

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 445 752**

51 Int. Cl.:

G01N 21/31 (2006.01)

G01N 33/02 (2006.01)

G01N 21/47 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2006 E 06820731 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2013 EP 1924839**

54 Título: **Método y aparato para determinar la calidad de productos de fruta y verdura**

30 Prioridad:

10.08.2005 IT MO20050211

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

05.03.2014

73 Titular/es:

**ALMA MATER STUDIORUM -UNIVERSITA' DI
BOLOGNA (100.0%)
VIA ZAMBONI, 33
40126 BOLOGNA, IT**

72 Inventor/es:

**COSTA, GUGLIELMO;
NOFERINI, MASSIMO y
FIORI, GIOVANNI**

74 Agente/Representante:

GALLEGO JIMÉNEZ, José Fernando

ES 2 445 752 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 para determinar la calidad de productos de fruta y verdura

La invención se refiere a un método y un aparato para determinar la calidad de productos de fruta y verdura.

La técnica anterior comprende varios métodos y aparatos para determinar la calidad de productos de fruta y verdura.

5 En la solicitud de patente internacional WO-00/02036 se muestra un método para determinar la maduración y la calidad de fruta y bayas midiendo la cantidad de fluorescencia de la clorofila y un aparato para clasificar la fruta y las bayas. El método se basa en la determinación de la cantidad de fluorescencia de la clorofila de la fruta y de las bayas. El método comprende inducir fluorescencia en la molécula de la clorofila irradiando la fruta y las bayas con radiación electromagnética con una longitud de onda adecuada y medir el grado de fluorescencia.

10 Debido a que la intensidad de la fluorescencia de la clorofila está asociada directamente con la cantidad de clorofila, es posible clasificar la fruta y las bayas por maduración y calidad basándose en la cantidad de clorofila contenida en la fruta.

15 En este documento, la medición de la clorofila se usa para determinar la maduración de frutas pequeñas, tal como arándanos, cuando las mismas están en estado congelado. Por lo tanto, esta aplicación es específica y muy limitada, además, el aparato para aplicar el método es bastante complejo y no es portátil.

20 En la patente de Estados Unidos US 5 822 068 se describe un método de ensayo no destructivo para realizar ensayos sobre fruta y verdura a efectos de determinar su calidad después de ser cosechadas (compacidad, estructura, aroma y color) usando la intensidad de la fluorescencia de la piel o de las hojas. Se usa una fuente de luz roja de baja intensidad para irradiar la piel o las hojas de varias plantas que pertenecen a variedades de fruta o verdura para obtener un primer nivel de intensidad de fluorescencia por encima del de la luz roja en el intervalo entre 710 nm y 740 nm.

Se usa una segunda fuente de luz roja de alta intensidad para producir una segunda intensidad máxima de fluorescencia en la piel o en las hojas, todavía en el intervalo entre 710 nm y 740 nm.

25 Mediante la relación entre la "diferencia del primer nivel de intensidad de fluorescencia" y "la segunda intensidad" se obtiene una medición de la calidad de la fruta o de la verdura.

30 En las patentes de Estados Unidos US 6 512 577 y US 6 847 447 se describen un aparato, un método y unas técnicas para medir y correlacionar las características de las muestras de fruta con el espectro de radiación visible y/o cercano al infrarrojo. Los métodos y los aparatos de estas dos patentes usan, en muestras que contienen moléculas de N-H, C-H y O-H, que incluyen la fruta, rayos con longitudes de onda en el intervalo de 250 nm a 1150 nm para determinar uno o más parámetros, por ejemplo, contenido en sólidos solubles, dureza de pulpa, acidez, densidad, pH y color, y para medir defectos externos e internos y enfermedades que comprenden, por ejemplo, abolladuras al nivel de la piel o también por debajo de la misma, marcas, quemaduras y orificios.

35 En "DETECTING INTERNAL BREAKDOWN IN NECTARINES AND PEACHES USING OPTICAL MEASUREMENTS", ACTA HORTICULTURAE, vol. 599, 2003, páginas 351 -357, de HERNANDEZ-MARTINEZ, R., QUENON, V., JANCOSK, y DE BAERDEMAEKER, se describe un método de interactancia para detectar lesiones internas en melocotones y nectarinas. El método comprende determinar el espectro de interactancia de la fruta entre 550 y 950 nanómetros, calcular la relación de transmitancia a 805 y 720 nm y usar dicha relación para clasificar frutas intactas y afectadas.

40 El método descrito en este documento solamente resulta útil para determinar lesiones internas en las frutas, pero no permite obtener ninguna información sobre el grado de maduración de las frutas.

US-A-2 933 613 describe un método y un aparato para clasificar objetos según su color, de forma específica, para clasificar cítricos a efectos de distinguirlos entre fruta totalmente madura y frutas con diversos grados de desarrollo o maduración.

45 El método comprende medir la reflectancia de la superficie de un cítrico en las longitudes de onda de 720 nm y 680 nm, calcular la diferencia entre la reflectancia en 720 nm y 680 nm y usar dicha diferencia para determinar el grado de maduración de la fruta.

50 El método mencionado anteriormente puede usarse solamente con tipos de frutas en las que el color de la superficie de la fruta depende del grado de maduración, pero no puede usarse con frutas en las que el color de la superficie no es un índice fiable del grado de maduración, tal como, por ejemplo, algunos tipos de melocotones y manzanas, cuya superficie alcanza una coloración intensa antes de que la fruta está totalmente madura.

En "An approach to non-destructive apple fruit chlorophyll determination", POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, vol. 25, no. 2, 2002, de M. ZUDE-SASSE ET AL., se describe un método para determinar el

contenido de clorofila de una fruta. El método comprende determinar el espectro de transmitancia de una fruta en el intervalo de 600 a 750 nm, analizar el espectro, identificar la frecuencia del punto de inflexión del espectro calculando la segunda derivada del espectro y usar dicha frecuencia como un parámetro para determinar el grado de maduración de la fruta.

5 WO 00/79243 A describe un sistema de detección distribuido en un entorno en red para identificar un analito de interés que incluye una primera matriz de sensores (fijos o móviles) conectados a la red que comprende sensores capaces de producir una primera respuesta en presencia de un estímulo químico; una segunda matriz de sensores conectados a la red que comprende sensores capaces de producir una segunda respuesta en presencia de un estímulo físico; y un ordenador local o remoto que comprende un algoritmo residente con proceso de datos, comparación de datos y capacidad de tomar decisiones. El algoritmo indica o selecciona el sensor más relevante en la red para identificar el analito. Los sensores de las dos matrices pueden estar separados a lo largo de grandes áreas de espacio, estando conectadas las matrices de sensores entre sí en red a lo largo del entorno controlado para la presencia e identificación del analito. Las redes adecuadas incluyen una red de área local de ordenadores, una intranet o Internet.

10
15
20 WO 02/088678 A describe un instrumento para medir las propiedades de productos vegetales que comprende: una fuente de energía adaptada para dirigir una radiación contra la fruta, medios para recibir la radiación reemitida por dicha fruta, un espectrógrafo que analiza dicha radiación, medios para transportar dicha radiación al espectrógrafo y medios para procesar los datos generados por el espectrógrafo, comprendiendo la fuente de energía una pluralidad de LED contenidos en una única carcasa portátil dotada de un asa y un cabezal de sonda. El espectrógrafo y los medios de proceso están separados físicamente de dicha carcasa portátil, a la que están conectados eléctrica y ópticamente al menos a través de una conexión óptica/eléctrica múltiple. Los LED están dispuestos según disposiciones de bucle cerrado en la superficie del cabezal de sonda y dichos medios para recibir la radiación reemitida están dispuestos en el centro de los anillos formados por los LED que emiten radiaciones cuyos espectros de emisión respectivos son contiguos.

