(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 819 060**

(51) Int. CI.:

G01N 23/18 (2008.01)
G01N 33/02 (2006.01)
G01N 23/04 (2008.01)
G01N 23/083 (2008.01)
G06T 7/10 (2007.01)
G06T 7/68 (2007.01)
B07C 5/34 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2019 E 19154552 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020 EP 3521812**

(54) Título: **Procedimiento y aparato para la inspección no destructiva de frutas que tienen un eje de simetría rotacional**

(30) Prioridad:

05.02.2018 IT 201800002420

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.04.2021

(73) Titular/es:

MICROTEC S.R.L. (100.0%)
Via Julius Durst 98
39042 Bressanone (Bolzano), IT

(72) Inventor/es:

URSELLA, ENRICO;
ZANE, GIANCARLO;
FACCINI, SIMONE y
BOSCHETTI, MARCO

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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 y aparato para la inspección no destructiva de frutas que tienen un eje de simetría rotacional

Esta invención se refiere en general al sector de aparatos para el sector alimentario.

Específicamente, esta invención se refiere a un procedimiento para la inspección no destructiva de una fruta que tiene un eje de simetría rotacional. Esta invención también se refiere a un aparato para realizar esa inspección no destructiva.

Existen aparatos de la técnica anterior que, mediante rayos X, permiten comprobar la posible presencia de cuerpos no deseados (como trozos de semillas/huesos u otros elementos) en frutas procesadas o para comprobar algunos tipos de daños internos en frutas.

El documento US 8 284895 B1 divulga la detección de huesos en frutas con rayos X usando un perfil de absorción simplificado. El documento US 3 768 645 A divulga la detección con rayos X de frutas dañadas. El documento US 7 860 214 B1 divulga la detección de frutas con rayos X con la ayuda de un absorbente que está conformado para compensar el perfil de absorción medio de las frutas.

Como alternativa a los procedimientos de la técnica anterior, esta invención propone un procedimiento de inspección no destructiva específicamente destinado a frutas que tienen un eje de simetría rotacional, como aguacates, cítricos, manzanas, y permite la identificación de características internas de dichas frutas.

Esto se logra mediante un procedimiento para inspección no destructiva como en las reivindicaciones adjuntas, así como mediante un aparato como se reivindica.

En comparación con los procedimientos de la técnica anterior, el procedimiento de acuerdo con esta invención es un procedimiento alternativo que puede ser más fácil de aplicar y que puede proporcionar resultados más precisos.

Específicamente, el procedimiento de acuerdo con esta invención es útil porque hace uso de la simetría rotacional de la fruta y evita la complicación de determinar explícitamente la forma tridimensional de la propia fruta, que por el contrario se requiere en algunos procedimientos de la técnica anterior.

Según un aspecto de esta invención, la fruta se coloca de tal manera que su eje de simetría rotacional sea sustancialmente paralelo a un plano en el que se genera una imagen de rayos X. La imagen de rayos X obtenida de esta manera es, por tanto, simétrica con respecto a una proyección del eje de simetría rotacional de la fruta. Dividiendo la imagen de rayos X en secciones o tiras que son perpendiculares a la proyección del eje de simetría rotacional, cada una de dichas secciones o tiras es una proyección de una respectiva rodaja de fruta sustancialmente circular.

Cabe señalar que la atenuación total a lo largo de la trayectoria de cada radiografía depende tanto de la longitud del tramo de fruta que atraviesa como del coeficiente de absorción (o coeficiente de atenuación) de la sustancia que atraviesa. Si la sustancia es uniforme (por ejemplo, solo la pulpa de la fruta), la atenuación total es el coeficiente de atenuación de la sustancia multiplicado por la longitud del tramo atravesado; si la sustancia no es uniforme (por ejemplo, para un tramo que comprende pulpa, hueso y/o descomposición), la atenuación total es la suma de las atenuaciones en los tramos uniformes individuales atravesados.

Según una primera alternativa del procedimiento según esta invención, es posible identificar dónde la fruta tiene discontinuidades y/o no uniformidades mediante una comparación entre la atenuación de la señal de rayos X que se detecta realmente en los puntos individuales de cada sección o franja de imagen de rayos X y la atenuación que se esperaría si el correspondiente corte circular tuviera un coeficiente de atenuación uniforme.

Según una segunda alternativa del procedimiento de acuerdo con esta invención, es posible identificar dónde la fruta tiene discontinuidades y/o no uniformidades calculando un coeficiente local de atenuación promedio en las diferentes zonas de la imagen de rayos X y buscando las desviaciones o variaciones del coeficiente local de atenuación promedio (calculado de esa manera) relativo a una tendencia con valor constante. El coeficiente local de atenuación promedio se puede calcular en cada punto dividiendo la atenuación de la señal de rayos X que realmente se detecta en el punto por la longitud del tramo respectivo de fruta atravesada, donde la longitud se puede calcular asumiendo que el corte correspondiente es circular. En la práctica, ese coeficiente local de atenuación promedio es un valor promedio para el tramo específico de fruta que atraviesa.

Las dos alternativas descritas anteriormente comparten el mismo concepto de considerar cada una de esas secciones o tiras de la imagen de rayos X como la proyección de una respectiva rodaja de fruta sustancialmente circular. Las dos alternativas difieren debido al examen de la atenuación general para todo el tramo atravesado (primera alternativa) o al examen del coeficiente local de atenuación promedio en el tramo atravesado (segunda alternativa). Básicamente, difieren en un paso del procesamiento matemático, pero se basan en el mismo concepto

inventivo general. Dado que la incorporación de las dos alternativas en una sola reivindicación independiente podría resultar en una reivindicación con una sintaxis bastante compleja, para mayor claridad se decidió que las dos alternativas deberían presentarse por separado en dos reivindicaciones independientes.

El procedimiento según esta invención se puede utilizar, por ejemplo, para buscar el tamaño de un hueso en una fruta, en particular en un aguacate.

El procedimiento según esta invención se puede utilizar, por ejemplo, para comprobar si el hueso (en particular el hueso de un aguacate) está desprendido de la pulpa de la fruta.

El procedimiento según esta invención se puede utilizar, por ejemplo, para comprobar si la piel está despegada de la pulpa de la fruta, en particular para una fruta que sea un cítrico, como una mandarina.

