

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 941 465**

51 Int. Cl.:

**G01N 29/02** (2006.01)

**G01N 29/24** (2006.01)

**G01N 33/14** (2006.01)

**G01N 29/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2018 PCT/US2018/022625**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.09.2018 WO18170258**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2018 E 18766924 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2023 EP 3596454**

54 Título: **Aparato y métodos cuantitativos de medición de textura de líquidos**

30 Prioridad:

**15.03.2017 US 201715459828**

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

**23.05.2023**

73 Titular/es:

**FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC. (100.0%)  
7701 Legacy Drive  
Plano, TX 75024, US**

72 Inventor/es:

**BAI, OU;  
BOURG, WILFRED, MARCELLIEN JR.;  
FAGAN, SCOTT;  
MICHEL-SANCHEZ, ENRIQUE;  
MIRZA, SHAHMEER, ALI;  
RICHARDSON, SCOTT G. y  
SHAO, CHEN C.**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 941 465 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**

Aparato y métodos cuantitativos de medición de textura de líquidos

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una medición cuantitativa de textura para líquidos usando técnicas fotoacústicas no invasivas.

**10 Técnica anterior y antecedentes de la invención**

Antecedentes de la técnica anterior

15 La textura es una de las características sensoriales más importantes que determinan la preferencia del consumidor por productos alimenticios y generalmente se evalúa mediante evaluación sensorial. Sin embargo, la evaluación sensorial requiere mucho tiempo y es costosa y, por tanto, se necesitan métodos instrumentales fiables y prácticos para predecir con precisión los atributos sensoriales de textura y otras propiedades de aperitivos.

20 Cuando se fabrica un aperitivo tal como un patatas fritas, las propiedades texturales dependen de las características del material sin procesar (es decir, patas con bajo contenido en sólidos o con alto contenido en sólidos) y las condiciones de procesamiento a las que se somete la materia prima, tal como el perfil de temperatura, el grosor de rodaja, así como las características del producto terminado, tales como la humedad, el contenido de aceite, etc.

25 La fragilidad, la suavidad y/o el crujiente de una patata frita son sólo unos pocos ejemplos de características de textura y sensación en la boca que hacen que los alimentos sean atractivos y que satisfagan a los consumidores. La textura es uno de los criterios principales que los consumidores usan para evaluar la calidad y frescura de muchos alimentos. Cuando un alimento produce una sensación física en la boca (dura, suave, crujiente, húmeda, seca), el consumidor tiene una base para determinar la calidad del alimento (fresco, reventado, blando, maduro)

30 Un reto importante es cómo medir con precisión y objetivamente la textura y la sensación en la boca para líquidos y sólidos. La textura es una propiedad compuesta relacionada con varias propiedades físicas (por ejemplo, dureza y fracturabilidad), y la relación es compleja. La textura o la sensación en la boca no pueden medirse cuantitativamente en un único valor obtenido a partir de un instrumento. La sensación en la boca es difícil de definir ya que implica la interacción física y química completa del alimento en la boca, desde la percepción inicial en el paladar, al primer bocado, a través de la masticación y, finalmente, el acto de tragar. Existe la necesidad de medir cuantitativamente la interacción del alimento en la boca.

35 Un problema con la dureza es que sus correlaciones con las pruebas sensoriales no siempre son tan altas como se espera. En muchos casos, la métrica de la fuerza máxima ejercida sobre una patata frita no replicó adecuadamente la textura experimentada por los consumidores. Por tanto, las opiniones de los consumidores sobre la dureza pueden ser más matizadas que una simple métrica de fuerza máxima a partir de una prueba analítica destructiva.

45 Actualmente, no hay una buena correlación de ningún tipo entre las lecturas del instrumento y las puntuaciones del panel de sabor. El problema es que ningún instrumento es capaz de manipular un producto alimenticio precisamente de la misma manera que la boca humana durante la masticación. Por ejemplo, un instrumento puede comprimir un producto alimenticio entre dos placas, mientras que una persona lo mordería con los incisivos. Por tanto, existe la necesidad de una medición cuantitativa de la textura que tenga una buena correlación con una medición cualitativa de un panel de expertos.

50 La complejidad en la cata de un vino puede significar muchas cosas. La capacidad de detectar y apreciar la complejidad en un vino se convertirá en un buen indicador del progreso global en el aprendizaje de cómo hacer una cata de vino. Sin embargo, actualmente no hay métodos cuantitativos para medir los sabores complejos en un vino. Normalmente, un sorbo de vino en la boca y sorberlo como si se tirara de él a través de una pajita simplemente airea el vino y lo hace circular por toda la boca. No hay una fórmula individual para todos los vinos, pero siempre debería ser un equilibrio entre los sabores. Si un vino es demasiado ácido, demasiado azucarado, demasiado astringente, demasiado caliente (alcohólico), demasiado amargo o demasiado flojo (falta de ácido), entonces no es un vino bien equilibrado. Aparte de simplemente identificar sabores tales como a fruta, flores, hierbas, mineral, barrica, los cálculos gustativos se usan para determinar si un vino es equilibrado, armonioso, complejo, evolucionado y completo. Un vino equilibrado debe tener sus componentes de sabor básicos en buena proporción. Los cálculos gustativos detectan dulce, agrio, salado y amargo. El dulce (azúcar residual) y el agrio (acidez) obviamente son componentes importantes del vino. Sin embargo, actualmente no hay métodos cuantitativos para medir el equilibrio y otros componentes en un vino.

65 De manera similar a la cata de vino, los métodos actuales de cata de café no proporcionan un método cuantitativo para medir los aromas y el sabor del café. Actualmente en la industria alimentaria, la sensación en la boca de las bebidas se caracteriza mediante medios reológicos cualitativos. Para las bebidas a veces se utiliza un reómetro para

medir la viscosidad o la elasticidad del fluido. Aunque la medición ha sido de vital importancia para la industria, no explica la reología que el consumidor experimenta cuando la muestra entra en contacto con la saliva humana. La saliva es una sustancia acuosa ubicada en las bocas de las personas y los animales, secretadas por las glándulas salivales. La saliva humana es el 99,5 % de agua, mientras que el otro 0,5 % consiste en electrolitos, moco, glicoproteínas, enzimas, compuestos antibacterianos y bacterianos tales como IgA secretora y lisozima. Las enzimas encontradas en la saliva son esenciales al comenzar el proceso de digestión de los almidones y grasas alimenticias. Además, la saliva cumple una función lubricante, humedeciendo los alimentos y permitiendo el inicio de la deglución, y protegiendo las superficies mucosas de la cavidad bucal de la desecación. Aunque las características de la saliva, tal como el pH, la viscosidad y otros, son diferentes de individuo a individuo, hay medios para calibrar la medición con patrones de bebida. Más específicamente, las mediciones cualitativas y cuantitativas actuales de la textura de bebidas muestran errores de medición que requerirían grandes tamaños de muestra para lograr significación estadística. Como ejemplo, la diferenciación de edulcorantes a las concentraciones que se encuentran en las bebidas de una manera reológica puede resultar muy difícil; dicho de otro modo, distinguir la viscosidad de una Pepsi® light frente a una Pepsi® normal es difícil dado el error de medición; sin embargo, cuando entran en contacto con la saliva, los diferentes edulcorantes pueden tener diferentes interacciones con la saliva humana dada su composición química, la mezcla de la bebida y la saliva produce diferencias de viscosidad que no pueden diferenciarse mediante los métodos de medición actuales.

### Sistema de medición de textura del estado de la técnica

El analizador de textura universal TA-XT2 de Texture Technologies Corp., puede realizar un cálculo de TPA completo y viene con múltiples sondas convencionales, incluyendo diversos tamaños de agujas, conos, cilindros, punzones, cuchillas y bolas. La figura 1 ilustra un sistema de la técnica anterior para medir atributos de textura tales como dureza y fracturabilidad con un analizador de textura TA-XT2. El sistema incluye una sonda (0101) que ejerce una fuerza sobre un aperitivo tal como una patata frita y mide la cantidad de fuerza requerida para romper la patata. La dureza puede medirse como una fuerza requerida para deformar el producto a una distancia dada, es decir, la fuerza para comprimir entre los molares, morder a través de los incisivos, comprimir entre la lengua y el paladar.

Ravishanka *et al.* (The Brunel Centre for Manufacturing Metrology Brunel University, 11 de febrero de 2007) describen mediciones de emisión fotoacústica en alimentos basados en líquidos y productos acuosos.

### Método de medición de textura de la técnica anterior

Tal como se muestra generalmente en la figura 2, un método de medición de textura de la técnica anterior asociado con el sistema de la técnica anterior puede incluir las etapas que comprenden:

- (1) colocar un aperitivo sobre una superficie (0201);
- (2) con una sonda, ejercer una fuerza y romper/deformar el aperitivo (0202);
- (3) generar una señal acústica a partir del aperitivo o medir la fuerza ejercida (0203);

La fuerza ejercida puede depender de la forma del aperitivo. Por ejemplo, un aperitivo en forma de U o un aperitivo con forma curvada puede colocarse en cualquier dirección y la fuerza ejercida para romper el aperitivo puede ser diferente. Por tanto, existe la necesidad de una medición de textura cuantitativa independiente de la forma.

- (4) capturar la señal acústica con un dispositivo acústico de captura o registrar la fuerza requerida para romper el aperitivo (0204);

la señal acústica se captura durante un periodo de tiempo a frecuencias preestablecidas y la señal se representa gráficamente como tiempo (segundos) frente a intensidad (dB). Existe la necesidad de medir la señal acústica en un amplio intervalo de frecuencias.

- (5) generar un modelo de textura a partir de la señal acústica (0205); y

Se desarrolla un modelo para atributos de textura tales como dureza y fracturabilidad a partir del gráfico de tiempo frente a intensidad para el aperitivo. Alternativamente, también puede usarse un modelo a partir de la fuerza medida para desarrollar un modelo.

- (6) medir el atributo de textura del aperitivo a partir del modelo de textura.

Los atributos de textura de un aperitivo se miden a partir del modelo desarrollado en la etapa (0205). Los atributos de textura están correlacionados con un número de atributos de textura cualitativos de un panel de expertos tal como se describe a continuación en la figura 3.

**Método de correlación de textura de la técnica anterior**

Tal como se muestra generalmente en la figura 3, un método de correlación de textura de la técnica anterior puede incluir las etapas que comprenden:

5 (1) enviar muestras de aperitivos a un panel de expertos (**0301**);

El envío de las muestras de aperitivos puede tomar tiempo y el aperitivo puede experimentar un cambio de textura durante el proceso de envío. Por tanto, existe la necesidad de limitar el número de veces que los aperitivos se envían al panel de expertos.

10 (2) Analizar cualitativamente las muestras de aperitivos (**0302**);

El proceso comienza con un panel sensorial bien entrenado para llevar a cabo un análisis de perfil de textura significativo, un panel de evaluación debe tener un conocimiento de calificación previo del sistema de clasificación de textura, el uso de escalas de calificación convencionales y los procedimientos correctos relacionados con la mecánica de la prueba. El entrenamiento de los panelistas comienza con una definición clara de cada atributo. Además, las técnicas usadas para evaluar el producto alimenticio deben especificarse de manera explícita, explicando cómo se coloca el producto alimenticio en la boca, ya sea si se actúa sobre el mismo con los dientes (y qué dientes) o con la lengua y qué sensación particular va a evaluarse. Los panelistas reciben patrones de referencia para su evaluación, por lo que pueden poner en práctica sus técnicas de evaluación sensorial y el uso de escalas. La dureza y la fracturabilidad generalmente se consideran el atributo de textura más importante. Actualmente no hay una buena correlación de ningún tipo entre las lecturas del instrumento y las puntuaciones del panel de sabor. Actualmente no hay instrumentos capaces de manipular un producto alimenticio exactamente de la misma manera que la boca humana durante la masticación. Por ejemplo, un instrumento puede comprimir un producto alimenticio entre dos placas, mientras que un ser humano lo mordería con los incisivos. De hecho, lo que un instrumento mide puede no estar relacionado con lo que percibe el consumidor. Por tanto, existe la necesidad de tener un sistema que pueda medir cuantitativamente los atributos de textura y correlacionarlos con las puntuaciones del panel de sabor.

15 (3) asignar un número del panel descriptivo para los atributos de textura de la muestra de aperitivo (**0303**);

Se realiza una evaluación sensorial organoléptica en la que los panelistas capacitados asignan niveles de intensidad en diversos descriptores/atributos de textura. Por ejemplo, para evaluar las patatas fritas, la dureza puede considerarse un atributo importante. En este caso, los panelistas asignan una puntuación de dureza basándose en una escala, donde 1 es extremadamente blando y 15 es extremadamente duro. Los panelistas pueden calificar la dureza de las muestras de patatas fritas como A, B y C. Después de que se completan los paneles de sabor, las lecturas del instrumento del producto alimenticio se realizan tal como se describe a continuación en la etapa (**0304**).

20 (4) Medir los atributos de textura usando un método analítico invasivo (**0304**);

Existente la necesidad de que la técnica instrumental seleccionada replique en la mayor medida posible cómo manipula la boca el producto alimenticio particular. El instrumento debe aplicar la misma cantidad de fuerza en la misma dirección y a la misma velocidad que la boca y los dientes durante la masticación. El instrumento puede registrar señales acústicas durante un período de tiempo y generar un modelo. Por tanto, existe la necesidad de registrar sonido en un intervalo de frecuencias más amplio.

25 (5) Correlacionar los atributos de textura analíticos y cualitativos (**0305**); y

Correlacionar estadísticamente entre datos sensoriales (número del panel descriptivo) y mediciones instrumentales. Actualmente, la correlación basada en las mediciones de intensidad frente a tiempo, genera una correlación estadísticamente débil. Por tanto, existe la necesidad de una fuerte correlación entre el número del panel descriptivo y el modelo analítico.

30 (6) Generar un modelo de correlación (**0306**).

En consecuencia, existe la necesidad de una medición de textura cuantitativa no invasiva que logre los siguientes objetivos:

•Proporcionar un método cuantitativo para medir los atributos de productos acabados tales como viscosidad, densidad, sensación en la boca, astringencia, recubrimiento bucal, dulzor, sensoriales y de reología.

•Proporcionar una medición analítica cuantitativa de los atributos texturales tales como dureza, fracturabilidad, textura crujiente y oleosidad de la superficie.

•Proporcionar un análisis de los datos de dominio de frecuencia para modelar con precisión los atributos de textura.

•Proporcionar una captura de señal acústica en un intervalo amplio de frecuencias de desde 0 hasta 5000 kHz

•Proporcionar una prueba cuantitativa independiente de forma para la medición de la textura.

5 •Proporcionar una medición cuantitativa no invasiva de la textura de un líquido.

•Proporcionar una medición cuantitativa de textura con muestras mínimas con mayor precisión y fiabilidad.

10 •Proporcionar una prueba de medición de textura cuantitativa menos costosa.

•Proporcionar resultados instantáneos de la medición cuantitativa.

•Proporcionar un modelo preciso con buena correlación con un  $R^2$  mayor de 0,9.

15 •Proporcionar una medición de textura de alta resolución con una precisión mejor del 5 %.

•Proporcionar mediciones cuantitativas repetibles y reproducibles de líquidos.

20 Aunque no debe entenderse que estos objetivos limiten las enseñanzas de la presente invención, en general estos objetivos se logran en parte o en su totalidad por la invención descrita que se discute en las siguientes secciones. Un experto en la técnica no será capaz de seleccionar aspectos de la presente invención tal como se describen para afectar a cualquier combinación de los objetivos descritos anteriormente.

### 25 **Breve descripción de la invención**

La presente invención en diversas realizaciones aborda uno o más de los objetivos anteriores y se define por un aparato tal como se define en la reivindicación 1 y un método tal como se define en la reivindicación 6. Algunas realizaciones se definen en las reivindicaciones dependientes. El aparato de medición de textura incluye una herramienta de excitación de energía, un dispositivo acústico de captura y una unidad de procesamiento de datos. La herramienta de excitación de energía dirige un láser hacia un líquido colocado sobre una superficie y crea una expansión rápida del material que da como resultado la creación de ondas de presión de aire que se propagan a través del aire y producen una señal acústica. El dispositivo acústico de captura registra y reenvía la señal a una unidad de procesamiento de datos. La unidad de procesamiento de datos comprende además un módulo de procesamiento de señales digitales que alisa, transforma y filtra la señal acústica recibida. Un módulo de procesamiento estadístico filtra adicionalmente la señal acústica de la unidad de procesamiento de datos y genera un modelo acústico cuantitativo para atributos de textura tales como dureza, fracturabilidad, textura crujiente, etc. El modelo cuantitativo se correlaciona con una medición cualitativa de textura a partir de un panel de expertos descriptivo. La textura de los líquidos se mide cuantitativamente con el modelo acústico cuantitativo con el aparato.

40 El sistema de la presente invención puede utilizarse en el contexto del método de medición cuantitativa de textura de un aperitivo, el método comprende las etapas de:

(1) colocar un líquido en un recipiente sobre una superficie móvil o no móvil;

45 (2) dirigir la onda electromagnética (energía) tal como un láser para impactar en el líquido;

(3) generar una señal acústica a partir del aperitivo;

50 (4) capturar la señal acústica con un dispositivo acústico de captura;

(5) reenviar la señal acústica a una unidad de procesamiento de datos; y

(6) medir la textura del líquido con atributos de textura a partir de un modelo de textura.

55 La integración de este y otros métodos de realización preferidos a modo de ejemplo junto con una variedad de sistemas de realización preferidos a modo de ejemplo descritos en el presente documento en previsión del alcance global de la presente invención.

### 60 **Breve descripción de los dibujos**

Para una comprensión más completa de las ventajas proporcionadas por la invención, debe hacerse referencia a la siguiente descripción detallada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

65 La figura 1 es un sistema invasivo de la técnica anterior para medir la textura en productos alimenticios.

La figura 2 es un gráfico de la técnica anterior para medir la textura con señales acústicas.

La figura 3 es un método de la técnica anterior para correlacionar mediciones de textura.

5 La figura 4 es un sistema para la medición cuantitativa de atributos de textura según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

La figura 5 es una herramienta de excitación que dirige energía a un producto alimenticio según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

10 La figura 6 es una unidad de captura acústica que captura una señal acústica según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

15 La figura 6a es un aparato de medición de textura que comprende un alojamiento con forma de plato parabólico y un dispositivo acústico de captura colocado dentro del plato, según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

La figura 7 es una unidad de procesamiento de datos según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

20 La figura 8 es una unidad de procesamiento de señales digitales según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

La figura 9 es una unidad de procesamiento estadístico según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

25 La figura 10 es un diagrama de flujo de un método para la medición cuantitativa de textura según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

30 La figura 11 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo de un método para la correlación cuantitativa de textura según una realización preferida de la presente invención.

La figura 12 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo de un método para el desarrollo de un modelo cuantitativo de textura según una realización preferida de la presente invención.

35 La figura 13 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo de un método para la generación de señales fotoacústicas según una realización preferida de la presente invención.

La figura 14 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo de un método para el procesamiento de señales acústicas según una realización preferida de la presente invención.

40 La figura 15 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo de un método para el procesamiento estadístico acústico según una realización preferida de la presente invención.

45 La figura 16 es un método de identificación de aperitivos a modo de ejemplo según una realización a modo de ejemplo preferida.

La figura 17 es una tabla de emparejamiento de identificación de aperitivos a modo de ejemplo según una realización a modo de ejemplo preferida.

50 La figura 18 es un diagrama de transformación de dominio de tiempo a dominio de frecuencia de señales acústicas a modo de ejemplo según una realización preferida de la presente invención.

La figura 19 es un diagrama de atributos de textura (dureza) frente a frecuencias relevantes a modo de ejemplo según una realización preferida de la presente invención.

55 La figura 20 es un diagrama de atributos de textura (fracturabilidad) frente a frecuencias relevantes a modo de ejemplo según una realización preferida de la presente invención.

60 La figura 21 es otro diagrama de atributos de textura (dureza) frente a frecuencias relevantes a modo de ejemplo según una realización preferida de la presente invención.

La figura 22 es un sistema para la medición cuantitativa de atributos de textura de un líquido según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

65 La figura 23 es un diagrama de flujo de un método para la medición cuantitativa de un atributo de textura de un líquido según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

La figura 24 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo de un método para la correlación cuantitativa de un atributo de textura de un líquido según una realización preferida de la presente invención.

5 La figura 25 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo de un método para formular una bebida basándose en una correlación fotoacústica según una realización preferida de la presente invención.

La figura 26 es un diagrama estadístico a modo de ejemplo que ilustra la separación de líquidos basándose en un atributo cuantitativo de textura según una realización preferida de la presente invención.

10

### **Descripción de las realizaciones a modo de ejemplo del presente documento**

Aunque esta invención es susceptible de realización de muchas formas diferentes, se muestra en los dibujos y se describirá en el presente documento en forma de realización preferida detallada de la invención con la comprensión de que la presente descripción debe considerarse como una ejemplificación de los principios de la invención y no pretende limitar el amplio aspecto de la invención a la realización ilustrada.

