

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 938 090**

21 Número de solicitud: 202330154

51 Int. Cl.:

G01N 29/00 (2006.01)

G01N 29/44 (2006.01)

G01B 17/08 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

23.02.2023

43 Fecha de publicación de la solicitud:

04.04.2023

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
(50.0%)**

**Servicio de Promoción y Apoyo a Investigación,
Innovación y Transferencia - i2T Camí de Vera,
s/n - Edificio 8G - Acceso A - Planta 3
46022 Valencia (Valencia) ES y
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (50.0%)**

72 Inventor/es:

**COLLAZOS ESCOBAR, Gentil Andrés;
GARCÍA PÉREZ, José Vicente;
BENEDITO FORT, José Javier;
PRATS MONTALBÁN, José Manuel;
BON CORBÍN, José;
CÁRCEL CARRIÓN, Juan Andrés;
PEÑA CERVERÓ, Ramón;
GOMEZ-ALVAREZ ARENAS, Tomás E.;
PINTO DEL CORRAL, Luis Alberto y
FERNANDEZ-CABALLERO FARIÑAS, María
Dolores**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO PARA LA DETECCIÓN NO INVASIVA DE CUERPOS
EXTRAÑOS EN ALIMENTOS SÓLIDOS O SEMISÓLIDOS CON ULTRASONIDOS**

57 Resumen:

Dispositivo y procedimiento para la detección no invasiva de cuerpos extraños en alimentos sólidos o semisólidos con ultrasonidos.

Permiten detectar cuerpos extraños a partir de las modificaciones que causen en una señal ultrasónica que atraviesa el alimento. El cuerpo extraño puede situarse en el interior o el exterior del alimento. El dispositivo comprende un módulo ultrasónico (5) con acoplamiento por aire que opera en modo emisión-recepción en frecuencias de trabajo entre 0.1 y 1 dB con una sensibilidad > -30 dB y un ancho de banda relativo a -20 dB $> 30\%$. El procedimiento considera si el alimento (6) es no envasado, envasado con contacto parcial o envasado con contacto total. A partir de la onda ultrasónica recibida, se obtiene una evolución de su nivel de energía con el tiempo y/o una imagen acústica del alimento (6), que permiten determinar si el alimento (6) contiene un cuerpo extraño.

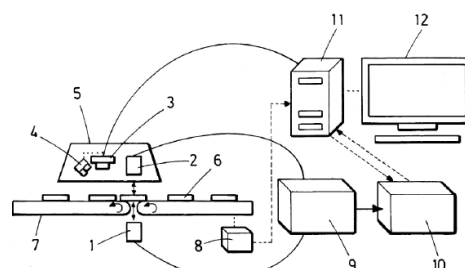


FIG. 1

DESCRIPCIÓN**DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO PARA LA DETECCIÓN NO INVASIVA DE CUERPOS EXTRAÑOS EN ALIMENTOS SÓLIDOS O SEMISÓLIDOS CON ULTRASONIDOS**

5

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es un dispositivo y procedimiento para la detección no invasiva de cuerpos extraños en alimentos sólidos que pueden estar envasados o no envasados, así como en productos semisólidos envasados, mediante el empleo de técnicas ultrasónicas sin contacto. En alimentos envasados, el envase debe tener un íntimo contacto con el alimento y permitir la propagación de la onda ultrasónica. El dispositivo y procedimiento permiten detectar el cuerpo extraño a partir de las modificaciones que el mismo cause en la señal ultrasónica en relación con su energía, contenido frecuencial y/o su tiempo de vuelo. El cuerpo extraño puede estar situado tanto en el interior como en el exterior del producto y se puede acoplar a otros sistemas de detección.

20

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Durante el proceso de fabricación y/o envasado de los alimentos, diferentes objetos extraños como metales, vidrio, plástico, cabellos, insectos, madera, arena, entre otros, pueden desprenderse y depositarse en el exterior del producto. Además, en el caso de alimentos picados, también pueden aparecer en el interior. En la industria cárnica, también se consideran cuerpos extraños restos de agujas de vacunación, trozos de hueso o desórdenes internos del tejido, tales como quistes o tumores. En productos fermentados, como el queso, yogurt o embutidos, un crecimiento microbiano no deseado puede provocar la formación de cavidades con aire. Un procesamiento deficiente también puede provocar la aparición de desórdenes internos debido a fallos en el amasado de la carne o homogenización en la elaboración de gelatinas o purés.

La presencia de cuerpos extraños representa una pérdida de calidad del alimento y también puede ser un riesgo importante para la salud de los consumidores, debido a los posibles daños físicos y mentales que se pueden ocasionar tras su ingesta. Así, la detección automática y fiable de los cuerpos extraños representa un reto para la industria alimentaria.

Diferentes tecnologías y/o procedimientos han sido desarrollados para la detección no invasiva de cuerpos extraños. Entre las diferentes técnicas empleadas, los ultrasonidos se consideran como un método no destructivo, altamente sensible, resistente a entornos industriales severos y altas tasas de producción, adecuado para mitigar la variabilidad natural de la estructura interna de los productos agroalimentarios y de automatización factible en línea de proceso.

Las tecnologías ultrasónicas convencionales conllevan contacto entre el emisor ultrasónico y el producto, o bien el contacto se realiza con un material de acople (agua, aceite, etc...). No obstante, la implementación de las técnicas ultrasónicas por contacto en línea de proceso para la detección automática de cuerpos extraños es muy compleja por la necesidad de realizar el propio contacto, lo que complica mucho los dispositivos y ralentiza la medida o conlleva sumergir la muestra en agua, o el uso de geles de acoplamiento, y la posible contaminación de la misma.

En este mismo sentido el documento US2003140683A1 utiliza un método ultrasónico por inmersión en modo pulso eco para la detección de cuerpos extraños en líquidos embotellados.

Las técnicas ultrasónicas acopladas por aire (sin contacto) se presentan como una alternativa relevante que supera el problema del contacto de los sensores ultrasónicos con el producto, debido a que los transductores están separados de la superficie del producto y la medida se realiza a través del aire.

Así, estas técnicas se han utilizado para aplicaciones especialmente críticas para la industria naval, aeroespacial, automotriz o de la construcción en la detección de defectos de fabricación. Estos desarrollos no son en ningún caso extrapolables a la industria alimentaria, dada la elevada atenuación y complejidad de los alimentos y la muy diferente casuística.

Así, por ejemplo, el documento US10352911B2 hace referencia a un sistema sin contacto de excitación termo-ultrasónico, sin resonancias, que hace incidir una onda oblicua sobre el producto y un micrófono óptico como receptor, colocado en disposición inclinada sobre la misma cara del objeto y que recibirá la onda reflejada. Esta disposición no permitiría analizar y detectar cuerpos extraños en el interior de un alimento dado que disminuye la cantidad de energía que penetra en el interior y la elevada atenuación evitaría recibir la señal proveniente del interior del alimento.

En la industria alimentaria, las técnicas ultrasónicas sin contacto se han protegido para la caracterización de propiedades composicionales o texturales de alimentos donde únicamente se pretende determinar valores medios de dichas variables, no siendo necesario analizar todo el producto, por lo que no son extrapolables a la detección de defectos.

5

El documento US6299920B1 describe un sistema ultrasónico o infrarrojo sin contacto para determinar la temperatura en el interior de un producto que se está cocinando, por ejemplo, en una parrilla, localizando el sensor por encima del alimento y analizando la señal reflejada, que puede verse afectada por la temperatura media o superficial del alimento.

10

El documento CN103543205A se centra en la detección de cuerpos extraños en líquidos embotellados, para lo que utiliza ultrasonidos acoplados en modo pulso eco.

15

El documento US6324901B1 se centra en la detección de cuerpos extraños en corrientes de alimentos líquidos o semisólidos no envasados realizando medidas ultrasónicas en pulso eco.

20

El documento CN111538015A describe un dispositivo para la detección en línea de materias extrañas metálicas en embutidos basados en ultrasonidos guiados y focalizados en modo pulso-eco utilizando frecuencias muy elevadas (20 MHz), que no son factibles para la propagación ultrasónica en aire.

25

La utilización de técnicas pulso-eco facilita la medida mediante ultrasonidos acoplados en aire, al disponer de únicamente un transductor que actúa como emisor y receptor, pero no es efectiva en productos de elevada atenuación como un sólido o semisólido, ya que conlleva una mayor distancia de propagación de la onda ultrasónica y mayores pérdidas por reflexión en las interfaces.

30

En ese sentido, en el documento CHO, B. K., IRUDAYARAJ, J. M. K. 2003. *Foreign object and internal disorder detection in food materials using noncontact ultrasound imaging*. Journal of Food Science, 68(3), 967–974, se investiga la viabilidad de un sistema ultrasónico sin contacto trabajando en modo emisión-recepción mediante la utilización de transductores de 1 MHz con compensación de la inestabilidad del aire, la cual se justifica dado el tipo de transductores utilizados y la frecuencia, y que hace que esta técnica no sea aplicable a nivel industrial.

Por tanto, el estado de la técnica previo no ha identificado que la detección de cuerpos extraños mediante ultrasonidos en alimentos sólidos o semisólidos sea viable a nivel industrial y la extrapolación de otras soluciones no es evidente.

5 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es un dispositivo y procedimiento para la detección de cuerpos extraños en línea industrial de productos alimentarios sólidos, que pueden estar envasados o sin envasar, y de productos alimentarios semisólidos envasados, mediante el empleo de la técnica de ultrasonidos sin contacto en modo transmisión y empleando señales de banda ancha, lo cual permite alcanzar la resolución axial requerida y su empleo en tareas de control de calidad industrial.

El dispositivo y procedimiento permiten detectar y caracterizar las modificaciones que sufre una señal ultrasónica transmitida a través de un producto cuando interacciona con un cuerpo extraño, tanto en relación con su energía como con el tiempo de vuelo. El cuerpo extraño puede estar además dispuesto tanto en el exterior como en el interior del producto.

La magnitud de la perturbación que sufre la señal dependerá de distintos factores: el tipo de alimento sólido o semisólido, de si los productos están o no envasados y de la relación entre el tamaño del cuerpo extraño que se quiere analizar y la geometría del campo ultrasónico y del tipo de cuerpo extraño.