Por tanto, el procedimiento según esta invención es útil para evaluar el porcentaje de frutas comestibles, determinar el tamaño del hueso y/o la piel, y/o para identificar anomalías como zonas de descomposición. Por tanto, permite evaluar la calidad de una fruta mediante criterios objetivos y de forma no destructiva.

En particular, utiliza la simetría de la fruta y su contorno: por ejemplo, calculando el coeficiente medio de atenuación en las distintas zonas y analizando la simetría, se pueden revelar las dimensiones del hueso, de la cáscara y de cualquier anomalía.

Dentro del alcance de esta invención, el término "fruta" se refiere a un objeto que puede ser fruta en el sentido convencional (específicamente drupas, pomos, frutas cítricas) o verdura (por ejemplo, tomates), que tienen todos un eje de rotación con respecto al cual el objeto es sustancialmente simétrico.

Otras características y ventajas de esta invención son más evidentes en la descripción detallada a continuación, con referencia a ejemplos, realizaciones no limitantes de un procedimiento y un aparato para la inspección no destructiva de una fruta. Se hará referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 es una vista esquemática de una fruta durante una etapa del procedimiento según esta invención, en la que se radiografía la fruta;

- La figura 2 muestra una variante de posicionamiento de la fruta durante el paso del procedimiento de la figura 1;

- las figuras 3 a 6 ilustran esquemáticamente varios pasos de procesamiento de acuerdo con una primera alternativa del procedimiento de acuerdo con esta invención;

- La figura 7 es una sección transversal de la fruta, seccionada por un plano perpendicular a su eje de simetría rotacional, durante una etapa del procedimiento;

- Las figuras 8 a 10 muestran varios ejemplos de imágenes de frutas reelaboradas según una segunda alternativa del procedimiento según esta invención;

- La figura 11 es una vista esquemática y simplificada de un aparato de inspección no destructiva según esta invención;

- La figura 12 es una vista superior esquemática y simplificada de una parte del aparato de la figura 11.

Con referencia a las figuras mencionadas, se ha etiquetado genéricamente una fruta con el carácter de referencia 1 y se ha etiquetado un aparato para realizar una inspección no destructiva de una fruta con el carácter 9 de referencia. La fruta 1 mostrada en las figuras es, por ejemplo, un aguacate, pero obviamente puede ser otra fruta o verdura.

La fruta 1 tiene un eje 10 de simetría rotacional, es decir, para la fruta 1 es posible identificar un eje 10 con respecto al cual la fruta 1 es sustancialmente simétrico cuando gira. En la práctica, si la fruta 1 se corta según planos ortogonales al eje 10, las secciones obtenidas son secciones circulares con su centro en el eje 10. Dentro del alcance de esta invención, la simetría rotacional debe considerarse dentro de algún margen de tolerancia, en la medida en que permita el nivel de precisión requerido para la inspección.

En un primer paso del procedimiento de inspección no destructiva, la fruta 1 se coloca de tal manera que su eje de simetría 10 rotacional tenga una orientación que sea sustancialmente paralela a un plano 20 predeterminado. Por ejemplo, el plano 20 predeterminado es un plano sustancialmente horizontal y la fruta 1 se coloca de manera que su eje de simetría 10 rotacional sea sustancialmente horizontal. Si fuera necesario, para una fruta 1 en forma de pera como un aguacate, sería posible utilizar un soporte 2 para sujetar la fruta 1 con su cabeza levantada por encima del plano 20 horizontal predeterminado, de modo que su eje de simetría 10 rotacional sea horizontal.

Sin embargo, debe considerarse que el procedimiento de acuerdo con esta invención también se puede aplicar con éxito si el eje de simetría 10 rotacional no es exactamente paralelo al plano 20 predeterminado. Por ejemplo, una inclinación del eje de simetría 10 rotacional con respecto al plano 20 predeterminado de hasta alrededor de 25° podría tener un efecto insignificante en los resultados y por lo tanto sería aceptable. La expresión "sustancialmente paralela" debe entenderse en ese sentido. Por lo tanto, la fruta 1 podría estar simplemente descansando sobre el plano 20 horizontal predeterminado, sin ningún soporte 2, como se muestra por ejemplo en la figura 2.

En un segundo paso del procedimiento, se radiografía la fruta 1. Los rayos X se emiten con una dirección de emisión que es sustancialmente perpendicular al plano 20 predeterminado y una imagen de rayos X obtenida se encuentra en el plano 20 predeterminado. En otras palabras, la imagen de rayos X es una proyección en el plano 20 predeterminado que representa la fruta 1 usando rayos X. La figura 1 ilustra esquemáticamente un emisor 3 de rayos X, que envía un haz de rayos X (que están etiquetados como 31) hacia el plano 20 predeterminado perpendicularmente a este último. Los rayos X inciden sobre la fruta 1 y, después de haberlo atravesado, son recibidos por un receptor de rayos X adecuado (no ilustrado) colocado paralelo al plano 20 predeterminado. La imagen de rayos X está constituida por lo que recibe el receptor de rayos X. No es necesariamente una imagen física, más bien es una imagen electrónica, y básicamente está constituida por una matriz de coordenadas (x, y) y de los valores medidos en los respectivos puntos que tienen dichas coordenadas.

La imagen de rayos X obtenida es luego procesada (en particular por una unidad 95 de procesamiento electrónico) para calcular, en los puntos correspondientes de la imagen de rayos X obtenida, valores respectivos de atenuación de la señal de rayos X a través de la fruta 1. Básicamente, la imagen de rayos X obtenida se convierte en una imagen (también una imagen de rayos X) cuyas coordenadas están asociadas a los valores locales de atenuación de los rayos X a través de la fruta 1: cada valor representa la atenuación provocada por el paso por un respectivo tramo de fruta 1, es decir, la atenuación a lo largo de una ruta entre el emisor 3 y un punto específico de la imagen. Como se muestra en la figura 7, dado que la fruta 1 está posicionada con el eje de simetría 10 rotacional sustancialmente paralelo al plano 20 predeterminado, una longitud L del tramo depende de una distancia x del punto desde una proyección del eje de simetría 10 rotacional en el plano 20 predeterminado.

