

DISPOSITIVO Y SISTEMA PARA TOSTADO DE GRANOS Y SEMILLAS INTELIGENTE CON SUPERVISIÓN Y CONTROL REMOTO EN TIEMPO REAL

5

CAMPO TECNICO

La presente invención se enmarca en el campo de la tecnología de procesamiento térmico de granos agrícolas, con énfasis particular en dispositivos y/o dispositivos de tueste de café que integran componentes mecánicos, térmicos, electrónicos y de control automático. La invención se relaciona con sistemas capaces de generar y gestionar perfiles térmicos controlados durante el proceso de tueste, mediante el uso combinado de sensores de temperatura y velocidad para el eje del motor, módulos de procesamiento digital, y elementos calefactores dispuestos estratégicamente para lograr una distribución térmica uniforme.

15

Más específicamente, la invención se refiere a tostadoras compactas con tambor rotatorio, diseñadas para permitir tanto el control local del proceso de tueste como su monitoreo y operación remota, mediante interfaces gráficas interactivas y conectividad inalámbrica (Wi-Fi, Bluetooth u otras). Esta tecnología se encuentra en la intersección de áreas como la automatización industrial, la instrumentación sensorizada, la trazabilidad de procesos y la ingeniería de alimentos, siendo especialmente útil en aplicaciones de microtostado, control de calidad, desarrollo sensorial y replicación de perfiles térmicos personalizados en laboratorios, unidades académicas o producciones especializadas de pequeña escala.

25

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La tecnología relacionada con el tueste de granos y semillas ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, pasando de sistemas manuales y mecánicos a soluciones automatizadas, con mayor precisión en el control de variables de proceso. Sin embargo, persisten retos técnicos en cuanto a la reproducibilidad de perfiles térmicos, la

trazabilidad del proceso y la integración efectiva entre los sistemas mecánicos de tueste y las plataformas digitales de monitoreo y análisis. A continuación, se describen documentos relevantes del estado del arte, con el fin de evidenciar las limitaciones que busca superar la presente invención.

5

La solicitud de patente ES2946670A1 “Máquina de tueste modular con sistema de fijación bayoneta” divulga una máquina de tueste para café que incorpora una cámara desmontable y un sistema de acoplamiento mediante fijación tipo bayoneta, lo que permite facilitar las labores de mantenimiento, limpieza y sustitución de partes. La estructura cuenta con un impulsor de aire, un sistema de calentamiento y un colector de partículas y humos, todo dispuesto en una carcasa compacta. Las juntas herméticas y los elementos de cierre garantizan un sellado eficiente durante el proceso. No obstante, la invención se enfoca principalmente en la facilidad de ensamblaje, sin contemplar funciones de automatización del tueste ni mecanismos de captura, almacenamiento o visualización de datos de operación. Tampoco se describe un sistema de conectividad inalámbrica ni el uso de algoritmos para la programación de curvas térmicas o el control preciso del tambor rotatorio. Por tanto, si bien la solución es práctica desde el punto de vista estructural, resulta limitada frente a la demanda actual de equipos inteligentes orientados al microtostado, investigación o desarrollo de calidad.

20

La solicitud de patente mexicana MX390035B “Máquina para tueste con reducción de acidez en el grano” describe una máquina de tueste que emplea un sistema térmico especialmente diseñado para modificar la acidez del grano de café, mediante una cámara cilíndrica con control de temperatura que permite reducir hasta en un 75 % los niveles de acidez. El propósito de la invención es mejorar la tolerancia del producto final para consumidores con sensibilidad digestiva, sin alterar sus propiedades sensoriales. Sin embargo, la máquina carece de un sistema integrado de monitoreo en tiempo real, almacenamiento de perfiles, o interfaz digital para el ajuste remoto de parámetros. No se evidencian sensores múltiples ni un módulo de conectividad que permita la interacción con plataformas móviles o web. La propuesta técnica, aunque innovadora en su propósito de transformación organoléptica, no

30

resuelve las necesidades actuales de precisión, trazabilidad, automatización y conectividad aplicables al proceso moderno de tueste.