25
30 En "TIME-RESOLVED REFLECTANCE SPECTROSCOPY AS A NON-DESTRUCTIVE TOOL TO ASSESS THE MATURITY AT HARVEST AND TO MODEL THE SOFTENING OF NECTARINES", ACTA HORTICULTURAE, INTERNATIONAL SOCIETY FOR HORTICULTURAL SCIENCE, BE, vol. 682, 1 enero 2005 (01-01-2005), páginas 1459-1464, XP008069635 ISSN: 0567-7572, de ECCHER ZERBINI P ET AL, se describe el uso de espectroscopia de reflectancia de resolución temporal para determinar la maduración en la cosecha y para realizar un modelo del ablandamiento de las nectarinas midiendo las propiedades ópticas de absorción y dispersión en la longitud de onda de 670 nm.

Los métodos y aparatos conocidos para determinar la calidad de los productos de fruta y verdura presentan ciertos inconvenientes.

35
40 Los métodos y aparatos conocidos son bastante complejos de implementar y usar y, con frecuencia, no son portátiles. Son necesarias largas series de ensayos de preparación y calibración, es decir, cientos de ensayos destructivos, en cada tipo de producto de fruta o verdura para poder obtener un modelo de prevención que se usará en comprobaciones posteriores de los productos cuya calidad debe ser determinada. Además, cada vez que cambia una tanda de frutas o verduras, es necesario repetir la calibración. Con frecuencia, los métodos y aparatos conocidos para determinar la calidad de los productos de fruta y verdura son utilizables solamente en algunos tipos específicos de fruta y verdura y no permiten obtener resultados fiables, de modo que las comprobaciones de los productos de fruta y verdura no permiten obtener una determinación eficaz de la calidad de los productos.

Además, los métodos y aparatos conocidos para determinar la calidad de los productos de fruta y verdura producen valores que se ven afectados por la temperatura de los productos, de modo que es necesario compensar la temperatura en las mediciones realizadas, aunque esta compensación no siempre permite obtener valores fiables.

45 Un objetivo de la invención consiste en mejorar los métodos y aparatos conocidos para determinar la calidad de productos de fruta y verdura.

Otro objetivo consiste en realizar un método y un aparato para determinar la calidad de productos de fruta y verdura que permiten obtener una determinación fiable y creíble de la calidad de los productos de fruta y verdura.

50 Otro objetivo consiste en realizar un aparato para determinar la calidad de productos de fruta y verdura que es realmente portátil.

Otro objetivo adicional consiste en realizar un método y un aparato para determinar la calidad de productos de fruta y verdura que son independientes con respecto a la temperatura de los productos.

Otro objetivo adicional consiste en simplificar los métodos y la estructura de los aparatos de la técnica anterior para determinar la calidad de productos de fruta y verdura.

55 En un primer aspecto de la invención, se da a conocer un método según la reivindicación 1.

En un segundo aspecto de la invención, se da a conocer un aparato según la reivindicación 8.

Gracias al primer y al segundo aspectos de la invención, es posible obtener una simplificación sustancial del aparato y el método para determinar la calidad de los productos de fruta y verdura. Gracias a la simplificación, la mayor fiabilidad y la mayor precisión en los resultados de los exámenes de los productos de fruta y verdura obtenidos, también se contienen los costes.

5 Es posible mejorar la comprensión y la implementación de la invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos, que muestran algunas realizaciones ilustrativas y no limitativas, en los que:

- la Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que muestra una primera realización del aparato para determinar la calidad de productos de fruta y verdura según la invención;

10 - la Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático que muestra una segunda realización del aparato para determinar la calidad de productos de fruta y verdura según la invención;

- las Figuras 3 y 4 muestran, respectivamente, una vista en perspectiva lateral y una vista frontal de un aparato para determinar la calidad de productos de fruta y verdura según la invención;

15 - la Figura 5 muestra un diagrama de la absorbancia de clorofila en función de la longitud de onda de la radiación electromagnética;

- las Figuras 6 y 7 muestran dos diagramas de la absorbancia de clorofila en función de la longitud de onda de la radiación electromagnética para dos tipos de fruta en diferentes grados de maduración;

- la Figura 8 muestra un diagrama del patrón de la concentración de etileno en dos lados diferentes de una fruta en función de un índice de AD;

20 - las Figuras 9 y 10 muestran dos diagramas estadísticos del índice de AD en función de algunas características típicas de la fruta;

- la Figura 11 muestra un diagrama de un sistema de adquisición de datos relacionados con varios centros de cultivo y cosecha usados en un aparato según la invención.

25 Haciendo referencia a las Figuras 1-4, 1 indica un aparato para determinar la calidad de productos 2 de fruta y verdura, tal como frutas y verduras. En la siguiente descripción, se hará referencia explícita a la determinación de la calidad de una fruta 2, incluso aunque la invención también puede ser aplicada en otros productos similares, tal como verduras, etc.

Algunos conceptos conocidos relacionados con la luz o la radiación luminosa y con la absorbancia que son necesarios para definir mejor la invención se introducen a continuación.

30 La luz consiste en fotones que se mueven con un movimiento ondulante rectilíneo. Si los fotones encuentran un obstáculo, se observan cambios en la dirección del movimiento de la luz. La dirección diferente es provocada por los efectos de reflexión, refracción, interferencia y difracción.

35 La luz es capaz de extenderse en el espacio a una velocidad constante C (300000 km por segundo) con un patrón repetido definido por la longitud (λ) de onda expresada en submúltiplos de un metro. Un número determinado de ondas pasará a través de un punto del espacio: este número es dicha frecuencia (ν) expresada en unidades de tiempo (seg^{-1} o Hz).

Existe una relación de proporcionalidad entre la longitud de onda y la frecuencia: $C = \lambda * \nu$.

40 Por lo tanto, es posible calcular la longitud de onda conociendo la frecuencia, de hecho, existe una proporcionalidad inversa entre la longitud de onda y la frecuencia. Entre la intensidad de corriente y la intensidad de la luz existe una relación que puede ser utilizada para mediciones. Esta relación se consigue mediante un fototubo que transforma una señal de luz en una señal eléctrica. El fototubo se basa en el principio fotoeléctrico según el cual cuando un haz de luz incide en materiales específicos se produce una excitación a la que la superficie del material responde en términos "eléctricos" con excitación de electrones, cuyo número se corresponde con la intensidad de la radiación penetrante. Independientemente de la fuente de luz, nunca se tendrá una radiación luminosa, sino diversas radiaciones, cada una con una longitud de onda propia. Aunque el término "luz" se asoció originalmente a la radiación electromagnética que es visible para el ojo humano, el uso del mismo se ha hecho frecuente en un sentido más amplio para indicar toda radiación electromagnética. Más adelante en esta descripción, toda radiación electromagnética se indicará mediante el término "luz" o "radiación luminosa".

50 Para dividir la luz blanca, como un grupo de todos los colores visibles, se utiliza un prisma que refracta la luz penetrante y la descompone. Para obtener una mejor dispersión de la luz penetrante, el prisma puede estar mecanizado para crear ranuras en una placa pequeña de material transparente, obteniéndose una difracción

acentuada. Este sistema se denomina de retícula.

En cada molécula de una sustancia se produce una absorción de radiación luminosa, debiéndose dicha absorción a un desplazamiento de electrones de la molécula de un nivel al nivel superior; esta absorción se produce en todas las moléculas de la misma sustancia.

5 También es posible afirmar que una sustancia determinada absorbe la radiación de una única longitud de onda determinada. Por este motivo, cada sustancia única tiene una radiación luminosa específica con una longitud de onda específica. Cuanto mayor es la energía necesaria para un paso determinado de un nivel a otro nivel de electrones, mayor será la frecuencia de la luz correspondiente.