Para mayor claridad, se entiende por producto alimentario sólido al material que ofrece resistencia al ser deformado y no fluye ante dicho esfuerzo, y se entiende por alimento semisólido al que también ofrece una cierta resistencia a la deformación, pero si se supera un determinado umbral empieza a fluir (como suspensiones de alta concentración, purés, pastas, etc.).

Por otra parte, cuando los productos alimentarios sólidos están envasados, puede darse el caso de que el envase esté en contacto íntimo con todo el producto, o que quede alguna porción del envase que no esté en contacto con el producto. En el caso de que exista un contacto íntimo entre envase y producto (p.ej. productos envasados al vacío), la técnica ultrasónica es igualmente viable, aunque dependerá de cuanto de atenuante sea el material del envase. Se entiende que en los productos alimentarios semisólidos siempre existe un íntimo

contacto entre el producto y el envase, ya sea este rígido, por ejemplo una tarrina, o flexible, por ejemplo, una bolsa.

Dentro de los tipos de cuerpo extraño se incluyen:

- 5 - Metales férricos y no férricos
- Plásticos
- Papel y cartón
- Vidrio
- Piedras
- 10 - Restos vegetales, hojas,
- Restos animales, fragmentos de huesos, pelos, insectos (como moscas y cucarachas).
- Desordenes internos: tumores en músculo animal, quistes producidos por vacunas, aire o grumos como consecuencia de un mal procesado (formado de una hamburguesa, homogenización de gelatina y crecimiento microbiano).

15 En relación al dispositivo para la detección no invasiva de cuerpos extraños en alimento sólidos y semisólidos, primer objeto de la presente invención, se plantean dos posibles realizaciones:

- i) una primera realización en la que el dispositivo se utiliza en procesos de fabricación en continuo con cintas transportadoras, y
- 20 ii) una segunda realización en la que el dispositivo es estático y se obtienen imágenes acústicas.

En cualquier caso, ambas realizaciones comprenden:

- 25 a) Un módulo ultrasónico con acoplamiento por aire en condiciones operativas normales de presión y temperatura, el cual opera en modo emisión-recepción en frecuencias de trabajo entre 0.1 y 1 MHz, y preferentemente con una sensibilidad > -40 dB y un ancho de banda relativo a -20 dB $> 30\%$ que permite medir la onda ultrasónica que se propaga a través del alimento con un nivel suficiente de relación señal/ruido y suficiente
- 30 resolución axial, a partir de la cual se pueden inferir tanto parámetros relacionados con el nivel de energía, el contenido frecuencial y el tiempo de vuelo.

35 Dicho módulo ultrasónico comprende un módulo emisor con un conjunto de transductores ultrasónicos emisores configurados para emitir una onda ultrasónica dirigida hacia el producto y un módulo receptor con un conjunto o vector de

transductores ultrasónicos receptores, configurado para recibir la onda ultrasónica una vez esta ha atravesado el producto.

5 Dichos conjuntos de transductores pueden ser lineales (1D) o matriciales (2D), siendo posible adaptar la configuración de los mismos en función de las necesidades del producto a inspeccionar. Dichos conjuntos comprenden múltiples transductores con frecuencia de trabajo entre 0.1 y 1 MHz, y preferentemente con una sensibilidad > -40 dB y un ancho de banda relativo a -20 dB > 30%.

10 Preferentemente, las interferencias (cross-talk) entre elementos contiguos se mantiene por debajo de 30 dB, y todos los elementos se fabrican idénticos con una tolerancia en frecuencia central, sensibilidad y ancho de banda de entre el 5 y el 10%. El número de transductores, el tamaño de los mismos y la separación entre ellos se determina en función del área a inspeccionar y la resolución espacial requerida en detección de
15 cuerpos extraños.

El módulo emisor está configurado para emitir la onda ultrasónica dirigida perpendicularmente hacia el producto y se excita con una señal corta. Donde el término “señal corta” se refiere a un semiciclo de onda cuadrada, un ciclo de onda sinusoidal
20 (sintonizados a la frecuencia del transductor), señal tipo spike o incluso un tren de ondas con un número reducido de ciclos, en cualquier caso, una excitación cuyo ancho de banda es mucho mayor que la de los transductores empleados. Alternativamente, y en casos en los que sea necesario aumentar la energía proporcionada, se puede emplear un chirp ajustado a la banda de los transductores.

25 El módulo ultrasónico con acoplamiento por aire comprende transductores ultrasónicos planos o transductores ultrasónicos focalizados. Donde estos últimos permiten la reducción de la sección efectiva del haz ultrasónico y, por lo tanto, reduce el tamaño de la sección del alimento donde se realiza la medida, permitiendo identificar cuerpos
30 extraños de menor tamaño. Mientras que los transductores planos con mayor área efectiva permiten escanear una mayor superficie, disminuyendo el número de elementos en los vectores emisor y receptor. El tipo de transductor a utilizar depende principalmente del tamaño de cuerpo extraño a detectar.

El módulo ultrasónico puede integrarse con otros módulos de análisis, como cámaras digitales de alta resolución, módulos de detección NIR, de imagen hiperespectral o cualquier otro tipo de tecnología fotónica.

5 El dispositivo comprende además un módulo de análisis que debe almacenar la señal transmitida digitalizada por el módulo ultrasónico y determinar el tiempo de vuelo de la señal o parámetros relacionados con la energía, tales como la amplitud pico-pico, integral de la señal o modificaciones en el espectro de frecuencia.

b) Para la configuración i) el dispositivo comprende, como se ha indicado:

- 10 - El módulo emisor que actúa como emisor de pulsos ultrasónicos en dirección al producto.
- El módulo receptor para actuar como receptor configurado para detectar la onda ultrasónica que se transmite a través del producto.

15 En un aspecto de la invención, el módulo ultrasónico se vincula a una pluralidad de cintas transportadoras contiguas destinadas a transportar el producto en el proceso de fabricación continuo.

20 En el dispositivo de la presente invención, la distancia entre el módulo ultrasónico con acoplamiento por aire y las cintas transportadoras es tal que minimiza la atenuación de la señal ultrasónica en el aire y se restringe el solape de reverberaciones.

25 El módulo ultrasónico se posiciona entre los espacios de las cintas transportadoras contiguas, de forma que la onda ultrasónica emitida por el módulo emisor se propaga a través del aire mediado por el espacio formado por las dos cintas transportadoras sin interferir con las mismas, atravesando el producto y alcanzando al módulo receptor.

El área efectiva del vector de transductores de los módulos emisor y receptor debe ser capaz de cubrir toda la superficie del producto (vista en planta).

30 Otra posible configuración puede ser colocando el módulo ultrasónico longitudinalmente a la cinta transportadora, de forma que los módulos emisor y receptor se colocan a ambos lados del producto y el área efectiva de los mismos debe ser capaz de cubrir la superficie lateral del producto (vista longitudinal).

Otra posible configuración consiste en utilizar cintas transportadoras transparentes a las ondas ultrasónicas donde el módulo emisor y el módulo receptor se disponen perpendicularmente a la cinta transportadora, de manera que el pulso de ultrasonidos se propaga a través de las cintas transportadoras siendo recibida por el módulo receptor.

5 El área efectiva del vector de transductores debe ser capaz de cubrir toda la superficie del producto (vista en planta).

c) Para la configuración ii) el dispositivo comprende:

10 - El módulo ultrasónico descrito anteriormente.
- Un módulo de barrido automático 2D para realizar movimientos con elevada precisión y escanear toda la superficie del producto, conectado al módulo ultrasónico. Se pueden plantear dos alternativas:

(1) mover el producto y/o

15 (2) mover el conjunto vector de transductores emisores y receptores.

d) En ambas configuraciones, i) y ii), el dispositivo comprende adicionalmente un módulo de electrónica que comprende elementos de excitación, recepción, digitalización y análisis y aquellos relacionados con la sincronización de las medidas con el movimiento de las cintas, del producto o de los transductores, y el módulo informático necesario para el software y el almacenamiento de la información.

20

Por otra parte, es también objeto de la presente invención un procedimiento de detección no invasiva de cuerpos extraños en alimentos sólidos o semisólidos con ultrasonidos.

25 Una primera etapa del procedimiento consiste en determinar las características del producto, así como de su envase. Es decir, si el producto es o no envasado, en el caso de que esté envasado, si el contacto es total (por ejemplo, envasado al vacío) o contacto parcial (por ejemplo, una gelatina en su correspondiente tarrina, que no contacta con la tapa), así como si el envase es o no atenuante.

30

En función de las características anteriores, se realizará un análisis ultrasónico diferente:

- si el alimento es no envasado, se emite la onda ultrasónica perpendicularmente sobre una superficie del alimento, estando su frecuencia comprendida entre 0.1 y 1 MHz,

35

- si el producto es envasado con contacto total se emite la onda ultrasónica perpendicularmente sobre una superficie del alimento con una frecuencia comprendida entre 0.1 y 1 MHz si el envase no es muy atenuante y entre 0.1 y 0.4 MHz si el envase es muy atenuante,

5 - si el producto es envasado con contacto parcial se emite la onda ultrasónica perpendicularmente sobre una de las superficies de contacto entre el envase y el alimento con una frecuencia comprendida entre 0.1 y 1 MHz si el envase no es muy atenuante y entre 0.1 y 0.4 MHz si el envase es muy atenuante.

10 En una segunda etapa del procedimiento se recibe la onda ultrasónica que ha atravesado el alimento y se obtiene una evolución de nivel de energía de la onda ultrasónica con el tiempo, en el caso de que el módulo ultrasónico y el producto se desplacen uno con respecto al otro, y/o una imagen acústica del alimento, en el caso de que el módulo ultrasónico no se desplace con respecto del producto y se realice una única emisión que
15 cubra una superficie completa del producto.

Finalmente, a partir de la evolución del nivel de energía de la onda ultrasónica con el tiempo y/o la imagen acústica, se determina si el producto contiene algún cuerpo extraño. Esta determinación se puede realizar, por ejemplo, comparando la evolución del nivel de energía
20 de la onda ultrasónica y/o la imagen acústica con unos patrones de alimento sin cuerpos extraños obtenidos previamente. Si existe alguna diferencia con el patrón del producto limpio, se rechaza el producto. Alternativamente, se pueden aplicar técnicas de inteligencia artificial para discriminar las ondas ultrasónicas que atraviesan el alimento que se ven perturbadas por la posición de un cuerpo extraño.

