

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 946 889**

51 Int. Cl.:

G01N 21/64 (2006.01)

G01N 33/02 (2006.01)

G01N 21/84 (2006.01)

G01N 21/85 (2006.01)

G06T 7/90 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.06.2020 PCT/EP2020/025293**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2020 WO20253994**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2020 E 20771199 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2023 EP 3928081**

54 Título: **Procedimiento para la detección de almendras amargas basado en el procesamiento de imágenes digitales y un dispositivo asociado con el mismo**

30 Prioridad:

20.06.2019 ES 201930561

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

27.07.2023

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT D'ALACANT / UNIVERSIDAD DE ALICANTE (100.0%)
Carretera San Vicente del Raspeig, s/n (Edificio Torre de Control)
03690 San Vicente del Raspeig (Alicante), ES**

72 Inventor/es:

**GRINDLAY LLEDÓ, GUILLERMO;
GRAS GARCIA, LUIS;
MORA PASTOR, JUAN y
NAVAS GARCIA, MARTA**

74 Agente/Representante:

MARTÍN ÁLVAREZ, Juan Enrique

ES 2 946 889 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

Procedimiento para la detección de almendras amargas basado en el procesamiento de imágenes digitales y un dispositivo asociado con el mismo

5

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se encuentra dentro del campo de la identificación de almendras amargas, y se refiere específicamente a un nuevo procedimiento, y a un sistema y un dispositivo asociado con el mismo, para discriminar entre almendras amargas y almendras dulces.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

El almendro es una especie vegetal con gran variabilidad genética. Esta riqueza genética le ha permitido adaptarse a condiciones ambientales muy variadas. El sabor amargo o dulce (no amargo) es un rasgo monogénico, siendo el dulce dominante, aunque las almendras amargas todavía tienen una presencia considerable en los cultivos españoles. El sabor amargo de la almendra se debe a la presencia en su composición de glucósidos cianogénicos (amigdalina, prunasina, etc.), que tienen la capacidad de degradarse en presencia de enzimas específicas, produciendo benzaldehído y ácido cianhídrico. Este procedimiento se conoce como cianogénesis. En el caso de la almendra, el compuesto específico es la amigdalina, y la enzima es la amilasa presente en la saliva.

15

20

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), Estados Unidos, concretamente California, es el líder absoluto en la producción mundial de almendras, con el 80 % de la cuota de mercado; seguido a gran distancia por Australia (8 %) y España (5 %). Estos tres países representan el 93 % de la producción mundial. La producción australiana y europea está creciendo, mientras que se espera que el pronóstico de crecimiento para California para los próximos años sea mínimo, debido a la sequía y al aumento de las plantaciones de otros frutos secos, como los pistachos.

25

Los Estados Unidos comercializan variedades de almendras de calidad estandarizada que, aunque sus características organolépticas son muy inferiores a las variedades mediterráneas, no se ven perjudicadas por el amargor, que es, de hecho, su mayor punto de venta: son proveedores de un producto "no tóxico", sin amargor.

30

España es un gran importador mundial de almendras. La almendra americana se utiliza para abastecer a la industria española, y una vez procesada se exporta, principalmente a Alemania, Francia e Italia.

35

Por lo tanto, la presencia de un pequeño porcentaje de almendras amargas en los envíos de almendras dulces tiene repercusiones económicas significativas para los productores de almendras y sus derivados, debido a la pérdida de la calidad organoléptica y la posible toxicidad del producto. Por lo tanto, determinar la presencia de una almendra amarga de manera rápida, simple y no destructiva, antes de comercializar el producto, es de vital importancia para los fabricantes del sector.

40

La desconfianza de la industria de transformación secundaria, los fabricantes de productos y subproductos que contienen almendras, con respecto a la industria primaria, los productores y cosechadores de almendras, es enorme. Actualmente no existe ningún procedimiento discriminatorio que cumpla con todos los requisitos del sector y que pueda implementarse en las instalaciones de producción, de modo que ambos grupos repitan el mismo procedimiento subjetivo de muestreo aleatorio en sus instalaciones, y el resultado es bien conocido: devoluciones masivas de envíos y recursos a las importaciones.

45

Los procedimientos convencionales para la detección de almendras amargas se basan en técnicas cualitativas y cuantitativas. El más ampliamente utilizado en términos cualitativos es el análisis sensorial, como se explica en el artículo de G. V. Cville, K. Lapsley, G. Huang, S. Yada, J. Seltam "Development of an almond lexicon to assess the sensory properties of almond varieties", Journal of Sensory Studies, Vol.25 (2010), pp.146-162, DOI: 10.1111/j.1745-459X.2009.00261.x, donde el responsable de recepción de producto muestrea aleatoriamente varias almendras con el fin de establecer la relación porcentual entre almendras amargas y dulces, y por tanto aceptar o rechazar la mercancía. Esta determinación es totalmente subjetiva, de manera que en muchas ocasiones pueden surgir discrepancias en los resultados, dependiendo de la sensibilidad del paladar del operador. El procedimiento cuantitativo más utilizado es la técnica de Cromatografía Líquida de Alto Rendimiento (HPLC), explicada en el artículo de M. Padilla, M. Monserrath, T. Oliag, L. García, M. Jesús, C. López "Almendras dulces y amargas: determinación del contenido de Amigdalina mediante Cromatografía líquida de alta resolución y Clasificación mediante espectroscopia visible y de infrarrojo cercano." ("Sweet and bitter almonds: the determination of Amygdalin content by high-performance liquid chromatography and classification by visible and near-infrared spectroscopy"). Esta técnica requiere

55

60

el uso de instrumentación sofisticada y de alto coste, además de la operación por un operador altamente cualificado, y donde, además, el desarrollo cromatográfico necesario para obtener los resultados, se requiere un periodo de tiempo que puede variar alrededor de treinta minutos o más, dependiendo de las condiciones experimentales empleadas.

- 5 Existen opciones cualitativas más simples para la detección de almendras amargas, como el uso de cromatografía de capa fina o la utilización de kits de prueba comerciales. Sin embargo, estos requieren el uso de reactivos altamente tóxicos o incluso cancerígenos, de modo que no se recomienda su uso, excepto bajo ciertas condiciones de seguridad.

- Otras técnicas novedosas que buscan clasificar las almendras mediante técnicas visuales no destructivas y con procesamiento de imágenes son los casos de N. Teimouri, M. Omid, K. Mollazade, A. Rajabipour "An Artificial Neural Network-Based Method to Identify Five Classes of Almond According to Visual Features", Journal of Food Process Engineering, Agosto 2015, DOI: 10.1111/Jfpe.12255 y T. Pearson, R. Young "Automated sorting of almonds with embedded shell by laser transmittance imaging", Applied Engineering in Agriculture, Vol.18, Edición 5, Septiembre 2002, DOI: 10.13031/2013.10149, donde buscan identificar, según su forma, color y textura, las unidades rotas/agrietadas, las almendras dobles y los trozos de cáscara que puedan quedar en el producto después del descascarillado, en grandes lotes de almendras. Sin embargo, en este caso el problema técnico resuelto es diferente, dado que consiste en eliminar las cáscaras de almendra, que se detectan en función del contenido de aceite, siendo este alto en la nuez y nulo en la cáscara, capturando imágenes de la luz transmitida a través del núcleo.
- 10
- 15

- 20 Otras técnicas que pueden ser útiles son la espectroscopia visible (VIS) y la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) que, en combinación con técnicas Raman, se usan para diferenciar almendras dulces y amargas. Sin embargo, en este caso, el posicionamiento específico de la almendra en la celda de clasificación es esencial, lo que conlleva una dificultad adicional, además del tiempo requerido para la detección y la complejidad y el coste de dichas técnicas.

- 25 Un ejemplo relacionado es la patente ES2684855 A1, que protege un procedimiento de inspección y un equipo que discrimina entre almendras dulces y amargas por medio de técnicas espectroscópicas vibratorias, más específicamente NIR. Esta técnica ya se utiliza para determinar las concentraciones de amigdalina, pero no se recomienda para concentraciones inferiores al 3 % debido a su falta de especificidad e irregularidades superficiales en la muestra. Además, otro inconveniente de esta patente es que requiere un posicionamiento óptimo de la almendra
- 30 en la celda, es decir, debe estar totalmente centrada con el detector/sensor NIR, de lo contrario, existe el riesgo de que el haz de luz se coloque en un extremo de la almendra y se obtengan resultados incorrectos. Este hecho impide la adaptación industrial en línea del mismo, y el muestreo del 100 % del producto, ya que las velocidades requeridas en las industrias no permiten el posicionamiento de las almendras una a una. Además, el procesamiento de los datos del espectro NIR no es inmediato, lo que requiere una cierta cantidad de tiempo, por lo que tampoco sería adecuado
- 35 para la implementación de sistemas de detección en tiempo real.

