

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 835**

51 Int. Cl.:

**A23F 5/04** (2006.01)

**A23N 12/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.12.2016 PCT/IB2016/057261**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.06.2017 WO17093929**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2016 E 16816397 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3383191**

54 Título: **Método y aparato de tostadura**

30 Prioridad:

**03.12.2015 IT UB20156318**

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

**27.03.2020**

73 Titular/es:

**SCOLARI ENGINEERING S.P.A. (100.0%)  
Via Fernanda Wittgens 3  
20123 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**SCOLARI, CARLO**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 750 835 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 tostadura

5 La presente invención se refiere a un método y a un aparato para tostar un producto alimenticio, en particular, café.

El documento US 6 260 479 desvela un método para tostar café basado en el fenómeno del popping o cracking al que se someten los granos de café durante un proceso de tostadura en el que los granos de café se someten a pirólisis. En particular, este documento observa que el sonido que acompaña a la tostadura del café puede dividirse en tres fases: un sonido de fondo que se produce al comienzo del calentamiento del lote de café hasta que se produce el primer sonido de crack al comienzo del proceso de pirólisis; un período intermedio de un nivel reducido de sonido, entre el primer y el segundo crack; y un segundo sonido de crack de mayor nivel cuando la pirólisis está en su punto máximo. El documento US 6 260 479 también observa que el primer sonido de crack y el segundo sonido de crack son de mayor intensidad que el sonido del período intermedio. Además, en una banda de frecuencias audibles para el oído humano, que puede variar de aproximadamente 971 a aproximadamente 9.172 Hz, este documento observa que a medida que aumenta la frecuencia, aumenta la distinción entre el nivel del sonido del período intermedio y el nivel de los sonidos del primer y el segundo crack. Basándose en estas observaciones, el documento US 6 260 479 describe un método para tostar café que comprende las etapas de: cargar un lote de granos de café a tostar en una cámara de tostadura; someter el lote a un flujo de aire caliente para llevar los granos de café a la pirólisis; establecer el punto en el que comienza la pirólisis del lote a través del análisis del sonido de cracking generado por los granos de café para identificar la primera aparición del sonido que es indicativo del comienzo de la pirólisis; una vez que se ha establecido el comienzo de la pirólisis, activar un temporizador durante un período de tiempo predeterminado; al final del período de tiempo predeterminado, generar una señal de salida para finalizar el proceso de tostadura y descargar el café tostado de la cámara de tostadura.

El problema técnico de la invención es el de proporcionar un método y un aparato que hagan posible mejorar el proceso de tostadura de un producto alimenticio como, por ejemplo, café. En particular, un objetivo de la invención es hacer, a nivel industrial, que el proceso de tostadura sea extremadamente preciso y con el fin de garantizar que se obtenga un producto tostado de excelente calidad.

El solicitante ha descubierto que el problema técnico mencionado anteriormente puede resolverse a través de un método de tostadura de acuerdo con la reivindicación 1, así como un aparato de acuerdo con la reivindicación 14.

En particular, en un primer aspecto de la misma, la presente invención se refiere a un método para tostar un producto alimenticio que comprende las etapas de:

- cargar un lote de un tipo de producto alimenticio predeterminado en un dispositivo de tostadura;
- establecer los parámetros operativos del dispositivo de tostadura de acuerdo con los valores de referencia iniciales para dicho tipo de producto alimenticio predeterminado, con el fin de iniciar el calentamiento del producto, adaptado para tostar el producto;
- realizar un control de retroalimentación para la operación del dispositivo de tostadura durante el calentamiento del producto, por medio de las etapas de:

\* obtener, instante a instante, un valor para una cantidad de sonido que está relacionada con un sonido emitido por el producto, detectándose dicho sonido en un intervalo de frecuencias que comprende tanto frecuencias audibles para el oído humano como frecuencias de ultrasonido;

\* comparar el valor de la cantidad de sonido, que se obtiene en cada instante, con un valor tomado por la cantidad de sonido, en dicho instante, en una curva de tostadura de dicha cantidad de sonido frente a tiempo, que está asociada a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado;

\* ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura dependiendo del resultado de dicha comparación.

En un segundo aspecto de la misma, la presente invención se refiere a un aparato para tostar un producto alimenticio que comprende:

- un dispositivo de tostadura adaptado para recibir un lote de un tipo de producto alimenticio predeterminado a tostar, comprendiendo el dispositivo de tostadura un sensor de sonido que opera en un intervalo de frecuencias que comprende tanto frecuencias audibles para el oído humano como frecuencias de ultrasonido;
- un dispositivo de control para ajustar la operación del dispositivo de tostadura actuando sobre los parámetros operativos del dispositivo de tostadura;
- una base de datos, adaptada para almacenar, para cada uno de una pluralidad de tipos de productos, una curva de tostadura respectiva de cantidad de sonido frente a tiempo, y unos valores de referencia iniciales respectivos para dichos parámetros operativos;

en el que el dispositivo de control está configurado para:

- establecer inicialmente dichos parámetros operativos de acuerdo con los valores de referencia iniciales respectivos, que están asociados a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado en dicha base de datos, con el fin de iniciar el calentamiento del producto adaptado para tostar el producto; y
- realizar un control de retroalimentación del funcionamiento del dispositivo de tostadura durante el calentamiento del producto:

\* obteniendo, instante a instante, un valor para una cantidad de sonido de un sonido emitido por el producto, detectándose dicho sonido por dicho sensor de sonido;

\* comparando el valor de la cantidad de sonido, que se obtiene en cada instante, con un valor tomado por la cantidad de sonido, en dicho instante, en la curva de tostadura respectiva de dicha cantidad de sonido frente a tiempo, que está asociada a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado en dicha base de datos; y

\* ajustando, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura dependiendo del resultado de dicha comparación.

Las reivindicaciones dependientes están relacionadas con las características preferidas de la invención.

En al menos uno de los aspectos mencionados anteriormente, la invención comprende una o más de las siguientes características preferidas que se describen en lo sucesivo en el presente documento. Preferentemente, el calentamiento del producto se realiza exponiendo el producto a un flujo de aire caliente.

Preferentemente, dichos parámetros operativos del dispositivo de tostadura comprenden al menos uno de: la temperatura del aire caliente y la velocidad del flujo de aire caliente.

Preferentemente, el dispositivo de tostadura comprende un reactor dentro del que se carga el producto y dichos parámetros operativos comprenden al menos uno de: la temperatura del aire caliente, la velocidad del flujo de aire caliente y la velocidad de rotación de al menos un elemento rotatorio del reactor. El elemento rotatorio puede ser un tambor rotatorio o unas paletas de mezcla dentro de un estátor externo del reactor.

Preferentemente, dicha cantidad de sonido es indicativa de la amplitud del sonido emitido por el producto. Por ejemplo, es indicativa de la presión sonora o la intensidad del sonido emitido por el producto.

En una realización preferida, se proporciona una etapa de obtener, instante a instante, la frecuencia sonora emitida por el producto y de identificar el tipo de producto alimenticio basándose en la frecuencia obtenida con el tiempo.

Preferentemente, se proporciona una etapa de verificar que la comparación del valor de la cantidad de sonido se realiza basándose en una curva de tostadura de dicha cantidad de sonido frente a tiempo, que está realmente asociada al tipo de producto alimenticio identificado.

