

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 074**

51 Int. Cl.:

A23L 5/30 (2006.01)

B01D 11/02 (2006.01)

C11B 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.06.2012 PCT/AU2012/000653**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2012 WO12167315**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2012 E 12797537 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 2717716**

54 Título: **Extracción de aceites vegetales**

30 Prioridad:

09.06.2011 AU 2011902275

27.02.2012 AU 2012900749

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

17.02.2017

73 Titular/es:

**COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL
RESEARCH ORGANISATION (100.0%)**

**Limestone Avenue
Campbell, ACT 2612, AU**

72 Inventor/es:

AUGUSTIN, MARYANN;

JULIANO, PABLO;

MAWSON, RAYMOND;

SWIERGON, PIOTR y

KNOERZER, KAI

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 602 074 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

Extracción de aceites vegetales

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud provisional de patente australiana 2011902275, presentada el 9 de junio de 2011, y la solicitud provisional de patente australiana 2012900749, presentada el 27 de febrero de 2012, el contenido de las cuales se incorpora en la presente memoria por referencia.

Campo técnico

10 Esta invención se refiere a la extracción de aceite de fuentes vegetales, particularmente aceite de palma. En particular esta invención se ocupa de la recuperación de aceite y componentes solubles en aceite en operaciones de prensado de aceite de palma.

Antecedentes

15 Diversas tecnologías emergentes de procesamiento de alimentos, notablemente tecnología de ultrasonidos, de procesamiento a alta presión y de microondas, están siendo exploradas y usadas cada vez más en la recuperación de aceites y fitonutrientes y en operaciones de procesamiento de alimentos. Hay un potencial para la aplicación de las tecnologías emergentes de procesamiento de alimentos en la industria del aceite de palma. Las aplicaciones potenciales en operaciones de prensado de palma incluyen: extracción de aceite de palma asistida por microondas, extracción y recuperación de aceite de palma y fitonutrientes de palma asistida por ultrasonidos, y procesamiento a alta presión para aceites y productos de emulsión. Según avance hacia el futuro la industria del aceite de palma, habrá también una necesidad de mejorar la sostenibilidad del procesamiento del aceite de palma y de reducir la huella del carbono y los requerimientos energéticos de los procedimientos globales.

20 Tradicionalmente, la tecnología de ultrasonidos se ha presentado como una intervención de procesamiento potencial para ayudar a la extracción, inactivación microbiana, emulsión u homogeneización y desemeulsión. Por ejemplo, los ultrasonidos pueden ayudar en la extracción de componentes bioactivos de hierbas a escala de laboratorio y a gran escala. El mecanismo de la extracción ultrasónica se basa en el efecto de la sonicación en la rotura de las células vegetales y la mejora de los procesos de difusión y capilares.

25 Los ultrasonidos, mediante efectos mecánicos, rompen las células vegetales. Esto facilita la penetración de un extractante en la masa celular vegetal, potenciando la transferencia de masa (Mason TJ, Paniwnjk L, Lorimer JP. The uses of ultrasound in food technology. Ultrasonics Sonochem 1996; 3:S253-26).

Esto puede dar como resultado un aumento en la eficacia de extracción, así como en la velocidad de extracción.

30 Además, los ultrasonidos tienen el efecto de aumentar el hinchamiento del tejido vegetal, facilitando la ruptura de la pared celular y liberando los componentes intracelulares en el agua durante la sonicación. El potenciamiento de la extracción por ultrasonidos ha sido atribuido a la propagación de ondas de presión ultrasónicas y fenómenos de cavitación resultantes.

35 La separación por ultrasonidos de ingredientes de alimentos tiene ventajas obvias sobre métodos convencionales como la filtración y la decantación natural.

40 La mayoría de los ejemplos hasta la fecha implican el uso de ultrasonidos en combinación con disolventes orgánicos para mejorar la extracción de aceite y componentes solubles en aceite. Los ejemplos incluyen extracción de aceite de soja (Li H, Pordesima L, Weiss J. High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. Food Res Int 2004; 37:731-738), e isoflavona de soja (Rostango MA, Palma M, Barroso CG. Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones. J Chromatog A 2003; 1012:119-128).

45 La patente británica GB 2097014 describe un método de extracción en disolvente usando hexano en el que hay agitación ultrasónica a de 20 a 60 kHz durante tiempos de residencia de 5 a 30 segundos. La patente europea 243220 describe un procedimiento similar para extraer aceite de semillas usando frecuencias ultrasónicas de 10 a 50 kHz sobre las semillas suspendidas en un disolvente.

El documento "An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs" presenta una revisión de técnicas de extracción en disolventes asistida ultrasónicamente (Vinatoru, Ultrasonics Sonochemistry 8 (2001) 303-313).

50 También existen métodos para la extracción asistida por ultrasonidos en ausencia de disolventes orgánicos. La solicitud de patente internacional WO2010138254 describe el uso de extracción asistida por ultrasonidos de aceite de efluente de molinos de aceite de palma, donde el objetivo es aumentar la recuperación de aceite y reducir la demanda bioquímica y química de oxígeno del efluente del molino de aceite de palma.

El documento US 2006/0204624 describe un procedimiento para extraer aceite de la piel de cítricos que comprende

proporcionar una mezcla que contiene sólidos de cítricos y agua, someter esta mezcla a energía ultrasónica bajo condiciones suficientes para separar el aceite de la piel de los sólidos de cítricos, y recuperar el aceite de la piel.

5 La solicitud de patente internacional WO 2010/138254 describe un método para aumentar la recuperación de aceite usando energía ultrasónica, y describe además el uso de energía ultrasónica en un método para reducir la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno del efluente de molinos de aceite de palma generado durante el procedimiento de extracción.

El documento US 2008/0181999 describe el uso de energía ultrasónica en un método de extracción de aceite por inmersión en agua.

10 La separación ultrasónica de ingredientes de alimentos tiene ventajas obvias sobre métodos convencionales como la filtración y la decantación natural. Aunque los antecedentes anteriores se refieren a la extracción, el tema presentado aquí se refiere a la separación post-digestión y/o maceración. El método adoptado se basa en el principio de los campos de ondas estacionarias.

15 En esta invención los autores buscan emplear ondas estacionarias a altas frecuencias ultrasónicas, típicamente mayores que 400 kHz, para facilitar la separación del aceite de sólidos vegetales. Una limitación del diseño de los equipos ultrasónicos actuales y del material es que a frecuencias por encima de 100 kHz no es factible usar cualquier forma de cuerno ultrasónico para propagar ultrasonidos. Los diseños de los cuernos ultrasónicos actuales permiten generalmente una operación entre 20 y 24 kHz. Esto significa que, a diferencia de las pilas de obleas piezoeléctricas usadas para manejar los transductores de cuerno, se requieren transductores piezoeléctricos de oblea única unidos a superficies de placas para conseguir frecuencias por encima de 100 kHz. Los transductores de placa operan a amplitudes específicas mucho más bajas que las alcanzadas por los transductores de cuerno.