- Las características del personal de la empresa y la velocidad y precisión requeridas en los análisis implican que estas técnicas no sean óptimas ni operativas en el mundo de los negocios. Por el contrario, se requiere el desarrollo y la adaptación de procedimientos analíticos en línea para poder discriminar de manera simple, rápida y confiable entre
- 40 almendras dulces y amargas en situaciones reales.

- Otra patente que hace referencia a la determinación de parámetros de calidad alimentaria mediante la captura y análisis de imágenes digitales es el documento WO 2014/053679 A1. En dicha patente, mediante el procesamiento de imágenes oculares de un ojo de pez y un programa informático, la calidad y frescor del pescado se determina
- 45 interpolando los valores de los parámetros CIEL*a*b*. L*a*b* es la norma internacional para la medición del color, adaptada por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), aunque existen otros espacios de color, el más utilizado de estos en la medición del color en productos alimenticios es el espacio de color L*a*b*, debido al hecho de que se obtiene una distribución uniforme de los colores y está muy cerca de la percepción humana del color. En este caso, la clasificación se realiza en función del contorno del ojo del pez y la identificación del centro de la pupila. La forma del
- 50 ojo del pez varía con el tiempo desde el momento de su captura, y esta variación en la forma se correlaciona posteriormente con el frescor del producto.

- La presente invención no se basa en la determinación y clasificación de productos alimenticios según su forma bidimensional, como muestra la patente WO 2014/053679 A1, ya que existen numerosas variedades de almendras, y
- 55 cada una adquiere diferentes dimensiones. La más comercializada es la almendra "común", que incluye mezclas de diferentes variedades y tamaños, a un precio competitivo. De esta manera, nuestra invención se basa en la clasificación en función de la diferencia de color generada por diferentes compuestos entre muestras, y no su forma o tamaño. Los compuestos cianogénicos están presentes en grandes cantidades en las almendras amargas, este no es el caso de las almendras dulces.
- 60

Hasta la fecha, los procedimientos analíticos disponibles para la detección de almendras amargas no cumplen con los

requisitos exigidos por las empresas del sector: economía, simplicidad, rapidez, confiabilidad, manejo de sustancias tóxicas y facilidad de operación por parte de personal sin formación técnica específica. En vista de las soluciones y precedentes existentes en el estado de la técnica, se requieren un procedimiento y un dispositivo para resolver el problema de la detección de almendras amargas.

5

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un procedimiento para la detección de almendras amargas como se define en la reivindicación 1.

10

La presente invención también se refiere a un sistema para la detección de almendras amargas como se define en la reivindicación 8.

La presente invención se refiere adicionalmente a un dispositivo para la detección de almendras amargas que comprende al menos:

- Una celda donde se posiciona la muestra a analizar.
- Un sistema de radiación de luz UV con al menos una fuente de luz UV.
- Una cámara fotográfica posicionada que fotografía la muestra para su posterior análisis mediante el sistema informático.
- Un sistema informático que comprende un programa de clasificación de la muestra en almendras dulces y amargas en función del resultado obtenido al aplicar el modelo discriminatorio.

Además, el procedimiento para la detección de almendras amargas puede comprender una almendra pelada y las siguientes etapas:

- (i) segmentar la imagen en canales RGB y obtener los valores RGB medios sobre todos los píxeles de dicha imagen;
- (ii) transformar los valores RGB medios en los valores $L^*a^*b^*$ correspondientes;
- (iii) interpolación de:

- un valor V_a del modelo discriminatorio que usa los valores L^* y a^* de dicha almendra cuando dicho modelo discriminatorio es una combinación de los valores L^* y a^* de cada miembro de una población que comprende almendras amargas y almendras no amargas, donde dicha combinación discrimina entre la subpoblación de almendras amargas y la subpoblación de almendras no amargas en dicha población, donde las almendras amargas se asignan a un intervalo R_{a1} de dicha combinación y las almendras no amargas se asignan a un intervalo R_{a2} de dicha combinación; o
- un valor V_b del modelo discriminatorio usando los valores L^* y b^* de dicha almendra, cuando dicho modelo discriminatorio es una combinación de los valores L^* y b^* de cada miembro de dicha población, donde dicha combinación discrimina entre la subpoblación de almendras amargas y la subpoblación de almendras no amargas en dicha población, donde las almendras amargas se asignan a un intervalo R_{b1} de dicha combinación y las almendras no amargas se asignan a un intervalo R_{b2} de dicha combinación; y

la etapa (e) clasifica la almendra usando el valor V_a o V_b obtenido según el modelo discriminatorio de la etapa (d), donde dicha almendra se clasifica como una almendra amarga cuando:

- V_a cae dentro del intervalo R_{a1} ;
 - V_a cae fuera del intervalo R_{a2} ;
 - V_b cae dentro del intervalo R_{b1} ; o
 - V_b cae fuera del intervalo R_{b2} ; y
- (f) opcionalmente, la extracción de la muestra mediante un sistema de extracción manual o automático.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un procedimiento y sistema que permiten a cada uno la clasificación rápida de almendras sin el uso de un panel de catadores entrenados ni procedimientos instrumentales. El procedimiento y el sistema permiten realizar la clasificación basándose exclusivamente en el procesamiento de diferentes parámetros de imágenes digitales que se comparan con un sistema para el almacenamiento de datos analizados y procesados. El procedimiento y el sistema permiten la generación y el almacenamiento de modelos discriminatorios para poder diferenciar automáticamente las almendras amargas.

La presente invención, en un primer aspecto, se refiere a un procedimiento para la detección de almendras amargas que comprende las siguientes etapas:

- 5 a) Colocar al menos una muestra en una superficie mediante un sistema de suministro manual o automático.
- b) Iluminar la muestra con una fuente de radiación ultravioleta (UV).
- c) Fotografiar la muestra con una cámara fotográfica y almacenar dicha fotografía (es decir, adquirir una imagen de la almendra con una cámara fotográfica y almacenar dicha imagen fotográfica) en un sistema interno o externo para su posterior análisis.
- 10 d) Procesar dicha imagen adquirida con un sistema informático que incluye un programa para aplicar un modelo discriminatorio.
- e) Clasificar la muestra según el modelo discriminatorio de la etapa anterior.
- f) Retirar la muestra mediante un sistema de extracción manual o automático.

La etapa (d), que lleva a cabo el procesamiento de la imagen, comprende a su vez las siguientes etapas:

- 15 1. El procesamiento de los datos de la imagen adquirida y la segmentación de la imagen para establecer el parámetro o parámetros de color RGB de la muestra.
- 2. Transformar los parámetros fotográficos obtenidos en la etapa RGB anterior (es decir, los parámetros de color RGB obtenidos en la etapa anterior) en al menos un parámetro $L^*a^*b^*$ del espacio CIEL $^*a^*b^*$.
- 20 3. Determinar al menos uno de los parámetros L^* , a^* y/o b^* del espacio CIEL $^*a^*b^*$ y su valor correspondiente en la imagen.
- 4. Interpolarse el valor obtenido en la etapa 3 en al menos un modelo discriminatorio en función de los valores obtenidos con diferentes tipos de muestra de almendras dulces y amargas adquiridas en dichas condiciones predeterminadas.

25 Análogamente, la presente invención, en un segundo aspecto, también se refiere a un sistema para la detección de almendras amargas, que comprende lo siguiente:

- 30 a) medios para colocar al menos una almendra en una superficie mediante un sistema de suministro manual o automático;
- (b) medios para iluminar la almendra con una fuente de radiación ultravioleta (UV);
- (c) medios para adquirir una imagen de la almendra con una cámara fotográfica y almacenar dicha imagen en un sistema interno o externo para su posterior análisis;
- (d) medios para procesar dicha imagen adquirida con un sistema informático que comprende un programa para
- 35 aplicar un modelo discriminatorio;
- (e) medios para clasificar la almendra según el modelo discriminatorio de (d); y
- f) medios de retirada de la almendra mediante un sistema de retirada manual o automática.

El sistema para la detección de almendras amargas de la presente invención (d) a su vez comprende lo siguiente:

- 40 i. medios para procesar los datos de la imagen adquirida y la segmentación de la imagen para establecer los parámetros de color RGB de la muestra;
- ii. medios para transformar los parámetros de color RGB obtenidos en la etapa i en al menos un parámetro $L^*a^*b^*$ del espacio CIE $L^*a^*b^*$;
- 45 iii. medios para determinar al menos uno de los parámetros L^* , a^* y/o b^* del espacio CIE $L^*a^*b^*$ y su valor correspondiente en dicha imagen; y
- iv. medios para interpolar el valor obtenido por iii en un mínimo de un modelo discriminatorio generado a partir de los valores obtenidos con diferentes tipos de muestras adquiridos en dichas condiciones predeterminadas.

50 En el procedimiento y sistema de la presente invención, la muestra es una almendra. Cada almendra es una almendra a la que se ha quitado su cáscara, y es preferiblemente una almendra pelada (sin la piel o blanqueada).