En una realización preferida, la etapa de realizar un control de retroalimentación del funcionamiento del dispositivo de tostadura durante el calentamiento del producto comprende también las etapas de:

\* obtener, instante a instante, un valor para una temperatura que es indicativo de la temperatura alcanzada por el producto durante el calentamiento;

\* comparar el valor de la temperatura, que se obtiene en cada instante, con un valor tomado por la temperatura, en dicho instante, en una curva de tostadura de temperatura frente a tiempo, que está asociada a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado,

en el que la etapa de ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura también se realiza dependiendo del resultado de la comparación con dicho valor de la temperatura.

En una realización preferida, la etapa de realizar un control de retroalimentación del funcionamiento del dispositivo de tostadura durante el calentamiento del producto también comprende las etapas de:

\* determinar, instante a instante, un valor para la energía sonora que el producto ha liberado hasta ese instante;

\* comparar el valor de la energía sonora, que se obtiene en cada instante, con un valor tomado por la energía sonora, en dicho instante, en una curva de tostadura de energía sonora frente a tiempo, que está asociada a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado, y

en el que la etapa de ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura también se realiza basándose en el resultado de dicha comparación con el valor de energía sonora.

En una realización preferida, la etapa de realizar un control de retroalimentación del funcionamiento del dispositivo de tostadura durante el calentamiento del producto comprende también las etapas de:

\* determinar, instante a instante, un valor que es indicativo del calor transferido al producto hasta ese instante;

\* comparar el valor indicativo, que se determina en cada instante, con un valor tomado por el calor transferido, en

dicho instante, en una curva de tostadura de calor transferido frente a tiempo, que está asociada a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado, y

5 en el que la etapa de ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura también se realiza basándose en el resultado de la comparación con el valor indicativo del calor transferido.

10 Preferentemente, el producto está compuesto por granos de café o granos de cebada o trozos de frutos secos. En una realización, se carga un lote de una mezcla de al menos dos tipos de productos alimenticios en el dispositivo de tostadura. En este caso, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura se establecen preferentemente de acuerdo con los valores de referencia asociados a dicha mezcla. Además, las operaciones de comparación mencionadas anteriormente se realizan preferentemente basándose en curvas de tostadura asociadas a dicha mezcla.

15 Preferentemente, una vez que el producto está tostado, se contempla almacenar en una base de datos los valores obtenidos o determinados, instante a instante, de la cantidad de sonido y/o de la temperatura y/o de la energía sonora y/o del calor transferido y asociarlos a dicho tipo predeterminado (o mezcla) de producto alimenticio como curvas de tostadura de la cantidad de sonido y/o la temperatura y/o la energía sonora y/o el calor transferido.

20 Preferentemente, una vez que el producto está tostado, se contempla almacenar en una base de datos los ajustes realizados, instante a instante, de los parámetros operativos del dispositivo de tostadura y asociarlos a dicho tipo predeterminado (o mezcla) de producto alimenticio como valores de referencia predeterminados para dichos parámetros operativos.

25 El dispositivo de tostadura puede comprender al menos un segundo sensor de sonido que opera en un intervalo de frecuencias que comprende tanto frecuencias audibles para el oído humano como frecuencias de ultrasonido.

30 Otras características y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de algunas realizaciones preferidas de la misma, hechas con referencia a los dibujos adjuntos. Las diferentes características en las configuraciones individuales pueden combinarse según lo deseado de acuerdo con la descripción anterior, si se desea aprovechar las ventajas obtenidas específicamente de una combinación específica.

En estos dibujos,

- 35 - la figura 1 muestra esquemáticamente un aparato de tostadura de acuerdo con una realización de la invención;  
- la figura 2 muestra tres ejemplos de curvas, dos de presión sonora frente a tiempo y una de energía sonora frente a tiempo;  
- la figura 3 muestra tres ejemplos de curvas, dos de temperatura frente a tiempo y una de potencia térmica del quemador frente a tiempo.

40 La figura 1 muestra un aparato 100 para tostar un producto alimenticio como, por ejemplo, café, cebada, trozos de frutos secos y otros productos similares, adaptados para someterse a tostadura.

45 Aunque en lo sucesivo en el presente documento se hará referencia, en particular, a la tostadura de café, las enseñanzas de la invención también pueden aplicarse a otros productos alimenticios.

El aparato 100 comprende un dispositivo de tostadura 10 y un dispositivo de control 20.

50 El dispositivo de tostadura 10 comprende un reactor 12 y un generador de flujo de aire caliente 14, que comprende un quemador 13, un ventilador 15 y un ciclón 18 adaptado para filtrar el aire que entra en el reactor 12. El reactor 12 está adaptado para alojar un lote de granos de café a tostar. En la realización ilustrada en la figura 1, el reactor 12 comprende un tambor rotatorio. Preferentemente, el tambor rotatorio 12 está equipado con unas aletas (no ilustradas) para favorecer la mezcla de los granos de café durante la tostadura. Como alternativa, el reactor 12 puede ser del tipo estático, en otras palabras, sin elementos móviles, en el que los granos de café se mueven solo gracias al flujo de aire caliente, o puede estar equipado con un estátor exterior cilíndrico y con unas paletas de mezcla interiores rotatorias, adaptadas para mover los granos de café.

60 El flujo de aire caliente generado por el generador de flujo de aire caliente 14 se transporta, de una manera adecuada, al interior del reactor 12.

El dispositivo 10 también comprende un sensor de temperatura 11 y al menos un sensor de sonido. En la realización ilustrada, el dispositivo 10 comprende dos sensores de sonido 16, por ejemplo un micrófono y un acelerómetro.

65 Los dos sensores de sonido 16 están adaptados para detectar sonidos en un intervalo de frecuencias que comprende tanto frecuencias audibles para el oído humano como frecuencias de ultrasonido. Preferentemente, los dos sensores de sonido 16 tienen una frecuencia máxima inferior o igual a 50 kHz. Preferentemente, el intervalo de

frecuencias está comprendido entre 0 Hz y 50 KHz. Preferentemente, los dos sensores de sonido 16 tienen una respuesta de frecuencia lineal desde aproximadamente 20 Hz hasta aproximadamente 50 KHz. Además, son capaces de soportar temperaturas operativas de hasta 70-120 °C.

5 Una vez que los granos de café están cargados en el reactor 12, el flujo de aire caliente transportado en el mismo golpea el granos de café que, por lo tanto, se someten a un proceso de calentamiento adaptado para tostar el café.

El proceso de tostadura se realiza bajo el control del dispositivo de control 20.

10 El proceso de tostadura es un proceso muy delicado y complejo que requiere un control preciso y continuo de los parámetros operativos del dispositivo 10 para garantizar que el producto tostado cumple las características deseadas en términos, por ejemplo, de aroma, color y sabor. Dichos parámetros operativos son, por ejemplo, la temperatura del aire caliente calentada por el quemador 13, la velocidad de rotación del tambor rotatorio o de las paletas de mezcla del estátor externo cilíndrico del reactor 12 y la velocidad del flujo de aire caliente generado por el ventilador 15. Por lo tanto, pueden ajustarse interviniendo en el quemador 13, en el motor de accionamiento (no mostrado) del tambor rotatorio o de las paletas de mezcla y en el ventilador 15.