20 A frecuencias mayores que 400 kHz es práctico producir ondas estacionarias de gran área a bajas amplitudes. Pangu & Feke, 2007, y Nii et al., 2009, describen que las ondas estacionarias llevan a cabo separaciones de fases en base a las gravedades específicas relativas de las fases. Así, cuando está dispersado aceite en agua, principalmente las fuerzas acústicas separarán el aceite hacia los antinodos de onda. En el trabajo que es el tema de estas citaciones, se estudian sistemas bifásicos de aceite y agua a una frecuencia ultrasónica de 2 MHz. Además, estos estudios muestran que para obtener la coalescencia del aceite es necesario que se desarrollen fuerzas acústicas secundarias perpendiculares al plano de la onda estacionaria, como resultado de que el campo de ondas está limitado por paredes perpendiculares al plano de las ondas. La temperatura mínima a la que pueden usarse ondas estacionarias para separar aceite de agua está limitada por la creciente viscosidad del aceite según se reduce la temperatura. Idealmente, para aceites vegetales de triglicéridos la temperatura debe ser tan baja como sea práctico para minimizar el potencial de hidrólisis de ácidos grasos libres, la oxidación de ácidos grasos insaturados y la destrucción de fitoquímicos sensibles inherentes en los aceites. La presente invención puede ocuparse del problema de reducir la temperatura de los procedimientos actuales de separación de aceites vegetales basados en agua, y por lo tanto dar una calidad aumentada.

35 En la situación donde la separación de aceite de material vegetal que está suspendido en agua existe un sistema trifásico. En tal sistema el aceite tiene una gravedad específica menor que las otras fases, y migrará a los antinodos, y el material vegetal residual, que tiene una gravedad específica más alta que el agua, migrará a los nodos. En esta situación el radio relativo de las partículas vegetales comparado con la mitad de la longitud de onda de la onda estacionaria debe ser más pequeño; de lo contrario la separación completa del aceite del material vegetal no ocurrirá. Reducir la frecuencia de la onda estacionaria aumentará la longitud de onda y permitirá separar el aceite de partículas vegetales más grandes, sin embargo el tiempo de separación se alarga y se hace más difícil mantener un campo de ondas estacionarias estable. En una situación donde el tratamiento se lleva a cabo a temperaturas reducidas, pueden introducirse en el sistema enzimas tales como celulasa y poligalacturonasa para facilitar la rotura no mecánica del material vegetal (Priego-Capote & Luque de Castro, 2007), lo que a su vez permitirá la aplicación de frecuencias de ondas estacionarias más altas.

40 El método convencional para la extracción de aceite de palma es usar una prensa tal como una prensa de tornillo para extraer un líquido que contiene aceite, y después dejar que el aceite se separe y recuperar el aceite. Actualmente, el procedimiento en la extracción y recuperación de aceite de palma implica (a) esterilización de los racimos de fruta fresca, (b) separar la fruta del racimo por medios mecánicos, (c) empapar la fruta en agua caliente seguido de extracción por prensado mecánico del aceite, usando típicamente una prensa de tornillo, (d) decantar la mezcla aceite-agua-sólidos residuales en un tanque de decantación. El aceite que sube a la parte superior del tanque de decantación se extrae, se clarifica y se seca. El lodo (es decir, la corriente inferior del tanque de decantación) se centrifuga para recuperar aceite adicional, que se devuelve al tanque de decantación. El lodo (de la centrifuga) también contiene algo de aceite residual (Berger K, Production of palm oil from fruit. JAOCs 60(2), 206-210, 1983). El procedimiento se representa en la Figura 1.

55 La economía de la extracción de aceite de palma es tal que un aumento de 1% en el rendimiento de aceite es económicamente significativo.

Es deseable mejorar el rendimiento del procedimiento de extracción de aceite.

Compendio

Se describe en la presente memoria un método para extraer aceite de un material premacerado que contiene aceite, el método comprende las etapas de:

- 5 a) someter el material premacerado que contiene aceite al menos a una etapa de sonicación, en donde se emplea al menos un transductor de placa que emite una frecuencia de al menos 400 kHz para crear una onda estacionaria en el material macerado;
- b) separar los componentes para formar una primera fase de aceite y una fase de material retenido;
- c) retirar la primera fase de aceite;

10 En algunas realizaciones, el método comprende además la etapa d) someter la fase de material retenido al menos a una segunda etapa de sonicación y retirar una segunda fase de aceite.

En algunas realizaciones, se usan al menos dos transductores de placa durante la etapa de sonicación. En una realización, al menos dos transductores de placa emiten a frecuencias de sonicación diferentes, preferiblemente se usan dos frecuencias de sonicación, siendo una hasta 1 MHz y estando la otra por encima de 1 MHz.

15 En algunas realizaciones, durante la etapa (a) el material premacerado se calienta a una temperatura de entre 0°C y 90°C, preferiblemente entre 40 y 85°C, y en algunas realizaciones entre 55 y 65°C.

La presente invención puede comprender además la etapa de someter la fase de material retenido a una separación centrífuga para obtener un rendimiento adicional de aceite.

20 El material premacerado que contiene aceite se selecciona del grupo que consiste en fruta, vegetales, cereales, hierbas, semillas y mezclas de los mismos. En algunas realizaciones, la fruta procede de un árbol de aceite de palma.

En algunas realizaciones, los métodos de la presente invención se configuran para ser realizados de un modo continuo.

Se pueden obtener rendimientos adicionales de aceite repitiendo la etapa (d).

25 La sonicación puede aplicarse en varias etapas en el procedimiento del molino, incluyendo en el punto de carga de racimos de fruta fresca en jaulas; antes del digestor; después de la prensa de tornillo; en el tanque de decantación antes de centrifugar el lodo y de tratar el efluente de lodo.

30 Preferiblemente el material vegetal bruto se hace pasar a través de una prensa de tornillo y el material obtenido se calienta y se somete al tratamiento ultrasónico y después se deja decantar durante un periodo predeterminado antes de recuperar la capa de aceite. Preferiblemente se usan dos frecuencias por encima de 400 kHz. Preferiblemente una está por debajo de 1 MHz y la segunda es mayor que 1 MHz. Preferiblemente se emplean transductores de placa para crear ondas estacionarias. El nivel de presión sonora aplicada al material premacerado que contiene aceite está entre aproximadamente 1 y aproximadamente 260 dB en relación a una amplitud de presión sonora de referencia de 10^6 Pa. Preferiblemente, el nivel de presión sonora está entre 180 y 240 dB. Hay muchas configuraciones potenciales de transductores posibles para producir las ondas estacionarias.

35 La aplicación de ultrasonidos mejora la eficacia y recuperación de aceite (y posiblemente fitonutrientes de palma en corrientes seleccionadas) en el molino de aceite de palma.

La separación acústica por ondas estacionarias es en principio muy rápida, separando partículas de hasta tamaño submicrométrico en segundos. La sonicación también puede reducir la presión de cabeza necesitada para bombear líquido, y minimizar el atascamiento y los consiguientes costes de mantenimiento.

40 La separación acústica ofrece medios para segregar adicionalmente partículas en base a su densidad y compresibilidad. Además, las ondas ultrasónicas tienen la capacidad de alterar la interacción entre los glóbulos de grasa mediante presión acústica, y bajo las condiciones apropiadas pueden causar la agregación de glóbulos de grasa/partículas finas, lo que predispone entonces a la separación y recuperación de estas partículas.

Breve descripción de los dibujos

45 Se describirá ahora una realización preferida de la presente invención con referencia a los dibujos, en los que:

La Figura 1 ilustra las etapas en el método convencional para extraer aceite de palma como describe Berger KG 1983, Production of Palm Oil from Fruit, JAOCS, vol. 60, no. 2.

La Figura 2 ilustra las etapas para intervenciones ultrasónicas en el procedimiento de molienda de aceite de palma entero para extracción de aceite de palma.

La Figura 3 ilustra las etapas mostradas en los ejemplos, donde US1-US5 son intervenciones independientes a frecuencias seleccionadas.

La Figura 4 ilustra las etapas mostradas en el Ejemplo 3, donde US6-US9 son intervenciones independientes a frecuencias seleccionadas.