10 Por lo tanto, la obtención de los espectros de absorción es un método excelente para identificar sustancias y para interpretar la estructura molecular desde el punto de vista geométrico y químico.

15 Si la absorción de energía lumínica de una sustancia en función de la longitud de onda de una radiación transmitida se muestra en un gráfico, la absorción máxima se producirá en la longitud de onda que es característica de la sustancia, es decir, la absorción máxima se obtendrá cuando la energía radiante hace que los electrones se muevan de un nivel al otro. La absorción disminuye cuando más se aleja de la longitud de onda característica con una tendencia en forma de curva de campana (curva de Gauss). Esta curva, que es característica de cada sustancia, se denomina "curva o espectro de absorción" y representa las propiedades ópticas de la sustancia.

Lo anteriormente expuesto también es aplicable en la sustancia en solución, y esto permite identificar la concentración de la solución creando una relación entre la luz penetrante (I_0) y la luz emergente (I).

Esta relación se denomina transmitancia: $(T) = I_0/I$

20 El logaritmo decimal de la transmitancia:

$$A = \log (I_0/I)$$

se define como la absorbancia (A) o densidad óptica (O.D.) o extinción (E). Este principio, que es conocido como la ley de Beer-Lambert, permite identificar la concentración de una solución que es capaz de absorber una zona determinada de la longitud de onda.

25 Para obtener los espectros de absorción, es necesario registrar en primer lugar un espectro de referencia, es decir, un espectro obtenido irradiando un objeto totalmente blanco (I_0), y disponerlo con respecto a un espectro (I) de una fruta, obtenido de manera similar, sustituyendo el objeto totalmente blanco por la fruta.

30 La invención se basa en la determinación de la absorción que se produce en una fruta solamente en dos longitudes de onda. De forma específica, la invención se basa en la medición de la absorbancia en una fruta en 670 nm y en 720 nm, correspondiéndose estos valores con el valor de absorción máximo y mínimo de clorofila, tal como se explica de forma más detallada a continuación.

El aparato 1 comprende esencialmente una fuente 3 de luz al menos con una longitud de onda centrada en 670 nm más o menos un intervalo de 50 nm. La fuente 3 de luz puede consistir en diodos LED o en un láser, o puede consistir en una fuente de luz blanca, por ejemplo, una lámpara halógena.

35 En el último caso, la fuente 3 de luz emite radiación que comprende la totalidad de la longitud de onda de la luz blanca.

40 La versión del aparato 1 que incluye diodos LED comprende al menos dos diodos LED que emiten radiación solamente dentro de las longitudes de onda de 670 nm y 720 nm. Con los diodos LED, el consumo de energía es muy limitado y, por lo tanto, este tipo de fuente de luz resulta especialmente indicada para el aparato 1 en su versión portátil.

45 Además, el aparato 1 comprende un sensor 4 que está dispuesto para su disposición en contacto con la fruta 2, estando conectado el sensor 4 a medios 6 de detección a través de un haz 5 de fibra óptica adecuado para transportar una señal de luz de retorno procedente de la fruta 2. Además, el sensor 4 tiene medios 4a de separación que evitan que la radiación originada por la fuente 3 alcance el sensor 4 directamente sin pasar a través de la fruta 2.

El campo visual del sensor 4 queda separado de la superficie iluminada de la fuente 3 de luz mediante un contacto estanco con la superficie de la fruta 2, esta manera de detectar la radiación de retorno procedente de la fruta también se denomina "interactancia".

50 Los medios 4a de separación pueden comprender un anillo de caucho blando o un manguito flexible dispuesto para su colocación en contacto con la fruta 2 sin dañarla.

Mediante el aislamiento del sensor 4 con respecto a la radiación procedente de la fuente 3 de luz, a la luz ambiente y

también a la luz reflejada por la superficie de la fruta, se evita el problema de clasificar una fruta basándose en el color. De hecho, con frecuencia, el color de la superficie de la fruta no está necesariamente asociado al estado de maduración.

5 Los medios 6 de detección comprenden medios 7 de filtro óptico y un detector 8. El detector 8 puede comprender medios de fotodiodo o un espectrómetro. La radiación de retorno procedente de la fruta 2 comprende radiación en varias longitudes de onda, los medios 7 de filtro óptico filtran solamente dos longitudes de onda en 670 nm y 720 nm.

Si el detector 8 es un espectrómetro, no es necesario disponer medios 7 de filtro óptico, ya que el espectrómetro puede seleccionar solamente las dos longitudes de onda en 670 nm y 720 nm.

10 Incluso aunque el detector 8 está representado como medios de fotodiodo, el consumo de energía es limitado y, por lo tanto, los medios de fotodiodo resultan especialmente adecuados para el aparato en su versión portátil.

15 Por lo tanto, las señales de absorción detectadas en las longitudes de onda en 670 nm y 720 nm se diferencian posteriormente mediante medios 9 de diferenciación y amplificación, obteniéndose de este modo una señal de baja intensidad que se corresponde con la diferencia de absorbancia en las dos longitudes de onda mencionadas anteriormente. La diferencia mencionada anteriormente se define como AD (diferencia de absorbancia), tal como se explicará de forma más detallada a continuación. Posteriormente, la señal AD se amplifica mediante los medios 9 de diferenciación y amplificación y se envía a una unidad 10 de control y proceso central.

20 La unidad 10 de control y proceso central procesa la señal AD de la diferencia de absorbancia y, mediante un algoritmo adecuado, la correlaciona con las características de calidad de la fruta, concentración de etileno, dureza de la pulpa, grados Brix, etc.

Basándose en el valor de las características mencionadas anteriormente y en la variedad de la fruta, la fruta se clasifica: por ejemplo, como madura, no madura, a conservar, etc., y se genera una señal correspondiente.

25 La señal mencionada anteriormente procesada por la unidad central 10 se envía a medios 11 de visualización que pueden comprender una pluralidad de diodos LED 12 o una pantalla 13 y que suministran información sobre la calidad de la fruta examinada. En la versión mostrada en la figura 1 también se dispone una unidad 14 de ajuste que permite ajustar los umbrales en los que los diodos LED 12 se encienden.

El aparato 1 comprende además un conmutador 15 que activa simultáneamente la fuente 3 de luz y la parte de adquisición de datos, es decir, el detector 8, los medios 9 de diferenciación y amplificación, la unidad central 10 y los medios 11 de visualización. De esta manera, el consumo de energía para que el aparato 1 funcione es limitado.

30 En la versión mostrada en la figura 2, el aparato 1 comprende medios 16 de memoria que almacenan las mediciones tomadas con un conmutador 17 de reinicio.

A través de medios de interfaz adecuados, por ejemplo, una conexión Rs-232, es posible conectar los medios 16 de memoria a un ordenador 18.

35 Circuitos de suministro eléctrico adecuados para la fuente 3 de luz y las otras partes del aparato completan el aparato 1. De forma específica, el suministro de la fuente 3 de luz comprende medios de estabilización de suministro que mantienen las emisiones de radiación lumínica a nivel constante. Estos circuitos de suministro eléctrico son de tipo conocido y, por lo tanto, no se describen de forma detallada.

40 Las Figuras 3 y 4 muestran el aparato 1 en versión portátil. El aparato comprende una carcasa 19 que encierra totalmente todos los componentes del aparato 1 y que también comprende medios de suministro de batería (no mostrados) que permiten el uso del aparato 1 para realizar mediciones de fruta todavía unida al árbol en el campo.

