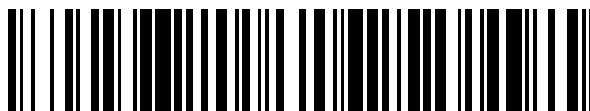


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 184**

51 Int. Cl.:

G01N 33/14 (2006.01)

G01N 21/35 (2014.01)

G01N 21/55 (2006.01)

C12C 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2013** **E 13183455 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016** **EP 2846160**

54 Título: **Método y aparato de fermentación de cerveza**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.03.2016

73 Titular/es:

ALFA LAVAL CORPORATE AB (100.0%)
Box 73
221 00 Lund, SE

72 Inventor/es:

NORDKVIST, MIKKEL y
DORTON, JOHN KYLE

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 563 184 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 y aparato de fermentación de cerveza

5 Campo técnico

La invención se refiere a un método de fermentación de cerveza, y a un aparato de fermentación de cerveza. Más específicamente, la invención se refiere al aumento de la eficacia de los fermentadores de cerveza que funcionan por agitación del contenido.

10 Antecedentes

La práctica moderna de elaboración de cerveza implica normalmente fermentación en grandes tanques cilindro-cónicos, aunque se usan también tanques de otras geometrías. Se produce mosto en la sala de cocción y se transfiere al tanque de fermentación, enfriándose y aireándose durante el trayecto. También, normalmente se añade levadura (adición puntual) al mosto en línea hacia el tanque, lo que significa que la levadura se añade al mosto cuando el mosto se conduce a través de una tubería de alimentación al tanque. El proceso de fermentación real implica la conversión del extracto fermentable (azúcar) en el mosto, mediante la levadura, en etanol, CO₂ y un número de compuestos aromáticos. Durante el proceso, se forman también dicetonas vecinales (VDK) a partir de un precursor excretado por la levadura. Para evitar producir cerveza con sabores indeseables, las VDK deben reducirse por la levadura a niveles suficientemente bajos, dependiendo del tipo de cerveza, antes de que el contenido del tanque pueda enfriarse y transferirse a una vasija de almacenamiento o dejarse en el tanque hasta su filtración. La mayor parte de la levadura se retira del fermentador, ya sea cuando se alcanza una baja concentración de extracto, pero antes del enfriamiento (recogida en caliente), o después del enfriamiento a una temperatura especificada (recogida en frío).

Tradicionalmente, la fermentación de la cerveza ha dependido de la mezcla por desprendimiento de burbujas de CO₂ y por la convección natural generada por las camisas de enfriamiento que se usan para retirar el calor de reacción. Sin embargo, la producción a escala comercial en fermentadores cilindro-cónicos, muestra que, sin una mezcla forzada, hay una fase inicial antes de que comience la generación de CO₂ donde la levadura se distribuye heterogéneamente, sedimentando la mayoría de sedimentos de la levadura en el cono después de que se hayan consumido aproximadamente un 60 % de los azúcares fermentables. Recientemente, se ha propuesto un número de sistemas de mezclado basados en la recirculación de una parte del contenido del tanque y su reinyección en la masa de líquido a través de un dispositivo de boquilla para generar el mezclado, distribuyendo mejor de esta manera la levadura y conduciendo a un tiempo de fermentación más corto.

Aun así, la supervisión del nivel de extracto, es decir, la cantidad de azúcar fermentable en el mosto, y de VDK, se basa en un muestreo manual y la medición de estas variables en un laboratorio, y la decisión de cuándo mezclar y cuándo no mezclar normalmente está controlado por una secuencia temporizada mientras que los acontecimientos clave, tales como inicio o parada de la recogida e inicio del enfriamiento, se desencadenan basándose en los resultados de las mediciones de laboratorio.

El documento WO2007085880 describe una idea para optimizar un modelo fenomenológico para representar el comportamiento de un fermentador, que como tal usa un enfoque basado en lógica difusa para actualizar los parámetros del modelo para hacer coincidir las predicciones del modelo con los datos de la planta. Tales enfoques basados en lógica difusa usan procesos de ensayo y error que implican calibrar diversos parámetros basándose en mediciones en línea en una unidad de fermentación para controlar automáticamente algunas características; temperatura, ajuste de la velocidad del agitador, etc. La idea es almacenar tanto las mediciones en línea como los resultados del análisis de laboratorio en un ordenador conectado al sistema de control de la planta, y realizar un recalibrado de parámetros de forma iterativa para reducir la falta de coincidencia entre los datos de la planta y el cálculo del modelo.

En numerosos documentos de patente se han propuesto otras sugerencias de usar mediciones de parámetros para controlar el proceso de fermentación.

El documento DE3927856 describe de forma general cómo las mediciones en línea durante la fermentación pueden regular, por ejemplo, la agregación, el calentamiento y el enfriamiento.

El documento US4959228 describe una medición en línea de la densidad relativa durante la fermentación en una vasija de mezclado.

El documento US20030008340 describe cómo se usa un biosensor para mediciones en línea para acortar potencialmente el tiempo de fermentación de la cerveza.

El documento CN1733881 describe un método de supervisión en línea para un proceso de fermentación de cerveza.

El documento US7078201 describe cómo se supervisa un potencial de reducción de oxidación para disminuir un tiempo de fermentación.

Sin embargo, aún se cree que los procesos de fermentación sugeridos hasta la fecha pueden optimizarse y que hay cabida para un aumento de la eficacia en las diferentes etapas del proceso.

Sumario

Un objeto de la invención es proporcionar una mejora de las técnicas descritas anteriormente y la técnica anterior. De esta manera, la invención se refiere a un método para obtener fermentación de cerveza automatizada. Más específicamente, algunas realizaciones de la invención proponen el uso de sensores en línea, es decir, sensores conectados para realizar mediciones del mosto presente en la vasija, que no requieren que las muestras se extraigan de la vasija de fermentación y se lleven a un laboratorio para su análisis. Además, los datos recuperados por este montaje de sensores se usan para el control automático del proceso de fermentación.

De acuerdo con un primer aspecto, la invención se refiere a un método para la fermentación de cerveza, que comprende las etapas de:

- introducir el mosto y la levadura en una vasija para iniciar un proceso de fermentación, formando el mosto y la levadura el contenido de una vasija;
- medir, con un dispositivo de medición en línea, un primer valor del extracto, que es representativo de un nivel de extracto del contenido de la vasija;
- controlar automáticamente un dispositivo de mezclado dependiente del primer valor del extracto, para extraer un contenido de la vasija y reinyectarlo en la vasija para efectuar el mezclado del contenido de la vasija.

En una realización, la etapa de controlar el dispositivo de mezclado comprende las etapas de:

- determinar un primer nivel de un parámetro de proceso, del proceso de fermentación, al cual iniciar la recogida;
- determinar un segundo nivel del parámetro de proceso al cual se detiene el mezclado;
- supervisar el parámetro de proceso;
- desconectar automáticamente el dispositivo de mezclado cuando el parámetro de proceso ha alcanzado el segundo nivel.

