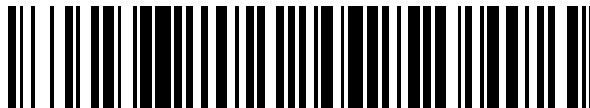


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 194**

51 Int. Cl.:

**F26B 3/30** (2006.01)

**F26B 17/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2011 PCT/US2011/064498**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2012 WO12079094**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2011 E 11847707 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2649391**

54 Título: **Aparatos y métodos de secado**

30 Prioridad:

**10.12.2010 US 422076 P**

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

**11.09.2017**

73 Titular/es:

**COLUMBIA PHYTOTECHNOLOGY LLC (100.0%)  
250 Steelhead Way  
The Dalles, OR 97058, US**

72 Inventor/es:

**SAVARESE, MARK**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 632 194 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Aparatos y métodos de secado

5 Campo

La presente invención se relaciona con métodos y aparatos para secar un producto, y más específicamente, con métodos y aparatos para secar un producto que está en forma de líquido o pasta al eliminar la humedad del mismo.

10 Antecedentes

Se han utilizado aparatos y métodos de secado de la técnica anterior para secar productos orgánicos que están en forma de líquidos o semilíquidos como soluciones y suspensiones coloidales y similares. Estos aparatos de secado de la técnica anterior se han utilizado principalmente para producir diversos productos alimenticios secos o concentrados y productos relacionados con alimentación, como también suplementos nutricionales y farmacéuticos. Los productos líquidos usualmente se utilizan primero en un aparato concentrador que utiliza una fuente de calor de alta capacidad, tal como vapor o similar, para eliminar inicialmente una porción de la humedad de la suspensión. Luego, los productos concentrados son generalmente procesados en un aparato de secado de la técnica anterior con el fin de eliminar una porción adicional de la humedad restante.

Se han empleado diversos tipos de aparatos de secado de la técnica anterior, que incluyen secadores de pulverización y secadores de congelación. Aunque se sabe que los secadores de pulverización proporcionan alta capacidad de procesamiento a un costo de producción relativamente bajo, se sabe que la calidad del producto resultante es relativamente baja. Por otra parte, se sabe que los secadores de congelación producen productos de alta calidad, pero a un costo de producción relativamente alto.

Adicionalmente a los secadores de pulverización y secadores de congelación, se han utilizado diversas formas de secadores de cinta. Dicho aparato de secado de la técnica anterior generalmente incluye una cinta alargada, sustancialmente plana, horizontal sobre la cual se esparce una delgada capa de producto. El producto usualmente está en forma de un concentrado líquido o una pasta semilíquida. A medida que la cinta gira lentamente, se aplica calor al producto desde una fuente de calor. El calor es absorbido por el producto para provocar que la humedad se evapore desde allí. El producto seco luego se retira de la cinta y recoge para procesamiento posterior, o para empacado, o similar.

Un aparato y método típico de la técnica anterior se divulga en la Patente Estadounidense No 4,631,837 otorgada a Magoon. Con referencia a las Figuras 1 y 2 de la patente '837 que se reproducen en los dibujos que acompañan la solicitud como las Figuras 1 y 2 de la Técnica Anterior, se proporciona un marco o estructura alargada en la cual se apoya una canaleta 10 hermética al agua alargada. La canaleta 10 está elaborada preferiblemente de baldosas de cerámica. Una capa 12 de aislamiento se proporciona en la superficie externa de la canaleta 10. La superficie interna de la canaleta 10 está forrada con una delgada capa 16 de polietileno. Se proporcionan rodillos 24, 26 paralelos, con un rodillo situado en cada extremo de la canaleta 10. Se acciona uno de los rodillos 26 es por un motor.

También se proporcionan un calentador 15 de agua y un sistema de circulación, que incluye una bomba y tuberías relacionadas, con el aparato de la técnica anterior de la patente '837. El calentador 15 de agua se configura para calentar un suministro de agua 14 justo por debajo del punto de ebullición, o ligeramente menor de 100 grados C. La bomba y sistema de tuberías relacionadas se configuran para hacer circular el agua 14 a través de la canaleta 10 de tal manera que mantenga un mínimo de profundidad dado en toda la canaleta. Adicionalmente, el calentador 15 de agua y sistema de circulación relacionado se configura para mantener el suministro de agua dentro de la canaleta a una temperatura que es ligeramente menor de 100 grados C.

Una lámina flexible de poliéster, material 18 transparente infrarrojo en la forma de una cinta sinfín es soportada sobre los rodillos 24, 26 en cada extremo, y también es soportada sobre el suministro 14 de agua dentro de la canaleta 10. Es decir, la cinta 18 de poliéster es accionada por el rodillo 26 y gira allí sobre el rodillo 24, mientras flota en el agua 14 dentro de la canaleta 10. Una delgada capa de producto 20 líquido se suministra sobre la cinta 18 giratoria mediante un medio 28 de descarga de producto el cual se sitúa en un extremo de admisión del aparato.

A medida que el producto 20 viaja a lo largo de la canaleta 10 en la cinta 18 que flota en el agua 14, el producto es calentado por el agua 14 la cual se mantiene cerca de los 100 grados C, y en la cual flota la cinta 18. El calor del agua 14 impulsa la humedad del producto 20 hasta que este alcanza el secado deseado, después de lo cual el producto se retira de la cinta 18. La velocidad a la cual la cinta 18 se mueve a través de la canaleta 10 se puede regular de tal manera que el producto 20 alcanzará su secado deseado en el extremo de descarga del aparato donde se retira de este.

Diversas características del aparato y método de secado divulgados por la patente '837 llevan al uso inconveniente y problemático del aparato. Por ejemplo, la canaleta 10 de un aparato típico de la técnica anterior como lo divulga la

patente '837 tiene una longitud dentro del rango de 12 a 24 metros o más. Como resultado, el aparato ocupa una cantidad relativamente grande de espacio de producción. También, diversos problemas potenciales con respecto a la operación del aparato de la técnica anterior se pueden atribuir al uso de agua como una fuente de calor.

5 Por ejemplo, el aparato de la técnica anterior requiere un sistema 15 de calentamiento y de circulación de agua relativamente masivo para su operación. El sistema 15 de calentamiento y circulación de agua puede resultar problemático en diversas maneras. Primero, el sistema 15 de calentamiento y circulación de agua agrega complejidad a la configuración y construcción del aparato como también a su operación. El sistema 15 incorpora un calentador de agua, una bomba, y diversas tuberías y válvulas que deben ser mantenidas en una manera  
10 relativamente a prueba de fugas. El sistema 15 de calentamiento y circulación de agua requerido también puede disuadir la facilidad de movilidad de la técnica anterior debido a la naturaleza voluminosa del sistema y debido a la necesidad de un suministro de agua.

15 En segundo lugar, el agua 14, la cual se mantiene por debajo del punto de ebullición puede servir como un albergue para organismos microbianos potencialmente peligrosos que pueden provocar contaminación del producto 20. En tercer lugar, la presencia de una gran cantidad de agua 14 puede servir para contrarrestar el objetivo del aparato de la técnica anterior la cual es retirar la humedad del producto 20. Esto es, el agua 14, mediante fugas inevitables y evaporación de la canaleta 10, puede entrar en el producto 20 aumentando por lo tanto el tiempo de secado del producto.

20 Más aún, debido a que el agua 14 es la única fuente de calor para secar el producto 20, y debido a que la temperatura del agua se mantiene bajo 100 grados C, el proceso de secado del producto 20 es relativamente lento. Como una regla aceptada universalmente, la cantidad de calor transferida entre dos cuerpos es proporcional a la diferencia en temperatura de cada uno de los cuerpos. También, como una regla general, la humedad contenida en  
25 el producto que se va a secar debe absorber una cantidad relativamente grande de energía con el fin de vaporizar. El producto 20 contiene inicialmente una cantidad relativamente alta de humedad cuando se extiende inicialmente sobre la superficie 18 de soporte. Por lo tanto, se requiere una cantidad relativamente alta de energía térmica para vaporizar la humedad y retirarla del producto 18.

30 Sin embargo, debido a que la temperatura de la fuente de calor de agua del aparato de la técnica anterior nunca excede los 100 grados C, la diferencia en las temperaturas de la fuente de calor y el producto 20 es limitada la cual a su vez limita la transferencia de calor al producto. A medida que el producto 20 absorbe calor de la fuente de calor, se elevará la temperatura del producto. Esta alza en temperatura del producto a medida que viaja a través del aparato resulta en una diferencia aún menor en la temperatura entre el producto 20 y la fuente de calor la cual, a su  
35 vez, reduce la cantidad de transferencia de calor de la fuente de calor al producto. Por esta razón, el aparato de la técnica anterior requiere a menudo tiempos prolongados de procesamiento con el fin de eliminar satisfactoriamente la humedad del producto 20.

40 También, el aparato y método de la técnica anterior de la patente '837 no proporciona ninguna flexibilidad en el procesamiento de temperaturas debido a que la temperatura de la fuente de calor no se puede ser cambiar fácilmente, en absoluto. Por ejemplo, la producción de algunos productos se puede beneficiar de perfiles específicos de temperatura durante el proceso de secado. El "perfil de temperatura" de un producto se refiere a la temperatura del producto como una función del tiempo transcurrido del proceso de secado. Sin embargo, debido a que la temperatura de la fuente de calor del aparato de la técnica anterior no solo se limita a 100 grados C, sino que  
45 también es lenta para cambiar, el perfil de temperatura del producto no se puede controlar o cambiar fácilmente.

Debido a que el aparato de la técnica anterior divulgado por la patente '837 utiliza agua como una fuente de calor, y requiere un gran sistema de calentamiento de agua para su operación, el aparato resultante de la técnica anterior es grande, pesado, inmóvil, complejo, difícil de mantener, y puede ser una fuente de contaminación microbiana del  
50 producto. Adicionalmente, debido a que la temperatura de la fuente de calor de agua utilizada por el método y aparato de la técnica anterior se limita a menos de 100 grados centígrados, el método de secado de la técnica anterior puede ser lento e ineficiente, y no prevé la modificación o control del perfil de temperatura del producto.

55 Los sistemas de secado que incorporan elementos infrarrojos de calentamiento pueden resolver muchos de los problemas del aparato de la técnica anterior de la patente '837. Dicho sistema de secado se divulga en la Patente Estadounidense No 6,539,645.

60 Se sabe que la banda de longitud de onda emitida desde un calentador infrarrojo se puede controlar al ajustar la temperatura del calentador infrarrojo. Aumentar la temperatura de un calentador infrarrojo producirá radiación de longitud de ondas más cortas mientras que al reducir la temperatura de un calentador infrarrojo se producirá radiación de longitud de ondas más largas. Las anteriores técnicas para calentar ciertas sustancias con radiación infrarroja han incluido la selección de una banda de longitud de onda particular de radiación infrarroja que se absorbe más eficientemente por la sustancia que se va a calentar y/o que produce un efecto deseado de calentamiento.

65 La KR 2009 0077362 divulga un sistema de secado cercano al infrarrojo para secar un objeto.

La Patente Estadounidense No. 5,382,411, por ejemplo, divulga un sistema de calentamiento infrarrojo para calentar productos horneados. La patente '411 divulga que los procesos de alimentos IR conocidos controlan la temperatura de fuente de los calentadores para ajustar la longitud de onda de la radiación durante un proceso de horneado. Si se requiere una mayor superficie de calentamiento, la temperatura de la fuente disminuye para producir longitudes de onda más largas que son menos capaces de penetrar la superficie del producto. Por el contrario, si se requiere menos superficie de calentamiento, se incrementa la temperatura de la fuente para producir longitudes de onda que sean más capaces de penetrar la superficie del producto.

La Patente Estadounidense No 5,974,688 divulga un sistema de calentamiento infrarrojo para secar lodos de aguas residuales. El sistema revelado en la patente '688 mantiene supuestamente la fuente de temperatura de calentadores infrarrojos a una temperatura que produce longitudes de onda en un rango que maximiza la velocidad de transferencia de calor en los lodos de aguas residuales, minimizando de esta manera el tiempo de secado.

Sin embargo, las técnicas del arte anterior de las patentes '411 y '688 son insuficientes para aplicaciones de calentamiento y secado cuando sea deseable controlar precisamente la temperatura del producto que se seca, por ejemplo, para calentar el producto de acuerdo con un perfil de temperatura predeterminado que produce los mejores resultados para un producto en particular, como cuando se secan productos alimenticios líquidos. La necesidad de mantener o controlar la temperatura del producto que se va a secar está directamente en desacuerdo con la necesidad de calentar el producto con radiación de una longitud de onda particular, tal como maximizar la velocidad de transferencia de calor. Por ejemplo, si el producto se calienta demasiado, entonces la temperatura del calentador se debe reducir para evitar sobrecalentar y/o quemar el producto, sin embargo, reducir la temperatura aumentará la longitud de onda de la radiación. Por el contrario, si el producto requiere más calor en un corto periodo de tiempo para evitar temperaturas demasiado bajas del producto, entonces se debe aumentar la temperatura del calentador, lo cual reducirá la longitud de onda de la radiación. Como se puede apreciar, las técnicas del arte anterior de las patentes '411 y '688 sacrifican la capacidad de controlar el perfil de temperatura del producto al mantener manteniendo las fuentes de calor en ajustes predeterminados que producen calor radiante a una longitud de onda deseada.

#### Resumen

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de secado que comprende: un transportador de producto móvil que tiene una superficie de soporte de producto para soportar un producto que se va a secar; por lo menos primero y segundo soportes de calentador, cada soporte de calentador soporta uno o más elementos de calefacción radiantes secos y es móvil con relación a otro y con relación a el transportador para ajustar la distancia entre cada soporte de calentador y el transportador; el transportador de producto se configura para moverse con relación a el primero y segundo soportes de calentador de tal manera que el producto soportado sobre el transportador se calienta de forma sucesiva mediante los elementos de calentamiento del primer soporte de calentador y los elementos de calentamiento de los segundos soportes de calentador; y un controlador configurado para monitorizar de forma continua la longitud de onda de los elementos de calentamiento y la temperatura de producto y para ajustar la temperatura de los elementos de calentamiento de cada soporte de calentador y la distancia entre los elementos de calentamiento de cada soporte de calentador y el transportador de tal manera que los elementos de calentamiento emiten calor radiante a una longitud de onda predeterminada y calientan el producto de acuerdo con un perfil de temperatura de producto predeterminado cuando se mueve el producto a través de el aparato de secado por el transportador de producto.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para secar un producto, que comprende: aplicar un producto que se va a secar sobre una superficie de soporte de producto de un transportador móvil; transportar el producto sobre el transportador a través de por lo menos una primera zona de calentamiento y una segunda zona de calentamiento; calentar el producto con un primer grupo de uno o más elementos de calefacción radiantes secos en la primera zona de calentamiento y calentar el producto con un segundo grupo de uno o más elementos de calefacción radiantes secos en la segunda zona de calentamiento; y cuando el transportador transporta el producto a través de la primera y segunda zonas de calentamiento, monitorizar de forma continua la longitud de onda de los elementos de calentamiento y la temperatura de producto y ajustar la temperatura de los elementos de calentamiento y la distancia entre cada grupo de elementos de calentamiento y la superficie de soporte de producto para calentar el producto a un perfil de temperatura predeterminado y para provocar que los elementos de calentamiento emitan calor radiante a una longitud de onda predeterminada.

De acuerdo con un aspecto, la presente divulgación se refiere a un aparato de calentamiento o secado que es capaz de controlar independientemente la temperatura del producto que se calienta (por ejemplo, para lograr un perfil de temperatura deseada) y la longitud de onda de la radiación (por ejemplo, para maximizar la velocidad de transferencia de calor). Para dichos propósitos, se puede proporcionar un aparato de secado con una o más fuentes de calor que son móviles con respecto al producto que se va a calentar con el fin de aumentar o reducir el espacio o

separación entre la fuente de calor y el producto. Al ajustar el espacio entre el producto y la fuente de calor, es posible controlar la temperatura de la fuente en tal manera que produce la temperatura deseada del producto y longitud de onda de la radiación.

5 Por ejemplo, si un perfil particular de secado requiere que la temperatura del producto permanezca sustancialmente constante a través de una o más zonas de control, entonces el producto normalmente se somete a menos calor en cada zona sucesiva de control. Para mantener la temperatura deseada del producto y la longitud de onda de la radiación, los calentadores en una zona de control se pueden mover más allá del producto para reducir el calor aplicado al producto mientras que se mantiene la temperatura de la fuente para producir radiación en una longitud de onda deseada. Si se desea, la temperatura de la fuente y las posiciones del calentador se pueden controlar para producir una longitud de onda constante predeterminada en zonas sucesivas y para calentar el producto a un perfil de temperatura deseado para compensar por los cambios en energía requeridos para evaporar la humedad a medida que el contenido de humedad en el producto reduce a medida que es secado a través de cada una de las zonas. En otras palabras, a diferencia de las patentes '411 y '688, el aparato de secado de la presente divulgación tiene la capacidad de calentar un producto u objeto a una longitud de onda predeterminada, tal como para maximizar la absorción de calor por el producto u objeto, sin sacrificar el control sobre el perfil de temperatura del producto u objeto que se va a calentar.

20 En una realización representativa, un aparato de secado comprende un transportador de producto móvil que tiene una superficie de soporte del producto para soportar un producto que se va a secar, por lo menos primer y segundo soportes de calentador, y un controlador. Cada soporte de calentador soporta uno o más elementos de calentamiento radiante seco y es móvil en relación uno con el otro y en relación con el transportador para ajustar la distancia entre cada soporte de calentador y el transportador. El transportador del producto se configura para moverse con respecto al primer y segundo soportes de calentador de tal manera que el producto soportado en el transportador se calienta de manera sucesiva por los elementos de calentamiento del primer soporte de calentador y los elementos de calentamiento del segundo soporte de calentador. El controlador se configura para ajustar la temperatura de los elementos de calentamiento de cada soporte de calentador y la distancia entre los elementos de calentamiento de cada soporte de calentador y el transportador de tal manera que los elementos de calentamiento emitan calor radiante a una longitud de onda predeterminada y calentar el producto de acuerdo con un perfil de temperatura predeterminado del producto.

35 En otra realización representativa, un aparato de secado comprende un transportador de producto móvil que tiene una superficie de soporte de producto para soportar un producto que se va a secar, por lo menos primera y segunda zonas de calentamiento, y un controlador. El transportador es operable para transportar el producto a través de las zonas de calentamiento. La primera zona de calentamiento comprende un primer conjunto de uno o más elementos de calentamiento radiante montados bajo la superficie de soporte de producto para movimiento hacia arriba y hacia abajo en relación con la superficie de soporte del producto. La segunda zona de calentamiento comprende un segundo conjunto de uno o más elementos de calentamiento radiante montados bajo la superficie del soporte de producto para movimiento hacia arriba y hacia abajo en relación a la superficie de soporte del producto. El controlador se configura para monitorizar continuamente la longitud de onda de los elementos de calentamiento en cada zona y la temperatura del producto en cada zona y para ajustar la temperatura de los elementos de calentamiento en cada zona y la distancia entre los elementos de calentamiento de cada zona y el transportador de tal manera que los elementos de calentamiento emitan calor radiante a una longitud de onda predeterminada en cada zona y calentar el producto de acuerdo con un perfil de temperatura predeterminado de producto.

45 En otra realización representativa, un método para secar un producto comprende aplicar un producto que se va a secar sobre una superficie de soporte de producto de un transportador móvil; transportar el producto en el transportador a través de por lo menos una primera zona de calentamiento y un segunda zona de calentamiento; y calentar el producto con un primer conjunto de uno o más elementos de calentamiento radiante secos en la primera zona de calentamiento y calentar el producto con un segundo conjunto de uno o más elementos de calentamiento radiante seco en la segunda zona de calentamiento. A medida que el transportador transporta el producto a través de la primera y segunda zonas de calentamiento, la temperatura de los elementos de calentamiento y la distancia entre cada conjunto de elementos de calentamiento y la superficie de soporte del producto se ajustan con el fin de calentar el producto a un perfil de temperatura predeterminado y hacer que los elementos de calentamiento emitan calor radiante a una longitud de onda predeterminada.

60 Lo anterior y otras características y ventajas de la invención serán aparentes a partir de la siguiente descripción detallada, que procede con referencia a las figuras acompañantes.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de elevación lateral de un aparato de la técnica anterior.

65 La Figura 2 es una perspectiva parcial del aparato de la técnica anterior representado en la Figura 1.

- La Figura 3 es un diagrama de elevación lateral de un aparato de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.
- 5 La Figura 3A es un diagrama de elevación lateral de un aparato de acuerdo con una segunda realización.
- La Figura 3B es un diagrama de elevación lateral de un aparato de acuerdo con una tercera realización.
- La Figura 3C es una vista de plano superior de un aparato de acuerdo con una cuarta realización.
- 10 La Figura 3D es un diagrama de elevación lateral de una quinta realización que muestra un esquema de control operacional alternativo para el aparato representado en la Figura 3.
- La Figura 4 es un diagrama de elevación lateral de un aparato de acuerdo con una sexta realización.
- 15 La Figura 5 es un diagrama esquemático que muestra una posible configuración de enlaces de comunicación entre los diversos componentes del aparato representado en la Figura 4.
- La Figura 6 es un diagrama de elevación lateral de un aparato de acuerdo con una octava realización.
- 20 La Figura 7 es un diagrama de elevación lateral, ampliado, esquemático de uno de los soportes del calentador móvil del aparato representado en la Figura 6.
- La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método para operar el aparato de secado mostrado en la Figura 6.
- 25 La Figura 9 es una vista en perspectiva, esquemática de un soporte del calentador móvil, de acuerdo con otra realización.
- La Figura 10 es un gráfico de líneas que muestra la relación entre la temperatura de operación de un elemento de calentamiento de cuarzo y la longitud de onda máxima de radiación infrarroja emitida por el elemento de calentamiento.
- 30 La Figura 11 es un gráfico que muestra la absorción de radiación electromagnética por agua a través de una gama de longitud de onda.
- 35 Las Figuras 12-14 muestran la temperatura de los elementos de calentamiento en cada zona de un secador bajo diferentes condiciones de operación para deshidratar el concentrado de jugo de remolacha.
- La Figura 15 muestra la longitud de onda de radiación infrarroja medida en cada zona de un secador bajo diferentes condiciones de operación para deshidratar el concentrado de jugo de remolacha.
- 40 Las Figuras 16-20 muestran la temperatura de los elementos de calentamiento en cada zona de un secador bajo diferentes condiciones de operación para deshidratar una mezcla de puré de fruta.
- La Figura 21 muestra la longitud de onda de radiación infrarroja medida en cada zona de un secador bajo diferentes condiciones de operación para deshidratar una mezcla de puré de fruta.
- 45 La Figura 22 es una ilustración esquemática de un aparato de secado, de acuerdo con otra realización,
- Descripción detallada
- 50 La presente divulgación proporciona métodos y aparatos para secar un producto que contiene humedad. El aparato generalmente incluye una superficie de soporte que es sustancialmente transparente a la radiación térmica. El producto se soporta en un primer lado de la superficie de soporte o el transportador mientras que el calor radiante se dirige hacia un segundo lado de la superficie de soporte para calentar el producto para secado. El aparato también
- 55 puede generalmente incluir un sensor que se configura para detectar y medir por lo menos una característica del producto, tal como temperatura o contenido de humedad. La medición de la característica del producto se puede utilizar para regular la temperatura de la fuente de calor con el fin de irradiar una cantidad deseada de calor al producto.
- 60 Los métodos y aparatos de secado divulgados aquí son particularmente útiles para deshidratar líquidos o líquidos vegetales (tales como jugos, purés, pulpas, extractos, etc.) y otras materias vegetales. Dichas sustancias se pueden deshidratar a un contenido de humedad por debajo de 5%, normalmente alrededor de 3.0%, todo mientras se conserva sustancialmente la nutrición y sabor completo. Debido a un contenido de humedad extremadamente bajo, los líquidos deshidratados (u otro producto deshidratado) se pueden moler en polvo que son de libre flujo y estables en almacenamiento. Los polvos se pueden utilizar en una variedad de productos relacionados con alimentos,
- 65 nutracéuticos y farmacéuticos.

Realizaciones de los aparatos de secado

5 Con referencia a la Figura 3, se representa una vista de elevación lateral de un aparato 100 de secado básico de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación. El aparato 100 de secado se configura generalmente para eliminar una cantidad dada de humedad a partir de un producto "P" para secar o concentrar el producto. El producto "P" puede tener cualquier cantidad de tipos, que incluyen suspensiones coloidales acuosas, o similares, las que pueden tener forma de un líquido o pasta, y desde la cual se debe eliminar la humedad por calentamiento. El producto "P" generalmente se extiende o se coloca de otra forma, sobre el aparato 100 para secado. Una vez que el producto "P" ha alcanzado el secado deseado, luego se retira del aparato 100.

15 El aparato comprende una superficie 110 de soporte sobre la cual se coloca el producto "P" para secado. La superficie 110 de soporte tiene un primer lado 111 el cual se configura para soportar una capa del producto "P" como se muestra. La superficie de soporte también tiene un segundo lado 112 el cual es opuesto al primer lado 111. Preferiblemente, el primer lado 111 es sustancialmente plano y soportado en una manera sustancialmente horizontal de tal manera que, en el caso de un producto líquido "P", se forma una capa sustancialmente uniforme en el primer lado. Adicionalmente, se pueden formar labios 115 en los bordes de la superficie 110 de soporte con el fin de evitar que el producto "P" se salga del primer lado 111 de la superficie de soporte.

20 La superficie 110 de soporte se puede configurar como una bandeja sustancialmente rígida o similar, como se muestra. Sin embargo, en una realización alternativa de la presente invención que no se muestra, la superficie 110 de soporte puede ser una lámina relativamente delgada, flexible que es soportada por un sistema de soporte adecuado o similar. La superficie 110 de soporte se configura para permitir que el calor radiante pase a través desde el segundo lado 112 hasta el primer lado 111. El término "calor radiante" significa energía térmica que se transmite desde un cuerpo hasta otro por el proceso generalmente conocido como radiación, que se diferencia de la transmisión de calor de un cuerpo a otro por los procesos generalmente conocidos como conducción y convección.

30 La superficie 110 de soporte se fabrica a partir de un material que es sustancialmente transparente al calor radiante y también capaz de soportar temperaturas de hasta 300 grados Fahrenheit (148.9 grados Celsius). Preferiblemente, la superficie 110 de soporte se fabrica a partir de un material que comprende plástico. El término "plástico" significa cualquiera de diversos compuestos no metálicos producidos sintéticamente, generalmente a partir de compuestos orgánicos mediante polimerización, que pueden ser moldeados en varias formas y endurecidos, o formados en láminas o películas flexibles.