25

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
30 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:

Figura 1.- Muestra una representación esquemática del dispositivo en una realización con un
35 conjunto de transductores emisores-receptores colocados en línea de proceso que escanean la totalidad de la superficie del alimento.

Figura 2.- Muestra una representación esquemática del dispositivo en una realización con movimiento automático del producto o transductores para la obtención de las imágenes acústicas en 2D.

5 Figura 3.- Muestra una gráfica con un ejemplo de modificación del nivel de energía en una señal acústica por la presencia de un objeto extraño.

Figura 4.- Muestra una gráfica con distintos ejemplos de detección de cuerpos extraños en hamburguesas de acuerdo con la primera realización (i) donde se aprecia la caída de la
10 amplitud máxima de la señal con cuerpos extraños colocados en la superficie.

Figura 5.- Muestra una gráfica con distintos ejemplos de detección de cuerpos extraños en hamburguesas de acuerdo con la primera realización (i) donde se aprecia la caída de la
15 amplitud máxima de la señal con cuerpos extraños colocados en el interior.

Figura 6.- Muestra un conjunto de imágenes acústicas en 2D de hamburguesas con cuerpos extraños en modo binario (1 si integral de la amplitud $< 4 \text{ V}\mu\text{s}$).

Figura 7.- Muestra un conjunto de imágenes acústicas en 2D de gelatinas envasadas en
20 tarrinas de silicona con cuerpos extraños en modo binario (1 si integral de la amplitud $< 4 \text{ V}\mu\text{s}$).

Figura 8.- Muestra unas imágenes acústicas de gelatina (1% sólidos) envasada en poliestireno transparente: control (superior izquierda) y con cuerpo extraño (arandela metálica $d=10 \text{ mm}$) (inferior izquierda) y variación de la integral de la señal para un escaneado realizado en la
25 dirección del eje (x) a una altura en el eje y de 20 mm en muestra control (superior derecha) y con cuerpo extraño (inferior derecha)

Figura 9.- Muestra unas imágenes acústicas de gelatina (10% sólidos) envasada en poliestireno: control (A) y con cuerpo extraño (arandela metálica $d=10 \text{ mm}$) (C) y variación de la
30 integral de la señal para un escaneado realizado en la dirección del eje (x) a una altura en el eje y de 20 mm en muestra control (B) y con cuerpo extraño (D).

Figura 10.- Muestra unas imágenes acústicas de hamburguesa: control (superior izquierda) y contaminada con fragmento de madera ($10 \times 10 \text{ mm}$) (inferior izquierda) y variación de la integral
35 de la señal para un escaneado realizado en la dirección del eje (x) a una altura de 20 mm: control (superior derecha) y con cuerpo extraño (inferior derecha).

Figura 11.- Muestra una tabla en la que se refleja las pérdidas de la onda de ultrasonidos a través de diferentes envases. Donde la onda incide desde el aire y el envase contiene un alimento de impedancia 1.45 MRayl.

5 Figura 12.- Muestra los rangos de frecuencia aconsejables en función del tipo de envase.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

10 Se describe a continuación, con ayuda de las figuras 1 a 12, una realización preferente del dispositivo y procedimiento de detección no invasiva de cuerpos extraños en productos sólidos y semisólidos. Se utilizarán productos cárnicos como ejemplo de producto sólido no envasado, gelatinas con 1% de sólidos como ejemplo de producto semisólido envasado, y gelatina con 10% de sólidos como ejemplo de sólido envasado.

15 Se plantean dos posibles realizaciones para la presente invención:

- una primera realización en la que el dispositivo se utiliza en procesos de fabricación en continuo con cintas transportadoras (7) contiguas, mostrado en la figura 1, y
- una segunda realización en la que el dispositivo es estático y busca la obtención de imágenes acústicas, mostrado en la figura 2.

20 En cualquier caso, ambas realizaciones comprenden un módulo ultrasónico (5) con acoplamiento por aire en condiciones operativas normales de presión y temperatura, el cual opera en modo emisión-recepción en frecuencias de trabajo entre 0.1 y 1 MHz, con una sensibilidad > -40 dB y un ancho de banda relativo a -20 dB $> 30\%$, que permite medir la onda
25 ultrasónica que se propaga a través de un producto (6) alimentario con un nivel suficiente de relación señal/ruido y suficiente resolución axial, a partir de la cual se pueden inferir tanto parámetros relacionados con el nivel de energía, el contenido frecuencial y el tiempo de vuelo.

30 Dicho módulo ultrasónico (5) comprende un módulo emisor (1), que a su vez comprende al menos un transductor ultrasónico emisor o al menos un vector de transductores ultrasónicos emisores configurados para emitir una onda ultrasónica dirigida hacia el producto (6) y un módulo receptor (2) que comprende a su vez al menos un transductor ultrasónico receptor o al menos un vector de transductores ultrasónicos receptores, configurado para recibir la onda ultrasónica una vez esta ha atravesado el producto (6).

35 El módulo emisor (1) está configurado para emitir la onda ultrasónica dirigida perpendicularmente hacia el producto (6) y se excita con una señal corta.

El dispositivo comprende adicionalmente un módulo de análisis (3, 4) que debe almacenar la señal transmitida digitalizada por el módulo ultrasónico (5) y determinar el tiempo de vuelo de la señal o parámetros relacionados con la energía, tales como la amplitud pico-pico, integral de la señal o modificaciones en el espectro de frecuencia.

5

Concretamente, en una primera realización mostrada en detalle en la figura 1, el dispositivo comprende, como se ha indicado anteriormente:

- como módulo emisor (1), un conjunto de transductores para actuar como emisor de pulsos ultrasónicos en dirección al producto (6),

10

- como módulo receptor (2), un vector de transductores para actuar como receptor configurado para detectar la onda ultrasónica que se transmite a través del producto (6).

Ambos módulos emisor y receptor (1, 2) se asocian una pluralidad de cintas transportadoras (7) contiguas destinadas a transportar el producto (6) en el proceso de fabricación continuo.

15

En esta realización, la distancia entre el módulo ultrasónico (5) con acoplamiento por aire y las cintas transportadoras (7) es tal que minimiza la atenuación de la señal ultrasónica en el aire y se restringe el solape de reverberaciones.

20

El módulo ultrasónico (5) se posiciona entre los espacios de las cintas transportadoras (7) contiguas, de forma que la onda ultrasónica emitida por el transductor ultrasónico emisor o el arreglo de transductores ultrasónicos emisores se propaga a través del aire mediado por el espacio formado por las dos cintas transportadoras (7) sin interferir con las mismas.

25

El área efectiva del vector de transductores debe ser capaz de cubrir toda la superficie del producto (6) (vista en planta).

30

Otra posible realización puede ser colocando el módulo ultrasónico (5) longitudinalmente a la cinta transportadora (7), de forma que los transductores se colocan a ambos lados del producto (6) y el área efectiva de los mismos debe ser capaz de cubrir la superficie lateral del producto (6) (vista longitudinal).

Otra posible realización emplea cintas transportadoras (7) transparentes a las ondas ultrasónicas donde el transductor ultrasónico emisor o el arreglo de transductores ultrasónicos

emisores y receptores se disponen perpendicularmente a la cinta transportadora (7), de manera que el pulso de ultrasonidos se propaga a través de las cintas transportadoras (7) siendo recibida por el transductor ultrasónico receptor o el arreglo de transductores ultrasónicos receptores. El área efectiva del vector de transductores debe ser capaz de cubrir toda la superficie del producto (6) (vista en planta).

En una segunda realización mostrada en detalle en la figura 2, el dispositivo comprende:

- El módulo ultrasónico (5) con el módulo emisor (1) y el módulo receptor (2) descritos anteriormente.
- Un módulo de barrido automático 2D, vinculado al módulo ultrasónico (5) para realizar movimientos con elevada precisión y escanear toda la superficie del producto. Se pueden plantear dos alternativas:
 - mover el producto (6) y/o
 - mover los módulos emisor y receptor (1, 2).

Adicionalmente, tal y como se muestra en ambas figuras 1 y 2, en ambas realizaciones el dispositivo comprende un módulo de electrónica (9, 10, 11, 12) que comprende elementos de excitación, recepción, digitalización y análisis y aquellos relacionados con la sincronización de las medidas con el movimiento de las cintas transportadoras (7), del producto (6) o de los transductores, y el módulo informático necesario para el software y el almacenamiento de la información.

En la primera realización de la invención, en la que el dispositivo se vincula a las cintas transportadoras (7), se analiza en cada par de emisor-receptor la variación de estos parámetros con el tiempo (o la posición dentro del producto (6)) y en la segunda realización, se obtiene una imagen acústica en 2D. Finalmente, se comparan los patrones de la muestra medida con muestras estándar utilizando técnicas multivariantes. Otra opción consiste en la utilización de técnicas de inteligencia artificial para discriminar las señales que se ven perturbadas por la posición de un cuerpo extraño.

Por otra parte, es objeto de la presente invención un procedimiento de detección no invasiva de cuerpos extraños en alimentos (6) sólidos o semisólidos con ultrasonidos en el que, en primer lugar, se determinan las características tanto del alimento (6) como de su envase. A partir de estas, se siguen las siguientes etapas:

- si el alimento (6) es no envasado, se emite perpendicularmente sobre una superficie del alimento (6) una onda ultrasónica de trabajo entre 0.1 y 1 MHz,

- si el alimento (6) es envasado con contacto total se determina un nivel de atenuación del envase y se emite perpendicularmente sobre una superficie del alimento (6) una onda ultrasónica de trabajo entre 0.1 y 1 MHz si el envase no es muy atenuante (atenuación < 10 dB a 630 kHz, como el polietileno de baja densidad-LDPE o el propileno-PP)) y entre 0.1 y 0.4 MHz si el envase es muy atenuante (atenuación >10 dB a 630 kHz, como el tetrabrick, Polietileno flexible-PEF o poliestireno expandido – PS80),

- si el alimento (6) es envasado con contacto parcial se puede inspeccionar empleando las superficies que sí están en contacto (ejemplo, un yogur: evitando la tapa) por lo que primero se determina el nivel de atenuación del envase y se emite perpendicularmente sobre una de las superficies de contacto entre el envase y el alimento (6) una onda ultrasónica de trabajo entre 0.1 y 1 MHz si el envase no es muy atenuante (atenuación < 10 dB a 630 kHz, como el polietileno de baja densidad-LDPE o el propileno-PP) y entre 0.1 y 0.4 MHz si el envase es muy atenuante (atenuación >10 dB a 630 kHz, como el tetrabrick, Polietileno flexible-PEF o poliestireno expandido – PS80).