En una realización particular del procedimiento y sistema de la presente invención, la muestra se coloca en una celda cerrada sin penetración de la luz solar.

55 En una realización particular del procedimiento y sistema de la presente invención, la iluminación de la celda se lleva a cabo con radiación UV que tiene longitudes de onda < 400 nm a una distancia entre la fuente de luz y la muestra de entre 0,1 m y 1 m. Dicha distancia debe ser suficientemente cercana para que dicha luz brille sobre la superficie de la muestra y genere una diferencia significativa de color según el tipo de almendra.

60 En una realización particular del procedimiento y sistema de la presente invención, la fotografía de la muestra se

realiza a una distancia entre la cámara y la muestra de entre 0,1 m y 1 m, en condiciones de ausencia de luz solar y aplicación de radiación UV. Dicha distancia debe ser óptima para fotografiar la muestra, y se definirá por el tamaño de la muestra, la potencia de la cámara y la fuente de radiación UV.

- 5 En una realización particular del procedimiento y sistema de la presente invención, el procedimiento comprende una etapa intermedia entre (a) y (b) para la distribución homogénea (es decir, uniforme) de las muestras, que puede llevarse a cabo en una realización más preferida del procedimiento y sistema de la presente invención, por ejemplo, por medio de cintas transportadoras o mesas vibratorias.
- 10 El suministro o dispensación de la almendra a la superficie o celda puede realizarse manual o automáticamente, individualmente o en lotes, por medio de una tolva o cinta transportadora adaptada a la línea, que suministra almendras de una manera ordenada a dicha superficie o celda.

En la presente invención no es necesario clasificar individualmente las almendras, varias almendras pueden clasificarse simultáneamente, siendo el único requisito que las almendras no se apilen una encima de la otra para optimizar el procedimiento. Esto se logra incluyendo la etapa intermedia mencionada anteriormente para la distribución homogénea de las muestras.

Posteriormente a la colocación de las almendras, el sistema de radiación UV genera una diferenciación clara y automática en el color de las almendras dulces y las almendras amargas. Esta diferencia de color entre los dos se basa en la fluorescencia de los compuestos cianogénicos presentes naturalmente en las almendras.

A continuación, la cámara toma una fotografía donde mide y determina los parámetros R, G, B en la imagen, con los que es posible representar un color por medio de la mezcla aditiva de los tres colores primarios de la luz: rojo, verde y azul. Estos valores pueden variar dependiendo del dispositivo con el que se procesan, por lo tanto, por medio del programa o aplicación informática, se traducen a valores L^* , a^* , b^* , también conocidos como valores CIEL*a*b*. Esto consiste en tres canales, donde L^* es la luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas (a^* = coordenadas rojas/verdes (+ a indica rojo, -a indica verde) y b^* = coordenadas amarillas/azules (+b indica amarillo, -b indica azul)). Al crear escalas para estos atributos, podemos expresar con precisión el color, independientemente de la percepción e interpretación subjetiva. La interpolación de dichos valores está asociada con un modelo discriminatorio y una curva de calibración generada a partir de los valores obtenidos previamente con almendras de diferentes variedades en las mismas condiciones predeterminadas. Este modelo discriminatorio anterior sirve para clasificar las unidades como almendras "amargas" y "no amargas".

35 En una realización preferida del procedimiento y sistema para la detección de almendras amargas de la presente invención:

- (A) dicha almendra es una almendra pelada;
 (B) (d) a su vez comprende lo siguiente:

- 40 (i) segmentar la imagen en canales RGB y obtener los valores RGB medios sobre todos los píxeles de dicha imagen;
 (ii) transformar los valores RGB medios en los valores CIE $L^*a^*b^*$ correspondientes;
 (iii) interpolación de:
- 45 - un valor V_a del modelo discriminatorio que usa los valores L^* y a^* de dicha almendra cuando dicho modelo discriminatorio es una combinación de los valores L^* y a^* de cada miembro de una población que comprende almendras amargas y almendras no amargas, donde dicha combinación discrimina entre la subpoblación de almendras amargas y la subpoblación de almendras no amargas en dicha población, donde las almendras amargas se asignan a un intervalo Ra_1 de dicha combinación y las almendras no amargas se asignan a un intervalo Ra_2 de dicha combinación;
- 50 - 'un valor V_b del modelo discriminatorio usando los valores L^* y b^* de dicha almendra, cuando dicho modelo discriminatorio es una combinación de los valores L^* y b^* de cada miembro de dicha población, donde dicha combinación discrimina entre la subpoblación de almendras amargas y la subpoblación de almendras no amargas en dicha población, donde las almendras amargas se asignan a un intervalo Rb_1 de dicha combinación y las almendras no amargas se asignan a un intervalo Rb_2 de dicha combinación; y

(C) (e) clasifica la almendra usando el valor V_a o V_b obtenido según el modelo discriminatorio de (d), donde dicha almendra se clasifica como una almendra amarga cuando:

- 60 - V_a cae dentro del intervalo Ra_1 ;

- Va cae fuera del intervalo Ra2;
- Vb cae dentro del intervalo Rb1; o
- Vb cae fuera del intervalo Rb2.

5 En una realización más preferida del procedimiento y sistema para la detección de almendras amargas de la presente invención, dicho modelo discriminatorio se desarrolla a través de:

(I) realizar (a) a (c) para cada almendra en dicha población que comprende almendras amargas y almendras no amargas;

10 (II) segmentar cada imagen adquirida para cada almendra en dicha población en canales RGB y obtener los valores RGB medios sobre todos los píxeles de cada imagen;

(III) transformar los valores RGB medios de cada imagen adquirida para cada almendra en dicha población en los valores CIE $L^*a^*b^*$ correspondientes;

(IV) calcular una combinación de:

15

- los valores L^* y a^* de cada almendra en dicha población;
- o los valores L^* y b^* de cada almendra en dicha población

en donde cada combinación discrimina entre la subpoblación de almendras amargas y la subpoblación de almendras no amargas en dicha población.

20

Una realización aún más preferida del procedimiento y sistema para la detección de almendras amargas de la presente invención comprende adicionalmente lo siguiente después (III) y antes (IV), de realizar análisis de datos multivariantes mediante análisis discriminante lineal que obtiene:

- 25 - una función discriminante cuando se utilizan los parámetros R, G y B de cada almendra en dicha población; o
- una función discriminante cuando se usan parámetros L^* , a^* y b^* de cada almendra en dicha población, en donde:
 - el valor de la función discriminante determinada utilizando los parámetros R, G y/o B de cada almendra en dicha población; o
 - el valor de la función discriminante determinada usando los parámetros L^* , a^* y/o b^* de cada almendra en dicha

30 población discrimina entre la subpoblación de almendras amargas y la subpoblación de almendras no amargas en dicha población.

En la presente invención, la población usada para desarrollar el modelo discriminatorio comprende preferiblemente n almendras amargas y m almendras no amargas, en donde n y m se seleccionan independientemente del conjunto de

35 números enteros mayores o iguales a 2, más preferiblemente el conjunto de números enteros mayores o iguales a 10, incluso más preferiblemente el conjunto de números enteros mayores o iguales a 50, y aún más preferiblemente el conjunto de números enteros mayores o iguales a 100. En una realización, $n=m$.

Para los fines de la invención, se considera que cada imagen de la almendra comprende solo píxeles que representan

40 la de una almendra sin ningún píxel que represente otros elementos tales como el fondo. Por consiguiente, es posible adquirir una imagen de múltiples almendras usando la cámara fotográfica e identificar los píxeles que representan cada almendra en la misma usando software de reconocimiento de imágenes tal como "perClass Mira" basado en Inteligencia Artificial (por ejemplo, redes neuronales). De esta manera, se adquiere una imagen de cada almendra individual y la información en los píxeles que representan cualquier almendra dada son aquellos que se someten a

45 procesamiento para clasificar dicha almendra. Por lo tanto, en una realización preferida del procedimiento y sistema para la detección de almendras amargas de la presente invención, (c) comprende adquirir una imagen de múltiples almendras, en donde cada imagen de cada almendra se separa de la misma mediante software de reconocimiento de imágenes.

50 Por lo tanto, en una realización preferida del sistema según la presente invención:

- los medios para colocar al menos una almendra pelada sobre una superficie comprenden un medio de suministro o dispensación manual o automática;
 - los medios para iluminar la almendra con una fuente de radiación ultravioleta (UV) comprenden una celda donde
- 55 se coloca la muestra que se va a analizar y un sistema de radiación de luz UV con al menos una fuente de luz UV;
- los medios para adquirir una imagen de la almendra comprenden una cámara fotográfica colocada que fotografía la muestra para su posterior análisis por medio del sistema informático; y
 - los medios para procesar dicha imagen adquirida comprenden un sistema informático que comprende un

60 programa para aplicar un modelo discriminatorio para la clasificación de la muestra en almendras dulces y amargas dependiendo del resultado obtenido al aplicar el modelo discriminatorio.

