para la fermentación anaerobia de un sustrato capaz de fluir con un contenido en sólidos definido, usando un reactor que comprende al menos:
- una entrada (1)
 - una salida (3),
 - una multitud de particiones/tabiques/paredes separadoras (6) que divide el volumen interno del reactor destinado para el sustrato en una multitud de compartimentos (7 (i) - 7 (iv)) y cada compartimento (7 (i) - 7 (iv)) se divide a su vez en al menos dos cámaras atravesadas por flujos de sustrato de sentidos contrarios (8 (i) - 8 (iv), 9 (i) - 9 (iv),
- 5
- 10 **caracterizado de manera que**
para poder aumentar o reducir la relación entre el volumen de una cámara atravesada por el flujo de sustrato (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de la otra cámara atravesada por el flujo del sustrato en sentido opuesto (9 (i) - 9 (iv))
al menos una parte de las particiones/tabiques/paredes separadoras (6) sean movibles en su
15 situación y / o la posición y / o la extensión espacial,
el movimiento y / o expansión de las paredes de partición/tabiques/paredes separadoras (6) sea controlado en función del contenido de materia seca del sustrato.
2. Proceso según la reivindicación de patente 1, que se caracteriza por el reactor que contiene a lo largo de su eje longitudinal, una multitud de compartimentos posicionados uno al lado de
20 otro (Fig. 7 (i) - 7 (iv)).
3. Proceso según la reivindicación de patente 2, que se caracteriza porque cada compartimento individual (7 (i) - 7 (iv)) se divide en dos cámaras atravesadas por flujos de sustrato en sentidos contrarios (8 (i) - 8 (iv), 9 (i) - 9 (iv)), de las que las cámaras (8 (i) - 8 (iv)) se atraviesan por un flujo de sustrato descendente y las cámaras (9 (i) - 9 (iv)) por un flujo de
25 sustrato ascendente.
4. Proceso según una de las reivindicaciones de patente 2 o 3, se caracteriza porque al menos una parte de las paredes de partición/tabique/paredes separadoras (6) están instaladas/os de forma desplazable en su orientación a lo largo del eje longitudinal del reactor en función del contenido de materia seca del sustrato.
- 30 5. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones de patente 3 o 4, se caracteriza porque la relación entre el volumen respectivo las cámaras atravesadas por del flujo descendente de sustrato (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo de sustrato ascendente (9 (i) - 9 (IV)) aumenta con el contenido de materia seca del sustrato.

- 5
6. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones de patente 3 o 5, caracterizado porque la relación entre el volumen respectivo de las cámaras atravesadas por el flujo descendente de sustrato (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo ascendente de sustrato (9 (i) - 9 (iv)) con un contenido de materia seca de <2 % en peso está en un intervalo de [1: 3,5] a [1 : mayor que 2,5].
- 10
7. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones de patente 3 o 5, caracterizado porque la relación entre el volumen respectivo de las cámaras atravesadas por el flujo de sustrato descendente (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo ascendente de sustrato (9 (i) - 9 (iv)) con un contenido de materia seca de 2 % en peso - 5 % en peso a 5 está en un intervalo de [1: 2,5] a [1 mayor que 1,5].
- 15
8. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones de patente 3 o 5, caracterizado porque la relación entre el volumen respectivo de las cámaras atravesadas por el flujo descendente de sustrato (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo ascendente de sustrato (9 (i) - 9 (iv)) con un contenido de materia seca de 5 % en peso a 10% en peso está en un intervalo de [mayor que 1 : 1,5] a [menos 1,5 : 1].
- 20
9. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones de patente 3 o 5, caracterizado porque la relación entre el volumen respectivo de las cámaras atravesadas por el flujo descendente de sustrato (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo ascendente de sustrato (9 (i) - 9 (iv)) con un contenido de materia seca de 10 % en peso a 15 % en peso está en un intervalo de [mayor que 1,5 : 1] a [2,5 : 1].
- 25
10. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones de patente 3 o 5, caracterizado porque la relación entre el volumen respectivo de las cámaras atravesadas por el flujo descendente de sustrato (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo ascendente de sustrato (9 (i) - 9 (iv)) con un contenido de materia seca de 15 % en peso - a 20 % en peso está en un intervalo de [mayor que 2,5 : 1] a [3,5 : 1].
- 30
11. Reactor para la fermentación anaerobia de un sustrato capaz de fluir con un contenido de sólidos definido, que contiene al menos:
- una entrada (1)
 - una salida (3),
 - una multitud de particiones/tabiques/paredes separadoras (6) que divide al menos el volumen interno del reactor destinado para el sustrato en una multitud de compartimentos