A continuación, se recibe una onda ultrasónica que ha atravesado el alimento (6), y se obtiene una evolución de nivel de energía de la onda ultrasónica con el tiempo, como se muestra en las gráficas de las figuras 4 y 5, y/o se obtiene una imagen acústica del alimento (6), como las mostradas en las figuras 6 y 7.

Por último se determina, a partir de la evolución del nivel de energía de la onda ultrasónica con el tiempo y /o la imagen acústica, si el alimento (6) contiene un cuerpo extraño.

Un punto importante en el diseño del dispositivo y procedimiento de la invención es la determinación de la frecuencia de trabajo del módulo (5) ultrasónico. La frecuencia máxima que se puede emplear viene limitada por las pérdidas que experimenta la onda ultrasónica. A su vez, la frecuencia máxima determina la resolución espacial máxima del dispositivo, o lo que es lo mismo, el tamaño mínimo de los cuerpos extraños que pueden ser detectados.

En alimentos envasados es importante conocer la pérdida de energía en el envase en función de la frecuencia, ya que es posible que la mayor contribución a la pérdida de energía se produzca en el propio envase. El aumento de las pérdidas de energía de la señal ultrasónica al pasar del aire a un alimento por la presencia del envase, pueden clasificarse como bajas (< 6 dB), medias (de 6 dB hasta 12 dB) y altas (> 12 dB). En principio, es

deseable mantener las pérdidas adicionales debidas a la presencia del envase en el nivel bajo, aunque para alimentos poco atenuantes, es posible que puedan permitirse envases muy atenuantes.

- 5 El efecto del envase depende del tipo de material y del grosor. En general, la presencia del envase entre el aire y el alimento produce un aumento de la pérdida de energía ultrasónica. No obstante, la respuesta en frecuencia de una pared a la transmisión del ultrasonido es de naturaleza resonante, por lo que puede haber grandes variaciones con la frecuencia y en algunos casos (envases de baja densidad), es posible que la presencia del envase aumente la energía transmitida porque actúan como una lámina resonante de media longitud de onda (p.ej. film de PP a 630 kHz y PS 80 a 330 kHz, ver tabla de la figura 11).

15 Para caracterizar y clasificar los tipos de envase y su respuesta en frecuencia se propone una etapa adicional del procedimiento, que permite simular, de forma experimental, el paso del ultrasonido desde el aire al alimento (simulado por el agua) atravesando o no el envase y así determinar la pérdida adicional de energía de la onda ultrasónica debida a la presencia del envase. Siempre se asume un contacto íntimo entre el alimento y el envase.

Por lo tanto, esta etapa adicional de clasificación de los envases comprendería los siguientes pasos:

- 20
- colocar un transductor ultrasónico de inmersión en el fondo de un recipiente,
 - añadir una altura de agua de aproximadamente 5 cm,
 - colocar un transductor ultrasónico con acoplamiento por aire alineado con el transductor de inmersión y situado a una distancia de 5 cm de la superficie del agua,
 - emitir una onda ultrasónica con el transductor con acoplamiento por aire, recibirla en
- 25
- el transductor de inmersión, digitalizarla y almacenarla,
 - repetir las etapas anteriores colocando el envase a caracterizar en la superficie del agua y
 - calcular las pérdidas de energía (en dB) de la onda ultrasónica debidas al envase.

30 El procedimiento debe repetirse con transductores de diferentes frecuencias entre 0.1 y 1 MHz en función de la atenuación del alimento a analizar.

La tabla de la figura 12 muestra los resultados obtenidos en algunos envases típicos de alimentos, diferentes materiales y grosores. Se han seleccionado dos frecuencias para las medidas: 330 kHz y 630 kHz, que permiten establecer tres rangos de frecuencia de trabajo,

relacionados con tres niveles de resolución espacial. Frecuencias bajas (<330 kHz, resolución > 2 mm), frecuencias intermedias (330 – 630 kHz, resolución 1 – 2 mm) y alta frecuencia (> 630 kHz, resolución < 1 mm). La tabla de la figura 12 muestra, a modo de resumen, los rangos de frecuencia potencialmente útiles con cada tipo de envase (siempre dependiendo del tipo de alimento).

Se realizan a continuación diversos ejemplos de aplicación del dispositivo y procedimiento utilizando:

- Hamburguesas de ternera comerciales como ejemplo de producto alimentario sólido (figura 10).
- Gelatina (10% sólidos) envasada en tarrinas de silicona como ejemplo de producto sólido envasado en un material de atenuación 1.7 dB a 660 kHz
- Gelatina (10% sólidos) envasada en tarrinas de poliestireno como ejemplo de producto sólido envasado en un material de atenuación 10.44 dB a 660 kHz (figura 9).
- Gelatina (1% sólido) envasada en tarrinas de silicona como ejemplo de producto semisólido envasado en un material de atenuación 1.7 dB a 660 kHz.
- Gelatina (1% sólidos) envasada en tarrinas de poliestireno como ejemplo de producto semisólido envasado en un material de atenuación 10.44 dB a 660 kHz (figura 8).

En todos los ejemplos de aplicación tanto con la primera realización mostrada en la figura 1, como en la segunda realización, mostrada en la figura 2, se realizaron empleando transductores planos de 300 kHz con un área circular de diámetro 2.5 cm y empleando diversos tipos de materiales como insertos de cuerpos extraños (teflón, policarbonato, gomas, madera, cartón, acero inoxidable, fragmentos de hueso, etc....) con tamaños de hasta 10 mm, colocados en el exterior e interior del producto. En el caso de la hamburguesa, la colocación del cuerpo extraño conllevó que fuera necesario volver a formarla. La localización del cuerpo extraño y el tamaño mínimo a detectar puede mejorarse disminuyendo la sección efectiva del haz ultrasónico, para lo que se pueden emplear transductores de menor apertura o campos focalizados.

En la Figura 4 se puede ver en las hamburguesas como en el área escaneada por un par de transductores con la primera realización, la presencia del cuerpo extraño conlleva una caída de la amplitud máxima de la señal en la zona del producto (6) donde está localizado el cuerpo, superando el umbral de variabilidad de la medida en muestras sin presencia de cuerpos extraños. La detección es factible independientemente de la ubicación del cuerpo extraño, ya sea está en el interior (figura 4) como en la superficie del producto (figura 5).

En las figuras 6 y 7 se muestran imágenes acústicas en 2D de amplitud máxima de la señal acústica en modo binario (1 si integral amplitud $< 4 \text{ V}\mu\text{s}$) para las hamburguesas y gelatinas en las que se detectan la presencia de cuerpos extraños colocados en el interior del producto (6). La capacidad de detección y la localización del cuerpo extraño mejora cuando se acopla la imagen acústica a otras técnicas de imagen.

En las figuras 8, 9 y 10 se muestran y comparan los dos modos de realización de la presente invención para diferentes productos. Así, se muestra una imagen acústica de la integral de la amplitud de la señal ($\text{V}\mu\text{s}$) y la variación de dicho parámetro a lo largo del eje x para el área escaneada por los transductores colocados a una distancia de 20 cm en el eje y. Se puede apreciar tanto en la imagen como el escaneado a lo largo del eje x, como la presencia del cuerpo extraño conlleva en todos los casos una caída de la integral de la amplitud por debajo de los niveles que se dan en las muestras control.

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo de detección no invasiva de cuerpos extraños en alimentos (6) sólidos o semisólidos con ultrasonidos, caracterizado porque comprende:
 - un módulo ultrasónico (5) con acoplamiento por aire, que opera en modo emisión-recepción en frecuencias de trabajo entre 0.1 y 1 MHz, con una sensibilidad > -30 dB y un ancho de banda relativo a -20 dB $> 30\%$, que comprende a su vez:
 - un módulo emisor (1) con al menos un transductor ultrasónico emisor y excitado con una señal corta, que emite una onda ultrasónica dirigida perpendicularmente hacia el alimento (6), y
 - un módulo receptor (2) con al menos un transductor ultrasónico receptor que recibe la onda ultrasónica una vez ha atravesado el alimento (6),
 - un módulo de análisis (3, 4), conectado al módulo ultrasónico (5), que almacena y analiza la onda ultrasónica recibida en el módulo receptor (2).
- 2.- El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una pluralidad de cintas transportadoras (7) contiguas separadas por unos espacios, destinadas a transportar el alimento (6), posicionándose el módulo emisor (1) y el módulo receptor (2) en los espacios de separación entre las cintas transportadoras (7), perpendicularmente a las cintas transportadoras (7), teniendo el al menos un transductor ultrasónico emisor y el al menos un transductor ultrasónico receptor un área efectiva que cubre completamente una superficie del alimento (6) perpendicular al módulo emisor (1) y al módulo receptor (2).
- 3.- El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una pluralidad de cintas transportadoras (7) contiguas destinadas a transportar el alimento (6), posicionándose el módulo emisor (1) y el módulo receptor (2) longitudinalmente a las cintas transportadoras (7), a ambos lados del alimento (6) teniendo el al menos un transductor ultrasónico emisor y el al menos un transductor ultrasónico receptor un área efectiva que cubre completamente una superficie del alimento (6) perpendicular al módulo emisor (1) y al módulo receptor (2).
- 4.- El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente unas cintas transportadoras (7) transparentes a las ondas ultrasónicas destinadas a transportar el alimento (6), posicionándose el módulo emisor (1) y el módulo receptor (2) perpendiculares a las cintas transportadoras (7), teniendo el al menos un transductor ultrasónico emisor y el al menos un

transductor ultrasónico receptor un área efectiva que cubre completamente la superficie del alimento (6) perpendicular al módulo emisor (1) y al módulo receptor (2).

5.- El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un módulo de barrido automático 2D, vinculado al módulo ultrasónico (5) que desplaza los módulos emisor y receptor (1, 2) con respecto al alimento (6).

6.- El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un módulo de barrido automático 2D, vinculado al módulo ultrasónico (5) destinado a desplazar el alimento (6) con respecto a los módulos emisor y receptor (1, 2).

7.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el módulo emisor (1) y el módulo receptor (2) comprenden al menos un vector de transductores ultrasónicos emisores y al menos un vector de transductores ultrasónicos receptores, respectivamente.

