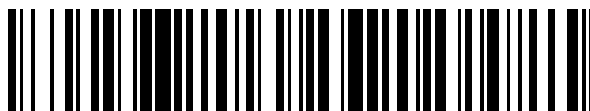


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 422**

51 Int. Cl.:

C12C 5/04 (2006.01)
A23L 5/00 (2006.01)
A01D 46/00 (2006.01)
A23P 10/40 (2006.01)
A23P 30/20 (2006.01)
A23L 29/00 (2006.01)
A23L 19/00 (2006.01)
A23L 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.05.2014** **PCT/US2014/038433**
87 Fecha y número de publicación internacional: **04.12.2014** **WO14193669**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2014** **E 14805077 (6)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018** **EP 3004317**

54 Título: **Producto alimentario extruido de fluido supercrítico**

30 Prioridad:

29.05.2013 US 201313904703

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.06.2018

73 Titular/es:

FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC. (100.0%)
7701 Legacy Drive
Plano, TX 75024-4099, US

72 Inventor/es:

GANJYAL, GIRISH

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 673 422 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

Producto alimentario extruido de fluido supercrítico

5 **Antecedentes de la invención****Campo técnico**

10 La presente invención se refiere a un método de preparación de un aperitivo expandido mejorado y, más en particular, a un método de preparación de un extruido expandido o inflado que tiene un alto contenido nutricional que queda de ingredientes de entrada de frutas o verduras, formas novedosas y características de textura.

Descripción de la técnica relacionada

15 Los productos aperitivos inflados son artículos de consumo populares para los que existe una gran demanda. Los aperitivos también pueden desempeñar un papel importante en la dieta de los consumidores y la demanda de los consumidores de aperitivos saludables ha aumentado drásticamente.

20 Las frutas y las verduras sin almidón son en general buenas fuentes de vitaminas, minerales y otros compuestos saludables tales como antioxidantes. Las diferentes frutas y verduras son ricas en diferentes nutrientes y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) recomienda el consumo de entre 5 y 13 porciones de una diversidad de frutas y verduras por día, dependiendo de las necesidades específicas del individuo. De acuerdo con la Administración de Alimentos y Fármacos de los Estados Unidos, una dieta rica en fibra puede reducir el riesgo de una persona de determinados tipos de cáncer, diabetes, trastornos digestivos y enfermedades cardíacas, así como también puede ayudar a controlar el peso. Además, las vitaminas y los minerales son ampliamente reconocidos como parte de una dieta saludable y los antioxidantes pueden reducir el riesgo de enfermedades cardíacas y cáncer.

30 Un aperitivo saludable y nutritivo idealmente debería satisfacer varios criterios que incluyen límites sobre la grasa, incluyendo los ácidos grasos saturados y trans, el colesterol, el sodio y el azúcar añadido. Preferentemente, los criterios también deberían incluir productos formulados para tener beneficios específicos de salud o bienestar.

35 Aunque las frutas y las verduras pueden consumirse crudas o cocidas en su forma natural, algunas personas consideran que consumir frutas y verduras enteras como aperitivo es poco práctico, incómodo y generalmente no deseable. Los aperitivos de frutas y verduras secas de la técnica anterior generalmente toman la forma de rodajas deshidratadas de frutas o verduras enteras. Estas rodajas deshidratadas de la técnica anterior normalmente no tienen la textura ligera y crujiente deseada por los consumidores, ni tampoco conservan los nutrientes y aromas nativos presentes en los ingredientes de partida. Otros tipos de aperitivos de frutas o verduras de la técnica anterior han incluido cantidades triviales o insustanciales de frutas o verduras, por lo que no son nutricionalmente diferentes de las patatas fritas tradicionales. Ningún aperitivo de la técnica anterior ha sido capaz de entregar altos niveles de frutas o verduras, junto con las características adicionales de los aperitivos nutritivos enumerados anteriormente, en forma de un producto ligero y crujiente.

45 Los productos expandidos directamente de la técnica anterior, tales como los aperitivos producidos y comercializados con la marca comercial Cheetos®, se preparan normalmente extruyendo harina de maíz y/u otras materias primas a través de una boquilla que tiene un orificio pequeño a alta temperatura y presión. La presión de vapor de agua en el extruido caliente provoca la expansión o el inflado del extruido a medida que sale del orificio pequeño. Como se divulga en la Patente de los EE.UU. N.º 6.607.772, cedida al mismo cesionario de la presente invención, los ingredientes normales para la materia prima de partida consisten en harina de maíz y agua. La extrusión a alta temperatura/alta presión no es ideal para su uso con contenido de fruta y verdura, por las razones que se describen en la descripción detallada a continuación. La solicitud de patente internacional WO2013/064449A1 describe un concentrado alimenticio conformado utilizado como caldo, condimento o sopa y basado en almidón gelatinizado y que se extruye o se prensa.

55 **Sumario de la invención**

60 La presente invención proporciona una pieza de aperitivo inflada, extruida, saludable, de gran sabor, que tiene un alto contenido de ingredientes termosensibles, tales como sólidos de frutas o verduras, y una textura ligera y crujiente. Los sólidos de fruta o verdura se incorporan a la pieza de aperitivo inflada mediante la inclusión de contenido de fruta en diversas formas como ingrediente. En un aspecto de la invención, el contenido de fruta o verdura se combina con almidón pregelatinizado dentro de una extrusora, se inyecta fluido supercrítico en la mezcla en las condiciones de presión dentro de la extrusora. El fluido supercrítico se convierte en un gas tras alcanzar la presión atmosférica a medida que sale de la extrusora, expandiendo de este modo el extruido.

65 En una realización, un producto alimentario extruido de fluido supercrítico comprende una permeabilidad de matriz

de almidón pregelatinizado de entre $8,2 \times 10^{-12}$ y $6,9 \times 10^{-11}$ metros cuadrados; donde el almidón pregelatinizado tiene, antes de la extrusión, al menos uno de los siguientes: un tiempo hasta el máximo de AVR inferior a 100 segundos, cuando se mide usando el protocolo de AVR con un 20 % de sólidos; una viscosidad de paletas a 80 °C de entre 0,1 Pa-s y 10 Pa-s; o un logaritmo de módulo de almacenamiento de cizalla medido en Pa de entre 1,25 y 2,25 en un logaritmo de esfuerzo de cizalla medido en Pa de entre 0 y 2,5.

En otra realización, el almidón pregelatinizado comprende una viscosidad de paletas a 80 °C de entre 0,1 Pa-s y 10 Pa-s. En otra realización más, el almidón pregelatinizado comprende un logaritmo de módulo de almacenamiento de cizalla medido en Pa de entre 1,25 y 2,25 en un logaritmo de esfuerzo de cizalla medido en Pa de entre 0 y 2,5.

En otro aspecto de la invención, el extruido se corta en piezas y se somete a operaciones específicas de post-procesamiento que sirven para alterar la estructura de las piezas de extruido. En una realización, una pieza de extruido cilíndrica se somete a secado al vacío, lo que provoca que se forme un agujero axial en el producto extruido. En otra realización, la pieza de extruido se somete a secado por impacto de chorro, lo que provoca que la pieza se expanda y se infle adicionalmente. Estas características y ventajas, así como otras adicionales, de la presente invención serán evidentes en la siguiente descripción escrita.

Breve descripción de los dibujos

Las características novedosas que se consideran características de la invención se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, la propia invención, así como un modo de uso preferido, objetivos y ventajas adicionales de la misma, se comprenderán mejor por referencia a la siguiente descripción detallada de realizaciones ilustrativas cuando se lee conjuntamente con los dibujos adjuntos, donde:

La Figura 1 es un esquema del aparato utilizado para preparar el producto de aperitivo extruido de la presente invención.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de una pieza de aperitivo preparada de acuerdo con la presente invención que incluye un orificio axial.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de una pieza de aperitivo preparada de acuerdo con la presente invención que tiene forma de almohada, con un interior de baja densidad.

