

19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 823**

21 Número de solicitud: 201630956

51 Int. Cl.:

G01N 33/12 (2006.01)

G01N 27/02 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

13.07.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.03.2018

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2017/070504

71 Solicitantes:

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA (100.0%)

Ctro. Apoyo a la Innovación, la Investigación y la Transferencia de Tecnología CTT, Edf. 6G, Camino de Vera, s/n 46022 Valencia ES

72 Inventor/es:

**CASTRO GIRÁLDEZ, Marta;
COLOM PALERO, Ricardo José;
FITO SUÑER, Pedro José;
HERRERO BOSCH, Vicente;
LIDÓN ROGER, José Vicente;
MONZÓ FERRER, José María;
TÉBAR RUIZ, Ángel y
TRAFFANO SCHIFFO, María Victoria**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **APARATO Y MÉTODO NO INVASIVO DE DETECCIÓN DE ROTURAS DE LA CADENA DE FRÍO EN CARNE CONGELADA**

57 Resumen:

Aparato y método no invasivo de detección de roturas de la cadena de frío en carne congelada.

La presente invención se refiere a un aparato no invasivo de detección de roturas de la cadena de frío en carne congelada, que comprende un sensor, una unidad de espectroscopia dieléctrica vinculada con dicho sensor y una unidad de control vinculada con la unidad de espectroscopia dieléctrica, donde el sensor comprende:

- un electrodo de inyección, contactable con la superficie de la carne congelada de manera no invasiva para aplicar sobre dicha carne congelada una señal de inyección generada en la unidad de espectroscopia dieléctrica, y
- un primer y un segundo electrodo de medición, contactables con la superficie de la misma carne congelada de manera no invasiva para recibir desde dicha carne congelada la señal de medición; y para enviar esta señal de medición a la unidad de control, a través de la unidad de espectroscopia dieléctrica, además de al método que hace uso de dicho aparato.

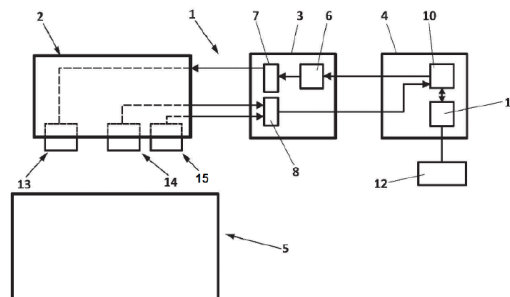


FIG. 1

ES 2 646 823 A1

**APARATO Y MÉTODO NO INVASIVO DE DETECCIÓN DE ROTURAS DE LA CADENA
DE FRÍO EN CARNE CONGELADA**

DESCRIPCIÓN

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención permite el análisis de aspectos clave relacionados con la calidad y la seguridad alimentaria de carne congelada mediante la aplicación de espectros dieléctricos en la carne congelada.

10

Concretamente, el objeto de la presente invención se refiere a un aparato y método no invasivo de detección de roturas de la cadena de frío en carne congelada. Asimismo, la presente invención es capaz de determinar los ciclos de congelación/descongelación a los que la carne congelada ha sido expuesta, así como cuantificar su tiempo de almacenamiento en estado de congelación.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Actualmente, la industria cárnica cuenta con la mayor facturación de la industria alimentaria en España. En particular, el sector cárnico lo lidera la carne de cerdo, seguida por las carnes de aves y por la carne de bovino, ovino, conejo, equino y caprino.

20

En los últimos 10 años, España ha logrado duplicar la cantidad de productos cárnicos que exporta, resultando en un gran incremento en la producción y en el almacenamiento de los productos cárnicos a nivel nacional. Debido a este aumento en la producción y ante la necesidad de su conservación durante largos periodos, las empresas se han visto obligadas a utilizar metodologías de conservación con el fin de evitar su deterioro.

25

Actualmente, el proceso de congelación es un método ampliamente utilizado en la industria cárnica con la finalidad de extender la vida útil de los alimentos, además de mantener en gran medida su valor nutricional y sus características organolépticas.

30

En comparación con otros métodos de conservación conocidos, la congelación conduce a una

menor pérdida de la calidad de la carne durante su almacenamiento a largo plazo. Sin embargo, la intensificación en la producción ha dado lugar a un incremento en la alteración y/o adulteración de carne. Ésta se vende y se consume como “fresca”, pero que ha sido descongelada, lo cual conlleva a una importante pérdida de la calidad de la carne, así como a un riesgo sanitario.

Dicho riesgo sanitario es debido a que durante la congelación los microorganismos presentes en los productos cárnicos se vuelven inactivos debido a las bajas temperaturas, pero luego recuperan su actividad durante la descongelación. La descongelación es un proceso mucho más lento y menos uniforme que la congelación, donde ciertas áreas de la carne estarán expuestas a condiciones de temperatura más favorables para el crecimiento microbiano. Cabe destacar, que el exudado de la carne, producto de la lisis celular del tejido muscular, es rico en proteínas, vitaminas y minerales, y por tanto proporciona un medio idóneo para el crecimiento microbiano. De este modo cada vez que una carne es congelada y descongelada la carga microbiana presente se incrementa notablemente.