8.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el módulo emisor (1) y el módulo receptor (2) comprenden al menos un conjunto de transductores ultrasónicos emisores y al menos un conjunto de transductores ultrasónicos receptores, respectivamente.

9.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el módulo emisor (1) y el módulo receptor (2) comprenden unos transductores seleccionados entre transductores ultrasónicos planos y transductores ultrasónicos focalizados.

10.- Procedimiento de detección no invasiva de cuerpos extraños en alimentos (6) sólidos o semisólidos con ultrasonidos, caracterizado porque comprende las etapas de:

- determinar si el alimento (6) es envasado o no envasado:

- si el alimento (6) es no envasado, emitir perpendicularmente sobre una superficie del alimento (6) una onda ultrasónica con una frecuencia de entre 0.1 y 1 MHz, con una sensibilidad > -30 dB y un ancho de banda relativo a -20 dB $> 30\%$,

- si el alimento (6) es envasado determinar si envasado con contacto total o envasado con contacto parcial:

- si el alimento (6) es envasado con contacto total determinar un nivel de atenuación del envase y emitir perpendicularmente sobre una superficie del alimento (6) una onda ultrasónica de frecuencia entre 0.1 y

- 1 MHz si el envase no es muy atenuante y entre 0.1 y 0.4 MHz si el envase es muy atenuante,
- si el alimento (6) es envasado con contacto parcial determinar un nivel de atenuación del envase y emitir perpendicularmente sobre una de las superficies de contacto entre el envase y el alimento (6) una onda ultrasónica de frecuencia entre 0.1 y 1 MHz si el envase no es muy atenuante y entre 0.1 y 0.4 MHz si el envase es muy atenuante,
 - recibir una onda ultrasónica que ha atravesado el alimento (6), y
 - a partir de la onda ultrasónica recibida, obtener una evolución de nivel de energía de la onda ultrasónica con el tiempo y/o obtener una imagen acústica del alimento (6), y
 - determinar, a partir de la evolución del nivel de energía de la onda ultrasónica con el tiempo y /o la imagen acústica, si el alimento (6) contiene un cuerpo extraño.
- 11.- El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la emisión perpendicular de la onda ultrasónica se realiza con un conjunto de transductores sobre una de las superficies del alimento (6), obteniéndose una imagen acústica del alimento (6).
- 12.- El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la emisión perpendicular de la onda ultrasónica se realiza desplazando unos módulos emisor y receptor (1, 2) de ondas ultrasónicas con respecto al alimento (6), obteniéndose la evolución del nivel de energía de la onda ultrasónica con el tiempo.
- 13.- El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la emisión perpendicular de la onda ultrasónica se realiza desplazando el alimento con respecto a unos módulos emisor y receptor (1, 2) de ondas ultrasónicas obteniéndose la evolución del nivel de energía de la onda ultrasónica con el tiempo.
- 14.- El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la etapa de determinar si el alimento (6) contiene un cuerpo extraño se realiza comparando la evolución del nivel de energía de la onda ultrasónica y/o la imagen acústica con unos patrones de alimento (6) sin cuerpos extraños.
- 15.- El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la etapa de determinar si el alimento (6) contiene un cuerpo extraño se realiza aplicando técnicas de inteligencia artificial para

discriminar las ondas ultrasónicas que atraviesan el alimento (6) que se ven perturbadas por la posición de un cuerpo extraño.

16.- El procedimiento de la reivindicación 10, que comprende una etapa previa adicional de clasificación de envases que comprendería los siguientes pasos:

- 5
 - colocar un transductor ultrasónico de inmersión en el fondo de un recipiente,
 - añadir una altura de agua de 5 cm,
 - colocar un transductor ultrasónico con acoplamiento por aire alineado con el transductor de inmersión y colocado a una distancia de 5 cm de la superficie del agua,
- 10
 - emitir una onda ultrasónica con el transductor con acoplamiento por aire, recibirla en el transductor de inmersión, digitalizarla y almacenarla,
 - repetir las etapas anteriores colocando el envase a caracterizar en la superficie del agua,
 - calcular las pérdidas de energía de la onda ultrasónica debidas al envase, y
- 15
 - determinar si el envase es atenuante o no atenuante en función de las pérdidas de energía.