La Figura 4 es un gráfico que muestra el perfil de Analizador de viscosidad rápida (AVR) para diversos almidones sometidos a ensayo con la presente invención.

La Figura 5 muestra el perfil de distribución de tamaño de hueco para dos realizaciones del producto de aperitivo de la presente invención y un producto de aperitivo de la técnica anterior.

Descripción detallada

Las piezas de aperitivo extruidas de la presente invención son aperitivos extruidos que conservan una alta proporción de los componentes termosensibles que se encuentran en los ingredientes iniciales, tales como los compuestos aromatizantes naturales y los nutrientes y tienen una textura ligera y crujiente. Los ejemplos de ingredientes termosensibles o ingredientes con componentes termosensibles incluyen ingredientes a base de frutas y a base de verduras, ingredientes con altos niveles de azúcar, ciertas proteínas tales como las proteínas de suero de leche, compuestos aromatizantes que se han aislado de su fuente nativa (compuestos aromatizantes naturales) o se han sintetizado (compuestos aromatizantes sintéticos) y agentes colorantes.

Los componentes termosensibles sobreviven durante el proceso de la presente invención, a lo largo de todo el proceso, manteniendo la temperatura de los ingredientes extruidos por debajo de una temperatura a la que los componentes termosensibles se descomponen. En el sentido más amplio de la invención, los extruidos inflados o expandidos se producen a temperaturas por debajo del punto de ebullición del agua (aproximadamente 100 °C). Sin embargo, la presente invención también funciona a temperaturas incluso más bajas, temperaturas más bajas que amplían adicionalmente el número de ingredientes termosensibles que sobrevivirán al proceso. En una realización, la temperatura de los ingredientes se mantiene por debajo de aproximadamente 90 °C; en una realización preferida, la temperatura se mantiene por debajo de aproximadamente 85 °C; en una realización mucho más preferida, la temperatura se mantiene por debajo de aproximadamente 80 °C.

Como se ha descrito anteriormente, la técnica anterior produce productos expandidos calentando ingredientes dentro de una extrusora a una temperatura superior al punto de ebullición del agua (o, por encima de aproximadamente 100 °C) a alta presión, haciéndolos pasar a través de un orificio de la boquilla y permitiendo que el agua se retire por vaporización instantánea como vapor, expandiendo o inflando de este modo el extruido. Muchos procesos de la técnica anterior también calientan los ingredientes a temperaturas muy por encima de 100 °C con el fin de gelatinizar cualquier almidón presente en los ingredientes de partida. La presente invención evita calentar los ingredientes por encima del punto de ebullición del agua usando un fluido supercrítico como agente de expansión, que puede inyectarse en los ingredientes dentro de la extrusora en un estado líquido o supercrítico a baja temperatura. Debido a que la extrusora no contiene una sección de cocción, cualquier componente sensible a la

temperatura de los ingredientes de partida sobrevive al proceso de extrusión, lo que nunca se había hecho anteriormente en la técnica.

La Figura 1 representa una representación esquemática en sección transversal de una extrusora de fluido supercrítico de acuerdo con una realización de la presente invención. La extrusora 10 puede ser una extrusora de un solo tornillo o de múltiples tornillos. En una realización preferida, la extrusora es una extrusora de doble tornillo. Más generalmente, la extrusora puede comprender cualquier dispositivo que mezcle ingredientes a presión y que fuerce la mezcla de ingredientes a través de al menos un orificio de boquilla para formar un extruido. Los ingredientes y, opcionalmente, el agua, se introducen en la extrusora 10. En una realización, los ingredientes se precondicionan con agua antes de ser introducidos dentro de la extrusora. Se puede usar una bomba de alta presión (no mostrada) para introducir los ingredientes precondicionados a la extrusora 10. El fluido supercrítico se introduce desde una fuente de fluido supercrítico 60 dentro de la extrusora 10 en un puerto 30 situado corriente abajo de la entrada 20. La fuente de fluido supercrítico puede incluir un número de tanques, bombas, intercambiadores de calor, medidores y válvulas (no se muestran) que trabajan juntos para introducir fluido en un estado supercrítico dentro de la extrusora. En una realización preferida, el fluido supercrítico es dióxido de carbono en condiciones superiores de su punto supercrítico (aproximadamente 31 °C y 7495 kPa (1087 Psi)) de manera que se encuentra en un estado supercrítico. La extrusora también puede comprender una o más camisas intercambiadoras de calor 80. Puede bombearse un fluido de enfriamiento, tal como agua, a través de las camisas 80 para enfriar la temperatura del barril y enfriar los ingredientes dentro de la extrusora.

El fluido supercrítico se mezcla y se disuelve en los ingredientes dentro de la extrusora 10 para formar una masa fundida o masa. Cuando la masa sale de la extrusora 10 a través de un orificio 70 en la cara de la boquilla 40 en forma de un extruido, el fluido supercrítico se convierte en un gas y expande el extruido 50 a medida que cambia de estado. El producto resultante es un extruido que sale de la extrusora que se expande con células de aire pequeñas y de tamaño uniforme en ubicaciones donde el fluido supercrítico ha cambiado de líquido a gas. Las células individuales están soportadas por una estructura circundante de almidón y otros ingredientes. En una realización, se inyecta dióxido de carbono supercrítico dentro la extrusora a una tasa de entre aproximadamente el 0,1 % y el 3 % en peso de los ingredientes que se introducen dentro de la extrusora. En una realización preferida, el fluido supercrítico se inyecta a una tasa de entre aproximadamente el 0,5 % y el 2,5 % y en una realización mucho más preferida de entre aproximadamente el 0,8 % y el 2,0 %.

Los pequeños huecos creados cuando el fluido supercrítico se convierte en gas pueden distinguirse fácilmente de los huecos creados en extruidos inflados expandidos directamente a alta temperatura. Generalmente, los tamaños de los huecos son mucho más uniformes y se agrupan en el extremo inferior del espectro de tamaños de huecos. Por el contrario, los extruidos expandidos directamente muestran una distribución más aleatoria a través del espectro de tamaños de huecos. La Figura 5 es un gráfico que muestra el porcentaje de vacíos dentro de los intervalos de tamaño de aproximadamente 0,005 mm a aproximadamente 2 mm. Se representan dos extruidos de fluido supercrítico diferentes mediante las líneas 502 y 504, mientras que se representa un producto inflado expandido directamente a alta temperatura mediante la línea 506. La estructura de las células de los extruidos de fluido supercrítico muestra una marcada diferencia en la distribución de tamaño que el extruido expandido directamente a alta temperatura.

En una realización, los productos finales preparados a partir de extruidos supercríticos mantienen igual o similar tamaño y distribución de células a lo largo de cualquier proceso post-extrusión, tal como un proceso de secado. Sin embargo, el tamaño, la estructura y la distribución de células también pueden modificarse antes o durante el procesamiento post-extrusión. Por ejemplo, las células generalmente esféricas pueden estirarse en formas que se parecen a esferoides, ovoides o elipsoides estirando el extruido, antes o después de cortarlas en pedazos. La estructura y la textura de las células también pueden modificarse de otras maneras mediante procesamiento post-extrusión, como se describe en detalle a continuación.

