

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 798**

51 Int. Cl.:

C12P 7/10 (2006.01)

A23K 10/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2010 E 16205033 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.04.2018 EP 3168308**

54 Título: **Producción de residuos comestibles a partir de la producción de etanol**

30 Prioridad:

14.10.2009 US 251610 P

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

08.06.2018

73 Titular/es:

**XYLECO, INC. (100.0%)
360 Audubon Road
Wakefield, MA 01880-6248, US**

72 Inventor/es:

MEDOFF, MARSHALL

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 671 798 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

Producción de residuos comestibles a partir de la producción de etanol

5 SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud provisional de EE. UU. nº de serie 61/251.610, presentada el 14 de octubre de 2009.

10 CAMPO TÉCNICO

Esta invención se refiere a la producción de residuos comestibles a partir de la producción de etanol, p.ej. granos de destilación y residuos de la producción de etanol celulósico.

15 ANTECEDENTES

Existen plantas de fabricación para la producción de etanol a partir de granos, p.ej. maíz, y a partir de azúcares. La fabricación de etanol se discute en muchas fuentes, p.ej. en *The Alcohol Textbook*, 4ª Ed., ed. K.A. Jacques, et al., Nottingham University Press, 2003. Los granos de destilación —a los que se hace referencia también como granos de destilación con solubles (DGS) o granos de destilación secos (DDGS)— son un subproducto de la producción de etanol. Los granos de destilación son un subproducto valioso, ya que son una fuente importante de pienso para ganado de bajo coste. Sin embargo, han surgido recientemente preocupaciones debido a la presencia de antibióticos en los granos de destilación. Los antibióticos en los granos de destilación están generalmente presentes como resultado del uso de antibióticos en el proceso de fabricación de etanol. Los antibióticos tales como penicilina y virginiamicina se usan para controlar las bacterias que compiten con la levadura durante la fermentación, convirtiendo el azúcar en ácido láctico en lugar de etanol. Si se imponen restricciones sobre la venta o el uso de granos de destilación debido a preocupaciones sobre el contenido de antibióticos, esto dañará adicionalmente los márgenes de beneficio de los productores de etanol, a la vez que privará a los ganaderos de una buena fuente de pienso de ganado.

La solicitud de patente de EE. UU. nº 20060127999, "Process for producing ethanol from corn dry milling," y la solicitud de patente de EE. UU. nº 20030077771, "Process for producing ethanol", son relevantes para la presente invención. Además, la patente de EE. UU. nº 7.351.559 "Process for producing ethanol," la patente de EE. UU. nº 7.074.603, "Process for producing ethanol from corn dry milling" y la patente de EE. UU. nº 6.509.180, "Process for producing ethanol" son relevantes para la presente invención.

El documento CA 2823043 describe un procedimiento para procesar biomasa que comprende radiación por rayos de electrones.

El documento US 2007/0161095 divulga procedimientos de síntesis de combustible de biomasa para una eficiencia de energía aumentada.

RESUMEN

La materia en cuestión de la invención se expone en las reivindicaciones adjuntas. Generalmente, esta invención se refiere a residuos comestibles a partir de la producción de etanol, y a procedimientos de producción de residuos comestibles que son de bajo contenido de antibióticos o, en realizaciones preferidas, sustancialmente exentos de antibióticos. Se entiende por "de bajo contenido de antibióticos" o "sustancialmente exento de antibióticos" que el residuo comestible contiene poco o nada de antibiótico activo, p.ej. menos de 100 ppm; el residuo comestible puede contener antibióticos inactivados, como se discutirá en la presente memoria.

El residuo comestible puede ser, por ejemplo, granos de destilación secos (DDG), en el caso de producción de etanol de maíz, o una mezcla de lignina, azúcares no fermentados (p.ej., xilosa, arabinosa), minerales (p.ej., arcilla, sílice, silicatos) y en algunos casos celulosa no digerida.

En algunas implementaciones, el residuo comestible contiene menos de 50 ppm en peso de antibiótico activo, p.ej. menos de 25 ppm, menos de 10 ppm o incluso menos de 1 ppm.

En un aspecto, la invención presenta un procedimiento que comprende irradiar residuos comestibles que se han producido como subproducto de un proceso de fabricación de etanol.

Algunas implementaciones incluyen una o más de las siguientes características. Los residuos comestibles comprenden granos de destilación con solubles, p.ej. a partir de un proceso de etanol de maíz. Como alternativa, los residuos comestibles pueden comprender lignina, xilosa y minerales, y en algunos casos celulosa no digerida, por ejemplo cuando el proceso de fabricación de etanol utiliza una carga de alimentación celulósica y/o una carga de alimentación lignocelulósica.

Los residuos comestibles contienen un antibiótico, y se practica la irradiación en condiciones que se seleccionan para inactivar o destruir el antibiótico, p.ej. cambiando la estructura molecular del antibiótico. En tales casos, después de la irradiación, los residuos comestibles pueden contener menos de 100 ppm, tal como menos de 50, 25, 10 o 1 ppm en peso de antibiótico activo, o pueden estar sustancialmente exentos de antibiótico activo. En algunas implementaciones, antes de la irradiación, los residuos solubles contienen de aproximadamente 500 ppm a aproximadamente 10.000 ppm en peso de antibiótico activo.

En algunas implementaciones, se suministra la irradiación a una dosis de más de aproximadamente 0,5 Mrad, y/o menos de aproximadamente 5 Mrad, p.ej. a una dosis de aproximadamente 1 a aproximadamente 3 Mrad.

Si los residuos comestibles son granos de destilación con solubles, los granos de destilación con solubles pueden secarse, produciendo granos de destilación con solubles secos (DDGS). El secado puede practicarse antes, durante o después de la irradiación.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 es un diagrama esquemático que ilustra un proceso para elaborar etanol y granos de destilación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Haciendo referencia a la FIG. 1, una planta para la fabricación de etanol puede incluir, por ejemplo, una o más unidades operativas (10) para recibir y tratar físicamente una carga de alimentación, que en una planta de etanol basada en grano típica (p.ej., maíz o grano) incluye generalmente equipos de recepción de grano y un molino de martillos. Si la carga de alimentación para usar es un material celulósico o lignocelulósico no de grano, las unidades operativas 10 pueden configurarse para reducir el tamaño de la carga de alimentación de manera que se expongan las fibras internas de la carga de alimentación, p.ej. como se divulga en la patente de EE. UU. n° 7.470.463, cuya divulgación completa se incorpora a la presente memoria como referencia.

En algunos casos, por ejemplo si la carga de alimentación incluye un material que es difícil de tratar por fermentación, p.ej. residuos de cosecha u otras cargas de alimentación lignocelulósicas, la planta puede incluir una unidad operativa opcional configurada para tratar la carga de alimentación para reducir su recalcitrancia. En algunas implementaciones, se reduce la recalcitrancia al menos un 5 %, o al menos un 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 o 95 %. En algunos casos, se elimina de forma sustancialmente completa la recalcitrancia. Los procesos de tratamiento utilizados por la unidad operativa de reducción de la recalcitrancia pueden incluir uno o más de entre irradiación, sonicación, oxidación, pirólisis y explosión por vapor. Los procedimientos de tratamiento se pueden usar en combinaciones de dos, tres o cuatro, o incluso todas estas tecnologías (en cualquier orden). Se describen unidades operativas que pretratan cargas de alimentación para reducir la recalcitrancia en el documento WO 2008/03186, cuya divulgación completa se incorpora a la presente memoria como referencia.

La carga de alimentación puede procesarse entonces en una serie de dispositivos de cocción (12), como es bien conocido, someterse a licuefacción (14) y enfriarse (16) a una temperatura adecuada para el contacto con microorganismos tales como levaduras. La corriente enfriada fluye entonces a un sistema de bioprocesamiento (18), donde se bioprocasa, p.ej. se fermenta, produciendo una mezcla de etanol bruta que fluye a un tanque de almacenamiento (20).

El sistema de bioprocesamiento utiliza antibióticos para prevenir la generación excesiva de ácido láctico por bacterias en la mezcla. Por ejemplo, puede añadirse antibiótico a una concentración de aproximadamente 500 ppm a aproximadamente 10.000 ppm en peso de la carga de alimentación.

Se separan el agua u otro disolvente, y otros componentes no etanólicos, de la mezcla de etanol bruta usando una columna de separación (22), y se destila entonces el etanol usando una unidad de destilación (24), p.ej., un rectificador. Finalmente, el etanol puede secarse usando un tamiz molecular (26), desnaturalizarse si fuera necesario, y enviarse a un procedimiento de expedición deseado.