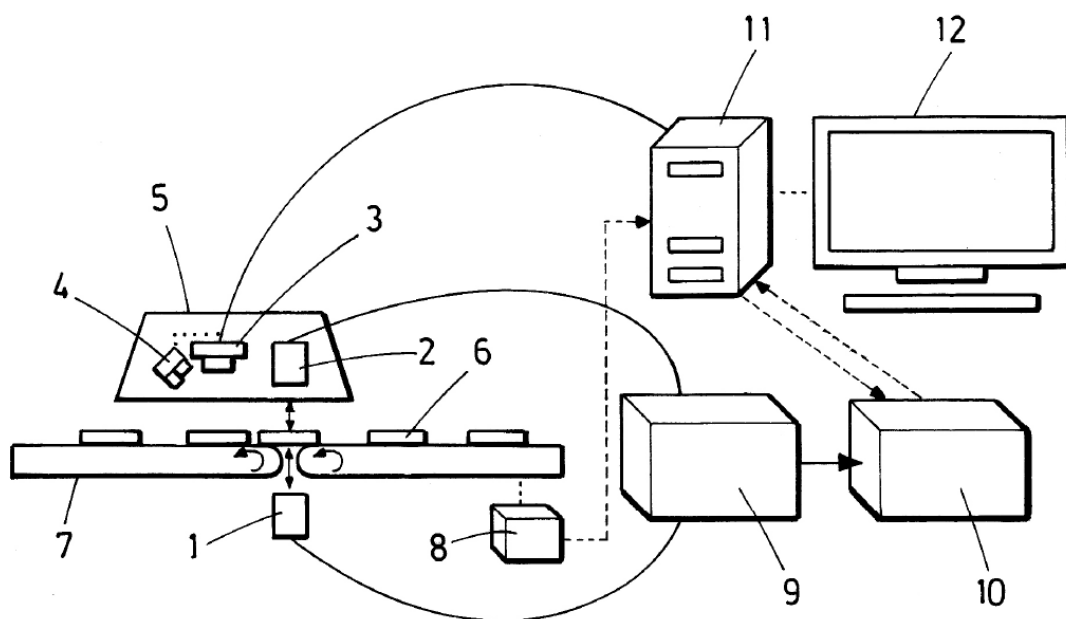


FIG. 1

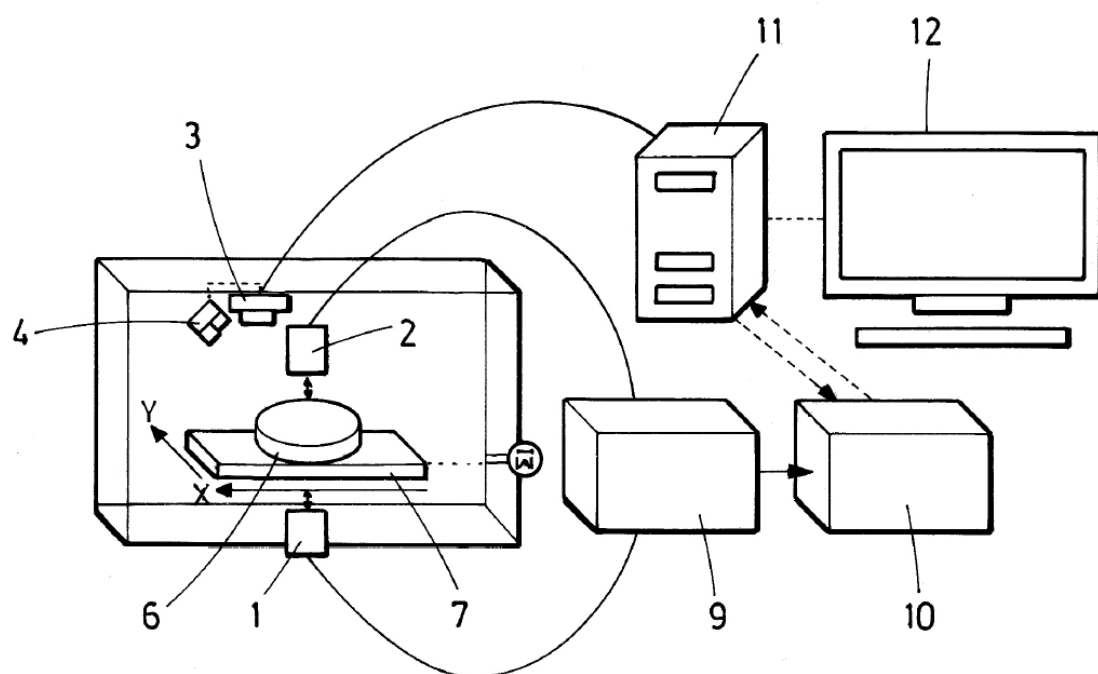
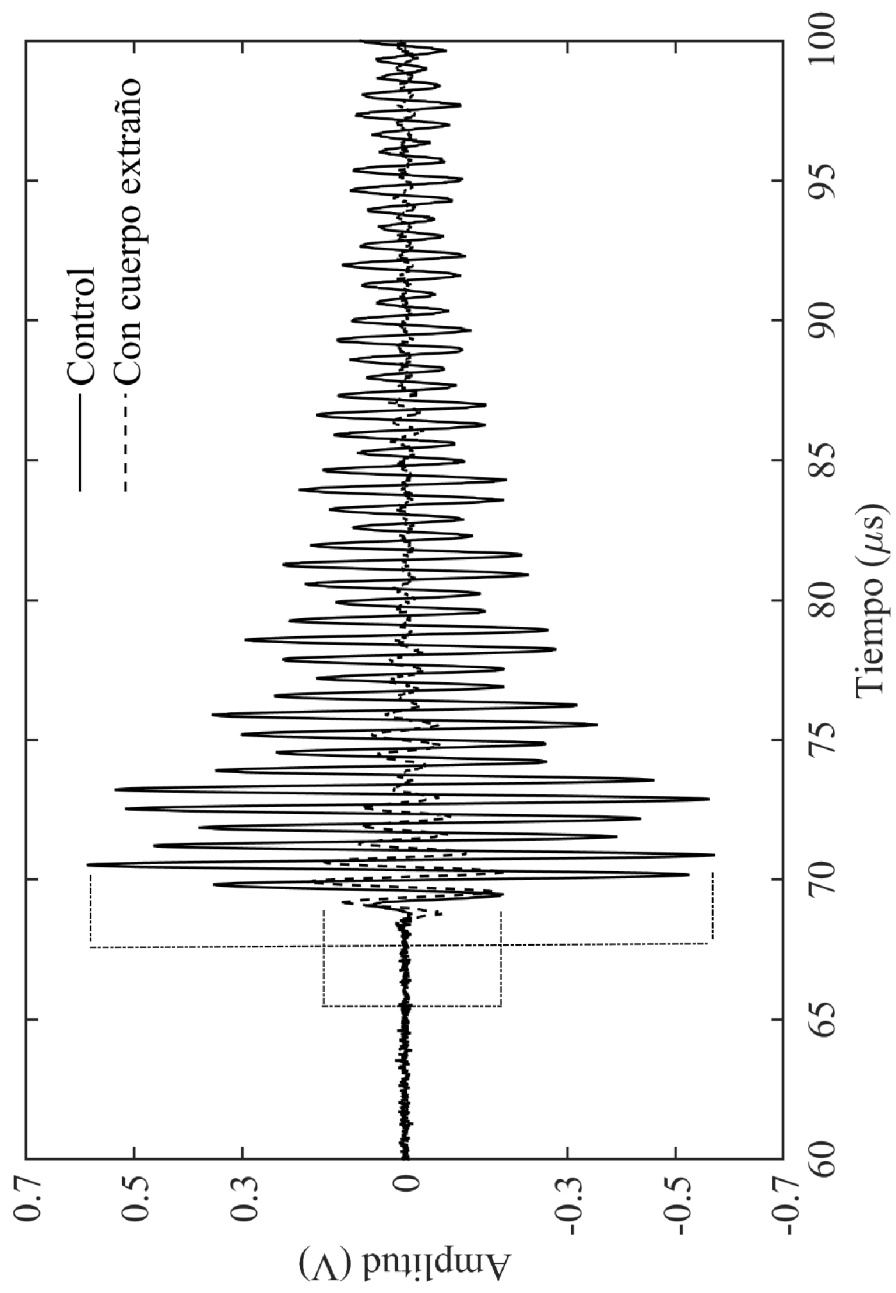
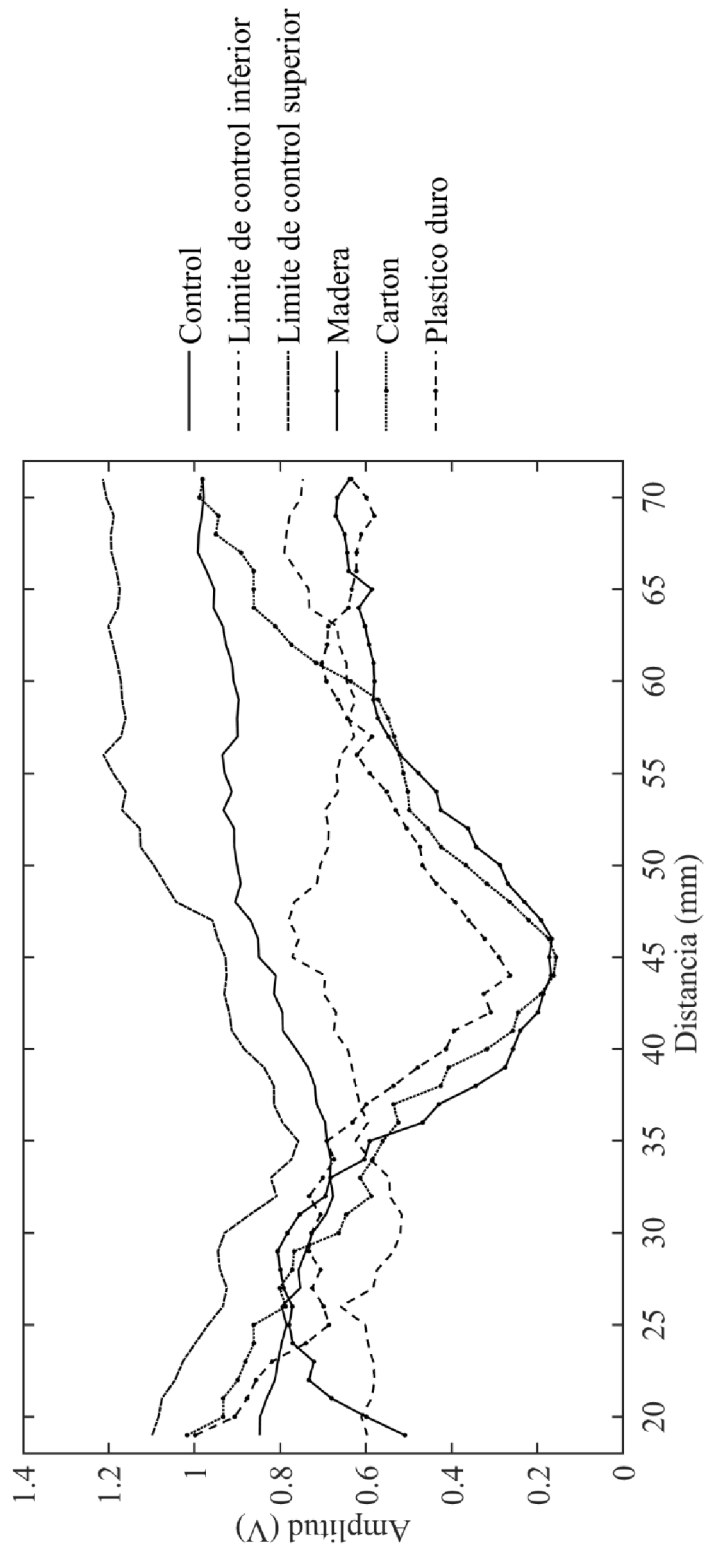
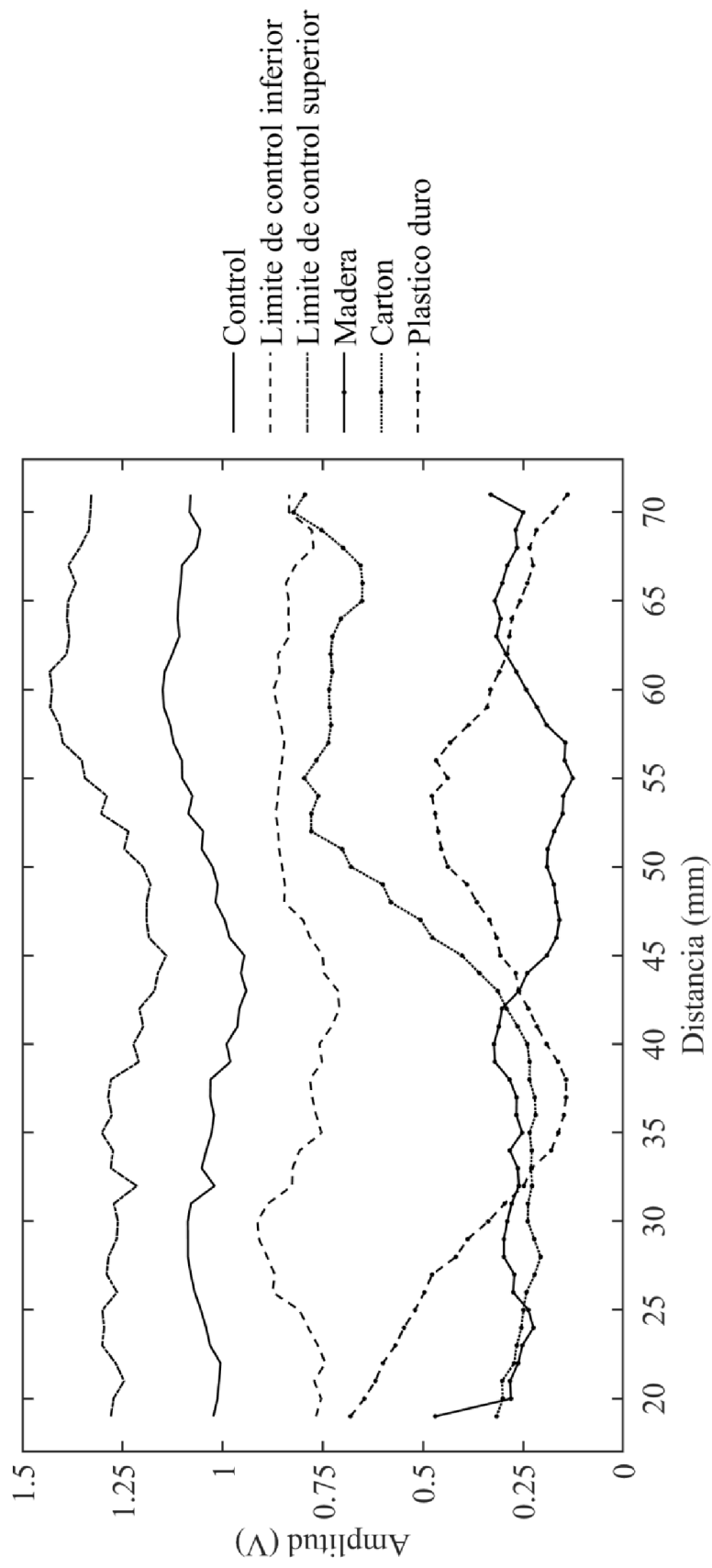