En una realización, los ingredientes de entrada y el contenido de humedad también se ajustan para proporcionar un extruido que pueda cortarse eficazmente en la cara de la boquilla y pueda producir piezas de extruido que conserven su expansión durante operaciones de secado posteriores. Los solicitantes del presente documento han descubierto que una combinación de almidones pregelatinizados con características y perfiles de viscosidad específicos, y contenido de humedad de entrada, puede procesarse usando el equipo descrito anteriormente para producir un extruido que pueda cortarse en piezas de aperitivo individuales usando un cortador giratorio en la cara de la boquilla y, posteriormente, pueda secarse usando diversas técnicas de secado para producir piezas de aperitivo con una estructura expandida de baja densidad.

Los almidones preferidos utilizados con la presente invención son almidones pregelatinizados que tienen un perfil de viscosidad determinado cuando se miden usando un Analizador de viscosidad rápida (AVR), lo que es indicativo de otras características importantes de los almidones que funcionan bien de acuerdo con la presente invención, incluyendo la hidratación, el adelgazamiento por cizalla, la resistencia de gel, la formación de película y la difusividad. Los almidones utilizados en las formulaciones de ingredientes de una realización de la presente invención deben ser pregelatinizados porque no hay sección de cocción de la extrusora. Son almidones pregelatinizados preferidos que se descubrió que funcionaban bien con la presente invención el almidón

XPANDR612, disponible de A.E. Staley Company en Decatur, IL y el almidón de arroz extruido pregelatinizado (que no funcionó tan bien como el almidón XPANDR612). Estos almidones se eligieron después de extruir numerosos tipos de almidones, incluyendo almidones nativos y almidones dextrinados, de muchos fabricantes diferentes, a través del aparato extrusor de fluido supercrítico a diversos contenidos de humedad.

La Figura 4 representa varios perfiles AVR de ejemplo para almidones que se sometieron a ensayo usando la extrusora de fluido supercrítico descrita anteriormente y que se representa en la Figura 1. La curva de AVR 412 representa el almidón XPANDR612 que funcionó mejor con la presente invención. Las curvas de AVR 414, 416 y 418 para varios otros almidones hechos pasar a través de la extrusora de fluido supercrítico también se representan en la Figura 4. Curiosamente, la curva de AVR para el almidón de arroz pregelatinizado extruido que sí funcionó con la presente invención fue muy similar en su forma a la curva de AVR 412 para XPANDR612. El análisis de AVR se realizó en las siguientes condiciones: la muestra se mantuvo a aproximadamente 25 °C durante aproximadamente 3 minutos, la temperatura se aumentó a aproximadamente 90 °C durante aproximadamente los siguientes 7 minutos, se mantuvo a aproximadamente 90 °C durante los siguientes 4 minutos, se enfrió a aproximadamente 50 °C durante los siguientes 4 minutos y se mantuvo a 50 °C durante el último minuto.

Los análisis del AVR comentados anteriormente se realizaron con un Analizador de viscosidad rápida Newport Scientific, número de modelo RVA-4. El procedimiento utilizado para medir el AVR para cada muestra fue como se indica a continuación: (1) Determinar el contenido de humedad de la muestra (los datos de contenido de humedad para estos ensayos se recogieron usando un Mettler Toledo HR-83); (2) Determinar la cantidad de muestra que se ha de añadir para un 15 % de sólidos; (3) Tarar el recipiente metálico de la muestra sobre la balanza y añadir la cantidad determinada de muestra; (4) Añadir agua desionizada hasta que la balanza indique 28 g; (5) Rascar el fondo del recipiente de la muestra con una varilla de vidrio (sin agitar) para asegurarse de que la muestra esté bien mezclada; (6) Insertar una paleta de plástico dentro del recipiente de la muestra; (7) Insertar el recipiente de la muestra con la paleta en el AVR; (8) Elegir el perfil de temperatura descrito anteriormente y representado en la Figura 4 y esperar a que el AVR alcance la temperatura establecida; (9) Empujar el recipiente de la muestra hacia abajo en el AVR; (10) Esperar aproximadamente 20 minutos para que el AVR complete el análisis. El procedimiento anterior se denomina en el presente documento Protocolo de AVR.

Como puede observarse en la Figura 4, las curvas 414, 416 y 418 difieren notablemente de la curva 412. La curva 412 asciende a una viscosidad máxima 412A de aproximadamente 600 Unidades de viscosidad rápida (UVR; 1 UVR = aproximadamente 12 cP) en aproximadamente 2 minutos, después desciende a una viscosidad valle 412B de aproximadamente 42 UVR a aproximadamente 15 minutos y se extiende a una viscosidad final 412C de aproximadamente 64 UVR a los 19 minutos. Por el contrario, la curva 414 (que representa una muestra de almidón de harina de arroz) muestra dos niveles de viscosidad creciente, la curva 416 (que representa una muestra de almidón de tapioca) muestra un largo período sin cambios en la viscosidad, seguido de un pico rápido, valle y pico final, y la curva 418 (que representa un almidón de maíz pregelatinizado) muestra un perfil de viscosidad relativamente plano y ligeramente ascendente.

Por tanto, un almidón que puede usarse en una realización de la presente invención comprenderá una viscosidad máxima de entre aproximadamente 500 y aproximadamente 700 UVR en un tiempo de entre aproximadamente 1 y 6 minutos, una viscosidad valle de entre aproximadamente 20 y 60 UVR entre aproximadamente 12 y 18 minutos y una viscosidad final de entre aproximadamente 45 y 85 UVR a aproximadamente 19 minutos, medida usando el protocolo AVR.

El almidón XPANDR612 tiene otras tres características importantes, que son evidentes a partir del perfil de viscosidad. En primer lugar, se hidrata rápidamente cuando se añade al agua con cizalla y a baja temperatura, formando un gel. Esto puede observarse en el perfil de AVR 412 en la Figura 4, en la región comprendida entre el comienzo del perfil y el pico de viscosidad 412A. En esta región, los gránulos de almidón se hinchan a medida que absorben agua. Las otras curvas de viscosidad del almidón no muestran ninguna hinchazón o muestran una hinchazón muy tardía y solo después de que la temperatura ha aumentado significativamente.

En segundo lugar, la ubicación de la viscosidad máxima 412A y el descenso rápido en el perfil de viscosidad después del pico a través del valle de viscosidad 412B y hasta la viscosidad final 412C indica que se comportará idealmente en condiciones de extrusión de fluido supercrítico. No solo forma un gel rápidamente, sino que también tiene propiedades de formación de película deseables. Sin quedar limitados por teoría alguna, los solicitantes piensan que el fluido supercrítico se inyecta en la mezcla de almidón en las proximidades de su viscosidad máxima 412A, permitiendo que la matriz de almidón capture y estabilice el fluido supercrítico. Después de inyectar el fluido supercrítico, el almidón muestra características de "adelgazamiento por cizalla", representadas por la región entre el pico de viscosidad 412A y el valle de viscosidad 412B, lo que permite que fluya eficientemente a través de la extrusora y el orificio de la boquilla. Las características de adelgazamiento por cizalla también se mantienen a través de un intervalo de temperaturas y tiempos después del pico de viscosidad 412A.

En tercer lugar, el almidón pregelatinizado que funciona de acuerdo con la presente invención comprende una proporción deseable de amilosa a amilopectina en el almidón. Los almidones que son ricos en amilosa interfieren con la cristalinidad de la amilopectina y no forman geles que sean tan "pegajosos" como los almidones ricos en

amilopeptina. Sin embargo, los almidones ricos en amilosa forman geles y películas más fuertes. Sin quedar limitados por teoría alguna, los solicitantes piensan que el almidón rico en amilosa ayuda a estabilizar y contener las células de fluido supercrítico dentro del extruido y mantiene la estructura expandida del extruido a través de un procesamiento post-extrusión, que incluye operaciones de secado. El almidón utilizado de acuerdo con la presente invención tiene una baja difusividad de dióxido de carbono supercrítico, que impide que el dióxido de carbono escape de las células a medida que se expanden. El almidón XPANDR612 es rico en amilopeptina antes de pregelatinizarse, pero el proceso de gelatinización convierte parte de la amilopeptina en amilosa, aumentando la relación de amilosa a amilopeptina en el almidón.