35 Más preferiblemente, la superficie 110 de soporte se fabrica a partir de material seleccionado del grupo consistente de acrílico y poliéster. Se conoce que dichos materiales, cuando se utilizan en la fabricación de una superficie 110 de soporte, tienen las propiedades de transmisión de radiación térmica deseada para uso en la presente invención. Adicionalmente, las resinas plásticas se pueden formar en una lámina uniforme, flexible, o en una cinta sin costura, sin fin, que puede proporcionar beneficios adicionales.

40 También, se conoce que dichos materiales proporcionan una superficie lisa para la distribución uniforme del producto, un bajo coeficiente de fricción estática entre la superficie 110 de soporte y el producto "P" soportado sobre el mismo, flexibilidad, y resistencia a temperaturas relativamente altas. Adicionalmente, dichos materiales son sustancialmente transparentes al calor radiante, tiene una resistencia a la tracción relativamente alta, y son relativamente baratos y se obtienen fácilmente.

50 El aparato 100 también puede comprender un chasis 120. El chasis se construye preferiblemente rígido y puede incluir un conjunto de patas 122 que se configuran para descansar en un piso 101 u otra base estable, aunque las patas también se configuran para descansar sobre suelo vacío o similar. El chasis 120 también puede incluir un soporte 124, o similar, el cual se configura para soportar una fuente 130 de calor seco radiante la cual se expone a un segundo lado 112 de la superficie 110 de soporte.

55 El término "expuesto a" significa posicionado de tal manera que se puede establecer un camino, sea directo o indirecto, para la transmisión de energía térmica radiante, energía de onda, energía electromagnética entre dos o más cuerpos. La fuente 130 de calor se configura para dirigir calor radiante "H" a través de un espacio "G" y hacia el segundo lado 112 de la superficie 110 de soporte.

60 El término "fuente de calor radiante seco" significa un dispositivo que se configura para producir y emitir calor radiante, así como también dirigir el calor radiante a través de un espacio a otro cuerpo, sin la incorporación o utilización de cualquier medio de calentamiento de líquido o sustancia de cualquier tipo, que incluye agua. El término "espacio" significa un espacio que separa dos cuerpos entre los cuales el calor se transfiere sustancialmente por radiación y donde los dos cuerpos no se contactan entre si.

65 Debido a que el aparato 100 no utiliza agua, u otro líquido, como una fuente de calentamiento o medio de calentamiento, el aparato 100 se simplifica ampliamente sobre el aparato de la técnica anterior que utiliza medios de

calentamiento de líquidos. Adicionalmente, la ausencia de un medio de calentamiento de líquidos en el aparato 100 proporciona beneficios adicionales.

5 Por ejemplo, la ausencia de un medio de calentamiento de agua reduce la probabilidad de contaminación microbiana del producto "P" como también la probabilidad de rehumedecer el producto. Más aún, la ausencia del medio de calentamiento de líquidos y sistema asociado de calentamiento/bombeo permite que el aparato 100 se mueva y se establezca con relativa facilidad y rapidez que pueda proporcionar beneficios en dichas aplicaciones como el campo en el sitio de cosecha/procesamiento.

10 La fuente 130 de calor radiante seco preferiblemente se configura para dirigir calor radiante "H" hacia el segundo lado 112 de la superficie 110 de soporte. Preferiblemente, la fuente 130 de calor radiante seco se posiciona en relación con la superficie 110 de soporte de tal manera que el segundo lado 112 está directamente expuesto a la fuente de calor radiante. Sin embargo, en una realización alternativa de la presente invención que no se muestra, se pueden emplear reflectores o similares para dirigir el calor radiante "H" desde la fuente 130 de calor radiante hasta el  
15 segundo lado 112 de la superficie 110 de soporte. También, aunque es preferible para la fuente 130 de calor ser posicionada de tal manera que dirija el calor "H" hacia el segundo lado 112, se entiende que la fuente de calor se puede posicionar de tal manera que dirija el calor hacia el primer lado 111, y así directamente al producto "P" de acuerdo con otras realizaciones alternativas de la presente invención que no se muestran.

20 Preferiblemente, la fuente 130 de calor radiante se configura para operar utilizando ya sea energía eléctrica o gas. El término "gas" significa cualquier forma de combustible que puede incluir productos o subproductos orgánicos o a base de petróleo que están en forma gaseosa o líquida. Más preferiblemente, la fuente 130 de calor radiante se selecciona del grupo que consiste de calentadores de gas radiante, y calentadores eléctricos. El término  
25 "calentadores de gas radiante" significa dispositivos que producen sustancialmente gas radiante por la combustión de gas. El término "calentadores eléctricos radiantes" significa dispositivos que producen calor sustancialmente radiante al llevar corriente eléctrica. Diversas formas de dichos calentadores son conocidas en la técnica. El uso de dichos calentadores como la fuente 130 de calor puede ser ventajoso debido a los diversos beneficios asociados con los mismos.

30 Por ejemplo, dichos calentadores pueden alcanzar altas temperaturas y pueden producir grandes cantidades de energía de calor radiante. Dichos calentadores pueden alcanzar temperaturas de por lo menos 100 grados Centígrados y pueden alcanzar temperaturas significativamente mayores de 100 grados Centígrados. Las altas temperaturas alcanzadas por estos calentadores pueden ser beneficiosas al producir grandes cantidades de energía de calor. Adicionalmente, la temperatura del calentador, y por lo tanto la cantidad de energía de calor radiante  
35 producida, se puede cambiar relativamente rápido y se puede regular fácilmente mediante modulación proporcional del mismo. También, dichos calentadores generalmente tienden a ser relativamente ligeros en peso comparados con otras fuentes de calor, y son generalmente resistentes a choque y vibración.

40 Debido a que los calentadores radiantes eléctricos tales como calentadores de cuarzo y calentadores de cerámica llevan energía eléctrica para operación, dichos calentadores se pueden operar ya sea desde un generador portátil, o desde una red de energía eléctrica permanente. De manera similar, los calentadores de gas radiante se pueden operar ya sea a partir de un suministro de gas portátil, como un tanque de gas natural licuado, o a partir de un sistema de distribución de gas como un sistema de tuberías subterráneas. Adicionalmente, los calentadores tales como aquellos discutidos anteriormente generalmente se conocen por proporcionar larga vida de operación  
45 confiable y se pueden reparar fácilmente.

La fuente 130 de calor radiante preferiblemente se configura para alcanzar una temperatura mayor de 100 grados Centígrados, y más preferiblemente, la fuente de calor se configura para alcanzar una temperatura significativamente superior a 100 grados Centígrados, tal como 150 grados Centígrados. La fuente 130 de calor radiante se puede configurar para variar la cantidad de calor radiante que se dirige hacia la superficie 110 de soporte. Esto es, la fuente 130 de calor radiante se puede configurar para modular la cantidad de calor que se dirige hacia la superficie 110 de soporte.

55 Preferiblemente, la fuente 130 de calor radiante se puede configurar para modular de tal manera que la temperatura de la misma puede ser aumentada o disminuida en una manera rápida. La fuente 130 de calor se puede configurar para modular al emplear un esquema de control "encendido/apagado". Preferiblemente, sin embargo, la fuente de calor se puede configurar para modular al emplear un verdadero esquema de control proporcional.

60 Para facilitar el control operacional de la fuente 130 de calor, el aparato 100 puede incluir un dispositivo 131 de control que se conecta a la fuente de calor. El dispositivo 131 de control puede ser un relé eléctrico como en el caso de una fuente 130 de calor accionada eléctricamente. De manera alternativa, el dispositivo 131 de control puede ser una válvula servo como en el caso de una fuente 130 de calor accionada por gas.

65 La superficie 110 de soporte se puede configurar para ser móvil con respecto a la fuente 130 de calor radiante. Por ejemplo, la superficie 110 de soporte se puede configurar como una bandeja móvil que se puede ubicar sobre, y retirar del chasis 120 como se muestra en la Figura 3. En una configuración alternativa de la primera realización de



la invención, el chasis 120 puede incluir rodillos o similares en los cuales la superficie 110 de soporte se puede soportar y mover.

5 Por ejemplo, con referencia a la Figura 3A, se muestra un diagrama de elevación lateral de un aparato 100A de acuerdo con una segunda realización de la presente invención. Como es evidente, la superficie 110A de soporte del aparato 100A se configura como una cinta sinfín que comprende una lámina flexible soportada por rodillos 123. La superficie 110A de soporte se puede configurar para mover, o circular, en la dirección "D".

10 Los rodillos 123 son, a su vez, soportados por el chasis 120A que también soporta por lo menos una fuente 130 de calor. La fuente 130 de calor se configura para dirigir calor radiante "H" hacia el segundo lado 112 de la superficie 110A de soporte. Opuesto al segundo lado 112, está el primer lado 111 de la superficie 110A de soporte que se configura para soportar de manera móvil el producto "P" en el mismo. Como se ve, la configuración del aparato 100A puede proporcionar un continuo procesamiento del producto "P".

15 Volviendo ahora a la Figura 3B, se muestra un diagrama de elevación lateral que representa un aparato 100B de acuerdo con una tercera realización de la presente invención que es similar al aparato 100A discutido anteriormente para la Figura 3A. Sin embargo, la superficie 110B de soporte del aparato 100B no solo se configura como una cinta sinfín, sino que también comprende una pluralidad de enlaces rígidos 113 que se conectan de manera pivotante entre sí en una forma tipo cadena.

20 Como se muestra, el aparato 100B comprende un chasis 120 que soporta rodillos 123 de manera rotatoria en el mismo. Los rodillos 123 a su vez soportan de manera móvil la superficie 110B de soporte del mismo, los cuales se pueden configurar para mover, o circular, en la dirección "D". El chasis 120 también soporta una fuente 130 de calor que se configura para dirigir calor radiante "H" hacia el segundo lado 112 de la superficie 110B de soporte. La superficie 110B de soporte se configura para soportar el producto "P" en el primer lado 111 que es opuesto al segundo lado 112.

30 Pasando a la Figura 3C, se muestra una vista de plano superior de un aparato 100C de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención. De acuerdo con el aparato 100C, la superficie 110C de soporte se configura sustancialmente como un anillo plano, horizontal, el cual se configura para rotar en la dirección "R". La superficie 110C de soporte se puede configurar para rotar en la dirección "R" sobre una porción 114 central que puede comprender un cojinete (no mostrado) o similar. El lado superior, o primer lado 111 de la superficie 110A de soporte se configura para soportar el producto "P" en el mismo.

35 El producto "P" se puede situar sobre el primer lado 111 de la superficie 110A de soporte en una estación 140 de aplicación, y se puede retirar desde la superficie de soporte en una estación 142 de extracción. Por lo menos una fuente de calor (no mostrada) se puede situar bajo la superficie 110A de soporte de tal manera que el calor radiante (no mostrado) sea dirigido desde la fuente de calor hasta un lado inferior, o segundo lado (no mostrado) el cual es opuesto al primer lado 111.

40 Volviendo ahora a la Figura 3, el aparato 100 puede comprender un controlador 150 tal como un procesador digital o similar para ejecutar comandos operacionales. El controlador puede estar en comunicación con la fuente 130 de calor radiante mediante el dispositivo 131 de control como también por lo menos un enlace 151 de comunicación. El enlace 151 de comunicación puede incluir ya sea medios de comunicación por cable, o medios de comunicación inalámbrica. El término "en comunicación con" significa capaz de enviar o recibir datos o comandos en la forma de señales que se pasan a través del enlace 151 de comunicación.

50 El aparato 100 también puede comprender un sensor 160 que se puede soportar por un techo 102 u otro soporte adecuado, y que puede estar en comunicación con el controlador 150 mediante un enlace 151 de comunicación. El sensor 160 se configura para detectar y medir por lo menos una característica de por lo menos una porción del producto "P". La característica puede incluir, por ejemplo, la temperatura del producto "P", el contenido de humedad del producto, o la composición química del producto. El sensor 160 puede ser cualquiera de una cantidad de tipos de sensores que son conocidos en la técnica. Preferiblemente, el sensor 160 es o bien un detector infrarrojo, o un sensor bimetálico.

55 El aparato 100 puede incluir adicionalmente una interfaz 170 de operador la cual está en comunicación con el controlador 150 y que se configura para permitir a un operador entrar comandos o datos al controlador 150 mediante un teclado o similar 172 que se pueden incluir en la interfaz del operador. La interfaz 170 de operador también se puede configurar para comunicar información con respecto a la operación del aparato 100 al operador mediante una pantalla de visualización o similar 171 que también se puede incluir en la interfaz del operador. El controlador puede incluir un algoritmo 153 que se puede configurar para llevar a cabo automáticamente diversas etapas en la operación del aparato 100. El controlador 150 puede incluir adicionalmente una memoria 155 legible como una memoria digital o similar para almacenar datos.

65 Durante operación del aparato 100, el producto "P" se puede colocar en el primer lado 111 de la superficie 110 de soporte. Se pueden emplear diversos medios para colocar el producto "P" sobre el primer lado 111, que incluyen

pulverización, goteo, vertido, y similares. El operador del aparato 100 puede ingresar diversos datos y comandos al controlador 150 mediante la interfaz 170 de operador. Esta entrada de datos y comandos por el operador pueden incluir el tipo de producto "P" que se va a procesar, el perfil de temperatura que se va a mantener en el producto, así como también comandos de "inicio" y "fin".

5 El algoritmo 153 puede incluir por lo menos una curva predeterminada de calor que se asocia con por lo menos un producto particular "P". El término "curva de calor" significa un lugar de valores asociado con la cantidad de calor producido por la fuente 130 de calor y en la cual el lugar de valores es una función de tiempo transcurrido. Después que el operador identifica el producto particular "P" e ingresa esto en el controlador 150, el proceso de secado, de acuerdo con parámetros de temperatura dictados por el perfil de calor predeterminado, se pueden llevar a cabo automáticamente. Adicionalmente, el proceso de secado se puede ajustar "sobre la marcha" con base en entradas del sensor 160 recibidas por el controlador durante el proceso, como se describe más adelante.

15 Una vez iniciada la operación de secado, el sensor 160 puede detectar y medir por lo menos una característica de por lo menos una porción del producto "P" tal como la temperatura, contenido de humedad, o composición química de la misma. El sensor 160 puede ser instruido por el controlador 150 o configurado de otra manera para realizar repetidamente la detección y medición de una característica del producto "P" en intervalos dados durante la operación del aparato 100. De manera alternativa, el sensor 160 se puede configurar para detectar y medir continuamente la característica durante la operación del aparato 100.

20 La característica medida que se detecta y mide por el sensor 160 se puede convertir en una señal, tal como una señal digital, y luego se puede transmitir al controlador 150 mediante uno de los enlaces 151 de comunicación. El controlador 150 luego puede recibir la señal enviada por el sensor 160, y luego puede almacenar la señal como datos legibles en la memoria 155 legible. El controlador 150 luego puede provocar la activación del algoritmo 153, en el que el algoritmo puede acceder a los datos en la memoria 155 legible y luego utilizar los datos para iniciar un comando operacional automático.

30 Por ejemplo, el controlador 150 puede utilizar los datos de la señal enviados por el sensor 160 para controlar la fuente 130 de calor radiante. Es decir, el controlador 150 puede utilizar los datos de la señal del sensor 160 para controlar la cantidad de energía radiante "H" dirigida hacia la superficie 110 de soporte. Esto se puede obtener en diversas maneras tales como por ejemplo al encender o apagar la fuente de calor durante intervalos de tiempo específicos, o al modular proporcionalmente la salida de calor producida por la fuente 130 de energía.

35 En una operación de secado típica, por ejemplo, un producto "P" se puede situar en el primer lado 111 de la superficie 110 de soporte como se muestra con el fin de ser soportado en ella. El operador puede, mediante la interfaz 170, comunicar al controlador 150 el tipo de producto "P" que se va a secar. De manera alternativa, el operador puede ingresar otros datos tales como el contenido estimado de humedad, o similares, del producto "P". El operador también puede hacer que el aparato 100 comience una operación de secado al ingresar el comando "inicio" a la interfaz 170.

40 Cuando se inicia la operación de secado, el sensor 160 puede detectar y medir una característica del producto "P" tal como temperatura, contenido de humedad, o composición química del mismo. El sensor 160 luego puede convertir la medición de la característica a una señal y luego enviar la señal al controlador 150. Por ejemplo, si la característica medida es la temperatura del producto, entonces el sensor puede enviar al controlador 150 una señal que contiene datos con respecto a la temperatura del producto.

50 El controlador 150 puede utilizar los datos enviados por el sensor 160 para regular diversas funciones del aparato 100. Es decir, el controlador 150 puede regular la cantidad de calor radiante "H" producido por la fuente 130 de calor radiante y dirigirla al producto "P" como una función de la característica detectada y medida por el sensor 160.

55 El controlador 150 también puede regular la cantidad de calor radiante "H" producida por el calentador 130 radiante como una función de tiempo transcurrido, así como también el tipo particular del producto "P" que se va a secar. En realizaciones alternativas como aquellas descritas anteriormente para las Figuras 3A, 3B y 3C, en las que la superficie 110 de soporte se configura para mover el producto "P" más allá de la fuente 130 de calor, el controlador 150 puede regular la velocidad en la cual la superficie 110 de soporte, y por lo tanto el producto, se mueven más allá de la fuente de calor.

60 El tipo particular de producto "P" que se va a secar puede tener un perfil óptimo asociado con el mismo, el cual, cuando se adhiere, puede optimizar el resultado de una producción dada como un tiempo mínimo de secado, o máxima calidad del producto "P". El término "perfil" significa un lugar de valores de una o más características de producto medidas como una función del tiempo transcurrido. Por ejemplo, un producto "P" dado puede tener asociado al mismo un perfil de temperatura dado óptimo, un perfil de contenido de humedad óptimo, o un perfil de composición química óptima. La memoria 155 legible puede almacenar perfiles óptimos para varios tipos de productos "P". Cada uno de los perfiles almacenados luego se puede acceder por el algoritmo 153 de acuerdo con instrucciones o comandos ingresados en el controlador 150 por el operador.

65

Por ejemplo, el producto particular "P" que se va a secar, por ejemplo, puede tener un óptimo perfil de temperatura que dicta un aumento en la temperatura del producto a una tasa máxima posible y a una temperatura de 100 grados centígrados. El perfil de temperatura óptimo adicionalmente puede dictar que, una vez que el producto ha alcanzado una temperatura de 100 grados centígrados, la temperatura del producto se debe mantener a 100 grados centígrados durante un tiempo transcurrido de cinco minutos, después de lo cual la temperatura del producto "P" debe reducir a una velocidad sustancialmente constante a temperatura ambiente por un tiempo transcurrido de diez minutos.

El algoritmo 153 puede tratar de mantener la temperatura actual del producto "P" con el fin de que coincida sustancialmente con el perfil de temperatura óptimo almacenado en un perfil de temperatura dado del producto "P" al regular la cantidad de energía térmica "H" producida por la fuente 130 de calor. Por ejemplo, con el fin de hacer que la temperatura del producto "P" aumente rápidamente con el fin de coincidir sustancialmente con el perfil de temperatura óptimo, el algoritmo 153 puede provocar que la fuente 130 de calor radiante inicialmente produzca una salida máxima de calor radiante "H". Esto se puede obtener al hacer que la temperatura de la fuente de calor aumente rápidamente a un nivel relativamente alto.

La energía térmica "H" se dirige desde la fuente 130 de calor hasta el segundo lado 112 de la superficie 110 de soporte. Debido a que la superficie 110 de soporte se configura para permitir que el calor radiante "H" pase a través de este, el producto "P" absorberá por lo menos una porción del calor radiante. La absorción de la energía térmica "H" por el producto "P" resulta en una temperatura incrementada del producto el cual, a su vez, promueve la evaporación de humedad del producto. Cuando el sensor 160 detecta que el producto "P" ha alcanzado una temperatura dada, tal como 100 grados centígrados, el algoritmo 153 puede entonces empezar una cuenta regresiva del tiempo transcurrido que tiene una duración determinada, tal como cinco minutos.

Durante la primera cuenta regresiva, el algoritmo 153, en conjunto con mediciones de temperatura recibidas desde el sensor 160, pueden regular la cantidad de salida de calor "H" producida por la fuente 130 de calor radiante con el fin de mantener la temperatura del producto "P" a una temperatura dada, como 100 grados centígrados. Por ejemplo, a medida que la humedad se evapora del producto "P", el producto puede requerir menos energía térmica "H" para mantener una temperatura dada. Al final de la primera cuenta regresiva, el algoritmo 153 luego puede empezar una segunda cuenta regresiva de tiempo transcurrido que tiene una duración dada, tal como diez minutos.

Durante la segunda cuenta regresiva, el algoritmo 153 puede controlar la salida de calor "H" de la fuente 130 de calor radiante de acuerdo con las mediciones de temperatura recibidas del sensor 160 con el fin de mantener una disminución uniforme en la temperatura del producto de, por ejemplo, 100 grados centígrados a temperatura ambiente, después de lo cual se completa la operación de secado. Una vez que el producto "P" alcanza temperatura ambiente, u otra temperatura dada, el controlador 150 puede enviar una señal a la interfaz 170 de operador el cual, a su vez, puede generar una señal audible o visible detectable por el operador. Esta señal audible o visible puede alertar al operador que la operación de secado está completa. El operador luego puede retirar el producto secado "P" terminado del aparato 100.

Volviendo ahora a la Figura 3D, se muestra un diagrama de elevación lateral de un aparato 100D el cual es una configuración alternativa de acuerdo con una quinta realización. El aparato 100D representa un esquema de control alternativo que se puede utilizar en lugar de aquel representado en la Figura 3 para el aparato 100. De acuerdo con el esquema de control alternativo el cual se representa en la Figura 3D, el aparato 100D puede comprender una pantalla 177 y un control 178 de fuente de calor manual. La pantalla 177 se conecta al sensor 160 mediante un enlace 151 de comunicación. La pantalla se configura para mostrar datos relacionados con por lo menos una característica del producto "P" el cual se detecta y mide por el sensor 160.

El control 178 de fuente de calor manual se conecta al relé 131 mediante otro enlace 151 de comunicación. El control 178 de fuente de calor manual se configura para recibir comandos de entrada del operador en relación con la cantidad de calor "H" producida por la fuente 130 de calor. Es decir, el control 178 de fuente de calor manual puede ser fijado por el operador para provocar que la fuente 130 de calor produzca una cantidad determinada de calor "H".

En operación, el operador puede fijar inicialmente el control 178 de fuente de calor manual para hacer que la fuente 130 de calor produzca una cantidad determinada de calor "H". El control 178 de fuente de calor manual luego envía una señal al relé 131 mediante un enlace 151 de comunicación. El relé 131 luego recibe la señal y hace que la fuente 130 de calor produzca la cantidad determinada de calor "H". El operador luego monitoriza la pantalla 177.

El sensor 160 puede detectar y medir continuamente una característica determinada del producto "P". El sensor puede enviar una señal a la pantalla 177 que se relaciona con la característica medida. La pantalla recibe la señal y convierte la señal a un valor que exhibe y la cual es legible por el operador. El operador puede ajustar el calor "H" producido por la fuente 130 de calor en respuesta a la información relacionada con la característica medida la cual se lee de la pantalla 177.

Como se observa, el aparato 100, así como también las diversas otras configuraciones y realizaciones relacionadas, pueden permitir mayor control de la cantidad de calor que se transfiere al producto que lo que pueden los diversos

aparatos de la técnica anterior. Debido a esto, el aparato 100 de la presente invención puede producir productos "P" que tienen alta calidad, y puede producir los productos en una manera más eficiente, que los aparatos de secado de la técnica anterior.

5 Como se observa adicionalmente, el aparato 100 puede ser adecuado para el tipo de procesos de secado "por tanda", en cuyo caso la superficie 110 de soporte no se mueve necesariamente durante la operación de secado. En realizaciones alternativas tales como aquellas representadas en las Figuras 3A, 3B y 3C, la superficie 110 de soporte se puede configurar para mover el producto "P" más allá de la fuente 130 de calor radiante y el sensor 160, en cuyo caso se puede alcanzar un proceso de secado continuo. En aún otra realización de la presente invención, la cual se describe a continuación, un aparato 200 puede ser particularmente adecuado para producir un producto de alta calidad en un proceso de secado continuo de alto rendimiento.

#### Aparato de secado con múltiples zonas de control

15 Con referencia a la Figura 4, se representa una vista de elevación lateral de un aparato 200 de secado de acuerdo con una sexta realización. El aparato 200 comprende un chasis 210 que puede ser una estructura rígida que comprende diversos elementos estructurales que incluyen patas 212 y rieles 214 longitudinales conectados a las mismas. Las patas 212 se configuran para soportar el aparato 200 sobre un piso 201 u otra base adecuada.

20 El chasis 210 también puede comprender diversos otros elementos estructurales, como riostras cruzadas (no mostradas) y similares. El chasis 210 puede ser generalmente construido de acuerdo con métodos conocidos de construcción, que incluyen soldadura, sujeción, formación y similares, y puede ser construido a partir de materiales conocidos tales como aluminio, acero y similares. El aparato 200 es generalmente alargado y tiene un primer extremo 216 de entrada, y un segundo extremo 218 de carga opuesto, distal.

25 El aparato 200 puede comprender adicionalmente una pluralidad de rodillos 220 tensores sustancialmente paralelos, transversales que se montan sobre el chasis 210 y configuran para rotar libremente con respecto al mismo. Por lo menos un rodillo 222 de accionamiento también se puede incluir en el aparato 200 y se puede soportar sobre el chasis 210 en una manera sustancialmente transversal como se muestra.

30 Un activador 240, tal como un motor eléctrico, también se puede incluir en el aparato 200, y se puede soportar en el chasis 210 próximo al rodillo 222 de accionamiento. Un enlace 240 de accionamiento se puede utilizar para transferir energía desde el activador 240 al rodillo 222 de accionamiento. Un controlador 244 de velocidad, tal como un dispositivo de control de velocidad variable de corriente alterna ("A/C") o similar, se puede incluir para controlar la velocidad de salida del activador 240.

35 El aparato 200 comprende una superficie 230 de soporte, la cual tiene un primer lado 231 y un segundo lado opuesto 232. La superficie 230 de soporte se soporta de forma móvil en el chasis 210. La superficie 230 de soporte se configura para permitir que la energía de calor radiante pase a través del segundo lado 212 al primer lado 211.

40 Preferiblemente, la superficie 230 de soporte se fabrica a partir de un material que comprende plástico. Más preferiblemente, la superficie 230 de soporte se fabrica a partir de un material seleccionado del grupo que consiste de acrílico y poliéster. También, preferiblemente, la superficie 230 de soporte se configura para soportar temperaturas de hasta por lo menos 300 grados Fahrenheit (148.9 grados Celsius). La superficie 230 de soporte se configura como una cinta flexible sinfín como se muestra, por lo menos una porción de la cual puede preferiblemente ser sustancialmente plana y nivelada.

45 Como una forma de cinta sinfín, la superficie 230 de soporte preferiblemente se soporta sobre los rodillos 220 tensores y rodillo 222 de accionamiento. La superficie 230 de soporte se puede configurar para ser accionada por el rodillo 222 de accionamiento con el fin de mover, o circular, en la dirección "D" en relación con el chasis 210. Como se observa, la superficie 230 de soporte se puede configurar con el fin de extenderse sustancialmente desde el extremo 216 de entrada hasta el extremo 218 de carga. Un dispositivo 224 de levantamiento se puede soportar sobre el chasis 210 y emplear para mantener una tensión dada sobre la superficie 230 de soporte.

50 El primer lado 231 de la superficie 230 de soporte se configura para soportar una capa de producto "P" en el mismo como se muestra. El primer lado 231 adicionalmente se configura para mover el producto "P" sustancialmente desde el extremo 216 de entrada hasta el extremo 218 de carga. El producto "P" puede tener una de muchas formas posibles, que incluyen suspensiones líquidas coloidales, soluciones, jarabes, y pastas. Es el caso de un producto "P" líquido que tiene una viscosidad relativamente baja, una realización alternativa del aparato que no se muestra puede incluir un labio longitudinal, que se extiende sustancialmente hacia arriba (similar al labio 115 mostrado en la Figura 3) que se puede formar en cada borde de la superficie 230 de soporte para evitar que se escurra el producto.

55 El producto "P" se puede aplicar al primer lado 231 de la superficie 230 de soporte mediante un dispositivo 252 de aplicación que se puede incluir en el aparato 200 y que se puede situar próximo al extremo 216 de entrada del aparato 200. En el caso de un producto "P" líquido, el producto se puede aplicar a la superficie 230 de soporte mediante pulverización, como se muestra. Aunque la Figura 4 representa un método de pulverización para aplicar el

producto "P" a la superficie 230 de soporte, se entiende que otros métodos son igualmente practicables, como goteo, pulido, y similares.

5 Un dispositivo 254 de eliminación también se puede incluir en el aparato 200. El dispositivo 254 de eliminación se sitúa próximo al extremo 218 de carga, y se configura para eliminar el producto "P" de la superficie 230 de soporte. El producto "P" puede estar en un estado seco o semisecho cuando se elimina de la superficie 230 de soporte por el dispositivo 254 de eliminación.

10 El dispositivo 254 de eliminación puede comprender un extremo afilado en la superficie 230 de soporte como se muestra. Es decir, como se representa, el dispositivo 254 de eliminación se puede configurar para hacer que la superficie 230 de soporte gire bruscamente alrededor de una esquina que tiene un radio que no es más de aproximadamente veinte veces el espesor de la superficie 230 de soporte. También, preferiblemente, la superficie 230 de soporte forma un giro en el dispositivo 254 de eliminación cuyo giro es superior a los 90 grados. Más preferiblemente, el giro es aproximadamente entre 90 grados y 175 grados.

15 El tipo de dispositivo 254 de eliminación que se representa puede ser particularmente efectivo en eliminar ciertos tipos de producto "P" que son sustancialmente secos y que exhiben propiedades sustancialmente autoadherentes. Se entiende, sin embargo, que otras configuraciones de dispositivos 254 de eliminación, que no se muestran, pueden ser igualmente efectivos al retirar diversas formas de producto "P" desde la superficie de soporte, que incluyen cuchillas raspadoras, vibradores de baja frecuencia y similares. Cuando el producto "P" se retira de la superficie 230 de soporte en el extremo 218 de carga, se puede emplear una tolva 256 de recolección para recoger el producto seco. Dependiendo de la aplicación, el producto seco se puede someter a procesamiento posterior, como molienda, fresado o de otro modo procesar el producto seco en un polvo.

25 El aparato 200 comprende un bloque 260 de calentador que se soporta sobre el chasis 210. El bloque 260 de calentador comprende una o más primeras fuentes 261 de calor y una o más segunda fuentes 262 de calor. El bloque 260 de calentador también puede comprender una o más terceras fuentes 263 de calor y por lo menos una fuente 269 de calor del precalentador. Las fuentes 261, 262, 263, 269 de calor son soportadas sobre el chasis 210 y se configuran para dirigir calor radiante "H" a través de un espacio "G" y hacia el segundo lado 232 de la superficie 230 de soporte.

35 Cada una de las fuentes 261, 262, 263, 269 de calor son fuentes de calor radiante seco como se definió anteriormente para la Figura 3. Las fuentes 261, 262, 263, 269 de calor preferiblemente se seleccionan del grupo que consiste de calentadores de gas radiante y calentadores eléctricos radiantes. Adicionalmente, cada una de las fuentes 261, 262, 263, 269 de calor preferiblemente se configuran para modular, o variar incrementalmente, la cantidad de calor radiante producida en el mismo en una manera proporcional. La operación de las fuentes 261, 262, 263, 269 de calor se describe más completamente a continuación.

40 El aparato 200 puede comprender un recinto 246, tal como una campana o similar, que se emplea para cubrir el aparato. El recinto 246 se puede configurar para contener aire acondicionado "A" que se puede introducir en el recinto a través de un conducto 226 de entrada. Antes de entrar al recinto, el aire acondicionado "A" se puede procesar en una unidad de aire acondicionado (no mostrada) con el fin de tener una temperatura y humedad que es beneficiosa para secar el producto "P". El aire acondicionado "A" puede circular a través del recinto 246 antes de salir del recinto mediante un conducto 228 de salida. Al salir del recinto 246, el aire acondicionado "A" puede ser devuelto a la unidad de aire acondicionado, o puede ser ventilado para escapar.

45 El aparato 200 puede comprender adicionalmente un primer sensor 281, un segundo sensor 282 y un tercer sensor 283. Se entiende que, aunque se representan tres sensores 281, 282, 283, cualquier cantidad de sensores se puede incluir en el aparato 200. Cada uno de los sensores 281, 282, 283 pueden ser soportados en el recinto 246, u otra estructura adecuada, en una manera sustancialmente espaciada de manera uniforme como se muestra. Cada uno de los sensores 281, 282, 283 puede ser cualquiera de una serie de tipos de sensores que son conocidos en la técnica. Preferiblemente, en el caso de detectar temperatura del producto "P", cada uno de los sensores 281, 282, 283 es ya sea un detector infrarrojo o un sensor bimetálico.

50 Preferiblemente, los sensores 281, 282, 283 son posicionados con el fin de estar sustancialmente expuestos al primer lado 231 de la superficie 230 de soporte. Los sensores 281, 282, 283 se configuran para detectar y medir por lo menos una característica del producto "P" mientras que el producto se soporta de manera móvil en el primer lado 231 de la superficie 230 de soporte. Las características del producto "P" que son detectables y medibles por los sensores 281, 282, 283 pueden incluir la temperatura, contenido de humedad y composición química del producto. Los aspectos operacionales de los sensores 281, 282, 283 se describen más completamente a continuación.

55 El aparato 200 puede comprender un controlador 250 para controlar diversas funciones del aparato durante la operación del mismo. El controlador 250 puede incluir cualquier cantidad de dispositivos tales como un procesador (no mostrado), una memoria legible (no mostrada) y un algoritmo (no mostrado). El controlador 250 será discutido en mayor detalle a continuación. Adicionalmente al controlador 250, el aparato 200 puede incluir una interfaz 235 de operador la cual puede estar en comunicación con el controlador.

La interfaz 235 de operador se puede configurar para transmitir información con respecto a la operación del aparato 200 al operador mediante una pantalla 237 de visualización tal como CRT o similar. Por el contrario, la interfaz 235 de operador también se puede configurar para transmitir datos o comandos operacionales desde el operador al controlador 250. Esto se puede lograr mediante un teclado 239 o similar que también puede estar en comunicación con el controlador 250.

Como se ve, una pluralidad de zonas Z1, Z2, Z3 de control se definen en el aparato 200. Es decir, el aparato 200 incluye por lo menos una primera zona Z1 de control, la cual se define en el aparato entre el extremo 216 de entrada y el extremo 218 de carga. Una segunda zona Z2 de control se define en el aparato 200 entre la primera zona Z1 de control y el extremo 218 de carga. El aparato 200 también puede incluir zonas de control adicionales, como una tercera zona Z3 de control la cual se define sobre el aparato entre la segunda zona Z2 de control y el extremo de carga. Cada zona Z1, Z2, Z3 de control se define para ser estacionaria en relación al chasis 210.

Un estudio de la Figura 4 revelará que cada primera fuente 261 de calor, así como también el primer sensor 281 se sitúa dentro de la primera zona Z1 de control. En forma similar, cada segunda fuente 262 de calor y el segundo sensor 282, se sitúan dentro de la segunda zona Z2 de control. Cada tercera fuente 263 de calor, y el tercer sensor 283, se sitúan dentro de la tercera zona Z3 de control. Es adicionalmente evidente que la superficie 230 de soporte mueve el producto "P" a través de cada una de las zonas Z1, Z2, Z3 de control. Es decir, a medida que el activador 240 mueve la superficie 230 de soporte en la dirección "D", una porción dada del producto "P" la cual se soporta sobre la superficie de soporte, se mueve sucesivamente a través de la primera zona Z1 de control y luego a través de la segunda zona Z2 de control.

Después de ser movido a través de la segunda zona Z2 de control, una porción dada del producto "P" luego se puede mover a través de la tercera zona Z3 de control y al dispositivo 254 de eliminación. Como se ve, por lo menos una porción del bloque 260 de calentador, como una fuente 269 de calor de precalentador, puede estar fuera de cualquiera de las zonas Z1, Z2, Z3 de control. Adicionalmente, una zona 248 de enfriamiento se puede definir en relación al chasis 210 y próximo al extremo 218 de carga del aparato 200. La zona 248 de enfriamiento se puede configurar para emplear cualquiera de una serie de medios conocidos para enfriar el producto "P" a medida que el producto pasa a través de la zona de enfriamiento.

Por ejemplo, la zona 248 de enfriamiento se puede configurar para emplear un disipador de calor refrigerado (no mostrado) tal como un cuerpo negro frío, o similar, el cual se expone a un segundo lado 232 de la superficie 230 de soporte y se posiciona dentro de la zona de enfriamiento. Dicho disipador de calor se puede configurar para enfriar el producto "P" mediante transferencia de calor radiante a partir del producto y a través de la superficie 230 de soporte al disipador de calor. Un tipo de disipador de calor que se puede utilizar con este fin se puede configurar para emplear una bobina de evaporación la cual es una porción de un sistema de refrigeración que utiliza un refrigerante fluido tal como Freón o similar.

Se entiende que la zona 248 de enfriamiento puede tener una longitud relativa la cual es diferente de aquella representada. Se entiende adicionalmente que se pueden emplear otros medios de enfriamiento. Por ejemplo, la zona 248 de enfriamiento se puede configurar para incorporar un sistema de enfriamiento por convección (no mostrado) en el cual el aire enfriado se dirige al segundo lado 232 de la superficie 230 de soporte. Adicionalmente, la zona 248 de enfriamiento se puede configurar para incorporar un sistema de enfriamiento por conducción (no mostrado) en el cual los rodillos refrigerados o similares hacen contacto con el segundo lado 232 de la superficie 230 de soporte. La operación del aparato 200 puede ser similar a aquella del aparato 100 de acuerdo con la primera realización de la presente invención la cual se describió anteriormente para la Figura 3, salvo que el producto "P" sea movido continuamente más allá de las fuentes 261, 262, 263, 269 de calor y sensores 281, 282, 283. Como se representa en la Figura 4, el producto "P" se puede aplicar al primer lado 231 de la superficie 230 de soporte móvil próxima al extremo 216 de entrada.

La superficie 230 de soporte es accionada por el activador 240 mediante el enlace 242 de accionamiento y el rodillo 222 de accionamiento con el de girar en la dirección "D" alrededor de los rodillos 220 tensores. El producto "P" puede estar en un estado sustancialmente líquido cuando se aplica a la superficie 230 de soporte por el dispositivo 252 de aplicación. El producto "P", el cual es secado por el aparato 200, se carga a través de este en la dirección "F" hacia el extremo 218 de carga.

El producto "P", mientras se soporta sobre la superficie 230 de soporte y se mueve a través del aparato 200 en la dirección "F", pasa el bloque 260 de calentador que se puede posicionar en relación sustancialmente yuxtapuesta al segundo lado 232 de la superficie de soporte con el fin de ser expuestos a la misma como se muestra. El bloque 260 de calentador comprende una o más primeras fuentes 261 de calor y una o más segundas fuentes 262 de calor que se configuran para dirigir el calor radiante "H" hacia el segundo lado 232 y a través de la superficie 230 de soporte para calentar el producto "P" el cual se mueve en la dirección "F".

El bloque 260 de calentador también puede comprender una o más terceras fuentes 263 de calor y una o más fuentes 269 de calor pre-calentadoras que también se configuran para dirigir el calor radiante "H" hacia el segundo

lado 232 para calentar el producto "P". El producto "P", mientras se mueve sobre la superficie 230 de soporte en la dirección de carga "F", se seca por el calor radiante "H" a un contenido de humedad deseado, y luego se retira de la superficie de soporte en el extremo 218 de carga por el dispositivo 254 de carga.

5 El producto "P" una vez retirado de la superficie 230 de soporte, se puede recolectar en una tolva 256 de recolección o similar para almacenamiento, empaquetado o procesamiento adicional. La superficie 230 de soporte, una vez que el producto "P" se retira del mismo, regresa al extremo 216 de entrada con lo cual el producto adicional se puede aplicar por el dispositivo 252 de aplicación.

10 Con el fin de promover un eficiente secado del producto, así como también alta calidad del producto, se puede proporcionar aire acondicionado "A" por una unidad 245 de aire acondicionado (HVAC), y se puede hacer circular sobre el producto "P" a través del recinto 246, conducto 226 de entrada, y conducto 228 de salida a medida que el producto se mueve a través del aparato 200 en la dirección de carga "F" concurrente con la dirección del movimiento del producto.

15 Como una mejora adicional a la tasa de producción y calidad del producto, se puede emplear una pluralidad de zonas de control. El término "zona de control" significa una región estacionaria definida en el aparato 200 a través del cual el producto "P" se mueve y en cuya región el calor radiante se dirige sustancialmente al producto por una o más fuentes de calor dedicadas que se regulan independientemente de las fuentes de calor fuera de la región. Es decir, una zona de control dada incluye un servomecanismo dedicado para controlar la cantidad de calor dirigido al producto "P" el cual está dentro de la zona de control dada, en la que la cantidad de calor es una función de una característica medida del producto.

20 Como se ve, la superficie 230 de soporte se configura para mover el producto "P" en sucesión a través de una primera zona Z1 de control, y luego a través de una segunda zona Z2 de control. Esto puede ser seguido por una tercera zona Z3 de control. Dentro de la primera zona Z1 de control, una o más de la primera fuente 261 de calor dirigen el calor radiante "H" a través del espacio "G" hacia el producto "P" a medida que el producto se mueve a través de la primera zona de control. En forma similar, dentro de la segunda zona Z2 de control y dentro de la tercera zona Z3 de control, una o más de la segunda fuente 262 de calor y una o más de la tercera fuente 263 de calor, respectivamente, dirigen el calor radiante "H" a través del espacio "G" hacia el producto "P" a medida que el producto se mueve a través de la segunda y tercera zona de control, respectivamente.

25 La temperatura de, y por lo tanto la cantidad de calor "H" producida por, las primeras fuentes 261 de calor radiante se regulan independientemente de la temperatura de, y cantidad de calor producida por, las segundas fuentes 262 de calor. De manera similar, las terceras fuentes 263 de calor se regulan independientemente de las primeras y segundas fuentes 261, 262 de calor. El uso de las zonas Z1, Z2, Z3 de control puede proporcionar un mayor control de los parámetros de producción en comparación con los dispositivos de la técnica anterior.

30 Es decir, los perfiles de producto específicos y curvas de calor se pueden alcanzar con el uso del aparato 200 porque el producto "P" puede ser expuesto a diferentes cantidades de calor "H" en cada zona Z1, Z2, Z3 de control. Específicamente, por ejemplo, la primera fuente 261 de calor se puede configurar para producir calor "H" a una primera temperatura. La segunda fuente 262 de calor se puede configurar para producir calor "H" a una segunda temperatura la cual es diferente de la primera temperatura. En forma similar, la tercera fuente 263 de calor se puede configurar para producir calor "H" a una tercera temperatura.

35 Por lo tanto, a medida que el producto "P" procede a través del aparato en la dirección de carga "F", el producto puede ser expuesto a una diferente cantidad de calor "H" en cada una de las zonas Z1, Z2, Z3 de control. Esto puede ser particularmente útil, por ejemplo, en la reducción del tiempo de secado del producto "P" en comparación a los tiempos de secado en aparatos de la técnica anterior. Esto se puede lograr al alcanzar fácilmente una temperatura dada del producto "P" y luego mantener la temperatura dada a medida que el producto procede en sucesión a través de las zonas Z1, Z2, Z3 de control. El uso de las zonas Z1, Z2, Z3 de control también puede ser útil al proporcionar un estricto control de la cantidad de calor "H" la cual se transmite al producto "P" con el fin de proporcionar una mayor calidad de producto. Es decir, la calidad del producto se puede mejorar al utilizar las zonas Z1, Z2, Z3 de control para minimizar la sobreexposición y subexposición del producto "P" a la energía térmica "H".

40 Suponiendo que un producto "P" dado es relativamente húmedo y a temperatura ambiente cuando se coloca sobre la superficie 230 de soporte por el dispositivo 252 de aplicación, una cantidad relativamente grande de calor "H" se requiere para elevar la temperatura del producto a una temperatura dada como a 100 grados centígrados. Por lo tanto, una fuente 269 de calor precalentadora se puede utilizar para precalentar el producto "P" antes que el producto ingrese a la primera zona Z1 de control. La fuente 269 de calor precalentadora se puede configurar para producir continuamente calor radiante "H" a una temperatura máxima y para dirigir una cantidad máxima de calor "H" al producto "P".

45 A medida que el producto "P" ingresa a la primera zona Z1 de control, las primeras fuentes 261 de calor dentro de la primera zona Z1 de control se puede configurar para producir una cantidad de calor "H" que es suficiente para alcanzar la temperatura del producto deseado. El primer sensor 281, en conjunto con el controlador 250, se puede

5 emplear para regular la temperatura de las primeras fuentes 261 de calor con el fin de transferir la cantidad deseada de calor "H" al producto "P". El primer sensor 281 se configura para detectar y medir por lo menos una característica dada del producto "P" mientras el producto está dentro de la primera zona Z1 de control. Por ejemplo, el primer sensor 281 se puede configurar para detectar y medir la temperatura del producto "P" mientras el producto está dentro de la primera zona Z1 de control.

10 El primer sensor 281 puede detectar y medir una característica del producto "P" mientras el producto está en la primera zona Z1 de control y luego pasar esa característica medida al controlador 250. El controlador 250 puede entonces utilizar la medición a partir del primer sensor 281 para modular la temperatura, o salida de calor, de la primera fuente 261 de calor. Es decir, el calor "H" producido por la primera fuente 261 de calor puede ser regulado como una función de la característica del producto medido del producto "P" dentro de la primera zona Z1 de control según lo detectado y medido por el primer sensor 281. Esta característica de producto medida puede incluir, por ejemplo, la temperatura del producto.

15 El segundo sensor 282 se emplea de manera similar para detectar y medir por lo menos una característica del producto "P" mientras el producto está dentro de la segunda zona Z2 de control. En forma similar, el tercer sensor 283 se puede emplear para detectar y medir por lo menos una característica del producto "P" mientras que el producto está dentro de la tercera zona Z3 de control.

20 Las características del producto detectadas y medidas por los segundos y terceros sensores 282, 283 dentro de las segundas y terceras zonas Z2, Z3 de control, respectivamente, se pueden utilizar en forma similar para modular la cantidad de calor "H" producida por las segunda y terceras fuentes 262, 263 de calor para mantener un perfil específico de temperatura del producto "P" a medida que el producto avanza a través de cada una de las zonas de control.

25 En el caso en el que el producto "P" se caliente rápidamente a una temperatura dada y luego mantenida a la temperatura dada, es probable que la primera fuente 261 de calor producirá calor "H" a una temperatura relativamente alta con el fin de aumentar rápidamente la temperatura a la temperatura dada al tiempo que el producto "P" deja la primera zona Z1. Suponiendo que el producto "P" está a una temperatura dada al ingresar a la segunda zona Z2 de control, la segunda y tercera fuentes 262, 263 de calor producirán calor "H" a una temperatura sucesivamente más baja debido a que se requiere menos calor "H" para mantener la temperatura del producto a medida que se reduce el contenido de humedad del mismo.

35 Como se mencionó anteriormente, los sensores 281, 282, 283 se pueden configurar para detectar y medir cualquier cantidad de características del producto, como contenido de humedad. Esto puede ser particularmente beneficioso para la producción de un producto "P" de alta calidad. Por ejemplo, en el caso anterior en el que la temperatura del producto ha alcanzado la temperatura dada cuando el producto "P" ingresa a la segunda zona Z2 de control, los segundos y terceros sensores 282, 283 pueden detectar y medir el contenido de humedad del producto a medida que el producto progresa a través de las respectivas segunda y tercera zonas Z2, Z3 de control.

40 Si el segundo sensor 282 detecta y mide un contenido de humedad del producto relativamente alto del producto "P" dentro de la segunda zona Z2 de control, entonces el controlador 250 puede modular la segunda fuente 262 de calor con el fin de continuar manteniendo la temperatura del producto a la temperatura dada con el fin de continuar el secado del producto. Sin embargo, si el segundo sensor 282 detecta un contenido de humedad del producto relativamente bajo, entonces el controlador 250 puede modular la segunda fuente 262 de calor para reducir la temperatura del producto con el fin de evitar un exceso de secado del producto "P".

45 En forma similar, el tercer sensor 283 puede detectar y medir el contenido de humedad del producto dentro de la tercera zona Z3 de control, después de lo cual el controlador puede determinar la cantidad adecuada de calor "H" que se va a producir por la tercera fuente 263 de calor. Aunque se representan las tres zonas Z1, Z2, Z3 de control, se entiende que cualquier cantidad de zonas de control se pueden incorporar de acuerdo con la presente invención.

50 En cumplimiento con la descripción de la interacción entre el controlador 250, los sensores 281, 282, 283, y las fuentes 261, 262, 263 de calor proporcionadas por el ejemplo anterior, una determinada zona Z1, Z2, Z3 de control puede ser descrita como un circuito de control separado, independiente y exclusivo que comprende cada sensor asociado y cada fuente de calor asociada situada dentro de la zona de control dada, y la cual, junto con el controlador, se configura para regular independientemente la cantidad de calor "H" producida por las fuentes de calor asociadas como una función de por lo menos una característica del producto "P" medido por el sensor asociado.

55 Es decir, cada sensor 281, 282, 283 asociado con una zona Z1, Z2, Z3 de control dada, puede ser considerada como configurada para proporcionar retroalimentación de control al controlador 250 exclusivamente con respecto a características de una porción del producto "P" la cual está en una zona de control dada. El controlador 250 puede utilizar la retroalimentación para ajustar la salida de las fuentes 261, 262, 263 de calor de acuerdo con un perfil de temperatura u otro de dichos parámetros definidos por el operador o almacenados de otra forma dentro del controlador.



Adicionalmente para reducir el tiempo de secado del producto "P" en comparación con el aparato de secado de la técnica anterior, la pluralidad de zonas Z1, Z2, Z3 de control del aparato 200 también se puede emplear para alcanzar perfiles específicos del producto que pueden ser beneficiosos para la calidad del producto como se describió anteriormente para el aparato 100.

Por ejemplo, se puede suponer que la calidad de un producto "P" determinado puede ser maximizado siguiendo un perfil de temperatura dado de producto durante el secado. El perfil de temperatura del producto dado puede dictar que, a medida que el producto "P" pasa sucesivamente a través de la primera, segunda y tercera zona Z1, Z2, Z3 de control, la temperatura del producto inicialmente aumenta rápidamente a una temperatura dada máxima, después de lo cual la temperatura del producto "P" se reduce gradualmente hasta que se elimina de la superficie 230 de soporte.

En ese caso, el primer sensor 281, la primera fuente 261 de calor y controlador 250 pueden operar en una manera similar a aquella descrita con el fin de aumentar fácilmente la temperatura del producto "P" a una primera temperatura que puede ser alcanzada a medida que el producto "P" pasa a través de la primera zona Z1 de control. La primera temperatura puede corresponder a una cantidad relativamente grande de calor "H" la cual se transfiere al producto "P" el cual contiene inicialmente un alto porcentaje de humedad.

A medida que el producto "P" pasa a través de la segunda zona Z2 de control, el segundo sensor 282, segunda fuente 262 de calor y controlador 250 puede operar para reducir la temperatura del producto a una segunda temperatura relativamente media la cual es inferior que la primera temperatura. La segunda temperatura puede corresponder a una cantidad inferior de calor "H" la cual es requerida a medida que cae el contenido de humedad del producto "P".

En forma similar, a medida que el producto "P" pasa a través de la tercera zona Z3 de control, el tercer sensor 283, tercera fuente 263 de calor y controlador 250 puede operar para reducir aún más la temperatura del producto a una tercera temperatura relativamente baja la cual es inferior que la segunda temperatura. La tercera temperatura puede corresponder a una cantidad relativamente baja de calor "H" la cual se requiere a medida que el producto "P" se aproxima a la sequedad deseada.

Además de regular la temperatura de las fuentes 261, 262, 263 de calor, el controlador 250 también se puede configurar para regular la velocidad de la superficie 230 de soporte con respecto al chasis 210. Esto se puede lograr al configurar el controlador 250 con el fin de modular la velocidad del activador 240. Por ejemplo, como en caso en que el activador 240 sea un motor eléctrico de C/A, el controlador se puede configurar para modular la unidad de control de velocidad variable 244 mediante un servo o similar.

La velocidad, o tasa de movimiento, de la superficie 230 de soporte puede afectar el proceso de secado del producto "P" el cual es realizado por el aparato 200. Por ejemplo, una velocidad relativamente baja de la superficie 230 de soporte puede aumentar la cantidad de calor "H" la cual se absorbe por el producto "P" porque la velocidad más baja hará que el producto sea expuesto al calor "H" por un periodo más largo de tiempo. A la inversa, una velocidad relativamente rápida de la superficie 230 de soporte puede reducir la cantidad de calor "H" la cual se absorbe por el producto "P" porque la velocidad más rápida resultará en menor tiempo de exposición durante el cual el producto se expone al calor.

Más aún, el controlador 250 también se puede configurar para regular diversas calidades del aire acondicionado "A" el cual puede ser hecho para circular a través del recinto 246. Por ejemplo, el controlador 250 se puede elaborar para regular la velocidad de flujo, humedad relativa, y temperatura del aire acondicionado "A". Estas calidades del aire acondicionado "A" pueden tener un efecto tanto en el tiempo de secado como la calidad del producto "P".

En otra realización alternativa del aparato 200 que no se muestra, el recinto 246 se puede configurar con el fin de ser sustancialmente sellado contra el aire atmosférico exterior. En ese caso, la composición química del aire acondicionado "A" se puede controlar con el fin de afectar el proceso de secado en maneras específicas, o afectar o conservar las propiedades químicas del producto "P". Por ejemplo, el aire acondicionado "A" puede ser sustancialmente un gas inerte que puede actuar para evitar oxidación del producto "P".

