



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 255 892**

51 Int. Cl.:
C05F 1/00 (2006.01)
C12G 3/00 (2006.01)
C02F 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03725246 .7**
96 Fecha de presentación : **20.05.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1551781**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.07.2005**

54 Título: **Método y equipo para tratar material orgánico.**

30 Prioridad: **21.05.2002 FI 20020952**
12.05.2003 FI 20030705

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.05.2010

73 Titular/es: **PRESECO Oy**
Keilaranta 17
02150 Espoo, FI

72 Inventor/es: **Jarventie, Jussi**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 255 892 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).

ES 2 255 892 T3

DESCRIPCIÓN

Método y equipo para tratar material orgánico.

5 Antecedentes de la invención

La invención se refiere a un método para procesar material orgánico y, en particular a un método, que utiliza material orgánico altamente amoniacal al limpiar un biogas producido en degradación, y a equipo para implementar el método. La invención también se refiere a productos obtenidos por el método.

10 La publicación US 4.824.571 describe un método y equipo para la degradación de varios productos orgánicos y residuos en un medio anaeróbico. El método genera productos degradados y biogas. En el método la masa a degradar se introduce en una cuba de fermentación y se recupera el biogas producido. A continuación, el biogas es realimentado a la cuba por la parte inferior con el fin de realizar un efecto de fluidización.

15 La publicación US 4.302.236 describe un uso de un sistema de compostaje para lavar efluvios gaseosos. En el método, se quitan constituyentes de formación de ácidos inorgánicos de una corriente de gas de alto contenido de azufre, en particular, grupos inorgánicos que forman ácidos inorgánicos en presencia de oxígeno o agua. La corriente de gas a limpiar se pasa a través de un residuo orgánico biodegradable de compostaje activo, que se mantiene en condiciones de digestión de fase de bacterias termófilas.

20 La publicación WO 93/06 064 describe un método para neutralizar y recuperar gases formados en conexión con el compostaje húmedo. El objeto de la invención descrita en la publicación es hacer inofensivos los gases de estiércol nocivos, tóxicos y/o contaminantes. Según la publicación, parte de los gases es reciclada a la masa compostada con el fin de mejorar su valor de nutrientes.

25 La publicación DE 3.134.980 describe un método para mezclar biomasa en un entorno libre de oxígeno en un reactor de biogas por medio de biogas producido por cepas bacterianas y almacenado en un almacenamiento de biogas. En el método la biomasa es mezclada con soplos periódicos de biogas. La presión de biogas necesaria es suministrada por medio de las cepas bacterianas en el reactor de biogas. El reactor está externamente cerrado y comunica con el recipiente de biogas a presión. Se libera la presión del recipiente de biogas a presión y posteriormente se sopla a la biomasa, desde donde el biogas es conducido después a un depósito de biogas.

30 La solicitud EP 486.466 describe un método para descomposición biológica aeróbica controlada y continua de residuos orgánicos. El material de descomposición, que es inoculado opcionalmente con una mezcla de bacteria y microbios, es alimentado al material en el residuo microbiológico y se quita el material degradado, por lo que se pasa un gas conteniendo oxígeno para la degradación. La finalidad del método descrito en la publicación es controlar la degradación de productos conteniendo nitrógeno. En el método, se añade gas CO₂ al gas conteniendo oxígeno, dependiendo del contenido de NH₃ y el pH del producto de degradación, por lo que el gas se mezcla con una fracción que no contiene nitrógeno, o muy poco. El método descrito en la publicación es un método aeróbico.

35 Se recibe material orgánico de varias fuentes de productos de origen vegetal y animal. Un problema de las plantas de degradación de material orgánico es que la disponibilidad de material a procesar depende de la estación y dentro de un período corto de tiempo la planta debe ser capaz de procesar cantidades incluso grandes de materias orgánicas sólidas, porque no permiten un almacenamiento largo. La conservación del material orgánico plantea varios problemas, por ejemplo, la conservación produce NH₃, que es un compuesto tóxico y evita el funcionamiento de los microbios. Actualmente, los reactores de bioconversión permiten la introducción solamente de bajos contenidos de sólidos, porque el NH₃ evita la función microbiana en los reactores. La conservación de material orgánico de producción estacional también origina problemas, porque no se puede conservar en condiciones ácidas ni básicas, si se emplean procesos de bioconversión convencionales, porque son sensibles a las variaciones del pH. Los procesos de bioconversión convencionales también son sumamente sensibles a los cambios de temperatura.

40 Además, los procesos convencionales producen biogas que tiene alto contenido de dióxido de carbono. El dióxido de carbono es un compuesto nocivo para el entorno y el objetivo general es liberarse de él.

Breve descripción de la invención

45 Un objeto de la invención es proporcionar un método y equipo que implementa el método de tal manera que se resuelvan dichos problemas. Esto se logra con un método y un sistema, que se caracterizan por lo que se describe en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

50 La invención se basa en la idea de que se pasa biogas de un primer reactor que procesa un proceso de degradación, es decir hidrólisis, a través de un segundo reactor presurizado, que contiene amoníaco o material orgánico altamente amoniacal. Así, el dióxido de carbono en un gas mezclado metano/dióxido de carbono reacciona en el segundo re-

ES 2 255 892 T3

actor con el amoníaco formando bicarbonato de amonio y/o carbonato de amonio. El (los) compuesto(s) formado(s) constituye(n) una parte de un compuesto tampón que no inhibe los microbios en el proceso en la misma extensión que el amoníaco libre, porque el compuesto tampón formado evita las variaciones del pH que son adversas para los microbios. Por lo tanto, un lodo producido en el segundo reactor, constando el lodo de la masa a hidrolizar y el biogas
5 y conteniendo un compuesto tampón o compuestos tampón, puede ser reciclado al primer reactor.