El sistema informático puede incluir un medio (o medios) de almacenamiento legible por ordenador que tiene instrucciones de programa legibles por ordenador en el mismo para hacer que un procesador lleve a cabo aspectos de la presente invención.

- 5 El medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser un dispositivo tangible que puede retener y almacenar instrucciones para su uso por un dispositivo de ejecución de instrucciones. El medio de almacenamiento legible por ordenador puede incluir, pero no se limita a, un dispositivo de almacenamiento electrónico, un dispositivo de almacenamiento magnético, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento electromagnético, un dispositivo de almacenamiento semiconductor o cualquier combinación adecuada de los anteriores. Una lista no exhaustiva de ejemplos más específicos del medio de almacenamiento legible por ordenador incluye lo siguiente: un disquete de ordenador portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable borrable (EPROM o memoria Flash), una memoria de acceso aleatorio estática (SRAM), una memoria de solo lectura de disco compacto portátil (CD-ROM), un disco versátil digital (DVD), una memoria extraíble, un disquete, un dispositivo codificado mecánicamente tal como tarjetas perforadas o estructuras elevadas en una ranura que tienen instrucciones grabadas en la misma, y cualquier combinación adecuada de los anteriores.

Las instrucciones de programa legibles por ordenador descritas en esta invención se pueden descargar a dispositivos o sistemas informáticos/de procesamiento respectivos desde un medio de almacenamiento legible por ordenador o a un ordenador externo o dispositivo de almacenamiento externo a través de una red, por ejemplo, Internet, una red de área local, una red de área amplia y/o una red inalámbrica. La red puede comprender cables de transmisión de cobre, fibras de transmisión óptica, transmisión inalámbrica, enrutadores, cortafuegos (*firewalls*), conmutadores, ordenadores de puerta de enlace y/o servidores de borde. Una tarjeta adaptadora de red o interfaz de red en cada dispositivo informático/de procesamiento recibe instrucciones de programa legibles por ordenador desde la red y reenvía las instrucciones de programa legibles por ordenador para su almacenamiento en un medio de almacenamiento legible por ordenador dentro del dispositivo informático/de procesamiento respectivo.

Las instrucciones de programa legibles por ordenador para llevar a cabo operaciones del procedimiento de la presente invención, y en el sistema y dispositivo de la presente invención, pueden ser información codificada en forma de instrucciones de ensamblador, instrucciones de arquitectura de conjunto de instrucciones (ISA), instrucciones de máquina, instrucciones dependientes de máquina, microcódigo, instrucciones de firmware, datos de establecimiento de estado, o bien código fuente o código objeto escrito en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación, incluyendo un lenguaje de programación orientado a objetos tal como Smalltalk, C++ o similares, y lenguajes de programación de procedimiento convencionales, tales como el lenguaje de programación "C" o lenguajes de programación similares.

Las instrucciones de programa legibles por ordenador pueden ejecutarse completamente en el ordenador del usuario, parcialmente en el ordenador del usuario, como un paquete de software independiente, parcialmente en el ordenador del usuario y parcialmente en un ordenador remoto o completamente en el ordenador o servidor remoto. En este último escenario, el ordenador remoto se puede conectar al ordenador del usuario a través de cualquier tipo de red, incluyendo una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), o la conexión se puede realizar a un ordenador externo (por ejemplo, a través de Internet utilizando un proveedor de servicios de Internet). En algunas realizaciones, los circuitos electrónicos que incluyen, por ejemplo, circuitos lógicos programables, matrices de puertas programables en campo (FPGA) o matrices lógicas programables (PLA) pueden ejecutar las instrucciones de programa legibles por ordenador utilizando información de estado de las instrucciones de programa legibles por ordenador para personalizar los circuitos electrónicos, con el fin de realizar aspectos de la presente invención.

En esta invención se describen aspectos de la presente invención con referencia a ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagramas de bloques (véanse las Figuras 5 a 8) del procedimiento y sistema de la presente invención que se implementan en el dispositivo de comunicación óptica y transmisor de comunicación óptica. Se entenderá que cada bloque cuadrado o en forma de diamante de las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloques, y combinaciones de bloques en las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloques, se puede implementar por medios mecánicos, técnicas ópticas o instrucciones de programa legibles por ordenador, o combinaciones de los mismos.

Estas instrucciones de programa legibles por ordenador pueden proporcionarse a un procesador de un ordenador de uso general, un ordenador de uso especial u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina, de modo que las instrucciones, que se ejecutan a través del procesador del sistema informático u otro aparato de procesamiento de datos programable, creen medios para implementar las funciones/actos especificados en el bloque o bloques del diagrama de flujo y/o diagrama de bloques. Estas instrucciones de programa legibles por ordenador también pueden almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador que puede dirigir un

ordenador, un aparato de procesamiento de datos programable y/u otros dispositivos para que funcionen de una manera particular, de modo que el medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene instrucciones almacenadas en el mismo comprende un artículo de fabricación que incluye instrucciones que implementan aspectos de la función/acto especificado en el bloque o bloques de diagrama de flujo y/o diagrama de bloques.

5 Las instrucciones de programa legibles por ordenador también pueden cargarse en el microprocesador mencionado anteriormente, un ordenador, otro aparato de procesamiento de datos programable u otro dispositivo para hacer que se realice una serie de etapas operativas en el ordenador, otro aparato programable u otro dispositivo para producir un procedimiento implementado por ordenador, de modo que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador, otro
10 aparato programable u otro dispositivo implementen las funciones/actos especificados en el bloque o bloques de diagrama de flujo y/o diagrama de bloques.

El diagrama de flujo y los diagramas de bloques en las Figuras 5 a 8 ilustran la arquitectura, funcionalidad y funcionamiento de posibles implementaciones de procedimientos, sistemas y dispositivos según diversas realizaciones de la presente invención. En este sentido, cada bloque en el diagrama de flujo o diagramas de bloques puede
15 representar un módulo, segmento o porción de instrucciones, que comprende una o más instrucciones ejecutables para implementar la o las funciones lógicas especificadas. En algunas implementaciones alternativas, las funciones anotadas en el bloque pueden ocurrir fuera del orden anotado en las Figuras 5 o 6. Por ejemplo, dos bloques que se muestran en forma sucesiva pueden, de hecho, ejecutarse sustancialmente de forma simultánea, o los bloques a
20 veces pueden ejecutarse en el orden inverso, en función de la funcionalidad involucrada. También se observará que cada bloque de los diagramas de bloques y/o ilustración de diagrama de flujo, y combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y/o ilustración de diagrama de flujo, se puede implementar mediante sistemas basados en hardware de propósito especial que realizan las funciones o actos especificados o llevan a cabo combinaciones de hardware de propósito especial e instrucciones informáticas.

25 Finalmente, una vez realizada la detección de las almendras amargas, se procede a la extracción de la muestra mediante un sistema de extracción manual o automático.

En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de la presente
30 invención.

En un cuarto aspecto, la invención se refiere a un dispositivo para la detección de almendras amargas, capaz de adaptarse en línea, que permite la clasificación de almendras amargas y dulces. Específicamente, dicho dispositivo comprende al menos:

35 - Una celda donde se posiciona la muestra a analizar.
- Un sistema de radiación de luz UV con al menos una fuente de luz UV.
- Una cámara fotográfica que fotografía la muestra para su posterior análisis mediante el sistema informático.
- Un sistema informático que comprende un programa de clasificación de la muestra en almendras dulces y
40 amargas en función del resultado obtenido al aplicar el modelo discriminador.

En una realización particular del dispositivo de la presente invención, la celda está cerrada.

En una realización particular del dispositivo de la presente invención, el sistema de radiación de luz UV está situado
45 en la parte superior de la celda.

En una realización particular del dispositivo de la presente invención, la cámara fotográfica está situada en la parte superior de la celda.

50 En una realización particular del dispositivo de la presente invención, el sistema de radiación de luz UV comprende una fuente de luz UV que se aplica con longitudes de onda < 400 nm a una distancia de entre 0,1 m y 1 m entre la fuente de luz y la muestra.

En una realización particular del dispositivo de la presente invención, la cámara fotográfica está situada a una distancia
55 de entre 0,1 m y 1 m, que fotografía la muestra con el fin de que sea analizada posteriormente por medio del sistema informático.

En una realización particular del dispositivo de la presente invención, el dispositivo comprende un mecanismo de activación.

60 En una realización particular del dispositivo de la presente invención, el mecanismo de activación comprende un botón

que permite el paso de corriente.

En una realización particular del dispositivo de la presente invención, el programa informático controla y procesa la detección de almendras amargas, emitiendo al menos un valor de los parámetros CIEL*a*b* que se compara con los valores almacenados en la biblioteca de imágenes, permitiendo su clasificación inmediata en un gráfico de coordenadas x-y.

En una realización particular del dispositivo de la presente invención, el dispositivo comprende una tolva o cinta transportadora vibratoria adaptada a la línea.

En una realización particular del dispositivo de la presente invención, el dispositivo comprende un sistema de extracción de muestras manual o automático.

En una realización particular del dispositivo de la presente invención, el sistema de extracción de muestras comprende boquillas de aire que son ajustables dependiendo del posicionamiento de la almendra.

El dispositivo, el procedimiento y el sistema presentan una serie de ventajas altamente significativas:

1. Simple
2. Rápido
3. Exacto
4. Reproducible
5. No destructivo
6. Implementación industrial automatizada y en línea
7. Económico
8. Capaz de ser ejecutado por un operador sin entrenamiento previo específico
9. Basado en los principios de la química verde, fundamentalmente con respecto al uso de reactivos, la generación de desechos y la seguridad del operador. Permite el análisis de la totalidad de las almendras sin necesidad de posicionamiento específico, solo deben pasar a través de la cámara/celda iluminada con radiación UV y ser fotografiadas por la cámara fotográfica.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La invención propuesta se entenderá más completamente basándose en la siguiente descripción detallada, con referencia a las figuras adjuntas, que deben considerarse ilustrativas y no limitativas, donde:

La Figura 1 muestra una vista frontal del dispositivo detector para la clasificación o diferenciación de almendras.

La Figura 2 representa una vista en perspectiva lateral del dispositivo detector de almendras.

La Figura 3 muestra una vista detallada del sistema de radiación integrado y la cámara fotográfica que permite que tenga lugar la diferenciación de las almendras dulces y amargas.

La Figura 4 representa una vista interior de la celda cerrada donde las almendras se introducen y se colocan en una superficie plana y el dispositivo se conecta a su vez a un sistema informático que permite el procesamiento de la imagen.

La Figura 5 representa un diagrama de flujo de la clasificación de almendras amargas según una realización de la presente invención.

La Figura 6 representa un diagrama de flujo de la clasificación y eliminación de almendras amargas según una realización preferida de la presente invención.

La Figura 7 representa un diagrama de flujo del desarrollo del modelo discriminatorio (clasificación) usado en una realización de la presente invención.

La Figura 8 representa un diagrama de flujo del desarrollo del modelo discriminatorio (clasificación) usado en una realización preferida de la presente invención.

La Figura 9 representa los resultados obtenidos de la interpolación de un modelo discriminatorio lineal que se basa en una combinación lineal de los valores L* y a*, según la presente invención, con los valores L* y a* correspondientes

de cada almendra en dicho conjunto de validación ($n = 28$), en donde las almendras que tienen un valor que se interpola del modelo que es menor que O se clasifican como no amargas y las almendras que tienen un valor correspondiente que es mayor que O se clasifican como amargas.

5 EXPLICACIÓN DETALLADA DE LAS MODOS DE REALIZACIÓN

A continuación, se describe una realización preferida de la invención con referencia a las figuras que acompañan al presente documento.

10 El procedimiento del primer aspecto de la invención comprende, como ejemplo de una realización preferida, una primera etapa de captura de una imagen real de las almendras. Con el fin de tomar la imagen, las almendras se colocan sobre la superficie plana dentro de la celda con la puerta 1 cerrada, con el fin de lograr condiciones de luz apropiadas.

15 Las condiciones de iluminación se determinan y optimizan mediante un diseño experimental (DE), evaluando el peso y la importancia de los parámetros digitales en la diferenciación entre almendras amargas y dulces. Lo siguiente se encuentra entre dichas variables optimizadas: brillo, contraste, tono, saturación, gamma, balance de blancos y exposición. Estos parámetros optimizados están comprendidos entre los siguientes valores: Brillo (-32 - 64), contraste (7 - 22), tono (-8000 - 8000), saturación (31 - 94), gamma (62 - 185), balance de blancos (4000 - 5500), exposición (-20 1 - -12).

Para tomar la fotografía de la almendra, se deben cumplir condiciones específicas: distancia entre la cámara y las almendras dentro de un intervalo de 0,1 m y 1 m, con radiación UV con una longitud de onda < 400 nm y parámetros fotográficos específicos. Estas condiciones pueden lograrse en una celda cerrada, aislada de la luz solar, sin aberturas en las extremidades o lados, fabricada de materiales negros u opacos, como se representa en las Figuras 1 y 2. Al tomar la fotografía, la misma se almacena.

El procesamiento de la imagen proporciona un número de valores numéricos $L^*a^*b^*$ (CIEL $^*a^*b^*$), que permiten la correlación de las imágenes y datos obtenidos con el modelo discriminador. Posteriormente, se realiza la interpolación de uno o más parámetros de color $L^*a^*b^*$ obtenidos con la imagen de las almendras en el modelo discriminador desarrollado con muestras de almendras que previamente se clasificaron y cuantificaron mediante HPLC (cromatografía líquida de alto rendimiento). Finalmente, el modelo discriminador se aplica empleando software en un entorno MATLAB que debería estar disponible, ya sea almacenado en la memoria de cualquier dispositivo portátil o ubicado en un sistema remoto en línea.

35 La clasificación se ha realizado en base a una biblioteca de imágenes tomadas en condiciones de iluminación optimizadas por medio de DE, con una separación cámara-almendra particular, que debe mantenerse fija para todas las mediciones, para que el resultado sea correcto.

40 La Figura 1 y la Figura 2 representan el dispositivo detector para la diferenciación de almendras en función del contenido de compuestos cianogénicos presentes en las mismas.

Las almendras se localizan individualmente o (no exclusivamente) en grupos dentro de la celda en la superficie 3 de la Figura 4. La puerta 1 se cierra para obtener las condiciones necesarias de ausencia de luz solar y debe permanecer completamente cerrada mientras se capturan imágenes. Con el fin de capturar imágenes, accionaremos el botón 2, que permite el paso de corriente y activa el sistema de radiación UV y la cámara digital 5.

La Figura 3 representa los sistemas integrados de cámara digital 5 y radiación UV 6 requeridos para la captura y análisis de datos. Dicho sistema de radiación 6 consiste en al menos una fuente de luz UV anclada al sistema de radiación 4, específicamente, en nuestro ejemplo el sistema de radiación consiste en tres fuentes de luz UV. Aunque el dispositivo propuesto consiste en tres luces UV, también es posible reducir o aumentar el número de fuentes de radiación hasta que se obtenga una iluminación suficiente, según sea necesario, dependiendo de la altura entre las almendras y la fuente de radiación, el volumen interno de la celda y las condiciones de ausencia total o parcial de luz solar. Por lo tanto, el sistema de iluminación requiere al menos una fuente de radiación, que puede aumentar en número para obtener una iluminación completa de la totalidad del interior de la celda.

El dispositivo debe conectarse a un sistema informático 7 con un programa para procesar la imagen y diferenciar entre almendras amargas y dulces en función de al menos un parámetro de color (R, G, B, L^* , a^* , b^*) de las imágenes obtenidas.

60

Ejemplo:

Desarrollo del modelo:

Se desarrolló un modelo para discriminar entre almendras dulces y amargas de la siguiente manera:

- 5 (i) Se seleccionaron 128 almendras, 64 dulces y 64 amargas. Se dividieron en dos conjuntos, uno de 100 almendras (conjunto de desarrollo: 50 amargas y 50 no amargas) para desarrollar el modelo y otro de 28 almendras (conjunto de validación: 14 amargas y 14 no amargas) para validarlo.
- 10 (ii) se tomaron imágenes a nivel de superficie de todas las almendras para determinar sus parámetros RGB y, por lo tanto, CIE $L^*a^*b^*$.
- (iii) análisis químico se realizó mediante cromatografía de los dos conjuntos de almendras para determinar su composición y, por lo tanto, estar seguros de la identidad (no amarga | amarga) de cada almendra.
- 15 (iv) se realizó una media de los parámetros RGB o CIE $L^*a^*b^*$ a partir de la imagen tomada de cada almendra y, mediante análisis multivariado de los parámetros L^* y a^* o L^* y b^* del conjunto de desarrollo, se desarrolló un modelo discriminante lineal para clasificar las almendras.

20 Pruebas del modelo/clasificación de las almendras:

Tras interpolar los valores L^* y a^* o L^* y b^* de cada almendra en el conjunto de validación en el modelo correspondiente, se obtuvo un valor de interpolación normalizado. Si se obtiene un valor de más de 0, la almendra se clasificó como amarga. Por el contrario, si el valor es menor que 0, la almendra se clasificó como no amarga. La bondad del modelo se evaluó con el conjunto de validación.