15

El término “textura”, tal como se usa en el presente documento, se define como una propiedad relacionada con varias propiedades físicas de líquidos tales como viscosidad, densidad, sensación en la boca, astringencia, recubrimiento bucal, dulzor, sensoriales y de reología. Debe indicarse que el término “textura” y “atributo de textura” se usan de manera intercambiable para indicar una o más propiedades de textura. Debe indicarse que los términos “número del panel descriptivo”, “puntuación del panel de sabor”, “número de textura cualitativa” y “número del panel de sabor” se usan de manera intercambiable para indicar una medición cualitativa de mediciones de textura por un panel de expertos. Debe indicarse que los términos “modelo fotoacústico”, “modelo acústico”, “modelo acústico de textura”, “modelo cuantitativo de atributos de textura” se usan de manera intercambiable para indicar un modelo cuantitativo para un atributo de textura de un aperitivo. Debe indicarse que los métodos y aparatos a modo de ejemplo aplicables a los aperitivos tal como se describen en el presente documento pueden ser aplicables a líquidos y viceversa.

20

25

Sistema de realización a modo de ejemplo para medición cuantitativa de atributos de textura (0400-0900)

30

Un aspecto de la presente invención proporciona un método para medir cuantitativamente los atributos de textura de aperitivos. Otro aspecto de la presente invención implica correlacionar la medición cuantitativa de atributo de textura con un atributo de textura cualitativamente medido por un panel de expertos. La presente invención también se refiere a desarrollar un modelo de atributo de textura basándose en frecuencias relevantes en una señal acústica capturada. Según aún otro aspecto de la presente invención, se identifican aperitivos (“identificación de alimentos”) basándose en la medición cuantitativa fotoacústica de la propiedad de aperitivo.

35

Los solicitantes en el presente documento han creado un sistema que comprende una herramienta de excitación de energía para dirigir energía hacia un líquido, un dispositivo acústico de captura para registrar/capturar una señal acústica a partir del líquido y una unidad de procesamiento de datos que procesa la señal acústica capturada y genera un modelo de atributos de textura. En una realización, la herramienta de excitación de energía es una herramienta generadora de láser que está configurada para generar un láser. Existen varias realizaciones de esta invención que están dentro del alcance de la invención en su sentido más amplio.

40

45 Realización a modo de ejemplo de herramienta de medición de textura (0400)

La presente invención puede observarse con más detalle tal como se ilustra generalmente en la figura 4, en donde una herramienta de medición de textura a modo de ejemplo (0400) comprende un alojamiento, una herramienta de excitación de energía (0401) que está unida al alojamiento y está colocada para dirigir una onda electromagnética (“energía”) tal como un láser (0407) hacia un aperitivo (0409) colocado en una estación de puesta a disposición de alimentos (0405). Según una realización a modo de ejemplo preferida, el aperitivo es un aperitivo a base de almidón. Según otra realización a modo de ejemplo preferida, el aperitivo son patatas fritas. La estación de puesta a disposición de alimentos puede ser una superficie móvil o no móvil. Según una realización a modo de ejemplo preferida, la herramienta de excitación de energía es una unidad de generación de láser que genera láseres. Debe indicarse que cualquier herramienta que pueda generar excitación sobre un sustrato alimenticio puede usarse como herramienta de excitación de energía. La estación de puesta a disposición (0405) puede ser una superficie plana que se usa para desarrollar un modelo acústico. La estación de puesta a disposición (0405) puede ser una cinta transportadora que porta los aperitivos cuando la textura se mide en un procedimiento de fabricación en línea. Según una realización a modo de ejemplo, un dispositivo acústico de captura (0403) puede colocarse para registrar/capturar una señal acústica (0406) del aperitivo (0409). El dispositivo acústico de captura (0403) puede estar en comunicación con una unidad de procesamiento de datos (DPU) (0404) a través de un cable (0402) o de manera inalámbrica. El dispositivo acústico de captura puede capturar la señal acústica en un amplio intervalo de frecuencias de 0 kHz a 500 kHz. Adicionalmente, el dispositivo acústico de captura (0403) puede colocarse en un ángulo directamente por encima del aperitivo (0409). Según una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura captura señales acústicas de manera unidireccional. El dispositivo acústico de captura puede estar en comunicación con una unidad de procesamiento de datos. Según otra realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura captura

65

señales acústicas de manera omnidireccional. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura es un micrófono inalámbrico que contiene un transmisor de radio. En una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura es un micrófono dinámico. En otra realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura es un micrófono de fibra óptica. El dispositivo acústico de captura (0403) puede colocarse a una distancia predeterminada y un ángulo predeterminado del aperitivo (0409). La distancia predeterminada puede elegirse de modo que produzca una densidad de energía máxima del aperitivo. La distancia (0408) desde la parte inferior de la herramienta de excitación de energía (0401) hasta la parte superior de la estación de puesta a disposición (0405) se selecciona de modo que el haz de energía (láser) sea seguro dentro del entorno de fabricación. Según una realización a modo de ejemplo preferida, la distancia desde el

El dispositivo acústico de captura (0403) puede conectarse físicamente con un cable conductor a la DPU (0404) a través de un módulo de entrada-salida en la DPU (0404). En una disposición alternativa, el dispositivo acústico de captura (0403) puede reenviar una señal acústica al módulo de entrada-salida en la DPU (0404) de manera inalámbrica. El protocolo inalámbrico puede usar protocolos convencionales tales como WIFI o Bluetooth. En una realización a modo de ejemplo, el dispositivo acústico de captura (0403) puede estar ubicado de manera remota y la señal acústica puede reenviarse de manera inalámbrica a la DPU (0404) con un protocolo tal como LTE, 3G y/o 4G. En otra realización a modo de ejemplo, la DPU ubicada de manera remota (0404) puede estar conectada al dispositivo acústico de captura (0403) con protocolo por cable tal como Ethernet.

La herramienta de excitación de energía (0401) está colocada para dirigir energía hacia un aperitivo (0409). Debe indicarse que el ángulo de direccionamiento tal como se muestra es sólo con fines de ilustración. El ángulo de direccionamiento de la energía puede configurarse para producir una excitación óptima del aperitivo de modo que un dispositivo acústico de captura (0403) puede capturar una señal acústica completa después de que la herramienta de excitación dirija energía hacia el aperitivo. La señal acústica puede entonces capturarse durante un periodo de tiempo. La señal acústica puede representarse como intensidad (dB) frente a tiempo (s). Según una realización a modo de ejemplo preferida, la señal acústica se captura durante de 1 s a 5 minutos. Según aún otra realización a modo de ejemplo preferida, la señal acústica a partir del aperitivo se captura durante 2 s. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la señal acústica a partir del aperitivo se captura durante 1 s. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la señal acústica a partir del aperitivo se captura durante 10 s.

Según una realización a modo de ejemplo preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante una duración de pulso o tiempo de disparo de 5 nanosegundos a 5 minutos. Según aún otra realización a modo de ejemplo preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante 1 nanosegundo. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante 1 minuto. Según la realización a modo de ejemplo más preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante 9-12 nanosegundos.

Herramienta de excitación de energía a modo de ejemplo (0500)

Tal como se ilustra generalmente en la figura 5 (0500), una herramienta de excitación de energía a modo de ejemplo (0500) que es similar a (0401) en la figura 4 (0400) comprende una unidad de generación de energía (0504) que está montada dentro de un cerramiento de energía (0505). La unidad de generación de energía (0504) puede generar una onda electromagnética que puede excitar moléculas de un sustrato alimenticio provocando que las moléculas ganen energía térmica y vibren produciendo un sonido. La onda electromagnética puede comprender una longitud de onda en el intervalo de 512 nm a 2048 nm. Un intervalo más preferido de la onda electromagnética puede comprender una longitud de onda en el intervalo de 470 nm a 1 mm. La unidad de generación de energía (0504) puede excitar moléculas de un sustrato alimenticio provocando que las moléculas vibren produciendo un sonido. La excitación puede definirse como una elevación en el nivel de energía por encima de un estado de energía de referencia arbitrario. Cuando las moléculas se excitan, la expansividad térmica puede estar relacionada con el tipo y la densidad del material según la siguiente ecuación. La textura puede estar relacionada indirectamente con la expansividad térmica y, por tanto, la textura está relacionada indirectamente con el tipo y la densidad del material.

$$\alpha_v = \frac{1}{V} \frac{\partial(V)}{\partial T} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial\left(\frac{1}{\rho}\right)}{\partial T} = \rho \frac{\partial(\rho^{-1})}{\partial T} = -\frac{\rho}{\rho^2} \frac{\partial(\rho)}{\partial T} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho)}{\partial T} = -\frac{\partial \ln(\rho)}{\partial T}$$

55 Expansividad térmica; = función (material, densidad)

Textura = función (material, densidad)

Una definición técnica específica para el nivel de energía está asociada a menudo con un átomo que se eleva a un estado excitado. La herramienta de excitación de energía, en una realización a modo de ejemplo preferida, es una herramienta de generación de láser que produce un haz de luz muy estrecho y altamente concentrado. Un láser es un dispositivo que emite luz a través de un proceso de amplificación óptica basándose en la emisión estimulada de radiación electromagnética. La coherencia espacial en el láser permite que un láser se enfoque a un punto estrecho. La coherencia espacial también permite que un haz de láser permanezca estrecho a lo largo de grandes distancias (colimación). Los láseres también pueden tener una alta coherencia temporal, lo que les permite emitir luz con un espectro muy estrecho, es decir, pueden emitir un único color de luz. La unidad de generación de energía (0504) (“unidad de generación de láser”) puede incluir un medio de ganancia, energía de bombeo de láser, reflector alto, acoplador de salida y un haz de láser. El haz de láser (0502) puede desplazarse a través de un tubo hueco (0503) e impactar en un espejo (0501). El tubo hueco (0503) puede estar sostenido por un brazo metálico (0512) que está conectado mecánicamente al cerramiento de energía (0505). En una realización a modo de ejemplo preferida, el haz de láser puede desplazarse sin la necesidad de un tubo hueco. El brazo metálico puede estar fabricado de un metal que puede portar el peso del tubo hueco (0503) y el alojamiento (0506). El láser puede contener elementos adicionales que afecten a las propiedades de la luz emitida, tal como la polarización, longitud de onda, tamaño de punto, divergencia y forma del haz .

El espejo (0501) refleja el haz de láser (0502) hacia un sustrato de aperitivo colocado sobre una superficie. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el espejo está en un ángulo de entre 1 grado y 89 grados con respecto a la vertical. Según la realización a modo de ejemplo más preferida, el espejo está en un ángulo de 45 grados con respecto a la vertical. Puede usarse cualquier combinación de múltiples espejos, múltiples lentes y extensores para producir un láser de tamaño puntual consistente que impacta en el aperitivo. El haz de láser procedente de la unidad de generación de láser puede ser redirigido, expandido y enfocado a medida que el haz pasa a través de una combinación de espejos y lentes. Debe indicarse que, aunque en la figura 5 se ilustran un único espejo y una única lente, no debe interpretarse como una limitación y puede usarse cualquier combinación de los espejos, lentes y extensores para producir un haz de láser de tamaño puntual constante. El haz de láser reflejado (0509) pasa a través de una ventana estrecha (0511) en un alojamiento (0506). Un cerramiento de dispositivo acústico (0507) para alojar un dispositivo acústico de captura puede estar montado en el alojamiento (0506). Debe indicarse que el cerramiento (0506) tal como se ilustra en la figura 5 (0500) tiene forma rectangular, sin embargo, puede usarse cualquier forma para el cerramiento que sea capaz de estar aislada acústicamente y sea segura para las personas. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el alojamiento (0506) puede ser cilíndrico, cúbico, cónico, esférico o triangular. De manera similar, el cerramiento de dispositivo acústico (0507) puede tener forma de prisma rectangular, cilíndrica, cúbica, cónica, esférica o triangular. El cerramiento de dispositivo acústico (0507) puede alojar un dispositivo acústico tal como un micrófono. El cerramiento de dispositivo acústico (0507) también puede mantener una presión de aire positiva para garantizar un entorno libre de partículas dentro del cerramiento (0507). La presión de aire positiva puede mantenerse soplando aire a través del cerramiento con una bomba de aire. Según una realización a modo de ejemplo preferida, la ventana estrecha (0511) puede estar fabricada de material de zafiro o sílice fundida. Puede usarse cualquier ventana translúcida que separe el haz de láser del producto alimenticio como una ventana estrecha. Según otra realización a modo de ejemplo preferida, la ventana estrecha (0511) está alineada de modo que el haz de láser (0509) está en +- 1 grado con respecto a una dirección deseada. La dirección deseada puede ser vertical o en un ángulo con respecto a un plano vertical. Un sensor de nivel de láser (0510) está colocado dentro del alojamiento (0506) para detectar el nivel de alimento de la superficie. El sensor láser (0501) puede impedir la entrada no deseada de personas en el alojamiento (0506). Por ejemplo, si el sensor láser detecta un objeto o una mano humana sobre el aperitivo, puede apagarse automáticamente el láser y evitar la exposición de la persona al láser. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el nivel de láser proporciona un entorno láser seguro para las personas. Según otra realización a modo de ejemplo preferida, el nivel de láser detecta un aperitivo dentro de +- 5 cm (2 pulgadas) de una superficie de puesta a disposición. Un sensor de temperatura (0511) puede estar colocado dentro del alojamiento (0506) para medir la temperatura. Según una realización a modo de ejemplo preferida, una medición de atributo de textura del producto alimenticio puede compensarse por fluctuaciones de temperatura del producto alimenticio.

El haz de láser del generador láser también puede dirigirse a través del cable de fibra óptica al lecho de producto, con cualquier número de ópticas de enfoque y expansión acopladas con el cable de fibra óptica entre el láser y el producto. El cable de fibra óptica no necesita ser paralelo a la trayectoria del haz, aparte del extremo en el que el haz de láser entra en los cables de fibra óptica.

Herramienta de excitación de energía a modo de ejemplo y dispositivo acústico de captura a modo de ejemplo (0600)

Tal como se ilustra generalmente en la figura 6, se muestra una excitación de energía antes y después de una herramienta de excitación de energía. La herramienta de excitación de energía (0601) está colocada para dirigir energía (“onda electromagnética”) hacia un aperitivo (0602). Debe indicarse que el ángulo de direccionamiento tal como se muestra es sólo con fines de ilustración. El ángulo de direccionamiento de la energía puede configurarse para producir una excitación óptima del aperitivo de modo que un dispositivo acústico de captura (0603) puede capturar una señal acústica completa después de que la herramienta de excitación dirija energía hacia el aperitivo. La señal acústica puede entonces capturarse durante un periodo de tiempo. La señal acústica puede representarse como intensidad (dB) frente a tiempo (s o micros). Según una realización a modo de ejemplo preferida, la señal acústica se captura durante de 1 s a 3 minutos. Según una otra realización a modo de ejemplo preferida, la señal acústica a partir

del aperitivo se captura durante 10 s. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la señal acústica a partir del aperitivo se captura durante 1 s. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la señal acústica a partir del aperitivo se captura durante 10 segundos.

5 Según una realización a modo de ejemplo preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante de 1 s a 3 minutos. Según aún otra realización a modo de ejemplo preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante 1 microsegundo. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante 1 minuto. Según la realización a modo de ejemplo más preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante 10 segundos.

10 Según una realización a modo de ejemplo preferida, la fluencia (energía por unidad de área) del área en el lecho de producto es de entre 15 mJ/mm<sup>2</sup> y 700 mJ/mm<sup>2</sup>. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la fluencia en el lecho de producto es de entre 62,5 mJ/mm<sup>2</sup> y 594,5 mJ/mm<sup>2</sup>. Según aún otra realización a modo de ejemplo preferida, la fluencia en el lecho del producto es de entre 300 mJ/mm<sup>2</sup> y 350 mJ/mm<sup>2</sup>. Según la realización a modo de ejemplo más preferida, la fluencia en el lecho del producto es de 311 mJ/mm<sup>2</sup>. La fluencia podría variar cambiando la energía del láser o el tamaño del punto (área) del láser.

20 Para lograr la densidad de energía más óptima, el diámetro del haz de láser puede personalizarse a partir del generador láser. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el diámetro del haz de láser oscila entre 100 micrómetros y 400 micrómetros. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el diámetro del haz de láser oscila entre 250 micrómetros y 350 micrómetros. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el diámetro del haz de láser es de 300 micrómetros. El diámetro del haz de láser puede ajustarse para asegurar que la densidad de energía de excitación máxima se logra dentro de una ventana de 10 cm (4 pulgadas) (+/- 5 cm (2 pulgadas) desde el punto central). El punto de impacto del haz de láser en el lecho de producto debería estar idealmente en el punto focal del haz (que es el punto de mayor densidad de energía), o dentro de +/- 5 cm (2 pulgadas) del punto focal según una realización a modo de ejemplo preferida. El aparato puede usar espejos y lentes de enfoque con un recubrimiento antirreflejante (AR) para longitudes de onda de 1064 nm. Un ejemplo de la disposición del haz y el espejo de enfoque puede ser un haz que se origina en el generador láser, impacta en un espejo giratorio situado a 702 mm de distancia, y se refleja 400 mm hacia abajo para pasar a través de una óptica de enfoque, que también está recubierta con antirreflejante para longitudes de onda de 1064 nm. El haz puede entonces pasar a través de una ventana final que está diseñada para sellar la óptica lejos del entorno externo y evitar que se forme cualquier acumulación de aceite/residuo en la óptica. Según una realización a modo de ejemplo preferida, se logra un tamaño de punto preferido a 200 mm - 600 mm de distancia de la óptica de enfoque. Según la realización a modo de ejemplo más preferida, se logra un tamaño de punto preferido a 300 mm - 500 mm de distancia de la óptica de enfoque. Según la realización a modo de ejemplo más preferida, se logra un tamaño de punto preferido a 400 mm de la óptica de enfoque.

35 El dispositivo acústico de captura tal como un micrófono puede apuntarse direccionalmente al punto del impacto del haz en el lecho del producto y colocarse de manera que no esté a más de 2 pies de distancia. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura está colocado a entre 2,5 cm y 61 cm (1 pulgada y 2 pies) desde el punto de impacto del haz en el producto alimenticio. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura está colocado a entre 2,5 cm y 30,5 cm (1 pulgada y 1 pie) desde el punto de impacto del haz en el producto alimenticio. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura está colocado a entre 30,5 cm y 61 cm (1 pulgada y 2 pies) de distancia desde el punto de impacto del haz en el producto alimenticio.

40 Según otra realización a modo de ejemplo preferida, el alojamiento puede tener forma cilíndrica. Según aún otra realización a modo de ejemplo preferida, el alojamiento puede tener forma de plato parabólico. Tal como se ilustra generalmente en la figura 6a (0610), un generador de haz de láser (0618) alojado dentro de un cerramiento de energía (0615) genera un haz de láser (0619). El haz de láser puede reflejarse desde un espejo (0611) y después de eso impactar en un producto alimenticio (0614) que puede hacerse pasar sobre una superficie móvil tal como una cinta transportadora (0617). Cuando el haz de láser impacta en el producto alimenticio, puede generarse una señal acústica. Un dispositivo acústico de captura (0612) tal como un micrófono puede estar colocado dentro de un alojamiento (0616) para capturar una señal óptica (0613) con máxima densidad de energía. El dispositivo acústico de captura (0612) tal como un micrófono puede estar centrado en un plato parabólico, que dirigiría las señales acústicas al micrófono. Un sensor de temperatura puede estar colocado dentro del alojamiento (0616) para medir la temperatura del producto alimenticio. Según una realización a modo de ejemplo preferida, una medición de atributo de textura del producto alimenticio puede compensarse por fluctuaciones de temperatura del producto alimenticio.

60 Unidad de procesamiento de datos a modo de ejemplo (0700)

Tal como se ilustra generalmente en la figura 7 (0700), una unidad de procesamiento de datos (DPU) (0701) comprende una unidad de control, una unidad de visualización, una unidad de procesamiento y un módulo de entrada-salida. La unidad de control puede comprender además un microcontrolador (0707), un controlador lógico (0706), y un controlador de red (0705). La unidad de visualización puede estar conectada a la unidad de control a través de un bus host. La unidad de visualización puede comprender además un terminal de visualización (0708) que está

configurado para visualizar una interfaz gráfica de usuario (GUI) (0709). Puede navegarse a través de la GUI (0709) con un dispositivo señalador o a través de un teclado conectado a la DPU. La GUI (0709) puede usarse para introducir parámetros tales como frecuencias específicas de aperitivo, tiempo de captura acústica, intervalo de frecuencia de captura acústica

La unidad de procesamiento puede incluir una unidad de procesamiento de señales digitales (0703) y una unidad de procesamiento estadístico (0704). La unidad de procesamiento de señales digitales (0703) puede recibir entradas desde un módulo de entrada-salida (0702). La unidad de procesamiento estadístico (0704) puede recibir entradas desde la unidad de procesamiento digital (0703) y procesar adicionalmente la entrada para encontrar frecuencias relevantes para generar un modelo acústico cuantitativo para un aperitivo. Cuando un dispositivo acústico de captura captura una señal acústica, la señal puede reenviarse a la DPU (0701) a través del módulo de entrada-salida (0702). El módulo de entrada-salida (0702) puede comprender además un hardware personalizado tal como un convertidor analógico-digital (ADC) para capturar y procesar una señal acústica capturada. La señal acústica puede reenviarse a la DPU usando una conexión por cable o inalámbrica. El protocolo de conexión y los cables conductores de conexión pueden elegirse de manera que haya una pérdida mínima de señal y la relación señal/ruido sea aceptable para su procesamiento adicional. Un bus de propósito general puede llevar datos a y desde diferentes módulos de la DPU (0701). Debe indicarse que el funcionamiento del bus está fuera del alcance de esta invención.