El material orgánico a procesar puede ser de origen vegetal o animal. En el presente documento el material orgánico se refiere a cualquier constituyente orgánico. El material altamente amoniacal se refiere en este contexto a material conteniendo amoníaco. El amoníaco se puede originar a partir del residuo biológico a procesar solo, o se puede añadir
10 al material a procesar, si es necesario. En particular, los materiales orgánicos ricos en proteínas y/o grasas producen cantidades naturalmente grandes de amoníaco. El amoníaco añadido al material orgánico a procesar, o amoníaco libre producido en él por microbios, ablanda las membranas celulares de tal forma que la bioconversión, es decir hidrólisis, también se acelere considerablemente. El método y equipo de la invención pueden ser utilizados tanto en procesos de bioconversión presurizados como despresurizados.

La presente invención tiene la ventaja de que el material orgánico se puede conservar en condiciones básicas o ácidas antes del proceso de bioconversión. Esto es especialmente ventajoso cuando se ha de digerir residuos de producción estacional. La conservación con un ácido o una base puede ser utilizada finalmente en conexión con un proceso de bioconversión. Esto no era posible previamente, porque el material conservado con un ácido o una base no se puede digerir más. La conservación con un ácido o una base también se refiere al hecho de que el material orgánico
20 puede ser higienizado antes de llevarse a bioconversión. A este respecto, la higienización se refiere a matar las bacterias patógenas en el material. La higienización se realizaba previamente, por ejemplo, por tratamiento de calor, es decir, pasteurización. Así, el sistema de la presente invención proporciona una alternativa a la higienización por tratamiento de calor.

Una ventaja del método y el sistema de la invención es que se puede introducir mayores cantidades de materias sólidas en la bioconversión. Además, los residuos microbiológicamente activos pueden ser almacenados en un estado óptimo en vista del rendimiento de metano, y de tal manera que el nivel higiénico cumpla las directivas EU, sin manipulación térmica. El método de la invención tiene la ventaja de que es posible reintroducir una solución tampón
30 y/o material orgánico conteniendo solución tampón a procesar en los reactores de hidrólisis, que han interrumpido su proceso debido a excesivo contenido de amoníaco, y pueden ponerse en funcionamiento de nuevo. Además, el método de la invención hace posible conservar el material orgánico más tiempo que antes, lo que facilita el almacenamiento. El amoníaco formado ya no evita el procesado, sino que, por el contrario, un tiempo de almacenamiento largo preprocesa los residuos. El método produce un producto de hidrólisis y biogas, que se recuperan y que pueden ser reutilizados.

Una ventaja que también se logra con el método de la invención es que el biogas producido con él contiene considerablemente menos dióxido de carbono que el biogas producido por los métodos convencionales. Un biogas bajo en dióxido de carbono es inocuo para el medio ambiente.

El método y equipo de la invención tienen la ventaja de que cuando se recicla al primer reactor lodo conteniendo tampón-compuesto formado en el segundo reactor, el proceso se estabiliza, porque disminuyen las variaciones del pH. En los procesos convencionales de reactores de hidrólisis predominan las condiciones más favorables para los microbios en la parte inferior del reactor. En los procesos convencionales, las condiciones en las secciones medias
45 de los reactores son razonablemente buenas para los microbios y las condiciones en las capas superiores de la masa en el reactor son pobres para la actividad de los microbios. Mezclar la masa a hidrolizar en el reactor solamente empeora las condiciones para los microbios en los procesos de hidrólisis convencionales. En cambio, el método de la presente invención proporciona condiciones óptimas para la función de los microbios, porque el compuesto tampón formado evita las variaciones del pH en el reactor de hidrólisis. Así, la estabilización del proceso da lugar a mejores condiciones de procesado y mayor masa de microbios útiles en el reactor de hidrólisis. A su vez, la mayor masa de microbios útiles tiene la consecuencia de que se pueden alimentar mayores cantidades de material orgánico al reactor de hidrólisis, o correspondientemente, si se usan las mismas cantidades de alimentación, el tiempo de procesado es más corto.

El método de la presente invención también tiene la ventaja de que el compuesto tampón puede ser producido a partir de los constituyentes del proceso de hidrólisis solamente, y no habrá necesidad de añadir sustancias químicas al proceso. La formación del compuesto tampón en el segundo reactor, en el denominado acelerador o estabilizador, es una forma muy económica de mejorar y acelerar el proceso de hidrólisis. Si se añadiese un compuesto tampón comercialmente disponible directamente al primer reactor de hidrólisis, se debería añadir en inmensas cantidades y
60 los costos de procesado aumentarían de forma irrazonable.

El método y equipo de la presente invención permiten una producción especialmente efectiva de biogas especialmente puro. El método de la invención proporciona biogas que tiene alto contenido de metano, porque el CO₂ contenido en el biogas alimentado al segundo reactor reacciona con el amoníaco y forma un compuesto tampón o compuestos tampón. Así, el biogas es lavado en el segundo reactor y no se necesita una unidad separada de lavado de biogas en la instalación de hidrólisis.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá con más detalle en conexión con realizaciones preferidas, con referencia a los dibujos adjuntos, figura 1 y figura 2, que son vistas esquemáticas de la implementación de algunas realizaciones de la invención.

La figura 1 representa equipo para implementar una realización preferida de la invención.

La figura 2 representa equipo para implementar una realización preferida de la invención.

Descripción detallada de la invención

La invención se refiere a un método para procesar material orgánico, método que emplea al menos dos reactores e incluye los pasos de

a) realizar una bioconversión en el material orgánico al menos en un primer reactor;

b) tratar biogas formado en la bioconversión con amoníaco o un material conteniendo amoníaco al menos en un segundo reactor que está presurizado, y

c) reciclar solución tampón formada en el al menos único segundo reactor a la bioconversión en el al menos único primer reactor.

A este respecto, la bioconversión se refiere a hidrólisis, que se lleva a cabo parcial o completamente en material orgánico. La bioconversión puede ser un proceso presurizado o despresurizado.

El primer reactor se refiere a un reactor o reactores que procesan la bioconversión. Puede haber una pluralidad de reactores que procesen la bioconversión.