5 La Figura 5 ilustra dos sistemas ultrasónicos de laboratorio, donde 4a es una sección longitudinal diagramática de una corriente a través de un cuerno transductor sonotrodo y 4b es una sección longitudinal diagramática de un baño de agua que contiene un tubo (D) de decantación y tres transductores. El tubo se coloca entre dos transductores de placa perpendiculares (A y C), y se coloca un tercer transductor (B) debajo del tubo.

10 La Figura 6 ilustra tres sistemas ultrasónicos de fábrica, donde (a) es una sección longitudinal diagramática de un tanque con dos transductores de placa colocados verticalmente en planos perpendiculares a niveles de tanque independientes; (b) es una sección longitudinal diagramática de un tanque con dos transductores de placa colocados verticalmente en planos perpendiculares al mismo nivel y un tercer transductor; y (c) es una sección longitudinal diagramática de un tanque con un transductor de placa colocado horizontalmente en el fondo del tanque.

15 Las Figuras 7, 8 y 9 ilustran el porcentaje de aceite separado (altura de aceite sobre altura total del tanque) durante la decantación en las configuraciones dibujadas en la Figura 6a, 6b y 6c, respectivamente, con transductores de placa operativos (ultrasonidos encendidos) y no operativos (ultrasonidos apagados). Los ultrasonidos se aplicaron a 400 kHz y 230 dB utilizando la configuración en la Figura 6a.

20 La Figura 10 ilustra dos sistemas ultrasónicos a escala piloto donde el transductor está montado fuera del tanque de tal modo que el área activa de los transductores mantiene un contacto directo con la muestra mediante una sección de corte en el tanque.

Descripción de realizaciones

La invención se ilustra mediante los siguientes ejemplos no limitantes.

Ejemplo 1: Ensayos con sonicación indirecta de alta frecuencia usando sistemas ultrasónicos de laboratorio

25 Los ensayos mostrados a continuación seleccionan tres puntos de intervención elegidos para demostrar la invención reivindicada, a saber: (1) Salida de la prensa de tornillo (punto 3 en la Figura 2); (2) Lodo de la corriente inferior (punto 5 en la Figura 2); y (3) Lodo efluente (Lodo de salida de la centrifuga) (punto 6 en la Figura 2).

30 Se seleccionaron tres métodos ultrasónicos para tratar las muestras seleccionadas: ultrasonidos 1 (US1), que usa un sonotrodo de tipo barra de titanio larga o un sonotrodo de barra de titanio corta, ultrasonidos 2 (US2) y un método de dos etapas (US1 y US2). Después de mezclar y precalentar a 70°C, las muestras se bombearon a través del sistema ultrasónico. La mezcla se recirculó a través del sistema US1. En el sistema US2, los transductores están colocados en un baño de agua a 70°C y emiten indirectamente sonido a través de las paredes de un tubo de centrifuga de plástico que contiene material de aceite de palma.

- US1_l se produce mediante un sonotrodo de tipo barra de titanio larga usando una frecuencia de 20 kHz y una energía de 238 dB
- 35 • US1_s se produce mediante un sonotrodo de tipo barra de titanio corta usando una frecuencia de 20 kHz y una energía de 238 dB
- US2 usa frecuencias de 400 kHz y 1,6 MHz y una energía de 231 dB

En la Figura 2 los puntos 1-5 son intervenciones independientes a frecuencias seleccionadas.

40 La corriente a través del cuerno sonotrodo utilizado para US1 a una frecuencia de 20 kHz facilita la rotura del tejido vegetal y las células que contienen aceite, y la coalescencia del aceite liberado es facilitada con la aplicación de frecuencias más altas. Las frecuencias ultrasónicas (400 kHz - 2 MHz) obtenidas con transductores de placa (US2) deshacen la mezcla/dividen la emulsión de aceite mediante coalescencia y separación de aceite de interfaces de partículas sólidas por formación de corriente. El decantador (llamado también clarificador) ofrece un sistema estático donde un campo ultrasónico no alterado permite que ocurra la coalescencia. Una coalescencia aumentada promueve la separación, disminuyendo la concentración de aceite en el fango de corriente inferior en el fondo del decantador, disminuyendo por lo tanto los tiempos de residencia. La configuración tridimensional del transductor puede ser dispuesta para llevar juntas las partículas de aceite hacia un punto y potenciar la coalescencia. Se puede obtener una coalescencia adicional por pulsación.

50 Se colocaron muestras tratadas ultrasónicamente y no tratadas en un tubo de decantación y se dejaron reposar en un baño de agua a 85°C durante 1 hora. Se midió la altura del aceite desde la capa superior, y el aceite separado se retiró por pipeteado. Después el lodo remanente se centrifugó a 1.000 g y se midió la altura del aceite separado. Los resultados se expresan como % de volumen de aceite separado de la muestra en base a volumen de alimentación.

Las Tablas 1, 2 y 3 resumen la separación de aceite después de diferentes combinaciones de tratamientos ultrasónicos en el aceite de prensa de tornillo y en el lodo de centrífuga después del tratamiento con ultrasonidos. Los tres métodos ultrasónicos US1_i, US2 y US1_i+US2 proporcionaron un rendimiento aumentado en la muestra de alimentación a la prensa de tornillo (Tabla 1). Esto es debido en parte a una separación aumentada durante la decantación. El caso más notable es cuando se usan transductores de placa (US2) con un 25% de aumento con respecto al control estático durante la decantación, lo que indica también una velocidad de separación más rápida. Sin embargo, el método ultrasónico US1_s causó emulsión del aceite y una separación del aceite reducida (Tabla 2).

Sin embargo, el único método que potenció significativamente la separación de aceite en el lodo de la corriente inferior desde el tanque de decantación fue US2, mostrando un 7% adicional de retirada de aceite después de la decantación y una retirada de aceite adicional de 4% con respecto al control estático.

Los resultados muestran la ventaja de usar transductores de placa en solitario, a diferencia de cuando el lodo se trató con la corriente mediante sonotrodos de baja frecuencia. La combinación tanto de transductores de tipo placa como de sonotrodo también proporcionó resultados negativos.

Tabla 1. Recuperación de aceite total en la alimentación que sale de la prensa de tornillo después de un tratamiento con ultrasonidos. US1_i es producido por un sonotrodo de barra larga. El porcentaje indica ml de aceite decantable en base a 100 ml de alimentación.

Tratamiento	Vol. de aceite después de 1 h de decantación a 85°C (%)	Vol. de aceite después de la retirada de la capa superior y centrifugación a 1.000 g (%)	Aceite total retirado (%)
Control (estático)	18 ± 2	26 ± 1	44
Control (bombeado)	19 ± 1	33 ± 1	52
US1 _i	19 ± 1	35 ± 1	54
US2	29 ± 2	25 ± 5	54
US1 _i + US2	21 ± 1	35 ± 4	56

Tabla 2. Recuperación de aceite total en la alimentación que sale de la prensa de tornillo después de un tratamiento con ultrasonidos. US1_s es producido por un sonotrodo de barra corta. El porcentaje indica ml de aceite decantable en base a 100 ml de alimentación.

Tratamiento	Vol. de aceite después de 1 h de decantación a 85°C (%)	Vol. de aceite después de la retirada de la capa superior y centrifugación a 1.000 g (%)	Aceite total retirado (%)
Control (estático)	26 ± 2	12 ± 1	38
Control (bombeado)	24 ± 1	17 ± 4	41
US1 _s	3 ± 1	23 ± 1	26
US2	35 ± 2	11 ± 2	46
US1 _s + US2	30 ± 1	16 ± 4	46

Tabla 3. Recuperación de aceite total en el lodo de la corriente inferior desde el tanque de decantación después de un tratamiento con ultrasonidos. US1_i es producido por un sonotrodo de foco. El porcentaje indica ml de aceite decantable en base a 100 ml de alimentación.