En una realización, el parámetro de proceso es el tiempo y el primer nivel es un punto futuro en el tiempo determinado:

- midiendo el primer valor del extracto en un primer punto en el tiempo y un segundo valor del extracto que es representativo de un nivel de extracto del contenido de la vasija en un segundo punto en el tiempo durante el proceso de fermentación;
- extrapolar linealmente el primer y segundo valores del extracto en dos puntos en el tiempo, al punto futuro en el tiempo cuando el nivel del extracto alcanzaría un nivel de extracto predeterminado.

En una realización, el segundo nivel del parámetro de proceso es un punto futuro en el tiempo que precede al primer nivel del parámetro de proceso, y se determina:

- reduciendo el primer nivel mediante un periodo de tiempo predeterminado.

En una realización, el parámetro de proceso es el extracto, y el segundo nivel del parámetro de proceso es un valor mayor del extracto que el primer nivel del extracto.

En una realización, el método comprende la etapa de:

- iniciar la recogida, cuando se determina que se ha alcanzado el primer nivel del parámetro de proceso.

En una realización, el método comprende las etapas de:

- recoger mediante retirada sucesiva de levadura de la vasija;
- medir un nivel de consistencia de levadura de la levadura retirada;
- detener automáticamente la recogida cuando se ha alcanzado una consistencia predeterminada de la levadura.

En una realización, el método comprende las etapas de:

- detectar un nivel de llenado de la vasija;
- ajustar automáticamente el dispositivo de mezclado a un primer nivel de flujo cuando se ha detectado un primer nivel de llenado durante el llenado;
- aumentar automáticamente a un segundo nivel de flujo más alto, cuando se ha detectado un segundo nivel de

llenado más alto durante el llenado.

En una realización, el método comprende las etapas de:

- 5 - medir, con el dispositivo de medición en línea, un nivel de diacetilo total o de VDK total del contenido de la vasija;
- iniciar automáticamente el enfriamiento rápido del contenido de la vasija cuando ocurren ambos
 - i. una tasa de cambio del primer valor del extracto ha caído por debajo de un nivel predeterminado, y
 - 10 ii. un nivel de diacetilo total o de VDK total ha caído por debajo de un nivel predeterminado.

En una realización, el método comprende la etapa de:

- 15 ajustar automáticamente el dispositivo de mezclado a un tercer nivel de flujo para ayudar en la conversión de diacetilo.

En una realización, el método comprende la etapa de:

- 20 ajustar automáticamente el dispositivo de mezclado a un cuarto nivel de flujo para ayudar en el enfriamiento cuando se inicia el enfriamiento rápido.

En una realización, el dispositivo de medición en línea comprende un sensor conectado a la vasija para detectar la reflexión total atenuada por espectroscopía de infrarrojo medio del contenido de la vasija para obtener el primer valor del extracto.

25 De acuerdo con un segundo aspecto, la invención se refiere a un aparato de fermentación de cerveza, que comprende una vasija para contener un contenido de la vasija que comprende una mezcla de al menos mosto y levadura durante un proceso de fermentación, un dispositivo de medición en línea que incluye un sensor conectado a una vasija para tener una medición de un primer valor del extracto que es representativo de un nivel de extracto del contenido de la vasija, un dispositivo de mezclado configurado para extraer el contenido de la vasija y 30 reinyectarlo a la vasija para el mezclado del contenido de la vasija, comprendiendo el dispositivo de medición en línea un dispositivo de control para controlar automáticamente al menos el dispositivo de mezclado dependiendo de al menos el primer valor del extracto.

En una realización, el sensor está conectado a la vasija para detectar la reflexión total atenuada por espectroscopía de infrarrojo medio del contenido de la vasija, para obtener el primer valor del extracto del contenido de la vasija.

En una realización, el dispositivo de control comprende una unidad de procesamiento de datos, y una memoria de datos no transitorios que contiene datos de control para su ejecución por la unidad de procesamiento, con lo cual el dispositivo de control está configurado para controlar el aparato para realizar una cualquiera de las etapas esbozadas en las realizaciones del método anteriores.

Otros objetivos, características, aspectos y ventajas adicionales de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, así como de los dibujos.

45 Dibujos

Las realizaciones de la invención se describirán ahora a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que

- 50 la Fig. 1 es una vista lateral de un aparato de fermentación,
- la Fig. 2 muestra un diagrama de medición en línea del extracto real,
- la Fig. 3 muestra un diagrama de flujo de una representación general de la invención,
- la Fig. 4 muestra un diagrama de flujo del control de mezclado durante el llenado de la vasija,
- la Fig. 5 muestra un diagrama de flujo del control de mezclado antes de la recogida,
- 55 la Fig. 6 muestra un diagrama de flujo del control de mezclado antes y durante el enfriamiento, y
- la Fig. 7 muestra un diagrama de una curva de fermentación del sensor en línea, en la que se indican los acontecimientos de control de mezclado para un proceso de fermentación.

60 Descripción detallada

En general, la invención propone la automatización de un proceso de fermentación de cerveza basándose en la medición de un sensor en línea de los valores del parámetro de proceso para el contenido de fermentación. Se describirán con más detalle las realizaciones relacionadas con la determinación del extracto real o aparente. El nivel de extracto en un fermentador de cerveza puede medirse directamente, o puede deducirse por una medición de, por ejemplo, la densidad relativa, la concentración de alcohol, el volumen de gas CO₂ que sale del fermentador o cualquier otra variable dependiente del tiempo que se correlacione con y que sea representativa del extracto real o

aparente. El extracto real es una medida de los azúcares que se fermentan y tiene en cuenta los efectos de reducción de densidad del alcohol, y puede calcularse a partir de las densidades inicial y final. En una realización del proceso, el extracto real se mide directamente usando un método basado en reflexión total atenuada por espectroscopía de infrarrojo medio. Esto proporciona un beneficio claro sobre el uso tradicional en el laboratorio de hidrómetros y similares, y permite la medición en línea. El extracto real normalmente cae dentro del intervalo de 0-25° P (Plato) durante el transcurso de la fermentación.

Algunas realizaciones pueden emplear también medición en línea de la concentración o consistencia de la levadura durante la recogida de la levadura, es decir, la retirada de la levadura. Aunque la levadura retirada inicialmente puede tener una consistencia en el intervalo de 70-80 %, esta cae durante la recogida hasta que se alcanza un valor de corte.

Puede realizarse también la medición en línea de diacetilo total (diacetilo y su precursor) o de la concentración de VDK total. Los precursores inmediatos incluyen, por ejemplo, a-acetolactato (AL). Normalmente, la VDK total debería estar en el intervalo de 50-200 ppb antes de que pueda tener lugar el enfriamiento y los procesos posteriores.