El microcontrolador (0707) puede realizar instrucciones de una memoria o una ROM (0710). El conjunto de instrucciones del microcontrolador puede implementarse para procesar los datos de la señal acústica. Un conjunto de instrucciones personalizadas también puede ser usado por el microcontrolador para priorizar y acelerar el procesamiento de la señal acústica en tiempo real durante una operación de fabricación. La personalización del conjunto de instrucciones está más allá del alcance de esta invención. El controlador lógico puede realizar operaciones tales como secuenciación, priorización y automatización de tareas. El controlador lógico también puede supervisar el protocolo de establecimiento de comunicación para la interfaz de bus. Según una realización a modo de ejemplo, el controlador lógico controla la lógica para identificar frecuencias relevantes en una señal acústica. El controlador lógico puede comprender un módulo de emparejamiento que contiene frecuencias predefinidas para una pluralidad de aperitivos. El controlador lógico puede emparejar posteriormente las frecuencias capturadas en la señal acústica y determinar rápidamente la textura del aperitivo y la calidad de la textura. Por ejemplo, el módulo de emparejamiento puede incluir frecuencias específicas tales como 14000 Hz y 75000 Hz. Cuando una señal acústica registrada comprende las frecuencias 14000 Hz o 75000 Hz, entonces el controlador lógico puede determinar un emparejamiento y alertar al microcontrolador con una señal de interrupción. El microcontrolador puede visualizar entonces la información de textura en la pantalla (0708) a través de la GUI (0709). El controlador lógico puede monitorizar adicionalmente de manera continua el estado de los dispositivos de entrada y tomar decisiones basándose en un programa personalizado para controlar el estado de los dispositivos de salida.

Módulo de procesamiento de señales digitales a modo de ejemplo (0800)

Similar a la unidad de procesamiento de señales digitales (0703) mostrada en la figura 7 (0700), una unidad de procesamiento de señales digitales (DSP) (0800) se ilustra generalmente en la figura 8 (0800). La DSP (0800) puede comprender además un módulo de alisado (0801), un módulo de transformación de datos (0802), un módulo de mejora de señal/ruido (0803) y un módulo de normalización (0804).

Según una realización a modo de ejemplo, el módulo de alisado acústico (0801) recibe la entrada desde un módulo de entrada en una unidad de procesamiento de datos y alisa la señal acústica sin procesar recibida. Las señales acústicas son inherentemente ruidosas y los datos son discretos. Las señales acústicas pueden representarse como intensidad (dB) frente a tiempo (s o microsegundos). Los datos se hacen continuos aplicando una función de partición de ventanas a los datos discretos. Las funciones de partición de ventanas que pueden aplicarse a los datos discretos pueden incluir funciones de partición de ventanas de Barlett, Blackmon, FlatTop, Hanning, Hamming, Kaiser-Bessel, Turkey y Welch. Puede elegirse una ventana de alisado con buena resolución de frecuencia y baja fuga espectral para un tipo de señal aleatorio para alisar los datos. Debe indicarse que cualquier función de partición de ventanas habitualmente conocida puede aplicarse a una señal acústica sin procesar para alisar e interpolar los datos acústicos sin procesar.

La señal acústica alisada del módulo de alisado (0801) puede reenviarse a un módulo de transformación de datos (0802). El módulo de transformación de datos (0802) puede transformar la señal acústica representada en el dominio de tiempo como intensidad (dB) frente a tiempo (s) en el dominio de frecuencia como intensidad (dB) frente a frecuencia (Hz) tal como se muestra generalmente en la figura 18 (1800). Según una realización a modo de ejemplo preferida, la transformación de la señal acústica de una representación en el dominio de tiempo a una representación en el dominio de frecuencia proporciona la correlación precisa de los atributos de textura a las frecuencias pertinentes de un aperitivo. La combinación de múltiples ondas acústicas produce un patrón complejo en el dominio de tiempo, pero la señal transformada usando FFT muestra claramente que consiste casi en su totalidad en frecuencias distintas. Según la realización a modo de ejemplo más preferida, puede usarse una técnica de transformación de Fourier rápida (FFT) para transformar la señal acústica de una representación en el dominio de tiempo a una representación en el dominio de frecuencia. Un ejemplo de la transformación puede observarse generalmente en la figura 18 (1800).

- La señal de frecuencia transformada del módulo de transformación puede ser ruidosa. Un módulo de mejora de señal/ruido (**0803**) puede recibir la señal transformada del módulo de transformación de datos (**0802**) y mejorar la relación señal/ruido de la señal para su procesamiento adicional. Puede usarse una técnica para alisar los datos para aumentar la relación señal/ruido sin distorsionar en gran medida la señal. También puede usarse un procedimiento tal como la convolución para aumentar la relación señal/ruido. El procedimiento de convolución puede ajustar subconjuntos sucesivos de puntos de datos adyacentes con un polinomio de grado bajo mediante el método de mínimos cuadrados lineales. El módulo de normalización (**0804**) puede recibir la señal de dominio de frecuencia de señal/ruido mejorada a partir del módulo de mejora de señal/ruido (**0803**).
- La DSP (**0800**) también puede identificar frecuencias pertinentes e intensidades asociadas de la señal de dominio de frecuencia de señal/ruido mejorada y almacenar la información en una base de datos. Una unidad de cálculo de atributo de textura (**0712**) en la DPU (**0701**) puede recuperar además la información almacenada de frecuencia e intensidad para calcular un atributo de textura de un aperitivo. Después de que se haya desarrollado un modelo fotoacústico, la unidad de cálculo de atributo de textura (**0712**) puede almacenar coeficientes para diferentes aperitivos. La unidad de cálculo de atributo de textura (**0712**) puede recuperar entonces los coeficientes almacenados y la información de la frecuencia e intensidad almacenada para calcular una medición de atributo de textura o para identificar un aperitivo.
- Unidad de procesamiento estadístico a modo de ejemplo (0900)
- Similar a la unidad de procesamiento estadístico (**0704**) mostrada en la figura 7 (**0700**), una unidad de procesamiento estadístico (SPU) (**0900**) se ilustra generalmente en la figura 9. La SPU (**0900**) puede comprender además un módulo de regresión de dimensionalidad (**0901**), un módulo de factor de inflación de varianza (**0902**), un módulo de análisis de componentes principales (**0903**), y un módulo de regresión de subconjuntos (**0904**).
- La señal alisada, transformada y normalizada de la unidad de procesamiento de señales digitales (**0703**) se reenvía a la SPU (**0704**) para desarrollar un modelo de atributo de textura con buena correlación. La alta dimensionalidad de los datos espectrales requiere filtrado estadístico para construir modelos significativos. Por ejemplo, la señal acústicamente alisada puede muestrearse en 512 frecuencias separadas linealmente, y cada valor puede promediarse a través de réplicas y usarse para crear un modelo estadístico. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el módulo de regresión de dimensionalidad reduce las frecuencias totales de los datos espectrales a un número razonablemente aceptable para el desarrollo del modelo con alta correlación. Según otra realización a modo de ejemplo preferida, la reducción de dimensionalidad de las frecuencias para la selección de variables se realiza usando el ejemplo anterior  $n$ , las frecuencias totales pueden reducirse de 512 a 18.
- Los datos del módulo de regresión de dimensionalidad (**0901**) pueden procesarse con un módulo de factores de inflación de varianza (VIF) (**0902**). El módulo de VIF mide cuánto se somete a inflación la varianza de los coeficientes de regresión estimados en comparación con cuando las variables independientes de la regresión no están relacionadas linealmente. El VIF se usa para describir cuánta multicolinealidad (correlación entre variables independientes de regresión) existe en un análisis de regresión. Como se sabe, la multicolinealidad es problemática porque puede aumentar la varianza de los coeficientes de regresión, lo que los hace inestables y difíciles de interpretar. La raíz cuadrada del factor de inflación de varianza indica cuánto mayor es el error estándar, en comparación con lo que sería si esa variable no se corrigió con las otras variables independientes de regresión en el modelo. Para el ejemplo, si el factor de inflación de varianza de una variable independiente de regresión fue 5,27 ( $\sqrt{5,27} = 2,3$ ) esto significa que el error estándar para el coeficiente de esa variable independiente de regresión es 2,3 veces tan grande como sería si esa variable independiente de regresión no se correlacionara con las otras variables independientes de regresión.
- Los datos del módulo de factores de inflación de varianza (VIF) (**0902**) pueden procesarse adicionalmente con un módulo de análisis de componentes principales (**0903**). El análisis de componentes principales (PCA) es una técnica usada para enfatizar la variación y llevar a cabo patrones fuertes en un conjunto de datos. A menudo se usa para facilitar la exploración y visualización de datos. Tal como se define en la técnica, el análisis de componentes principales (PCA) es un procedimiento estadístico que usa una transformación ortogonal para convertir un conjunto de observaciones de variables posiblemente correlacionadas en un conjunto de valores de variables linealmente no correlacionadas denominadas componentes principales. El número de componentes principales es menor o igual que el número de variables originales. Esta transformación se define de tal manera que el primer componente principal tiene la varianza posible más grande (es decir, representa tanto la variabilidad de los datos como sea posible), y cada componente sucesivo tiene a su vez la mayor varianza posible bajo la restricción de que sea ortogonal (es decir, no correlacionada) con respecto a los componentes anteriores. Según una realización a modo de ejemplo preferida, se usa un análisis de componentes principales para determinar la mayoría de frecuencias relevantes en la señal acústica para desarrollar un modelo acústico cuantitativo de textura. Debe indicarse que cualquier otra técnica de análisis conocida en la técnica puede usarse para identificar componentes principales tales como las frecuencias relevantes.
- Los datos del módulo de PCA (**0903**) son objeto de una nueva regresión con un mejor módulo de regresión de subconjuntos (**0904**) que se usa para determinar cuál de estas frecuencias más relevantes es mejor para la construcción de un modelo de atributo de textura con buena correlación. Un valor de  $R^2$  mayor de 0,9 puede considerarse una buena correlación entre el valor de medida del modelo y el número del panel de expertos descriptivo.

Método de medición de atributo de textura a modo de ejemplo (1000)

5 Tal como se muestra generalmente en la figura 10, un método de medición de textura a modo de ejemplo puede describirse generalmente en términos de las siguientes etapas:

10 (1) impactar en una superficie de un producto alimenticio con un láser mientras el producto alimenticio está moviéndose sobre una línea de producción, generando de ese modo una señal acústica desde la superficie del producto alimenticio (1001);

(2) capturar la señal acústica con un dispositivo acústico de captura (1002);

(3) enviar la señal acústica a una unidad de procesamiento de datos acoplada al dispositivo acústico de captura (1003);

15 (4) convertir la señal acústica de un dominio de tiempo a un dominio de frecuencia (1004);

la señal acústica se captura durante un periodo de tiempo y la señal se representa gráficamente como intensidad (dB) frente a tiempo (segundos)

20 (5) identificar frecuencias relevantes y sus intensidades asociadas (1005); y

(6) cuantificar el atributo de textura del producto alimenticio basándose en dichas frecuencias relevantes y dichas intensidades asociadas (1006).

25 Este resumen general del método puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

30 **Método de correlación de atributo de textura a modo de ejemplo (1100)**

Tal como se muestra generalmente en la figura 11, un método de correlación de textura a modo de ejemplo puede describirse generalmente en términos de las siguientes etapas:

35 (1) enviar muestras de aperitivos a un panel de expertos (1101);

El envío de las muestras de aperitivos puede tomar tiempo y el aperitivo puede experimentar un cambio de textura durante el proceso de envío. El número de veces que se envían muestras a un panel de expertos se reduce sustancialmente debido a un modelo de alta correlación desarrollado según una realización a modo de ejemplo preferida.

40 (2) Analizar cualitativamente las muestras de aperitivos (1102);

medir cuantitativamente los atributos de textura por un panel de expertos para asignar las puntuaciones del panel de sabor.

45 (3) Asignar un número del panel descriptivo para los atributos de textura de la muestra de aperitivo (1103);

(4) medir los atributos de textura usando un método analítico acústico no invasivo (1104);

50 (5) correlacionar los atributos de textura analíticos y cualitativos (1105); y

(6) generar un modelo de correlación para los atributos de textura (1106). El  $R^2$  ajustado de la correlación debe ser mayor de 0,9.

55 Este resumen general del método puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

60 **Método de desarrollo del modelo de atributo de textura a modo de ejemplo (1200)**

Tal como se muestra generalmente en la figura 12, un método de desarrollo del modelo de atributo de textura a modo de ejemplo puede describirse generalmente en términos de las siguientes etapas:

65 (1) recibir una señal acústica sin procesar (1201);

(2) filtrar, alisar y transformar la señal acústica sin procesar (1202);

La señal puede ajustarse para ruido de fondo. Por ejemplo, puede usarse una celda vacía para capturar frecuencias de fondo que pueden compensarse mediante adición o eliminación en la señal acústica capturada. El ruido de fondo puede compensarse por frecuencias por debajo de 20 kHz y puede no compensarse por frecuencias por encima de 20 kHz.

(3) Regresar e identificar frecuencias relevantes (1203);

(4) generar un modelo para los atributos de textura (1204).

Este resumen general del método puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

Debe indicarse que el método usado para generar el modelo de atributo de textura mencionado anteriormente puede usarse para generar modelos para otras propiedades de alimentos, tales como una humedad, contenido de sólidos, contenido de aceite, grosor de rodaja, densidad, densidad de ampollas y condimentos tópicos. Cualquier partícula en los condimentos con un tamaño de partícula de 100 micrómetros a 500 micrómetros puede medirse con un modelo usando el método fotoacústico no destructivo. Puede calcularse una concentración en peso de los condimentos a partir del tamaño de partícula. Por ejemplo, una concentración de un condimento tal como cloruro de sodio puede medirse con un modelo desarrollado con el método fotoacústico tal como se mencionó anteriormente en la figura 12. Las frecuencias relevantes y las intensidades asociadas y los coeficientes del modelo desarrollado pueden cambiar dependiendo de la propiedad del alimento que se mide con el método fotoacústico.

**Método acústico de generación de señales fotoacústicas a modo de ejemplo (1300)**

Tal como se muestra generalmente en la figura 13, un método de generación de señales fotoacústicas a modo de ejemplo puede describirse generalmente en términos de las siguientes etapas:

(1) crear una pequeña región de material altamente calentado en un aperitivo (1301);

(2) expandir el material rápidamente (1302);

(3) crear ondas de presión a partir del material (1303);

(4) propagar las ondas de presión a través del aire como sonido (1304).

Este resumen general del método puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

El modelo acústico puede desarrollarse usando el método descrito en la figura 9 (0900). El modelo puede programarse en la herramienta (1306) para medir uno o más atributos de textura tales como dureza, fracturabilidad y densidad. A continuación puede describirse un modelo acústico para el atributo de textura dureza:

$$\text{Dureza} = f(X_{1-n}, I_{1-n})$$

$$\text{Dureza} = I_1C_1 + I_2C_2 + I_3C_3 + \dots + I_nC_n \text{ -----(1)}$$

Donde,  $I_n$  es una intensidad asociada con una frecuencia  $X_n$

$C_n$  es un coeficiente asociado con la frecuencia  $X_n$

Los coeficientes ( $C_1$ - $C_n$ ) se determinan usando el método de excitación de energía descrito en la figura 9 (0900). Una unidad de procesamiento de señales en la herramienta de medición de textura (1306) identifica las frecuencias relevantes ( $X_n$ ) y las intensidades asociadas ( $I_n$ ). La herramienta (1306) puede calcular un atributo de textura tal como la dureza a partir del modelo 1 anterior sustituyendo los valores de los coeficientes ( $C_1$ - $C_n$ ) de una tabla almacenada para el aperitivo y las intensidades ( $I_n$ ) a partir de la señal acústica procesada. De manera similar, otro atributo de textura, tal como la fracturabilidad y la densidad, pueden calcularse a partir de sus respectivos modelos que comprenden los coeficientes respectivos. Debe indicarse que, aunque el modelo (1) representado anteriormente muestra una relación lineal entre el atributo de textura y las intensidades, también puede representarse un modelo cuadrático o polinómico para calcular los atributos de textura. La dureza también puede compensarse por cambios en la temperatura del aperitivo y la distancia del aperitivo desde del punto focal del haz de láser.

Pueden desarrollarse modelos acústicos similares para modelos para otras propiedades de alimentos, tales como humedad, contenido de sólidos, contenido de aceite, grosor de rodaja, densidad, densidad de ampollas y condimentos

tópicos. Las frecuencias relevantes y las intensidades asociadas y los coeficientes del modelo desarrollado pueden cambiar dependiendo de la propiedad del alimento. A continuación puede describirse un modelo genérico que puede representar una propiedad de alimentos de un aperitivo o un líquido:

5 Propiedad de alimentos =  $f(Z_{1-n}, P_{1-n})$

Propiedad de alimentos =  $P_1D_1 + P_2D_2 + P_3D_3 + \dots + P_nD_n$  -----(2)

Donde,  $I_n$  es una intensidad asociada con una frecuencia  $X_n$

10  $C_n$  es un coeficiente asociado con la frecuencia  $X_n$

Los coeficientes ( $D_1$ - $D_n$ ) se determinan usando el método de excitación de energía descrito en la figura 9 (0900). Una unidad de procesamiento de señales en la herramienta de medición de textura (1306) identifica las frecuencias relevantes ( $Z_n$ ) y las intensidades asociadas ( $P_n$ ). Además del atributo de textura, la herramienta (1306) puede calcular una propiedad de alimentos a partir del modelo (2) anterior sustituyendo los valores de los coeficientes ( $D_1$ - $D_n$ ) de una tabla almacenada para el aperitivo y las intensidades ( $P_n$ ) a partir de la señal acústica procesada. Las propiedades de alimentos pueden incluir contenido de sólidos, humedad, densidad, contenido de aceite, grosor de rodaja, tamaño de partícula de condimentos y elementos tales como sodio, calcio, cobre, zinc, magnesio y potasio. Para líquidos, la propiedad de alimentos puede incluir viscosidad, densidad, sensación en la boca, astringencia, recubrimiento bucal, dulzor, una propiedad sensorial y de reología.

Debe indicarse que, aunque el modelo (1) representado anteriormente muestra una relación lineal entre el atributo de textura y las intensidades, también puede representarse un modelo cuadrático o polinómico para calcular los atributos de textura. La propiedad de alimentos también puede compensarse por cambios en la temperatura del aperitivo y la distancia del aperitivo desde del punto focal del haz de láser. Puede usarse una tabla 1.0 para medir las propiedades de alimentos de los aperitivos o líquidos tal como se muestra a continuación a partir de una señal acústica capturada y procesada. Los valores mostrados a continuación en la tabla 1.0 son sólo con fines de ilustración y no deben interpretarse como una limitación.

Tabla 1.0

Propiedad de alimentos	Relevante Frecuencias ( $Z_n$ )	Intensidades ( $P_n$ )	Coeficientes ( $D_n$ )	Valor	Límites
Textura	14000 Hz	68	3,5	7	de 4 a 10
Atributo	15000 Hz	71	2,3		
Viscosidad	16000 Hz	75	1,1	17	de 12 a 25
	33.000 Hz	77	9,0		
Densidad	88000 Hz	83	8,2	1,3	de 1 a 12
Contenido de aceite	16000 Hz	59	2,5	36 %	del 20 % al 46 %
	49.000 Hz	70	2,9		
Sensación en la boca	76000 Hz	64	4,3	0,055	del 0,035 al 0,075
Astringencia	64000 Hz	74	8,8	0,5 %	del 0,1 % al 15 %
Dulzor	97000 Hz	82	3,7	0,12	de 0,01 a 1,0

En un procedimiento de fabricación, a medida que los aperitivos en una cinta transportadora pasan desde una unidad de procesamiento hasta una estación de condimentación, la herramienta de excitación en una herramienta de medición colocada en línea puede impactar en el aperitivo repetidamente durante un periodo de tiempo establecido. Según una realización a modo de ejemplo preferida, la herramienta de excitación puede impactar continuamente en el aperitivo durante un periodo de 1 microsegundo. Según aún otra realización a modo de ejemplo más preferida, la herramienta de excitación puede impactar continuamente en el aperitivo durante un periodo de 1 segundo. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la herramienta de excitación puede impactar continuamente en el aperitivo durante un periodo de 1 microsegundo a 10 segundos. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la herramienta de excitación puede impactar continuamente en el aperitivo durante un periodo de 13 segundos. La herramienta de excitación puede impactar en un aperitivo particular en la cinta transportadora repetidamente de modo que se generan múltiples señales acústicas para toda la superficie del aperitivo. Se sabe que el atributo de textura puede no ser uniforme en toda la superficie. La energía de excitación puede impactar en el aperitivo a través de toda el área del aperitivo de modo que pueda detectarse cualquier imperfección, tal como ampollas, después de que se haya procesado la señal. Según una realización a modo de ejemplo preferida, las mediciones repetibles durante un periodo de tiempo permiten que la herramienta de medición identifique variaciones sutiles en toda la superficie de un aperitivo.

La señal puede capturarse/registrarse mediante un dispositivo acústico de captura en la herramienta de medición de textura.