FIG. 2

**FIG. 3**

**FIG. 4**

**FIG. 5**

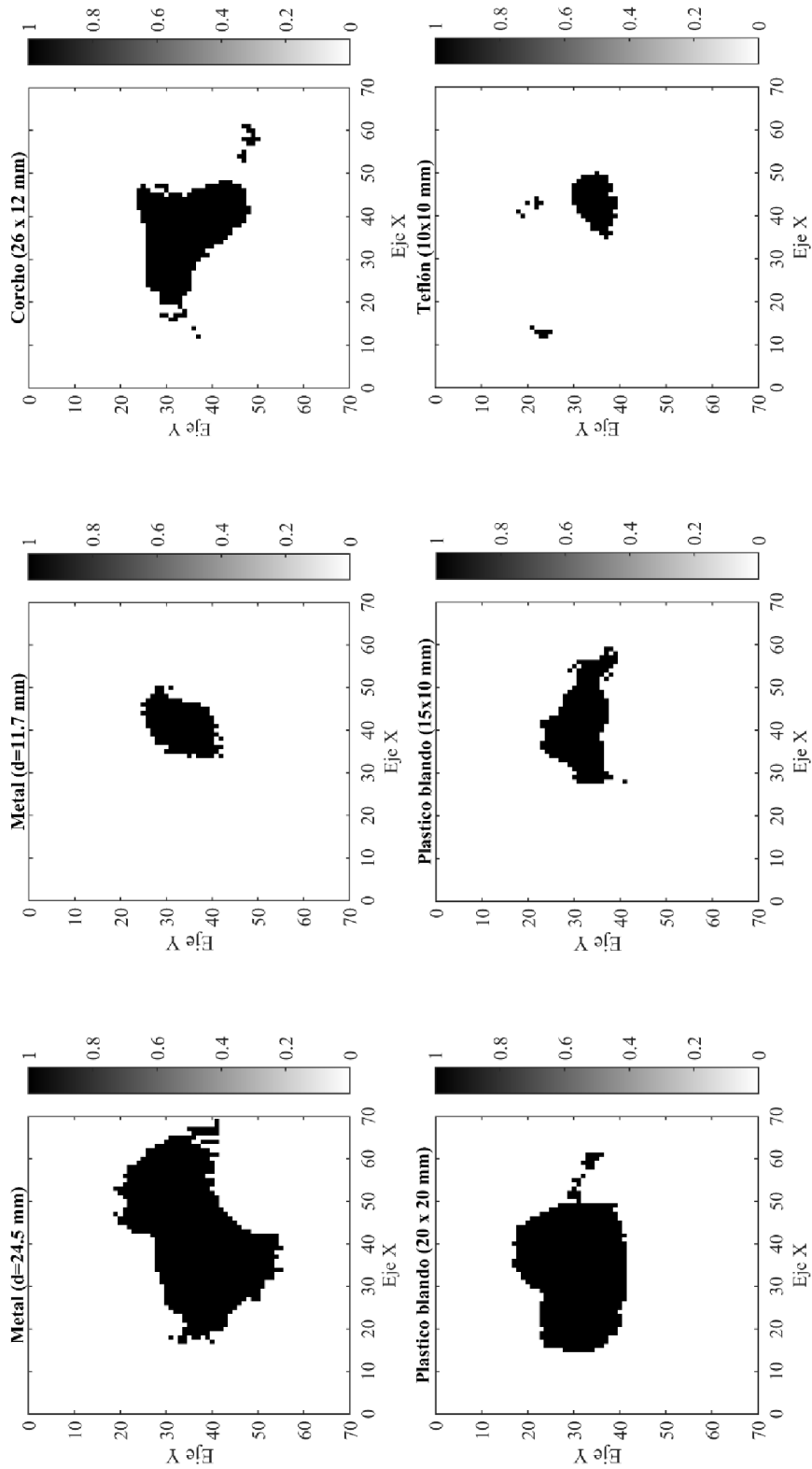


FIG. 6

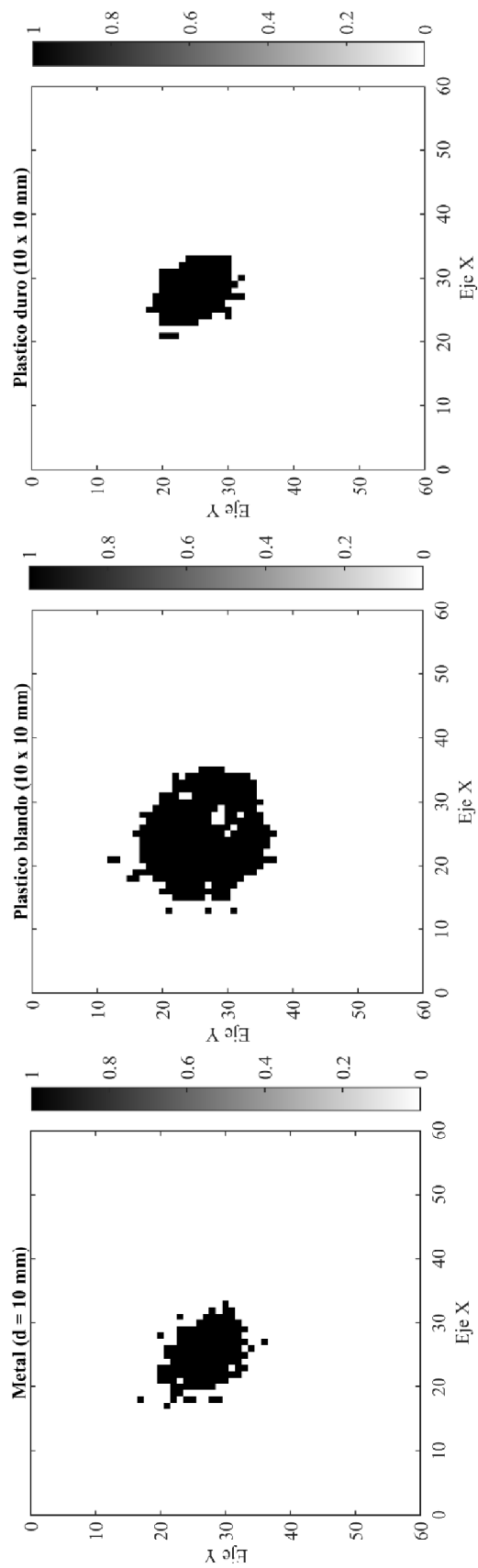


FIG. 7

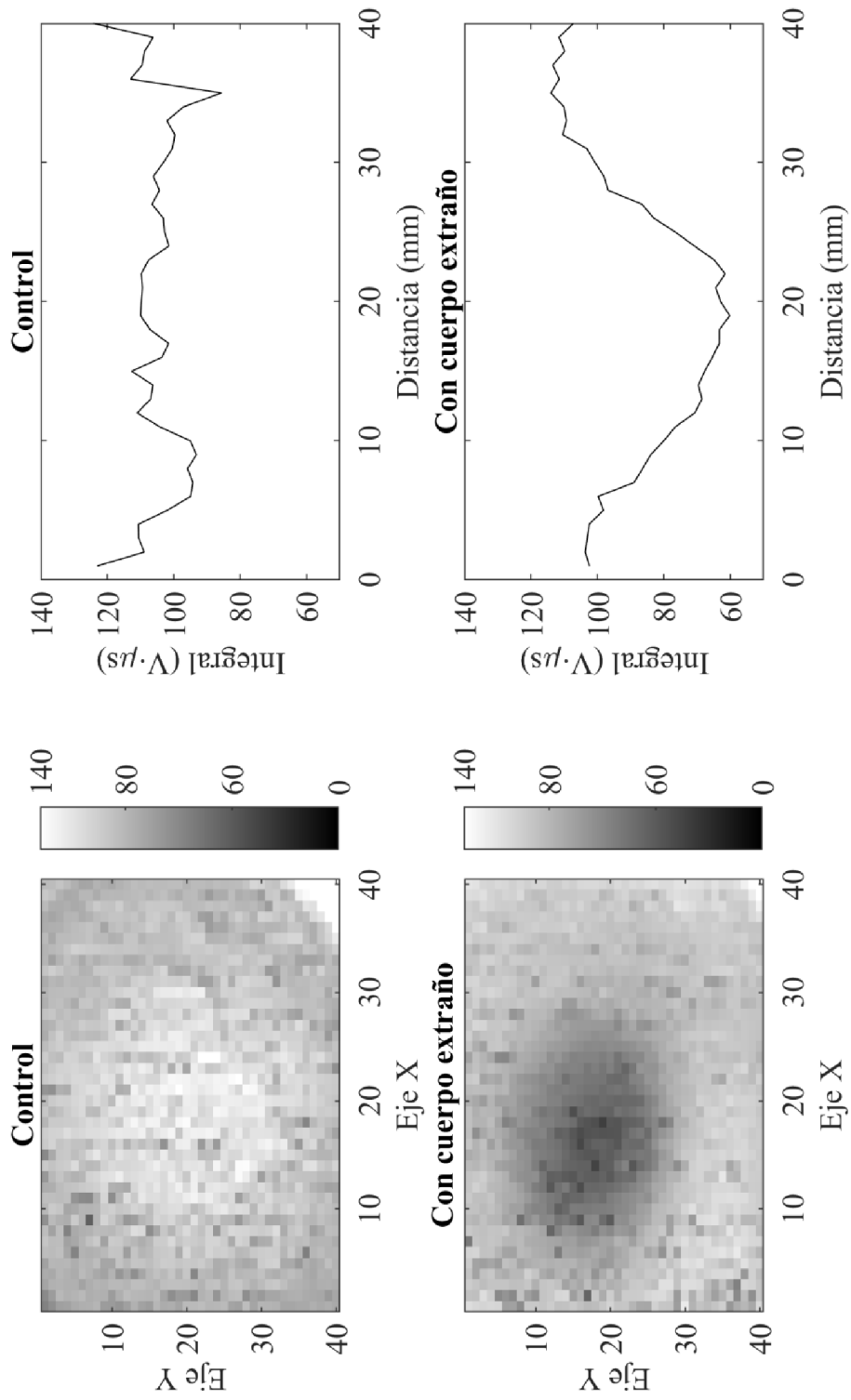


FIG. 8

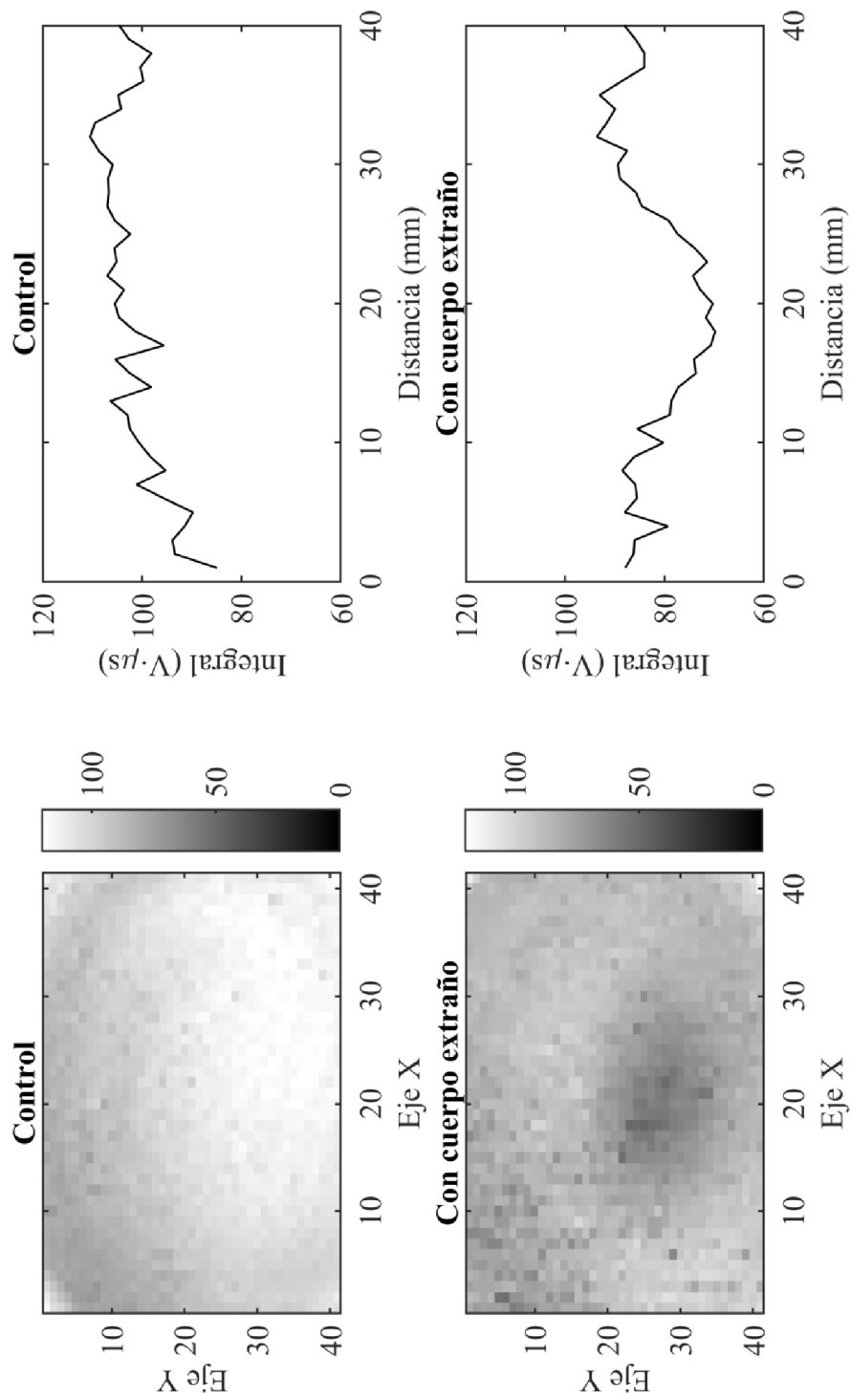


FIG. 9

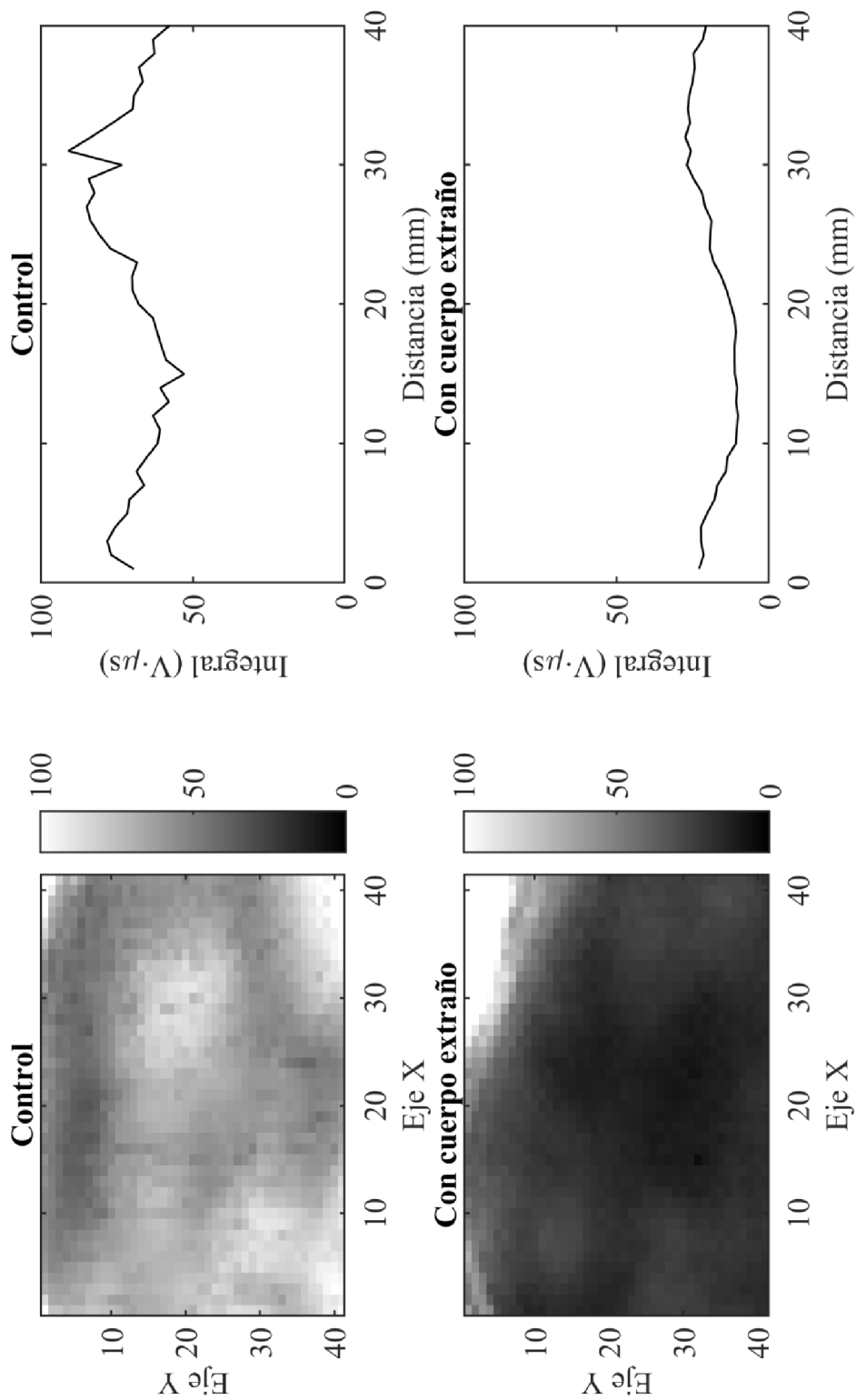


FIG. 10

Material		Grosor (um)	Pérdidas dB @ 330kHz	Pérdidas dB @ 630kHz
Tetrabrik	Compuesto: papel, aluminio plástico:	422	-2.3	-16.4
Aluminio	lata de bebida	95	-4.7	-12.7
	papel aluminio	13	-1.9	-5.7
PET	Polietileno rígido, lamina	228	-5.0	-6.4
	Polietileno rígido, lamina	157	-2.5	-3.3
	Polietileno rígido, lamina	74	-4.7	-4.4
	Polietileno, bolsa	38	-5.3	-11.7
LDPE	Polietileno, baja densidad, bolsa	50.5	-3.00	-3.77
PS	Poliestireno, placa petri	904	-2.62	-5.22
PS 80	Poliestireno extruido (bandeja)	4195	0.67	-20.00
PP	Polipropileno, film	50	-4.44	1.29
	Polipropileno, recipiente	900	-1.11	-7.13
Silicona	Lámina homogénea	1350	-0.75	-1.2

FIG. 11

Material		Grosor (um)	Baja frecuencia (<330 kHz)	Media frecuencia (330 – 630 kHz)	Alta frecuencia (> 630 kHz)
Tetrabrik	Compuesto: papel, aluminio plástico:	422	✓	~	✗
Aluminio	Aluminio, lata de bebida	95	✓	✓	✗
	Aluminio, papel aluminio	13	✓	✓	✓
PET	Polietileno rígido, lamina	228	✓	✓	~
	Polietileno rígido, lamina	74 – 157	✓	✓	✓
	Polietileno, bolsa	38	✓	~	✗
LDPE	Polietileno, baja densidad, bolsa	50.5	✓	✓	✓
PS	Poliestireno, placa petri	904	✓	✓	~
PS 80	Poliestireno extruido (bandeja)	4195	✓	~	✗
PP	Polipropileno, film	50	✓	✓	✓
	Polipropileno, recipiente	900	✓	✓	~
Silicona	Lámina homogénea	1350	✓	✓	✓

FIG. 12



- ②① N.º solicitud: 202330154
②② Fecha de presentación de la solicitud: 23.02.2023