5 La solicitud de patente EP0470254A1 “Dispositivo de tueste con control de presión interna”, revela un sistema de tueste en el que se prioriza el control de presión dentro de la cámara de tostado como variable crítica. El equipo incluye sensores de presión acoplados a una unidad electrónica que modula la inyección de aire caliente y la extracción de gases residuales, con el objetivo de mantener condiciones homogéneas. El sistema permite al operador realizar ajustes mediante una consola de control, pero se limita a variables estáticas. No contempla la
10 gestión dinámica de perfiles térmicos, ni la integración con sensores de velocidad, temperatura ambiente o humedad del grano. La solución no incluye interfaz gráfica con curvas tiempo-temperatura ni mecanismos de conectividad inalámbrica. A pesar de su aporte al control físico del entorno de tueste, no proporciona herramientas para optimizar el proceso de forma automatizada, ni responde a las necesidades de personalización y trazabilidad que
15 demandan actualmente los procesos de microtostado.

La solicitud de patente NC2025/0000238 “Dispositivo de secado rotatorio de productos agrícolas” refiere a un equipo de secado compuesto por un tambor cilíndrico giratorio, un sistema de resistencias eléctricas, un motorreductor y sensores de temperatura y humedad.
20 La invención incorpora una interfaz de usuario para selección de parámetros y un sistema de alimentación eléctrica fotovoltaica. Aunque la propuesta contempla automatización parcial del secado y una arquitectura modular, su aplicación se restringe al secado de productos agrícolas como el café lavado, y no aborda las complejidades térmicas y cinéticas del proceso de tueste, como el pardeamiento, la caramelización o el desarrollo de aromas. No se describen
25 algoritmos de control térmico, conectividad con aplicaciones móviles ni mecanismos para almacenar perfiles térmicos definidos mediante curvas paramétricas multietapa y reproducir curvas específicas. Si bien el equipo presenta valor en entornos rurales y de producción sostenible, no satisface los requerimientos técnicos de precisión y reproducibilidad propios del tueste industrial inteligente de granos y semillas.

30

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención tiene por objeto un dispositivo compacto e inteligente para el tueste de granos y semillas (1), que incorpora un sistema híbrido de componentes mecánicos, térmicos y electrónicos, junto con un módulo de control digital (8), destinado a permitir la ejecución de perfiles de tostado de forma controlada, repetible y programable. El dispositivo permite gestionar en tiempo real variables críticas del proceso, tales como temperatura y así lograr un perfil térmico reproducible en microtostado con intervención remota sin pérdidas de calidad sensorial, velocidad de rotación y tiempo, desde la fase de precalentamiento hasta el enfriamiento, mediante una interfaz local (9) y una plataforma de supervisión remota conectada vía Wi-Fi o Bluetooth (10). Asimismo, el sistema está configurado para almacenar múltiples perfiles térmicos preestablecidos, facilitando la trazabilidad del proceso, la replicación de recetas y la evaluación sensorial de pequeñas muestras tostadas. Su diseño modular y compacto lo hace especialmente adecuado para aplicaciones en microtostado, investigación de calidad, desarrollo de productos y formación técnica.

La invención se refiere a un dispositivo de tueste de granos y semillas que permite cumplir con las siguientes funcionalidades:

20 1. Procesamiento controlado y repetible del tueste mediante tambor rotatorio.

El dispositivo cuenta con un tambor rotatorio (3) alojado dentro del cuerpo principal (1), el cual es accionado por un sistema de accionamiento (11) compuesto por un motor y un reductor de velocidad. Este tambor recibe calor de manera uniforme a través de un sistema de calentamiento (10) conformado por resistencias eléctricas o quemador de gas, que garantiza una distribución térmica homogénea. El control de la velocidad de rotación del tambor permite establecer condiciones precisas para cada lote, asegurando una repetibilidad adecuada en las curvas térmicas aplicadas a distintos tipos de granos o semillas.