Tratamiento	Vol. de aceite después de 1 h de decantación a 85°C (%)	Vol. de aceite después de la retirada de la capa superior y centrifugación a 1.000 g (%)	Aceite total retirado (%)
Control (estático)	2 ± 1	17 ± 1	19
Control (bombeado)	3 ± 1	17 ± 1	20

Tratamiento	Vol. de aceite después de 1 h de decantación a 85°C (%)	Vol. de aceite después de la retirada de la capa superior y centrifugación a 1.000 g (%)	Aceite total retirado (%)
US1 _i	0	15 ± 1	15
US2	9 ± 1	14 ± 1	23
US1 _i + US2	0	14 ± 1	14

Ejemplo 2: Ensayos a escala piloto con transductores de placa sumergidos dentro del recipiente

Los ensayos a escala piloto demuestran adicionalmente otras condiciones de tratamiento ultrasónico para la extracción de aceite potenciada en diversas configuraciones de transductores de placa y con frecuencias únicas o combinaciones de frecuencias múltiples. Se aplicaron ultrasonidos a la alimentación que sale de la prensa de tornillo (punto 3 en la Figura 2): ultrasonidos 3 (US3), ultrasonidos 4 (US4), y ultrasonidos 5 (US5); configuraciones en la Figura 6a, 6b y 6c, respectivamente). Se obtuvieron muestras frescas directamente de la línea de procesamiento de la fábrica a 85°C y se procesaron directamente en un recipiente ultrasónico para cada configuración. En todos los casos los transductores se mantuvieron verticalmente o horizontalmente dentro del recipiente, y emitieron directamente sonido al material de aceite de palma.

- US3 usa una frecuencia de 400 kHz y una energía entre 222 y 227 dB con dos transductores de placa verticales dispuestos perpendicularmente en dos planos diferentes;
- US4 usa una frecuencia de 400 kHz (solamente), o 400 kHz y 1 MHz, o 400 kHz y 2 MHz, y una energía de 224 a 226 dB; dos transductores de placa de 400 kHz verticales estaban dispuestos perpendicularmente para operar con transductores de frecuencia más alta situados horizontalmente en el fondo; y
- US5 usa frecuencias de 400 kHz, o 1 MHz, o 2 MHz y una energía de 221 dB con transductores colocados horizontalmente en el fondo del tanque.

La separación de aceite durante la decantación se siguió en dos tanques idénticos llenados con la misma alimentación de la prensa de tornillo. La decantación en uno de los tanques ocurrió con transductores operativos (ultrasonidos encendidos), mientras que el otro tanque no tuvo transductores operativos (ultrasonidos apagados). La altura de la capa de aceite en cada tanque se midió al final de la ejecución. Los resultados se expresan como % de separación de aceite de las muestras. Las muestras se tomaron a diversas alturas del tanque, se centrifugaron a 1.000 g, y se midió el volumen de aceite separado. El aceite que quedó en el lodo después de la centrifugación y el contenido de aceite en la alimentación original se analizaron usando un método Soxhlet.

La Tabla 4 resume la cantidad de separación de aceite de diversas combinaciones de tratamientos ultrasónicos en el aceite que sale de la prensa de tornillo, y las Figuras 7, 8 y 9 representan la tasa de aumento de separación conseguida con ultrasonidos. Los tres métodos ultrasónicos US3, US4 y US5 proporcionaron una retirada de aceite aumentada en la muestra de aceite que sale de la prensa de tornillo (Tabla 4). Se observó una separación de aceite más rápida cuando se expuso a todas las configuraciones de transductores. El caso más notable es US3, con un 700% de aumento en separación de aceite comparado con el control estático respectivo. El análisis Soxhlet también indicó un 44% de reducción del aceite que quedó en el lodo después de la centrifugación.

Tabla 4. Recuperación de aceite total en la alimentación que sale de la prensa de tornillo después de un tratamiento de ultrasonidos con transductores sumergidos en el recipiente. El porcentaje indica l de aceite decantable en base a 100 l de alimentación.

Tratamiento	Vol. de aceite a 85°C (%) ^a	Vol. de aceite después de centrifugación a 1.000 g (%)	Aceite total retirado (%)
Control 3	2 ± 0	35 ± 3	37
US3	11 ± 5	43 ± 3	54
Control 4	1 ± 2	40 ± 4	41
US4	8 ± 4	42 ± 6	50
Control 5	1 ± 1	43	44
US5	3 ± 1	40	43

A partir de lo anterior se puede ver que esta invención proporciona una mejora significativa en el rendimiento de aceite para disposiciones de transductores de placa específicas. En particular, se pueden ver beneficios al usar un único transductor de placa en forma vertical, y sus combinaciones con otra placa vertical situada en un plano perpendicular, bien en el mismo o bien en diferentes niveles del tanque de decantación. Es digno de apuntar que, si bien se obtuvo una separación de aceite más rápida usando transductores de placa horizontales, estos no pudieron proporcionar un rendimiento de aceite adicional. No obstante, la aceleración de la retirada de aceite conlleva beneficios significativos en reducción de los tiempos de producción.

Ejemplo 3: Ensayos a escala piloto con transductores montados fuera del recipiente (con la cara activa en contacto directo con la muestra)

Los ensayos a escala piloto adicionales demuestran que las altas frecuencias son eficaces en potenciar la extracción de aceite cuando se usan transductores montados externamente sobre ventanas prefabricadas (o recortes) a través de las paredes del recipiente. Este prototipo (Figura 10) tiene la ventaja de que sólo el área activa de los transductores está en contacto directo con la muestra, reduciendo de este modo la carga de calor sobre el transductor y aumentando su tiempo de vida. Los sistemas a escala piloto en la Figura 10a y 10b se han diseñado para alojar transductores de 600 kHz y 400 kHz, respectivamente. A las partes del sistema se les asignan números que indican lo siguiente: (1) cubierta de corte de repuesto, (2) barra abrazadera sujetadora, (3) tornillo de ensamblaje, (4) marco de soporte del corte, (5) orificio de enfriamiento del transductor, (6) orificio de la señal del transductor, (7) transductor de placa de 600 kHz, (8) ventana lateral, (9) cubiertas retirables, (10) orificio de muestreo del fondo, (11) orificio de muestreo de la parte superior, (12) orificio de muestreo superior, (13) orificio de muestreo inferior, y (14) transductor de placa de 400 kHz.

Se aplicaron ultrasonidos a la alimentación que sale de la prensa de tornillo (punto 3 en la Figura 2): ultrasonidos 6 (US6), ultrasonidos 7 (US7), y ultrasonidos 8 (US8); configuraciones en la Figura 10). Las muestras se obtuvieron directamente de la línea de procesamiento de la fábrica a 85°C, y se procesaron directamente en un recipiente ultrasónico para cada condición sonora.

- US6 usa una frecuencia de 600 kHz y una energía de 230 dB con un único transductor de placa montado externamente contra la pared lateral del recipiente con una ventana de corte;
- US7 usa una frecuencia de 400 kHz y una energía de 220 dB con un único transductor de placa montado externamente contra la pared lateral del recipiente con una ventana de corte;
- US8 y US9 usan una frecuencia de 600 kHz y una energía de 220 y 224 dB, respectivamente, con un único transductor de placa montado externamente contra la pared lateral del recipiente con una ventana de corte.