(7 (i) - 7 (iv)) y cada compartimento (7 (i) - 7 (iv)) se divide a su vez en al menos dos cámaras atravesadas por flujos del sustrato en sentidos contrarios (8 (i) - 8 (iv), 9 (i) - 9 (iv)),

caracterizado de manera que,

- 5 para aumentar o reducir la relación entre el volumen de una de las cámaras atravesadas por el flujo del sustrato (8 (i) - 8 (iv)) y el volumen de las cámaras atravesadas por el flujo de sustrato en el sentido opuesto (9 (i) - 9 (iv))
al menos parte de las particiones/tabiques/paredes separadoras (6) sean movibles en su situación y / o la posición y / o la extensión espacial,
- 10 y que el reactor incluya al menos un dispositivo de control del movimiento de las paredes de partición/tabiques/paredes separadoras (6) en función del contenido de materia seca del sustrato.
12. Reactor según la reivindicación de patente 11, caracterizado porque el reactor, a lo largo de su eje longitudinal, contiene una multitud de compartimentos posicionados uno al lado del otro (7 (i) - 7 (iv)).
- 15
13. Reactor según la reivindicación de patente 12, caracterizado porque cada compartimento individual (7 (i) - 7 (iv)) se divide en dos cámaras atravesadas por el sustrato en flujos de sentidos contrarios (8 (i) - 8 (iv), 9 (i) - 9 (iv)), de las que las cámaras (8 (i) - 8 (iv)) se atraviesan de forma descendente y las cámaras (9 (i) - 9 (iv)) se atraviesan de forma ascendente.
- 20
14. Reactor de acuerdo con una de las reivindicaciones de patente 12 o 13, caracterizado porque al menos una parte de las particiones/tabiques/paredes separadoras (6) están dispuestos de forma desplazable en la dirección del eje longitudinal del reactor.
15. Reactor de acuerdo con una de las reivindicaciones de patente 11 a 14, caracterizado porque las particiones/tabiques/paredes separadoras (6) cubren toda la anchura del reactor.
- 25

Figura 1:

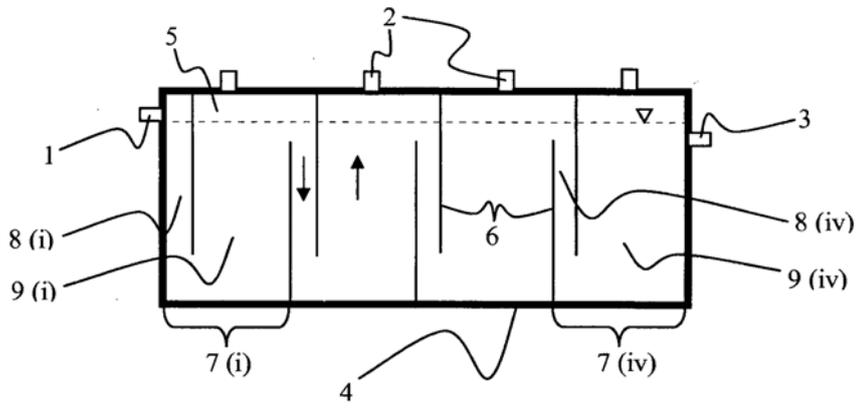


Figura 2:

