

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 442 631**

51 Int. Cl.:

**A23D 7/00** (2006.01)

**C10L 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2011 E 11154768 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2013 EP 2489276**

54 Título: **Método de recuperación de aceite**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.02.2014**

73 Titular/es:

**NESTE OIL OYJ (100.0%)  
Keilaranta 21  
02150 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**MUJUNEN, MIIA;  
PASTINEN, OSSI;  
LEHTOMÄKI, ILKKA;  
LAAKSO, SIMO y  
KOSKINEN, PERTTU**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 442 631 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 recuperación de aceite

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere a un método para la recuperación de aceite de una disolución acuosa que contiene aceite y sólidos. En particular, la invención se refiere a un método para la recuperación de aceite de una disolución acuosa que contiene material derivado de plantas. Más específicamente, la invención se refiere a la separación de aceite del efluente de una planta de prensado de aceite vegetal, tal como del efluente de un molino de aceite de palma.

**Antecedentes**

10 El aceite derivado de plantas puede producirse a partir de semillas que contienen aceite y a partir de frutas oleaginosas tales como frutas de palma. La producción de aceite de fruta se pone en práctica lo más generalmente mediante el uso de un método de prensado en húmedo. Como fracción secundaria, el prensado en húmedo produce una suspensión coloidal, que consiste en componentes solubles en agua de fruta y un material suspendido en agua, particularmente fibras y aceite. En la producción de aceite de palma, esta suspensión coloidal, efluente de molino de aceite de palma (POME), contiene normalmente del 95 al 96% de agua, aproximadamente el 1% de aceite y tiene un contenido seco total del 4 al 5%, del que la materia suspendida constituye del 2 al 4%. Las principales fuentes de sólidos incluyen condensado de esterilizador, lodo de separador o clarificador de aceite, y efluente de hidrociclón.

15 Incluso basándose en su composición, es posible concluir que POME produce una carga de efluente bioquímica y química considerable. Se ha presentado en la bibliografía que la demanda química de oxígeno (COD) de POME varía normalmente dentro del intervalo de 30 a 100 g<sub>COD</sub>/l y la demanda biológica de oxígeno, a su vez, es normalmente de aproximadamente 25 a 60 g<sub>BOD</sub>/l. El procedimiento de prensado en húmedo de aceite de palma consume mucha agua y produce una gran cantidad de POME. Algunas propiedades de POME se presentan en la tabla 1 siguiente.

Propiedad	Muestra 1	Muestra 2
pH	3,6	
BOD	53-57 g/l	38-39 g/l
COD <sub>soluble</sub>	31 g/l	19 g/l
COD <sub>total</sub>	84 g/l	43 g/l
Materia seca (sólidos suspendidos volátiles)	40 g/l	
N <sub>total</sub>	1,1 g/l	0,4 g/l
P <sub>total</sub>	0,11 g/l	0,98 g/l

Tabla 1. Propiedades de POME

25 Dependiendo del procedimiento de prensado, la producción de POME oscila desde una tonelada hasta cuatro toneladas por tonelada de masa de aceite de palma producida, o desde media tonelada hasta una tonelada por tonelada de racimo de fruta procesado. Antes de su tratamiento de efluente posterior, POME normalmente es ácido y su pH varía dentro del intervalo de 3,0 a 6,5.

30 La producción de aceite de palma ha aumentado rápidamente en todo el mundo. Los usos más importantes del aceite de palma incluyen aplicaciones alimenticias (aproximadamente el 80% del aceite producido), la producción de productos oleoquímicos y jabones (aproximadamente el 15%), así como la producción de biocombustibles (menos del 5%). Dado que la producción de aceite de palma es altamente amplia en todo el mundo, aproximadamente 40 millones de toneladas al año, la cantidad de POME resultante es respectivamente de hasta más de 100 millones de toneladas al año.

35 Goh *et al.* dan a conocer un método para producir biocombustibles en una refinería de biocombustible a base de palma. En el método, se produce biodiésel mediante transesterificación de aceite de palma crudo, que se obtiene de la molienda de racimos de fruta fresca (FFB). La molienda de FFB produce residuo lignocelulósico, que se hidroliza para obtener azúcares fermentables para la producción de bioetanol y efluente de molino de aceite de palma (POME), que se recicla al cultivo de palmas. La lignina separada de lignocelulosas se quema para generar electricidad.

40 Wicke *et al.* dan a conocer un concepto de refinería de aceite de palma crudo, que comprende un molino de aceite de palma, refinería de aceite de palma crudo y una planta de biodiésel. Los ácidos grasos de aceite de palma obtenidos de la etapa de refinería de aceite de palma se procesan dando lugar a jabón y el aceite de palma bruto refinado se procesa dando lugar a biodiésel. Las corrientes de residuo procedentes del molino de aceite de palma, tal como granos, se procesan dando lugar a piensos y tensioactivos.

45 En cuanto al tratamiento de POME, se han propuesto numerosos métodos, incluso adaptables a gran escala, tales como tratamiento anaerobio, procedimientos microbianos aerobios y biorreactores basados en tecnología de

membrana. Se han descrito diversos métodos para el tratamiento de POME en el artículo de Poh PE, Chong MF. 2009. (Development of anaerobic digestion methods for palm oil mill effluent (POME) treatment. Bioresource Technology 100: 1-9).

5 Normalmente, el tratamiento de POME se realiza en molinos de aceite de palma mediante el uso de tanques de efluente anaerobios así como aerobios y combinaciones de los mismos para reducir la carga orgánica de POME hasta un nivel aceptable. La materia orgánica de POME produce metano con la degradación en condiciones anaerobias en lagunas anaerobias. Hasta ahora, el metano resultante no siempre se recoge de lagunas anaerobias y escapa a la atmósfera. Esta es una fuente de emisiones de gas de efecto invernadero muy importantes ya que el metano es un gas de efecto invernadero 23 veces más potente que el dióxido de carbono. A la luz de estas cifras, es obvio que el tratamiento de POME basándose en los principios de que es respetuoso con el medio ambiente y cumple con el desarrollo sostenible es un reto notable.

Por consiguiente, hay una necesidad particular de un método de tratamiento, que permita tanto recuperar aceite del efluente de una planta de prensado de fruta, como reducir simultáneamente la carga medioambiental de este efluente.

15 La filtración en arena se incluye en los tratamientos de purificación de POME conocidos anteriores, usados especialmente como método de pretratamiento en combinación con otras técnicas de postratamiento. Se conoce anteriormente una técnica (Wong, P.W., Nik, M.S., Meenakshisundaram, N., Balaraman, V. Songklanakarín J.Sci.Technol., 2002, 24: 891- 898), en la que se aplica filtración en arena como pretratamiento de POME antes del procedimiento de purificación basado en ultrafiltración real. Sin embargo, la descripción del método no incluye procedimientos que indicarán un tratamiento continuado de la fracción obtenida en la filtración en arena para separar el aceite del residuo de filtración, y, por tanto, el método no comprende específicamente un procedimiento en el que se repite el uso de filtración en arena para la recuperación de aceite.

25 La filtración en arena se usa no sólo para la purificación de POME sino también para otras suspensiones de aceite-agua. La publicación EP0062527 A2 (13-10-1982) da a conocer un método de separación de aceite de una emulsión en agua filtrándola a través de arena sililada. El método también describe una etapa de separación de aceite de arena por medio de lavado por reflujo.

30 La filtración en arena es una opción económicamente factible para la separación de aceite de agua, especialmente cuando hay baja concentración de aceite o componentes oleíferos. Este tipo de método se conoce de la publicación JP57136989 A (24-08-1982), que describe la purificación de aguas residuales mediante el uso de un lecho de arena con adyuvantes añadidos al mismo.

Se conoce el uso de disolventes orgánicos para la retirada de aceite de palma de POME. En la publicación GB2023120 (28-12-1979), el objeto de la separación es POME como tal, lo que significa que hay volúmenes inmensos de disolución acuosa que ha de extraerse.

#### Breve descripción de la invención

35 La presente invención proporciona un método de tratamiento, que permite tanto la recuperación de aceite del efluente como simultáneamente la reducción de una carga medioambiental producida por este efluente. Con el fin de lograr este objetivo, la invención se caracteriza por las características presentadas en la reivindicación independiente. Otras reivindicaciones presentan algunas realizaciones preferidas de la invención.

40 La invención se refiere a un método para la recuperación de aceite de una disolución acuosa que contiene aceite y sólidos. El método según la invención comprende al menos las siguientes etapas de:

- ajustar una disolución acuosa que contiene aceite y sólidos a un pH ácido,
- separar una fracción que contiene aceite y sólidos de la disolución acuosa ácida con un agente de separación que es hidrófilo o adopta un carácter hidrófilo en respuesta a agua,
- recuperar la fracción que contiene aceite y sólidos separada por medio de dicho agente de separación,
- 45 - extraer aceite de sólidos con un agente de extracción insoluble en agua, y
- recuperar el agente de extracción insoluble en agua que contiene el aceite.

50 Por tanto, según la invención, la disolución acuosa que contiene aceite y sólidos se ajusta en primer lugar para hacerla ácida, seguido por separación de sólidos, con el aceite absorbido en los mismos, mediante la filtración de dicha disolución acuosa con un agente de separación, que es hidrófilo o adopta un carácter hidrófilo en respuesta a agua. Los sólidos pueden ser orgánicos así como distintos de orgánicos. En esta solicitud, ajustar para hacerla ácida se refiere al hecho de que el valor de pH o bien se mide o bien se conoce de antemano y proporciona una base para hacer que el valor de pH sea apropiado para el método. El ajuste del valor de pH se realiza usando agentes apropiados para cada disolución acuosa. En un caso preferido, la disolución acuosa que contiene sólidos tiene su pH ajustado a dentro del intervalo de 2,0 a 6,0.

- 5 La fracción que contiene aceite y sólidos adherida a la superficie de un agente de separación se recupera y se somete a extracción con un agente de extracción insoluble en agua. La mezcla resultante, que contiene los sólidos, el agua y el agente de extracción insoluble en agua con el aceite disuelto en el mismo, puede tratarse preferiblemente para separar los sólidos. De la mezcla sustancialmente libre de partículas, que se ha formado tras la separación de los sólidos, se separa el agente de extracción insoluble en agua o la fase acuosa, y como etapa final, el aceite se separa del agente de extracción insoluble en agua. Preferiblemente, el agente de extracción insoluble en agua está en forma líquida durante el procedimiento de extracción, y el aceite se separa de dicho agente de extracción insoluble en agua mediante evaporación del agente de extracción insoluble en agua.
- 10 Por tanto, el método incorpora la idea de integrar diversas operaciones individuales de tal manera que, cuando se lleva a cabo según la invención, dichas operaciones permiten la separación de aceite de manera que está decisivamente mejorada técnica y económicamente con respecto a la técnica anterior. Además de la recuperación de aceite, la invención proporciona el beneficio de poder retirar también otra materia orgánica, tal como hidratos de carbono poliméricos, de una disolución acuosa. La retirada de aceite e hidratos de carbono poliméricos reduce significativamente la carga orgánica del efluente y facilita su manipulación.
- 15 La invención se basa en un hallazgo sorprendente de que el aceite se adsorbe predominantemente a partículas de materia sólida, tal como por ejemplo a partículas de materia sólida vegetales ricas en hidratos de carbono que se producen de manera natural contenidas en POME ácido. Este hallazgo condujo a la invención de que, como resultado del aceite adsorbido, las partículas de materia sólida adoptan un carácter hidrófobo que permite la recuperación de las mismas mediante la filtración de una disolución acuosa que contiene aceite a través de un agente de separación hidrófilo, porque la masa de partículas de materia sólida hidrófoba comentada se concentra en la parte superior del agente de separación como masa que porta agua que puede separarse del agente de separación en respuesta a una interacción hidrófila-lipófila.
- 20 Según un aspecto de la invención, la adición de un agente de disolución de aceite en una masa de materia sólida recogida de la superficie de un agente de separación permite el establecimiento de un sistema de múltiples fases, en el que el aceite avanza desde las partículas de materia sólida a la fase de disolución de aceite, y sistema de múltiples fases del que puede separarse una fase de partículas de materia sólida liberada del aceite por medio de filtración repetida. Por tanto, el filtrado de la última filtración según la invención permite una transición desde el sistema de múltiples fases hacia un sistema de dos fases de agua-aceite, que se somete pasivamente a una separación de fases para un sistema de dos fases de aceite-agua, del que se recupera la fase de aceite.
- 25 Otra característica inventiva en el método es su capacidad, si es necesario, para hacer uso de materiales y operaciones de método preferidos, tales como arena en filtraciones, separación espontánea de fases y, por otra parte, para evitar métodos de secado y deshidratación. Preferiblemente, dicho agente de separación consiste en arena con un tamaño de grano de 0,05 a 4 mm.
- 30 Todavía otro aspecto inventivo en el método es la capacidad para separar una fase acuosa de manera rentable de componentes insolubles contenidos en la misma.
- 35 Una característica inventiva del método comprende una serie de procedimientos, en el que el material particulado acuoso recuperado que queda en la parte superior del lecho de arena se complementa con un componente de extracción de aceite, la mezcla se transporta de nuevo al agente de separación, se recupera el componente líquido migrado a través del agente de separación, se permite que se produzca en él una separación de fases, se retira el componente que ha extraído el aceite y se recupera el aceite restante.
- 40 Según una realización de la invención, la lignina presente en la masa de materia sólida tras la separación de aceite se separa predominantemente de otra materia orgánica y se utiliza como tal o se procesa adicionalmente dando lugar a diversos productos, tales como polímeros y compuestos químicos para la aplicación de combustible. La lignina contenida en la masa de materia sólida es un material que se biodegrada lentamente, tiene un alto valor calórico y de ese modo es beneficioso desde el punto de vista de la combustión. La masa de materia sólida puede secarse antes de la combustión.
- 45 Según un aspecto de la invención, dicha disolución acuosa consiste en efluente de molino de aceite de palma (POME). Por consiguiente, la invención comprende un método novedoso para la separación de aceite y otros sólidos de una corriente de POME con un bajo contenido volumétrico de aceite en POME, para usar el aceite en aplicaciones de aceite de palma natural, para utilizar partículas derivadas de plantas libres de aceite como biomasa o enmienda del suelo, así como para reducir la carga biológica del agua contenida en POME.
- 50 Un beneficio particular de la invención es su capacidad de usar soluciones técnicas sencillas para producir cantidades notables de aceite de palma a partir de POME, una corriente secundaria de baja velocidad de la producción de aceite de palma.
- 55 El método según la invención permite una recuperación eficaz de aceite. El aceite en POME está presente tanto en una forma fácilmente retirable, como también firmemente adsorbida a los sólidos, una matriz vegetal, de la que la separación del aceite es más difícil mediante tratamientos de clarificación o mecánicos. El método proporcionado por la invención permite la separación tanto de aceite fácilmente retirable como firmemente adsorbido a partir de POME.