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	ES 2916400 A1 (CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC); IMASDEA INNOVACIONES Y DESARROLLOS ALIMENTARIOS, S.L.; UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA) 30/06/2022, página 5, línea 21 - página 10, línea 11; página 15, línea 33 - página 18, línea 31; figuras 1A, 1B, 1C, 2.	1-15
Y		16
Y	TARRAZÓ-SERRANO, DANIEL et al.: "Sistema de posicionamiento y adquisición de datos de alta precisión para ultrasonidos en inmersión controlada". En Tecniacústica 2017: 48º Congreso Español de Acústica; Encuentro Ibérico de Acústica; European Symposium on Underwater Acoustics Applications; European Symposium on Sustainable Building Acoustics: A Coruña 3-6 Octubre 2017. Sociedad Española de Acústica, 2017, Páginas 1329-1336.	16
X	CHO, B.-K.; IRUDAYARAJ, J. M. K.: "Foreign object and internal disorder detection in food materials using noncontact ultrasound imaging". Journal of Food Science, 2003, Vol. 68, Páginas 967-974.	1-15
X	PALLAV, PRAKASH; HUTCHINS, DAVID A.; GAN, TATHEAN: "Air-coupled ultrasonic evaluation of food materials". Ultrasonics, 2009, Vol. 49, Páginas 244-253.	1-15
X	FATHIZADEH, ZAHED; ABOONAJMI, MOHAMMAD: "Nondestructive air-coupled ultrasound measurement in the food industries". Proc IRNDT, 2017, Páginas 26-27.	1-15

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
21.03.2023

Examinador
R. San Vicente Domingo

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G01N29/00 (2006.01)**G01N29/44** (2006.01)**G01B17/08** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N, G01B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC