

DISPOSITIVO Y MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE GRANOS

Campo de la invención

El presente invento se relaciona con los dispositivos de clasificación de granos, particularmente granos de café lavado.

Descripción del estado de la técnica

Las clasificaciones de los productos agrícolas conllevan a la oferta de mejor calidad, la cual es pagada a un mayor precio. El mercado de los cafés especiales, es decir aquellos que reciben mayor valoración porque presentan características exclusivas, es un buen ejemplo de ello. Aunque en el proceso de clasificación del café existen máquinas para seleccionar producto de excelente calidad, hay un tipo de grano que no es posible retirarlo en los procesos tradicionales; se trata de aquel afectado levemente por la broca del café.

La broca del café (*Hypothenemus Hampei*) es la plaga más agresiva que tienen las plantaciones de café en Colombia, causando grandes daños económicos a los caficultores por el deterioro de la calidad. En vista que los granos de café con pequeña afectación por esta plaga son difíciles de extraer de la masa principal durante el beneficio del café y durante el procesamiento antes de la exportación, esta patente propone una alternativa para remover granos brocados y granos con almendras (endospermo) defectuosas durante el proceso de beneficio húmedo, con el fin de brindarle la oportunidad al caficultor de obtener mejores ingresos a través de una mejor calidad de café y a los exportadores de obtener mejor materia prima.

Existen patentes de sistemas que utilizan técnicas de visión artificial para la identificación y separación de objetos que tengan características diferentes a otros. Así mismo, en la agroindustria hay muchos ejemplos de máquinas que utilizan esas técnicas para la clasificación de productos agrícolas. Todas las tecnologías que se pueden encontrar tienen un acondicionador de materia prima, un alimentador, un sistema analizador de objetos y un sistema de remoción que obedece a mandos enviados por el sistema analizador.

En el estado de la técnica se encuentran sistemas en los que con el análisis digital de imágenes se toman decisiones para determinar si un producto agrícola es bueno o no, los cuales incluyen sistemas de eyección para sacar los granos de diferente calidad fuera del flujo principal, como las patentes US4203522, US4513868, US4630736, US4699273, US5538142, US6191859 y la US5135114. Sin embargo, la manera como se hace el análisis para identificar los buenos de los malos varía de un producto a otro.

En el mercado se encuentran marcas de máquinas selectoras de productos agrícolas como Weco, Cimbria, Sortex, Spectrum, Hongshi, Angelón, Isort, ABD, Really, Aslanjixie, ZRWS, SKS, Jietai Zhineng, WB, WY, S-Precision, Xeltron, Delta, entre otras. Estas máquinas trabajan con materiales secos y semi-secos, a diferencia de la máquina objeto de esta patente, la cual clasifica un producto húmedo. El café en este estado tiene una humedad promedio de 53% base húmeda y presenta una película de agua superficial.

DESCRIPCIÓN DEL INVENTO

La presente invención corresponde a un dispositivo y métodos de clasificación de granos. El dispositivo contiene un mecanismo de alimentación para granos, un mecanismo acomodador de granos que en una modalidad de la invención acomoda los granos con la cara plana hacia arriba, sistema electrónico de visión de granos y un mecanismo de eyección neumático.

En una modalidad de la invención los granos clasificados son granos café lavado.

El método de la presente invención es un método para la clasificación de granos caracterizado por las etapas

- a. obtener la imagen digital del grano;
- b. almacenar los componentes RGB de la imagen obtenida en la etapa a ; c. realizar un histograma para cada componente colorimétrica y de
- c. luminosidad del histograma de etapa b;
- d. determinar el punto de umbralización;
- e. obtener imagen binaria;
- f. remover áreas;
- g. obtener los bordes;
- h. Obtener los vectores correspondientes a los granos;
- i. Identificar granos negros;
- j. Identificar granos con defecto fermento e inmaduro;
- k. Identificar granos con daño mecánico;
- l. Accionar un mecanismo de eyección de granos activando actuadores para granos negros, actuadores para granos con defecto fermento e inmaduro y actuadores para granos con daño mecánico.

una modalidad de invención corresponde a un dispositivo para la clasificación de granos café lavado caracterizado por:

1. Haciendo referencia a la FIG. 1. Y 5 un mecanismo de alimentación conformado por una tolva principal (1) con varillas longitudinales para evitar la creación de estructuras que impiden el flujo continuo de café. Un tambor rotatorio con superficie lisa (2) que imprime energía para alimentar continuamente el café lavado y un rasero de nylon tensionado (3) para desprender aquellos granos que se adhieren a la superficie del tambor rotatorio.