La Tabla 5 resume la cantidad de separación de aceite de tratamientos únicos a la misma frecuencia en el aceite que sale de la prensa de tornillo. Las tres ejecuciones replicadas en US6 proporcionaron una retirada de aceite aumentada respecto al control estático en la muestra de aceite de que sale de la prensa de tornillo después de la decantación (Tabla 5) y también un aumento en la retirada de aceite decantable total (Tabla 5).

La Tabla 6 resume la cantidad de separación de aceite en el aceite que sale de la prensa de tornillo de tratamientos paralelos en dos recipientes usando la misma alimentación a dos frecuencias, 400 kHz y 600 kHz. Esta comparación demuestra que las frecuencias más altas (600 kHz) son tan eficaces como el tratamiento a 400 kHz.

Tabla 5. Recuperación de aceite total en la alimentación que sale de la prensa de tornillo en el tanque de decantación después del tratamiento por ultrasonidos con transductores ajustados fuera del recipiente. El porcentaje indica kg de aceite decantable en base a 100 kg de alimentación.

Tratamiento	Peso de aceite después de 1 h a 85°C (%)	Peso de aceite después de retirar la capa superior y centrifugación a 1.000 g (%) ^a	Aceite total retirado (%)
Ejecución 1			
Control 6	11	20	31
US6	22	10	32
Ejecución 2			
Control 6	1	31	32
US6	19	14	33

Ejecución 3			
Control 6	0,3	32	32
US6	22	12	34

Tabla 6. Recuperación de aceite total en la alimentación que sale de la prensa de tornillo en el tanque de decantación después del tratamiento con transductores ajustados fuera del recipiente. El porcentaje indica kg de aceite decantable en base a 100 kg de alimentación.

Tratamiento	Peso de aceite después de 1 h a 85°C (%)	Peso de aceite después de retirar la capa superior y centrifugación a 1.000 g (%)^a	Aceite total retirado (%)
Ejecución 1			
US7	17	25	42
US8	14	27	41
Ejecución 2			
US7	18	37	55
US9	21	41	62

5 A partir de lo anterior se puede ver que esta invención proporciona una mejora significativa en el rendimiento de aceite para disposiciones de transductores de placa específicas. En particular, se pueden ver beneficios al usar un único transductor de placa en forma vertical, y sus combinaciones con otra placa vertical situada en un plano perpendicular, bien en el mismo o bien en diferentes niveles del tanque de decantación. Es digno de apuntar que, si bien se obtuvo una separación de aceite más rápida usando transductores de placa horizontales, estos no pudieron proporcionar un rendimiento de aceite adicional. No obstante, la aceleración de aceite conlleva beneficios significativos en la reducción de los tiempos de producción.

Los expertos en la técnica entenderán que esta invención puede ser implementada en realizaciones distintas a las descritas. Se muestran otros puntos probables de intervención en la Figura 2.

15 En toda esta memoria descriptiva, se entenderá que la palabra “comprenden”, o variaciones tales como “comprende” o “que comprende” implican la inclusión de un elemento, número entero o etapa citados, o grupo de elementos, números enteros o etapas, pero no la exclusión de cualquier otro elemento, número entero o etapa, o grupo de elementos, números enteros o etapas.

20 Cualquier discusión de documentos, actos, materiales, dispositivos, artículos o similares que hayan sido incluidos en la presente memoria descriptiva es únicamente para el fin de proporcionar un contexto para la presente invención. No es para ser tomada como una admisión de que cualquiera o todas de estas materias formaran parte de la técnica anterior base o fuera de conocimiento general común en el campo relevante a la presente invención, ya existiera antes de la fecha de prioridad de cada reivindicación de esta solicitud.

25 Las personas expertas en la técnica apreciarán que pueden hacerse numerosas variaciones y/o modificaciones a la invención mostrada en las realizaciones específicas, sin apartarse del alcance de la invención, ampliamente descrita. Las presentes realizaciones son, por lo tanto, para ser consideradas en todos los aspectos como ilustrativas y no restrictivas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para extraer aceite de un material premacerado que contiene aceite, el método comprende las etapas de:
 - a) someter el material premacerado que contiene aceite al menos a una etapa de sonicación, en donde se emplea al menos un transductor de placa que emite una frecuencia de al menos 400 kHz para crear una onda estacionaria en el material macerado;
 - b) separar los componentes para formar una primera fase de aceite y una fase de material retenido;
 - c) retirar la primera fase de aceite.
2. El método según la reivindicación 1, en donde el método comprende además la etapa d) someter la fase de material retenido al menos a una segunda etapa de sonicación y retirar una segunda fase de aceite.
3. El método según la reivindicación 1, en donde se usan al menos dos transductores de placa durante la etapa de sonicación.
4. El método según la reivindicación 3, en donde los al menos dos transductores de placa emiten a diferentes frecuencias de sonicación.
5. El método según la reivindicación 4, en donde se usan dos frecuencias de sonicación, siendo una hasta 1 MHz y estando la otra por encima de 1 MHz.
6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde durante la etapa (a) el material premacerado se calienta a una temperatura de entre 0°C y 90°C, preferiblemente a una temperatura de entre 40 y 85°C, y más preferiblemente a una temperatura de entre 55 y 65°C.
7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además la etapa de someter la fase de material retenido a una separación centrífuga para obtener un rendimiento adicional de aceite.
8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el material premacerado se selecciona del grupo que consiste en fruta, vegetales, cereales, hierbas, semillas y mezclas de los mismos.
9. El método según la reivindicación 8, en donde la fruta procede de un árbol de aceite de palma.
10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el método es un método continuo.
11. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el nivel de presión sonora aplicado al material premacerado que contiene aceite está entre aproximadamente 1 y aproximadamente 260 dB.
12. El método según la reivindicación 11, en donde el nivel de presión sonora está entre 180 y 240 dB (en relación a una amplitud de presión sonora de referencia de 10^{-6} Pa).
13. El método según la reivindicación 5, en donde los transductores de placa de alta frecuencia están montados fuera de un recipiente con la cara activa de los transductores de placa en contacto con el material de aceite.