30 2. Registro y visualización en tiempo real de variables críticas del proceso.

El dispositivo incorpora sensores como termocuplas y encoders, conectados a la unidad de control electrónico (8), que capturan en tiempo real variables como temperatura interna, velocidad del tambor y tiempo del proceso. Esta información es presentada en una pantalla de visualización (9) montada sobre el chasis del equipo, la cual permite al operador seguir el desarrollo completo del tueste, incluyendo las etapas de precalentamiento, carga, tostado, descarga y enfriamiento. La representación gráfica y dinámica de estos datos permite ajustes operativos inmediatos y control local del proceso.

3. Supervisión, ajuste y control remoto del proceso mediante conectividad inalámbrica.

La invención integra un módulo de conectividad (10) que permite modificar remotamente el perfil térmico en tiempo real mediante tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth o protocolos industriales como MQTT o HTTP. Esto habilita la supervisión y el ajuste de parámetros desde una aplicación móvil o plataforma web (11), que funciona como interfaz remota. El sistema admite la transmisión bidireccional de datos para modificar el perfil de tueste, iniciar o detener ciclos, o recibir notificaciones del estado del proceso, incluso si el operador no se encuentra físicamente junto al equipo.

4. Almacenamiento de perfiles de tueste y curvas térmicas preestablecidas.

La unidad electrónica de control (8) dispone de una memoria interna o tarjeta SD donde pueden guardarse múltiples perfiles de tueste definidos por curvas temperatura-tiempo. Estas curvas, adaptadas al tipo de grano o resultado sensorial deseado, pueden ser preestablecidas o creadas por el usuario. Durante el funcionamiento, el sistema aplica automáticamente la curva seleccionada y registra los datos de cada lote, asegurando la trazabilidad, repetibilidad y análisis posterior para mejora continua.

5. Diseño compacto y modular para microtostado de lotes pequeños.

El diseño estructural del dispositivo es compacto y modular, con una base que alberga componentes como la bandeja de enfriamiento (14) y el ciclón recolector de partículas (13). Su tamaño reducido permite instalarlo en laboratorios, cafeterías o centros de

5 formación. La tolva de carga (2) facilita el ingreso controlado de los granos al tambor, mientras que el mango de apertura (6) permite la descarga manual de los granos tostados hacia la bandeja inferior. Gracias a esta configuración modular, se facilita el mantenimiento, la limpieza y posibles actualizaciones del sistema, convirtiéndolo en una herramienta ideal para investigación, desarrollo y evaluación sensorial en pequeños lotes de producción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

10

Figura 1. Muestra una vista frontal del dispositivo tostador inteligente de granos y semillas.

Figura 2. Muestra una vista lateral izquierda del dispositivo tostador.

Figura 3. Muestra una vista lateral derecha del dispositivo tostador.

15

Figura 4. Muestra una vista posterior del dispositivo tostador.

Figura 5. Muestra una vista superior del dispositivo tostador.

Figura 6. Muestra una vista inferior del dispositivo tostador.

Figura 7. Muestra una vista isométrica del dispositivo tostador desde un ángulo frontal.

20

Figura 8. Muestra una vista isométrica del dispositivo tostador desde un ángulo posterior.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS

25

Figura 1. Muestra una vista frontal del dispositivo tostador inteligente (1), donde se observa la tolva de carga (2) ubicada en la parte superior, configurada para permitir la alimentación de granos o semillas hacia el tambor de tueste rotatorio (3). Este tambor constituye el componente principal para el tostado, y en su base se encuentra dispuesta una bandeja de salida (5), encargada de recibir los productos tostados. El vaciado de esta bandeja se controla mediante un mango (6) que permite abrir o cerrar el paso de los granos. El sistema incluye