El segundo reactor se refiere a un reactor o reactores, a los que se alimenta material orgánico parcial o completamente hidrolizado y/o amoníaco y/o material conteniendo amoníaco y biogas. De hecho, este reactor puede ser considerado un tipo de acelerador, que acelera el proceso de bioconversión en el primer reactor.

Los reactores pueden ser cualesquiera recipientes o contenedores de reacción, o pueden ser meras secciones de tubo. Los expertos en la técnica pueden diseñar reactores adecuados que satisfagan las necesidades de cada instalación particular.

El material orgánico es alimentado a un reactor de proceso de bioconversión. La presión en el reactor de proceso es superior a la presión atmosférica o la presión atmosférica normal. Cuando se descomponga el material orgánico, se producirá biogas conteniendo CH_4 y CO_2 . El biogas producido se pasa a través de al menos un segundo reactor, que contiene amoníaco o material orgánico fuertemente amoniacal, por lo que el dióxido de carbono en el gas mezclado metano/dióxido de carbono reacciona con el amoníaco formando un compuesto tampón o compuestos tampón, tal como bicarbonato de amonio y/o carbonato de amonio. En el segundo reactor se producen compuestos tampón o lodo conteniendo compuestos tampón que pueden ser reciclados al primer reactor de bioconversión. Puede haber una pluralidad de reactores de proceso de bioconversión. También puede haber una pluralidad de reactores conteniendo amoníaco o material amoniacal.

El reactor o los reactores después del reactor principal, reactores en los que se produce el compuesto tampón, están presurizados. Ventajosamente la presión es al menos aproximadamente 1,8 bar.

En el segundo reactor se forma así el compuesto tampón, por lo que las adiciones de ácido o base no producen cambios considerables en el pH y las condiciones son óptimas para la actividad de los microbios. Los compuestos tampón formados pueden ser cualesquiera compuestos que tengan propiedades tampón.

Cuando los valores pH en el (los) reactor(es) conteniendo amoníaco se ponen al mismo nivel que los del reactor que procesa la bioconversión, es posible alimentar el material orgánico desde el segundo reactor de nuevo al primer reactor de procesado. Los reactores después del reactor principal, que contienen amoníaco, producen biogas lavado, cuyo contenido de CO_2 es así inferior al del biogas introducido en los reactores.

En la literatura hay varias referencias a la toxicidad del amoníaco. Previamente, un contenido de amoníaco de 3000 mg/l se consideraba tóxico, y un contenido de amoníaco de 1500 a 3000 se consideraba inhibidor. Ahora, se ha hallado inesperadamente, sin embargo, que el contenido de amoníaco del material a tratar puede ser considerablemente más alto y, no obstante, tiene lugar la bioconversión. Como se puede ver por los ejemplos de este documento, el contenido de amoníaco de la masa a hidrolizar es más que tres veces más alto que el que previamente se consideraba un límite de inhibición.

ES 2 255 892 T3

El segundo reactor presurizado produce bicarbonato de amonio, porque dos gases, amoníaco y dióxido de carbono (disociados a iones NH_4^+ y HCO_3^-), tienden a lograr un espacio lo más pequeño posible. Así, un ion amonio reactivo se une a un ion ácido carbónico produciendo bicarbonato de amonio o carbonato de amonio, dependiendo de la cantidad de amoníaco libre en la solución de reacción. Estas dos sales actúan como tampones con el amoníaco libre así como el ácido carbónico en la relación mutua de 1:10. Dado que las condiciones de vida de los microbios anaeróbicos dependen en gran medida de la cantidad de amoníaco libre y el pH, en otros términos, cuando se eleva el pH. Las funciones vitales de los microbios son más débil, la presencia de un tampón es sumamente ventajosa, en particular en alimentaciones que tienen alto contenido de materia seca y materiales que ya han producido amoníaco aeróbicamente. Además, los ácidos carboxílicos, tales como ácido acético, ácido propiónico o ácido valeriánico, formados en la bioconversión o existentes en el material orgánico, forman un tampón con el amoníaco libre. La presión contribuye a la formación de tampones, y así, el segundo reactor está ventajosamente presurizado.

El material orgánico a procesar con el método de la invención se puede conservar en condiciones ácidas o básicas antes de ser alimentado al reactor. Esto significa que el material a introducir a bioconversión es higienizado antes de la bioconversión.

En el método de la presente invención, la bioconversión a realizar puede ser mesófila o termófila. A este respecto, el término mesófilo denota que la bioconversión se lleva a cabo a una temperatura inferior a 40°C . El término termófilo denota a este respecto que la bioconversión se lleva a cabo a una temperatura de 40 a 70°C , ventajosamente a 55 a 65°C . La bioconversión termófila convencional ha sido típicamente difícil de gestionar, pero el método de la invención permite la fácil implementación de la bioconversión termófila.

Por ejemplo, el método de la invención hace posible que las condiciones de almacenamiento y transporte de pescado obtenido por biomanipulación no produzcan costos extra con respecto a la conservabilidad, la temperatura, el tiempo de almacenamiento, etc.

En nuestras investigaciones hemos hallado que la adición de fracciones de residuos amoniacaes se efectúa muy convenientemente en el reactor de procesado, donde ya se ha iniciado la producción de dióxido de carbono. También es ventajoso aplicar el gas producido desde la parte inferior del reactor a través de la solución de reacción para llevar a la práctica una mezcla mecánica y para llevar a cabo una reacción de dióxido de carbono y amoníaco lo más completa posible.

Cuando se preparan fertilizantes de nitrógeno de amonio, el dióxido de carbono se libera de los carbonatos con un ácido, para lo que lo más inocuo para el medio ambiente y lo más viable para nuestra idea de reciclado es un ácido acético obtenido de azúcares de fracciones de residuos vegetales por fermentación de ácido acético, por lo que el bicarbonato de amonio es modificado a acetato de amonio y el dióxido de carbono liberado es conducido a invernaderos o se almacena de alguna otra forma, por ejemplo por presurización. En lugar del ácido acético, también es posible utilizar ácidos fosfóricos, que tienen lugar como residuos problemáticos, y ácido nítrico, cuyos valiosos fosfatos y nitratos, que son útiles para fertilizantes, se utilizarían así.