En una modalidad de la invención el mecanismo de alimentación establece un flujo continuo de granos de café lavado al sistema.

2. Haciendo referencia a la FIG. 1. FIG. 2, FIG. 3 y FIG 4 un mecanismo acomodador de granos que acomoda los granos de café lavado con la cara plana hacia arriba conformado por otro tambor rotatorio (4) de mayor diámetro con superficie lisa al que se le alimenta café lavado sobre un receptáculo (5) que tiene un agitador (6). Los granos se acomodan con la cara plana hacia arriba (10) o hacia abajo (9), quedando estos últimos retenidos por efecto de las fuerzas de adhesión y cohesión del agua sobre las superficies (9). El tambor tiene un raspador de nylon tensionado (7) el cual desprende los granos que quedaron retenidos descargándolos suavemente sobre una banda transportadora horizontal (8) que se mueve a una velocidad ligeramente superior, con la cara plana hacia arriba.

El mecanismo de acomodación de granos de café con la cara hacia arriba realiza esta labor eficazmente.

3. Haciendo referencia a la FIG. 4 y 9 n sistema electrónico de visión de granos conformado por una cámara CCD (12), una campana de inspección (11), un mecanismo de iluminación y una unidad central de procesamiento que puede ser un computador o un mecanismo embebido (autónomo) en el que se hacen los análisis y se toman las decisiones sobre la calidad de los granos de café lavado.

En una modalidad de la invención el mecanismo de iluminación del sistema electrónico de visión de granos está conformado de LEDs de alto brillo.

La unidad central de procesamiento procesa un método para identificar los granos que se seleccionan del grupo de granos brocados, granos negros, granos con daño mecánico, granos inmaduros y granos en fermento.

Haciendo referencia a la FIG. 8 y 9. n mecanismo acomodador de granos que en una modalidad de la invención es un mecanismo neumático de eyección conformado por 10

electroválvulas neumáticas que generan chorros de aire capaces de expulsar los granos de café defectuosos del flujo principal

El dispositivo de la invención contiene un mecanismo de alimentación para granos de café lavado, un mecanismo acomodador de granos con la cara plana hacia arriba, un mecanismo de identificación electrónico de granos defectuosos y un mecanismo de eyección neumático.

Los granos de café son normalmente plano-convexos y deben pasar con la cara plana hacia arriba por el mecanismo de identificación, porque es el lado del grano por donde normalmente es perforado por la broca del café y donde es visible el daño.

Uno de las características técnicas de este desarrollo consiste en tomar ventaja que el pergamino (endocarpio) del grano es translúcido y se encuentra adherido a la semilla (endospermo) cuando el grano tiene toda su humedad, lo que hace que los defectos como las perforaciones pequeñas de la broca, o semillas de color diferente al normal, tengan mayor contraste y sean evidentes a simple vista (visibles). Una vez el café empieza su proceso de secado, el endocarpio se desprende del grano, se torna opaco y pierde su translucidez, por lo que no es posible identificar y extraer el café con afectación pequeña por broca.

A continuación, se describen en detalle los mecanismos

Mecanismo de alimentación:

La dosificación de los granos de café lavado se realiza con un cilindro rotatorio ubicado debajo de la tolva de recibo principal del equipo. Cuando rota mueve los granos hacia un lado generando un flujo descendente. Este mecanismo cuenta con un rasero que desprende aquellos granos que por adhesión/cohesión se encuentran retenidos a la superficie del cilindro rotatorio. En una modalidad de la invención El rasero desarrollado para esta finalidad consiste en un hilo de Nylon de 0,5 mm de diámetro, templado longitudinalmente entre dos estructuras laterales, tocando el cilindro, sin causarle resistencia apreciable al movimiento. En el caso del dosificador, el flujo másico depende de la velocidad angular del cilindro, y de la distancia entre la salida de la tolva y el cilindro; a mayor velocidad angular mayor alimentación, y a mayor altura mayor alimentación.