30

un ciclón recolector de partículas (13) dispuesto lateralmente, que capta las impurezas generadas durante el proceso. En la parte inferior se dispone el sistema de enfriamiento (14), que recibe los granos y semillas una vez finalizado el proceso de tueste. A un costado se presenta el módulo externo compuesto por el sistema de control (8) y el sistema de visualización (9), el cual permite operar y monitorear el dispositivo. El sistema de calentamiento (10) se encuentra alojado internamente en la cámara del tambor, y la parte superior del ciclón se conecta al ventilador centrífugo (16), encargado de expulsar el aire caliente y las partículas en suspensión.

Figura 2. Presenta una vista lateral izquierda del dispositivo tostador (1), en la que se evidencia la disposición lineal entre la tolva de carga (2), el tambor de tueste (3), y las abrazaderas (4) que sujetan los rodamientos del eje rotatorio. En la parte baja del tambor se encuentra la bandeja de salida (5), complementada con el mango (6) de apertura manual. El conjunto está conectado a un ducto de separación de partículas (12) que dirige los residuos al ciclón recolector (13). Dicho ciclón está conectado al ventilador centrífugo (16) y al ducto de sistema de enfriamiento (15) que conduce el aire hacia el sistema de enfriamiento (14). Se visualiza además el sistema de accionamiento (11) que transmite el movimiento rotatorio al tambor. El sistema de control (8) y el sistema de visualización (9) se encuentran integrados en un módulo externo, mientras que el sistema de calentamiento (10) está contenido dentro del tambor.

Figura 3. Corresponde a una vista lateral derecha del dispositivo tostador (1), donde se aprecia nuevamente la conexión entre el tambor rotatorio (3) y el ciclón recolector (13). Se distingue el ventilador centrífugo (16) en la parte superior del ciclón, y en la parte inferior emerge el ducto del sistema de enfriamiento (15) conectado al sistema de enfriamiento (14). También se observa el sistema de accionamiento (11) alineado con el eje del tambor, y el módulo externo conformado por el sistema de control (8) y el sistema de visualización (9).

Figura 4. Muestra una vista posterior del dispositivo tostador (1), donde se aprecia la ubicación del ventilador centrífugo (16) unido al ciclón recolector (13) a través del ducto de enfriamiento (15). Desde el tambor emerge el ducto de separación de partículas (12) que se

conecta al ciclón. La tolva de carga (2) se encuentra en la parte superior derecha, y el tambor de tueste (3) está fijado mediante abrazaderas (4). En su base se encuentra la bandeja de salida (5) con el correspondiente mango (6), y debajo se ubican el sistema de calentamiento (10) y el sistema de enfriamiento (14).

5

Figura 5. Representa la vista superior del dispositivo tostador (1), donde se identifica la tolva de carga (2) en forma troncocónica sobre el tambor rotatorio (3). A la izquierda se observa la base recolectora (7) de los granos tostados, y en la parte media, el ducto de separación de partículas (12) conecta el tambor con el ciclón recolector (13), cuya parte superior incluye el ventilador centrífugo (16). En un costado se encuentra el módulo del sistema de control (8) y el sistema de visualización (9), y alineado con el eje del tambor está el sistema de accionamiento (11).

Figura 6. Muestra la vista inferior del dispositivo tostador (1), en la que se observa la ubicación inferior del sistema de enfriamiento (14), dispuesto debajo de la bandeja de salida del tambor. El tambor rotatorio (3) ocupa la parte central, y el sistema de control (8) junto con el sistema de visualización (9) están ubicados externamente. En el extremo derecho se distinguen el ciclón recolector (13), el ducto de enfriamiento (15) y el ventilador centrífugo (16).

