



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 221 774**

② Número de solicitud: 200201101

⑤ Int. Cl.7: **G01N 33/00**

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **10.05.2002**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.01.2005**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
01.01.2005

⑦ Solicitante/s: **Universidad de Sevilla
c/ Valparaiso 5 2ª Planta
41013 Sevilla, ES**

⑦ Inventor/es: **Bordons Alba, Carlos y
Fernández Camacho, Eduardo**

⑦ Agente: **No consta**

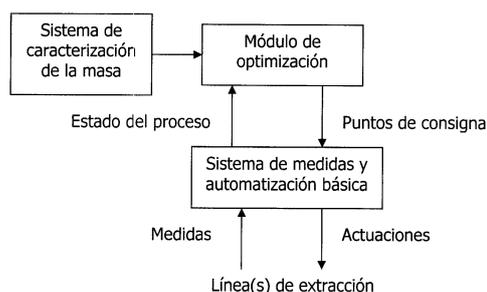
⑤ Título: **Sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva.**

⑦ Resumen:

Sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva.

El sistema objeto de la presente invención supone la automatización integral del proceso de extracción de aceite en una almazara y consta de tres módulos:

- Sistema de medidas y automatización básica, que mide y registra las variables características del proceso, y las mantiene en el punto de consigna que le indique el módulo de optimización.
- Sistema de caracterización de la masa, que proporciona la humedad y el contenido graso de la masa de aceituna que está entrando en la termobatidora.
- Módulo de optimización, que en base los datos proporcionados por los otros dos módulos, decide en cada instante cuál debe ser el punto de consigna de cada uno de los controladores básicos de forma que se obtenga la máxima cantidad de aceite sin deteriorar su calidad.



ES 2 221 774 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva.

Objeto

El objeto al cual se refiere la invención que se protege en esta patente consiste en un sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva. De esta manera se consigue obtener la máxima producción posible de aceite de las líneas de extracción sin deteriorar su calidad, de forma continua y prácticamente sin intervención de ningún operario.

Antecedentes

En la actualidad, el procedimiento más extendido para la obtención de aceite de oliva es el llamado sistema de extracción de dos fases, que recibe dicho nombre ya que los productos que se obtienen son el aceite y una mezcla de orujo y alpechín denominada alpeorujo. Este proceso se lleva a cabo en tres etapas, que se describen brevemente a continuación:

- a) *Molienda o etapa de preparación.* En esta etapa se muele la aceituna que se ha almacenado en las tolvas tras su recolección. La molienda se realiza normalmente en molinos de martillo, que trituran la materia prima para formar la "masa".
- b) *Batido o etapa de acondicionamiento.* La masa obtenida en los molinos entra en la línea de extracción, donde el primer proceso que sufre es el batido, que la acondiciona para la posterior extracción del aceite contenido en el interior de la aceituna. El batido se lleva a cabo en una máquina denominada termobatidora, donde la masa es calentada y removida durante cierto periodo de tiempo hasta que está lista para pasar a la siguiente etapa. Tanto el tiempo de duración del batido como la temperatura a la que se somete la masa en el mismo tienen una gran influencia en la calidad final del aceite.
- c) *Etapas de extracción.* La masa ya acondicionada se hace pasar por la centrífuga horizontal o decánter, máquina que, girando a alta velocidad, se encarga de la separación en fases según densidad gracias a los efectos centrífugos. Es muy importante asegurar la homogeneidad de la masa a la entrada al decánter (temperatura, caudal y humedad), para lo cual se puede añadir cierta cantidad de agua de adición.

La operación del proceso anteriormente expuesto conlleva la realización en continuo de una serie de medidas y la actuación sobre algunos puntos del proceso, además de la disponibilidad de los medios de cálculo adecuados. En la mayoría de las instalaciones existentes en la actualidad el proceso de elaboración del aceite de oliva está basado en la intervención humana (básicamente la del maestro almazarero). Se presentan ciertos problemas que no están bien resueltos, por lo que se hace necesaria la presencia constante de una persona que tome las decisiones. Esta forma de operación presenta numerosos inconvenientes como:

- La existencia de una gran cantidad de información que el maestro de Almazara debe procesar en cada instante (sobre todo si existen varias líneas de extracción) dificulta la correcta toma

de decisiones para garantizar en cada momento que todo el proceso esté dentro de los límites operacionales marcados. La necesidad de tener el proceso vigilado de forma permanente merma la capacidad de concentración, por lo que dificulta sobremanera la permanente necesidad de tomar decisiones sobre la marcha.