Son conocidos métodos que utilizan la espectroscopia dieléctrica en carne para conocer su calidad. Estos métodos son métodos destructivos ya que o bien introducen electrodos de aguja en productos cárnicos, o requieren de la extracción de una muestra de carne con una geometría concreta para poder analizarla mediante complejos sensores.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención permite detectar, de un modo no invasivo, a cuantos ciclos de congelación/descongelación ha sido sometida una pieza de carne congelada. Adicionalmente, permite identificar los cambios, en la estructura del tejido muscular de la carne congelada, causados por la formación y/o desaparición de unos cristales de hielo surgidos durante el proceso de congelación, y permite determinar el tiempo de almacenamiento en estado de congelación al que la carne congelada ha sido sometida.

Para ello la presente invención utiliza la espectroscopia dieléctrica en el rango de la radiofrecuencia. Esta técnica permite obtener la permitividad de un medio en función de la frecuencia. La permitividad es la propiedad física que describe la interacción de un campo eléctrico externo con el spin de algunas especies químicas.

En dicho rango de frecuencia las dispersiones eléctricas son de baja energía y se producen por la orientación del spin de las moléculas con elevada fuerza iónica, o lo que es lo mismo con especies químicas cargadas.

5

Más concretamente, en la presente invención la medida del espectro dieléctrico está comprendida en el espectro de la radiofrecuencia, concretamente en un rango de frecuencias entre 40 Hz y 1 MHz. En este rango de frecuencias se encuentran las dispersiones que describen la orientación de especies químicas con carga, en un medio líquido (dispersión alfa) y las dispersiones que describen la orientación de las cargas de las estructuras moleculares solidas (dispersión beta). Estas especies químicas en medio líquido son fundamentalmente electrolitos tal como K^+ o Ca^{2+} , y ácidos débiles iónicos tal como el lactato, mientras que las especies químicas estructurales con cargas fijas son fundamentalmente las proteínas tales como la miosina, el colágeno y la actina. Dichos fenómenos permiten determinar el estado estructural de la carne y por ende los cambios conformacionales derivados de los ciclos de congelación/descongelación a los que ha sido sometida.

10

15

Cabe destacar que la propiedad eléctrica fundamental de la espectroscopia dieléctrica, a través de la cual se describe la interacción con la materia es la permitividad, propiedad física compleja, donde su parte real es la constante dieléctrica y cuya parte imaginaria es el factor de pérdidas.

20

La constante dieléctrica representa la proporción de energía eléctrica que es almacenada al orientarse el medio respecto a la dirección del campo, y el factor de pérdidas representa el desplazamiento del campo inducido por las transformaciones de energía eléctrica en otras energías, por colisiones y fricciones entre moléculas. A frecuencias comprendidas entre 1Hz y 100MHz se producen los fenómenos de orientación, estos fenómenos identifican junto con la conductividad el comportamiento dieléctrico de los sistemas biológicos.

25

Más concretamente, la dispersión alfa (rango del espectro entre 1Hz y 1 kHz), también llamada counterion, viene inducida por la orientación de cargas móviles en el medio dieléctrico. La dispersión beta cubre un amplio rango del espectro, desde 1kHz hasta 100MHz, y describe todas las interacciones con cargas fijas que se encuentran en el medio dieléctrico. Esta dispersión beta se divide a su vez en dos tramos, las interacciones en el rango aproximado de

30

1 kHz- 500kHz, en la que se engloban las interacciones con cargas pertenecientes a macromoléculas estructurales que conforman la fase sólida del sistema, como por ejemplo las proteínas. En el tramo de mayor energía, 500 kHz a 100 MHz, se encuentran las interacciones de cargas asociadas a la tensión superficial de las superficies sólidas en contacto con el medio fluido.

5

La carne presenta proteínas estructurales como por ejemplo la miosina, el colágeno y la actina. Por esta razón, la dispersión beta, representa una buena herramienta para predecir el nivel estructural del alimento y, permite detectar los cambios estructurales producidos debido a la ruptura del tejido muscular en procesos de congelación/descongelación, sin necesidad de invadir la carne.

10

Otra ventaja de la presente invención es que permite monitorizar la evolución de concentraciones de electrolitos de elevada fuerza iónica (K^+ , Ca^{2+}) mediante el análisis de la dispersión alfa.

15

Concretamente, la presente invención consiste en un aparato que comprende un sensor, una unidad de espectroscopia dieléctrica vinculada con dicho sensor y una unidad de control vinculada con la unidad de espectroscopia.

20

Más concretamente, el sensor comprende un electrodo de inyección, susceptible de contactar con la superficie de la carne congelada sin penetrarla, para aplicar sobre dicha carne congelada una señal de inyección. Esta señal de inyección comprende un tono eléctrico cuya frecuencia varía con el tiempo, donde en un intervalo determinado se obtendría una frecuencia instantánea. Más concretamente, este tono eléctrico varía linealmente con una duración en el tiempo inferior a 100 ms, y que está comprendido en un intervalo de frecuencias entre 40Hz y 1MHz. Este tono eléctrico es producido en la unidad de espectroscopia dieléctrica. El sensor también comprende un primer y un segundo electrodo de medición, susceptibles de contactar con la superficie de la misma carne congelada sin penetrarla, para recibir a través de dicha carne congelada una señal de medición.

25

30

Preferentemente, el electrodo de inyección presenta un potencial eléctrico mayor que los electrodos de medición, esta diferencia de potencial eléctrico es producida por dicho tono eléctrico. Cabe destacar que debido a que la carne congelada es un material dieléctrico, los

electrones no circulan a través del mismo, generándose una diferencia de potencial produciéndose un flujo de fotones a través de la muestra de carne congelada, prevaleciendo el efecto eléctrico de los mismos por la disposición de los electrodos. Gracias a la geometría y disposición de todos los electrodos se obtiene la permitividad.