20

Figura 7. Presenta una vista isométrica del dispositivo tostador (1), destacando la disposición espacial tridimensional de sus componentes. Se observa la tolva de carga (2) sobre el tambor rotatorio (3), fijado mediante abrazaderas (4). En la parte inferior, la bandeja de salida (5) y el mango (6) permiten la descarga de los granos hacia la base recolectora (7). Lateralmente se encuentra el sistema de control (8) y el sistema de visualización (9). El sistema de calentamiento (10) está dentro del tambor, y el sistema de accionamiento (11) se extiende desde la parte posterior. El ducto de separación de partículas (12) conecta el tambor con el ciclón recolector (13), que a su vez se conecta con el ventilador centrífugo (16) mediante el ducto de enfriamiento (15). En la parte inferior también se encuentra el sistema de enfriamiento (14).

30

Figura 8. Muestra una vista isométrica opuesta del dispositivo tostador (1), en la que se observa la tolva de carga (2), el tambor rotatorio (3), y las abrazaderas (4). El sistema de control (8) y el sistema de visualización (9) se encuentran en el costado izquierdo del cuerpo. Se distinguen el sistema de calentamiento (10) y el sistema de accionamiento (11) conectados al tambor. El ducto de separación de partículas (12) conecta con el ciclón recolector (13), y desde allí, el ducto (15) lleva el aire caliente al ventilador centrífugo (16). En la parte inferior, el sistema de enfriamiento (14) complementa el proceso de estabilización térmica de los granos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un dispositivo tostador compacto e inteligente para el procesamiento térmico de granos y semillas, el cual incorpora un tambor rotatorio de calentamiento (3), controlado por un sistema motorizado de velocidad variable, junto con una unidad electrónica de control (8) integrada. El sistema está diseñado para ejecutar ciclos de tostado programables, definidos por parámetros ajustables tales como la temperatura, el tiempo de exposición al calor y la velocidad de rotación del tambor, permitiendo una gestión precisa del perfil térmico aplicado a cada lote de producto.

El dispositivo está dotado de una interfaz de usuario interactiva (9) que permite la visualización en tiempo real de las variables críticas del proceso, así como la selección de perfiles preconfigurados. Adicionalmente, el sistema incluye módulos de conectividad inalámbrica (10), como Wi-Fi y/o Bluetooth, que permiten la comunicación con una aplicación móvil o plataforma web, habilitando el monitoreo y ajuste remoto del proceso desde dispositivos externos.

La invención comprende también un sistema de enfriamiento (14) que asegura la rápida detención del proceso de tostado una vez alcanzado el perfil deseado, y un ciclón recolector (13) para la extracción eficiente de residuos livianos, como las cutículas desprendidas durante

el proceso. Ambos sistemas contribuyen a mejorar la calidad final del producto, reducir el riesgo de sobrecalentamiento y mantener condiciones sanitarias durante la operación.

El equipo cuenta con una unidad de almacenamiento local, como una tarjeta SD, que permite guardar registros históricos, curvas térmicas, recetas y datos operativos, facilitando la trazabilidad del proceso y el análisis posterior para mejora continua. Su configuración estructural modular y de tamaño reducido hace que el dispositivo sea especialmente adecuado para entornos de microtostado, investigación sensorial, desarrollo de producto y formación técnica, donde se requieren precisión, portabilidad y facilidad de uso.

COMPONENTES

La invención comprende un conjunto estructurado de componentes integrados que permiten el procesamiento térmico preciso de granos y semillas. A continuación, se describen los elementos principales que conforman el sistema:

- Tolva de carga (2):

Dispositivo ubicado en la parte superior del equipo, destinado a la introducción de granos o semillas en estado natural. Su diseño favorece un flujo eficiente hacia el tambor de tueste (3), permitiendo una alimentación continua o por lotes, según el modo de operación.

- Cuerpo principal del dispositivo (1):

Estructura metálica que actúa como soporte del tambor rotatorio (3) y de los sistemas asociados al tueste. Proporciona aislamiento térmico, protección mecánica y base para la integración de los demás subsistemas del dispositivo.