- La información visual de que dispone el operador da una idea (sólo instantánea) del proceso, sirviendo de débil referencia para efectuar correcciones en el mismo, ya que estos controles están sujetos a criterios de valoración muy subjetivos.
- La forma de operar el proceso puede ser muy dependiente de la persona encargada en cada turno, por lo que la calidad y cantidad de aceite obtenido pueden resultar heterogéneas. En muchas situaciones se trata de un proceso casi artesanal, impropio de los volúmenes de producción que se manejan en la actualidad.

Los sistemas de control implantados en la actualidad en las almazaras se dedican básicamente a la monitorización de las variables más importantes, sirviendo de ayuda al operador, pero dejando en sus manos la toma de decisiones. En algunas almazaras existe regulación de algunas variables (básicamente los caudales de producto de entrada y de salida a la termobatidora), que se llevan automáticamente al punto de consigna marcado manualmente por el operador, el cual debe elegir en cada instante cómo quiere hacer trabajar el proceso según le dicte su experiencia.

Explicación de la invención

Vistas todas estas dificultades, y otras que añaden grandes complicaciones adicionales a la automatización integral del proceso, se hace necesario contar con un verdadero y eficaz sistema de optimización, estableciendo nuevas estrategias de control en línea que, con carácter anticipativo, tomen las oportunas acciones correctoras. Esta es la finalidad del Sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva, objeto de la presente invención.

El sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva, está constituido por:

- *Sistema de medidas y automatización básica.* Este sistema está constituido por sensores, un Controlador Programable con sus tarjetas de adquisición de datos y las rutinas para la realización de bucles de control. Se encarga de medir y registrar las variables características del proceso (temperaturas y caudales de masa, agua y aceite) y mantenerlas en el punto de consigna (punto de operación deseado o set-point) que le indique el módulo de optimización.
- *Sistema de caracterización de la masa.* Se trata de un sistema de medida que es capaz de proporcionar en tiempo real, es decir, de forma instantánea, la humedad y el contenido graso de la masa de aceituna que está entrando en la termobatidora (que es la máquina que se encarga del acondicionamiento de la aceituna a la entrada de la línea de extracción).
- *Módulo de optimización.* Comprende un ordenador donde se ejecuta el algoritmo de optimi-

zación, el cual, en base a los datos del estado del proceso proporcionados por el sistema de medidas y automatización básica, decide en cada instante cuál debe ser el punto de consigna de cada uno de los controladores básicos de forma que se obtenga la máxima cantidad de aceite sin deteriorar su calidad. Para ello utiliza la información sobre las condiciones de la masa a la entrada que le proporciona el sistema de la caracterización de masa.

El Sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva consigue la automatización integral del proceso de extracción. Para ello es necesario, por un lado, conocer el estado del proceso y poder controlar los bucles básicos de control, lo cual se consigue con el módulo de sistema de medidas y automatización básica. La utilización de este módulo permite descargar al operador de la atención constante que debería dedicar a los indicadores visuales, ya que este módulo se encarga de registrar las variables de interés y mantenerlas en el punto de consigna fijado. Pero para mantener una operación óptima de todo el proceso es necesario el módulo de optimización, el cual, tomando la información proporcionada por el sistema de caracterización de masa, y mediante un algoritmo que se ejecuta en un ordenador, decide en cada instante cuáles deben ser las consignas que se envían a los bucles básicos de control.

Descripción de la figura

La figura 1 permite complementar la descripción de la invención y facilitar su interpretación. En ella se observa la relación que existe entre las tres partes que conforman el sistema. Se tiene que el sistema de medidas y automatización básica es el que interactúa con el proceso (línea o líneas de extracción) tomando medidas de las variables y enviando las acciones de control a los actuadores (bombas, válvulas y dispositivos de alimentación). Por su parte, el módulo de optimización recibe información de los otros sistemas y es el encargado de tomar las decisiones, que se envían al proceso indirectamente.

Descripción detallada de la invención

A continuación se describen en detalle las tres partes de la invención:

Sistema de medidas y automatización básica

Este sistema tiene dos funciones básicas: por un lado la adquisición y almacenamiento de las variables más importantes del proceso de extracción y por otro el control básico de los equipos que aparecen en el proceso.

Este sistema recoge las variables del proceso, que son el caudal de aceituna que está entrando a la línea de extracción, las temperaturas en los distintos cuerpos de la termobatidora, el caudal y la temperatura del agua de calefacción de la termobatidora, el caudal y la temperatura de la masa, el caudal y temperatura de agua de adición, el caudal de coadyuvante, las propiedades del alpeorujo (humedad y contenido graso), el caudal de aceite que va saliendo de la línea y cuantas medidas se puedan tomar en la instalación. Se encarga de mostrar al operador las variables que se le soliciten y de almacenarlas en archivos históricos para su posterior consulta.

Además de recoger información, se encarga del control automático de las variables más importantes. Este control se lleva a cabo mediante rutinas de regulación clásicas, del tipo acción Proporcional más

acción Integral más acción Derivarla (denominadas PID). De esta manera, las variables se pueden llevar al punto de consigna que decida el módulo de optimización.

Sistema de caracterización de la masa

Este sistema se encarga de proporcionar en tiempo real, es decir, de forma instantánea, la humedad y el contenido graso de la masa de aceituna que está entrando en la termobatidora, que es la fase de acondicionamiento previa al proceso de extracción en sí.

El conocimiento de las propiedades de la masa al comienzo del proceso es fundamental si se quiere que éste opere de la mejor manera posible. Resulta evidente que cuanto antes se detecten los cambios en las propiedades de la materia prima antes se podrán tomar las medidas necesarias para adecuar el proceso de extracción al material que está llegando. Las acciones correctoras surten mejor efecto si se realizan *a priori* en cuanto se detecta la perturbación (cambio en la materia prima) y no *a posteriori*, cuando el efecto se detecta en el producto final (aceite), en cuyo caso las acciones correctoras se toman demasiado tarde.

Este sistema por tanto envía valiosa información al módulo de optimización de forma que éste pueda realizar un control anticipativo, adelantándose al efecto que los cambios en la materia prima producen en la calidad del aceite.

Módulo de optimización

Este módulo tiene como misión el cálculo de la estrategia de operación que permite obtener la máxima cantidad de aceite sin deteriorar la calidad del mismo. Para ello necesita tanto los datos del estado del proceso proporcionados por el sistema de medidas y automatización básica como la información sobre las condiciones de la masa a la entrada que le proporciona el sistema de caracterización de masa.

La optimización está basada en un modelo dinámico del proceso. Se trata de un algoritmo que garantiza el cumplimiento del objetivo satisfaciendo además una serie de restricciones en la operación. El objetivo que se busca es obtener la máxima cantidad de aceite para cada situación, la cual depende de las condiciones de la materia prima (información proporcionada por el sistema de caracterización de la masa) y del estado del proceso (información proporcionada por el sistema de medidas y automatización básica). Las restricciones de operación son los condicionantes que deben imponerse para que no se deteriore la calidad del aceite durante el procesado. Estas restricciones son fundamentales para evitar que se haga pasar al producto por situaciones indeseables que mermen su calidad, evitando por ejemplo cambios bruscos de temperatura.

La rutina de optimización funciona en tiempo real y decide en cada instante cuál debe ser el punto de consigna de cada uno de los controladores básicos del sistema de medidas y automatización básica, el cual se encarga de que efectivamente el proceso realice la estrategia de operación óptima.

Estos tres módulos están conectados entre sí de forma permanente, intercambiando información de forma periódica con la frecuencia que se desee. La comunicación entre el sistema de caracterización de la masa y el optimización es unidireccional, es decir, el primero envía información al segundo. Sin embargo, entre el módulo de optimización y el sistema de medidas y automatización básica se establece una co-

municación bidireccional, ya que el primero envía las consignas cada vez que sea necesario cambiarlas y recibe continuamente el valor de las medidas de las variables de proceso.

Modo de realización de la invención

Para mostrar con claridad la naturaleza y el alcance de la aplicación del “Sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva” que constituye el objeto de esta patente, se describen a continuación los medios materiales necesarios para la realización de la invención.