5

Cabe destacar que preferentemente, la diferencia de potencial generado entre el electrodo de inyección y los electrodos de medición es de 250 mV.

10

Adicionalmente, estos electrodos de medición también son susceptibles de enviar esta señal de medición a la unidad de control, a través del sensor y de la unidad de espectroscopia dieléctrica respectivamente, para que en la unidad de control se obtenga la propiedad de relajación dieléctrica y mediante algoritmos se detecten roturas de la cadena de frío.

15

Esta señal de medición comprende la información sobre el estado estructural de la carne congelada y sobre el estado de los aglomerados de hielo derivados de los ciclos de congelación/descongelación a los que ha podido ser sometida la carne congelada.

20

Preferentemente, los electrodos del sensor están alineados entre sí y separados a una primera distancia D1, que separa el electrodo de inyección del primer electrodo de medición, y una segunda distancia D2, que separa el primer electrodo de medición del segundo electrodo de medición.

25

La primera distancia D1 y la segunda distancia D2 están comprendidas entre 1 mm y 10 mm. Cabe destacar que estas distancias D1 y D2 están relacionadas entre sí para que los electrodos de medición puedan recibir correctamente la señal de medición.

30

Preferentemente, la primera distancia D1 es de 7,4 mm y la segunda distancia D2 es de 4,6 mm, gracias a estas distancias se consigue que el electrodo de inyección aplique sobre la carne congelada la señal de inyección permitiendo que el flujo de fotones penetre superficialmente y que de esta manera, las propiedades físicas que se desee medir sean superficiales.

Preferentemente, los electrodos comprenden una punta redondeada y son retráctiles de modo que al ser presionados sobre la carne congelada los electrodos quedan enrasados

con la superficie del sensor. De este modo, se obtiene un aparato no invasivo que no infringe ningún daño sobre la superficie de la carne congelada.

Más concretamente, la unidad de espectroscopia dieléctrica comprende un generador para producir dicho tono eléctrico de duración temporal igual o inferior a 100 ms y cuya frecuencia varía linealmente en un rango de frecuencias comprendido entre 40Hz y 1MHz, un primer circuito de adecuación de la señal de inyección que está vinculado con dicho generador y con el electrodo de inyección, y un segundo circuito de adecuación de la señal de medición vinculado con la unidad de control y con los dos electrodos de medición.

En cuanto a la unidad de control, ésta comprende un bloque de procesado de señal, y una unidad de comunicación destinada a vincularse con al menos una unidad de tratamiento de datos. De este modo la unidad de control puede detectar roturas en la cadena de frío de la carne congelada sin que ésta sufra daños.

Adicionalmente, el aparato comprende unos medios de sujeción susceptibles de ser vinculados en una línea de procesado o transporte de carne congelada. Esto presenta la ventaja de que permite al aparato ser incluido en la una línea de procesado de carne congelada o en algún sector de la cadena de transporte de la carne congelada para poder saber si la carne congelada es consumible sin realizar medidas destructivas.

Por otro lado, el método del que hace uso el aparato descrito anteriormente comprende las siguientes etapas:

- posicionar el sensor sobre la superficie de la carne congelada sin que sus electrodos penetren la superficie de la carne congelada,
- generar, mediante la unidad de espectroscopia dieléctrica vinculada con el sensor, una señal de inyección que comprende el tono eléctrico cuya frecuencia varía linealmente durante un tiempo inferior a 100 ms, y que está comprendida entre 40Hz y 1MHz,
- aplicar, mediante el electrodo de inyección del sensor, la señal de inyección sobre la superficie de la carne congelada,
- recibir, mediante los electrodos de medición del sensor, la señal de medición desde la superficie de la carne congelada,

- transferir, desde los electrodos de medición del sensor hasta una unidad de control, vinculada a través de la unidad de espectroscopia dieléctrica, la señal de medición,
- procesar los datos mediante la unidad de control,
- calcular la permitividad en función de la frecuencia a partir de la señal obtenida,
- obtener los valores de dispersión mediante un algoritmo
- determinar roturas en la cadena de frío de la carne congelada es decir cuántas veces la carne ha sido congelada y/o descongelada, y cuanto tiempo ha estado congelada, en función de los resultados de los modelos predictivos.

5

10

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

15

Figura 1.- Muestra una vista esquemática del aparato.

20

Figura 2.- Muestra una vista esquemática del sensor.

Figura 3.- Muestra una gráfica comparativa de la concentración de calcio y potasio en carne de cerdo congelada y en carne de cerdo congelada que ha sufrido una rotura en la cadena de frío.

25

Figura 4. Muestra una gráfica de la variación de masa de proteínas en estado estructural en carne de cerdo congelada que ha sufrido una rotura en la cadena de frío.

30

Figura 5. Muestra una gráfica de la variación de la constante dieléctrica en dispersión alfa con respecto al tiempo de almacenamiento para carne de cerdo congelada.

Figura 6. Muestra una gráfica de la variación de la constante dieléctrica en dispersión beta con respecto al tiempo de almacenamiento para carne de cerdo congelada.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

5 En una realización preferente de la invención, tal y como se muestra en la figura 1, el aparato (1) comprende un sensor (2), una unidad de espectroscopia dieléctrica (3) vinculada con dicho sensor (2) y una unidad de control (4) vinculada con la unidad de espectroscopia dieléctrica (3).

10 Más concretamente, este sensor (2) se posiciona sobre una pieza de carne de cerdo congelada (5), para determinar su estado estructural y los cambios de tamaño de los aglomerados de hielo derivados de los ciclos de congelación/descongelación a los que ha sido sometida.