- Por consiguiente, una característica inventiva individual en un método de la invención es el hecho de que comprende una idea de integrar la recuperación de aceite de palma a partir de corrientes de POME mediante el uso de un método que al mismo tiempo reduce sustancialmente la carga biológica de una fase acuosa que queda en POME y produce biomasa libre de aceite tanto insoluble en aceite como en agua para su uso renovado. Por tanto, la invención se basa en integrar las siguientes ideas para un método unificado. En el procedimiento de producción de aceite de palma, POME normalmente es ácido por naturaleza, lo que disminuye la solubilidad del aceite en agua y potencia la adsorción de aceite a las superficies. Las partículas vegetales ricas en hidratos de carbono, contenidas en POME y escasamente solubles en agua, establecen superficies de adsorción oportunas para el aceite ya que su solubilidad en agua disminuye cuando la disolución se vuelve cada vez más ácida. La cantidad de partículas en una corriente de POME es por naturaleza suficiente para adsorber el aceite contenido en POME casi en su totalidad. Debido al aceite adsorbido, las partículas vegetales ricas en hidratos de carbono adoptan un carácter hidrófobo, repelen superficies y materiales hidrófilos que contienen silicatos o similares, y de ese modo, en filtración, tienden a separarse como una capa sobre la superficie de límite entre los materiales hidrófilos y POME. Por tanto, esto permite que el aceite, contenido a una baja concentración en POME, se separe de la fase acuosa y se use como aceite de palma para sus aplicaciones típicas, y que se reduzca la demanda biológica de oxígeno de POME, así como que se permita el uso renovado de la fase acuosa. Una de las características inventivas del método es esencialmente la utilización de la acidez natural de POME, que disminuye la solubilidad del aceite en agua y aumenta su tendencia de adsorberse a otros componentes insolubles en agua de una disolución coloidal. Al mismo tiempo, habrá menos necesidad de complementar corrientes de POME con reguladores de acidez que forman sal.
- Otro beneficio obtenido mediante un método de la invención es que sus operaciones unitarias individuales producen fracciones que son adecuadas para diversas aplicaciones como tales o en formas de plusvalía. El aceite de palma recuperado es aplicable a cualquier aplicación de uso inherente de aceite de palma o preferiblemente para la producción de combustible de transporte renovable. La masa de partículas sólidas biológicas, es decir, las partículas ricas en hidratos de carbono y con poco aceite contenidas en POME, es aplicable al uso renovado como tal o tras el procesamiento, tal como para su uso como enmienda del suelo o para combustión.
- La separación de sólidos constituidos predominantemente por materia vegetal sólida disminuye significativamente la carga orgánica de POME. Por consiguiente, POME es más fácil de tratar en tratamiento de efluente, y de ese modo se reducirá el metano que resulta de la descomposición anaerobia y las descargas de gas de efecto invernadero eventuales producidas por el mismo. La materia vegetal, absorbida en el agente de separación durante la filtración, puede recuperarse y utilizarse para servicio útil, por ejemplo mediante compostaje, y el compost puede usarse como enmienda del suelo en plantaciones de aceite de palma. Tanto la arena como los sólidos unidos a la misma pueden tratarse al mismo tiempo, sin separar la arena y los sólidos entre sí, y pueden usarse como enmienda del suelo como tal o tras un procedimiento de compostaje. Los sólidos en POME contienen no sólo hidratos de carbono sino también lignina (Wu T.Y., Mohammad A.W., Jahim J.M., Anuar N. 2009. Holistic approach to managing palm oil mill effluent (POME). *Biotechnological advances in the sustainable reuse of POME*. *Biotechnology Advances* 27 (2009) 40-52.
- La carga biológica de agua producida por la invención disminuye y es útil como corriente de reciclado en la producción de aceite de palma o como una corriente usada para irrigación, como enmienda del suelo o complemento fertilizante. Es posible que el agua se procese y se purifique adicionalmente usando métodos de tratamiento de POME conocidos anteriores y que se use como corriente de reciclado en la producción de aceite de palma o como corriente usada para irrigación, como enmienda del suelo o complemento fertilizante, o que el agua purificada pueda liberarse al entorno.
- Por tanto, un beneficio global significativo obtenido por la invención es que la recuperación de aceite permitida de ese modo puede usarse para reducir el contenido en materia seca de POME y de ese modo disminuir la carga biológica y química de POME. Alternativamente, un método de la invención permite una recuperación eficaz de aceite a partir de POME antes de los tratamientos adicionales conocidos anteriores de POME. Esto, a su vez, facilita el tratamiento adicional de POME, así como reduce la cantidad de gases de efecto invernadero, especialmente metano, generados en descomposición anaerobia.
- Otra ventaja económicamente importante ofrecida por un método de la invención es que el método permite una recuperación de fracciones de biomasa y agua útiles para otros fines. Por tanto, la invención proporciona una solución completa para mejorar el procedimiento de producción en lo que se refiere a su capacidad para ser respetuoso con el medio ambiente y su sentido económico.
- El método según la invención es sencillo, modesto en lo que se refiere al equipo requerido para el mismo, y de ese modo atractivo en lo que se refiere a sus costes de inversión. La puesta en práctica del método tampoco requiere ninguna habilidad especial. El método es modesto en lo que se refiere a su demanda de energía, es pobre en la práctica en cuanto a sus emisiones, las materias primas necesarias para el mismo son reciclables en el procedimiento y las corrientes secundarias producidas por el mismo, tal como aceite, otra biomasa y agua, pueden usarse para aplicaciones de producción de plusvalía. El método no impone ninguna restricción particular en cuanto a su entorno de implementación y puede ponerse en práctica por ejemplo en relación con procedimientos de producción de aceite de palma. La fase de disolución, es decir la fase acuosa, producida por el procedimiento se presta por sí misma mejor a la reutilización por ejemplo en la producción de aceite de palma.

Un beneficio específico obtenido mediante un método de la invención es su aplicabilidad a ponerse en práctica en una escala seleccionada arbitrariamente y por tanto a utilizarse en procedimientos independientemente de los órdenes de magnitud de los mismos y las cantidades de corrientes de efluente generadas en el mismo.

5 El ajuste de un procedimiento según la invención es sencillo, y no se necesitan procedimientos de ajuste extraordinarios por el contenido en aceite o la cantidad de sustancias insolubles. Por tanto, el método no impone restricciones en cuanto a la composición o el ajuste del efluente suministrado en el mismo.

10 Según la invención, también es posible integrar las corrientes de POME de diversos procedimientos de aceite de palma con filtración, así como con recuperación de sólidos. Asimismo, según la invención, es posible combinar fracciones que comprenden aceite y sólidos recuperadas mediante filtración y obtenidas de diversos molinos de aceite de palma y separar el aceite de las mismas de forma centralizada.

Otro beneficio de la invención es que el método proporcionado por la misma puede aplicarse no sólo a POME sino también a otras corrientes de líquido coloidal, preferiblemente ácido, siendo el método especialmente útil siempre que estas corrientes contengan aceite y otra materia escasamente soluble en agua.

15 Otra ventaja de la invención es que pueden llevarse a cabo etapas características incluidas en ella, operaciones individuales, y combinarse entre sí en el grado necesario en un caso particular para la recuperación del aceite contenido en el efluente.