La medición en línea se realiza con el fin de hacer funcionar un dispositivo de mezclado configurado para mezclar el contenido de la fermentación. Preferentemente, el dispositivo de mezclado incluye un dispositivo de mezclado por chorro, que funciona mediante la extracción de líquido con una bomba desde la vasija y su reinyección en la masa del líquido a través de un dispositivo de boquilla. El dispositivo de boquilla, que comprende una o más boquillas, está situado dentro de la vasija y puede estar basado en boquillas convencionales o de tipo venturi. Además, las boquillas pueden ser estacionarias. Como alternativa, se emplea un dispositivo de boquillas rotatorias.

La velocidad lineal que sale de dicha boquilla (calculada en la salida de la boquilla y para una boquilla "externa" de tipo venturi) puede estar en el intervalo de 5-40 m/s.

El proceso propuesto comprende también un dispositivo de control que, basándose en las mediciones en línea, es capaz de controlar el dispositivo de mezclado. Específicamente, el dispositivo de control está configurado para ajustar la velocidad lineal de un dispositivo de mezclado de chorro, y conectar y desconectar el dispositivo de mezclado de chorro basándose en las mediciones que se refieren al nivel de extracto, y posiblemente también basándose en mediciones que se refieren a VDK total y consistencia de la levadura. El dispositivo de control puede también disponerse para desconectar el dispositivo de mezclado automáticamente para permitir la recogida, y poner en marcha y detener una bomba que se usa para la retirada del cultivo de levadura. La puesta en marcha de la bomba puede desencadenarse mediante la medición del extracto en el caso de recogida en caliente, y la detención de la bomba puede estar basada en la medición de la consistencia de la levadura en una línea de recogida de levadura, que es una línea configurada para extraer la levadura de la vasija.

En una realización, los sensores para medir el extracto y diacetilo/VDK total se incorporan en un sistema de medición centralizado en el cual las muestras se extraen automáticamente de los fermentadores individuales en una red de fermentadores y se envían a través de una tubería en la que los sensores están instalados en línea, necesitando así menos sensores que si los sensores estuvieran instalados en cada tanque.

Se describirán ahora realizaciones ejemplares con referencia a los dibujos.

La Fig. 1 ilustra esquemáticamente un aparato 1 de fermentación de cerveza. Debe observarse que los miembros incorporados del aparato fermentador 1 se ilustran simplemente basándose en un propósito funcional. El aparato 1 comprende una vasija 2, preferentemente de forma cilindro-cónica, como se ilustra. La vasija 2 está configurada para contener una mezcla 3 del contenido de la vasija de al menos mosto y levadura durante un proceso de fermentación que tiene lugar en la vasija 2. Normalmente, una planta de fermentación tiene un número de vasijas o tanques, que funcionan en paralelo, pero la invención se describirá solo para una vasija para simplificar.

La vasija 2 tiene al menos un puerto 4 dispuesto su parte inferior que, mediante un sistema de válvulas 5, conecta el interior de la vasija 2 a una o más tuberías 11 (conductos) para alimentar o llenar la vasija 2. Asimismo, el aparato 1 incorpora un dispositivo de mezclado que está dispuesto para extraer el contenido de la vasija 2 y después reinyectar el contenido en la vasija 2, para proporcionar la agitación del contenido 3 de la vasija 2 por recirculación del contenido 3. El dispositivo de mezclado incluye una bomba 6 conectada para extraer el contenido de vasija 3 por el puerto 4 de la vasija, y un dispositivo de boquilla 7 dispuesto dentro de la vasija 2, preferentemente a una altura fija respecto a la parte inferior de la vasija 2. El dispositivo de mezclado 6, 7 puede incluir también un caudalímetro 8 que está configurado para medir un caudal de fluido proporcionado de vuelta a la vasija a través del dispositivo de boquilla 7. El dispositivo de boquilla 7 puede ser un dispositivo de mezclado de chorro de cualquier tipo como se ha descrito anteriormente. El caudalímetro 8 puede estar dispuesto en un bucle de control 80 junto con la bomba 6. La bomba 6 se denomina también "bomba de mezclado" 6.

Se incorpora un dispositivo de medición en línea 100 para medir un primer valor del extracto del contenido de vasija 3, cuando el contenido de vasija 3 está presente en la vasija 2. El dispositivo de medición en línea 100 incluye un sensor 9 que está conectada a la vasija 2 y configurado para detectar una variable dependiente del tiempo del

proceso de fermentación en la vasija 2. La variable dependiente del tiempo se correlaciona directamente con y, por lo tanto, es representativa del nivel de extracto del contenido de vasija 3. El sensor 9 está conectado a un dispositivo de control 10, que es parte del dispositivo de medición en línea 100 y que recibe las señales de medición desde el sensor 9 y realiza los cálculos para proporcionar las señales de control para el proceso de fermentación.

Como se ha explicado anteriormente, el muestreo del extracto ha sido históricamente un proceso engorroso y, en un alto grado, manual. En lugar de extraer el contenido de la vasija y ensayarlo para su nivel de extracto, se propone aquí emplear el sensor 9 en combinación con el dispositivo de control 10. El sensor 9 puede estar configurado para medir, por ejemplo, la concentración de alcohol o gas CO₂ que sale de la vasija 2, o cualquier otra variable que pueda correlacionarse con el nivel de extracto del contenido de vasija 3.

En una realización, el sensor 9 comprende un sensor óptico que emplea reflexión total atenuada (ATR). Los sensores que emplean ATR incluyen un cristal óptico y hacen uso de una propiedad de reflexión interna total en el cristal. La luz se inyecta en un extremo del cristal a un ángulo adecuado para una superficie delantera, y después se deja que se propague por reflexión interna total dentro del cristal, hasta un extremo de salida, donde se recoge la luz. Poniendo la superficie delantera en contacto con el contenido de vasija 3 que se quiere ensayar, la cantidad y carácter de la luz que pasa al detector se verá afectada o atenuada. En los puntos de reflexión en la interfaz entre la superficie delantera del cristal y el contenido de vasija 3, se genera una onda evanescente. La onda evanescente se estira como máximo unos cuantos μm en el contenido de vasija 3, determinándose el valor exacto por la longitud de onda de la luz, el ángulo de incidencia y los índices de refracción para el cristal ATR y el contenido de vasija 3. La atenuación resultante es por tanto dependiente de las características ópticas del contenido de vasija 3. Además, llevando a cabo este proceso para diferentes longitudes de onda, se obtiene un perfil característico para el contenido de vasija 3 detectada. Esto se realiza por espectroscopía de infrarrojo medio (MIR), que se ha demostrado que proporciona resultados de detección muy fiables cuando se aplica al contenido de una vasija como se describe en este documento, es decir, un fermentador que comprende mosto y levadura. El sensor 9 por sí mismo puede ser cualquier sensor basado en ATR y MIR convencional adecuado.

Se ha encontrado que las mediciones realizadas mediante un sensor ATR MIR 9 se correlacionan directamente con el nivel de extracto.

La Fig. 2 ilustra la medición en línea del extracto real usando un sensor ATR MIR, en comparación con mediciones de laboratorio del nivel de extracto. El ejemplo mostrado se mide en línea usando el sensor 9 basado en ATR MIR en un fermentador a escala de producción, con un volumen neto de 5000 hl. De acuerdo con una realización, el sensor 9 se monta en la pared de la vasija 2 aproximadamente a una altura media desde el puerto 4, a través de una conexión de brida (no mostrada).