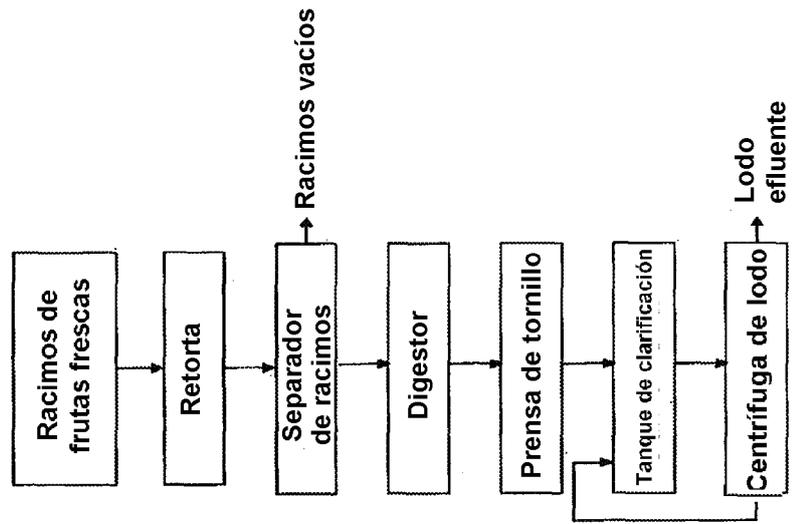


Figura 1

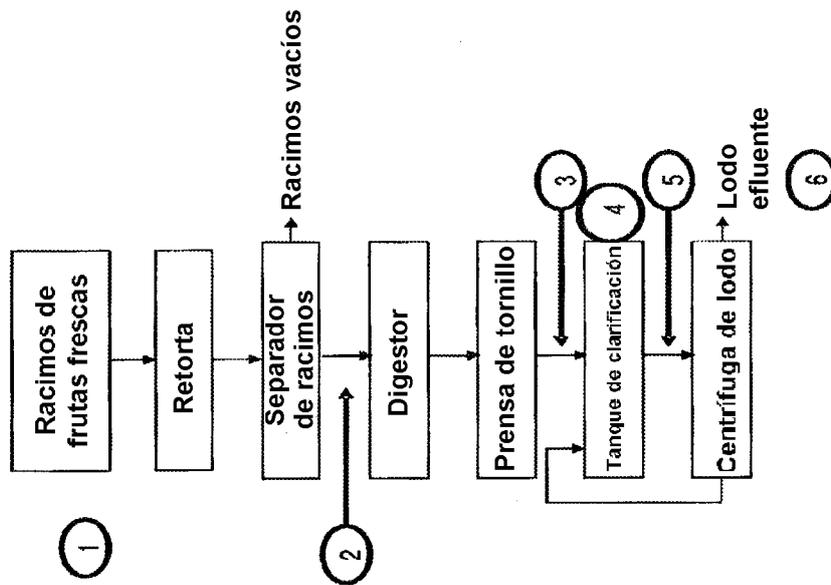


Figura 2

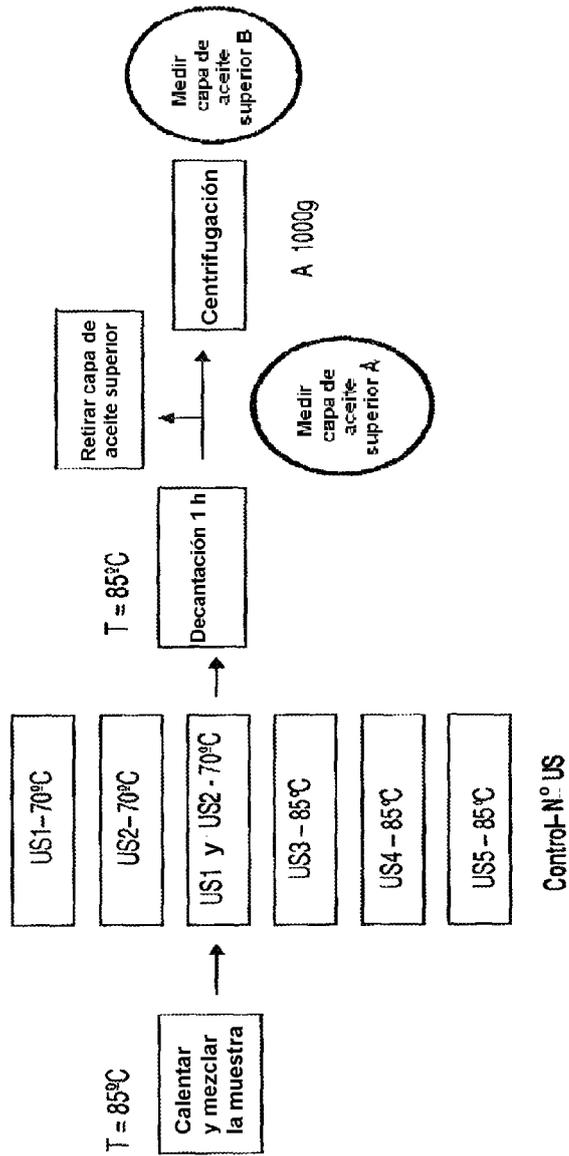


Figura 3

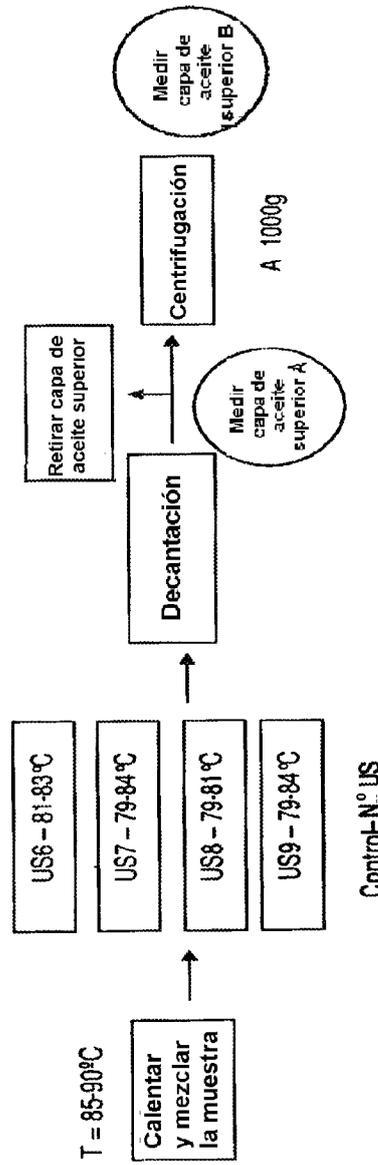
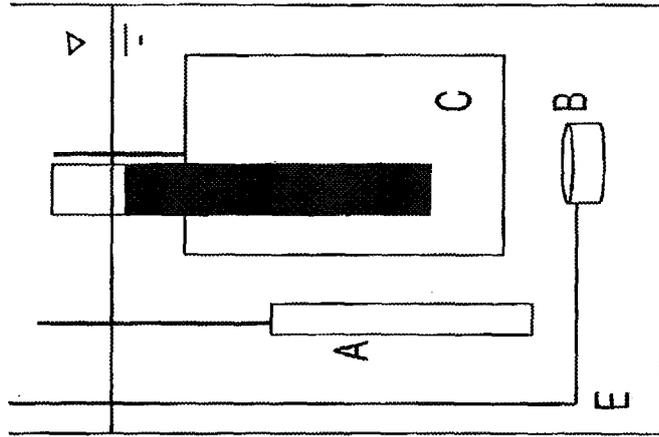
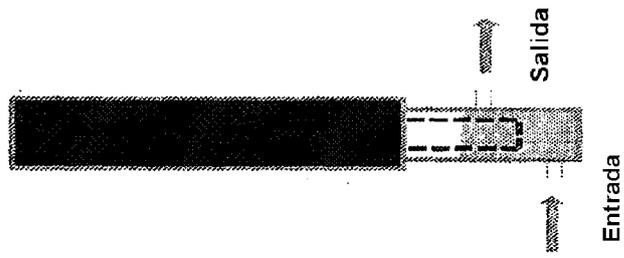


Figura 4



(b)



(a)