25

La Figura 9 muestra los resultados de la validación obtenidos mediante la interpolación de un modelo discriminatorio basado en una combinación de los valores L^* y a^* con los valores L^* y a^* correspondientes de cada almendra en dicho conjunto de validación. Se obtuvieron resultados similares interpolando un modelo discriminatorio basado en una combinación de los valores de L^* y b^* con los valores de L^* y b^* correspondientes de cada almendra en dicho conjunto de validación. Todas las almendras del conjunto de validación se clasificaron correctamente como amargas o no amargas, con 0 % de falsos positivos y 0 % de falsos negativos utilizando dichos modelos.

30

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la detección de almendras amargas, que comprende la siguiente etapa:
 - 5 (a) Colocar al menos una almendra en una superficie (3) por medio de un sistema de suministro manual o automático; (e) Clasificar la almendra como amarga o no amarga según un modelo discriminatorio; y (f) Retirar la almendra por medio de un sistema de retirada manual o automático, caracterizado porque dicho procedimiento comprende además las siguientes etapas entre las etapas (a) y (e) de:
 - (b) Iluminar la almendra con una fuente de radiación ultravioleta (UV) (6);
 - 10 (c) Adquirir una imagen de la almendra con una cámara fotográfica (5) y almacenar dicha imagen en un sistema interno o externo para su posterior análisis; y (d) Procesar dicha imagen adquirida con un sistema informático (7) que comprende un programa para aplicar dicho modelo discriminatorio, donde la etapa (d) a su vez comprende las siguientes etapas:
 - 15 i. Procesar los datos de la imagen adquirida y la segmentación de la imagen para establecer los parámetros de color RGB de la muestra;
 - ii. Transformar los parámetros de color RGB obtenidos en la etapa i en al menos un parámetro $L^*a^*b^*$ del espacio CIE $L^*a^*b^*$;
 - iii. Determinar al menos uno de los parámetros L^* , a^* y/o b^* del espacio CIE $L^*a^*b^*$ y su valor correspondiente en dicha imagen; y
 - 20 iv. Interpolarse el valor obtenido en la etapa iii en dicho modelo discriminatorio generado a partir de los valores obtenidos con diferentes tipos de muestra de almendras amargas y no amargas adquiridas en dichas condiciones predeterminadas.
 - 25 2. El procedimiento para la detección de almendras amargas según la reivindicación 1, donde en la etapa (a), la muestra se coloca en una celda cerrada sin penetración de la luz solar, donde la iluminación de la celda se lleva a cabo con radiación UV que tiene longitudes de onda < 400 nm a una distancia entre la fuente de luz (6) y la muestra de entre 0,1 m y 1 m y donde la fotografía de la muestra se realiza a una distancia entre la cámara (5) y la muestra de entre 0,1 m y 1 m, en condiciones de ausencia de luz solar y aplicación de radiación UV.
 - 30 3. El procedimiento para la detección de almendras amargas según la reivindicación 1, en donde el procedimiento comprende una etapa intermedia entre las etapas (a) y (b) para la distribución homogénea de las muestras, opcionalmente en donde la distribución homogénea se lleva a cabo por medio de cintas transportadoras o mesas vibratorias.
 - 35 4. El procedimiento para la detección de almendras amargas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde: dicha almendra es una almendra pelada; la etapa (d) a su vez comprende las siguientes etapas:
 - (i) segmentar la imagen en canales RGB y obtener los valores RGB medios sobre todos los píxeles de dicha imagen;
 - 40 (ii) transformar los valores RGB medios en los valores CIE $L^*a^*b^*$ correspondientes;
 - (iii) interpolación de:
 - un valor V_a del modelo discriminatorio que usa los valores L^* y a^* de dicha almendra cuando dicho modelo discriminatorio es una combinación de los valores L^* y a^* de cada miembro de una población que comprende almendras amargas y almendras no amargas, donde dicha combinación discrimina entre la subpoblación de almendras amargas y la subpoblación de almendras no amargas en dicha población, donde las almendras amargas se asignan a un intervalo R_{a1} de dicha combinación y las almendras no amargas se asignan a un intervalo R_{a2} de dicha combinación; o
 - 45 - un valor V_b del modelo discriminatorio usando los valores L^* y b^* de dicha almendra, cuando dicho modelo discriminatorio es una combinación de los valores L^* y b^* de cada miembro de dicha población, donde dicha combinación discrimina entre la subpoblación de almendras amargas y la subpoblación de almendras no amargas en dicha población, donde las almendras amargas se asignan a un intervalo R_{b1} de dicha combinación y las almendras no amargas se asignan a un intervalo R_{b2} de dicha combinación; y
 - 50 la etapa (e) clasifica la almendra usando el valor V_a o V_b obtenido según el modelo discriminatorio de la etapa (d), donde dicha almendra se clasifica como una almendra amarga cuando:
 - V_a cae dentro del intervalo R_{a1} ;
 - V_a cae fuera del intervalo R_{a2} ;
 - 60 - V_b cae dentro del intervalo R_{b1} ;
 - o V_b cae fuera del intervalo R_{b2} .

5. El procedimiento para la detección de almendras amargas según la reivindicación 4, donde dicho modelo discriminatorio se desarrolla mediante:

- 5 (i) realizar las etapas (a) a (c) para cada almendra en dicha población que comprende almendras amargas y almendras no amargas;
 (ii) segmentar cada imagen adquirida para cada almendra en dicha población en canales RGB y obtener los valores RGB medios sobre todos los píxeles de cada imagen;
 (iii) transformar los valores RGB medios de cada imagen adquirida para cada almendra en dicha población en los
 10 valores CIE $L^*a^*b^*$ correspondientes;
 (iv) calcular una combinación de:

- los valores L^* y a^* de cada almendra de dicha población; o
- los valores L^* y b^* de cada almendra en dicha población

15 donde cada combinación discrimina entre la subpoblación de almendras amargas y la subpoblación de almendras no amargas en dicha población.

6. El procedimiento para la detección de almendras amargas según la reivindicación 5, que comprende
 20 adicionalmente

la siguiente etapa después de la etapa (III) y antes de la etapa (IV) de realizar análisis de datos multivariantes mediante análisis discriminante lineal que obtiene:

- 25 - una función discriminante cuando se utilizan los parámetros R, G y B de cada almendra en dicha población; o
 - una función discriminante cuando se usan parámetros L^* , a^* y b^* de cada almendra en dicha población, en donde:
 - el valor de la función discriminante determinado usando los parámetros R, G y/o B de cada almendra en dicha población; o
 - el valor de la función discriminante determinada usando los parámetros L^* , a^* y/o b^* de cada almendra en dicha
 30 población discrimina entre la subpoblación de almendras amargas y la subpoblación de almendras no amargas en dicha población.

7. El procedimiento para la detección de almendras amargas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la etapa (c) comprende adquirir una imagen de múltiples almendras, donde cada imagen de cada almendra
 35 se separa de la misma mediante un software de reconocimiento de imágenes.

8. Un sistema para la detección de almendras amargas, que comprende lo siguiente:

a) medios para colocar al menos una almendra sobre una superficie (3) por medio de un sistema de suministro manual
 40 o automático;

(e) medios para clasificar la almendra como amarga o no amarga según un modelo discriminatorio; y

(f) medios para extraer la almendra por medio de un sistema de extracción manual o automático, caracterizado porque dicho sistema comprende adicionalmente lo siguiente:

(b) medios para iluminar la almendra con una fuente de radiación ultravioleta (UV) (6);

45 (c) medios para adquirir una imagen de la almendra con una cámara fotográfica (5) y almacenar dicha imagen en un sistema interno o externo para su posterior análisis; y

(d) medios para procesar dicha imagen adquirida con un sistema informático (7) que comprende un programa para aplicar dicho modelo discriminatorio;

en donde (d) a su vez comprende lo siguiente:

50 i. medios para procesar los datos de la imagen adquirida y la segmentación de la imagen para establecer los parámetros de color RGB de la muestra;

ii. medios para transformar los parámetros de color RGB obtenidos en la etapa i en al menos un parámetro $L^*a^*b^*$ del espacio CIE $L^*a^*b^*$;

55 iii. medios para determinar al menos uno de los parámetros L^* , a^* y/o b^* del espacio CIE $L^*a^*b^*$ y su valor correspondiente en dicha imagen; y

iv. medios para interpolar el valor obtenido por iii en dicho modelo discriminatorio generado a partir de los valores obtenidos con diferentes tipos de muestra de almendras amargas y no amargas adquiridas en dichas condiciones predeterminadas.

60 9. El sistema para la detección de almendras amargas según la reivindicación 8, donde la superficie está

en una celda cerrada sin penetración de luz solar que comprende medios de iluminación de la celda con radiación UV que tiene longitudes de onda < 400 nm a una distancia entre la fuente de luz (6) y la muestra de entre 0,1 m y 1 m y medios para hacer una fotografía de la muestra a una distancia entre la cámara (5) y la muestra de entre 0,1 m y 1 m, bajo condiciones de ausencia de luz solar y aplicación de radiación UV.