Volviendo a la Fig.1, el dispositivo de control 10 recibe los datos de medición desde el sensor 9. El dispositivo de control 10 está conectado además al menos al sistema de válvulas 5 y la bomba de mezclado 6. El dispositivo de control 10 comprende una unidad de procesamiento de datos 101, tal como un microprocesador, y una unidad de memoria de datos no transitorios 102 que contiene datos de control para controlar al menos el sistema de válvulas 5 y la bomba de mezclado 6. Debe entenderse que el dispositivo de control 10 puede incorporar, por tanto, un ordenador o PLC con un código de programa informático asociado almacenado en la unidad de memoria 102. Aunque el dispositivo de control 10 se ilustra como presente al lado de la vasija 2, puede estar localizado alternativamente de forma central en una fábrica de cerveza que comprende varios aparatos de fermentación como el aparato 1, y estar previsto para recibir señales de medición a partir de múltiples sensores 9 y análogamente previsto para enviar señales de control a las bombas y válvulas de múltiples aparatos diferentes. Las líneas de la señal de medición y las líneas de control y señalización, ilustradas por líneas discontinuas en la Fig. 1, pueden ser por cable o, como alternativa, inalámbricas, tal como transmitidas por ejemplo por radio.

Se describirá ahora un ejemplo de un proceso para controlar el fermentador. Debe observarse que no se describen en detalle todas las etapas del proceso de fermentación de cerveza, puesto que el proceso de fermentación de cerveza general como tal se conoce bien.

Haciendo referencia a la Fig. 3, el llenado de la vasija 2 se inicia en la etapa 31, es decir, el mosto y la levadura se introducen 31 en la vasija 2 para iniciar un proceso de fermentación. El mosto y la levadura forman el contenido de vasija 3. El llenado puede realizarse, por ejemplo, a través del conducto 11, mediante el sistema de válvulas 5. Puede incorporarse un caudalímetro 12 (véase la Fig. 1) para medir un flujo de contenido a la vasija 2. Puede proporcionarse un medio alternativo o adicional para medir un nivel de llenado F de la vasija 2 mediante las células de carga (no mostradas) en las que se suspende la vasija 2.

En la etapa 33, se mide un primer valor del extracto A que es representativo de un nivel de extracto E del contenido de vasija 3, mediante el sensor 9, durante el proceso de fermentación. Como se ha mencionado, esta medición se realiza preferentemente con un sensor ATR MIR 9, sobre el contenido 3 presente en la vasija 2.

En la etapa 35, el dispositivo de mezclado se controla basándose en las mediciones, de manera que proporciona el mezclado del contenido 3 en la vasija 2.

Se explica una descripción más detallada de la etapa de llenado 31 con referencia a la Fig. 4, de acuerdo con una realización de la invención. El proceso de llenado puede deducirse también a partir de la Fig. 7, que muestra un diagrama de diversos parámetros durante el proceso de fermentación.

5 En la etapa 311, se detecta un nivel de llenado F de la vasija. Esto puede llevarse a cabo por integración usando datos del caudalímetro 12, mediante células de carga o por otros medios conocidos. Al comienzo del llenado, el dispositivo de mezclado 6, 7 está desconectado.

10 La etapa 313 indica que, cuando se ha detectado un primer nivel de llenado F1 durante el llenado, el dispositivo de mezclado 6, 7 se ajusta automáticamente a un primer nivel de flujo W1. En una realización, el dispositivo de mezclado se pone en marcha un caudal correspondiente a una velocidad lineal de chorro de 5-20 m/s usando la bomba de mezclado 6, cuando el dispositivo de boquilla 7 está cubierto por un volumen de mosto que es igual a una altura de mosto predeterminada, normalmente una altura correspondiente a 100-200 veces el diámetro de la boquilla. Esto corresponde al punto temporal t_1 en la Fig. 7, que ocurre al primer nivel de llenado F1. El nivel de llenado F está indicado por la curva 71.

15 En la etapa 315, el nivel de flujo del dispositivo de mezclado aumenta entonces automáticamente a un segundo nivel W2, por ejemplo a una velocidad lineal de chorro de normalmente 10-30 m/s, cuando se ha detectado un segundo nivel de llenado mayor F2 durante el llenado. Esto corresponde al punto temporal t_2 en la Fig. 7, que ocurre al nivel de llenado F2.

Se describirá ahora con mayor detalle la etapa 35 para controlar el dispositivo de mezclado para una realización de la invención, con referencia a la Fig. 5, para un proceso que funciona con recogida en condiciones "en caliente".

25 En la etapa 351, se determina un primer nivel P1 de un parámetro de proceso P del proceso de fermentación, en el cual iniciar la recogida. En una realización, el parámetro de proceso P es o se correlaciona con el extracto E, y esta etapa se lleva a cabo seleccionando un nivel de extracto predeterminado $E=P1$ en el cual comenzará la recogida. Se describirá adicionalmente a continuación una realización alternativa.

30 En la etapa 353, se determina un segundo nivel P2 del parámetro de proceso P en el cual se detiene el mezclado. La detención del mezclado normalmente se realizará antes de la recogida, y el segundo nivel P2 del parámetro de proceso P representa, por tanto, un nivel de extracto mayor E que el primer nivel P1.

35 En la etapa 355, se supervisa el valor del parámetro de proceso P. Esto puede realizarse, por ejemplo, mediante la detección repetitiva usando el sensor ATR MIR 9 mencionado anteriormente, para determinar un nivel de extracto actual E.

40 En la etapa 357, el dispositivo de mezclado se desconecta automáticamente cuando el parámetro de proceso P ha alcanzado el segundo nivel P2.

En la etapa 359, la recogida se inicia posteriormente cuando se determina que se ha alcanzado el primer nivel P1 del parámetro de proceso P. Esta etapa se lleva a cabo preferentemente usando una bomba de recogida 13 (véase la Fig. 1), e implica la retirada sucesiva de levadura de la vasija 3.

45 En la etapa 361, se mide un nivel de consistencia de levadura Y de la levadura retirada. La medición de la consistencia de la levadura se realiza mediante un detector 14 (véase la Fig. 1) por ejemplo midiendo la capacitancia, turbidez o cualquier otro método a partir del cual pueda deducirse la consistencia de la levadura.

50 En la etapa 363, la recogida se detiene automáticamente, cuando se ha alcanzado una consistencia de la levadura predeterminada Y_T , que puede depender del tipo de cerveza que se está elaborando.

Se describirá ahora una variante de esta realización, que incluye también los cuadros conectados con las flechas de línea discontinua en la parte derecha del diagrama de flujo de la Fig. 5.