- Tambor de tueste rotatorio (3):

Cilindro metálico alojado en el interior del cuerpo principal, en el cual se lleva a cabo el proceso de tueste. Gira de forma continua o intermitente para asegurar una distribución uniforme del calor (11) sobre el producto en movimiento.

- 5
 - Abrazaderas para los rodamientos (4):
Dispositivos de sujeción ubicados en los extremos del eje del tambor (3), que permiten fijarlo con estabilidad mientras gira. Garantizan un acoplamiento firme y reducen la fricción mecánica durante el proceso de rotación.
- 10
 - Bandeja de salida (5):
Elemento anclado al tambor (3), a través del cual se realiza la descarga del producto tostado hacia la zona de enfriamiento. Está diseñada para asegurar un paso uniforme del grano o semillas sin obstrucciones.
- 15
 - Mango para apertura y cierre (6):
Mecanismo manual ubicado en el tambor o en la bandeja de salida (5), que permite controlar la apertura para la liberación de los granos tostados. Facilita operaciones rápidas y seguras durante la descarga.
- 20
 - Base recolectora de granos y semillas (7):
Recipiente dispuesto en la parte inferior del tambor, que recibe el producto tostado y lo transfiere al sistema de enfriamiento (14). Actúa como zona de acumulación temporal.
- 25
 - Sistema de control (8):
Unidad electrónica compuesta por un microcontrolador, sensores de temperatura y velocidad, módulos de almacenamiento y lógica programable. Permite la gestión automatizada del ciclo de tueste, con capacidad de ejecutar, ajustar y guardar perfiles térmicos personalizados.
- 30
 - Sistema de visualización (9):

Interfaz gráfica incorporada al dispositivo, a través de la cual el operador puede monitorear y controlar el proceso en tiempo real. Permite visualizar curvas térmicas, temperaturas instantáneas, velocidades y tiempos, así como seleccionar recetas almacenadas o ajustar parámetros operativos.

5

- Sistema de calentamiento (10):

Unidad térmica que puede estar compuesta por resistencias eléctricas o un quemador a gas, configurada para transferir calor al tambor de manera eficiente. Está controlada electrónicamente a través del sistema de control (8) para seguir curvas de temperatura predefinidas.

10

- Sistema de accionamiento (11):

Conjunto compuesto por un motor y un motorreductor, encargado de impartir movimiento giratorio al tambor rotatorio (3). El sistema permite regular la velocidad de rotación de forma precisa, de acuerdo con los parámetros programados en el perfil de tueste.

15

- Ducto para la separación de partículas (12):

Conducto que transporta el aire cargado de impurezas desde la zona de tueste hasta el ciclón recolector (13), evitando la acumulación de residuos dentro del tambor o del sistema de ventilación.

20

- Ciclón recolector de partículas (13):

Módulo de separación de residuos que permite la recolección de partículas sólidas ligeras (cutículas, cascarillas y otras impurezas) desprendidas durante el tueste. Mejora la limpieza del producto final y protege la integridad del sistema.

25

- Sistema de enfriamiento (14):

Conjunto integrado por una vasca de enfriamiento con ventilación forzada y agitación mecánica, diseñado para disminuir rápidamente la temperatura de los granos tostados, evitando la postcocción y preservando el perfil sensorial del producto.

30

- Ducto del sistema de enfriamiento (15):
Conducto que dirige el flujo de aire caliente generado en el tambor hacia el sistema de ventilación y salida. Asegura una evacuación eficiente del calor residual.

5

- 16. Ventilador centrífugo (salida de aire) (16):
Elemento que genera el flujo de aire necesario para la evacuación térmica y extracción de partículas durante el enfriamiento, conectado al ducto del sistema de enfriamiento (15) y al ciclón recolector (13).