15 Para ello la unidad de espectroscopia dieléctrica (3) aplica sobre su superficie una señal de inyección que comprende un tono eléctrico cuya frecuencia varía linealmente durante un tiempo inferior a 100 ms, y que está comprendida entre 40Hz y 1MHz. Más concretamente, esta señal de inyección ha sido generada en un generador de señal eléctrica (6), y adecuada por un primer circuito de adecuación (7) comprendidos en la unidad de espectroscopia dieléctrica (3).

20 El sensor (2) recibe la señal de medición que ha devuelto la carne de cerdo congelada (5) y que contiene información sobre su estado estructural. El sensor (2) transfiere esta señal de medición hasta la unidad de control (4) a través de la unidad de espectroscopia dieléctrica (3) a la cual se encuentra vinculada. Concretamente, antes de enviar la señal de medición a la unidad de control (4) se adecua la señal de medición mediante un segundo circuito de adecuación (8) comprendido en la unidad de espectroscopia dieléctrica (3).

25 Concretamente, la unidad de control (4) contiene un bloque de procesado de señal (10) que adquiere y analiza, mediante un algoritmo programado, la señal de medición para obtener el espectro de permitividad.

30 Más concretamente, este algoritmo está basado en el teorema de Wiener-Khinchin que permite acelerar el procesado digital destinado a obtener el espectro de permitividad. A partir del espectro de permitividad y mediante un algoritmo se obtienen las relajaciones (alfa y beta); por último, mediante un árbol de decisión o conjunto de algoritmos, se detecta cuantas veces la

carne de cerdo congelada (5) ha sido congelada y/o descongelada, y cuanto tiempo ha estado congelada.

5 Adicionalmente, la unidad de control (4) comprende una unidad de comunicación (11) destinada a vincularse con al menos una unidad de tratamiento de datos exterior, tal como un ordenador personal (12), para que el usuario del aparato (1) pueda conocer de forma gráfica el estado estructural de la carne de cerdo congelada (5).

10 De forma no limitativa, para poder obtener el espectro de frecuencia de entre 40Hz y 1MHz sin invadir la carne de cerdo congelada (5) el sensor (2) comprende, tal y como se muestra en la figura 2, un electrodo de inyección (13) de la señal de inyección generada en la unidad de espectroscopia dieléctrica (3), y un primer y un segundo electrodo de medición (14, 15) de la señal de medición, de manera que mediante la interacción de un campo externo con un momento dipolar eléctrico de la muestra, se obtiene la permitividad.

15 Concretamente, los electrodos (13, 14, 15) del sensor (2) son de punta redondeada y retráctiles y de forma no limitativa tienen una longitud de 3 mm.

20 Más concretamente, estos electrodos del sensor (2) están alineados entre sí, el electrodo de inyección (13) está separado del primer electrodo de medición (14) a 7,4 mm y a su vez el primer electrodo de medición (14) está separado del segundo electrodo de medición (15) a 4,6 mm. De este modo, la señal de inyección resulta en un flujo de fotones que atraviesa la pieza de carne de cerdo congelada (5) para obtener todos los parámetros eléctricos requeridos por la unidad de control (4) para obtener el estado estructural de esta pieza de

25 carne de cerdo congelada (5). La aparición de este flujo de fotones es debido a que la carne de cerdo congelada (5) es un material dieléctrico y cuando se genera una diferencia de potencial entre dos puntos, es decir entre los electrodos (13, 14, 15), se produce un flujo de fotones entre ellos.

30 En el presente ejemplo de realización se ha comprobado el funcionamiento del aparato (1) y su método no invasivo a través de la medición de la permitividad que es la propiedad física que describe el comportamiento eléctrico de un flujo de fotones. Ésta es una propiedad física compleja, donde su parte real es la constante dieléctrica, y cuya parte imaginaria es el factor de pérdidas. Dicha permitividad ha sido analizada tanto para dispersión alfa como para la

dispersión beta de la pieza de carne de cerdo congelada (5).

De este modo, el aparato (1) monitoriza la evolución de concentraciones de electrolitos de elevada fuerza iónica (x_{Ca+2} , x_{K+}) de la pieza carne de cerdo congelada (5) mediante el análisis de la dispersión alfa, y las proteínas estructurales (colágeno, miosina y actina) de la pieza de carne de cerdo congelada (5) mediante la dispersión beta.

Más concretamente, tal y como se muestra en la figura 3, la medida de permitividad realizada con el aparato (1) en el rango de frecuencias establecido permite determinar la concentración de cationes libres (mayoritarios en carne, mediante la constante dieléctrica en la dispersión alfa ε'_{α} . Más concretamente, en dicha figura 3 se muestra con un rombo blanco (\diamond) la concentración de calcio (x_{Ca+2}) en carne de cerdo congelada (5) que no ha sufrido una rotura de la cadena de frío y con un rombo negro (\blacklozenge) la concentración de calcio en carne de cerdo congelada (5) almacenada que ha sufrido ruptura en la cadena de frío respecto a la constante dieléctrica en la dispersión alfa ε'_{α} . También, en dicha figura 3, mediante un rectángulo blanco (\square) se muestra la concentración de potasio (x_{K+}) en carne de cerdo congelada (5) almacenada y mediante un rectángulo negro (\blacksquare) se muestra la concentración de potasio en carne de cerdo congelada (5) almacenada que ha sufrido ruptura en la cadena de frío respecto a la constante dieléctrica en la dispersión alfa ε'_{α} (eje secundario).