55 Se hará referencia también a la Fig. 7, en la que el nivel de extracto E del contenido de vasija 3 se indica mediante la curva 72, y una señal de alcohol se indica por 73. En esta realización, el parámetro de proceso P es el tiempo t, y el primer nivel P1 ajustado en la etapa 351 es un punto futuro en el tiempo t_{LE} , en lugar de un nivel de extracto. Este punto futuro en el tiempo t_{LE} , que constituye un punto diana en el tiempo para iniciar la recogida, se ajusta usando las mediciones del sensor 9.

60 En la etapa 3511, el valor del extracto E se detecta en dos puntos en el tiempo durante la fermentación, midiendo el primer valor del extracto A en un primer punto en el tiempo t_A , y un segundo valor del extracto B que es representativo de un nivel de extracto E del contenido de vasija 3 en un segundo punto en el tiempo t_B . El valor del extracto E se mide preferentemente usando un sensor 9, para obtener los niveles de extracto correspondientes.

65

En la etapa 3513, se realiza una extrapolación lineal del nivel de extracto correspondiente A, B, en los dos puntos en el tiempo t_A , t_B , para el punto futuro en el tiempo t_{LE} cuando el extracto alcanzaría un nivel de extracto límite LE. El extracto límite LE se refiere al nivel al cual el valor del extracto se cierra asintóticamente, como puede observarse en la Fig.7, y representa el nivel de extracto que podría obtenerse si no quedara azúcar fermentable.

En la etapa 3515, el segundo nivel P2 se ajusta también como un punto futuro en el tiempo t_3 , reduciendo el nivel del parámetro de proceso t_{LE} mediante un periodo de tiempo predeterminado Δt_{LE} , normalmente en el intervalo de 6-24 horas. En otras palabras, el segundo nivel t_3 está situado en el futuro cuando se calcula, pero viene antes que el primer nivel t_{LE} .

Esta realización tiene la ventaja de requerir menos mediciones, y hace uso de cálculos mediante el dispositivo de control 10 para establecer ciertos niveles de un parámetro de proceso para supervisar el control del dispositivo de mezcla. Más específicamente, haciendo estos cálculos en un número limitado de mediciones, el parámetro de proceso a supervisar, con respecto a los niveles establecidos, puede ser simplemente el tiempo t . Los puntos adecuados en el tiempo t_A , t_B , cuando hay que realizar las mediciones para obtener los valores de nivel de extracto, se seleccionan preferentemente para que caigan con seguridad dentro de la parte de pendiente sustancialmente lineal de la curva de nivel de extracción indicada en la Fig. 2, tal como para dar cálculos fiables del tiempo t_{LE} . Por supuesto, pueden hacerse mediciones en más de dos puntos en el tiempo, para aumentar la precisión, si fuera necesario.

En una realización, el mezclado del contenido de vasija 3 se realiza también durante la conversión de diacetilo, después de la recogida. Este proceso se muestra en la Fig. 6.

En la etapa 365, el dispositivo de mezclado se ajusta automáticamente a un tercer nivel de flujo W3 para ayudar en la conversión de diacetilo cuando se ha detenido la recogida. En tal realización, el dispositivo de mezclado se pone en marcha en un punto en el tiempo t_4 , como se ve en la Fig.7, a un caudal como se mide por el caudalímetro 8, deducido por mediciones de presión, u obtenido durante la calibración del sistema, correspondiente a una velocidad lineal de chorro de normalmente 10-25 m/s. Esta etapa de ajuste automático del dispositivo de mezclado a un tercer nivel de flujo WE para ayudar en la conversión de diacetilo puede llevarse a cabo alternativamente antes de la recogida, en una realización que emplea recogida en condiciones en frío.

En la etapa 367, se mide un nivel V de diacetilo total o VDK total para el contenido de vasija 3. Esta etapa puede llevarse a cabo mediante un dispositivo de medición en línea 100, que incluye un biosensor 15 adecuado en la vasija, conectado al dispositivo de control 10.

En la etapa 369, el enfriamiento rápido del contenido de vasija 3 posteriormente se inicia automáticamente cuando la tasa de cambio del nivel de extracto, E' , ha caído por debajo de un nivel predeterminado E'_c , por ejemplo $E'_c = 0,1-0,2$ °P (grados Plato) por día, y el nivel V de diacetilo total o VDK total ha caído por debajo de un nivel predeterminado V_c , por ejemplo, $V_c = 50-200$ ppb. El enfriamiento continúa hasta que se alcanza una temperatura terminal deseada. En una realización, la mezcla puede realizarse también durante el enfriamiento, para acelerar el proceso de enfriamiento rápido. El enfriamiento rápido normalmente se refiere a un enfriamiento del contenido de la vasija para permitir que sedimente cualquier levadura restante.

En la etapa 371, el dispositivo de mezclado se ajusta automáticamente a un cuarto nivel de flujo W4 para ayudar al enfriamiento, por ejemplo a una velocidad correspondiente a una velocidad lineal de chorro de normalmente 20-35 m/s. Preferentemente, el dispositivo de mezclado se detiene cuando se ha alcanzado una temperatura diana del contenido de vasija 3, si se ha realizado recogida en caliente, y no se desea retirar ninguna levadura adicional antes de la transferencia desde la vasija 2. De lo contrario, el mezclado durante el enfriamiento debería detenerse a una temperatura que es mayor que la temperatura diana, aproximadamente 6-24 horas antes de alcanzar la temperatura diana. Si de lo contrario la recogida se lleva a cabo en condiciones "en frío", el mezclado durante el enfriamiento debería detenerse a una temperatura que es mayor que la temperatura diana, aproximadamente a las 6-24 horas antes de alcanzar la temperatura diana, y la levadura debería retirarse usando la bomba de recogida 13 hasta que se alcanza una consistencia de levadura deseada según se mide, por ejemplo, por capacitancia, turbidez u otro método mediante el detector 14. Finalmente, la vasija 2 se vacía después de un periodo de contención de un tiempo predeterminado a una temperatura diana.

En lo anterior, la invención se ha descrito con referencia a un número de realizaciones en diversos grados de detalle. Debe observarse que otros detalles relacionados con un proceso de fermentación de cerveza los conoce bien el experto en la materia, y que la descripción anterior es suficiente para el técnico experimentado en fermentación para llevar a cabo la invención. Asimismo, los ejemplos dados se proporcionan para mostrar el mejor modo conocido de la invención, aunque son concebibles otras realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fermentación de cerveza, que comprende las etapas de:

- 5 - introducir (31) mosto y levadura en una vasija (2) para iniciar un proceso de fermentación, formando el mosto y la levadura un contenido de vasija (3);
- medir (32) con un dispositivo de medición en línea (100), un primer valor del extracto (A) que es representativo de un nivel de extracto (E) del contenido de vasija (3);
- 10 - controlar automáticamente (35) un dispositivo de mezclado (6, 7) dependiente del primer valor del extracto (A), para extraer el contenido (3) de la vasija (2) y reinyectarlo a la vasija (2) para efectuar el mezclado del contenido de vasija (3).

2. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa (35) de controlar el dispositivo de mezclado (100) comprende las etapas de:

- 15 - determinar (351) un primer nivel (P1) de un parámetro de proceso (P) del proceso de fermentación, en el que iniciar la recogida;
- determinar (353) un segundo nivel (P2) del parámetro de proceso en el que detener el mezclado;
- 20 - supervisar (355) el parámetro de proceso (P);
- desconectar automáticamente (357) el dispositivo de mezclado (6, 7) cuando el parámetro de proceso (P) ha alcanzado el segundo nivel (P2).

3. El método de la reivindicación 2, en el que el parámetro de proceso (P) es el tiempo (t) y el primer nivel (P1) es un punto futuro en el tiempo (t_{LE}) que se determina:

- 25 - midiendo (3511) del primer valor del extracto (A) en un primer punto en el tiempo (t_A) y un segundo valor del extracto (B) que es representativo de un nivel de extracto (E) del contenido de vasija (3) en un segundo punto en el tiempo (t_B) durante el proceso de fermentación;
- extrapolando linealmente (3513) el primer (A) y el segundo (B) valores del extracto en los dos puntos en el tiempo (t_A , t_B), al punto futuro en el tiempo (t_{LE}) cuando el nivel de extracto alcanzaría un nivel de extracto predeterminado.

4. El método de la reivindicación 3, en el que el segundo nivel (P2) del parámetro de proceso es un punto futuro en el tiempo (t_3) que precede al primer nivel (t_{LE}) del parámetro de proceso, y se determina:

- 35 - reduciendo (3515) el primer nivel (t_{LE}) mediante un periodo predeterminado de tiempo (Δt_{LE}).

5. El método de la reivindicación 2, en el que el parámetro de proceso (P) es el extracto (E), y el segundo nivel (P2) del parámetro de proceso es un valor mayor del extracto que el primer nivel (P1) de extracto.

6. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2-5, que comprende la etapa de:

- 40 - iniciar la recogida (359), cuando se determina que se ha alcanzado el primer nivel (t_{LE}) del parámetro de proceso.

7. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas de:

- 45 - recoger (359) mediante retirada sucesiva de la levadura de la vasija (3);
- medir (361) un nivel de consistencia de la levadura (Y) de la levadura retirada;
- 50 - detener automáticamente (363) la recogida cuando se ha alcanzado una consistencia de levadura predeterminada (Y_T).

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas de:

- 55 - detectar (311) un nivel de llenado de la vasija (2);
- ajustar automáticamente (313) el dispositivo de mezclado (6, 7) a un primer nivel de flujo (W_1), cuando se ha detectado un primer nivel de llenado (F_1) durante el llenado;
- aumentar automáticamente (315) a un segundo nivel de flujo mayor (W_2), cuando se ha detectado un segundo nivel de llenado mayor (F_2) durante el llenado.

9. El método de la reivindicación 8, que comprende las etapas de:

- 60 - medir (367), con el dispositivo de medición en línea (100), un nivel (V) de diacetilo total o de VDK total del contenido de vasija (3);
- 65 - iniciar automáticamente (369) el enfriamiento rápido del contenido de vasija (3) cuando ocurren ambos de

- i. una tasa de cambio del primer valor del extracto (A) ha caído por debajo de un nivel predeterminado, y
- ii. el nivel de diacetilo total o de VDK total ha caído por debajo de un nivel predeterminado.

10. El método de la reivindicación 9, que comprende la etapa de:

- ajustar automáticamente (365) el dispositivo de mezclado (6, 7) a un tercer nivel de flujo (W3) para ayudar en la conversión de diacetilo.

11. El método de la reivindicación 10, que comprende la etapa de:

- ajustar automáticamente (371) el dispositivo de mezclado (6, 7) a un cuarto nivel de flujo (W4) para ayudar en el enfriamiento cuando se inicia el enfriamiento rápido.

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de medición en línea (100) comprende un sensor (9) conectado a la vasija (2) para detectar la reflexión total atenuada por espectroscopía del infrarrojo medio del contenido de vasija (3) para obtener el primer valor del extracto (A).

13. Un aparato (1) de fermentación de cerveza, que comprende una vasija (2) para contener un contenido de vasija (3), que comprende una mezcla de al menos mosto y levadura durante un proceso de fermentación, un dispositivo de medición en línea (100) que incluye un sensor (9) conectado a la vasija (2) para obtener una medición de un primer valor del extracto (A), que es representativo de un nivel de extracto del contenido de vasija (3), un dispositivo de mezclado (6, 7) configurado para extraer el contenido de la vasija (2) y reinyectarlo en la vasija (2) para mezclar el contenido de vasija (3), comprendiendo el dispositivo de medición en línea (100) un dispositivo de control (10) para controlar automáticamente al menos el dispositivo de mezclado (6, 7) dependiente de al menos el primer valor del extracto (A).

14. El aparato de la reivindicación 13, en el que el sensor (9) está conectado a la vasija (2) para detectar la reflexión total atenuada por espectroscopía del infrarrojo medio del contenido de vasija (3) para obtener el primer valor del extracto (A) del contenido de la vasija.

15. El aparato de las reivindicaciones 13 o 14, en el que el dispositivo de control (10) comprende una unidad de procesamiento de datos (101) y una memoria de datos no transitorios (102) que contiene datos de control para su ejecución por la unidad de procesamiento (101), con lo que el dispositivo de control (10) está configurado para controlar el aparato para realizar una cualquiera de las etapas esbozadas en las reivindicaciones de método 1-12 anteriores.

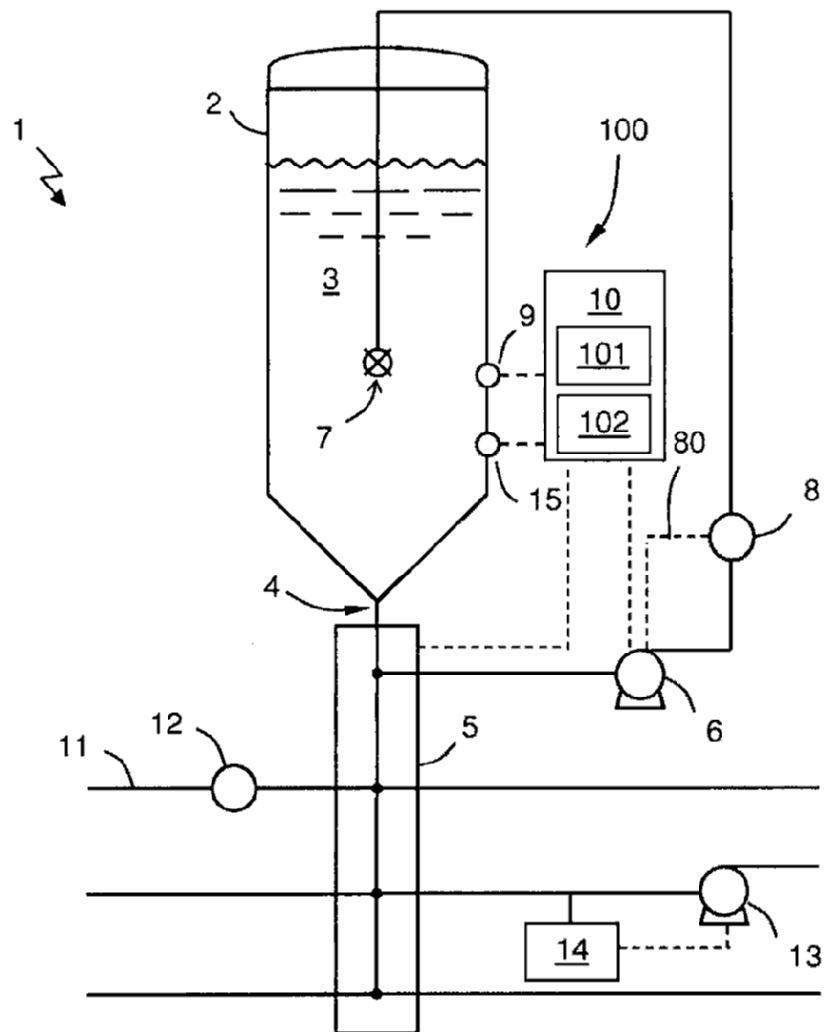


Fig. 1

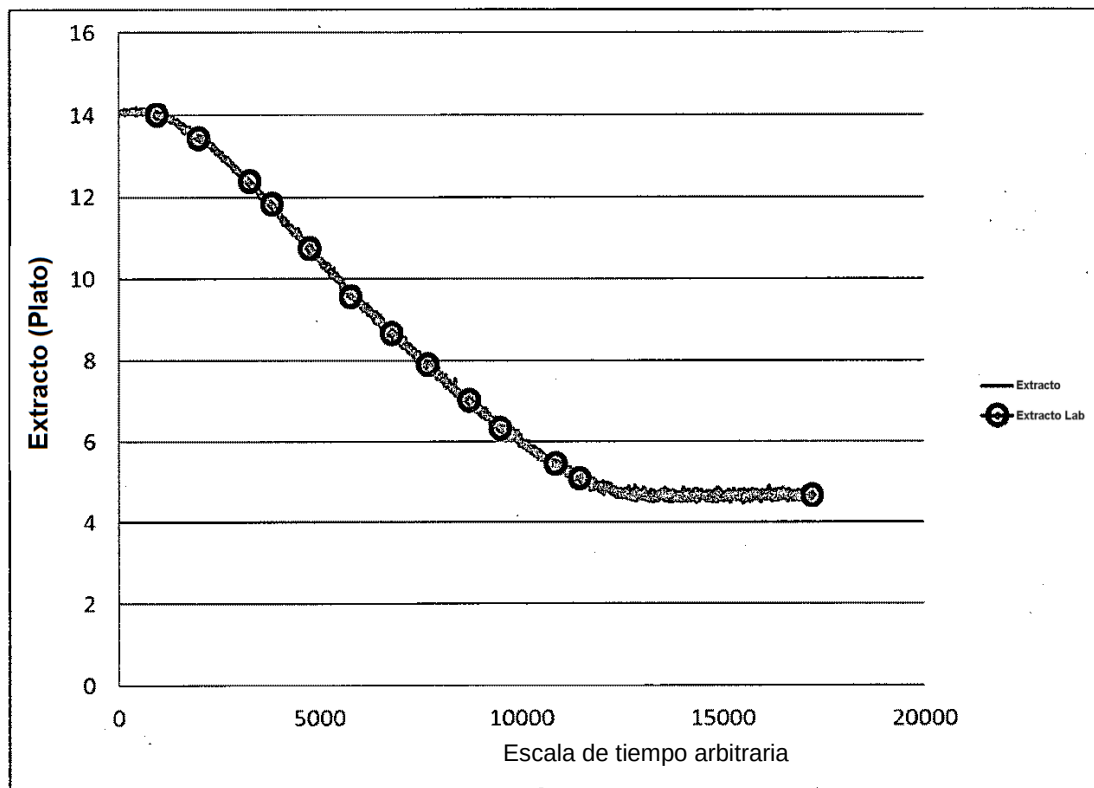


Fig. 2

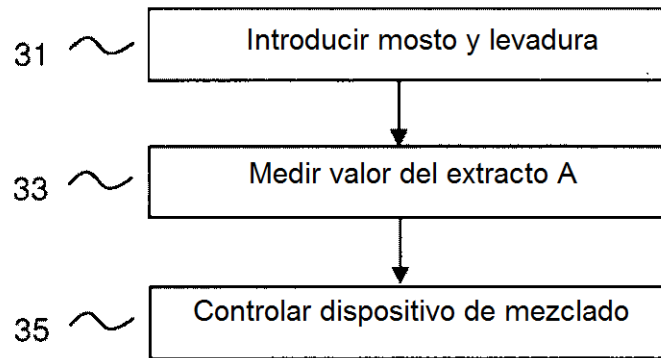


Fig. 3

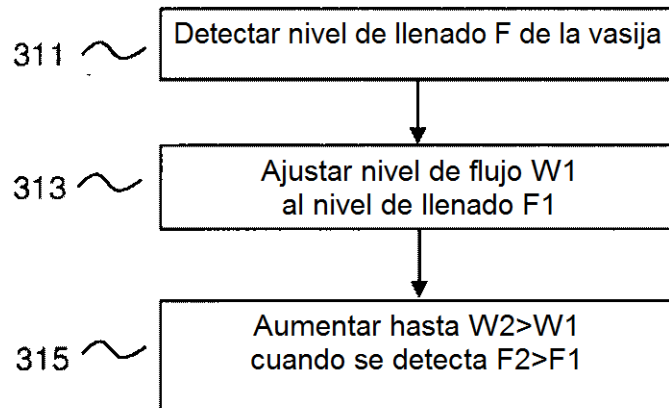