Los almidones pregelatinizados utilizados de acuerdo con la presente invención permiten a los profesionales cortar eficazmente el extruido en piezas individuales en la cara de la boquilla (lo que no era posible con otros tipos de almidones) y proporcionan un producto final con una textura aceptable, ligera y crujiente, a diferencia de la textura más dura y más crujiente transmitida por los otros almidones que se sometieron a ensayo.

Cuando se usan almidones pregelatinizados que tienen las características anteriores para producir productos alimentarios extruidos de fluido supercrítico, dichos productos pueden distinguirse de los productos preparados usando otros almidones de varias maneras diferentes. En un primer experimento, los extruidos de fluido supercrítico preparados de acuerdo con el método descrito anteriormente usando una gama de almidones se sometieron a un ensayo de permeabilidad al dióxido de carbono. Para someter a ensayo la permeabilidad, se midió el flujo de dióxido de carbono a través de piezas de extruido. Las piezas de extruido se produjeron usando almidón y agua (al 25 % de agua en peso) como los únicos ingredientes de partida. Las piezas se cortaron en la cara de la boquilla y cayeron en nitrógeno líquido para fijar la estructura porosa resultante de las condiciones de extrusión. Después, las piezas de extruido se liofilizaron a aproximadamente el 4 % de humedad en peso.

La permeabilidad de cada pieza se midió usando un vaso cilíndrico presurizado que comprendía un agujero de 5 mm de diámetro en un extremo. La pieza de extruido se cortó por la mitad longitudinalmente y se fijó a una superficie interior del vaso, cubriendo por completo el agujero, usando epoxi. La pieza de extruido cortada se orientó directamente sobre el agujero para simular la dirección de desplazamiento del flujo de dióxido de carbono a través de la pieza, del interior de la pieza al exterior y hacia afuera a través del agujero. El vaso se presurizó a 1,7 atm (0,17 MPa) de presión manométrica (aproximadamente 2,7 atm (0,27 MPa) absolutos) con dióxido de carbono y la caída de presión a lo largo del tiempo en el vaso cilíndrico se midió usando un transductor de presión. El transductor era un Transmisor de presión escalable Emerson, número de modelo 3051S1TG1A2E11A2A. El registrador de datos utilizado fue un registrador de datos portátil Omega número de modelo OM-DAQPRO-5300. Se registró la caída de presión a lo largo del tiempo. La permeabilidad (k) se calculó usando la ley de Darcy usando datos de presión recogidos a, y a alrededor de, 1 atm (0,1 MPa) de presión manométrica (2 atm (0,2 MPa) absolutos).

La permeabilidad para las piezas de extruido que se prepararon a partir de almidones pregelatinizados y que mostraron la textura ligera, expandida y crujiente deseable oscilaba entre $8,2 \times 10^{-12}$ y $6,9 \times 10^{-11}$ metros cuadrados. Todas las piezas de extruido no deseables preparadas usando un almidón pregelatinizado diferente presentaron una permeabilidad fuera de este intervalo o pudieron diferenciarse basándose en una de las características que se describen a continuación. Cuando se describe un extruido de fluido supercrítico como que comprende una matriz de almidón pregelatinizado que tiene una permeabilidad de entre $8,2 \times 10^{-12}$ y $6,9 \times 10^{-11}$ metros cuadrados, se pretende que esta medición se tome de acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente, que puede denominarse el Protocolo de permeabilidad de matriz de almidón.

En un segundo experimento, las curvas de AVR para una diversidad de almidones utilizados para preparar las piezas de extruido se midieron usando el protocolo de AVR descrito anteriormente, excepto por que se usó un 20 % de sólidos en el análisis. La cantidad de AVR más pertinente que ayudó a distinguir los almidones pregelatinizados que produjeron extruidos deseables de los que produjeron los extruidos no deseables fue el tiempo que tardó en alcanzar la viscosidad máxima (denominada en el presente documento Tiempo hasta el máximo de AVR). El Tiempo hasta el máximo de AVR para almidones pregelatinizados que produjeron extruidos deseables, que mostraron la textura ligera, expandida y crujiente deseable y que presentaron una permeabilidad dentro del intervalo deseado, fue inferior a 100 segundos.

En un tercer experimento, se midió la viscosidad de paletas para una diversidad de almidones utilizados para preparar las piezas de extruido. El perfil de viscosidad de paletas se obtuvo usando un Anton Paar modelo PhysicMCR301 con el accesorio de paleta (ST22-4V-16 19159). La temperatura se aumentó de 25 °C a 100 °C a una velocidad de 2 °C por minuto y se midió la viscosidad. El procedimiento utilizado para medir la viscosidad de paletas para cada muestra fue como se indica a continuación: (1) Determinar la cantidad de almidón para añadir un 20 % de sólidos; (2) Mezclar la muestra con agua para formar un gel homogéneo; (3) Cargar la muestra en la copa Anton Paar (el número de pieza es 19039 CC27); (4) La viscosidad se midió mientras la temperatura aumentaba. La viscosidad de paletas a 80 °C para los almidones pregelatinizados utilizados para preparar piezas de extruido de fluido supercrítico, que mostraban la textura ligera, expandida y crujiente deseable y que presentaban una permeabilidad dentro del intervalo deseado, estaba entre 0,1 Pa-s y 10 Pa-s. El método anterior de determinación de la viscosidad de paletas se denomina en el presente documento Protocolo de viscosidad de paletas.

El Anton Paar modelo PhysicMCR301 también se usó para reunir otro tipo de datos acerca del almidón utilizado para preparar las piezas de extruido de fluido supercrítico. El módulo de almacenamiento de cizalla (G') se midió usando un accesorio de placa de 50 mm del Anton Paar (accesorio PP50/S 18796). El procedimiento utilizado para medir el módulo de almacenamiento de cizalla para cada muestra fue como se indica a continuación: (1) Determinar la cantidad de almidón que se ha de añadir para un 20 % de sólidos; (2) Mezclar la muestra con agua para formar un gel homogéneo; (3) Cargar el gel en la placa; (4) Bajar la placa superior a un espacio de 1 mm; (5) Retirar el gel en exceso recortando desde los lados de la placa superior; (6) Ejecutar un barrido de amplitud en las siguientes condiciones: la muestra se mantuvo a una frecuencia de 1 Hercio y la oscilación del disco fue del 0,01-1,000 % de deformación con una pendiente de 6 puntos por decimal a 25 °C. (7) Se obtuvieron los módulos tanto de almacenamiento como viscoso y el módulo de almacenamiento se representó frente a la tensión de cizalla en una representación logaritmo-logaritmo. Para las piezas de extruido que se prepararon a partir de almidones pregelatinizados, que mostraron la textura ligera, expandida y crujiente deseable y que presentaron una permeabilidad dentro del intervalo deseado, cuando el logaritmo de tensión de cizalla estaba entre el 0 % y el 2,5 %, el logaritmo de G' (medido en Pa) estaba entre 1,25 y 2,25. El método descrito anteriormente para determinar G' se denomina en el presente documento el Protocolo de módulo de almacenamiento de cizalla.

Por tanto, en una realización de la invención, un producto alimentario extruido de fluido supercrítico comprende una permeabilidad de matriz de almidón pregelatinizado de entre $8,2 \times 10^{-12}$ y $6,9 \times 10^{-11}$ metros cuadrados; donde el almidón pregelatinizado tiene, antes de la extrusión, un tiempo hasta el máximo de AVR inferior a 100 segundos, cuando se mide usando el protocolo de AVR con un 20 % de sólidos. En otra realización, un producto alimentario extruido de fluido supercrítico comprende una permeabilidad de matriz de almidón pregelatinizado de entre $8,2 \times 10^{-12}$ y $6,9 \times 10^{-11}$ metros cuadrados; donde el almidón pregelatinizado tiene, antes de la extrusión, una viscosidad de paletas a 80 °C de entre 0,1 Pa-s y 10 Pa-s. En otra realización más, un producto alimentario extruido de fluido supercrítico comprende una permeabilidad de matriz de almidón pregelatinizado de entre $8,2 \times 10^{-12}$ y $6,9 \times 10^{-11}$ metros cuadrados; y un almidón pregelatinizado que tiene un logaritmo de módulo de almacenamiento de cizalla medido en Pa de entre 1,25 y 2,25 en un logaritmo de esfuerzo de cizalla medido en Pa de entre el 0 % y el 2,5 %. En una realización preferida, un producto alimentario extruido de fluido supercrítico comprende una permeabilidad de matriz de almidón pregelatinizado de entre $8,2 \times 10^{-12}$ y $6,9 \times 10^{-11}$ metros cuadrados; donde el almidón pregelatinizado tiene, antes de la extrusión, al menos uno de los siguientes: un tiempo hasta el máximo de AVR inferior a 100 segundos, cuando se mide usando el protocolo de AVR con un 20 % de sólidos; una viscosidad de paletas a 80 °C de entre 0,1 Pa-s y 10 Pa-s; o un logaritmo de módulo de almacenamiento de cizalla medido en Pa de entre 1,25 y 2,25 en un logaritmo de esfuerzo de cizalla medido en Pa de entre 0 y 2,5.

Como alternativa, pueden gelatinizarse almidones nativos en una operación unitaria antes de hacerlos pasar a la extrusora de fluido supercrítico. Para que dichos almidones gelatinizados funcionen de acuerdo con la presente invención, deben presentar características similares a las del almidón XPANDR612 descrito anteriormente. Las características de los almidones nativos que se pregelifican en una operación unitaria antes de la extrusión pueden controlarse seleccionando los ingredientes de partida, la temperatura, el tiempo, la humedad y el nivel de cizalla impuestos durante la operación de pregelificación. Estas variables pueden determinarse por un experto en la materia para llegar a las características de almidón apropiadas sin experimentación excesiva después de leer la divulgación en el presente documento. Además, los almidones gelificados deben enfriarse antes de combinarse con cualquier componente termosensible que finalmente se extruya a través de la extrusora de fluido supercrítico, ya sea combinados en una tolva que alimente la extrusora de fluido supercrítico o dentro de la propia extrusora. En una realización, la mezcla de almidón gelificado se enfría a una temperatura por debajo de aproximadamente 90 °C y, en una realización preferida, se enfría a una temperatura por debajo de aproximadamente 80 °C.

Los ingredientes de entrada en una realización de la presente invención también comprenden al menos uno de ingredientes a base de fruta o ingredientes a base de verdura. Como se usa en el presente documento, el término fruta se usa en el sentido culinario e incluye las frutas botánicas que son dulces y carnosas. Los ejemplos de fruta incluyen, sin limitación, manzana, fresa, arándano, arándano americano, ciruela, melocotón, mango, plátano, pera, uva y naranja. El término verdura se usa en el presente documento en el sentido culinario e incluye los frutos vegetales que son sabrosos, en lugar de dulces. Los ejemplos de verduras incluyen, sin limitación, patatas, boniatos, maíz dulce, ñame, taro, plátanos machos, guisantes y lentejas, calabaza, tomate, cebolla, zanahoria, pimiento, remolacha, pepino, brócoli y calabaza. Cada una de las diferentes frutas y verduras utilizadas en la presente invención es rica en diferentes nutrientes y cada una tiene beneficios nutricionales diferentes de los granos de almidón, tales como maíz, arroz y trigo.

En una realización preferida, las piezas de aperitivo finales de la presente invención incorporan al menos 1 porción de frutas o verduras por porción de 28,35 g (1 onza) de las piezas de aperitivo. En otra realización preferida, las piezas de aperitivo de la presente invención incorporan al menos 1,5 porciones de frutas o verduras por porción de 28,35 g (1 onza) de las piezas de aperitivo. En otra realización preferida más, las piezas de aperitivo de la presente invención incorporan al menos 2 porciones de frutas o verduras por porción de 28,35 g (1 onza) de las piezas de aperitivo.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) define una porción de verduras como 1/2 taza de verduras picados. Por ejemplo, 1/2 taza de cubos de 2,54 cm (1 pulgada) de calabaza

cruda constituye 1 porción de calabaza y 1/2 taza de tomates crudos picados o en rodajas constituye 1 porción de tomate a tenor de las directrices del USDA. Puede entenderse como que una porción de verduras tiene un contenido de humedad y un contenido de sólidos. Los sólidos de verduras y los sólidos de frutas se definen en el presente documento como los componentes no acuosos de verduras y frutas, respectivamente. Por tanto, una porción de verduras comprende un contenido seco de sólidos de verduras y una porción de fruta comprende un contenido seco de sólidos de frutas. La Base de datos nacional de nutrientes para patrones de referencia del USDA define el peso de la porción comestible de una verdura en esa 1/2 taza y define la humedad promedio y, por tanto, el contenido de sólidos de verduras de la porción comestible de una verdura. La **Tabla 1**, por ejemplo, representa el perfil nutricional para 1 taza o 180 gramos de un tomate rojo, maduro, crudo, de promedio anual, al que se accede en <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>.

Tabla 1. Tomates, rojos, maduros, crudos, de promedio anual

Nutrientes	Unidades	Valor por 100 gramos	Número de puntos de datos	Error típico	1,00 X 1 taza, picado o en rodajas
					180 g
Aproximados					
Agua	g	94,50	33	0,159	170,10
Energía	kcal	18	0		32
Energía	Kj	75	0		135
Proteína	g	0,88	19	0,039	1,58
Lípidos totales (grasa)	g	0,20	26	0,034	0,36
Ceniza	g	0,50	19	0,018	0,90
Hidratos de carbono, por diferencia	g	3,92	0		7,06
Fibra, total de la dieta	g	1,2	5	0,234	2,2
Azúcares, totales	g	2,63	0		4,73
Sacarosa	g	0,00	12	0,002	0,00
Glucosa (dextrosa)	g	1,25	16	0,135	2,25
Fructosa	g	1,37	17	0,073	2,47
Lactosa	g	0,00	9	0	0,00
Maltosa	g	0,00	9	0	0,00
Galactosa	g	0,00	4	0	0,00
Almidón	g	0,00	4	0	0,00

Base de datos nacional de nutrientes para patrones de referencia del USDA, publicación 19 (2006)