Así mismo, en la figura 4 se muestra la variación de la masa de proteínas ΔM_p en estado estructural de la pieza de carne de cerdo congelada (5) con respecto a la constante dieléctrica en la dispersión beta ε'_{β} . Concretamente, se ha representado con un rectángulo negro (\blacksquare) la miosina y con un círculo blanco (\bullet) el colágeno. También se ha marcado la zona de rotura encontrada en la constante dieléctrica en la dispersión beta ε'_{β} , es decir la zona donde se detecta que han habido roturas de la cadena de frío en la pieza de carne de cerdo congelada (5). En este caso en particular esta zona se encuentra aproximadamente entre 1 MHz y 1,7 MHz. Adicionalmente, a partir de los valores que muestra esta figura 4 es posible determinar la cantidad de proteínas estructurales en la carne de cerdo congelada (5).

Finalmente, mediante la utilización del aparato (1), tal y como se muestra respectivamente en las figuras 5 y 6, es posible detectar, mediante la medida de la constante dieléctrica en la

dispersión alfa ε'_α (figura 5) y la constante dieléctrica en la dispersión beta ε'_β , (figura 6), si una pieza de carne de cerdo congelada (5) ha sido, descongelada y vuelta a congelar en uno y dos ciclos. Esto es debido a que la carne de cerdo congelada (5) sin ruptura de la cadena de frío representada en ambas graficas como un rectángulo blanco (\square) y la carne de cerdo congelada (5) que ha sufrido ruptura de la cadena de frío representada en ambas graficas como un rectángulo negro (\blacksquare) presentan valores diferentes en dispersión alfa y beta a lo largo del tiempo. Es fácil ver que la pieza de carne de cerdo congelado (5) que ha sufrido roturas de la cadena de frio presenta valores mayores tanto en dispersiones alfa como beta comparada con la pieza de carne de cerdo congelado (5) que no ha sufrido ninguna rotura de frío.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aparato (1) no invasivo de detección de roturas de la cadena de frío en carne congelada, que comprende un sensor (2), una unidad de espectroscopia dieléctrica (3) vinculado con dicho sensor (2) y una unidad de control (4) vinculada con la unidad de espectroscopia dieléctrica (3), **caracterizado porque** el sensor (2) comprende:
- un electrodo de inyección (13), contactable con la superficie de la carne congelada de manera no invasiva para aplicar sobre dicha carne congelada una
 - 10 señal de inyección generada en la unidad de espectroscopia dieléctrica (3), y
 - un primer y un segundo electrodo de medición (14, 15), contactables con la superficie de la misma carne congelada de manera no invasiva para recibir desde dicha carne congelada la señal de medición; y de enviar esta señal de medición a
 - 15 la unidad de control (4), a través de la unidad de espectroscopia dieléctrica (3), en donde la unidad de control adicionalmente comprende un bloque de procesado de señal para detectar roturas de la cadena de frío.
- 20 2. Aparato (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los electrodos (13, 14, 15) del sensor (2) son de punta redondeada y retractiles para resultar enrasados con la superficie del sensor (2).
- 25 3. Aparato (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los electrodos (13, 14, 15) del sensor (2) están alineados entre sí y separados a una primera distancia D1, que separa el electrodo de inyección (13) del primer electrodo de medición (14), y una segunda distancia D2, que separa al segundo electrodo de medición (14) del primer electrodo de medición (14).
- 30 4. Aparato (1) según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la primera distancia D1 y la segunda distancia D2 está comprendida entre 1mm y 10mm.
5. Aparato (1) según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la primera distancia D1 es de 7,4 mm.

6. Aparato (1) según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la segunda distancia D2 es de 4,6 mm.

7. Aparato (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la unidad de espectroscopia dieléctrica (3) comprende:

- 5 - un generador de señal eléctrica (6) para generar una señal de inyección que comprende un tono eléctrico de duración temporal igual o inferior a 100 ms y cuya frecuencia varía linealmente en un rango de frecuencias comprendido entre 40Hz y 1MHz,
- 10 - un primer circuito de adecuación (7) vinculado con el generador de señal eléctrica (6) y con el electrodo de inyección (13) para adecuar eléctricamente la señal de inyección, y
- un segundo circuito de adecuación (8) de la señal de medición vinculado con la unidad de control (4) y con los dos electrodos de medición (14, 15) para adecuar eléctricamente la señal de medición.

15

8. Aparato (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la unidad de control (4) contiene un bloque de procesado de señal (10).

9. Aparato (1) según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la unidad de control (4) adicionalmente comprende una unidad de comunicación (11) destinada a vincularse con al menos una unidad de tratamiento de datos externa, tal como un ordenador personal (12), Tablet o Smartphone.

20

10. Aparato (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el aparato (1) adicionalmente comprende unos medios de sujeción vinculables en una línea de producción o transporte de carne congelada.

25

11. Método del que hace uso el aparato (1) descrito en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende:

- 30 - posicionar el sensor (2) sobre la superficie de la carne congelada con los electrodos (13, 14, 15) aplicados sobre la superficie de la carne congelada de manera no invasiva,
- generar, mediante la unidad de espectroscopia dieléctrica (3) vinculado con el sensor (2), la señal de inyección que comprende un tono eléctrico de duración temporal

igual o inferior a 100 ms y cuya frecuencia varía linealmente en un rango de frecuencias comprendido entre 40Hz y 1MHz,

- aplicar, mediante el sensor (2), la señal de inyección sobre la superficie de la carne congelada,
- 5 - medir, mediante dicho sensor (2), la señal de medición desde la superficie de la carne congelada,
- transferir, desde el sensor (2) hasta la unidad de control (4), a través d la unidad de espectroscopia dieléctrica (3), la señal de medición,
- procesar los datos mediante la unidad de control (4),
- 10 - calcular la permitividad en función de la frecuencia a partir de la señal obtenida,
- obtener los valores de dispersión mediante un algoritmo,
- determinar roturas en la cadena de frío de la carne congelada es decir cuántas veces la carne ha sido congelada y/o descongelada, y cuanto tiempo ha estado congelada, en función de los resultados de los modelos predictivos.