5 El dispositivo acústico de captura puede capturar la señal acústica en una amplia gama de frecuencias. Adicionalmente, el dispositivo acústico de captura puede colocarse en un ángulo directamente por encima del aperitivo. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura captura señales acústicas de manera unidireccional. Según otra realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura captura señales acústicas de manera omnidireccional. El dispositivo acústico de captura puede reenviar la señal acústica  
10 capturada a un dispositivo de procesamiento físicamente a través de un cable. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura es un micrófono inalámbrico que contiene un transmisor de radio. En una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura es un micrófono dinámico. En otra realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura es un micrófono de fibra óptica. Un micrófono de fibra óptica convierte las ondas acústicas en señales eléctricas detectando cambios en la intensidad de la luz, en lugar de detectar cambios en los campos de capacitancia o magnéticos como con micrófonos  
15 convencionales. El dispositivo acústico de captura puede usar inducción electromagnética (micrófonos dinámicos), cambio de capacitancia (micrófonos de condensador) o piezoelectricidad (micrófonos piezoeléctricos) para producir una señal eléctrica de variaciones de presión de aire. Los micrófonos pueden estar conectados a un preamplificador antes de que la señal pueda amplificarse con un amplificador de potencia de audio o registrarse. Los micrófonos pueden calibrarse regularmente debido a la sensibilidad de la medición. En otra realización a modo de ejemplo  
20 preferida, el dispositivo acústico de captura tiene una interfaz digital que emite directamente una corriente de audio digital a través de un conector XLR o XLD macho. La transmisión de audio digital puede procesarse adicionalmente sin una pérdida significativa de señal. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura puede ser un hidrófono. El hidrófono puede estar en comunicación con una unidad de procesamiento de datos. El hidrófono puede usarse en entornos de fluido.

25 **Método de procesamiento de señales acústicas a modo de ejemplo (1400)**

Tal como se muestra generalmente en la figura 14, un método de procesamiento de señales fotoacústicas a modo de ejemplo puede describirse generalmente en términos de las siguientes etapas:

- 30 (1) recibir una señal acústica sin procesar (1401);
- (2) alisar la señal acústica sin procesar con una función de partición de ventanas para crear una señal acústica alisada (1402);
- 35 (3) transformar la señal acústica alisada en una señal de dominio de frecuencia (1403);
- (4) aumentar la señal/ruido de la señal de dominio de frecuencia (1404); y
- 40 (5) normalizar y categorizar la señal de dominio de frecuencia (1405).

Este resumen general del método puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

45 **Método de procesamiento estadístico acústico a modo de ejemplo (1500)**

Tal como se muestra generalmente en la figura 15, un método de procesamiento estadístico a modo de ejemplo puede describirse generalmente en términos de las siguientes etapas:

- 50 (1) recibir una señal acústica de dominio de frecuencia (1501);
- (2) seleccionar variables basándose en la reducción de dimensionalidad de las frecuencias en la señal acústica de dominio de frecuencia (1502);
- 55 (3) filtrar las variables seleccionadas con análisis de componentes principales (1503);
- (4) realizar la regresión de subconjuntos de las variables filtradas (1504); y
- 60 (5) generar un modelo de atributos de textura con las variables filtradas (1505).

Las variables filtradas pueden ser las frecuencias relevantes en la señal acústica que muestran una fuerte correlación. ( $R^2$  ajustado  $>0,9$ )

Este resumen general del método puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

#### 5 **Método de identificación de aperitivos a modo de ejemplo (1600)**

Tal como se muestra generalmente en la figura 16, un método de identificación de aperitivos a modo de ejemplo puede describirse generalmente en términos de las siguientes etapas:

- 10 (1) impactar en un aperitivo con energía procedente de una herramienta de excitación de energía (1601);
- (2) generar una señal acústica a partir del aperitivo (1602);
- 15 (3) capturar la señal acústica con un dispositivo acústico de captura (1603);
- (4) reenviar la señal acústica a una unidad de emparejamiento de datos (1604);
- (5) medir un número de propiedad de alimentos del aperitivo con un modelo fotoacústico (1605);
- 20 (6) comparar el número de propiedad de alimentos con una entrada en una tabla de emparejamiento (1606);
- (7) si existe un emparejamiento en la etapa (1606), identificar el aperitivo (1607); y
- 25 (8) si no existe un emparejamiento en la etapa (1606), añadir el aperitivo a la base de datos para su uso posterior (1608).

Este resumen general del método puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

30

#### **Tabla de emparejamiento de propiedades de alimentos a modo de ejemplo (1700)**

- Tal como se ilustra generalmente en la figura 17, se muestra una tabla de emparejamiento de propiedades de alimentos a modo de ejemplo (1700). La tabla puede incluir un aperitivo en una columna (1701) y una propiedad de alimentos asociada (1702) en otra columna. Las entradas (1711, 1712) pueden incluir datos para el aperitivo y la propiedad de alimentos respectivamente y las entradas pueden usarse con fines de emparejamiento. Por ejemplo, la columna de aperitivo (1701) puede comprender diversos sólidos y su textura asociada en la columna (1702). Cada una de las entradas de la tabla (1700) puede rellenarse después de que se haya desarrollado un modelo fotoacústico para el aperitivo mediante los métodos mencionados anteriormente descritos en la figura 12 (1200). Por ejemplo, una entrada (1711), puede ser una patata frita A. Puede determinarse un intervalo para la textura u otras propiedades de alimentos con el modelo fotoacústico para la patata frita A y se introduce como una entrada en la tabla (1700). De manera similar, las propiedades de los alimentos para otros productos alimenticios se miden con el modelo fotoacústico y se introducen en la tabla. El modelo fotoacústico puede correlacionarse o no con un número de panel de expertos. El número de propiedades de alimentos puede ser un único atributo de textura, una combinación de atributos de textura o un número compuesto que comprende una combinación de otras propiedades de alimentos tales como humedad, contenido de aceite, grosor de rodaja, fragilidad, contenido de sólidos y así sucesivamente, un aperitivo se mide con un método fotoacústico de medición de un número de propiedad de alimentos. El número de propiedad de alimentos puede obtenerse a partir de una muestra única o de un promedio de múltiples muestras. El número medido de propiedades de alimentos puede buscarse en la columna (1702) en la tabla de emparejamiento (1700) y se determina un aperitivo correspondiente en la columna (1701). De ese modo, se identifica un aperitivo basándose en la medición fotoacústica. Según una realización a modo de ejemplo, los aperitivos con diferencias sutiles en la propiedad de alimentos pueden diferenciarse con la técnica de identificación de alimentos. Por ejemplo, diversas patatas fritas tales como horneadas, fritas y/o texturizadas pueden diferenciarse midiendo cada una de ellas y buscando la patata frita correspondiente en la tabla de emparejamiento (1700) a partir de los números medidos de propiedad de alimentos. Los alimentos pueden separarse en categorías con el procedimiento fotoacústico de medición y emparejamiento tal como se mencionó anteriormente en la figura 16 (1600).

#### **Conversión de dominio de tiempo a dominio de frecuencia de señales acústicas a modo de ejemplo (1800)**

- 60 Tal como se ilustra generalmente en la figura 18, una señal acústica a modo de ejemplo capturada en el dominio de tiempo (transitoria) (1810) se convierte en un dominio de frecuencia (1820) con transformación de Fourier. Cuando una onda electromagnética tal como un láser impacta en un aperitivo, se captura una señal acústica en el dominio del tiempo y se registra y se representa gráficamente como intensidad (dB) frente a tiempo (s). La señal acústica registrada puede transformarse en una señal de dominio de frecuencia tal como se ilustra en la figura 18 (1820). La señal acústica transformada puede procesarse adicionalmente para identificar frecuencias relevantes basándose en un análisis de

65

regresión estadística. Puede desarrollarse un modelo acústico para medir cuantitativamente un atributo de textura con las frecuencias relevantes identificadas y sus intensidades asociadas como variables.

#### **Gráfico de atributo de textura frente a frecuencias relevantes a modo de ejemplo (1900-2100)**

5 Tal como se ilustra generalmente en la figura 19 y la figura 20, un gráfico a modo de ejemplo de intensidad de atributo de textura frente a frecuencias relevantes puede usarse para calcular el atributo de textura de un aperitivo. Las frecuencias relevantes pueden identificarse mediante una regresión estadística para un atributo de textura particular y un aperitivo. Por ejemplo, las frecuencias (1901) pueden ser relevantes para la dureza y las frecuencias (2001) pueden ser relevantes para la fracturabilidad tal como se determina mediante un análisis estadístico descrito en la figura 9 (0900). Según una realización a modo de ejemplo preferida, las frecuencias relevantes y las intensidades correspondientes identificadas en una señal acústica transformada pueden sustituirse en un modelo acústico para medir cuantitativamente un atributo de textura tal como la dureza. Debe indicarse que las frecuencias indicadas en el eje x son "categorías" de frecuencia tal como se determina mediante un algoritmo, y no las frecuencias literales (es decir, 400 pueden no ser 400 Hz, sino más como 18.000 Hz).

Tal como se ilustra generalmente en la figura 21, un gráfico a modo de ejemplo de intensidad (dB) de atributo de textura (2101) frente a frecuencias relevantes (2102) para un aperitivo se trató con diversas condiciones de entrada. El gráfico (2114), (2115), (2116) son gráficos de frecuencia frente a intensidad para una patata frita con diferente contenido de sólidos, contenido de humedad y dureza de los ingredientes de entrada tales como patatas. Por ejemplo, un gráfico (2114) puede ser un gráfico de frecuencia frente a intensidad para un aperitivo que tenga un contenido de sólidos diferente en los ingredientes de entrada. De manera similar, un gráfico (2115) puede ser un gráfico de frecuencia frente a intensidad para un aperitivo que tenga un contenido de humedad diferente y una dureza diferente en los ingredientes de entrada respectivamente. Un gráfico (2106) puede representarse gráficamente para el ruido de fondo de modo que el gráfico resultante pueda compensarse para el ruido. Después de identificar las frecuencias relevantes para un aperitivo tal como una patata frita, puede capturarse una señal acústica para cada una de las condiciones de entrada y la señal acústica puede procesarse adicionalmente para determinar las intensidades asociadas con las frecuencias identificadas para la propiedad de alimentos del aperitivo. Por ejemplo, en la figura 21, una frecuencia identificada de 40000 Hz puede tener una intensidad de 75 dB (2103) para el gráfico (2113), una intensidad de 74 dB (2104) para el gráfico (2114) y una intensidad de 76 dB (2105) para el gráfico (2115). Las intensidades pueden sustituirse en un modelo de propiedad de alimentos generado por la ecuación (2) mencionada anteriormente y puede calcularse una propiedad de alimentos tal como un atributo de textura. Tal como se ilustra en la figura 21, las 3 condiciones de entrada diferentes de los ingredientes de los alimentos (contenido de sólidos, contenido de humedad y dureza) dieron como resultado 3 intensidades asociadas diferentes que dan como resultado además 3 atributos de textura diferentes. Por tanto, puede capturarse una señal acústica y procesarse para un producto alimenticio y puede calcularse un atributo de textura basándose en las frecuencias relevantes. Las condiciones de entrada pueden adaptarse para lograr un valor de atributo de textura deseable que esté dentro de un límite predefinido. El límite predefinido puede correlacionarse con un número del panel descriptivo cualitativo. De manera similar, las gráficas pueden generarse para diversas propiedades de alimentos mediante la captura de una señal acústica y su procesamiento. Las intensidades asociadas con las diversas propiedades de alimentos en sus frecuencias respectivas pueden determinarse y puede calcularse la propiedad de alimentos. Puede generarse un modelo para cada una de las propiedades de alimentos a través del procesamiento de señales y la regresión estadística tal como se mencionó anteriormente. Por tanto, puede usarse un método fotoacústico para identificar diferencias en un producto alimenticio basándose en cualquier propiedad de alimentos, tal como un atributo de textura, contenido de sólidos, humedad, contenido de aceite, densidad, densidad de ampollas y elementos tales como sodio, potasio, calcio y magnesio. Las diferencias en el producto alimenticio pueden ser tan pequeñas como el +-5 % del valor deseable. Por ejemplo, un valor de dureza deseable de 75 puede diferenciarse de un valor de dureza de 70 que puede ser no deseable para el producto alimenticio. El producto alimenticio con el valor no deseable (70) puede rechazarse y no procesarse o envasarse adicionalmente.

#### **Realización a modo de ejemplo de herramienta de medición de textura de líquidos (2200)**

La presente invención puede observarse con más detalle tal como se ilustra generalmente en la figura 22, en donde una herramienta de medición de textura de líquidos a modo de ejemplo (2200) comprende un alojamiento, una herramienta de excitación de energía (2201) tal como un generador láser que está unido al alojamiento y está colocado para dirigir una onda electromagnética ("energía") tal como un láser (2207) hacia un líquido (2209) colocado en un recipiente (2219) en una estación de puesta a disposición de alimentos (2205). El generador láser puede colocarse independientemente sin fijación al alojamiento. La interacción física y química de un líquido en la boca incluye etapas de percepción inicial en el paladar en el acto de deglución. Según una realización a modo de ejemplo, la percepción en el paladar y la sensación en la boca se modelizan cuantitativamente con un método fotoacústico tal como se describe en la figura 23 y un método de correlación como se describe en la figura 24. El líquido puede ser una bebida fría con gas, bebida fría sin gas, vino o líquidos calientes tales como café o sopa. Según una realización a modo de ejemplo preferida, el líquido es una bebida con gas. En algunos casos, las bebidas con gas pueden desgasificarse mediante sonicación en donde las botellas con las bebidas con gas pueden golpearse ligeramente en un baño de sonicación hasta que el gas se libera sustancialmente de la disolución. Este procedimiento puede repetirse hasta que se retire una cantidad suficiente de gas del fluido para permitir que las botellas se coloquen en el baño sin riesgo de

desbordamiento. Las bebidas pueden dejarse en el baño de sonicación durante un periodo de tiempo, por ejemplo, de entre 1 minuto y 5 horas. El ejemplo de la bebida puede ser una de Pepsi normal (jarabe de maíz con alto contenido en fructosa), Pepsi light, Mountain Dew con caña de azúcar, Pepsi con caña de azúcar, Gatorade o agua desionizada. Debe indicarse que la sonicación puede usarse para desacoplar el efecto de las burbujas en la bebida cuando se genera una señal acústica mediante excitación láser. En algunos casos, la bebida con gas puede no desgasificarse y puede generarse una señal acústica mediante excitación láser con las burbujas en la bebida con gas. El efecto de las burbujas en la bebida puede compensarse adicionalmente mediante modelos estadísticos. Después de la sonicación, los líquidos/bebidas pueden dejarse abiertos para equilibrar. Una porción del líquido sonicado, por ejemplo, 100 ml, puede estar contenido en un vaso de precipitados individual. En algunas realizaciones, la cantidad de líquido puede variar de 1 ml a 1 litro. Normalmente el vaso de precipitados tiene forma cilíndrica y está configurado para contener el líquido. Debe indicarse que la forma del vaso de precipitados podría seleccionarse de modo que el líquido contenido en el vaso de precipitados proporcione suficiente exposición de área de superficie a un haz de láser. Cada vaso de precipitados con el líquido individual puede colocarse en una cámara de láser o exponerse a un láser, donde un haz de láser normalmente con una energía de 24 mJ y un tamaño de punto de 300 micrómetros puede dirigirse a un único punto, dando como resultado una respuesta acústica. En algunas realizaciones, la energía del láser puede oscilar entre 1 mJ y 100 mJ. En realizaciones más preferidas, la energía del láser puede oscilar entre 10 mJ y 50 mJ. En realizaciones más preferidas, la energía del láser oscila entre 20 mJ y 30 mJ. El tamaño de punto del láser puede oscilar entre 1 micrómetro y 1000 micrómetros. En algunas realizaciones preferidas, el tamaño de punto de láser puede oscilar entre 10 micrómetros y 400 micrómetros. En algunas realizaciones más preferidas, el tamaño de punto de láser puede oscilar entre 100 micrómetros y 500 micrómetros. Cada líquido puede someterse a prueba individualmente, con al menos 2 réplicas completas para cada celda. Según otra realización a modo de ejemplo preferida, el líquido es una bebida sin gas. La estación de puesta a disposición de alimentos puede ser una superficie estacionaria. Según una realización a modo de ejemplo preferida, la herramienta de excitación de energía es una unidad de generación de láser que genera láseres. La estación de puesta a disposición (2205) puede ser una superficie plana que se usa para desarrollar un modelo acústico. En otras realizaciones, el líquido puede moverse en una tubería en un procedimiento de fabricación en línea. Según una realización a modo de ejemplo, un dispositivo acústico de captura (2203) puede colocarse para registrar/capturar una señal acústica (2206) del líquido (2209). El dispositivo acústico de captura (2203) puede estar en comunicación con una unidad de procesamiento de datos (DPU) (2204) a través de un cable (2202) o de manera inalámbrica. El dispositivo acústico de captura puede capturar la señal acústica en un amplio intervalo de frecuencias de 0 kHz a 5000 kHz. En una realización preferida, el dispositivo acústico de captura puede capturar la señal acústica en un intervalo de frecuencias de 0 kHz a 100 kHz. En otra realización preferida, el dispositivo acústico de captura puede capturar la señal acústica en un intervalo de frecuencias de 200 kHz a 400 kHz. El dispositivo acústico de captura puede ser un transductor de contacto que puede acoplarse al recipiente directamente. El transductor puede medir un componente longitudinal de la señal acústica. El componente longitudinal puede ser un componente a través del líquido. Adicionalmente, un componente transversal o de cizalla (distancia entre picos de la señal) de la señal acústica puede capturarse con un sensor superficial de ondas acústicas. La señal acústica puede ser una combinación de los componentes transversales y longitudinales. Alternativamente, el dispositivo acústico de captura puede ser un micrófono que puede capturar una señal acústica a través del aire. Adicionalmente, el dispositivo acústico de captura (2203) puede colocarse en un ángulo directamente por encima del líquido (2209). Según una realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura captura señales acústicas de manera unidireccional. El dispositivo acústico de captura puede estar en comunicación con una unidad de procesamiento de datos. En otra realización a modo de ejemplo preferida, el dispositivo acústico de captura es un micrófono de fibra óptica. El dispositivo acústico de captura (2203) puede colocarse a una distancia predeterminada y un ángulo predeterminado del líquido (2209). La distancia predeterminada puede elegirse de modo que produzca una densidad de energía máxima del líquido. La distancia (2208) desde la parte inferior de la herramienta de excitación de energía (2201) hasta la parte superior del recipiente (2219) se selecciona de modo que el haz de energía (láser) sea seguro dentro del entorno de fabricación. Los distintos niveles de carbonación pueden compensarse generando respuestas acústicas a partir de sustratos de bebida sin gas. Sin embargo, pueden generarse respuestas acústicas a partir de líquidos con gas para correlacionar un verdadero sabor del líquido con gas con una respuesta fotoacústica. Aunque resulta evidente que la percepción es posible basándose en la densidad relacionada con calorías y/o sólidos, también se observa que cada una de estas bebidas presenta propiedades texturales, sensoriales y reológicas cuantificables.

Según una realización a modo de ejemplo preferida, la fluencia (energía por unidad de área) en la superficie del líquido es de entre 15 mJ/mm<sup>2</sup> y 700 mJ/mm<sup>2</sup>. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la fluencia en la superficie del líquido es de entre 1 mJ/mm<sup>2</sup> y 700 mJ/mm<sup>2</sup>. Según aún otra realización a modo de ejemplo preferida, la fluencia en la superficie del líquido es de entre 1 mJ/cm<sup>2</sup> y 350 mJ/mm<sup>2</sup>. La fluencia podría variarse cambiando la energía del láser o el tamaño de punto (área) del láser.

En una realización, la respuesta acústica puede ser una vibración de la parte inferior del vaso de precipitados que contiene el líquido que puede observarse por un arco de plasma presente tras la ablación de la muestra de prueba. La vibración del vaso de precipitados, y la posterior atenuación y amortiguación de la señal acústica del vaso de precipitados resultante de las propiedades reológicas del líquido como la viscosidad, la tensión superficial o la densidad pueden ser algunas de las señales primarias capturadas en la respuesta acústica. El tamaño, las dimensiones y el material del vaso de precipitados pueden ser algunos de los factores que afectan a la vibración del vaso de precipitados y/o la amortiguación de la respuesta acústica. Estos factores pueden compensarse mediante modelado estadístico adicional y coeficientes añadidos. El recipiente/vaso para fluidos óptimo para la prueba fotoacústica de bebidas puede

determinarse por el tipo de líquido. La altura de la columna de líquido puede afectar a parte de la respuesta acústica como resultado de una mayor atenuación del haz y pérdidas de energía a través del líquido. En algunos casos, las propiedades ópticas del líquido pueden impulsar parcialmente la respuesta acústica. Otros factores tales como la forma del vaso de precipitados (“recipiente”), el diámetro del vaso de precipitados, el material del vaso de precipitados, el grosor de las paredes del vaso y el fondo del vaso pueden afectar además a la respuesta acústica cuando un láser impacta en el líquido en el vaso de precipitados. Adicionalmente, el uso de un acelerómetro, o un transductor de presión accionado por contacto similar, puede mejorar la fidelidad de la señal y, por tanto, la separación final de los tipos de líquido.