En concreto, la atenuación considerada aquí es una magnitud con dependencia logarítmica de la señal medida (es decir, la intensidad de los rayos X recibidos en un punto específico por el receptor). En particular, la atenuación a en un punto x se calcula como $a(x) = \log\left[\frac{I_e(x)-I_0(x)}{I(x)-I_0(x)}\right]$, donde I(x) es la señal medida en el punto x en presencia de la fruta 1, $I_0(x)$ es la señal medida en el punto x cuando el emisor de rayos X 3 está apagado, $I_e(x)$ es la señal medida en el punto x en ausencia de la fruta 1.

En otro paso de procesamiento, ilustrado esquemáticamente en la figura 3, la imagen de rayos X (etiquetada 41) de la fruta 1 se divide en una pluralidad de secciones 415 que son perpendiculares a una proyección 410 del eje de simetría 10 rotacional en el plano 20 predeterminado. En la práctica, las secciones 415 están delimitadas por líneas 417 rectas perpendiculares a la proyección 410 del eje de simetría 10 rotacional. Por tanto, cada sección 415 es una tira que es una proyección de una rodaja correspondiente de la fruta 1 que es sustancialmente perpendicular al eje de simetría 10 rotacional. La anchura de las secciones 415, es decir, la distancia entre las líneas 417 rectas, puede seleccionarse según se desee en función de los requisitos y es menor cuando la resolución a obtener para el procedimiento aquí descrito es mayor.

Cabe señalar que dividir la imagen de rayos X no debe entenderse como un paso de cortar físicamente una imagen. De hecho, esa expresión simplemente describe un paso de procesamiento de datos que, en cualquier caso, es realizado por una computadora. Lo mismo se aplica a los siguientes pasos de procesamiento. También debe observarse que el procesamiento se puede llevar a cabo de manera equivalente en la imagen expresada en términos de valores de atenuación en lugar de en términos de señal recibida.

Incluso las referencias a la "rodaja" de fruta 1 no significan que la fruta esté o vaya a cortarse físicamente en rodajas. La inspección según esta invención es de tipo no destructivo y la fruta 1 permanece intacta. Por tanto, la expresión "rodaja correspondiente de la fruta" indica la porción de fruta situada entre el emisor 3 y la sección 415 de la imagen de rayos X considerada, dicha porción de fruta ha sido atravesada por los rayos X y proyectada sobre la sección 415.

Debe notarse que, gracias al posicionamiento de la fruta 1 con el eje de simetría 10 rotacional sustancialmente paralelo al plano 20 predeterminado, cada rodaja es sustancialmente circular y su centro está en el eje de simetría 10 rotacional.

La posición de la proyección 410 del eje de simetría 10 rotacional en la imagen 41 de rayos X puede conocerse de antemano porque la fruta 1 se ha orientado de una manera conocida, por ejemplo, con el eje de simetría 10 rotacional perpendicular a una dirección de transporte en el aparato 9, como se muestra en la figura 12. Alternativamente, la posición de la proyección 410 del eje de simetría 10 rotacional puede calcularse como un eje de simetría de la imagen 41 de rayos X o como un eje de simetría de una proyección de un contorno exterior (es decir, como eje de simetría de la proyección de la superficie exterior de la piel) de la fruta 1.

El procedimiento de procesamiento toma en consideración cada sección 415 y le aplica una secuencia de subpasos de procesamiento.

Para un procesamiento simple, por ejemplo, es posible considerar una línea mediana de la sección 415 o una línea 417 recta que delimita la sección 415 como una representación de la sección 415 completa. En la práctica, considerando que el ancho de la sección 415 es pequeño, para cada sección 415 el procesamiento puede considerar una tendencia de atenuación solo en la dirección perpendicular a la proyección 410 del eje de simetría 10 rotacional, ignorando las variaciones en la dirección paralela a la proyección 410.

A continuación se describe un primer modo de llevar a cabo el procedimiento.

Para cada sección 415, se determinan dos puntos finales correspondientes a la proyección del contorno exterior (es decir, la superficie exterior de la piel) de la fruta 1. Cada punto final es identificable como un límite entre una región con atenuación nula de la señal de rayos X y una región con atenuación creciente o decreciente (dependiendo de la dirección a lo largo de la cual se examina la sección 415) de la señal de rayos X. De hecho, los rayos X no se atenúan si no encuentran la fruta; cuanto mayor es el grosor de la fruta por la que tienen que pasar, más se atenúan los rayos X.

Se obtiene una tendencia de la atenuación de la señal de rayos X entre los dos puntos finales a partir de los valores respectivos calculados procesando la imagen 41 de rayos X. En otras palabras, dicha tendencia es una tendencia detectada.

Luego se calcula una tendencia de referencia de la atenuación de la señal de rayos X entre los dos puntos finales, adoptando un coeficiente de atenuación que tiene un valor que es constante para el corte correspondiente. En otras palabras, la tendencia de referencia se calcula asumiendo que el interior de la rodaja de fruta es uniforme y tiene el mismo coeficiente de atenuación en toda su extensión. Según este supuesto, la atenuación depende únicamente de la longitud de la fruta atravesada, que se puede calcular con precisión considerando que la rodaja es circular.

En particular, la tendencia de referencia se calcula de la siguiente manera:

- determinando un radio de la rodaja correspondiente de la fruta: el radio se calcula como la mitad de la distancia entre los dos puntos extremos de la sección 415; se supone que la rodaja correspondiente de la fruta tiene forma circular con el radio calculado de esta manera;

- para cada punto entre los dos puntos finales de la sección 415, se calcula un valor de referencia de atenuación como $a_{ref}(x) = A \cdot \left(\sqrt{R^2 - x^2}\right)/R$, donde R es el radio calculado, x es la distancia del punto desde la proyección 410 del eje de simetría 10 rotacional, A es una constante, $a_{ref}(x)$ es el valor de referencia de atenuación en el punto a la distancia x.

En cuanto al valor de la constante A, se selecciona, por ejemplo, como el mayor valor de atenuación para la sección 415, según se obtiene procesando la imagen de rayos X. En la práctica, es el valor de atenuación para el punto ubicado en la proyección 410 del eje de simetría 10 rotacional.