En esta versión, los medios 11 de visualización comprenden una pluralidad de diodos LED 12, cada uno con un color diferente. Por ejemplo, cada diodo LED 12 identifica una etapa diferente de maduración de la fruta: no madura, diodo LED verde; empezando a madurar, diodo LED amarillo; casi madura, diodo LED naranja; madura, diodo LED rojo.

45 El método según un ejemplo de la invención comprende las etapas de: irradiar un producto 2 de fruta o verdura con radiación de luz al menos con una longitud de onda centrada en un valor de longitud de onda de 670 nm más o menos un intervalo de 50 nm; medir la radiación reflejada por el producto 2 en dos longitudes de onda de 670 nm y 720 nm; calcular la diferencia en el valor de absorbancia entre los valores de las longitudes de onda en 670 nm y en 720 nm, obtener a partir de dicha diferencia un índice de AD cuyo valor está correlacionado con los diferentes parámetros que proporcionan una medición de la calidad del producto: contenido de sólidos solubles, dureza de la pulpa, concentración de etileno, etc.

50 Tal como se ha mencionado anteriormente, la invención se basa en la determinación de la absorbancia en 670 nm y en 720 nm.

En la figura 5, que muestra el espectro de absorción de clorofila en una fruta genérica, puede observarse que en 670 nm está el punto de máxima absorbancia de clorofila y en 720 nm está el punto de mínima absorbancia de clorofila.

5 El índice AD de absorbancia definido previamente permite determinar la calidad y maduración de la fruta, siendo establecido dicho índice de AD mediante la diferencia entre la absorbancia en las dos longitudes de onda mencionadas anteriormente (Figura 5):

$$\text{AD (diferencia de absorbancia)} = A(670 \text{ nm}) - A(720 \text{ nm})$$

10 Las figuras 6 y 7 muestran, para melocotones y manzanas, respectivamente, tres espectros de absorción de clorofila en tres etapas de maduración diferentes - curvas A, B, C y curvas A1, B1, C1 - refiriéndose las curvas A, A1 a melocotones y manzanas no maduros, refiriéndose por otro lado las curvas B, B1 a melocotones y manzanas en los que la maduración ya ha empezado, y refiriéndose en último lugar las curvas C, C1 a melocotones y manzanas maduros.

Analizando las figuras 6 y 7, puede observarse que el índice de AD, definido previamente y mostrado en la figura 5, varía en función de la maduración de la fruta, disminuyendo progresivamente su valor.

15 Con la medición del índice de AD, que se obtiene con el aparato 1 y el método según la invención, también se obtienen resultados satisfactorios con fruta que madura sin variar significativamente el color de la piel, ya que se considera parte de la piel y parte de la pulpa.

20 La medición del índice de AD, que se obtiene con el aparato 1 y el método según la invención, es independiente con respecto a la temperatura. De hecho, se ha comprobado que, aunque los valores de absorbancia en las dos longitudes de onda de 670 nm y 720 nm varían con la temperatura, la diferencia entre estos dos valores de absorbancia no cambia con la temperatura y esto evita tener que realizar compensaciones o calibraciones laboriosas y no fiables para tener en cuenta las variaciones de temperatura.

25 En consecuencia, es posible medir el índice de AD también en productos que presentan diferentes condiciones de temperatura, es decir, es posible medir una fruta cuando la misma acaba de dejar el refrigerador o cuando la misma acaba de ser recogida de la planta un día en mitad del verano sin necesidad de repetir calibraciones según la temperatura alcanzada por la fruta.

En la figura 8 se muestra la relación que existe entre el índice de AD, medido desde el lado verde (línea V) y desde el lado rojo (línea R) de la fruta, y el etileno (ppm: partes por millón) presente en una fruta durante la cosecha de un cultivo de manzana Gala.

Las dos líneas verticales "I" y "II" indican el intervalo de AD óptimo en el que debería llevarse a cabo la cosecha.

30 También es importante enfatizar que el índice de AD no varía entre los dos lados de la fruta. Esto indica que las diferencias de coloración debidas a una acumulación diferencial de otros pigmentos, tal como carotenoides y antocianinas, no afectan a los espectros registrados. Este aspecto es de importancia fundamental, ya que independiza la medición espectrométrica de la parte de la fruta en la que se realizó.

35 Otro aspecto importante de la invención consiste en que la medición se realiza en una capa de la fruta y, por lo tanto, es independiente del tamaño de la fruta.

En la figura 9 se muestra la relación que existe entre el índice de AD y las clases de dureza (en kg/cm^2), mientras que en la figura 10 se muestra la relación que existe entre el índice de AD y el contenido de sólidos solubles (expresado en grados Brix), también del cultivo de manzana Gala.

40 En las publicaciones que se refieren a la definición del mejor índice de cosecha para la fruta, se define 1 ppm de etileno como el nivel mínimo que debe tener una fruta para alcanzar una calidad organoléptica óptima al final de la conservación.

Gracias al valor de etileno mencionado anteriormente, se define el intervalo del índice de AD entre 0,6 y 1 como el mejor intervalo para obtener un producto excelente al final de la conservación.

45 Para soportar lo mencionado anteriormente, pueden observarse los gráficos de las figuras 9 y 10, en los que se observa que el 80% de la fruta incluida en el intervalo de $\text{AD} = 0,6-1$ alcanza valores de dureza de pulpa que son inferiores a 8 kg/cm^2 (Figura 9), y que el 83% de la fruta alcanza un grado refractométrico superior a 10° Brix (Figura 10).

50 En lo que respecta a los otros dos intervalos, el intervalo de $\text{AD} = 1-2,6$ se refiere a productos en la fase de maduración y que, por lo tanto, todavía no están listos para la cosecha, mientras que las frutas en el intervalo de $\text{AD} = 0-0,6$ presentan todos los requisitos necesarios para su definición como óptimas y, por lo tanto, deben ser destinadas directamente a su consumo o conservación durante un periodo de tiempo corto.

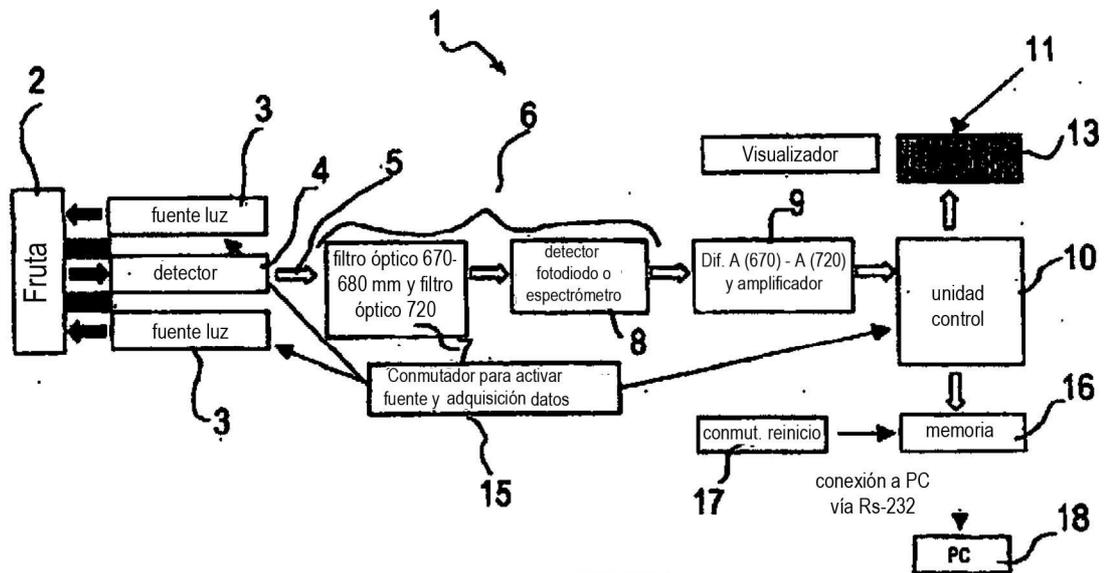
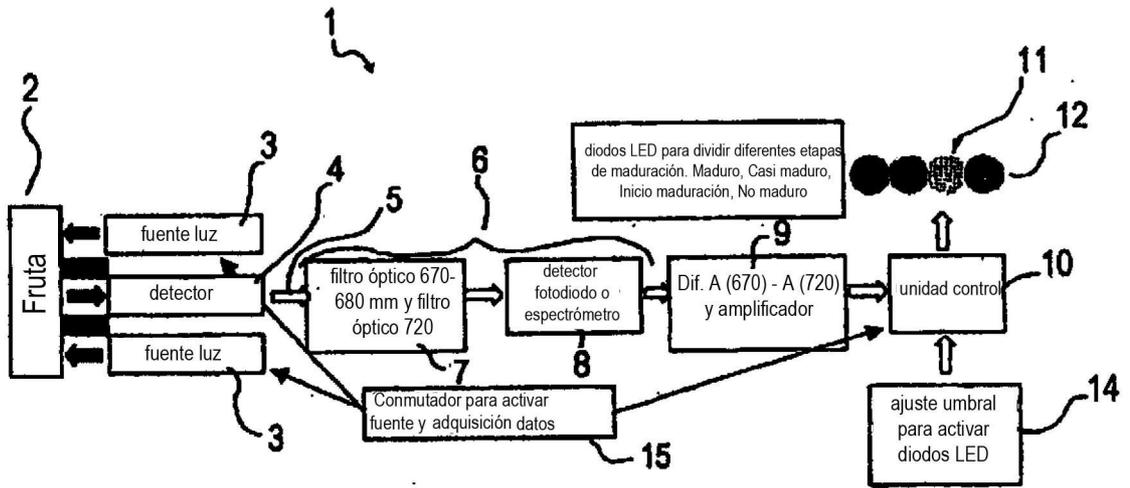
Resulta evidente que el aparato según la invención permite obtener toda la información necesaria para evaluar la calidad de la fruta mediante la medición del índice de AD. Mediante el uso de instrumentos, es posible mejorar y facilitar la propia gestión del producto, obteniéndose resultados totalmente objetivos y que ya no dependen del criterio de los operarios, que en ocasiones no son totalmente competentes.

- 5 Ejemplos de especies que pueden ser investigadas con el aparato según la invención son: melocotón, manzana, actinidia, pera, ciruela, albaricoque, fresa, cereza, melón, sandía. Otra ventaja importante de la invención consiste en que no es necesario realizar una larga serie de ensayos destructivos para obtener resultados fiables sobre la calidad de las frutas.
- 10 Con las técnicas disponibles en la actualidad para determinar la calidad de la fruta, es necesario realizar un gran número de experimentos, es decir, medir los gráficos del espectrómetro y los gráficos comparándolos con los valores de los parámetros de las frutas medidos de manera convencional y conocida; los resultados de estas comparaciones son procesados con técnicas estadísticas adecuadas, tal como, por ejemplo, regresión múltiple lineal, programación de experimentos factoriales fraccionales y otros métodos estadísticos.
- 15 Con el aparato según la invención, esto deja de ser necesario, ya que el índice de AD se basa en la diferencia de dos valores de absorbancia y los factores de variabilidad presentes son pequeños.
- Para preparar el aparato según la invención a efectos de evaluar la calidad de una nueva variedad (de fruta), solamente es necesario realizar unos pocos ensayos iniciales para identificar la relación entre los intervalos de valor de AD y los parámetros de calidad de los productos.
- 20 En la Figura 11 se muestra un sistema 20 de control y archivo de tipo red o inalámbrico que comprende un archivo central 21 que tiene como objetivo recibir todos los datos procedentes de los centros 20a, 20b de cultivo y cosecha de empresa, etc.
- 25 Las mediciones de cada centro 20a, 20b de empresa se obtienen con aparatos 22, 24 según la invención. Dichos aparatos 22, 24 transmiten los datos de las mediciones realizadas en los centros de empresa a ordenadores personales u ordenadores portátiles 23, 25. Los ordenadores personales u ordenadores portátiles 23, 25 envían a su vez los datos sobre las mediciones mediante una red 26, 27, que también puede ser de tipo inalámbrico, al archivo central 21, que también comprende un ordenador.
- Todos los datos de los productos 2 originados en cada centro 20a, 20b de empresa se examinan y comparan con los valores óptimos mediante los medios 28 de comparación.
- 30 Basándose en el resultado de la comparación, es posible enviar los productos a una instalación 29 de almacenamiento o a un supermercado 30 o a establecimientos 31 de venta al por menor.
- Por lo tanto, el sistema 20 estudiado permite obtener las características físicas y químicas de los productos en tiempo real, estimar la producción de los mismos, etc.
- Además, también es posible estimar con cierta precisión la fecha de cosecha de los productos, siendo posible de hecho comprobar la maduración de la fruta todavía unida al árbol.
- 35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para determinar la maduración de productos de fruta y verdura, que comprende: irradiar un producto (2) de fruta o verdura con luz radiante, medir la absorbancia del producto (2) en las longitudes de onda de 670 nm y 720 nm, siendo medida dicha absorbancia usando un sensor (4) que mide la radiación de retorno procedente del producto (2) y está aislado de la luz reflejada por la superficie del producto (2), caracterizado por el hecho de que el método comprende además determinar la diferencia de absorbancias medidas en las longitudes de onda de 670 nm y 720 nm, disminuyendo progresivamente dicha diferencia de absorbancia en función de la maduración del producto (2).
- 10 2. Método según la reivindicación 1, que comprende correlacionar dicha diferencia con los diversos parámetros usados para medir la calidad y maduración del producto, que incluyen: concentración de etileno, firmeza de pulpa y grados Brix, etc.
3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha luz radiante tiene una longitud de onda centrada al menos en un valor de 670 nm más o menos un intervalo de 50 nm.
- 15 4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la luz radiante es radiada a través de un orificio estanco en contacto con la superficie del producto.
5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la radiación de retorno procedente del producto (2) en las longitudes de onda de 670 nm y 720 nm se mide a través de un orificio estanco en contacto con la superficie del producto.
- 20 6. Método según la reivindicación 5, en combinación con la reivindicación 4, en el que la radiación de retorno en las longitudes de onda de 670 nm y 720 nm se mide a través de un orificio separado de la superficie irradiada con luz radiante.
7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que un producto (2) es irradiado con luz radiante en las longitudes de onda de 670 nm y 720 nm.
- 25 8. Aparato (1) para determinar la maduración de productos (2) de fruta y verdura, que comprende una fuente (3) de luz radiante, un sensor (4) para recibir una radiación de retorno procedente de los productos (2) de fruta y verdura conectado a medios (6) de detección, medios (9) de diferenciación y amplificación, una unidad (10) de control y proceso central para procesar las señales recibidas desde los medios (9) de diferenciación y amplificación y un visualizador (11) para mostrar el resultado de las señales procesadas, en el que dicho sensor (4) está aislado de la luz reflejada por la superficie del producto (2) y los medios (6) de detección detectan la radiación de retorno procedente de los productos (2) de fruta y verdura en las longitudes de onda de 670 nm y 720 nm, caracterizado por el hecho de que dichos medios (9) de diferenciación y amplificación suministran una señal (AD) de diferencia de absorbancia que mide la diferencia de absorbancia en dichas longitudes de onda de 670 nm y 720 nm, y por el hecho de que la unidad (10) de control y proceso procesa la señal (AD) de diferencia de absorbancia y la correlaciona con el grado de maduración de los productos (2) de fruta y verdura.
- 30 9. Aparato según la reivindicación 8, en el que la fuente (3) de luz radiante emite radiación en una longitud de onda de 670 nm y una amplitud de banda de más o menos 50 nm.
10. Aparato según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en el que el sensor (4) para recibir parte de la radiación de retorno procedente de los productos (2) de fruta y verdura está conectado a los medios (6) de detección por un grupo de fibra óptica (5).
- 40 11. Aparato según una de las reivindicaciones 8 a 10, en el que los medios (6) de detección comprenden un detector (8).
12. Aparato según la reivindicación 11, en el que dicho detector comprende un fotodiodo (8).
13. Aparato según la reivindicación 11, en el que dicho detector comprende un espectrómetro (8).
- 45 14. Aparato según una de las reivindicaciones 8 a 13, en el que los medios (6) de detección comprenden medios (7) de filtro óptico.
15. Aparato según la reivindicación 14, en el que los medios (7) de filtro óptico están introducidos entre la fuente (3) de luz y el detector (8).
16. Aparato según la reivindicación 14, en el que los medios (7) de filtro óptico filtran radiación en las longitudes de onda de 670 nm y 720 nm.
- 50 17. Aparato según una de las reivindicaciones 8 a 16, en el que la fuente (3) de luz radiante comprende LED, un rayo láser, una fuente de luz blanca o una fuente de luz filtrada blanca.