20 El aceite recuperado mediante un método descrito en la invención puede usarse para las mismas aplicaciones que el aceite producido mediante el procedimiento real. Preferiblemente, el aceite recuperado se usa como material de partida para la producción de productos oleoquímicos, jabones. Preferiblemente, el aceite se emplea como biocombustible o lubricante, como material de partida y/o componentes para el mismo. El aceite recuperado puede usarse como material de partida en la producción de biodiésel o diésel renovable. En el procedimiento de producción de combustible de transporte renovable, el aceite se trata con hidrógeno, así como posiblemente también se isomeriza o se somete a otras operaciones del procedimiento. El procedimiento de producción de combustible de transporte renovable normalmente se usa para producir componentes adecuados para diésel, en cuyo caso el producto se denomina diésel renovable o diésel compuesto por materiales de partida renovables. Sin embargo, en lugar de o además de los componentes adecuados para el diésel, el procedimiento de producción de combustible de transporte renovable también puede usarse para producir componentes adecuados para gasolina o combustible de motor a reacción. El biodiésel consiste en ésteres de alquilo y se produce comúnmente mediante transesterificación. En la transesterificación, los acilgliceroles presentes en el aceite se refinan dando lugar a ésteres de alquilo de cadena larga.

### Descripción específica de la invención

35 La invención se refiere a un método de recuperación de aceite de una disolución acuosa que contiene aceite y sólidos orgánicos, generada por ejemplo en el prensado en húmedo de aceites de semillas o frutas, ejemplo en los procedimientos de producción de aceite de palma, aceite de coco, aceite de aguacate o aceite de oliva. Además, se crean disoluciones acuosas que contienen aceite y sólidos orgánicos por ejemplo en procedimientos de la industria alimenticia.

Según un aspecto de la invención, en un caso particularmente preferido, el aceite se recupera de una disolución acuosa que contiene sólidos, en la que la cantidad de sólidos y aceite es baja con respecto a la cantidad de agua, siendo la cantidad de aceite normalmente del 0,3 al 2% en peso y siendo la cantidad de sólidos del 1 al 6% en peso.

40 Preferiblemente, la invención es adecuada para la recuperación de aceite de disoluciones acuosas que contienen partículas, que es ácido por naturaleza, con un pH normalmente de 3 a 6, por lo que no es necesario ajustar necesariamente el pH. El pH ácido potencia la adsorción de aceite a partículas sólidas y aumenta la hidrofobicidad del mismo.

45 Según la invención, el agente de separación empleado es un material, que es hidrófilo o adopta un carácter hidrófilo en respuesta a agua. Debido a esta propiedad, los sólidos se repelen por el agente de separación.

50 Una realización de la invención comprende un tratamiento de POME para la recuperación de aceite, originándose dicho POME posiblemente a partir de una o más operaciones individuales de producción de aceite de palma, o siendo posiblemente una mezcla que se ha creado combinando corrientes liberadas de diversas operaciones individuales de esta producción. Dicho de otro modo, la invención comprende POME, que contiene no sólo agua sino también un biomaterial escasamente soluble en la misma en forma de partículas sólidas, que están en un estado disperso en agua o constituyen una emulsión con agua como fase externa, o que pueden llevarse en este estado mediante tratamiento mecánico o químico, o que están en algún otro estado que permita el flujo de partículas de materia sólida junto con agua. La invención también es adecuada para otros tipos de partículas sólidas que contienen agua siempre que se cumpla cualquiera de los rasgos característicos anteriores.

55 El rasgo caracterizador en una realización preferida de la invención es que comprende etapas de tratamiento de POME preferiblemente en forma de disolución ácida, que puede ser ácida por naturaleza o hacerse ácida,

- transportar la disolución de POME ácida a un lecho de arena u otro material con una superficie hidrófila, o a un material que adopta un carácter hidrófilo en respuesta al agua contenida en POME. Los sólidos retenidos sobre la superficie del agente de separación se recuperan y el aceite se separa de los sólidos. La expresión ajustada para que sea ácida se refiere a hacer que una disolución sea ácida por ejemplo mediante la adición de una sustancia que disminuye el valor de pH de la disolución, o al hecho de que una disolución sea ácida por naturaleza o como resultado de la actividad microbiológica y la acidez de la disolución se ha verificado por ejemplo midiendo el pH.
- Para separar aceite de sólidos, estos últimos se complementan con un agente de extracción de aceite y la mezcla se trata con técnicas conocidas para proporcionar una transición de fases de aceite desde las partículas sólidas del material vegetal hacia el agente de extracción de aceite.
- La mezcla de múltiples fases resultante, que contiene agua, partículas de materia sólida y el aceite en su fase extraída, se convierte en una mezcla de dos fases separando los componentes de materia sólida mediante otra filtración que separa las partículas sólidas, preferiblemente mediante otra filtración en arena.
- En lugar de o además de la arena, el agua que contiene aceite puede filtrarse también mediante el uso de otros materiales, particularmente materiales, que son hidrófilos o que adoptan un carácter hidrófilo en respuesta a agua. El agente de separación empleado puede comprender compuestos orgánicos, así como materiales sintéticos o semisintéticos. En lugar de o además de la arena, la filtración de agua puede realizarse teniendo el agente de separación que consiste en tipos de suelo con un tamaño de grano más grande que el de la arena, por ejemplo gravilla o escombros, o respectivamente usando agentes de separación con un tamaño de grano más pequeño que el de la arena, por ejemplo materiales de cieno o arcilla. Pueden disponerse diversos agentes de separación en el lecho de filtración en cualquier disposición. Por ejemplo, el lecho de filtración puede incluir capas de diferente tamaño de grano o mezclas de diversos tamaños de grano en cualquier disposición que sea.
- El filtrado da como resultado un sistema de dos fases de agua-aceite, en el que una fase es agua y la otra es una mezcla de aceite y un componente de extracción insoluble en agua que se usó para extraerlo. Las fases se separan y de la fase que contiene aceite se retira el componente insoluble en agua que se usó para extraerlo, y el aceite restante se recupera.
- Uno de los rasgos caracterizadores de un método según un aspecto de la invención es que comprende una, alguna o todas las siguientes etapas de:
- Tratar POME como una dispersión ácida
  - Transportar POME a un lecho de filtración, conteniendo el agente de separación de dicho lecho un material con un carácter hidrófilo sobre su superficie o material que adopta un carácter hidrófilo en respuesta a agua, por lo que rechaza sustancias insolubles en agua desarrollando una capa de agua sobre las superficies del agente de separación
  - Seleccionar el agente de separación en de tal manera que, además del punto anterior, retiene un material de tipo partícula
  - Recuperar una biomasa dejada sobre la superficie del agente de separación
  - Procesar adicionalmente un líquido que ha migrado a través del lecho desde POME que se transportó al agente de separación
  - Realizar una separación de aceite de la biomasa recuperada, masa de partículas sólidas
  - Establecer un sistema de dos fases (agua-aceite)
  - Reutilizar los sólidos dejados tras la separación de aceite
  - Quemar, compostar y utilizar la biomasa dejada tras la separación de aceite como enmienda del suelo, mediante digestión anaerobia y quemar o utilizar el biogás resultante
  - Usar el aceite obtenido en la separación de aceite para obtener biodiésel, combustible de transporte renovable, productos oleoquímicos o jabones, o en aplicaciones alimenticias, especialmente para obtener combustible de transporte renovable
  - Usar un lecho de arena como agente de separación
- Dentro del alcance de sus rasgos caracterizadores, la invención puede ponerse en práctica en una variedad de realizaciones. Una característica común incluida en todas estas realizaciones es una etapa de recuperar biomasa insoluble en agua o escasamente soluble en agua en forma de partículas de materia sólida, realizar una transición de fases de aceite desde la biomasa hacia una fase de extracción de aceite, recuperar la fase de extracción que contiene aceite y separar el aceite de la misma.