Una vez obtenida la tendencia de referencia de la atenuación de la señal, se calcula la desviación entre la tendencia de atenuación de la señal de rayos X obtenida al procesar la imagen de rayos X (es decir, la tendencia detectada) y la tendencia de referencia se calcula para cada punto entre los dos puntos finales. En la práctica, los valores obtenidos por la medición se comparan con los valores calculados asumiendo que el corte circular es completamente uniforme.

Por último, se examina la tendencia de la desviación, entre los dos puntos finales, con el fin de identificar anomalías, discontinuidades o variaciones que sean indicativas de las respectivas no uniformidades en la correspondiente rodaja de fruta. De hecho, la desviación es mayor cuanto menos uniforme es el tramo correspondiente de fruta atravesada.

Por ejemplo, el procedimiento puede estar destinado a identificar las dimensiones de un hueso 12 central de la fruta 1, que en particular es un aguacate.

Dado que la radiodensidad del hueso 12 es muy diferente a la radiodensidad de la pulpa 11, si el corte considerado comprende incluso una parte del hueso, habrá una mayor atenuación en este último. Eso se muestra, por ejemplo, en la figura 3, donde la región 412 correspondiente a la proyección de la pulpa 11 con el hueso 12 es distinguible de la región 411 correspondiente a la proyección de solo la pulpa 11 (el borde entre las dos regiones 411, 412 se ha resaltado para mayor claridad).

La figura 4 muestra, por ejemplo, la tendencia de atenuación para dos secciones 415a, 415b: una primera sección 415a solo se refiere a la pulpa 11 y la atenuación tiene una tendencia regular, una segunda sección 415b también se refiere al hueso 12 y la atenuación tiene un pico más alto en el propio hueso 12.

Para la segunda sección 415b, la figura 5 muestra en el mismo gráfico la tendencia detectada (línea continua) y la tendencia de referencia (línea discontinua), mientras que la figura 6 muestra la desviación entre la tendencia detectada y la tendencia de referencia.

Los dos puntos donde las desviaciones son mayores se etiquetan respectivamente X_{1s} y X_{2s} y corresponden a la discontinuidad causada por el hueso: corresponden a proyecciones de bordes del hueso 12 en la correspondiente rodaja de fruta 1. Por tanto, la búsqueda de aquellos puntos de mayor desviación permite identificar los bordes del hueso 12 en la respectiva sección 415.

Repitiendo el procesamiento para todas las secciones 415, es posible determinar los bordes de todo el hueso 12 dentro de la pulpa 11.

De manera similar, analizando la tendencia de la desviación y su extensión, es posible buscar cualquier zona de descomposición en la fruta 1 y/o cualquier zona donde se desprenda el hueso 12 y la pulpa 11 de la fruta 1 (en particular cuando la fruta 1 es un aguacate) y/o cualquier zona donde se desprendan la piel y la pulpa de la fruta (en particular cuando la fruta es un cítrico).

De hecho, cabe señalar que las zonas de descomposición, Las zonas huecas de desprendimiento y la piel tienen sus propios coeficientes de atenuación que son diferentes a los coeficientes de atenuación de la pulpa y el hueso, por lo que sus efectos sobre la atenuación pueden identificarse de forma similar a lo descrito anteriormente para el hueso.

A continuación se describe un segundo modo de llevar a cabo el procedimiento.

De manera similar al primer modo descrito anteriormente, para cada sección 415 se determinan dos puntos finales que corresponden a la proyección del contorno exterior (es decir, la superficie exterior de la piel) de la fruta 1 y se determina el radio de la correspondiente rodaja de la fruta, calculado como la mitad de la distancia entre los dos puntos extremos de la sección 415 suponiendo que la rodaja correspondiente de la fruta tiene una forma circular con el radio calculado de esta manera.

Para cada punto entre los dos puntos finales de la sección 415, Se calcula un coeficiente local de atenuación promedio dividiendo el valor calculado respectivo de la atenuación de la señal de rayos X (obtenido procesando la imagen de rayos X) por la longitud del tramo respectivo de fruta atravesado. La longitud del tramo respectivo de fruta que atraviesa se calcula como $L(x) = 2 \cdot \sqrt{R^2 - x^2}$, donde R es el radio calculado, x es la distancia del punto desde la proyección 410 del eje de simetría 10 rotacional, L(x) es la longitud del punto a la distancia x. Consultar la figura 7, que muestra las longitudes L_1 y L_2 para dos puntos respectivos a la distancia x_1 y x_2.

En la práctica, ese coeficiente local de atenuación promedio es el valor promedio del coeficiente de atenuación en relación con el tramo específico (con longitud L) de fruta atravesada. Por ejemplo, si el tramo comprende solo pulpa, el coeficiente local de atenuación promedio corresponde al coeficiente de atenuación para la pulpa; si el tramo comprende tanto pulpa como el hueso, el coeficiente local de atenuación media corresponde a un valor intermedio entre el coeficiente de atenuación de la pulpa y el coeficiente de atenuación del hueso.

Luego se examina una tendencia del coeficiente local de atenuación promedio calculado y su desviación con respecto a una tendencia con valor constante, con el fin de identificar anomalías, discontinuidades o variaciones que sean indicativas de las respectivas no uniformidades en la correspondiente rodaja de fruta.

De hecho, si la sección 451 solo comprende pulpa, entonces el coeficiente local de atenuación promedio permanece sustancialmente constante en la sección; si existen zonas de descomposición o huesos presentes, estas se pueden identificar con criterios similares a los descritos anteriormente para el primer modo de realización del procedimiento.

Las figuras 8 a 10 muestran imágenes que representan el coeficiente local de atenuación promedio en tres frutas de aguacate diferentes. Las regiones 412 correspondientes a los huesos 12 (en las que el coeficiente local de atenuación promedio es mayor que la región 411 de solo pulpa), así como las regiones de descomposición 413 y las regiones 414 de desprendimiento (en el que el coeficiente local de atenuación promedio es menor que para la región 411 de solo pulpa), se puede notar. El procedimiento descrito anteriormente permite identificar esas regiones.

En la figura 11 se muestra, de forma esquemática y simplificada, un aparato 9 configurado para implementar el procedimiento de inspección no destructiva según esta invención.

