

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 691**

51 Int. Cl.:

A23K 10/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2010 PCT/US2010/052382**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.04.2011 WO2011046967**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2010 E 10823967 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.02.2017 EP 2488048**

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:

14.06.2017

73 Titular/es:

**XYLECO, INC. (100.0%)
271 Salem Street, Unit L
Woburn, MA 01801, US**

72 Inventor/es:

MEDOFF, MARSHALL

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 616 691 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 Estados Unidos n.º 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, por ejemplo, granos de destilación y residuos a partir de la producción de etanol celulósico.

15 ANTECEDENTES

Las plantas de fabricación existen para la producción de etanol a partir de granos, por ejemplo, maíz y de azúcares. La fabricación de etanol se analiza en muchas fuentes, por ejemplo, en The Alcohol Textbook, 4ª Ed., ed. K.A. Jacques, et al., Nottingham University Press, 2003. Los granos de destilación (también denominados como granos de destilación y solubles (DGS) o granos de destilación secos (DDGS)) son un sub-producto de la producción de etanol. Los granos de destilación son un sub-producto valioso, ya que son una fuente principal de alimentación de ganado de bajo coste. Sin embargo, recientemente han surgido preocupaciones debido a la presencia de antibióticos en los granos de destilación. Los antibióticos en los granos de destilación generalmente están presentes como un 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 en gran medida los márgenes de beneficio de los productores de etanol, así como privará a los ganaderos de una buena fuente de alimentación de ganado.

30

La Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º 20060127999, "Process for producing ethanol from corn dry milling", y la Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º 20030077771, "Process for producing ethanol", son relevantes para la presente invención. Además, la Patente de Estados Unidos n.º 7.351.559 "Process for producing ethanol", la Patente de Estados Unidos n.º 7.074.603, "Process for producing ethanol from corn dry milling", y la Patente de Estados Unidos n.º 6.509.180, "Process for producing ethanol" son relevantes para la presente invención.

35

El documento CA 2823043 describe un procedimiento de procesamiento de la biomasa que comprende radiación por haz de electrones.

40 El documento US 2007/0161095 desvela procedimientos de síntesis de combustible de biomasa para un aumento de la eficiencia energética.

RESUMEN

45 La materia objeto de la invención se expone en las reivindicaciones adjuntas.

En general, esta invención se refiere a residuos comestibles a partir de la producción de etanol, y a procedimientos para producir residuos comestibles que son bajos en contenido de antibiótico o, en realizaciones preferidas, substancialmente libres de antibióticos. Por "bajo en contenido de antibióticos" o "substancialmente libre de antibióticos", se refiere a que el residuo comestible contiene poco o ningún antibiótico activo, por ejemplo, menos de 100 ppm; el residuo comestible puede contener antibióticos inactivados, como se analizará en el presente documento.

50

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 sin fermentar (por ejemplo, xilosa, arabinosa), minerales (por ejemplo, arcilla, sílice, silicatos), y en algunos casos celulosa sin digerir.

55

En algunas implementaciones, el residuo comestible contiene menos de 50 ppm en peso de antibiótico activo, por ejemplo, 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 un subproducto de un proceso de fabricación de etanol.

5 Algunas implementaciones incluyen una o más de las siguientes características. Los residuos comestibles comprenden granos de destilación y solubles, por ejemplo, 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 materia prima celulósica y/o una materia prima lignocelulósica.

10

Los residuos comestibles contienen un antibiótico, y la irradiación se realiza en condiciones que se seleccionan para inactivar o destruir el antibiótico, por ejemplo, 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 substancialmente libres de antibiótico activo. En algunas implementaciones, antes de la irradiación los residuos comestibles contienen de aproximadamente 500 ppm hasta aproximadamente 10.000 ppm en peso de antibiótico activo.

15

En algunas implementaciones, la irradiación se administra a una dosis de más de aproximadamente 0,5 Mrad y/o menos de aproximadamente 5 Mrad, por ejemplo, a una dosis de aproximadamente 1 hasta aproximadamente 3 Mrad.

