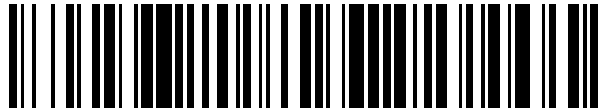


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 575**

51 Int. Cl.:

**H05B 6/80**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2007 E 12173921 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2015 EP 2528415**

54 Título: **Método y sistema para calentamiento con microondas de multifrecuencia**

30 Prioridad:

**10.07.2006 US 806860 P**  
**21.02.2007 WO PCT/IL2007/000235**  
**21.05.2007 US 924555 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.04.2015**

73 Titular/es:

**GOJI LIMITED (100.0%)**  
**O'Hara House, 3 Bermudiana Road**  
**Hamilton HM08, BM**

72 Inventor/es:

**BEN-SHMUEL, ERAN;**  
**BILCHINSKY, ALEXANDER;**  
**DAMARI, UDI;**  
**EINAV, OMER;**  
**ROUSSO, BENNY y**  
**BEN-HAIM, SHLOMO**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

**ES 2 533 575 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

Método y sistema para calentamiento con microondas de multifrecuencia

Campo de la invención

La presente solicitud se relaciona generalmente con la preparación de alimentos.

### 5 Antecedentes de la invención

10 El horno de microondas es un elemento ubicuo en la sociedad moderna. Sin embargo, son bien conocidas sus limitaciones. Estas incluyen, por ejemplo el calentamiento desigual y lenta absorción de calor, especialmente para descongelar. De hecho, los hornos microondas normales, cuando se usan para la descongelado y el calentamiento uniforme, da como resultado alimentos en los que por fuera están generalmente calientes o incluso parcialmente cocinados antes de que se descongele el interior.

15 Se ha publicado un número de documentos en el que se ha llevado a cabo un análisis teórico del problema del calentamiento del microondas de una muestra criogénica. Debido a las dificultades de tal análisis, tal análisis se ha llevado a cabo solamente en formas regulares, tales como formas esféricas y elipsoidales. Se han hecho intentos experimentales aparentemente en muestras de tamaño de un riñón, pero los resultados de estos experimentos no indican que esté disponible una solución viable para descongelar riñones.

Por otra parte, no parece ser una solución para descongelar otros órganos o alimentos de formas más arbitrarias.

Las publicaciones de la técnica anterior incluyen:

S. Evans, Electromagnetic Rewarming: The effect of CPA concentration and radio source frequency on uniformity and efficiency of heating, *Cryobiology* 40 (2000) 126-138.

### 20 S. Evans, et al., Design of a UHF applicator for rewarming of cryopreserved biomaterials, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 39 (1992) 217-225.

M.P. Robinson, et al., Rapid electromagnetic warming of cells and tissues, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 46 (1999) 1413-1425.  
M.P. Robinson, et al., Electromagnetic re-warming of cryopreserved tissues: effect of choice of cryoprotectant and sample shape on uniformity of heating, *Phys. Med. Biol.* 47 (2002) 2311- 2325.

### 25 M.C. Wusteman, Martin et al., Vitrification of large tissues with dielectric warming: biological problems and some approaches to their solution, *Cryobiology* 48 (2004) 179-189.

30 Un artículo titulado "Control of Thermal Runaway and Uniformity of Heating in the Electromagnetic Warming of a Cryopreserved Kidney Phantom" by J. D. J. Penfold, et al, en *Cryobiology* 30, 493-508 (1993) describe un análisis teórico y los resultados experimentales. Aunque algunos experimentos se hicieron aparentemente con un espectro del tamaño de un riñón, los principales resultados informados son con un objeto esférico uniforme.

Como se informó se alimentó una cavidad con energía electromagnética a 434 MHz en tres direcciones ortogonales (x, y, z). Las alimentaciones x e y se proveyeron de un mismo generador y se introdujo un cambio de fase de manera que el campo se polarizó de manera circular. La frecuencia se varió en etapas de 32 kHz (aparentemente hasta aproximadamente 350 kHz máximo) para ajustar la impedancia de entrada ya que cambió con el aumento de la temperatura.

### 35 La patente de Estados Unidos 6,249,710 describe el uso de un código comprimido para calcular la elevación y modificar el funcionamiento del horno microondas.

La US 5616268 describe un sistema de descongelación de la sangre en microondas que tiene un control de retroalimentación. La US 6222170 describe un aparato y método para el procesamiento en microondas de materiales utilizando una herramienta perturbadora de campo.

### 40 Resumen de la invención

Aspectos de la presente invención se establecen en las reivindicaciones independientes acompañantes 1 y 4. Las características opcionales de realizaciones de la invención se determinan en las reivindicaciones dependientes.

Un amplio aspecto de algunas realizaciones de la invención se relacionan con la preparación de alimentos en condiciones industriales y no industriales y, en particular, las realizaciones de la invención se relacionan con control de una región de calentamiento en un calentador de microondas, por ejemplo, utilización de áreas de calentamiento uniformes y/o áreas controlables calentadas no uniformes.

5 Mientras que la aplicación provee muchos ejemplos de microondas, en algunos ejemplos descritos aquí, en general se pueden usar RF, por ejemplo, se pueden utilizar diversas longitudes de onda, incluyendo las ondas en metros, ondas en centímetro, ondas milimétricas y otras longitudes de onda (en el vacío), dependiendo de la aplicación, por ejemplo, 1 metro a 0.1 metros o incluso 0.75 metros a 0.3 metros (ca. entre 300 MHz y 3 GHz, o incluso entre 400 MHz y 1 GHz, respectivamente).

10 Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se relaciona con el uso de la retroalimentación de un horno de microondas con el fin de cambiar el patrón de calentamiento (perfil) y reaccionar a los cambios durante el proceso de calentamiento en el horno. En una realización de ejemplo de la invención, se cambia el perfil para causar un calentamiento más uniforme. Alternativamente o adicionalmente, se cambia el perfil para lograr una no uniformidad deseada. En una realización de ejemplo de la invención, la retroalimentación comprende una función completa de parámetros s vs. frecuencia la cual continuamente (o es periódicamente) cambia de acuerdo con los cambios en la carga (el objeto calentado). Alternativamente o adicionalmente, la realimentación comprende mediciones de temperatura.

En una realización de ejemplo de la invención, la retroalimentación indica cambios de fase y/o cambios de temperatura y/o cambio en la composición (por ejemplo, pérdida de agua y/o iones) y/o el cambio constante de calor específico y/o de cambio dieléctrico en el material calentado.

20 En una realización de ejemplo de la invención, el perfil modificado es un perfil no binario, de tal manera que el perfil incluye áreas con al menos dos niveles de potencia distinguibles de no cero. Opcionalmente, cuando se cambia un perfil, se cambia una potencia promedio y/o total del perfil.

Opcionalmente, la potencia provista a cada frecuencia se modifica para lograr un perfil deseado, por ejemplo reduciendo la potencia en las frecuencias que se absorben mejor, a fin de mejorar la uniformidad. Opcionalmente, se modifica el tiempo de administración de cada frecuencia para lograr un perfil deseado. Por ejemplo, si cada frecuencia suministra una potencia diferente, entonces una frecuencia de baja potencia puede transmitirse más frecuentemente que las frecuencias de alta potencia. Opcionalmente, las múltiples frecuencias se aplican en serie o de forma aleatoria. Alternativa o adicionalmente, las frecuencias se aplican simultáneamente, por ejemplo, mediante el uso de un generador de señal para generar una señal compuesta de las frecuencias combinadas. Opcionalmente, esto se hace mediante la conversión de las señales del dominio de frecuencia al dominio del tiempo y usando la señal de dominio de tiempo para controlar un convertidor D/A.

25 Un amplio aspecto de algunas realizaciones de la invención se relaciona con controlar la uniformidad del calentamiento de los alimentos y/u otros objetos, tales como tejido biológico, en un horno de cavidad de microondas. Se ha advertido que las mediciones tomadas por los investigadores de la técnica anterior para proveer un calentamiento uniforme eran inadecuadas y no podían, por sí mismas, llevar a una metodología viable para el calentamiento uniforme (o descongelación) de objetos de forma irregular, como órganos, alimentos o similares. En particular se descubrió que la técnica anterior sufrió de muchos problemas. Tal como se utiliza aquí, el término irregular significa objetos que salen de forma esférica o elipsoide en volumen RMS de más de 5%.

40 Hornos de microondas convencionales están configurados para alimentar la energía de microondas en la cámara del horno que es esencialmente de una frecuencia única. Debido a las restricciones del dispositivo la energía se alimenta a diferentes frecuencias en un rango pequeño, normalmente entre 2.4 y 2.5 MHz. Los inventores advirtieron que las restricciones de utilizar una frecuencia sustancialmente constante, o incluso el seguimiento de un único pico de disipación en un pequeño rango de frecuencia, limitaban significativamente la capacidad para lograr un calentamiento uniforme. De hecho, se encuentra que el calentamiento a una frecuencia única es una de las principales razones de los puntos de acceso. Sin embargo, utilizando diferentes frecuencias (utilizando una o más alimentaciones), puede mejorar la uniformidad del calentamiento.

45 Mientras que algunos calentadores propuestos de la técnica anterior hicieron utilizar más de una entrada de microondas, las diferencias de frecuencia entre las dos entradas son pequeñas, de menos de 6 MHz.

Los inventores también encontraron que la estructura de la cavidad de un horno de microondas convencional, y especialmente la estructura de modos de la cavidad, inherentemente no permitió el logro de un calentamiento uniforme. En general, los campos para un modo dado en una cavidad varían con la posición y el calentamiento varía con la fuerza de los campos.

5 En la técnica, se hicieron intentos para establecer los parámetros del horno microondas para que coincida con las características de un objeto calentado antes de que comience el calentamiento. Sin embargo, durante el calentamiento las características de un objeto calentado (por ejemplo, la tendencia a absorber energía de una frecuencia dada) cambian. Por lo tanto los inventores advirtieron que incluso si un calentador estaba sintonizado con un objeto calentado antes de la operación, incluso después de un corto período de operación las características del objeto cambiarán y la sintonización ya no será significativa.

10 Otro problema es que a veces, la absorción en una localización dada de un objeto es mayor cuando se incrementa la temperatura. Esto puede dar lugar a un problema de "fuga térmica" (incluso en el horno de microondas convencional), en donde un lugar relativamente caliente absorbe más que uno más frío aumentando así continuamente la diferencia de temperatura. Cuando se hace un esfuerzo para sintonizar la entrada de energía del dispositivo a la impedancia del objeto, la eficiencia de administración de energía en el objeto puede ser maximizada, pero los puntos de acceso también se incrementan generalmente.

15 Los inventores también observaron que las publicaciones conocidas tratan con la disipación de acuerdo de energía con la absorción de energía por el resonador (por ejemplo, las corrientes de superficie) y no necesariamente el objeto. Adicionalmente, no se hizo referencia a la distribución de la disipación de energía en el objeto (con la excepción de algunas discusiones sobre la profundidad de penetración).

20 Adicionalmente, cuando se alimenta desde múltiples direcciones en una cavidad, el acoplamiento entre las alimentaciones puede ser un problema importante. Mientras que para las muestras esféricas estos efectos son mínimos, incluso para variaciones moderadas de esta forma, el acoplamiento entre las entradas puede ser bastante grande. Tal acoplamiento causó un número de problemas, incluyendo un calentamiento desigual y baja eficiencia de potencia.

Algunas realizaciones de ejemplo de la invención versan sobre uno o más de estos problemas

25 Tal como se utiliza aquí, el término "*calentamiento*" significa la administración de energía electromagnética (EM) en un objeto. A veces, un objeto puede ser calentado de acuerdo con la presente invención, sin incrementar la temperatura (por ejemplo, cuando es enfriada de forma concomitante a una rata que es al menos igual a la rata de calentamiento o en un cambio de fase, donde la energía transmitida se recoge para el cambio de fase). Calentamiento incluye deshelar, descongelar, calentar, cocinar, secar, etc., utilizando energía electromagnética.

30 Un aspecto de algunas realizaciones de la invención versa sobre calentamiento más uniforme de una vida real, esto es, objetos de geometría no uniforme o irregular. Tal como se utiliza aquí, el término "objeto" significa cualquier objeto, incluyendo una composición de uno o más objetos. En una realización de la invención, la parte más caliente de un órgano descongelado es de 6°C o menos, cuando la parte más fría alcanza a 0°C. Esto ha sido confirmado con un hígado de vaca. En experimentos con un hígado de vaca, después de la descongelación de -50°C, el rango de temperaturas en el hígado descongelado varió de 8°C a 10°C. En general, es deseable descongelar el objeto de tal manera que todas las partes están por encima del punto de congelación, para evitar la recristalización. En otra realización los objetos se calientan a otras temperaturas (por ejemplo, temperaturas para servir o de cocción, o una temperatura bajo cero que está por encima de la temperatura del objeto antes de calentar), preservando al mismo tiempo una uniformidad de post calentamiento de temperatura dentro de 50°C. A veces, la uniformidad de la temperatura en un objeto calentado (o descongelado) se mantiene durante el calentamiento de tal manera que en todo momento la uniformidad de la temperatura está dentro de 50°C o incluso dentro de 10°C o 5°C.

40 Un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención se relaciona con asegurar la eficiencia del proceso de calentamiento. La eficiencia del calentamiento está definida como la potencia generada por una fuente de energía de RF (amplificador u otro) que es absorbida en un objeto calentado. La mayor eficiencia del proceso de calentamiento da como resultado una mayor eficiencia de todo el proceso.

45 En una realización de la invención, la potencia acoplado a otras alimentaciones en cada frecuencia en cierta banda ( $S_{ij}$ ) y la pérdida de retorno en cada frecuencia ( $S_{ii}$ ) se tienen en cuenta en la determinación de la eficiencia del calentamiento y en el ajuste de ciertas características del aparato, por ejemplo, una decisión de qué potencia en qué frecuencia para transmitir y el momento de la transmisión de esas frecuencias en las potencias correspondientes. Opcionalmente, la potencia absorbida (potencia de entrada menos potencia acoplada) alimentada en el sistema desde una alimentación es ajustada para que sea la misma que la potencia absorbida alimentada en cada una de las otras alimentaciones.

50 En una realización de la invención, la anchura del "espectro" de eficiencia (relacionado con el factor Q) se incrementa de manera deseable. Se sabe, a partir de la teoría general de RF, que la pérdida más grande en el objeto (o carga) coincide con el factor Q más bajo. Además, el pico de disipación amplia permite barrer la frecuencia sobre el pico de eficiencia, una técnica que se cree mejora aún más la uniformidad del calentamiento. Con base en el ancho de banda, se puede reducir el

5 acoplamiento entre las antenas y las corrientes superficiales. Si se mide la disipación (incluso en una cámara de vacío) los picos de disipación causados por las antenas y/o componentes de metal, y/o las corrientes superficiales aparecen como picos de disipación estrechas. Así, evitando la transmisión en tales bandas (por ejemplo, estando el ancho por debajo de 0.25% o incluso por debajo de 0.75%) la pérdida de energía puede ser reducida. Dicha medición puede llevarse a cabo antes y/o durante el calentamiento de un objeto o durante la fabricación de un calentador para evitar la transmisión de tales longitudes de onda. Por otra parte, el acoplamiento entre las entradas se puede medir durante la fabricación y bandas con alto acoplamiento evitado.

10 En algunas realizaciones de la invención, la entrada de potencia a las alimentaciones en cada frecuencia transmitida es ajustada para tener en cuenta las diferencias en la potencia absorbida por el objeto que está siendo calentado, lo cual puede servir para proveer una absorción de potencia uniforme o más uniforme. Los Solicitantes han encontrado que cambiando la frecuencia transmitida en algunas subbandas escogidas y la potencia de entrada en cada frecuencia, dentro de esas subbandas escogidas, opcionalmente alrededor de los picos de absorción, se obtiene como resultado un cambio en el patrón de calentamiento dentro del objeto calentado. Así, mediante el barrido de la frecuencia en subbandas escogidas, mientras que las potencias son ajustadas apropiadamente, se calientan diversas porciones del objeto. Mantener la energía total absorbida en diferentes localizaciones de un objeto uniforme da como resultado un calentamiento más uniforme del objeto.

15 En algunas realizaciones de la invención, un amplificador de estado sólido de banda ancha puede ser utilizado como una fuente de energía de RF. Entre los beneficios potenciales está la banda ancha de frecuencias que puede ser introducida por el amplificador en estado sólido.

20 Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se relaciona con un método para controlar la entrada de energía electromagnética a una cavidad de un calentador.

25 En una realización de ejemplo de la invención una o más características del calentador se ajustan durante el calentamiento de un objeto, sensible a los cambios en el objeto o durante el ajuste inicial del calentador. En una realización de ejemplo, al menos una de la posición (i) y/o la orientación de al menos un campo de ajuste del elemento y/o (ii) a la potencia de transmisión en al menos una frecuencia (o subbanda de frecuencias) y/o (iii) características de una estructura de antena o más y/o (iv) la localización del objeto calentado se ajustan para mejorar la potencia neta y/o la eficiencia y/o la uniformidad de la transferencia de energía al objeto que está siendo calentado. Opcionalmente, se ajustan dos o más de las frecuencias de entrada, posición y/o orientación de al menos un campo de elemento de ajuste.

30 En una realización de ejemplo de la invención, las frecuencias de las entradas son sustancialmente diferentes. Mientras que en la técnica anterior antes citada, las frecuencias pueden diferir en hasta 6 MHz, en la realización de ejemplo de la presente invención, las frecuencias pueden diferir por 10, 20, 50, 100 o incluso varios cientos de MHz. Esto permite una mayor flexibilidad para proveer potencia de manera uniforme al objeto. En la técnica anterior, por inmersión del objeto en un líquido anticongelante, se logró la uniformidad del objeto. Esto dio como resultado un sistema en el cual las características del líquido eran dominantes, la frecuencia cambió poco durante el calentamiento, pero el objeto en sí mismo no se adaptó bien al entorno de microondas. Más aún, a veces se prefiere no someter el objeto a la inducción de uniformidad (por ejemplo, la exposición a un fluido que puede ser peligroso para el material biológico o el consumo o dañar el sabor o la estructura de los alimentos).

Breve descripción de los dibujos

40 Las realizaciones no limitantes de ejemplo de la invención se describen a continuación con referencia a las figuras adjuntas. Los dibujos son ilustrativos y generalmente no están en una escala exacta. Se hace referencia a los elementos iguales o similares en las diferentes figuras usando los mismos números de referencia.

Las Figs. 1A, 1B y 1C son vistas en sección superior y lateral esquemáticas respectivas de una cavidad 10, de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención;

Las Figs. 2A y 2B muestran dos elementos coincidentes de ejemplo, de acuerdo con una realización de la invención;

45 La Fig. 3 es un dibujo isométrico esquemático del interior de la cavidad de la Fig. 1;

La Fig. 4A es un dibujo esquemático de una antena útil para acoplar la energía en la cavidad, de acuerdo con una realización de la invención;

La Fig. 4B es un dibujo esquemático de una antena helicoidal útil para acoplar la energía en la cavidad, de acuerdo con una realización de la invención;

- La Fig. 4C muestra un gráfico de correlación de las frecuencias ajustadas del espacio libre y las frecuencias ajustadas de la cavidad de una alimentación de la antena helicoidal;
- Las Figs. 4D-4H son dibujos esquemáticos de varias antenas fractales útiles para acoplar la energía en la cavidad, de acuerdo con una realización de la invención;
- 5 Las Figs. 5A-5C son diagramas en bloque esquemáticos de los sistemas de calentamiento electromagnéticos, de acuerdo con una realización de la invención;
- La Fig. 6 es un diagrama de flujo simplificado del funcionamiento del sistema, de acuerdo con una realización de la invención;
- 10 La Fig. 7 es un diagrama de flujo de un proceso para ajustar los elementos y la frecuencia en el sistema de calentamiento ilustrado en la Fig. 5, de acuerdo con una realización de la invención;
- La Fig. 8 ilustra el sistema de circuitos de RF alternativo, de acuerdo con una realización de la invención;
- La Fig. 9 es un gráfico de frecuencia contra el tiempo para un proceso de descongelado típico, que ilustra una capacidad de apagado automático de acuerdo con una realización de la invención;
- 15 La Fig. 10 muestra la distribución de una estructura de presión de baja frecuencia, de acuerdo con una realización de la invención;
- La Fig. 11A es un diagrama de flujo simplificado de un método para determinar las características eléctricas de barrido, de acuerdo con una realización de la invención;
- Las Figs. 11B y 11C ilustran cómo se determina un espectro de potencia de barrido, de acuerdo con una realización de la invención;
- 20 La Fig. 11D muestra una forma de pulso, para un pulso operativo para proporcionar el espectro mostrado en la Fig. 11B, de acuerdo con una realización de la invención;
- La Fig. 12A muestra un calentador de RF con un enrollado de calentamiento auxiliar, de acuerdo con una realización de la invención;
- 25 Las Figs. 12 B y 12C ilustran esquemáticamente un esquema para transferir el calor residual desde un amplificador al calentador de la Fig. 12A;
- La Fig. 12D muestra una vista externa de un calentador de RF de bajo peso, alto rendimiento, de acuerdo con una realización de la invención.
- La Fig. 13 es un diagrama de bloques de un método de preparación de alimentos de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención;
- 30 La Fig. 14 es una vista esquemática lateral en sección transversal de una cavidad de un horno microondas de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención;
- La Fig. 15 es una vista esquemática lateral en sección transversal de un empaque para alimentos de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención;
- 35 La Fig. 16 es una vista esquemática lateral en sección transversal de una cavidad de un horno con cinta transportadora de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención;
- La Fig. 17 es un gráfico que muestra una uniformidad de calentamiento en un trozo de carne, de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención;
- 40 Las Figs. 18A y Fig. 18B son representaciones gráficas del calentamiento uniforme y no uniforme de un trozo de carne, cortado como un filete, en el que la Fig. 18A muestra los cambios de temperatura durante el calentamiento en dos localizaciones dentro del filete, una porción de grasa y una porción de carne; y la Fig. 18B representa las diferencias de temperatura entre las dos localizaciones; y

Las Figs. 19A y Fig. 19B son representaciones gráficas del calentamiento uniforme de un trozo de carne, en el que la Fig. 19A muestra los cambios de temperatura durante el calentamiento en tres localizaciones diferentes dentro de la carne y la Fig. 19B representa las diferencias de temperatura entre dos pares de las tres localizaciones anteriores.

Descripción detallada de las realizaciones de ejemplo

5 La presente solicitud describe diversos métodos de procesamiento de productos alimenticios y/u otros materiales. Antes de detallar tales métodos (por ejemplo, en la Fig. 13 y otras), se provee una descripción de los métodos de ejemplo de control de calentamiento en una cavidad de RF que es útil para algunas realizaciones de preparación de alimentos y también para otros usos.

10 La presente solicitud describe una serie de avances en el campo del calentamiento de RF (por ejemplo microondas o UHF). Aunque, por conveniencia estos avances se describen conjuntamente en el contexto de diversos aparatos y métodos, cada uno de los avances es independiente generalmente y se pueden poner en práctica con los métodos o aparatos de la técnica anterior (según sea aplicable) o con una versión no óptima de los otros avances de la presente invención. Así, por ejemplo, las partes del método para ajustar la potencia de entrada se pueden usar con el aparato de la técnica anterior de Penfold et al., anteriormente referenciados. Por el contrario, el aparato inventivo de la presente invención (o las partes del mismo) se pueden usar con el método de Penfold et al. Se espera que estas combinaciones no sean las ideales, pero se espera que ellas den resultados mejorados en los métodos y aparatos de la técnica anterior.

15 Adicionalmente, los avances descritos en el contexto de una realización de la invención se pueden utilizar en otras realizaciones y deben ser considerados a ser incorporadas como características opcionales en las descripciones de otras realizaciones, en la medida posible. Las realizaciones se presentan en forma un tanto simplificadas para enfatizar ciertos elementos inventivos. Además, se debe notar que muchas características que son comunes a la mayoría o todas las realizaciones de la invención se describen en el Resumen de la invención y se deben considerar como parte de la descripción detallada de las diversas realizaciones.

20 Se entienden las siguientes para las características novedosas o variaciones presentes en algunas o todas las realizaciones descritas. Se debe entender que no todas estas características pueden estar presentes en cualquier realización particular y que no todas las características se describen para cada realización para las que son aplicables.

25 1) Un aparato y método que permite el calentamiento de RF de un objeto irregular de manera que la temperatura del objeto es uniforme dentro de 50°C (opcionalmente, hasta dentro de 10, 6, 4 o 2 °C) cuando se completa el calentamiento. Las realizaciones de ejemplo proveen esta uniformidad principalmente mediante el calentamiento de RF de forma directa del objeto de manera que más del 50% del calentamiento es por calentamiento de RF directo y no por conducción de otras porciones del dispositivo. En algunas realizaciones de la invención, tal calentamiento de RF directo puede alcanzar 70, 80, o 90 o más por ciento.

2) Un aparato que incluye los elementos de ajuste de campo dentro de la cavidad y el método para diseñar y usar el mismo.

35 3) Un aparato de calentamiento con una o más antenas de acoplamiento para acoplar la energía dentro de la cavidad; un método para diseñar dicha antena; y el método para alimentar de energía al calentador que incluye un método para sintonizar el patrón radiado de la antena. Esto incluye, utilizar un arreglo de antenas (con una o más alimentaciones, que tienen fases controladas), antena de bucle, antena de banda ancha, antena fractal, antena direccional, antena hélice, que hace funcionar las antenas separadas o con coherencia, diseñar la antena para obtener un patrón radiado deseado, etc.

40 4) Un aparato y método para adquirir conocimiento de un proceso de calentamiento antes de, y potencialmente también varias veces durante, el calentamiento (por ejemplo varias veces por segundo) usando una medición de la eficiencia de absorción de energía en el objeto que se calienta como función de la frecuencia

45 5) Un aparato y método que se adapta para controlar una o más características del proceso de calentamiento, por ejemplo la cantidad de potencia absorbida en el objeto caliente, basado en la medición de la eficiencia de absorción de energía (por ejemplo mediante la transmisión de potencia para compensar las variaciones de absorción de energía). Esto se puede hacer ajustando, por ejemplo, la potencia de entrada en cada frecuencia transmitida, y/o seleccionando las frecuencias que se transmiten y/o moviendo los elementos de ajuste de campo y/o moviendo el objeto caliente, y/o cambiando las características de las antenas. Esto se puede hacer antes del funcionamiento, y también preferentemente una o más veces durante el funcionamiento (por ejemplo varias veces por segundo), basado en las mediciones de la absorción de energía durante el calentamiento o durante una breve pausa en el calentamiento.

50 6) Un aparato y método para aplicar una frecuencia de DC o baja frecuencia eléctrica (por ejemplo por debajo de 300 MHz, o por debajo de algún otro valor sustancialmente menor que las frecuencias de calentamiento usado) o campo magnético al

objeto durante el calentamiento de RF. Se cree que tal aplicación cambia las propiedades dieléctricas del objeto que se calienta y esto proporciona aún otro método para ajustar la potencia proporcionada al objeto que se calienta.