Volviendo a la Figura 5, se muestra un diagrama esquemático que representa una posible configuración del aparato 200 que comprende una pluralidad de enlaces 257 de comunicación. Los enlaces 257 de comunicación se configuran para proporcionar señales para la transmisión de datos entre los diversos componentes del aparato 200. Los enlaces 257 de comunicación se pueden configurar como cualquiera de un número de posibles medios de comunicación, que incluyen aquellos de cable duro y fibra óptica. Adicionalmente, los enlaces 257 de comunicación pueden comprender medios de comunicación inalámbrica que incluyen onda infrarroja, microonda, onda de sonido, onda de radio y similares.

Un dispositivo 255 de almacenamiento de memoria legible, tal como una memoria digital, se puede incluir dentro del controlador 250. El dispositivo 255 de memoria legible se puede utilizar para almacenar datos con respecto a los aspectos operacionales del aparato 200 los cuales son recibidos por el controlador mediante los enlaces 257 de

comunicación, así como también puntos expuestos y otros valores almacenados y datos que se pueden utilizar por el controlador 250 para controlar el proceso de secado. El controlador 250 también puede incluir por lo menos un algoritmo 253 que se puede utilizar para llevar a cabo diversos procesos de toma de decisiones requeridas durante la operación del aparato 200.

5 Los procesos de toma de decisiones tomados en cuenta por el algoritmo 253 pueden incluir mantener coordinación integrada de los diversos aspectos de control variables del aparato 200. Estos aspectos de control variables comprenden la velocidad de la superficie 230 de soporte, la cantidad de calor "H" producida por cada una de las fuentes 261, 262, 263, 269 de calor y las mediciones de las características del producto recibidas de los sensores 10 281, 282, 283. Adicionalmente, el algoritmo 253 puede ser requerido para llevar a cabo los procesos operacionales de toma de decisiones de acuerdo con diversos parámetros de producción establecidos tales como perfil de temperatura del producto y tasa de producción.

15 Los enlaces 257 de comunicación pueden proporcionar transmisión de datos entre el controlador 250 y la interfaz 235 de operador que puede comprender una pantalla 237 de visualización y un teclado 239. Es decir, los enlaces 257 de comunicación entre el controlador 250 y la interfaz 235 de operador pueden proporcionar para la comunicación de datos desde el controlador al operador mediante la pantalla de visualización. Dichos datos pueden incluir diversos aspectos del aparato 200 que incluyen la temperatura y contenido de humedad del producto "P" con respecto a la posición del producto dentro de cada una de las zonas Z1, Z2, Z3 de control.

20 Adicionalmente, dichos datos pueden incluir la velocidad de la superficie de soporte con respecto al chasis 210 y la temperatura de cada una de las fuentes 261, 262, 263, 269 de calor. Los enlaces 257 de comunicación también pueden proporcionar datos para ser comunicados desde el operador al controlador 250 por medio del teclado 239 o similar. Dichos datos pueden incluir comandos operacionales que incluyen la especificación por el operador de un perfil de temperatura dado del producto.

25 Un enlace de comunicación 257 se puede proporcionar entre el controlador 250 y la unidad 245 HVAC con el fin de comunicar los datos entre los mismos. Dichos datos pueden incluir comandos desde el controlador 250 a la unidad 245 HVAC que especifican una temperatura dada, humedad, o similar, del aire acondicionado "A". Un enlace de comunicación 257 también se puede proporcionar entre el controlador 250 y el activador 240 para comunicar datos entre los mismos. Estos datos pueden incluir comandos desde el controlador 250 al activador que especifica una velocidad determinada de la superficie 230 de soporte.

30 Se pueden proporcionar enlaces 257 de comunicación adicionales entre el controlador 250 y cada uno de los sensores 281, 282, 283 con el fin de comunicar datos entre cada uno de los sensores y el controlador. Dichos datos pueden incluir mediciones de diversas características del producto "P" como se describió anteriormente para la Figura 4. Se pueden proporcionar otros enlaces 257 de comunicación entre el controlador 250 y cada una de las fuentes 261, 262, 263, 269 de calor para proporcionar transmisión de datos entre los mismos.

35 Estos datos pueden incluir comandos desde el controlador 250 hasta cada una de las fuentes 261, 262, 263, 269 de calor que instruyen a cada una de las fuentes de calor en cuanto a la cantidad de calor "H" a producir. Como se observa, el aparato 200 puede incluir una pluralidad de dispositivos 233 de control, que puede comprender relés eléctricos, en los que cada uno de los dispositivos de control se conecta mediante respectivos enlaces 257 de comunicación al controlador 250. Cada uno de los dispositivos de control se puede configurar en la manera del dispositivo 131 de control el cual se describió anteriormente para la Figura 3.

40 De acuerdo con una séptima realización de la presente invención, un método de secado de un producto incluye proporcionar una superficie de soporte que tiene un primer lado, y un segundo lado opuesto, y soportar el producto en el primer lado mientras se dirige el calor radiante hacia el producto. Preferiblemente, la superficie de soporte puede permitir que el calor radiante pase a través con el fin de calentar el producto. La superficie de soporte puede ser una lámina sustancialmente flexible. De manera alternativa, la superficie de soporte puede ser sustancialmente rígida.

45 El método puede además incluir la etapa de medir una característica del producto, junto con regular la cantidad de calor radiante dirigido hacia el segundo lado como una función de la característica medida. La característica medida puede incluir la temperatura del producto, el contenido de humedad del producto, y la composición química del producto. La característica puede ser detectada y medida intermitentemente en intervalos dados, o puede ser medido continuamente en un intervalo de tiempo dado.

50 El método también puede incluir mover la superficie de soporte con el fin de mover el producto más allá de la fuente de calor. Alternativamente, el método puede incluir mover la superficie de soporte para mover el producto a través de una pluralidad de zonas de control en sucesión, y proporcionar una pluralidad de fuentes de calor, en la que cada zona de control tiene por lo menos una fuente de calor asociada dedicada exclusivamente a dirigir el calor radiante dentro de la zona de control asociada.

65

En otras palabras, el método puede incluir regular la temperatura de las fuentes de calor dentro de cualquier zona de control dada independientemente de la temperatura de cualquiera de las otras fuentes de calor fuera de la zona de control dada. Esto puede permitir producir y mantener un perfil de temperatura dado del producto a medida que el producto se mueve a través de las zonas de control.

5 El método puede incluir adicionalmente proporcionar una pluralidad de sensores, en los que cualquier zona de control dada tiene por lo menos un sensor dedicado exclusivamente para detectar y medir por lo menos una característica del producto dentro de la zona de control dada. Esto puede permitir regular la temperatura de cada fuente de calor en cualquier zona de control dada como una función de por lo menos una característica del producto dentro de la zona de control dada. Como se señaló anteriormente, las características pueden incluir la temperatura, contenido de humedad, y composición química del producto, entre otras.

15 La tasa de movimiento de la superficie de soporte en relación con las zonas de control también puede ser regulada de acuerdo con el método. Adicionalmente, se puede proporcionar un recinto para ayudar a la circulación de aire acondicionado alrededor del producto a medida que el producto es procesado por el aparato. La calidad del aire acondicionado se puede controlar, en la que dichas cualidades pueden incluir la temperatura, humedad, y composición química del aire acondicionado. El método puede incluir recocer el producto en el cual el producto se soporta en la superficie de soporte.

20 Aparato de secado con calentadores móviles

Otro aspecto de la presente divulgación concierne al aparato de secado que es capaz de controlar independientemente la temperatura del producto que se va a calentar (por ejemplo, para lograr un perfil de temperatura deseado) y la longitud de onda de la radiación (por ejemplo, para maximizar la tasa de transferencia de calor). Con tales fines, se puede proporcionar un aparato de secado con una o más fuentes de calor que son móviles en relación con el producto "P" con el fin de aumentar o reducir el espacio o separación entre la fuente de calor y el producto "P". Al ajustar el espacio entre el producto y la fuente de calor, es posible controlar la fuente de temperatura de tal manera que produce la temperatura del producto deseada y longitud de onda de radiación. Por ejemplo, como se señaló anteriormente, si un perfil de secado en particular requiere que la temperatura del producto permanezca sustancialmente constante a través de una o más zonas de control, entonces el producto normalmente se somete a menos calor en cada zona sucesiva de control. Para mantener la temperatura deseada del producto y longitud de onda de radiación, los calentadores en una zona de control se pueden mover más allá del producto para reducir el calor aplicado al producto mientras se mantiene la temperatura de la fuente para producir radiación en la longitud de onda deseada. Por ejemplo, si se desea, la temperatura de la fuente y posiciones del calentador se pueden controlar para producir una longitud de onda constante predeterminada en zonas sucesivas para compensar los cambios en energía requeridos para evaporar la humedad a medida que el contenido de humedad en el producto se reduce a medida que es secado a través de cada una de las zonas.

40 De manera alternativa, si se desea, la temperatura de la fuente se puede ajustar para producir una longitud de onda deseada en una zona de control que es diferente a la longitud de onda en la zona de control anterior y el espacio entre la fuente de calor y el producto se puede ajustar de acuerdo con lo anterior para lograr la temperatura deseada del producto. Esto permite al secador compensar otras características del producto que puede variar en cada zona o de zona en zona durante el proceso de secado, tales como emisividad del producto, espesor del producto, cambios en la sensibilidad del producto (o compuestos específicos en el producto) a una longitud de onda particular de IR (radiación infrarroja), y la capacidad para liberar la humedad unida en el producto (la capacidad para liberar la humedad unida reduce a medida que el producto se seca). El controlador del secador se puede configurar para monitorizar continuamente la longitud de onda de las fuentes de calor y la temperatura del producto durante el proceso de secado, y automáticamente ajustar la temperatura y las posiciones de las fuentes de calor para mantener la temperatura deseada del producto y longitud de onda dentro de cada zona de calentamiento.

50 En referencia ahora a la Figura 6, se muestra un aparato 200A de secado, de acuerdo con una octava reivindicación de la presente divulgación. El aparato 200A de secado es una modificación del aparato 200 de secado de las Figuras 4 y 5. Una diferencia entre el aparato 200A de secado y el aparato 200 de secado es que el aparato 200A de secado tiene fuentes de calor que son móviles hacia arriba y hacia abajo en relación al producto "P". El aparato 200A de secado incluye un chasis 300 que se modifica en relación con el chasis 210 de la Figura 4 en que este incluye plataformas móviles, o soportes 302, 304, 306, 308 de calentadores que soportan las fuentes 269, 261, 262, 263 de calor, respectivamente. Las fuentes 269, 261, 262, 263 de calor pueden comprender elementos de calentamiento que producen calor radiante en el espectro infrarrojo. Cada plataforma 302, 304, 306, 308 se monta sobre un par de patas 310 verticales del chasis 300 y se configura para mover hacia arriba y hacia abajo con relación a este, como lo indican las flechas 312 de doble cabeza.

65 En una realización particular, cada soporte de calentador soporta un conjunto de uno o más elementos de calentamiento de cuarzo para producir radiación infrarroja. Cada elemento de calentamiento puede comprender un alambre en espiral encerrado en tubos de cuarzo. El tubo de cuarzo puede ser esmerilado, como se conoce en la técnica, para aumentar la capacidad de calor del elemento de calentamiento. El tubo de cuarzo puede incluir aditivos, como silicio o grafito, para aumentar aún más la capacidad de calor del elemento de calentamiento.

Incrementar la capacidad de calor puede proporcionar un mejor control de la temperatura de operación del elemento de calentamiento, tal como si un interruptor tipo encendido/apagado se utiliza para modular corriente a los elementos de calentamiento.

5 Como se muestra en la Figura 6, cada fuente de calor dentro de una zona Z1, Z2, Z3 de control se soporta sobre una plataforma común, y por lo tanto cada fuente de calor dentro de una zona de control específica se mueve hacia arriba y hacia abajo. En realizaciones alternativas, menos de tres fuentes de calor se pueden montar en una sola plataforma. Por ejemplo, cada fuente de calor se puede montar en una plataforma separada y su posición vertical se puede ajustar en relación a otras fuentes de calor dentro de la misma zona de control. En aún otras realizaciones, una sola plataforma se puede extender en múltiples zonas para soportar fuentes de calor en zonas de control adyacentes.

15 Se montan dentro cada zona de calentamiento (zonas Z1, Z2, Z3 de control y zona PH de precalentamiento) directamente sobre una fuente de calor uno o más dispositivos indicadores de temperatura para medir la temperatura de las fuentes de calor, como una o más termocuplas 314. Cada termocupla 314 se posiciona para monitorizar la temperatura de la superficie de los elementos de calentamiento de una correspondiente fuente de calor y está en comunicación con el controlador 250 (Figura 5). Como se describe con mayor detalle a continuación, se proporciona un circuito de control de retroalimentación para monitorizar continuamente la temperatura de las fuentes de calor dentro de cada zona de calentamiento y ajustar la posición vertical de las fuentes de calor y/o la temperatura de las fuentes de calor para lograr una longitud de onda predeterminada y una temperatura predeterminada del producto utilizando energía radiante. En la realización ilustrada, una termocupla se ubica dentro de cada zona de calentamiento. Sin embargo, en otras realizaciones, más de una termocupla se puede utilizar en cada zona de calentamiento. Por ejemplo, si cada fuente de calor se monta sobre su propia plataforma, entonces será deseable posicionar por lo menos una termocupla sobre cada fuente de calor. Una termocupla 314 se puede montar en cualquier posición conveniente adyacente a los elementos de calentamiento de una correspondiente fuente de calor. Por ejemplo, una termocupla se puede montar al marco del soporte o bandeja de una fuente de calor que soporta uno o más elementos de calentamiento.

30 En lugar de o adicionalmente a las termocuplas, el secador puede incluir en cada zona de calentamiento uno o más sensores, tales como un espectrómetro infrarrojo o radiómetro, para medir la energía o longitud de onda de energía infrarroja que alcanza el producto. Dichos sensores se pueden montar en cualquier ubicación conveniente en el secador, tal como directamente sobre la superficie 230 de soporte y el producto, preferiblemente directamente sobre una porción del borde de la superficie de soporte que no está cubierta por la capa de producto. Este método tiene la ventaja de permitir que el sistema compense los cambios en la longitud de onda IR actual que alcanza el producto que puede variar debido a las propiedades de transparencia y refracción de la superficie 230 de soporte, así como también la energía IR que es emitida desde las superficies de la bandeja del calentador o de reflectores en las bandejas del calentador. La longitud de onda o sensores de energía pueden reemplazar las termocuplas 314 del calentador (o se pueden utilizar en combinación con las termocuplas) como un medio para determinar la longitud de onda de energía radiante emitida desde las fuentes de calor en un esquema de control por lo cual las posiciones verticales de las fuentes de calor y/o sus temperaturas se ajustan para lograr una longitud de onda predeterminada y una temperatura de producto predeterminada dentro de cada zona.

45 Se pueden utilizar muchas técnicas o mecanismos adecuados para efectuar el movimiento vertical de cada plataforma 302, 304, 306, 308 en relación a las patas 310 de soporte. La Figura 7, por ejemplo, es una ilustración esquemática de la zona Z1 de control que muestra la plataforma 304 que tiene engranajes 316 de accionamiento montados en lados opuestos de la plataforma. Cada engranaje 316 de accionamiento se acopla con un respectivo engranaje 318 de cremallera montado sobre una respectiva pata 310 de soporte del chasis. Los engranajes 316 de accionamiento pueden ser accionados por un motor 320 eléctrico montado en una ubicación conveniente en la plataforma. El motor 320 se puede acoplar operativamente a cada engranaje 316 de accionamiento por un eje de accionamiento (no mostrado) de tal manera que la operación del motor es efectiva para conducir los engranajes de accionamiento, que trasladan junto con la cremallera engranajes para mover la plataforma hacia arriba o hacia abajo. El motor 320 está en comunicación con el controlador 250 (Figura 5), que controla la posición vertical de la plataforma. Las plataformas de las otras zonas de calentamiento pueden tener una configuración similar.

55 La Figura 9 muestra una configuración alternativa para efectuar el movimiento vertical de una plataforma. En esta realización, una plataforma 304 se monta sobre cuatro accionadores 350 lineales (uno montado en cada esquina de la plataforma), aunque se puede utilizar un mayor o menor número de accionadores. Cada accionador 350 en la realización ilustrada comprende un eje 352 roscado y una tuerca 354 dispuesta en el eje. La plataforma 304 se soporta sobre los extremos superiores de los ejes 352. La rotación sincronizada de las tuercas 354 (controlada por el controlador 350) hace que la plataforma se eleve o baje con respecto al transportador 230. Se debe observar que se pueden utilizar otros diversos mecanismos para efectuar el movimiento vertical de las plataformas. Por ejemplo, cualquiera de los diversos mecanismos neumáticos, electromecánicos y/o hidráulicos se pueden utilizar para mover una plataforma hacia arriba y hacia abajo, que incluyen diversos tipos de accionadores lineales, motores de tornillo, accionadores de tornillos, y similares.

65

Como se aprecia, al ajustar la posición vertical de la fuente de calor en una plataforma se ajusta el espacio o separación G entre la fuente de calor y el producto "P" soportado en la superficie 230 de soporte. La temperatura del producto varía de acuerdo con la distancia entre la fuente de calor y el producto, así como también la temperatura de la fuente de calor. Aumentando la distancia de la fuente de calor al producto se reducirá la temperatura del producto mientras que al reducir la distancia de la fuente de calor al producto aumentará la temperatura del producto (si la temperatura de la fuente de calor permanece constante). Como se señaló anteriormente, la longitud de onda de energía radiante emitida desde una fuente de calor puede ser aumentada o disminuida reduciendo o aumentando, respectivamente, la temperatura de la fuente de calor. De acuerdo con lo anterior, la temperatura del producto "P" dentro de una zona de calentamiento y la longitud de onda de energía radiante absorbida por el producto dentro de aquella zona de calentamiento se pueden controlar independientemente al ajustar la temperatura de la fuente de calor y la distancia entre la fuente de calor y el producto.

En realizaciones particulares, el controlador 250 se puede configurar para monitorizar continuamente la temperatura del producto (y/u otras características del producto) mediante los sensores 281, 282, 283 y la temperatura de las fuentes de calor mediante las termocuplas 314 y para ajustar automáticamente la posición vertical de las fuentes de calor y/o la temperatura de las fuentes de calor para mantener un perfil de temperatura predeterminado para el producto y una longitud de onda predeterminada de energía radiante en cada zona de calentamiento. Con el fin de determinar las longitudes de onda de energía radiante de las fuentes de calor, el controlador 250 puede incluir un algoritmo o tabla de consulta que se utiliza por el controlador para determinar la longitud de onda correspondiente a cada fuente de calor basado en las lecturas de temperatura de las termocuplas 314 que son transmitidas al controlador.

En una implementación, la longitud de onda de una fuente de calor se puede determinar al medir la temperatura de la fuente de calor y calcular la longitud de onda utilizando la ley de Wien ( $\lambda_{\max} = b/T$ , donde  $\lambda_{\max}$  es la longitud de onda máxima, b es la constante de desplazamiento de Wien y T es la temperatura de la fuente de calor). En otra implementación, la longitud de onda de una fuente de calor se puede determinar al medir la temperatura de la fuente de calor e identificar la correspondiente longitud de onda máxima de la fuente de calor en un gráfico, como se ilustra en la Figura 10. De manera alternativa, el secador puede incluir sensores de longitud de onda (como se discutió anteriormente) que monitorizan directamente las longitudes de onda de energía radiante de cada fuente de calor y transmiten señales al controlador.

El controlador 250 puede estar en comunicación con una pluralidad de dispositivos 233 de control (Figura 5) que controla la temperatura de los elementos de calentamiento en cada zona. Deseablemente, un dispositivo de control 233 se proporciona para cada zona del secador. Por ejemplo, los dispositivos 233 de control pueden ser relés de estado sólido que modulan la corriente eléctrica a los elementos de calentamiento al emplear un esquema de control "encendido/apagado". Más deseablemente, los dispositivos 233 de control comprenden módulos de control de ángulo de fase que pueden aumentar o reducir la temperatura de los elementos de calentamiento al variar el voltaje a los elementos de calentamiento. Cada módulo 233 de control de ángulo de fase está en comunicación con el controlador 250 y, basado en señales recibidas del controlador, varía el voltaje de entrada a los elementos de calentamiento de una respectiva zona con el fin de elevar o bajar la temperatura de operación de los elementos de calentamiento. El uso del módulo 233 de control de ángulo de fase es ventajoso porque permite el control preciso sobre las temperaturas de operación de los elementos de calentamiento con el fin de lograr mejorar el perfil de temperatura deseado del producto.

La longitud de onda de ondas infrarrojas emitidas de las fuentes de calor en cada zona se puede seleccionar basado en las características de calentamiento y secado deseados para un producto en particular en una etapa particular de secado como también diversas características del producto, como la emisividad y la capacidad de absorber calor radiante. Por ejemplo, la longitud de onda en cada zona de calentamiento se puede seleccionar para maximizar la tasa de absorción de energía radiante en cada zona de calentamiento para un producto en particular. La Figura 11 muestra la absorción de radiación electromagnética por agua. En el rango infrarrojo, hay un máximo de aproximadamente 3  $\mu\text{m}$ , y a aproximadamente 6.2  $\mu\text{m}$ . En una implementación específica, puede ser deseable mantener una longitud de onda constante a través del proceso de secado a 3 o 6.2  $\mu\text{m}$  para absorción óptima de la energía IR por el agua en el producto que se va a evaporar. Debido a que el contenido de humedad del producto aplicado a la superficie 230 de soporte varía como lo hace la humedad en el producto a medida que se mueve a través de cada zona de calentamiento (así como también otras características del producto), la cantidad de calor requerida para lograr una temperatura deseada del producto en cada zona puede variar sustancialmente. Por consiguiente, las posiciones de las fuentes de calor se pueden ajustar automáticamente para mantener una longitud de onda predeterminada constante y un perfil de temperatura predeterminado. Mover los calentadores produce una longitud de onda constante para compensar los cambios en el contenido de humedad en el producto durante el secado, y para compensar los diferentes valores establecidos deseados en la temperatura del producto en cada zona de secado (es decir, el perfil de temperatura de secado deseado, que puede variar para diferentes productos). En algunos casos, puede ser deseable operar algunas fuentes de calor a 3  $\mu\text{m}$  en algunas zonas de secado (como en las primeras zonas en las que se necesitan temperaturas relativamente más altas) y a 6.2  $\mu\text{m}$  en otras zonas de secado (como en zonas hacia el extremo del secador en el que se necesitan temperaturas relativamente más bajas). De esta manera, la longitud de onda específica (3 o 6.2  $\mu\text{m}$ ) para cada zona se puede seleccionar con base en si la zona tiene limitaciones o requerimientos específicos de temperatura.

En otras implementaciones, puede ser deseable cambiar la longitud de onda en cada zona sucesiva por una o más razones. Por ejemplo, la emisividad del producto como un todo puede cambiar a medida que procede a través del proceso de secado. Como tal, la longitud de onda en cada zona de calentamiento se puede seleccionar para maximizar la absorción de energía radiante por el producto a medida que la emisividad del producto cambia durante el proceso de secado. Como otro ejemplo, la longitud de onda en cada zona de calentamiento se puede seleccionar para lograr un grado deseado de penetración de ondas radiantes en el producto o para compensar los cambios en el espesor de la capa del producto a medida que se seca. Más aún, la sensibilidad del producto (o un compuesto en particular en el producto) a una longitud de onda en particular de IR puede aumentar a medida que el producto se mueve a través del secador. Por lo tanto, la longitud de onda en cada zona de calentamiento se puede seleccionar para evitar daño al producto o compuestos particulares en el producto.

Lo siguiente describe un método específico para operar el secador 200A para secar un producto utilizando una longitud de onda IR predeterminada. Como se señaló anteriormente, las longitudes de onda infrarrojas de aproximadamente 3 micras y 6.2 micras generalmente producen la mejor tasa de absorción de energía radiante para agua. Por lo tanto, el controlador 250 se puede programar para controlar la temperatura de las fuentes de calor en cada zona de calentamiento para producir ondas infrarrojas a, por ejemplo, 3 micras (o alternativamente, 6.2 micras) a través de todas las zonas de calentamiento. Para mantener un perfil de temperatura predeterminado para el producto, el controlador 250 monitoriza la temperatura del producto y ajusta continuamente la separación entre las fuentes de calor y el producto según se necesite para mantener la temperatura deseada del producto dentro de cada zona. Como se discutió anteriormente, para secar ciertos productos es deseable mantener una temperatura de producto constante a través de las zonas Z1, Z2, Z3. Puesto que el contenido de humedad del producto se reduce a medida que el producto se mueve a través de cada zona, se necesita menos calor en cada zona sucesiva para mantener la temperatura del producto deseada. Como tal, las fuentes de calor en la primera zona Z1 de control normalmente están más cerca del producto que las fuentes de calor en la segunda zona Z2 de control, las cuales normalmente están más cerca del producto que las fuentes de calor en la tercera zona Z3 de control, según lo representa la Figura 6. Como se puede apreciar, las fuentes de calor pueden operar a temperaturas de operación constantes, o sustancialmente constantes, y el controlador puede hacer que las posiciones de las fuentes de calor se muevan hacia arriba o hacia abajo para variar la cantidad de calor que alcanza el producto. Una ventaja de operar las fuentes de calor a temperaturas de operación constantes o sustancialmente constantes es que las fuentes de calor pueden ser operadas en una fuente de alimentación y voltaje constante o sustancialmente constante, lo cual aumentara significativamente la eficiencia energética del secador.

Un esquema de control alternativo para operar el aparato 200A de secado se ilustra en el diagrama de flujo mostrado en la Figura 8 y puede operar de la siguiente manera. Cuando el secador se inicia y el producto se aplica a la superficie 230 de soporte, las fuentes de calor están en una posición de inicio (usualmente, pero no necesariamente, todas las fuentes de calor están en la misma posición vertical). Con referencia a la Figura 8, el controlador lee primero la temperatura (402) del producto y ajusta las temperaturas de operación de las fuentes de calor de acuerdo con lo anterior para lograr la temperatura deseada del producto en cada zona (404 y 406) de calentamiento. Si la temperatura del producto está en el punto predeterminado establecido para el producto en una zona en particular, entonces el controlador lee la temperatura de operación de las fuentes de calor y determina la longitud de onda producida por las fuentes de calor en esa zona (408 y 410). De manera alternativa, la longitud de onda en la zona de calentamiento se puede determinar a partir de señales transmitidas al controlador desde el espectrómetro, radiómetro o dispositivo equivalente.