Otra corriente sale por la parte inferior de la columna de separación (22) y se pasa a través de una centrífuga (28). Se devuelve entonces una fracción líquida, o "vinaza ligera (vinaza recirculada)" al proceso, generalmente antes de los dispositivos de cocción (12). Se someten los sólidos ("torta húmeda") a procesamiento adicional, incluyendo
 5 secado, en una unidad operativa evaporadora/secadora (30), dando como resultado la producción de un residuo comestible, p.ej. granos de destilación y solubles secados (DDGS) si la carga de alimentación era maíz.

Se irradia entonces el residuo comestible, usando una unidad de irradiación (32). La irradiación sirve tanto para inactivar cualquier antibiótico presente en el residuo comestible del proceso de fermentación, p.ej. cambiando la
 10 estructura molecular del antibiótico, como para esterilizar el residuo comestible, matando cualquier bacteria indeseable u otro microorganismo presente en el residuo comestible.

La irradiación puede practicarse usando cualquier dispositivo adecuado. Si el residuo comestible está en una forma de sección fina, p.ej. aglomerados pequeños, puede preferirse la irradiación por rayos de electrones para
 15 proporcionar un alto rendimiento. Si se requiere una penetración más profunda, p.ej. si el residuo comestible está en forma de una torta gruesa, puede usarse radiación gamma.

La radiación puede suministrarse a cualquier dosis que sea suficiente para inactivar el antibiótico y destruir las bacterias y microorganismos indeseables, sin afectar perjudicialmente a la disponibilidad de nutrientes del residuo
 20 comestible. Por ejemplo, la dosis puede ser de aproximadamente 0,5 Mrad a aproximadamente 5 Mrad, p.ej. de aproximadamente 1 Mrad a aproximadamente 3 Mrad.

El secado del residuo comestible puede practicarse antes (como se muestra), durante o después de la irradiación, o puede omitirse si se desea.
 25

Generalmente, todo el equipo de procesamiento usado en el proceso descrito anteriormente se utiliza típicamente en plantas de fabricación de etanol existentes, con la excepción de la unidad operativa reductora de la recalcitrancia
 opcional y el dispositivo usado para irradiar el residuo comestible.

En algunos casos, la carga de alimentación puede ser un material celulósico o lignocelulósico que se ha tratado físicamente y pretratado opcionalmente en una localización remota y expedido entonces a la planta, p.ej. por tren, camión, barco (p.ej., gabarra o supertanque) o avión. En tales casos, el material puede expedirse en estado
 30 densificado por eficiencia de volumen. Por ejemplo, la carga de alimentación puede tratarse físicamente, p.ej. usando las técnicas de reducción de tamaño descritas a continuación, hasta una densidad aparente de menos de aproximadamente 0,35 g/cc y densificarse entonces para tener una densidad aparente de al menos
 35 aproximadamente 0,5 g/cc. En algunas implementaciones, el material densificado puede tener una densidad aparente de al menos 0,6, 0,7, 0,8 o 0,85 g/cc. Los materiales fibrosos pueden densificarse usando cualquier proceso adecuado, p.ej. como se divulga en el documento WO 2008/073186.

La carga de alimentación puede ser en algunos casos de naturaleza fibrosa. Las fuentes de fibra incluyen fuentes de fibra celulósica, incluyendo papel y productos de papel (p.ej., papel policubierto y papel Kraft) y fuentes de fibra
 40 lignocelulósica, incluyendo madera y materiales relacionados con la madera, p.ej. tableros de partículas. Otras fuentes de fibra adecuadas incluyen fuentes de fibra natural, p.ej., hierbas, cascarillas de arroz, bagazo, algodón, yute, cáñamo, lino, bambú, sisal, abacá, paja, mazorcas de maíz, cascarillas de arroz, pelo de coco y fuentes de
 45 fibra con alto contenido de α -celulosa, p.ej. algodón. Las fuentes de fibra se pueden obtener a partir de materiales textiles de desecho vírgenes, p.ej. remanentes, o residuos posconsumo, p.ej. trapos. Cuando se usan productos de papel como fuentes de fibra, pueden ser materiales vírgenes, p.ej. materiales vírgenes de desecho, o pueden ser
 50 residuos posconsumo. Además de materias primas vírgenes, también se pueden usar residuos posconsumo, industriales (por ejemplo, desperdicios) y de procesamiento (por ejemplo, efluente procedente del procesamiento del papel) como fuentes de fibra. La fuente de fibra también se puede obtener o proceder de residuos humanos (por ejemplo, aguas residuales), animales o de plantas. Se han descrito fuentes de fibra adicionales en las patentes de EE. UU. n° 6.448.307, 6.258.876, 6.207.729, 5.973.035 y 5.952.105.