Figura 5

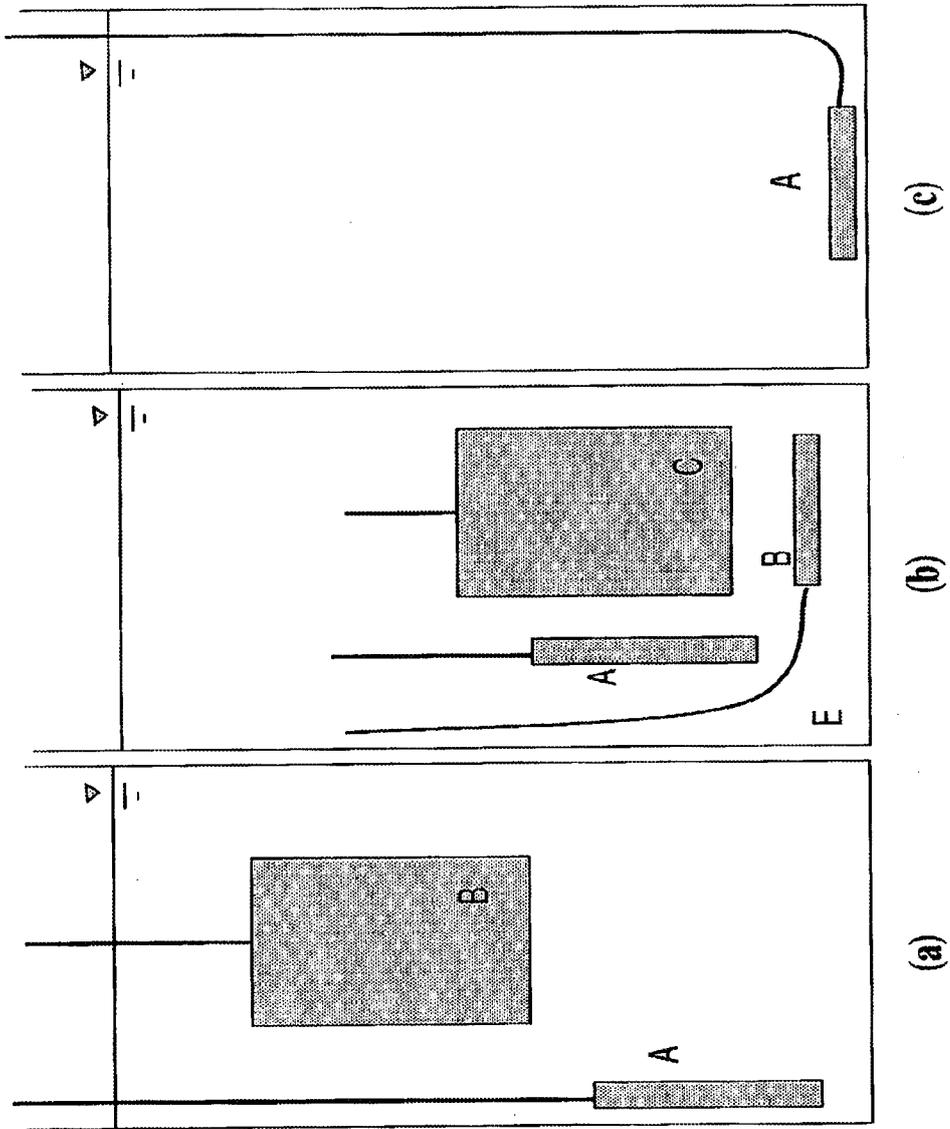


Figura 6

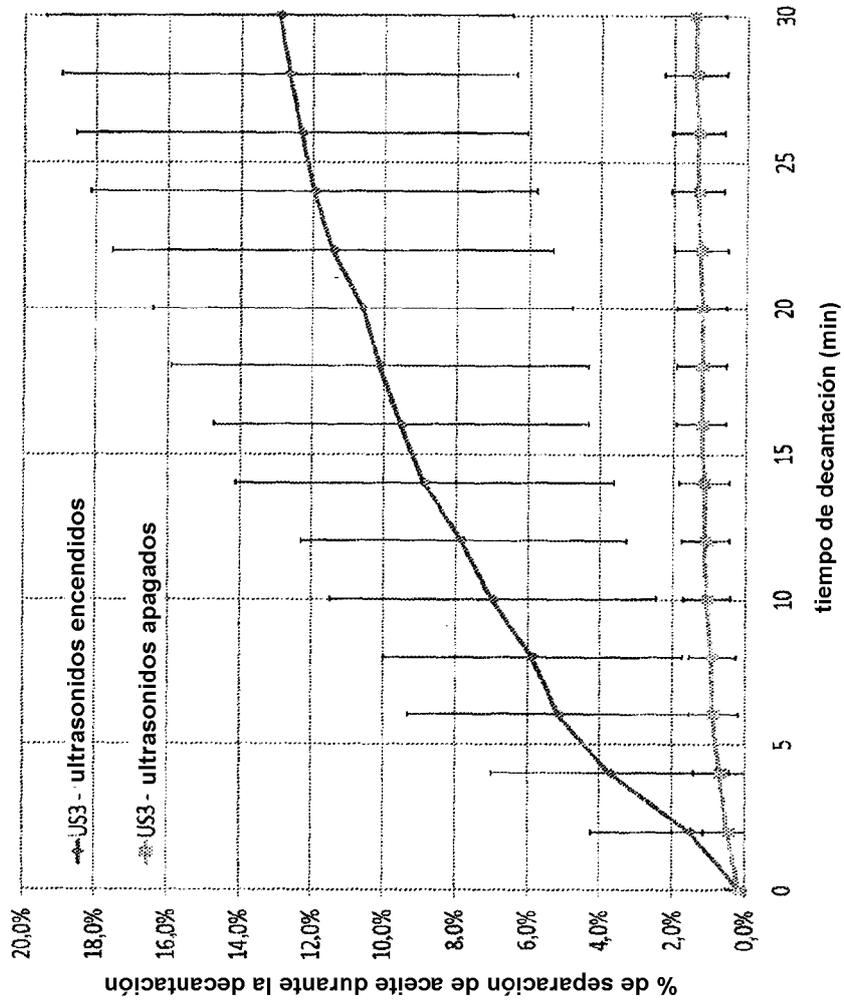


Figura 7

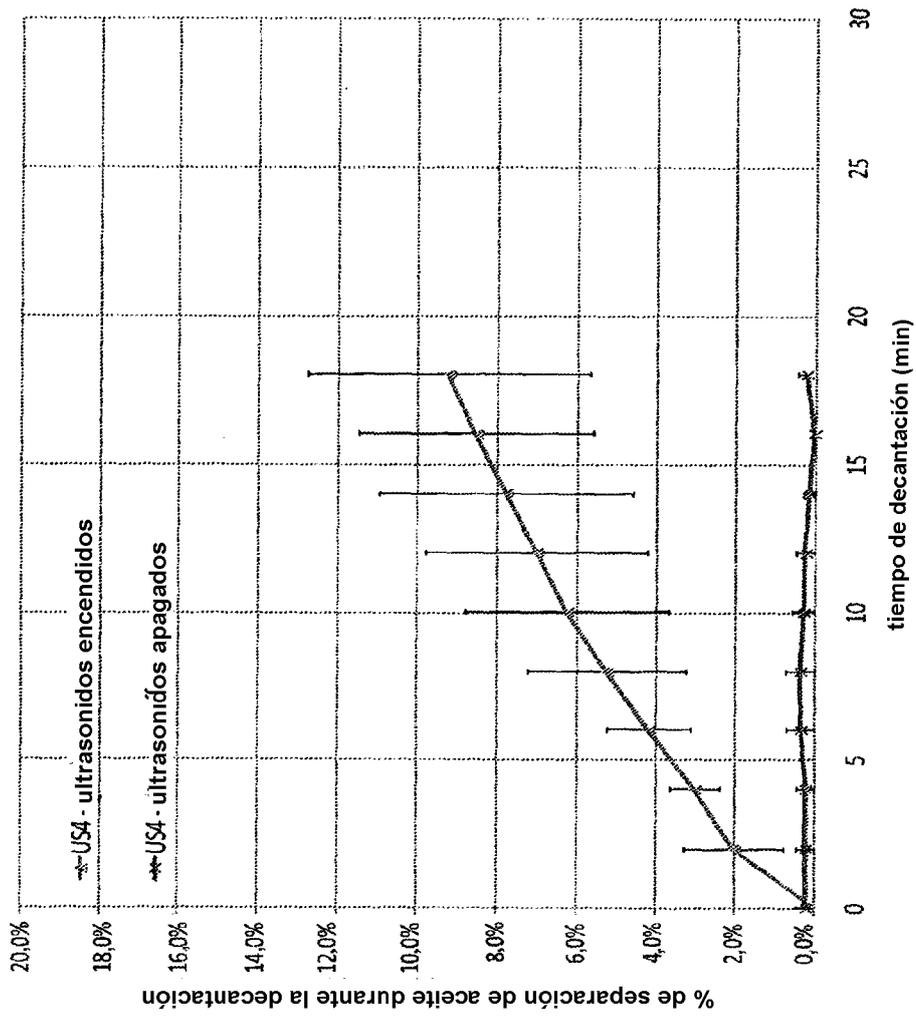