18. Aparato según la reivindicación 17, en el que la fuente (3) de luz radiante está alimentada eléctricamente por medios estabilizadores de suministro de energía que mantienen la luz radiante emitida a nivel constante.
- 5 19. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 18, en el que la unidad (10) de control y proceso central procesa la señal (AD) de diferencia de absorbancia y la correlaciona con características de calidad del producto (2), tal como concentración de etileno, firmeza de pulpa y grados Brix, etc.
20. Aparato según la reivindicación 19, en el que la unidad (10) de control y proceso central procesa la señal (AD) de diferencia de absorbancia y, basándose en el grado de maduración, clasifica el producto (2), por ejemplo, como maduro, no maduro, a almacenar y genera una señal relacionada.
- 10 21. Aparato según la reivindicación 20, en el que la unidad (10) de control y proceso central envía una señal relacionada con la calidad del producto (2) a los medios (11) de visualización.
22. Aparato según una de las reivindicaciones 8 a 21, en el que los medios (11) de visualización comprenden una serie de LED (12).
23. Aparato según una de las reivindicaciones 8 a 21, en el que los medios (11) de visualización comprenden una pantalla (13).
- 15 24. Aparato según la reivindicación 22, en el que cada LED (12) indica una etapa diferente en la calidad del producto (2) considerado.
25. Aparato según la reivindicación 22 o la reivindicación 24, que comprende una unidad (14) de ajuste para ajustar el umbral en el que los LED (12) se encienden.
- 20 26. Aparato según una de las reivindicaciones 8 a 25, que comprende medios (16) de memoria diseñados para almacenar los datos recibidos desde la unidad (10) de control y proceso central.
27. Aparato según una de las reivindicaciones 8 a 26, que comprende medios de interfaz para su conexión a un ordenador (18) para permitir la transmisión de datos desde la unidad (10) de control y proceso central.
28. Aparato según una de las reivindicaciones 8 a 27, que comprende un suministro de electricidad alimentado por baterías.
- 25 29. Aparato según una de las reivindicaciones 8 a 28, en el que el aparato (1) está contenido en el interior de una carcasa (19) que contiene todos los componentes del aparato (1).
30. Aparato según una de las reivindicaciones 8 a 29, en el que el aparato (1) es de tipo portátil.
- 30 31. Uso de un aparato según una de las reivindicaciones 8 a 30 en un sistema (20) de control y archivo con una conexión de red o inalámbrica, comprendiendo dicho sistema de control y archivo centros (20a, 20b) de cultivo y cosecha y un archivo central (21) que recibe datos de centros de empresa o de productores individuales (20a, 20b) de frutas y verduras, obteniéndose las mediciones de cada centro (20a, 20b) con dicho aparato (22, 24).
- 35 32. Uso de un método según una de las reivindicaciones 1 a 7 en un sistema (20) de control y archivo con una conexión de red o inalámbrica, comprendiendo dicho sistema de control y archivo centros (20a, 20b) de empresa para los productos (2) y un archivo central (21) que recibe datos de los centros (20a, 20b) de empresa, obteniéndose las mediciones de cada centro (20a, 20b) de empresa con dicho método.
33. Uso según la reivindicación 31 o la reivindicación 32, en el que cada centro (20a, 20b) de empresa contiene las mediciones relacionadas con los productos (2) en ordenadores personales u ordenadores portátiles (23, 25).
34. Uso según la reivindicación 33, en el que cada centro (20a, 20b) de empresa envía sus datos de medición por una red (26, 27), que incluye una red de tipo inalámbrico, a un archivo central (21) que comprende un ordenador.
- 40 35. Uso según una de las reivindicaciones 31 a 34, en el que los datos de producto (2) de cada centro (20a, 20b) de empresa son examinados y comparados con valores de producto óptimos usando medios (28) de comparación.
36. Uso según la reivindicación 35, en el que los resultados obtenidos usando los medios (28) de comparación se usan como la base para decidir el envío de los productos (2) a una instalación (29) de almacenamiento, a un supermercado (30) o a establecimientos (31) de venta al por menor.