Los azúcares liberados durante el bioprocesamiento pueden convertirse en una variedad de productos, tales como
 55 alcoholes o ácidos orgánicos. El producto obtenido depende del microorganismo utilizado y de las condiciones en las que se haya producido el bioprocesamiento. Estas etapas pueden practicarse utilizando el equipo existente de la instalación de fabricación de etanol basada en grano, con pocas o ninguna modificaciones. Puede producirse una corriente de xilosa (C5) durante el bioprocesamiento, si está presente hemicelulosa en la carga de alimentación, y por tanto en algunos casos se prevé retirar esta corriente después de la columna de separación.

60

El microorganismo utilizado en el bioprocesamiento puede ser un microorganismo natural o un microorganismo manipulado genéticamente. Por ejemplo, el microorganismo puede ser una bacteria, p.ej. una bacteria celulolítica, un hongo, p.ej. una levadura, una planta o un protista, p.ej. un alga, un protozoo o un protista similar a un hongo, p.ej. un moho mucilaginoso. Cuando los organismos son compatibles, se pueden utilizar mezclas de organismos. El microorganismo puede ser aeróbico o anaeróbico. El microorganismo puede ser un microorganismo homofermentativo (produce un producto final único o sustancialmente único). El microorganismo puede ser un microorganismo homoacetogénico, un microorganismo homoláctico, una bacteria de ácido propiónico, una bacteria de ácido butírico, una bacteria de ácido succínico o una bacteria de ácido 3-hidroxi propiónico. El microorganismo puede ser de un género seleccionado de entre el grupo de Clostridium, Lactobacillus, Moorella, Thermoanaerobacter, Propionibacterium, Propionispora, Anaerobiospirillum y Bacteriodes. En aspectos específicos, el microorganismo puede ser *Clostridium formicoaceticum*, *Clostridium butyricum*, *Moorella thermoacetica*, *Thermoanaerobacter kivui*, *Lactobacillus delbrukii*, *Propionibacterium acidipropionici*, *Propionispora arboris*, *Anaerobiospirillum succinicoproducens*, *Bacteriodes amylophilus* o *Bacteriodes ruminicola*. Por ejemplo, el microorganismo puede ser un microorganismo recombinante manipulado genéticamente para producir un producto deseado, tal como *Escherichia coli* recombinante transformada con uno o más genes capaces de codificar proteínas que dirigen la producción del producto deseado (véase p.ej. la patente de EE. UU. nº 6.852.517, publicada el 8 de febrero de 2005).

Las bacterias que pueden fermentar biomasa hasta etanol y otros productos incluyen, p.ej., *Zymomonas mobilis* y *Clostridium thermocellum* (Philippidis, 1996, *supra*). Leschine et al. (International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2002, 52, 1155-1160) aisladas de una bacteria celulolítica mesófila anaeróbica de suelo de bosque, *Clostridium phytofermentans* sp. nov., que convierte celulosa en etanol.

El bioprocesamiento, p.ej., fermentación de biomasa hasta etanol y otros productos, puede llevarse a cabo usando ciertos tipos de microorganismos termófilos o manipulados genéticamente tales como especies de Thermoanaerobacter, incluyendo *T. mathranii*, y especies de levadura tales como especies de *Pichia*. Es un ejemplo de una cepa de *T. mathranii* A3M4 descrito en Sonne-Hansen et al. (Applied Microbiology and Biotechnology 1993, 38, 537-541) o Ahring et al. (Arch. Microbiol. 1997, 168, 114-119).

Para ayudar a la descomposición de los materiales que incluyen la celulosa (tratados mediante cualquier procedimiento descrito en la presente memoria o incluso sin tratar), se pueden utilizar una o más enzimas, p.ej., una enzima celulolítica. En algunas realizaciones, los materiales que incluyen celulosa se tratan en primer lugar con la enzima, p.ej., combinando el material y la enzima en una solución acuosa. Este material puede combinarse entonces con cualquier microorganismo descrito en la presente memoria. En otras realizaciones, los materiales que incluyen celulosa, la una o más enzimas y el microorganismo se combinan simultáneamente, p.ej., mediante combinación en una solución acuosa.