- 5
10. El sistema para la detección de almendras amargas según la reivindicación 8, donde el sistema comprende medios para la distribución homogénea de las muestras, que comprenden opcionalmente cintas transportadoras o mesas vibratorias.
- 10 11. El sistema para la detección de almendras amargas según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, donde (c) comprende medios para adquirir una imagen de múltiples almendras, y para separar cada imagen de cada almendra mediante software de reconocimiento de imágenes.
12. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, donde:
- 15
- los medios para colocar al menos una almendra pelada sobre una superficie comprenden un medio de suministro o dispensación manual o automática;
 - los medios para iluminar la almendra con una fuente de radiación ultravioleta (UV) (6) comprenden una celda donde se coloca la muestra a analizar y un sistema de radiación de luz UV (4) con al menos una fuente de luz UV (6);
- 20
- los medios para adquirir una imagen de la almendra comprenden una cámara fotográfica colocada (5) que fotografía la muestra para su posterior análisis mediante el sistema informático (7); y
 - los medios para procesar dicha imagen adquirida comprenden un sistema informático (7) que comprende un programa para aplicar un modelo discriminatorio para la clasificación de la muestra en almendras dulces y amargas dependiendo del resultado obtenido al aplicar el modelo discriminatorio.
- 25
13. Un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que dicho dispositivo comprende al menos:
- 30
- una celda en la que se coloca la muestra que se va a analizar;
 - Un sistema de radiación de luz UV (4) con al menos una de las fuentes de luz UV (6);
 - La cámara fotográfica colocada (5) que fotografía la muestra para su posterior análisis mediante el sistema informático (7); y
 - El sistema informático (7) que comprende el programa de clasificación de la muestra en almendras dulces y amargas dependiendo del resultado obtenido al aplicar el modelo discriminatorio.
- 35
14. Dispositivo para la detección de almendras amargas según la reivindicación 13, donde el sistema de radiación de luz UV (4) y la cámara fotográfica (5) están situados en la parte superior de la celda.
- 40 15. El dispositivo para la detección de almendras amargas según la reivindicación 13, donde el sistema de radiación de luz UV (4) comprende una fuente de luz UV (5) con longitudes de onda < 400 nm aplicada a una distancia de entre 0,1 m y 1 m entre la fuente de luz (6) y la muestra y donde la cámara fotográfica (5) está situada a una distancia de entre 0,1 m y 1 m de la muestra.