Como se usa en el presente documento, una porción de fruta o una porción de verduras se define como la cantidad de contenido de sólidos de frutas o sólidos de verduras que es equivalente a 1/2 taza (118 centímetros cúbicos) de frutas o verduras picadas secas basada en la Base de datos nacional de nutrientes para patrones de referencia del USDA, publicación 19, 2006. De acuerdo con la Tabla 1, una taza de tomates rojos, maduros, crudos, de promedio anual, pesa 180 gramos, tiene un contenido de agua del 94,5 % en peso y un contenido de sólidos de verduras del 5,5 %. Una porción de verduras de tomates crudos (1/2 taza) tiene un peso total de 90 gramos. En consecuencia, 4,95 gramos (contenido de sólidos del 5,5 % x 90 gramos de peso total) de sólidos de tomate en un producto terminado son equivalentes a una porción de verduras. (Como saben los expertos en la materia, los polvos de verduras normalmente tienen un componente de humedad intrínseca, por ejemplo, el polvo de tomate puede comprender una humedad en peso de menos de aproximadamente el 4 %. En consecuencia, la cantidad de polvo de tomate necesaria para una porción de verduras puede no corresponder exactamente a la cantidad de sólidos de tomate necesaria para una porción de verduras). Por tanto, una pieza de aperitivo que tiene una porción de verdura de un tercio tendría aproximadamente 4,95 gramos de sólidos de tomate en una porción de 1 onza (28,35 g) de piezas de aperitivo. En consecuencia, en una realización, pueden añadirse sólidos de verduras en una cantidad suficiente para proporcionar al menos 0,5 porciones de verduras o al menos 1 porción de verduras, en una realización preferida, en una cantidad suficiente para proporcionar 1,5 porciones de verduras y, en otra realización, en una cantidad suficiente para proporcionar 2 o 2,5 porciones de verduras. Los solicitantes señalan que un producto de aperitivo que tenga 2 porciones de verduras también tendrá 1 porción de verduras y 1,5 porciones de verduras. Por tanto, estos límites se interpretan como valores mínimos, que incluyen todos los niveles superiores de porciones de verduras. Como se usa en el presente documento, una porción de frutas o una porción de verduras se define como la cantidad de sólidos de frutas o de verduras que es equivalente a 1/2 taza (118 centímetros cúbicos) de frutas o verduras picadas secas basada en la Base de datos nacional de nutrientes para patrones de referencia del USDA, publicación 19, 2006.

En una realización preferida de la presente invención, se usa polvo de verdura como ingrediente en el producto de

aperitivo extruido de la presente invención. El término polvo de verdura, como se usa en el presente documento, se define como copos parcialmente deshidratados de sólidos de verduras. Normalmente, el polvo de verdura contendrá entre aproximadamente el 1 % y aproximadamente el 4 % de humedad. El polvo de verdura también puede contener ingredientes tales como harina de arroz y/o lecitina como adyuvantes de procesamiento. En una realización, el polvo de verdura contiene una mezcla de diferentes polvos de verduras. Los ejemplos no limitantes de polvos de verduras que pueden usarse con la presente invención incluyen polvos derivados de tomates, zanahorias, pimientos verdes, calabaza, calabacín, pepinos, espinacas, brócoli, remolachas, remolachas rojas, perejil y cebollas.

En otra realización preferida de la presente invención, se usa polvo de fruta como ingrediente en el producto de aperitivo extruido de la presente invención. El término polvo de fruta, como se usa en el presente documento, se define como copos parcialmente deshidratados de sólidos de frutas. Normalmente, el polvo de fruta contendrá entre aproximadamente el 1 % y aproximadamente el 4 % de humedad. El polvo de fruta también puede contener ingredientes tales como harina de arroz y/o lecitina como adyuvantes de procesamiento. En una realización, el polvo de fruta contiene una mezcla de diferentes polvos de frutas. Los ejemplos no limitantes de polvos de frutas que pueden usarse con la presente invención incluyen polvos derivados de bayas, fresas, arándanos, frambuesas, mangos, plátanos, manzanas, piñas, naranjas y arándanos.

Se pueden incluir otros ingredientes termosensibles en los ingredientes de entrada de acuerdo con otras realizaciones de la presente invención. Las proteínas de suero de leche son susceptibles de daño durante el procesamiento térmico. Cuando se calientan a temperaturas superiores a aproximadamente 60 °C a aproximadamente 70 °C, las proteínas pueden desnaturalizarse o perder la mayor parte de su forma/conformación y puede producirse cierta hidrólisis. Las proteínas de suero de leche también tienen sitios de reacción que participarán en las reacciones de Maillard con los azúcares y las dextrinas presentes en los almidones cuando se calienta una mezcla de proteína de suero de leche y almidón. Las proteínas de suero de leche pueden incluirse en formulaciones de ingredientes con la presente invención y sobrevivir el proceso de extrusión sin desnaturalizarse y sin facilitar la reacción de Maillard.

La presente invención también puede usarse para incluir almidones termorresistentes en formulaciones de productos extruidos. Los almidones termorresistentes son los almidones que pueden someterse a altas temperaturas sin alterar la estructura del almidón ni gelatinizarse. Sin embargo, durante los procesos de extrusión a alta temperatura/alta cizalla de la técnica anterior, cuando se incluyen almidones resistentes junto con almidones no resistentes, los almidones resistentes se descompondrán. Por el contrario, los almidones termorresistentes sobrevivirán al proceso y al aparato de la presente invención y permitirán a un profesional aumentar el contenido de fibra del producto final.

Los solicitantes del presente documento también han determinado que el contenido de humedad de entrada de los ingredientes de partida debe estar preferentemente entre aproximadamente el 25 % y el 35 % en peso. El contenido mínimo de humedad que los solicitantes han utilizado para preparar un producto aceptable fue del 16 % en peso con algunas formulaciones (el mínimo del 20 % funciona mejor con la mayoría de las formulaciones) y el valor máximo para el contenido de humedad de entrada es del 40 % en peso. La cantidad de agua añadida necesaria para conseguir el contenido de humedad preferido variará dependiendo del contenido de humedad de los ingredientes de partida. Si el contenido de frutas o verduras comprende polvos de frutas o verduras, puede necesitarse más agua, mientras que puede añadirse menos agua si se usan zumos o purés de frutas o verduras como ingredientes de partida.

Los extruidos que son resultado de contenidos de humedad de entrada superiores al 40 % fueron demasiado blandos para permitir al profesional cortar eficazmente el extruido en piezas individuales en la cara de la boquilla, tenían una estructura que colapsó poco después de salir de la cara de la boquilla y requirieron demasiado secado post-extrusión para conseguir un producto final aceptable. Cuando la humedad de entrada es inferior al 15 %, la mezcla puede no conseguir crear una masa o masa fundida cohesiva, no conseguir disolverse y atrapar el fluido supercrítico y calentarse dentro de la extrusora debido a la fricción y alcanza temperaturas muy superiores a 100 °C. Por ejemplo, los solicitantes han observado que las mezclas de ingredientes hidratadas a menos de una humedad del 15 % emiten un sonido de "estallido" cuando salen del orificio de la boquilla de la extrusora, lo que indica que el fluido supercrítico escapa del extruido y no contribuye suficientemente a la expansión del producto. El estallido también es el resultado del vapor de agua (vapor) retirándose por vaporización instantánea del extruido. Por tanto, el 15 % no es el mínimo teórico para el contenido de humedad de la mezcla de ingredientes hidratados. El contenido de humedad para una mezcla de ingredientes dada puede reducirse hasta que comience a producir vapor cuando salga de la boquilla en la extrusora.

El resultado del uso de una mezcla de ingredientes inadecuadamente hidratada es que el extruido no tenga la textura expandida inflada deseable. Por el contrario, cuando se usan contenidos de humedad de entre el 15 % y el 40 %, el proceso de extrusión es comparativamente silencioso y el extruido conserva y aumenta su estructura expandida durante las operaciones post-extrusión. En una realización preferida, el contenido de humedad de la mezcla dentro de la extrusora está entre el 20 % y el 40 % en peso.