El dispositivo acústico de captura (**2203**) puede conectarse físicamente con un cable conductor a la DPU (**2204**) a través de un módulo de entrada-salida en la DPU (**2204**). La herramienta de excitación de energía (**2201**) está colocada para dirigir energía hacia un aperitivo (**2209**). Debe indicarse que el ángulo de direccionamiento tal como se muestra es sólo con fines de ilustración. El ángulo de direccionamiento de la energía puede configurarse para producir una excitación óptima del aperitivo de modo que un dispositivo acústico de captura (**2203**) puede capturar una señal acústica completa después de que la herramienta de excitación dirija energía hacia el aperitivo. La señal acústica puede entonces capturarse durante un periodo de tiempo. La señal acústica puede representarse como intensidad (dB) frente a tiempo (s). Según una realización a modo de ejemplo preferida, la señal acústica se captura durante de 1 s a 5 minutos. Según aún otra realización a modo de ejemplo preferida, la señal acústica a partir del aperitivo se captura durante 2 s. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la señal acústica a partir del aperitivo se captura durante 1 s. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la señal acústica a partir del aperitivo se captura durante 10 s.

Según una realización a modo de ejemplo preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante una duración de pulso o tiempo de disparo de 5 nanosegundos a 5 minutos. Según aún otra realización a modo de ejemplo preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante 1 nanosegundo. Según una realización a modo de ejemplo más preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante 1 minuto. Según la realización a modo de ejemplo más preferida, la herramienta de excitación de energía dirige energía hacia el aperitivo durante 9-12 nanosegundos.

Según una realización a modo de ejemplo preferida, un modelo fotoacústico cuantitativo permite compensar el efecto de la saliva en la sensación en la boca y la interacción en la boca. Al aprovechar los métodos fotoacústicos de correlación, cuando se consume un artículo de bebida puede capturarse información adicional sobre la información de textura con la identificación acústica de cada artículo de bebida que incluye la interacción con la saliva. Por ejemplo, para distinguir la viscosidad de una Pepsi® light frente a una Pepsi® normal es difícil dado el error de medición con los métodos disponibles actualmente. Cuando están en contacto con la saliva, los diferentes edulcorantes pueden tener diferentes interacciones con la saliva humana dada su composición química, la mezcla de la bebida y la saliva produce diferencias de viscosidad que pueden diferenciarse mediante un modelo fotoacústico (**2300**) y el método de correlación de textura tal como se describe con más detalle en la figura 24 (**2400**). El método cuantitativo fotoacústico de correlación con medios cualitativos permite la cuantificación rápida, en línea de texturas líquidas y otras propiedades físicas que además pueden permitir la selección/evaluación de materia prima, exploración de sistemas de edulcorantes alternativos, diseño rápido del producto, ejecución de diseño, gestión de calidad y control y automatización del procedimiento en tiempo real.

Tal como se muestra generalmente en la figura 23 (**2300**), un método de medición de textura a modo de ejemplo puede describirse generalmente en términos de las siguientes etapas:

- (1) impactar en una superficie de un líquido con un láser, generando de ese modo una señal acústica a partir de la superficie del líquido (**2301**);
  - (2) capturar la señal acústica con un dispositivo acústico de captura (**2302**);
  - (3) enviar la señal acústica a una unidad de procesamiento de datos acoplada al dispositivo acústico de captura (**2303**);
  - (4) convertir la señal acústica de un dominio de tiempo a un dominio de frecuencia (**2304**);
- la señal acústica se captura generalmente durante un periodo de tiempo y la señal se representa gráficamente como intensidad (dB) frente a tiempo (segundos)
- (5) identificar frecuencias relevantes y sus intensidades asociadas (**2305**); y
  - (6) cuantificar el atributo de textura del líquido basándose en dichas frecuencias relevantes y dichas intensidades asociadas (**2306**).

El atributo de textura puede ser viscosidad, densidad, sensación en la boca, astringencia, recubrimiento bucal, dulzor, un atributo sensorial y de reología.

Este resumen general del método puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

5 Tal como se muestra generalmente en la figura 24 (**2400**), un método de correlación de textura de líquidos a modo de ejemplo puede describirse generalmente en términos de las siguientes etapas

(1) proporcionar muestras de líquidos a un panel de expertos (**2401**);

10 (2) analizar cualitativamente las muestras de líquidos (**2402**);

Medir cualitativamente atributos de textura por el panel de expertos a través de la sensación en la boca o masticación o deglución u otros medios para beber para asignar puntuaciones de sabor (“número de panel descriptivo”).

15 (3) Asignar un número del panel descriptivo para los atributos de textura de la muestra de líquidos (**2403**);

Un número del panel descriptivo (“puntuación de sabor”) podría asignarse a cada uno de los atributos de textura tales como viscosidad, densidad, sensación en la boca, astringencia, recubrimiento bucal, dulzor, atributo sensorial y de reología.

20 (4) Medir los atributos de textura usando un método analítico fotoacústico no invasivo (**2404**);

Tal como se describe en la figura 23, las respuestas acústicas pueden generarse a partir de las muestras de líquidos mediante excitación láser seguido de la identificación de frecuencias relevantes e intensidades asociadas.

25 (5) Correlacionar los atributos de textura analíticos y cualitativos (**2405**); y

Un modelo fotoacústico de textura usado para medir un atributo de textura puede compensarse o ajustarse para cambios en las propiedades de la saliva humana, tales como la viscosidad y el pH. El modelo fotoacústico puede compensarse con diferentes coeficientes para tener en cuenta la saliva humana individual y las preferencias de masticación. Por ejemplo, la persona A puede masticar teniendo la saliva una viscosidad A y un pH A y usar un patrón de masticación A. La persona B puede masticar teniendo la saliva una viscosidad B y un pH B y usar un patrón de masticación B. Cuando el modelo fotoacústico se desarrolla usando el método descrito en la figura 23 (**2300**), los coeficientes pueden ser diferentes para la persona A frente a la persona B para tener en cuenta las diferencias. Puede usarse un modelo único para cada uno de los atributos de textura. Por tanto, el atributo de textura sería el mismo independiente de la persona que coma/beba el sólido/líquido. Los coeficientes para el modelo pueden ajustarse o compensarse estadísticamente para las propiedades de saliva y el mecanismo de masticación para cada uno de los atributos de textura y ajustarse para cada una de las personas en el panel de expertos.

40 (6) Generar un modelo de correlación para los atributos de textura (**2406**).

El  $R^2$  ajustado de la correlación puede ser mayor de 0,7. En realizaciones a modo de ejemplo más preferidas, el  $R^2$  ajustado de la correlación puede ser mayor de 0,7. En las realizaciones a modo de ejemplo más preferidas, el  $R^2$  ajustado de la correlación puede ser mayor de 0,9.

45 Una bebida o un líquido para consumo por los consumidores puede depender de varios factores tales como la sensación en la boca, el dulzor, la astringencia, el recubrimiento bucal, el dulzor, factores sensoriales y de reología. Algunos aditivos o modificadores pueden usarse para buscar un atributo específico que pueda gustar al consumidor al tiempo que se mantienen los otros factores constantes. Por ejemplo, una sensación en la boca de la bebida A frente a la bebida B puede ser diferente, pero al consumidor puede gustarle una u otra dependiendo del dulzor. Si al consumidor le gusta el dulzor de la bebida A, entonces puede buscarse en la bebida B el mismo dulzor que en la bebida A añadiendo modificadores tales como modificadores bucales, edulcorantes, almidón, gomas, enzimas, emulsiones, modificadores del pH y similares. Una formulación a modo de ejemplo puede mostrarse generalmente en la figura 25 (**2500**), un método cuantitativo a modo de ejemplo para formular un líquido para buscar un atributo de

50 textura de los consumidores, el método puede describirse generalmente en términos de las siguientes etapas:

1) realizar una prueba de sabor con al menos un consumidor con una pluralidad de líquidos (**2501**);

60 Por ejemplo, dos consumidores (consumidor A y consumidor B) pueden seleccionarse para la prueba de sabor de dos bebidas (bebida A y bebida B).

2) identificar una medida cualitativa del atributo de textura o atributo de líquido para cada consumidor y cada uno de la pluralidad de líquidos (**2502**);

65 puede seleccionarse un atributo tal como dulzor y sensación en la boca como atributos para medir.

3) asignar una puntuación de textura (“puntuación de sabor”) para cada uno de la pluralidad de líquidos (2503);

el consumidor A y el consumidor B pueden asignar puntuaciones de sabor para el dulzor y la sensación en la boca para la bebida A y la bebida B.

4) caracterizar cada uno de la pluralidad de líquidos con un método fotoacústico (2504);

la bebida A y la bebida B pueden caracterizarse con un método fotoacústico descrito en el método de la figura 23.

5) identificar frecuencias relevantes y sus intensidades asociadas para cada uno de la pluralidad de líquidos (2505);

Las frecuencias relevantes y sus intensidades asociadas pueden identificarse con el método fotoacústico y los métodos estadísticos tal como se mencionó anteriormente.

6) correlacionar la puntuación de textura con las frecuencias relevantes (2506); y

La puntuación de textura en la etapa (3) puede correlacionarse con las frecuencias identificadas para cada uno de los líquidos/bebidas y ajustarse estadísticamente para las diferencias en los consumidores.

7) buscar una formulación basándose en las frecuencias relevantes y las intensidades asociadas (2507).

Si un atributo particular, por ejemplo el dulzor de la bebida A es agradable para ambos consumidores, entonces la bebida B puede formularse para el mismo dulzor de la bebida A añadiendo modificadores tales como modificadores de la sensación en la boca, edulcorantes, almidón, gomas, enzimas, emulsiones, modificadores del pH y similares.

Las respuestas acústicas después de la excitación del láser pueden registrarse para cada una de las modificaciones para la bebida B. Las frecuencias identificadas y las intensidades asociadas para cada una de las formulaciones modificadas para la bebida B luego pueden evaluarse contra las frecuencias y las intensidades asociadas para la bebida A. Las frecuencias emparejadas de manera más cercana y las intensidades asociadas después de los ajustes estadísticos pueden ser la formulación de bebida B que puede proporcionar el mismo dulzor de la bebida A mientras se mantienen los otros atributos sustancialmente iguales. De manera similar, otros atributos pueden buscarse a una formulación. Además, puede usarse un patrón de referencia tal como agua desionizada para proporcionar una referencia para la formulación buscada. Una bebida que es ácida puede generar una señal acústica asociada con frecuencias e intensidades que son diferentes que las de una bebida no ácida. Las diferentes características o frecuencias de la bebida ácida y no ácida pueden permitir diferenciar las bebidas. De manera similar, un café con un sabor A cuando se excita con un láser puede generar una señal acústica A asociada con las frecuencias A. De manera similar, un café con un sabor B cuando se excita con un láser puede generar una señal acústica B asociada con las frecuencias B. Basándose en una respuesta acústica de un café no identificado y una puntuación de sabor de una prueba de sabor de un café conocido y caracterizado, puede buscarse un sabor para el café no identificado. Los granos de café pueden modificarse para generar un sabor y cuando se excitan con un láser generan una señal acústica que se empareja con la frecuencia A o la frecuencia B mencionadas anteriormente. De manera similar, un café A y un café B pueden diferenciarse e identificarse o separarse basándose en la señal acústica generada y las frecuencias identificadas. Puede observarse que una base de datos puede mantenerse con tipos de líquido y sus frecuencias asociadas. Cuando se excita un líquido desconocido con un láser y se genera una señal acústica, puede identificarse el líquido desconocido basándose en la señal acústica. El método puede implementarse para la cata de vino, la cata de bebidas o cuando se busca una formulación para una bebida.

El método a modo de ejemplo descrito anteriormente permite medir el equilibrio y otros componentes en un vino sin necesidad de una gran cata de vino. Los métodos a modo de ejemplo de la figura 23-25 pueden utilizarse para medir un vino equilibrado para sus componentes de sabor básicos en buena proporción junto con la interacción con los cálculos gustativos que detectan dulce, agrio, salado y amargo. Algunos de los atributos de un vino tal como dulce (azúcar residual) y agrio (acidez) pueden modelarse con un método fotoacústico. De manera similar, el método fotoacústico cuantitativo a modo de ejemplo permite medir aromas y sabor de cafés sin necesidad de catas de cafés.

Este resumen general del método puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

La figura 26 es un diagrama estadístico a modo de ejemplo que ilustra la separación de líquidos basándose en un atributo cuantitativo de textura según una realización preferida de la presente invención. Los resultados de los diversos líquidos derivados con modelos fotoacústicos pueden diferenciar bebidas con propiedades texturales/sensación en la boca similares tal como se ilustra en la figura 26. Los datos representan el análisis usando el software estadístico y PLS con un sólido tal como se mide mediante el contenido de calorías total, el contenido de sodio y el contenido de azúcar como respuesta. Los datos muestran una fuerte separación de las clases de bebidas, especialmente impulsada por el contenido de sólidos totales. Los atributos texturales (sensación en la boca) pueden correlacionarse con propiedades reológicas y viscoelásticas de los líquidos.

## Resumen del sistema

5 El sistema de la presente invención anticipa una amplia variedad de variaciones en el tema básico del aparato de medición de textura que incluye una herramienta de excitación de energía, un dispositivo acústico de captura y una unidad de procesamiento de datos. La herramienta de excitación de energía dirige un láser hacia un líquido en un recipiente y crea ondas de presión que se propagan a través del aire y producen una señal acústica. El dispositivo acústico de captura registra y reenvía la señal a una unidad de procesamiento de datos. La unidad de procesamiento de datos comprende además un módulo de procesamiento de señales digitales que alisa, transforma y filtra la señal acústica recibida. Un módulo de procesamiento estadístico filtra adicionalmente la señal acústica de la unidad de procesamiento de datos y genera un modelo acústico cuantitativo para atributos de textura tales como las propiedades de sensación en la boca y reológicas. El modelo cuantitativo se correlaciona con una medición cualitativa de la textura a partir de un panel de expertos descriptivo. La textura de los líquidos se mide cuantitativamente con el modelo acústico cuantitativo.

15 Este resumen general del sistema puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

## Resumen del método

20 El método de la presente invención anticipa una amplia variedad de variaciones en el tema básico de la implementación, pero puede generalizarse como un método cuantitativo para medir el atributo de textura de un aperitivo, el método comprende las etapas de:

- 25 a) impactar en una superficie de un líquido con un láser, generando de ese modo una señal acústica a partir del líquido;
- b) capturar la señal acústica con un dispositivo acústico de captura;
- 30 c) enviar la señal acústica a una unidad de procesamiento de datos acoplada al dispositivo acústico de captura;
- d) convertir la señal acústica de un dominio de tiempo a un dominio de frecuencia;
- e) identificar frecuencias relevantes y sus intensidades asociadas; y
- 35 f) cuantificar el atributo de textura del líquido basándose en las frecuencias relevantes y las intensidades asociadas.

Este resumen general del método puede aumentarse mediante los diversos elementos descritos en el presente documento para producir una amplia variedad de realizaciones de la invención consistentes con esta descripción general de diseño.

## Variaciones del sistema/método

45 La presente invención anticipa una amplia variedad de variaciones en el tema básico de una medición cuantitativa de textura. Los ejemplos presentados anteriormente no representan todo el alcance de posibles usos. Están destinados a citar unas pocas posibilidades casi ilimitadas.

Este sistema básico y método pueden aumentarse con una variedad de realizaciones auxiliares, incluyendo pero sin limitarse a:

- 50 •Una realización en la que el líquido está contenido en un recipiente abierto cuando el láser impacta en el líquido.
- Una realización en la que el líquido pasa dentro de un tubo cuando el láser impacta en el líquido.
- 55 •Una realización en donde el dispositivo acústico de captura está configurado para capturar frecuencias en la señal acústica; las frecuencias oscilan entre 0 y 5000 kHz.
- Una realización en donde una distancia entre el dispositivo acústico de captura y el producto oscila entre 5 cm y 61 cm (de 2 pulgadas a 2 pies)
- 60 •Una realización en donde el generador láser está configurado para generar el láser que confiere fluencia dentro de un intervalo de 1 mJ/cm<sup>2</sup> a 700 mJ/mm<sup>2</sup>.
- Una realización en donde el líquido es una bebida con gas.
- 65 •Una realización en donde el líquido es una bebida sin gas.

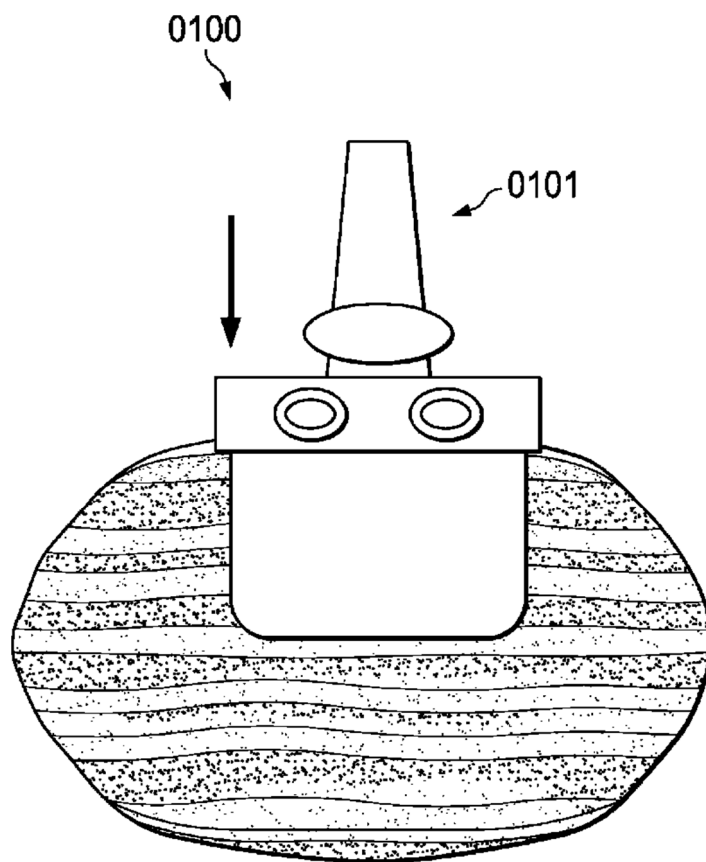
## ES 2 941 465 T3

- Una realización en donde la unidad de procesamiento de datos comprende además una unidad de procesamiento de señales digitales y una unidad de cálculo de atributo de textura.
  - 5 •Una realización en donde la unidad de procesamiento de señales digitales está configurada para alisar, transformar y filtrar la señal acústica para identificar frecuencias relevantes relacionadas con el atributo de textura.
  - Una realización en donde la unidad de cálculo de atributo de textura está configurada para determinar el atributo de textura a partir de las frecuencias capturadas en la señal acústica.
  - 10 •Una realización en donde el atributo de textura se selecciona de un grupo que comprende: viscosidad, densidad, sensación en la boca, astringencia, recubrimiento bucal, dulzor, atributo sensorial y de reología.
  - Una realización en donde cuando el láser impacta en una superficie del líquido, el láser crea un arco en la parte inferior del recipiente.
  - 15 •Una realización en donde el dispositivo acústico de captura es un micrófono; el micrófono está configurado para estar cableado a la unidad de procesamiento de datos.
  - Una realización en donde el dispositivo acústico de captura es un micrófono; el micrófono está configurado para conectarse de manera inalámbrica con la unidad de procesamiento de datos.
  - 20
- Un experto en la técnica reconocerá que son posibles otras realizaciones dentro del alcance definido en las reivindicaciones adjuntas.