Fig. 4

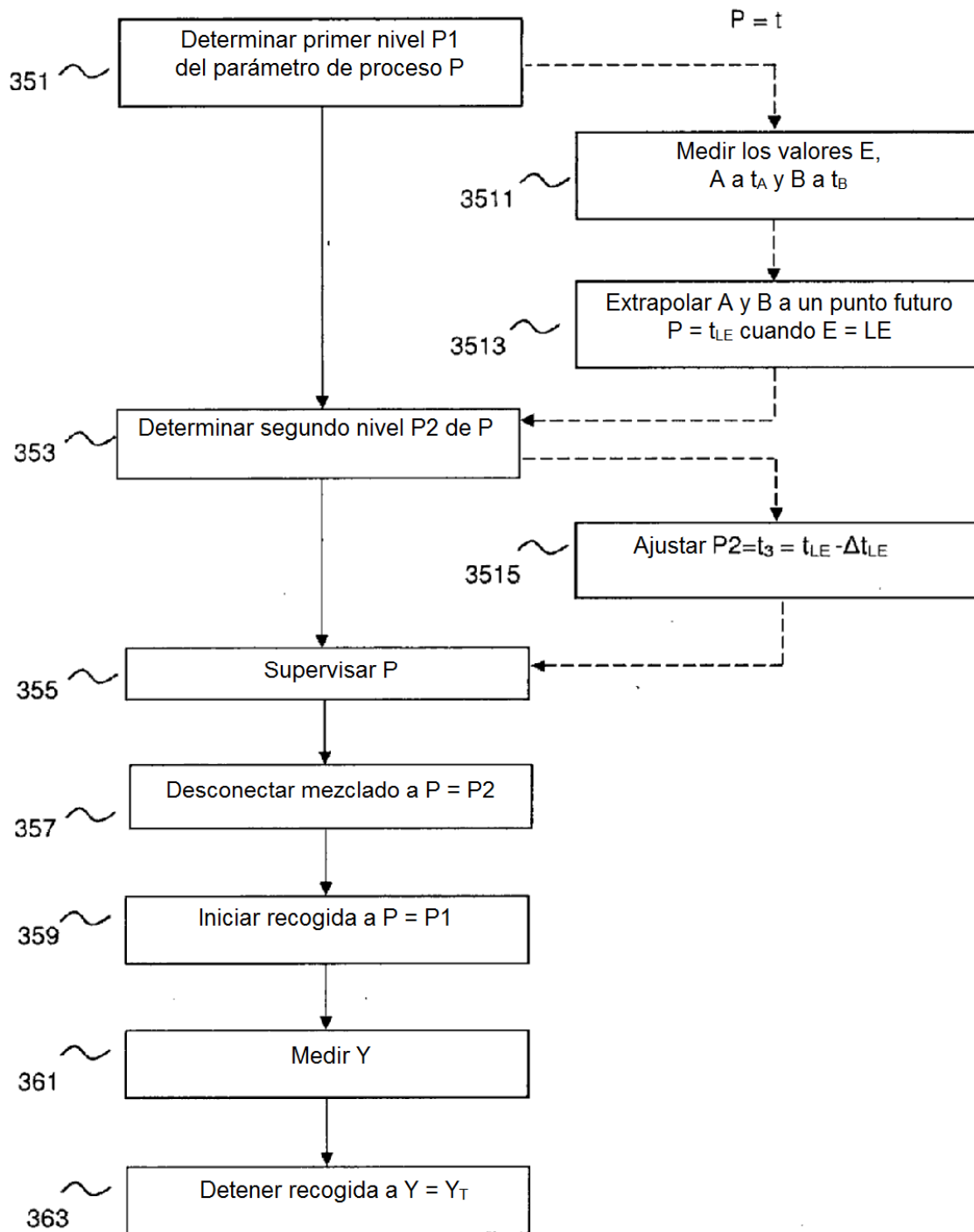


Fig. 5

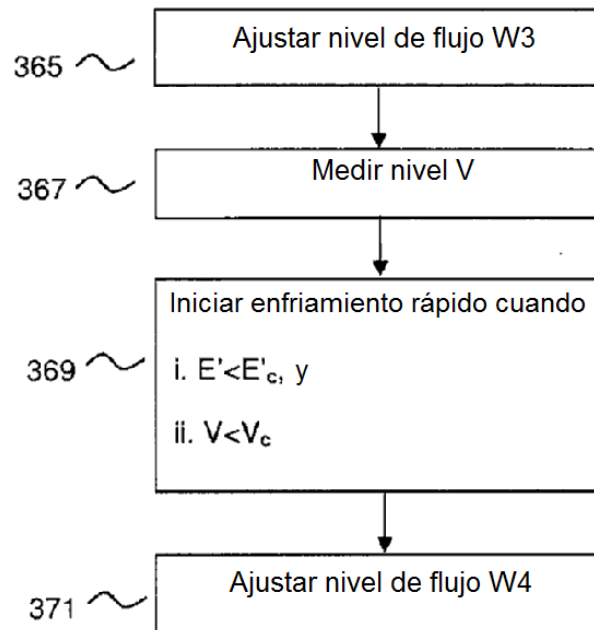


Fig. 6

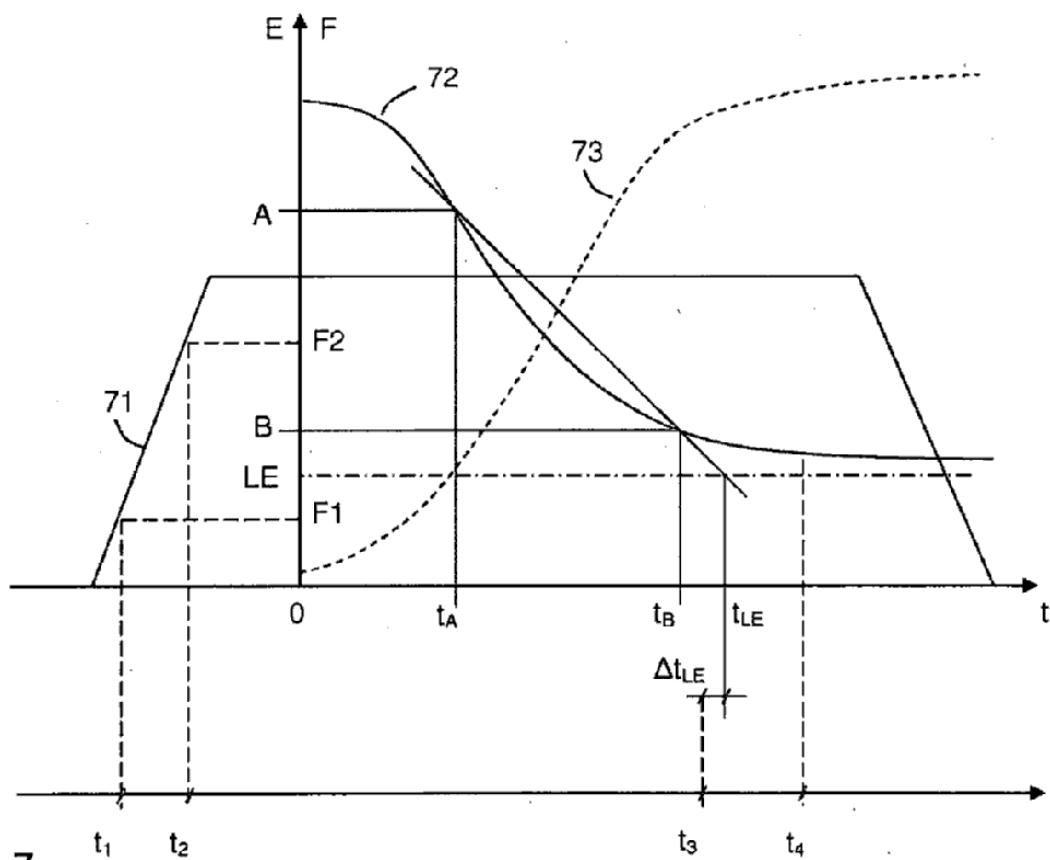


Fig. 7