Una característica específica de la invención es que el aceite recuperado de POME según la invención se usa para obtener combustible de transporte renovable.

### Definiciones

5 “Biocombustible” se refiere a un combustible sólido, líquido o gaseoso, que se origina a partir de biomasa o biorresiduo y que difiere de los combustibles fósiles, originándose estos últimos a partir de residuos orgánicos de plantas, animales o microorganismos prehistóricos.

10 Biodiésel, según la directiva de la UE 2003/30 EC, se refiere a éster de metilo de calidad como diésel útil como biodiésel y producido a partir de aceite a base de plantas o animales. En el presente contexto, el término “biodiésel” se refiere más ampliamente a ésteres de alquilo de cadena larga de calidad como diésel, tales como ésteres de metilo, etilo o propilo que pueden producirse a partir de aceites vegetales, grasas animales o lípidos microbianos, o a partir de mezclas de los mismos, por la que la fuente del lípido microbiano puede ser levadura, moho, algas, una bacteria o algún otro microorganismo, incluyendo microorganismos modificados por ingeniería genética.

15 Las expresiones “combustible de transporte renovable” o “combustible de transporte producido a partir de materiales de partida renovables” se refieren en este contexto a un combustible, que se fabrica con un tratamiento de hidrógeno a partir de lípidos vegetales, animales o microbianos, o a partir de una mezcla de los mismos, siendo la posible fuente de lípido microbiano levadura, moho, algas, una bacteria o algún otro microorganismo, incluyendo microorganismos modificados por ingeniería genética. El combustible de transporte renovable puede fabricarse también a partir de ceras, que se han producido mediante gasificación de biomasa y síntesis de Fischer-Tropsch. Opcionalmente, la fabricación del combustible de transporte renovable puede realizarse mediante el uso no sólo de un tratamiento de hidrógeno sino también de isomerización o alguna otra operación de procesamiento. El procedimiento de fabricación del combustible de transporte renovable puede usarse para producir no sólo componentes adecuados para diésel, sino también componentes adecuados para gasolina o combustible para aviación. El procedimiento de fabricación para combustible de transporte renovable se ha descrito por ejemplo en las publicaciones de patente EP 1396531, EP1398364, EP 1741767 y EP1741768.

25 El término “lubricante” se refiere en este contexto a un material tal como materia grasa, grasa, lípidos o aceite, que reduce la fricción entre dos superficies que se mueven una en relación con la otra. Además de reducir la fricción, el fin de un lubricante puede ser la distribución y eliminación del calor generado, así como la eliminación de impurezas.

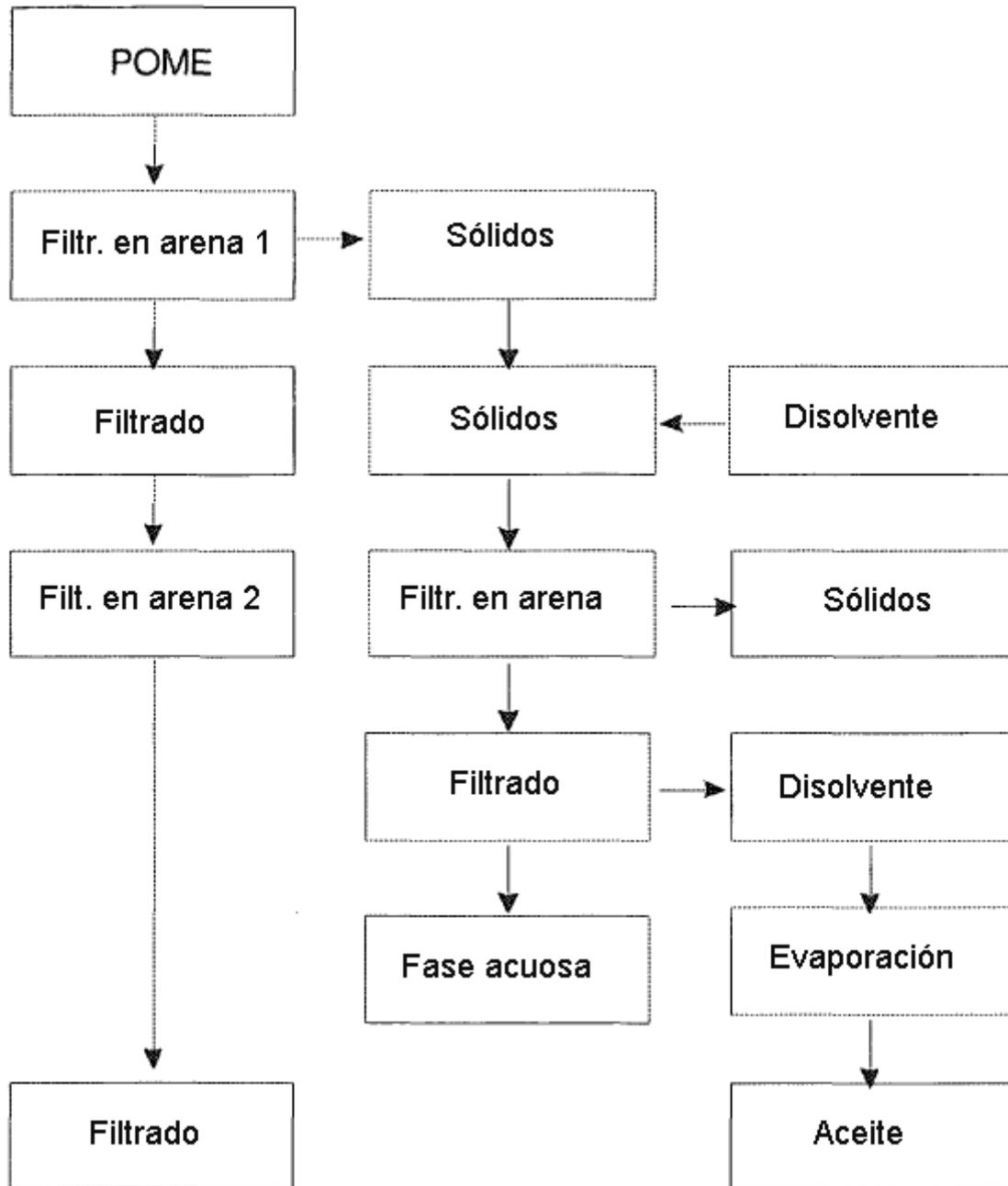
30 El término “arena” se refiere en este contexto particularmente a un material, que tiene su tamaño de grano (tamaño de partícula) que varía dentro del intervalo de 0,5 a 4 mm. La arena que se usa preferiblemente como agente de separación según la invención, es hidrófila o adopta un carácter hidrófilo en respuesta a agua.

El material que adopta un carácter hidrófilo en respuesta a agua se refiere a una sustancia cuya hidrofiliidad aumenta a medida que el agua desarrolla una película sobre la superficie de la sustancia, tal como por ejemplo el papel cuando se humedece.