Haciendo referencia a la FIG 1 y FIG 2 se muestra el detalle del dosificador y sus partes, la tolva principal (1), el cilindro rotatorio (2) y el rasero de hilo de Nylon (3) Las paredes de la tolva principal de la máquina son con varillas longitudinales con el fin de evitar que los

granos de café lavado queden adheridos a estas superficies y formen puentes que a la postre evitarán el flujo continuo de granos de café.

Mecanismo acomodador de granos

Una vez la masa de café es alimentada de manera constante, pasa a un mecanismo que acomoda los granos con la cara plana hacia arriba. Como los granos de café lavado contienen agua superficial, el mecanismo acomodador de granos mencionado utiliza los principios de las fuerzas de adhesión y cohesión de los fluidos con respecto a diferentes superficies. Es así que cuando un grano de café lavado se pone con su cara plana sobre una superficie lisa, existe una alta probabilidad de que quede retenido a la superficie por efecto de las fuerzas de adhesión y cohesión del agua contra la superficie y contra la capa exterior del grano. Si el grano de café lavado se ubica con su cara convexa sobre la misma superficie lisa, no habría fuerzas de adhesión y cohesión suficientes para retenerlo, porque ellas dependen del área de contacto.

Haciendo referencia a la FIG. 2 y FIG 6 y Haciendo referencia a la FIG. 7 El mecanismo acomodador de granos, por ejemplo de granos de café lavado, con la cara hacia arriba (Figura 2) consiste de un tambor rotatorio de 40 cm de diámetro (4) con superficie lisa que tiene una velocidad tangencial de 0,35 m/s. El café lavado se recibe del mecanismo de alimentación en un receptáculo (5), similar a una tolva, el cual contiene un mecanismo de agitación (6) para romper las estructuras de granos que impiden el flujo.

Haciendo referencia a la FIG. 2 y FIG 7 Los granos que se adhieren siguen girando con el tambor (9) mientras que los granos que van con la cara convexa hacia adentro no se adhieren y caen libremente (10) cuando alcanzan el punto ortogonal de 180° del tambor de la Figura 2.

En una modalidad de la invención el tambor tiene un raspador de hilo de Nylon de 0,5 mm de diámetro (7), a 270° del cilindro de la Figura 2, el cual rompe la película de agua de los granos y los desprende. Justamente debajo del punto ortogonal de 270° se encuentra una banda transportadora (8), cuya velocidad lineal (0,38 m/s) es ligeramente superior a la velocidad tangencial del tambor con el fin de recibir los granos acomodados con la cara plana hacia arriba y transportarlos

Haciendo referencia a la FIG. 6 y 7. La separación entre la banda y el cilindro es ligeramente superior al espesor de un grano (entre 8 y 10 mm).

El mecanismo acomodador de granos de café lavado con la cara plana hacia arriba funciona con altas eficacias. Los granos de café que no se adhieren y que caen libremente en el punto 180° del cilindro, y son principalmente granos de café que no tienen la forma plano-convexa, como los granos triángulo y caracol. La pequeña cantidad de granos buenos que caen en ese punto son reprocesados porque un elevador de cangilones los vuelve a poner en la tolva principal.

El mecanismo tiene varios aditamentos flexibles que organizan y guían los granos para que vayan en filas y para que no haya granos encima de otros.

sistema electrónico de visión de granos

Haciendo referencia a la FIG. 3 y FIG 4 Una vez los granos se encuentran acomodados en la banda de manera ordenada y con la cara plana hacia arriba, pasan por debajo de una campana de inspección (11) que contiene un mecanismo de iluminación con LEDs de alta luminosidad y una cámara digital CCD (12), como se observa en la Figura 3. Una unidad central de procesamiento analiza las imágenes adquiridas por la cámara, para determinar cuáles granos son buenos, cuáles son defectuosos y cuál es su ubicación en la banda, para su posterior eyección.