Los grupos ácido carboxílico en estos productos generalmente rebajan el pH de la solución de fermentación, tendiendo a inhibir la fermentación con algunos microorganismos tales como *Pichia stipitis*. Por consiguiente, en algunos casos es deseable añadir base y/o tampón, antes o durante la fermentación, para subir el pH de la solución. Por ejemplo, se puede añadir hidróxido sódico o cal al medio de fermentación para elevar el pH del medio a un intervalo que sea óptimo para el microorganismo utilizado.

La fermentación se realiza generalmente en un medio de crecimiento acuoso que puede contener una fuente de nitrógeno u otra fuente de nutriente, p.ej. urea, junto con vitaminas y oligominerales y metales. Es generalmente preferible que el medio de crecimiento sea estéril, o al menos que tenga una baja carga microbiana, p.ej. recuento bacteriano. La esterilización del medio de crecimiento puede lograrse de cualquier manera deseada. Sin embargo, en implementaciones preferidas, se logra la esterilización irradiando el medio de crecimiento o los componentes individuales del medio de crecimiento antes del mezclado. La dosificación de radiación es generalmente lo más baja posible mientras siga obteniendo resultados adecuados, para minimizar el consumo de energía y el coste resultante. Por ejemplo, en muchos aspectos, puede tratarse el medio de crecimiento mismo o componentes del medio de crecimiento con una dosis de radiación de menos de 5 Mrad, tal como menos de 4, 3, 2 o 1 Mrad. En aspectos específicos, se trata el medio de crecimiento con una dosis de entre aproximadamente 1 y 3 Mrad.

55 OTRAS REALIZACIONES

Se han descrito una serie de realizaciones. No obstante, se entenderá que pueden hacerse diversas modificaciones.

Por ejemplo, aunque se discute la producción de granos de destilación y solubles secos (DDGS) anteriormente, en algunos casos el producto final puede ser en cambio granos de destilación y solubles húmedos (WDGS). Aunque el

WDGS, con su alto contenido de humedad, es generalmente caro de transportar y está sometido a descomposición, en algunos casos puede usarse, por ejemplo cuando se usa va a usar pienso de ganado cerca de la instalación de fabricación de etanol. Se describen tales aplicaciones, por ejemplo, en la patente de EE. UU. nº 6.355.456.

- 5 Pueden usarse procesos de molienda en húmedo o molienda en seco en los procedimientos divulgados en la presente memoria.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para producir residuos comestibles, comprendiendo el sistema:
5 (a) una o más unidades operativas para recibir y tratar físicamente una carga de alimentación, donde al menos una de las una o más unidades operativas es una unidad operativa reductora de la recalcitrancia que comprende una primera unidad de irradiación para irradiar la carga de alimentación para reducir la recalcitrancia;
(b) uno o más dispositivos de cocción para procesar la carga de alimentación antes de la fermentación;
(c) una unidad de bioprosesamiento para fermentación, donde la unidad de bioprosesamiento utiliza uno o más antibióticos;
10 (d) una unidad operativa evaporadora/secadora; y
(e) una segunda unidad de irradiación para irradiar un residuo comestible.
2. El sistema de la reivindicación 1, donde la carga de alimentación es lignocelulósica o celulósica.
- 15 3. El sistema de la reivindicación 1, donde la carga de alimentación comprende un residuo de cosecha.
4. El sistema de la reivindicación 1, donde la una o más unidades operativas para tratar físicamente una carga de alimentación es para sonicación, oxidación, pirólisis o explosión por vapor de la carga de alimentación.
- 20 5. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además una unidad de licuefacción.
6. El sistema de la reivindicación 5, que comprende además una unidad refrigerante para enfriar la carga de alimentación procesada antes de la fermentación.
- 25 7. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un tanque de almacenamiento para almacenar una mezcla de etanol bruta producida a partir de fermentación.
8. El sistema de la reivindicación 7, que comprende además una columna de separación para separar agua u otros componentes no etanólicos de la mezcla de etanol bruta.
- 30 9. El sistema de la reivindicación 8, que comprende además una unidad de destilación para destilar etanol.
10. El sistema de la reivindicación 9, que comprende además un tamiz molecular para secar etanol.
- 35 11. El sistema de la reivindicación 10, que comprende además una centrifuga para producir una fracción líquida y una fracción sólida.
12. El sistema de la reivindicación 11, donde la fracción sólida se seca en la unidad operativa
40 evaporadora/secadora para producir el residuo comestible.
13. El sistema de la reivindicación 12, donde el residuo comestible es granos de destilación y solubles secos (DDGS).
- 45 14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la primera y segunda unidades de irradiación suministran irradiación de rayo de electrones o radiación gamma.
15. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la segunda unidad de
50 irradiación suministra irradiación para inactivar o destruir el uno o más antibióticos.