El material orgánico es material de origen animal, tal como pescado o residuos de pescado, aves o residuos de aves, material de origen vegetal, tal como cereales, plantas cultivadas o residuos de plantas cultivadas, por ejemplo cebada, coles, patata o peladura de patata. El material orgánico también puede ser material de origen microbiano, tal como levadura o residuos de levadura, por ejemplo residuos de levadura genéticamente manipulados. El material orgánico también puede ser una mezcla de los materiales antes descritos.

La bioconversión se puede llevar a cabo a una presión superior a la presión atmosférica, por ejemplo a una presión de aproximadamente 1,2 a 6 bar, ventajosamente a una presión de 2 a 4 bar. La bioconversión también se puede llevar a cabo a presión atmosférica normal. Ventajosamente, la bioconversión está presurizada.

La bioconversión se lleva a cabo por medio de micro-organismos presentes en el material orgánico y/o por medio de microorganismos añadidos.

El método emplea al menos dos reactores, por lo que uno se usa para bioconversión y el otro para limpiar el biogas. El otro reactor, donde se limpia el biogas, contiene material orgánico, amoníaco o una mezcla de material orgánico y amoníaco. El método de la invención se implementa ventajosamente como circulación continua.

En el método, el amoníaco se produce en la hidrólisis del material orgánico. Al primer reactor, donde tiene lugar la bioconversión, se le añade una solución tampón del segundo reactor. Opcionalmente, también es posible añadir material orgánico parcialmente hidrolizado al reactor de bioconversión.

La solución tampón resultante de la reacción de amoníaco y dióxido de carbono contiene bicarbonato de amonio y/o carbonato de amonio y amoníaco libre y/o ácido carbónico. La relación entre el bicarbonato de amonio o carbonato de amonio y el amoníaco libre y/o el ácido carbónico es 1:10.

El producto hidrolizado obtenido del material orgánico por el método puede ser recuperado y puede ser utilizado, por ejemplo, como un acondicionador de terreno, fertilizante o un producto análogo a fertilizante o como un repelente.

ES 2 255 892 T3

El biogas limpiado también se recupera ventajosamente y puede ser usado como un gas de invernadero, para calentamiento, para producción de electricidad o como un carburante. El biogas limpiado contiene menos de 25% de dióxido de carbono, contiene generalmente de 15 a 20% de dióxido de carbono.

5 La invención también se refiere a un producto hidrolizado, que se prepara con el método en el que se lleva a cabo bioconversión en material orgánico, el biogas resultante se trata con amoníaco, la solución tampón producida o lodo se recicla a la bioconversión y se recupera el producto de hidrólisis obtenido.

10 La invención también se refiere a un biogas limpiado, que se prepara con el método en el que se lleva a cabo bioconversión en material orgánico, el biogas resultante se trata con amoníaco, la solución tampón producida o lodo se recicla a la bioconversión y se recupera el biogas limpiado.

15 Los productos obtenidos por el método de la invención son más puros que los productos previamente preparados y todos los productos producidos en el método pueden ser utilizados. Por ejemplo, el biogas producido y lavado por el método de la invención contiene considerablemente menos CO₂ que el biogas producido por métodos convencionales.

20 La invención también se refiere a equipo para procesar material orgánico. La figura 1 representa equipo para implementar una realización de la invención. El número de referencia 1 denota calibradores de presión, destinados a regular la presión y mover la masa. La limpieza del gas empieza en el preprocesado, por el que el material puede ser sometido a presión más alta que en el reactor principal, lo que permite transferencias de lodo de un reactor al otro. El número de referencia 2 denota el material amoniacal suspendido entrante. El número de referencia 3 denota una boquilla de gas mezclado, a través de la que se disuelve CO₂ en el material. El número de referencia 4 denota el material que ha llegado a tampón. El número de referencia 5 denota una mezcla de CH₄/CO₂ transportada desde el reactor principal a la limpieza de gas. El número de referencia 6 denota CH₄ de salida lavado. El número de referencia 7 denota el producto acabado final del reactor principal, producto que se usa para acondicionamiento de la tierra.

30 Un ejemplo del equipo de la invención se describe en la figura 2. El equipo para procesar material orgánico incluye al menos un primer reactor 9, al menos un segundo reactor 10, un tubo 12 para transferir el material orgánico a procesar desde el al menos único primer reactor 9 al por lo menos único segundo reactor 10, un tubo 14 para transferir el biogas desde el al menos único primer reactor 9 al al menos segundo reactor 10, un tubo 15 para reciclar el material conteniendo tampón-compuesto desde el al menos único segundo reactor 10 al al menos único primer reactor 9. Alternativamente, los tubos 12 y 14 pueden empezar directamente en el primer reactor 9 y conectarse al segundo reactor 10. El equipo también incluye un tubo 8 para introducir el material orgánico al primer reactor 9, un tubo 13 para sacar el biogas del primer reactor 9 y un tubo 11 para sacar el producto parcial o completamente hidrolizado del primer reactor 9.

40 El primer reactor se refiere aquí a un reactor o reactores que procesan la bioconversión. El (los) reactoras) pueden estar presurizados o pueden estar a presión atmosférica normal.

45 El segundo reactor se refiere aquí a un reactor o reactores, en los que se introduce material orgánico parcialmente hidrolizado y/o amoníaco y/o material conteniendo amoníaco y biogas. De hecho, este reactor se puede considerar un tipo de acelerador, que acelera el proceso de bioconversión en el primer reactor.