El aparato 9 comprende un dispositivo 91 de movimiento (por ejemplo, una cinta transportadora) configurado para mover las frutas 1 a lo largo de una trayectoria de transporte.

El aparato 9 también comprende un dispositivo 92 de posicionamiento que está configurado para posicionar cada fruta 1 de tal manera que su eje de simetría 10 rotacional tiene una orientación que es sustancialmente paralela al plano 20 predeterminado. En particular, el plano 20 predeterminado es un plano horizontal definido por el dispositivo 91 de movimiento. Además, en una realización específica, el dispositivo 92 de posicionamiento está configurado para posicionar cada fruta 1 de tal manera que su eje de simetría rotacional 10 sea perpendicular a la dirección de movimiento a lo largo de la trayectoria de transporte que está definida por el dispositivo 91 de movimiento, como se muestra en la figura 12. Por ejemplo, el dispositivo 92 de posicionamiento puede comprender rodillos bicónicos controlados independientemente con retroalimentación basada en una cámara 94 de video que observa desde arriba.

El aparato 9 comprende un aparato 93 de rayos X para radiografiar la fruta 1. La dirección de emisión de los rayos X es sustancialmente perpendicular a dicho plano 20 predeterminado y la imagen de rayos X obtenida se encuentra en dicho plano 20 predeterminado, siendo una proyección sobre este último.

El aparato 9 comprende una unidad 95 de procesamiento electrónico que está configurada para procesar la imagen de rayos X obtenida y para llevar a cabo las etapas de procesamiento posteriores de acuerdo con el procedimiento de inspección no destructiva de esta invención.

En cuanto al dispositivo 92 de posicionamiento, son posibles varias variantes, a las que se hace referencia en este documento.

En el caso de las cajas de frutas con bandejas alveolares, es posible utilizar un sistema con rodillos bicónicos controlados de forma independiente con retroalimentación basada en una cámara de video que observa desde arriba. En este caso, las frutas se alinean, luego se recogen mediante sistemas de ventosas desde arriba y se colocan en la caja de frutas. Una vez posicionados las frutas orientadas sobre la caja de fruta, es posible adquirir una imagen durante el paso de la caja de fruta entera.

En el caso de una clasificadora, es posible utilizar un sistema basado simplemente en rodillos bicónicos que giran durante la alimentación. En este caso, la cadena que acciona los rodillos no debe estar debajo de los rodillos, sino a un lado de estos, y los rodillos bicónicos deben ser de plástico y/o goma. Los rodillos se harán girar durante un tramo de alimentación de tal manera que alineen la fruta. Luego, la rotación se detiene durante la exploración de rayos X.

Otra posibilidad es colocar el sistema debajo de una mesa de rodillos. Una mesa de rodillos está constituida por una serie de filas de rodillos bicónicos de un solo eje. En este caso, solo el eje central de los rodillos es metálico, pero está lejos de la parte central de las frutas.

La invención descrita anteriormente puede modificarse y adaptarse de varias formas sin por ello apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Todos los detalles pueden ser sustituidos por otros elementos técnicamente equivalentes y los materiales utilizados, así como las formas y dimensiones de los distintos componentes, pueden variar según las necesidades.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la inspección no destructiva de una fruta (1) que tiene un eje de simetría (10) rotacional, que comprende los pasos de:

- posicionar la fruta (1) de tal manera que su eje de simetría (10) rotacional tenga una orientación sustancialmente paralela a un plano (20) predeterminado;

- radiografiar la fruta (1), en la que los rayos X se emiten con una dirección de emisión que es sustancialmente perpendicular a dicho plano (20) predeterminado y en la que una imagen de rayos X obtenida (41) se encuentra en dicho plano (20) predeterminado, siendo una proyección en dicho plano (20) predeterminado;

- procesar la imagen de rayos X obtenida (41) para calcular, en puntos correspondientes de la imagen (41) de rayos X, valores respectivos de atenuación de la señal de rayos X a través de la fruta (1);

- dividir la imagen (41) de rayos X en una pluralidad de secciones (415) que son perpendiculares a una proyección (410) del eje de simetría (10) rotacional en el plano (20) predeterminado, siendo cada sección (415) una proyección de una rodaja correspondiente de la fruta (1) que es sustancialmente perpendicular al eje de simetría (10) rotacional;

y en el que, para cada sección (415), el procedimiento comprende las subpasos de:

- determinar dos puntos finales correspondientes a una proyección de un contorno exterior de la fruta (1), siendo cada punto final identificable como un límite entre una región con atenuación nula de la señal de rayos X y una región con atenuación creciente o decreciente de la señal de rayos X;

- a partir de los respectivos valores calculados procesando la imagen (41) de rayos X obtenida, obteniendo una tendencia, entre los dos puntos finales, de la atenuación de la señal de rayos X;

- calcular una tendencia de referencia, entre los dos puntos finales, de la atenuación de la señal de rayos X, adoptando un coeficiente de atenuación que tiene un valor constante para la correspondiente rodaja de fruta (1);

- entre los dos puntos finales, calcular una desviación entre la tendencia obtenida de la atenuación de la señal de rayos X y la tendencia de referencia;

- examinar una tendencia de la desviación, entre los dos puntos finales, con el fin de identificar cualquier anomalía, discontinuidad o variación que sea indicativa de las respectivas no uniformidades en la correspondiente rodaja de fruta (1).

2. El procedimiento de inspección no destructiva según la reivindicación 1, en el que el cálculo de la tendencia de referencia entre los dos puntos finales comprende los subpasos de:

- determinar un radio (R) de la correspondiente rodaja de la fruta (1), siendo calculado el radio (R) como la mitad de la distancia entre los dos puntos extremos de la sección (415);

- para cada punto entre los dos puntos finales de la sección (415), calcular un valor de referencia de atenuación como $a_{ref}(x) = A \cdot \left(\sqrt{R^2 - x^2}\right)/R,$ donde R es el radio calculado, x es la distancia del punto desde la proyección (410) del eje de simetría (10) rotacional, A es una constante, $a_{ref}(x)$ es el valor de referencia de atenuación en el punto a la distancia x.