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención describe un dispositivo tostador (1) inteligente, compacto y modular, diseñado para el tratamiento térmico de granos y semillas. Integra un sistema híbrido conformado por componentes mecánicos, térmicos, electrónicos y de comunicación inalámbrica, que permite ejecutar un proceso de tueste controlado, programable y repetible. Estas características lo hacen particularmente útil en aplicaciones de microtostado, desarrollo de perfiles sensoriales, control de calidad y entornos de investigación o producción artesanal.

20

El sistema inicia con una tolva de carga (2) ubicada en la parte superior del dispositivo (1), desde la cual se introducen granos o semillas en estado natural. Su geometría facilita la alimentación eficiente hacia el tambor de tueste rotatorio (3), que se encuentra dispuesto dentro del cuerpo principal del dispositivo y es el componente encargado del mezclado y exposición uniforme del grano al calor. El tambor está montado sobre rodamientos fijados mediante abrazaderas (4), que permiten estabilidad rotacional durante el ciclo operativo.

25

El movimiento del tambor (3) es proporcionado por un sistema de accionamiento (11) conformado por un motor eléctrico acoplado a un motorreductor, el cual permite regular la velocidad de rotación entre 40 y 80 revoluciones por minuto, de acuerdo con las necesidades

30

del perfil térmico programado. Este giro homogéneo favorece una exposición uniforme al calor en todo el volumen del tambor, asegurando un tueste parejo.

La transferencia de calor se realiza mediante un sistema de calentamiento (10), que puede estar compuesto por resistencias eléctricas o un quemador a gas. Este sistema genera la energía térmica necesaria para elevar y mantener la temperatura del tambor (3), según las condiciones programadas. El control de este sistema se encuentra a cargo de un sistema de control (8) que recibe señales de sensores incorporados, como una termocupla para temperatura interna y un encoder para velocidad angular.

El sistema de control (8) ejecuta algoritmos de regulación automática, como control proporcional-integral-derivativo (PID), que permiten ajustar en tiempo real la potencia térmica y la velocidad del tambor. Estas variables se registran, procesan y grafican en una interfaz local constituida por un sistema de visualización (9), que incluye una pantalla interactiva incorporada al dispositivo. Dicha pantalla permite al operador seleccionar ciclos, observar curvas térmicas en tiempo real, controlar el avance del proceso y modificar parámetros operativos directamente.

Además del control local, el dispositivo incluye un módulo de conectividad inalámbrica (parte del sistema 8), que opera bajo protocolos como Wi-Fi, Bluetooth, MQTT o HTTP, permitiendo la transmisión y recepción de datos hacia una aplicación móvil o una plataforma web. Desde esta interfaz remota, el usuario puede monitorear el estado del ciclo, recibir notificaciones, ajustar parámetros y registrar datos históricos para análisis posterior. La plataforma también permite importar o exportar curvas de tueste.

El sistema permite guardar y ejecutar múltiples perfiles térmicos personalizados, los cuales se representan como curvas de temperatura en función del tiempo. Estas curvas pueden almacenarse en la memoria interna del sistema de control o en una tarjeta SD conectada al mismo, facilitando la trazabilidad, repetibilidad y documentación técnica del proceso. Este almacenamiento también habilita el análisis comparativo entre lotes o ajustes finos de parámetros para la creación de recetas optimizadas.

Una vez completado el tueste, el tambor (3) libera automáticamente el contenido mediante un mango de apertura y cierre (6), permitiendo que los granos o semillas pasen a través de una bandeja de salida (5) hacia la base recolectora (7), donde inicia el proceso de enfriamiento. Este enfriamiento es ejecutado por un sistema de enfriamiento (14) que incorpora agitación mecánica y ventilación forzada, lo que permite reducir rápidamente la temperatura de los granos tostados y detener efectivamente la reacción térmica.

El aire caliente y las partículas desprendidas en el tueste son canalizadas mediante un ducto de enfriamiento (15) y un ducto de separación de partículas (12), hacia un ventilador centrífugo (16) que genera el flujo necesario para la evacuación. Finalmente, las impurezas sólidas (cutículas, cascarillas y polvo) son capturadas en un ciclón recolector (13), que contribuye al mantenimiento de un ambiente limpio y evita la contaminación cruzada en el sistema de ventilación.