50 A continuación, se describirá con más detalle la operación del equipo. Se introduce material orgánico en el primer reactor 9 mediante un tubo 8. En el primer reactor 9 tiene lugar bioconversión y empieza a formarse biogas. Del primer reactor 9 es posible quitar material orgánico parcial o completamente hidrolizado mediante un tubo 11. Del tubo 11 sale un tubo de bifurcación 12, a través del que se transfiere producto parcial o completamente hidrolizado al segundo reactor 10. El biogas formado en el primer reactor 9 se saca mediante un tubo 13. Del tubo 13 sale un tubo de bifurcación 14, a través del que el biogas es transferido al segundo reactor 10, donde el biogas y el material orgánico parcial o completamente hidrolizado, que contiene amoníaco, forman un compuesto tampón o compuestos tampón. Alternativamente, los tubos de bifurcación 12 y 14 pueden conectar el primer reactor 9 directamente al segundo reactor 10. El primer reactor 9 puede estar presurizado o a presión normal. El segundo reactor 10 está presurizado, ventajosamente la presión es al menos 2 bar. El lodo conteniendo tampón-compuesto o solución formada en el segundo reactor 10 es transferido mediante un tubo 15 de nuevo al primer reactor 9.

Ejemplos

60 Ejemplo 1

Procesado de material orgánico y generación de biogas

65 En un reactor R1 de 300 litros de capacidad se introdujo material orgánico que contenía 18,8 kg de harina de hueso, 28,9 kg de pescado y 3,8 kg de levadura genéticamente manipulada (Genencor) y 20 litros de inóculo, que contenía sus propios microbios de diferente pescado y levadura. La presión en el reactor era 2 bar. El pH en el reactor era 8,2. El contenido total de NH₄ se determinó con un espectrofotómetro y era 9200 mg/l. Además, la cantidad de carbonatos

ES 2 255 892 T3

se determinó por medio de ácido sulfúrico y a partir de él se calculó el contenido de iones amonio como carbonato de amonio. El contenido de iones amonio calculado era 8700 mg/l y el contenido de carbonatos era 46300 mg/l. También se determinaron la alcalinidad y el contenido de fosfato. La alcalinidad era 32000 y el contenido de fosfato era 1200 mg/l. Se midió la cantidad y composición del biogas obtenido del reactor. Al día siguiente, el reactor produjo 109,4 l/día de biogas, conteniendo 74,6% de CH₄ y 20,0% de CO₂.

El biogas obtenido del reactor R1 se puede introducir también en un reactor, que contiene residuo biológico altamente amoniacal y en el que el dióxido de carbono también reacciona con el amoníaco formando un compuesto tampón. Entonces desaparece la toxicidad del amoníaco, y las condiciones serán óptimas para los microbios.

Ejemplo 2

Procesado de material orgánico y generación de biogas

En un reactor R4 de 250 litros de capacidad se introdujo material orgánico que contenía 6,2 kg de harina de hueso, 24,15 kg de pescado y 3,92 kg de levadura genéticamente manipulada (Genencor) y 20 litros de inóculo, que contenía sus propios microbios de diferente pescado y levadura. La presión en el reactor era 2 bar. El pH en el reactor era 8,0. El contenido total de NH₄ se determinó con un espectrofotómetro y era 5800 mg/l. Además, la cantidad de carbonatos se determinó por medio de ácido sulfúrico, y a partir de él se calculó el contenido de iones amonio como carbonato de amonio. El contenido de iones amonio calculado era 7400 mg/l, y el contenido de carbonatos era 39400 mg/l. También se determinaron la alcalinidad y el contenido de fosfato. La alcalinidad era 21000 y el contenido de fosfato era 1100 mg/l. Se midió la cantidad y composición del biogas obtenidas del reactor. Al día siguiente, el reactor produjo 140 l/día de biogas, conteniendo 76,8% de CH₄ y 17,4% de CO₂.

Ejemplo 3

Verificación de la propiedad tampón del material orgánico en el reactor con adiciones de ácido sulfúrico

Se sacó del reactor R(4) una muestra de 50 ml de material orgánico durante el proceso. Para verificar una propiedad tampón se midió el pH de la muestra, y a continuación se le añadió 1-% de H₂SO₄. Antes de la adición de ácido, el pH de la muestra era 7,6.

TABLA 1

Adición de 1 -% de H ₂ SO ₄ , ml	pH
0,5	7,6
1	7,5
2	7,4
3	7,3
4	7,3
5	7,1
6	7,1
7	7,0
8	6,9
9	6,9
10	6,9

El pH del agua destilada era 7,6. A 50 ml de agua destilada se añadió 0,5 ml 1-% de H₂SO₄, por lo que el pH disminuyó a 2,3. El efecto tampón es así claramente evidente.

ES 2 255 892 T3

Ejemplo 4

Verificación de la propiedad tampón del material orgánico en el reactor con adiciones de amoníaco

5 Del reactor R(4) se tomó una muestra de 50 ml de material orgánico. Para verificar se midió la propiedad tampón el pH de la muestra, y a continuación se le añadió 1-% de NH₃. Antes de la adición de base, el pH de la muestra era 7,6.

10

TABLA 2

	Adición 1-% NH ₃ , ml	PH
15	0,5	7,8
	1	7,9
20	1,5	8,0
	2	8,1
	3	8,3
25	4	8,4
	5	8,5
	6	8,6
30	7	8,6
	8	8,7
	9	8,8
35	10	8,9

40 El pH del agua destilada era 7,7. A 50 ml de agua destilada se añadieron las cantidades siguientes de 1-% de NH₃ y se midieron los cambios del pH.

45

TABLA 3

	Adición 1-% NH ₃ , ml	pH
	0,5	7,8
50	0,1	9,7
	1	9,9
	2	10,1
55	3	10,2
	4	10,2
	5	10,3
60	10	10,5

65 Estos resultados también muestran claramente que el lavado de biogas según la invención proporciona un potente efecto tampón y por ello mejora las condiciones de funcionamiento de los microbios que degradan el material.