Tal como se ha indicado previamente, el proceso de extracción de aceite de oliva por el método de dos fases se lleva a cabo en tres etapas, que se describen brevemente a continuación:

- a) *Molienda o etapa de preparación.* En esta etapa se muele la aceituna que se ha almacenado en las tolvas tras su recolección. La molienda se realiza normalmente en molinos de martillo, que trituran la materia prima para formar la “masa”.
- b) *Batido o etapa de acondicionamiento.* La masa obtenida en los molinos entra en la línea de extracción, donde el primer proceso que sufre es el batido, que la acondiciona para la posterior extracción del aceite contenido en el interior de la aceituna. El batido se lleva a cabo en una máquina denominada termobatidora, donde la masa es calentada y removida durante cierto periodo de tiempo hasta que está lista para pasar a la siguiente etapa. Tanto el tiempo de duración del batido como la temperatura a la que se somete la masa en el mismo tienen una gran influencia en la calidad final del aceite.
- c) *Etapas de extracción.* La masa ya acondicionada se hace pasar por la centrífuga horizontal o decánter, máquina que, girando a alta velocidad, se encarga de la separación en fases según densidad gracias a los efectos centrífugos. Es muy importante asegurar la homogeneidad de la masa a la entrada al decánter (temperatura, caudal y humedad), para lo cual se puede añadir cierta cantidad de agua de adición. El sistema es un dispositivo formado por los tres bloques que se han descrito en la sección anterior y que se detallan a continuación.

• *Sistema de medidas y automatización básica.* Dispone como medios materiales de sensores y un controlador programable

Necesita los sensores propios para conocer el estado del proceso, que serán sensores de temperaturas y caudales y adicionalmente otro tipo de sensores como los de análisis de propiedades físico-químicas u organolépticas que se puedan incluir. En concreto la toma de datos se realiza de la siguiente forma, donde los caudales se miden con caudalímetros y las temperaturas con sensores de temperatura (que pueden ser de diversas tecnologías):

A la entrada de la línea de extracción se mide el caudal de aceituna, en la termobatidora se miden las temperaturas en los distintos cuerpos (que normalmente son tres o cuatro), el caudal y la temperatura del agua de calefacción de la termobatidora así como el caudal de coadyuvante. A la salida de la termoba-

tidora se mide el caudal de masa y la temperatura de la masa y también el caudal y la temperatura de agua de adición. A la salida del decánter se mide por un lado el caudal de aceite que va saliendo de la línea y por otro las propiedades del alpeorajo (principalmente humedad y contenido graso). Estas últimas se pueden medir con un sensor de tipo infrarrojo (NIR) o con el sistema de muestreo de orujo recogida en la solicitud de patente número P9800746, en el que se toman muestras de orujo colocando un sinfín con motor de accionamiento a la salida del decánter.

Además de las indicadas, se pueden incluir cuantas medidas se puedan tomar en la instalación por algún tipo de sensor físico o virtual.

Por otro lado se precisa de un controlador programable con comunicación con el operador, la cual se realizará mediante un teclado y una pantalla de ordenador. Esta comunicación permite al operador observar de forma gráfica cuando lo desee la evolución de las variables características del proceso y actuar manualmente sobre el proceso en caso de necesidad. El controlador dispone también de un dispositivo de almacenamiento magnético, que servirá para almacenar la base de datos de los archivos históricos. Llevará incorporados los circuitos electrónicos necesarios para la adquisición de las medidas proporcionadas por los sensores y los que permiten proporcionar alimentación eléctrica a los actuadores.

• Sistema de caracterización de la masa

Este sistema está constituido por un elemento sensor que se encarga de tomar medidas de la humedad y el contenido graso de la masa que entra en la termobatidora. Este sensor puede ser de una de las dos tecnologías usadas en la actualidad: basado en la tecnología del infrarrojo cercano o en radiación de microondas. No realiza toma de muestras sino que dispone de un visor que se coloca en la toma de alimentación de la termobatidora y permite recoger la radiación en forma de microondas o de radiación infrarroja según el dispositivo empleado.

• Módulo de optimización

Este módulo requiere como medios materiales un ordenador y la conexión con los otros bloques. En este ordenador se ejecutará la rutina de optimización descrita previamente, que hace uso del modelo dinámico del proceso de extracción que tiene almacenado en su interior. El ordenador tiene una interfaz (pantalla y teclado) con el operario de manera que éste tenga siempre información de la evolución de la rutina de optimización y también le permita cambiar algunos parámetros como por ejemplo las restricciones y los parámetros de sintonización.