Figura 8

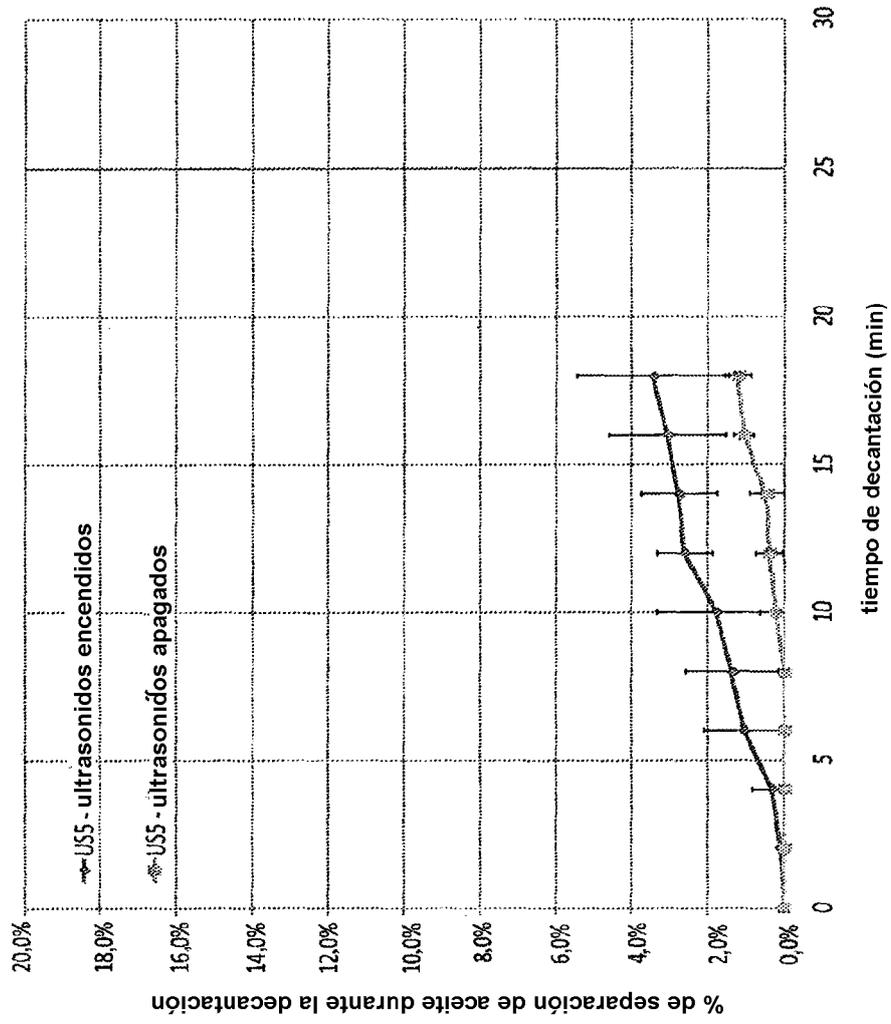
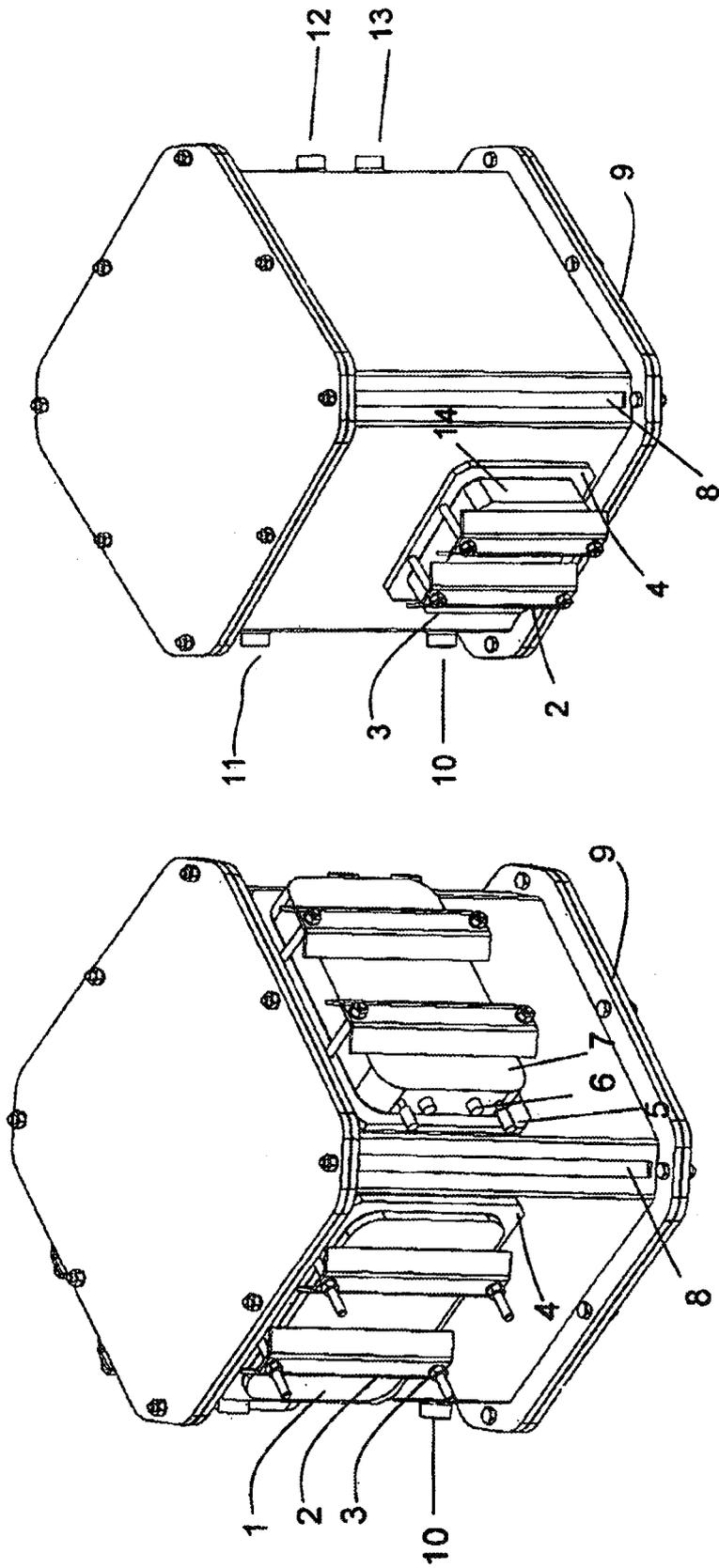


Figura 9



(b)

(a)

Figura 10