20

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

25

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

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

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Haciendo referencia a la FIG. 1, una planta para fabricar etanol puede incluir, por ejemplo, una o más unidades de operación (10) para recibir y tratar físicamente una materia prima, que en una planta típica de etanol basada en grano (por ejemplo, maíz o grano) generalmente incluye equipo receptor de grano y molino de martillo. Si la materia prima que se va a usar es un material celulósico o lignocelulósico que no es de grano, las unidades de operación 10 pueden ser configuradas para reducir el tamaño de la materia prima de una manera que expone fibras internas de la materia prima, por ejemplo, como se desvela en la Patente de Estados Unidos n.º 7.470.463, cuya divulgación completa se incorpora en el presente documento por referencia.

35

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

40

La materia prima puede procesarse entonces en una serie de dispositivos de cocción (12), como se sabe bien, 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 bioprocresa, por ejemplo, se fermenta, para producir una mezcla de etanol en bruto que fluye hacia un tanque de mantenimiento (20).

55

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

El agua u otro solvente, y otros componentes distintos de etanol, se separan de la mezcla de etanol en bruto usando una columna de separación (22), y el etanol se destila entonces usando una unidad de destilación (24), por ejemplo, un rectificador. Finalmente, el etanol puede secarse usando un tamiz molecular (26), desnaturalizarse, si es necesario, y transferirse a un procedimiento de envío deseado.

Otra corriente viene del fondo de la columna de separación (22) y se pasa a través de una centrífuga (28). Una fracción líquida, o "vinaza fina (agua de proceso)" se devuelve entonces al proceso, generalmente antes de los dispositivos de cocción (12). Los sólidos ("torta húmeda") se someten a procesamiento adicional, incluyendo secado, en una unidad de operación de evaporador/secador (30), dando como resultado en la producción de un residuo comestible, por ejemplo, granos de destilación y solubles secos (DDGS) si la materia prima fue maíz.

El residuo comestible se irradia entonces, usando una unidad de irradiación (32). La irradiación sirve tanto para inactivar cualquier antibiótico presente en el residuo comestible a partir del proceso de fermentación, por ejemplo, cambiando la estructura molecular del antibiótico, y para esterilizar el residuo comestible, matando cualquier bacteria indeseable u otro microorganismo presente en el residuo comestible.

La irradiación puede realizarse usando cualquier dispositivo adecuado. Si el residuo comestible está en la forma de una sección fina, por ejemplo, gránulos pequeños, la irradiación de haz de electrones puede ser preferida para proporcionar alto rendimiento. Si se requiere penetración más profunda, por ejemplo, si el residuo comestible está en la forma de una torta gruesa, puede usarse la radiación gamma.

La radiación puede administrarse en cualquier dosis que sea suficiente para inactivar el antibiótico y/o destruir bacterias y microorganismos indeseables, sin afectar perjudicialmente la disponibilidad de nutrientes del residuo comestible. Por ejemplo, la dosis puede ser desde aproximadamente 0,5 Mrad hasta aproximadamente 5 Mrad, por ejemplo, de aproximadamente 1 Mrad a aproximadamente 3 Mrad.

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

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

En algunos casos, la materia prima puede ser un material celulósico o lignocelulósico que se ha tratado físicamente y opcionalmente pre-tratado en una ubicación remota y después se ha enviado a la planta, por ejemplo, por tren, camión, barco (por ejemplo, barcaza o supertanque), o aire. En tales casos, el material puede enviarse en un estado densificado para eficiencia de volumen. Por ejemplo, la materia prima puede tratarse físicamente, por ejemplo, usando las técnicas de reducción de tamaño descritas más adelante, o a una densidad a granel de menos de aproximadamente 0,35 g/cc, y entonces densificada para tener una densidad a granel de al menos aproximadamente 0,5 g/cc. En algunas implementaciones, el material densificado puede tener una densidad a granel de al menos 0,6, 0,7, 0,8 o 0,85 g/cc. Los materiales fibrosos pueden densificarse usando cualquier proceso adecuado, por ejemplo, como se desvela en el documento WO 2008/073186.