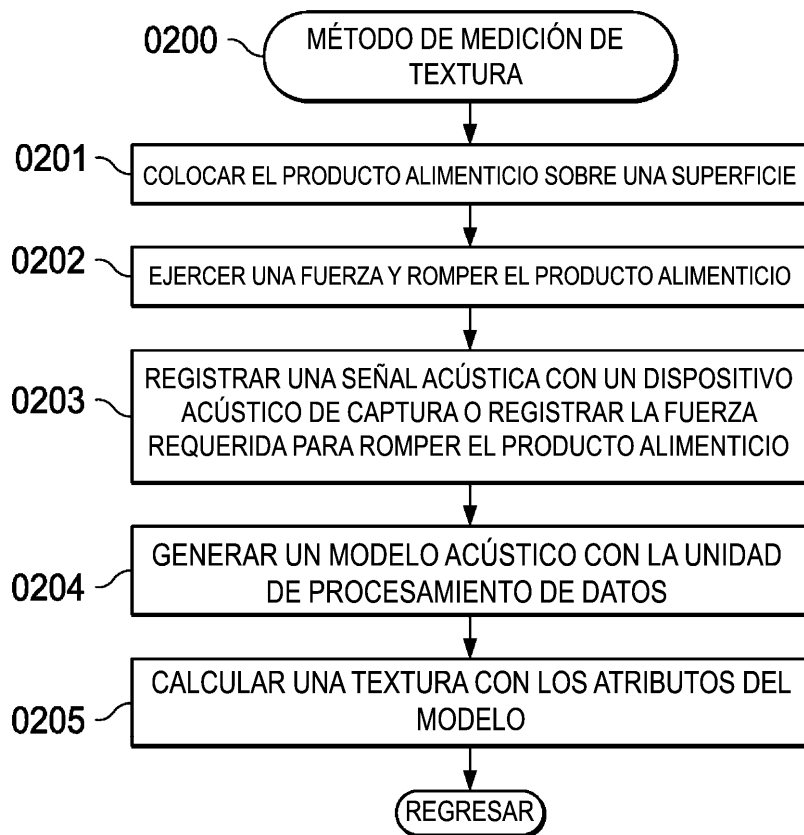
## REIVINDICACIONES

1. Un aparato para la medición cuantitativa del atributo de textura de un líquido en un recipiente, comprendiendo el aparato:
- 5 un recipiente [2219];  
 un alojamiento [0506];  
 un generador láser conectado al alojamiento [0506];  
 un dispositivo acústico de captura [0403] ubicado de manera proximal con respecto al alojamiento [0506];  
 10 una unidad de procesamiento de datos [0404] en comunicación con al menos el dispositivo acústico de captura [0403]; en donde un láser [0407] del generador láser está dirigido para impactar en el líquido [2201], que está contenido en el recipiente [2219], para crear un arco de plasma que impacta en una superficie del recipiente [2219], y de ese modo produce una señal acústica [2206] a partir de la vibración de la superficie impactada del recipiente que va a ser detectada por el dispositivo acústico de captura [0403];  
 15 en donde la unidad de procesamiento de datos [0404] está configurada para medir cuantitativamente el atributo de textura del líquido [2201] basándose en la entrada del dispositivo acústico de captura [0403] generado basándose en dicha señal acústica detectada [2206], en donde el atributo de textura se selecciona de viscosidad, densidad, propiedades de sensación en la boca, astringencia, propiedades de recubrimiento bucal, dulzor, propiedades sensoriales o propiedades reológicas.
2. El aparato según la reivindicación 1, en donde el líquido está contenido en un recipiente abierto cuando el láser impacta en el líquido, opcionalmente donde cuando el láser impacta en una superficie del líquido, el láser crea un arco de plasma en el fondo del recipiente.
- 25 3. El aparato según la reivindicación 1, en donde: i) el dispositivo acústico de captura [0403] está configurado para capturar frecuencias en la señal acústica; las frecuencias oscilan entre 0 y 5000 kHz; o ii) la distancia entre el dispositivo acústico de captura y el líquido oscila entre 5 cm (2 pulgadas) y 61 cm (2 pies); o iii) el generador láser está configurado para generar el láser [0407] que confiere fluencia dentro de un intervalo de 1 mJ/cm<sup>2</sup> a 700 mJ/mm<sup>2</sup>.
- 30 4. El aparato según la reivindicación 1, en donde la unidad de procesamiento de datos [0404] comprende además una unidad de procesamiento de señales digitales [0703] y una unidad de cálculo de atributo de textura [0712], opcionalmente en donde: i) la unidad de procesamiento de señales digitales [0703] está configurada para alisar, transformar y filtrar la señal acústica para identificar frecuencias relevantes relacionadas con el atributo de textura; o ii) la unidad de cálculo de atributo de textura [0712] está configurada para determinar el atributo de textura a partir de las frecuencias capturadas en la señal acústica.
- 35 5. El aparato según la reivindicación 1, en donde el dispositivo acústico de captura [0403] es un micrófono; en donde: i) el micrófono está configurado para estar cableado a la unidad de procesamiento de datos [0404]; o ii) el micrófono está configurado para conectarse de manera inalámbrica con la unidad de procesamiento de datos [0404].
- 40 6. Un método fotoacústico cuantitativo para medir un atributo de textura de un líquido contenido en un recipiente, comprendiendo el método las etapas de:
- 45 a) impactar una superficie del líquido [2201] contenido en el recipiente [2219] con un láser [0407] para crear un arco de plasma que impacta en una superficie del recipiente y generar de ese modo una señal acústica [2206] a partir de la vibración de la superficie afectada del recipiente [2219];  
 50 b) capturar la señal acústica [2206] con un dispositivo acústico de captura [0403] colocado encima de la superficie impactada del líquido [2201];  
 c) enviar la señal acústica [2206] a una unidad de procesamiento de datos [0404] acoplada al dispositivo acústico de captura [0403];  
 55 d) convertir la señal acústica [2206] de un dominio de tiempo a un dominio de frecuencia;  
 e) identificar frecuencias relevantes y sus intensidades asociadas; y  
 f) cuantificar el atributo de textura del líquido [2201] basándose en las frecuencias relevantes y las intensidades asociadas en donde el atributo de textura se selecciona de viscosidad, densidad, propiedades de sensación en la boca, astringencia, propiedades de recubrimiento bucal, dulzor, propiedades sensoriales o propiedades reológicas.
- 60 7. El método según la reivindicación 6, en donde el láser [0407] impacta en el líquido [2201] en múltiples ubicaciones del líquido [2201].

8. El método según la reivindicación 6, en donde: i) el dispositivo acústico de captura [0403] captura la señal acústica [2206] durante un período de 1 segundo a 5 minutos; o ii) el láser [0407] impacta en el líquido [2201] continuamente durante un período de 1 microsegundo a 10 segundos.
- 5 9. El método según la reivindicación 6, en donde el líquido [2201] se selecciona de un grupo que comprende: bebida con gas, bebida sin gas, líquidos calientes, vino, café o bebidas frías.



**FIG. 1**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 2**  
(TÉCNICA ANTERIOR)

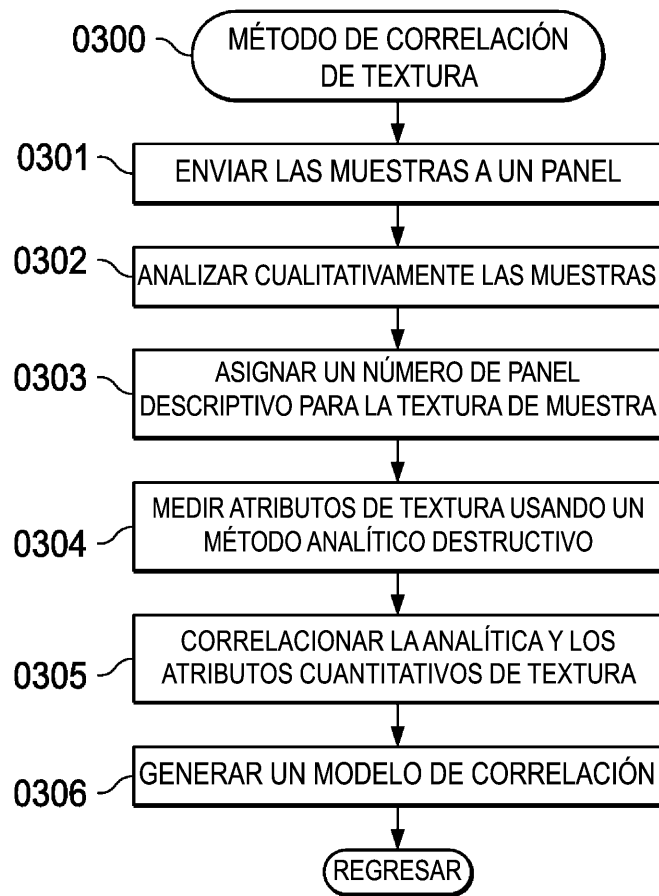


FIG. 3

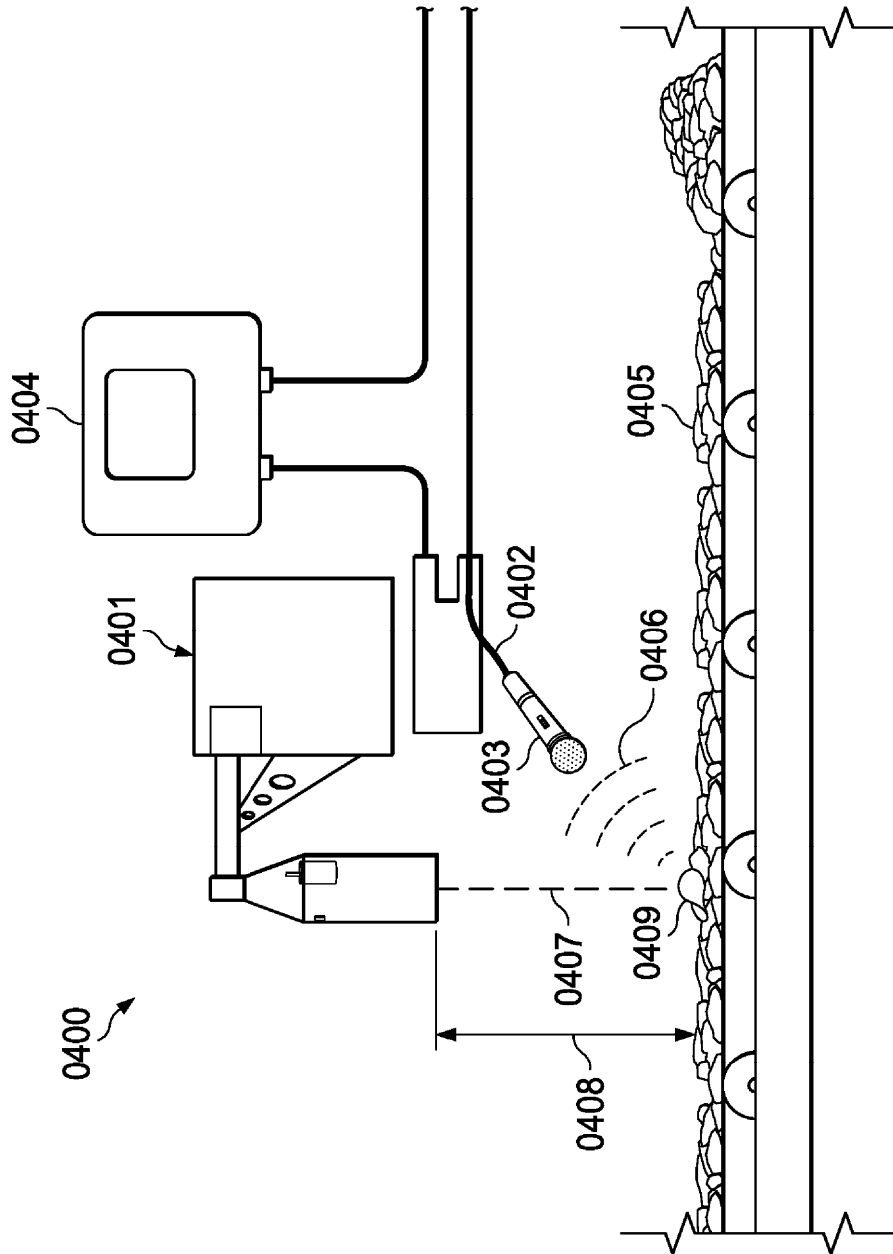
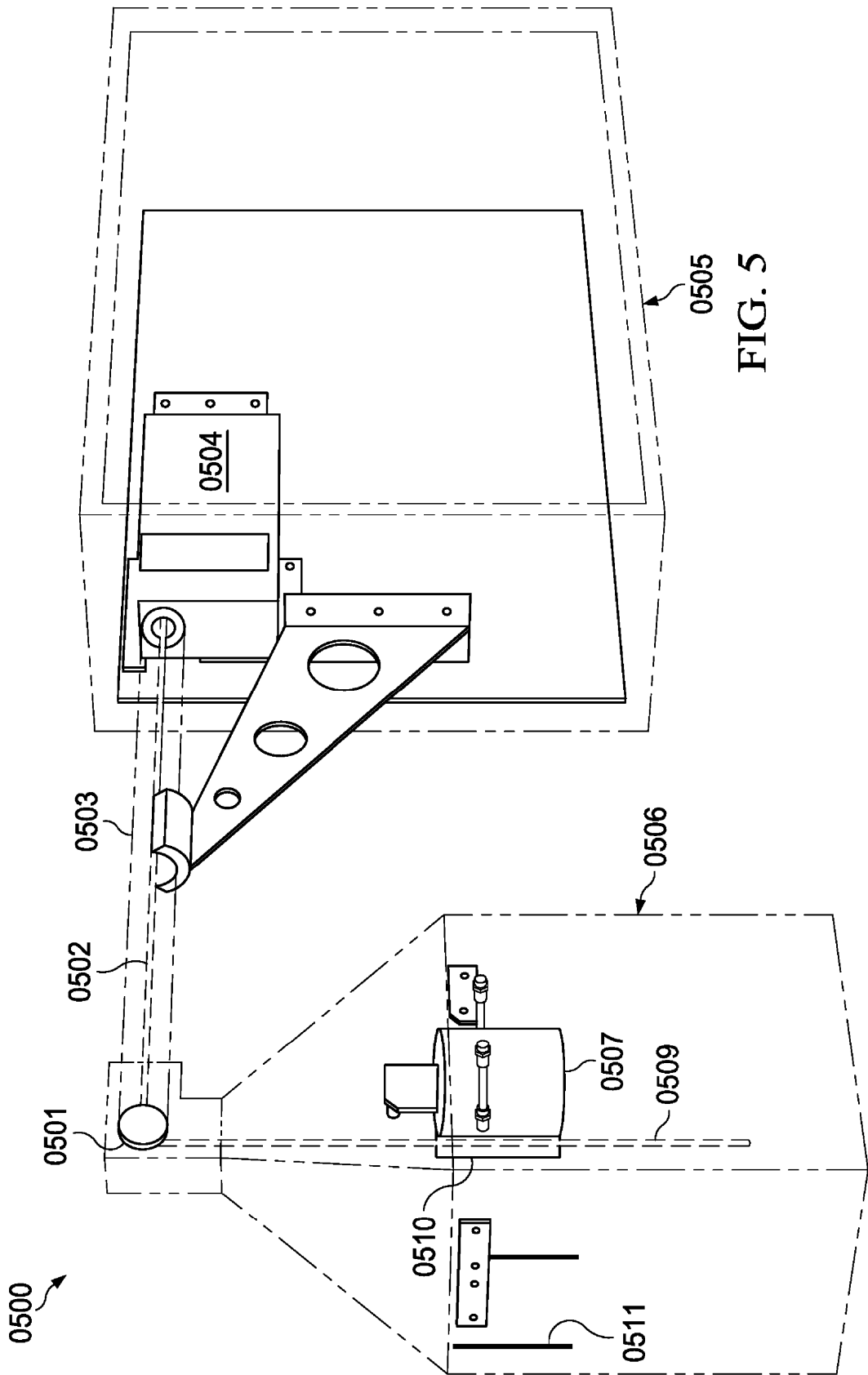


