

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 700**

51 Int. Cl.:

<b>C12P 7/04</b>	(2006.01)
<b>C12P 7/06</b>	(2006.01)
<b>C12P 7/16</b>	(2006.01)
<b>C12P 7/20</b>	(2006.01)
<b>C12P 7/24</b>	(2006.01)
<b>C12P 7/54</b>	(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.10.2004 PCT/SE2004/001534**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2005 WO05040392**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2004 E 04793835 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 1680509**

54 Título: **Método de producción de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno a partir de biomasa que incluye fermentación con adición de aminoácidos (leu, ile, val)**

30 Prioridad:

**24.10.2003 SE 0302800**  
**24.10.2003 US 513583 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.07.2020**

73 Titular/es:

**BIO PETROLEUM LIMITED (100.0%)**  
**49 Green Lanes**  
**London N16 9BU, GB**

72 Inventor/es:

**GOLUBKOV, IGOR**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 774 700 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

Método de producción de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno a partir de biomasa que incluye fermentación con adición de aminoácidos (LEU, ILE, VAL)

**Campo técnico de la invención**

5 Generalmente, la presente invención se refiere a la industria química y bioquímica, y más particularmente a un método que se puede usar en la fermentación de sustratos de carbohidrato de origen vegetal para producir alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, y para la síntesis de alcoholes superiores, otros compuestos que contienen oxígeno e hidrocarburos, así como también para la producción de componentes de combustible para motores a partir de biomasa. Dado que los alcoholes C<sub>6</sub> y superiores, éteres, acetales e hidrocarburos superiores no se pueden obtener por medio de una ruta bioquímica directa, se propone sintetizar éstos usando reacciones químicas conocidas, en las que los subproductos de fermentación se emplean como materias primas para dicha síntesis. La invención se define en las reivindicaciones y se caracteriza por que los aminoácidos leucina, isoleucina o valina, o una mezcla de los mismos, se añade/n al sustrato acuoso de carbohidrato en una cantidad que proporciona un contenido de nitrógeno amino de 120 a 420 mg/l de medio de fermentación.

**Técnica anterior**

La obtención de alcoholes y otros compuestos que contienen oxígeno por medio de fermentación de carbohidratos se conoce desde hace mucho tiempo [Brief Chemical Encyclopaedia Moscow, 1967] y se usa a escala industrial principalmente para la producción de etanol. No obstante, incluso el proceso más avanzado para la producción bioquímica de etanol permite la conversión de únicamente la mitad del sustrato de carbohidrato de fuente en el alcohol comercial final. La parte restante de los carbohidratos se usa para mantener las funciones vitales de los microorganismos y se convierte en dióxido de carbono. Cuando se convierte en otros alcoholes u otros compuestos que contienen oxígeno, tales como cetonas o ácidos [H.G. Schlegel. Allgemeine Mikrobiologie, 1985], los procesos bioquímicos conocidos permiten la conversión de las materias primas en los productos finales, incluso con un nivel menor. Una parte considerable del sustrato de carbohidrato de estos procesos se convierte en subproductos. La obtención de hidrocarburos por medio de métodos bioquímicos también se conoce bien desde hace mucho tiempo [H.G. Schlegel. Allgemeine Mikrobiologie, 1985]. No obstante, el biogás obtenido en la fermentación del residuo de explotaciones ganaderas o en la descomposición de biomasa por medio de bacterias contiene principalmente metano. La producción de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno a partir de gas de síntesis, que a su vez se origina a partir de biomasa, también parece problemática. En la actualidad, no existe un proceso industrial para la producción de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno que use gas de síntesis obtenido a partir de biomasa. El gas de síntesis obtenido a partir de carbón, petróleo y gas natural se usa industrialmente para la producción de compuestos que contienen oxígeno [Reaction of hydroformylation, Kirk-Othmer Encyclopedia, 3<sup>a</sup> edición, v. 19, N.Y., 1982]. Estos procesos se usan ampliamente por parte de la industria para la producción de aldehídos, alcoholes y otros compuestos principales que contienen oxígeno, que se originan a partir de dichos materiales. Los métodos de producción de hidrocarburos a partir de gas de síntesis también se conocen bien y se usan industrialmente [reacción de Fisher-Tropsch, Kirk-Othmer Encyclopedia, 3<sup>a</sup> edición, v. 19, N.Y., 1982]. No obstante, no se sabe nada sobre el uso de gas de síntesis obtenido a partir de materias primas biológicas en estos procesos.

Existen diversos métodos para intensificar la producción de alcohol etílico, tales como la introducción de nuevos tipos de microorganismos, caracterizados por una mayor velocidad de fermentación y una gama más amplia de utilización de los sustratos de carbohidrato, mediante el uso de procesos continuos de fermentación o procesos de inmovilización celular, o mediante el procesado eficaz de tipos nuevos y tradicionales de materias primas, que proporcionen un ampliación de la gama de materias primas y una asimilación más profunda de los componentes de materias primas. La productividad de los procesos de fermentación en estos métodos puede alcanzar hasta 10-15 litros de etanol por metro cúbico de volumen del fermentador por hora, y la velocidad específica de fermentación puede alcanzar hasta 2,5-3,0 litros de etanol por 1 kilogramo de biomasa de levadura en base de peso seco por hora, con un rendimiento de etanol procedente de carbohidratos fermentados en términos de peso de hasta un 49-50% (el valor teórico es de un 51%).

La técnica anterior divulga un método para la preparación de materias primas que contienen almidón en grano para fermentación de alcohol (documentos RU 2145354, C12P7/06, 1998). El método incluye la limpieza del grano de las mezclas, mezcla con agua, tratamiento térmico, adición de enzimas, ácido y sacarificación. Tras la limpieza, el grano se divide en cáscara y grano harinoso. El procesado adicional de la materia prima se lleva a cabo en dos corrientes: se mezcla el grano harinoso con agua para alcanzar un 19-21% de parte en masa de humedad y se trata térmicamente por medio de extrusión. Posteriormente, después de la mezcla con agua, se añaden enzimas amilolíticas y ácido en una cantidad que proporciona un valor óptimo de pH para la enzima particular usada. Esto va seguido de sacarificación, después de la cual se mezcla con agua hasta un 21-23% del contenido en masa de agua y se añade al menos un 2% en masa de álcali. Posteriormente, se trata térmicamente el material con adición de ácido en una cantidad que proporciona el valor de pH óptimo para la enzima específica usada. A continuación, se añaden enzimas celulolíticas y se lleva a cabo la sacarificación. Posteriormente, se juntan ambas corrientes y se dirigen a la fermentación.

Existe un método conocido para la producción de alcohol etílico a partir de materia prima en forma de grano (documentos RU 2127760, C12P7/06, 1997). El método especifica las siguientes etapas: se limpia el grano de cáscara, se tritura, se mezcla con la fracción líquida, se trata térmicamente, posteriormente se añaden enzimas amilolíticas que llevan a cabo la hidrólisis enzimática de almidón, se esteriliza la masa, se enfría, se añade el complejo enzimático, seguido de sacarificación y enfriamiento hasta la temperatura de fermentación. La mezcla-mosto obtenida se destila para obtener alcohol etílico y residuo de destilería. La cantidad total de residuo de destilería obtenido se divide en dos corrientes, una de las cuales se separa después en dos corrientes, una de las cuales se redirige a la etapa de procesado térmico del grano separado de la cáscara, donde se usa como fase líquida en la mezcla con agua; la otra corriente, tras 15-16 horas después del comienzo de la fermentación, se dirige a cada uno de los fermentadores que producen la fermentación de la masa en la etapa de fermentación en corrientes por separado en la cantidad de un 15-20% del volumen del medio de fermentación. La corriente restante del residuo de destilería se saca del proceso en la mezcla con la cáscara separada para uso como producto de forraje.

Las desventajas de los métodos anteriormente descritos son su baja velocidad de fermentación (1,5-2,0 l/kg\*h) y su bajo rendimiento de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub>. Los alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> (aceite de fusel) son un subproducto de la producción de etanol a partir de la materia prima de planta. El rendimiento de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> en la producción de etanol por medio de métodos conocidos es de un 0,2-0,6% de etanol. En la producción de etanol de calidad alimentaria los alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> son una mezcla no deseada y se deberían retirar a fondo por medio de rectificación y purificación. Todos los medios tecnológicos del proceso de producción de etanol de calidad alimentaria, que parten de la preparación de materias primas y terminación con rectificación, pretenden minimizar la formación de aceite de fusel o su retirada máxima.

La recogida y almacenamiento del aceite de fusel para el procesado cualificado posterior y el uso no resultan convenientes debido a su bajo rendimiento. Los métodos modernos para la utilización de aceite de fusel proponen bien su incineración en un quemador en forma de mezcla con aceite de fusel (Klimovski D.I, Smirnov V.N. "Alcohol Technology, Moscú, 1967) o mediante el uso de aceite de fusel como materia prima para la producción de alcohol isoamílico mediante destilación en una unidad de rectificación (patente rusa RU 2109724, C07C 31/125, 1996). Recientemente, los métodos de producción de etanol de calidad alimentaria a partir de carbohidratos de origen vegetal han acaparado gran importancia. Existen diferentes métodos conocidos para el uso de productos de fermentación de sustratos de carbohidrato de origen vegetal: alcohol etílico y alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> como combustible para motores o componentes de combustible para motores de combustión interna. En este caso, se usa principalmente alcohol etílico como componente de combustible, mientras que los alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> se usan como aditivo de aumento de octanaje para el combustible, o como componente en la síntesis química para la obtención de combustible diésel (patente rusa 2155793, C10L1/18, 2000 "High octane additive for obtaining automotive gasoline"), patente rusa RU 2106391, C10L 1/18, 1995 "Composition of hydrocarbon fuel").

El documento US 2002/0160469 A1 divulga un método para la producción de etanol en el que se pone en contacto bien un producto de soja hidrolizado y pasteurizado o bien un producto de levadura autolizado, hidrolizado y pasteurizado con bacterias etanológicas, especialmente Erwinia, Klebsiella, Xan-thomonas o Escherichia. En el Ejemplo 2, se ha usado autolizado de levadura en una cantidad que corresponde a un contenido de FAN de aproximadamente 8,4 mg/l en el medio de fermentación.

El documento JP 63017696 divulga un método para evitar la disminución de la velocidad de fermentación, que tiene como resultado a concentraciones elevadas de glucosa, es decir, un 12-30% o más cuando se usan bacterias Zymomonas, por ejemplo, para la producción de alcohol. De acuerdo con JP 63017696, cuando se añaden aminoácidos específicos a medios de cultivo con una elevada concentración de glucosa y elevado contenido en sal, en los cuales normalmente tiene lugar la obstrucción de la fermentación, es posible eliminar dicha obstrucción, y también resultan posibles mejoras significativas del rendimiento de fermentación (cantidad y rendimiento de alcohol) usando bacterias de Zymomonas. Especialmente, ácido glutámico, serina o ácido aspártico resultan apropiados para el uso. La cantidad de aminoácido no debería ser inferior a un 0,05% (peso/volumen) del medio, y preferentemente un 0,1-0,5% (peso/volumen).

A la luz de lo anterior, la producción de alcohol etílico con mayor rendimiento de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> ofrecería la posibilidad de ampliar la gama de diversos tipos de combustibles para motor producidos por medio de procesado de materias primas de carbohidrato "verdes". El rendimiento total de aceite de fusel obtenido en la fermentación depende de la calidad del sustrato de carbohidrato y el método de fermentación y, generalmente, es de un 0,2-0,6% de etilo absoluto.

### Sumario de la invención

Los inventores han desarrollado un nuevo método para obtener hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno a partir de biomasa o productos que se originan a partir de biomasa. El proceso se puede llevar a cabo en varias etapas y puede incluir también la biosíntesis de metano, dióxido de carbono, acetaldehído, acetona, alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> inferiores y glicerina, para producir hidrocarburos insaturados a partir de dichos alcoholes, obteniéndose gas de síntesis, incluyendo el uso de metano y dióxido de carbono, interacción de hidrocarburos insaturados con el gas de síntesis, condensación dichos aldehídos obtenidos, hidrogenación de los aldehídos insaturados obtenidos para dar

lugar a alcoholes, y conversión de los alcoholes saturados en hidrocarburos saturados. Además de eso, los aldehídos se pueden usar para obtener ácidos, que posteriormente se convierten en ésteres.

Los aldehídos también se pueden usar para la síntesis de acetales. Los alcoholes también se pueden convertir en éteres. Además, los alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> y la glicerina obtenidos en la biosíntesis se pueden convertir, en primer lugar, en aldehídos, que posteriormente se condensan en aldehídos insaturados superiores, que a su vez se hidrogenan para dar alcoholes saturados superiores.

La presente invención, como se define en las reivindicaciones, hace referencia a un método de producción de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno a partir de biomasa, que comprende las etapas de: preparación de un sustrato acuoso de carbohidrato con una concentración de carbohidrato de un 3-20%, que comprende una fuente de nitrógeno, fermentación del sustrato usando levadura o una bacteria seleccionada entre *Clostridium acetobutylicum* y *Clostridium butylicum* hasta una concentración total de un 1,5-10% de los siguientes productos, alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, glicerina (= glicerol), acetaldehído, ácido acético y acetona, y separación de los productos deseados a partir del medio de fermentación, caracterizado por que, como fuente de nitrógeno, se añaden los aminoácidos leucina, isoleucina, o valina, o una mezcla de los mismos, al sustrato acuoso de carbohidrato en una cantidad que proporcione un contenido de nitrógeno amino de 120 a 420 mg/l del medio de fermentación. El método encuentra uso en la industria bioquímica y química y se puede usar para la fermentación de sustratos de carbohidrato de origen vegetal para producir alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, y para la síntesis de alcoholes superiores, otros compuestos que contienen oxígeno e hidrocarburos, así como también para la producción de componentes de combustible para motores a partir de biomasa. Dado que los alcoholes C<sub>6</sub> y superiores, éteres, acetales e hidrocarburos superiores no se pueden obtener por medio de una ruta bioquímica directa, se propone la síntesis de éstos usando reacciones químicas conocidas, en las que las materias primas de fuente para dicha síntesis son:

- Gas de síntesis producido a partir de dióxido de carbono obtenido en la fermentación de biomasa y a partir de metano obtenido en la fermentación de residuo de destilería que contienen aminoácidos tras la extracción de alcohol, y/o a partir de diversos productos y residuos obtenidos en el procesado de biomasa, incluyendo el procesado de madera, producción de grano, o producción de aceites vegetales;

- Alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> producidos por medio del presente método usando aminoácidos como biocatalizador en la etapa de fermentación. Los aminoácidos son leucina, isoleucina, valina o una mezcla de estos aminoácidos extraídos a partir del autolizado de levadura tras la separación de asparagina y amonio;

- Glicerina (glicerol) producida por medio del presente método y/o por medio de saponificación de grasas. Se propone el uso de glicerina para producir hidrocarburos superiores y compuestos que contienen oxígeno para aumentar el alcance de utilización de materias primas renovables, incluyendo la finalidad de producción de combustible para motores;

- Acetaldehído y acetona producidos por medio del presente método.

Se propone el uso de dióxido de carbono o una mezcla de dióxido de carbono y oxígeno en los procesos de oxidación de alcoholes para dar lugar a aldehídos y aldehídos para dar lugar a ácidos grasos. En la etapa de condensación de aldehídos y con el fin de aumentar el rendimiento de los hidrocarburos superiores, los inventores proponen el uso, además de los aldehídos obtenidos a partir de alcoholes, de furfural obtenido por medio de hidrólisis de la materia prima que contiene pentosano. En la etapa de eterificación y con el fin de aumentar el rendimiento de los ésteres superiores, los inventores proponen el uso, junto con los ácidos grasos obtenidos a partir de aldehídos, de alcoholes grasos C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> producidos por medio de biosíntesis, así como también los ácidos obtenidos en la saponificación de grasas y extraídos a partir del aceite de sebo. Para aumentar el rendimiento de los ésteres superiores, los inventores también proponen el uso de terpenos en la etapa de eterificación.

Para aumentar el alcance de la conversión de biomasa en la síntesis de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno, los inventores proponen la producción de metanol usando dióxido de carbono obtenido en el procesado enzimático de biomasa o una mezcla de dióxido de carbono e hidrógeno. Posteriormente, el metanol obtenido a partir de dióxido de carbono se dirige a la producción de hidrocarburos superiores y compuestos que contienen oxígeno.

Para aumentar el alcance de la conversión de biomasa en la síntesis de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno, se propone el uso de dióxido de carbono en el procesado enzimático de biomasa. Además del dióxido de carbono, la producción de dicho dióxido de carbono puede usar residuos de la producción de grano, procesado de madera, césped y lignina obtenida en la hidrólisis de la materia prima que contiene celulosa.

La producción de gas de síntesis puede usar residuos de materias primas de la producción de grano, aceites vegetales, residuos del procesado de madera, incluyen pasta papelera y carbón de madera, así como subproductos y residuos obtenidos en la biosíntesis de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, biosíntesis de glicerina, acetaldehído, acetona, ácidos C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> y subproductos obtenidos mediante el procesado químico de los compuestos que contienen oxígeno anteriormente mencionados. Se puede usar lo siguiente para la producción de gas de síntesis: productos líquidos y gaseosos obtenidos en pirólisis de biomasa, furfural, turpentina, colofonia, aceite de sebo, aceite de fusel, aceites vegetales y residuos obtenidos en el procesado de dichos productos.

También se propone el uso de óxido de carbono obtenido por medio del presente método a partir de la etapa de fermentación, o a partir de varios tipos de biomasa, e hidrógeno, obtenido a partir de agua por medio de métodos conocidos, para la producción de gas de síntesis.

5 Se propone el uso de gas de síntesis producido por medio del presente método para la obtención de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno por medio del método de Fisher-Tropsch y mediante métodos basados en hidroformilación.