La materia prima puede ser en algunos casos de naturaleza fibrosa. Las fuentes de fibra incluyen fuentes de fibra celulósica, incluyendo papel y productos de papel (por ejemplo, papel poli-recubierto y papel Kraft), y fuentes de fibra lingocelulósica, incluyendo madera y materiales relacionados con manera, por ejemplo, tablero de partículas. Otras fuentes de fibra adecuadas incluyen fuentes de fibras naturales, por ejemplo, pastos, cáscaras de arroz, bagazo, algodón, yute, cáñamo, lino, bambú, sisal, abacá, paja, mazorcas de maíz, cáscaras de arroz, fibra de coco; fuentes de fibra altas en contenido de α -celulosa, por ejemplo, algodón. Las fuentes de fibra pueden ser obtenidas de materiales textiles de recortes vírgenes, por ejemplo, remanentes, desecho postconsumidor, por ejemplo, harapos. Cuando los productos de papel se usan como fuentes de fibra, pueden ser materiales vírgenes, por ejemplo, materiales vírgenes de recorte, o pueden ser desecho postconsumidor. Además de materias primas vírgenes, post-consumidor, industriales (por ejemplo, despojos) y desperdicio de procesamiento (por ejemplo, efluente de procesamiento de papel) también pueden usarse como fuentes de fibra. Además, la fuente de fibra puede obtenerse o derivarse de desechos humanos (por ejemplo, aguas residuales), animales o vegetales. Las fuentes de fibra adicionales han sido descritas en las Patentes de Estados Unidos n.º 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 diversidad de productos, tales como alcoholes o ácidos orgánicos. El producto obtenido depende del microorganismo utilizado y las condiciones bajo las cuales ocurre el bioprocesamiento. Estas etapas pueden realizarse utilizando el equipo existente de la instalación de fabricación de etanol basada en granos, con poca o ninguna modificación. Una corriente de xilosa (C5) puede producirse durante el bioprocesamiento, si está presente hemi-celulosa en la materia prima, y así en algunos casos se hace provisión para remover esta corriente después de la columna de separación.

El microorganismo utilizado en el bioprocesamiento puede ser un microorganismo natural o un microorganismo diseñado. Por ejemplo, el microorganismo puede ser una bacteria, por ejemplo, una bacteria celulolítica, un hongo, por ejemplo, una levadura, una planta o un protista, por ejemplo, un alga, un protozooario o un protista como hongo, por ejemplo, un moho de limo. Cuando los organismos son compatibles, pueden utilizarse mezclas de organismos. El microorganismo puede ser un aerobio o un anaerobio. El microorganismo puede ser un microorganismo homofermentador (produce un único o sustancialmente un único producto final). 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-hidroxipropiónico. El microorganismo puede ser de un género seleccionado del grupo *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Moorella*, *Thermoanaerobacter*, *Propionibacterium*, *Propionispora*, *Anaerobiospirillum*, and *Bacteriodes*. In specific instances, the microorganism can be *Clostridium formicoaceticum*, *Clostridium butyricum*, *Moorella thermoacetica*, *Thermoanaerobacter kivui*, *Lactobacillus delbrukii*, *Propionibacterium acidipropionici*, *Propionispora arbors*, *Anaerobiospirillum succinicproducingens*, *Bacteriodes amylophilus* o *Bacteriodes ruminicola*. Por ejemplo, el microorganismo puede ser un microorganismo recombinante diseñado para producir un producto deseado, tal como es usada una *Escherichia coli* recombinante transformada con uno o más genes capaces de codificar proteínas que dirigen la producción del producto deseado (véase, por ejemplo, la Patente de Estados Unidos n.º 6.852.517, expedida el 8 de febrero de 2005).

Las bacterias que pueden fermentar biomasa a etanol y otros productos incluyen, por ejemplo, *Zymomonas mobilis* y *Clostridium thermocellum* (Philippidis, 1996, anteriormente). Leschine et al. (International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2002, 52, 1155-1160) aislaron una bacteria celulolítica, mesófila, anaerobia, a partir de suelo de bosque, *Clostridium phytofermentans* sp. nov., que convierte celulosa en etanol.

El bioprocesamiento, por ejemplo, la fermentación, de biomasa en etanol y otros productos puede realizarse usando ciertos tipos de microorganismos termófilos o genéticamente diseñados, tal como especies de *Thermoanaerobacter*, incluyendo *T. mathranii*, y especies de levadura, tal como *Pichia species*. Un ejemplo de una cepa de *T. mathranii* es A3M4, descrita en Sonne-Hansen et al. (Applied Microbiology and Biotechnology 1993, 38, 537-541) o Ahring et al. (Arch. Microbial. 1997, 168, 114-119).