ES 2 255 892 T3

Ejemplo 5

Verificación del contenido de carbonato del producto de hidrólisis y el material en el reactor

5 Se realizó una prueba de armario térmico en el producto de hidrólisis obtenido del reactor R(4). También se llevó a cabo una prueba de armario térmico en el hidrogenocarbonato de amonio. Cada muestra se dejó reposar a una temperatura prevista en el armario de humo durante aproximadamente media hora. A continuación, la muestra se puso sobre ácido sulfúrico. Si se producía fuerte efervescencia, implicaba que la muestra todavía contenía carbonato. Las muestras efervescentes se indican en la tabla 4 con el signo +.

10

TABLA 4

15

Temperatura/°C	R (4)	NH ₄ HCO ₃
50	+	+
20 60	+	+
80	+	+
25 100	+	+

25

También se halló que cuando la muestra conteniendo 30000 mg/l de carbonato de amonio se dejaba reposar a temperatura ambiente durante una semana, al cabo de la semana todavía quedaban 13000 mg/l de carbonato de amonio en la muestra.

30

Correspondientemente, en la muestra del reactor R(4) había inicialmente 29000 mg/l de carbonato de amonio y después de dejar reposar a temperatura ambiente durante una semana había 10000 mg/l de carbonato.

35 Ejemplo 6

Verificación de una propiedad tampón de un producto completamente hidrolizado

40 Se introdujeron en el reactor R8 20 kg de pescado, 5 kg de inóculo, que contenía sus propios microbios de diferente pescado y levadura, 1 kg de residuos de levadura genéticamente manipulados (Genencor) y 95 kg de agua. La presión en el reactor era 2 bar. Se realizó hidrólisis en el reactor. Del reactor R8 se tomaron dos muestras de 100 ml de residuo de hidrólisis a base de pescado completamente procesado. El contenido de sólidos secos del residuo de hidrólisis era 5%. El contenido de dióxido de carbono se midió con adición de ácido sulfúrico, que se usó para calcular el contenido de carbonato de amonio de 27900 mg/l. Esto corresponde a 5200 mg/l de amoníaco.

45

El efecto tampón de las muestras tomadas del reactor se verificó primero añadiendo 2,5% de hidróxido de amonio a la primera muestra y añadiendo después 2,5% de ácido acético a la segunda muestra. Las tablas también muestran el efecto de la adición de hidróxido de amonio o ácido acético en el pH del agua. Los resultados se muestran en las tablas 5 y 6 siguientes.

50

(Tabla pasa a página siguiente)

55

60

65

ES 2 255 892 T3

TABLA 5

	Adición de $\text{NH}_4\text{OH}/\text{ml}$	pH en muestra R8	pH en agua
5	0	8,15	8,13
	0,5	8,26	10,52
	1	8,35	10,74
10	1,5	8,44	10,87
	2	8,51	10,96
	2,5	8,57	11,02
15	3	8,62	11,09
	4	8,72	11,16
	5	8,8	11,22
20	6	8,87	11,30
	7	8,93	
	8	8,98	11,39
25	9	9,03	
	10	9,07	
30	15	9,25	11,5
	20	9,38	
	25	9,48	11,61
35	30	9,56	

TABLA 6

	Adición de $\text{NH}_4\text{OH}/\text{ml}$	pH en muestra R8	pH en agua
45	0	8,15	8,13
	1	8,13	4,78
50	1,5	8,09	4,31
	2	8,05	4,1
	2,5	8,01	3,97
55	3	7,96	3,87
	4	7,87	3,8
	5	7,78	3,69
60	6	7,67	3,61

65

ES 2 255 892 T3

	7	7,57	
	8	7,46	
5	9	7,35	
	10	7,31	3,38
	20	6,96	3,19
10	25	6,87	
	30	6,74	
	40	6,56	3
15	50	6,38	

Ejemplo 7

20 Se introdujeron en el reactor R6 30 kg de pescado, 7,5 kg de inóculo, que contenía sus propios microbios de diferente pescado y levadura, 1,5 kg de residuos de levadura genéticamente manipulados (Genecor) y 142,5 kg de agua. La presión en el reactor R6 era presión atmosférica normal. Se introdujeron en el reactor R8 20 kg de pescado, 5 kg de inóculo, que contenía sus propios microbios de diferente pescado y levadura, 1 kg de residuos de levadura genéticamente manipulados (Genecor) y 95 kg de agua. La presión en el reactor R8 era 2 bar. Se llevó a cabo hidrólisis en ambos reactores. Después de la hidrólisis, se tomaron cinco muestras de solución de ambos reactores, se filtraron las muestras y se midió espectrofotométricamente el contenido de amonio. El contenido de carbonato de amonio se determinó por medio de ácido sulfúrico y rojo de metilo, y, en base a la cantidad de carbonatos de amonio, también se calculó el contenido de NH_4^+ . Los resultados se exponen en la tabla 7. El contenido de amonio calculado a partir del carbonato de amonio puede ser menor que el contenido de amonio medido. Una razón probable de esto es que el contenido de iones amonio se mide a partir de la solución filtrada y el contenido de carbonato de amonio a partir de la solución no filtrada.

TABLA 7

	Muestra	Reactor	NH ₄ /mg/l	Carbonatos mg/l	NH ₄ /calculado	pH
35	1	R6	3200	7000	1300	6,7
40	1	R8	2700	6000	1100	
	2	R6	2400	4200	800	7,2
45	2	R8	2500	4200	800	6,6
	3	R6	3000	12000	2200	7,7
	3	R8	7900	32100	6000	8,2
50	4	R6	3100	13700	2600	7,4
	4	R8	4000	35600	6700	7,8
	5	R6	1900	17100	3000	7,4
55	5	R8	5500	42900	8000	8,1

Ejemplo 8

60 *Producción de biogas*

Se introdujo en el reactor R1 de 300 litros de capacidad material orgánico, que contenía 18,8 kg de harina de hueso, 28,9 kg de pescado y 3,8 kg de residuos de levadura genéticamente manipulados (Genecor) y 20 litros de inóculo, que contenía sus propios microbios de diferente pescado y levadura. También había 275 kg de agua en el reactor. La presión en el reactor era 2 bar. Se llevó a cabo hidrólisis en el reactor. Parte de la masa en el reactor de hidrólisis R1 se pasó a un segundo reactor, al que también se alimentó biogas generado en el primer reactor. En el segundo reactor se formó un compuesto tampón o una mezcla de compuestos tampón a presión, y el lodo en el segundo reactor se recicló de nuevo al primer reactor. Se midió la cantidad de biogas producido, y se determinó su contenido de metano y

ES 2 255 892 T3

dióxido de carbono. El contenido de iones amonio de la masa hidrolizada se midió espectrofotométricamente. También se determinó en la masa el contenido de bicarbonato de amonio y se utilizó para calcular el contenido de iones amonio. La prueba se repitió cinco veces. Los resultados se exponen en la tabla 8.