FIG. 4



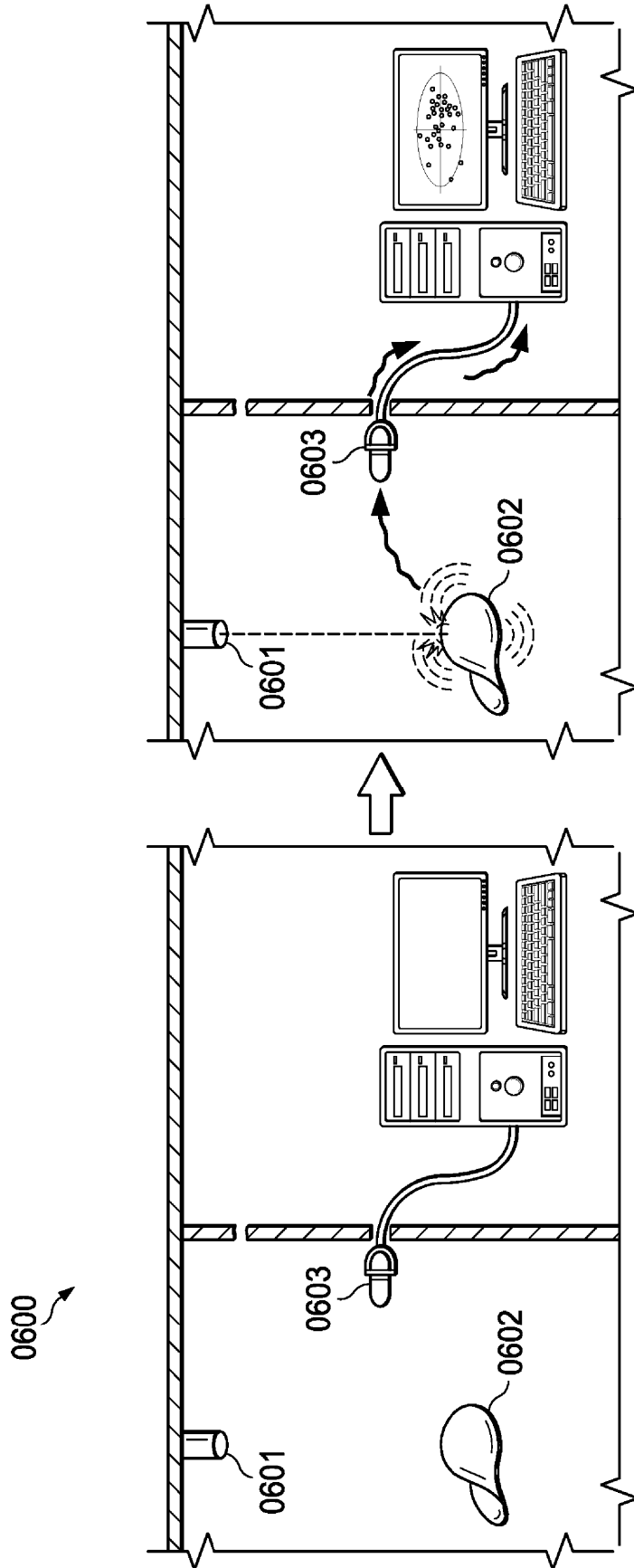


FIG. 6

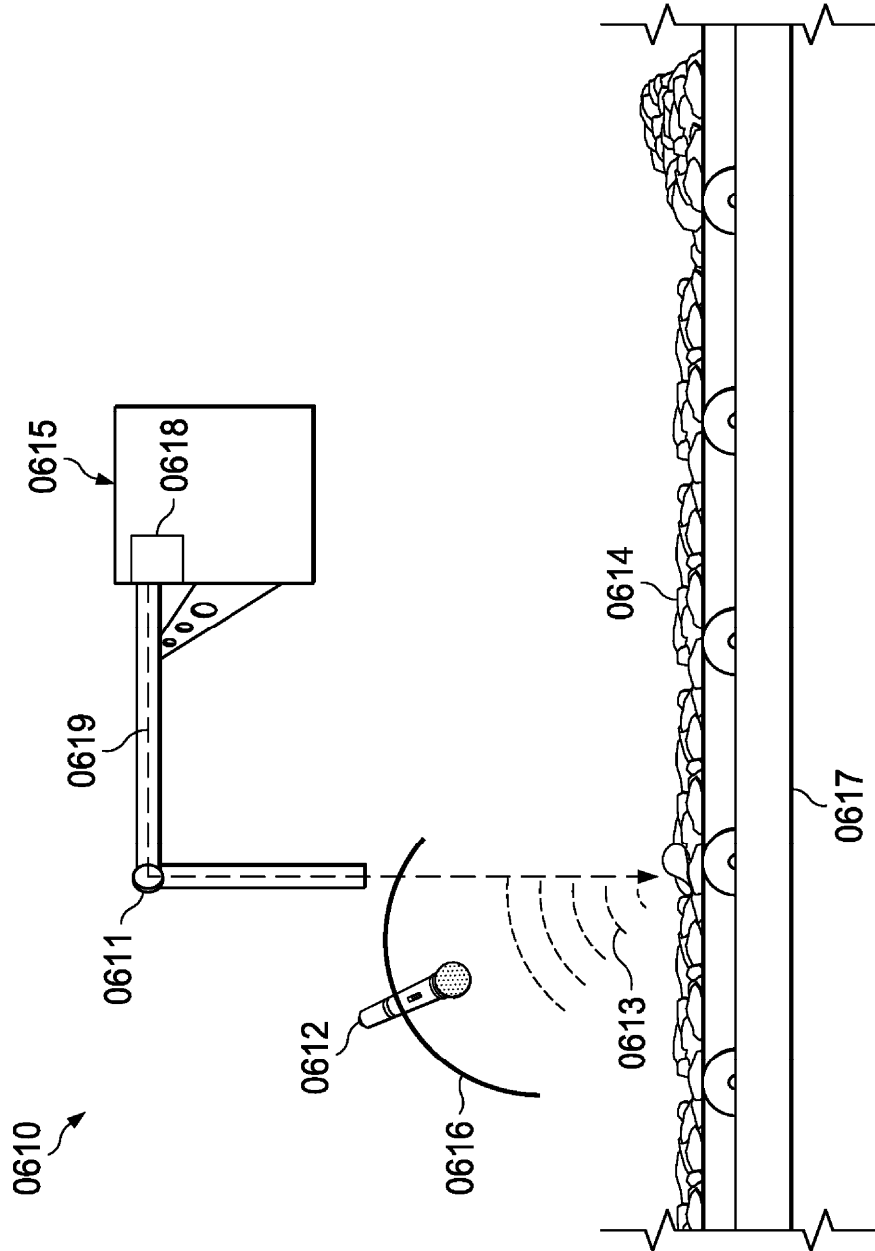


FIG. 6a

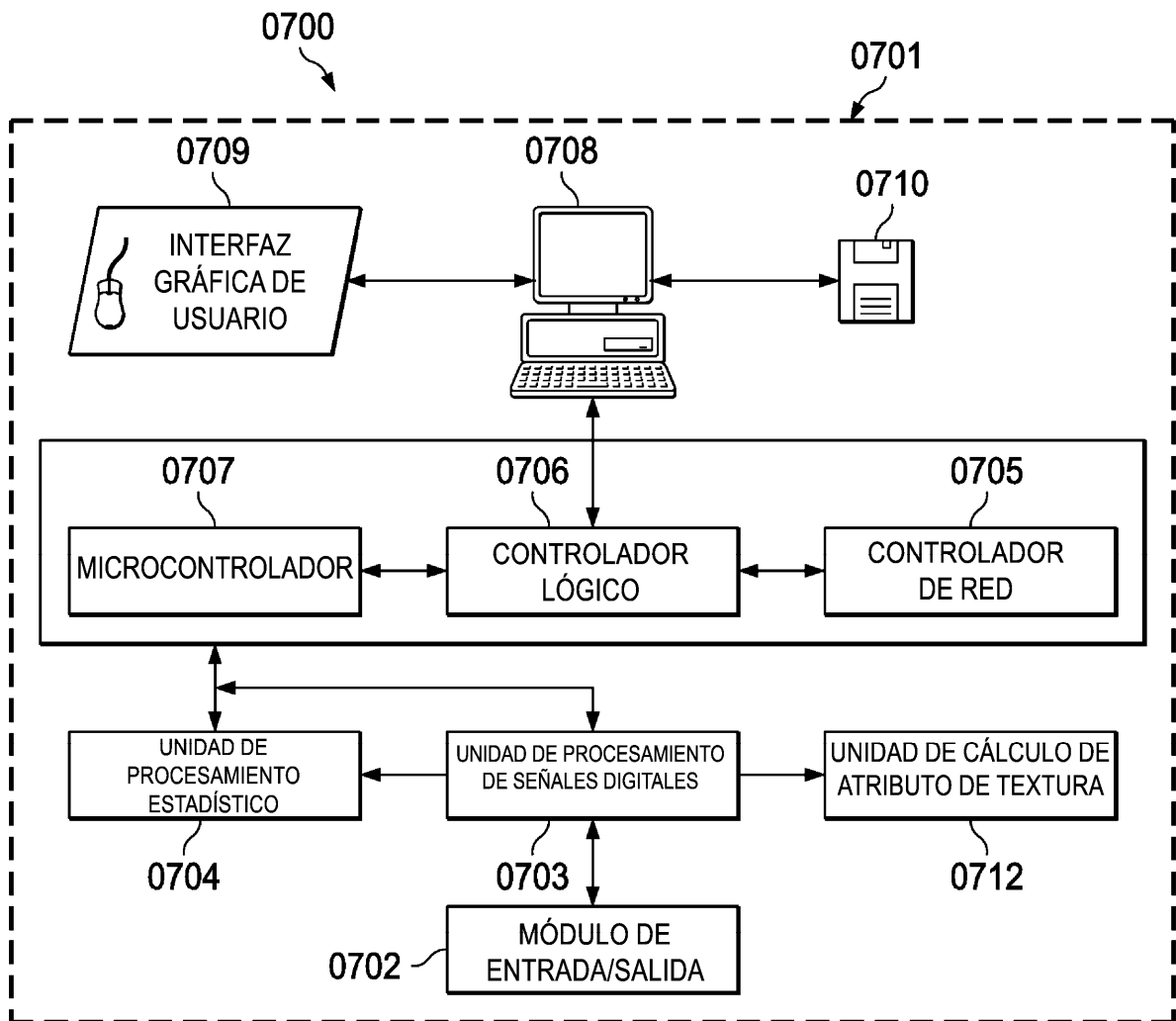


FIG. 7

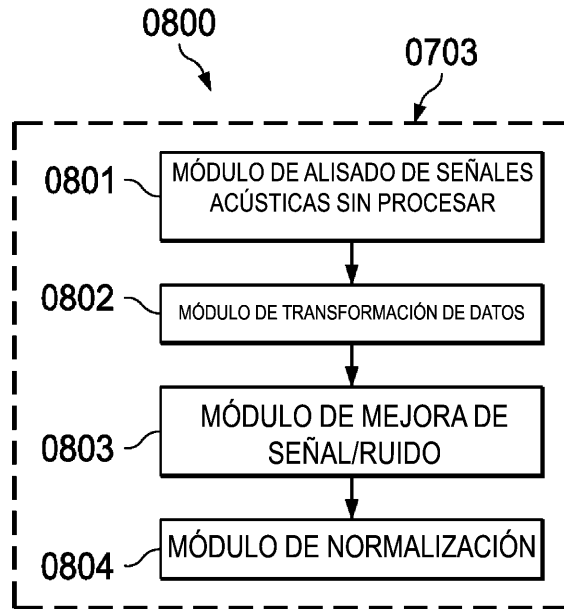


FIG. 8

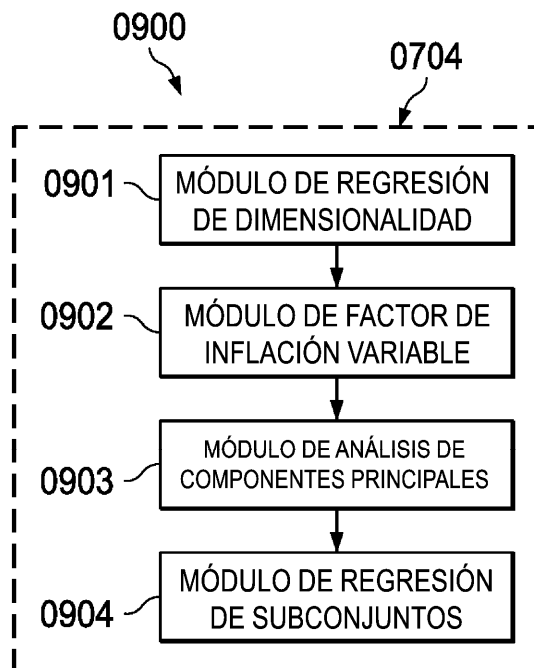


FIG. 9

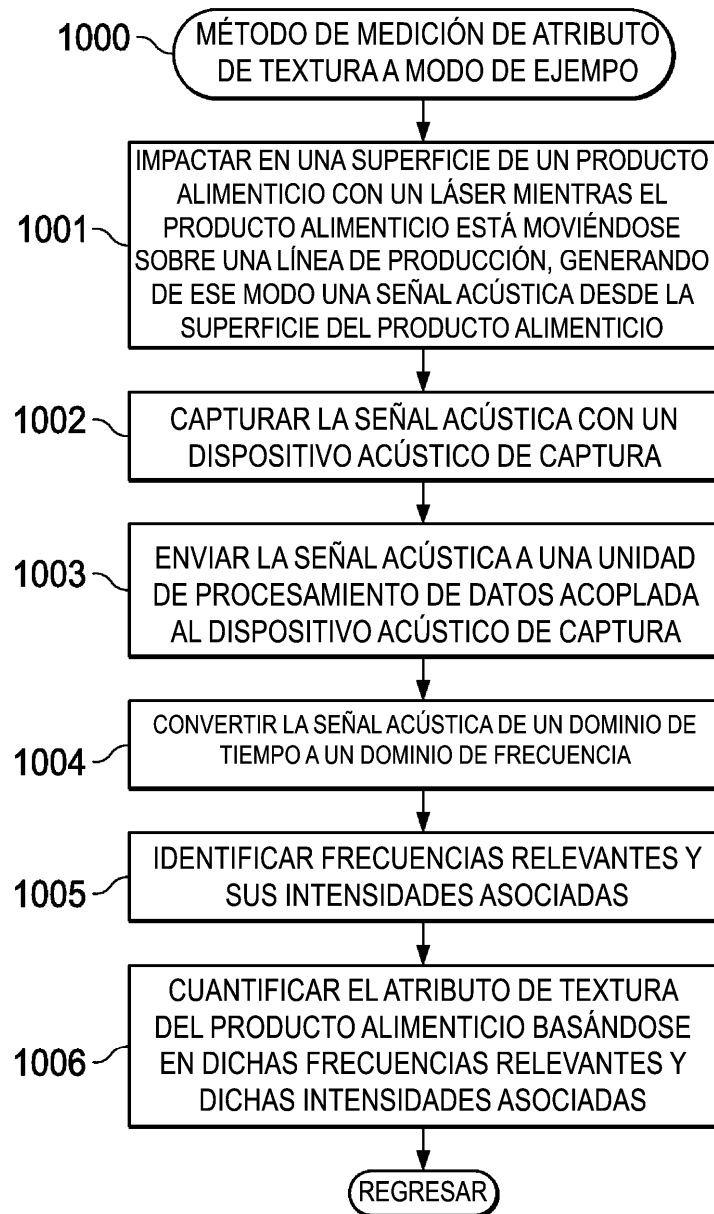


FIG. 10

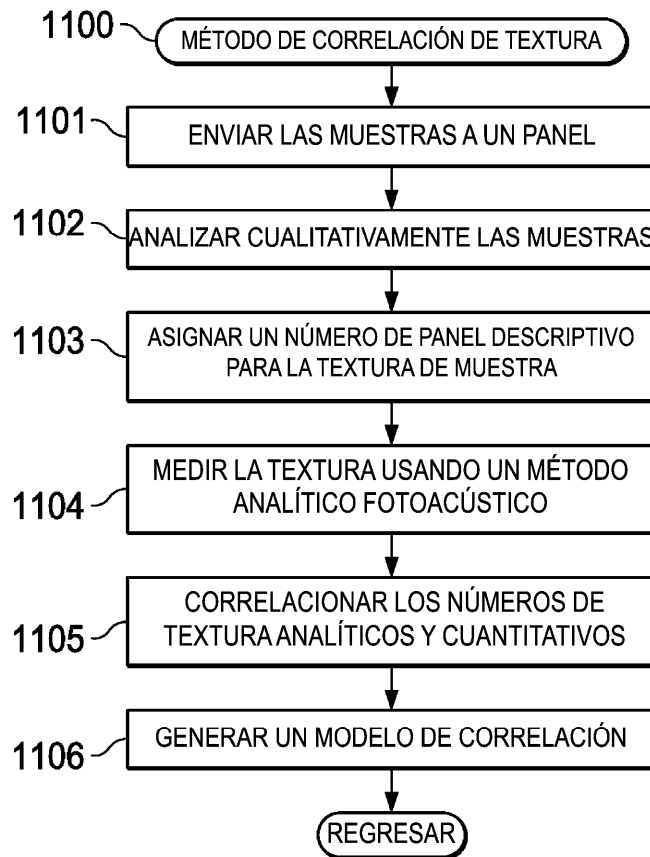


FIG. 11

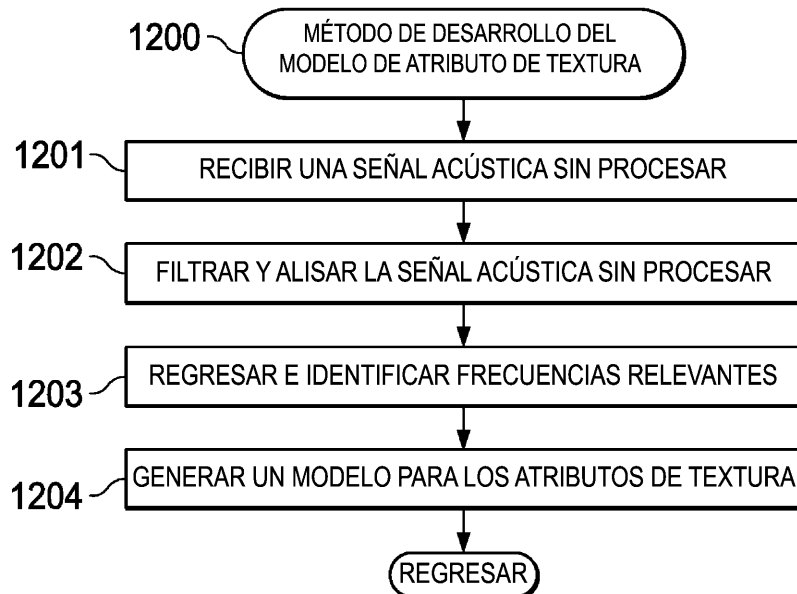


FIG. 12

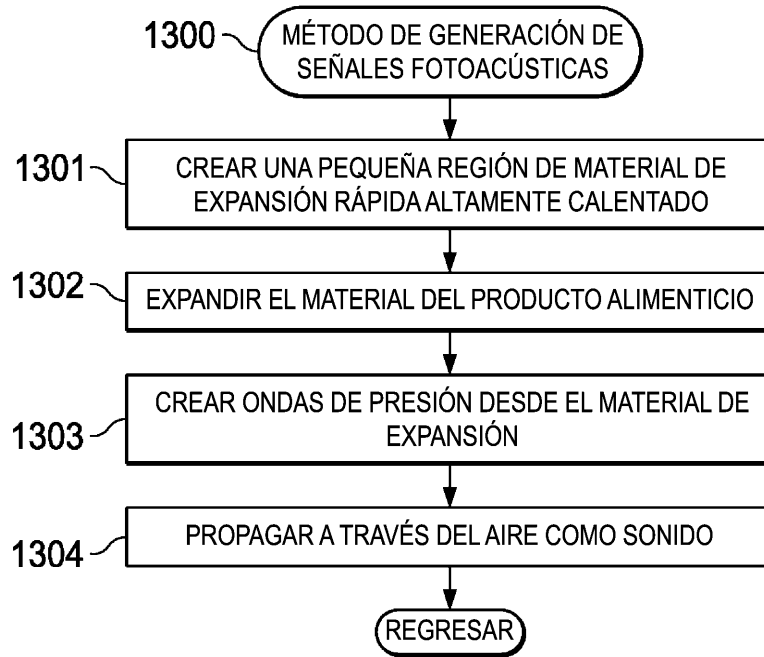


FIG. 13

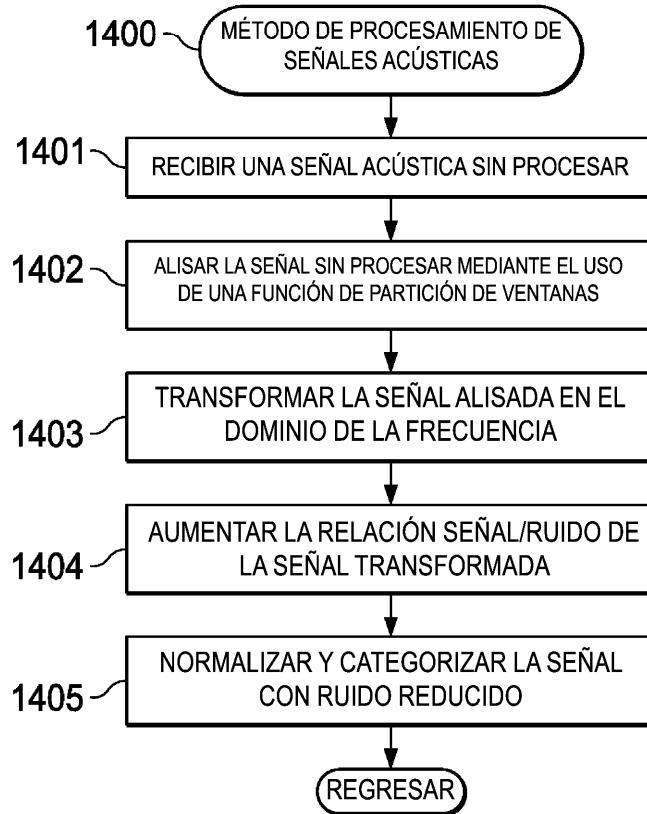


FIG. 14

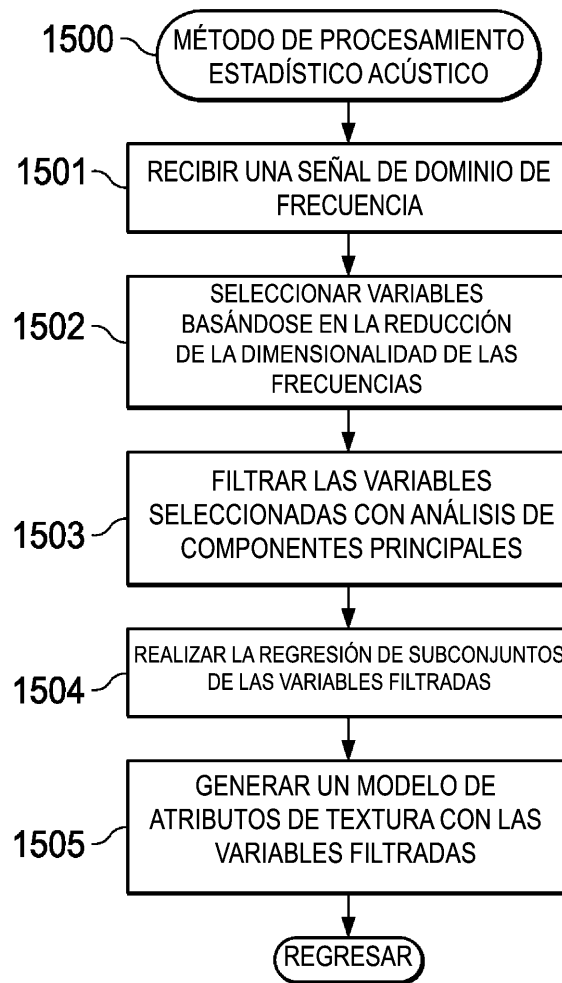


FIG. 15

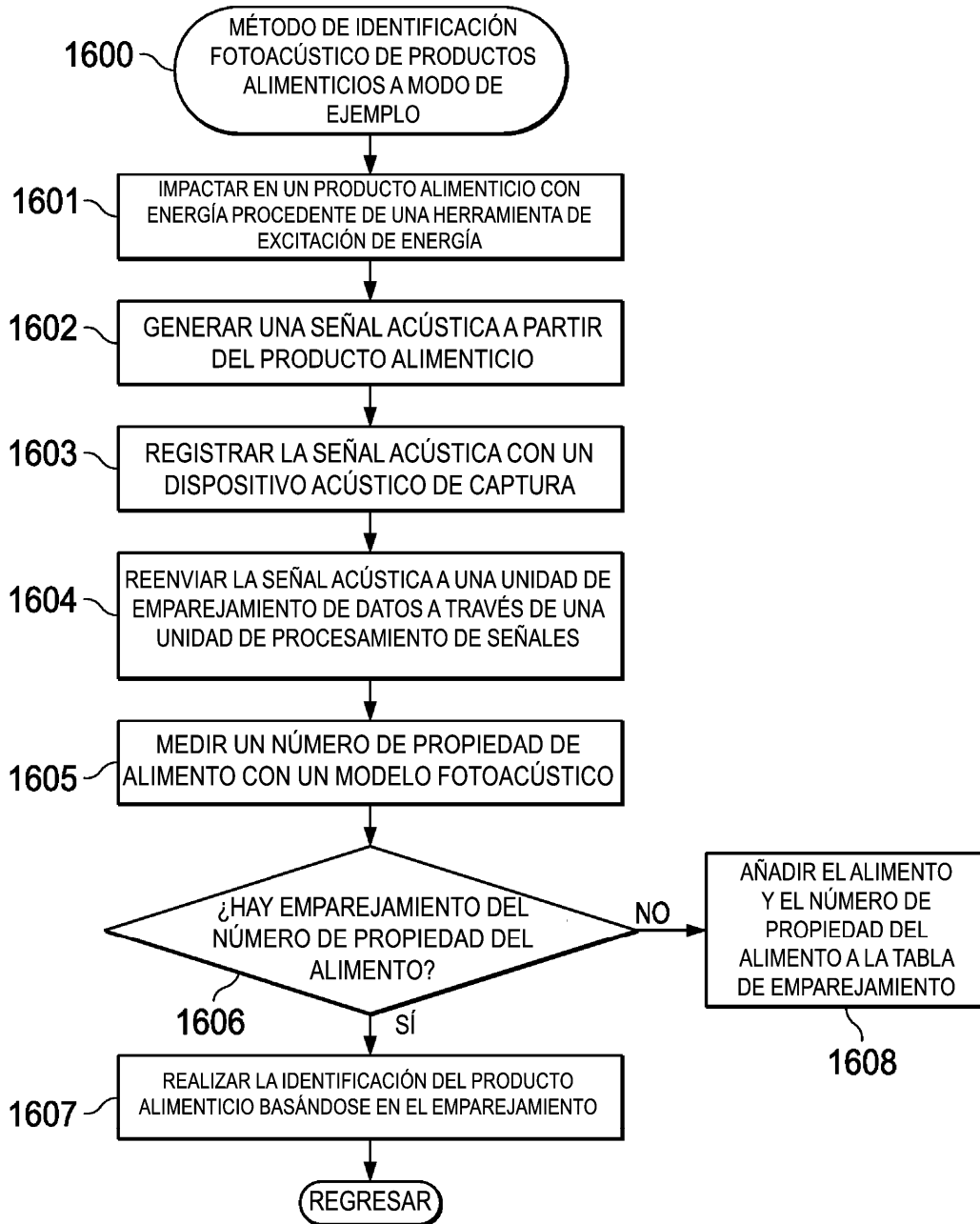


FIG. 16

1700

1701
1702

	PRODUCTO ALIMENTICIO	INTERVALO DEL NÚMERO COMPUESTO DE ALIMENTOS
1711	SÓLIDO A	5,3 - 6,3
1712	SÓLIDO B	7,2 - 7,6
	*	
	*	
	*	
	*	
	SÓLIDO C	9,3 - 10,3
	SÓLIDO D	14,2 - 14,6
	*	
	*	
	*	
	*	