Si la longitud de onda en una zona en particular es mayor o menor que una longitud de onda predeterminada, el controlador controla las fuentes de calor en esa zona para mover más lejos de o más cerca al producto (412 y 414). Más específicamente, si la longitud de onda medida es mayor que la longitud de onda predeterminada, entonces el controlador hace que las fuentes de calor se muevan más allá del producto, y si la longitud de onda medida es menor que la longitud de onda predeterminada, entonces el controlador hace que las fuentes de calor se muevan más cerca del producto. A medida que las fuentes de calor se mueven más lejos o más cerca del producto, la temperatura del producto puede empezar a reducir o aumentar, respectivamente. Por consiguiente, el circuito del proceso se inicia nuevamente en el bloque 402 donde el controlador lee la temperatura del producto y aumenta o reduce la temperatura de operación de las fuentes de calor hasta que se logra la temperatura predeterminada del producto. En este punto, el controlador de nuevo determina la longitud de onda producida por las fuentes (408 y 410) de calor y hace que las fuentes de calor se muevan más lejos de o más cerca del producto si la longitud de onda es aún mayor o menor que la longitud de onda predeterminada para aquella zona (412 y 414). Este circuito del proceso se repite hasta que las fuentes de calor produzcan energía a una longitud de onda predeterminada. En este punto, el controlador de nuevo determina la temperatura (402 y 404) del producto, ajusta la temperatura de operación de las fuentes de calor según se necesite para mantener la temperatura (406) del producto predeterminada, y luego compara la longitud de onda medida a la longitud (410 y 412) de onda predeterminada y mueve las fuentes de calor si la longitud de onda medida es mayor o menor que la longitud (414) de onda predeterminada.

Cuando el controlador determina que las fuentes de calor en una zona deben ser movidas (ya sea hacia arriba o hacia abajo), las fuentes de calor se pueden mover en incrementos pequeños, predeterminados en el bloque 414. Después de cada movimiento incremental, el controlador lee la temperatura (402) del producto, aumenta o reduce la

temperatura de operación de las fuentes de calor para lograr la temperatura (406) del producto predeterminada, y una vez que se logra la temperatura predeterminada del producto (404), el controlador determina la longitud de onda producida por las fuentes (408 y 410) de calor, y entonces hace que las fuentes de calor se muevan a otro incremento si la longitud de onda es mayor o menor que la longitud de onda predeterminada (414).

5 La manera de operar el secador ilustrado en la Figura 8 puede mejorar la respuesta del secador (es decir, la capacidad del sistema para aumentar o reducir la cantidad de calor aplicado al producto según se necesite para evitar sobrecalentamiento o calentamiento insuficiente del producto) comparado con un esquema de control donde los elementos de calentamiento se mantienen a una temperatura constante y se elevan y bajan para ajustar la cantidad de calor aplicado al producto. El método mostrado en la Figura 8 incluye por lo tanto dos circuitos de retroalimentación, a saber, un primer circuito de retroalimentación que ajusta la temperatura de los elementos de calentamiento en respuesta a repentinos cambios que necesitan un aumento o disminución inmediato en la cantidad de calor aplicado al producto, y un segundo circuito de retroalimentación que ajusta las posiciones de los elementos de calentamiento hasta que la longitud de onda específica alcanza la temperatura óptima del producto. Una serie de características del proceso varían durante el proceso de secado y pueden provocar una demanda por un repentino aumento o disminución en la cantidad de calor que debe ser aplicado al producto con el fin de mantener el perfil de temperatura específico del producto. Algunas de estas características incluyen el contenido de humedad y sólidos del producto aplicado al transportador, la temperatura del producto inicial, la tasa y espesor del producto aplicado al transportador, y condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa). Operando dos circuitos de retroalimentación en la manera descrita permite que las temperaturas de operación de los elementos de calentamiento aumenten y disminuyan rápidamente con el fin de responder a una demanda por un aumento o disminución en la cantidad de calor aplicada al producto con el fin de evitar un sobrecalentamiento o bajo calentamiento del producto.

25 En otra implementación, el controlador 250 se puede programar para aumentar y reducir la temperatura de una fuente de calor dentro de un rango predeterminado de temperatura que corresponde a un espectro de longitud de onda aceptable antes de ajustar la posición de la fuente de calor. Por ejemplo, el controlador 250 puede monitorizar la temperatura del producto y ajustar la temperatura de una fuente de calor dentro de un rango predeterminado según se necesite para mantener el perfil de temperatura. Si la temperatura de la fuente de calor excede o cae por debajo del rango predeterminado, el controlador puede entonces mover la fuente de calor más cerca o más lejos del producto según se necesite para mantener el perfil de temperatura para el producto. Esta manera de operar el secador permite respuestas muy rápidas de las fuentes de calor a cambios en la cantidad de calor requerido para lograr una temperatura deseada del producto en cada zona de secado. Explicando adicionalmente, se selecciona una temperatura específica para cada calentador para lograr una longitud de onda deseada, pero con el fin de responder rápidamente, la temperatura del calentador varía dentro de un rango especificado y limitado dentro de una banda aceptable de longitud de onda. Esto permite a las fuentes de calor responder rápidamente a cambios pequeños, en tiempo real en el producto que se va a secar, tales como cambios en el contenido de humedad o espesor del producto que puede ocurrir frecuentemente, evitando de esta manera el sobrecalentamiento o bajo calentamiento del producto.

40 En la realización ilustrada, el controlador 250 opera en un primer circuito de retroalimentación para controlar la temperatura de las fuentes de calor y en un segundo circuito de retroalimentación para controlar la separación de las fuentes de calor en relación al producto. En realizaciones alternativas, la temperatura de las fuentes de calor y sus posiciones en relación al producto se pueden ajustar manualmente por un operador. Por ejemplo, el operador puede monitorizar los diversos parámetros de operación del proceso (temperatura del producto, temperatura de la fuente de calor, etc.) y hacer ajustes a uno o más de los parámetros de operación al ingresar la información al teclado 269, cuya información se transmite al controlador 250.

50 El aparato 200A de secado en la realización ilustrada se describe en el contexto de secar una delgada capa de producto líquido. Se debe entender que todas las realizaciones del aparato de secado divulgadas aquí se pueden utilizar para secar o de otro modo aplicar calor a productos alimenticios no líquidos (por ejemplo, productos horneados, arroz) o cualquiera de diversos productos no alimenticios (por ejemplo, productos de madera, lodo, tableros de película, textiles, adhesivos, tintas, capas fotosensibles, etc.).

55 Ejemplo 1: Deshidratar Concentrado de Jugo de Remolacha

El Ejemplo 1 demuestra la capacidad mejorada que se puede lograr al ajustar la posición de los calentadores en relación con el transportador del producto y la salida de los calentadores. En este ejemplo, un aparato de secado que tiene 16 zonas se utilizó para deshidratar concentrado de jugo de remolacha en un primer proceso de secado y un segundo proceso de secado. El concentrado de jugo de remolacha deshidratado se procesó en forma de polvo. Las Tablas 1 y 2 muestran la configuración de las zonas del secador en el primer y segundo proceso, respectivamente. La distancia del calentador en las Tablas 1 y 2 representan la distancia entre los elementos de calentamiento y el transportador en cada zona. La Tabla 3 muestra otros parámetros de operación del secador y características del producto para el primer y segundo proceso. El producto fija puntos a través de todas las zonas (lo cual determina el perfil de temperatura del producto) que fueron los mismos en cada proceso. Sin embargo, en el primer proceso de secado, la posición de los calentadores se ajustó manualmente antes de la operación del secador

con el fin de hacer que los calentadores emitieran radiación infrarroja a o alrededor de 6.2  $\mu\text{m}$  (correspondiente al pico "C" en la Figura 11). En el segundo proceso de secado, la posición de los calentadores se ajustó manualmente antes de la operación del secador con el fin de hacer que los calentadores emitieran radiación infrarroja a o alrededor de 7.0  $\mu\text{m}$  (correspondiente al pico "D" en la Figura 11). La longitud de onda de radiación infrarroja en cada zona se determinó al medir la temperatura de los elementos de calentamiento y calcular la longitud de onda utilizando la ley de Wien.

La Figura 12 muestra la temperatura de los elementos de calentamiento en cada zona del secador durante el primer proceso de secado. La Figura 13 muestra la temperatura de los elementos de calentamiento en cada zona del secador durante el segundo proceso de secado. La Figura 14 muestra los gráficos de las Figuras 12 y 13 en un diagrama. La Figura 15 muestra la longitud de onda medida de radiación IR en cada zona para el primer y segundo proceso de secado.

El Ejemplo 1 demuestra que aún posicionando manualmente los calentadores, se puede controlar independientemente la temperatura del producto y la longitud de onda de los calentadores. Se puede lograr un mayor grado de precisión para controlar la longitud de onda de radiación infrarroja a través de todas las zonas mediante ajuste continuo y automático de las temperaturas de los elementos de calentamiento y la posición de los elementos de calentamiento en relación al transportador. La Tabla 4 compara el rendimiento (capacidad de secado) y el uso de energía de los dos procesos de secado. Se puede observar a partir de los resultados de la Tabla 4 que orientar 6.2  $\mu\text{m}$  a través de todas las zonas (proceso de secado 1) resultó en un aumento del 53% en la capacidad de secado sobre la orientación de 7.0  $\mu\text{m}$  a través de todas las zonas (proceso de secado 2). Adicionalmente, el proceso de secado 1 utilizó menos energía por kilo de producto seco que el proceso de secado 2, más probablemente porque la energía fue absorbida más eficientemente por el agua en el producto (lo que hace que el producto libere humedad).

Más importante, en el Ejemplo 1 se muestra que se puede lograr un producto de calidad extremadamente alta (como lo evidencia el contenido de humedad en ambos procesos de secado) al secar el producto a un perfil de temperatura predeterminado mientras que la capacidad de secado del secador se puede aumentar sustancialmente al operar los elementos de calentamiento a una longitud de onda predeterminada. En otras palabras, la capacidad del secador se puede mejorar significativamente al operar los elementos de calentamiento a una longitud de onda infrarroja predeterminada que maximiza la absorción de radiación infrarroja en el producto, mientras que también se mantiene la alta calidad del producto controlando precisamente la temperatura del producto a medida que se seca. Al deshidratar productos alimenticios líquidos, como líquidos de fruta o vegetales, es importante producir un producto de alta calidad que tenga bajo en contenido de humedad (para mejorar la fluidez y vida útil) con mínima pérdida nutricional.

Tabla 1 Proceso de Secado #1 – Configuraciones de zona

Zona		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Temperatura de punto de ajuste de producto	(°F)	97	105	113	113	130	145	160	165	165	175	170	175	180	180	180	180
	(°C)	36.1	40.6	45	45	54.4	62.8	71.1	73.9	73.9	73.9	76.7	94.4	82.2	82.2	82.2	82.2
Temperatura de calentador	(°F)	366	367	363	382	287	313	321	321	356	328	340	345	329	326	325	325
	(°C)	185.6	186.1	183.9	194.4	141.7	156.1	160.6	160.6	180	164.4	171.1	173.9	165	163.3	162.8	162.8
Distancia de calentador	(in)	2.9	2.9	2.9	2.9	6.4	6.4	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9
	(cm)	7.4	7.4	7.4	7.4	16.3	16.3	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6
Longitud de onda (mm)		6.3	6.3	6.3	6.2	6.2	6.9	6.8	6.7	6.7	6.4	6.6	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6

Tabla 2 Proceso de Secado #2 – Configuraciones de zona

Zona		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Temperatura de punto de ajuste de producto	(°F)	97	105	113	113	130	145	160	165	165	175	170	175	180	180	180	180
	(°C)	36.1	40.6	45	45	54.4	62.8	71.1	73.9	73.9	73.9	76.7	94.4	82.2	82.2	82.2	82.2



	)	6.1	6		5	4	8	1	9	9	9	7	4	2	2	2	2
Temperatura de calentador	(F)	464	260	307	204	301	280	300	304	301	317	299	301	305	327	308	305
	(°C)	240	126.7	152.8	95.6	149.4	137.8	148.9	151.1	149.4	158.3	148.3	149.4	151.7	163.9	153.3	151.7
Distancia de calentador	(in)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	2.6	2.6	2.9	2.9	2.9	2.9	2.4	2.4	2.6	2.6
	(cm)	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	6.6	6.6	7.4	7.4	7.4	7.4	6.1	6.1	6.6	6.6
Longitud de onda (mm)		5.6	7.2	6.8	7.9	7.0	7.0	7.0	6.8	7.0	6.7	6.9	7.0	6.8	6.6	6.8	6.8

Tabla 3

	Proceso de secado # 1-Calentadores ajustados a pico "C"	Proceso de secado #2-Calentadores ajustados a pico "D"
Tiempo	1 hora	1 hora
Condiciones ambiente	73.3 F (22.9°C), 45% de RH	71.3 F (21.8°C), 51 % de RH
Temperatura de producto inicial	41 F (5°C)	42 F (5.6°C)
Sólidos	45%	45%
Actividad de agua promedio	.279	.273
Humedad promedio a 104 F (40°C)	1.12%	1.23%
Humedad promedio a 90 F (32.2°C)	0.69%	0.80%
Espeso de producto promedio (mm)	0.08	0.08
Rendimiento (kg/hr)	25.6	16.7
Polvo total (KVA)	154.4	126
Polvo por kg de producto (KVA/kg)	6.0	7.5

Tabla 4: Resumen de resultados para concentrado de jugo de remolacha

Proceso de secado (concentrado de jugo de remolacha)	Longitud de onda específica	Rendimiento (kg/hr)	Energía (KVA) utilizada por kg de producto
1	Pico "C" (aproximadamente 6.2 μm)	25.6	6.0
2	Pico "D" (aproximadamente 7-8 μm)	16.7	7.5

5

Ejemplo 2: Deshidratar Mezcla de puré de frutas

En el Ejemplo 2, se utilizó un secador de 16 zonas para secar una mezcla de puré de frutas que comprende una mezcla de puré de uvas y puré de arándanos. La mezcla de puré de frutas se secó en cuatro procesos separados de secado, teniendo todos los mismos puntos de ajuste de temperatura del producto. La mezcla de puré de frutas deshidratado se procesó en forma de polvo. El primer proceso de secado (configuraciones de zona mostradas en la Tabla 5) representa condiciones de operación de "referencia" en las que los elementos de calentamiento a través de todas las zonas se ajustan a la misma distancia del transportador. En el segundo proceso de secado (configuraciones de zona mostradas en la Tabla 6), la posición de los calentadores se mantuvo igual que en el proceso de secado 1, pero la tasa de producto aplicado al transportador se aumentó para incrementar la capacidad del secador. En el tercer proceso de secado (configuraciones de zona mostradas en la Tabla 7), la posición de los calentadores se ajustó manualmente antes de la operación del secador, con el fin de hacer que los calentadores emitan radiación infrarroja a o alrededor de 6.2 μm (que corresponde al pico "C" en la Figura 11). En el cuarto proceso de secado (configuraciones de zona mostradas en la Tabla 8), la posición de los calentadores se ajustó manualmente antes de la operación del secador con el fin de hacer que los calentadores emitan radiación infrarroja a o alrededor de 7.0 μm (que corresponde al pico "D" en la Figura 11). La longitud de onda de la radiación infrarroja en cada zona se determinó al medir la temperatura de los elementos de calentamiento y calcular la longitud de onda

10

15

20

utilizando la ley de Wien. La Tabla 9 resume otros parámetros de operación y características del producto para los cuatro procesos de secado.

5 Las Figuras 16, 17, 18 y 19 muestran la temperatura de los elementos de calentamiento en todas las zonas del secador para el primer, segundo, tercer y cuarto proceso de secado, respectivamente. La Figura 20 muestra los gráficos de línea de las Figuras 16-19 en un diagrama. La Figura 21 muestra la longitud de onda de radiación IR medida en cada zona para los cuatro procesos de secado.

10 La Tabla 10 compara el rendimiento (capacidad de secado) y el uso de energía para los cuatro procesos de secado. Se puede observar a partir de los resultados de la Tabla 10 que orientan 6.2 μm a través de todas las zonas (proceso de secado 3) resulta en un aumento de 55% de capacidad de secado sobre el segundo proceso de secado donde no se ajustó la posición de los calentadores. El proceso de secado 3 también proporcionó el menor consumo de energía por kilo de producto seco.

15 Como en el Ejemplo 1, el Ejemplo 2 muestra que se puede lograr un producto de muy alta calidad (como lo evidencia el contenido de humedad en todos los procesos de secado) al secar el producto al perfil de temperatura predeterminado mientras que la capacidad de secado del secador se puede aumentar sustancialmente al operar los elementos de calentamiento a una longitud de onda predeterminada.

20 Tabla 5: Mezcla de puré de frutas- Zona de referencia

Zona		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Temperatura establecida de producto	(F)	110	125	135	145	145	155	165	165	175	175	180	185	185	185	185	185	185
	(°C)	43.3	51.7	57.2	62.8	62.8	68.3	73.9	73.9	79.4	79.4	82.2	85	85	85	85	85	85
Temperatura de calentador promedio	(F)	379	471	454	311	337	286	313	303	317	335	335	317	333	333	317	337	330
	(°C)	19.28	24.39	23.44	15.5	16.74	14.11	15.61	15.06	15.83	15.83	16.83	15.83	16.72	16.72	15.83	16.83	15.56
Distancia de calentador	(in)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	(cm)	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
Longitud de onda (mm)		6.2	5.6	5.7	6.8	6.6	7.0	6.7	6.8	6.7	6.6	6.6	6.7	6.6	6.6	6.7	6.6	6.6

Tabla 6: Mezcla de puré de frutas- alto rendimiento, sin ajuste de calentador

Zona		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Temperatura establecida de producto	(F)	110	125	135	145	145	155	165	165	175	175	180	185	185	185	185	185
	(°C)	43.3	51.7	57.2	62.8	62.8	68.3	73.9	73.9	79.4	79.4	82.2	85	85	85	85	85
Temperatura de calentador promedio	(F)	418	463	460	420	407.7	309	328	340	336	368	363	332	352	343	331	333
	(°C)	21.44	23.94	23.78	21.56	20.87	15.39	16.44	17.11	16.89	18.67	18.39	16.67	17.78	17.28	16.61	16.72
Distancia de calentador	(in)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	(cm)	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
Longitud de onda (mm)		5.9	5.7	5.7	5.9	6.0	6.8	6.6	6.5	6.6	6.3	6.3	6.6	6.4	6.5	6.6	6.6

Tabla 7: Mezcla de puré de frutas- alto rendimiento, calentadores ajustados a pico "C"

Zona		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Temperatura establecida de producto	(F)	110	125	135	145	145	155	165	165	175	175	180	185	185	185	185	185
	(°C)	43.3	51.7	57.2	62.8	62.8	68.3	73.9	73.9	79.4	79.4	82.2	85	85	85	85	85
Temperatura de calentador promedio	(F)	314	478	429	421	486	365	408	385	374	382	386	330	364	347	333	339
	(°C)	15.67	24.78	22.06	21.61	25.22	18.5	20.89	19.61	19.0	19.44	19.67	16.56	18.44	17.5	16.72	17.06

ES 2 632 194 T3

Distancia de calentador	(in)	2.9	2.9	2.4	2.4	2.9	2.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.4	8.4	8.4	8.4
	(cm)	7.4	7.4	6.1	6.1	7.4	7.4	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	21.3	21.3	21.3	21.3
Longitud de onda (mm)		6.7	5.6	5.9	5.9	5.5	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.2	6.6	6.3	6.5	6.6	6.5

Tabla 8: Mezcla de puré de frutas- alto rendimiento, calentadores ajustados a pico "D"

Zona		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Temperatura establecida de producto	(F)	110	125	135	145	145	155	165	165	175	175	180	185	185	185	185	185
	(°C)	43.3	51.7	57.2	62.8	62.8	68.3	73.9	73.9	79.4	79.4	82.2	85	85	85	85	85
Temperatura de calentador promedio	(F)	463	324	376	421	466	350	318	317	324	345	343	326	334	331	326	322
	(°C)	239.4	162.2	191.1	216.1	241.1	176.7	158.9	158.3	162.2	173.9	172.8	163.3	167.8	166.1	163.3	161.1
Distancia de calentador	(in)	7.75	7.75	8.75	8.75	8.75	8.75	2.625	2.625	2.875	2.875	2.375	2.375	2.375	2.375	2.625	2.625
	(cm)	19.69	19.69	22.23	22.23	22.23	22.23	6.68	6.68	7.302	7.302	6.033	6.033	6.033	6.033	6.633	6.633
Longitud de onda (mm)		5.7	6.7	6.2	5.9	5.6	6.4	6.7	6.7	6.7	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.7

Tabla 9

	Proceso de secado #1-Referencia	Proceso de secado #2-Alto rendimiento	Proceso de secado #3-Alto rendimiento, Calentadores ajustados a pico "C"	Proceso de secado #4-Alto rendimiento, Calentadores ajustados a pico "D"
Tiempo	1 hora	1 hora	1 hora	1 hora
Condiciones ambiente	68.5 F (20.3°C), 45% de RH	68.5 F (20.3°C), 45% de RH	68.5 F (20.3°C), 45% de RH	68.5 F (20.3°C), 45% de RH
Temperatura de producto inicial	41 F (5°C)	41 F (5°C)	41 F (5°C)	41 F (5°C)
Sólidos	30%	30%	30%	30%
Actividad de agua promedio	.324	.328	.346	.343
Humedad promedio a 104 F (40°C)	2.30%	2.47%	2.91%	2.36%
Humedad promedio a 90 F (32.2°C)	0.99%	1.64%	1.61%	1.13%
Espesor de producto promedio (mm)	0.13	0.17	0.18	0.17
Rendimiento (kg/hr)	15.8	18.8	29.1	20.4
Total power (KVA)	193.1	181	198	170
Polvo por kg de producto (KVA/kg)	12.2	9.6	6.8	8.4

Tabla 10: Resumen de resultados para Mezcla de puré de frutas

Proceso de secado (mezcla de puré de frutas)	Longitud de onda específica	Rendimiento (kg/hr)	Energía (KVA) utilizada por kg de producto
Proceso 1-Referencia	Ninguna	15.8	12.2
Proceso 2-Alto rendimiento	Ninguna	18.8	9.6
Proceso 3-Alto rendimiento, Calentadores ajustados a pico "C"	Pico "C" (aproximadamente 6.2)	29.1	6.8

	µm)		
Proceso 4-Alto rendimiento, Calentadores ajustados a pico "D"	Pico "D" (aproximadamente 7-8 µm)	20.4	8.4

Los siguientes factores pueden afectar la capacidad del secador para controlar la longitud de onda y temperatura del producto dentro de una zona de control:

- 5 (i) el rango de ajuste de los elementos de calentamiento hacia y lejos de la superficie de soporte de la cinta transportadora; (ii) la densidad de vaticos de los elementos de calentamiento; (iii) la separación entre los elementos de calentamiento; y (iv) la configuración del reflector de los elementos de calentamiento. Estas características se pueden optimizar dentro de cada zona de control para maximizar la capacidad del secador y calidad del producto.
- 10 Si un elemento de calentamiento está muy cerca del transportador (por ejemplo, más cerca que la separación entre elementos individuales de calentamiento), las áreas calientes/frías en la cinta transportadora pueden resultar si el radio de los rayos infrarrojos a partir de elementos de calentamiento adyacentes no se superpone a medida que la energía infrarroja es proyectada sobre la cinta. Por lo tanto, la distancia mínima entre los elementos de calentamiento y el transportador debe ser por lo menos igual a o mayor que la separación entre elementos de calentamiento individuales. Un elemento de calentamiento que está muy lejos de la cinta transportadora requerirá una cantidad relativamente alta de energía para lograr la temperatura del producto a una longitud de onda determinada debido al hecho que la densidad de energía se reduce como el cuadrado de la distancia entre el elemento de calentamiento y el transportador.
- 15
- 20 La densidad de vaticos de un elemento de calentamiento se puede expresar en vatio por pulgada (vatio por centímetro) de la longitud del elemento de calentamiento. Si la densidad de vaticos de un elemento de calentamiento es muy alta, entonces los elementos de calentamiento tendrán que ser situados muy lejos de la cinta para mantener una temperatura de calentador para emitir la longitud de onda deseada para una temperatura de producto dada. Si la densidad de vaticos de un elemento de calentamiento es muy baja, entonces el elemento de calentamiento puede necesitar estar muy cerca de la cinta, creando zonas calientes y frías y/o el elemento de calentamiento puede no lograr la temperatura del calentador requerido para lograr la longitud de onda deseada. Con el fin de dar cuenta de los cambios en el contenido de humedad del producto durante el secado, la densidad de vaticos del calentador y la separación entre elementos de calentamiento individuales se pueden seleccionar con base en el rango de contenido de humedad esperada en una zona en particular, y la potencia esperada requerida basada en la capacidad térmica del producto ( $Q=mC_p(T_1-T_2)$ ) así como también la cantidad de vapor de agua producido (1000 BTU/lb de vapor).
- 25
- 30
- 35 Los calentadores de cuarzo pueden ser transparentes o esmerilados y pueden incluir un reflector directamente en el elemento o a cierta distancia detrás del elemento. Por ejemplo, cada soporte 302, 304, 306, 308 de calentador (Figura 6) puede incluir un reflector (por ejemplo, una bandeja de metal) posicionada por debajo de los elementos de calentamiento soportados por el soporte del calentador. Los elementos de calentamiento con un reflector en el elemento mismo tendrán una temperatura de elemento relativamente más alta en las mismas condiciones debido a la reflexión de la parte inferior del infrarrojo directamente detrás en el elemento mismo, resultando en una temperatura más alta y longitud de onda más corta en la misma configuración de potencia en comparación con un elemento de calentamiento que tiene un reflector que se posiciona por debajo del elemento de calentamiento. Si el reflector está debajo de el elemento de calentamiento, la mayoría de las ondas infrarrojas iniciales se pueden reflejar alrededor del elemento. La ventaja de reflejar alrededor del elemento es que puede haber una distribución más uniforme del infrarrojo sobre la cinta, especialmente en una zona donde los elementos de calentamiento están relativamente más cerca de la cinta debido a la alta tasa de eliminación de agua (alto calor de vaporización). Por otra parte, los reflectores en los elementos de calentamiento serán más favorables en las zonas de control donde los calentadores necesitan estar relativamente alejados de la cinta con el propósito de reducir la distancia máxima de los elementos de calentamiento de la cinta, reduciendo por lo tanto la cantidad de energía requerida para lograr la longitud de onda deseada.
- 40
- 45
- 50 La selección del rango de ajuste de calentador, densidad de vaticos, separación del calentador, y configuración del reflector se pueden explicar adicionalmente con referencia a la Figura 22. La Figura 22 muestra una ilustración esquemática de un secador 500 para secar líquidos de fruta y vegetales (aunque se puede utilizar para secar otras sustancias). El secador 500 comprende cinco secciones 502, 504, 506, 508 y 510 de secado principales. Cada sección del secador puede incluir una o más zonas de control. Normalmente, cada zona de control comprende una pluralidad de elementos de calentamiento infrarrojo (también referido como emisores infrarrojos o lámparas infrarrojas). Dentro de cada sección del secador, pueden existir soportes para calentadores móviles (por ejemplo, 302, 304, 306, 308) que soportan los elementos de calentamiento de una zona de control, soportes para calentador que soportan los elementos de calentamiento de más de una zona de control, o una combinación de soportes para calentadores que soportan los elementos de calentamiento de una zona de control y soportes para calentadores que soportan los elementos de calentamiento de más de una zona de control. La longitud de las zonas de control (en la dirección de movimiento del transportador) así como también la longitud de los soportes para calentadores móviles puede variar a lo largo de la longitud del secador, por ejemplo, entre un pie (30.5 cm) y 10 pies (3.05 m). Hablando en términos generales, las zonas de control más cortas y soportes para calentadores más cortos pueden
- 55
- 60

proporcionar control más preciso sobre la temperatura del producto y puede ser más sensible a los cambios en propiedades térmicas del producto debido a la pérdida de humedad. En realizaciones particulares, la primera sección 502 del secador se extiende aproximadamente 10% de la longitud total del secador; la segunda sección 504 del secador se extiende aproximadamente 25% de la longitud total del secador; la tercera sección 506 del secador se extiende aproximadamente 35% de la longitud total del secador; la cuarta sección 508 del secador se extiende aproximadamente 20% de la longitud total del secador; y la quinta sección 510 del secador se extiende aproximadamente 10% de la longitud total del secador.