Las formulaciones de productos específicos de acuerdo con la presente invención deberían incluir, en seco, al menos un 30 % del almidón pregelatinizado descrito anteriormente y pueden incluir, cuando se usa una boquilla

circular, hasta el 50 % de polvo de frutas o verduras (o mezcla de las mismas) en seco y aún conservar la textura expandida y crujiente deseada por los consumidores. Cuando se usa una boquilla plana para producir un extruido similar a una lámina, pueden usarse incluso niveles más altos de polvo de frutas y verduras de hasta el 60 % en peso en seco con la presente invención. Adicionalmente, puede incluirse hasta el 10 % en peso, en seco, de almidones nativos (no pregelatinizados) en las formulaciones de la presente invención y aún producir un producto con la estructura y la textura deseadas.

En resumen, cuando se combinan ingredientes que comprenden componentes termosensibles con los almidones pregelatinizados descritos anteriormente y en el intervalo de contenido de humedad preferido, se produce un extruido que puede cortarse en la cara de la boquilla usando un cortador rotativo que es conocido en la técnica. Las piezas de extruido cortadas conservan adecuadamente su forma y estructura a medida que se recogen cerca de la salida de la boquilla. Dichas piezas de extruido son desconocidos en la técnica.

En otras realizaciones de la presente invención, pueden usarse diferentes formas de orificio de la boquilla para crear piezas de extruido que tengan atributos físicos deseables. En una realización, se usa una boquilla circular para crear piezas de extruido aproximadamente cilíndricas o, si se cortan piezas cortas de extruido, la pieza de extruido resultante puede parecerse a una esfera, esferoide, ovoide o elipsoide. En esta realización, el fluido supercrítico pasa de líquido a gas tras alcanzar la presión atmosférica y expande el extruido en una dirección radial mientras escapa del interior del extruido a través de la superficie externa. En otra realización, se emplea un orificio de boquilla en forma de anillo (o anular). En esta realización, es posible crear un extruido cilíndrico con una densidad inferior que la del creado por una boquilla circular. El extrudado que emerge de una boquilla anular tiene una densidad inferior porque tiene un mayor nivel de expansión. El dióxido de carbono no solo sale del extruido y lo expande en una dirección radial hacia afuera, sino que también expande el extruido en una dirección radial hacia adentro. El diámetro interno y externo del anillo puede elegirse de manera que la expansión hacia adentro cierre completamente el agujero que está inicialmente presente en el extruido cuando sale de la cara de la boquilla. En una realización alternativa, los diámetros del anillo pueden elegirse de manera que se conserve un orificio axial en el extruido después de que se complete la expansión del gas. Los diámetros utilizados para formar cada tipo de extruido dependerán de la formulación y el contenido de humedad del producto, así como de las condiciones del fluido supercrítico y otras condiciones de procesamiento dentro de la extrusora.

En otra realización de la presente invención, se usan etapas de procesamiento post-extrusión ya sea para establecer la estructura del extruido o para modificarla significativamente. En una realización, las piezas de extruido cortadas se secan en un horno a presión atmosférica y a temperaturas inferiores a 100 °C. En esta realización, los componentes termosensibles también sobreviven a la etapa de secado y la pieza de aperitivo seca resultante conserva una alta proporción del nivel de partida de los componentes termosensibles.

Si los ingredientes se extruyen a través de un orificio de boquilla circular, las piezas de extruido resultantes se parecen a cilindros imperfectos, que ocasionalmente presentan discontinuidades tales como flexión y otras no uniformidades superficiales. Sin embargo, cuando estas piezas se secan, forman una piel suave sobre la superficie externa. Los solicitantes observan que la superficie externa de estos productos extruidos de fluido supercrítico es más lisa que la superficie externa de los productos expandidos directamente tradicionales. Cuando los solicitantes han sazonado estos productos novedosos con un aceite/suspensión de sazonado normal, los solicitantes han señalado que queda menos aceite en la superficie, lo que da como resultado un contenido de aceite inferior en la pieza de aperitivo sazonada final.

Además, cuando estos extruidos de fluido supercrítico se fríen en aceite caliente, se ha descubierto que absorben mucho menos aceite que los productos inflados expandidos directamente a alta temperatura tradicionales. Cuando una muestra de productos inflados expandidos directamente producidos usando una extrusora de doble tornillo se frío en aceite caliente durante 30 segundos, los productos inflados tuvieron un contenido de aceite después de la etapa de fritura de aproximadamente el 75 %. Cuando otra muestra de productos inflados expandidos directamente producidos usando una extrusora aleatoria se coció en un horno y después se terminó de freír en aceite caliente, los productos inflados tuvieron un contenido de aceite de aproximadamente el 31 % en peso. Los solicitantes también frieron en aceite caliente doce muestras de piezas de extruido de fluido supercrítico preparadas de acuerdo con la presente invención y las secaron usando secado por impacto o secado por convección. Estas muestras fritas comprendían un contenido de aceite de entre aproximadamente el 15 % y el 20 % en peso. Por tanto, los extruidos de fluido supercrítico muestran una resistencia sorprendente a la absorción de aceite cuando se sazonan o se fríen.

En otra realización, se usa procesamiento post-extrusión para alterar la forma y la estructura de las piezas de extruido cortadas. En una realización preferida, se usa secado al vacío post-extrusión para crear una pieza de aperitivo con una estructura novedosa. Los solicitantes en el presente documento han extruido una mezcla del 20 % de polvo de arándano (orujo), el 80 % de almidón pregelatinizado (seco) y agua a través del aparato de extrusión de fluido supercrítico descrito anteriormente, a través de un orificio de boquilla circular. El extruido se cortó en piezas de entre aproximadamente 1 y 2 pulgadas de longitud. Después, estas piezas se secaron a aproximadamente 60 °C y entre 15 mmHg (1,99 kPa) y 20 mmHg (2,66 kPa) por debajo de la presión atmosférica (-15 mmHg (1,99 kPa) a -20 mmHg (2,66 kPa) de presión manométrica). Durante el proceso de secado al vacío, se formó un agujero axial en la pieza de aperitivo en toda la longitud del cilindro. La Figura 2 muestra una vista en perspectiva de una pieza de

aperitivo de este tipo. De nuevo, cuando el extruido salió originalmente de la cara de la boquilla y se cortó en piezas, fue una pieza relativamente continua sin agujero axial. Solo después del secado al vacío se formó el agujero axial, proporcionando a la pieza de aperitivo final una estructura y textura únicas. El procesamiento post-extrusión en esta realización no se usó para fijar la estructura del extruido a medida que salía de la extrusora, sino más bien para

5 alterar drásticamente la estructura y formar una nueva pieza de aperitivo. Sin quedar limitados por teoría alguna, los solicitantes piensan que el contenido de fibra insoluble del orujo de arándano, que generalmente comprende partículas de fibra de entre 100 micrómetros y 700 micrómetros de tamaño, desestabilizó las paredes que rodean las células de gas internas, haciendo que se fusionaran y formaran el agujero axial observado. Independientemente de la teoría, los solicitantes han demostrado que puede usarse post-procesamiento para alterar la estructura del

10 extruido inicial y crear productos con estructuras y texturas novedosas.

Aunque el extruido en el ejemplo anterior se extruyó a presión atmosférica y después se transfirió a un secador de vacío, en otra realización, el extruido se extruye directamente en una cámara de vacío. El material extruido puede cortarse en la cara de la boquilla como en el ejemplo anterior o puede cortarse en piezas después de secarse al

15 vacío. La extrusión directa en la cámara de vacío aumentará la relación de expansión del extruido, para un nivel dado de fluido supercrítico disuelto en la masa, superior a la que sería la relación de expansión a presión atmosférica.