- 5 7) Un aparato y método en los que durante el funcionamiento de las frecuencias y/o potencia de transmisión de una o más alimentaciones se varían de manera controlada para conseguir un patrón de calentamiento deseado (por ejemplo para más de 1, 2 o 5 MHz). Esta variación puede ocurrir varias veces durante el funcionamiento (por ejemplo varias veces por segundo). En una realización de la invención, el patrón deseado es un patrón de calentamiento uniforme.
- 10 8) Aparato y método para controlar el calentamiento basado en la lectura de las características dieléctricas del objeto caliente. La lectura se puede obtener una o más veces durante el calentamiento (por ejemplo varias veces por segundo). Por ejemplo al terminar el proceso de descongelado o ebullición, cuando se detecta un cambio de fase. Esto puede implementar un cese de calentamiento.
- 9) Un calentador electromagnético que incluye múltiples entradas en las que las frecuencias de las entradas son diferentes en más de 5, 10 o 25 MHz.
- 15 10) Un calentador electromagnético que incluye múltiples entradas en las que las frecuencias de al menos una de las entradas cambia dinámicamente durante el calentamiento de manera que las frecuencias en las entradas varían en 5 MHz o más.
- 11) Un aparato que utiliza un amplificador de microondas de estado sólido de banda ancha y alta eficiencia (por encima de 40%) para suministrar energía en la cavidad y opcionalmente utilizar el calor residual generado por el generador para calentar el aire en la cavidad.
- 20 12) Un aparato que utiliza el calor residual generado por el generador de energía de RF para calentar un medio, por ejemplo el aire en la cavidad, o el agua, como en un calentador de agua.
- 13) Un método para provocar una estructura de resonancia y/o patrón diseñado, dentro de un resonador para irradiar mediante la irradiación (selectiva o generalmente) dicha estructura de resonancia y/o patrón diseñado usándolo por lo tanto como una fuente de radiación (es decir crear una fuente pasiva) y un aparato que comprende el mismo.
- 25 14) Aparato y método para usar el objeto reflectante de RF, tales como metales, para la concentración de la energía en un entorno cerca de estos objetos, dentro de un resonador, por ejemplo dentro del objeto caliente o en el entorno cerca del objeto caliente.
- 15) Aparato y método de alta eficiencia (al menos 50%, a veces por encima del 70% o incluso 80%) del calentador de RF. La eficiencia se define como la potencia absorbida en el objeto contra la potencia a la salida de la fuente de potencia. Esto abre la posibilidad de un calentador que funciona a partir de una fuente de energía solar.
- 30 16) Un calentador de RF que pesa menos de 15 Kg, o incluso menos de 10 Kg. De acuerdo con algunas realizaciones de la invención el uso de un amplificador a estado sólido de alta eficiencia en lugar de un tubo de microondas permite el uso de una fuente de potencia de DC de bajo peso en lugar del transformador resistente. Este ahorro de calor es adicional a la sustitución de un magnetrón pesado con un amplificador a estado sólido ligero. Además, la alta eficiencia elimina la necesidad de un disipador de calor, por ejemplo usando el resonador como un disipador de calor. En algunas realizaciones de la invención, el requisito de un disipador de calor se evita o se reduce parcialmente alimentando el calor residual del amplificador de nuevo en la cavidad de microondas.
- 35 17) Aparato y método de información de la temperatura de un objeto caliente que usa una TTT (una etiqueta sensible a la temperatura, etiqueta de transmisión de temperatura preferentemente pasiva de la resonancia que se cambia debido a los cambios de temperatura o que transmite la información de temperatura usando una respuesta modulada). Esto se puede hacer si la frecuencia de TTT está distante del intervalo de transmisión del dispositivo, o si la frecuencia de TTT está dentro del ancho de banda del dispositivo, y evitando las frecuencias de TTT específicas durante el calentamiento. En algunas realizaciones de la invención se pueden usar una etiqueta que tiene dos elementos resonantes, uno que es sensible a la temperatura y uno que no es sensible ya que la medición de la diferencia de frecuencia es más precisa que la medición de la frecuencia absoluta.
- 40 18) Un aparato y método de calentamiento de RF que incluye el medio para controlar el entorno de la cámara (por ejemplo introducción y/o eliminación de humedad, enfriamiento y/o calentamiento, etc.). Por ejemplo, en el caso de un huevo que se hierve, el calentamiento reduciría el gradiente de temperatura (y por lo tanto el esfuerzo) a través de la cáscara del huevo, reduciendo por lo tanto las posibilidades de que se agrieten y se revienten. Opcionalmente, la temperatura del aire en la



cámara se puede variar con el tiempo, dependiendo de la temperatura actual del objeto y de los objetivos tal como provocar la condensación que está cerca del objeto que se calienta (tal como la carne).

5 19) Un aparato en el que la potencia absorbida por el objeto que se calienta se puede calcular basado en el conocimiento de la entrada de energía y la eficiencia de transferencia de energía al objeto que se calienta. Esto permite el cálculo de una temperatura actual y/o un tiempo de apagado basado en el calentamiento real en lugar de algún tiempo de calentamiento estimado como se usa actualmente con cocinas de microondas.

Las Figs. 1A, 1B y 1C muestran las vistas en sección superior y lateral respectivas de una cavidad 10, de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención.

10 La cavidad 10, como se muestra es una cavidad cilíndrica hecha de un conductor, por ejemplo un metal tal como aluminio, y es resonante en el rango de las frecuencias del microondas o UHF, opcionalmente entre 300 MHz y 3 GHz, con mayor preferencia entre 400 MHz y 1 GHz. En algunas realizaciones de la invención, la cavidad es una cavidad esférica, rectangular o elíptica. Sin embargo, se debe entender que la metodología general de la invención no se limita a cualquier forma de la cavidad del resonador en particular.

15 En un extremo 12 del cilindro y en los dos lados de la porción cilíndrica 14 se posicionan las antenas de alimentación 16, 18 y 20 para alimentar la energía a una frecuencia que se selecciona opcionalmente usando los métodos descritos a continuación. Se muestran varios tipos ejemplares pero sin limitar la utilidad de las antenas para llevar a cabo la invención en las Figs. 4A-4C.

20 En una realización de ejemplo de la invención, se colocan uno o más elementos coincidentes 22, 24 dentro de la cavidad, cerca opcionalmente de las antenas de alimentación. Se muestran dos tipos de elementos de ajuste de campo, sin embargo, se pueden usar otros materiales y formas. El primer elemento de ajuste de campo 22, que se muestra más claramente en la Fig. 2A se sitúa en el extremo 12 de la cavidad 10. En esta realización el elemento es giratorio alrededor de un eje 28 acoplado en el extremo, en una dirección 30. Opcionalmente, se aísla del extremo por una lámina de aislamiento 32 que acopla el elemento 22 capacitivamente al extremo 12. Alternativamente se acopla de manera conductiva.

25 Se cree que el elemento 22 (así como el otro elemento de ajuste de campo) tiene un doble efecto, cuando se ajusta adecuadamente. Por una parte cambia los modos de la cavidad de manera que dirige selectivamente la energía de las alimentaciones en el objeto a calentarse. Un segundo efecto relacionado es ajustar de manera simultánea al menos una de las alimentaciones y reducir el acoplamiento en las otras alimentaciones.

30 El elemento de ajuste de campo 24, que se muestra más claramente en la Fig. 2B se sitúa entre la alimentación 18 y el extremo 12. Un extremo del elemento opcionalmente se acopla eléctricamente a la porción cilíndrica 14 de la cavidad. El otro extremo del elemento 24 se separa y se aísla del extremo 12 por el material de aislamiento 36. Está libre para deslizarse a lo largo del extremo 12 y la porción cilíndrica como se muestra por las flechas 33 y 34. Este deslizamiento cambia la variación espectral del rendimiento de absorción de energía.

La Fig. 3 es un dibujo en perspectiva del interior de la cavidad para mostrar más claramente la posición y orientación de la alimentación y los elementos.

35 Las Figs. 4A-4H muestran tres tipos diferentes de antenas que son útiles para llevar a cabo la invención. Estas antenas o bien son novedosas *de por sí*, o si son conocidas nunca se han usado para las alimentaciones en un horno de microondas o calentador, especialmente en un calentador del tipo cavidad. Generalmente, en la mayoría de los calentadores del tipo de cavidad de microondas, las alimentaciones usadas no son direccionales en gran medida y no son de banda ancha, como las definidas al aire libre. El objetivo de las alimentaciones es estimular los modos de la cavidad. Dado que las cavidades de la técnica anterior se estimulan en una sola frecuencia o una banda estrecha de frecuencias, las antenas se diseñaron específicamente para estimular estos modos. Adicionalmente, las cavidades del microondas de la técnica anterior, usan guía de ondas o antenas de bucle que no están diseñadas para disminuir el acoplamiento de la energía de una alimentación a otra (ellas tienen generalmente una sola alimentación). Los presentes inventores han descubierto que el uso de las antenas direccionales y/o las antenas de banda ancha permiten un mejor acoplamiento al objeto calentado y menor acoplamiento a otras alimentaciones.

50 En algunas realizaciones las antenas se suministran como arreglos. Hay algunas ventajas en el uso de un arreglo de antenas. La banda puede ser más grande y hay una menor dependencia de la localización del objeto calentado en los resultados. La directividad se puede controlar, incluso se puede ajustar durante el calentamiento. Es posible controlar la fase de cada antena única del arreglo, que controla el modo de RF. Es posible alterar la estructura de la antena, por ejemplo, usando la antena hélice, el radio y la altura de la antena se pueden cambiar a fin de sintonizar la impedancia y cambiar el modo de RF.

5 La Fig. 4A muestra una antena útil para acoplar la energía de las alimentaciones 16, 18 y 20 en la cavidad 10, de acuerdo con una realización de la invención. Como se muestra la alimentación 16 incluye una alimentación coaxial 37 con su conductor central 36 curvado y que se extiende en la cavidad. El conductor central está curvado pero no toca las paredes de la cavidad. Opcionalmente, el extremo del alambre se forma de un elemento conductor 40 para aumentar el ancho de banda de la antena. Los presentes inventores han encontrado que las antenas del tipo que se muestra son capaces de acoplar mejor la energía a un objeto irregular en la cavidad. Se cree que tales antenas transmiten direccionalmente y si la curva está dirigida hacia el objeto que se calienta, entonces se mejorará el acoplamiento al objeto (en lugar de acoplarse a la cavidad).

10 La Fig. 4B muestra una antena hélice útil para acoplar la energía de las alimentaciones 16, 18 y 29 en la cavidad 10, de acuerdo con una realización de la invención. Como se muestra la alimentación 16 incluye una alimentación coaxial 37 con su conductor central 36' que tiene una extensión que se forma en una hélice. Esta antena se puede diseñar para hacer coincidir en el espacio libre sobre una banda relativamente ancha de frecuencias (tal como la que es útil para la presente invención) y se puede hacer más o menos direccional cambiando el número de vueltas. El diseño del espacio libre se ajusta entonces para la presencia de la cavidad como se describe a continuación con respecto a la Fig. 4C. El gráfico de la Fig. 4C muestra los resultados experimentales para una hélice de 7 vueltas, con un diámetro igual a la longitud de onda del espacio libre y una inclinación de giro de menos de 0.2 longitudes de onda. Sin embargo, los presentes inventores han encontrado que las curvas del tipo mostradas en la Fig. 4C se pueden encontrar, mediante la experimentación, para otras características de giro también.

15 Son conocidas en la técnica las antenas fractales. Se hace referencia a Xu Liang y Michael Yan Wan Chia, "Multiband Characteristics of Two Fractal Antennas", John Wiley, MW y Optical Tech. Letters, Vol. 23, No. 4, págs. 242-245, 20 de noviembre de 1999. Se hace referencia también a G.J. Walker y J.R. James, "Fractal Volume Antennas" Electronics Letters, Vol. 34, No. 16, págs. 1536-1537, 6 de agosto de 1998.

20 La Fig. 4D muestra una simple antena de lazo 50 como se conoce en la técnica, para la radiación en el espacio libre. El ancho de banda de lazo (en el espacio libre) es: 604 MHz @ 740 MHz la frecuencia central (-3 dB puntos) y 1917 MHz @ 2.84 GHz la frecuencia central. Esta antena tiene un patrón de directividad monopolo pero una banda ancha de uno (que es una ventaja sobre la estrecha BW de la antena dipolo). Sin embargo, la directividad monopolo no irradia en una dirección paralela a la alimentación.

El ancho de banda (BW) de esta antena varía entre 10MHz y máximo de 70MHz depende de la posición de carga (objeto) dentro de la cavidad.

Esta y las siguientes antenas fractales pueden ser útiles en la presente invención para alimentar la energía en una cavidad.

30 La Fig. 4E muestra una simple antena sierpinski 52, útil en la práctica de la presente invención. Generalmente, las áreas de sombreado transversal 54 son placas metálicas y el área central blanca 56 es una región no conductora. Las placas metálicas se montan en un dieléctrico preferentemente de constante dieléctrica baja y están conectadas en las esquinas y en el conductor central 37 de la alimentación coaxial 36, como se muestra. Es característico que en la cavidad son similares a las de la antena de lazo.

35 La Fig. 4F muestra una antena sierpinski modificada 58, útil en la práctica de la presente invención. Generalmente, las áreas de sombreado transversal 60 son placas metálicas y las áreas blancas 62 son regiones no conductoras. Las placas metálicas se montan en un dieléctrico preferentemente de constante dieléctrica baja y están conectadas en las esquinas y en el conductor central 37 de la alimentación coaxial 36 como se muestra.

40 Para un extensión total de 103.8 mm utilizando triángulos equiláteros de igual tamaño, la frecuencia central de esta antena es de aproximadamente 600 MHz dentro de la cavidad.

La Fig. 4G muestra aún otra antena sierpinski modificada 64, útil en la práctica de la presente invención. Generalmente, las áreas de sombreado transversal 66 son placas metálicas y las áreas blancas 68 son regiones no conductoras. Las placas metálicas se montan en un dieléctrico preferentemente de constante dieléctrica baja y están conectadas en las esquinas y en el conductor central 37 de la alimentación coaxial 36.

45 Se muestran las dimensiones en la Fig. 4G para una antena que tiene una frecuencia central de 900 MHz en la cavidad.

La Fig. 4H muestra una antena fractal multicapa 70 fabricada de tres antenas fractales separadas por una pequeña distancia (por ejemplo 2 mm) una con respecto a otra.

El tamaño de cada una de estas antenas está escalonado a fin de ampliar el ancho de banda de la antena. En el ejemplo mostrado una primera antena 72 se escala a 0.8 de las dimensiones dadas en la Fig. 4G. Una segunda antena 744 tiene las

mismas dimensiones como la antena de la Fig. 4G y una tercera antena 76 está aumentada de tamaño por encima de la antena 74 por un factor de 1.2. El volumen fractal de la antena (Fig. 4G) tiene un ancho de banda total de 100MHz - esto es una mejora sobre el máximo de 70 MHz de BW alcanzado en una antena fractal simple anterior (Figs. 4D-4H).

5 Las antenas fractales muestran además un cambio de frecuencia central cuando se colocan en una cavidad. Esta diferencia se usa (como con la antena hélice) para diseñar las antenas para su uso en las cavidades escalando las frecuencias.

En general, se desea utilizar antenas direccionales, antenas de banda ancha para energizar la alimentación en el objeto que se calienta tales antenas incluyen antenas de parche, antenas fractales, antenas hélice, antenas de registro periódico y antenas espirales.

10 Las Figs. 5A a 5D son diagramas en bloque esquemáticos de un sistema de calentamiento electromagnético, de acuerdo con una realización de la invención.

La Fig. 5A muestra un diagrama en bloque general de cada una de las alimentaciones eléctricas 90 del sistema, en una realización de ejemplo de la invención. El sistema se controla por un ordenador 92 que controla a través de una interfaz de control (controlador) 130 un sistema de RF 96 que proporciona potencia al objeto calentado 98.

15 La Fig. 5B es un diagrama en bloque de la electrónica de uno de los sistemas de alimentación de RF 96, de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención. Un VCO 102 recibe una señal desde un circuito de control 130 (Fig. 5C) que establece la frecuencia de la energía en el puerto. Esta energía se pasa a través de un interruptor de RF 104 y un atenuador de voltaje controlado (VCA) 106, ambos de los cuales se controlan por el circuito de control 130. Después de pasar a través del VCA, se ha establecido la potencia y la frecuencia de la señal. Se proporciona una carga 108 para descargar la señal generada por el VCO 102 cuando la señal del VCO 102 no se interrumpe en el VCA.

20 La señal se envía entonces a través de la línea principal de un primer acoplador de doble dirección opcional 110.

La salida del VCA se amplifica entonces por un amplificador de potencia 112 y después se pasa a través de un aislador 114. Una señal proporcional a la potencia reflejada desde el amplificador 112 se alimenta también en el circuito de control.

25 El acoplador 110 retroalimenta una porción de la señal que entra en él (después de la detección o medición de la potencia) para controlar el circuito 130. Una señal proporcional a la potencia reflejada por el amplificador 112 se envía también al controlador 130. Estas señales permiten la supervisión del VCO/VCA y el amplificador. En un sistema de producción, el acoplador direccional puede no ser necesario.

Un interruptor de RF 116 interrumpe la potencia o bien en una carga 118 o en la alimentación del resonador 98, a través de un segundo acoplador de doble dirección 120. El acoplador de doble dirección 120 muestra la potencia tanto dentro como fuera del resonador y envía las señales de medición de potencia al controlador 130.

30 En una realización de la invención, el amplificador de RF 112 es un amplificador a estado sólido basado en la tecnología de LDMOS.  $P_{sat} = 300W$ , rendimiento = aproximadamente 22%, la banda efectiva - 800-1000 MHz tales amplificadores o bien tienen un ancho de banda relativamente estrecho o un bajo rendimiento (<25%) o ambos. Esto limita la utilidad óptima de los avances de la presente invención. Recientemente, los amplificadores han llegado a estar disponibles basados en la tecnología de semiconductores de SiC (carburo de silicio) o GaN (nitruro de galio). Los transistores que utilizan tales tecnologías están disponibles comercialmente en compañías, tales como Eudyna, Nitronex y otras. Los amplificadores que tienen una salida de potencia máxima de 300-600 W (se pueden construir de módulos de baja potencia (50-100 Watt)) y un ancho de banda de 600 MHz (en una frecuencia central de 700 MHz) o un ancho de banda de 400 MHz (está disponibles en una frecuencia central de 2.5 GHz), por ejemplo. Tales amplificadores tienen un rendimiento mucho más alto que los amplificadores de la técnica anterior (está disponible el rendimiento de 60%) y tolerancia mucho más alta para reflejar las señales, de manera que el aislador 114 a menudo se puede omitir para estos amplificadores. Una configuración particular que utiliza este tipo de amplificador se describe a continuación junto con las Figs. 12A-D.

35

40

Volviendo ahora a la Fig. 5C el controlador 130 comprende el ordenador 92 que lleva a cabo los cálculos y proporciona una función de registro del sistema así como actuar como una interfaz de usuario. Controla además el resto de los elementos en los que se lleva a cabo la calibración y el método de control de los diagramas de flujo de la Fig. 7.

45 El ordenador 132 se acopla al resto del sistema a través de una interfaz 134 que está diseñada para proporcionar comunicación a, por ejemplo, un ALTERA FPGA 140, que se conecta con y proporciona las señales de control para los diversos elementos del sistema de RF. El Altera recibe las entradas (como se describió anteriormente con respecto a las Figs. 5A-5C), a través de uno o más multiplexores 136 y un convertidor A/D 138. Adicionalmente, se establece la frecuencia y potencia de cada una de las alimentaciones (descritas también con respecto a las Figs. 5A y 5B) a través de los

convertidores D/A 140 y las posiciones del elemento de ajuste de campo que utiliza opcionalmente el método descrito con la ayuda de los siguientes diagramas de flujo. En un sistema de producción, el ordenador puede no ser necesario y el Altera o un controlador similar puede controlar y procesar todos los datos necesarios. En algunas realizaciones de la invención, la frecuencia se barre como se describe a continuación.

- 5 La Fig. 6 es un diagrama de flujo simplificado 150 del funcionamiento de un sistema de calentamiento que tiene la estructura descrita anteriormente. La Fig. 7 es un diagrama de flujo simplificado de la calibración 160 del sistema. Como será evidente, la calibración y funcionamiento del método del sistema se pueden usar también con cambios menores solamente para sistemas operativos con menores o mayores números de alimentaciones eléctricas y/o un mayor o menor número de elementos coincidentes.
- 10 En un objeto 152, por ejemplo se coloca un órgano congelado o un objeto alimenticio congelado o no congelado, en la cavidad 10. Se lleva a cabo una rutina de calibración o ajuste opcionalmente entonces para establecer los elementos variables en el sistema. Esto puede incluir la salida de potencia de los amplificadores 112 en cada una de las alimentaciones eléctricas a la cavidad en cada frecuencia, seleccionar para que se transmita, el conjunto finito de sub-bandas de frecuencias de cada VCO 102, el método para proporcionar energía a las diversas frecuencias (por ejemplo barrido u otra
- 15 variación de frecuencia, o la provisión de una señal pulsada que incorpora la frecuencia deseada y características de la potencia), el posicionamiento de los elementos coincidentes (por ejemplo, 22, 24), la posición del objeto calentado y cualquiera de las otras variables que afectan las diversas características del proceso de calentamiento, por ejemplo - la uniformidad y/o rendimiento de la transferencia de potencia al objeto. Una memoria contiene los criterios 156 para calibrar el sistema. Los criterios ejemplares se describen a continuación. Se lleva a cabo la calibración 160 para determinar las nuevas variables de calentamiento. Se resume una rutina de calibración ejemplar en el diagrama de flujo de la Fig. 7, descrito a continuación.
- 20

Después que se determinan las nuevas variables, se establecen las nuevas variables 158 y comienza el calentamiento 170.

- 25 Periódicamente (por ejemplo unas cuantas veces por segundo), el calentamiento se interrumpe por un corto tiempo (tal vez sólo unos pocos milisegundos o decenas de milisegundos) y se determina 154, opcionalmente basado en un método descrito a continuación, si el calentamiento se debe terminar. Si debe, entonces termina el calentamiento 153. Si el criterio o los criterios para terminar el calentamiento no se cumplen, entonces se introduce la rutina de calibración (o reajuste) 160. Si no, se reanuda el calentamiento 170. Se debe notar que durante la fase de medición, el barrido es generalmente mucho más amplio que durante la fase de calentamiento.

Se describirá la rutina de calibración 160 para cada canal individual, con referencia al diagrama de flujo de la Fig. 7.

- 30 A fin de llevar a cabo la calibración, se establece la potencia opcionalmente a un nivel suficientemente bajo 162 de manera que no tenga lugar el calentamiento sustancial, pero lo suficientemente alto de manera que se puedan detectar con fiabilidad las señales generadas. Alternativamente, puede tener lugar la calibración a máxima o media potencia. La calibración en niveles de potencia casi operacionales puede reducir el rango dinámico de algunos componentes, tal como el VCA, y reducir su coste.
- 35 Cada una de las entradas se barre entonces 164 entre una frecuencia mínima y una máxima para el canal. Opcionalmente, las frecuencias superior e inferior son 430 y 450 MHz. Se pueden usar otros rangos, tales como 860-900 MHz y 420-440. Se debe creer que sustancialmente cualquier rango entre 300-1000 MHz o incluso de hasta 3 GHz es útil dependiendo de la tarea de calentamiento que se lleva a cabo. Cuando se usa la banda ancha, los amplificadores de alto rendimiento descritos anteriormente, se puede barrer el ancho de banda mucho mayor de varios cientos de MHz o más, dentro del rango de los
- 40 amplificadores. El barrido puede estar por encima de varias bandas no contiguas, si más de una banda contigua satisface los criterios para su uso en el calentamiento.

Los coeficientes de reflexión de entrada  $S_{11}$ ,  $S_{22}$ , y  $S_{33}$  y los coeficientes de transferencia  $S_{12}=S_{21}$ ,  $S_{13}=S_{31}$ ,  $S_{23}=S_{32}$  se miden durante el barrido y se determina un rendimiento de potencia neta como (para el puerto 1 por ejemplo), como:

$$\eta_1 = 1 - (\text{Potencia reflejada del puerto 1} + \text{potencia acoplada a los puertos 2 y 3}) / \text{potencia de entrada}$$

- 45 El presente inventor ha encontrado que bajo muchos regímenes de funcionamiento es deseable maximizar ciertos criterios.

En una primera realización de la invención, el rendimiento de potencia neta máxima para cada puerto se maximiza, en el sentido de, que el rendimiento de potencia neta en un punto de rendimiento máximo dentro del rango de barrido se hace lo más alto posible. Se destaca el rendimiento y la frecuencia en la que el rendimiento está en un máximo. Opcionalmente, se destacan también el ancho del pico de rendimiento y un factor Q.

Una segunda realización de la invención está basada en un criterio similar. Para esta realización se determina el área bajo cada pico de resonancia del rendimiento neto de transferencia. Esta área debe ser un máximo. Se destacan el rendimiento, la frecuencia central de la resonancia que tiene el área máxima y su ancho.

5 En una realización de la invención, los criterios para determinar si las variables se establecen adecuadamente es cuando el rendimiento neto del pico (primera realización) o el área o un ancho (segunda realización) está por encima de cierto nivel predeterminado o un factor Q está por debajo de cierto nivel predeterminado. Por ejemplo, puede haber una restricción de que se maximiza el área de rendimiento neto por encima de 60% para cada una de las alimentaciones.

10 Se debe notar que se absorbe la energía que ni se refleja ni se transmite a los otros puertos o bien en las paredes de la cavidad o en el objeto que se calienta. Dado que la absorción en las paredes conductoras es mucho menor que en el objeto por un factor importante, el rendimiento neto se aproxima por la proporción de la potencia de entrada que se absorbe en el objeto. Se debe notar también que la frecuencia del rendimiento neto máxima no es necesariamente la misma que la frecuencia en la cual es mejor el ajuste.

15 En una realización de la invención, la frecuencia se barre mientras que se ajusta la potencia. El término barrido se debe entender para incluir la transmisión en serie de frecuencias no contiguas individuales, y la transmisión de los pulsos sintetizados que tiene el contenido espectral de frecuencia/potencia deseado.

20 Los presentes inventores han descubierto que cada frecuencia tiene la absorción máxima en una localización específica dentro de un objeto dentro de una cavidad, que las localizaciones pueden variar entre las diferentes frecuencias. Por lo tanto barrer un rango de frecuencias puede provocar el movimiento de la región del pico de calentamiento dentro del objeto, las simulaciones por ordenador han mostrado que, al menos cuando el factor Q de un pico es bajo (es decir, una gran cantidad de energía se disipa en el objeto que se calienta) el movimiento de la región del pico de calentamiento puede ser bastante sustancial. Además, los inventores han encontrado que cada modo (representado por pico un diferente de rendimiento) actúa de manera diferente cuando se barre.

25 La Fig. 11A es un diagrama de flujo simplificado 200 de un método para determinar las características de potencia de barrido, de acuerdo con una realización de la invención. Este método corresponde a los eventos 160 y 158 del diagrama de flujo de la Fig. 6.

30 Después de colocar el objeto en la cavidad (152) la cavidad se barre para determinar el rendimiento de entrada como una función de la frecuencia (202) (por ejemplo, obtener una imagen espectral). La determinación del rendimiento de entrada se describió en detalle anteriormente. Alternativamente, se suministra un pulso de energía, que tiene un espectro amplio en el rango de interés a la entrada. Se determinan la energía reflejada y la energía transmitida en otras entradas y se analizan sus espectros, por ejemplo usando el análisis de Fourier. Usando cualquiera de los métodos, se puede determinar el rendimiento de potencia neta como una función de la frecuencia.

Bajo algunas condiciones, donde los objetos similares se han calentado previamente, se pueden desarrollar y usar un conjunto de tablas para diferentes tipos y tamaños de objetos como un atajo en lugar de las mediciones escasamente separadas.

35 La Fig. 11 B muestra una curva de rendimiento de potencia neta simplificada 250 en una entrada. Se debe notar que hay regiones en las que el rendimiento es alto y otras en las que el rendimiento es bajo. Además, algunos de los picos de rendimiento son más amplios y otros son más estrechos.

A continuación, se determina el ancho de banda de barrido total (BW) (204). Esto puede incluir barrer a través de un solo pico o a través de varios picos.

40 En una realización de la invención, durante la fase de calentamiento, la frecuencia se barre a través de una porción de cada uno de los picos, de alto rendimiento. Por ejemplo, para proveer el calentamiento uniforme de objetos se cree que la potencia introducida en la cavidad en cada frecuencia debe ser la misma. Por lo tanto, en una realización de la invención, la potencia en cada frecuencia se ajusta de manera que  $P \cdot \eta$  es una constante para todas las frecuencias en el barrido. Dado que la potencia disponible se limita siempre a algún valor, esta puede establecer un límite en el ancho de banda disponible para el barrido. Un ejemplo de un límite inferior del rendimiento se muestra como línea punteada 252 en la Fig. 11B. El barrido se puede limitar a las frecuencias que tienen el rendimiento por encima de este valor.

50 A continuación, se establecen las posiciones de los elementos de ajuste de campo. Este ajuste es opcional y en algunas situaciones, incluso donde están presentes tales elementos, ellos no necesitan ajustarse. Generalmente, el criterio para tal ajuste es que los picos tienen tan alto rendimiento como es posible con un pico tan amplio como posibles aplicaciones específicas pueden introducir objetivos adicionales, tales como mover el pico a una cierta banda.

Se usa un proceso iterativo (206, 208) para determinar una posición y/u orientación deseada de los elementos de ajuste de campo. Cuando se completa el proceso de búsqueda que puede ser cualquier proceso de iteración como se conoce en la técnica, se establecen los elementos en la mejor posición encontrada. (210).

5 En una realización de la invención, el barrido se ajusta (212) para evitar la alimentación de exceso de potencia en ciertas partes del objeto por ejemplo, si el objeto contiene una barra de metal o un cierre de metal, se puede generar un pico alto en el rendimiento 254. Una barra de metal puede provocar una concentración de energía cerca de los extremos de la barra. Evitar la irradiación en este pico puede reducir a veces los efectos de tales objetos en el calentamiento uniforme.

A continuación, se determinan los parámetros de barrido (214).

10 La Fig. 11C muestra el espectro de potencia 256 de la energía que se introduce a la entrada, de acuerdo con una realización de la invención. Se debe notar que no se transmite energía a la característica de frecuencia de la barra y que para otras frecuencias para las cuales el rendimiento está por encima se muestra el mínimo en 252 en la Fig. 11B. La potencia tiene una forma que es de manera que el producto de rendimiento  $\eta$  y la potencia suministrada es constante sustancialmente.

15 En una realización alternativa de la invención, la energía se suministra al puerto en forma de un pulso en lugar de como energía de barrido. Se genera un primer pulso, tal como el mostrado en la Fig. 11C por un sintetizador de pulso. Este pulso se amplifica y se introduce en la entrada. El sintetizador de pulso reemplazaría entonces el VCO 102 (Fig. 5B). Se entiende que el sintetizador de pulso se puede programar además para producir un barrido para su uso en la determinación de la dependencia de la frecuencia de  $\eta$  (evento 164 de la Fig. 7).

20 Se lleva a cabo una búsqueda para una posición de los elementos coincidentes en la que el rendimiento de potencia neta en todas las alimentaciones cumple con los criterios. Esto se indica en las cajas 214 y 216, que representan una búsqueda llevada a cabo cambiando las posiciones y/u orientaciones de los elementos coincidentes. Se pueden usar las técnicas de búsqueda estándares (iteración) o una red neural o se puede usar otro sistema de aprendizaje, especialmente si se calienta el mismo tipo de objeto reiteradamente, como es común para los usos industriales.

25 Cuando se cumplen los criterios, entonces la potencia se eleva a un nivel adecuado para calentar y barrer opcionalmente. La potencia se normaliza en los amplificadores respectivos opcionalmente para proporcionar una misma potencia neta en la cavidad (y por lo tanto, en el objeto) para cada puerto. Opcionalmente, el puerto menos eficiente determina la potencia en el objeto. Aunque en los hornos de la técnica anterior, el usuario decide el tiempo de calentamiento, en algunas realizaciones de la presente invención se puede predecir generalmente el tiempo de calentamiento deseado.

Volviendo de nuevo a la Fig. 6, hay una serie de metodologías para llevar a cabo el calentamiento 170.

30 En una realización de la invención, la potencia se introduce en todas las alimentaciones al mismo tiempo. Esto tiene la ventaja de que el calentamiento es más rápido. Tiene la desventaja de que son necesarios los tres conjuntos separados del sistema de circuitos.

35 En una segunda realización de la invención, la potencia se introduce a las alimentaciones en serie, por períodos cortos. Potencialmente, sólo se necesita un solo conjunto de la mayor parte de los circuitos, con un interruptor que se usa para transferir la potencia de alimentación a alimentación. Sin embargo, para la calibración, se debe proveer un método para medir la potencia transmitida de puerto a puerto. Este sistema de circuitos se podría usar también para ajustar las alimentaciones cuando la potencia no se suministra a ellas. Un diferente tipo de sistema de circuitos para proveer tanto el calentamiento como la funcionalidad de calibración, de acuerdo con una realización de la invención, se muestra en la Fig. 8, correspondiente al sistema de circuitos de la Fig. 5B.

40 Se usan los mismos números de referencia en la Fig. 8 como en la Fig. 5B, excepto como se indica a continuación. Tal sistema tiene la ventaja de ser mucho menos costoso. Es, por supuesto, más lento. Sin embargo, permite un método adicional de ecualizado, en el que la duración del tiempo (ya sea solo o junto con el cambio de la potencia de entrada) durante el cual se suministra cada alimentación se ajusta de manera que la energía en cada la alimentación es la misma (o diferente si se desea).

45 La Fig. 8 es similar a la Fig. 5B hasta la salida del interruptor de RF 116. El siguiente interruptor de RF 116 un segundo interruptor de RF 192 transfiere la potencia entregada por el amplificador a una de las alimentaciones. Se muestra solamente el sistema de circuitos 200 relacionado con la alimentación 2.

El sistema de circuitos 200 funciona en uno de dos modos. En un modo de transferencia de potencia, una señal de control 130 interrumpe la potencia desde el interruptor de RF 192 hasta el acoplador de doble dirección 120, a través de un

5 interruptor de RF 194. El resto del funcionamiento del puerto es como se describió anteriormente. En un modo pasivo, la entrada al interruptor de RF 194 no recibe la potencia desde el amplificador 112. El interruptor 194 conecta una carga 190 a la entrada del acoplador de doble dirección 120. En el modo pasivo, la carga 190 absorbe la potencia que se suministra desde la cavidad en la alimentación. Para la simplificación adicional de los sistemas de producción del acoplador direccional 120 puede ser posible, recolocar el acoplador de doble dirección con un acoplador de una sola dirección.

Se debe notar que los interruptores 116 y 192 y opcionalmente los interruptores locales se pueden combinar en una red de interruptores más compleja. Alternativamente o adicionalmente, el interruptor de RF 194 se puede reemplazar por el circulador de manera que la potencia retornada desde la alimentación se descarga siempre en la carga 190.

10 O bien en la realización de la Fig. 5B o en la realización de la Fig. 8, la frecuencia de la potencia suministrada a un puerto se puede suministrar en la frecuencia central del modo de resonancia que acopla la potencia neta más alta, es decir, el punto de rendimiento máximo de la transferencia de energía al objeto que se calienta. Alternativamente, la frecuencia se puede barrer a través del ancho de la resonancia o, con mayor preferencia a lo largo de una porción del ancho, por ejemplo entre los puntos de -3 dB de la curva del rendimiento de potencia, o como se describió anteriormente con respecto a las Figs. 11A-11C. Como se indicó anteriormente, opcionalmente, la potencia se ajusta durante este barrido de manera que la potencia de entrada neta permanece constante o casi constante durante el barrido. Esto se puede lograr cambiando la amplificación de potencia del amplificador de potencia inversamente al rendimiento de potencia de la frecuencia instantánea que se suministra.

15 Volviendo de nuevo a la Fig. 6, se hace referencia además a la Fig. 9, que muestra un gráfico de la frecuencia de un pico particular con el tiempo para un proceso de descongelado típico. Este gráfico ilustra un método de uso de los cambios en las propiedades del objeto durante un proceso de descongelado para determinar cuándo está completo el proceso.

20 La ordenada de la Fig. 9 es la frecuencia seleccionada como una entrada para una de las alimentaciones. La abscisa es el tiempo. Durante el descongelado de un objeto, el hielo en el objeto se convierte en agua. El hielo y el agua tienen diferente absorción de energía de UHF o microondas, lo que resulta en una pérdida de retorno diferente y acoplamiento como una función de frecuencia. El ajuste no solamente hace este cambio, pero al menos después de reajustar mediante el ajuste de los elementos coincidentes, cambia la frecuencia del pico de rendimiento de absorción. En el punto A, parte del hielo ha comenzado a transformarse en agua y la frecuencia de ajuste cambia. En el punto B, todo el hielo se ha transformado en agua y la frecuencia de ajuste detiene el cambio. Monitorizando la frecuencia descrita anteriormente y especialmente su tasa de cambio, se puede determinar el punto en el que todo el hielo se convierte en agua y el calentamiento ha terminado, si solamente se desea descongelar. Se debe notar que el cambio de frecuencia durante el descongelado es grande, como se describe en la presente, comparado a los cambios de frecuencia permitidos en la técnica anterior.

25 Uno de los problemas de descongelar una masa sólida de forma irregular y estructura interna irregular es que generalmente es imposible determinar cuándo todo el hielo se ha convertido en agua. Por lo tanto, generalmente, en la técnica anterior, se permite un recalentamiento para asegurar que no hay hielo, lo que, teniendo en cuenta el calentamiento desigual de la técnica anterior, mejoraría la recristalización, si quedó algún hielo.

30 Los métodos de calentamiento y aparatos de la presente invención, que permiten tanto el calentamiento uniforme como proveer el conocimiento del avance del descongelado, pueden resultar en la recristalización mucho menor e incluso inexistente.

El aparato y método de acuerdo con la presente invención se han usado para descongelar un hígado de cerdo, sushi o maki y para cocer un huevo en la cáscara.

40 La siguiente tabla muestra una comparación del descongelado de un hígado de vaca por el sistema de la presente invención y que usa un horno de microondas convencional.

Tabla 1: Comparación del método inventivo y microondas convencional- hígado de vaca

Medición	Método inventivo	Microondas convencionales
Temperatura inicial	-50°C	-50°C
Temperatura final después del descongelado	8°C a 10°C	-2°C a 80°C

Medición	Método inventivo	Microondas convencionales
Potencia	400 Watt	800 Watt
Tiempo de descongelado	2 minutos	4 minutos
Daño visible	Ninguno	Se destruyó la textura de la muestra descongelada. Hay regiones congeladas a lo largo del lateral quemado. No hay posibilidad de supervivencia de células vivas.

La siguiente tabla muestra una comparación entre el descongelado del maki que contiene pescado crudo cubierto por arroz y envuelto en algas, por el sistema de la presente invención y que usa un horno de microondas convencional.

Tabla 2: Comparación del método inventivo y microondas convencional-maki

Medición	Método inventivo	Microondas convencionales
Temperatura inicial	-80°C	-80°C
Temperatura final después del descongelado	2°C a 6°C	-5°C a 60°C
Potencia	400 Watt	800 Watt
Tiempo de descongelado	40 segundos	1 minuto
Daño visible	Ninguno	El proceso de descongelado coció parte del salmón, por lo tanto dejó de ser Maki.

5

Se coció un huevo usando el presente método. Generalmente, los huevos se revientan si se hace un intento de cocerlos en un horno de microondas. Sin embargo, usando el sistema descrito anteriormente se coció un huevo en la cáscara. La parte blanca y la amarilla ambas se cocieron bien, y la blanca no quedó más dura que la amarilla. Ninguna parte quedó seca o gomosa y el sabor era muy bueno, con poca o ninguna diferencia de un huevo cocido duro convencional. Adicionalmente, el pescado ultracongelado se ha descongelado sin dejar ninguna de las porciones congeladas y sin que ninguna de las porciones se caliente por encima de las temperaturas de cocido.

10

En cada uno de los experimentos anteriores, la frecuencia y la potencia se ajustaron automáticamente y los elementos coincidentes se ajustaron manualmente, de acuerdo con el método dado anteriormente para el ajuste automático.

15

Los inventores creen que la metodología de la presente invención es capaz de descongelar los objetos que están ultracongelados a casi por encima de cero con una variación de temperatura de menos de 40 °C, opcionalmente de menos de 10 °C, 5 °C e incluso tan baja como una diferencia de 2 °C. Se han alcanzado tales resultados en experimentos llevados a cabo por los inventores, para un hígado de vaca, por ejemplo.

20

Descongelar los objetos tales como carne y pescado con tales bajas diferencias y a altas velocidades tiene el potencial para la prevención del desarrollo de la salmonella, botulismo y otros tóxicos alimenticios. El descongelado uniforme, controlado tiene implicaciones importantes en el descongelado de órganos para el trasplante, sin la destrucción de los tejidos.



- La Fig. 10 muestra el aparato para aplicar una DC o una frecuencia relativamente baja (de hasta 100 kHz o 100 MHz) a un objeto en la cavidad, de acuerdo con una realización de la invención. Esta figura es similar a la Fig. 1, excepto que la cavidad incluye las dos placas 250 y 252. Un suministro de potencia (no se muestra) electrifica las placas con un alto voltaje diferencial en una DC o en la frecuencia relativamente baja. El objetivo de este campo de baja frecuencia es reducir la rotación de las moléculas de agua. El hielo es agua a estado sólido por lo tanto se restringen sus modos de rotación. Un objetivo es restringir los modos de rotación del agua líquida a fin de hacer que se determine la rata de calentamiento por la del hielo. Los presentes inventores creen también que los campos de baja frecuencia pueden cambiar la constante dieléctrica de los materiales que hace que el objeto se caliente, permitiendo un mejor ajuste de la entrada al objeto.
- En una realización alternativa de la invención se aplica una DC o campo magnético de baja frecuencia colocando uno o más enrollados dentro de o preferentemente fuera de la cavidad para provocar la alineación de las moléculas en el objeto. Es posible combinar la baja frecuencia o energía eléctrica de DC y la baja frecuencia o campos magnéticos de DC con posibles fases diferentes de diferentes direcciones.
- La Fig. 12A muestra una cavidad 98 con un enrollado del calentador interno 600 colocado dentro de la cavidad. Una entrada 602 y una salida 604 se prevén para alimentar un fluido caliente a través del enrollado para calentar el aire dentro de la cavidad.
- Las Figs. 12B y 12C muestran dos ilustraciones esquemáticas de un sistema para transferir calor desde un amplificador de alta potencia 606 hasta el enrollado. Incluso en un rendimiento de 60%, el amplificador puede generar varios cientos de watts. Esta energía (o al menos parte de ella) se puede transferir para calentar el aire y producir radiación infrarroja (como hace un enrollado de resistencia) en la cavidad para incrementar la eficiencia del calentamiento.
- La Fig. 12B muestra un diagrama muy esquemático para ilustrar cómo se captura el calor residual de un amplificador 606. La Fig. 12C muestra un diagrama en bloque del mismo sistema. El elemento 608 representa un sistema de enfriamiento para el fluido de retorno y un sistema de bombeo del fluido. Se recibe el fluido de retorno de la salida 604, se enfría el líquido (si es necesario) y se bombea el líquido en una separación 610 entre el amplificador 606 y un dissipador de calor opcional 612. La temperatura a la entrada de la separación y en su salida se miden preferentemente por los sensores 614 y 616 y se introducen a un sistema de control 618, que controla una y opcionalmente más de una rata de enfriamiento y bombeo para proveer una transferencia de calor deseada a la cavidad. Se puede proveer un ventilador 620 para enfriar el dissipador de calor cuando sea necesario. El fluido que pasa entre el amplificador y el dissipador de calor funciona también para transferir calor del amplificador y el dissipador de calor. Opcionalmente los equipos conductores de calor pueden transferir calor entre el amplificador y el dissipador de calor con el fluido que pasa entre los nervios para recolectar el calor.
- Alternativamente, se pueden usar las tuberías de calor u otros medios para recoger y transferir energía a la cavidad. Alternativamente, se podría pasar aire caliente sobre el amplificador y/o dissipador de calor y pasar a la cavidad.
- El uso de los amplificadores de alto rendimiento con o sin transferencia de calor a la cavidad puede dar como resultado sistemas altamente eficientes, con un rendimiento total de 40-50% o más. Dado que se usan los amplificadores con voltajes relativamente altos (40 V-75 V), la necesidad de transformadores grandes es obvia y los dissipadores de calor pueden ser pequeños e incluso inexistentes, con el amplificador que transfiere calor a la carcasa del calentador.
- Optimizando el sistema, un calentador como el que se muestra en la Fig. 12D, que incluye una carcasa 650, los amplificadores y el controlador, así como una interfaz de usuario 652 y una puerta 654, como el que se encuentra normalmente en un horno de microondas puede pesar tan poco como 10 o 15 Kg o menos.
- Aunque los solicitantes han utilizado las frecuencias de UHF para calentar en los ejemplos descritos anteriormente, en lugar de la frecuencia mucho mayor de 2.45 GHz usada en la técnica anterior, para las aplicaciones de calentamiento además de descongelar, puede ser deseable una frecuencia diferente. Las frecuencias de UHF son absorbidas preferentemente por el hielo y tienen una longitud de onda más larga que las frecuencias mayores, de manera que los campos dentro del objeto son más uniformes y el hielo se calienta preferentemente cuando se compara al agua. Esto se provee para el calentamiento preferencial del hielo e incluso el descongelado uniforme.
- Las mediciones adicionales que se pueden tomar para mejorar la uniformidad son:
- 1) Se pueden insertar diversos tipos y tamaños de materiales conductores tales como pequeños granos de material conductor en polvo (oro) en la muestra anteriormente al proceso de congelación (por ejemplo a través de la circulación de la sangre o fluido de enfriamiento) y servir como fuentes reflectantes. La inserción se puede hacer usando alguna plantilla de material no conductor (que absorbe o no) que sostiene los objetos conductores. Estas fuentes de energía pasiva pueden mejorar la uniformidad de la absorción de radiación de EM.

2) La penetración de los materiales que cambian sus características dieléctricas depende de la temperatura de una manera que es diferente a la de la muestra. Inyectar estos materiales permitirá los cambios en las características dieléctricas de la muestra en la dirección deseada para alcanzar el calentamiento uniforme y rápido.

5 3) El uso de sondas para la medición de diversos parámetros del proceso de calentamiento tales como la temperatura, presión, y así sucesivamente: Estas sondas se pueden insertar dentro de la muestra anteriormente al proceso de congelación o acoplar adyacente a la muestra en cualquier etapa del proceso. La medición de estos parámetros provee un medio para la supervisión (control) del proceso de calentamiento de manera que si el calentamiento no es óptimo será posible hacer cambios en diversos parámetros del proceso. Hay sondas disponibles que son adecuadas para la medición durante el calentamiento en un dispositivo de microondas. Estas sondas pueden servir también como una indicación de cuándo detener un proceso de descongelado o cocido.

10

Tales sondas se pueden incluir en una bolsa en la que el objeto a calentar se coloca y pueden incluir un elemento resonante cuya frecuencia resonante se hace para variar con la temperatura mediante la inclusión de una temperatura dependiente del elemento tal como una temperatura dependiente de la resistencia o del condensador.

15 Las sondas se pueden proveer con circuitos resonantes cuya frecuencia depende de la temperatura. Tales sondas se pueden escanear durante el escaneo usado para establecer los parámetros de barrido para determinar la temperatura. Durante la transferencia de potencia, se deben evitar estas frecuencias generalmente. En una realización de la invención, se para una etiqueta sensible a la temperatura con una etiqueta insensible a la temperatura y los cambios en la frecuencia de la etiqueta sensible a la temperatura se determinan por una diferencia de frecuencia entre las dos. Esto permite una medición más precisa de la temperatura que utiliza una medición absoluta de la frecuencia de la etiqueta sensible a la temperatura.

20

4) La envoltura de la muestra en el material que no absorbe la radiación de EM en las frecuencias específicas: Este tipo de envoltura puede servir como empaque para la muestra durante el transporte y como parte o sistema de sonda por el cual es posible medir la temperatura y los parámetros adicionales en los bordes de la muestra. Esta envoltura puede servir como refrigeración local para las superficies externas de la muestra (que usualmente tienen una tendencia a calentar más rápido que el resto de la muestra) a fin de alcanzar la uniformidad en el calentamiento de la muestra.

25

Además, la envoltura puede incluir la identificación del objeto para ayudar en el seguimiento del objeto y proveer además una indicación al sistema de un protocolo preferido para calentar el objeto. Por ejemplo la envoltura se puede proveer con un número de elementos resonantes que se pueden detectar cuando la cavidad se barre durante la calibración. Las frecuencias de los elementos se pueden usar para proveer una indicación de la identificación del objeto. Esto permite el establecimiento automático o semiautomático de los parámetros de inicio para la calibración y/o para un protocolo de calentamiento particular, optimizado para el objeto particular y las condiciones.

30

Alternativa o adicionalmente, para los circuitos resonantes, se provee un elemento de registro/almacenamiento de un tipo diferente, por ejemplo, en forma de un elemento RFID o un código de barra, que incluye en el mismo una indicación del contenido de un empaque o envoltura que incluye el objeto, el tratamiento sugerido del mismo y/o las instrucciones de calentamiento. En una realización de ejemplo de la invención, se proveen las instrucciones exactamente en un sitio remoto, indexado a una tecla almacenada por el elemento de registro. Tales instrucciones pueden ser, por ejemplo, almacenadas en una tabla o generadas de acuerdo con una solicitud, basada en la información relacionada con la identificación.

35

Se provee opcionalmente un lector en el calentador, por ejemplo, un lector de RFID o un lector de código de barra para leer la información de un empaque o una envoltura del mismo.

40 En una realización de ejemplo de la invención, después que el objeto se prepara, se almacenan opcionalmente diversos tipos de información en (o en asociación con) el elemento de registro, por ejemplo, tamaño, peso, tipo de empaque y/o las instrucciones de cocido/descongelado/calentamiento.

En una realización de ejemplo de la invención, el elemento de registro ha almacenado con el mismo las instrucciones de cocción específicas. Alternativamente o adicionalmente, el elemento de registro ha almacenado en el mismo, información con relación a la forma del plato y/o las propiedades dieléctricas de sus contenidos. Se debe notar que para las porciones en forma industrial, si la forma de los alimentos está relativamente regular entre los platos, el movimiento de los alimentos y/o los cambios en tamaño y/o pequeños cambios en la forma no afectarán generalmente la uniformidad demasiado, por ejemplo, el desplazamiento de una región/límite de calentamiento en 1-2 cm. Opcionalmente, el plato incluye una depresión y/u otras estructuras geométricas que empujan el producto alimenticio para mantener una posición deseada con relación a los bordes del plato.

45

50

- 5 Durante el calentamiento de los alimentos, los parámetros de calentamiento varían opcionalmente. El efecto de la variación puede provocar la falta de uniformidad en el espacio y/o en el tiempo. En una realización de ejemplo de la invención, se provee una secuencia que define cómo y qué variar. Opcionalmente, la secuencia incluye las decisiones tomadas de acuerdo con el tiempo (por ejemplo, la estimación de un efecto) y/o el estado de los alimentos (por ejemplo, la medición). Se describieron anteriormente diversos métodos de medición. La estimación se basa opcionalmente en una simulación o en resultados empíricos de ciclos de calentamiento anteriores. Opcionalmente, la secuencia es condicional (por ejemplo, se modifica, se genera y/o se selecciona), por ejemplo, basada en la posición de un plato en el horno y/o las preferencias personales (que se pueden almacenar en el horno).
- 10 En una realización de ejemplo de la invención, se provee una secuencia en el elemento de registro o en una localización remota. Opcionalmente, se selecciona una secuencia por un usuario que selecciona un efecto de calentamiento deseado.
- En un ejemplo, un solo producto alimenticio puede experimentar diferentes niveles de potencia para diferentes tiempos, a fin de alcanzar una textura/sabor deseado.
- En una realización de ejemplo de la invención, se usa una secuencia para establecer diferentes niveles de energía y/o diferentes tiempos para aplicar tales energías.
- 15 En un ejemplo, una secuencia es como sigue:
- (a) Calentar todo el plato de manera que el alimento alcance una temperatura relativamente uniforme de 5 grados Celsius.
  - (b) Calentar de manera uniforme todo el plato al 80% durante 5 minutos y después la potencia máxima durante 10 minutos.
  - (c) Calentar a 40 grados centígrados.
  - (d) Mantener el calor durante 10 minutos. Se debe notar que se puede mantener un calor deseado opcionalmente estimando la absorción de energía mientras se aplica una cantidad conocida de enfriamiento. Alternativamente, se puede estimar la absorción de calor real basado en una cantidad conocida de absorción de energía y una medición de la temperatura del aire que sale de la cavidad. Opcionalmente, el horno incluye una fuente de aire de enfriamiento y/o tiene paredes enfriables y/o bandeja.
  - (e) Reducir el calor a 30 grados Celsius.
  - (f) Esperar 10 minutos.
  - (g) Informar "hecho" pero dejarlo en 30 grados Celsius hasta que se retire.
- 20 En una realización de ejemplo de la invención, la secuencia incluye otras condiciones, por ejemplo, detectar cambios en el color (por ejemplo, bronceado), vapor (por ejemplo, por el cambio de fase del agua), volumen (por ejemplo, el aumento de la masa cambiará el comportamiento de la cavidad de manera que se pueda anticipar).
- 30 Opcionalmente, la secuencia incluye una solicitud al usuario para adicionar ingredientes (por ejemplo, especias), o mezclar o posicionar nuevamente el objeto.
- En una realización de ejemplo de la invención, la secuencia tiene en cuenta la calidad del control de la uniformidad alcanzable en el horno. Por ejemplo, si se desea un mayor nivel de uniformidad que el provisto básicamente por el horno, el calentamiento puede incluir pausas donde se reduce la potencia, para permitir que el calor se nivele en el objeto. La longitud de los retardos está opcionalmente precalculada para las sustancias alimenticias y una falta calibrada de uniformidad del horno. Alternativamente o adicionalmente para reducir la potencia, las áreas de calentamiento y/o alimento se pueden mover una con relación a la otra de manera que se distribuye mejor el calentamiento.
- 35 En una realización de ejemplo de la invención, no se provee la secuencia. En su lugar, los tiempos de calentamiento y/o parámetros se basan directamente en los resultados deseados, propiedades de los alimentos medidas y/o propiedades de calentamiento medidas. Tales resultados deseados se pueden proveer al usuario o indicar por el elemento de registro.
- 40 5) La inyección de líquido: (similar al líquido de enfriamiento) que es adecuada para una muestra biológica, el propósito de la cual es provocar el calentamiento uniforme: Este líquido se usa en el campo de la hipertermia. En este campo el calentamiento de un área biológica se hace a fin de eliminar un tumor canceroso. A partir del conocimiento derivado de este campo es posible entender que un líquido tal como este puede provocar un cambio drástico en la uniformidad del calentamiento y puede permitir el uso de un dispositivo de calentamiento que está más simplificado de lo que se necesitaría sin su uso.
- 45

6) La penetración de las fuentes de radiación activa en la muestra durante el proceso de congelación: Estas fuentes están activas, lo que significa que están conectadas a una línea de suministro externa que se usará como una fuente de radiación de EM que emanará desde dentro de la muestra.

5 La presente invención se ha descrito en parte en el contexto del descongelado. Los inventores creen que basándose en los resultados mostrados anteriormente, se puede esperar que los métodos de la presente invención, se pueden usar para hornear y cocer, en áreas en la que los hornos de microondas convencionales son notoriamente débiles o para otras operaciones de calentamiento, especialmente aquellas para las que se necesita un alto nivel de uniformidad o control y/o en la que tiene lugar un cambio de fase.

10 Utilizando diversas realizaciones de la invención, la energía de UHF o de microondas se puede depositar de manera uniforme en un objeto dentro de menos del 610%, 620% o 630% más de 80% o 90% o más del objeto.

Procesos de preparación de alimentos de ejemplo

15 La Fig. 13 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo 1300 de preparación de alimentos de acuerdo con las realizaciones de ejemplo de la invención. Después de una breve revisión del diagrama de flujo, se ampliará cada acción. Se debe apreciar que el orden de las acciones se puede variar y que varias de las acciones que se muestran son opcionales. El proceso que se muestra incluye la preparación de alimentos, almacenamiento y consumo, generalmente en una localización remota. En algunos casos, solamente se llevan a cabo las porciones de preparación y/o consumo del proceso.

En la 1302, el alimento se coloca para su procesamiento, por ejemplo, se corta a la medida.

En la 1304, el alimento se preprocesa opcionalmente, por ejemplo, se seca una superficie de la misma (por ejemplo, secado al aire) o se añaden especias.

20 En la 1306, el alimento se cocina opcionalmente. Opcionalmente, se procesa el alimento durante la cocción, por ejemplo, se añaden especias.

En la 1308, el alimento se enfría, se congela, se enlata y/o se prepara de otra manera para almacenar.

25 En la 1310, se empaqueta el alimento. Como se describe a continuación, el empaque se selecciona opcionalmente para que coincida con la forma de los alimentos y/o el proceso de recalentamiento. En algunos casos, el alimento es empacado en una etapa anterior.

En la 1312, se miden opcionalmente una o más propiedades de los alimentos. Tales mediciones se pueden almacenar por ejemplo, en el empaque o en una localización central.

En la 1314 se entrega el alimento, por ejemplo, a las tiendas y/o restaurantes.

30 En la 1316, se calienta el alimento, por ejemplo, para descongelar o cocinar. Se mide (1318) una propiedad del calentamiento/alimento (por ejemplo una imagen espectral, por ejemplo, una exploración de la disipación de energía de RF en diferentes frecuencias) y se usa para ajustar los parámetros de calentamiento (1320). De manera alternativa o adicionalmente, se estiman una o más propiedades del calentamiento/alimento (1322) y se modifican los parámetros de calentamiento (1324). La modificación puede ser, por ejemplo, espacial (por ejemplo moviendo los parches y/o el objeto caliente y/o cambiando las frecuencias), y/o el perfil de calentamiento (es decir las frecuencias transmitidas y las potencias coincidentes) (por ejemplo, un triplete de tiempo/frecuencia/potencia).

35 Se debe notar que el movimiento del objeto afecta la imagen espectral (por ejemplo la absorción en cada frecuencia). El triplete define la transmisión seleccionada. Para cada frecuencia hay un tiempo de transmisión y una potencia de transmisión (generando de ese modo el triplete). Cuanto más el calentador transmite en una frecuencia dada en una potencia dada, más energía se disipa en el objeto. El movimiento puede afectar la decisión de si transmitir o no en una frecuencia dada, en cuál potencia y por cuánto tiempo. Se debe notar que en algunas realizaciones de la invención, no se "mide" la localización/movimiento directamente, sino que a menudo afectan la imagen espectral. Se debe notar que la potencia total absorbida se puede estimar usando métodos como los descritos en la presente.

40 En la 1326, el alimento se consume y/o se clasifica opcionalmente para el consumo de acuerdo con la calidad de la preparación y/o almacenamiento de los alimentos.

45 La siguiente discusión se basa en términos generales en dos ejemplos, uno de preparación de las porciones de alimentos, en el que se proveen múltiples productos alimenticios en un solo plato y uno de preparación industrial de alimentos, tal como

un pescado. Otros ejemplos incluyen, tortilla, arroz, carne, pastel, frutas o verduras frescas, ensaladas, productos lácteos, productos de temporada, productos de corta durabilidad, aditivos medicinal y/o alimenticio.

#### Calentador de RF de ejemplo

5 La Fig. 14 es una vista esquemática en sección transversal de un calentador de RF 1400, de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención. Este calentador se puede usar, por ejemplo, para cocinar/calentar/descongelar, que incluye la 1306 y 1316 de la Fig. 13. El calentador 1400 generalmente sigue la descripción de las Figs. 1-10, que muestran las antenas del radiador 16, 18 y 20 y los elementos de ajuste de campo 22/24. El sistema de RF 96 y el ordenador/controlador 130/92 como se describió anteriormente se pueden usar, opcionalmente con diferente programación como se describe a continuación. Como se indica por la forma en la figura, la cavidad puede ser rectangular o tener otra forma. Particularmente, el controlador puede contener un ASIC e incluye opcionalmente una capacidad para ejecutar las simulaciones de RF. Se pueden usar otros métodos de implementación, que incluyen programas, microprogramas y hardware. Opcionalmente, el controlador incluye una o más tablas de configuración deseables para usar en diversas condiciones de entrada para alcanzar las salidas deseadas. Tales tablas se pueden generar/calibrar sobre una base de dispositivo individual o por una pluralidad de dispositivos opcionalmente similares. También se pueden proveer las variaciones del diseño anterior. Se pueden llevar a la práctica algunas realizaciones de la invención, posiblemente con calidad reducida, usando un horno de microondas estándar. Los siguientes elementos se describen brevemente y entonces de nuevo como parte del proceso de preparación de alimentos de ejemplo.

20 Opcionalmente, los osciladores para el barrido y para el calentamiento son diferentes, por ejemplo, usando un VCO para barrer, opcionalmente con calibración periódica y un oscilador estable para el calentamiento. Tal sistema de ejemplo se describe en la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos No. 60/924,555 presentada el 21 de mayo de 2007 por ELECTROMAGNETIC HEATING.

Se usa un generador de imágenes opcional 1402, por ejemplo un generador de imágenes de rayos X, un generador de imágenes por ondas milimétricas o CCD para obtener una imagen, que incluye opcionalmente concentraciones de agua y/o propiedades dieléctricas de un producto alimenticio colocado sobre una bandeja 1406.

25 La bandeja 1406 opcionalmente tiene uno o más elementos guía 1408 para garantizar la correcta colocación de los alimentos (especialmente el alimento provisto en paquetes diseñados adecuadamente) en la misma. Opcionalmente el horno se programa o es programable para actuar de manera diferente para ciertos diseños de empaque. La bandeja 1406 se mueve opcionalmente, por ejemplo, usando un actuador (no se muestra).

30 Se provee opcionalmente un lector 1404, por ejemplo, un lector de RFID o un lector de código de barras para leer la información de un empaque. Opcionalmente, se hace la lectura por el mismo sensor cuando se usa para el barrido, posiblemente a una frecuencia diferente.

Se debe notar que incluso si se optimizan las antenas de calentamiento para un cierto intervalo de frecuencia, pueden funcionar aún en otros intervalos, armónicos o no.

35 La información de lectura del empaque puede, en algunas realizaciones, incluir las instrucciones con relación al gusto, textura y/u otro efecto deseado de la preparación de alimentos (por ejemplo el dorado, si un filete debe estar crudo o bien hecho, etc.). Por ejemplo, un paquete de carne puede incluir al menos dos instrucciones de funcionamiento distintas - bien hecho pero menos o medio crujiente y más crujiente. Después de adquirir la información del empaque, el horno puede sugerir al usuario que seleccione entre los modos. Cada modo dicta, por ejemplo, qué nivel(es) de potencia usar en qué frecuencia y cuándo, si o no proveer potencia que se disiparía en un elemento crujiente y cuánto y cuándo proveer la misma. Adicionalmente, el horno podría ser sensible a la potencia absorbida en el objeto o a una porción de la misma, y sobre la consecución de un cambio predeterminado, se detecta el cambio por el horno y el horno puede reaccionar y cambiar el modo de calentamiento por ejemplo, el empaque puede incluir un líquido que se expande durante el calentamiento. A medida que la cocción progresa el vapor de agua creado por el líquido abre el empaque, y el dispositivo detecta el cambio en la imagen espectral (debido al cambio de fase del agua), que se puede usar para decidir encender un modo de dorar. Alternativamente, un sitio de empaque (comida para llevar en un restaurante o instalación industrial) puede usar diferentes empaques, cada uno con instrucciones distintas para los modos de calentamiento (por ejemplo rápido y menos uniforme o viceversa). Por lo tanto un usuario puede comprar el alimento empacado que calentaría a la rata de calentamiento preferida del usuario (en lugar de solamente el efecto de cocción deseado). De manera alternativa o adicionalmente, uno o más sensores 1410 lee una información del tamaño, peso y/o información legible por ordenador de un empaque, una vez que el empaque se coloca sobre la bandeja. De manera alternativa o adicionalmente, un usuario introduce la información, por ejemplo, en un teclado de un horno de RF o usa un lector de código de barras externo.

En una realización de ejemplo de la invención, se provee un deflector de bloqueo de radiación 1412 que se puede posicionar selectivamente (por ejemplo, 1414) para bloquear la radiación de los alimentos en la bandeja 1406. Mientras que se muestra una bisagra giratoria activada por un actuador 1416, se pueden usar otros diseños, por ejemplo, deflectores que lleguen de dos o más lados de los alimentos, y deflectores corredizos.

- 5 En una realización de ejemplo de la invención, se proveen uno o más elementos de control ambiental 1420, que se pueden usar, por ejemplo, para controlar la temperatura ambiente, la turbulencia del aire, humedad y/o presión. Opcionalmente, el uno o más elementos de control ambiental 1420 incluyen una lámpara de UV. Opcionalmente, la lámpara de UV se usa para reducir la contaminación y/o crecimiento bacteriano durante una operación de mantener caliente u otras operaciones de largo plazo. Opcionalmente, se provee un sensor ambiental 1422 para ayudar en el cierre de un bucle de realimentación en el entorno. En algunos casos, los espectros de absorción de RF indican una o más condiciones ambientales, tal como el nivel de humedad. En algunos casos, se modifica el calentamiento para tener en cuenta las condiciones ambientales existentes.

En una realización de ejemplo de la invención, se proveen uno o más módulos de calentamiento convencionales 1424, por ejemplo, un calentador de IR o una fuente de vapor de agua.

Dispositivos y/o modos dedicados

- 15 En algunas realizaciones, el calentador se puede configurar para mantener el alimento a aproximadamente una temperatura dada (por ejemplo aproximadamente una temperatura dada o dentro de una zona predeterminada tal como 40-45°C). En algunas realizaciones, se provee un calentador dedicado capaz de mantener sustancialmente sólo la temperatura. En una realización de ejemplo de la invención, un calentador se puede ajustar a un modo donde cualquier apertura y cierre de la puerta (si la hay) provoca que el dispositivo intente automáticamente calentar/enfriar un objeto en el mismo (opcionalmente si solamente se detecta la presencia de un objeto, por ejemplo mediante una exploración de frecuencia o detección de peso) a la temperatura objetivo. Puede ser útil mantener una temperatura, por ejemplo, en restaurantes, donde se mantiene un plato a una temperatura adecuada para servir, pero deseablemente sin dañar el plato y/o permitir el crecimiento de los microbios patógenos. El calentador puede incluir uno o más elementos de enfriamiento (por ejemplo, enrollados del refrigerador o una fuente de aire frío) para reducir las temperaturas.

- 25 Se puede proveer un modo para "mantener caliente" de diversas maneras, que incluye:

- (a) En una realización de ejemplo de la invención, el calentador permite que el alimento se enfríe o incluso se congele (por ejemplo, el calentador enfría de forma activa el alimento), y calienta entonces el alimento a la temperatura deseada tras la petición. Opcionalmente, los efectos de enfriamiento y calentamiento se aplican a la misma porción del horno. Alternativamente, el alimento se puede mover entre las partes y/o los compartimientos del horno y/o una bobina de enfriamiento y/o un elemento de calentamiento de RF se pueden mover también (por ejemplo, usando rieles o un brazo robótico). En una realización de ejemplo de la invención, el calentamiento se termina cuando el objeto alcanza la temperatura para mantener caliente deseada. Alternativamente, o adicionalmente, el calentador incluye uno o más sensores de radiación que detectan la emisión de energía/calor durante el enfriamiento y el controlador controla el calentador para introducir la misma energía perdida tras la petición. La medición de la temperatura puede ser, por ejemplo, en la cámara del calentador, en la placa, o mediante la detección de los alimentos en sí (por ejemplo sensor de IR o fibra óptica). En una realización de ejemplo de la invención, el recalentamiento a petición usa una potencia adecuada de manera que el tiempo de calentamiento es muy corto, por ejemplo, menos de 1 minuto, menos de 30 segundos, menos de 10 segundos o menos de 3 segundos (por ejemplo, si se provee suficiente potencia para el tamaño de los alimentos, por ejemplo, 27 kw para 300 gr de carne).

- 40 En una realización de ejemplo de la invención, se determina una configuración de inicio optimizada durante una etapa de calentamiento anterior, de manera que el recalentamiento puede proceder más rápidamente y con mayor seguridad. De manera alternativa o adicionalmente, se lleva a cabo una exploración rápida (por ejemplo, 3-4 mseg.). Por ejemplo, si un objeto se ha de descongelar en 20 segundos podrían ser detectables los cambios significativos en la imagen espectral en aproximadamente 2 segundos. Opcionalmente, se llevan a cabo 10 barridos/segundo, que ralentizan la descongelación en aproximadamente 1.5% del tiempo. Se pueden llevar a cabo menos barridos, por ejemplo 2 barridos/seg. Sin embargo se debe notar, que si el calentamiento incluye parches de ajuste, cada ajuste requiere típicamente un barrido repetido antes de que comience el calentamiento y toma tiempo llevarlo a cabo. En una realización de ejemplo de la invención, se provee un empaque que detalla las condiciones de inicio/configuración y el ancho de banda máximo que se puede alcanzar moviendo los parches (por ejemplo, un mejor resultado alcanzable). Opcionalmente, el empaque incluye un tiempo de convergencia promedio (u otra estadística de la simulación). Una desviación significativa de la media puede indicar que puede haber un problema con el empaque y/o el calentador. Opcionalmente, en tal caso, el calentador usa el mejor resultado que se encontró incluso si no es tan bueno como el resultado esperado. De manera alternativa o adicionalmente, el calentador puede reportar un problema (por ejemplo, al usuario o a través de la red).

De manera alternativa o adicionalmente, la información del empaque se usa para reducir el número de barridos. Por ejemplo, si un calentador repite el barrido 15 veces y se promedian los resultados, que tienen resultados de barrido "original" pueden permitir que el número de barridos se reduzca (por ejemplo, solamente para encontrar una desviación), permitiendo por lo tanto un solo barrido que es más corto que 1 mseg., por ejemplo, 10 s o 100 s de microsegundos.

5 Basado en resultados experimentales, se estiman los siguientes tiempos de calentamiento para la preparación de alimentos usando un calentador de 27 kw:

i. 400 gr de carne de res recién hecha en menos de 9 segundos a 27 kw.

ii. 100 gr de sushi de -80 grad. C para descongelar a 2-6 grad. - menos de un segundo a 27 kw.

10 iii. 1.3 Kg de pollo de -10 a aproximadamente 2-6 grados C- aproximadamente 4 segundos a 27 kw (b). En una realización de ejemplo de la invención, el alimento se mantiene continuamente a una misma temperatura, por ejemplo, dentro de 10 grados, 5 grados, 3 grados o 1 grado o incluso 0.5 grados (centígrados). En una realización de ejemplo de la invención, la temperatura se mantiene a una o más para proveer aire caliente a la temperatura objetivo, soplando vapor de agua a una temperatura deseada en el alimento dentro del dispositivo o introduciendo RF a baja potencia o intermitentemente, de manera que el objeto no podría enfriarse por debajo de una primera temperatura ni calentarse por encima de una segunda temperatura. La temperatura se puede medir como se detalló anteriormente o puede tomar lugar un calentamiento predeterminado basado en los resultados experimentales con cantidades de alimentos similares.

20 En una realización de ejemplo de la invención, la interfaz de usuario de un horno de acuerdo con la presente invención se puede reducir y/o simplificar para mejorar la facilidad de funcionamiento. Un horno se puede dedicar por ejemplo para alcanzar una temperatura final deseada (por ejemplo temperatura de refrigeración 4-8°C o temperatura ambiente (20-25°C) o cualquier otra temperatura (por ejemplo 50-65°C, etc.). Insertando el alimento en el horno (y presionando opcionalmente un simple botón) el usuario activa el horno y el dispositivo termina el calentamiento tras alcanzar la temperatura deseada, en cuyo momento se puede notificar al usuario y opcionalmente cambiar a un modo para mantener caliente. Opcionalmente, el horno tiene varias temperaturas finales (por ejemplo, 5-10 opciones cada una que define un intervalo de temperatura de 4-10°C, que cubre un intervalo entre 0 y 100°C) y el usuario puede seleccionar la temperatura final. Por ejemplo, se pueden limitar las opciones para descongelar parcialmente (-5-0°C), descongelar (4-8°C), temperatura ambiente (20-25°C), calor (40-50°C), caliente (60-70°C) y muy caliente (90-100°C).

30 En una realización de ejemplo de la invención, el calentador tiene un modo que evita a los usuarios no autorizados (por ejemplo niños) alcanzar una temperatura que se considera menos segura (por ejemplo 35-40°C o más o 45-50°C o más). Se puede proveer un elemento similar para evitar daños al alimento o al empaque o evitar fuegos (por ejemplo, basado en la temperatura o absorción de energía). La temperatura se provee opcionalmente en un empaque o prealmacenada en el calentador. Se puede programar una configuración para invalidar la otra. Opcionalmente, se aplica el elemento limitante requiriendo un código especial para cualquier etapa que incluye una temperatura por encima del límite. De manera alternativa o adicionalmente, se puede bloquear la puerta del calentador de manera que no podría abrirse mientras la temperatura del objeto es más alta que la temperatura segura, a menos que se use una invalidación por el usuario (por ejemplo el código). Este elemento puede usar cualquier método para detectar la temperatura del objeto, incluyendo los de la técnica anterior en los calentadores de la técnica anterior. De manera alternativa o adicionalmente, la rata de calentamiento del objeto se puede usar para calcular la rata de enfriamiento (del objeto y/o una parte del empaque) y el tiempo después del calentamiento cuando la puerta se puede abrir libremente. ( $E = mC_p\Delta T$ , y E y  $\Delta T$  son conocidas). Opcionalmente, el horno soporta una opción para seleccionar una rata deseada de calentamiento que provocaría que el horno use ya sea más o sea menos potencia uniforme.

40 En una realización de ejemplo de la invención, el horno es capaz de calcular automáticamente un modo de funcionamiento adecuado, a pesar de la forma/tamaño/composición/localización geográfica de los alimentos, usando por ejemplo el método de barrido de frecuencia descrito en la presente y/o usando un sensor de temperatura, soportando de ese modo la simplificación de la interfaz.

45 Colocar el alimento (1302)

50 En una realización de ejemplo de la invención, el alimento se forma y/o se coloca de manera que coincide con las etapas de procesamiento deseadas. Por ejemplo, el alimento se puede colocar para tener peso, grosor y/o forma (relativamente) uniforme. Para los alimentos colocados en platos de comida, los diferentes alimentos se colocan cada uno opcionalmente en un compartimiento predeterminado de un plato. Opcionalmente, se provee un producto alimenticio que afecta el procesamiento posterior, por ejemplo, se puede usar una capa de grasa o de hielo para rociar y/o recubrir más tarde una parte de los alimentos. En una realización de ejemplo de la invención, al seleccionar el alimento, se toma una nota de la frescura de los alimentos y/u otras propiedades del mismo. Opcionalmente la selección tiene en cuenta las etapas de

procesamiento programadas. Alternativamente, se modifica el procesamiento para tener en cuenta las propiedades de los alimentos. Por ejemplo, se pueden proveer diferentes instrucciones para el descongelado de las frutas demasiado maduras y menos maduras o para frutas viejas.

Preproceso (1304)

- 5 En una realización de ejemplo de la invención, se preprocesa el alimento, por ejemplo, se inyecta agua, se inyecta grasa, se adiciona especias u otros agentes saborizantes y/o conservantes, se adicionan agentes criogénicos que afectan el proceso de congelación (tal como alcohol), blanqueo, pasteurización o desactivación de enzimas (por ejemplo, usando un campo uniforme como se describe a continuación), lavado, esterilización y/o secado de una capa exterior (por ejemplo, para reducir la absorción de radiación de microondas a esta capa y/o mejorar la absorción de sabor), usando opcionalmente un campo uniforme que se limita a la capa y no se extiende significativamente en el producto alimenticio. En algunos casos se preprocesa el alimento antes del arreglo y/o se preprocesa tanto antes de como después del arreglo, aplicando posiblemente diferentes tipos de preprocesamiento. Opcionalmente, se inyectan uno o más agentes para mejorar las características del proceso de calentamiento, tales como mediante la disminución del factor Q, mejorando la absorción (por ejemplo adicionando sal, tal como en los productos kosher), mejorar la homogeneidad de la composición y otros. Se pueden seleccionar otros preprocesos a fin de mejorar la imagen espectral (por ejemplo disminuir el factor Q), también, por ejemplo, la inmersión en un líquido absorbente de RF. Opcionalmente, parte del objeto (por ejemplo, su superficie) se trata diferencialmente. Por ejemplo, la superficie se hace más húmeda o más seca que el resto del objeto de manera que durante el calentamiento se secará (o no) y se vuelve más crujiente o dorado.

Cocinar (1306)

- 20 Algunos tipos de alimentos se cocinan o se cocinan parcialmente antes de la entrega. Se puede aplicar cualquier método conocido de cocción, que incluye el calentamiento de manera relativamente uniforme como se describió anteriormente. En algunos casos, el alimento se empaca al menos parcialmente antes de cocinarse.

Congelar/enfriar (1308)

- 25 El alimento (cocinado o de otra manera) se enfría o se congela, o se prepara de otra manera para el almacenamiento, por ejemplo, mediante el enlatado (donde se puede aplicar el calentamiento por microondas uniforme para los empaques no metálicos). En una realización de ejemplo de la invención, el enfriamiento usa enfriamiento direccional controlado, por ejemplo, usando un gradiente de temperatura como el descrito en la patente de Estados Unidos 5,873,254 y las publicaciones de PCT WO 2006/016372 y WO2003/056919, del solicitante de IMT, o calentando uniformemente una parte de los alimentos usando la energía del microondas mientras se enfría el alimento, y cambiando la parte caliente (con relación al producto alimenticio) de manera que se propaga un frente de congelación de manera controlada. En una realización de ejemplo de la invención, se controla la congelación para evitar daños a la textura de los alimentos. Se debe notar que la realimentación de las señales de calentamiento por microondas se puede usar para determinar el estado de congelación de una muestra de alimento, por ejemplo, detectando los cambios en las propiedades dieléctricas asociados con los cambios de fase y/o temperatura.

35 Empacar (1310)

Como se señaló anteriormente, se puede empacar el alimento en una etapa anterior, por ejemplo, antes de cocer. En una realización de ejemplo de la invención, se selecciona el empaque para ayudar más adelante en el calentamiento por microondas espacialmente controlado.

- 40 La Fig. 15 ilustra un plato de comida de ejemplo 1500 para usar en el empaque de acuerdo con las realizaciones de ejemplo de la invención (por ejemplo en un horno microondas y/o calentador de RF). Un cuerpo 1502, por ejemplo de plástico moldeado define uno, dos o más compartimientos 1506 y 1510, en los que se proveen los productos alimenticios, por ejemplo diferentes productos alimenticios 1504 y 1508.

- 45 En una realización de ejemplo de la invención, el plato 1500 se diseña para ayudar en el calentamiento no uniforme de alimentos (por ejemplo de manera que al menos un producto alimenticio se caliente de manera diferente de al menos uno de otro producto alimenticio o que un determinado alimento se caliente por capas). En una realización de ejemplo de la invención, la RF se emite en la cavidad de manera uniforme y se usan una o más técnicas para variar la uniformidad de la potencia absorbida por el alimento. Los métodos que se relacionan para utilizar el empaque para controlar la falta de uniformidad se describen a continuación.

- 50 En una realización de ejemplo de la invención, se provee un elemento absorbente por microondas 1512 en uno o más lados de un compartimiento del alimento, que cambia la cantidad de la energía que entra en una porción del compartimiento para



calentar el alimento en el mismo. De manera alternativa o adicionalmente, se usa el elemento absorbente y/o reflectante de energía 1512 para tostar/quemar un patrón en el alimento cuando se calienta (por ejemplo, en forma de una malla de asar un plato de carne). De acuerdo con una realización de la presente invención, el horno se puede seleccionar una o más veces durante el calentamiento en donde se transmiten las frecuencias que interactúan con el elemento 1512 (o no se transmiten), definiendo de ese modo cuando el efecto de este elemento tendrá lugar, o no.

En una realización de ejemplo de la invención, se provee un elemento absorbente de radiación y cambiante de fase 1514 que cambia su absorción de la radiación en tanto se calienta, modificando de ese modo temporalmente la radiación que entra en un compartimento cercano. Por ejemplo, el material se puede ajustar para fundirse a una cierta temperatura deseada. De manera alternativa o adicionalmente, el cambio en la absorción se nota por un sistema de realimentación del horno y se usa para detectar los cambios de temperatura en el alimento. Opcionalmente, el calentamiento del elemento 1514 se usa para proveer calentamiento radioactivo o de contacto de un producto alimenticio cercano 1504. Se pueden proveer múltiples elementos 1514, cada uno con diferentes temperaturas de cambio de fase. El elemento 1514 puede ser una fuente pasiva (por ejemplo una estructura organizada con una respuesta de frecuencia predeterminada, tal como un dipolo). Opcionalmente, se proveen fuentes pasivas (opcionalmente que no emiten completamente) que se activan selectivamente mediante la aplicación selectiva o no aplicando frecuencias a las cuales reaccionan estas fuentes.

Se proveen opcionalmente uno o más transpondedores de microondas 1520 que generan una interferencia codificada con el microondas en la cavidad. Generalmente, la interferencia se puede detectar con el comportamiento de la cavidad del microondas analizando las propiedades resonantes de la cavidad. La codificación se puede usar para determinar la amplitud relativa del campo en cada punto a lo largo del plato, ayudando de ese modo a que coincidan los modos de la cavidad del microondas en el emplazamiento de los alimentos en el mismo. Si se usa solamente un transpondedor, puede no estar codificado (ya que puede no haber ninguna necesidad de diferenciar entre los transpondedores) y comprende, por ejemplo, un elemento reflectante, posiblemente uno que refleje preferentemente a una determinada frecuencia. En una realización de ejemplo de la invención, el elemento de interferencia es un elemento activo que incluye un elemento de recepción, un modulador y un elemento de transmisión, por ejemplo se puede usar un elemento de doble frecuencia.

Se puede proveer un transpondedor de no RF, por ejemplo, un transpondedor ultrasónico.

Se proveen opcionalmente uno o más sensores de temperatura 1516. Opcionalmente, los sensores generan una señal o interferencia con el campo, por ejemplo, hasta que se alcanza una temperatura crítica, en cuyo momento una parte del sensor se funde o de otra manera cambia su comportamiento eléctrico (por ejemplo usando una estructura resonante que tiene un perfil de absorción específico. Si se funde la estructura, ya no se detecta su patrón de absorción). De manera alternativa o adicionalmente, se provee un sensor de temperatura que responde a la RF. Un elemento transpondedor más complejo puede incluir un sensor de temperatura que modifica la modulación de acuerdo con la temperatura. Otro ejemplo es un circuito simple que incluye una bobina y/o un condensador, en donde la geometría del elemento (y por lo tanto su comportamiento) cambia como una función de temperatura, por ejemplo, debido a la distorsión mecánica de la misma. En una realización de ejemplo de la invención, el horno se diseña para funcionar con una TTT (etiqueta sensible a la temperatura/de transmisión), como se describió anteriormente. Como se señaló anteriormente, el horno se diseña y/o controla opcionalmente para evitar la transmisión en las frecuencias usadas por la TTT. En un ejemplo de no RF, se provee un código de barras que se oscurece (al menos en parte) cuando se alcanza una temperatura o un material que cambia de color cuando se alcanza una temperatura, por ejemplo, los cristales líquidos. Opcionalmente, se proveen múltiples indicadores de temperatura en el empaque, dando de ese modo una indicación de uniformidad de calentamiento. Opcionalmente se provee un sensor de formación de imagen debajo de la bandeja, para reflejar la temperatura en la parte inferior de la bandeja, donde se garantiza mejor el contacto entre el alimento y empaque. Tales sensores se usan opcionalmente para proveer realimentación sobre las condiciones de cocción reales como se muestran por el alimento.

En una realización de ejemplo de la invención, se provee un elemento de registro 1518, por ejemplo, en forma de un elemento de RFID o un código de barras, que incluye en el mismo una indicación del contenido del empaque, las instrucciones de tratamiento y/o calentamiento sugerido del mismo. En una realización de ejemplo de la invención, se proveen las instrucciones en un sitio remoto; indexado a una tecla almacenada en el elemento de 1518.

#### Medir (1312)

En una realización de ejemplo de la invención, después que el alimento está listo (por ejemplo, empacado para almacenamiento), se almacenan opcionalmente varios tipos de informaciones en el elemento 1518, por ejemplo, tamaño, peso, tipo de empaque y/o las instrucciones de cocción/descongelado/calentamiento. En una realización de ejemplo de la invención, la medición incluye el radar, la formación de imágenes de ultrasonido o de RF que indican la uniformidad de la forma y/o cantidad de agua. Opcionalmente, se lleva a cabo la medición antes de sellar el empaque. En una realización de ejemplo de la invención, la información no se almacena directamente en el elemento 1518. Cuando se lee el elemento 1518, se lee un índice que se usa para acceder a la información almacenada de forma remota.

5 En una realización de ejemplo de la invención, se configura un horno como un registrador de estado. Por ejemplo, un usuario puede poner un objeto en el horno (registrador de estado). El horno medirá algunas características (por ejemplo respuesta de RF (función dieléctrica), peso, color y/o el volumen o cualquier otra característica) y provee un registro del objeto (por ejemplo almacenado en el horno, enviado a través de una red y/o impresa como una pegatina o etiqueta o programada en una etiqueta programable). Opcionalmente, cuando se inserta el mismo objeto de nuevo en el horno, el horno puede medir el objeto de nuevo y provee una comparación entre el primero y el segundo conjuntos de mediciones. Esta comparación puede indicar un estado de la muestra, por ejemplo, la deshidratación.

10 En una realización de ejemplo de la invención, se usa un primer dispositivo para la primera medición y se expide una etiqueta con los datos (por ejemplo en un lugar de producción) y más tarde (por ejemplo, en un lugar de consumo) en un segundo horno se lee la etiqueta y se confirma la calidad sin cambiar. Si se usa un solo horno, un usuario puede indicar la identidad del objeto al horno (por ejemplo, antes de y después del almacenamiento).

15 Un ejemplo de cambio no deseado es que si la carne se almacena en mal estado puede perder el color (la exploración puede incluir un CCD u otra imagen) y/o agua. Los cambios normalmente indican que el alimento no se almacenó adecuadamente. Ejemplos de cambios deseados son la maduración de la fruta y aumento de la masa (por ejemplo, si la masa se deja en el horno mientras aumenta, incluso si el horno explora solamente la masa). Se debe notar que tal exploración se puede hacer independiente de la cocción, por ejemplo, se puede explorar el alimento adquirido para definir un valor inicial, y luego de nuevo, antes de su uso la exploración se puede usar para detectar daños que pudieran haber ocurrido durante el almacenamiento en el hogar, o posiblemente incluso en el tiempo que transcurrió. Opcionalmente, se almacena una tabla para los cambios espectrales esperados para diferentes artículos en el calentador/explorador, por ejemplo, los cambios debido a la pérdida de agua, maduración o descomposición.

20 En una realización de ejemplo de la invención, se usa un elemento similar al elemento 1518 para artículos sin plato, por ejemplo, para pescado congelado, por ejemplo, en forma de una etiqueta.

#### Entregar (1314)

25 Se pueden suministrar diferentes tipos de alimentos de diferentes maneras. En un ejemplo, el alimento se entrega a un restaurante a petición en base a órdenes colocadas la noche anterior. En una realización de ejemplo de la invención, se prepara el alimento de acuerdo con la preferencia individual y/o restricciones en la dieta. En una realización de ejemplo de la invención, se modifican las instrucciones de preparación asociadas con el elemento 1518 para que coincidan con las preferencias personales. Opcionalmente, la modificación se hace en el momento que se encarga. De manera alternativa o adicionalmente, la modificación es cuando un usuario llega realmente a recoger el alimento.

30 En una realización de ejemplo de la invención, el alimento se prepara en un momento en que la persona ordena el alimento.

En una realización de ejemplo de la invención, la entrega es a un supermercado o a los usuarios en el hogar.

35 En una realización de ejemplo de la invención, la entrega es a una máquina expendedora automática que incluye opcionalmente un calentador controlablemente uniforme/no uniforme como el descrito en la presente para el calentamiento/cocción del alimento. En una realización de ejemplo de la invención, tal máquina expendedora incluye uno o más compartimientos de almacenamiento (por ejemplo, refrigerador y/o congelador) y uno o más compartimientos de calentamiento (opcionalmente continuos con almacenamiento). Cuando se "ordena" la máquina expendedora transfiere el alimento (uno o más tipos) a la porción de calentamiento y descongela/entibia/calienta el alimento, de acuerdo con las instrucciones del usuario o del horno (basado opcionalmente en una etiqueta acoplada al alimento). Opcionalmente, una pluralidad de productos alimenticios se calienta y se sirven juntos, por ejemplo, en un mismo plato, a la misma o a diferentes temperaturas. Opcionalmente, el alimento se prepara rápido, por ejemplo, en un minuto o menos. Opcionalmente, y a diferencia de otras máquinas expendedoras, el calentamiento usa los métodos descritos en la presente de manera que hay menos dependencia en el tamaño de la porción, composición y/o posición, para alcanzar resultados comestibles.

40 En una realización de ejemplo de la invención, se prepara el alimento en establecimientos de un organismo de alimentación grande, por ejemplo, un restaurante o planta de comida para los empleados.

#### 45 Calentar/Cocinar (1316)

En una realización de ejemplo de la invención, el método de calentamiento controlablemente uniforme/no uniforme descrito anteriormente se usa para calentar y/o cocinar el alimento. En una realización de ejemplo de la invención, el lector 1404 del calentador 1400 se usa para leer el elemento 1518 y determinar un ajuste de cocción/calentamiento deseado y/o una configuración más compleja.

En una realización de ejemplo de la invención, el elemento 1518 ha almacenado en el mismo las instrucciones de cocción específicas (por ejemplo la cantidad de energía que se va a absorber en el alimento dentro de un período de tiempo dado, y también los cambios potencialmente en la rata de absorción de energía). Alternativa o adicionalmente, el elemento 1518 ha almacenado en el mismo, información con relación a la forma del plato y/o las propiedades dieléctricas de sus contenidos. Se debe notar que para las porciones en forma industrial, si la forma de los alimentos es relativamente regular entre los platos, el movimiento de los alimentos alrededor del área de calentamiento efectiva del horno y/o los cambios en tamaño y/o pequeños cambios en la forma no afectarán generalmente demasiado la uniformidad, ya que se leería una imagen espectral similar y el dispositivo puede compensar automáticamente los cambios menores. Opcionalmente, el plato incluye una depresión y/u otras estructuras geométricas que empujan el producto alimenticio para mantener una posición deseada con relación a los bordes del plato.

Como se señaló anteriormente, en algunos casos es deseable calentar las diferentes partes de un plato de diferentes maneras. Particularmente, algunos de los métodos de la presente invención funcionan proveyendo un área de calentamiento uniforme en el horno y modificando el efecto de esta región en el alimento. En otros métodos, se genera una región de calentamiento no uniforme y/o se usan áreas no uniformes. En una realización de ejemplo de la invención, se usa uno o más de los siguientes métodos para proveer el calentamiento uniforme y/o no uniforme:

(a) Proveer una o más partes de un plato con materiales (por ejemplo, 1512) que evitan la radiación del alcance del alimento, por ejemplo, mediante la absorción o mediante la reflexión. Por ejemplo, como se conoce en la técnica, una parte del plato se puede cubrir con papel de aluminio, protegiendo de ese modo esa porción y el calentamiento solamente de otras partes del plato.

(b) Proveer los deflectores (por ejemplo, 1412) u otros elementos en el horno, para mantener la radiación un poco lejos del alimento. En una realización de ejemplo de la invención, los materiales y/o deflectores proveen una reducción en la energía absorbida de entre 10% y 100%, por ejemplo, 20%, 30%, 40%, 60%, 80%, o porcentajes intermedios. En una realización de ejemplo de la invención, el horno se controla de manera que la potencia absorbida por la región no protegida no sube y/o se vuelve no uniforme. Como se señaló anteriormente, estos deflectores se mueven opcionalmente durante el tiempo de calentamiento.

(c) Usar un generador de imágenes (por ejemplo, 1402) para determinar la forma de los alimentos y guiar la generación de RF. En una realización de ejemplo de la invención, se usa una simulación que acepta como su entrada la posición del plato, forma de los alimentos y/o sus propiedades dieléctricas y determina que modos de excitación del horno y/o modificación del horno se requieren para alcanzar un efecto deseado. Opcionalmente, y especialmente para los alimentos industriales que pueden ser de forma/tamaño/constante dieléctrica relativamente regulares, se puede proveer una tabla en el horno o en una localización remota que incluye hacer funcionar las instrucciones para distintas formas de plato "estándar" y/o arreglos de formas/tipos de alimentos. Opcionalmente, se usan los sensores 1410 para determinar la forma del plato y/u otras macropropiedades. La simulación se puede ejecutar local o remotamente. Opcionalmente, cuando se ejecuta la simulación, se lleva a cabo la facturación, por ejemplo, se carga de acuerdo con la provisión de las instrucciones para el calentamiento uniforme/no uniforme de un objeto o por objeto caliente. Opcionalmente, la solicitud de una simulación incluye un ID del objeto caliente que se encuentra en o referenciado por el elemento 1518.

En una realización de ejemplo de la invención, una simulación usa la geometría y composición y/u otras características de la carga (esto se puede leer directamente de la carga y/o en una etiqueta en la carga), tomadas junto con los parámetros del dispositivo (que son conocidos con antelación). La simulación calcula entonces los parámetros  $s$  y se deriva de ellos la información en la distribución del campo en la curvatura (por ejemplo el cálculo del campo  $e$ , cálculo del campo  $H$ , flujo de potencia, densidad de corriente, densidad de pérdida de potencia y/u otros parámetros).

En una realización de ejemplo de la invención, se miden los parámetros  $s$  durante el funcionamiento la simulación se inicia basada en una solución real al problema para alcanzar otra solución interesante. Por ejemplo, se puede definir basado en las bandas de frecuencia de los parámetros  $s$  de interés y la simulación se limita a aquellas regiones o para una o más frecuencias específicas.

(d) Formar una imagen de/medir el alimento previamente y almacenar la información pertinente y/o el perfil de calentamiento (por ejemplo, qué frecuencias en que niveles de potencia) en el elemento 1518. En algunos casos, la información se almacena de manera remota y el elemento 1518 almacena un identificador de acceso o índice al mismo. En una realización de ejemplo de la invención, se diseñan la bandeja 1406 y/o el plato para observar una cierta posición del plato en el horno. En una realización de ejemplo de la invención, el horno se calibra para generar un cierto perfil de calentamiento que provoca el calentamiento uniforme y/o no uniforme (zonas) de acuerdo con ciertos productos alimenticios/tipos de platos y/o posiciones. En una realización de ejemplo de la invención, se diseñan y/o encuentran los diseños de 20 platos y 20 que coinciden con los diseños del calentamiento no uniforme en un horno. Se pueden proveer números más pequeños o

mayores de diseños "estándar", por ejemplo, 100 o más. Opcionalmente, se almacenan los diseños estándar y son accesibles por internet o por cualquier otra red de transmisión de datos.

Opcionalmente la calibración es según el diseño del horno. Opcionalmente, se modifica la información de calibración de acuerdo con la respuesta del horno a las señales, por ejemplo, mediante el desplazamiento de la localización uniforme "esperada" de una posición calculada a una posición real. Opcionalmente, tal desplazamiento se determina usando un espectro donde se indica la absorción, por ejemplo, mediante la indicación de color en base a la temperatura y que muestra el desplazamiento relativo del área de calentamiento uniforme comparado con el diseño.

(e) Modificar el perfil de calentamiento en tiempo real usando los sensores. En una realización de ejemplo de la invención, los sensores (por ejemplo, 1520, 1516) generan realimentación en el campo de RF actual y/o temperatura en ciertos puntos. Esta entrada se usa para modificar el perfil de calentamiento y/o accionamiento del sistema de RF para alcanzar el comportamiento de calentamiento deseado (por ejemplo, incluso si se alcanza una primera distribución de campo deseada, esto puede no provocar una distribución de temperatura final deseada por ejemplo debido a los cambios de absorción durante el uso y por lo tanto la entrada de energía se deben actualizar también). Opcionalmente, tales sensores se usan para determinar las localizaciones relativas de los límites del plato (incluyendo los límites entre compartimientos) y los límites del campo de calentamiento (incluyendo límites entre los volúmenes calientes de manera diferente). En una realización de ejemplo de la invención, la realimentación del sistema de RF se usa como un sensor, por ejemplo, para detectar los cambios en las fases de los productos alimenticios, que indican la etapa de cocción/descongelado y/o para generar una señal cuando está fallando aparentemente el calentamiento uniforme. En caso de fallo el horno se calibra opcionalmente y/o se ejecuta una simulación más compleja. Opcionalmente, el calentamiento se detiene y el usuario se notifica del fallo para calentar correctamente. Opcionalmente, se usa el mecanismo de barrido como un lector para identificar los objetos/etiquetas con imágenes espectrales conocidas.

(f) Mover el alimento en la cavidad, para determinar selectivamente la cantidad de energía que alcanzan las diferentes las partes de un plato. Opcionalmente, se calculan los tiempos en el campo para tener en cuenta la absorción esperada de los diferentes tipos de alimentos. En un ejemplo particular, la bandeja gira de manera que las partes del plato cambian su absorción. Se pueden usar el tiempo en el área (volumen) y la energía aplicada para determinar el perfil de calentamiento del plato como un todo.

(g) En una realización de ejemplo de la invención, se usa realimentación del alimento y/u horno para determinar que se aplica una correcta cantidad de calentamiento. Por ejemplo, se pueden usar los cambios en la constante dieléctrica de los alimentos y/o realimentación de los sensores de temperatura del empaque para determinar que el alimento ha alcanzado una temperatura suficiente (por ejemplo, por motivos del sabor o por motivos de seguridad). En una realización de ejemplo de la invención, el calentamiento del alimento se detiene cuando se alcanza el suficiente calentamiento y/o se notifica a un usuario. En una realización de ejemplo de la invención, basado en un perfil de calentamiento de los alimentos, se da una alerta al usuario con antelación de que el alimento está listo, por ejemplo, varios minutos antes de tiempo (por ejemplo, 1, 3, 5-10), varios segundos antes de tiempo y/o se puede mostrar una cuenta hacia atrás. Esto puede ser útil para los empleados que vienen a recoger sus comidas a un sitio de preparación de alimentos o en una máquina expendedora o para recoger por una persona que trabaja en la cocina. Se puede proveer la notificación, por ejemplo, usando cualquier método conocido en la técnica, que incluye sonidos, imágenes, mensajes SMS y correo electrónico, por ejemplo, directamente del horno o de un ordenador acoplada al horno y/o que lo monitoriza o por una agencia humana. En una realización de ejemplo de la invención, se usa el aviso previo de la preparación previa de otros productos alimenticios que son parte de la comida, por ejemplo, una bebida o una ensalada. En una realización de ejemplo de la invención, esto permite que se prepare una comida de forma relativamente lenta mientras que todavía permite que un usuario reciba la comida con un tiempo mínimo de espera. De manera alternativa o adicionalmente, el calentamiento del alimento se detiene o se ralentiza si otros componentes de la comida no están listos o si un cliente anuncia que se retrasará. En una realización de ejemplo de la invención, se calientan múltiples platos simultáneamente (por ejemplo, uno al lado del otro y/o apilados), utilizando la realimentación para garantizar que todos los platos se calientan correctamente y/o que generan señales a un usuario cuando un plato está listo para retirarse. Opcionalmente, se aplica un campo no uniforme para calentar selectivamente más rápido los platos que se necesitarán antes y/o para calentar los platos a diferentes temperaturas de acuerdo con las preferencias del cliente y/o de acuerdo con las necesidades de calentamiento del alimento. Esto permite cambiar el tiempo de preparación de alimentos sin abrir y cerrar el horno.

De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, un dispositivo puede incluir una memoria capaz de almacenar un protocolo de calentamiento deseado o un resultado de calentamiento deseado para que coincida con las preferencias del(los) cliente(s) (o usuarios). El protocolo se almacena en el dispositivo ya sea manual o automáticamente durante su uso, y se propone opcionalmente como un protocolo por defecto en su uso posterior por el mismo cliente (y/o de un mismo plato). Opcionalmente, se determinan las preferencias automáticamente, basado en una historia de las solicitudes anteriores en un mismo o diferente dispositivo de calentamiento (por ejemplo en una máquina expendedora de una cadena de máquinas expendedoras). Opcionalmente, el usuario se identifica mediante código, número de teléfono celular, número de seguro

social y/o un código de la tarjeta de crédito. Opcionalmente, la tarjeta de crédito se lee durante el pago/pedido y se usa para establecer las preferencias.

5 En una realización de ejemplo de la invención, se ajusta la cantidad de energía aplicada a una comida de acuerdo con la programación esperada de la preparación de la comida. Opcionalmente, la programación tiene en cuenta los deseos de múltiples clientes, por ejemplo, decenas o cientos de miles o más, todos los que vienen por una comida en aproximadamente al mismo tiempo (por ejemplo, "hora de almuerzo"). Tal programación puede tener en cuenta también, por ejemplo, el número de hornos disponibles y/o la conveniencia de un grupo de clientes que se sirven al mismo tiempo.

10 En una realización de ejemplo de la invención, se provee un controlador central (u otro) que controla una pluralidad de calentadores y ayuda en las tareas para mejorar el rendimiento. Por ejemplo, a cada calentador se asigna una tarea diferente (por ejemplo uno prepara la carne para varios clientes en un lote o en orden y otra máquina prepara las verduras) de manera que los calentadores utilizan de manera óptima o casi de manera óptima el hardware disponible, por ejemplo, para reducir el tiempo y/o para mejorar el tiempo de entrega de los alimentos (las partes de un plato deberían estar listas todas deseablemente al mismo tiempo, incluso si el calentador puede "mantener caliente"). De manera alternativa o  
15 Opcionalmente, cuando llega una solicitud de una comida, se asignan uno o más calentadores a la comida, para el caso. Opcionalmente, este método se usa para la numeración de clientes, por ejemplo, entre 2 y 10, entre 11 y 40, entre 40 y 100 o entre 100 y 1000 o más. Opcionalmente, el controlador de la pluralidad de calentadores controla también uno o ambos sistemas de programación humana (por ejemplo, qué instrucciones se proveen a qué trabajador) y/o controla uno o más sistemas de movimiento del alimento (por ejemplo, cintas transportadoras).

Medir (1318), estimar (1322) y modificar (1320, 1324)

20 Durante el calentamiento de los alimentos, los parámetros de calentamiento varían opcionalmente. El efecto de la variación puede provocar la falta de uniformidad en espacio y/o en tiempo, por ejemplo, como se describe a continuación y/o para alcanzar los efectos como se describió anteriormente. En una realización de ejemplo de la invención, se provee una secuencia que define cómo y qué variar. Opcionalmente, la secuencia incluye las decisiones tomadas de acuerdo con el tiempo (por ejemplo, la estimación de un efecto) y/o el estado de los alimentos (por ejemplo, la medición). Se describieron  
25 anteriormente diversos métodos de medición. La estimación se basa opcionalmente en una simulación o en resultados empíricos de ciclos de calentamiento anteriores. Opcionalmente, la secuencia es condicional (por ejemplo, se modifica, se genera y/o se selecciona) en la posición de un plato en el horno y/o preferencias personales (que se pueden almacenar en el horno).

30 En una realización de ejemplo de la invención, se provee una secuencia en el elemento 1518 o en una localización remota. Opcionalmente, se selecciona una secuencia por un usuario que selecciona un efecto de calentamiento deseado. La combinación del efecto de calentamiento deseado y la identificación del alimento/diseño puede provocar la selección y/o generación de una secuencia adecuada.

35 En una realización de ejemplo de la invención, un programa de calentamiento deseado puede establecer cantidades objetivo de energía para las diferentes partes de un plato y/o de un solo producto alimenticio y/o puede establecer temperaturas objetivo deseadas. Por ejemplo, se puede calentar un artículo cárnico a una temperatura, mientras que una orden colateral se calienta a una temperatura más baja. En otro ejemplo, un solo producto alimenticio puede experimentar diferentes niveles de potencia para diferentes tiempos, a fin de alcanzar una textura/sabor deseado.

En una realización de ejemplo de la invención, se usa una secuencia para establecer diferentes niveles de energía y/o diferentes tiempos para aplicar tales energías.

40 En un ejemplo, una secuencia es como sigue:

(a) Calentar todo el plato de tal manera que el alimento alcance una temperatura relativamente uniforme de 5 grados centígrados.

(b) Calentar de manera uniforme todo el plato al 80% durante 5 minutos y después la potencia máxima durante 10 minutos.

45 (c) Calentar el área A a una potencia máxima durante 3 minutos, aunque no se caliente el área B en absoluto (por ejemplo, aplicando deflectores o un perfil de calentamiento coincidente (especificado opcionalmente no uniforme)).

(d) Calentar la totalidad del plato durante 5 minutos más, con el área A que recibe potencia del 80% y el área B que recibe potencia del 20%.

(e) Calentar a una temperatura uniforme de 40 grados Celsius.

- 5 (f) Mantener la temperatura por 10 minutos. Se debe notar que se puede mantener una temperatura deseada opcionalmente estimando la absorción de energía mientras se aplica una cantidad conocida de enfriamiento. Alternativamente, se puede estimar la absorción de calor real basado en una cantidad conocida de absorción de energía y una medición de la energía que sale de la cavidad. Opcionalmente, el horno incluye una fuente de aire de enfriamiento y/o tiene paredes enfriables y/o bandeja.
- (g) Reducir el calor a 30 grados Celsius.
- (h) Esperar 10 minutos.
- (i) Informar "hecho" pero dejarlo en 30 grados Celsius hasta que se retire.
- 10 En una realización de ejemplo de la invención, la secuencia incluye otras condiciones, por ejemplo, detectar cambios en el color (por ejemplo, dorado), vapor (por ejemplo, por el cambio de fase del agua), volumen (por ejemplo, el aumento de la masa cambiará el comportamiento de la cavidad de manera que se pueda anticipar).
- Opcionalmente, la secuencia incluye una solicitud al usuario para adicionar ingredientes (por ejemplo, especias), o mezclar o posicionar nuevamente el paquete.
- 15 En una realización de ejemplo de la invención, la secuencia tiene en cuenta la calidad del control de la uniformidad alcanzable en el horno. Por ejemplo, si se desea un mayor nivel de uniformidad que el provisto básicamente por el horno específico, el calentamiento puede incluir pausas donde se reduce la potencia, para permitir que el calor se nivele en el objeto. La longitud de los retardos está opcionalmente precalculada para las sustancias alimenticias y una falta calibrada de uniformidad del horno. De manera alternativa o adicionalmente para reducir la potencia, el alimento se puede mover con relación a la cavidad y/o el calentamiento o los elementos que forman el campo de manera que mejora el calentamiento.
- 20 En otro ejemplo, una secuencia para preparar un producto alimenticio congelado hasta que esté listo para el consumo (por ejemplo un producto que comprende congelado y masa de levadura viable), es como sigue:
1. Calentar la masa congelada a una temperatura de crecimiento de la levadura (por ejemplo 10-45°C). Esta etapa se puede llevar a cabo en dos o más etapas, por ejemplo:
- 25 a. (opcionalmente) Calentar la masa congelada a una temperatura de descongelado (por ejemplo 4-8°C) y mantener por un período de tiempo, según sea necesario (por ejemplo, si un usuario pone la masa en el dispositivo y desea tenerla a prueba y hornearla en un momento posterior);
- b. En el momento posterior (o después de un retraso) calentar la masa descongelada a una temperatura de crecimiento de levadura o de prueba (por ejemplo 10-45°C).
- 30 2. Mantener la masa en una temperatura de crecimiento de levadura o de prueba (por ejemplo 10-45°C) por un período de tiempo necesario para probar dicha masa (por ejemplo un período de tiempo recomendado por el fabricante o receta o un período) o usar un sensor para detectar un aumento predeterminado en volumen (o altura), por ejemplo 2 veces, o una producción de compuestos volátiles que indican la fermentación).
- 35 c. (opcionalmente) Calentar la masa a una temperatura de horneado (por ejemplo 190°C-200°C) y mantener por un período de tiempo deseado (por ejemplo según lo dictado por la receta, o basado en la detección de una temperatura deseada alcanzada en una porción interior de la masa). Opcionalmente al final (o durante) de dicho periodo se activa un cuerpo de IR para dorar la masa.
- Esta etapa de horneado se puede ejecutar, alternativamente, en un horno convencional.
- 40 Se puede realizar la secuencia anterior, por ejemplo, en una máquina de hacer pan, en la que se colocan los ingredientes congelados, opcionalmente en un compartimiento aislado, donde después los ingredientes se descongelan, se mezclan, se ponen a prueba y/o se hornear usando métodos como los descritos en la presente. Opcionalmente, una o más etapas del proceso anterior incluye controlar la humedad dentro del horno (opcionalmente mantener la alta humedad durante las pruebas y/o calentamiento y/o almacenamiento y manteniendo la baja humedad y/o alta humedad durante el horneado). A veces, el dispositivo puede mantener una humedad diferente en las diferentes porciones de la misma etapa (por ejemplo alta humedad durante un primer horneado de una baja humedad cuando se introduce el IR). Los detalles adicionales de control de humedad se proveen a continuación bajo el título "Control ambiental".
- 45

- Como se señaló anteriormente, diferentes porciones de los alimentos pueden tener diferentes niveles de potencia absorbida (deseados o específicos). De manera alternativa o adicionalmente, diferentes porciones pueden tener diferentes temperaturas objetivo. Opcionalmente, se usa el control espacial para alcanzar el dorado selectivo (u otro comportamiento) de una parte de un producto alimenticio, aplicando un campo que se solapa principalmente con una capa exterior de los alimentos, de manera que esa capa se calienta preferentemente comparada con el resto del producto alimenticio. En otro ejemplo, se hace más dura una parte inferior de un producto alimenticio, aplicando más calor, que en una parte superior del producto alimenticio. Dependiendo de la resolución del horno y del tamaño del producto alimenticio, todo el exterior de un artículo se puede tratar de manera preferente. Opcionalmente, las áreas con calentamiento preferencial tienen una dimensión más pequeña de 5 cm, 4 cm, 3 cm, 2 cm o menos.
- 5
- 10 En algunas realizaciones, un usuario y/o plato especifica lo que es un perfil de calentamiento espacial y/o temporal deseado y el horno determina un conjunto adecuado de instrucciones (por ejemplo, perfil espacial y/o temporal). En un ejemplo, se usa un algoritmo de tipo de mejor ajuste para seleccionar los elementos de capacidad de calentamiento y desarrollar un programa de calentamiento que coincide con los deseos. Los elementos de capacidad de calentamiento de ejemplo
- 15 opcionalmente usados en tal búsqueda/construcción incluyen, métodos de calentamiento uniforme, movimientos del deflector, movimientos del plato y/o modos de calentamiento no uniforme o posibilidades de frecuencia.
- En una realización de ejemplo de la invención, no se provee la secuencia. En su lugar, los tiempos de calentamiento y/o parámetros se basan directamente en los resultados deseados, propiedades de los alimentos medidas y/o propiedades de calentamiento medidas.
- Control ambiental
- 20 En una realización de ejemplo de la invención, un controlador del calentador controla no sólo la provisión de energía sino también una o más variables ambientales que afectan la preparación de alimentos. En una realización de ejemplo de la invención, se aplica control ambiental para alcanzar un resultado de cocción deseado, por ejemplo, reduciendo la humedad para mejorar la formación de corteza. De manera alternativa o adicionalmente, se aplica control ambiental para mantener las condiciones ambientales, por ejemplo humedad. De manera alternativa o adicionalmente, se aplica control ambiental para
- 25 compensar los efectos de calentamiento. Por ejemplo, la humedad se puede incrementar si el alimento caliente parece secarse.
- En una realización de ejemplo de la invención, el control ambiental incluye controlar una o más temperaturas de aire ambiente (por ejemplo, proveyendo aire caliente o frío), la rata de flujo de aire (por ejemplo, controlada usando un ventilador), la humedad ambiental (adicionando humedad y/o reemplazando aire con aire seco y/o provocando una fuente
- 30 de agua dentro del horno para que se evapore ), gases ambientales (por ejemplo, a partir de una fuente de gas, tal como un balón de CO<sub>2</sub>), presión ambiental (por ejemplo, aumenta o disminuye usando una bomba de aire) y/o irradiación UV (usando una lámpara de UV).
- En una realización de ejemplo de la invención, el control ambiental es sensible y mantiene el entorno dentro del 20%, 10%, 5% o mejor de las configuraciones deseadas.
- 35 En una realización de ejemplo de la invención, se lleva a cabo el control ambiental de manera dinámica, donde se ajustan las condiciones ambientales se ajustan con base en la realimentación en tiempo real del objeto caliente y/o el entorno del horno. Por ejemplo, cuando se cocina un alimento dado uno puede medir una propiedad de los alimentos o del entorno del horno y ajustar el entorno en respuesta a la propiedad medida.
- 40 En una realización de ejemplo de la invención, la propiedad medida incluye humedad/peso (por ejemplo pérdida del agua), temperatura (por ejemplo, usando una TTT) y presión (por ejemplo, usando un sensor de presión interno o externo al alimento).
- El cambio en el entorno puede ser un acontecimiento de una sola vez (por ejemplo cuando la temperatura del objeto está por encima de X, se añade humedad) o un proceso continuo (por ejemplo mantener la temperatura ambiente o presión como igual o ligeramente por encima o por debajo de la del objeto; añadir 1% a la humedad siempre que el objeto se calienta a 1°C, etc.) o una combinación de lo anterior. En algunos casos, diferentes partes del horno se proveen con diferentes entornos (por ejemplo, humedad o temperatura del aire). En algunas realizaciones, el control se basa en una estimación anterior, de manera alternativa o adicionalmente, para usar las mediciones en tiempo real.
- 45
- Calentamiento convencional y de RF combinado
- 50 En algunas realizaciones de la invención, el calentador incluye un medio de cocción convencional, por ejemplo, un elemento de IR se puede incluir para soldar o quemar u otro calentamiento de superficie. Opcionalmente, tanto IR como RF están

funcionando juntos, cocinando por lo tanto desde dentro de la forma como desde afuera. De manera alternativa o adicionalmente, el calentador incluye una fuente de vapor de agua o aire caliente o turbulencia dentro del dispositivo. En una realización de ejemplo de la invención, el vapor de agua o aire caliente se calienta usando el calor residual generado por el sistema de generación de RF. Tal utilización del calor residual se puede poner en práctica también en los hornos convencionales. De manera alternativa o adicionalmente, se provee un calentador de microondas convencional.

Comer/clasificar (1326)

Una vez que está listo el alimento, se consume opcionalmente. En algunos casos, el consumo se retrasa, por ejemplo, si el alimento preparado está almacenado aún. En algunos casos, el alimento se descongela en la 1316 para cocinar en un momento posterior usando cualquier método conocido o los métodos descritos actualmente.

- 10 En una realización de ejemplo de la invención, el alimento se clasifica de acuerdo con el proceso el que pasó y/o cualquiera de los fallos técnicos a lo largo de la trayectoria. Por ejemplo, tal clasificación puede incluir la calidad y/o el tipo de congelación, descongelado y/o calentamiento. Por ejemplo, si no se siguió una secuencia de calentamiento adecuadamente o no se alcanzaron las temperaturas anteriormente deseadas, esto puede reducir la calidad. Similarmente, si el descongelado se identifica como que es problemático de manera que puede afectar la textura y/o el sabor, esto se indica.
- 15 Opcionalmente, para cada producto alimenticio, hay definido un sistema de puntuación que enlaza un valor de calidad a varias imperfecciones a lo largo de un proceso. Opcionalmente, esta puntuación se combina con una puntuación que indica una calidad original del producto alimenticio, por ejemplo, basado en las condiciones de almacenamiento o, para artículos naturales, (por ejemplo) un contenido de grasa. Se debe notar que el contenido de grasa/agua puede ser una contribución importante al procesamiento, por ejemplo, sugiriendo qué tiempos de calentamiento, perfiles y/o potencias podrían ser útiles.
- 20 Opcionalmente, se proveen los sensores dedicados para rastrear las condiciones de almacenamiento, por ejemplo, los sensores que miden y/o aseguran un valor de pH, un cambio de temperatura y/o que detectan la liberación de gas.

Opcionalmente, mientras que la descripción se ha enfocado en algunos casos en el alimento, los métodos descritos en la presente se usan opcionalmente para materiales no alimenticios, por ejemplo, órganos para la implantación, implantes de tejidos y/o artificiales. Generalmente, el procesamiento de alimentos tiene requisitos más altos con respecto a la textura y el sabor, mientras que los órganos para la implantación, los implantes de tejidos y/o artificiales tienen limitaciones más estrictas sobre la viabilidad y la falta de contaminación. Mientras que estos requisitos pueden solaparse con los de los alimentos como se describió anteriormente, se debe notar que un tejido puede ser viable para la implantación mientras que tenga suficientes células viables y/o vasos sanguíneos que permanecen intactos. El sabor, como tal, es irrelevante para la implantación.

- 30 La Fig. 16 muestra una línea de procesamiento de alimentos 1600 que incluye la clasificación de calidad, de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención.

Se provee un producto alimenticio 1616, por ejemplo un pescado, congelado y listo para su procesamiento (por ejemplo, en latas, filetes, etc.). Se acopla opcionalmente una etiqueta 1618 al pescado, por ejemplo, para rastrear las condiciones de almacenamiento y/o para incluir información acerca del pescado, por ejemplo propiedades relacionadas con la cocción tales como contenido de agua, tamaño y/o forma y/o propiedades del alimento, tales como tipo de pescado, edad y/o método de crecimiento. Un generador de imágenes o un lector 1604 provee información acerca del pescado a un controlador 1612. Un arreglo de microondas 1606 representa una o más fuentes de radiación controlada por un sistema de RF 1608, que genera un área de calentamiento conocida (por ejemplo, uniforme o no uniforme), indicada en la figura como una serie de áreas rodeadas por líneas punteadas. Las áreas pueden ser contiguas y/o tener diversas formas. Se transporta el pescado, por ejemplo, usando una cinta transportadora 1602 a lo largo de las áreas y adecuadamente caliente. Opcionalmente, las áreas calientes se mueven y/o ralentiza el movimiento del pescado, según sea necesario, por ejemplo, para los diferentes tamaños de pescado y/o composiciones. A lo largo de la trayectoria, se puede aplicar uno o más de los métodos descritos anteriormente, particularmente rastreando la temperatura del pescado y/o el tratamiento térmico.

- 45 Se provee opcionalmente un lector/escritor 1610 para leer desde y/o registrar las propiedades del pescado en la etiqueta 1618. En una realización de ejemplo de la invención, el controlador 1612 usa la información obtenida del pescado y/o el proceso para clasificar el pescado. La clasificación se escribe opcionalmente a la etiqueta 1618. En una realización de ejemplo de la invención, se controla una etapa de procesamiento adicional 1614 por (o recibe indicación adecuada de) el controlador 1612 de acuerdo con la calidad. Por ejemplo, el pescado que se descongeló de forma incorrecta se puede enviar al enlatado de menor calidad mientras que el pescado bien descongelado se envía para hacer sushi/sashimi.
- 50 Opcionalmente, el producto final se marca con la calidad. Opcionalmente, cuando el producto final es un producto empacado, se modifican las instrucciones de calentamiento de descongelado (por ejemplo, legible por máquina y/o legible por los humanos) para que coincida con el procesamiento. Por ejemplo, si, como resultado de la descongelado incorrecta un



producto alimenticio fue (o debería haber sido) calentado fuertemente a una temperatura de pasteurización, las instrucciones de preparación incluirán un tiempo de cocción más corto y/o recomendar la cocción de tipo bien hecho.

Configuraciones industriales y no industriales

5 Los métodos como los descritos en la presente tienen diversas ramificaciones y/o ventajas para las configuraciones industrial y no industrial.

10 En un ejemplo, que tiene la ventaja de la opción "descongelar a petición" (también para porciones grande/gruesa) pueden cambiar los métodos de gestión de existencias. En la técnica, el descongelado previo necesita hacerse de manera significativa antes que se coloquen las ordenes o antes que deba comenzar la cocción (por ejemplo un día de antelación o al menos varias horas de antelación), especialmente donde son voluminosas las porciones descongeladas, que tienen pequeñas relaciones de superficie/volumen. Los problemas típicos asociados incluyen:

- (a) largo proceso en general (por ejemplo comienza un día de antelación);
- b) necesidad de descongelar cantidades en exceso de manera que garantice el cumplimiento de máximas demandas y evitar la pérdida del negocio; y
- 15 (c) necesidad de deshacerse del alimento descongelado y no usado (debido a regulaciones de seguridad alimentaria e higiene).

Un calentador de acuerdo con la presente invención puede descongelar el alimento "bajo demanda" para proveer el alimento que es potencialmente tan bueno como fresco (por ejemplo, no calentado por encima de los puntos calientes), y en períodos de tiempo muy cortos (por ejemplo, menos de 10 minutos para una porción de carne de 1 Kg o incluso más rápido, tales como menos de 3 minutos, 1 minuto o decenas de segundos).

20 En una realización de ejemplo de la invención, se provee un sistema de gestión de existencias (por ejemplo, programas y/o hardware) donde la orden de un usuario de la preparación inmediata conduce a la descongelado inmediato de una porción (por ejemplo, incluyendo cortes caros de carne u otros alimentos) para ese cliente y/o para su uso en la cocción dentro de 15 o 20 minutos). Además, la descongelado se puede retrasar de acuerdo con la preparación de otros alimentos para ese cliente y/o de acuerdo con la carga de trabajo del cocinero, por ejemplo un retraso de varios minutos, tales como de 2-3 o 5 minutos o más. Opcionalmente, tal retraso se soporta por el rápido descongelado y/o funciones de mantener caliente como las descritas en la presente.

30 En un esquema alternativo, un restaurante puede tener las existencias limitadas de artículos descongelados (por ejemplo, menos de 10, menos de 5, menos de 2 de un tipo de artículo) y cuando se usa un artículo de la poca existencia se descongela un nuevo artículo (o cuando se coloca una nueva orden y el uso de un artículo para el que se espera la descongelado está ya ordenado). El descongelado puede ser automático o semiautomático (por ejemplo en cuanto la orden se introduce en un ordenador en una localización se proveen a una persona las instrucciones para descongelar en otra localización quién ejecuta la descongelado o a un dispositivo (por ejemplo, una máquina expendedora similar a un congelador y calentador) que las ejecuta automáticamente. Alternativamente, el proceso puede ser manual - como en las cocinas actuales, pero el cocinero, en lugar de usar una porción predescongelada, usa una porción congelada como punto de partida.

35 En una realización de ejemplo de la invención, se provee el programa para su uso como un dispositivo de ayuda de planificación de comidas (por ejemplo, en el hogar o en un restaurante u otro sitio comercial), o bien para la planificación de la descongelado y/o el calentamiento de varias comidas diferentes o para una comida que comprende varios tipos de alimentos/platos. Opcionalmente, el uso es como sigue: un usuario introduce la información. El programa del calentador tiene en cuenta el tiempo relativo deseado de preparación (por ejemplo, qué necesita para estar listo al mismo tiempo y qué en una cierta secuencia) y provee un programa que puede también tener en cuenta las ratas de enfriamiento relativas /tiempo de preparación deseadas.

Por ejemplo, para un plato de carne y puré de patatas, donde uno se enfría a una rata diferente que el otro, el plato de más lento enfriamiento se puede calentar primero.

45 El horno puede entonces regular el orden de calentamiento y la rata de calentamiento. Opcionalmente, el horno puede seleccionar el tiempo para comenzar el calentamiento, el orden de colocación de los alimentos en el dispositivo o el tiempo relativo de funcionamiento de múltiples dispositivos o, si el calentamiento "simultáneamente" es en un solo horno, el horno puede comenzar con el calentamiento uno de los alimentos y calentar después ambos de manera que terminan el calentamiento juntos. El dispositivo puede incluir un sensor de temperatura ambiente que se usa opcionalmente para

proveer una temperatura ambiente para asesorar a un usuario para recalentar el alimento después de un período de tiempo dado.

5 Otras configuraciones son posibles también. Por ejemplo, un pequeño establecimiento comercial puede usar los métodos descritos en la presente para preparar una comida en el lugar. Un establecimiento industrial a gran escala puede usar los métodos descritos en la presente para calentar/ cocinar un lote (por ejemplo, 2, 10, 30, 100 o números intermedios o mayores de porciones) o un flujo continuo de productos. En una realización de ejemplo de la invención, un flujo que atraviesa el horno usa elemento de calentamiento de coste relativamente bajo, por ejemplo, usando un arreglo de antena con múltiples alimentaciones. El arreglo se alimenta por lo tanto por múltiples amplificadores (cada amplificador que tiene una potencia de salida relativamente baja, pero la potencia se combina en el objeto caliente).

10 El rango de pesos que se puede calentar varía también, a partir de los tamaños considerados demasiado grandes para los calentadores de microondas "estándar", hasta los objetos considerados demasiado pequeños. Por ejemplo, los objetos en el rango de peso de 1000-0.1 Kg se pueden calentar de acuerdo con diversas realizaciones de la invención. Similarmente, un intervalo más amplio de volúmenes se puede tratar, por ejemplo, 2 metros cúbicos o más, hasta 2 centímetros cúbicos o menos. Opcionalmente, para objetos pequeños, se evita el sobrecalentamiento de una fuente de potencia (por ejemplo, magnetrón), usando métodos coincidentes como los descritos en la presente.

15 En una realización de ejemplo de la invención, se puede usar un porcentaje más alto que el convencional de una cavidad, por ejemplo, por encima de 40%, por encima de 50%, por encima de 70% o por encima de 80% o valores intermedios. Por ejemplo, dentro de un volumen cilíndrico de 52 cm de diámetro y 52 cm de altura, se llevaron a cabo los siguientes ejemplos de calentamiento: (a) fueron descongelados dos grandes trozos de carne, colocado uno sobre el otro, con un peso total de 9.5 Kg de ca. -10°C hasta -0.6 - 0.5°C (uniformidad que está dentro de 1.1°C). (b) se cocieron 24 Kg de manzanas en un solo lote con una temperatura final de entre aproximadamente 50°C y 66°C.

20 En un establecimiento industrial, puede ser deseable que todas las porciones tengan exactamente las mismas características, al menos después del procesamiento. En un establecimiento tipo restaurante, puede ser deseable alguna variación. Además, puede ser deseable la personalización por las preferencias del cliente. En el uso doméstico, puede ser deseable incluso más repetibilidad; sin embargo, para un usuario particular puede ser deseable probar varias configuraciones para determinar un conjunto óptimo de configuraciones. Opcionalmente, un usuario provee realimentación al horno, por ejemplo "demasiado caliente", "demasiado húmedo", "a medio cocer", "perfecto", que se usa por el dispositivo como entrada de cómo variar los parámetros de calentamiento para el próximo uso. Esto se puede aplicar a, por ejemplo, cada uso, a iniciativa del dispositivo y/o periódicamente. Opcionalmente, un usuario puede aplicar una invalidación. Opcionalmente, la entrada se corrige para los cambios en el peso del alimento entre los eventos de calentamiento.

#### Rata de calentamiento

En una realización de ejemplo de la invención, se puede controlar la rata de calentamiento. Por ejemplo, la rata de calentamiento depende del calor específico y la potencia absorbida.

35 Es posible calentar 300 gr de carne a la temperatura de cocción dentro de 1 segundo, siempre y cuando se provean 27 KWatts. Los amplificadores que producen tal potencia (e incluso una potencia superior) se pueden producir por cualquier experto en la técnica, basándose por ejemplo, en las enseñanzas de la solicitud provisional de los Estados Unidos de mayo de 2007. Una potencia inferior puede proveer un calentamiento más lento, que puede ser intencional. Conociendo el calor específico del alimento (por ejemplo, leer la forma de una etiqueta, introducida por un usuario o leer la forma de una tabla), el dispositivo se puede programar para alcanzar la temperatura final a una rata más lenta deseada.

40 Ejemplo: En los métodos de horno IR convencionales, hornear un pollo de ca. 1.13-1.36 Kg a 177°C normalmente toma alrededor de 1.25 a 1.5 horas (aproximadamente 15 minutos más para el pollo relleno), comenzando con un pollo descongelado. En un experimento, se coció un pollo relleno congelado (ca. - 20°C) en 18.5 minutos (ca. 15 minutos para cocinar solamente) a 250-300 Watts.

45 Puede ser muy uniforme a esta rata de calentamiento (descongelado). Por ejemplo, la Fig. 17 muestra el calentamiento de carne mientras que se mantiene una uniformidad (del máximo de temperatura alcanzada) de +/-0.3°C. En este ejemplo, por ejemplo, un cilindro de 1.3 Kg de carne (ca. 30 cm de largo/ca. 10 cm de diámetro) se calentó a 13°C en menos de 10 minutos a 400 Watts.

#### Horno con compensación de precisión

50 Los inventores advirtieron también que para asegurar el calentamiento uniforme, se puede prolongar en cierto modo el calentamiento. Por lo tanto, cualquier modo de calentamiento puede tener un equilibrio diferente entre la velocidad de

calentamiento y la uniformidad. A veces un usuario puede estar dispuesto a sacrificar un tanto la uniformidad, tal como en el caso de un líquido que se calienta (por ejemplo consomé), que se puede remover antes de servir, a fin de alcanzar un calentamiento más rápido. En tales casos uno puede preferir tener a un calentamiento más rápido y podría estar dispuesto a tener un máximo de 10-20°C de variación de temperatura, o incluso 40°C o más o incluso 100°C de variación (esto puede ser aceptable para algunas aplicaciones, por ejemplo mientras se utilizan las características de eficiencia energética como las descritas en la presente). En otras ocasiones (por ejemplo descongelar la masa o material viable) la uniformidad es más decisiva y el calentador se puede hacer funcionar a un modo que tiene mayor uniformidad (por ejemplo menos de 10°C de variación o incluso menos de 1.5°C de variación o incluso menos de 0.5). Por ejemplo, para calentar más rápido uno puede seleccionar una banda más estrecha de frecuencias que tiene mejor disipación, mientras que para el calentamiento más isotérmico el ancho de banda podría ser más grande, lo que permite además disminuir la disipación (potencialmente usando además una "imagen inversa" de la imagen espectral dentro de la banda).

En una realización de ejemplo de la invención, se usa el siguiente método. Típicamente para una banda alrededor de un pico dado de disipación, cuanto más estrecha sea la banda, mejor será la disipación media en las frecuencias transmitidas. Si la banda es más ancha, la RF se transmite a menor disipación (es decir las frecuencias que están más lejos del pico) adicionalmente a la transmisión de la banda estrecha. En una realización de ejemplo de la invención, una banda más ancha se transmite alrededor de un pico y una banda más estrecha alrededor de un segundo pico. Ya que cada pico se asocia con un porción diferente de un objeto (o una localización diferente en un plato) usted puede tener calentamiento rápido (banda estrecha, alta eficiencia, menos isoterma) en una región (por ejemplo en la sopa) aunque usted puede tener calentamiento más lento (banda ancha, menor eficiencia pero mayor isoterma) en una segunda región (por ejemplo en el pan). En este ejemplo, usted puede proveer sopa caliente (no uniforme, pero se puede mezclar) y solamente un panecillo caliente.

En una realización de ejemplo de la invención, un calentador tiene dos o más configuraciones de precisión/rasa cada una que tiene un equilibrio diferente entre la velocidad de calentamiento y la uniformidad, y el usuario puede hacer funcionar el dispositivo para seleccionar el modo deseado de activación. Alternativamente, el dispositivo puede usar la información obtenida del alimento (o la introducida por el usuario) para establecer (o proponer) un modo de calentamiento.

#### 25 Eficiencia energética

En una realización de ejemplo de la invención, el calentador es capaz de detectar si hay o no una carga dentro del dispositivo (basado en un barrido de frecuencia) evitando por lo tanto el funcionamiento del dispositivo cuando está vacío, abierto y/o dañado.

En una realización de ejemplo de la invención, el calentador aplica selectivamente energía a frecuencias en las que se espera sean absorbidas, aumentando por lo tanto la eficiencia energética. Opcionalmente, la eficiencia energética se compensa con la uniformidad, por ejemplo, como se describió anteriormente.

En una realización de ejemplo de la invención, tal aplicación selectiva de la energía es más eficaz evitando el calentamiento del entorno y/o corrientes de superficie. De manera alternativa o adicionalmente, la eficiencia se hace mayor evitando la emisión de energía en el entorno (y la selección de frecuencias donde la absorción por el objeto es mayor). De manera alternativa o adicionalmente, la eficiencia se mejora reduciendo la evaporación del agua y/o el tiempo de calentamiento (y por lo tanto el tiempo de radiación de calor). La reducción de la evaporación del agua puede ser útil también para reducir la pérdida de peso, mantener el tamaño del producto, forma del producto y/o textura del producto.

En una realización de ejemplo de la invención, la evaporación se reduce manteniendo todas las partes del objeto a temperaturas por debajo de la evaporación (por ejemplo, debido a la uniformidad o debido a que controla la falta de uniformidad).

En una realización de ejemplo de la invención, la rata de enfriamiento se reduce debido a que hay menos evaporación y/o gradientes de temperatura más pequeños (dentro del objeto y/o entre el objeto y el entorno).

Se debe notar, que generalmente, reducir la variación de temperatura permite que el tiempo de calentamiento se acorte y se reduzcan las ratas de deposición de energía máximas (que a menudo se correlacionan con la evaporación).

45 En una realización de ejemplo de la invención, la mayor eficiencia permite que se eviten los medios de transferencia de calor (por ejemplo agua hirviendo para cocinar los huevos según sea necesario en la cocina convencional).

#### Ejemplo de calentamiento intencionalmente desigual

En un trozo de carne (cilindro de ca. 30 cm de largo/ca. 10 cm de diámetro, a aproximadamente 30°C) se insertaron tres fibras ópticas y el calentamiento comenzó a 400W. Durante el calentamiento se midió el cambio de temperatura en cada

5 fibra. Después de la exploración de la disipación, se seleccionaron las frecuencias de RF que proveerían la mejor absorción. Dentro de estas frecuencias la potencia se transmitió en secuencia en las bandas de ca. 20 MHz sobre cada uno de los picos relevantes. Se aplicó el siguiente método. Si no hay calentamiento (detectado casi inmediatamente) esto significa que ninguna de las áreas detectadas está calentando, y entonces se ensaya una subbanda diferente. Si se detecta calentamiento, se sigue hasta que haya un aumento de hasta 2°C y la temperatura se sigue en todas las áreas detectadas. Si ninguno de los picos provee el calentamiento diferencial deseado, se pueden ensayar los picos de menor disipación. Una vez que se seleccionan las subbandas adecuadas, el calentamiento puede comenzar, y la energía provista en cada frecuencia define cuán intenso sería el gradiente de temperatura. En un experimento real, las frecuencias seleccionadas para la transmisión estuvieron entre 810-850 MHz, y entre 900-930 MHz, que correspondían a dos de los sensores. El tercer sensor tuvo relativamente falta de calentamiento a estas frecuencias. La carne se calentó de manera no uniforme, hasta que el punto más caliente estuvo aproximadamente a 42°C y el más frío a aproximadamente 30.5°C. Esto se muestra en las Figs. 19A y 19B. Se debe notar que de acuerdo con algunas realizaciones de la invención, se puede mover un punto caliente (para obtener una mayor área de uniformidad modificando la frecuencia por una pequeña cantidad).

15 Entonces, se cambió el modo del modo de funcionamiento y se proporcionó la misma energía (calculada para compensar la diferente disipación) a toda la carne. Como se puede ver en la Fig. 19A, la carne se calienta linealmente en todos los lugares medidos y como se ve en la Fig. 19B, las diferencias de temperatura entre los pares de lugares detectados eran casi constantes, con un ligero descenso después de aproximadamente 550 segundos, cuando la carne ya estuvo caliente en aproximadamente 13 °C. También lo que se observa a partir de estas Figs., es que la conducción de calor entre las localizaciones fue de un menor orden de magnitud que el calentamiento de RF, (habían sido comparables las ratas, las diferencias de temperatura se habrían reducido de manera significativa). En las Figs. 18A y 18B, se llevo a cabo el experimento de manera similar, pero se colocó un sensor en una porción de grasa y uno en la carne. La carne era un filete de aproximadamente 150 gr. Como se ve en la fig. 18B, las porciones se calentaron uniformemente primero y después se cambió el modo a calentamiento no uniforme (lo que indica que está controlada la falta de uniformidad). La Fig. 19A representa la temperatura durante una porción del proceso.

25 La presente invención se ha descrito usando descripciones detalladas de las realizaciones de la misma que se proveen a modo de ejemplo y no pretenden limitar el alcance de la invención. Las realizaciones descritas comprenden diferentes características, no todas las cuales son necesarias en todas las realizaciones de la invención. Algunas realizaciones de la presente invención utilizan solamente algunas de las características o combinaciones posibles de las características. Las variaciones de las realizaciones de la presente invención que se describen y las realizaciones de la presente invención que comprenden diferentes combinaciones de las características señaladas en las realizaciones descritas se les ocurrirá a las personas de la técnica. Por ejemplo la presente invención se ha descrito principalmente en el contexto del descongelado. Los inventores creen que con base en los resultados mostrados anteriormente, se puede esperar que los métodos de la presente invención, posiblemente a una frecuencia más alta, se puedan usar para hornear y cocer, las áreas en las que son notoriamente débiles los hornos de microondas convencionales. Además, los términos "comprender," "incluir," y "tener" o sus conjugaciones significará: "que incluye pero sin limitarse necesariamente a". El alcance de la invención se limita solamente por las siguientes reivindicaciones:

Reivindicaciones

1. Un método para modificar un perfil de calentamiento de un horno de microondas (1400) usando microondas a una pluralidad de frecuencias, comprendiendo el método:
  - 5 definir una potencia de transmisión a una cavidad (10, 98) del horno de microondas de las microondas en cada una de la pluralidad de las frecuencias;
  - definir una duración para la cual las dichas microondas se transmiten a cada una de la pluralidad de frecuencias;
  - medir, para cada una de la pluralidad de frecuencias, una proporción de entrada de potencia a la cavidad que no es la salida de la cavidad;
  - 10 y usar de las proporciones medidas para modificar la potencia de transmisión en cada frecuencia, la duración de la transmisión en cada frecuencia, o ambas.
2. Un método como se reivindica en la reivindicación 1, estando la pluralidad de frecuencias con un rango de 300 MHz a 3 GHz.
3. Un método como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, que incluye la alimentación de energía de microondas a través de al menos una alimentación (16, 18, 20) de una pluralidad de alimentaciones (16, 18, 20) en la cavidad y en donde la medición comprende medir una potencia acoplada a otras alimentaciones de la pluralidad de alimentaciones ( $S_{ij}$ ) en cada frecuencia y una pérdida de retorno a la al menos una alimentación de la pluralidad de alimentaciones ( $S_{ii}$ ) en cada frecuencia.
  - 15
4. Un sistema para modificar un perfil de calentamiento de un horno de microondas (1400) usando microondas a una pluralidad de frecuencias, comprendiendo el sistema:
  - 20 medios para definir una potencia de transmisión a una cavidad (10, 98) del horno de microondas de las microondas en cada una de la pluralidad de frecuencias;
  - medios para definir una duración para la que dichas microondas se transmiten en cada una de la pluralidad de frecuencias;
  - medios para medir, para cada uno de la pluralidad de frecuencias, una proporción de entrada de potencia a la cavidad que no es salida de la cavidad; y
5. Un sistema como el reivindicado en la reivindicación 4, estando la pluralidad de frecuencias con un rango de 300 MHz a 3 GHz.
  - 25
6. Un sistema como el reivindicado en la reivindicación 4 o 5, que incluye medios para la alimentación de energía de microondas a través de al menos una alimentación (16, 18, 20) de una pluralidad de alimentaciones (16, 18, 20) en la cavidad y en donde el medio para la medición está configurado para medir una potencia acoplado a otras alimentaciones de la pluralidad de alimentaciones ( $S_{ij}$ ) en cada frecuencia y una pérdida de retorno a la al menos una alimentación de la pluralidad de alimentaciones ( $S_{ii}$ ) en cada frecuencia.
  - 30

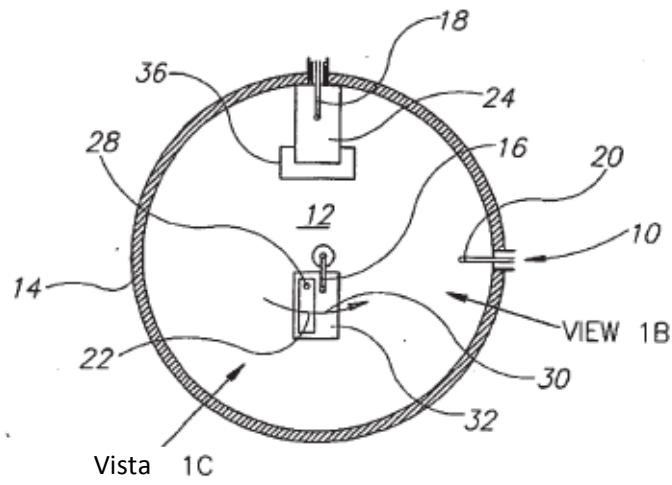


FIG. 1A

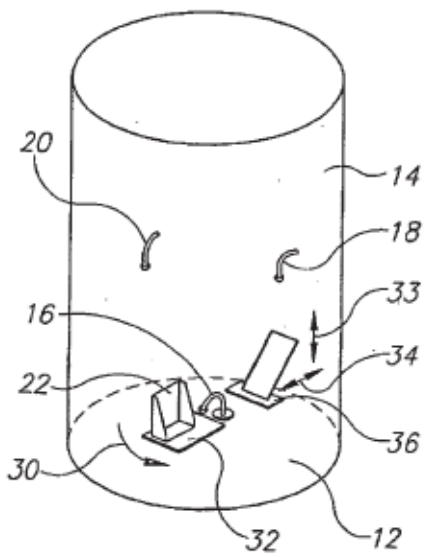


FIG. 1B

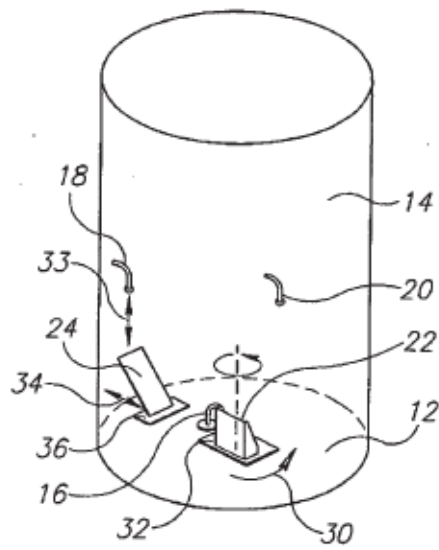


FIG. 1C

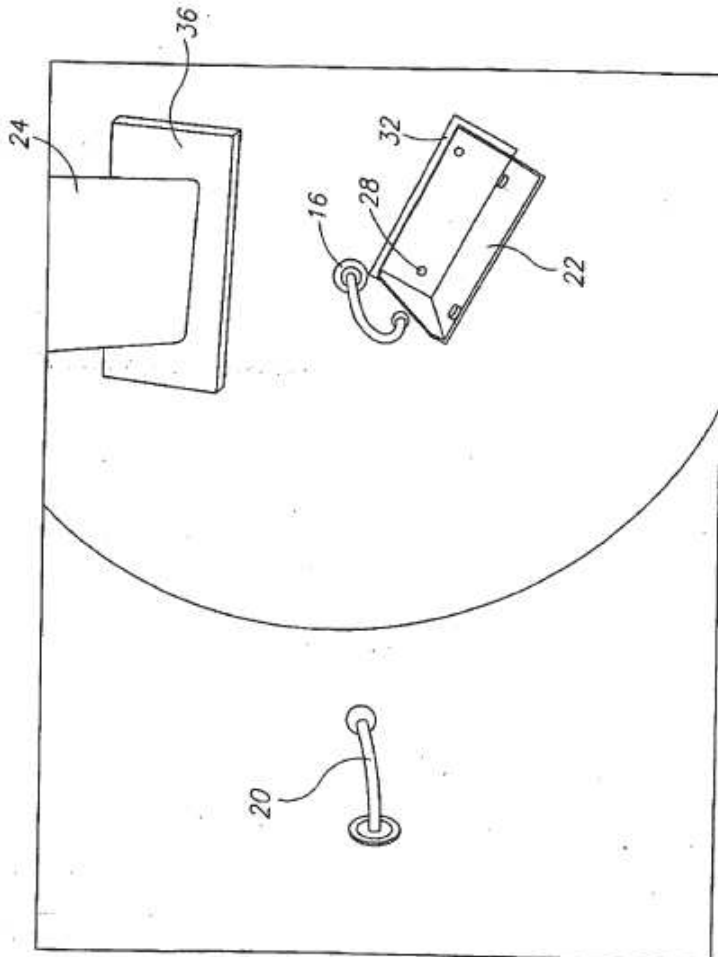


FIG. 2A

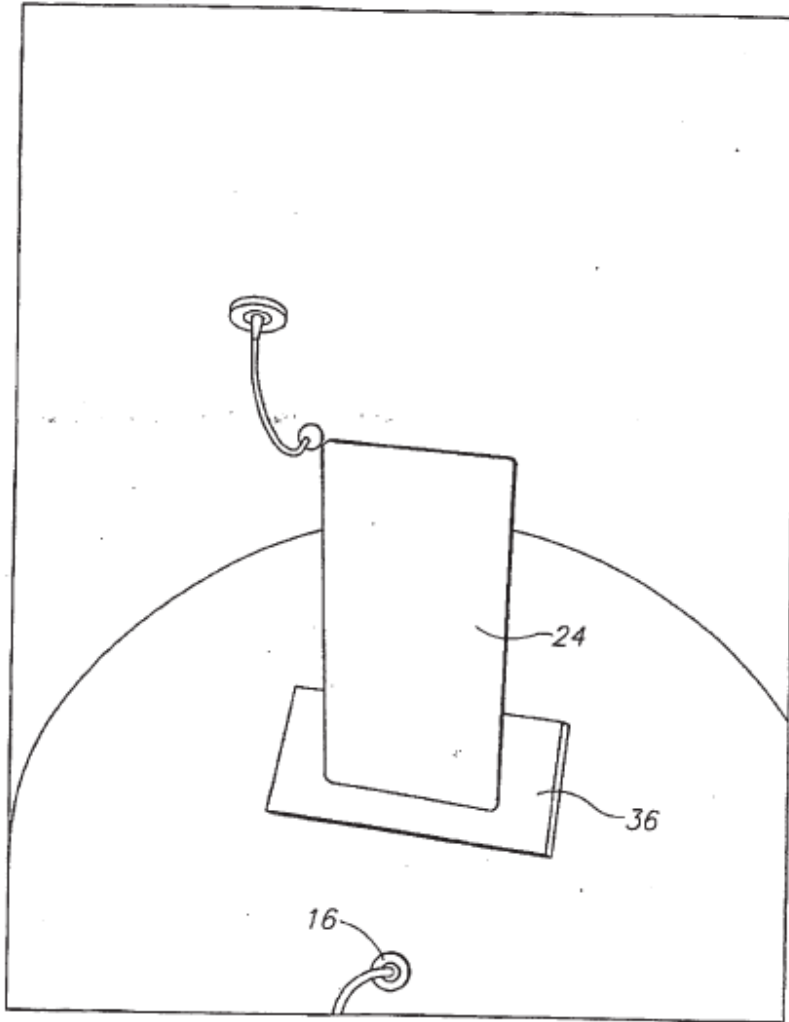


FIG.2B



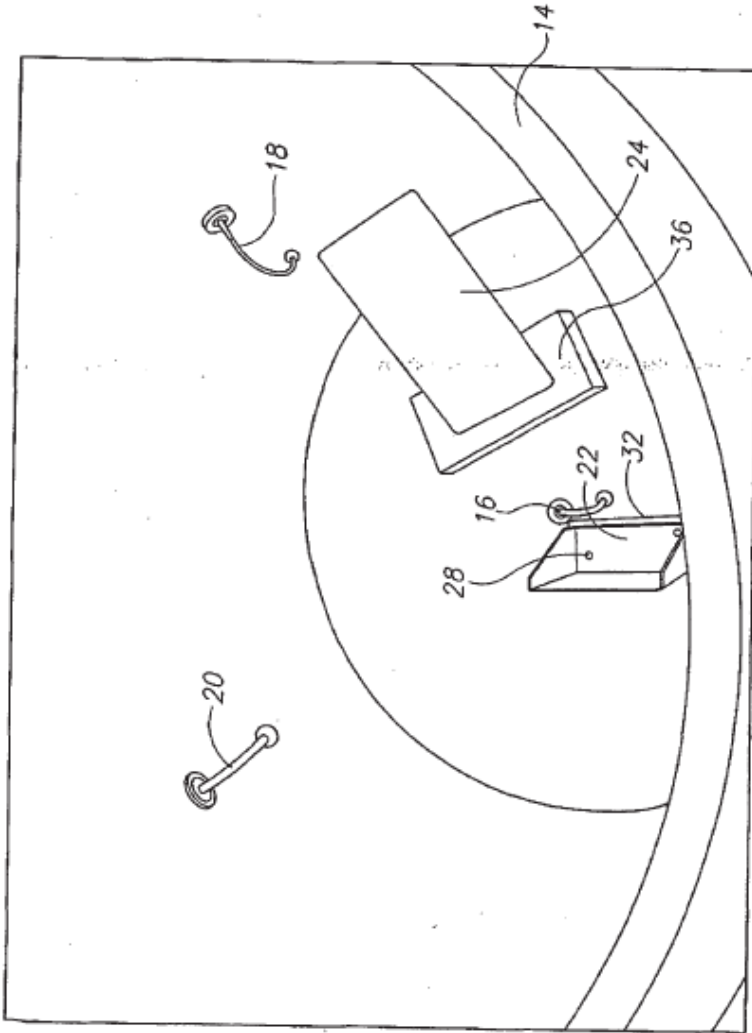


FIG. 3

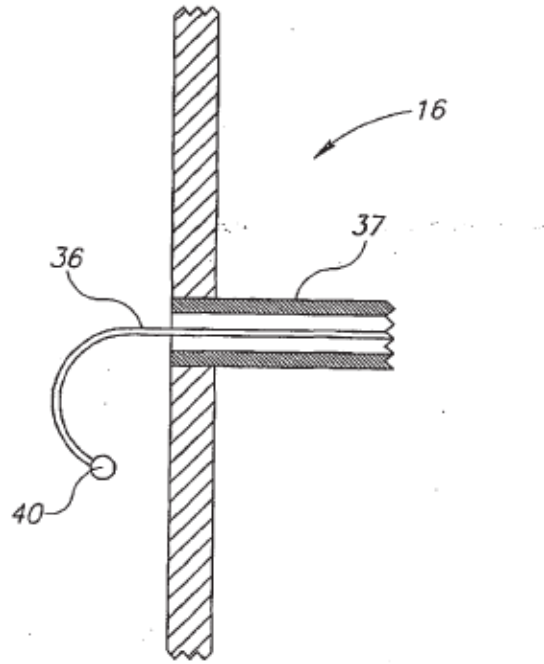


FIG.4A

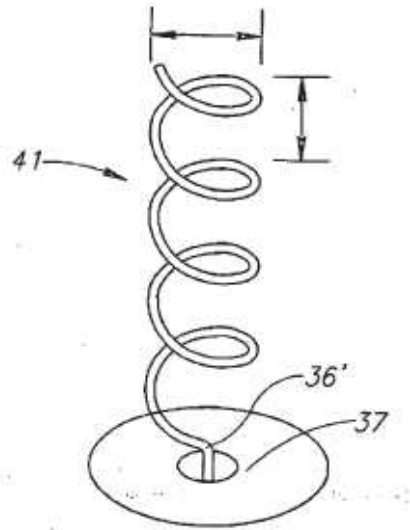


FIG.4B

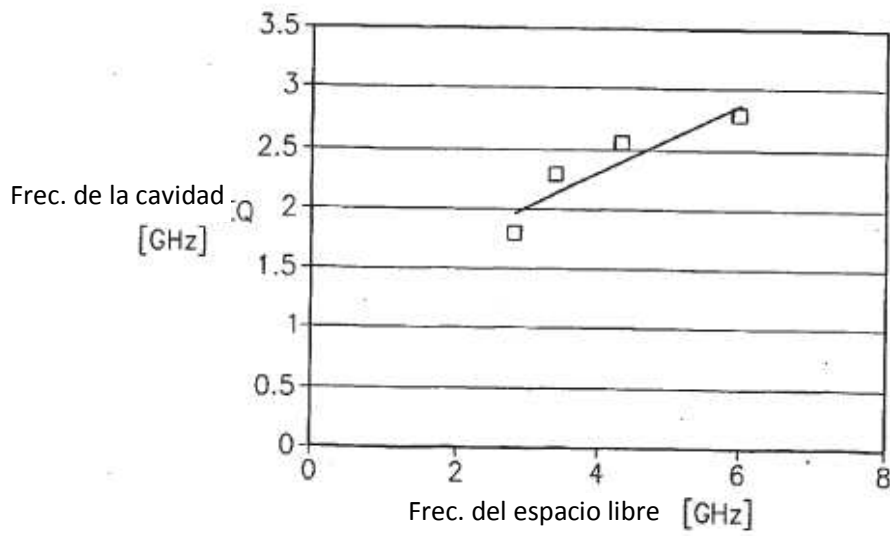


FIG.4C

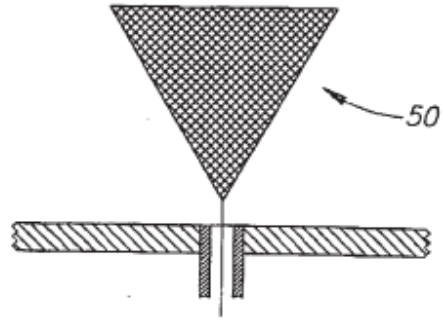


FIG. 4D.

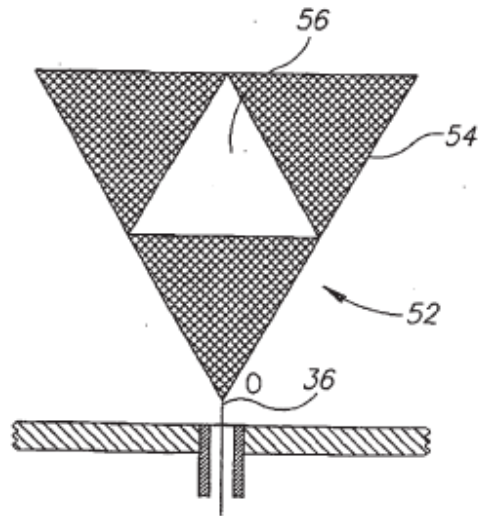


FIG. 4E

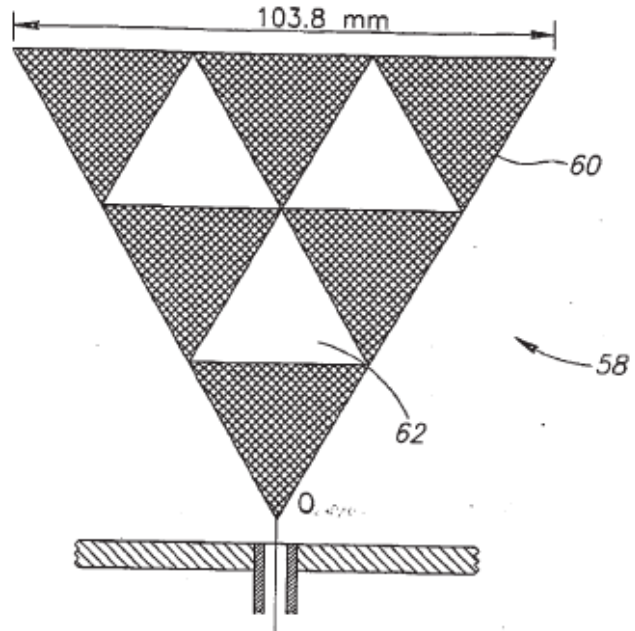


FIG. 4F

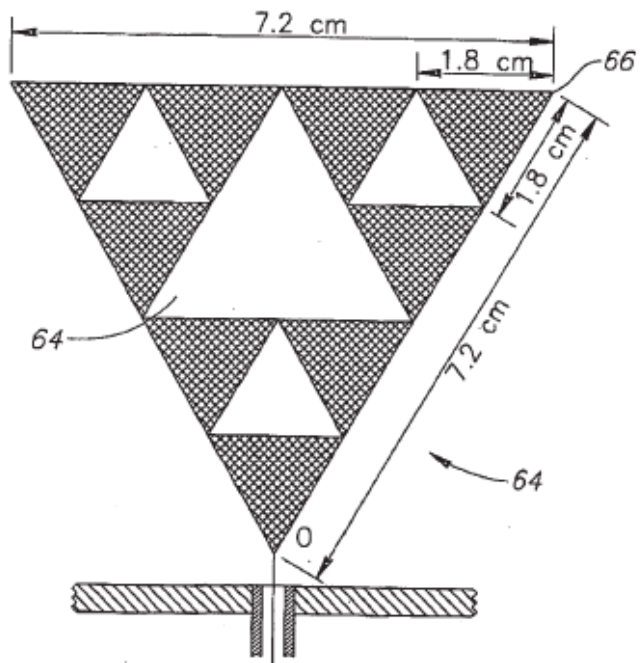


FIG. 4G

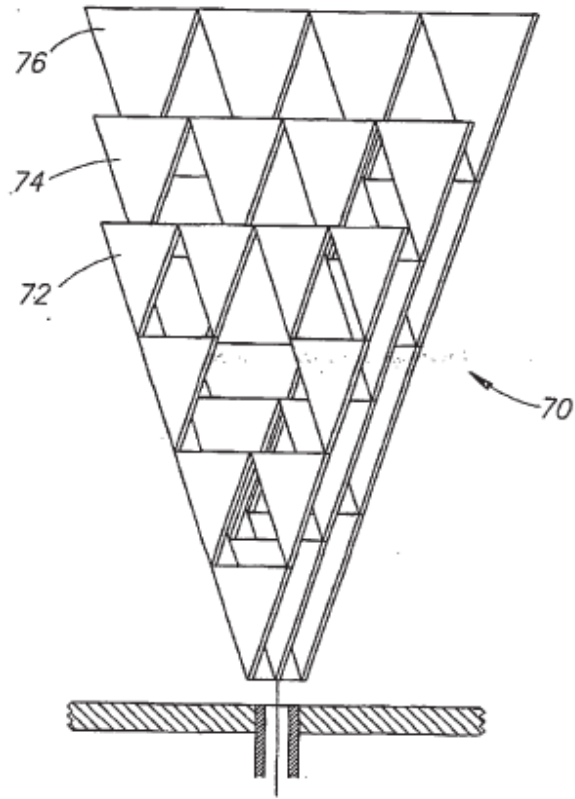


FIG.4H

90

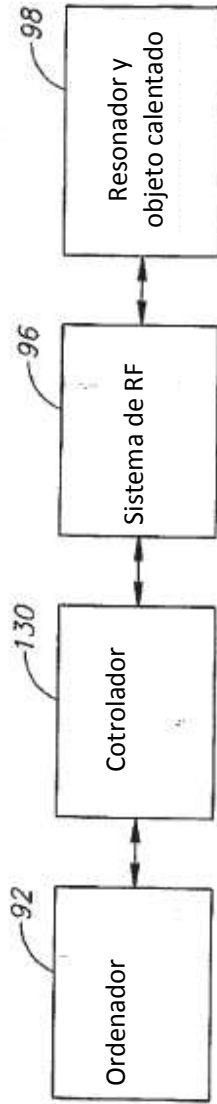


FIG.5A

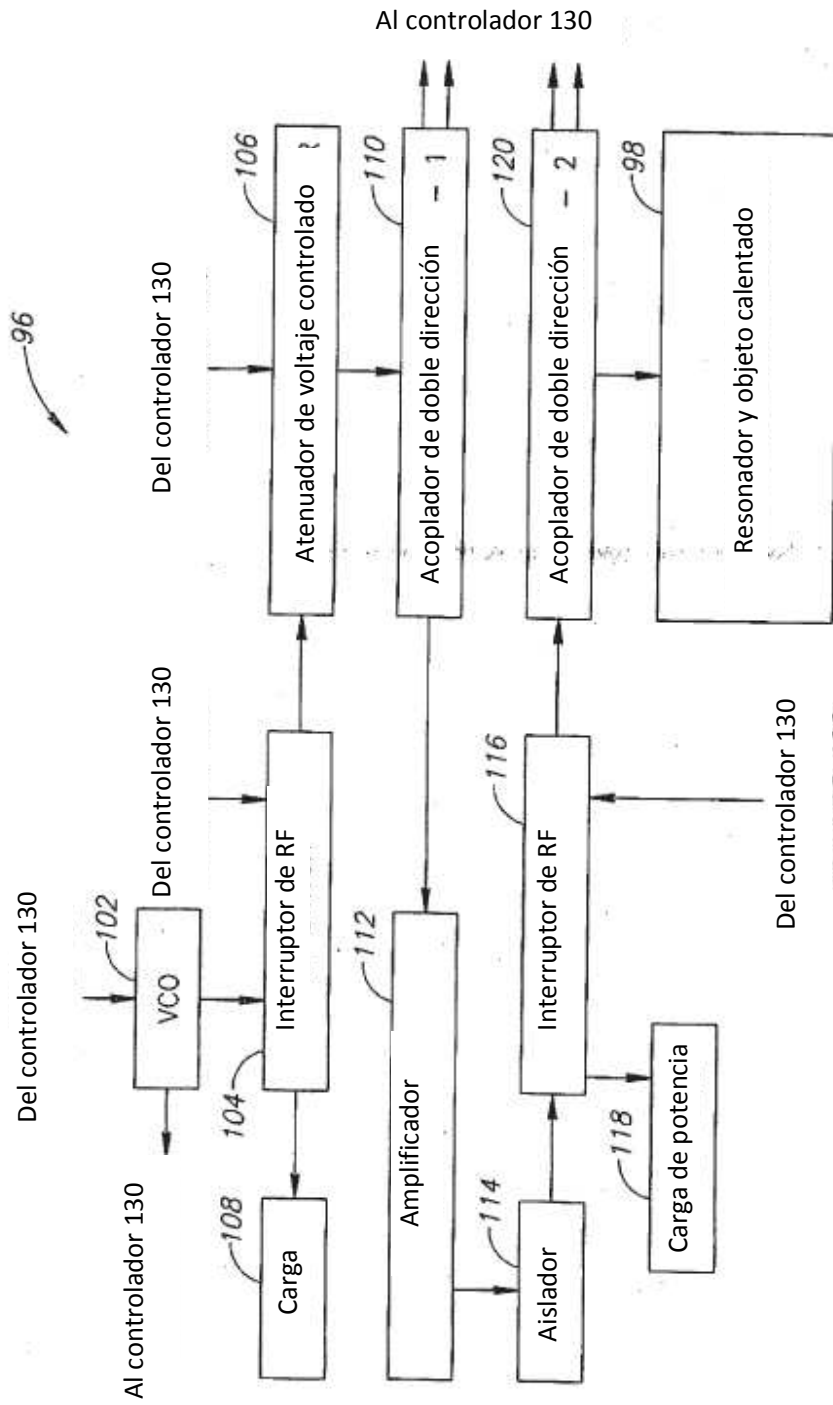


FIG. 5B



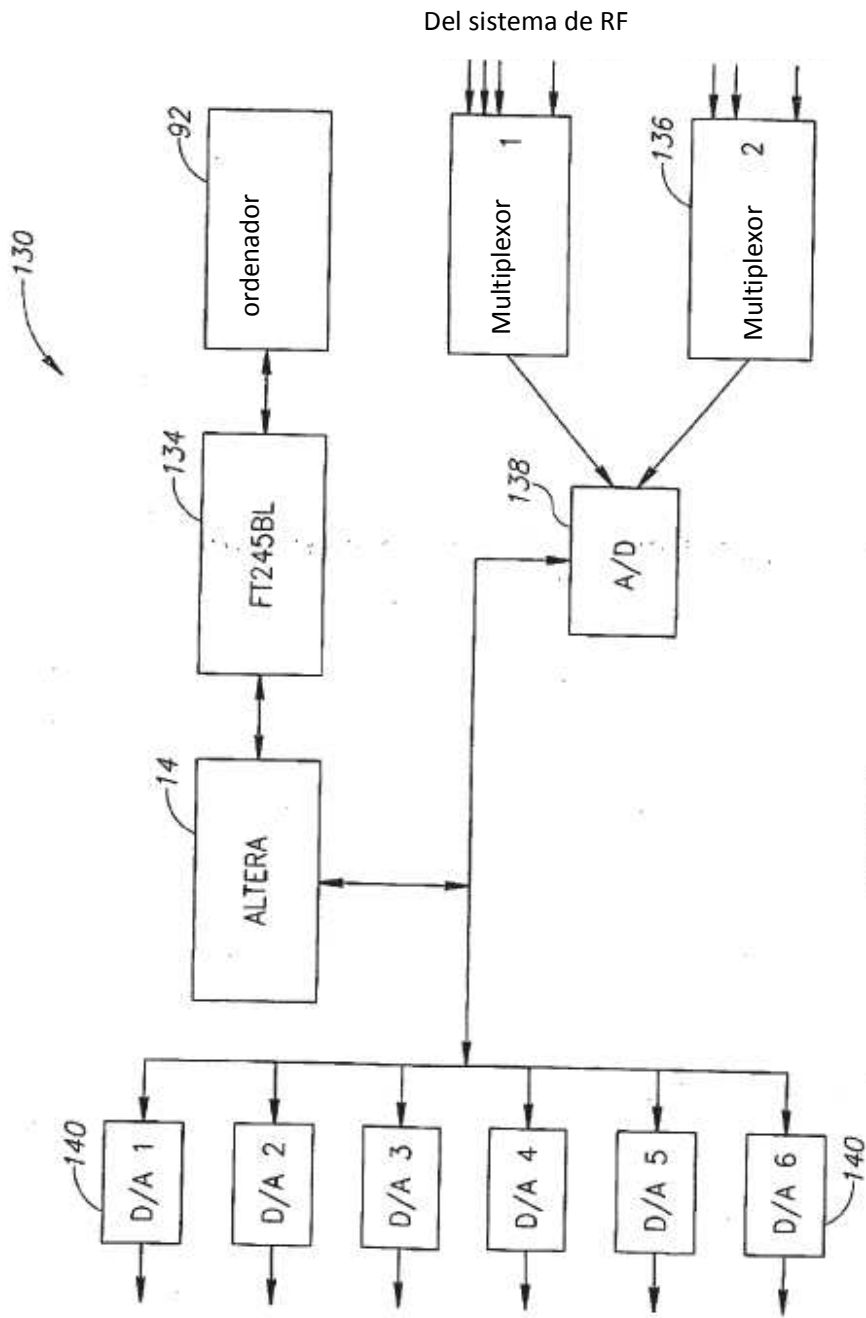


FIG.5C

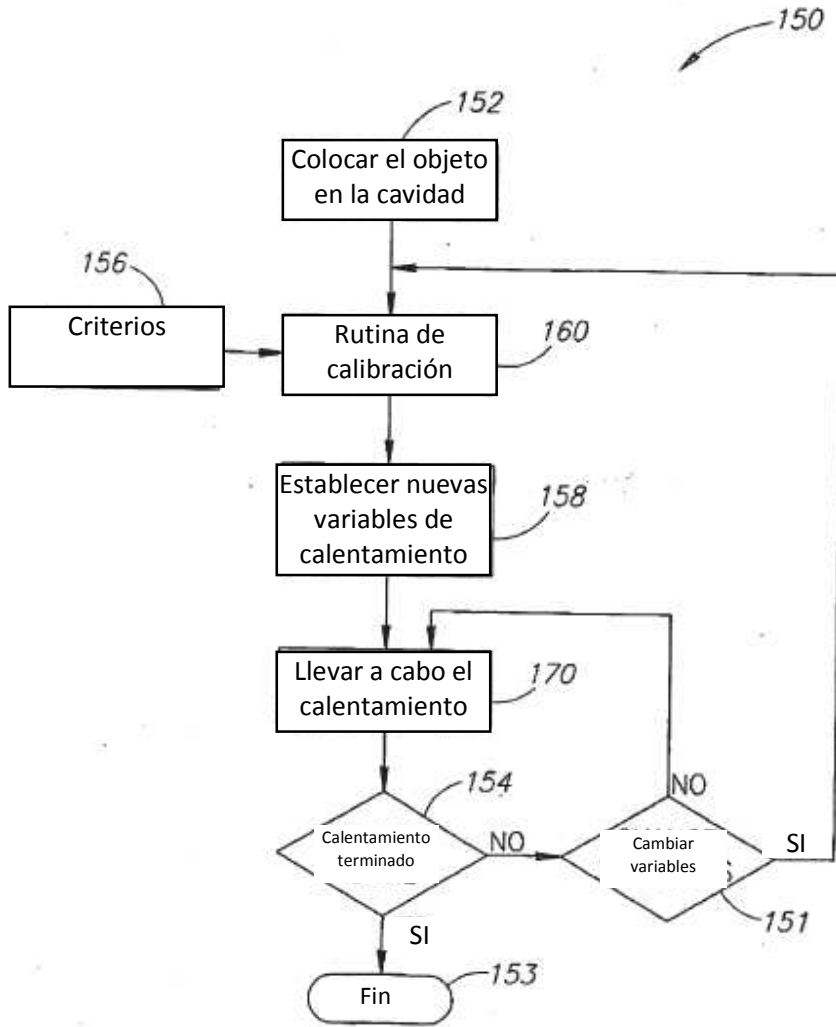


FIG.6

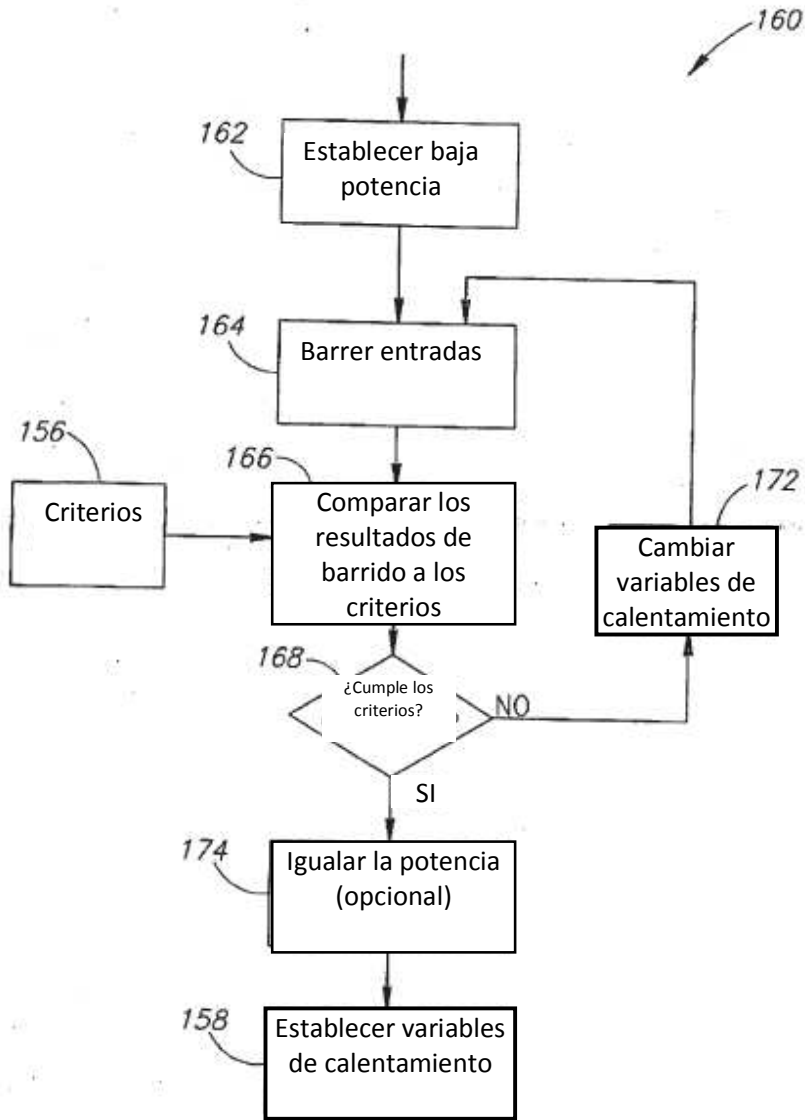


FIG.7

SI

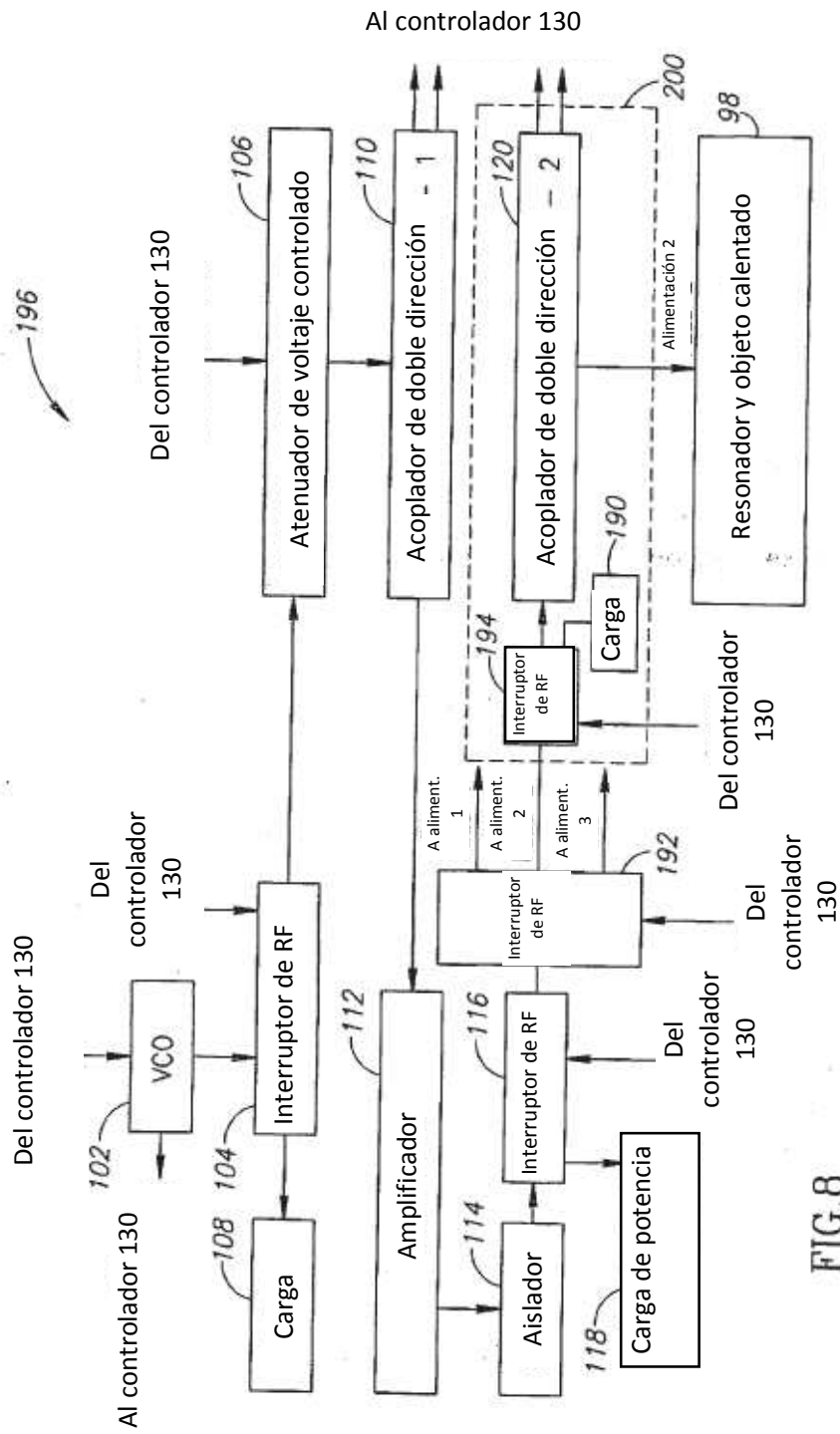


FIG.8

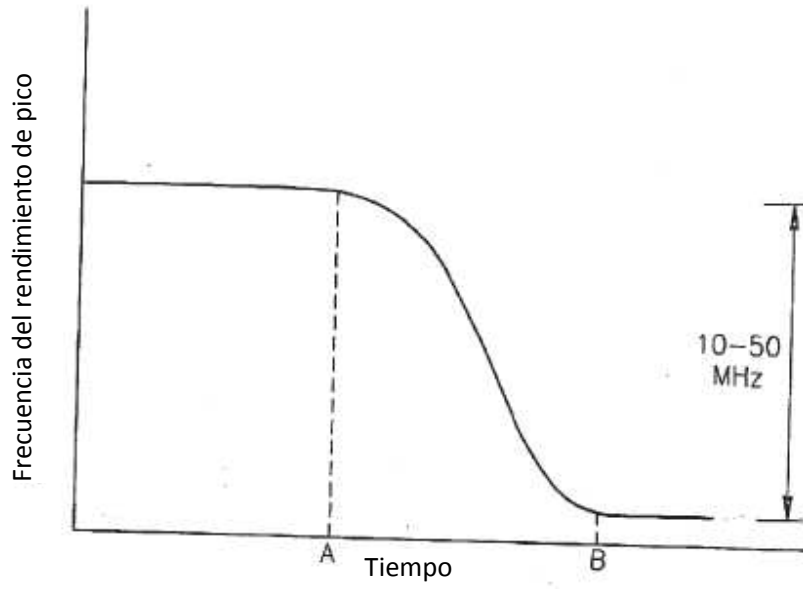


FIG.9

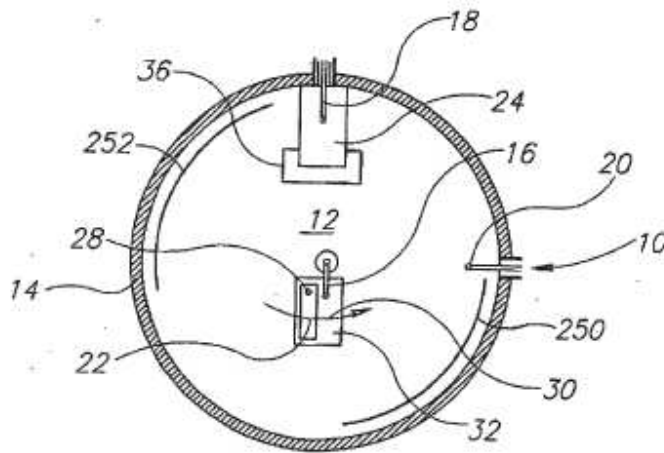


FIG.10

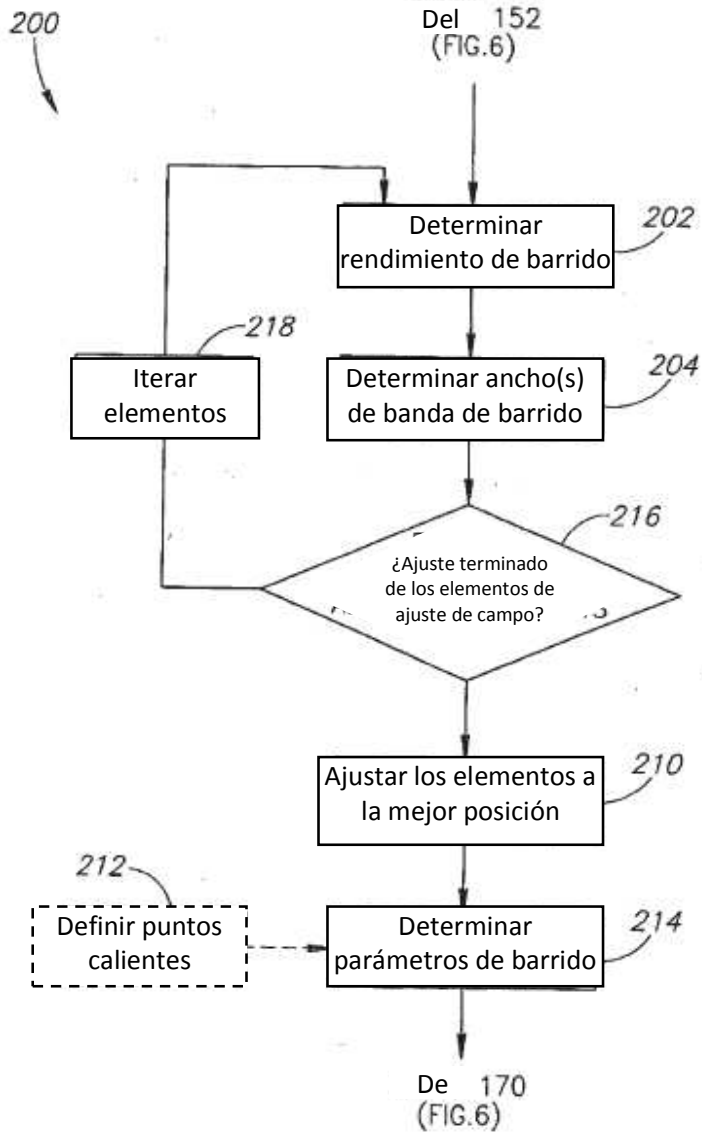


FIG.11A

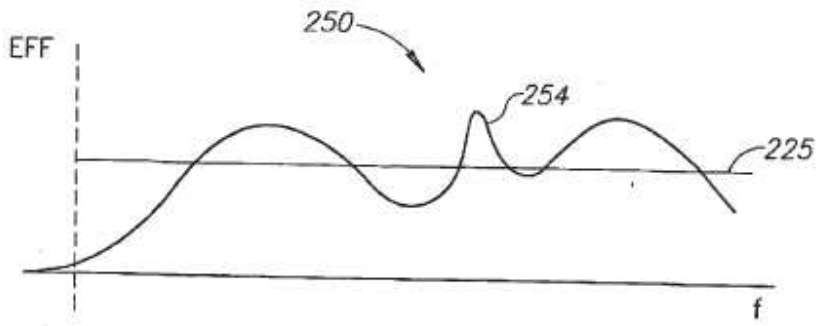


FIG.11B

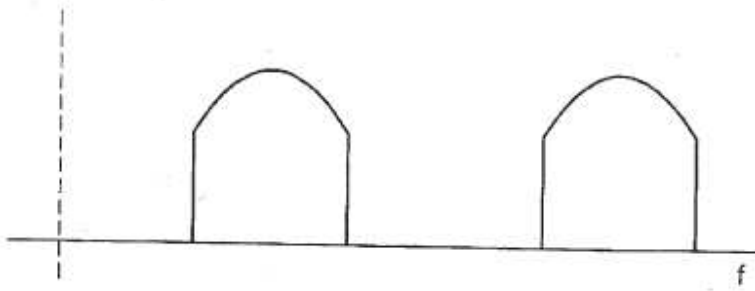


FIG.11C

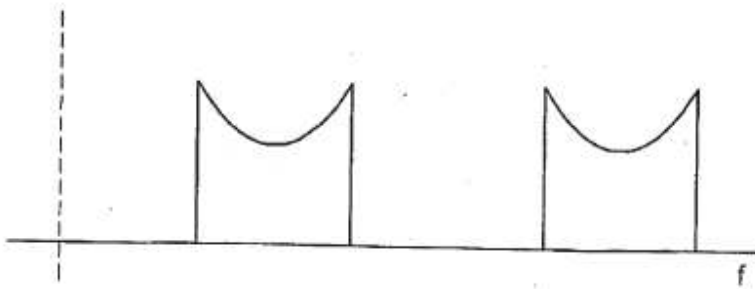


FIG.11D

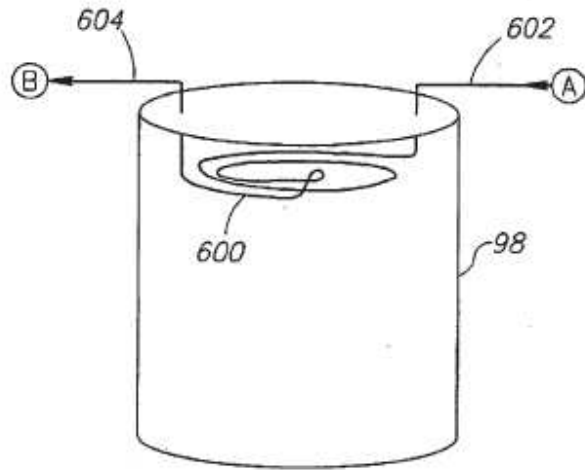


FIG.12A



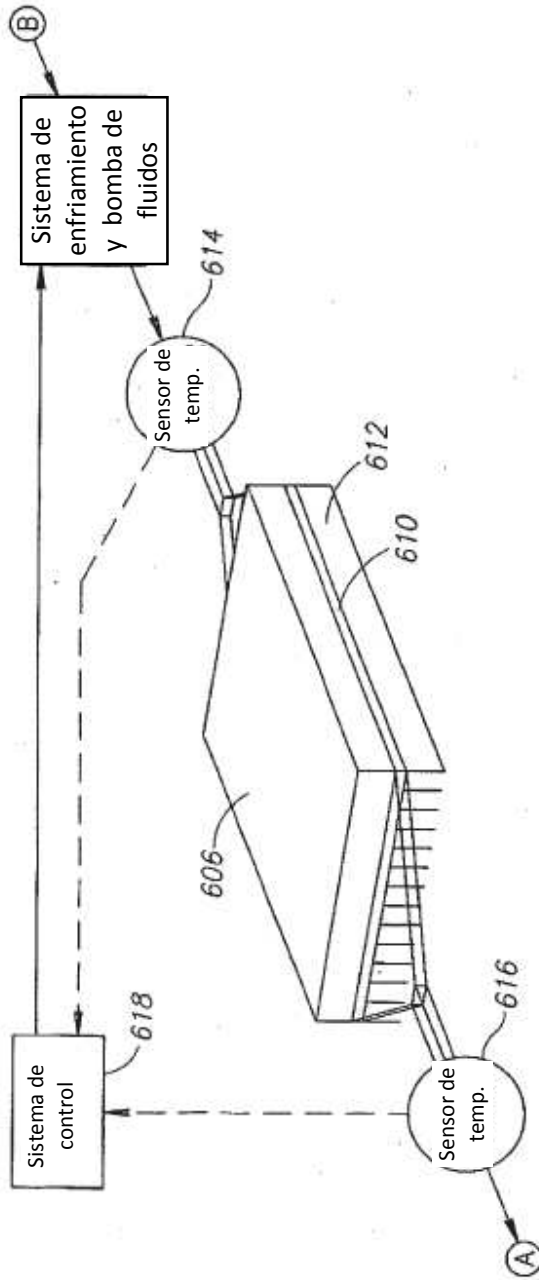


FIG.12B

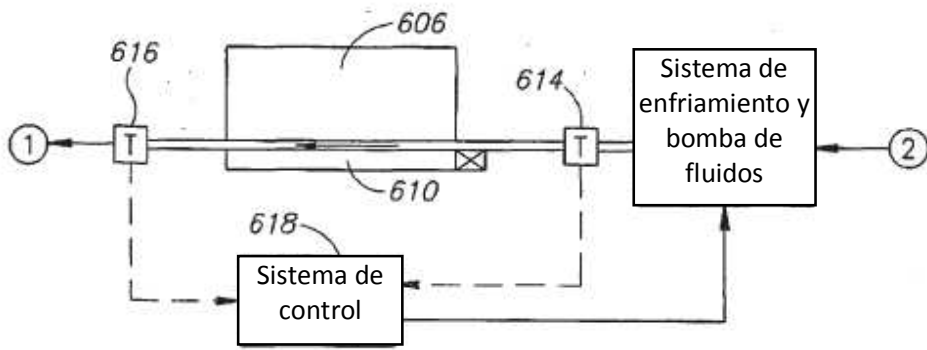


FIG.12C

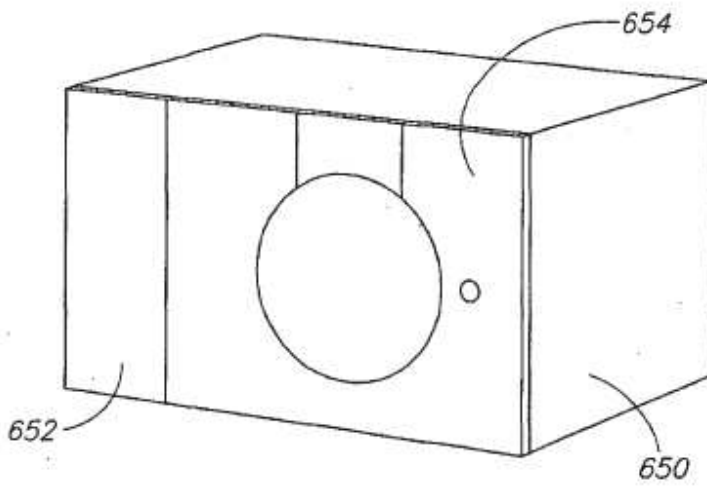


FIG.12D

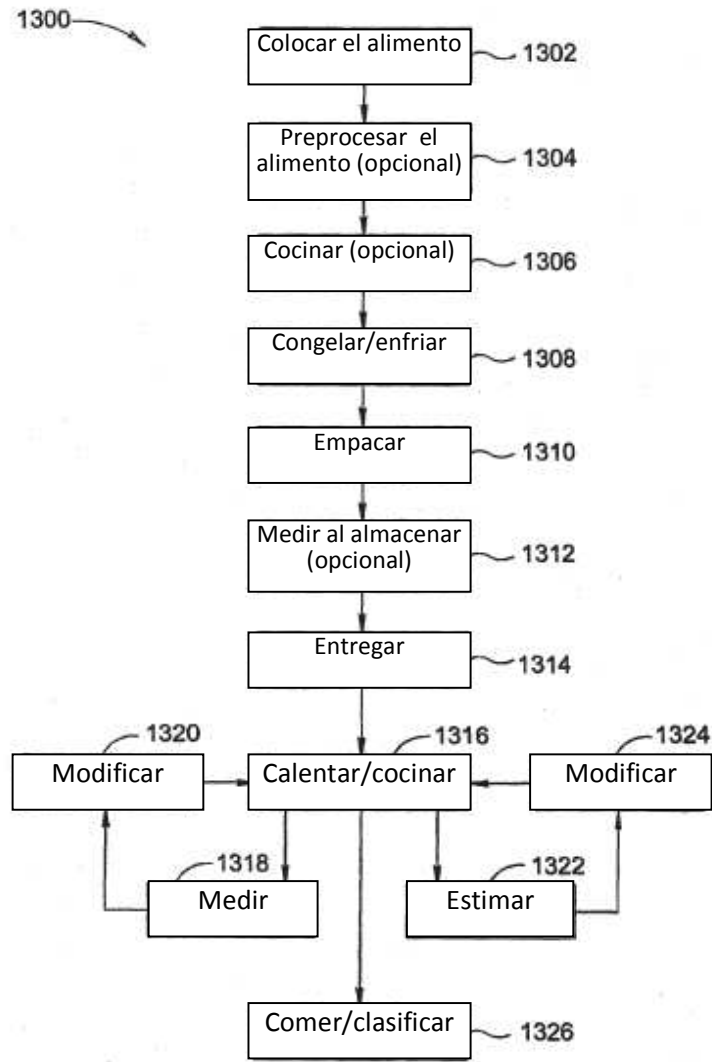


Fig. 13

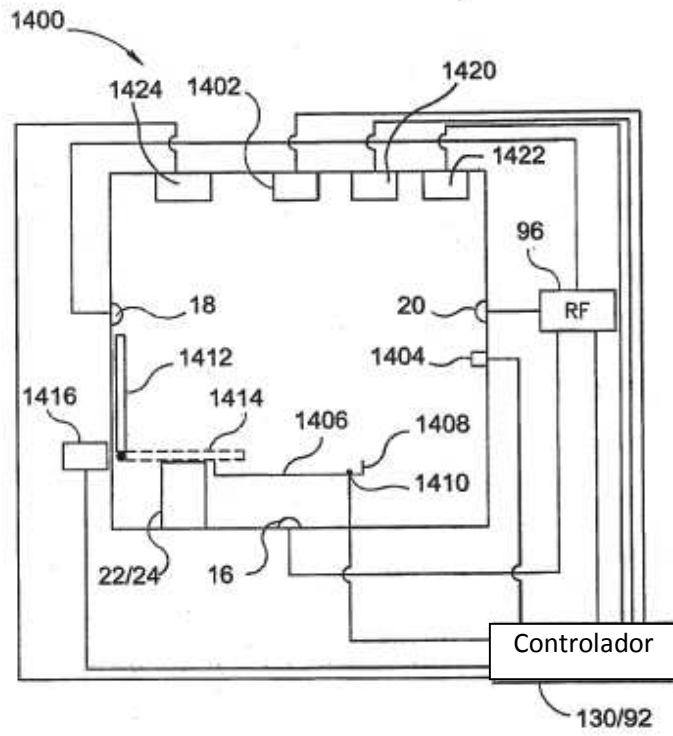


Fig. 14

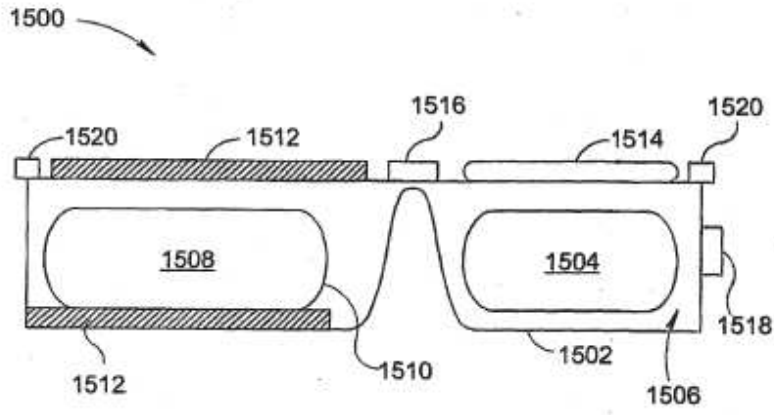


Fig. 15

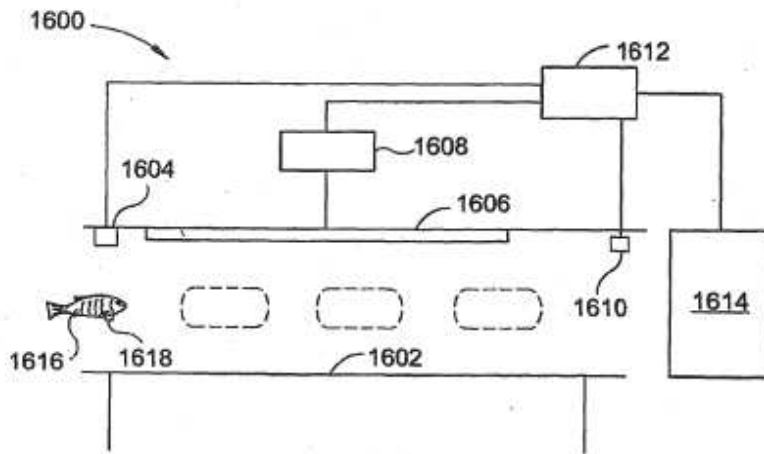
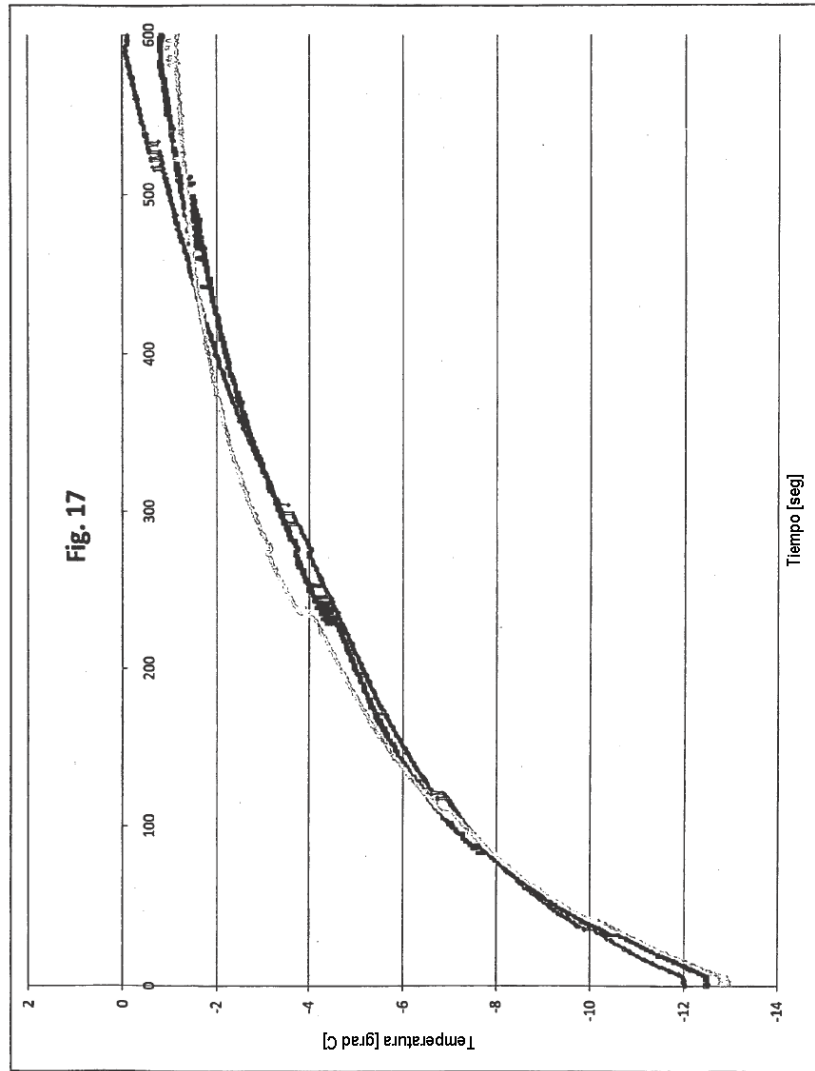


Fig. 16



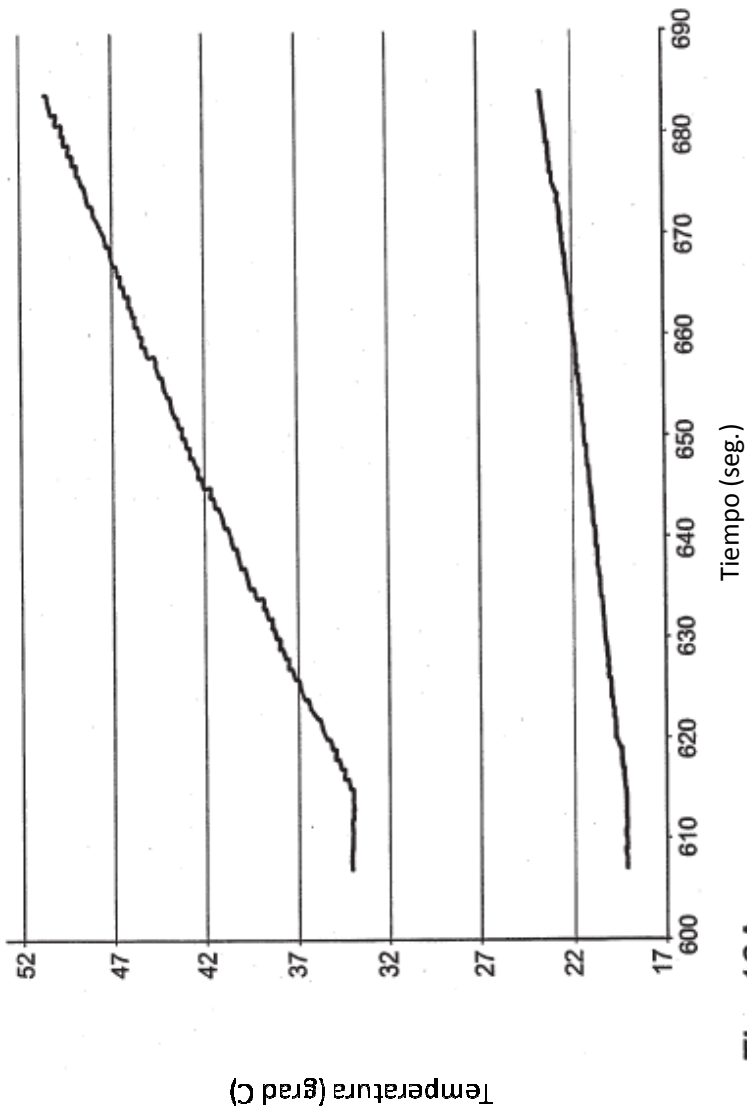


Fig. 18A

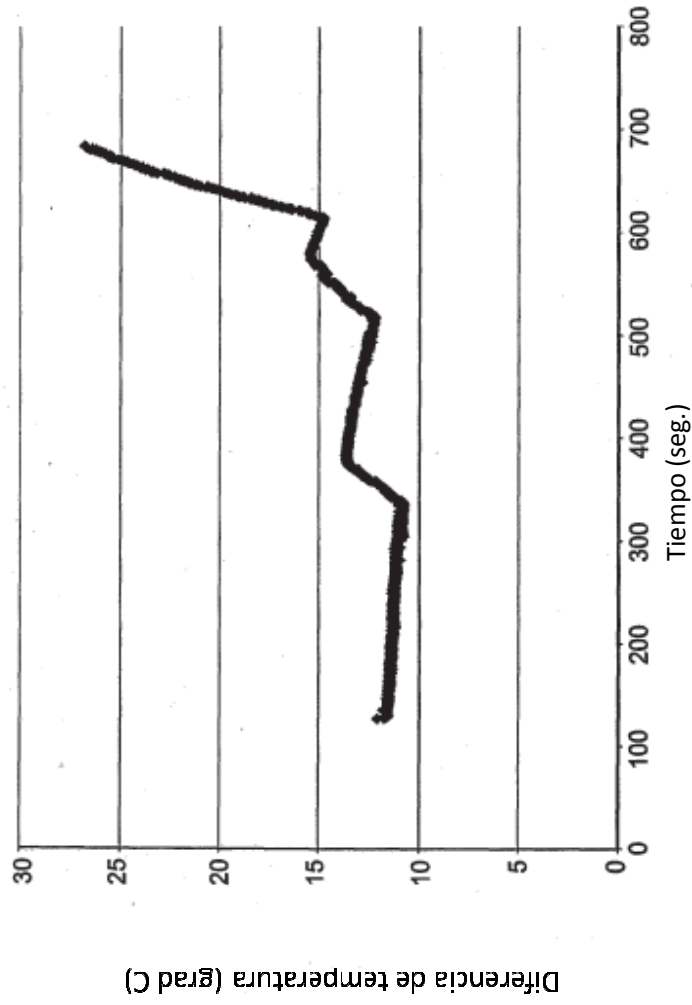


Fig. 18B



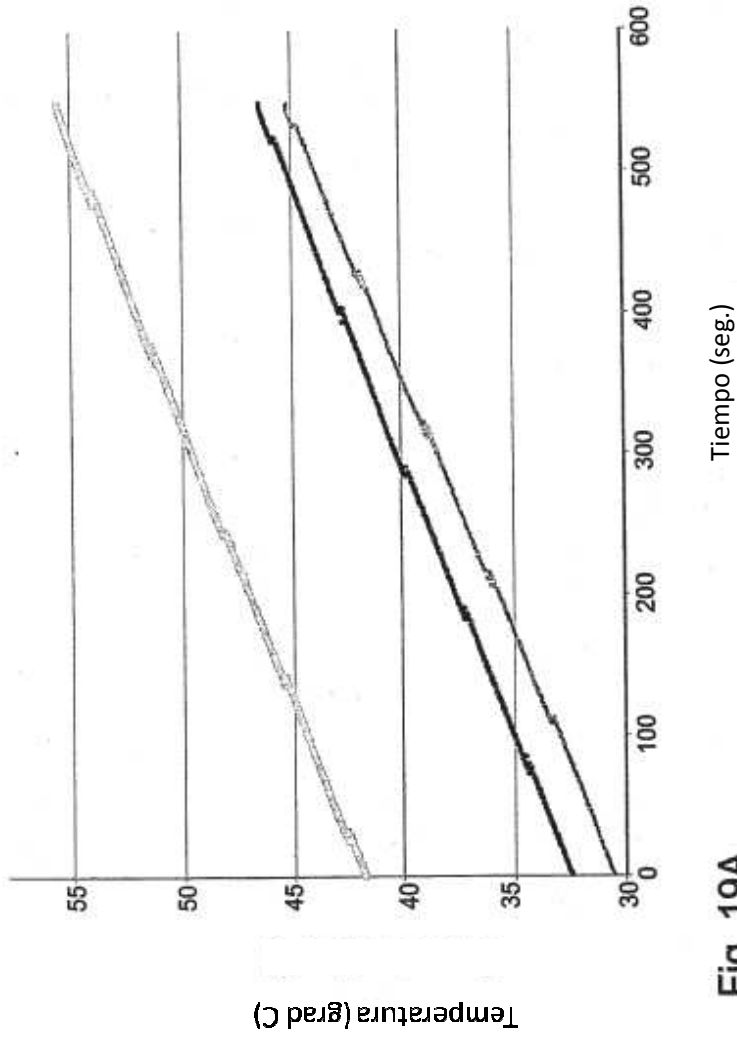


Fig. 19A