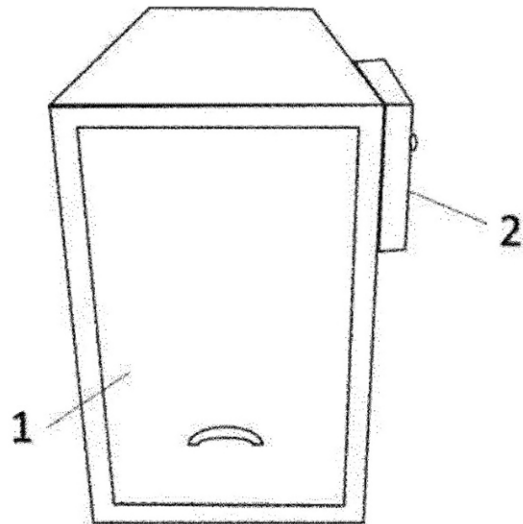


FIGURA 1

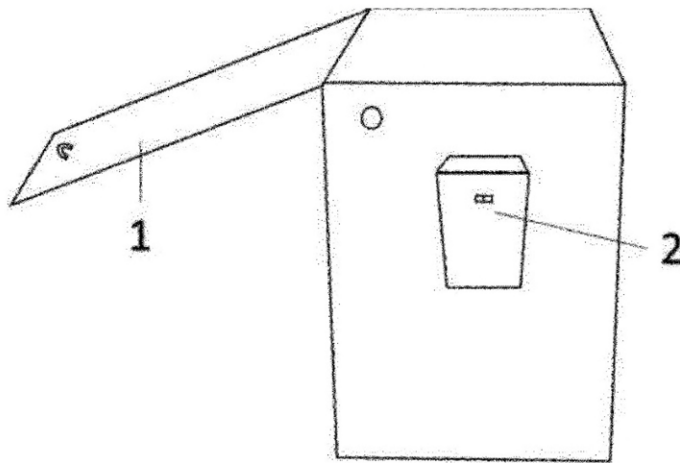


FIGURA 2

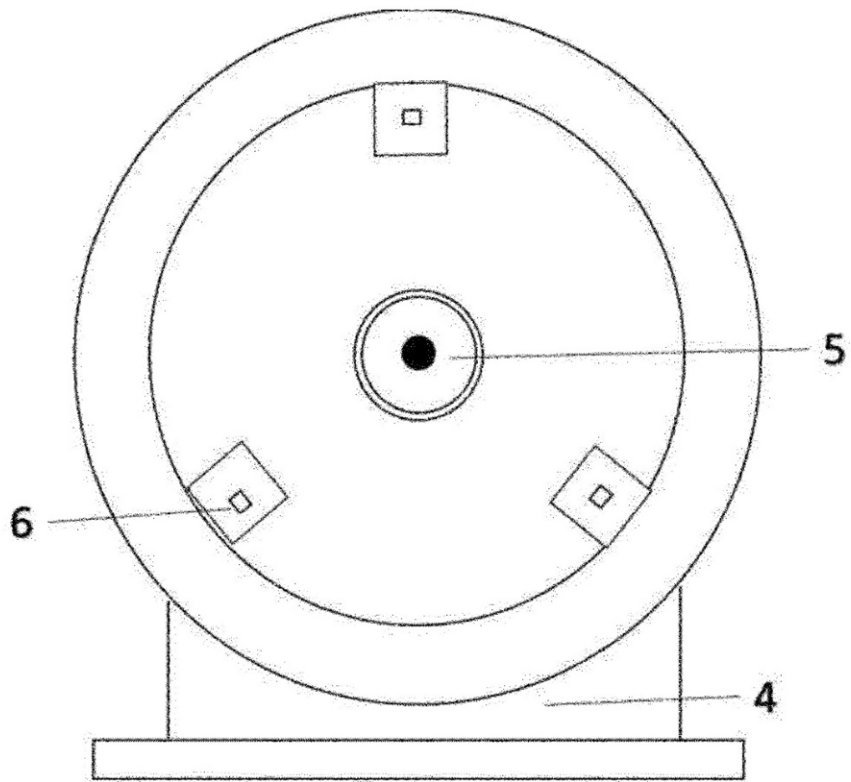


FIGURA 3

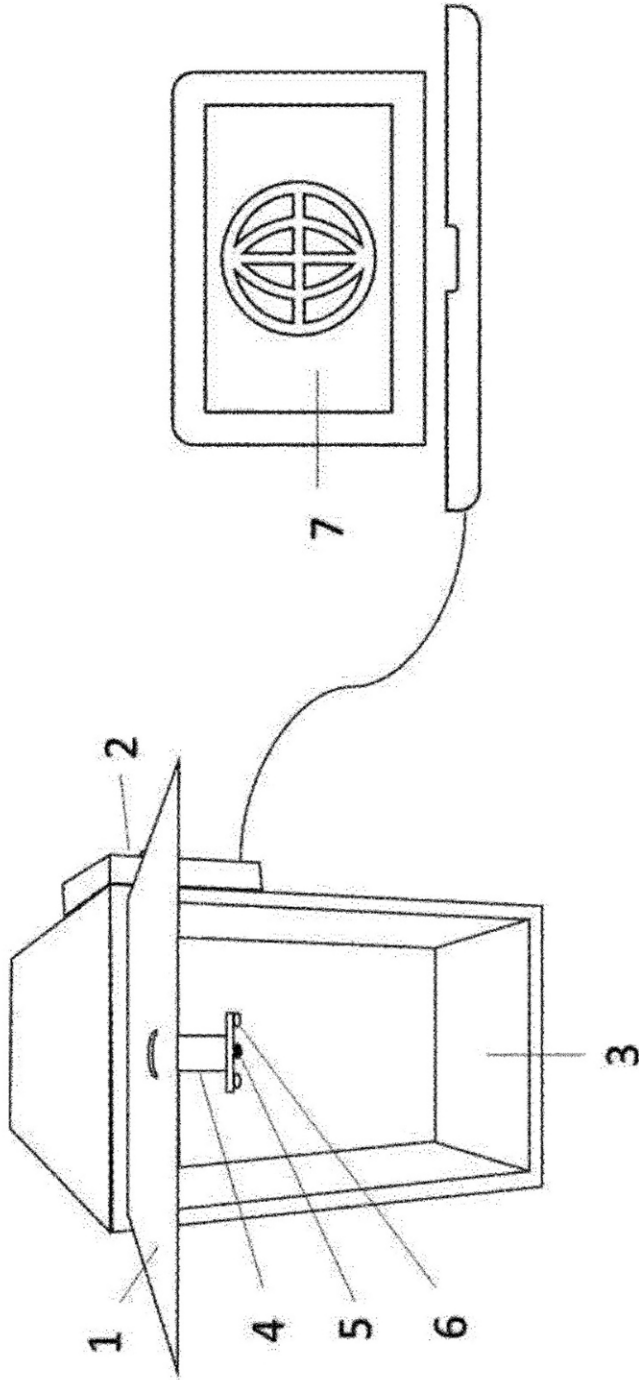


FIGURA 4

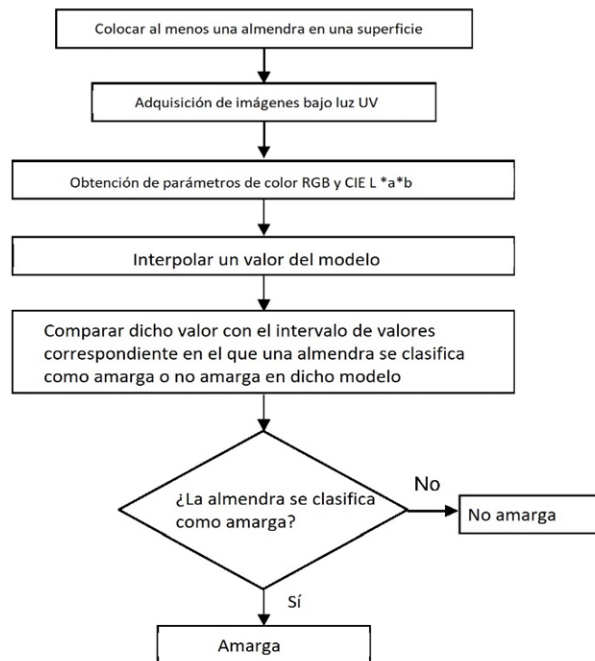


FIGURA 5

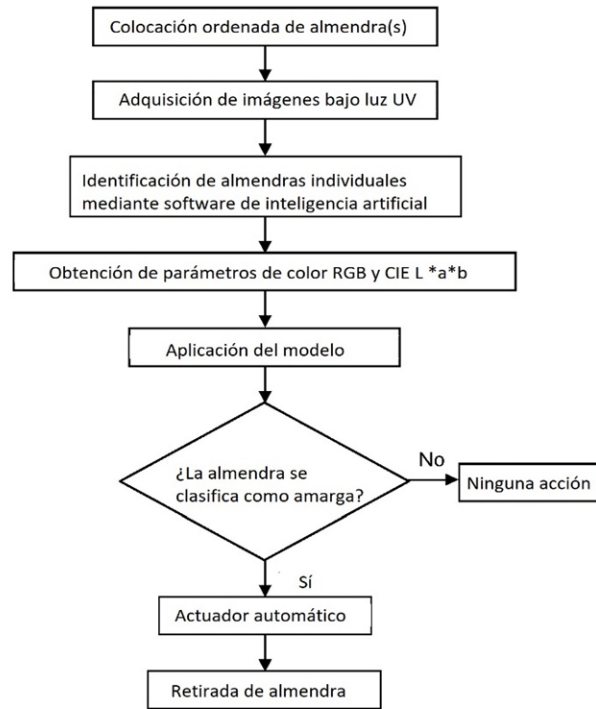


FIGURA 6

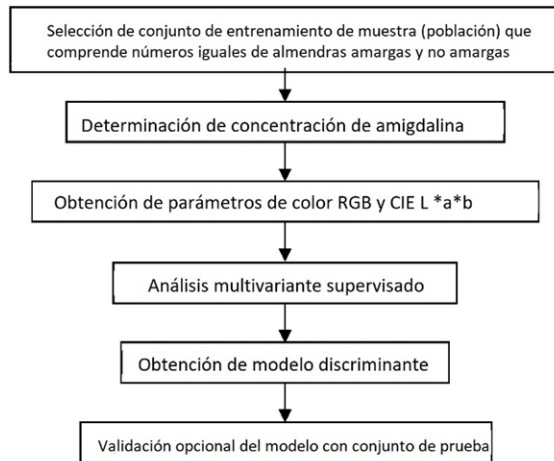


FIGURA 7

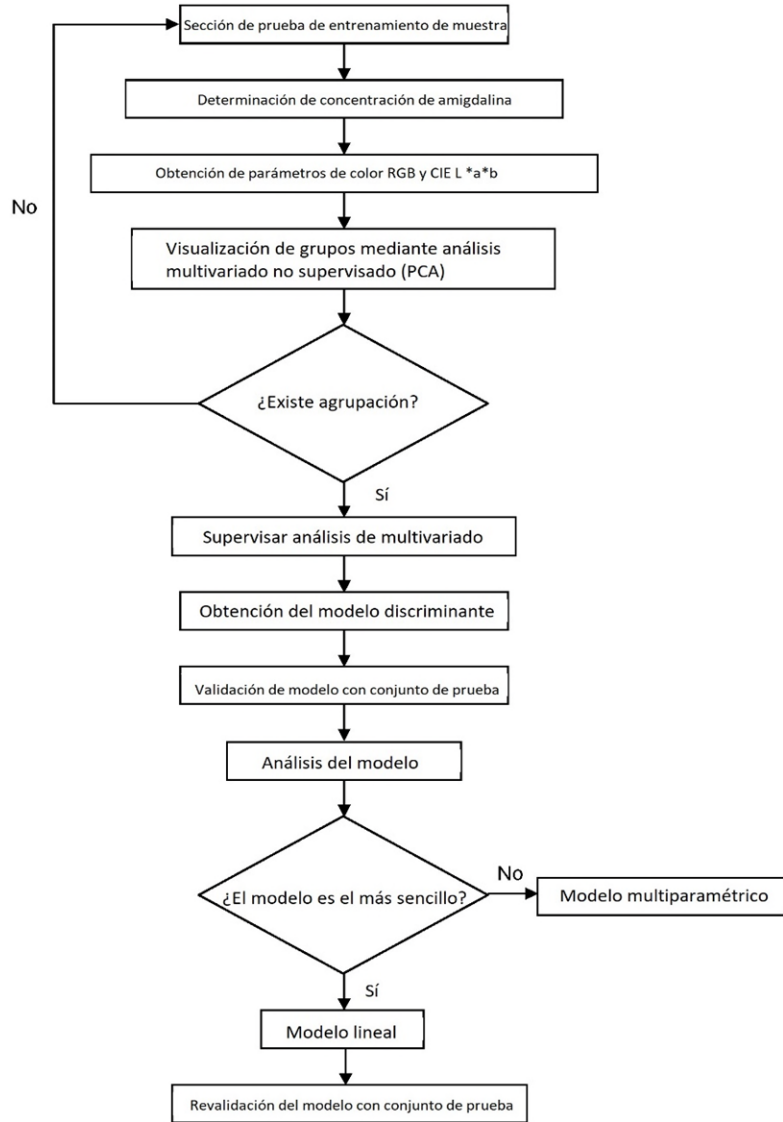


FIGURA 8

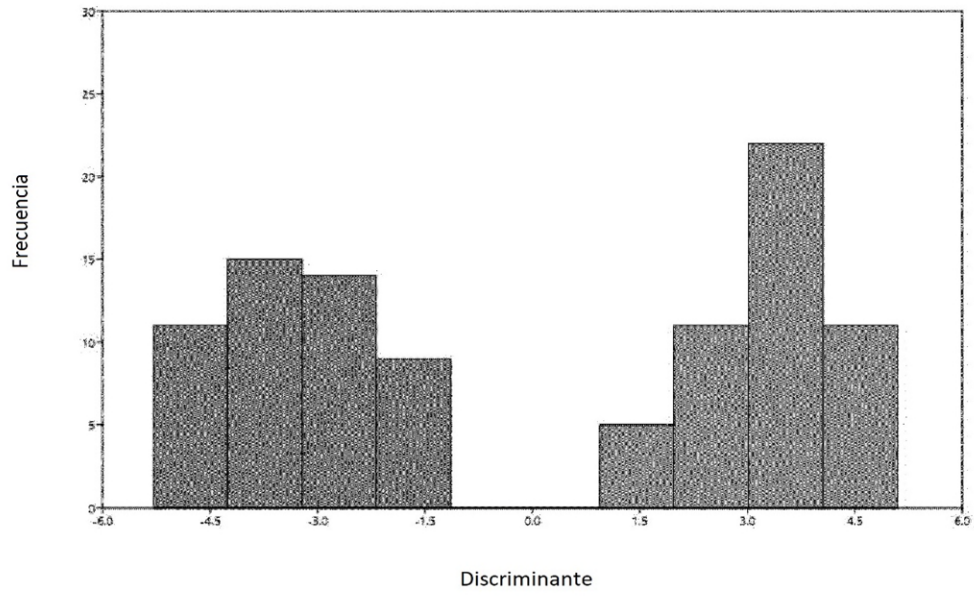


FIGURA 9