3. El procedimiento de inspección no destructiva según la reivindicación 2, en el que la constante A tiene un valor que es el valor de atenuación más grande en la sección (415) respectiva, según se obtiene procesando la imagen (41) de rayos X.

4. Un procedimiento para la inspección no destructiva de una fruta (1) que tiene un eje de simetría (10) rotacional, que comprende los pasos de:

- posicionar la fruta (1) de tal manera que su eje de simetría (10) rotacional tenga una orientación sustancialmente paralela a un plano (20) predeterminado;

- radiografiar la fruta (1), en la que los rayos X se emiten con una dirección de emisión que es sustancialmente perpendicular a dicho plano (20) predeterminado y en la que una imagen de rayos X obtenida (41) se encuentra en dicho plano (20) predeterminado, siendo una proyección en dicho plano (20) predeterminado;

- procesar la imagen de rayos X obtenida (41) para calcular, en puntos correspondientes de la imagen (41) de rayos X, valores respectivos de atenuación de la señal de rayos X a través de la fruta (1);

- dividir la imagen (41) de rayos X en una pluralidad de secciones (415) que son perpendiculares a una proyección (410) del eje de simetría (10) rotacional en el plano (20) predeterminado, siendo cada sección (415) una proyección de una rodaja correspondiente de la fruta (1) que es sustancialmente perpendicular al eje de simetría (10) rotacional;

y en el que, para cada sección (415), el procedimiento comprende las subpasos de:

- determinar dos puntos finales correspondientes a una proyección de un contorno exterior de la fruta (1), siendo cada punto final identificable como un límite entre una región con atenuación nula de la señal de rayos X y una región con atenuación creciente o decreciente de la señal de rayos X;

- determinar un radio (R) de la correspondiente rodaja de la fruta (1), siendo calculado el radio (R) como la mitad de la distancia entre los dos puntos extremos de la sección (415);

- para cada punto entre los dos puntos finales de la sección, calcular un coeficiente local de atenuación promedio dividiendo el valor calculado respectivo de la atenuación de la señal de rayos X por la longitud (L) del tramo respectivo de fruta atravesado, la longitud (L) del tramo respectivo de fruta que atraviesa se calcula como $L(x) = 2 \cdot \sqrt{R^2 - x^2}$, donde R es el radio calculado, x es la distancia del punto desde la proyección (410) del eje de simetría (10) rotacional, L(x) es la longitud del punto a la distancia x.

- examinar una tendencia del coeficiente local de atenuación promedio calculado y su desviación con respecto a una tendencia con valor constante, con el fin de identificar anomalías, discontinuidades o variaciones que sean indicativas de las respectivas no uniformidades en la correspondiente rodaja de fruta.

5. El procedimiento de inspección no destructiva de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la atenuación de la señal de rayos X es una cantidad con una dependencia logarítmica de la señal medida, en particular en el que el valor de atenuación a de la señal de rayos X en un punto x se calcula como a (x) = $\log\left[\frac{I_e(x)-I_0(x)}{I(x)-I_0(x)}\right]$, donde I(x) es la señal medida en el punto x en presencia de la fruta, $I_0(x)$ es la señal medida en el punto x cuando el emisor de rayos X está apagado, I_e (x) es la señal medida en el punto x en ausencia de la fruta.

6. El procedimiento de inspección no destructiva según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que una posición de la proyección (410) del eje de simetría (10) rotacional en la imagen (41) de rayos X se calcula como eje de simetría de la imagen (41) de rayos X o como eje de simetría de la proyección del contorno exterior de la fruta (1).

7. El procedimiento de inspección no destructiva según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, teniendo la fruta (1) un hueso (12), en el que en cada sección (415) se buscan dos puntos donde la desviación es mayor, dichos dos puntos corresponden a proyecciones de aristas del hueso (12) en la correspondiente rodaja de la fruta (1).

8. Procedimiento de inspección no destructiva según la reivindicación 7, en el que la inspección no destructiva es o comprende una búsqueda del tamaño del hueso (12) en la fruta (1), en particular la fruta es un aguacate.

9. El procedimiento de inspección no destructiva según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la inspección no destructiva es o comprende una búsqueda de cualquier zona de descomposición en la fruta (1) y/o una búsqueda de cualquier zona de desprendimiento entre un hueso (12) y una pulpa (11) de la fruta (1), en particular la fruta es un aguacate, y/o una búsqueda de zonas de desprendimiento entre una piel y una pulpa de la fruta, en particular la fruta es un cítrico.

10. Un aparato (9) para realizar una inspección no destructiva de una fruta (1) que tiene un eje de simetría (10) rotacional,

estando configurado el aparato (9) para implementar el procedimiento de inspección no destructiva según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, comprendiendo el aparato:

- un dispositivo (91) de movimiento configurado para mover la fruta (1) a lo largo de una trayectoria de transporte;

- un dispositivo (92) de posicionamiento configurado para posicionar la fruta (1) de tal manera que el eje de simetría (10) rotacional de la fruta (1) tenga una orientación sustancialmente paralela a un plano (20) predeterminado;

- un aparato (93) de rayos X para radiografiar la fruta (1), en el que una dirección de emisión de rayos X es sustancialmente perpendicular a dicho plano (20) predeterminado y en el que una imagen de rayos X obtenida (41) se encuentra en dicho plano (20) predeterminado, siendo una proyección en dicho plano (20) predeterminado;

- una unidad (95) de procesamiento electrónico configurada para procesar la imagen de rayos X obtenida (41) y para llevar a cabo los pasos de procesamiento posteriores según el procedimiento de inspección no destructiva.

11. El aparato (9) según la reivindicación 10, en el que el dispositivo (92) de posicionamiento está configurado para posicionar cada fruta (1) de tal manera que el eje de simetría (10) rotacional de la fruta (1) es sustancialmente paralelo al plano (20) predeterminado y perpendicular a una dirección de movimiento a lo largo de la trayectoria de transporte que está definida por el dispositivo de movimiento (91).