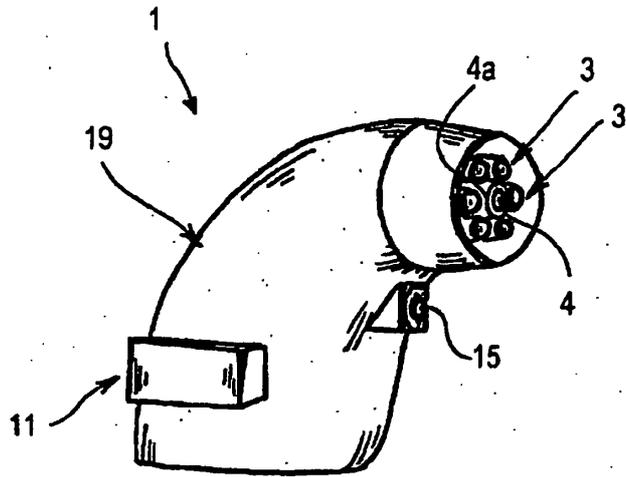


Fig. 3

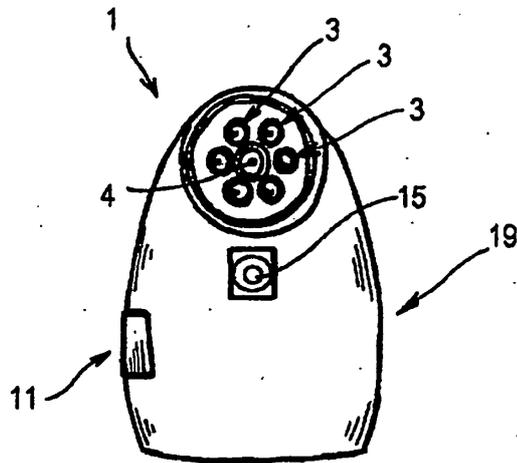


Fig. 4

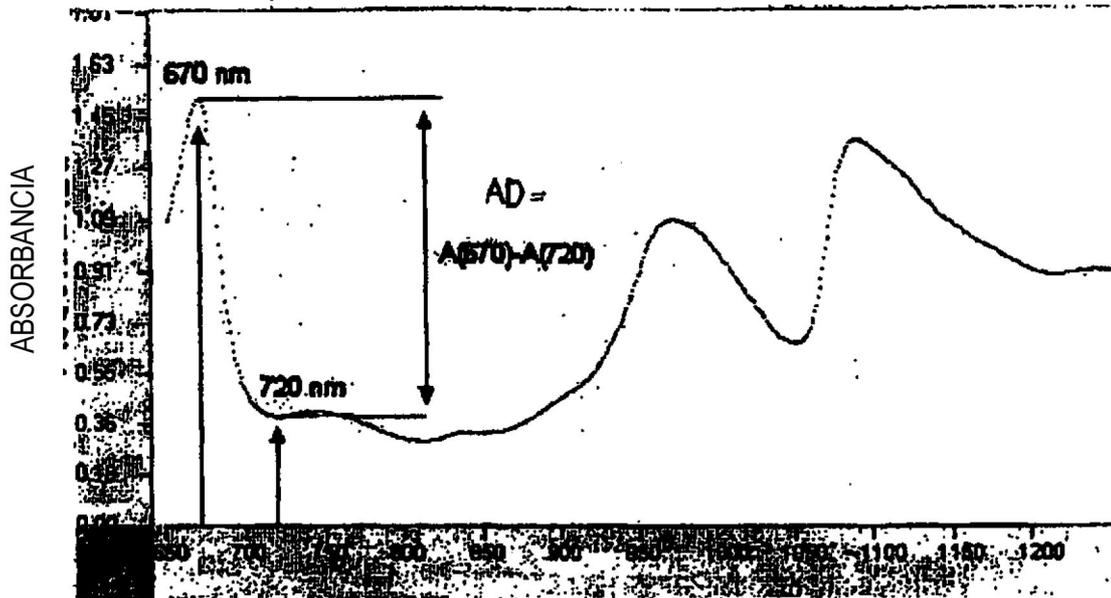


Fig. 5

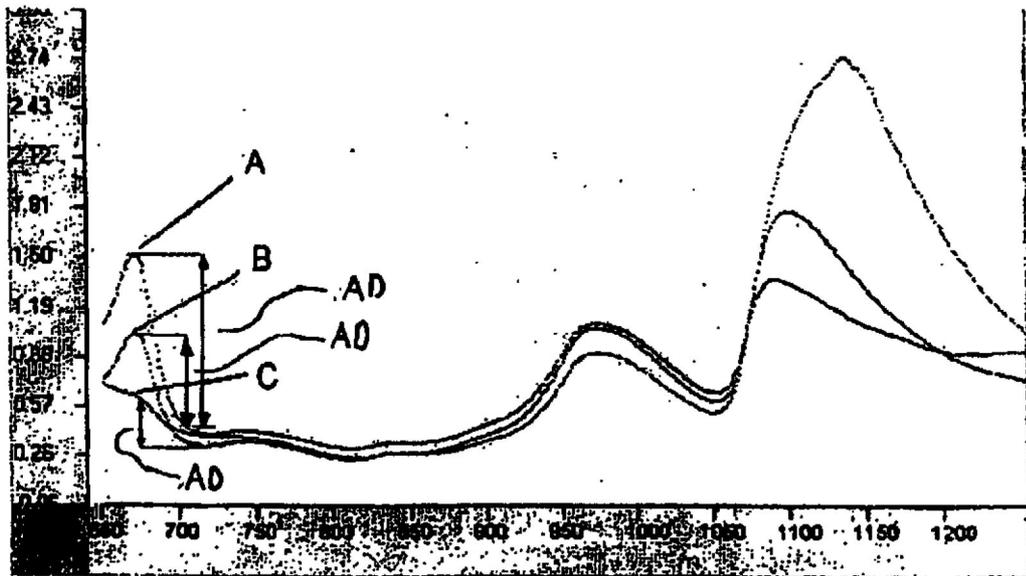


Fig. 6

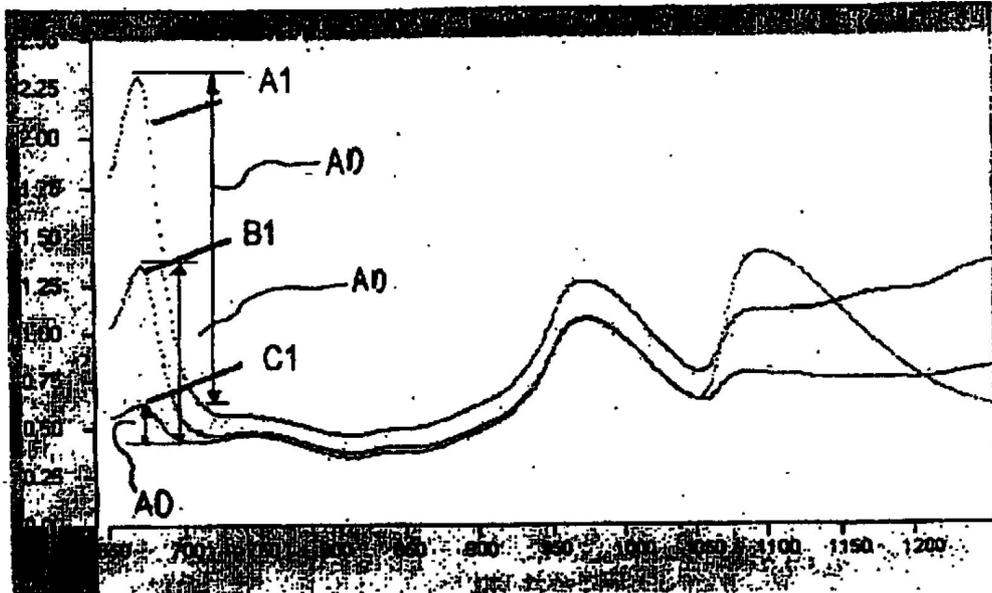