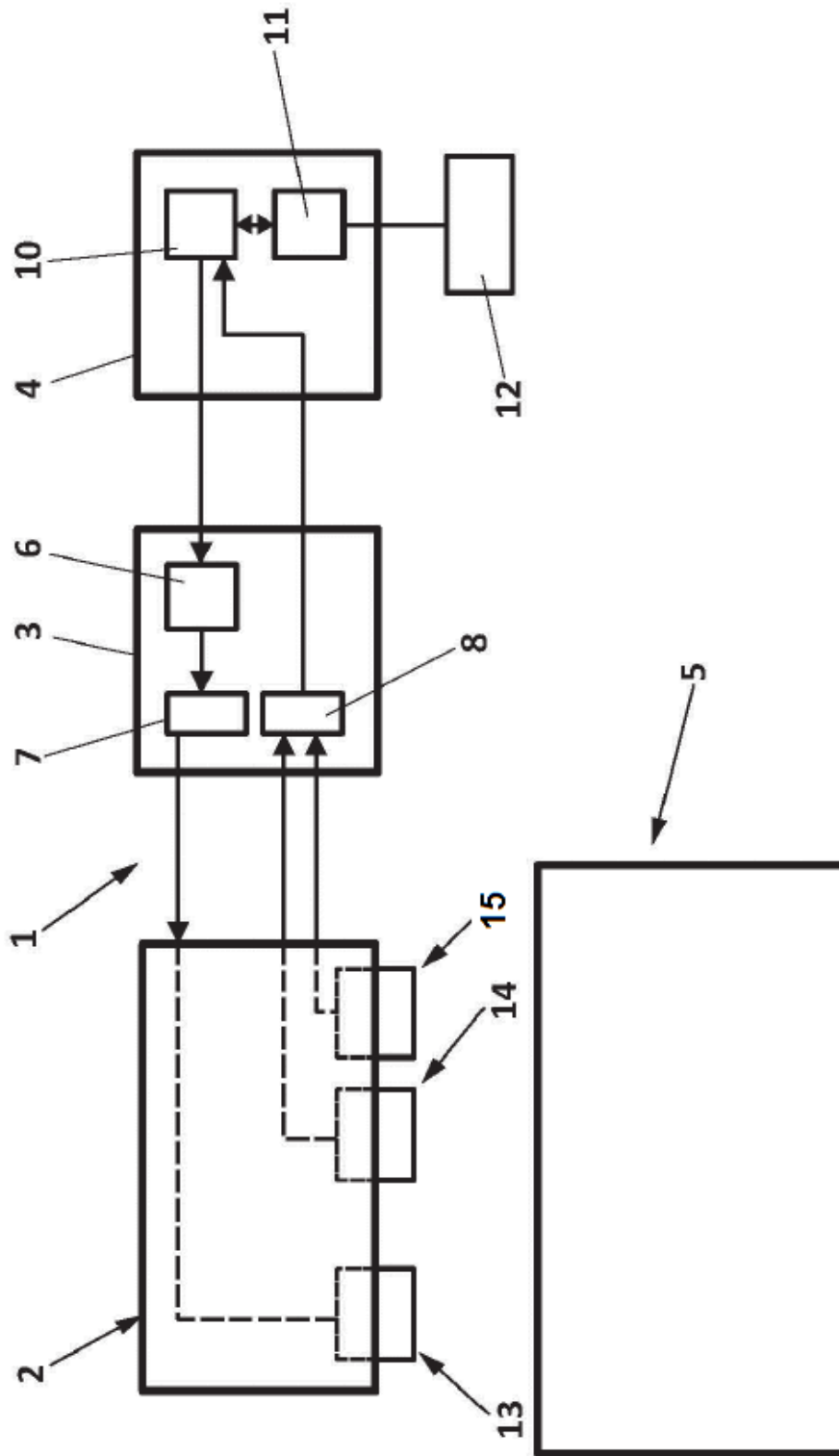


FIG. 1

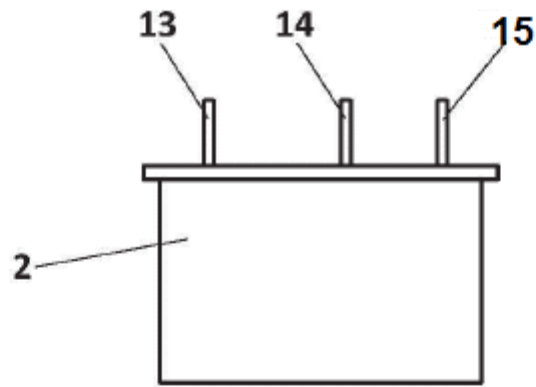


FIG. 2

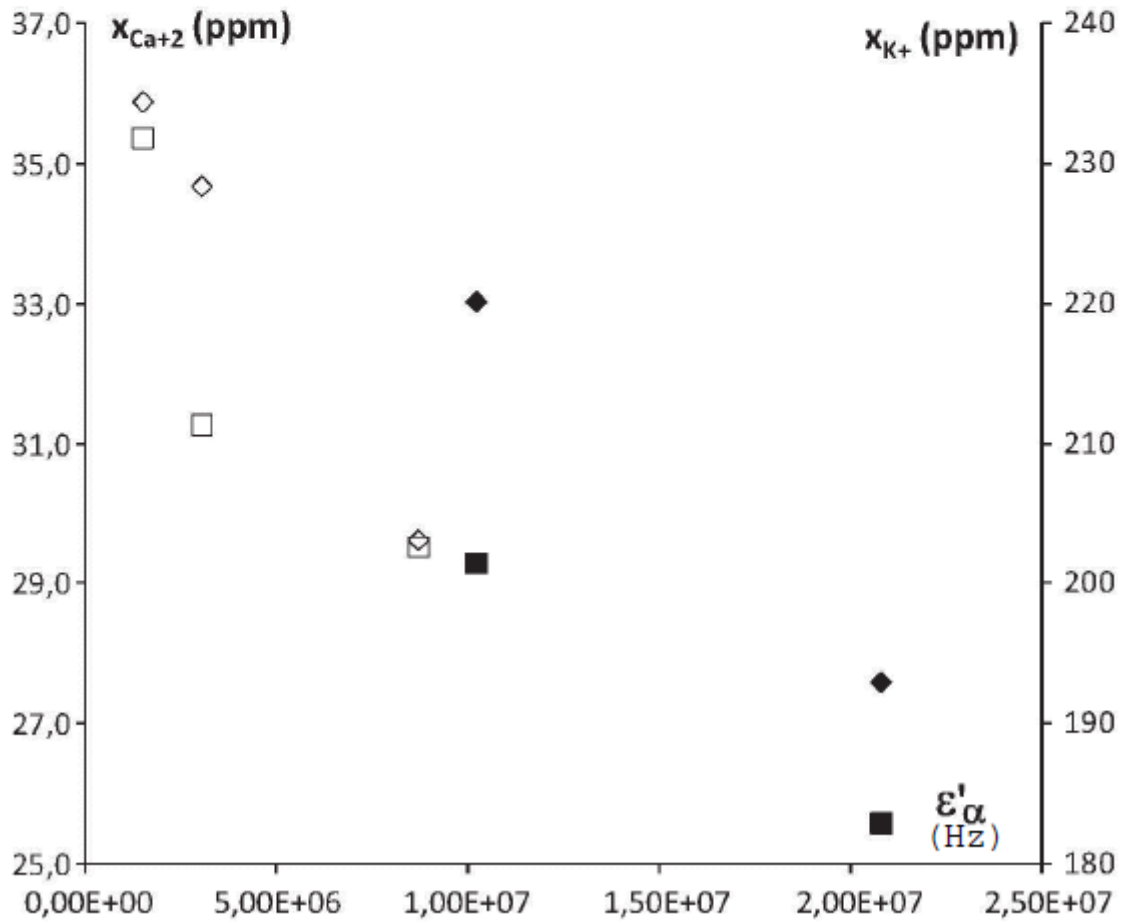


FIG. 3

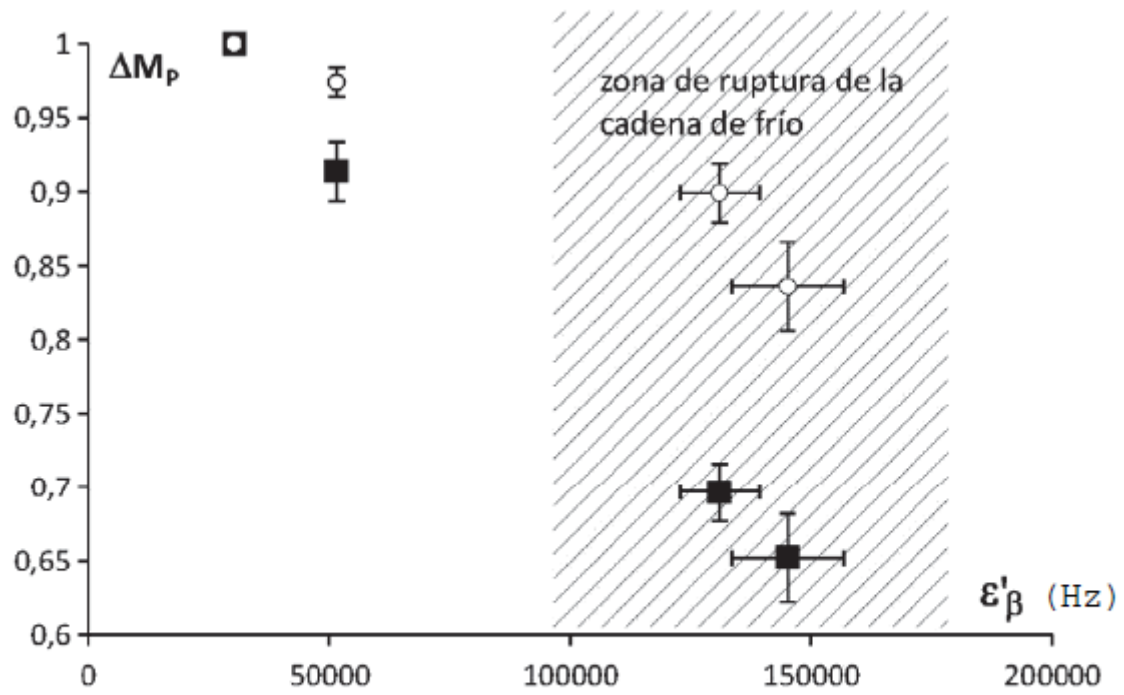


FIG. 4

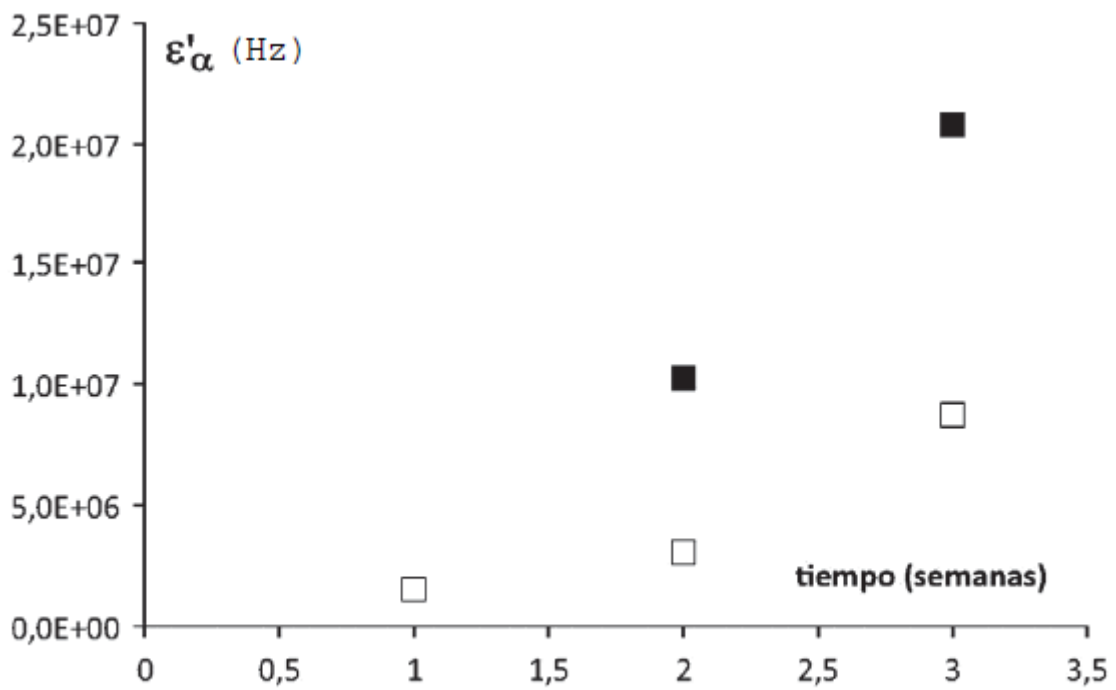
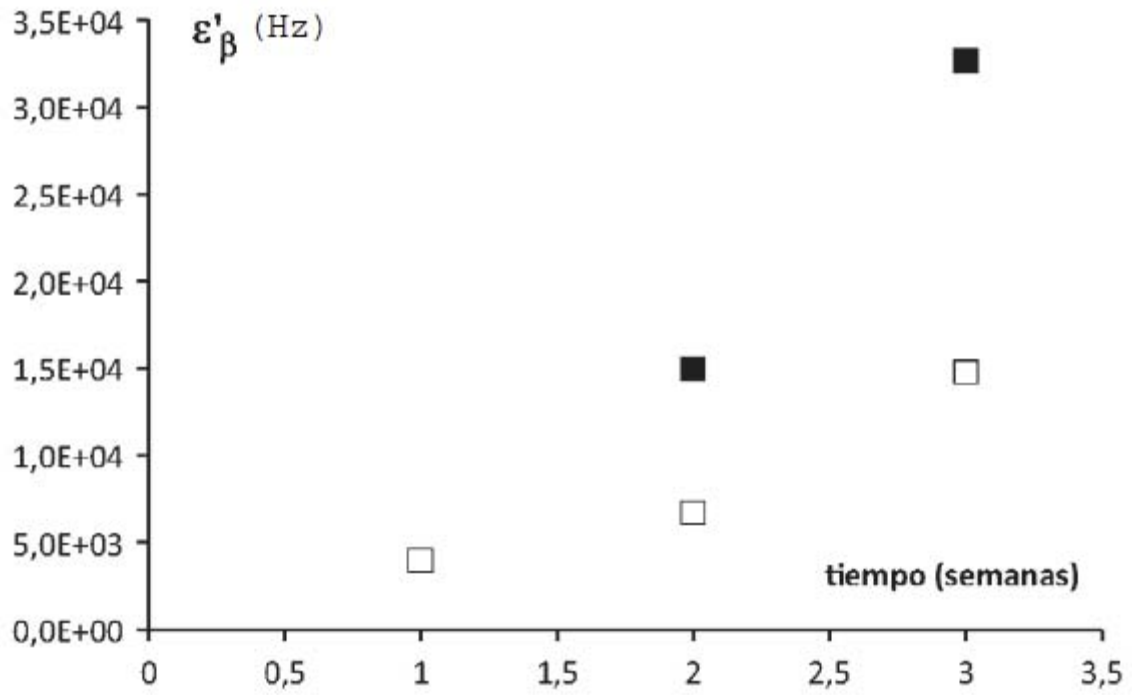


FIG. 5

**FIG. 6**