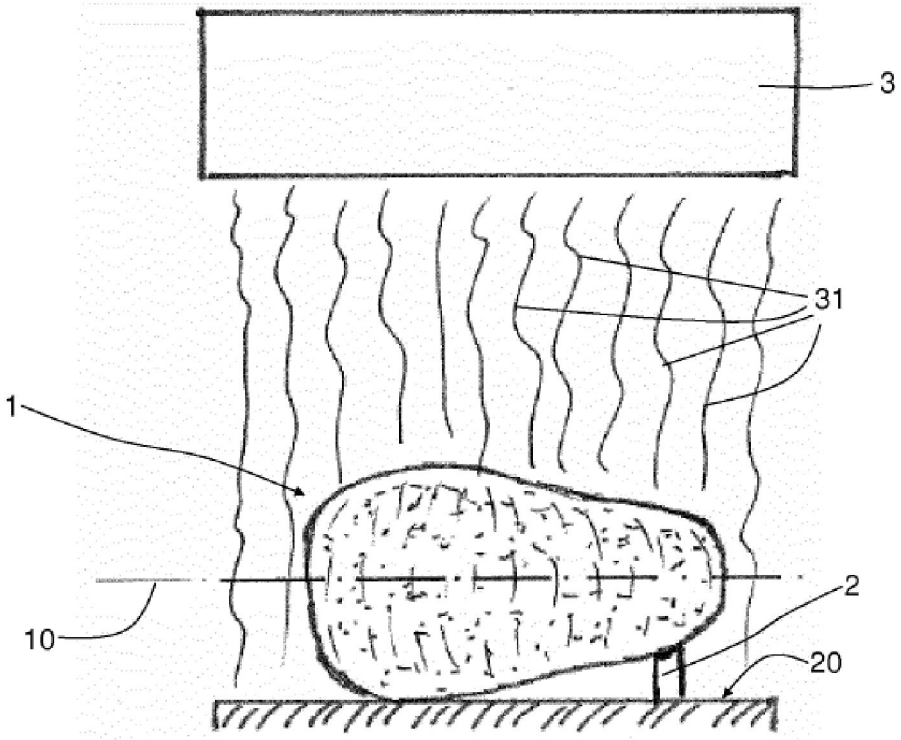

FIG. 1

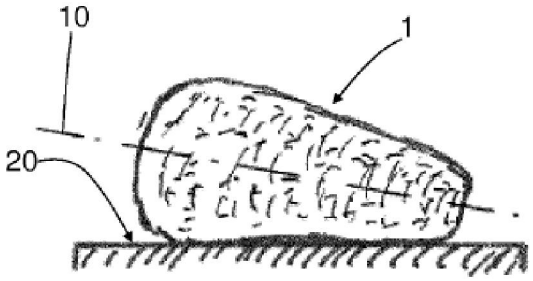

FIG. 2

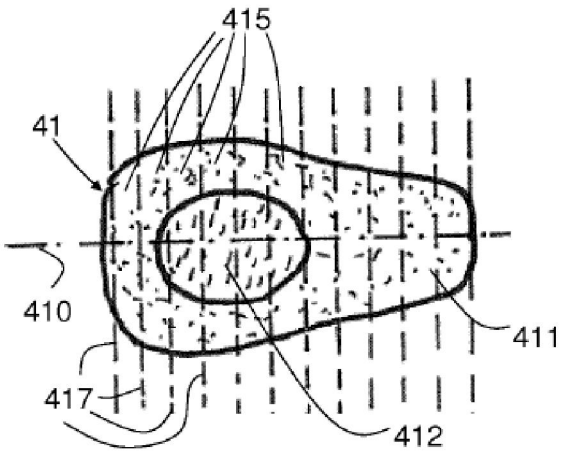

FIG. 3

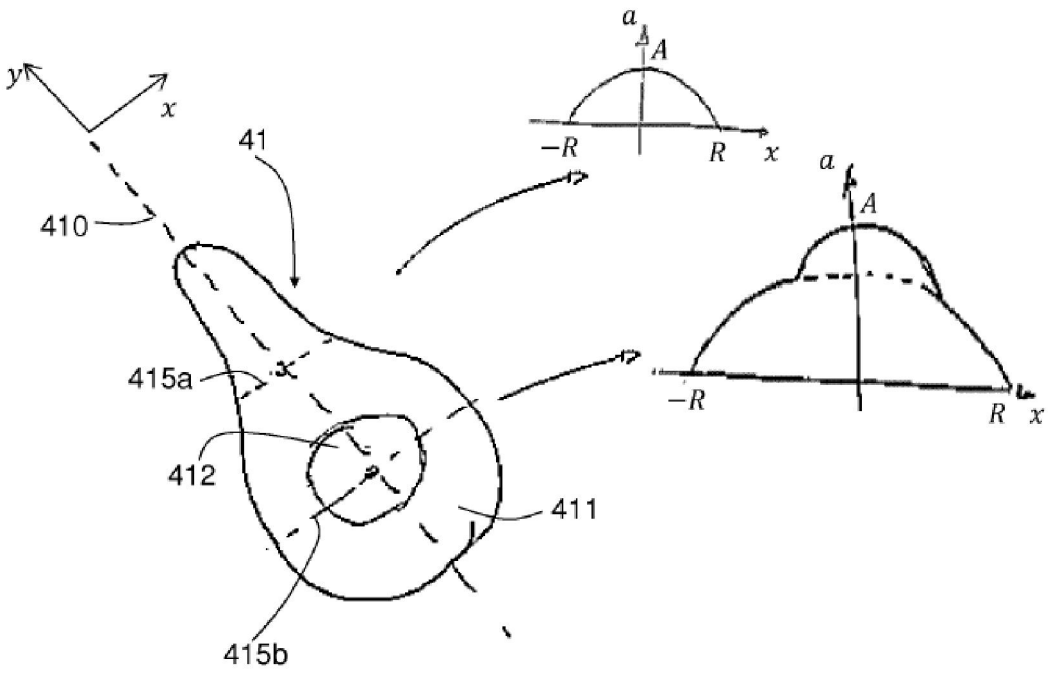

FIG. 4

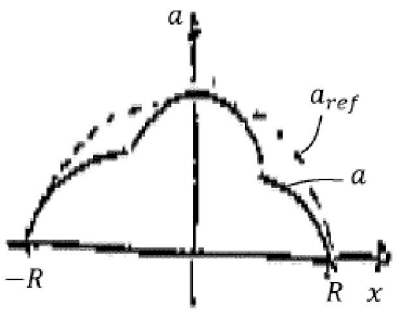

FIG. 5

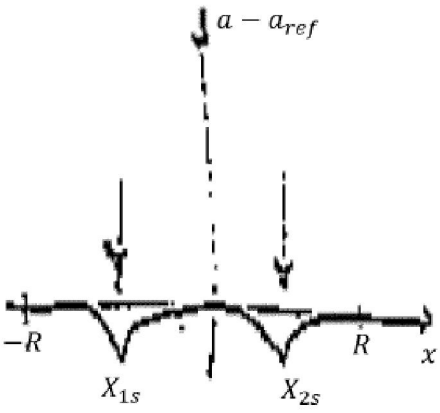

FIG. 6

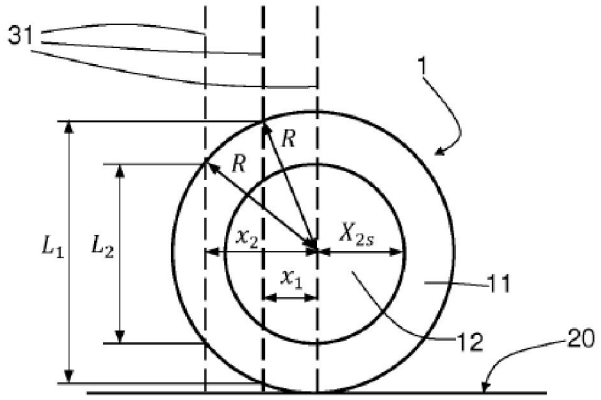

FIG. 7

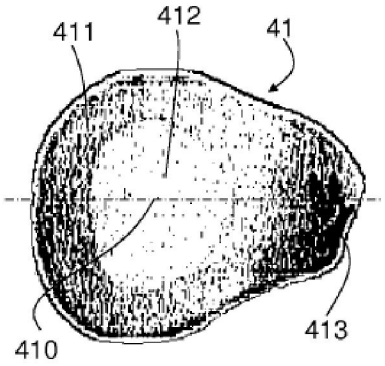

FIG. 8

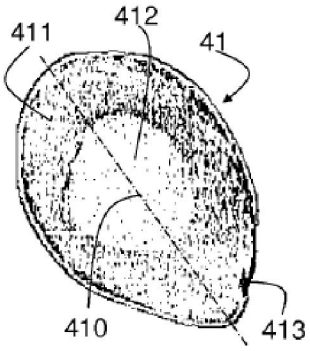

FIG. 9

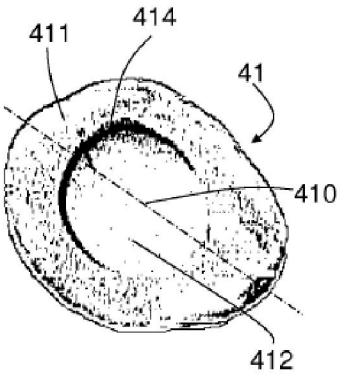

FIG. 10

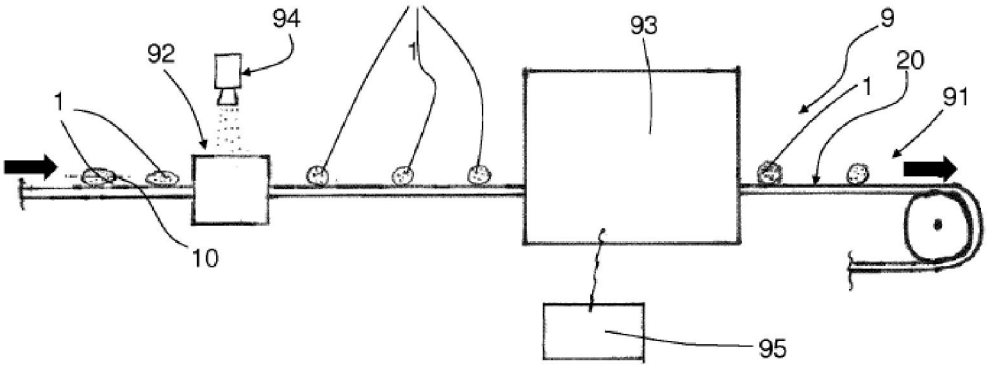

FIG. 11

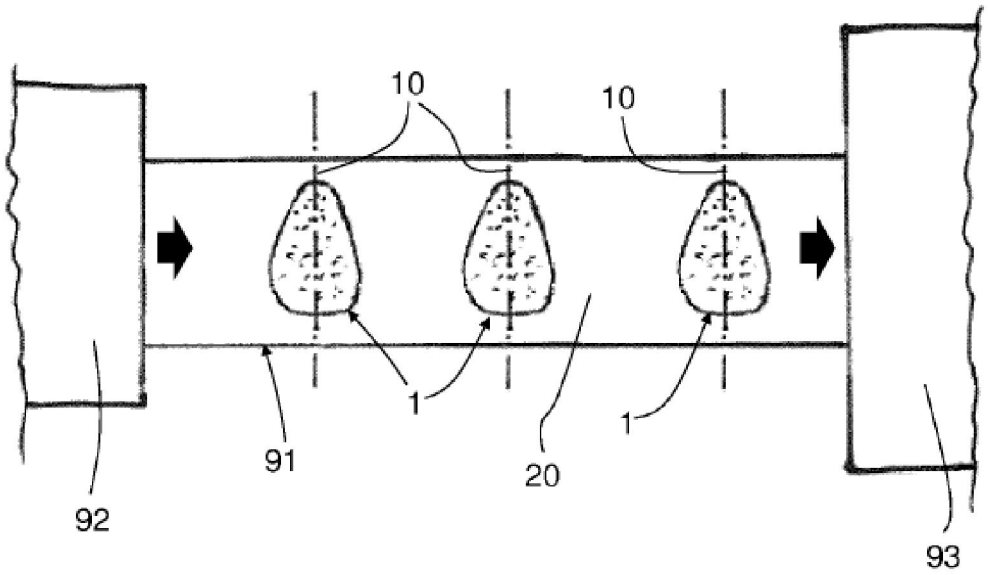

FIG. 12