Fig. 7

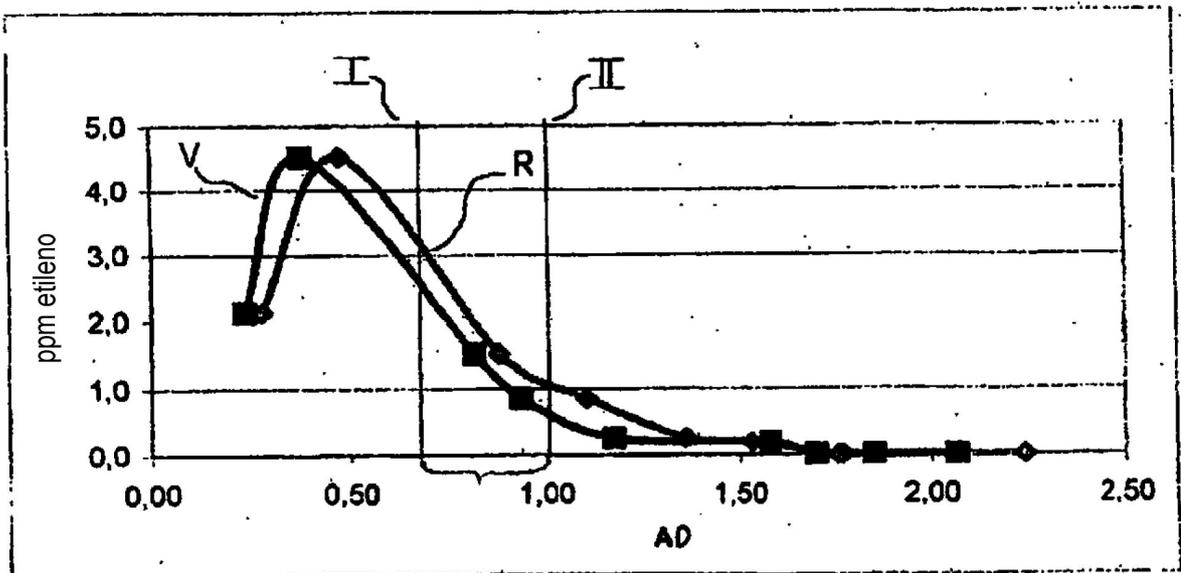


Fig. 8

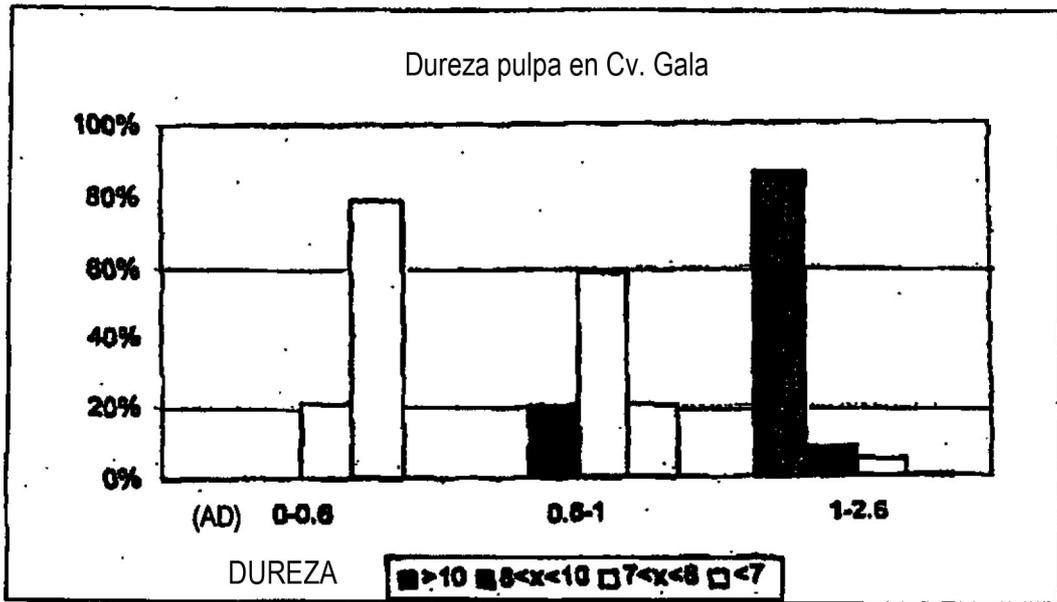


Fig. 9

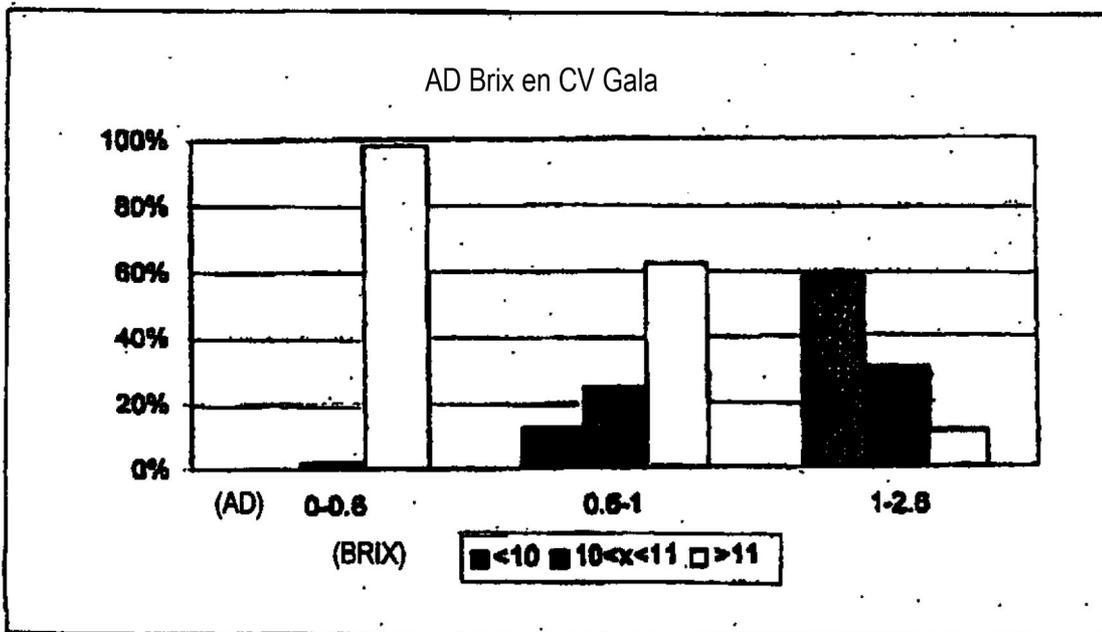


Fig. 10

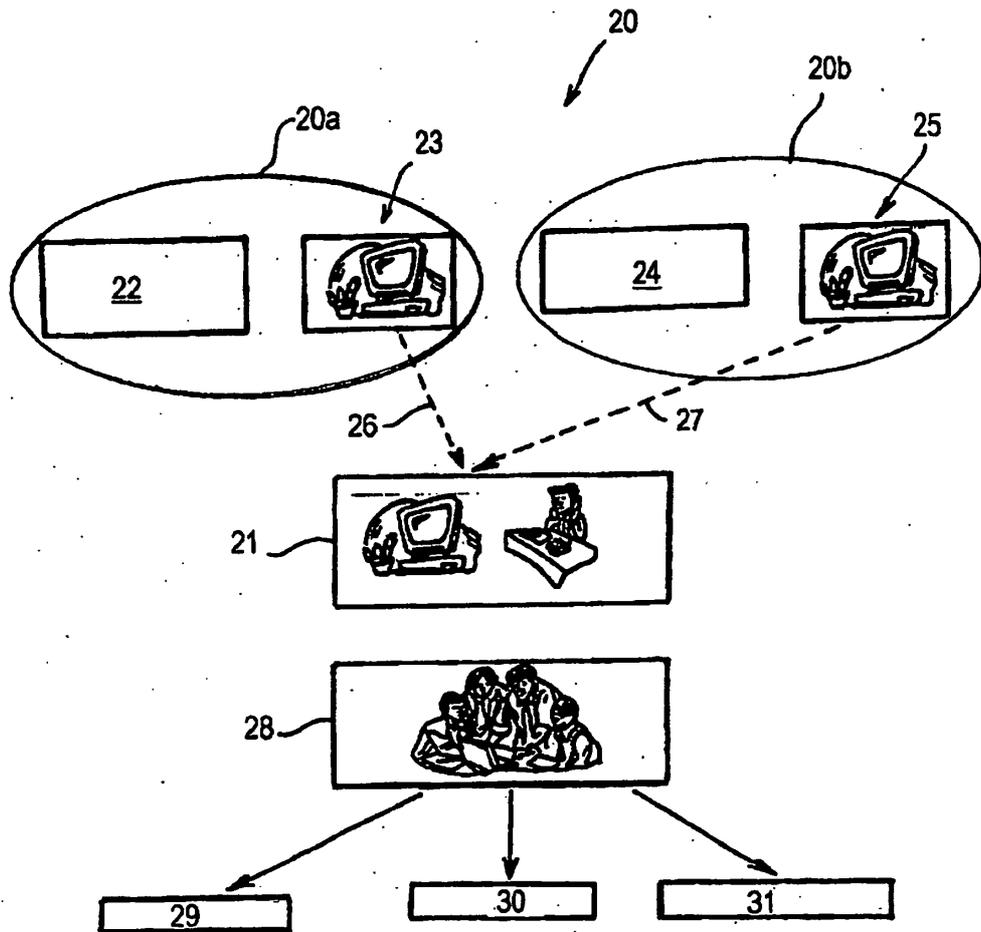


Fig. 11