35 En una realización preferida según la invención, se transporta POME ácido a un lecho de arena, sobre la superficie de un lecho de arena o a sus partes superiores, se permite que la fase acuosa de POME y los componentes disueltos en el mismo migren a través del lecho de arena. Algunos de los sólidos retenidos sobre la superficie del lecho de arena o en las proximidades de la superficie se recuperan y el agua libre de sólidos se conduce para su reutilización o procesamiento adicional. Una parte de esta realización de la invención es que los sólidos restantes se someten a recuperación de aceite. El aceite puede separarse de los sólidos mediante cualquier método conocido anterior, preferiblemente mediante métodos que se han aplicado a la separación del aceite contenido en un material a base de plantas, tal como extrayendo con disolventes orgánicos o, en un sentido amplio, mediante métodos que permiten estabilizar fases que contienen aceite mutuamente separables, solubles en agua e insolubles en agua. Sin embargo, la realización básica de la invención comprende una etapa de combinar un agente de extracción de aceite dentro de una masa de partículas sólidas que contiene agua obtenida a partir de la filtración de POME, agente que puede ser un disolvente orgánico o algún otro agente que induce una transición de fases respectiva de aceite, y de volver a filtrar la mezcla para separar las partículas sólidas. Por tanto, la filtración incluida en la realización más ventajosa de la invención produce fracciones, en la que los componentes que se separan entre sí son agua y aceite en el agente que ha extraído este último, así como un biomaterial sustancialmente libre de aceite que se origina a partir de partículas vegetales.

50 Por consiguiente, en una realización preferida según la invención, la materia sólida que resulta de una primera filtración en arena se trata complementando dichos sólidos con un agente de extracción de aceite e insoluble en agua, tal como un disolvente de grasa, y permitiendo que el aceite se desplace a este agente insoluble en agua. Se realiza otra filtración en arena, por lo que tanto el agua que se ha desplazado junto con los sólidos como el agente insoluble en agua que ha extraído el aceite migran a través del lecho de arena. Se permite que estas sustancias se separen en fases intrínsecas de las mismas pasivamente o aplicando métodos que potencian la separación de fases partiendo de la base del peso específico, la solubilidad o la densidad de los líquidos. La fase insoluble en agua que contiene aceite se separa de la fase acuosa. El agente de extracción insoluble en agua se separa del aceite preferiblemente a una temperatura, que a la presión existente corresponde al punto de ebullición del agente, o a una

temperatura superior a esa. Tras una retirada parcial o completa del agente de extracción de aceite insoluble en agua, se recupera el aceite. En el diagrama 1 se ilustra una realización preferida para un método de la invención.



5 Diagrama 1. Método para la producción de aceite de palma a partir de corrientes secundarias líquidas de producción de aceite de palma, especialmente a partir de POME.

Una realización preferida para un método de la invención es repetir la primera filtración en arena de POME, de manera que una disolución que resulta de la misma, es decir, un permeado, se transporta a otra filtración, pudiéndose realizar esta última filtración con un lecho de arena o algún otro agente de separación que, en lo que se refiere a su estructura, composición y/o tamaño de partícula, puede ser igual que el usado en la primera filtración. Los sólidos obtenidos de esta última filtración pueden transportarse a sólidos que resultan de la primera etapa de filtración, o pueden tratarse por separado según la realización más preferida de la invención. La invención no limita el número de ciclos de filtración, aunque es una parte incluso de estas realizaciones de la invención que el aceite se retire y se recupere de los sólidos obtenidos por las filtraciones.

15 En lugar de o además de la arena, el tratamiento de filtración de aceite que contiene agua en forma particulada puede realizarse usando otros materiales, por medio de los cuales pueden separarse las partículas sólidas de otra

corriente de líquido libre de partículas.

Está dentro del alcance de diversas realizaciones de la invención que el agente de extracción de grasa insoluble en agua puede ser cualquier sustancia de extracción de aceite, que sea insoluble o escasamente soluble en agua, o alguna otra sustancia que, cuando está en contacto con aceite, es líquida o se vuelve líquida, y que en su estado de haber extraído aceite, es insoluble en agua o tiene una solubilidad sustancialmente escasa en agua. Los agentes de extracción de aceite preferidos incluyen por ejemplo disolventes orgánicos no polares, otros materiales reciclables volátiles a bajas temperaturas. Los disolventes orgánicos preferidos incluyen compuestos que contienen alcanos y otras cadenas hidrocarbonadas, por ejemplo hexano y heptano.

Según una realización de la invención, el agente de extracción de grasas insoluble en agua es una sustancia adecuada para aplicación de combustible, por ejemplo biodiésel o un combustible de transporte renovable. En este caso, no es necesario que el aceite se separe necesariamente del agente de extracción insoluble en agua antes de refinar el combustible o la aplicación de combustible.

Una parte de una operación preferida en una realización preferida de la invención es que se permite que la materia insoluble en agua de POME sedimente sobre la superficie de un lecho de arena empleado o, como se describió anteriormente, sobre la superficie de un material similar y/o dentro de capas en las proximidades de la superficie, de manera que los sólidos y/o las capas que contienen sólidos pueden recuperarse mecánicamente o con extracción a contracorriente.

A partir de una mezcla que contiene tanto sólidos a base de plantas como material de lecho de arena obtenido en las filtraciones en arena de POME pueden recuperarse los sólidos orgánicos partiendo de la base de los pesos específicos desiguales de estos componentes mediante sedimentación o mediante el uso de otros métodos basados en los pesos específicos de los componentes, o colocando sobre la superficie del lecho de arena, antes de la filtración de POME, algún material de tamizado que desarrolle una capa aislante sea fácilmente permeable al agua.

La invención no está limitada por la forma o el tamaño de un lecho de arena. La invención tampoco está limitada por el tipo de arena, a su cantidad, al tamaño de grano o al origen, sino que lo que es característico de la invención es que las propiedades repelentes de aceite de un agente de separación llevan a cabo la separación de sólidos a base de plantas de una fase acuosa.

Según la invención, el concepto de arena comprende también otros materiales que establecen una composición de tipo de lecho de arena y que tienen una masa granular, y que tienen rasgos caracterizadores, de manera que el lecho compuesto de tales materiales es preferiblemente permeable gravitacionalmente al agua y a otros líquidos, se adsorbe a su superficie o dentro de capas en las proximidades de la superficie, alguna masa de materia sólida presente en agua contenida en POME y los granos de dicho lecho no absorben sustancialmente grasa dentro de ellos. De ese modo son aplicables como agente de separación materiales con partículas que pueden adsorber a ellos mismos una capa de superficie de agua, estableciendo por tanto una matriz hidrófila repelente de aceite.

El método según la invención incorpora una opción, en la que la masa de sólidos que se desarrolla en una primera filtración en lecho de arena puede tratarse con un agente de extracción de aceite en un estado presurizado. En esta realización, se prefiere que la presurización se realice recirculando un compuesto volátil a bajas temperaturas.

El alcance de invención cubre en todas las realizaciones un tratamiento de sólidos recuperados en la filtración de POME para la separación de aceite.

Los sólidos se tratan con métodos que permiten que el aceite forme una fase que se separa de los sólidos y del agua contenida en los mismos. Con este fin, a la masa de sólidos acuosos recuperados se le suministra un agente de extracción de aceite, escasamente soluble en agua, que es líquido, sólido o volátil a temperatura ambiente, tal como un disolvente orgánico, y se permite que se produzca una transición de fases de aceite desde los sólidos hacia el agente de extracción de aceite. Se permite que el componente insoluble en agua que ha extraído el aceite, es decir el agente que ha extraído el aceite, forme una fase que puede separarse de agua, fase que se recupera y de la que se retira el agente de extracción de aceite, y preferiblemente se usa de nuevo este agente en un procedimiento de la invención. Se recupera el aceite retenido y se usa como aceite de palma para las aplicaciones habituales de este aceite.

