

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 945 083**

51 Int. Cl.:

C11B 1/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2019** **E 19187069 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2023** **EP 3766950**

54 Título: **Método para la extracción separada de aceite de salvado de arroz y ceras de salvado de arroz**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.06.2023

73 Titular/es:

RB PROCESS SA (100.0%)
Chemin des Tattes 12
1222 Vézenaz, CH

72 Inventor/es:

ABRAHAMI, JÉRÔME

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 945 083 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 para la extracción separada de aceite de salvado de arroz y ceras de salvado de arroz

La presente invención se refiere a un método para la extracción separada de aceite y cera de salvado de arroz según la reivindicación 1.

5 El salvado de arroz es un subproducto de las industrias de molienda de arroz y contiene entre un 10 % y un 26 % de aceite, según la variedad, el procedimiento de molienda y otras condiciones agroclimáticas. El salvado de arroz contiene proteínas, ácidos grasos libres, glicéridos, esteroides y polisacáridos. Recientemente, ha recibido cierta atención debido a sus beneficios únicos para la salud que pueden atribuirse a los compuestos nutricionalmente importantes, como los tocoferoles, tocotrienoles, esteroides y, especialmente, el antioxidante único orizanol, presente en él.

A pesar de su alto potencial para aplicaciones de uso en las industrias alimenticia, farmacéutica, cosmética y química, la producción eficaz a gran escala de aceite de salvado de arroz está limitada por los altos costes implicados en la extracción del aceite en comparación con otros aceites vegetales.

15 En primer lugar, es necesario someter el salvado de arroz de los procedimientos de molienda de arroz a un procedimiento de estabilización para inactivar las enzimas e inhibir la oxidación de lípidos. Esta estabilización es fundamental para evitar el deterioro de la grasa y de los valiosos compuestos bioactivos del salvado. Para la extracción comercial del aceite de salvado de arroz, la extracción con disolventes usando hexano es el método convencional usado más popular hoy en día. Aparte de servir para recuperar triglicéridos y esteroides del aceite de salvado de arroz, con el procedimiento de extracción también se tiene como objetivo limitar la recuperación de ácidos grasos libres (AGL) en el aceite bruto. Minimizar el contenido de AGL en el aceite de salvado de arroz refinado es fundamental para lograr una buena estabilidad y calidad de color, sin embargo, esta tarea es difícil de lograr con un agente de extracción líquido, como el hexano, debido a que la solubilidad de los componentes de un grupo específico de lípidos de semillas oleaginosas (como AGL) no se puede controlar. Es más, el uso de hexano tiene inconvenientes adicionales por su inflamabilidad, toxicidad y alta temperatura implicada en el procedimiento que da como resultado algunos componentes indeseables en el aceite como resultado del deterioro oxidativo, desarrollo de ranciedad y mal sabor.

Así, muchos investigadores han realizado esfuerzos para explorar diferentes técnicas no convencionales para la extracción y utilización del aceite. Algunos de estos métodos, como la extracción de dióxido de carbono supercrítico, la extracción de agua subcrítica, los procedimientos asistidos por enzimas, asistidos por ultrasonidos y asistidos por microondas.

30 Sparks et al. 2006 (JAOCS, vol. 83, núm.10) dieron a conocer un método para la extracción de aceite de salvado de arroz a pequeña escala usando un lote de 40 g de salvado de arroz y CO₂ supercrítico como medio de extracción a una presión de 20 MPa a 30 MPa y una temperatura de 45 °C a 85 °C. El aceite se separa del CO₂ supercrítico al pasar un ciclón.

35 Shen Z. et al. 1997 (Pilot Scale Extraction Of Fatty And Waxy Material From Rice Bran, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 73, núm. 9, 1 de septiembre de 1996) dan a conocer la extracción de salvado de arroz a 24 MPa y 40 °C. El dióxido de carbono cargado de aceite pasa a través de una válvula al fraccionador. Al reducirse la presión, la corriente de dióxido de carbono liberó una fase rica en aceite y una fase rica en dióxido de carbono, precipitando la primera en el fondo del fraccionador. La fase rica en dióxido de carbono fluye hacia un recipiente de separación donde el dióxido de carbono supercrítico se despresuriza y ventila dejando un extracto en el recipiente de separación.