10 Por supuesto, el presente método para la producción de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno a partir de biomasa o productos que se originan a partir de biomasa, permite el uso de determinados compuestos de fuente de origen no biológico. Por ejemplo, en la producción de gas de síntesis junto con dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis, se puede usar hidrógeno originado a partir de petróleo, gas natural o carbón. No obstante, el efecto más grande se logra cuando los compuestos de fuente son sustancias que se originan a partir de materia prima renovable. Esto es una posibilidad para obtener productos necesarios para actividades vitales de seres humanos a partir de las materias primas que actualmente no se usan en sentido completo, pero se reproducen por naturaleza en contraste con el petróleo, gas y carbón, cuyas reservas disminuyen de manera continua.

15 La presente invención, tal y como se define en las reivindicaciones adjuntas, pretende solucionar los problemas siguientes:

- Aumentar el rendimiento de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub>;

- Aumentar la velocidad específica de fermentación de sustratos de carbohidrato;

- Utilizar el residuo que contiene proteína de la producción de alcohol;

20 - Producir hidrocarburos superiores que contienen oxígeno e hidrocarburos que no contienen oxígeno, incluyendo los que tienen C<sub>4</sub> y más átomos de carbono en la molécula, a partir de biomasa y usando la materia prima obtenida por medio de métodos bioquímicos;

25 - Utilizar en dicha producción dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis de alcoholes inferiores, ácidos e hidrocarburos; glicerina obtenida en la saponificación de grasas; furfural obtenido en la hidrólisis de la materia prima que contiene pentosano; ácidos grasos obtenidos en la biosíntesis, saponificación de grasas y extracción a partir de aceite de sebo, resina y gases obtenidos en la pirólisis de madera;

- Aumentar la tasa de utilización directa de biomasa para la síntesis de alcoholes superiores, otros compuestos que contienen oxígeno e hidrocarburos superiores para la producción de combustible para motores a partir de biomasa.

### Descripción detallada de la invención

30 El presente método, como se define en las reivindicaciones adjuntas, para la fermentación de sustratos de carbohidrato permite aumentar el rendimiento de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> hasta un nivel de un 0,65-3,1% de alcohol etílico con un aumento simultáneo de la velocidad específica de fermentación de sustratos de carbohidrato hasta 4,0 1/kg\*h. Esto se logra como se muestra a continuación.

35 Mientras se lleva a cabo la fermentación de alcohol, es necesario añadir al sustrato de carbohidrato las fuentes de nutrición mineral, es decir sales que contienen nitrógeno y sales que contienen fósforo. Estos aditivos son elementos necesarios de la nutrición de levaduras y toman parte en la formación de las células de biomasa que crecen durante el transcurso de la fermentación.

40 Convencionalmente, la concentración de nitrógeno en el sustrato es de 50 a 600 mg/l y depende de la concentración de carbohidratos. En la técnica anterior, se usan sales minerales tales como sulfato de amonio, amofos, o urea, como nutrición de nitrógeno de la levadura para llevar a cabo la fermentación de alcohol.

Los presentes inventores han encontrado que la levadura asimila los aminoácidos más rápido que el nitrógeno de las sales minerales, lo que determina un desarrollo rápido del cultivo de levadura y una velocidad elevada de fermentación de alcohol.

45 El presente método para la fermentación de sustratos de carbohidrato de origen vegetal se caracteriza por que los aminoácidos leucina, isoleucina o valina, o una mezcla de los mismos se usa como componente que contiene nitrógeno para la preparación del sustrato de carbohidrato en una cantidad que proporciona un contenido de nitrógeno amino de 120 a 420 mg/l de medio de fermentación, como se define en las reivindicaciones. El método se puede caracterizar de forma adicional por la fermentación posterior de carbohidratos del sustrato con una velocidad específica de fermentación de alcohol de hasta 4,0 1/kg/hora y un rendimiento de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> en una cantidad de un 0,65% a un 3,1% de alcohol etílico. El sustrato de carbohidrato usado son molasas de remolacha o caña, hidrolizado ácido o enzimático o materiales de plantas que contienen celulosa o que contienen almidón.

La levadura de alcohol, obtenida en la fermentación de carbohidratos de molasas, se condensa hasta un contenido de sustancia seca de un 5-10%, se lava con agua durante el proceso de condensación y se trata por medio de

autólisis a 45-55°C durante 24-48 horas. El autólizado obtenido con un contenido de nitrógeno amino de 3000-8000 mg/l que contiene los aminoácidos valina, leucina e isoleucina se usa como fuente de nutrición de nitrógeno para la levadura, con el fin de fermentar los sustratos de carbohidrato, como se define en las reivindicaciones.

5 Las sustancias suspendidas del residuo de destilería, tras la extracción de alcohol, obtenidas en la fermentación de materiales de plantas que contienen almidón se pueden condensar hasta un contenido de sustancia seca de un 5-10%, seguido bien de hidrólisis enzimática de proteínas del residuo de destilería libre de alcohol a pH 2-pH 8 y una temperatura de 30-60°C usando preparaciones enzimáticas proteolíticas, tales como proteasas, que incluyen exopeptidasas: aminopéptido-aminoácido hidrolasas, carboxipéptido-aminoácido hidrolasas; y endopeptidasas; dipeptidohidrolasas y peptido-péptidohidrolasas, o mediante hidrólisis ácida de proteínas del residuo de destilería libre de alcohol a 40-90°C usando ácido clorhídrico o sulfúrico al 0,2-0,5%. El hidrolizado de aminoácido obtenido que contiene los aminoácidos valina, leucina e isoleucina con un contenido de nitrógeno amino de 2000-6000 mg/l se puede usar posteriormente como nutrición de nitrógeno de la levadura en la fermentación de sustratos de carbohidrato, como se define en las reivindicaciones.

15 Alternativamente, se puede llevar a cabo la hidrólisis ácida combinada del material vegetal que contiene celulosa y la biomasa de microorganismos en la relación de celulosa con respecto a biomasa de 20:1-100:1. El hidrolizado obtenido que contiene un 3-20% de carbohidratos y 50-600 mg/l de nitrógeno amino se usa para la fermentación de alcohol de carbohidratos, como se define en las reivindicaciones.

20 Se pueden usar sustancias solubles en agua del residuo de destilería, tras la extracción de alcohol, para el cultivo aeróbico de la levadura; la levadura obtenida se condensa hasta un contenido de sustancia seca de un 5-10% y se trata por medio de autólisis a 45-55°C durante 24-48 horas. El autólizado obtenido que contiene aminoácidos de valina, leucina e isoleucina con una concentración de nitrógeno amino de 3000-8000 mg/l se usa como nutrición de nitrógeno de la levadura en la fermentación de sustratos de carbohidrato, como se define en las reivindicaciones.

25 El autólizado de aminoácidos de la levadura, que contiene los aminoácidos valina, leucina e isoleucina en una cantidad que proporciona un contenido de nitrógeno amino en el sustrato de carbohidrato de 120 a 420 mg/l, autólizado que se ha obtenido en el cultivo aeróbico de levadura con residuos de destilería que contiene pentosa, tras la extracción de alcohol, se puede usar como nutrición de nitrógeno en la fermentación de sustratos de carbohidrato. El residuo de destilería que contiene pentosa, tras la extracción de alcohol, se puede usar para el cultivo aeróbico de la levadura; la levadura obtenida se condensa hasta un contenido de sustancia seca de un 5-10%, se lava con agua durante la condensación y se trata por medio de autólisis a 45-55°C durante 24-48 horas. El autólizado obtenido de este modo, que contiene 3000-8000 mg/l de nitrógeno amino, se usa como nutrición de nitrógeno de la levadura en la fermentación de sustratos de carbohidrato, como se define en las reivindicaciones.

Tras la extracción de asparagina y sales de amonio, el autólizado de la proteína de levadura, el ácido o los hidrolizados enzimáticos de la proteína del residuo de destilería se usan como nutrición de nitrógeno en la fermentación de los sustratos de carbohidrato.

35 La formación de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> es el resultado del funcionamiento activo del proceso de desaminación de aminoácidos en las células de levadura con formación de amoníaco libre. Los inventores han demostrado que la formación de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> en el proceso de fermentación de alcohol viene determinada por la asimilación de nitrógeno a partir de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina por parte de las células en crecimiento. El rendimiento de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> alcanzó un 3,1% de etanol cuando valina, isoleucina y leucina fueron la única fuente de nutrición de nitrógeno de la levadura en el presente proceso de fermentación. Además, la formación máxima de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> en el presente proceso de fermentación de alcohol tuvo lugar a pH = 6,0 del medio y a 38°C (condiciones normalizadas de fermentación de alcohol pH 4,5-5,5; temperatura de 28-34°C).

45 Se ha encontrado que la presencia del sustrato de asparagina y iones de amonio, además de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina, inhibe la formación de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub>. Otros aminoácidos no inhiben el proceso de formación de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub>. La constante de inhibición para el sistema leucina-sulfato de amonio es 750 mg/l, leucina-asparagina 730 mg/l, valina-asparagina 650 mg/l.

50 Cuando se usó el autólizado de aminoácido de la levadura, el rendimiento máximo de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> alcanzó un 1,1-2,1% de etanol, y cuando se usaron hidrolizado de proteína de aminoácido de los granos del destilador, el rendimiento máximo de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 0,65-0,8% de etanol. El rendimiento relativamente bajo de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub>, cuando se usa el autólizado de levadura o el hidrolizado de proteína de residuo de destilería, es el resultado de la presencia de asparagina.

55 Los residuos de la producción de alcohol etílico procedentes de sustratos de carbohidratos son: biomasa de levadura de alcohol, que aumenta durante el proceso de fermentación; componentes orgánicos solubles no fermentables del sustrato, tales como azúcar de pentosa, ácidos orgánicos, hexosa y residuos de etanol; componentes de grano de proteína no solubles, etc.

Se conocen métodos para la utilización de dichos residuos en la producción de levadura para repostería, proteína para forraje y productos de aminoácido.

Se puede usar biomasa de levadura de alcohol o levadura obtenida en cultivo aeróbico usando componentes orgánicos no fermentables del sustrato, para la obtención de aminoácidos por medio de métodos conocidos de autólisis. El residuo de proteína no soluble de la producción de alcohol etílico también se puede usar para la obtención de aminoácidos por medio de métodos conocidos de hidrólisis enzimática o ácida de la proteína.

- 5 Se puede usar la extracción de amoníaco y asparagina de la mezcla de aminoácidos por medio de métodos conocidos de intercambio iónico para aumentar el rendimiento de los alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> en términos de etanol, cuando se usa autolizado o hidrolizado de levadura, y un hidrolizado ácido o enzimático del residuo de destilería como nutrición de nitrógeno de la levadura en el proceso de fermentación de sustratos de carbohidrato.

- 10 El contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> aumenta de un 0,8-2,1% a un 2,2-2,95% de etanol cuando se usa autolizado de levadura libre de amoníaco y asparaginas, o hidrolizado de levadura e hidrolizado ácido o enzimático de la proteína de residuo de destilería como nutrición de nitrógeno en el proceso de fermentación de sustratos de carbohidrato en la producción de etanol.

- 15 En los procesos de biosíntesis de acetona y glicerina de acuerdo con la invención, se propone el uso de un método similar al usado de acuerdo con la invención en la biosíntesis de etanol para aumentar el rendimiento de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub>, es decir el uso, en la etapa de preparación del sustrato de carbohidrato como componente que contiene nitrógeno, de los aminoácidos leucina, isoleucina, valina o mezclas de dichos ácidos, incluyendo los extraídos de la levadura o la proteína de residuo de destilería.

- 20 Para aumentar la cantidad de conversión de biomasa en la síntesis de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno, se propone el uso para la biosíntesis de metano de residuo de destilería, tras la extracción de alcohol, que contiene aminoácidos producidos en la autólisis o hidrólisis de la levadura. El metano se debería obtener en condiciones anaeróbicas usando bacterias que producen metano.

- 25 Para aumentar el rendimiento de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, se propone el procesado de glicerina (glicerol) obtenida en la biosíntesis y a partir de la saponificación de grasas, para dar lugar a n-propanol. Para aumentar el rendimiento de los alcoholes superiores, se propone el uso de grasas animales o vegetales además de la glicerina obtenida como resultado de la biosíntesis en el procesado de dicha glicerina para dar lugar a n-propanol por medio de hidrogenación. El proceso de hidrogenación de la mezcla de glicerina y grasas animales y/o vegetales para dar lugar a una mezcla de alcohol n-propílico, alcoholes C<sub>6</sub>-C<sub>20</sub> superiores e hidrocarburos C<sub>6</sub> y superiores se puede llevar a cabo en presencia de catalizadores de cobre-cromo, cinc-cromo, níquel-cromo a 300 ± 100°C y una presión de 10-30 MPa por medio del hidrógeno obtenido a partir de la biomasa. El presente proceso también se puede llevar a cabo en presencia de catalizadores que comprenden metales preciosos, tales como Pt, Pd, Re, Ru, Rh a 200 ± 50°C y una presión de 5-20 MPa.

- 30 Se propone la condensación de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> producidos por medio del presente método para dar lugar a alcoholes superiores, ésteres y ácidos. La condensación se puede llevar a cabo a una temperatura de 100-400°C y una presión de 0,1-10 MPa en presencia de alcoholatos de metales alcalinos o álcali cáustica.

- 35 Para aumentar la cantidad de conversión de biomasa en la síntesis de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno, se propone el uso de dióxido de carbono, obtenido por medio del procesado enzimático de biomasa o una mezcla de dióxido de carbono e hidrógeno, para producir metanol. También se propone el uso de hidrógeno obtenido a partir de biomasa y/o a partir de agua obtenido en el procesado de alcoholes obtenidos por medio de biosíntesis. La conversión de agua se puede llevar a cabo por medio de métodos conocidos. La síntesis de metanol usando materias primas que se originan a partir de biomasa se puede llevar a cabo a una temperatura de 350-450°C en presencia de un catalizador de ZnO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> o a una presión de 4-6 MPa y a una temperatura de 220-280°C en presencia de CuO-ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). El metanol obtenido a partir de dióxido de carbono se dirige posteriormente a los procesos de producción de hidrocarburos superiores y compuestos que contienen oxígeno.

- 45 Para aumentar el alcance de la conversión de biomasa en la síntesis de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno, los inventores proponen usar dióxido de carbono obtenido en el procesado enzimático de biomasa para producir óxido de carbono. Además, la producción de dióxido de carbono anteriormente dicho puede usar productos gaseosos de la pirólisis de biomasa que incluyen madera, lignina, césped, residuo sólido de la producción de grano y procesado de madera, y lignina obtenida en la hidrólisis de materia prima que contiene celulosa. Este proceso se puede llevar a cabo en generadores industriales de gas con capa en ebullición o pseudo-licuada de partículas sólidas o en generadores de gas u otros tipos. El gas de fuente es una mezcla de dióxido de carbono y oxígeno. La temperatura de reacción es de 1000-1500°C. Si fuese necesario, el proceso de producción de dióxido de carbono se puede llevar a cabo a una presión de 2-6 MPa. El óxido de carbono obtenido a partir de materia prima biológica se mezcla posteriormente con hidrógeno obtenido a partir de biomasa y/o con hidrógeno obtenido a partir de agua obtenida en la deshidratación de alcoholes obtenidos en la biosíntesis o a partir de agua obtenida en la condensación de aldehídos obtenidos a partir de dichos alcoholes. La conversión de agua se lleva a cabo por medio de métodos conocidos. Esta mezcla de gases se usa posteriormente para la síntesis de hidrocarburos, incluyendo alcoholes superiores, y otros compuestos que contienen oxígeno.

Para la oxidación de alcoholes para dar lugar a aldehídos, se propone el uso de dióxido de carbono obtenido en el

proceso de biosíntesis. La oxidación de alcoholes para dar lugar a aldehídos se lleva a cabo a una temperatura de 450-650°C y una presión de 0,05 MPa en presencia de un catalizador de plata Ag-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Al contrario que los procesos conocidos, la mezcla gaseosa-vapor de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> y dióxido de carbono calentado a 180-200°C se dirige a la oxidación. El uso de esta mezcla proporciona una posibilidad de usar el oxígeno de oxidación o una mezcla de oxígeno y dióxido de carbono. Los inventores proponen llevar a cabo la condensación de aldehídos, obtenidos a partir de alcoholes inferiores, con furfural en el medio alcalino a 0-10°C. Se propone además hidrogenar aldehídos insaturados obtenidos en la condensación de croton de aldehídos, que se obtienen en la oxidación de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> inferiores, y también aldehídos insaturados, obtenidos en la condensación de furfural con aldehídos C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> inferiores, por medio del hidrógeno obtenido a partir de biomasa y/o hidrógeno obtenido a partir del agua obtenida en la oxidación de alcoholes o en la condensación de aldehídos. La conversión de agua se lleva a cabo por medio de métodos conocidos.

Para la oxidación de aldehídos para dar lugar a ácidos grasos, los inventores proponen el uso de dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis. La oxidación de aldehídos para dar lugar a ácidos grasos se lleva a cabo a una temperatura de 50-250°C y una presión de 0,05-0,5 MPa, en presencia de un catalizador de acetato de manganeso. Al contrario que los métodos conocidos, la mezcla de gas-vapor de aldehídos y dióxido de carbono calentada a 50-150°C se suministra a la oxidación. La utilización de dicha mezcla proporciona una posibilidad de uso para el oxígeno de oxidación o una mezcla de oxígeno y dióxido de carbono.

Para la eterificación de ácidos grasos obtenidos por medio del presente método, los inventores proponen el uso de una mezcla de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> producidos por medio del presente método, o el uso de una mezcla de hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> insaturados obtenidos a partir de dichos alcoholes. Además, para aumentar el rendimiento de los ésteres superiores, los inventores proponen el uso en la etapa de eterificación de ácidos grasos, obtenidos por medio del presente método, ácidos grasos C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> obtenidos por medio de biosíntesis, y también ácidos grasos obtenidos en la saponificación de grasas y extraídos de aceite de sebo. Los inventores proponemos llevar a cabo la eterificación en fase gas a una temperatura de 100-200°C y una presión de 0,5-2,5 MPa en presencia de un catalizador de sulfocacionita o en fase líquida a una temperatura de 50-200°C y una presión de 0,1-0,5 MPa en presencia de ácidos no orgánicos como catalizador.

Para obtener acetales y cetales, se propone el uso de acetaldehído, acetona, glicerina y una mezcla de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> producidos por medio del presente método, acetaldehído obtenido en la oxidación de etanol producido por medio de un método bioquímico, y formaldehído obtenido en la oxidación de metanol sintetizado a partir de dióxido de carbono producido por medio de un método bioquímico. Se propone llevar a cabo el proceso de producción de acetales y cetales en fase líquida a una temperatura de 0-50°C y una presión de 0,1-0,5 MPa usando ácido clorhídrico o sulfúrico o sales de estos ácidos como catalizador.

Para la producción de gas de síntesis se pueden usar residuos de la producción de grano, aceites vegetales, procesado de madera, incluyendo la producción de pasta papelera y la producción de carbón de madera, y también subproductos y residuos obtenidos en la biosíntesis de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, glicerina, acetaldehído, acetona, ácidos C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> y subproductos y residuos obtenidos en el procesado químico de compuestos que contienen oxígeno anteriormente mencionados. Para la producción de gas de síntesis, también se propone el uso de biogás obtenido en la fermentación de diversos tipos de biomasa y dióxido de carbono obtenido en la etapa de fermentación de la misma producción o dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis de otros subproductos. Para la producción de gas de síntesis, además de dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis, también es posible usar los gases y resinas obtenidos en la pirólisis de madera, furfural, turpentina, colofonia, aceite de sebo, aceites de fusel, aceites vegetales y residuos de la producción de los productos anteriormente mencionados. El proceso de producción de gas de síntesis se lleva a cabo a una temperatura de 800-1100°C y una presión de 0,1-3 MPa en presencia de un catalizador de NiO sobre soporte de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> o a 1450-1550°C y una presión de 2-10 MPa sin un catalizador. Se propone el uso de gas de síntesis obtenido por medio del presente método para la producción de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno por medio del método de Fisher-Tropsch y por medio de procesos basados en la reacción de hidroformilación.

Se propone llevar a cabo la producción de hidrocarburos por medio del método de Fisher-Tropsch a partir de gas de síntesis, obtenido por medio del método de la presente invención, a una temperatura de 200-350°C y una presión de 2,0-2,5 MPa en presencia de un catalizador ferroso promovido por óxidos de metales alcalinos o a 170-200°C y una presión de 0,1-1,0 MPa en presencia de un catalizador de cobalto-torio-magnesio. El proceso de producción de los compuestos que contiene oxígeno por medio del método de Fisher-Tropsch a partir de gas de síntesis obtenido por medio del método se debería llevar a cabo a una temperatura de 180-250°C y una presión de 1,0-3,5 MPa en presencia de un catalizador de cobre-ferroso promovido por óxidos de aluminio, calcio, cinc, magnesio y agentes alcalinos, tales como compuestos de metales alcalinos, que cuando se disuelven en agua producen una reacción alcalina.

Para la producción de hidrocarburos insaturados, que posteriormente se dirigen a hidroformilación o alquilación, se propone la deshidratación de la mezcla de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>, obtenidos en la biosíntesis, y/o glicerina, así como también la glicerina obtenida por medio de saponificación de grasas. La deshidratación se lleva a cabo a una temperatura de 200-400°C y una presión de 0,1-3 MPa en presencia de un catalizador de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. La mezcla de alcoholes y/o glicerina se puede también deshidratar por medio de calentamiento con ácido sulfúrico.

5 Se propone alquilar hidrocarburos insaturados obtenidos en la deshidratación de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> inferiores por medio del uso de isobutano e isopentano obtenido a partir de los correspondientes iso-alcoholes, y también el uso de terpenos, que se han calentado previamente hasta una temperatura de 200 ± 50°C. El resultado de la alquilación, que se lleva a cabo a 0-10°C y una presión de 0,5-1 MPa en presencia de ácido sulfúrico al 90-100% como catalizador, es la obtención de la mezcla de hidrocarburos C<sub>6</sub>-C<sub>15</sub>. La alquilación también se puede llevar a cabo en presencia de un catalizador de AlCl<sub>3</sub> a una temperatura de 50-60°C y una presión de 1-2 MPa.

10 Se propone llevar a cabo el proceso de hidroformilación de hidrocarburos insaturados obtenidos en la deshidratación de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> inferiores usando gas de síntesis, obtenido a partir de biomasa, a una temperatura de 160 ± 20°C y una presión de 30 ± 10 MPa en presencia de catalizador de carbonilo de cobalto; o a una temperatura de 175 ± 25°C y una presión de 7,5 ± 2,5 MPa en presencia de un catalizador de cobalto modificado por compuestos de fósforo; o a 90 ± 10°C y una presión de 2 ± 1 MPa en presencia de un catalizador de cobalto-rodio.

15 Se propone hidrogenar los aldehídos, obtenidos en la hidroformilación de hidrocarburos insaturados y/o acroleína, obtenida en la deshidratación de glicerina para dar lugar a alcoholes saturados, por medio de hidrógeno obtenido a partir de biomasa y/o por medio de hidrógeno producido a partir del agua obtenida en la deshidratación de alcoholes obtenidos a partir de la biosíntesis. La conversión del agua se lleva a cabo por medio de métodos conocidos. Se propone hidrogenar los aldehídos saturados e insaturados para dar lugar a alcoholes saturados a una temperatura de 50-150°C y una presión de 1-2 MPa en presencia de un catalizador de NiO sobre soporte de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> o a una temperatura de 200-250°C y una presión de 5-20 MPa en presencia de un catalizador de CuO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

20 De este modo, el presente método para la producción de hidrocarburos superiores, que incluye compuestos que contienen oxígeno, a partir de biomasa ofrece una solución a los siguientes problemas:

- Producir compuestos superiores que contienen oxígeno y/o hidrocarburos que no contienen oxígeno, incluyendo los que tienen cuatro y más átomos de carbono en la molécula, a partir de biomasa usando la materia prima obtenida por medio de métodos bioquímicos;

25 - Aumentar considerablemente el rendimiento de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> en el proceso de su biosíntesis por medio de fermentación de los sustratos de carbohidrato;

- Aumentar en 1,5-2,0 veces la productividad de la etapa de fermentación para la tecnología de producción de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>;

30 - Utilizar el residuo que contiene proteína y otros bio componentes del residuo de destilería tras la extracción del alcohol dentro del marco de la tecnología para la producción de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, incluyendo con la finalidad de producción de metano;

- Utilizar en la producción de hidrocarburos, incluyendo compuestos que contienen oxígeno, dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, y también el dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis de otros hidrocarburos inferiores;

35 - Utilizar la producción de hidrocarburos, incluyendo compuestos que contienen oxígeno, grasas, glicerina obtenida en la saponificación de grasas, furfural obtenido en la hidrólisis de materias primas que contienen pentosano, ácidos grasos C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> obtenidos por medio de biosíntesis, ácidos obtenidos en la saponificación de grasas y extraídos a partir de aceite de sebo, resinas, turpentina, colofonia y aceite de sebo obtenido en el procesado de madera;

- Aumentar la tasa de uso directo de biomasa para la síntesis de alcoholes superiores y otros compuestos que contienen oxígeno, y también hidrocarburos superiores;

40 - Usar hidrocarburos, incluyendo compuestos que contienen oxígeno, obtenidos a partir de biomasa por medio del presente método como componente para combustibles de motor.

#### Ejemplo 1

45 Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se logró la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glicoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato: superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l, y el aminoácido leucina en una cantidad de 4000 mg/l (nitrógeno amino 420 mg/l). Se introdujo biomasa de levadura de iniciador S. cerevisiae al sustrato a una concentración de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 6,0.

50 La velocidad de fermentación fue de 3,0 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,9% en volumen, y la concentración de isopentanol de 2300 mg/l o un 3,1% del volumen de etanol.

## Ejemplo 2

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se llevó a cabo la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato: superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l, y el aminoácido valina en una cantidad de 3000 mg/l (nitrógeno amino 360 mg/l). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 6,0.

La velocidad de fermentación fue de 2,8 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,9% en volumen, y la concentración de isobutanol de 1810 mg/l o un 2,5% del volumen de etanol.

## Ejemplo 3

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se llevó a cabo la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato: superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l, y el aminoácido isoleucina en una cantidad de 4000 mg/l (nitrógeno amino 420 mg/l). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,0 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,9% y la concentración de isopentanol de 2120 mg/l o un 2,8% del volumen de etanol.

## Ejemplo 4

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se llevó a cabo la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadió al sustrato superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l, y el aminoácido leucina en una cantidad de 1000 mg/l, el aminoácido isoleucina en una cantidad de 1000 mg/l, y el aminoácido valina en una cantidad de 1500 mg/l. Se añadió biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 6,0.

La velocidad de fermentación fue de 3,5 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,8% en volumen, la concentración de isopentanoles de 1290 mg/l y la concentración de isobutanol de 910 mg/l, o el contenido total de alcoholes C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 3% del volumen de etanol.

## Ejemplo 5

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se llevó a cabo la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato: superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l, y autolizado líquido de la levadura de alcohol en una cantidad de 50 ml/l (nitrógeno amino 320 mg/l). Se añadió biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 4,0 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,8% en volumen, la concentración de isopentanoles de 480 mg/l y la concentración de isobutanol de 270 mg/l. El contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 1,1% del volumen de etanol.

## Ejemplo 6

Se diluyeron molasas de remolacha con una concentración de sacarosa de un 46% con agua hasta una concentración de sacarosa de un 18%, se acidificó con ácido sulfúrico hasta un pH 5,5, posteriormente se añadió autolizado de levadura de alcohol en una cantidad de 50 mg/l (350 mg/l de nitrógeno amino) y la biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* en la cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 5,5. La velocidad de fermentación fue de 3,8 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,6% en volumen, la concentración de isopentanoles de 490 mg/l, la concentración de isobutanol de 290 mg/l, y el contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> de un 1,1% del volumen de etanol, mientras que la

concentración de biomasa de levadura de alcohol fue de 6,2 g/l.

Se separó la levadura de alcohol de cultivo líquido por medio de filtración y se lavó con agua. Se usó la levadura obtenida para la preparación de la suspensión con un contenido de sustancia seca de un 12%. Se llevó a cabo la autólisis de la levadura y se dejó reposar la suspensión en un termostato a una temperatura de 48°C durante 36 horas. El contenido de nitrógeno amino en el autolizado obtenido fue de 7000 mg/l, y la cantidad de autolizado obtenido fue de 55 ml/l del medio. Se usó el autolizado obtenido para la preparación del medio de fuente para la fermentación del sustrato de molasas.

#### Ejemplo 7

Se diluyeron molasas de caña de azúcar con una concentración de sacarosa de un 46% con agua hasta una concentración de sacarosa de un 18%, se acidificó por medio de ácido sulfúrico hasta un pH de 5,5 y posteriormente se añadió autolizado de levadura de alcohol en una cantidad de 60 ml/l (370 mg/l del nitrógeno amino) y la biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* en la cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y pH 5,5. La velocidad de fermentación fue de 4,0 1/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,7% en volumen, la concentración de isopentanoles de 470 mg/l, la concentración de isobutanol 290 mg/l, y el contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> de un 1,2% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se añadieron sales minerales de nitrógeno y fósforo a la mezcla libre de alcohol (residuo de destilería) y se llevó a cabo el cultivo aeróbico de la levadura *Candida tropicalis*. Como resultado del cultivo, se obtuvo una suspensión de levadura con una concentración de biomasa de 15 g/l. Se separó la levadura del líquido de cultivo por medio de filtración, se lavó con agua y se trató por medio de autólisis como se describe en el Ejemplo 6. El contenido de nitrógeno amino en el autolizado obtenido fue de 6500 mg/l, la cantidad de autolizado de 125 mg/l del medio. Se usó el autolizado obtenido para la preparación del medio de fuente para la fermentación del sustrato de molasas.

#### Ejemplo 8

Se diluyeron molasas de remolacha con una concentración de sacarosa de un 46% con agua hasta una concentración de sacarosa de un 18%, se acidificó con ácido sulfúrico hasta un pH 5,5, posteriormente se añadió hidrolizado ácido de la levadura en una cantidad de 120 ml/l (350 mg/l de nitrógeno amino) y la biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* en la cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 5,5. La velocidad de fermentación fue de 3,4 1/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,7% en volumen, la concentración de isopentanoles de 460 mg/l, la concentración de isobutanol de 290 mg/l, y el contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> de un 1,2% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se añadieron sales minerales de nitrógeno y fósforo a la mezcla libre de alcohol (residuo de destilería) y se llevó a cabo el cultivo aeróbico de la levadura *Candida tropicalis*. Como resultado del cultivo, se obtuvo una suspensión de levadura con una concentración de biomasa de 15 g/l. Se separó la levadura del líquido de cultivo por medio de filtración, se lavó con agua y se preparó una suspensión de biomasa con un contenido de sustancia seca de un 6%. Se llevó a cabo la hidrólisis de la suspensión en presencia de HCl 4N a 100°C durante 12 horas. El contenido de nitrógeno amino en el hidrolizado obtenido fue de 3100 mg/l, la cantidad de hidrolizado fue de 240 ml/l del medio. Se usó el hidrolizado ácido obtenido para la preparación del medio de fuente para la fermentación del sustrato de molasas.

#### Ejemplo 9

Se trató madera de abeto troceada (material vegetal que contenía celulosa) por medio de hidrólisis ácida a una temperatura de 180°C, una concentración de ácido sulfúrico de un 0,5%, una proporción de agua con respecto a madera de 12:1 y durante un tiempo de 1,5 horas. Se neutralizó el hidrolizado de madera con cal a pH 4,5, y se separó de la lignina y los residuos de yeso. Se añadieron superfosfato en una cantidad de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 120 mg/l, el autolizado de levadura en una cantidad de 40 ml/l de sustrato (120 mg/l de nitrógeno amino) y 5 g/l de biomasa de levadura de iniciador *S. cerevisiae*, al sustrato de carbohidrato obtenido, con una concentración de azúcar de hexosa de un 3,2%, y una concentración de azúcar de pentosa de un 0,8%. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y pH 5,5. La velocidad de fermentación fue de 3,7 1/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 1,5% en volumen, la concentración de isopentanoles fue de 170 mg/l, la concentración de isobutanol fue de 90 mg/l y el contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 2,1% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se añadieron sales minerales de nitrógeno y fósforo al residuo de destilería que contenía pentosa libre de alcohol y se llevó a cabo el cultivo aeróbico de la levadura *Candida tropicalis*. Como resultado del cultivo, se obtuvo una suspensión de levadura con una concentración de biomasa de 6 g/l. Se separó la levadura del líquido de cultivo por medio de filtración, se lavó con agua y se preparó una suspensión con una concentración de sustancia seca de un 12%. Se llevó a cabo la autólisis de la levadura por medio de tratamiento de la suspensión en un termostato a 48°C durante 36 horas. El contenido de nitrógeno amino en el autolizado obtenido fue de 7100 mg/l,

la cantidad de autolizado fue de 50 ml/l del medio. Se usó el autolizado obtenido para la fermentación del hidrolizado de madera.

#### Ejemplo 10

5 Se trató madera de abeto troceada (material vegetal que contenía celulosa) por medio de hidrólisis ácida a una temperatura de 180°C, una concentración de ácido sulfúrico de un 0,5%, una proporción de agua con respecto a madera de 12:1 y durante un tiempo de 1,5 horas. Se neutralizó el hidrolizado de madera con cal a pH 4,5, y se separó de la lignina y los residuos de yeso. Se añadieron superfosfato en una cantidad de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 120 mg/l, el autolizado de levadura, purificado de amoníaco y asparaginas por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en una cantidad de 40 ml/l de sustrato (120 mg/l de nitrógeno amino) y 5 g/l de biomasa de levadura de 10 iniciador *S. cerevisiae*, al sustrato de carbohidrato obtenido, con una concentración de azúcares de hexosa y pentosa de un 3,2% y un 0,8%, respectivamente. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y pH = 6. La velocidad de fermentación fue de 4,0 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 1,5% en volumen, las concentraciones de isopentanoles e isobutanol fueron de 210 mg/l y 120 mg/l, respectivamente. El contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 2,9% del volumen de etanol.

15 Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se añadieron sales minerales de nitrógeno y fósforo al residuo de destilería que contenía pentosa libre de alcohol y se llevó a cabo el cultivo aeróbico de la levadura *Candida tropicalis*. Como resultado del cultivo, se obtuvo una suspensión de levadura con una concentración de biomasa de 6 g/l. Se separó la levadura del líquido de cultivo por medio de filtración, se lavó con agua y se preparó una suspensión con una concentración de 20 sustancia seca de un 12%. La autólisis de la levadura se logró dejando la suspensión en reposo a una temperatura de 48°C durante 36 horas. La concentración de nitrógeno amino en el autolizado obtenido fue de 8000 mg/l, la cantidad de autolizado obtenido fue de 50 ml/l del medio. El autolizado de aminoácido obtenido de este modo se trató por medio de intercambio iónico para extraer el nitrógeno amoniacal y las asparaginas; después se usó la 25 mezcla de aminoácidos sin asparaginas y nitrógeno amoniacal como nutrición de nitrógeno para la fermentación del hidrolizado de madera.

#### Ejemplo 11

Se usó madera de abeto troceada (material vegetal que contenía celulosa) junto la biomasa de levadura en una proporción de 50:1 y se trató por medio de hidrólisis ácida a una temperatura de 180°C, con una concentración de ácido sulfúrico de un 0,5%, una proporción de agua con respecto a madera de 12:1 y durante un tiempo de 1,5 30 horas. A continuación, se neutralizó el hidrolizado por medio de cal a un pH = 4,5, se separó de la lignina y los residuos de yeso. Se añadió posteriormente superfosfato en una cantidad de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 120 mg/l al sustrato de carbohidrato obtenido que tenía una concentración de azúcares de hexosa y pentosa de un 3,2% y un 0,8% respectivamente. El contenido de nitrógeno amino en el sustrato obtenido en la hidrólisis de proteína de levadura fue de 130 mg/l. Posteriormente, se proporcionó la biomasa de levadura de diseminación *S. cerevisiae* al hidrolizado en la cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH = 5,5. La velocidad de 35 fermentación fue de 3,5 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 1,5% en volumen, las concentraciones de isopentanoles e isobutanol fueron de 140 mg/l y 80 mg/l, respectivamente. El contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 1,8% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la 40 fermentación (mezcla). Se añadieron sales minerales de nitrógeno y fósforo al residuo de destilería que contenía pentosa libre de alcohol y se llevó a cabo el cultivo aeróbico de la levadura *Candida tropicalis*. Como resultado del cultivo, se obtuvo una suspensión de levadura que tenía una concentración de biomasa de 6 g/l. Se separó la levadura del líquido de cultivo por medio de filtración, se lavó con agua y se secó. El rendimiento de la biomasa de levadura en términos de madera consumida fue de 48 g/kg. Se usó la biomasa de levadura obtenida para la 45 hidrólisis ácida de la madera.

Se mezcló el dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis de alcoholes con oxígeno y se dirigió a un generador de gas. La lignina granulada obtenida en la hidrólisis de madera se suministró al mismo generador de gas simultáneamente con el gas de fuente. Durante la granulación, se añadió resina, obtenida en la pirólisis de madera, colofonia y residuos obtenidos en el procesado de turpentina, aceite de sebo, aceites de fusel y vegetales. Se llevó a 50 cabo el proceso de producción de óxido de carbono a una temperatura de 1000-1500°C.

De este modo, el óxido de carbono obtenido a partir de la materia prima biológica se mezcló con el hidrógeno obtenido por medio de electrolisis de agua. Esta mezcla de gases se usó posteriormente para la síntesis de alcoholes superiores basados en la reacción de hidroformilación, y también para la producción de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno por medio del método de Fisher-Tropsch.

55 La obtención de hidrocarburos por medio del método de Fisher-Tropsch se llevó a cabo como se muestra a continuación. Se dirigió el gas de síntesis obtenido por medio del presente método con una proporción de componentes CO:H<sub>2</sub> = 1:0,75 a una temperatura de 190-230°C y una presión de 2-2,5 MPa al reactor relleno con un catalizador, que comprende lo siguiente: un 97% de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+ un 2,5% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + un 0,5% de K<sub>2</sub>O. El rendimiento de

los productos por 1 m<sup>3</sup> fue el siguiente: el líquido 140-150 g + el gas 30-40 g. El gas comprendió hidrocarburos C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>; el líquido experimentó ebullición en el intervalo de 30-400°C. Un 40-50% del líquido son hidrocarburos que no contienen oxígeno y un 50-60% del líquido es compuestos que contienen oxígeno, con prevalencia de alcoholes C<sub>6</sub> y superiores. El proceso también se puede llevar a cabo a una temperatura de 180-220°C y una presión de 2,5-3 MPa en presencia de un catalizador que comprende Fe:Cu = 10:1 favorecida por óxidos de aluminio, calcio, cinc, magnesio, manganeso y agentes alcalinos. Estos parámetros del proceso permiten el uso de gas de síntesis obtenidos por medio del presente método y que tiene una proporción de los componentes de CO:H<sub>2</sub> = 1:1,25. En el presente caso, el rendimiento de los productos por 1 m<sup>3</sup> es: el líquido 160-170 g + el gas 20-30 g.

#### Ejemplo 12

Se diluyeron molasas de remolacha con una concentración de sacarosa de un 46% con agua hasta una concentración de sacarosa de un 18%, se acidificó con ácido sulfúrico hasta un pH 5,5 y se añadió hidrolizado ácido de la levadura tras intercambio iónico en una cantidad de 120 ml/l (360 mg/l de nitrógeno amino) y la biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* en la cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 5,5. La velocidad de fermentación fue de 3,6 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,7% en volumen; la concentración de isopentanoles e isobutanol fue de 1000 mg/l y 490 mg/l, respectivamente. El contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 2,2% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se añadieron sales minerales de nitrógeno y fósforo a la mezcla libre de alcohol (residuo de destilería) y se llevó a cabo el cultivo aeróbico de la levadura *Candida tropicalis*. Como resultado del cultivo, se obtuvo una suspensión de levadura con una concentración de biomasa de 15 g/l. Se separó la levadura del líquido de cultivo por medio de filtración, se lavó con agua y se trató por autólisis y se preparó una suspensión de biomasa con una concentración de sustancia seca de un 6%. Se llevó a cabo la hidrólisis de la suspensión con HCl 4N a 100°C durante 12 horas. El contenido de nitrógeno amino en el hidrolizado obtenido fue de 3100 mg/l, el contenido de nitrógeno amoniacal fue de 420 mg/l, la cantidad de hidrolizado fue de 240 mg/l del medio. El hidrolizado ácido obtenido se trató por medio de intercambio iónico sobre un intercambiador catiónico para extraer el nitrógeno amoniacal. La mezcla obtenida de aminoácidos libre de asparagina y nitrógeno amoniacal se usó en la preparación del medio de fuente para la fermentación del sustrato de molasas.

Los residuos obtenidos en la hidrólisis ácida de la biomasa, extraídos tras el cultivo de la levadura, se mezclan con un exceso de aminoácidos que queda tras la preparación del medio de fuente para la fermentación del sustrato de molasas, se diluyen con un líquido de cultivo hasta la concentración de 50 g/l, y se dirigen al tanque de metano, que contiene bacterias productoras de metano *Methanobacterium thermoautotrophicum*, para la producción de metano. La producción de metano en forma de biogás se llevó a cabo bajo estrictas condiciones anaerobias. La productividad del tanque de metano fue 11 de metano por cada 2 l de medio de nutrición cada 24 horas. Se usó el biogás obtenido de este modo como base para la producción de gas de síntesis.

#### Ejemplo 13

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se llevó a cabo la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l, aminoácido leucina en una cantidad de 2000 mg/l y aminoácido valina en una cantidad de 1500 mg/l (contenido de nitrógeno amino de 390 mg/l). Se añadió biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,5 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,8% en volumen, la concentración de isopentanol de 1250 mg/l y la concentración de isobutanol de 910 mg/l. El contenido total de alcoholes C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 2,95% del volumen de etanol. Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla).

Se mezcló el dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis de alcoholes con metano obtenido en la biosíntesis y vapor de agua, y se dirigió al reactor para la producción de gas de síntesis. La conversión de la mezcla de fuente se llevó a cabo en presencia de catalizador de NiO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 830-850°C. La mezcla de gas obtenida de este modo tuvo la siguiente composición: CO<sub>2</sub>-un 4,8% en volumen; CO-un 24,7% en volumen; H<sub>2</sub>-un 68,0% en volumen; CH<sub>4</sub>-un 2,5% en volumen. A continuación, se enfrió el gas convertido, se comprimió a 5 MPa y se dirigió a síntesis de metanol. Se llevó a cabo la síntesis de metanol a 5 MPa y una temperatura de 230-260°C en presencia de catalizador de CuO-ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). El metanol obtenido a partir de dióxido de carbono se dirigió posteriormente a los procesos de producción de hidrocarburos superiores y compuestos que contienen oxígeno.

En otro proceso para la obtención de gas de síntesis los inventores usaron, además del dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis, gases y resinas obtenidas en la pirólisis de madera, residuos de furfural, turpentina, colofonia y aceite de fusel. El proceso para la obtención de gas de síntesis se llevó a cabo a una temperatura de 800-1100°C y

una presión de 0,1-3 MPa en presencia de un catalizador de NiO sobre soporte de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Se obtuvo de este modo una mezcla de gas de la siguiente composición: CO<sub>2</sub>-4,2-4,6% en volumen; CO-41,5-32,7% en volumen; H<sub>2</sub>-44,8-53,3% en volumen; CH<sub>4</sub>-5,5-5,7% en volumen; N<sub>2</sub>-3,3-4,7% en volumen. A continuación, el gas convertido se enfrió y se dirigió a la producción de hidrocarburos por medio del método de Fisher-Tropsch. Se llevó a cabo el proceso como se muestra a continuación. El gas de síntesis obtenido por medio del presente método y que tiene la proporción de componentes CO:H<sub>2</sub> = 1:1,1-1,7 a 220-230°C y una presión de 2,3-2,5 MPa se dirigió a través del reactor relleno con aleación ferrosa promovida por catalizador de óxidos (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO). El rendimiento de los productos por 1 m<sup>3</sup> fue de 170-180 g. El producto obtenido estuvo compuesto por olefinas y parafinas, el intervalo de destilación del líquido fue de 30-400°C, el líquido contenía un 96% de hidrocarburos que no contienen oxígeno y un 4% de compuestos que contienen oxígeno, siendo un 50% de los cuales alcoholes C<sub>4</sub> y superiores.

El proceso también se puede llevar a cabo a una temperatura de 170-200°C y una presión de 0,1-1,0 MPa en presencia de catalizador de cobalto-torio-magnesio. Estos parámetros de proceso permiten el uso de gas de síntesis obtenido por medio del presente método y que tiene una proporción de los componentes CO:H<sub>2</sub> = 1:1,5. El rendimiento de los productos en el proceso es de 170-175 g por 1 m<sup>3</sup>. El producto obtenido contenía olefinas y parafinas, el líquido se destiló en el intervalo de 30-400°C, el 99% del líquido fueron hidrocarburos que no contienen oxígeno y un 1% compuestos que tienen oxígeno, el 70% de los cuales fueron alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>.

Para la producción de gas de síntesis los inventores usaron, además del dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis, gas natural que comprendía, principalmente, metano. La conversión de la mezcla de fuente se lleva a cabo en presencia de catalizador de NiO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 830-850°C. De este modo, se obtuvo una mezcla de gas similar en cuanto a composición al gas de síntesis obtenido en la conversión de la materia prima biológica, es decir: CO<sub>2</sub>-4,5% en volumen; CO-22,9% en volumen; H<sub>2</sub>-70,1% en volumen; CH<sub>4</sub>-2,4% en volumen; SO<sub>2</sub>+SO<sub>3</sub>-0,1% en volumen. No obstante, la presencia de óxidos de azufre en la mezcla requiere la purificación adicional del gas de síntesis antes del suministro al catalizador. Una vez que los óxidos de azufre se han extraído de la mezcla de gas, se comprimió el gas convertido por medio de un compresor hasta 5 MPa y se dirigió a la síntesis de metanol. La síntesis de metanol se llevó a cabo a una presión de 5 MPa y una temperatura de 230-260°C en presencia de un catalizador de CuO-ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Posteriormente, se dirigió el metanol obtenido a partir del dióxido de carbono bioquímico a la síntesis de hidrocarburos superiores y compuestos que contienen oxígeno, incluyendo también la eterificación de ácidos C<sub>8</sub>-C<sub>24</sub> saturados e insaturados obtenidos en la saponificación de grasas y extraídos a partir de aceite de sebo.

#### Ejemplo 14

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se llevó a cabo la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glicoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato: superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l, aminoácido leucina en una cantidad de 1000 mg/l y aminoácido isoleucina en una cantidad de 1000 mg/l, y aminoácido valina en una cantidad de 1500 mg/l (contenido de nitrógeno amino de 390 mg/l). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una concentración de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 6,0.

La velocidad de fermentación fue de 3,5 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,8% en volumen, la concentración de isopentanoles de 1290 mg/l y la concentración de isobutanol de 910 mg/l. El contenido total de alcoholes C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 3% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla).

Se separó etanol de los alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles y se deshidrató en presencia de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 300 ± 100°C. Se mezcló el etileno obtenido de este modo con gas de síntesis, originándose a partir de biogás y que tenía una proporción de CO:H<sub>2</sub> = 1:1 y se dirigió al reactor con catalizador de rodio-cobalto. La temperatura en el reactor se mantuvo en 90 ± 10°C y la presión en 2 ± 1 MPa. El aldehído propiónico obtenido de este modo en el reactor se dirigió al reactor que contenía el catalizador de Ni y se hidrogenó a 150 ± 50°C y una presión de 1-2 MPa en el interior de alcohol n-propílico por medio del hidrógeno obtenido a partir de biomasa. Además de eso, se puede condensar el aldehído propiónico hasta aldehído de isohexeno, con la posterior hidrogenación para dar lugar isohexanol en presencia de catalizador de Ni por medio del hidrógeno obtenido a partir de la biomasa.

Además, ese etileno también se sometió a telomerización con metanol a 150 ± 20°C y una presión de 7 ± 3 MPa en presencia de peróxido de tercbutilo, que se usó para iniciar la reacción, con el fin de obtener una mezcla de compuestos que contienen oxígeno que principalmente comprende alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>12</sub> de estructura normal.

#### Ejemplo 15

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se logró la hidrólisis enzimática del almidón

del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glicoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato: superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l, aminoácido hidrolizado obtenido en la hidrólisis enzimática de la proteína de residuo de destilería en una cantidad de 70 ml/l (360 mg/l de nitrógeno amino). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una concentración de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 6,0.

La velocidad de fermentación fue de 3,5 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,8% en volumen, la concentración de isopentanoles de 260 mg/l y la concentración de isobutanol de 140 mg/l. El contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 0,8% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla).

Se condensaron las sustancias suspendidas del residuo de destilería, tras la extracción de alcohol, obtenido en la fermentación de carbohidratos generados en la hidrólisis de almidón, hasta un contenido de sustancia seca de 5-10%. Después de eso, se llevó a cabo la hidrólisis enzimática de proteínas del residuo de destilería, tras la extracción de alcohol, usando en la primera etapa endopeptidasa Pepsina 2000 FIP-U/g, EC 3.4.23.1 (pH = 2, 36°C; consumo de 0,5 g por cada 1 kg de sustancia seca del residuo de destilería tras la extracción de alcohol) y la segunda etapa exopeptidasa Aminopeptidasa K EC 3.4.11 (pH = 8, 36°C, consumo de 0,1 g por cada 1 kg de sustancia seca del residuo de destilería tras la extracción de alcohol). El hidrolizado de aminoácido obtenido de este modo que tiene una concentración de nitrógeno amino de 2000-6000 mg/l se usó como nutrición de nitrógeno de la levadura en la fermentación de sustratos de carbohidrato.

Se separaron alcoholes propílico e isopropílico de los alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles y se deshidrató con catalizador Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 300 ± 50°C. Se mezcló el propileno obtenido en la deshidratación con gas de síntesis, producido a partir de biogás y que tenía una proporción de CO:H<sub>2</sub> = 1:1, y se dirigió al reactor con catalizador de cobalto-rodio. Se mantuvo la temperatura en el reactor en 90 ± 10°C y la presión en 2 ± 1 MPa. Se transfirieron al reactor aldehídos de butilo e iso-butilo obtenidos en el reactor con catalizador de Ni, se hidrogenaron a una temperatura de 150 ± 50°C y una presión de 1-2 MPa, usando el hidrógeno obtenido a partir de biomasa, para dar lugar a alcoholes butílico e isobutílico.

Además, el aldehído de butilo se puede condensar en primer lugar para dar lugar a aldehídos de isoocteno e hidrogenar con catalizador-Ni por medio del hidrógeno obtenido a partir de biomasa para dar lugar a isooctanoles.

Además de eso, se mezcló propileno con óxido de carbono, obtenido a partir de dióxido de carbono obtenido en la etapa de biosíntesis de alcoholes, y agua en la proporción de 1:3:2 en presencia de un catalizador complejo que comprende pentacarbonilo ferroso, agua y trietilamina a 100 ± 10°C y una presión de 1-2 MPa para obtener alcohol n-butílico.

#### Ejemplo 16

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se logró la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glicoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato: superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l, aminoácido hidrolizado obtenido en la hidrólisis ácida de las proteínas de residuo de destilería en una cantidad de 70 ml/l (360 mg/l de nitrógeno amino). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una concentración de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,5 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,8% en volumen, la concentración de isopentanoles de 240 mg/l y la concentración de isobutanol de 140 mg/l. El contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> fue de un 0,65% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla).

Se condensaron las sustancias suspendidas del residuo de destilería, tras las extracciones de alcohol, obtenido en la fermentación de carbohidratos generados en la hidrólisis de almidón, hasta un contenido de sustancia seca de 5-10%. Se añadió ácido sulfúrico en una cantidad que proporciona una concentración de 0,2% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Después de eso, se llevó a cabo la hidrólisis de proteínas del residuo de destilería tras la extracción de alcohol a 90°C. Se usó el hidrolizado de aminoácido obtenido de este modo que tenía una concentración de nitrógeno amino de 2000-6000 mg/l como nutrición de nitrógeno de la levadura en la fermentación de sustratos de carbohidrato.

Se separó una mezcla de alcoholes butílicos de los alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles y se deshidrató en

presencia de un catalizador de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $250 \pm 50^\circ\text{C}$ . Se mezcló isobutileno obtenido en la deshidratación con gas de síntesis obtenido a partir de biogás y que tenía una proporción de  $\text{CO}:\text{H}_2 = 1:1$  y se dirigió al reactor con catalizador de cobalto. Se mantuvo la temperatura dentro del reactor en  $160 \pm 20^\circ\text{C}$  y la presión en  $30 \pm 10$  MPa. Se dirigió la mezcla de aldehídos de amilo obtenidos de este modo al reactor con catalizador de Ni y se hidrogenó a  $150 \pm 50^\circ\text{C}$  y una presión de 1-2 MPa por medio del hidrógeno producido a partir de biomasa, para obtener una mezcla de alcoholes amílicos.

Además, en primer lugar, se pueden condensar los aldehídos de amilo para dar lugar a aldehídos de isodeceno, que posteriormente se hidrogenan para dar lugar a isodecanoles en presencia del catalizador de Ni usando el hidrógeno producido a partir de biomasa.

#### 10 Ejemplo 17

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se logró la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5,  $90^\circ\text{C}$ , consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glicoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0,  $60^\circ\text{C}$ , consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato fue de un 16%. Se añadieron al sustrato superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de  $\text{P}_2\text{O}_5$  de 200 mg/l y aminoácido hidrolizado obtenido en la hidrólisis enzimática de la proteína de residuo de destilería purificada de amoníaco y asparaginas por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en la cantidad de 100 ml/l (400 mg/l de nitrógeno amino). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una concentración de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de  $38^\circ\text{C}$  y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,6 1/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,7% en volumen, la concentración de isopentanoles de 920 mg/l y la concentración de isobutanol de 480 mg/l. El contenido total de alcoholes  $\text{C}_3\text{-C}_5$  fue de un 2,3% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes  $\text{C}_3\text{-C}_5$  y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla).

Se condensaron las sustancias suspendidas del residuo de destilería, tras la extracción de alcohol, obtenido en la fermentación de carbohidratos generados en la hidrólisis de almidón, hasta un contenido de sustancia seca de 5-10%. Después de eso, se llevó a cabo la hidrólisis enzimática de las proteínas de residuo de destilería usando en la primera etapa endopeptidasa Papaína 30000 USP-U/g, EC 3.4.22.2 (pH = 5,5,  $60^\circ\text{C}$ ; consumo de 0,1 g por cada 1 kg de sustancia seca del residuo de destilería tras extracción de alcohol) y en la segunda etapa exopeptidasa Carboxipeptidasa A EC 3.4.17.1 (pH = 7,5,  $30^\circ\text{C}$ , consumo de 0,25 g por cada 1 kg de sustancia seca del residuo de destilería tras extracción de alcohol); se trató el aminoácido hidrolizado obtenido de este modo que tenía una concentración de nitrógeno amino 2000-6000 mg/l por medio de intercambio iónico para extraer nitrógeno amoniacal y asparaginas; después de eso se usó la mezcla de aminoácidos libre de asparaginas y nitrógeno amoniacal como nutrición de nitrógeno de la levadura en la fermentación de sustratos de carbohidrato.

Se separó una mezcla de alcoholes amílicos de los alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$  y otros componentes volátiles y se deshidrató a  $250 \pm 50^\circ\text{C}$  en presencia de un catalizador de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Se homogeneizó la mezcla de pentenos obtenidos en la deshidratación con gas de síntesis obtenido a partir de biogás y que tenía una proporción de  $\text{CO}:\text{H}_2 = 1:1$  y se dirigió al reactor con catalizador de cobalto-rodio. Se mantuvo la temperatura en el reactor en  $90 \pm 10^\circ\text{C}$  y la presión en  $2 \pm 1$  MPa. Se dirigieron los aldehídos de hexilo obtenidos de este modo en el reactor hasta el reactor con el catalizador de Ni y se hidrogenó a  $150 \pm 50^\circ\text{C}$  y una presión de 1-2 MPa, usando hidrógeno producido a partir de biomasa, para obtener una mezcla de alcoholes hexílicos.

Además de eso, en primer lugar, se pueden condensar los aldehídos de hexilo para dar lugar a aldehídos de isododeceno, que posteriormente se hidrogenan para dar lugar a isododecanoles en presencia del catalizador de Ni usando el hidrógeno producido a partir de biomasa.

#### Ejemplo 18

Se diluyeron molasas de caña de azúcar con una concentración de sacarosa de un 46% con agua hasta una concentración de sacarosa de un 18%, se acidificó con ácido sulfúrico hasta un pH de 5,5, con adición posterior de hidrolizado de aminoácido, obtenido en la hidrólisis ácida de proteína del residuo de destilería libre de alcohol, se purificó de amonio y asparaginas por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en la cantidad de 90 ml/l (370 mg/l de nitrógeno amino) y biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* en la cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a  $38^\circ\text{C}$  y pH 5,5. La velocidad de fermentación fue de 4,0 1/kg\*h, la concentración de alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$  al final de la fermentación fue de un 8,95% en volumen, incluyendo un 0,2% en volumen de alcoholes  $\text{C}_3\text{-C}_5$ , lo que representa hasta un 2,2% del volumen de etanol.

Se destilaron alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$  a partir del líquido de cultivo de fermentación (mezcla).

Se condensaron las sustancias suspendidas del residuo de destilería obtenido en la fermentación de carbohidratos generados en la hidrólisis de almidón, hasta un contenido de sustancia seca de 5-10%. Se añadió ácido clorhídrico

- 5 en una cantidad que proporciona una concentración de HCl de un 0,5%. Se llevó a cabo la hidrólisis ácida del residuo de destilería, después de la extracción de alcohol, a 40°C; el aminoácido hidrolizado obtenido de este modo que tenía una concentración de nitrógeno amino de 2000-6000 mg/l se trató por medio de intercambio iónico para extraer el nitrógeno amoniacal y asparagina; después de eso, se usó la mezcla de aminoácidos libre de asparagina y nitrógeno amoniacal como nutrición de nitrógeno de la levadura en la fermentación de los sustratos de carbohidrato.
- Se deshidrató la mezcla de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> en la fermentación de las molasas, en presencia de un catalizador de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 300 ± 100°C.
- 10 Se homogeneizó la mezcla de hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la deshidratación con gas de síntesis obtenido a partir de biogás y que tenía una relación de CO:H<sub>2</sub> = 1:1 y se dirigió al reactor con catalizador de cobalto-rodio. Se mantuvo la temperatura en el reactor en 90 ± 10°C y la presión en 2 ± 1 MPa. Se obtuvo una mezcla de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> en la reacción de hidroformilación. A continuación, se extrajo aldehído propiónico a partir de la mezcla de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> y se hidrogenó a 150 ± 50°C y una presión de 1-2 MPa para dar lugar a n-propanol en presencia de un catalizador de Ni por medio de hidrógeno de origen renovable. Se devolvió el propanol a la etapa de deshidratación de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>. En primer lugar, se condensaron los aldehídos C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> con la mezcla de aldehídos C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub> insaturados, la cual se hidrogenó posteriormente en presencia de catalizador de Ni para dar lugar a la mezcla de alcoholes C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub> saturados por medio de hidrógeno obtenido a partir de la materia prima renovable. Se extraen los alcoholes C<sub>8</sub> de la mezcla de alcoholes C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub> y se deshidratan a 250 ± 50°C en presencia de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para dar lugar a isooctano, lo cual va seguido de hidrogenación para dar lugar a una mezcla de isooctano por medio de hidrógeno obtenido a partir de la materia prima renovable.
- 15 Además de eso, la mezcla total de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>, obtenida en la reacción de hidroformilación se puede condensar en primer lugar para dar lugar a una mezcla de aldehídos C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> insaturados, que posteriormente se hidrogenan con el catalizador de Ni, por medio de hidrógeno de origen renovable, para dar lugar a la mezcla de alcoholes C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> saturados de estructura-iso.
- 20 Los alcoholes C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> saturados se pueden deshidratar posteriormente con Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a una temperatura de 250 ± 50°C para dar lugar a una mezcla de hidrocarburos C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> insaturados. Los hidrocarburos C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> insaturados obtenidos en la deshidratación con catalizador de Ni por medio de H<sub>2</sub> de origen renovable se hidrogenan para dar lugar a una mezcla de hidrocarburos C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> saturados de estructura-iso.
- 25 Además, en presencia del catalizador (halogenuros metálicos) a 20-100°C o a 200 ± 50°C sin catalizador, los hidrocarburos C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> saturados se pueden condensar con aldehídos C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub> para dar lugar a una mezcla de alcoholes C<sub>7</sub>-C<sub>15</sub> insaturados, alcoholes que posteriormente se hidrogenan en presencia de catalizador de Ni por medio de hidrógeno renovable para dar lugar a una mezcla de alcoholes C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> saturados de estructura-iso.
- 30

## Ejemplo 19

- 35 Se diluyeron molasas de remolacha con una concentración de sacarosa de un 46% con agua hasta una concentración de sacarosa de un 18%, se acidificó con ácido sulfúrico hasta un pH de 5,5, y posteriormente se añadió autolizado de levadura de alcohol en una cantidad de 50 ml/l (350 mg/l de nitrógeno amino) y la biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* en la cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 38°C y pH 5,5. La velocidad de fermentación fue de 4,0 l/kg\*h, la concentración de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> al final de la fermentación fue de un 8,85% en volumen, incluyendo un 0,1% en volumen de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub>, que es un 1,1% del volumen de etanol.
- 40 Se destilaron alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se deshidrató la mezcla de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> en la fermentación de las molasas con catalizador de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 300 ± 100°C.
- 45 Se homogeneizó la mezcla de hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> obtenidos en la deshidratación con gas de síntesis obtenido a partir de biogás y que tenía una relación de CO:H<sub>2</sub> = 1:1 y se dirigió al reactor con catalizador de cobalto-rodio. Se mantuvo la temperatura en el reactor en 90 ± 10°C y la presión en 2 ± 1 MPa. En la reacción de hidroformilación, se obtuvo una mezcla de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>. Se extrajo aldehído propiónico a partir de la mezcla de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> y se hidrogenó a 150 ± 50°C y una presión de 1-2 MPa para dar lugar a propanol en presencia de catalizador de Ni por medio de H<sub>2</sub> de origen renovable. Se devuelve el propanol a la etapa de deshidratación de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>. Se extrae aldehído de n-butilo a partir de dicha mezcla de aldehídos y se condensa hasta 2-etil hexanal, que posteriormente se hidrogena con catalizador de Ni por medio del hidrógeno de origen renovable para dar lugar a 2-etil-hexanol.
- 50 Además de eso, se pueden extraer los aldehídos C<sub>5</sub> de estructura-iso a partir de la mezcla de aldehídos C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> y se pueden convertir en los correspondientes amilenos que, al interaccionar con metanol, forman ésteres isoamilmetilílicos. La mezcla restante de aldehídos C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> se condensa para dar lugar a aldehídos C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub> insaturados de estructura-iso, que posteriormente se hidrogenan en presencia de catalizador de Ni por medio de hidrógeno de origen renovable para dar lugar a una mezcla de alcoholes C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>. Los alcoholes C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub> obtenidos de este modo se pueden deshidratar con Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y posteriormente se pueden hidrogenar en presencia de un catalizador de Ni a 250 ± 50°C por medio de hidrógeno de origen renovable para dar lugar a los correspondientes hidrocarburos C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub> saturados de estructura-iso.
- 55

## Ejemplo 20

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:10 en peso y se calentó hasta 80°C y se mantuvo a esta temperatura durante 10 minutos, después de lo cual se elevó la temperatura hasta 100°C y se dejó reposar la mezcla durante otros 30 minutos. El sustrato preparado de este modo se destina a esterilización en un autoclave a 150°C durante 60 minutos, después de lo cual se enfría a 37°C. Como resultado del sobre-calentamiento de la harina, la concentración de almidón en el sustrato alcanzó aproximadamente un 6%. Se añadieron al sustrato: aminoácido leucina en una cantidad de 750 mg/l y aminoácido valina en una cantidad de 560 mg/l (contenido de nitrógeno amino de 150 mg/l). Se introdujo la biomasa de bacteria de iniciador *Clostridium acetobutylicum* en el sustrato a una concentración de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 37°C y pH = 5,5. La velocidad de fermentación fue de 3,5 l/kg\*h, la concentración de alcoholes al final de la fermentación fue de un 1,85% en volumen, incluyendo un 0,22% en volumen de etanol, un 0,01% en volumen de isopropanol, un 0,03% en volumen de isobutanol, un 1,54% en volumen de n-butanol, un 0,05% en volumen de isopentanol, y la concentración de acetona al final de la fermentación fue de un 0,9% en volumen.

La mezcla de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> y acetona obtenida en la fermentación de almidón, tras la separación de acetona, se deshidrató con catalizador de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 300 ± 100°C. Se homogeneizó la mezcla de hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> insaturados obtenidos en la deshidratación con el gas de síntesis, originado a partir de biogás y con una relación de CO:H<sub>2</sub> = 1:1, y se dirige al reactor con catalizador de cobalto-rodio. Se mantuvo la temperatura en el reactor en 90 ± 10°C y la presión en 2 ± 1 MPa.

Se obtiene una mezcla de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> en la reacción de hidroformilación. Se hidrogena la mezcla de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> con acetona añadida a 150 ± 50°C y una presión de 5 ± 1 MPa con un catalizador de Ni por medio del hidrógeno obtenido en fermentación para dar lugar a una mezcla de los alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> correspondientes. Se extraen los alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> a partir de dicha mezcla y se devuelven a la etapa de deshidratación.

Los alcoholes C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> restantes, que tienen estructura-iso, se deshidratan para dar lugar a los correspondientes hidrocarburos insaturados y, tras interacción con metanol, se convierten en éteres isoamilmetílico e isoamilcaprilmetílico. En el que el metanol usado en el proceso se obtiene a partir del dióxido de carbono obtenido en la etapa de fermentación y el biogás obtenido en el proceso del residuo de fermentación.

Los alcoholes C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> restantes de estructura normal se deshidratan para dar lugar a los correspondientes éteres C<sub>10</sub>-C<sub>12</sub>.

## Ejemplo 21

Se mezcló grano de maíz triturado con agua calentada hasta 80°C en una proporción de 1:10 en peso y se mantuvo a esta temperatura durante 10 minutos, después de lo cual se elevó la temperatura hasta 100°C y se dejó reposar la mezcla durante otros 30 minutos. El sustrato preparado de este modo se destina a esterilización en un autoclave a 150°C durante 60 minutos, después de lo cual se enfría a 38°C. Como resultado del sobre-calentamiento de la harina, la concentración de almidón en el sustrato alcanzó aproximadamente un 6%. Se añadieron al sustrato el hidrolizado ácido de la levadura, después de la extracción de amoníaco por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en la cantidad de 120 ml/l (360 mg/l de nitrógeno amino). Se introdujo la biomasa de bacteria de iniciador *Clostridium butylicum* y *Clostridium acetobutylicum* (1:4) en el sustrato a una concentración de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 37°C y pH = 5,5. La velocidad de fermentación fue de 4,0 l/kg\*h, la concentración de alcoholes al final de la fermentación fue de un 2,0% en volumen, incluyendo un 0,22% en volumen de etanol, un 0,15% en volumen de isopropanol, un 0,02% en volumen de isobutanol, un 1,58% en volumen de n-butanol, un 0,03% en volumen de isopentanol, y la concentración de acetona al final de la fermentación fue de un 0,95% en volumen.

La mezcla de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> y acetona obtenida en la fermentación de almidón, tras la separación de acetona, se deshidrató con catalizador de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 300 ± 100°C. Se homogeneizó la mezcla de hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> insaturados obtenidos en la deshidratación con el gas de síntesis, originado a partir de biogás y con una relación de CO:H<sub>2</sub> = 1:1, y se dirige al reactor con catalizador de cobalto modificado por compuestos de fósforo. Se mantuvo la temperatura en el reactor en 175 ± 25°C y la presión en 7,5 ± 2,5 MPa.

Se obtiene una mezcla de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> en la reacción de hidroformilación. Los aldehídos C<sub>4</sub> y C<sub>5</sub> de estructura normal se separan de dicha mezcla. El resto de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> con acetona añadida se hidrogenan a 150 ± 50°C y una presión de 5 ± 1 MPa en presencia de catalizador-Ni por medio del hidrógeno obtenido en la fermentación para dar lugar a la mezcla de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> correspondientes. Los alcoholes C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> se extraen a partir de dicha mezcla; estos alcoholes son de estructura iso.

Estos alcoholes se deshidratan para dar lugar a los correspondientes hidrocarburos insaturados y, después de la interacción con metanol, se convierten en éteres isoamilmetílicos e isoamilcaprilmetílicos. El metanol usado en el proceso se obtiene a partir del dióxido de carbono obtenido en la etapa de fermentación y el biogás se obtiene en el procesado del residuo de fermentación.

Los aldehídos C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> de estructura normal se condensan para dar lugar a aldehídos C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub>, que posteriormente se

hidrogenan a  $150 \pm 50^\circ\text{C}$  y una presión de 1-2 MPa en presencia de un catalizador de Ni por medio de hidrógeno obtenido en la fermentación para dar lugar a alcoholes  $\text{C}_8\text{-C}_{10}$  saturados.

#### Ejemplo 22

5 Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se logró la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5,  $90^\circ\text{C}$ , consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glicoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0,  $60^\circ\text{C}$ , consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de  $\text{P}_2\text{O}_5$  de 200 mg/l, aminoácido leucina en 10 una cantidad de 2000 mg/l y aminoácido valina en una cantidad de 1500 mg/l (contenido de nitrógeno amino de 390 mg/l). Se añadió biomasa de levadura de iniciador *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de  $38^\circ\text{C}$  y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,5  $1/\text{kg}^*\text{h}$ , la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,8% en volumen, la concentración de isopentanol de 1250 mg/l y la concentración de isobutanol de 910 mg/l, el contenido total de alcoholes  $\text{C}_4\text{-C}_5$  fue de un 2,95% del volumen de etanol.

Se destilaron alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$  a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se oxidó la mezcla de alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$ , obtenidos en la fermentación de almidón, en presencia de un catalizador de plata a una temperatura de  $450\text{-}550^\circ\text{C}$  por medio de una mezcla de oxígeno y dióxido de carbono, obtenidos en la biosíntesis de alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$ , para obtener una mezcla de aldehídos  $\text{C}_2\text{-C}_5$ . Los aldehídos  $\text{C}_2\text{-C}_5$  obtenidos en la oxidación se condensaron para dar lugar a aldehídos  $\text{C}_4\text{-C}_{15}$ , que se hidrogenaron en presencia de un catalizador de cobre para dar lugar a una mezcla de aldehídos  $\text{C}_4\text{-C}_{15}$  saturados. Se extrajeron los aldehídos  $\text{C}_4\text{-C}_5$  a partir de dicha mezcla y se devolvieron a la etapa de condensación, y se usaron los aldehídos  $\text{C}_6\text{-C}_{15}$  para la extracción de aldehídos individuales o se hidrogenaron en presencia de catalizador de Ni para dar lugar a una mezcla de alcoholes  $\text{C}_6\text{-C}_{15}$ . El último se puede convertir por medio de deshidratación e hidrogenación en la mezcla de hidrocarburos saturados. Además de eso, se pueden oxidar los aldehídos  $\text{C}_6\text{-C}_{15}$  tanto saturados como insaturados para dar lugar a los correspondientes ácidos. Para la oxidación de aldehídos para dar lugar a ácidos grasos, los inventores usaron dióxido de carbono procedente del proceso de biosíntesis. La oxidación de aldehídos para dar lugar a ácidos grasos se llevó a cabo en presencia de un catalizador de acetato de manganeso en la fase líquida y a  $50\text{-}150^\circ\text{C}$  y una presión de 0,05 MPa o en fase gas a  $150\text{-}250^\circ\text{C}$  y una presión de 0,5 MPa. Al contrario que los métodos conocidos, se proporciona una mezcla de vapor-gas calentada a  $50\text{-}150^\circ\text{C}$  de aldehídos y dióxido de carbono. La utilización de dicha mezcla proporciona la posibilidad de usar el oxígeno de oxidación o una mezcla de oxígeno con dióxido de carbono.

#### Ejemplo 23

35 Se trató madera de abeto troceada (material vegetal que contiene celulosa) por medio de hidrólisis ácida a  $180^\circ\text{C}$ , una concentración de ácido sulfúrico de un 0,5%, una proporción de agua con respecto a madera de 12:1 y durante 1,5 horas. Se neutralizó el hidrolizado de madera con cal a pH 4,5, y se separó de la lignina y los residuos de yeso. Se añadieron superfosfato en una cantidad de  $\text{P}_2\text{O}_5$  de 120 mg/l, el autolizado de levadura, previamente purificado de amoníaco y asparagina por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en una cantidad de 45 ml/l de sustrato (135 mg/l de nitrógeno amino) y 5 g/l de biomasa de levadura de iniciador *S. cerevisiae*, al sustrato de 40 carbohidrato obtenido, con una concentración de azúcar de hexosa de un 3,2%, y una concentración de azúcar de pentosa de un 0,8%. Se llevó a cabo la fermentación a una temperatura de  $38^\circ\text{C}$  y pH 6. La velocidad de fermentación fue de 4,0  $1/\text{kg}^*\text{h}$ , la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 1,5% en volumen, la concentración de isopentanoles fue de 210 mg/l, la concentración de isobutanol fue de 130 mg/l, y el contenido total de alcoholes  $\text{C}_3\text{-C}_5$  fue de un 2,95% del volumen de etanol.

45 Se destilaron los alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$  a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se oxidó la mezcla de alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$  obtenidos en la fermentación de azúcares de hexosa, a  $450\text{-}550^\circ\text{C}$  en presencia de un catalizador de plata por medio de la mezcla de oxígeno y dióxido de carbono, obtenidos en la biosíntesis de alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$ , para obtener una mezcla de aldehídos  $\text{C}_2\text{-C}_5$ . Los aldehídos  $\text{C}_2\text{-C}_5$  obtenidos en la oxidación se condensan en presencia de una solución al 0,5% de hidróxido sódico a  $0^\circ\text{C}$  con furfural. La mezcla obtenida de 50 aldehídos insaturados se hidrogena posteriormente en presencia de catalizador de cobre y cromo a  $100 \pm 50^\circ\text{C}$  y una presión de 0,1-5 MPa para dar lugar a una mezcla de alcoholes que contienen furfural. La última se hidrogena posteriormente a una temperatura de  $100 \pm 50^\circ\text{C}$  y una presión de 5-10 MPa en presencia de un catalizador de níquel para dar lugar a una mezcla de alcoholes saturados que contiene ciclos de tetrahidrofurano.

#### Ejemplo 24

55 Se mezclaron patatas troceadas con agua en una proporción de 1:1. Se logró la hidrólisis enzimática del almidón de patata usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5,  $90^\circ\text{C}$ , consumo de 0,25 ml por cada 1 kg de almidón de patata), y en la segunda etapa glicoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0,  $60^\circ\text{C}$ , consumo de 0,8 ml por cada 1 kg de almidón de patata). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 8,0%.

Se añadieron al sustrato: superfosfato en la cantidad que proporciona un contenido de  $P_2O_5 = 200$  mg/l, aminoácido leucina en una cantidad de 1000 mg/l y aminoácido valina en una cantidad de 750 mg/l (contenido de nitrógeno amino de 195 mg/l). Se introdujo biomasa de levadura de iniciador *S. cerevisiae* en el sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a  $38^\circ C$  y  $pH = 6,0$ . La velocidad de fermentación fue de  $4,0$  l/kg $\cdot$ h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 4,3%, en volumen, la concentración de isopentanoles de 630 mg/l y la concentración de isobutanol de 460 mg/l. El contenido total de alcoholes  $C_4$ - $C_5$  fue de un 3,0% del volumen de etanol.

Se destilaron los alcoholes  $C_2$ - $C_5$  a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se deshidrató la mezcla de alcoholes  $C_2$ - $C_5$  obtenidos en la fermentación, a  $300 \pm 100^\circ C$  en presencia del catalizador  $Al_2O_3$ . Se homogeneiza la mezcla de hidrocarburos  $C_2$ - $C_5$  insaturados obtenidos en la deshidratación con gas de síntesis, originados a partir de biogás y con una proporción de  $CO:H_2 = 1:1$ , y posteriormente se dirige al reactor que contiene el catalizador de cobalto modificado por los compuestos de fósforo. La temperatura del reactor es de  $175 \pm 25^\circ C$  y la presión de  $7,5 \pm 2,5$  MPa. Como resultado de la reacción de hidroformilación se obtiene una mezcla de aldehídos  $C_3$ - $C_6$ . La mezcla de aldehídos  $C_3$ - $C_6$  se hidrogena en presencia de un catalizador de Ni por medio del hidrógeno producido a partir de la materia prima renovable para dar lugar a la mezcla de alcoholes  $C_3$ - $C_6$ , que posteriormente se devuelven de nuevo a la etapa de deshidratación.

Se repite el proceso hasta que los aldehídos  $C_8$  aparecen en la mezcla de aldehídos. Una vez que aparecen los aldehídos  $C_8$  en la mezcla de aldehídos, se puede llevar a cabo el proceso por dos rutas. En la primera ruta, se extraen los aldehídos  $C_8$  y se condensan para dar lugar a aldehídos  $C_{16}$  insaturados y posteriormente se hidrogenan hasta alcoholes  $C_{16}$  saturados, que, si fuese necesario, se procesan de forma adicional para dar lugar a hidrocarburos  $C_{16}$  saturados. En la segunda ruta, los aldehídos  $C_8$  extraídos se hidrogenan directamente en presencia de un catalizador de Ni por medio de hidrógeno renovable para dar lugar a una mezcla de alcoholes  $C_8$ , que posteriormente se convierten en la mezcla de hidrocarburos  $C_8$ .

#### Ejemplo 25

Se mezclaron patatas troceadas con agua en una proporción de 1:1. Se logró la hidrólisis enzimática del almidón de patata usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C ( $pH$  6,5,  $90^\circ C$ , consumo de 0,25 ml por cada 1 kg de almidón de patata), y en la segunda etapa glicamilasa Glucozym L-400C ( $pH$  5,0,  $60^\circ C$ , consumo de 0,8 ml por cada 1 kg de almidón de patata). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 8,0%. Se añadieron al sustrato: superfosfato en una cantidad que proporciona un contenido de  $P_2O_5 = 200$  mg/l e hidrolizado ácido de la levadura, tratado por medio de intercambio iónico para la retirada de asparagina y sales de amonio, en una cantidad de 130 ml/l (390 mg/l de nitrógeno amino). Se introdujo biomasa de levadura de iniciador *S. cerevisiae* en el sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a  $38^\circ C$  y  $pH = 6,0$ . La velocidad de fermentación fue de  $4,0$  l/kg $\cdot$ h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 4,4%, en volumen, la concentración de isopentanol de 560 mg/l y la concentración de isobutanol de 340 mg/l. El contenido total de alcoholes  $C_3$ - $C_5$  alcanzó un 2,65% del volumen de etanol.

Se destilaron los alcoholes  $C_2$ - $C_5$  a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se deshidrató la mezcla de alcoholes  $C_2$ - $C_5$  obtenidos en la fermentación, a  $300 \pm 100^\circ C$  en presencia del catalizador  $Al_2O_3$ . Se homogeneiza la mezcla de hidrocarburos  $C_2$ - $C_5$  obtenidos en la fermentación, a  $300 \pm 100^\circ C$  en presencia de catalizador de  $Al_2O_3$ . Se homogeneizó la mezcla de hidrocarburos  $C_2$ - $C_5$  obtenidos en la deshidratación, con gas de síntesis, originado a partir de biogás y con una proporción de  $CO:H_2 = 1:1$ , y se dirigió al reactor que contenía un catalizador de cobalto modificado por medio de compuestos de fósforo. La temperatura en el reactor fue de  $175 \pm 25^\circ C$  y la presión de  $7,5 \pm 2,5$  MPa. Como resultado de la reacción de hidroformilación, se obtuvo una mezcla de aldehídos  $C_3$ - $C_6$ . Se hidrógeno la mezcla de aldehídos  $C_3$ - $C_6$  en presencia de un catalizador de Ni por parte de hidrógeno renovable para dar lugar a una mezcla de alcoholes  $C_3$ - $C_6$ , que posteriormente se devuelven de nuevo a la etapa de deshidratación.

Se repitió el proceso hasta la aparición de aldehídos  $C_8$  en la mezcla de aldehídos. Después de eso, se condensaron los aldehídos  $C_8$  para dar lugar a aldehídos  $C_{16}$  insaturados y posteriormente se hidrogenó hasta obtener alcoholes  $C_{16}$  saturados. Los últimos se oxidaron a  $200$ - $300^\circ C$  en presencia del catalizador de plata por medio de la mezcla de oxígeno y dióxido de carbono, obtenido en la biosíntesis de alcoholes  $C_2$ - $C_5$ , para obtener una mezcla de ácidos  $C_{16}$  insaturados. La mezcla obtenida de ácidos  $C_{16}$  insaturados se eterificó por medio de metanol en presencia del catalizador ácido para dar lugar a una mezcla de ésteres metílicos de ácidos grasos  $C_{16}$  insaturados. Los ésteres metílicos de los ácidos  $C_{16}$  insaturados se hidrogenaron posteriormente a una temperatura de  $125$ - $200^\circ C$  por medio de hidrógeno renovable en presencia de un catalizador de Ni o Cu para dar lugar a una mezcla de ésteres metílicos de ácidos  $C_{16}$  insaturados.

#### Ejemplo 26

Se diluyeron molasas de remolacha con una concentración de sacarosa de un 46% con agua hasta una concentración de sacarosa de un 18% y se acidificó con ácido sulfúrico hasta un  $pH = 5,5$ . A continuación, se añadieron: hidrolizado de levadura de ácido, que se había liberado de asparagina y sales de amonio por medio de

intercambio iónico, en la cantidad de 120 ml/l (360 mg/l de nitrógeno amino) y biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* en la cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 38°C y pH = 5,5. La velocidad de fermentación fue de 3,6 l/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,7% en volumen, la concentración de isopentanoles de 1000 mg/l, isobutanol de 490 mg/l y el contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> alcanzó un 2,2% del volumen de etanol.

Se destilaron los alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se deshidrató la mezcla de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la fermentación de molasas con catalizador de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 300 ± 100°C.

Se homogeneizó la mezcla de hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> insaturados obtenidos en la deshidratación, con gas de síntesis obtenido a partir de biogás y con una proporción de CO:H<sub>2</sub>= 1:1 y se dirigió al reactor con el catalizador de cobalto-rodio. Se mantuvo la temperatura del reactor en 90 ± 10°C y la presión en 2 ± 1 MPa. Como resultado de la reacción de hidroformilación, se obtuvo una mezcla de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>. Se extrajo aldehído propiónico a partir de la mezcla de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> y se hidrogenó para dar lugar a propanol en presencia de catalizador de Ni por medio de hidrógeno de origen renovable. Posteriormente, se devuelve el propanol a la etapa de deshidratación de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>. En primer lugar, se condensa la mezcla de aldehídos C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> para dar lugar a una mezcla de aldehídos C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub> insaturados, que posteriormente se hidrogena por medio de hidrógeno renovable en presencia del catalizador de Ni para dar lugar a una mezcla de alcoholes C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub> saturados. Se extraen los alcoholes C<sub>8</sub> de la mezcla de alcoholes C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub> y posteriormente se deshidratan en presencia de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a una temperatura de 200 ± 25°C, para dar lugar a isooctanos, que posteriormente se hidrogenan por medio de hidrógeno renovable en presencia de catalizador de Ni para dar lugar a una mezcla de isooctanos.

Además, toda la mezcla de aldehídos C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> obtenidos en la reacción de hidroformilación se condensa en primer lugar para dar lugar a una mezcla de aldehídos C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> insaturados, que posteriormente se hidrogenan por medio de hidrógeno renovable en presencia de un catalizador de Ni para dar lugar a una mezcla de alcoholes C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> saturados de estructura-iso. Los alcoholes C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> saturados se deshidratan posteriormente en presencia de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 250 ± 50°C para dar lugar a una mezcla de hidrocarburos C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> insaturados. Los hidrocarburos C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> insaturados, obtenidos en la deshidratación, se mezclan con metanol, obtenido a partir del dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>, y se procesan a 200 ± 100°C y una presión de 0,1 ± 10 kPa por medio de óxido de carbono, obtenido a partir de dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>, en presencia de carbonilos ferrosos, de níquel, cobalto o rodio, favorecidos por derivados de halógeno. De este modo, se obtienen ésteres metílicos C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> de ácidos saturados.

#### Ejemplo 27

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se logró la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glicoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato hidrogenosulfito de sodio en una cantidad que proporcionó un contenido de un 3-4% de NaHSO<sub>3</sub>, superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l, aminoácido leucina en una cantidad de 2000 mg/l y aminoácido valina en una cantidad de 1500 mg/l (contenido de nitrógeno amino de 390 mg/l). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,5 l/kg\*h, la concentración de glicerina al final de la fermentación fue de un 3,0% en volumen, la concentración de etanol de un 4,4% en volumen, la concentración de acetaldehído de un 2,2% en volumen, la concentración de isopentanoles de un 0,15% en volumen, y la concentración de isobutanol de un 0,11% en volumen.

Se destilaron alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Estos alcoholes se pueden procesar para dar lugar a hidrocarburos superiores como se describe en los ejemplos anteriores. Se extrajeron glicerina y acetaldehído posteriormente a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla) y se sometió a tratamiento con acetal a 0-50°C y una presión de 0,1-0,5 MPa en presencia de ácido clorhídrico o cloruro de cinc como catalizador, para obtener 1,2-glicerinacetal acetaldehído (2-metil-4-oximetil-1,3-dioxano). Se puede usar 1,2-glicerinacetal acetaldehído como componente para combustible para motores.

#### Ejemplo 28

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se logró la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato hidrogenosulfito de sodio en una cantidad que proporcionó un contenido de un 3-4% de NaHSO<sub>3</sub>, superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l y aminoácido hidrolizado, obtenido en la hidrólisis enzimática de proteína de residuo de destilería libre de alcohol, que se había purificado previamente de amoníaco y asparaginas por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en una cantidad de 100 ml/l

(400 mg/l de nitrógeno amino). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,5 1/kg\*h, la concentración de glicerina al final de la fermentación fue de un 3,1% en volumen, la concentración de etanol de un 4,5% en volumen, la concentración de acetaldehído de un 2,4% en volumen, la concentración de isopentanoles de un 0,12% en volumen, y la concentración de isobutanol de un 0,06% en volumen.

Se destilaron alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> y se extrajo acetaldehído a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Después de eso, se extrajo glicerina del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla) y se mezcló con grasas vegetales y/o animales. Esta mezcla se hidrogenó en presencia de catalizadores de cobrocromo, cinc-cromo, níquel-cromo a 300 ± 100°C y una presión de 10-30 MPa para dar lugar a una mezcla de alcohol n-propílico, alcoholes C<sub>6</sub>-C<sub>20</sub> superiores e hidrocarburos C<sub>6</sub> y superiores. La hidrogenación se llevó a cabo usando hidrógeno obtenido a partir de biomasa y/o por medio de cualquier método bioquímico en la fermentación de los sustratos de carbohidrato y/o a partir del agua obtenida en el procesamiento de alcoholes generados en la biosíntesis. La conversión del agua se llevó a cabo por medio de métodos conocidos. La mezcla de glicerina y grasa vegetales y/o animales también se puede hidrogenar en presencia de catalizadores que contienen metales preciosos, por ejemplo, Pt, Pd, Re, Ru, Rh a 200 ± 50°C y una presión de 5-20 MPa.

#### Ejemplo 29

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se logró la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato hidrogenosulfato de sodio en una cantidad que proporcionó un contenido de un 3-4% de NaHSO<sub>3</sub>, superfosfato del agua en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l y aminoácido hidrolizado, obtenido en la hidrólisis enzimática de proteína de residuo de destilería libre de alcohol, que se había purificado de amoníaco y asparaginas por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en una cantidad de 90 ml/l (370 mg/l de nitrógeno amino). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,5 1/kg\*h, la concentración de glicerina al final de la fermentación fue de un 3,2% en volumen, la concentración de etanol de un 4,3% en volumen, la concentración de acetaldehído de un 2,4% en volumen, la concentración de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> de un 0,2 en volumen.

Se destilaron alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> y se extrajo acetaldehído a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Después de eso se extrajo glicerina del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla) y se mezcló con glicerina obtenida en la saponificación de grasas; se deshidrató la mezcla en presencia de catalizador de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 350 ± 50°C. La acroleína obtenida en la deshidratación de glicerina se dirigió a un reactor que contenía el catalizador de Ni y se hidrogenó a 100 ± 10°C y una presión de 1-2 MPa para dar lugar a alcohol n-propílico usando hidrógeno obtenido a partir de biomasa y/o obtenido en la fermentación de sustratos de carbohidrato y/u obtenidos a partir de agua, obtenida en el procesamiento de alcoholes obtenidos en la biosíntesis. La conversión de agua se llevó a cabo por medio de métodos conocidos.

Se juntaron alcohol n-propílico obtenido de este modo con alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la biosíntesis; se condensó la mezcla de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> obtenida de este modo para obtener una mezcla de alcoholes C<sub>4</sub>-C<sub>15</sub>, ácidos grasos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> y ésteres C<sub>4</sub>-C<sub>10</sub>. El proceso de condensación de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> inferiores se llevó a cabo a 150 ± 50°C y una presión de 0,1-0,5 MPa en presencia de alcoholatos de sodio y Ni-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> como catalizador. Se prepararon alcoholatos de sodio para la presente reacción a partir de hidróxido de sodio directamente en el proceso de condensación. Para aumentar el rendimiento de los productos de condensación, se extrajo el agua obtenida en la reacción en forma de mezcla de azeótropo con alcoholes no condensados. Se separaron ácidos grasos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> de los alcoholes C<sub>4</sub>-C<sub>15</sub> y ésteres C<sub>4</sub>-C<sub>10</sub> y se eterificó en presencia de un catalizador ácido por medio de la mezcla de terpenos para dar lugar a una mezcla de ésteres de terpeno de ácidos grasos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>. Se deshidrataron alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> no condensados en presencia de catalizador de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 300 ± 50°C y se mezcló con terpenos, terpenos que se habían calentado previamente a 200 ± 50°C en presencia de platino. Como resultado de la alquilación, que se llevó a cabo a una temperatura de 0-10°C y una presión de 0,5-1 MPa usando como catalizador ácido sulfúrico al 90-100%, se obtiene una mezcla de hidrocarburos C<sub>12</sub>-C<sub>15</sub>. El proceso de alquilación también se puede llevar a cabo en presencia de un catalizador de AlCl<sub>3</sub> a 50-60°C y una presión de 1-2 MPa. Posteriormente, se usaron ésteres de terpeno e hidrocarburos superiores obtenidos a partir de terpenos, alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> inferiores y ácidos grasos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> como componentes de los combustibles para motores.

#### Ejemplo 30

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se llevó a cabo la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se

añadieron al sustrato hidroortofosfato de sodio en una cantidad que proporcionó un contenido de un 4% de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , aminoácido leucina en una cantidad de 2000 mg/l y aminoácido valina en una cantidad de 1500 mg/l. Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,5 1/kg\*h, la concentración de glicerina al final de la fermentación fue de un 4,5% en volumen, la concentración de etanol de un 4,1% en volumen, la concentración de ácido acético de un 4,0% en volumen, la concentración de isopentanoles de un 0,15% en volumen y la concentración de isobutanol de un 0,11% en volumen.

A partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla), en primer lugar, se destilaron alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$  y se extrajo ácido acético, que posteriormente se procesó para dar lugar a hidrocarburos superiores como se describe en los ejemplos anteriores. Después de eso, se extrajo glicerina del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla) y se deshidrató en presencia de catalizador de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $350 \pm 50^\circ\text{C}$ .

Se dirigió acroleína obtenida en la deshidratación de glicerina al reactor que contenía catalizador de  $\text{CuO-Cr}_2\text{O}_3$  y se hidrogenó a  $175 \pm 25^\circ\text{C}$  y una presión de 1-5 MPa para dar lugar a una mezcla de aldehído propiónico y alcohol n-propílico por medio de hidrógeno obtenido a partir de biomasa y/u obtenido a partir de agua, obtenido en la deshidratación de glicerina. La conversión de agua se llevó a cabo usando métodos conocidos. Se extrajo aldehído propiónico a partir de la mezcla obtenida y se puede procesar de forma adicional en dos rutas. La primera ruta proporciona la condensación adicional de aldehído propiónico para dar lugar a aldehído de isohexeno con la hidrogenación posterior en presencia de un catalizador de Ni a  $150 \pm 10^\circ\text{C}$  y una presión de 1-5 MPa para dar lugar a isohexano por medio del hidrógeno obtenido a partir de biomasa y/u obtenido a partir del agua obtenida en la deshidratación de glicerina. La conversión de agua se lleva a cabo por medio de métodos conocidos.

La segunda posibilidad es condensar aldehído propiónico con alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$ , obtenidos en la biosíntesis, para dar lugar a los correspondientes propanales; o condensar aldehído propiónico con alcohol n-propílico, obtenido en la hidrogenación de acroleína, en el que la proporción de acroleína:aldehído propiónico en moles de 2:1, para dar lugar a dipropil propanal. El último es un buen componente para combustibles de motores diésel y gasolina.

#### Ejemplo 31

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se llevó a cabo la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%. Se añadieron al sustrato hidroortofosfato de sodio en una cantidad que proporcionó un contenido de un 4% de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , aminoácido hidrolizado, obtenido en hidrólisis ácida de proteína de residuo de destilería libre de alcohol, que se había purificado de amoníaco y asparagina por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en la cantidad de 90 ml/l (370 mg/l de nitrógeno amino). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 4,0 1/kg\*h, la concentración de glicerina al final de la fermentación fue de un 4,7% en volumen, la concentración de etanol de un 4,0% en volumen, la concentración de ácido acético de un 4,2% en volumen, la concentración de alcoholes  $\text{C}_3\text{-C}_5$  fue de un 0,2%.

A partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla), en primer lugar, se destilaron alcoholes  $\text{C}_2\text{-C}_5$  y se extrajo ácido acético, que posteriormente se procesó para dar lugar a hidrocarburos superiores como se describe en los ejemplos anteriores. Después de eso, se extrajo glicerina a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla) y se mezcló con la glicerina obtenida en la saponificación de grasas. Esta mezcla de deshidrató en presencia de un catalizador de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $350 \pm 50^\circ\text{C}$ . Se mezcló la acroleína obtenida en la deshidratación de glicerina con benceno y se dirigió al reactor de dimerización, donde, a  $170 \pm 10^\circ\text{C}$  y una presión de 1-2 MPa, en presencia de hidroquinona, se obtuvo el dímero de acroleína (2-formil-3,4-dihidro-2H-pirano). El dímero de acroleína (2-formil-3,4-dihidro-2H-pirano) se separó de benceno e hidroquinona y se hidrogenó en presencia de un catalizador de Ni a  $150 \pm 10^\circ\text{C}$  y una presión de 5-10 MPa para dar lugar a tetrahidropiran-2-metanol por medio de nitrógeno obtenido a partir de biomasa y/o por medio de hidrógeno obtenido a partir de agua obtenida en la deshidratación de glicerina. La conversión de agua se lleva a cabo por medio de métodos conocidos. Tetrahidropiran-2-metanol obtenido de este modo es un buen componente para combustible de motores diésel y de turbina de gas.

#### Ejemplo 32

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se llevó a cabo la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo de 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%.

Se añadieron al sustrato: superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de  $\text{P}_2\text{O}_5$  de 200 mg/l y

aminoácido hidrolizado, obtenido en la hidrólisis enzimática de proteína de residuo de destilería libre de alcohol, que se había purificado previamente de amoníaco y asparaginas por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en una cantidad de 100 ml/l (400 mg/l de nitrógeno amino). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,6 1/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,7% en volumen, la concentración de isopentanoles de 920 mg/l, la concentración de isobutanol de 480 mg/l y el contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> de un 2,3% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Los alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles se procesaron de forma adicional para dar lugar a hidrocarburos superiores como se describe en los ejemplos anteriores. El dióxido de carbono obtenido en la biosíntesis de alcoholes se mezcló con biogás, que contenía principalmente metano, y con vapor de agua y se dirigió al reactor para la producción de gas de síntesis. La conversión de la mezcla de fuente se lleva a cabo en presencia de un catalizador de NiO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a una temperatura de 830-850°C. De este modo, se obtiene la mezcla de gas de la siguiente composición: CO<sub>2</sub>-4,8% en volumen; CPO-24,7% en volumen; H<sub>2</sub>-68,0% en volumen; CH<sub>4</sub>-2,3% en volumen. Posteriormente, se enfría el gas convertido y se comprime por medio del compresor hasta 5 MPa y se dirige a síntesis de metanol. La síntesis de metanol se lleva a cabo a 5 MPa y una temperatura de 230-260°C en presencia de CuO-ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Se mezcló el metanol obtenido a partir de dióxido de carbono con etanol obtenido en la biosíntesis y se oxidó la mezcla obtenida de este modo a 450-550°C en presencia del catalizador de plata por medio de la mezcla de oxígeno y dióxido de carbono, obtenida en la biosíntesis de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>, para obtener una mezcla de acetaldehído y formaldehído. La mezcla de acetaldehído y formaldehído se convirtió posteriormente a 300-400°C en presencia de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en acroleína. Se procesó acroleína para dar lugar a hidrocarburos superiores, incluyendo hidrocarburos que contienen oxígeno, como se describe en los ejemplos anteriores.

#### Ejemplo 33

Se mezcló grano de trigo triturado con agua en una proporción de 1:3,5. Se llevó a cabo la hidrólisis enzimática del almidón del grano usando en la primera etapa amilasa termoestable Zy-majunt-340C (pH 6,5, 90°C, consumo 0,25 ml por 1 kg de almidón de grano), y en la segunda etapa glucoamilasa Glucozym L-400C (pH 5,0, 60°C, consumo 0,8 ml por 1 kg de almidón de grano). Se usaron enzimas industriales producidas por Ende Industries Inc., USA. Como resultado de la hidrólisis enzimática, la concentración de carbohidratos en el sustrato alcanzó un 16%.

Se añadieron al sustrato: superfosfato en una cantidad que proporcionó un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 200 mg/l y aminoácido hidrolizado, obtenido en la hidrólisis enzimática de proteína de residuo de destilería libre de alcohol, que se había purificado previamente de amoníaco y asparaginas por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en una cantidad de 100 ml/l (400 mg/l de nitrógeno amino). Se introdujo biomasa de iniciador de levadura *S. cerevisiae* al sustrato en una cantidad de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 38°C y un pH de 6,0. La velocidad de fermentación fue de 3,6 1/kg\*h, la concentración de etanol al final de la fermentación fue de un 8,7% en volumen, la concentración de isopentanoles de 920 mg/l, la concentración de isobutanol de 480 mg/l y el contenido total de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> de un 2,3% del volumen de etanol.

Se destilaron etanol, alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> y otros componentes volátiles a partir del líquido de cultivo después de la fermentación (mezcla). Se separaron los alcoholes isobutílico e isoamílico de los alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>. Se deshidrató la mezcla de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos tras la extracción de los alcoholes isobutílico e isoamílico en presencia de catalizador de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 300 ± 100°C, al tiempo que se deshidrataron los alcoholes isobutílico e isoamílico en presencia de catalizador de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 250 ± 50°C. El isobuteno e isopenteno obtenidos de este modo se hidrogenaron a continuación en presencia de catalizador de Ni a 150 ± 50°C y una presión de 1-2 MPa para dar lugar a isobuteno e isopentano por medio del hidrógeno obtenido a partir de biomasa y/o por medio del hidrógeno obtenido a partir de agua obtenida en la deshidratación de alcoholes. La conversión de agua se lleva a cabo por medio de métodos convencionales. Se mezclaron isobutano e isopentano obtenidos de este modo con hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> insaturados obtenidos en la deshidratación de los correspondientes alcoholes a 0-10°C y una presión de 0,5-1 MPa en el reactor que contenía, como catalizador, ácido sulfúrico. Como resultado de la síntesis se obtuvo una mezcla de hidrocarburos C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> saturados, que es un buen componente para los combustibles de gasolina.

Este proceso de alquilación también se puede llevar a cabo en presencia de AlCl<sub>3</sub> como catalizador, una temperatura de 50-60°C y una presión de 1-2 MPa.

Además, los hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> insaturados obtenidos en la deshidratación de los correspondientes alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> se mezclaron con terpenos, que se calentaron de antemano en presencia de platino a 200 ± 50°C. Como resultado de la alquilación, que se llevó a cabo a 0-10°C y una presión de 0,5-1 MPa usando ácido sulfúrico al 90-100% como catalizador, se obtuvo una mezcla de hidrocarburos C<sub>12</sub>-C<sub>15</sub>. El presente proceso de alquilación también se puede llevar a cabo en presencia de AlCl<sub>3</sub> usado como catalizador a 50-60°C y una presión de 1-2 MPa. Se usaron hidrocarburos C<sub>12</sub>-C<sub>15</sub> superiores obtenidos a partir de terpenos y alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> inferiores como componentes de combustibles para motores.

## Ejemplo 34

5 Se mezcló grano de maíz triturado con agua calentada hasta 80°C en una proporción de 1:10 en peso y se mantuvo a esta temperatura durante 10 minutos, después de lo cual se elevó la temperatura hasta 100°C y se dejó reposar la mezcla durante otros 30 minutos. El sustrato preparado de este modo se destina a esterilización en un autoclave a 150°C durante 60 minutos, después de lo cual se enfría el sustrato a 37°C. Como resultado del sobre-calentamiento de la harina, la concentración de almidón en el sustrato alcanzó aproximadamente un 6%. Se añadieron al sustrato aminoácido hidrolizado, obtenido en la hidrólisis enzimática de la proteína del residuo de destilería libre de alcohol, que se había purificado previamente de amoníaco por medio de métodos conocidos de intercambio iónico, en la cantidad de 100 ml/l (400 mg/l de nitrógeno amino). Después de eso, se introdujo la biomasa de bacteria de iniciador 10 Clostridium butylicum y Clostridium acetobutylicum (en una proporción de 1:4) en el sustrato a una concentración de 5 g/l. Se llevó a cabo la fermentación a 37°C y pH = 5,5. La velocidad de fermentación fue de 4,0 l/kg\*h, la concentración de alcoholes al final de la fermentación fue de un 2,05% en volumen, incluyendo un 0,24% en volumen de etanol, un 0,12% en volumen de isopropanol, un 0,03% en volumen de isobutanol, un 1,61% en volumen de n-butanol, un 0,05% en volumen de isopentanol, y la concentración de acetona al final de la fermentación fue de un 0,7% en volumen. 15

La mezcla de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> extraída del líquido de cultivo obtenido en la fermentación del almidón de grano se puede procesar para dar lugar a hidrocarburos superiores como se describe en los ejemplos anteriores. Se trató la acetona que se había destilado a partir del cultivo por medio de condensación de aldol y crotón para obtener una mezcla de diacetona de alcohol, óxido de mesitilo, forona y mesitileno. Se extrajo el óxido de mesitilo e isoforona a 20 partir de la mezcla obtenida y se hidrogenó en presencia del catalizador de Ni a 150 ± 10°C y una presión de 1-5 MPa para dar lugar a los correspondientes alcoholes C<sub>6</sub> y C<sub>9</sub>.

Se juntaron los alcoholes C<sub>6</sub> y C<sub>9</sub>, obtenidos de este modo, con alcohol de diacetona y mesitileno y se usó la mezcla obtenida como componente para gasolina.

25 Además, la acetona destilada del líquido de cultivo se condensó con glicerina, obtenida en la biosíntesis o en la saponificación de grasas, para producir acetona 1,2-glicerincetal (2,2-dimetil-4-oximetil 1,3-dioxano). El último también se usó como componente para combustibles para motor.

## REIVINDICACIONES

- 1.- Un método de producción de hidrocarburos y compuestos que contienen oxígeno a partir de biomasa, que comprende las etapas de: preparación de un sustrato acuoso de carbohidrato con una concentración de carbohidrato de un 3-20% que comprende una fuente de nitrógeno; fermentación del sustrato usando una levadura o una bacteria seleccionada entre *Clostridium acetobutylicum* y *Clostridium butylicum* hasta una concentración total de un 1,5-10% de los siguientes productos alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, glicerina (glicerol), acetaldehído, ácido acético y acetona; y separación de los productos deseados a partir del medio de fermentación, caracterizado por que, como fuente de nitrógeno, se añaden los aminoácidos leucina, isoleucina o valina, o una mezcla de los mismos, al sustrato acuoso de carbohidrato en una cantidad que proporciona un contenido de nitrógeno amino de 120 a 420 mg/l del medio de fermentación.
- 2.- El método de la reivindicación 1, caracterizado por que el proceso de fermentación se lleva a cabo a una velocidad de 2,8-4,0 l/kg por hora.
- 3.- El método de la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el sustrato de carbohidrato usado es molasas de remolacha o caña, almidón sacarizado de diferentes tipos de grano o patatas, en el que el almidón es un hidrolizado de almidón ácido, o hidrolizado de almidón enzimático.
- 4.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el contenido de nitrógeno amino en el medio es de 320 a 400 mg/l.
- 5.- El método de la reivindicación 4, caracterizado por que el contenido de nitrógeno amino en el medio es de 350 a 370 mg/l.
- 6.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: condensación de la levadura obtenida en la fermentación del sustrato de carbohidrato hasta un contenido de sustancia seca de un 5-10%; y autólisis de la proteína de la levadura a 45-55°C durante 24-48 horas para obtener un autolizado que exhibe un contenido de nitrógeno amino de 3000-8000 mg/l.
- 7.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: condensación de las sustancias suspendidas presentes en el medio de fermentación tras la fermentación del sustrato de carbohidrato y separación del alcohol del mismo y hasta un contenido de sustancia seca de un 5-10%; y, bien hidrólisis ácida de la proteína presente en dichas sustancias usando ácidos de azufre o clorhídrico o hidrólisis enzimática de la proteína presente en dichas sustancias usando preparaciones enzimáticas proteolíticas, para la obtención de un hidrolizado ácido de proteínas que exhibe un contenido de nitrógeno amino de 2000-6000 mg/l.
- 8.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: cultivo aeróbico de levadura usando las sustancias solubles en agua presentes en el medio de fermentación tras la fermentación del sustrato de carbohidrato y separación del alcohol del mismo; condensación de la levadura obtenida de este modo hasta un contenido de sustancia seca de un 5-10%; y autólisis de la proteína de levadura a 45-55°C durante 24-48 horas para la obtención de un autolizado que exhibe un contenido de nitrógeno amino de 3000-8000 mg/l.
- 9.- El método de la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el sustrato de carbohidrato es un hidrolizado de ácido de materiales que contienen celulosa.
- 10.- El método de la reivindicación 9, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: cultivo aeróbico de levadura con el medio de fermentación que contiene pentosa después de la fermentación del sustrato de carbohidrato y separación del alcohol del mismo; condensación de la levadura obtenida de este modo hasta un contenido de sustancia seca de un 5-10%; y autólisis de la proteína de levadura a 45-55°C durante 24-48 horas para la obtención de un autolizado de proteína de levadura que exhibe un contenido de nitrógeno amino de 3000-8000 mg/l.
- 11.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se separa una mezcla de alcoholes del medio de fermentación por medio de destilación, exhibiendo un contenido de etanol de un 96,9-99,35 y un contenido de alcoholes de C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> de un 0,65-3,1% en volumen.
- 12.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, caracterizado por que se separa una mezcla producto del medio de fermentación, exhibiendo un contenido de acetona de un 25,5-32,7, n-butanol de un 56,0-58,5, etanol de un 7,3-8,7%, isopropanol de un 0,4-4,4, isobutanol de un 1,1-1,5 e isopentanol de un 1,8-2,2% en volumen.
- 13.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por comprender la etapa adicional de: usar alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, glicerina, acetaldehído y acetona obtenida en la biosíntesis en la preparación de un combustible para motor.

- 14.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5-8 y 10-13, caracterizado por comprender la etapa adicional de: secar el autolizado en exceso de proteína de levadura para uso como alimentación animal.
- 5 15.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5-8 y 10-14, caracterizado por comprender la etapa adicional de: biosíntesis de metano usando sustancias suspendidas obtenidas en la hidrólisis ácida o enzimática o autólisis de proteína con hidrolizado en exceso como sustrato.
- 16.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por comprender la etapa adicional de: obtener compuestos superiores que contienen oxígeno y/o hidrocarburos que no contienen oxígeno, incluyendo los que tienen cuatro y más átomos de carbono en la molécula usando la mezcla producto de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, glicerina, acetaldehído y acetona, separados del medio de fermentación.
- 10 17.- El método de la reivindicación 16, caracterizado por comprender la etapa de: usar los compuestos obtenidos en el método de la reivindicación 16 en la preparación de los combustibles para motor.
- 18.- El método de la reivindicación 16 o 17, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: deshidratación de la mezcla producto de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> separados tras la fermentación, con el fin de obtener hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> insaturados; hacer reaccionar dichos hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> insaturados con gas de síntesis en una reacción de hidroformilación para obtener aldehídos; hidrogenación de dichos aldehídos para dar lugar a una mezcla de alcoholes superiores, alternativamente dichos aldehídos en primer lugar se condensan para dar lugar a aldehídos insaturados que posteriormente se hidrogenan para dar lugar a alcoholes saturados superiores.
- 15 19.- El método de la reivindicación 18, caracterizado por comprender etapas adicionales de: preparar gas de síntesis a partir de biomasa y/o a partir de residuos obtenidos en el procesado de la mezcla producto separada para dar lugar a hidrocarburos superiores, ácidos C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> y/o metano obtenido por medio bioquímico o dióxido de carbono obtenido por medio bioquímico.
- 20 20.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16-19, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: oxidar la mezcla producto de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> separados tras la fermentación en presencia de dióxido de carbono, obtenido por medio bioquímico, para dar lugar a una mezcla de aldehídos C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>; condensación de dichos aldehídos para dar lugar a una mezcla de aldehídos insaturados superiores; y posterior hidrogenación para dar lugar a una mezcla de los correspondientes alcoholes saturados superiores.
- 25 21.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16-20, caracterizado por comprender etapas adicionales de: deshidratación de alcoholes saturados C<sub>4</sub> y superiores para dar lugar a los correspondientes hidrocarburos insaturados; e hidrogenación de dichos hidrocarburos insaturados para dar lugar a los correspondientes hidrocarburos saturados C<sub>4</sub> y superiores.
- 30 22.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16-21, caracterizado por comprender la etapa adicional de: deshidratación de alcoholes saturados C<sub>3</sub> y superiores para obtener los correspondientes éteres.
- 23.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16-22, caracterizado por comprender la etapa adicional de: reacción de hidrocarburos C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> insaturados de estructura iso con metanol para obtener los correspondientes éteres metílicos.
- 35 24.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16-23, caracterizado por comprender la etapa adicional: oxidar la mezcla producto de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> separados tras la fermentación en presencia de dióxido de carbono, obtenido por medio bioquímico, con el fin de obtener una mezcla de aldehídos; condensación de dicha mezcla para dar lugar a una mezcla de aldehídos insaturados superiores; oxidación de dichos aldehídos insaturados en presencia de dióxido de carbono, obtenido por medio bioquímico, para dar lugar a una mezcla de ácidos insaturados superiores; y reacción de dichos ácidos con metanol para obtener los correspondientes ésteres metílicos.
- 40 25.- El método de la reivindicación 23, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: hidrogenación de ácidos insaturados superiores para dar lugar a ácidos saturados superiores; y reacción de dichos ácidos saturados con metanol para obtener los correspondientes ésteres metílicos.
- 45 26.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 23-25, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: preparación de metanol usando dióxido de carbono obtenido por medio bioquímico, metano obtenido por medio bioquímico, e hidrógeno obtenido a partir de biomasa y/o métodos bioquímicos en la fermentación de sustratos de carbohidrato, y/o a partir de agua obtenida en el procesado de alcoholes obtenidos en la biosíntesis.
- 50 27.- El método de la reivindicación 26, caracterizado por comprender la etapa adicional de: reacción del metanol con ácidos grasos C<sub>4</sub> y superiores para producir los correspondientes ésteres.
- 28.- El método de la reivindicación 27, caracterizado por comprender la etapa adicional de: oxidar alcoholes C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> a partir de la mezcla producto separada tras la fermentación para obtener ácidos grasos C<sub>4</sub> y superiores; y/o biosíntesis de ácidos grasos C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub>; y/o extracción de ácidos grasos a partir de aceite de sebo; y/o saponificación de grasas con el fin de obtener ácidos grasos.

- 29.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16-19, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: deshidratación de alcoholes saturados C<sub>4</sub> y superiores para dar lugar a los correspondientes hidrocarburos insaturados C<sub>4</sub> y superiores; y reacción de dichos hidrocarburos con ácidos grasos C<sub>1</sub> y superiores para obtener los correspondientes ésteres.
- 5 30.- El método de la reivindicación 28, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: preparación de ácidos grasos C<sub>1</sub> y superiores por medio de oxidación de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> a partir de la mezcla producto separada tras la fermentación; y/o preparación de ácidos grasos C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> por medio de biosíntesis; y/o extracción de ácidos grasos a partir de aceite de sebo; y/o preparación de ácidos grasos por medio de saponificación de grasas.
- 10 31.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 18-20, caracterizado por comprender la etapa adicional de: hace reaccionar hidrocarburos insaturados C<sub>4</sub> y superiores, obtenidos en la deshidratación de los correspondientes alcoholes saturados, con alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la biosíntesis para obtener los correspondientes ésteres.
- 15 32.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16-20, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: extracción de isobutano e isopentano de la mezcla de hidrocarburos saturados; reacción con hidrocarburos insaturados C<sub>2</sub> y superiores obtenidos en la deshidratación de los correspondientes alcoholes saturados para obtener hidrocarburos saturados C<sub>6</sub> y superiores.
- 20 33.- El método de la reivindicación 16 o 17, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: procesar grasas animales y/o vegetales, y/o glicerina obtenida en la saponificación de grasas, y/o glicerina obtenida en la biosíntesis para dar lugar a alcohol n-propílico; mezclar dicho alcohol n-propílico con alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> separados tras la fermentación; preparación de compuestos superiores que contienen oxígeno y/o hidrocarburos que no contienen oxígeno, incluyendo los que tienen cuatro y más átomos de carbono en la molécula usando dicha mezcla.
- 25 34.- El método de la reivindicación 16 o 17, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: extracción de glicerina extraída de una mezcla producto de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la fermentación de sustratos de carbohidrato; deshidratación de dicha glicerina para dar lugar a acroleína; hidrogenación de acroleína para dar lugar a aldehído propiónico y alcohol propílico; condensación de dicho aldehído propiónico con alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la fermentación de sustratos de carbohidrato, y propanol obtenido en la hidrogenación de acroleína, para dar lugar a los correspondientes propanales; alternativamente el aldehído propiónico se condensa en primer lugar para dar lugar a aldehído de isohexeno insaturado, que posteriormente se hidrogena para dar lugar a isohexanol de alcohol saturado.
- 30 35.- El método de las reivindicación 16 o 17, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: extraer glicerina extraída de una mezcla producto de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la fermentación de sustratos de carbohidrato; deshidratación de dicha glicerina para dar lugar a acroleína; condensación de acroleína para dar lugar a un dímero de acroleína 2-formil-3,4-dihidro-2H-pirano; hidrogenación del dímero de acroleína para dar lugar a tetrahidropiran-2-metanol; al tiempo que se usa la mezcla restante de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la fermentación de sustratos de carbohidrato para la obtención de compuestos superiores que contienen oxígeno y/o hidrocarburos que no contienen oxígeno, incluyendo los que tienen en la molécula cuatro y más átomos de carbono.
- 35 36.- El método de la reivindicación 16 o 17, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: extracción de metanol y etanol de la mezcla de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la fermentación de sustratos de carbohidrato; adición de metanol, producido a partir de dióxido de carbono obtenido en la fermentación de sustratos de carbohidrato, e hidrógeno, procedente de biomasa; oxidación de dicho metanol y etanol para dar lugar a formaldehído y acetaldehído, respectivamente; condensación de la mezcla obtenida de formaldehído y acetaldehído para dar lugar a acroleína; condensación de acroleína para dar lugar a dímero de acroleína 2-formil-4,4-dihidro-2H-pirano; hidrogenación del dímero de acroleína para dar lugar a tetrahidro-piran-2-metanol, al tiempo que la mezcla restante de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la fermentación de sustratos de carbohidrato se usa para obtener compuestos superiores que contienen oxígeno y/o compuestos que no contienen oxígeno, incluyendo los que tienen cuatro y más átomos de carbono en la molécula.
- 40 45 37.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16, 17 y 33, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: condensación de la mezcla de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> separados tras la fermentación y/o alcohol n-propílico, obtenido a partir de glicerina, para producir alcoholes saturados C<sub>6</sub> y superiores, ésteres saturados C<sub>5</sub> y superiores y ácidos grasos C<sub>2</sub> y superiores; al tiempo que se usan cualesquiera alcoholes inferiores restantes, que no condensan, y productos gaseosos, obtenidos en la condensación, para la producción de compuestos superiores que contienen oxígeno y/o hidrocarburos que no contienen oxígeno, incluyendo los que tienen en la molécula cuatro y más átomos de carbono.
- 50 55 38.- El método de la reivindicación 37, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: deshidratación de alcoholes saturados C<sub>6</sub> y superiores, obtenidos en la condensación de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, para obtener hidrocarburos C<sub>6</sub> y superiores; e hidrogenación de dichos hidrocarburos insaturados C<sub>6</sub> y superiores para dar lugar a hidrocarburos saturados C<sub>6</sub> y superiores.

- 39.- El método de la reivindicación 38, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: hace reaccionar hidrocarburos insaturados C<sub>6</sub> y superiores, obtenidos en la deshidratación de los correspondientes alcoholes saturados, con alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> no condensados para obtener los correspondientes éteres C<sub>7</sub> y superiores.
- 5 40.- El método de la reivindicación 39, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: deshidratación de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> inferiores no condensados para obtener hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> insaturados; alquilación de terpenos por medio de hidrocarburos C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> insaturados para obtener hidrocarburos C<sub>12</sub> y superiores.
- 10 41.- El método de la reivindicación 37 o 38, caracterizado por comprender la etapa adicional de: hacer reaccionar ácidos grasos C<sub>2</sub> y superiores, obtenidos en la condensación de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, con hidrocarburos insaturados C<sub>6</sub> y superiores, obtenidos en la deshidratación de los correspondientes alcoholes saturados, para obtener los correspondientes éteres C<sub>8</sub> y superiores.
- 42.- El método de la reivindicación 37, caracterizado por comprender la etapa adicional de: hacer reaccionar los ácidos grasos C<sub>2</sub> y superiores, obtenidos en el proceso de condensación de alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, con terpenos para obtener los correspondientes éteres C<sub>12</sub> y superiores.
- 15 43.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: separación de acetona de la mezcla de alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la fermentación de los sustratos de carbohidrato; tratamiento de acetona por medio de condensación de aldol y croton para obtener una mezcla de alcohol de diacetona, óxido de mesitilo, forona y mesitileno; al tiempo que se usa la mezcla de los alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> restantes para la obtención de compuestos superiores que contienen oxígeno y/o hidrocarburos que no contienen oxígeno, incluyendo los que tienen cuatro y más átomos de carbono en la molécula.
- 20 44.- El método de la reivindicación 43, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: extraer óxido de mesitilo y forona de la mezcla de hidrocarburos obtenidos en el resultado de la condensación de aldol y croton de acetona, y posteriormente hidrogenación de óxido de mesitilo y forona para obtener alcoholes isohexílicos e isononílicos saturados.
- 25 45.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16, 17, 18, 20, 24, 33 y 34, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: condensación de hidrocarburos insaturados C<sub>2</sub> y superiores con aldehídos C<sub>2</sub> y superiores para dar lugar a alcoholes insaturados C<sub>4</sub> y superiores; e hidrogenación de los alcoholes insaturados C<sub>4</sub> y superiores para dar lugar a los correspondientes alcoholes saturados C<sub>4</sub> y superiores.
- 30 46.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 18-45, caracterizado por comprender la etapa de: obtener el hidrógeno usado para la hidrogenación a partir de biomasa, y/o por medio de métodos bioquímicos, y/o a partir de agua obtenida en el procesado de alcoholes obtenidos por medio de biosíntesis.
- 35 47.- El método de la reivindicación 16 o 17, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: separación de glicerina de la mezcla de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> obtenidos en la fermentación de sustratos de carbohidrato; condensación de glicerina bien con acetaldehído, obtenido por medio de un método bioquímico, para obtener glicerincetal, o con acetona, obtenida por medio de un método bioquímico, para obtener glicerincetal; al tiempo que la mezcla de los alcoholes C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> restantes se usa para obtener compuestos superiores que contienen oxígeno y/o hidrocarburos que no contienen oxígeno, incluyendo los que tienen en la molécula cuatro o más átomos de carbono.
- 40 48.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por comprender etapas adicionales de: preparación de gas de síntesis a partir de biomasa y/o de residuos obtenidos en el procesado de cualesquiera de los productos obtenidos en la fermentación de sustrato de carbohidrato, para dar lugar a hidrocarburos superiores, y/o metano producido por medio de métodos bioquímicos y a partir de dióxido de carbono, obtenidos por medio de un método bioquímico; y usar dicho gas de síntesis obtenido a partir de materia prima bioquímica para producir hidrocarburos que no contengan oxígeno por medio de un método de Fisher-Tropsch.
- 45 49.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: preparación de gas de síntesis a partir de biomasa y/o a partir de residuos obtenidos en el procesado de cualesquiera de los productos obtenidos en la fermentación de sustrato de carbohidrato, para dar lugar a hidrocarburos superiores, y/o metano producido por medio de métodos bioquímicos y a partir de dióxido de carbono, obtenido por medio de un método bioquímico; y usar dicho gas de síntesis obtenido por medio de materia prima bioquímica para producir hidrocarburos que contengan oxígeno por medio del método de Fisher-Tropsch.
- 50 50.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16, 17 y 18, caracterizado por comprender la etapa adicional de: hacer reaccionar hidrocarburos insaturados C<sub>2</sub> y superiores, obtenidos en la deshidratación de los correspondientes alcoholes saturados obtenidos en la biosíntesis, con óxido de carbono obtenido a partir de la materia prima bioquímica, y agua para dar lugar a los correspondientes alcoholes saturados C<sub>3</sub> y superiores.
- 55 51.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 16, 17 y 18, caracterizado por comprender las etapas adicionales de: mezclar etileno obtenido en la deshidratación de etanol con metanol y peróxidos de butileno; y tratamiento de la mezcla resultante por medio de telomerización para dar lugar a una mezcla de alcoholes C<sub>3</sub>-C<sub>12</sub>.