TABLA 8

Muestra	CH ₄ /%	CO ₂ /%	Biogas/ l/día	NH ₄ ⁺ medido mg/l	NH ₄ ⁺ Calcu- lado mg/l	Carbo- nato mg/l	pH
1	73,6	22,8	118	9700	8000	42900	7,8
2	70,6	24,6	136,8				
3	71,4	23,6	132				
4	69,6	25,6	122				
5	72,4	25	72	7200	10000	53600	7,8

Ejemplo 9

Producción de biogas

También se llevó a cabo tres veces en el reactor R4 una prueba correspondiente a la realizada en el reactor R1. En el reactor R4 de 250 litros de capacidad se introdujo material orgánico conteniendo 6,2 kg de harina de hueso, 24,15 kg de pescado y 3,92 kg de residuos de levadura genéticamente manipulados (Genencor) así como 20 litros de inóculo conteniendo sus propios microbios de diferente pescado y levadura. Había 225 litros de agua en el reactor. La presión en el reactor era 4 bar. Los resultados se exponen en la tabla 9.

TABLA 9

Muestra	CH ₄ /%	CO ₂ /%	Biogas/ l/día	NH ₄ ⁺ medido mg/l	NH ₄ ⁺ cal- culado mg/l	Carbo- nato mg/l
1	72,8	20,2	360			
2	71,4	23,6	122	4800	6800	36400
3	72,2	22,8		5100	8000	42900

Ejemplo 10

Verificación de la resistencia térmica del producto hidrolizado

Se tomó del reactor R8 una muestra, que se mantuvo en un depósito cerrado en un armario térmico a una temperatura de 68 a 70°C. Se analizó el contenido de carbonato de amonio de solución enfriada, que era exactamente el mismo que en el reactor no fermentado R8, es decir 31700 mg/l. Calculado como amoníaco, corresponde al valor 5900 mg/l (NH₄⁺). Esta prueba indica que el efecto tampón permanece en el material, incluso aunque se caliente a la temperatura de 68 a 70°C.

REIVINDICACIONES

1. Un método para procesar material orgánico para producir un producto hidrolizado y un biogas limpiado, em-
5 pleando al menos dos reactores, **caracterizado** porque el método incluye los pasos de
- a) realizar una bioconversión en el material orgánico en al menos un primer reactor;
 - b) tratar biogas formado en la bioconversión con amoníaco o un material conteniendo amoníaco en al menos un
10 segundo reactor que está presurizado; y
 - c) reciclar solución tampón formada en el al menos único segundo reactor al al menos único primer reactor.
2. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el material orgánico es material de origen animal.
- 15 3. Un método según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el material orgánico es pescado o residuos de
pescado, aves o residuos de aves.
4. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el material orgánico es material de origen vegetal.
- 20 5. Un método según la reivindicación 4, **caracterizado** porque el material orgánico es plantas cultivadas o residuos
de plantas cultivadas, tal como coles, patata o peladura de patata.
6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el material orgánico es material
25 de origen microbiano, tal como levadura o residuos de levadura.
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la bioconversión es un proceso
presurizado.
- 30 8. Un método según alguna de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque la bioconversión se lleva a cabo a
presión, que es superior a la presión atmosférica.
9. Un método según la reivindicación 8, **caracterizado** porque la bioconversión se lleva a cabo a una presión de
aproximadamente 1,2 a 6 bar, ventajosamente a una presión de más de 2 bar.
- 35 10. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la bioconversión es un proceso
despresurizado.
11. Un método según la reivindicación 10, **caracterizado** porque la presión en el segundo reactor es superior a 1,8
40 bar.
12. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque el material orgánico se
almacena en condiciones ácidas antes de llevar a cabo la bioconversión.
- 45 13. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque el material orgánico se
almacena en condiciones básicas antes de llevar a cabo la bioconversión.
14. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** porque la bioconversión es mesófila.
- 50 15. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** porque la bioconversión es termófila.
16. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** porque la bioconversión se lleva a
cabo por medio de microorganismos existentes en el material orgánico.
- 55 17. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado** porque la bioconversión se lleva a
cabo por medio de microorganismos añadidos.
18. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizado** porque la bioconversión se lleva a
cabo en condiciones anaeróbicas.
- 60 19. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado** porque se emplean al menos dos
reactores, por lo que uno se usa para la bioconversión y el otro se usa para limpiar biogas.
20. Un método según la reivindicación 19, **caracterizado** porque el reactor, donde se limpia el biogas, contiene
65 material orgánico.
21. Un método según la reivindicación 19, **caracterizado** porque el reactor, donde se limpia el biogas, contiene
amoníaco.

ES 2 255 892 T3

22. Un método según la reivindicación 19, **caracterizado** porque el reactor, donde se limpia el biogas, contiene una mezcla de material orgánico y amoníaco.

5 23. Un método según la reivindicación 22, **caracterizado** porque el amoníaco se produce en la hidrólisis del material orgánico.

10 24. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, **caracterizado** porque al primer reactor, donde tiene lugar la bioconversión, se añade solución tampón y, opcionalmente, material orgánico parcialmente hidrolizado del segundo reactor.