40 No obstante, los bajos rendimientos y los altos costes han limitado hasta ahora el uso de estos métodos de extracción alternativos en la producción a gran escala de aceite de salvado de arroz.

45 Un obstáculo adicional es que el producto primordial de todos los métodos de extracción conocidos es una mezcla de aceite y ceras de salvado de arroz. Para evitar la turbiedad en el producto final, las ceras deben separarse del aceite de salvado de arroz mediante refrigeración y filtración. Aunque la cera de salvado de arroz que se obtiene de este modo como «material de desecho» ha encontrado recientemente una creciente aplicación industrial en sí misma, por ejemplo, como espesante, agente aglutinante, plastificante, cosmético, agente de recubrimiento y gelificante, el procedimiento de desparafinado del aceite de salvado de arroz bruto incrementa la complejidad y los costes generales de la producción de aceite de salvado de arroz.

50 El problema resuelto por la presente invención es, así, proporcionar un método que permita la producción separada de aceite de salvado de arroz y cera de salvado de arroz, en el que los productos extraídos estén libres de residuos tóxicos, tengan una alta concentración de componentes valiosos desde el punto de vista nutricional y se puedan obtener en un rendimiento comparable al de las técnicas convencionales.

Este problema se resuelve mediante el método según la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas están sujetas a las reivindicaciones dependientes.

Específicamente, la presente invención proporciona un método que permite la extracción separada del aceite de salvado de arroz y la cera de salvado de arroz del salvado de arroz. El método comprende las etapas siguientes:

- 5 a) proporcionar un recipiente de extracción que contenga salvado de arroz y percolar un CO₂ supercrítico a través del recipiente de extracción a una presión p1 de extracción dentro de un intervalo de 10 MPa a 100 MPa (100 bar a 1000 bar) y a una temperatura T1 de extracción para obtener un extracto que comprende aceite de salvado de arroz y cera de salvado de arroz solubilizado en el CO₂ supercrítico; y
 - b) transferir el CO₂ supercrítico y el extracto de la etapa a) a un primer recipiente de separación y precipitar un primer producto que comprende aceite de salvado de arroz de un extracto restante mediante la reducción de la presión p1 de extracción a una primera presión p2 de separación; y
 - 10 c) transferir CO₂ supercrítico y el extracto restante de la etapa b) a un segundo recipiente de separación y reducir la primera presión p2 de separación a una segunda presión p3 de separación para precipitar un segundo producto que comprende cera de salvado de arroz a partir de CO₂ gaseoso;
- en donde la temperatura T1 de extracción para la etapa a) de extracción está dentro del intervalo de 55 °C a 65 °C;
- 15 el primera etapa de separación se lleva a cabo a una primera temperatura T2 de separación dentro del intervalo de 70 °C a 80 °C, y el segunda etapa de separación se lleva a cabo a una segunda temperatura T3 de separación dentro del intervalo de 45 °C a 55 °C.

En el contexto de la presente solicitud, se aplican las siguientes definiciones:

- 20 El término «primer producto», como se usa en esta solicitud, se refiere a un precipitado del extracto (que comprende, entre otros, aceite de salvado de arroz y ceras de salvado de arroz en CO₂ supercrítico) a la presión p1 de extracción y la temperatura T1 de extracción. Dependiendo de los valores de p1 y T1 la composición del primer producto puede variar, pero contiene aceite de salvado de arroz, preferiblemente como componente principal.

El término «CO₂ supercrítico» tal como se usa en esta solicitud se refiere a un estado fluido de dióxido de carbono donde se mantiene a su temperatura crítica de 31 °C o por encima de ella y a una presión crítica de 7,4 MPa (74 bar).

- 25 El término «salvado de arroz», como se usa en esta solicitud, se refiere a las capas exteriores duras de un grano de arroz. Consiste en la combinación de aleurona y pericarpio. Junto con el germen, es una parte integral de los cereales completos y, a menudo, se produce como un subproducto de la molienda en la producción de cereales refinados.

- 30 El término «recipiente de extracción», como se usa en esta solicitud, se refiere a un contenedor que es resistente a altas presiones [por encima de 100 MPa (1000 bar)] y en el que el CO₂ supercrítico se puede entremezclar con el salvado de arroz.

- 35 Los autores del método presentado han encontrado sorprendentemente que el aceite de salvado de arroz y la cera de salvado de arroz se pueden separar selectivamente de un extracto que comprende los dos componentes en CO₂ supercrítico como medio de extracción ajustando la temperatura y la presión dentro de intervalos específicos. Por poner un ejemplo, al reducir la presión a la primera presión p2 de separación en la etapa b) del método inventivo, se puede precipitar un primer producto que comprende aceite de salvado de arroz del extracto cargado con CO₂ supercrítico, mientras que al menos la mayor parte de la cera de salvado de arroz solubilizada se puede retener en el CO₂ supercrítico. A partir de entonces, una reducción adicional de la presión a una segunda presión p3 de separación provoca que el CO₂ supercrítico cambie a CO₂ gaseoso y una posterior separación de un segundo producto que comprende cera de salvado de arroz del CO₂ gaseoso. Así, el método inventivo proporciona el beneficio de una
- 40 extracción separada de aceite de salvado de arroz y cera de salvado de arroz.

El uso de dióxido de carbono como disolvente es muy conveniente gracias a su presión y temperatura críticas moderadas. Asimismo, el dióxido de carbono es un disolvente no tóxico, económico y respetuoso con el medio ambiente.

- 45 En una realización preferida de la invención, la presión p1 de extracción para la etapa a) de extracción está dentro del intervalo de 10 MPa a 40 MPa (100 bar y 400 bar), preferiblemente dentro del intervalo de 20 MPa a 35 MPa (200 bar a 350 bar), preferiblemente de 25 MPa a 32 MPa (250 bar a 320 bar), y lo más preferiblemente aproximadamente 28 MPa (280 bar).

Preferiblemente, la temperatura T1 de extracción para la etapa a) de extracción es de aproximadamente 60 °C.

- 50 Dentro de los intervalos definidos anteriormente para la presión p1 de extracción y la temperatura T1 de extracción, se puede extraer una mayor cantidad de aceite de salvado de arroz y cera de salvado de arroz del salvado de arroz con CO₂ supercrítico.

De conformidad con la presente invención, el primera etapa b) de separación se lleva a cabo a una primera temperatura T2 de separación que es más alta que la temperatura T1 de extracción de la etapa a) de extracción.

Preferiblemente, dicha primera temperatura T2 de separación es de aproximadamente 75 °C.

Se encontró que, a una presión constante, el aumento de la temperatura baja la solubilidad de los solutos (es decir, el extracto de salvado de arroz) debido a que la densidad del CO₂ supercrítico baja. Por esa razón, el aumento de temperatura desde la temperatura T1 de extracción hasta la primera temperatura T2 de separación provoca que el aceite de salvado de arroz se condense y comience la precipitación del aceite de salvado de arroz del extracto, que luego puede recogerse como el primer producto.

En el contexto de la presente invención, se ha descubierto sorprendentemente que la reducción de la presión p1 de extracción a la primera presión p2 de separación permite una separación eficaz del extracto del primer producto que contiene aceite de salvado de arroz.

Preferiblemente, la segunda presión p3 de separación para el segunda etapa c) de separación se ajusta por debajo de 7,38 MPa (73,8 bar); preferiblemente por debajo de 6,5 MPa (65 bar) y lo más preferiblemente a aproximadamente 6 MPa (60 bar).

La reducción de la segunda presión p3 de separación por debajo de 7,38 MPa (73,8 bar) provoca un cambio de estado del CO₂ de supercrítico a gaseoso, lo que se encontró que facilitaba la precipitación del segundo producto.

De conformidad con la presente invención, el segunda etapa c) de separación se lleva a cabo preferiblemente a una segunda temperatura T3 de separación que es menor que la temperatura T1 de extracción de la etapa a) de extracción.

Preferiblemente, dicha segunda temperatura T3 de separación es de aproximadamente 50 °C.

Los intervalos de temperatura anteriores para el segunda etapa de separación conducen a un mayor rendimiento de cera de salvado de arroz. Preferiblemente, la reducción de presión y temperatura se logra sin el uso de energía externa, por ejemplo, mediante la simple apertura de una válvula para bajar la presión, lo que a su vez conduce a una reducción de la temperatura. De ese modo, el consumo de energía del procedimiento inventivo puede reducirse de manera eficaz.

El término «relación disolvente a alimentación», como se usa en esta solicitud, se refiere a una relación de CO₂ supercrítico a salvado de arroz. Por ejemplo, una relación disolvente a alimentación de 2 indica que hay el doble de CO₂ supercrítico que de salvado de arroz en el recipiente de incubación de la etapa a).

En una realización preferida de la invención, el procedimiento incluye además una etapa d) de recuperación que se lleva a cabo después del segunda etapa c) de separación y en el que la temperatura del CO₂ gaseoso se baja a una temperatura T4 de recuperación, en la que el CO₂ gaseoso se condensa a un estado líquido. La temperatura T4 de recuperación es preferiblemente como máximo 30 °C, preferiblemente está dentro del intervalo de 20 °C a 30 °C y lo más preferiblemente es de aproximadamente 25 °C.

Preferiblemente, después de la etapa d) de recuperación, la presión y la temperatura del CO₂ líquido se aumenta a la presión p1 de extracción y la presión T1 de extracción, de modo que el CO₂ líquido se pone en estado supercrítico y se puede volver a usar en la etapa a) de extracción.

En una realización alternativa preferida de la invención, el CO₂ gaseoso de la etapa c) se lleva directamente al estado supercrítico a temperatura T1 y presión p1 y se vuelve a usar en la etapa a).

La invención se explicará más en base a las figuras adjuntas.

En la figura 1 se muestra un dibujo esquemático del procedimiento inventivo.

En la figura 2 se muestra un gráfico esquemático de los diferentes estados del medio de extracción CO₂.

En la figura 1 se muestra una representación esquemática del procedimiento inventivo 1, en el que el CO₂ gaseoso 3 se introduce en el procedimiento 1 y se lleva al estado líquido reduciendo la temperatura a una temperatura T4 de recuperación en un primer intercambiador 5 de calor y se almacena en un almacenamiento 7 de CO₂ líquido. Usando una bomba 9, el CO₂ líquido se transfiere a un recipiente 13 de extracción regulado por presión que comprende una reserva de salvado 15 de arroz. Antes del recipiente 13 de extracción, o dentro de este, la presión se aumenta a una presión p1 de extracción por medio de la bomba 9 y la temperatura se ajusta a una temperatura T1 de extracción por medio de un segundo intercambiador 11 de calor. De ese modo, el término «intercambiador de calor» debe entenderse en términos amplios. Por poner un ejemplo, el recipiente 13 de extracción se puede colocar en un baño de fluido (no se muestra) que durante la carga de CO₂ se llena con un fluido caliente para provocar un aumento en la temperatura del recipiente 13 de extracción y, así, el CO₂ en este. Al ajustar la temperatura y la presión, el CO₂ líquido se lleva a su estado 12 supercrítico. El CO₂ supercrítico luego se percola con la reserva de salvado 15 de arroz durante un tiempo suficiente para asegurar la impregnación del aceite de salvado de arroz y la cera de salvado de arroz en el CO₂ supercrítico, preferiblemente de 1 a 4 horas. Como resultado, un extracto 17 de salvado de arroz que comprende aceite de salvado de arroz y cera de salvado de arroz se solubiliza de ese modo en el CO₂ supercrítico. El CO₂ supercrítico cargado con extracto 17 de salvado de arroz se transfiere luego a través de una primera válvula 19 de retención a un primer separador 21, donde la presión p1 se reduce a una primera presión p2 de separación y la

temperatura T1 se aumenta a la primera temperatura T2 de separación, por ejemplo, mediante el uso de un tercer intercambiador de calor (no mostrado). La bajada de la presión y el aumento de la temperatura provocan la precipitación de un primer producto 23, de manera que el primer producto 23 se separa de una mezcla de CO₂ supercrítico y el resto del extracto 29 de salvado de arroz. El primer producto 23 precipitado se pasa a través de una primera válvula 25 y se recoge en un primer recipiente 27. La mezcla de CO₂ supercrítico y el extracto 29 restante se alimenta a través de una segunda válvula 31 de retención a un segundo separador 33, donde la presión p2 se disminuye a una segunda presión p3 de separación y la temperatura T2 se baja a una segunda temperatura T3 de separación. Para ajustar la temperatura a la segunda temperatura T3 de separación se puede usar otro intercambiador de calor (no mostrado). La bajada de la temperatura y la presión en el segundo separador 33 provoca que el CO₂ supercrítico cambie a su estado 37 gaseoso y conduce a la precipitación de un segundo producto 35 del CO₂ 37 gaseoso. El segundo producto 35 pasa a través de una segunda válvula 39 y se recoge en un segundo recipiente 41. El CO₂ 37 gaseoso se transfiere de nuevo al primer intercambiador 5 de calor, en el que la temperatura puede bajarse aún más para llevar el CO₂ gaseoso a estado líquido para su almacenamiento.

En la figura 2 se muestra un gráfico esquemático de los diferentes estados del CO₂ en diferentes condiciones de presión y temperatura. A alta presión y baja temperatura, el CO₂ está en un estado 101 sólido conocido como nieve carbónica. Por el contrario, a baja presión y alta temperatura, el CO₂ está en estado 103 gaseoso. Dentro de un intervalo de temperatura de -56,6 °C a 31,0 °C y una presión superior a 0,52 MPa (5,2 bar) el CO₂ estará predominantemente en estado 105 líquido. Para llevar el CO₂ a su estado 111 supercrítico se requiere una presión de al menos 7,38 MPa (73,8 bar) y una temperatura de al menos 31,0 °C.

Los cambios anteriores de los estados de agregación del CO₂ se utilizan en el método de la presente invención: para la etapa a) de extracción del procedimiento inventivo, el CO₂ se lleva al estado 111 supercrítico a la presión p1 112 de extracción y la temperatura T1 113 de extracción. En la primera etapa b) de separación, la presión del CO₂ 111 supercrítico se disminuye a la primera presión p2 de separación y la temperatura aumenta a la primera temperatura T2 114, 115 de separación. Durante la segunda etapa c) de separación, la presión y la temperatura se disminuyen a la segunda presión p3 de separación y la segunda temperatura T3 116, 117, de separación, respectivamente, en el que el CO₂ cambia a un estado 103 gaseoso. En la etapa d) de reciclaje, la temperatura del CO₂ gaseoso se reduce aún más a la temperatura T4 119 de recuperación, en la que el CO₂ cambia a un estado 105 líquido. El CO₂ líquido luego se puede volver a usar para la extracción en la etapa a) de extracción aumentando la temperatura y la presión a la presión p1 de extracción y la temperatura T1 112, 113 de extracción, respectivamente, para llevar el CO₂ a estado 111 supercrítico de nuevo.

Materiales y métodos

Procedimiento de extracción

Se introdujo salvado de arroz crudo estabilizado (10 kg de Frotibran como FORTIVIA n.º 09-050-2019-22) en una canasta de extracción, luego se colocó en un extractor. El extractor se presurizó a una presión de extracción de 28 MPa (280 bar). El CO₂ supercrítico (267 kg) se percoló a través del salvado de arroz crudo en el extractor a la presión de extracción y a una temperatura de extracción de 60 °C. La relación disolvente a alimentación fue de 36.

Procedimiento de separación

El CO₂ supercrítico y el extracto solubilizado en este se transfirieron a un primer recipiente de separación. La presión se redujo a una primera presión de separación de 18 MPa (180 bar) y la temperatura se aumentó a una primera temperatura de separación de 75 °C. Esto provocó que el aceite de salvado de arroz precipitara del CO₂ supercrítico y se recogió en el fondo del recipiente de separación.

El CO₂ supercrítico y el extracto restante se transfirieron a un segundo recipiente de separación y la presión se redujo a una segunda presión de separación de 6 MPa (60 bar) y la temperatura se redujo a una segunda temperatura de separación de 50 °C. En estas condiciones, la cera de salvado de arroz precipitó (mayormente en estado líquido) a partir de CO₂ gaseoso y se recogió en el fondo del segundo recipiente de separación.

Los productos primero y segundo que comprendían aceite de salvado de arroz y cera de salvado de arroz se recogieron en separadores en tiempo real. Después de la separación, se eliminó el agua de los productos precipitados por decantación a 70 °C.

Los rendimientos de aceite de salvado de arroz se determinaron mediante gravimetría y otros métodos analíticos, incluida la titulación de ácidos grasos.

El rendimiento del aceite de salvado de arroz y la cera de salvado de arroz recogidos después de la decantación y eliminación del agua fue del 14,7 % y el 1,1 %, respectivamente. El rendimiento total de aceite y cera de salvado de arroz fue, así, del 15,7 %.

REIVINDICACIONES

1. Método para la extracción por separado de aceite de salvado de arroz y cera de salvado de arroz con los siguientes etapas:

- 5 a) una etapa de extracción que implica el suministro de un recipiente (13) de extracción que contiene salvado (15) de arroz y percolación de CO₂ (12) supercrítico a través del recipiente (13) de extracción a una presión p1 de extracción dentro del intervalo de 10 MPa a 100 MPa (100 bar a 1000 bar) y a una temperatura T1 de extracción;
- 10 b) un primera etapa de separación que implica transferir el CO₂ supercrítico y un extracto (17) que comprende aceite y ceras de la etapa a) a un primer recipiente (21) de separación y reducir la presión a una primera presión p2 de separación que es menor que la presión p1 de extracción para precipitar un primer producto (23) que comprende aceite de salvado de arroz a partir de CO₂ supercrítico; y
- 15 c) un segunda etapa de separación que implica la transferencia de CO₂ supercrítico y el extracto (29) restante de la etapa b) a un segundo recipiente (33) de separación y reducir la presión a una segunda presión p3 de separación que es menor que la primera presión p2 de separación para precipitar un segundo producto (35) que comprende cera de salvado de arroz de un CO₂ gaseoso;
- la temperatura T1 de extracción para la etapa a) de extracción está dentro del intervalo de 55 °C a 65 °C;
- la primera temperatura T2 de separación está dentro del intervalo de 70 °C a 80 °C; y
- la segunda temperatura T3 de separación está dentro del intervalo de 45 °C a 55 °C.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, en donde la presión p1 de extracción para la etapa a) de extracción está dentro del intervalo de 10 MPa a 40 MPa (100 bar y 400 bar), preferiblemente dentro del intervalo de 20 MPa a 35 MPa (200 bar a 350 bar), preferiblemente de 25 MPa a 32 MPa (250 bar a 320 bar) y lo más preferiblemente aproximadamente 28 MPa (280 bar).
3. Método según la reivindicación 1 o 2, en donde la temperatura T1 de extracción para la etapa a) de extracción es de aproximadamente 60 °C.
4. Método según la reivindicación 1, en donde la primera temperatura T2 de separación es de aproximadamente 75 °C.
- 25 5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la segunda presión p3 de separación para el segunda etapa c) de separación se ajusta por debajo de 7,38 MPa (73,8 bar); preferiblemente por debajo de 6,5 MPa (65 bar) y lo más preferiblemente a aproximadamente 6 MPa (60 bar).
6. Método según la reivindicación 1, en donde la segunda temperatura T3 de separación es de aproximadamente 50 °C.
- 30 7. Método según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la etapa a) de extracción se lleva a cabo con una relación disolvente a alimentación dentro del intervalo de 25 a 45, preferiblemente de 30 a 40 y lo más preferiblemente aproximadamente 36.
8. Método según una de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además una etapa d) de recuperación, en el que la temperatura del CO₂ gaseoso después del segunda etapa c) de separación se baja a una temperatura T4 de recuperación, en la que el CO₂ gaseoso cambia a un estado líquido.
- 35 9. Método según la reivindicación 8, en donde la temperatura T4 de recuperación es como máximo de 30 °C, preferiblemente está dentro del intervalo de 0 °C a 30 °C y lo más preferiblemente de aproximadamente 5 °C a 15 °C.
- 40 10. Método según una de las reivindicaciones 8 o 9, en donde tras la etapa d) de recuperación, la presión y la temperatura del CO₂ líquido se aumenta a la presión p1 de extracción y la temperatura T1 de extracción para cambiar el estado del CO₂ a supercrítico para volver a usarlo en la etapa a) de extracción.

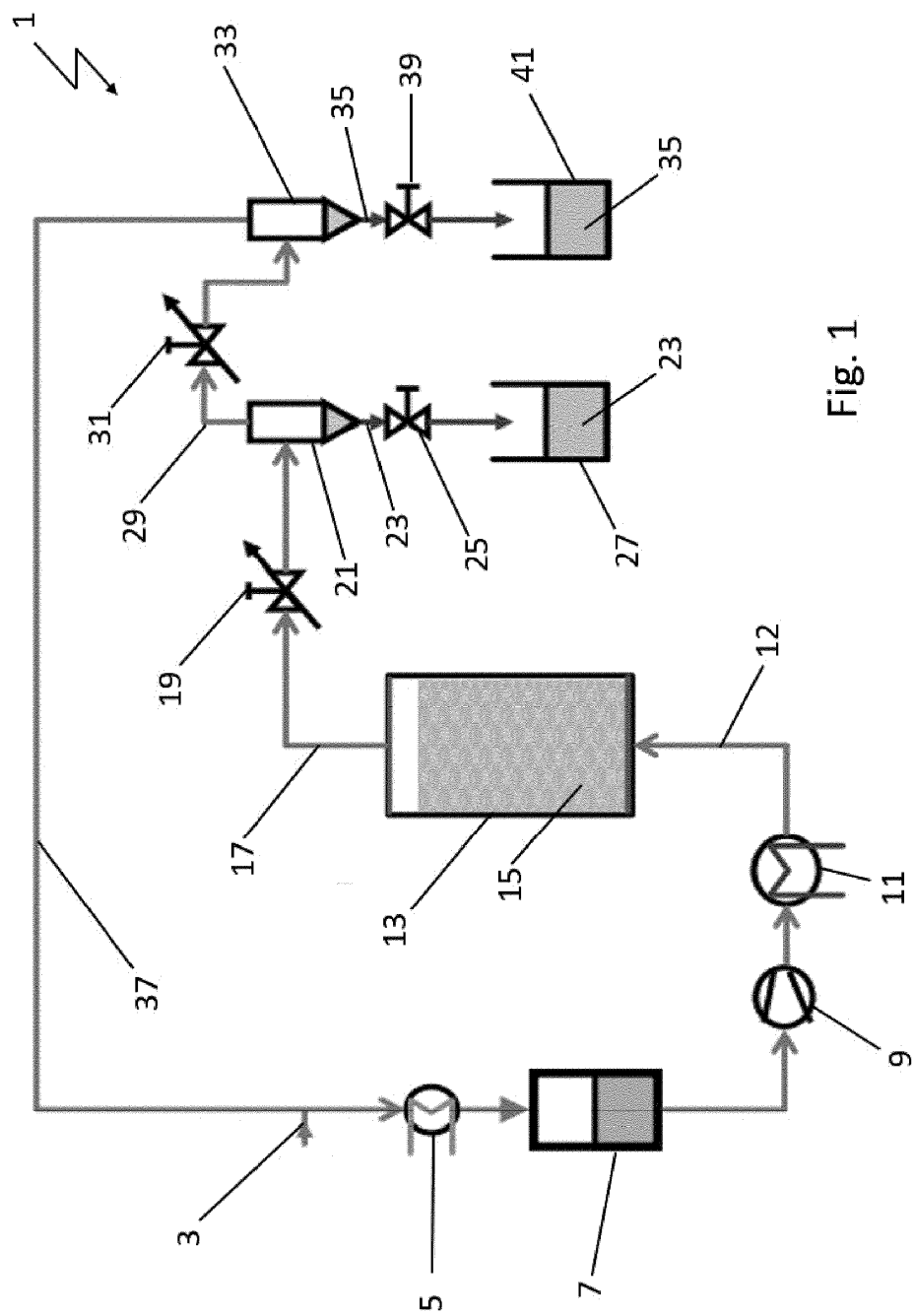


Fig. 1

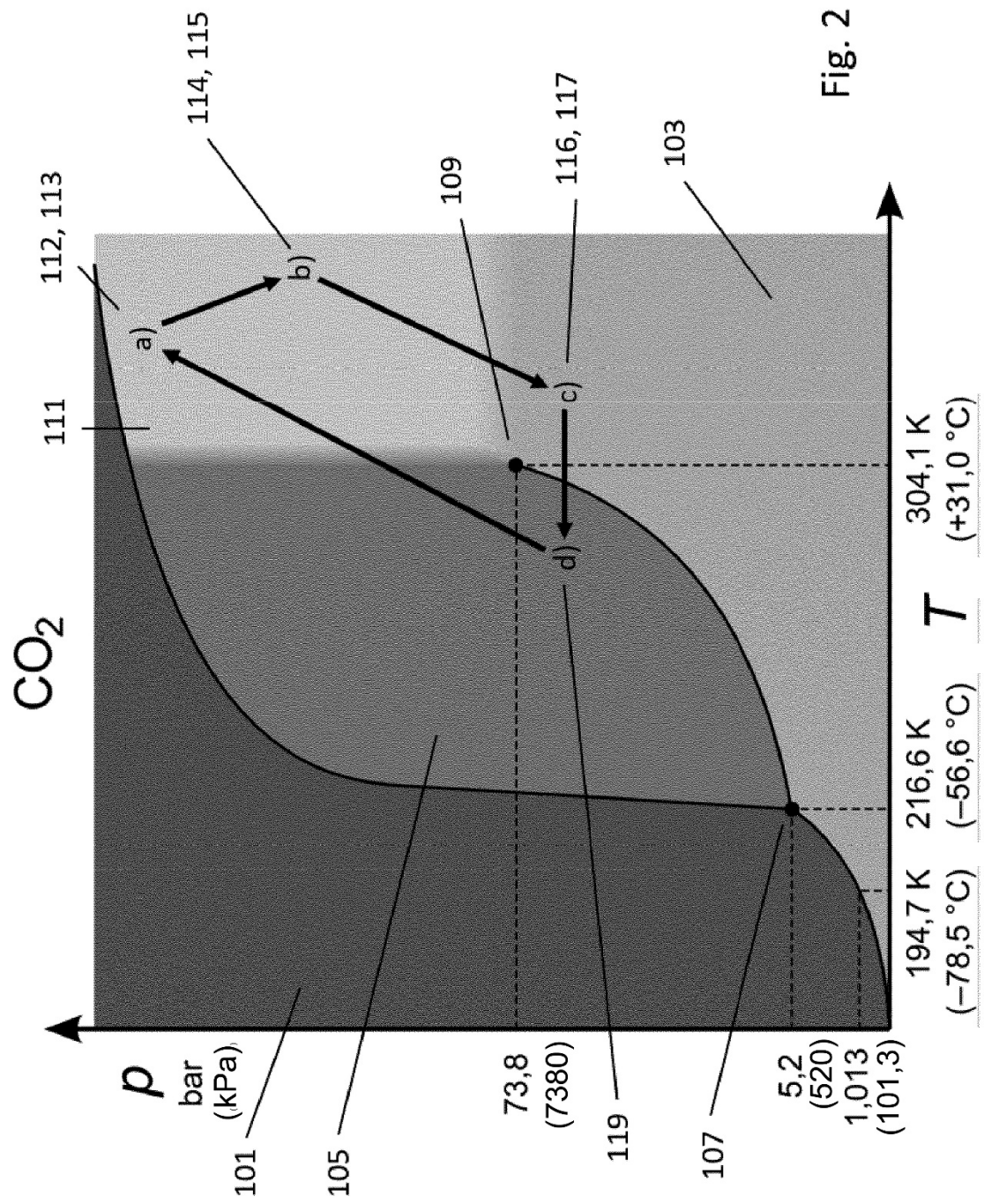


Fig. 2