La toma de decisión se realiza mediante la resolución de un algoritmo de programación cuadrática (Quadratic Programming, QP) en tiempo real y la consideración de un modelo dinámico del proceso en forma de ecuaciones diferenciales. Este algoritmo matemático encuentra la solución óptima al problema de maximizar la cantidad de aceite teniendo en cuenta las restricciones de operación, las cuales se formulan mediante unos límites de operación que elige el operador. De esta manera el maestro elige a través del teclado los límites de temperatura y tiempo de batido y caudales máximos de masa y de agua de adición.

La conexión entre los módulos se realiza por cualquier medio eléctrico u óptico de los aceptados en la

industria. Se puede realizar la comunicación en forma analógica (con valores de tensión o intensidad), digital o mixta. La mejor solución es la conexión a través

de red local, pero se admiten otras soluciones de menor coste.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva que se **caracteriza** porque está formado por:

- a) un sistema de medidas y automatización básica que comprende una pluralidad de sensores situados aguas debajo de la entrada al decanter y un controlador programable que recibe la información captada por los sensores, la almacena y mantiene las variables en el punto de consigna que le indique el módulo de optimización.
- b) un sistema de caracterización de la masa que comprende una pluralidad de sensores situados aguas arriba de la entrada al decanter.
- c) un módulo de optimización formado por un ordenador en el que se ejecuta un algoritmo de optimización, que es un modelo dinámico que se ejecuta en base a las restricciones impuestas, a los datos del estado del proceso proporcionados por el sistema de medidas y automatización básica y a las condiciones de la materia prima proporcionadas por el sistema de caracteriza-

ción de la masa. Este módulo tiene una interfaz con el operario (teclado y pantalla) que permite a este último tener información de la evolución de la rutina de optimización e intervenir en la misma cambiando las restricciones y los parámetros de sintonización.

2. Sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva según reivindicación 1, **caracterizado** porque los sensores del sistema de medidas y automatización básica son sensores de temperatura y caudal.

3. Sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva según reivindicación 2, **caracterizado** porque los sensores del sistema de caracterización de la masa son sensores de humedad y contenido graso.

4. Sistema de optimización integral de líneas de extracción de aceite de oliva según reivindicaciones 2 ó 3, **caracterizado** porque la comunicación entre el módulo de optimización y el sistema de medidas y automatización básica es bidireccional, ya que el primero envía las consignas cada vez que sea necesario cambiarlas y recibe continuamente el valor de las medidas de las variables del proceso.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

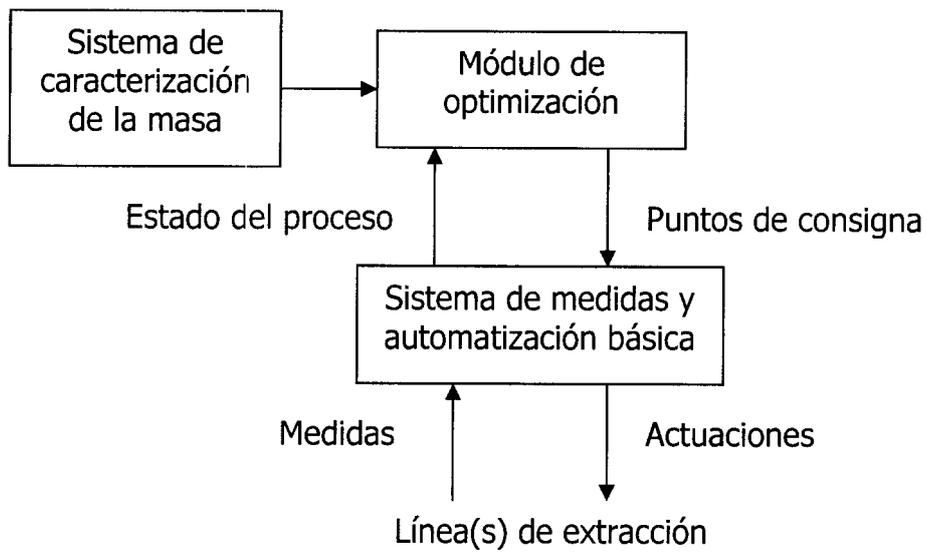
50

55

60

65

Figura 1





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 221 774

② Nº de solicitud: 200201101

③ Fecha de presentación de la solicitud: 10.05.2002

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.7: G01N 33/00

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
E	ES 2206015 A (UNIVERSIDAD DE SEVILLA) 01.05.2004, todo el documento.	1-4

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

29.11.2004

Examinador

J. Olalde Sánchez

Página

1/1