Para facilitar la ruptura de los materiales que incluyen la celulosa (tratada por cualquier procedimiento descrito en el presente documento, o incluso sin tratar), puede utilizarse una o más enzimas, por ejemplo, una enzima celulolítica. En algunas realizaciones, los materiales que incluyen la celulosa se tratan primero con la enzima, por ejemplo, combinando el material y la enzima en una solución acuosa. Este material puede ser combinado entonces con cualquier microorganismo descrito en el presente documento. En otras realizaciones, los materiales que incluyen la celulosa, la una o más enzimas y el microorganismo se combinan concurrentemente, por ejemplo, por combinación en una solución acuosa.

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

La fermentación se realiza generalmente en un medio acuoso de crecimiento, que puede contener una fuente de nitrógeno u otra fuente de nutrientes, por ejemplo, urea, junto con vitaminas y minerales y metales en trazas. Generalmente es preferible que el medio de crecimiento sea estéril, o al menos tenga una carga microbiana baja, por ejemplo, cuenta bacteriana. La esterilización del medio de crecimiento puede lograrse de cualquier manera deseada. Sin embargo, en implementaciones preferidas, la esterilización se realiza irradiando el medio de crecimiento o los componentes individuales del medio de crecimiento antes de la mezcla. La dosificación de radiación es generalmente tan baja como sea posible mientras que todavía se obtengan resultados adecuados, con el fin de minimizar el consumo de energía y coste resultante. Por ejemplo, en muchos casos, el propio medio de crecimiento o los componentes del medio de crecimiento pueden tratarse con una dosis de radiación de menos de 5

Mrad, tal como menos de 4, 3, 2 o 1 Mrad. En casos específicos, el medio de crecimiento es tratado con una dosis de entre aproximadamente 1 y 3 Mrad.

OTRAS REALIZACIONES

5

Se han descrito varias realizaciones. No obstante, se entenderá que pueden hacerse varias modificaciones.

10 Por ejemplo, aunque la producción de granos de destilación secos y solubles (DDGS) se ha analizado anteriormente, en algunos casos el producto final puede ser en su lugar granos de destilación en húmedo y solubles (WDGS). Aunque el WDGS, con su alto contenido de humedad, generalmente es costoso de transportar y someter a deterioro, en algunos casos puede usarse, por ejemplo, cuando el alimento del ganado se va a usar cerca de la instalación de fabricación de etanol. Tales aplicaciones se describen, por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos n.º 6.355.456.

15 Pueden usarse procesos de molienda en húmedo o molienda en seco en los procedimientos desvelados en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento que comprende:
- 5 irradiar residuos comestibles, donde los residuos comestibles se han producido como un subproducto del bioprocesamiento de una materia prima que comprende una materia prima celulósica y/o lignocelulósica para producir un azúcar, donde los residuos comestibles contienen un antibiótico, y la irradiación se realiza en las condiciones seleccionadas para inactivar o destruir el antibiótico.
- 10 2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el bioprocesamiento comprende el uso de una enzima, preferiblemente donde la enzima es una enzima celulolítica.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, donde los residuos comestibles se han producido como un subproducto de un proceso de fabricación de etanol.
- 15 4. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el bioprocesamiento comprende la fermentación.
5. El procedimiento de la reivindicación 4, donde los residuos comestibles comprenden granos de destilación y solubles.
- 20 6. El procedimiento de la reivindicación 1 donde, después de la irradiación, los residuos comestibles contienen menos de 100 ppm, tal como menos de 50, 25, 10 o 1 ppm, en peso de antibiótico activo.
7. El procedimiento de la reivindicación 6, donde los residuos comestibles están sustancialmente libres del antibiótico activo.
- 25 8. El procedimiento de la reivindicación 1, donde antes de la irradiación, los residuos comestibles contenían de 500 ppm a 10.000 ppm en peso de antibiótico activo.
- 30 9. El procedimiento de la reivindicación 5, donde los granos de destilación y solubles se han secado, produciendo granos secos de destilación y solubles (DDGS).
10. El procedimiento de la reivindicación 9, donde el secado se realiza antes de la irradiación.
- 35 11. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, donde la irradiación se administra a una dosis de más de aproximadamente 0,5 MRad.
12. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, donde la irradiación se administra a una dosis de menos de aproximadamente 5 Mrad, o donde la irradiación se administra a una dosis de 1 a 3 Mrad.
- 40