La primera sección del secador 502 es una sección de aceleración del secador en la cual la temperatura del producto se incrementa en un corto periodo de tiempo a una temperatura óptima para evaporación más eficiente para el producto. En esta sección del secador, las zonas de control pueden ser relativamente cortas para aumentar la temperatura del producto tan rápido como sea posible evitando el sobrecalentamiento. En realizaciones particulares, la densidad de vatios de los elementos de calentamiento en esta sección del secador está en un rango de aproximadamente 20-80 vatios/pulgada (7.9-31.5 vatios/cm), con 50 vatios/pulgada (19.7 vatios/cm) que es un ejemplo específico. La separación del calentador (distancia entre elementos de calentamiento individuales) está en el rango de aproximadamente 0.5 pulgada (1.3 cm) a aproximadamente 5.0 pulgada (12.7 cm), con 2.0 pulgada (5.1 cm) que es un ejemplo específico. La longitud de cada zona de control está en el rango de aproximadamente 6 pulgadas (15.2 cm) a aproximadamente 60 pulgadas (152.4 cm), con 30 pulgadas (76.2 cm) que es un ejemplo específico (cada zona tiene aproximadamente 15 elementos de calentamiento). La longitud de cada soporte de calentador móvil está en el rango de aproximadamente 6 pulgadas (15.2 cm) a aproximadamente 60 pulgadas (152.4 cm), con 30 pulgadas (76.2 cm) que es un ejemplo específico. En una implementación específica, cada soporte de calentador móvil puede soportar los elementos de calentamiento de una zona de control (tal como se muestra en la figura 6). La distancia entre los elementos de calentamiento y el transportador 230 dentro de la primera sección 502 de secador se puede ajustar entre aproximadamente 0.5 pulgada (1.3 cm) y 5.0 pulgadas (12.7 cm), con 2.0 pulgadas (5.1 cm) que es una distancia de operación específica. Los reflectores montados por debajo de los elementos de calentamiento se pueden ajustar en esta sección del secador.

La segunda sección 504 del secador tiene una alta sección de evaporación en la que el contenido de humedad es inicialmente alto, y el producto se mantiene a una temperatura eficiente para evaporación de humedad. En esta sección, el proceso en general está en un estado estacionario que evapora una gran cantidad de humedad con poco efecto sobre la temperatura de producto. De acuerdo con lo anterior, las zonas de control pueden ser relativamente más grandes en esta sección del secador. Una cantidad relativamente grande de energía se requiere en esta sección del secador. En realizaciones particulares, la densidad de vatios de los elementos de calentamiento en esta sección del secador está en el rango de aproximadamente 20-80 vatios/pulgada (7.9-31.5 vatios/cm), con 60 vatios/pulgada (23.6 vatios/cm) que es un ejemplo específico. La separación del calentador (distancia entre elementos de calentamiento individuales) está en el rango de aproximadamente 0.5 pulgada (1.3 cm) a aproximadamente 5.0 pulgada (12.7 cm), con 2.0 pulgada (5.1 cm) que es un ejemplo específico. La longitud de cada zona de control está en el rango de aproximadamente 15 pulgadas (38.1 cm) a aproximadamente 120 pulgadas (304.8 cm), con 60 pulgadas (152.4 cm) que es un ejemplo específico (cada zona tiene aproximadamente 30 elementos de calentamiento). La longitud de cada soporte de calentador móvil está en el rango de aproximadamente 15 pulgadas (38.1 cm) a aproximadamente 240 pulgadas (609.6 cm), con 120 pulgadas (304.8 cm) que es un ejemplo específico. En una implementación específica, cada soporte de calentador móvil puede soportar los elementos de calentamiento de dos zonas de control. La distancia entre los elementos de calentamiento y el transportador 230 dentro de la segunda sección 504 del secador se puede ajustar entre aproximadamente 0.5 pulgada (1.3 cm) y 5.0 pulgadas (12.7 cm), con 2.0 pulgadas (5.1 cm) que es una distancia de operación específica. Los reflectores montados por debajo de los elementos de calentamiento se pueden ajustar en esta sección del secador.

La tercera sección 506 del secador es una sección de transición en la que las transiciones del producto en un estado en su mayor parte seco y se vuelve muy sensibles al calor. De acuerdo con lo anterior, las longitudes de las zonas de control de forma deseable son relativamente cortas en esta sección del secador para responder a cualesquier fluctuaciones en las características del producto que afectan la tasa de secado. En realizaciones particulares, la densidad de vatios de los elementos de calentamiento en esta sección del secador está en el rango de aproximadamente 20-60 vatios/pulgada, (7.9 - 23.6 vatios/cm) con 30 vatios/pulgada (11.8 vatios/cm) que es un ejemplo específico. La separación del calentador (distancia entre elementos de calentamiento individuales) está en el rango de aproximadamente 0.5 pulgada (1.3 cm) a aproximadamente 24.0 pulgada (61.0 cm), con 3.0 pulgada (7.6 cm) que es un ejemplo específico. La longitud de cada zona de control está en el rango de aproximadamente 15 pulgadas (38.1 cm) a aproximadamente 120 pulgadas (304.8 cm), con 30 pulgadas (76.2 cm) que es un ejemplo específico (cada zona tiene aproximadamente 10 elementos de calentamiento). La longitud de cada soporte de calentador móvil está en el rango de aproximadamente 15 pulgadas (38.1 cm) a aproximadamente 240 pulgadas (609.6 cm), con 30 pulgadas (76.2 cm) que es un ejemplo específico. En una implementación específica, cada soporte de calentador móvil puede soportar los elementos de calentamiento de una zona de control. La distancia entre los elementos de calentamiento y el transportador 230 dentro de la tercera sección 506 del secador se puede ajustar entre aproximadamente 0.5 pulgada (1.3 cm) y 24.0 pulgadas (61.0 cm), y más específicamente entre aproximadamente 4.0 pulgadas (10.2 cm) a aproximadamente 10 pulgadas (5.1 cm). En esta sección de secado, se

puede utilizar una combinación de los reflectores montados por debajo de los elementos de calentamiento y elementos de calentamiento que tienen reflectores integrales.

5 La cuarta sección 508 del secador es una sección de secado final en la que el producto inicialmente está  
 10 mayormente seco y las zonas de control son relativamente más largas para eliminar la última humedad del producto  
 15 bajo condiciones relativamente en estado estacionario. Las zonas de control más largas son deseables para  
 20 mantener secado sustancialmente constante. En realizaciones particulares, la densidad de vatios de los elementos  
 de calentamiento en esta sección del secador está en el rango de aproximadamente 20-80 vatios/pulgada (7.9-31.5  
 vatios/cm), con 60 vatios/pulgada (23.6 vatios/cm) que es un ejemplo específico. La separación del calentador  
 (distancia entre elementos de calentamiento individuales) está en el rango de aproximadamente 0.5 pulgada (1.3  
 cm) a aproximadamente 5.0 pulgada (12.7 cm), con 4.0 pulgada (10.2 cm) que es un ejemplo específico. La longitud  
 de cada zona de control está en el rango de aproximadamente 60 pulgadas (152.4 cm) a aproximadamente 120  
 pulgadas (304.8 cm), con 90 pulgadas (228.6 cm) que es un ejemplo específico (cada zona tiene aproximadamente  
 22 elementos de calentamiento). La longitud de cada soporte de calentador móvil está en el rango de  
 aproximadamente 15 pulgadas (38.1 cm) a aproximadamente 240 pulgadas (609.6 cm), con 120 pulgadas (304.8  
 cm) que es un ejemplo específico. En una implementación específica, algunos de los soportes de calentador móviles  
 pueden soportar los elementos de calentamiento de una zona de control mientras que otros soportes de calentador  
 móviles pueden soportar los elementos de calentamiento de dos zonas de control. La distancia entre los elementos  
 de calentamiento y el transportador 230 dentro de la cuarta sección 508 del secador se puede ajustar entre  
 aproximadamente 0.5 pulgada (1.3 cm) y 20.0 pulgadas (50.8 cm), con 16 pulgadas (40.6 cm) que es una distancia  
 de operación específica. Los elementos de calentamiento que tienen reflectores integrales se pueden utilizar en esta  
 sección de secado.

25 La quinta sección 510 de secado es una sección de salida o "desaceleración" en la que las zonas de control pueden  
 30 ser relativamente más cortas para reducir la temperatura de producto para recocer y/o evitar sobrecalentar un  
 producto particularmente sensible al calor. En realizaciones particulares, la densidad de vatios de los elementos de  
 calentamiento en esta sección del secador es de aproximadamente 10 vatios/pulgada (3.9 vatios/cm). La separación  
 del calentador (distancia entre elementos de calentamiento individuales) está en el rango de aproximadamente 0.5  
 pulgada (1.3 cm) a aproximadamente 5.0 pulgada (12.7 cm), con 3.0 pulgada (7.6 cm) que es un ejemplo específico.  
 35 La longitud de cada zona de control está en el rango de aproximadamente 60 pulgadas (152.4 cm) a  
 aproximadamente 120 pulgadas (304.8 cm), con 30 pulgadas (76.2 cm) que es un ejemplo específico (cada zona  
 tiene aproximadamente 10 elementos de calentamiento). La longitud de cada soporte de calentador móvil está en el  
 rango de aproximadamente 15 pulgadas (38.1 cm) a aproximadamente 120 pulgadas (304.8 cm), con 30 pulgadas  
 (76.2 cm) que es un ejemplo específico. En una implementación específica, cada soporte de calentador móvil puede  
 soportar los elementos de calentamiento de una zona de control. La distancia entre los elementos de calentamiento  
 y el transportador 230 dentro de la quinta sección del secador 510 se puede ajustar entre aproximadamente 0.5  
 pulgada (1.3 cm) y 15.0 pulgadas (38.1 cm), con 10 pulgadas (25.4 cm) que es una distancia de operación  
 específica. Se pueden utilizar elementos de calentamiento que tienen reflectores integrales en esta sección de  
 secado.

40 En una implementación específica, un secador 500 tiene una longitud completa de aproximadamente 100 pies (30.5  
 metros). La primera sección 502 de secador tiene cuatro zonas de control, cada una de las cuales tiene  
 aproximadamente 30 pulgadas en longitud y se monta sobre un soporte de calentador móvil respectivo. La segunda  
 45 sección 504 del secador tiene cinco zonas de control, cada una de las cuales tiene aproximadamente 60 pulgadas  
 (152.4 cm) en longitud, y diez soportes de calentador móviles, cada uno soporta dos zonas de control. La tercera  
 sección 506 del secador tiene catorce zonas de control, cada una de las cuales tiene aproximadamente 30 pulgadas  
 (76.2 cm) en longitud y se monta sobre un soporte de calentador móvil respectivo. La cuarta sección 508 del secador  
 tiene tres zonas de control, cada una de las cuales tiene aproximadamente 90 pulgadas (228.6 cm) en longitud. La  
 50 cuarta sección 508 del secador puede incluir soportes de calentador móviles que soportan una zona de control y  
 soportes de calentador que soportan más de una zona de control. La quinta sección 510 del secador tiene cuatro  
 zonas de control, cada una de las cuales tiene aproximadamente 30 pulgadas (76.2 cm) en longitud y se monta  
 sobre un soporte de calentador móvil respectivo.

55 En vista de las muchas realizaciones posibles a las que se pueden aplicar los principios de la invención divulgada,  
 se debe reconocer que las realizaciones ilustradas son solo ejemplos preferidos de la invención y no se deben  
 considerar como limitantes del alcance de la invención. Más bien, el alcance de la invención se define por las  
 siguientes reivindicaciones. Nosotros, por lo tanto reivindicamos como nuestra invención todo lo que está dentro del  
 alcance de estas reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (100, 200) de secado que comprende:

5 un transportador (230) de producto móvil que tiene una superficie de soporte de producto para soportar un producto que se va a secar;

10 por lo menos primero y segundo soportes (302, 304) de calentador, cada soporte de calentador soporta uno o más elementos (269, 261) de calefacción radiantes secos y es móvil con relación a otro y con relación a el transportador para ajustar la distancia entre cada soporte de calentador y el transportador;

15 el transportador de producto se configura para moverse con relación a el primero y segundo soportes de calentador de tal manera que el producto soportado sobre el transportador se calienta de forma sucesiva mediante los elementos de calentamiento del primer soporte de calentador y los elementos de calentamiento de los segundos soportes de calentador; y

un controlador (150, 250)

20 caracterizado porque

25 dicho controlador (150, 250) se configura para monitorizar de forma continua la longitud de onda de los elementos de calentamiento y la temperatura de producto y para ajustar la temperatura de los elementos de calentamiento de cada soporte de calentador y la distancia entre los elementos de calentamiento de cada soporte de calentador y el transportador de tal manera que los elementos de calentamiento emiten calor radiante a una longitud de onda predeterminada y calientan el producto de acuerdo con un perfil de temperatura de producto predeterminado cuando se mueve el producto a través de el aparato de secado por el transportador de producto.

30 2. El aparato de secado de la reivindicación 1, en el que el controlador comprende por lo menos un primer dispositivo (233) de control de ángulo de fase que controla la temperatura de los elementos de calentamiento del primer soporte de calentador y un segundo dispositivo (233) de control de ángulo de fase que controla la temperatura de los elementos de calentamiento del segundo soporte de calentador.

35 3. El aparato de secado de la reivindicación 1, en el que cada soporte de calentador es soportado por una pluralidad de postes de soporte verticales y es móvil hacia arriba y hacia abajo con relación a los postes de soporte y cada soporte de calentador comprende por lo menos un mecanismo de accionamiento que provoca que el soporte de calentador se mueva hacia arriba y hacia abajo con relación a los postes de soporte.

40 4. El aparato de secado de la reivindicación 1, en el que los soportes de calentador se localizan por debajo de la superficie de soporte de producto y son móviles hacia arriba y hacia abajo hacia y lejos de la superficie de soporte de producto.

45 5. El aparato de secado de la reivindicación 1, en el que el controlador se configura para ajustar la temperatura de los elementos de calentamiento de cada soporte de calentador y la distancia entre los elementos de calentamiento de cada soporte de calentador y el transportador de tal manera que el producto adsorbe calor radiante a una longitud de onda sustancialmente constante según se transmite pasando los elementos de calentamiento del primero y segundo soportes de calentador.

50 6. El aparato de secado de la reivindicación 1, que adicionalmente comprende una pluralidad de sensores de temperatura ubicados para medir la temperatura de los elementos de calentamiento de cada soporte de calentador, el controlador está en comunicación con los sensores de temperatura y se configuran para determinar la longitud de onda del calor radiante emitido por los elementos de calentamiento con base en su temperatura.

55 7. El aparato de secado de la reivindicación 1, que adicionalmente comprende una pluralidad de sensores (281, 282, 283) de temperatura posicionados para medir la temperatura del producto que se calienta mediante los elementos de calentamiento, el controlador está en comunicación con los sensores de temperatura y se configura para ajustar la temperatura de los elementos de calentamiento con base en la retroalimentación de los sensores de temperatura para mantener el perfil de temperatura de producto predeterminado.

60 8. Un método para secar un producto, que comprende:

aplicar un producto que se va a secar sobre una superficie de soporte de producto de un transportador móvil;

65 transportar el producto sobre el transportador a través de por lo menos una primera zona de calentamiento y una segunda zona de calentamiento; y

calentar el producto con un primer grupo de uno o más elementos de calefacción radiantes secos en la primera zona de calentamiento y calentar el producto con un segundo grupo de uno o más elementos de calefacción radiantes secos en la segunda zona de calentamiento;

5 caracterizado porque dicho método comprende:

cuando el transportador transporta el producto a través de la primera y segunda zonas de calentamiento, monitorizar de forma continua la longitud de onda de los elementos de calentamiento y la temperatura de producto y ajustar la temperatura de los elementos de calentamiento y la distancia entre cada grupo de elementos de calentamiento y la superficie de soporte de producto para calentar el producto a un perfil de temperatura predeterminado y para provocar que los elementos de calentamiento emitan calor radiante a una longitud de onda predeterminada.

10

9. El método de la reivindicación 8, en el que los elementos de calentamiento se localizan por debajo de la superficie de soporte de producto y la acción de ajustar la distancia entre cada grupo de elementos de calentamiento y la superficie de soporte de producto comprende mover cada grupo de elementos de calentamiento hacia arriba o hacia abajo con relación a la superficie de soporte de producto.

15

10. El método de la reivindicación 8, en el que la temperatura de los elementos de calentamiento y la distancia entre cada grupo de elementos de calentamiento y la superficie de soporte de producto se ajustan para mantener una temperatura de producto sustancialmente constante en la primera y segunda zonas de calentamiento y de tal manera que la longitud de onda de calor radiante emitida en la primera y segunda zonas de calentamiento es sustancialmente constante.

20

11. El método de la reivindicación 8, en el que la temperatura de los elementos de calentamiento y la distancia entre cada grupo de elementos de calentamiento y la superficie de soporte de producto se ajustan de tal manera que la temperatura de producto en la segunda zona de calentamiento es mayor que en la primera zona de calentamiento y de tal manera que la longitud de onda de calor radiante emitida en la primera y segunda zonas de calentamiento es sustancialmente constante.

25

12. El método de la reivindicación 8, en el que los elementos de calentamiento en la primera y segunda zonas de calentamiento emiten radiación infrarroja en aproximadamente 3  $\mu\text{m}$ .

30

13. El método de la reivindicación 8, en el que los elementos de calentamiento en la primera y segunda zonas de calentamiento emiten radiación infrarroja en aproximadamente 6.2  $\mu\text{m}$ .

35

14. El método de la reivindicación 8, que adicionalmente comprende medir la temperatura del producto en la primera y segunda zonas de calentamiento, determinar la longitud de onda de el calor radiante emitido por los elementos de calentamiento en la primera y segunda zonas de calentamiento, y ajustar la temperatura de los elementos de calentamiento y la distancia entre cada grupo de elementos de calentamiento y la superficie de soporte de producto con base en las temperaturas medidas y las longitudes de onda determinadas con el fin de calentar el producto al perfil de temperatura predeterminado y para provocar que los elementos de calentamiento emitan calor radiante en la longitud de onda predeterminada.

40

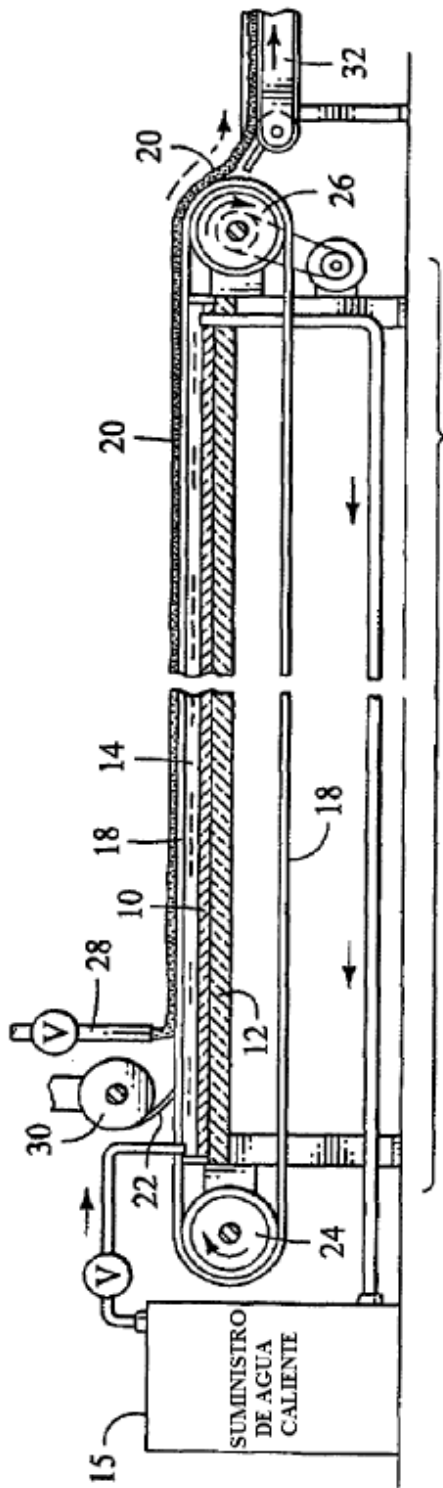
15. El método de la reivindicación 14, en el que determinar la longitud de onda de el calor radiante emitido por los elementos de calentamiento en la primera y segunda zonas de calentamiento comprende medir la temperatura de los elementos de calentamiento en la primera y segunda zonas de calentamiento y determinar la longitud de onda de el calor radiante en la primera y segunda zonas de calentamiento con base en las temperaturas medidas de los elementos de calentamiento.

45

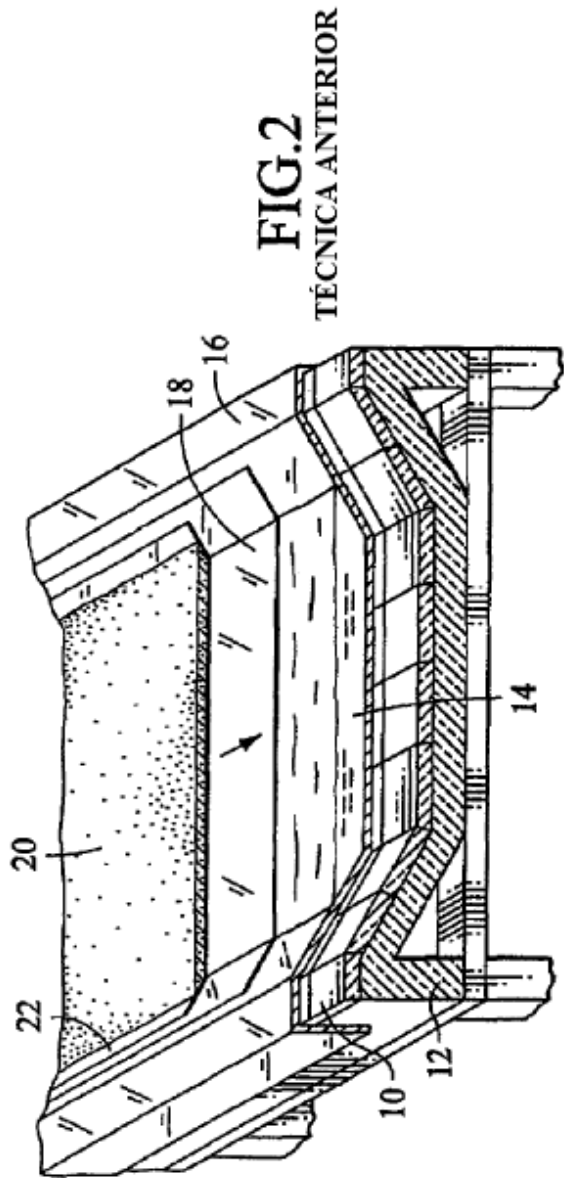
16. El método de la reivindicación 8, en el que el producto comprende un líquido de frutas o vegetales y la acción de calentar el producto comprende deshidratar sustancialmente el líquido de frutas o vegetales y el método comprende adicionalmente procesar el líquido de frutas o vegetales deshidratado en un polvo.

50





**FIG. 1**  
TÉCNICA ANTERIOR



**FIG. 2**  
TÉCNICA ANTERIOR

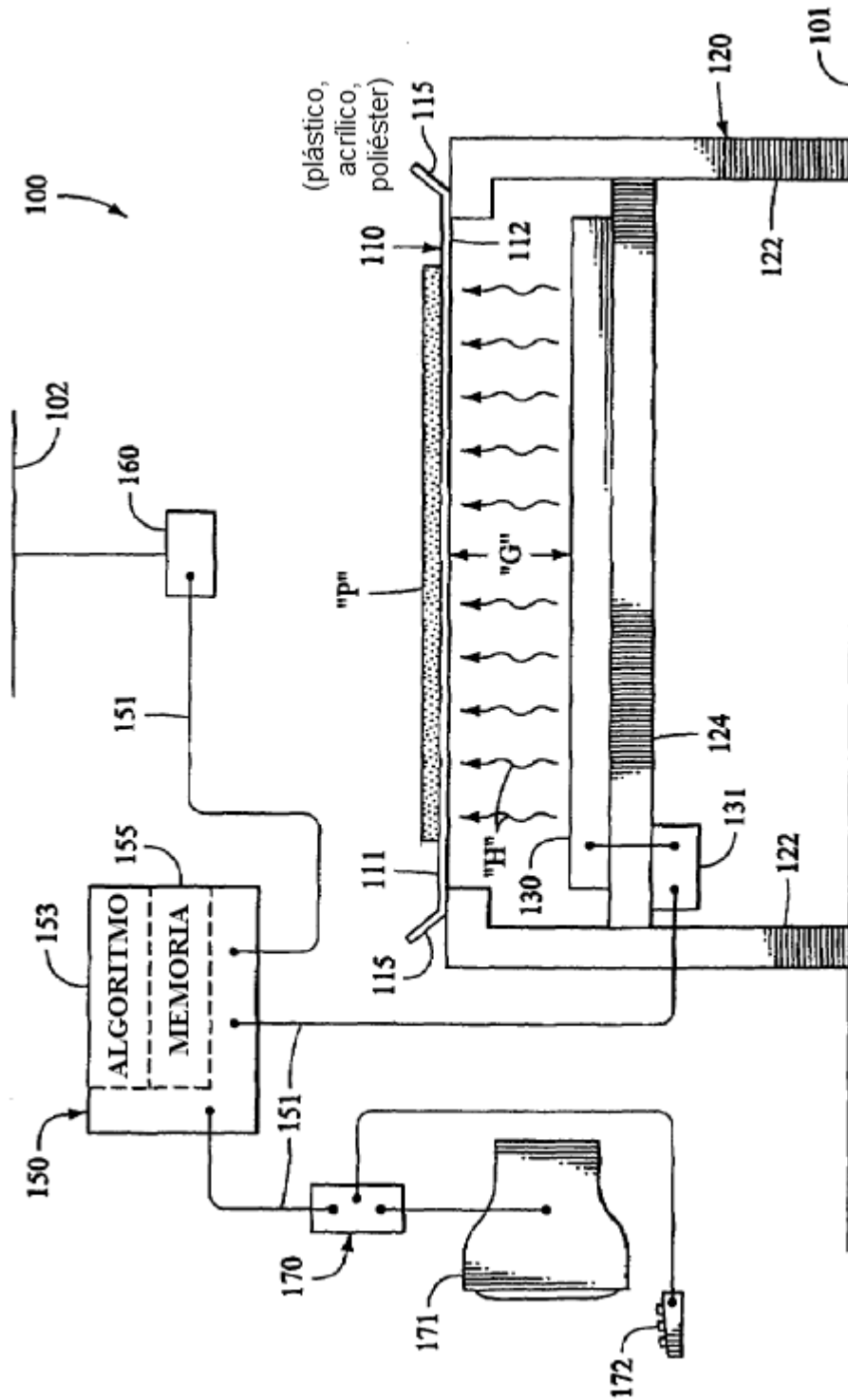


FIG.3

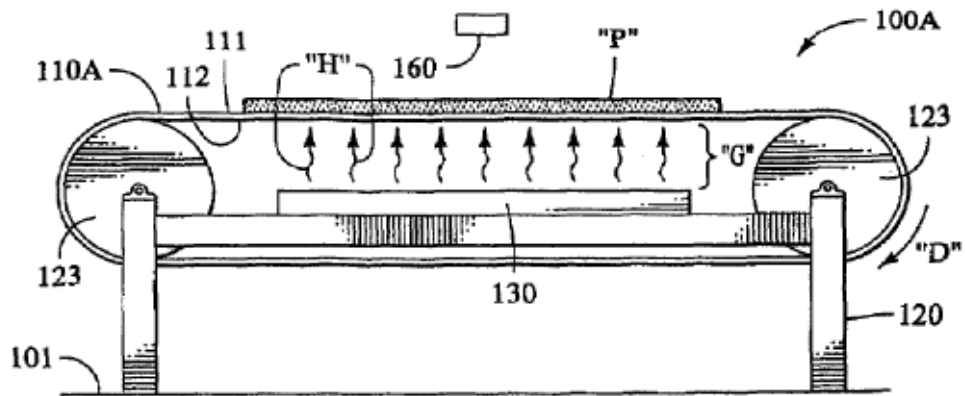


FIG. 3A

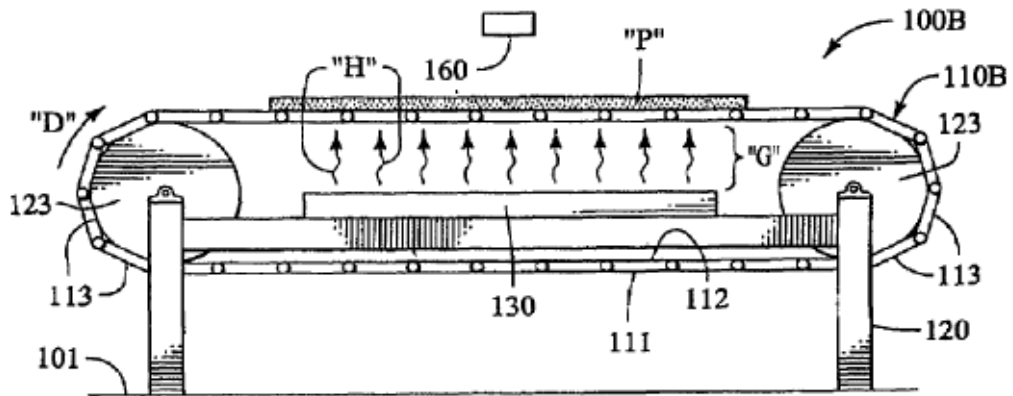


FIG. 3B

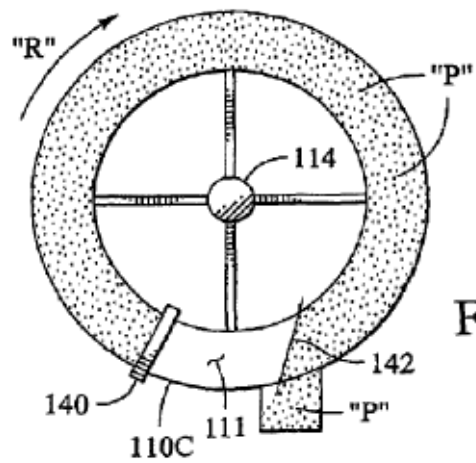


FIG. 3C

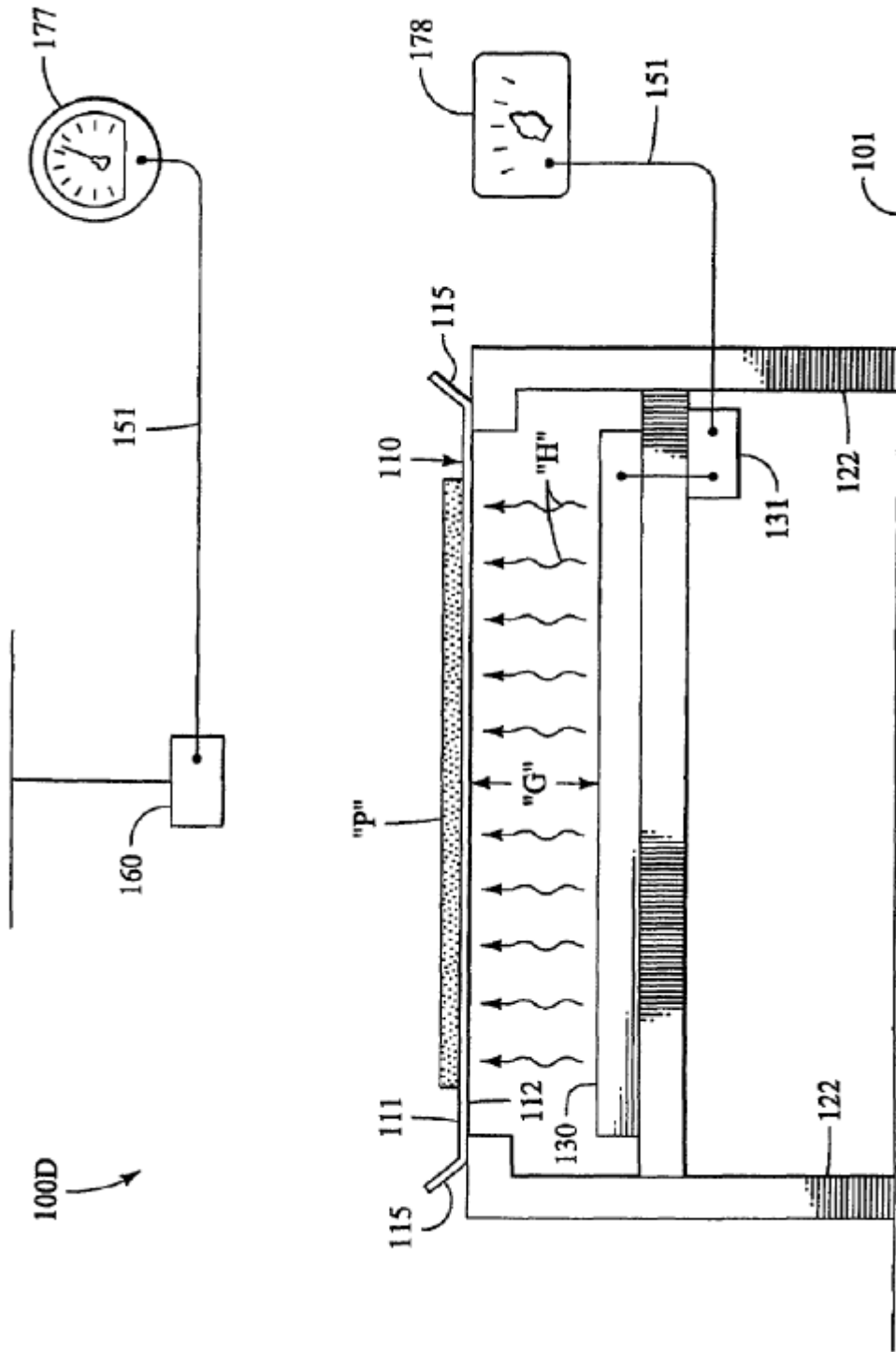


FIG.3D

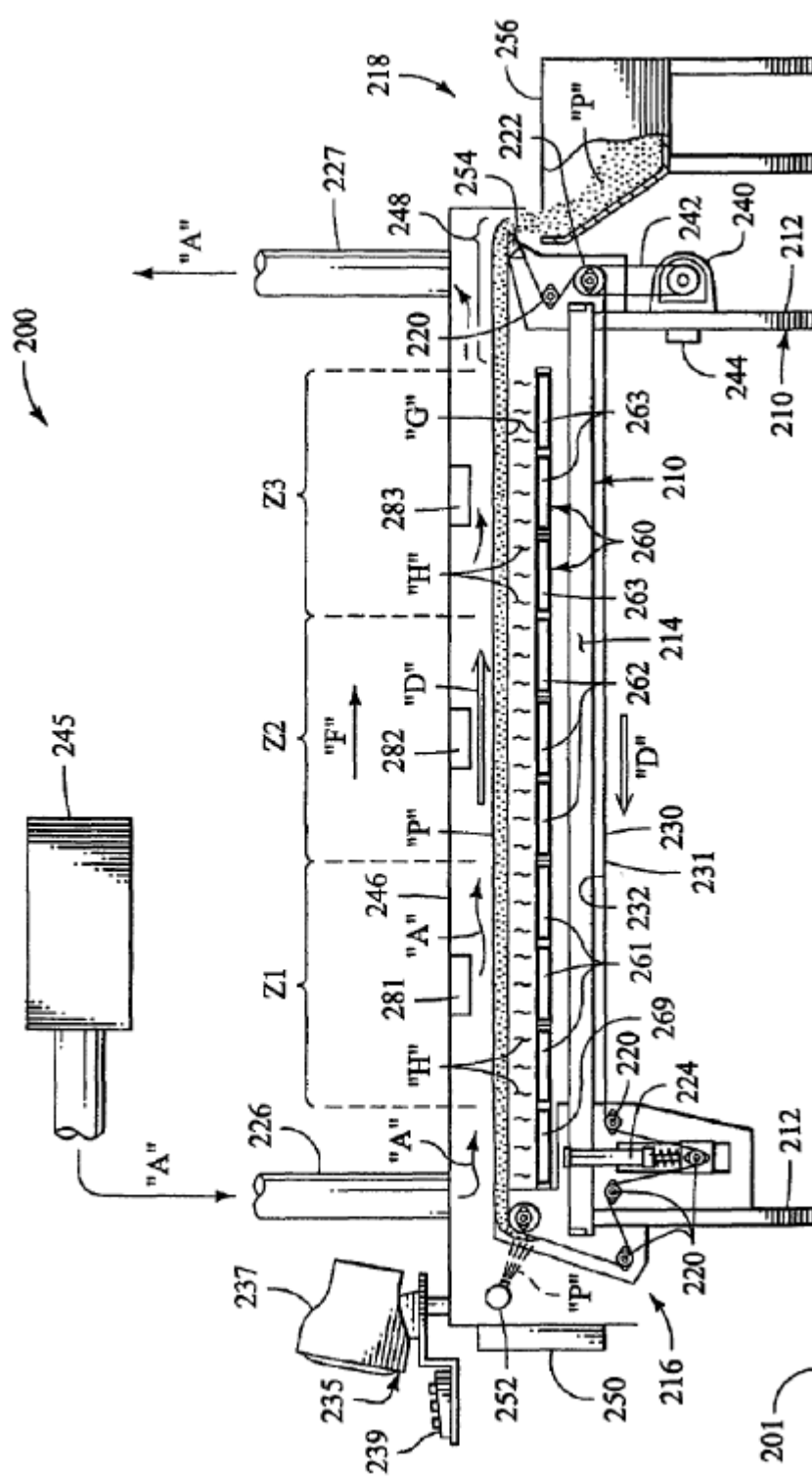


FIG.4

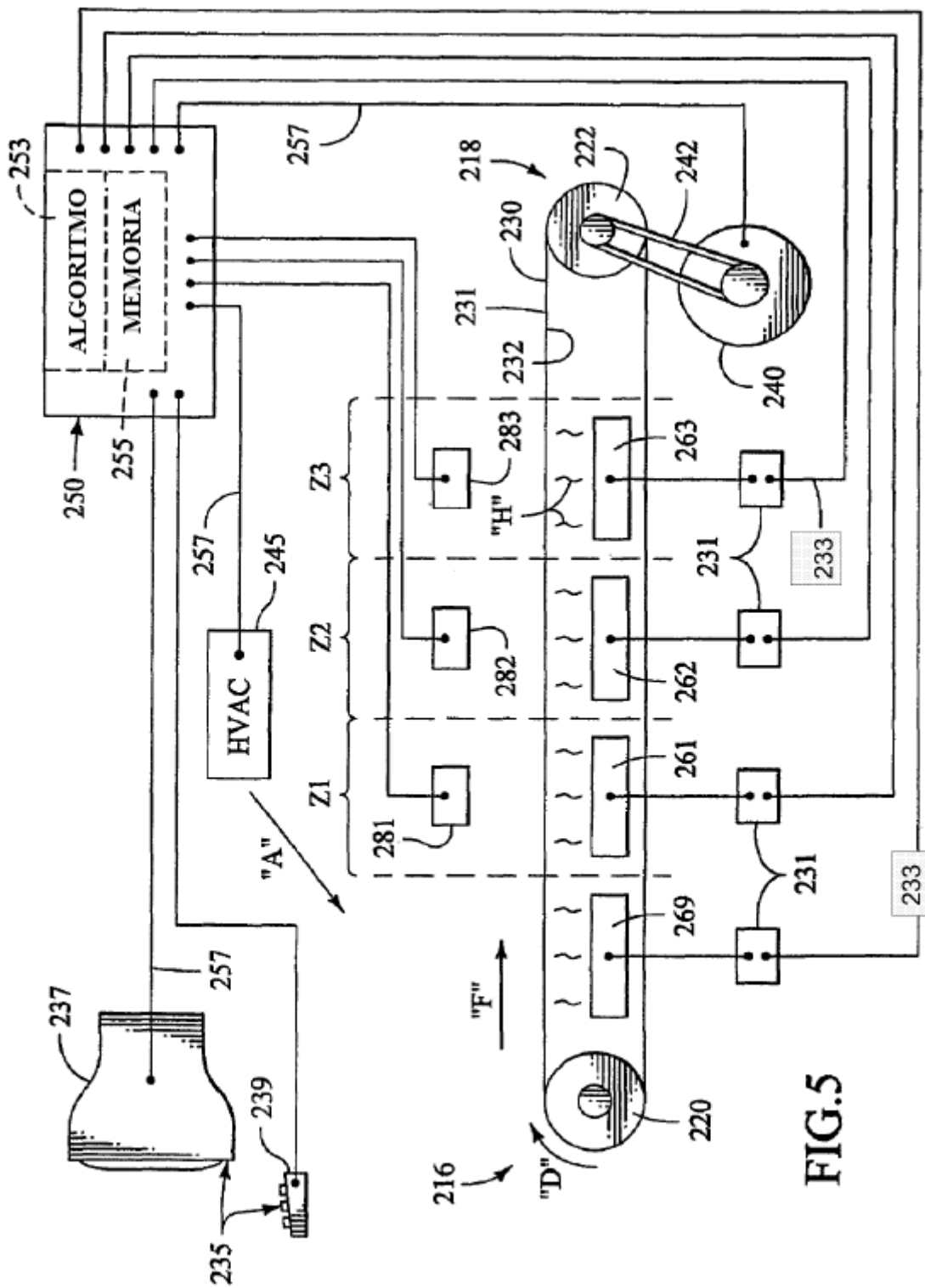


FIG.5

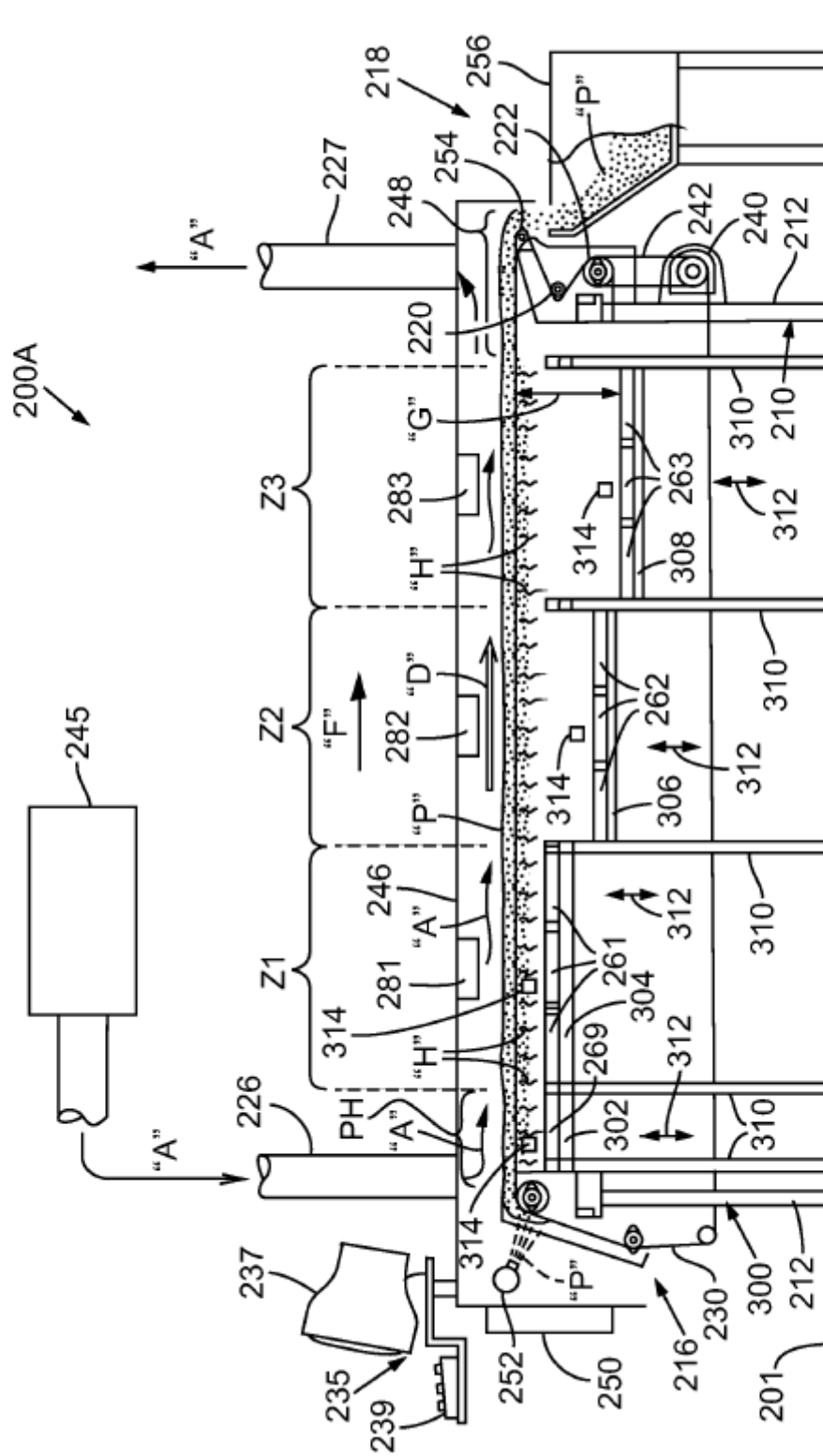
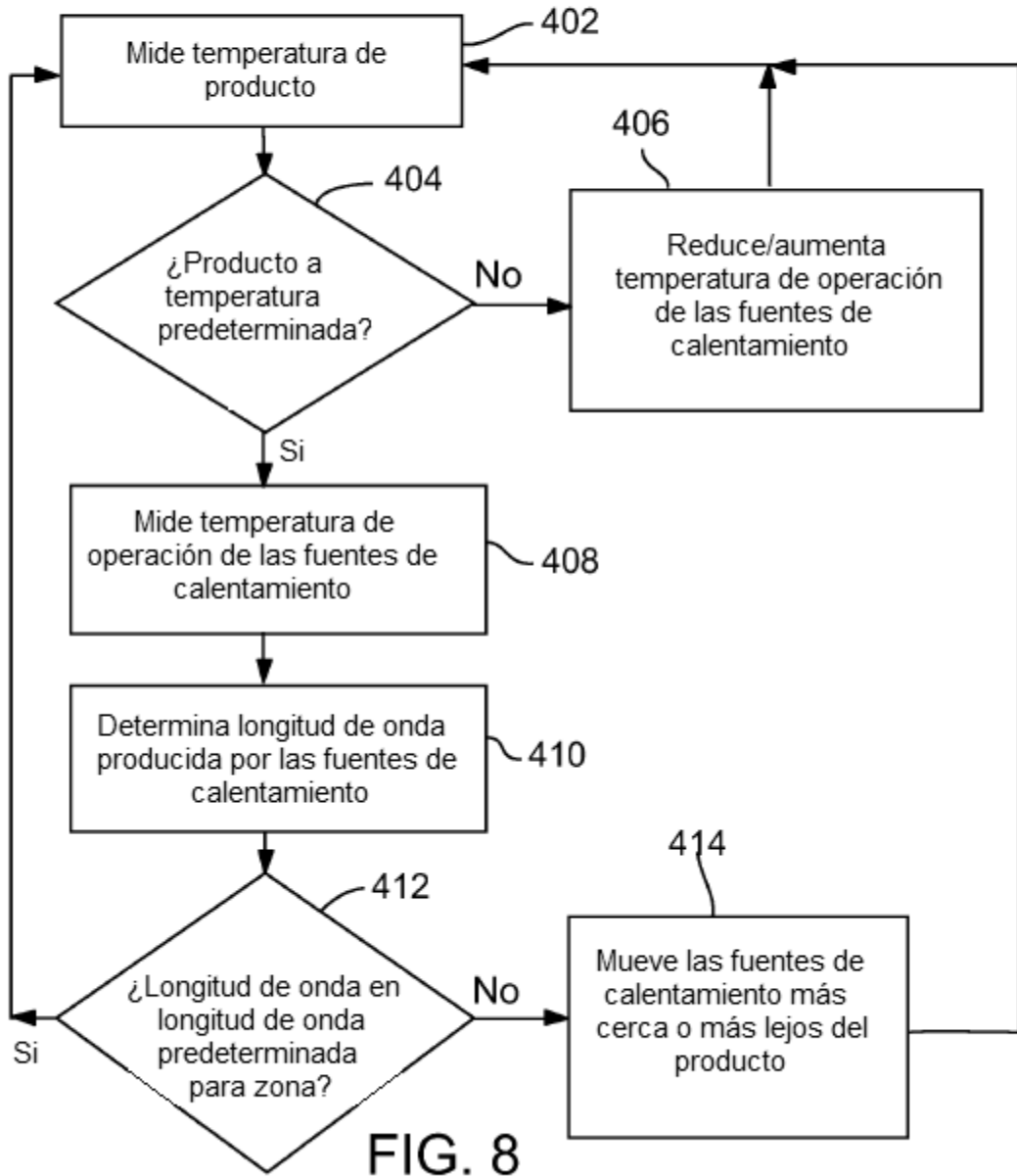
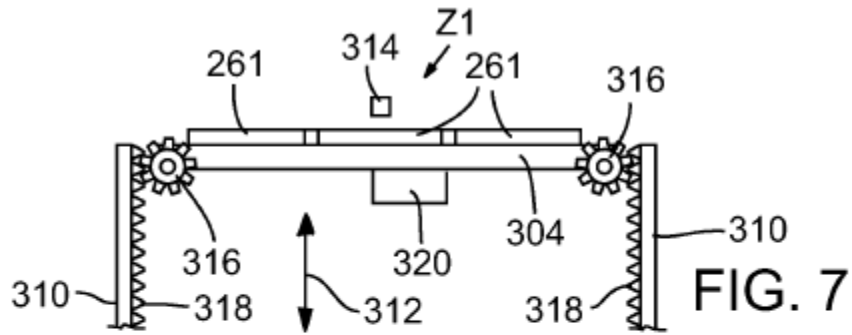


FIG. 6





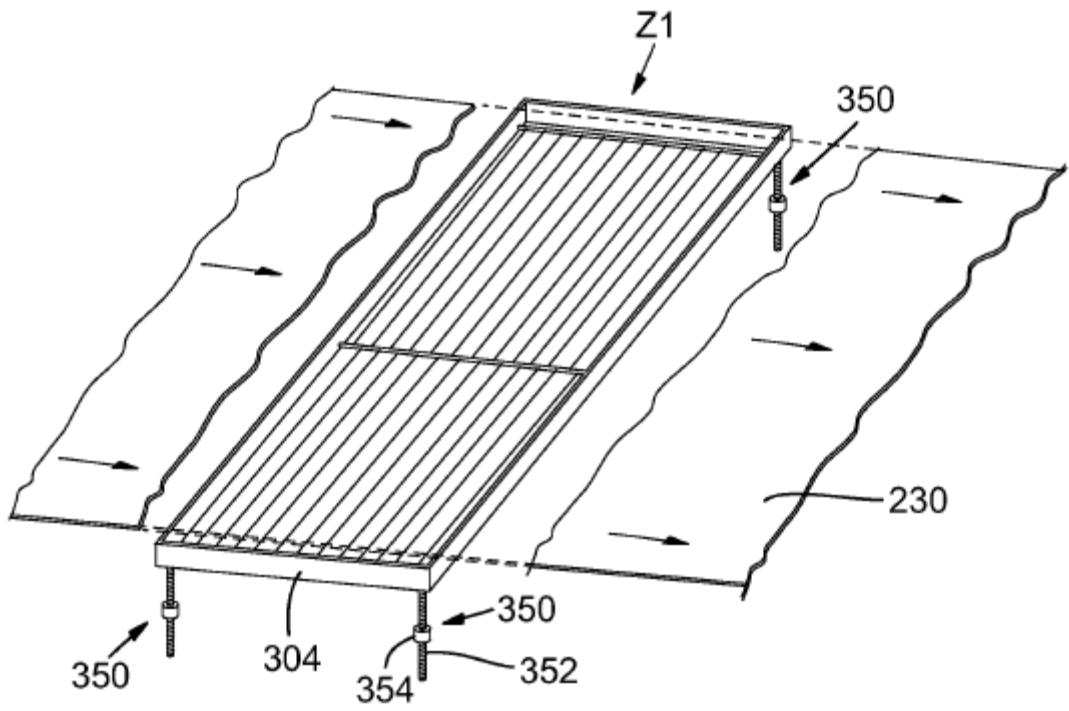


FIG. 9

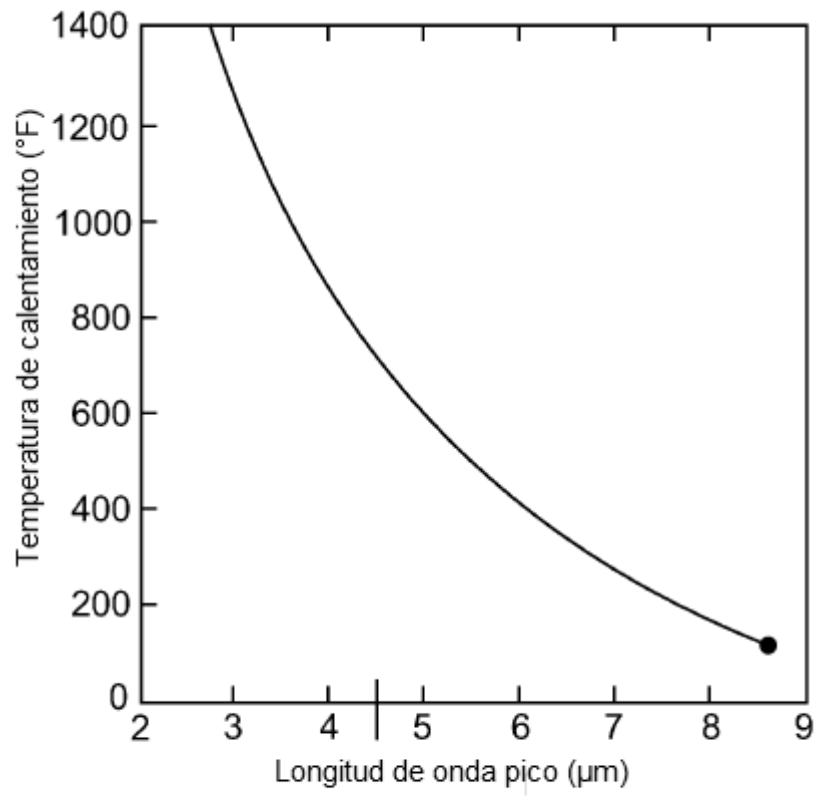


FIG. 10

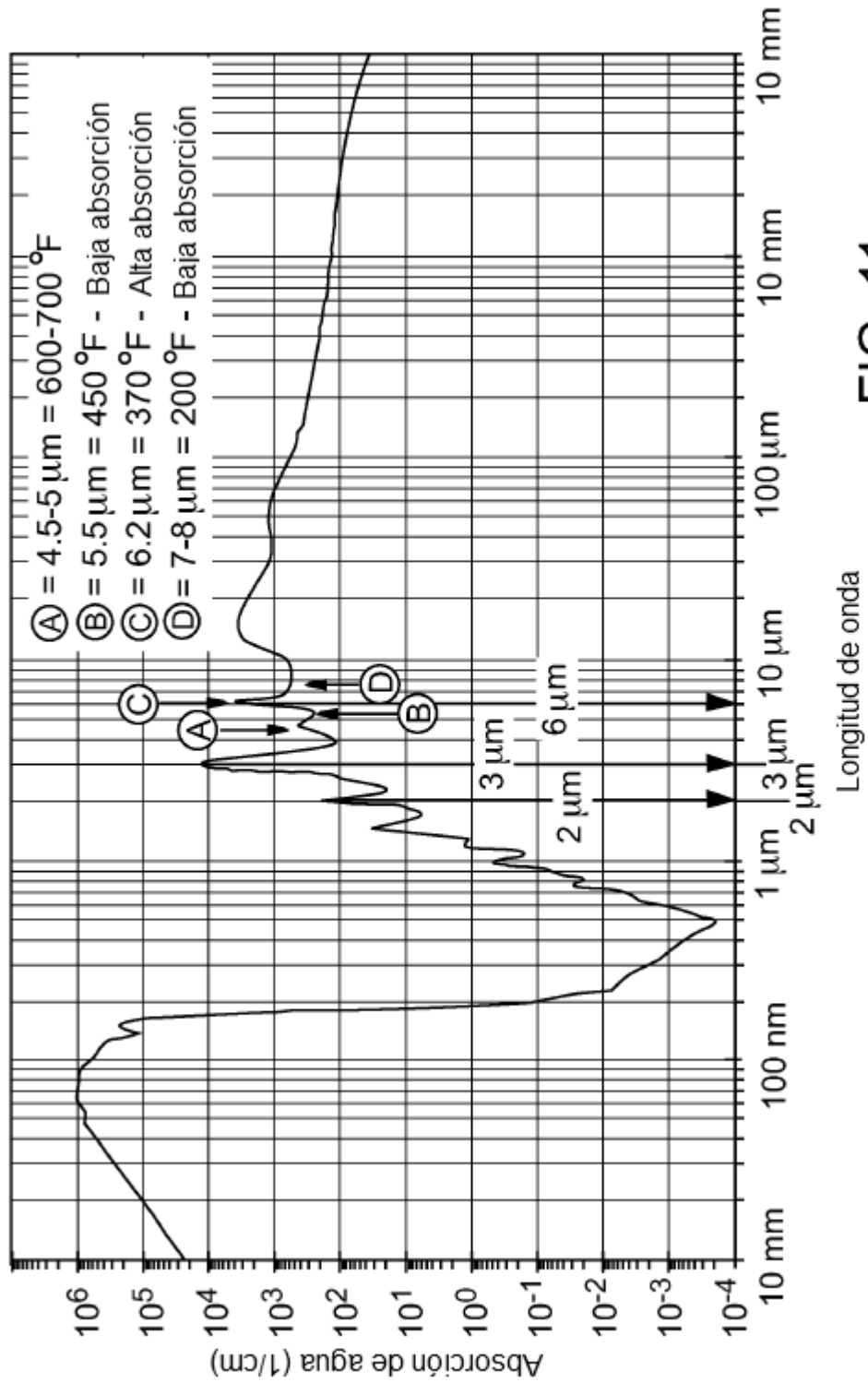


FIG. 11

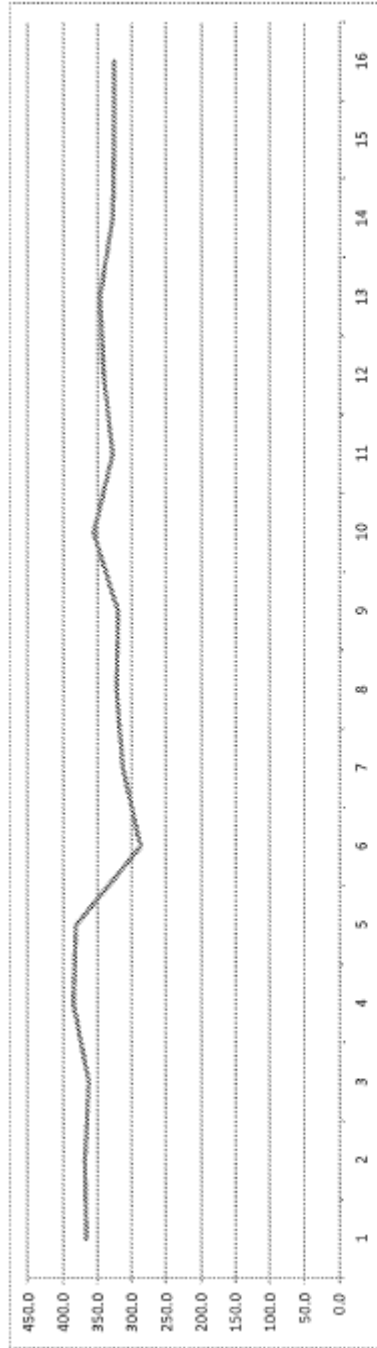


FIG. 12: Temperatura de elementos de calentamiento a través del Secador a Longitud de onda "C"  
(aproximadamente 6.2  $\mu\text{m}$ )

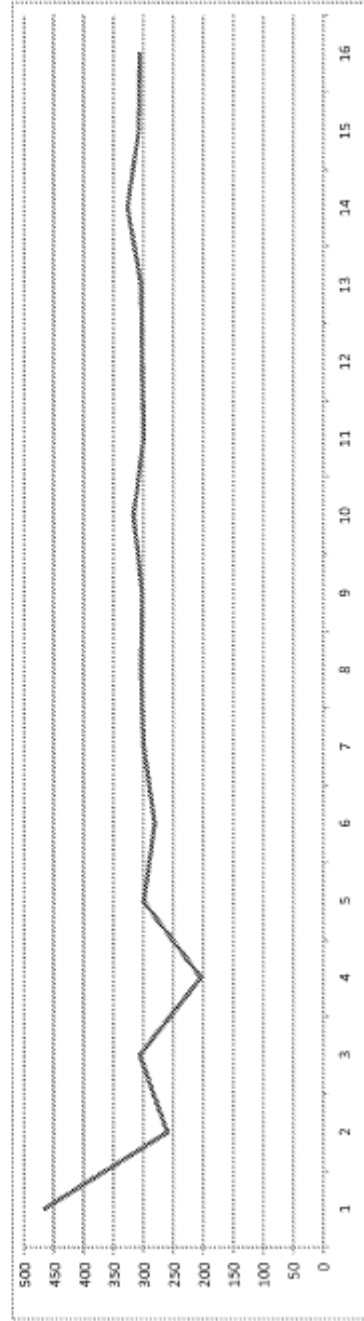


FIG. 13: Temperatura de elementos de calentamiento a través del Secador a Longitud de onda "D"  
(aproximadamente 7-8  $\mu\text{m}$ )

Concentrado de jugo de remolacha – Temperatura de elementos de calentamiento a través del secador para calentadores ajustados a Longitud de onda "C" vs. Longitud de onda "D"

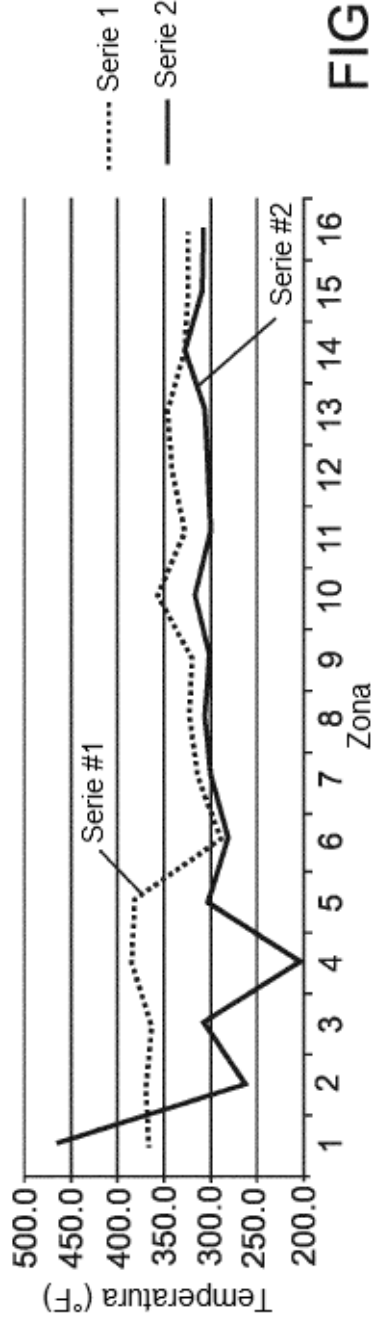


FIG. 14

Concentrado de jugo de remolacha – Longitudes de onda del Secador para calentadores ajustados a Longitud de onda "C" vs. Longitud de onda "D"

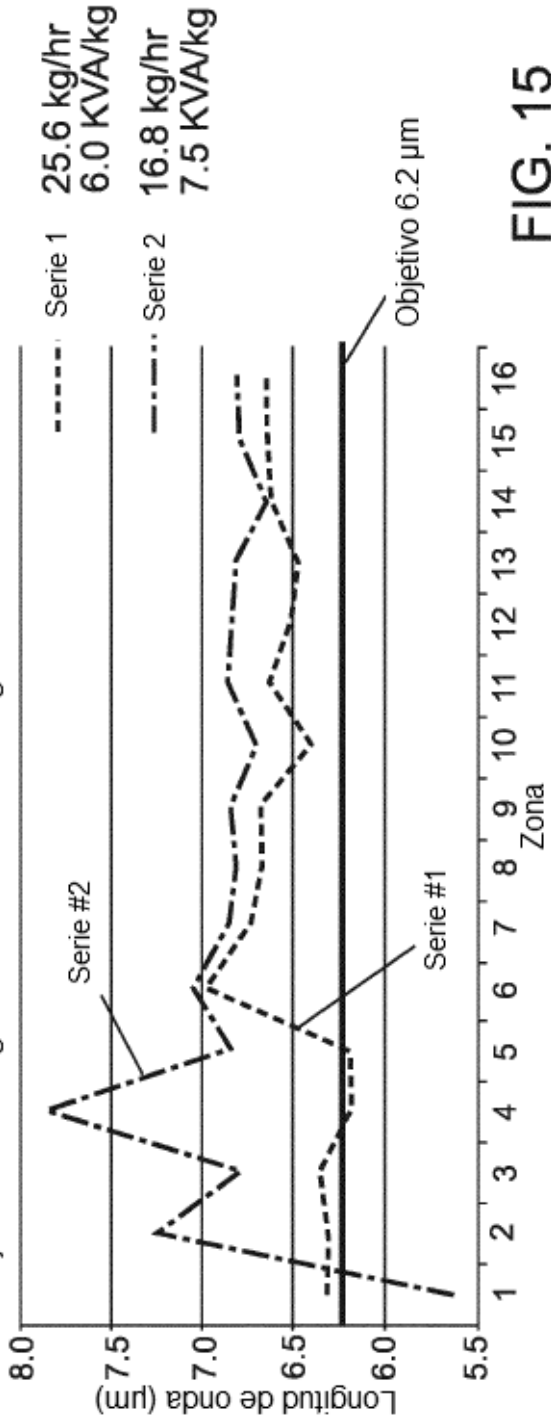


FIG. 15

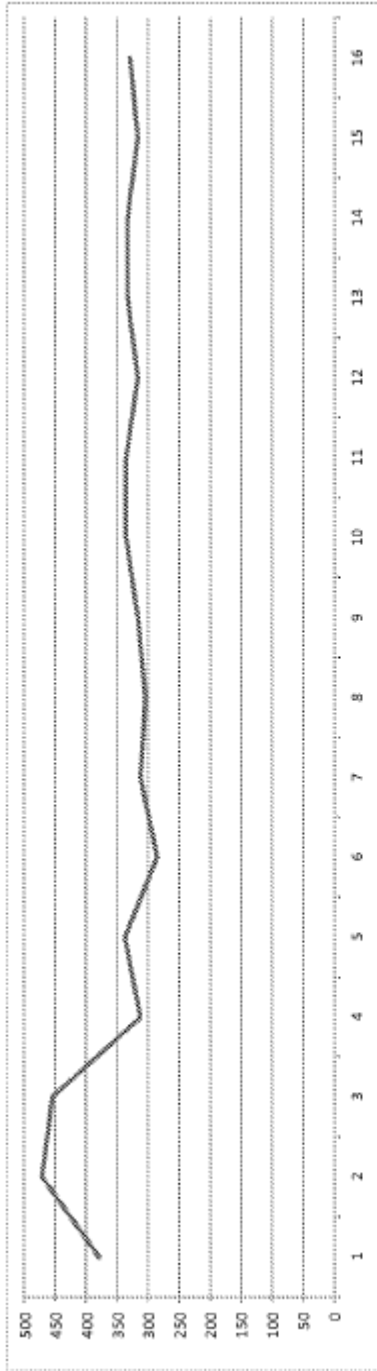


FIG. 16: Temperatura de elementos de calentamiento a través del Secador en valores iniciales

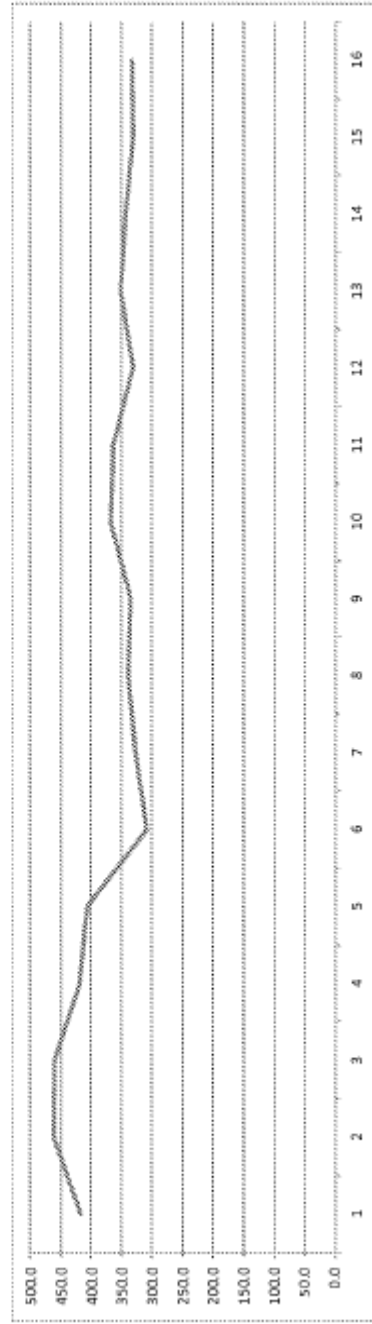


FIG. 17: Temperatura de elementos de calentamiento a través del Secador en alto rendimiento sin ajuste de calentador

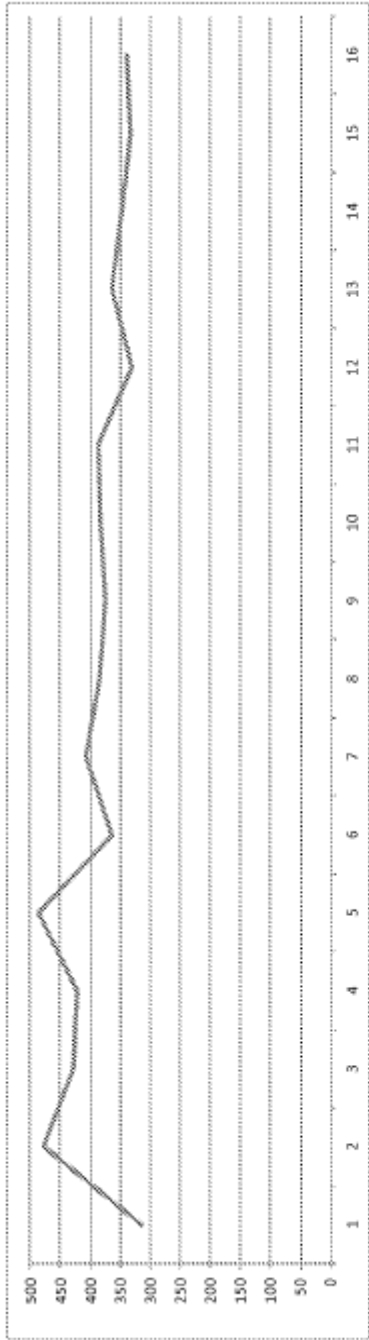


FIG. 18: Temperatura de elementos de calentamiento a través del Secador en calentadores de alto rendimiento ajustados a longitud de onda "C" (aproximadamente 6.2  $\mu\text{m}$ )

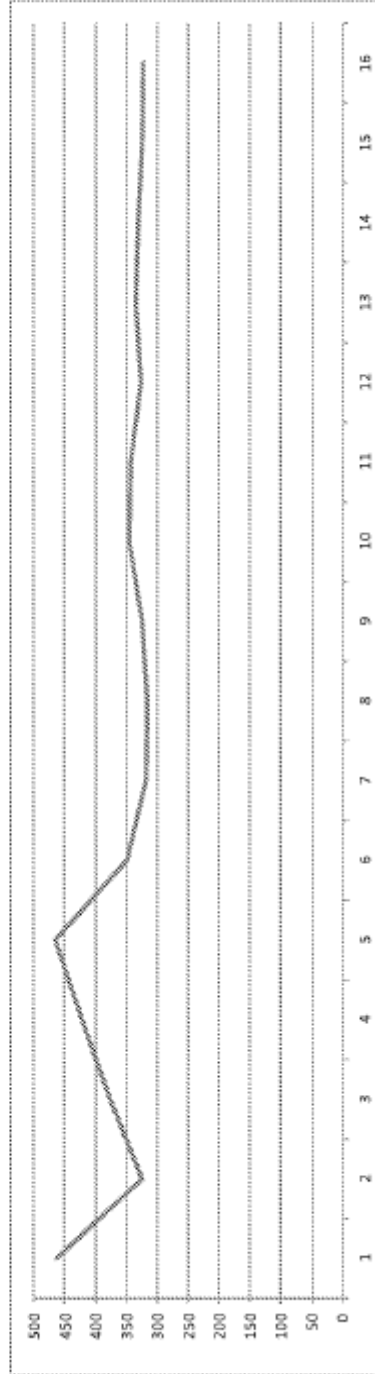
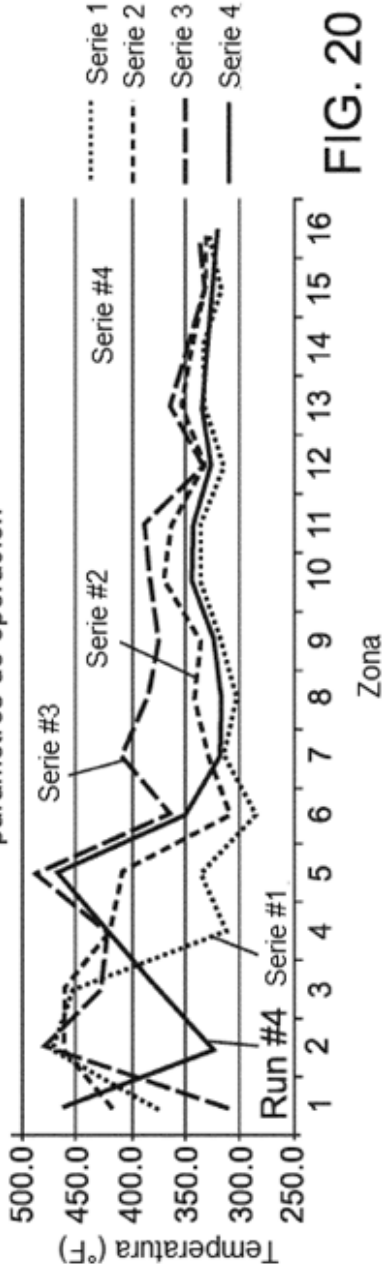
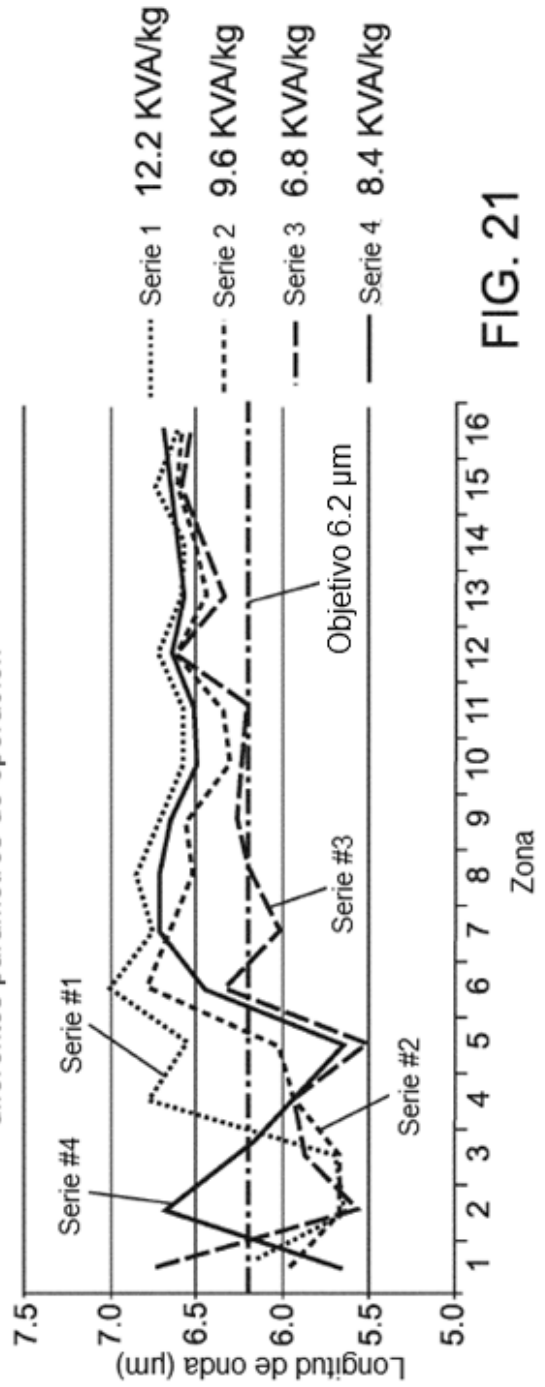


FIG. 19: Temperatura de elementos de calentamiento a través del Secador en calentadores de alto rendimiento ajustados a longitud de onda "D" (aproximadamente 7-8  $\mu\text{m}$ )

Temperatura de elementos de calentamiento a través del Secador en diferentes parámetros de operación



Mezcla de puré de frutas – longitudes de onda a través del Secador en diferentes parámetros de operación





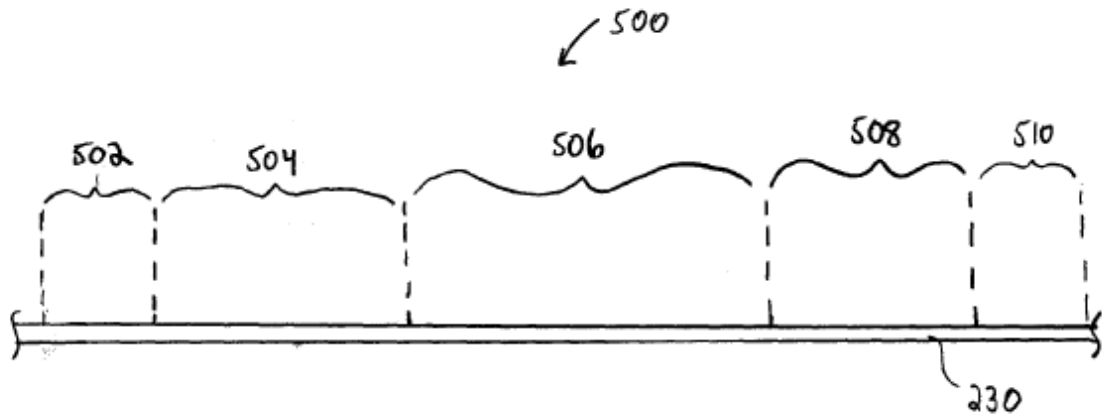


Fig. 22