Toda la arquitectura del equipo está montada sobre una estructura modular, diseñada para facilitar el acceso a sus componentes internos y permitir tareas de mantenimiento, limpieza, calibración o sustitución de módulos como el sistema de calentamiento, la tarjeta electrónica o el módulo de conectividad. Esta modularidad ofrece flexibilidad para adaptaciones futuras y extiende la vida útil del dispositivo.

En conjunto, la invención proporciona una solución integral para el microtostado de granos y semillas, combinando control preciso, monitoreo en tiempo real, operación local y remota, almacenamiento estructurado de perfiles y facilidad de operación, en un formato compacto, robusto y versátil.

EJEMPLOS

Ejemplo 1: Microtostado artesanal de café especial

Un laboratorio sensorial en una universidad utiliza el dispositivo tostador inteligente (1) para evaluar diferentes perfiles de tueste en granos de café arábica de origen colombiano. El operador carga 250 gramos de café verde en la tolva de carga (2) y selecciona desde el sistema de visualización (9) un perfil preconfigurado de tueste medio: 195 °C durante 9 minutos, con una velocidad de tambor constante de 50 rpm.

Durante el proceso, el sistema activa el calentador eléctrico (10) y mantiene la temperatura mediante control PID. El sensor de temperatura, ubicado dentro del tambor (3), transmite los datos en tiempo real al módulo de control (8), y las curvas se muestran en la pantalla interactiva. Simultáneamente, los datos se sincronizan con una app instalada en un teléfono móvil, desde donde se puede pausar o ajustar el perfil. Al finalizar el ciclo, los granos son descargados a la vasca de enfriamiento (14), mientras que el ciclón recolector (13) recoge las cutículas desprendidas. Este proceso permite analizar la curva térmica y realizar una cata sensorial con alta trazabilidad.

Ejemplo 2: Proceso automatizado con control remoto en cafetería de especialidad

En una cafetería de tercera ola, el tostador inteligente se programa para realizar cinco microtostados diarios de 500 g cada uno, usando perfiles almacenados previamente en la unidad de control (8). El operario programa el equipo desde una plataforma web conectada vía Wi-Fi, sin necesidad de estar presente físicamente. Cada lote es tostado automáticamente en el tambor (3), regulando la temperatura entre 170 °C y 205 °C en diferentes etapas, con rampas de incremento controladas.

Durante el tueste, el sistema genera alertas auditivas para el inicio del primer crack, pausa automática si se detectan valores fuera del umbral, y almacenamiento automático de los datos en una tarjeta SD. Al concluir, el sistema activa el ventilador centrífugo (16) y dirige el flujo hacia el ducto de separación de partículas (12) para enfriar los granos y mantener limpio el entorno de trabajo. Este enfoque permite la producción eficiente y estandarizada sin intervención directa.

Ejemplo 3: Ensayo de desarrollo de perfiles para semillas de cacao

En un centro de investigación agrícola, el equipo se adapta para el tueste experimental de semillas de cacao. El tambor (3) se configura para un giro lento de 40 rpm y se define un
5 perfil de tueste suave, con etapas de precalentamiento, desarrollo y enfriamiento automático, controlado por el sistema de calentamiento (10) a gas. Se emplea un nuevo perfil térmico almacenado desde una computadora portátil vía Bluetooth.

Los sensores capturan la evolución térmica interna y, a través de la interfaz gráfica (9), los
10 investigadores analizan los puntos de cambio estructural del grano, relacionados con desarrollo aromático y pérdida de humedad. La modularidad del sistema permite reemplazar el tambor por uno con perforaciones especiales para adaptar el equipo a este tipo de grano. Esta flexibilidad amplía la aplicabilidad del dispositivo a otros cultivos de interés económico.