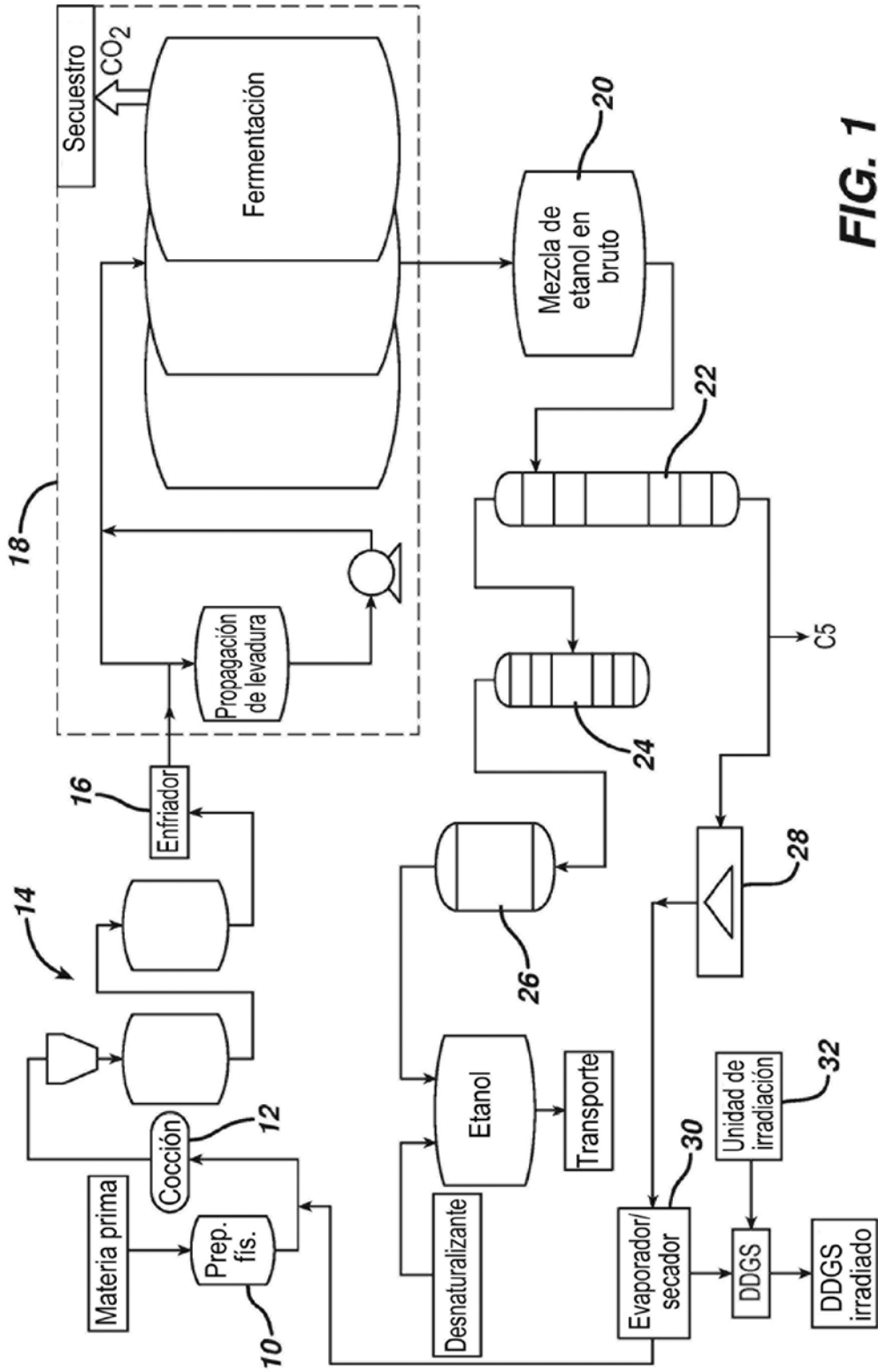


FIG. 1