15 25. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24, **caracterizado** porque la solución tampón formada contiene bicarbonato de amonio o carbonato de amonio y amoníaco libre y/o ácido carbónico.

20 26. Un método según la reivindicación 25, **caracterizado** porque la solución tampón formada contiene bicarbonato de amonio o carbonato de amonio y amoníaco libre y/o ácido carbónico en la relación de 1:10.

25 27. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 26, **caracterizado** porque se recupera el producto hidrolizado obtenido del material orgánico en el método.

30 28. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27, **caracterizado** porque se recupera el biogas limpiado.

35 29. Un equipo para procesar material orgánico según un método de la reivindicación 1, incluyendo al menos un primer reactor (9) para realizar bioconversión,

al menos un segundo reactor (10) para tratar biogas formado en la bioconversión con amoníaco o un material conteniendo amoníaco orgánico para formar un compuesto tampón/compuestos tampón,

40 un tubo (8) para alimentar un material orgánico a al menos el primer reactor (9),

un tubo (13) para descargar biogas del al menos único primer reactor (9),

45 un tubo (11) para descargar un material orgánico parcial o completamente hidrolizado del al menos único primer reactor (9),

un tubo (12) para transferir amoníaco y/o un material conteniendo amoníaco orgánico del al menos único primer reactor (9) al al menos único segundo reactor (10),

50 un tubo (14) para transferir biogas del al menos único primer reactor (9) al al menos único segundo reactor (10),

un tubo (15) para reciclar un material conteniendo compuesto/compuestos tampón del al menos único segundo reactor (10) de nuevo al al menos único primer reactor (9),

55 **caracterizado** porque el al menos único segundo reactor (10) está presurizado.

60 30. Equipo según la reivindicación 29 o 30, **caracterizado** porque los reactores pueden ser tinas, contenedores o tubos.

50

55

60

65

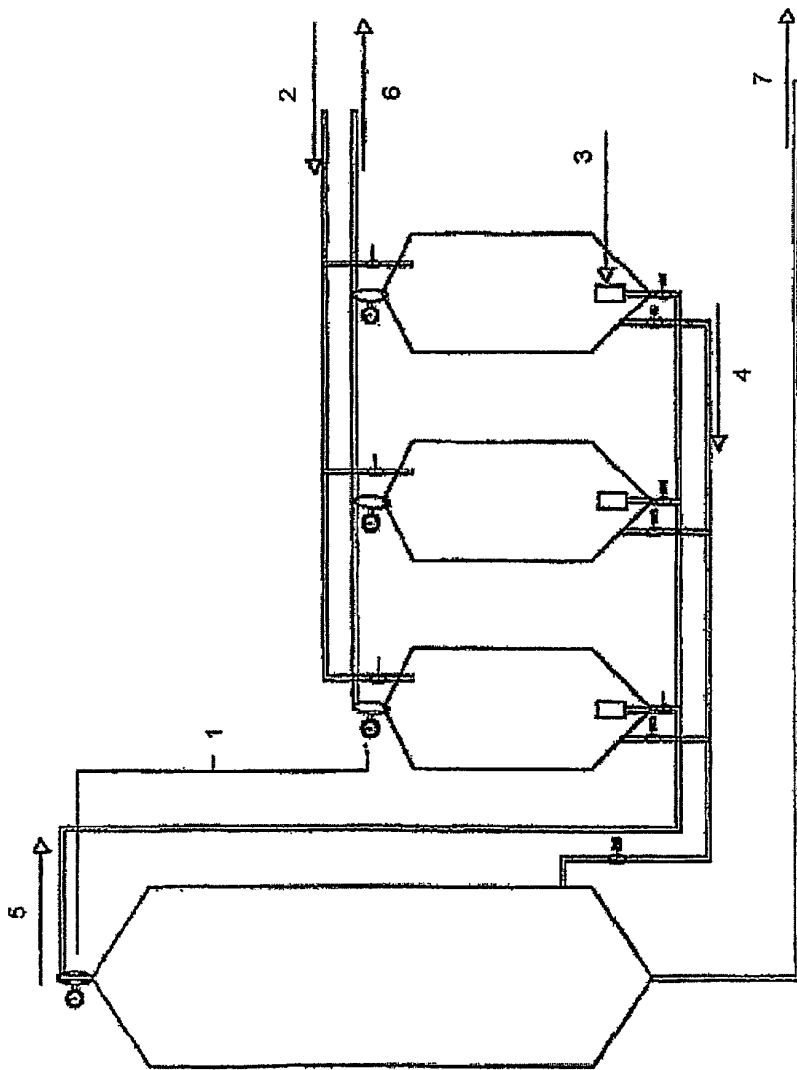


FIG 1

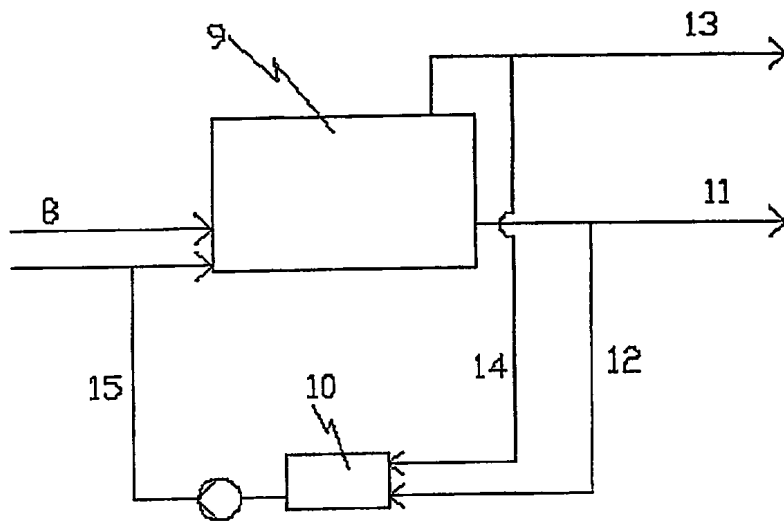


FIG 2