Por ejemplo, la temperatura del aire calentado por el quemador 13 puede estar comprendida entre 380 y 650 °C con el fin de obtener temperaturas finales comprendidas entre 200 y 240 °C para los granos de café calentados en el reactor 12. La velocidad del flujo de aire caliente generado por el ventilador 15 puede estar comprendida entre 0,5 y 12 metros/segundo.

20 El dispositivo de control 20 comprende, por ejemplo, un PLC (controlador lógico programable) 22, un ordenador 24 (tal como un PC) y una base de datos 26 (que puede almacenarse en el PC). El ordenador 24 tiene preferentemente una interfaz gráfica (no mostrada) para permitir que un usuario introduzca comandos y/o datos y visualice información. El PLC está adaptado para ajustar los parámetros operativos del dispositivo 10 por medio de un sistema de control PID (Proporcional-Integral-Derivado).

30 El solicitante observa que la estructura celular de los granos de café varía de acuerdo con la variación de las características genéticas, vinculadas al género, especie y variedad de café, de las características agronómicas, vinculadas a las condiciones de cultivo climáticas, y de las características de los procesos de poscosecha y secado. El resultado es que los granos de café que pertenecen a diferentes tipos de café pueden diferir entre sí en forma, masa, densidad, composición química, porcentaje de humedad y otras propiedades similares; significando la expresión "tipo de café" un conjunto de características que definen la estructura celular del grano. Sin embargo, puesto que es un producto vegetal, es evidente que los granos de café que pertenecen al mismo tipo de café seguirán teniendo ligeras diferencias, debido, por ejemplo, a la diferente exposición al sol en la misma planta de café.

40 Como resultado, los granos de café que pertenecen a diferentes tipos o mezclas de café reaccionan de manera diferente al calor, de tal manera que, durante el proceso de tostadura, necesitan tostarse de acuerdo con diferentes curvas de tostadura de temperatura frente a tiempo, cada una estudiada específicamente para tostar mejor los granos de café de acuerdo con su estructura celular.

45 Por tanto, es necesario tostar los granos de café de acuerdo con diferentes curvas de temperatura dependiendo del tipo o de la mezcla de café a la que pertenecen los granos.

50 Un ejemplo de curva de tostadura de temperatura (°C) frente a tiempo t (en segundos) se muestra en la figura 3, curva C, donde se da la temperatura detectada por el sensor de temperatura 11 durante un proceso de tostadura iniciado indicativamente en t = 0 s, y terminado indicativamente en t = 660 s.

55 En este contexto, el solicitante observa que el control de un proceso de tostadura de café realizado solo en función de las curvas de temperatura puede ser inadecuado en algunas situaciones. De hecho, la temperatura que detecta el sensor de temperatura 11 está dada tanto por la temperatura del aire caliente que golpea los granos de café como por la temperatura de los propios granos de café, que es más baja que la del aire caliente. Como resultado, en el caso de una disminución en el flujo de aire caliente (por ejemplo, debido a la obstrucción del ciclón 18), la temperatura detectada por el sensor de temperatura 11 se aproxima a la real del café (en otras palabras, es inferior a la medida en presencia del flujo de aire caliente completo). Por lo tanto, un control automático del proceso de tostadura basado solo en la curva de temperatura, detectando una disminución de la temperatura, conduciría, en esta situación, a aumentar la temperatura del quemador 13 para llevar la temperatura detectada por el sensor de temperatura 11 a la esperada de acuerdo con la curva de temperatura. Esto podría ser muy peligroso, debido a que conduciría a un aumento indebido de la temperatura de los granos de café que podría, por ejemplo, en una etapa exotérmica del proceso de tostadura, provocar el incendio del producto con la subsiguiente explosión del reactor 12.

65 El solicitante también observa que el control del proceso de tostadura de café realizado solo en función de las curvas de temperatura podría no ser inequívocamente preciso. De hecho, la temperatura, a pesar de ser una magnitud fundamental para desencadenar la transformación química de los granos de café, no es indicativa de la evolución

real de su transformación química. Como resultado, dos lotes de granos de café etiquetados como pertenecientes al mismo tipo de café, pero que tienen en realidad diferentes estructuras celulares (por ejemplo, debido a que provienen de dos cosechas diferentes), seguirían tostándose de acuerdo con la misma curva de temperatura. Esto podría conducir a dos resultados de tostadura muy diferentes (por ejemplo, un lote podría secarse pero no tostarse) y, en cualquier caso, a resultados de tostadura no satisfactorios (por ejemplo, en términos de aroma y sabor).

Analizando el sonido emitido por los granos de café durante un proceso de tostadura en un intervalo de frecuencias que comprende tanto frecuencias audibles como frecuencias de ondas de ultrasonido, el solicitante ha descubierto que el ruido habitual producido es el resultado de numerosos fenómenos impulsivos que duran un tiempo muy corto y caracterizado por la emisión espectral del tipo "blanco". Por lo tanto, es posible discernir solo los eventos debidos al proceso de tostadura, minimizando los efectos del ruido de planta, limitando la banda de observación a frecuencias para las que la relación señal/ruido es extremadamente ventajosa. En particular, el solicitante ha descubierto que, además de los sonidos del primer y segundo pop (o crack) citados en la bibliografía y detectables en un intervalo de frecuencias audible para el oído humano, hay una emisión continua de sonidos detectables durante todo el proceso de tostadura. Esto se muestra, como ejemplo, en la figura 2, donde la curva A' muestra un ejemplo de presión sonora P (Pascal) frente a t (en segundos), que se ha obtenido (como se explica en detalle en lo sucesivo en el presente documento) al detectar, en un intervalo de frecuencias comprendido entre 0 Hz y 50 KHz, el sonido emitido por los granos de café durante un proceso de tostadura, comenzando indicativamente a una temperatura de 120 °C y un tiempo  $t = 0$  s y terminando a aproximadamente 220 °C y  $t = 660$  s.

Como puede verse en la curva A' de la figura 2, además de los sonidos del primer y segundo pop, en  $t = 420$  s y  $t = 660$  s, respectivamente, hay una emisión de sonido detectable durante todo el proceso de tostadura que, por lo tanto, puede usarse como variable de control para un control continuo del proceso de tostadura.

En particular, teniendo en cuenta que el sonido emitido en el tiempo por los granos de café es indicativo de la evolución de la transformación química de los granos de café, el solicitante ha descubierto que controlando, instante a instante, el proceso de tostadura del café basándose en tal sonido, es posible tostar el café de una manera extremadamente precisa y fiable, teniendo en cuenta la transformación química que, instante a instante, se produce realmente en los granos de café.

En el ejemplo mencionado anteriormente de la obstrucción del ciclón 18 o del funcionamiento anómalo del sensor de temperatura 11, esto hace posible, por ejemplo, entender fácilmente si los granos de café están a punto de incendiarse. A su vez, en el ejemplo mencionado anteriormente de los dos lotes de granos de café etiquetados como pertenecientes al mismo tipo de café pero que en realidad tienen diferentes estructuras celulares, esto hace posible intervenir en el lote de café que no se tuesta correctamente, cambiando rápidamente los parámetros operativos del dispositivo 10 con el fin de hacer que los granos de café vibren de acuerdo con una curva de tostadura de referencia (cantidad de sonido frente a tiempo).

Por lo tanto, el solicitante ha observado que cada tipo o mezcla de granos de café puede caracterizarse tanto por una curva de tostadura de temperatura frente a tiempo como por una curva de tostadura de cantidad de sonido (por ejemplo, la presión sonora P expresada en Pascales) frente a tiempo.

Basándose en esta observación, el solicitante ha descubierto que el proceso de tostadura puede controlarse (mediante el ajuste de los parámetros operativos del dispositivo de tostadura 10) obteniendo, instante a instante, la temperatura medida por el sensor de temperatura 11 y una cantidad de sonido del sonido detectado por los dos sensores de sonido 16 y realizando un ajuste continuo de los parámetros operativos del dispositivo 10, de manera que la temperatura y la cantidad de sonido obtenidas reproduzcan las curvas de tostadura de referencia.

De acuerdo con una realización preferida, cada vez que un lote de un tipo o mezcla predeterminado de café se carga en el reactor 12, el dispositivo de control 20 se configura, por lo tanto, para obtener el tipo o mezcla predeterminado de café al que pertenece el lote (por ejemplo, a través de la inserción de datos de entrada adecuados por parte del usuario y la lectura de dichos datos). Después de esto, el dispositivo de control 20 se adapta para recuperar de la base de datos 26, para el tipo o mezcla predeterminado de café obtenido: una curva de tostadura de temperatura frente a tiempo (por ejemplo, tal como la curva C de la figura 3), que proporciona valores de referencia teóricos que la temperatura medida por el sensor de temperatura 11 debe reproducir a lo largo del tiempo durante un tiempo de tostadura predeterminado; una curva de tostadura de presión sonora frente a tiempo (por ejemplo, tal como la curva A de la figura 2, mejor detallada en lo sucesivo en el presente documento), que proporciona valores de referencia teóricos que la presión sonora del sonido detectado por los dos sensores de sonido 16 debe reproducir a lo largo del tiempo durante el tiempo de tostadura predeterminado; y unas curvas de valores para los parámetros operativos del dispositivo 10, que proporcionan los valores de referencia teóricos que dichos parámetros (por ejemplo, la temperatura del aire calentado por el quemador 13, la velocidad de rotación del tambor o de las paletas de mezcla del reactor 12 y la velocidad del flujo de aire generado por el ventilador 15) deben tomar a lo largo del tiempo durante el tiempo de tostadura predeterminado para reproducir las dos curvas de tostadura de temperatura frente a tiempo y de presión sonora frente a tiempo.

Una vez que estos datos se recuperan de la base de datos 26, el dispositivo de control se adapta para ajustar los

parámetros operativos del dispositivo 10 de acuerdo con los valores de referencia teóricos que tales parámetros deben tomar al inicio del tiempo de tostadura predeterminado. Después de esto, el dispositivo de control se adapta para accionar el quemador 13, el reactor 12 y el ventilador 15 de acuerdo con los parámetros operativos así establecidos con el fin de comenzar el proceso de tostadura de los granos de café.

5 Una vez que ha comenzado el proceso de tostadura, el dispositivo de control 20 se adapta para controlar de manera continua, en retroalimentación, la operación del dispositivo de tostadura 10, en particular a través de las etapas de:

10 \* obtener, instante a instante (por ejemplo, cada décima de segundo), el valor de la presión sonora del sonido detectado por los dos sensores de sonido 16;

\* comparar el valor de la presión sonora obtenida en cada instante con el valor que toma la presión sonora en dicho instante en la curva de tostadura de presión sonora frente a tiempo;

\* obtener, instante a instante, la temperatura medida por el sensor de temperatura 11;

15 \* comparar la temperatura obtenida en cada instante con el valor que toma la temperatura, en dicho instante, en la curva de tostadura de temperatura frente a tiempo;

\* ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura 10 en función del resultado de dichas comparaciones.

20 En particular, como se ha indicado anteriormente, la etapa de ajuste se realiza con el fin de garantizar que los valores de temperatura y presión sonora medidos reproducen las curvas de tostadura teóricas respectivas.

25 La etapa de ajuste se continúa hasta que las etapas de comparación muestran que se ha producido la tostadura de los granos de café. En este punto, el dispositivo de control se adapta para descargar el producto del reactor 12 con el fin de detener el proceso de tostadura.

30 En una realización preferida, el dispositivo de control 20 también está adaptado para obtener, instante a instante, la frecuencia sonora del sonido emitido por los granos de café y compararla con el valor que toma la frecuencia sonora, en dicho instante, en una curva de tostadura de frecuencia sonora frente a tiempo (no mostrada). Teniendo en cuenta que dicha curva representa una huella digital de cada tipo de café, lo que permite identificar de manera inequívoca el tipo o mezcla de café al que pertenecen los gránulos que se están tostando, esta comparación es útil para verificar que el tipo o mezcla de café para el que se ha establecido la operación del dispositivo de tostadura 10 (tomando las curvas asociadas a dicho tipo de café de la base de datos 26) es en realidad el tipo o mezcla de café al que pertenece el lote de café que se está tostando. En el caso de desajustes, o, en otras palabras, si la frecuencia sonora medida a lo largo del tiempo no reproduce la curva teórica de la frecuencia sonora frente a tiempo, significa que el café pertenece a un tipo o mezcla de café diferente del tipo/mezcla de café para el que se ha establecido la operación del dispositivo de tostadura 10. Esto podría suceder, por ejemplo, debido a una inserción incorrecta de los datos de entrada por parte del usuario o debido a que los granos de café, a pesar de estar etiquetados como pertenecientes a cierto tipo/mezcla de café, tienen una estructura celular diferente (por ejemplo, debido a que provienen de un cosecha diferente). En este caso, el dispositivo de control 20 está adaptado preferentemente para seleccionar de la base de datos 26 las curvas más adecuadas que van a usarse para realizar el control de retroalimentación del dispositivo de tostadura 10 durante la tostadura de tales granos de café.

45 Preferentemente, en la presente descripción y las reivindicaciones, la expresión "instante a instante" se usa para indicar los instantes de detección de un proceso realizado de manera continua, por ejemplo, cada décima de segundo.

50 Preferentemente, el sensor de temperatura 11 tiene una sensibilidad tal como para detectar incluso variaciones de temperatura muy pequeñas (por ejemplo de 0,05 °C). Además, los sensores de sonido 16 tienen una alta sensibilidad, por ejemplo, igual a 15 mV/Pa en el caso de un micrófono o 100 mV/g en el caso de un acelerómetro. Esto hace posible reproducir la pendiente de las curvas de tostadura con una continuidad sustancial.

55 La etapa mencionada anteriormente de ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura 10 se realiza a través de un algoritmo adecuado. Tal algoritmo establece, por ejemplo, la dirección (en otras palabras, si aumentar o disminuir el valor de los parámetros), la cantidad (en otras palabras, cuánto debe cambiarse el valor de los parámetros) y la prioridad de ajuste (en otras palabras, cuál o cuáles de los diversos parámetros debe intervenir en primer lugar) en función del resultado de las comparaciones mencionadas anteriormente. Por ejemplo, en lo que respecta a la prioridad de ajuste de los parámetros operativos, el algoritmo puede configurarse de manera que, si la temperatura detectada en un instante dado por el sensor de temperatura 11 es menor que el valor teórico correspondiente en la curva de tostadura respectiva, el dispositivo de control 20 se adapta para intervenir en primer lugar sobre la temperatura del aire caliente, a continuación, si es necesario, sobre la velocidad del flujo de aire generado por el ventilador 15 y, finalmente, también sobre la velocidad del tambor rotatorio o de las paletas de mezcla del reactor 12. Además, en lo que respecta a la dirección y la cantidad de ajuste de los parámetros operativos, cuando la temperatura detectada es menor que la temperatura teórica, el algoritmo puede configurarse para aumentar los valores de dichos parámetros una cantidad predeterminada en función de la diferencia determinada entre la temperatura detectada y la temperatura teórica.

En una realización preferida, el dispositivo de control 20 está adaptado para realizar el control de retroalimentación del funcionamiento del dispositivo de tostadura 10, también a través de las etapas de:

- 5 \* determinar, instante a instante, la energía sonora liberada por los granos de café hasta ese instante;
- \* comparar la energía determinada en cada instante con el valor que la energía sonora toma en dicho instante en una curva de tostadura de energía sonora frente a tiempo;
- \* determinar, instante a instante, el calor transferido a los granos de café hasta ese instante;
- 10 \* comparar el calor determinado en cada instante con el valor que el calor transferido toma en dicho instante en una curva de tostadura de calor transferido frente a tiempo; y
- \* ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura 10 también en función del resultado de dichas comparaciones.

15 Con este fin, una vez que se ha comprobado el tipo predeterminado de café al que pertenecen los granos de café del lote cargado en el dispositivo de tostadura 10, el dispositivo de control 20 se adapta para recuperar de la base de datos 26: una curva de tostadura respectiva de energía sonora acumulada frente a tiempo, que proporciona los valores de referencia teóricos que la energía sonora acumulada por el sonido detectado por el sensor de temperatura 11 debe reproducir a lo largo del tiempo durante un tiempo de tostadura predeterminado; y una curva de tostadura respectiva del calor transferido acumulado frente a tiempo, que proporciona los valores de referencia teóricos que el calor acumulado transferido debe reproducir a lo largo del tiempo durante el tiempo de tostadura predeterminado.

Instante a instante, la energía sonora puede determinarse en función de la presión sonora comprobada hasta ese instante. Por ejemplo, la energía sonora puede determinarse calculando la integral de la presión sonora comprobada hasta ese instante (esta última puede representarse por una curva tal como la curva A de la figura 2). La integral puede calcularse, por ejemplo, a intervalos de tiempo progresivos (por ejemplo, a los 3 segundos, 30 segundos, 60 segundos, etc.). Un ejemplo de una curva indicativa de energía sonora frente a tiempo se muestra en la figura 2 como curva B.

30 A su vez, instante a instante, el calor transferido puede determinarse en función de la potencia térmica del quemador 13 o en función de la temperatura del aire caliente que entra en el reactor 12 y el flujo de aire caliente. Por ejemplo, el calor transferido puede determinarse calculando la integral de una curva representativa de la potencia térmica del quemador 13 frente al tiempo o en función de la integral de una curva representativa de la temperatura del aire caliente que entra en el reactor 12 frente al tiempo y de la información relativa al flujo de aire caliente a lo largo del tiempo. La integral puede calcularse, por ejemplo, a intervalos de tiempo progresivos (por ejemplo, a los 3 segundos, 30 segundos, 60 segundos, etc.).

En la figura 3, así como la curva C, se muestran dos ejemplos de curvas D y E, respectivamente, de la potencia térmica Q del quemador 13 y la temperatura T del aire caliente que entra en el reactor 12 frente al tiempo t.

40 En esta realización preferida, en la que el ajuste, instante a instante, de los parámetros operativos del dispositivo de tostadura 10 también se realiza en función del calor transferido y la energía sonora, el algoritmo mencionado anteriormente se configurará, preferentemente, para ajustar los diversos parámetros operativos del dispositivo 10 en función del resultado general de las comparaciones de temperatura, presión sonora, calor transferido y energía sonora. Un control de retroalimentación del funcionamiento del dispositivo de tostadura 10, basado en un análisis del calor transferido y de la energía sonora liberada, así como en un análisis de la temperatura y la presión sonora, hace posible anticipar ventajosamente el ajuste de los parámetros operativos de acuerdo con el calor transferido y la energía sonora liberada. Por ejemplo, si la energía sonora liberada por los granos de café es menor que el valor teórico esperado, puede contemplarse que intervenga rápidamente para aumentar la temperatura del aire calentado, incluso antes de detectar una disminución de la temperatura comprobada con respecto al valor teórico. Además, este tipo de control hace posible adaptar ventajosamente con precisión la cantidad de ajuste de los parámetros operativos. En particular, esto se realiza de manera inversamente proporcional a los valores calculados de calor transferido y energía sonora. Por ejemplo, de hecho, en el caso de la detección de una temperatura comprobada menor que el valor teórico, es posible aumentar la temperatura del aire calentado en una cantidad mayor o menor dependiendo de si el calor transferido y/o la energía sonora liberada son menores o mayores que los valores teóricos esperados. Además, a partir de un análisis del calor transferido a los granos de café, es posible establecer si la transformación química que tiene lugar está en una fase endotérmica o exotérmica. En el caso de la detección de una temperatura comprobada menor que el valor teórico, es posible aumentar la temperatura del aire calentado una cantidad más o menos alta dependiendo de si la transformación química está en fase endotérmica o exotérmica. Además, gracias al ajuste realizado en función de las variables de calor y sonido, existe un control que no está limitado por la energía térmica acumulada por el reactor 12 (en otras palabras, no está limitado por si el reactor 12 está más o menos caliente o frío al comienzo de la tostadura de un nuevo lote de café).

En una realización preferida, las etapas mencionadas anteriormente de determinar, instante a instante, el valor de la presión sonora del sonido detectado por los sensores de sonido 16 y la energía sonora liberada por los granos de café hasta ese instante se realizan adquiriendo en tiempo real la señal procedente de los dos sensores de sonido 16

y realizando las siguientes operaciones de procesamiento:

- conversión de la señal en la salida de los dos sensores de sonido 16 en unidades de ingeniería (por ejemplo, Pascales)
- 5 - filtrado de paso banda de la señal con frecuencias de banda ajustables (habitualmente de 7.500 a 40.000 Hz)
- cálculo de la rms (raíz media cuadrática) expresada en (Pa) para partes de la señal de duración ajustable (habitualmente 100 ms)
- cálculo del valor pico (Pa) para partes de la señal de duración ajustable (habitualmente 100 us)
- 10 - cálculo de la diferencia entre el valor pico y el valor rms, instante a instante, y extracción del nivel de percentil 99 en una ventana móvil de duración ajustable (habitualmente 100 ms)
- a partir de mediciones realizadas en tiempo real y expresadas en Pa (que pueden representarse mediante una curva, tal como la curva A' de la figura 2), extracción de los niveles (expresados en Pa) de los picos que superan un umbral predeterminado y un nivel umbral ajustable (habitualmente superior a 0,5 Pa) cuya duración es mayor que un intervalo que también puede establecerse y expresarse en un número de instantes de detección (habitualmente 3)
- 15 - interpolación de los picos mencionados anteriormente con el fin de obtener, instante a instante, los valores de la presión sonora del sonido detectado por los dos sensores 16 (que pueden representarse por una curva como la curva A de la figura 2), para, a continuación, compararse con los valores de referencia teóricos respectivos
- instante a instante, cálculo del nivel en Pa del pico y suma con los niveles anteriores en modo de energía (suma de los cuadrados) con el fin de obtener, instante a instante, los valores de la energía sonora liberada por los granos de café hasta ese instante (que pueden representarse por una curva como la curva B de la figura 2), para, a continuación, compararse con los valores de referencia teóricos respectivos.
- 20

25 En función de los parámetros del proceso de tostadura y las características del producto, tales curvas toman diferentes formas, tanto en términos de velocidad de crecimiento (durante las dos etapas habituales de emisión de ruido) como en términos de valores absolutos. También es posible calcular la derivada de la curva B mencionada anteriormente para representar la velocidad del proceso.

30 A partir de la descripción que se ha hecho, puede entenderse que la base de datos 26 está adaptada para almacenar una pluralidad de tipos predeterminados de café y, para cada uno de los mismos, una curva de tostadura respectiva de temperatura frente a tiempo, una curva de tostadura respectiva de presión sonora frente a tiempo, una curva de tostadura respectiva de energía sonora frente a tiempo, una curva de tostadura respectiva de calor transferido frente a tiempo, una curva de tostadura respectiva de frecuencia sonora frente a tiempo y unas curvas de valores respectivas para los parámetros operativos del dispositivo 10, que proporcionan, en función del tiempo, los valores de referencia teóricos para tales parámetros (por ejemplo, la temperatura del aire calentado por el quemador 13, la velocidad de rotación del tambor rotatorio o de las paletas de mezcla del reactor 12 y la velocidad del flujo de aire generado por el ventilador 15).

40 En una realización preferida de la invención, el dispositivo de control 20 está adaptado, preferentemente, para actualizar automáticamente la base de datos 26 de acuerdo con un proceso de auto-aprendizaje. En particular, el dispositivo de control 20 está adaptado, preferentemente, para almacenar, al final de cada proceso de tostadura de un lote de café, las curvas de tostadura de temperatura, presión sonora, calor transferido y energía liberada, así como las curvas de valores para los parámetros operativos del dispositivo 10 que realmente se han usado en el proceso de tostadura que acaba de finalizar. Dichas curvas se asociarán en la base de datos 26 en asociación con el tipo de café del lote recién tostado para reemplazar las curvas preexistentes con curvas más actualizadas o para añadir un nuevo tipo de café en la base de datos 26. Con respecto a esto, debe observarse que si un lote de café perteneciente a un nuevo tipo o mezcla de café (en otras palabras, que no está presente en la base de datos 26) se carga en el reactor 12, el dispositivo de control 20, conociendo las curvas de tostadura C, A, B, D de temperatura, presión sonora, calor transferido y energía liberada (por ejemplo, debido a que el usuario los proporciona como datos de entrada) para dicho tipo/mezcla de café, controlará el proceso de tostadura en función de las curvas de valores para los parámetros operativos del dispositivo 10 que tienen relación con tipos/mezclas de café similares (seleccionados en función de criterios predeterminados); después de esto, almacenará las curvas realmente usadas durante el proceso de tostadura para caracterizar el tipo de café mencionado anteriormente en la base de datos 26.

55 De acuerdo con el método y el aparato de la invención, la tostadura se realiza por lo tanto a través de un control de retroalimentación continuo de los parámetros operativos del dispositivo de tostadura 10, en función del calor y las variables de sonido (temperatura, presión sonora, calor transferido y energía sonora) obtenidas de los granos de café que se están tostando. El control se realiza ventajosamente tanto en función de valores instantáneos de las variables de calor y sonido como en función de valores de tendencia determinados durante períodos de tiempo ajustables. Ventajosamente, esto hace posible tostar el café (o un producto alimenticio similar) de una manera extremadamente precisa y fiable, de acuerdo con un procedimiento que puede adaptar de manera continua la operación del dispositivo de tostadura 20 a la evolución real de la transformación química en curso en los granos de café.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para tostar un producto alimenticio, que comprende las etapas de:

- 5 - cargar un lote de un tipo de producto alimenticio predeterminado en un dispositivo de tostadura;
- establecer los parámetros operativos del dispositivo de tostadura de acuerdo con los valores de referencia iniciales para dicho tipo de producto alimenticio predeterminado, con el fin de iniciar el calentamiento del producto, que está adaptado para tostar el producto;
- 10 - realizar un control de retroalimentación para el funcionamiento del dispositivo de tostadura durante el calentamiento del producto, por medio de las etapas de:

- \* obtener, instante a instante, un valor para una cantidad de sonido que está relacionada con un sonido emitido por el producto, detectándose dicho sonido en un intervalo de frecuencias que comprende tanto frecuencias audibles para el oído humano como frecuencias de ultrasonido;
- 15 \* comparar el valor de la cantidad de sonido, que se obtiene en cada instante, con un valor tomado por la cantidad de sonido, en dicho instante, en una curva de tostadura de dicha cantidad de sonido frente a tiempo, que está asociada a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado;
- \* ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura dependiendo del resultado de dicha comparación.

20 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el calentamiento del producto se realiza exponiendo el producto a un flujo de aire caliente.

25 3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dichos parámetros operativos del dispositivo de tostadura comprenden al menos uno de: temperatura del aire caliente y velocidad del flujo de aire caliente.

30 4. Método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el dispositivo de tostadura comprende un reactor dentro del que se carga el producto, y dichos parámetros operativos comprenden al menos uno de: temperatura del aire caliente, velocidad del flujo de aire caliente y velocidad de rotación de al menos un elemento rotatorio del reactor.

5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha cantidad de sonido es indicativa de la presión sonora o de la intensidad del sonido emitido por el producto.

35 6. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que también comprende una etapa de obtener, instante a instante, la frecuencia sonora emitida por el producto y de identificar el tipo de producto alimenticio dependiendo de la frecuencia obtenida en el tiempo.

40 7. Método de acuerdo con la reivindicación 6, que también comprende una etapa de verificar que la comparación del valor de la cantidad de sonido se realiza basándose en una curva de tostadura de dicha cantidad de sonido frente al tiempo, que está asociada en realidad al tipo de producto alimenticio así identificado.

45 8. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de realizar un control de retroalimentación del funcionamiento del dispositivo de tostadura durante el calentamiento del producto también comprende las etapas de:

- \* obtener, instante a instante, un valor para una temperatura que es indicativo de la temperatura alcanzada por el producto durante el calentamiento;
- \* comparar el valor de la temperatura, que se obtiene en cada instante, con un valor tomado por la temperatura, en dicho instante, en una curva de tostadura de temperatura frente al tiempo, que está asociada a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado,

50 en el que la etapa de ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura también se realiza basándose en el resultado de la comparación con dicho valor de temperatura.

55 9. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de realizar un control de retroalimentación del funcionamiento del dispositivo de tostadura durante el calentamiento del producto también comprende las etapas de:

- \* determinar, instante a instante, un valor para la energía sonora que el producto ha liberado hasta ese instante;
- 60 \* comparar el valor de la energía sonora, que se obtiene en cada instante, con un valor tomado por la energía sonora, en dicho instante, en una curva de tostadura de energía sonora frente al tiempo, que está asociada a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado, y

65 en el que la etapa de ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura también se realiza basándose en el resultado de la comparación con el valor de energía sonora.

10. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de realizar un control de retroalimentación del funcionamiento del dispositivo de tostadura durante el calentamiento del producto también comprende las etapas de:

- 5           \* determinar, instante a instante, un valor que es indicativo del calor transferido al producto hasta ese instante;  
          \* comparar el valor indicativo, que se determina en cada instante, con un valor tomado por el calor transferido, en dicho instante, en una curva de tostadura de calor transferido frente al tiempo, que está asociada a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado, y

10       en el que la etapa de ajustar, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura también se realiza basándose en el resultado de la comparación con el valor del calor transferido.

11. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto está compuesto por granos de café o granos de cebada o trozos de frutos secos.

15       12. Método de acuerdo con las reivindicaciones 1, 8, 9 o 10, en el que, una vez que el producto está tostado, se contempla almacenar los valores, obtenidos o determinados instante a instante, de la cantidad de sonido y/o la temperatura y/o la energía sonora y/o el calor transferido en una base de datos, y asociarlos a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado como curvas de tostadura de cantidad de sonido y/o temperatura y/o energía sonora y/o calor transferido.

20       13. Método de acuerdo con las reivindicaciones 1, 8, 9 o 10, en el que, una vez que el producto está tostado, se contempla almacenar los ajustes, realizados instante a instante, de los parámetros operativos del dispositivo de tostadura en una base de datos, y asociarlos a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado como valores de referencia predeterminados para dichos parámetros operativos.

25       14. Aparato para tostar un producto alimenticio, que comprende:

- 30       - un dispositivo de tostadura adaptado para recibir un lote de un tipo de producto alimenticio predeterminado a tostar, comprendiendo el dispositivo de tostadura un sensor de sonido que opera en un intervalo de frecuencias que comprende tanto frecuencias audibles para el oído humano como frecuencias de ultrasonido;  
      - un dispositivo de control para ajustar el funcionamiento del dispositivo de tostadura actuando sobre los parámetros operativos del dispositivo de tostadura;  
35       - una base de datos, adaptada para almacenar una curva de tostadura respectiva de cantidad de sonido frente a tiempo, y unos valores de referencia iniciales respectivos para dichos parámetros operativos, para cada uno de una pluralidad de tipos de productos;

en el que el dispositivo de control está configurado para:

- 40       - establecer inicialmente dichos parámetros operativos de acuerdo con los valores de referencia iniciales respectivos, que están asociados a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado en dicha base de datos, con el fin de iniciar el calentamiento del producto adaptado para tostar el producto; y  
      - realizar un control de retroalimentación del funcionamiento del dispositivo de tostadura durante el calentamiento del producto:

- 45           \* obteniendo, instante a instante, un valor para una cantidad de sonido de un sonido emitido por el producto, detectándose dicho sonido por dicho sensor de sonido;  
          \* comparando el valor de la cantidad de sonido, que se obtiene en cada instante, con un valor tomado por la cantidad de sonido, en dicho instante, en la curva de tostadura respectiva de dicha cantidad de sonido frente al tiempo, que está asociada a dicho tipo de producto alimenticio predeterminado en dicha base de datos; y  
50           \* ajustando, instante a instante, los parámetros operativos del dispositivo de tostadura de acuerdo con el resultado de dicha comparación.

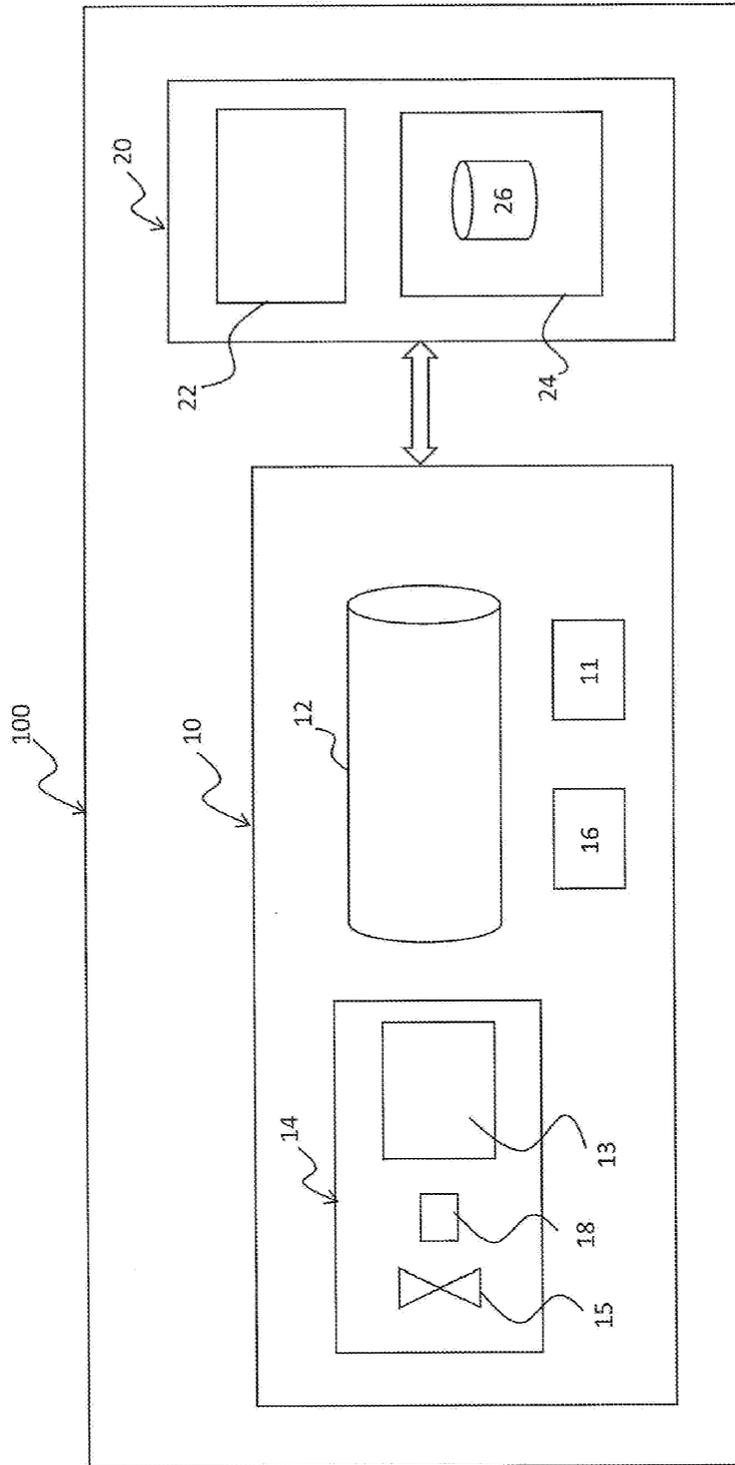


FIG. 1

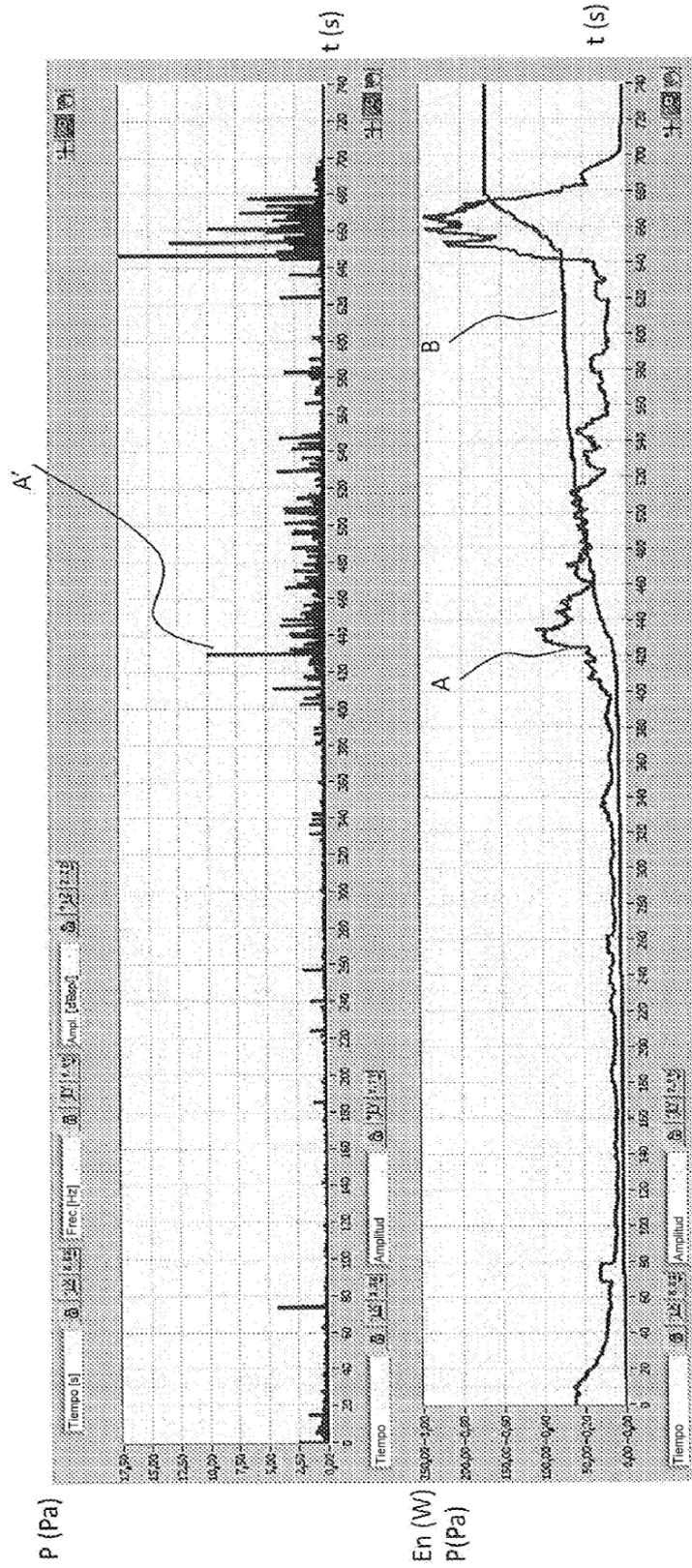


FIG. 2

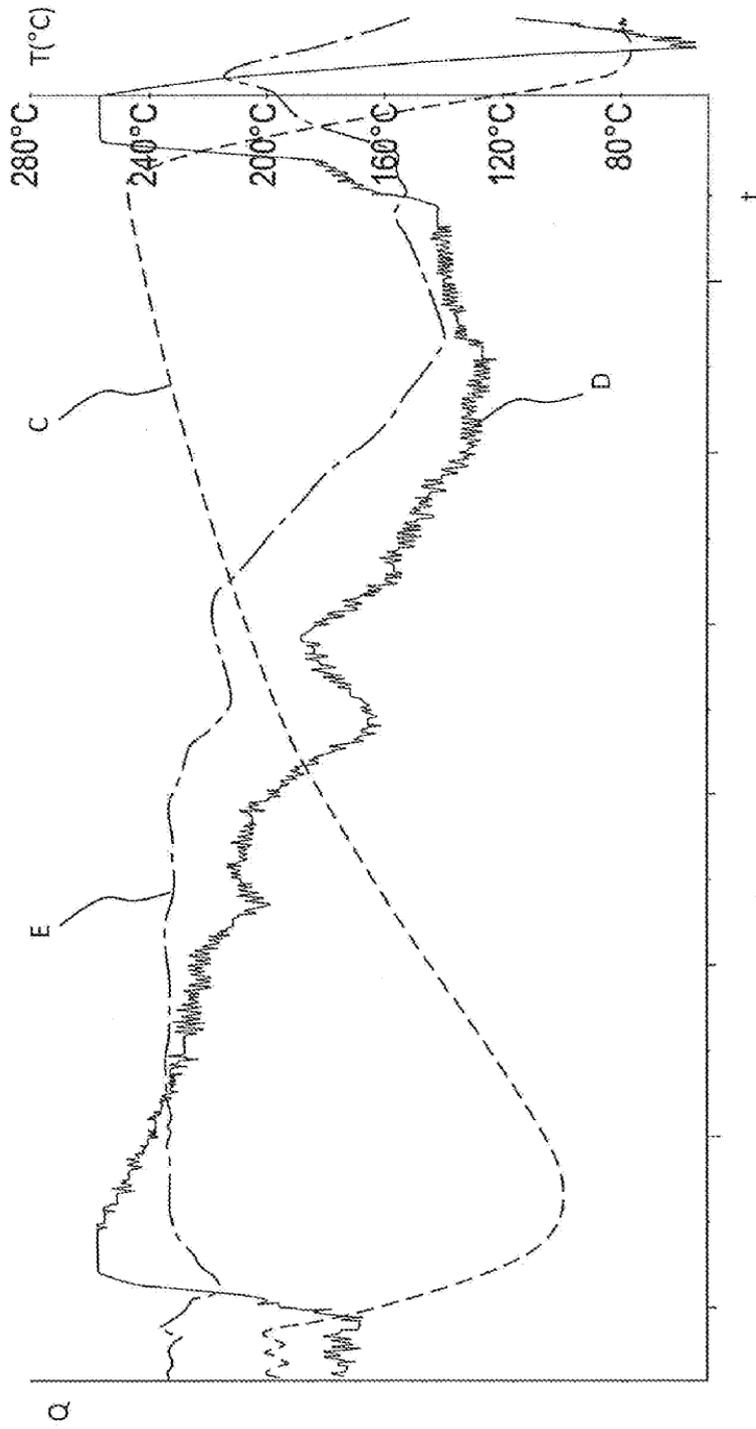


FIG. 3