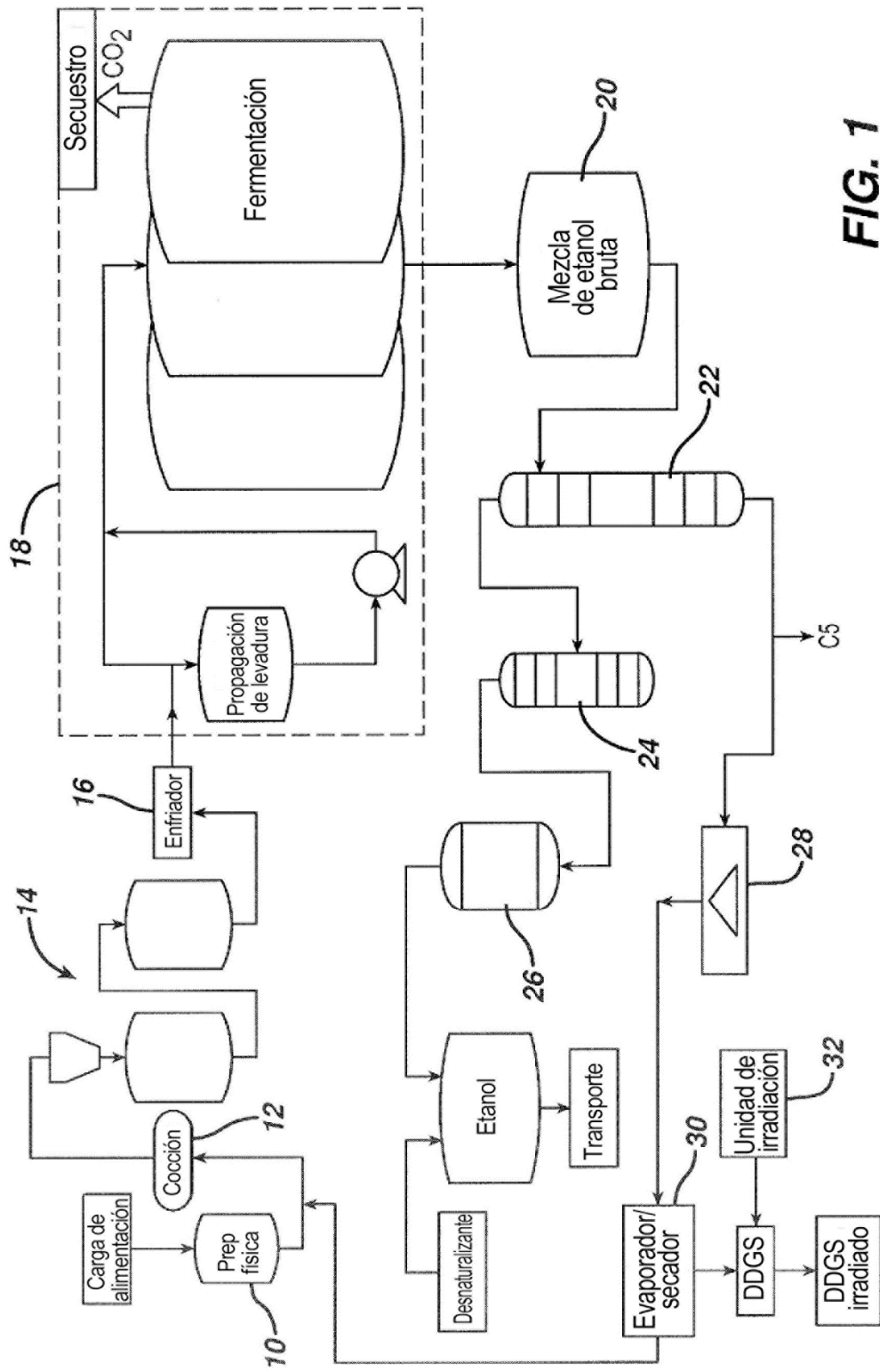


FIG. 1