El agente de extracción insoluble en agua empleado en el procedimiento de extracción puede estar en cualquier estado de la materia, tal como sólido, líquido o gaseoso.

El alcance de invención también cubre una realización en la que se ponen en contacto sólidos recuperados de la superficie de un lecho de arena no ya con una fase líquida sino en lugar de eso con materiales de adsorción de aceite sólidos o semisólidos para separar grasa de la materia sólida de POME separado según la invención. Se prefieren particularmente materiales que se unen por sí mismos a aceite, o materiales que absorben en primer lugar el aceite a partir de mezclas de agua-aceite.

La separación de aceite del agente que ha extraído aceite, para una fracción que tiene aceite como su único componente o su componente cuantitativamente dominante, puede realizarse a una temperatura y presión

arbitrariamente seleccionadas. Según la invención, la separación de aceite puede incorporar operaciones de agitación u otras acciones de potenciación de la separación de fases del aceite.

El aceite producido mediante el método se recupera, se usa predominantemente como biocombustible para transporte, su componente o material de partida, o en la fabricación de jabones y productos oleoquímicos, y el resto de los sólidos se usa de la misma manera que otras biomásas con bajo contenido en grasa. El agua liberada en el procedimiento puede transportarse para su reutilización o liberarse en el entorno tras una posible purificación adicional.

Una aplicación preferida para el aceite recuperado según la invención es la fabricación de combustible de transporte renovable, que se refiere a un combustible de transporte en el que se refinan los acilglicerolos o ácidos grasos libres contenidos en el aceite mediante tratamiento con hidrógeno dando los alcanos correspondientes (parafinas). Los alcanos pueden acondicionarse mediante isomerización u otros procedimientos opcionales. El procedimiento de fabricación de combustible de transporte renovable puede usarse para producir diésel, gasolina o combustible para aviación. Además, el craqueo de aceite, o los alcanos producidos a partir del mismo, es una manera de producir diésel, gasolina o combustible para aviación. El aceite recuperado puede refinarse para dar combustible de transporte disponiéndolo en una forma mixta dentro de petróleo fósil. También puede usarse el propio aceite como biocombustible. También puede usarse el aceite recuperado como base de aceite en la fabricación de lubricantes. El producto puede complementarse con adyuvantes, tales como antioxidantes y conservantes.

El procedimiento de recuperación de aceite según la invención desarrolla fracciones de corriente secundaria en forma de agua libre de partículas y de aceite, así como sólidos derivados de plantas con un contenido en aceite muy bajo. Los sólidos derivados de plantas pueden usarse como enmienda del suelo, por ejemplo en granjas de aceite de palma, como tal o tras compostaje. Los sólidos derivados de plantas también pueden quemarse. En una alternativa, se digieren los sólidos derivados de plantas, se recupera el biogás resultante y se quema o se utiliza de otro modo el biogás.

El método según la invención, junto con sus diversas realizaciones, puede aplicarse a la recuperación de aceite no sólo a partir de POME sino también de otras disoluciones acuosas de tipo de dispersión o coloidal. En estas realizaciones, el aceite que puede recuperarse también comprende otros compuestos orgánicos escasamente solubles en agua que pueden formar disoluciones acuosas coloidales.

### Ejemplos

Ejemplo 1. Se realizó una disposición de prueba tal como se muestra en el diagrama 1 con los siguientes métodos y valores de partida.

Se filtró POME con un filtro de arena, en el que un embudo Büchner de 10 cm en su diámetro interno tenía una capa de 130 g de arena de mar sobre un material textil no tejido (arena de mar, para análisis, Merck (Alemania), distribución de tamaño de grano de 0,1 a 0,3 mm). La capa de arena tenía un grosor de aproximadamente 1 a 1,5cm. Sobre la capa de arena se dispuso en primer lugar una malla de nailon con un tamaño de poro de 400 µm para evitar la combinación de arena y POME, pero se retiró la malla durante la filtración. Se sabía a partir de pruebas anteriores que este tipo particular de malla no puede filtrar o concentrar POME y por tanto no puede cambiar el resultado de la filtración.

A través del lecho de arena se filtraron con filtración mediante succión (bomba de agua) 150 ml o 144 g de POME, que se había esterilizado mediante tratamiento en autoclave. El POME tenía un pH de 3,5. Se ayudó la filtración mediante agitación regular de la masa de POME.

El POME tenía un contenido en seco de 62 g/l y la materia seca constituía el 6,3% del POME húmedo. La filtración dio como resultado una disolución con un contenido en seco de 38 g/l y un precipitado con el 12% de materia seca con respecto a su peso en húmedo. La disolución aclarada mediante sedimentación tenía un grado de Brix de 3,75, es decir el contenido de sustancias disueltas era de aproximadamente 37,5 g/l. Basándose en esto, la disolución contenía principalmente sustancias disueltas.

Se determinaron muestras de POME secado en frío, disolución y precipitado para determinar el contenido en aceite de las mismas. El POME contenía el 17% de aceite con respecto a la materia seca, es decir 10,5 g/l. En la disolución, la cantidad de aceite había disminuido significativamente y la materia seca de la disolución tenía un contenido en grasa del 0,1%. En el precipitado, respectivamente, el contenido en grasa de la materia seca había aumentado ligeramente y era del 18% con respecto a la materia seca.

Con el fin de recuperar el aceite a partir del POME, se complementó una muestra de precipitado de 21 gramos con 20 ml de una disolución de diclorometano-metanol 2:1. Se incubó la mezcla durante un periodo de 1 h con agitación a 240 rpm, tras lo cual se separaron los sólidos de la mezcla filtrando la mezcla con filtración mediante succión (bomba de agua) a través de un filtro de arena tal como se describió anteriormente. Se realizó la filtración usando una malla de nailon (tamaño de poro de 400 µm) entre la mezcla de POME-disolvente y el lecho de arena con el fin de evitar que la masa de POME se combine con la arena. Con el fin de separar la fase de disolvente de la masa de POME, se impulsó hexano puro en una cantidad en exceso a través de la torta de filtrado hasta que el hexano

5 permeado era de color amarillo claro. Se recuperó la fase de disolvente de la disolución de extracción y se eliminó el disolvente mediante evaporación. El rendimiento de aceite fue de 303 mg. El rendimiento de aceite a partir de la muestra de precipitado fue del 67% ya que la muestra tenía una masa en húmedo de 21 g, un contenido en seco del 12% y un contenido en grasa de la materia seca del 18%, es decir la cantidad de aceite era de 456 mg. Se determinó la muestra de precipitado extraída, secada en frío, para determinar su contenido en aceite y era del 6,5% de la materia seca. Basándose en los resultados, los sólidos de POME pueden concentrarse con una simple filtración en arena. La filtración en arena redujo significativamente el contenido en seco de material permeado filtrado, pero especialmente su contenido en aceite, con respecto a POME sin tratar. Cuando el pH del POME era ácido, el aceite contenido en POME se separó como parte de los sólidos y puede recuperarse de los sólidos por medio de extracción con disolvente. Una extracción de una única fase permitió reducir el contenido en aceite del precipitado de POME concentrado en 10 puntos porcentuales con respecto a concentrado de POME no extraído.