FIG. 17

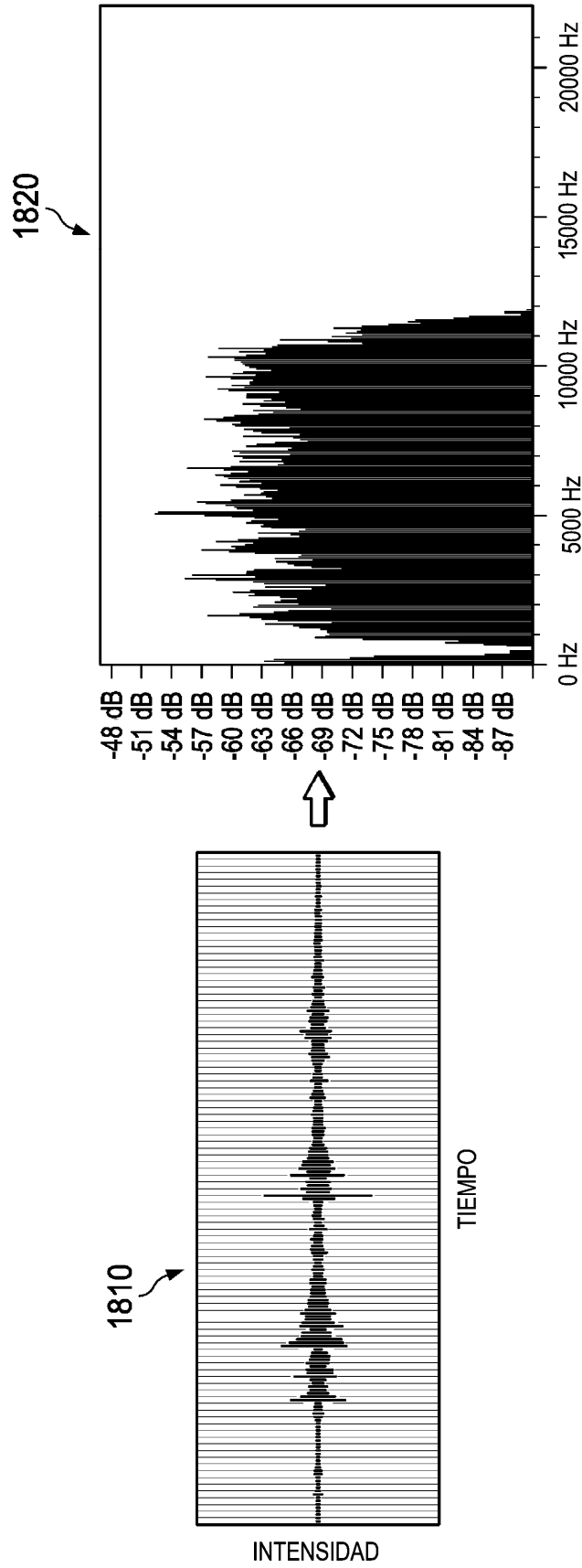
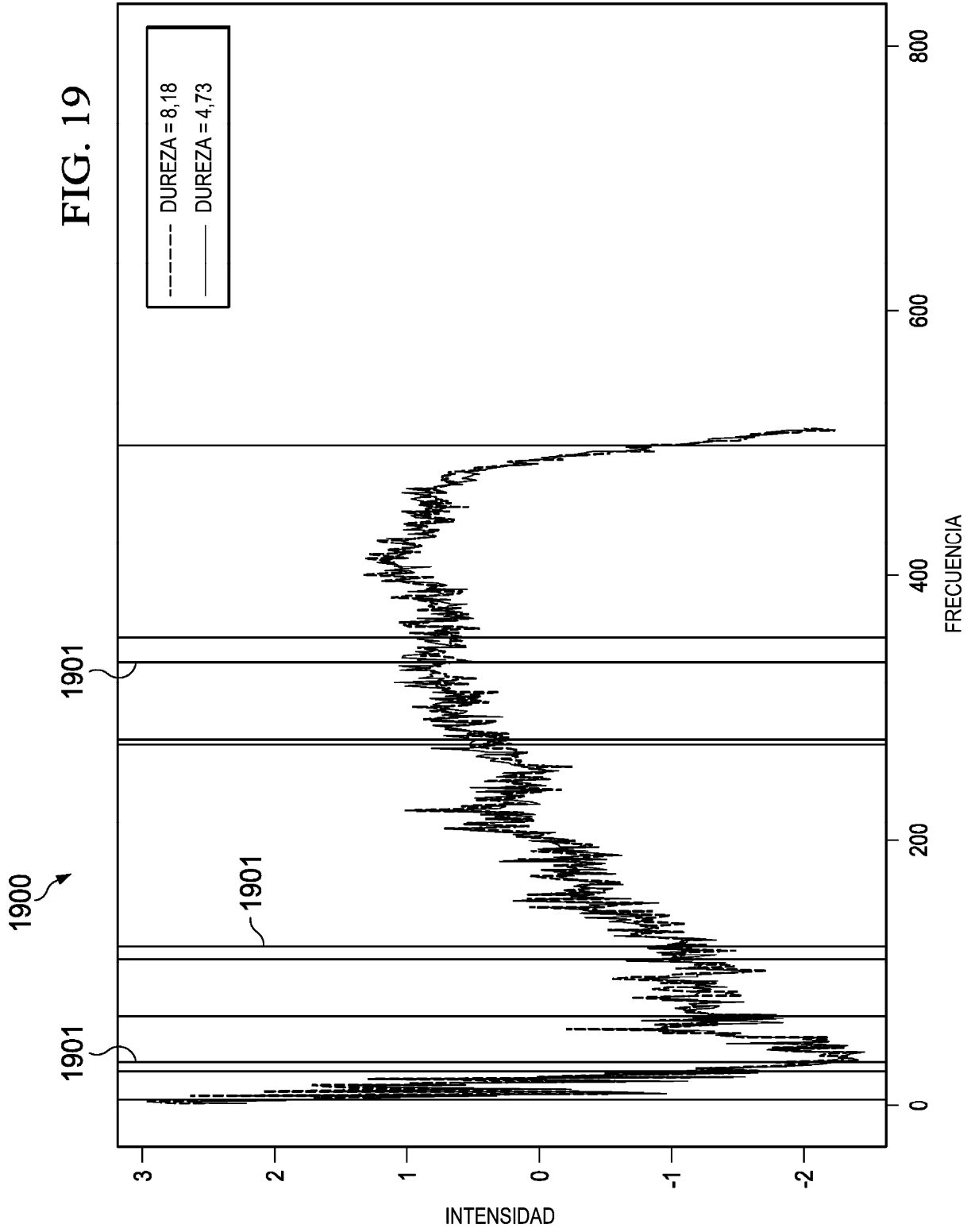
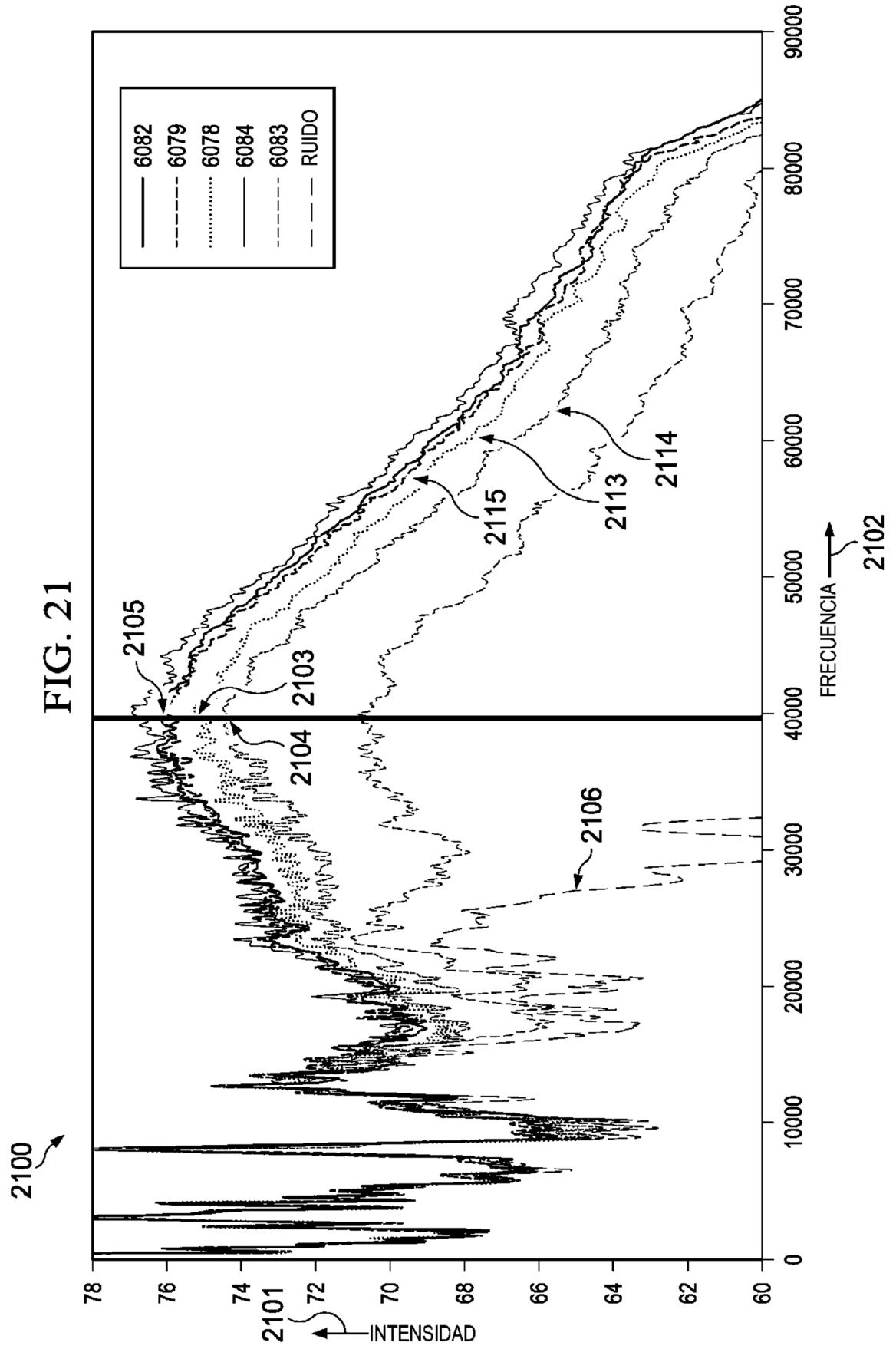


FIG. 18







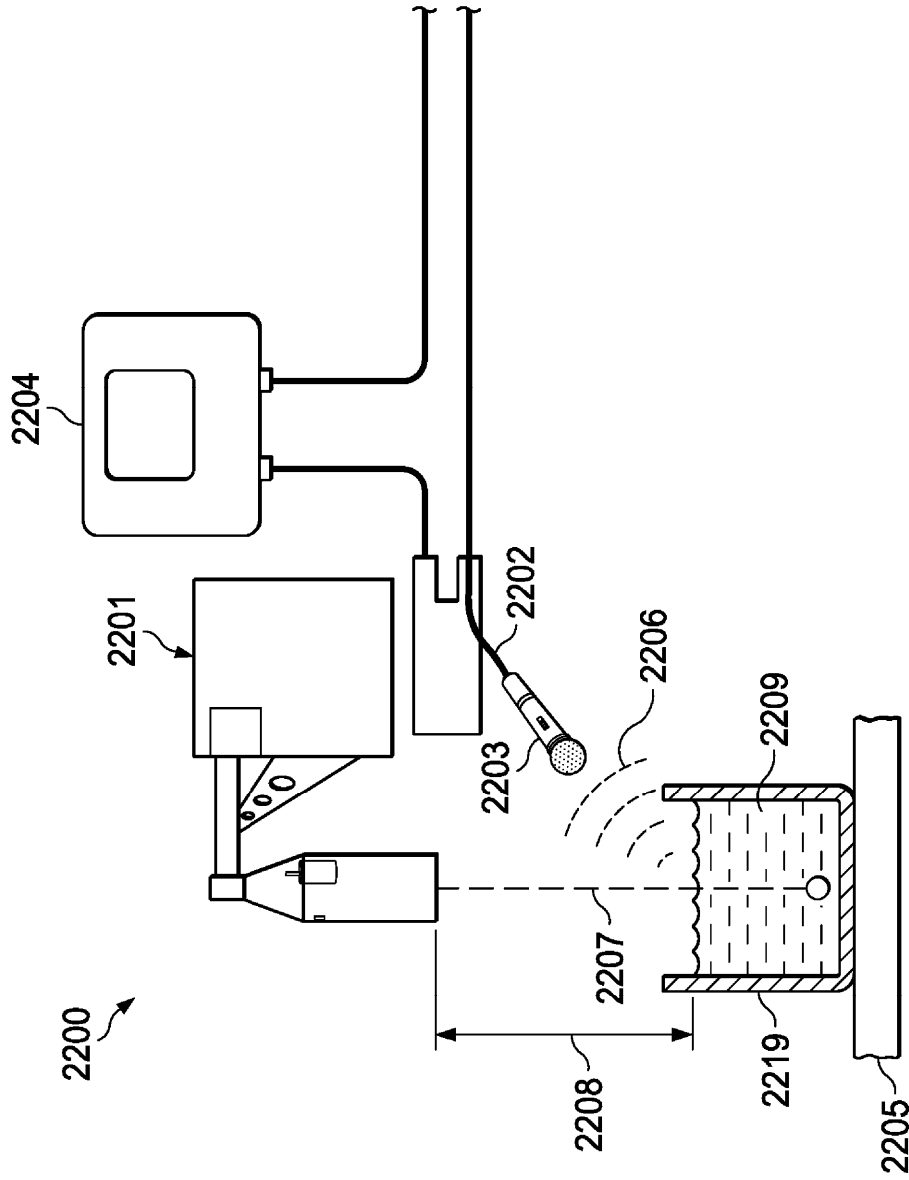


FIG. 22

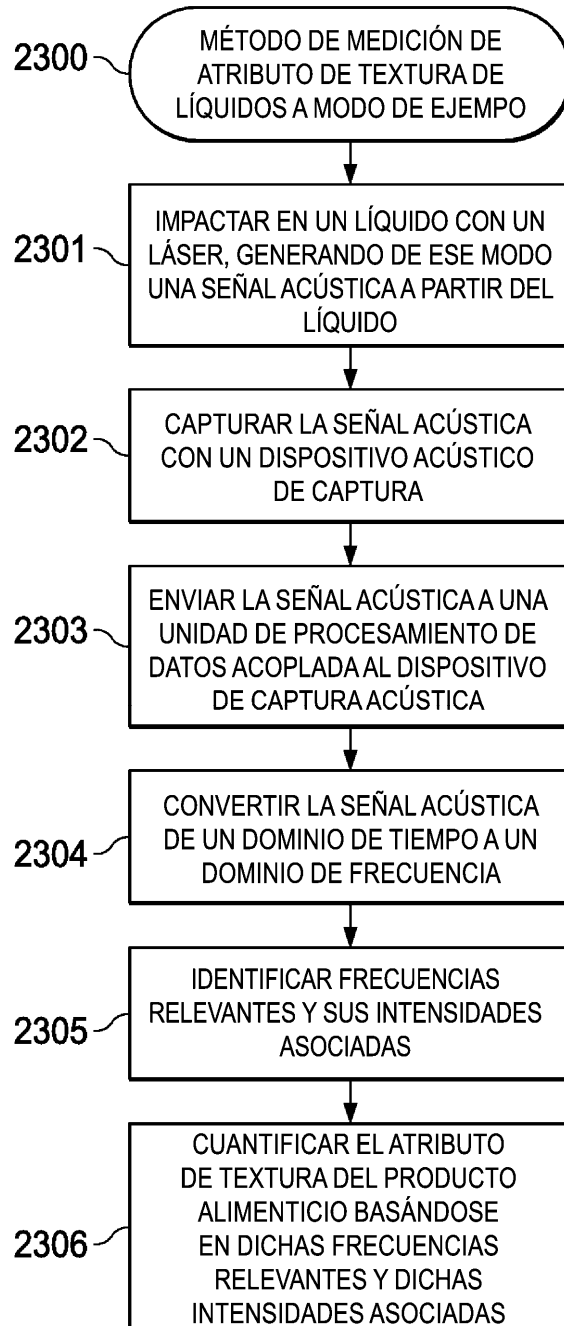


FIG. 23

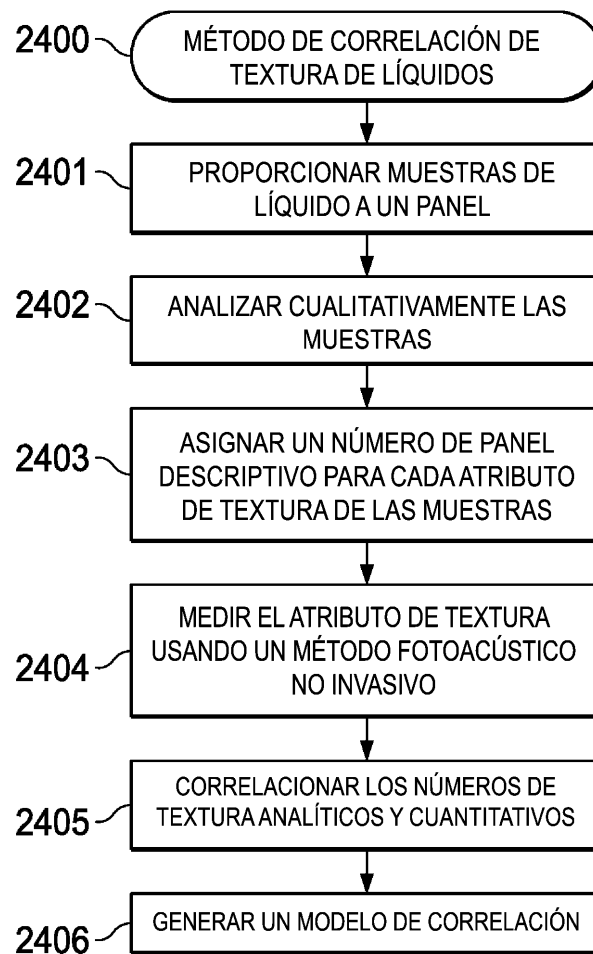


FIG. 24

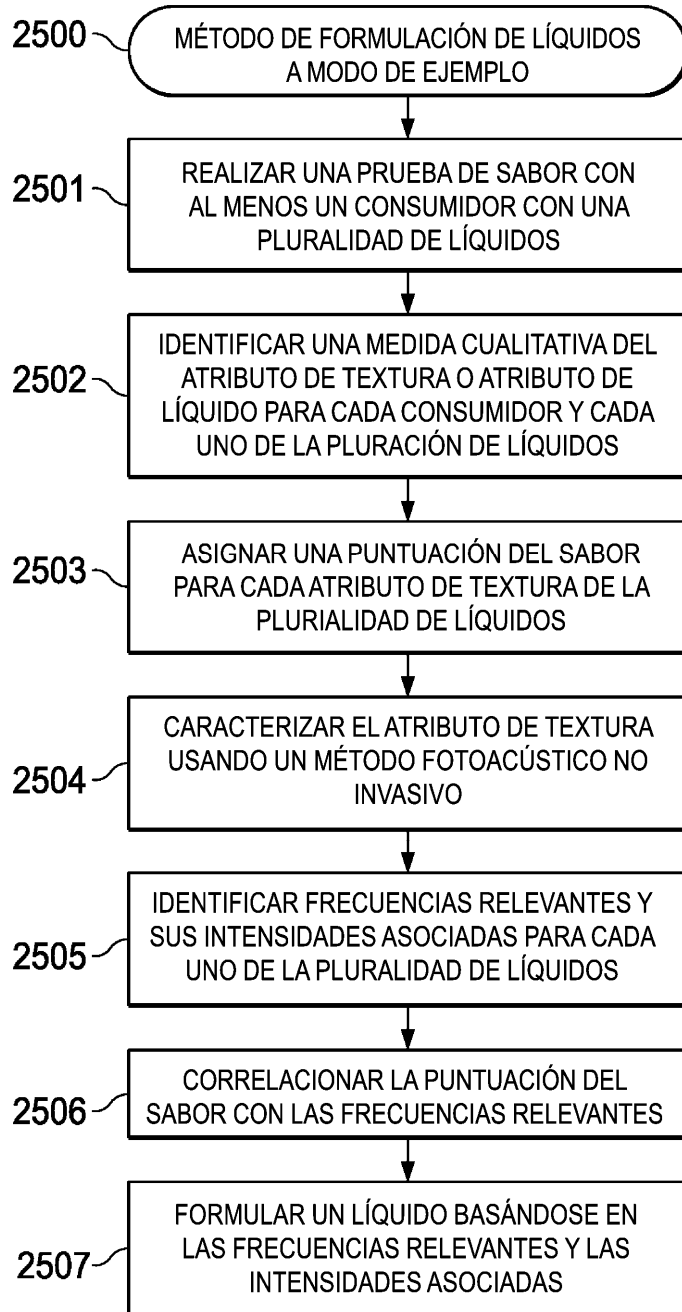


FIG. 25