La unidad central de procesamiento tiene una serie de métodos que segmentan granos y los clasifica categorías: por ejemplo en categorías de grano bueno, grano brocado, grano inmaduro, grano fermento, grano negro y grano con daño mecánico.

Para la segmentación de los granos se utiliza un fondo contrastante color azul. Se requiere antes operar la máquina, realizar un proceso de calibración, donde se determina por umbralización dinámica los valores a extraer del fondo.

Método 1.

Etapa	Descripción
1	Obtener la imagen digital
2	Almacenar los componentes RGB
3	Representar la imagen en otros espacios de color
4	Realizar un histograma para cada componente colorimétrica y de luminosidad.
5	Determinar el punto de umbralización de acuerdo al método Otzu (1979) en la componente seleccionada.
6	Obtener imagen binaria
7	Remover áreas pequeñas
8	Obtener los bordes usando por ejemplo usando el filtro LoG (Davies, 2012; Gonzales and Woods, 2008)

Para obtener la clase "grano negro" se utiliza el siguiente método:

Método 2. Identificación de granos negros

Etapas	Descripción
1	Promediar las componentes RGB de cada píxel de la imagen, es decir, calcular la imagen en escala de grises.
2	Extraer el promedio de intensidad para la información de cada grano segmentado.
3	Si el promedio es menor que 80 en intensidad el grano correspondiente es negro.
4	Accionar el mecanismo de eyección de granos

Por ejemplo, para identificar "grano inmaduro" y "grano fermento", se utiliza la dispersión de la información de las intensidades de verde y azul promedio en el plano cartesiano GB (Green-Blue del espacio de color RGB) para un segmento central que incluye la ranura de cada grano. Haciendo referencia a la figura 10. muestra la dispersión. La línea recta con pendiente 0,71 separa los granos sanos de los granos inmaduros y con defecto fermento. El método desarrollado para tal fin es como sigue:

Método 3. Identificación de granos con defecto fermento e inmaduro

Etapas	Descripción
1	Ajustar el vector de grano segmentado a una elipse y hallar el eje menor y mayor.
2	Tomar como base el eje mayor y extraer una cinta longitudinal de 1/3 del ancho del eje menor
3	Obtener las intensidades promedio de G y B en la cinta para cada grano
4	Si la pendiente B/G es menor que 0,71 el grano correspondiente tiene
5	el defecto fermento o inmaduro. Accionar el mecanismo de eyección de granos

Como la broca hace una perforación con promedio de 1,23 mm de diámetro, para identificar los granos con daño por insectos se utiliza el siguiente algoritmo:

Método 4. Identificación de granos con defecto fermento e inmaduro

Etapas	Descripción
1	Tomar la matriz de cada grano
2	Desplazar ordenadamente una máscara de 5 x 5 pixeles

3	Si la máscara coincide con una parte con intensidad de gris menor a 50 (oscura) se dice que es un grano de café lavado afectado por insecto
4	Accionar el mecanismo de eyección de granos

Los granos con daño mecánico normalmente tienen una forma incompleta. Para determinar los granos con estos defectos se ajusta una elipse y se determina si la forma está incompleta como se aprecia en el siguiente algoritmo:

Método 5. Identificación de granos con daño mecánico

Etapa	Descripción
1	Ajustar el vector de grano segmentado a una elipse.
2	Determinar el área de la elipse
3	Determinar el área del grano
4	Obtener la relación de áreas
5	Si la relación de áreas es menor que 80% el grano correspondiente se considera con daño mecánico.
6	Accionar el mecanismo de eyección de granos

Los métodos presentan una eficacia de identificación de más del 90%.

Mecanismo de eyección de granos:

Haciendo referencia a la FIG.8 y 9 Como resultado del proceso anterior unidad central de procesamiento entrega señales digitales de activación (*on/off*) a las electro-válvulas de los eyectores. Los chorros de aire generados envían los granos defectuosos afuera del flujo principal,

En una modalidad de la invención se hace la clasificación de cinco tipos de defectos del café lavado los cuales son: café brocado, café negro, café inmaduro, café con defecto fermento y café con daño mecánico. Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.