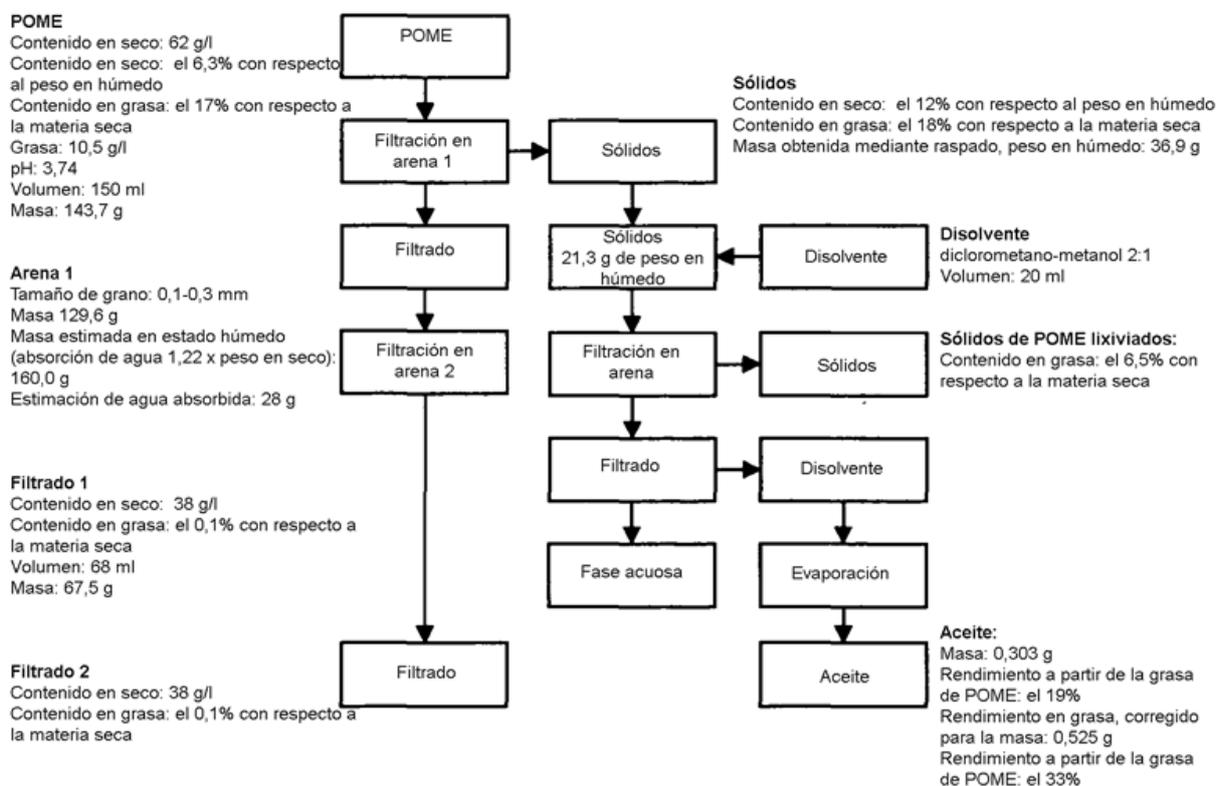


Diagrama 2. Tratamiento de POME con filtración en arena.

Ejemplo 2

15 El cálculo para determinar el balance de masa de una filtración de POME de una única etapa se basó en la filtración en arena de POME en una única etapa, siendo las fracciones obtenidas sólidos y filtrado tal como se muestra en el diagrama adjunto.

**POME**

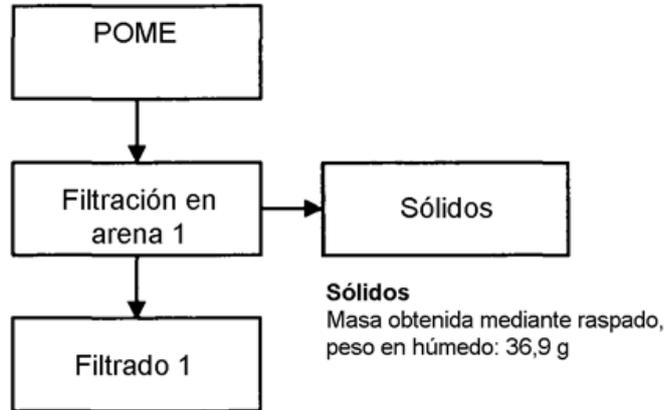
Volumen: 150 ml  
Masa: 143,7 g

**Arena 1**

Tamaño de grano: 0,1-0,3 mm  
Masa 129,6 g  
Masa estimada en estado húmedo (absorción de agua 1,22 x peso en seco): 160,0 g  
Estimación de agua absorbida: 28 g

**Filtrado 1**

Volumen: 68 ml  
Masa: 67,5 g



**Balance**

POME: 143,7 g  
Sólidos: 36,9 g  
Filtrado: 67,5 g  
Estimación de líquido absorbido en arena: 28 g  
Sólidos + filtrado + líquido absorbido en arena total: 132,4 g

Diagrama 3. Ejemplo de tratamiento de POME en una única etapa.

Con el fin de calcular el balance, se usaron 150 ml de muestra de POME con una masa de 143,7 g. Se filtró la muestra con un lecho de arena, teniendo la arena un tamaño de grano de 0,1 a 0,3 mm. La arena tenía una masa de 129,6 g y, como premisa, su absorción de agua era de 1,22 x peso en seco, es decir de 160 g. Por tanto, la absorción de agua estimada era de 28 g. Se realizó la filtración en arena, comprendiendo el filtrado 68 ml y siendo la masa de 67,5 g. Basándose en los resultados, a partir de la masa de POME, que era de 143,7 g, se obtuvieron sólidos en una cantidad de 36,9 g y filtrado en una cantidad de 67,5 g. Se estima que la cantidad de agua absorbida en arena es de 28 g, mediante lo cual los sólidos, el filtrado y el líquido absorbido en arena constituyen en conjunto un total de 132,4 g.

5

10

**REIVINDICACIONES**

1. Método para la recuperación de aceite de una disolución acuosa que contiene aceite y sólidos, caracterizado porque el método comprende las siguientes etapas de:
  - ajustar una disolución acuosa que contiene aceite y sólidos a un pH ácido,
- 5  
- separar una fracción que contiene aceite y sólidos de la disolución acuosa ácida con un agente de separación que es hidrófilo o adopta un carácter hidrófilo en respuesta a agua,
  - recuperar la fracción que contiene aceite y sólidos separada por medio de dicho agente de separación,
  - extraer aceite de sólidos con un agente de extracción insoluble en agua, y
  - recuperar el agente de extracción insoluble en agua que contiene aceite.
- 10 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos sólidos son sólidos orgánicos.
3. Método según la reivindicación 2, caracterizado porque dicha disolución acuosa consiste en efluente de molino de aceite de palma (POME).
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el pH de la disolución acuosa que contiene aceite y sólidos se ajusta al intervalo de 2,0 a 6,0.
- 15 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la fracción que contiene aceite y sólidos se separa de la disolución acuosa ácida con una o más filtraciones.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho agente de separación es arena, que tiene un tamaño de grano de 0,05 a 4 mm.
- 20 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el agente de extracción insoluble en agua es una sustancia adecuada para aplicación de combustible, tal como por ejemplo biodiésel o combustible de transporte renovable.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el método comprende además la siguiente etapa de:
  - separar los sólidos del agente de extracción insoluble en agua, en el que se ha extraído el aceite, con una o más filtraciones.
- 25 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el método comprende además la siguiente etapa de:
  - separar el aceite del agente de extracción insoluble en agua.
- 30 10. Método según la reivindicación 9, caracterizado porque el agente de extracción insoluble en agua es líquido durante extracción, y el aceite se separa de dicho agente de extracción insoluble en agua mediante evaporación del agente de extracción insoluble en agua.