En otra realización preferida más, las piezas de extruido cortadas se sometieron a un proceso de cocción post-extrusión que utilizaba coeficientes de transferencia de calor elevados para inflar adicionalmente las piezas de aperitivo. Los solicitantes del presente documento extruyeron una mezcla de polvo de verdura, almidón pregelatinizado y agua a través del aparato de extrusión de fluido supercrítico descrito anteriormente, a través de un orificio de boquilla plano. El extruido se cortó en piezas aproximadamente cuadradas o rectangulares que medían entre aproximadamente 2,54 y 5,08 cm (1 y 2 pulgadas) en un lado. Tras salir de la extrusora y cortarse en piezas, el

20 extruido presentó algo de inflamamiento en su estructura. Sin embargo, cuando se secó completamente (hasta un contenido de humedad de menos de aproximadamente el 5 %) en un horno de impacto de chorro a entre 104,4 y 137,8 °C (220 y 280 °F) durante al menos 10 minutos, las piezas de extruido se inflaron mucho más notablemente y se asemejaron a la forma de una almohada de cama. Como alternativa, el horno de impacto de chorro puede usarse durante un período de tiempo suficiente para fijar la estructura de almohada de las piezas de extruido, pero no para secarlos por completo. Después de fijar la estructura de almohada, las piezas pueden secarse para su terminado a una temperatura más baja o pueden usarse otras técnicas conocidas en la técnica. La Figura 3 muestra una vista en perspectiva de una pieza de aperitivo de este tipo. En este caso nuevamente, el post-procesamiento no se usó para fijar la estructura del extruido a medida que salió de la extrusora, sino más bien para alterar la estructura y formar una pieza de aperitivo con una forma y textura que se desconoce en la técnica. Cuando la pieza de aperitivo se

30 rompe por la mitad, la parte interior de la pieza de aperitivo parece tener una densidad menor que la parte exterior.

35

Ejemplos

Se hicieron pasar diversas formulaciones de polvos de verduras y/o frutas, almidón XPANDR612 y otros

40 ingredientes menores (menos del 1 % en peso cada uno) tales como sal, a través de un aparato de extrusión de fluido supercrítico a través de un orificio de boquilla de 3 mm de diámetro. En todos los ensayos, el fluido supercrítico se inyectó a una tasa del 1 % en peso de los ingredientes extruidos y los ingredientes se hidrataron hasta un contenido de humedad de entre el 21 % y el 25 %.

Tabla 2: Formulación de ingredientes de ejemplo

45

Ejecución n.º	Componentes de verdura/fruta	Porcentaje en peso de fruta o verdura (seca)	Porcentaje en peso de almidón (seco)	Porciones de fruta o vegetal (por onza (28,35 g))
1	Polvo de tomate	20	77,5	1
2	Polvo de tomate	40	57,5	2
3	Polvo de tomate	20	61,5	2
	Polvo de zanahoria	16		
4	Polvo de manzana	34	64	2
5	Polvo de mango	27	71	1
6	Polvo de arándano	22	76	1
7	Frambuesa	16	82	1

Los extruidos resultantes de las formulaciones anteriores se cortaron en la cara de la boquilla usando un cortador de cara de boquilla giratorio disponible en el mercado y se secaron usando un secador por impacto con aire a una temperatura de entre aproximadamente 80 °C y 90 °C. Después, los extruidos secados se midieron para determinar

50 el diámetro, la relación de expansión radial, la densidad, la solubilidad en agua y la actividad en agua, de modo que se pudieran comparar con productos inflados de almidón de maíz expandidos directamente conocidos. El diámetro se midió usando calibres y la relación de expansión se calculó dividiendo el diámetro por el diámetro del orificio de 3 mm. La densidad medida fue una densidad verdadera y no una densidad aparente. Para medir la densidad verdadera, se pesó una pieza de extruido y después se midió el volumen rellenando un cilindro graduado con

pequeñas perlas de vidrio y la pieza de extruido retirando después la pieza de extruido y registrando la diferencia en el volumen. El índice de solubilidad en agua y el índice de actividad de agua se midieron usando el siguiente protocolo: Una muestra de 0,5 gramos de la pieza de extruido se mezcló bien con 15 ml de agua. Después, la mezcla se centrifugó en un vial hasta que se separó una torta en el fondo de un líquido sobrenadante. Después, la torta se secó completamente y el peso de los sólidos restantes se registró como el índice de actividad de agua. El líquido sobrenadante se secó completamente y el peso de los sólidos restantes se registró como el índice de solubilidad en agua. La siguiente tabla contiene estas propiedades para las formulaciones de ejemplo de la Tabla 2 anterior.

Tabla 3: Propiedades de extruido de ejemplo

Ejecución n.º	Diámetro (mm)	Índice de expansión	Densidad	Índice de solubilidad en agua	Índice de actividad del agua
1	13,4	4,5	0,175	0,3	0,2
2	10,6	3,5	0,15	0,2	0,3
3	12,8	4,3	0,1	0,2	0,3
4	10,0	3,3	0,175	0,2	0,3
5	11,3	3,8	0,07	0,2	0,3
6	13,0	4,3	0,15	0,25	0,25
7	12,1	4,0	0,1	0,1	0,4

Con fines de comparación, un conocido producto de aperitivo extruido inflado preparado usando almidón de maíz y expansión directa a alta temperatura, tiene una tasa de expansión de 3,6, una densidad de 0,05, un índice de solubilidad en agua de 0,12 y un índice de actividad del agua de 0,38. Por tanto, el método y la formulación de la invención pueden producir productos muy similares en características físicas a los productos inflados de maíz conocidos producidas usando altas temperaturas, pero las composiciones inventivas tienen altos niveles de frutas y verduras y se producen a temperaturas bajas, permitiendo que sobrevivan los nutrientes, aromas naturales y otros componentes termosensibles.

También se ejecutó un ejemplo usando puré de tomate como fluido hidratante en lugar de agua. El puré de tomate comprendía aproximadamente un 12 % de sólidos de tomate. Los solicitantes piensan que el límite superior para sólidos en un puré de tomate como fluido hidratante para la presente invención es de aproximadamente el 20 % de sólidos, porque, por encima de ese nivel, el puré es muy espeso y no hidratará adecuadamente el almidón en los 45 segundos a 1 minuto que los ingredientes residen dentro de la extrusora. Los extruidos producidos usando el puré de tomate con un 12 % de sólidos se cortaron en la cara de la boquilla y se secaron usando un secado por impacto. También tenían características físicas similares a los ejemplos descritos anteriormente. El uso de un puré en lugar de un polvo para hidratar la mezcla puede transmitir la ventaja adicional de proporcionar inclusiones de frutas o verduras que son visibles en el producto alimentario final. Las inclusiones visibles de frutas o verduras también pueden añadirse a otras mezclas de ingredientes.

Se ejecutaron varios ejemplos usando diferentes niveles de harina de avena pregelatinizada como ingrediente además del almidón y los productos de fruta descritos anteriormente. Los solicitantes descubrieron que cuando se usa harina de avena pregelatinizada a niveles superiores al 30 % en peso de la mezcla de ingredientes en seco, el extruido resultante se expandiría, pero colapsaría rápidamente después de salir del orificio de la boquilla. Por el contrario, cuando se usó harina de avena pregelatinizada a niveles del 30 % o menos y especialmente del 25 % o menos (hasta un mínimo de aproximadamente el 1 %), el extruido mantuvo adecuadamente su relación de expansión al salir del orificio de la boquilla.

Por tanto, en una realización, la presente invención produce un producto alimentario expandido o inflado y un método de preparación por el que se prepara un aperitivo inflado que tiene un alto contenido de ingredientes que comprenden componentes termosensibles y características de textura similares a productos de aperitivo inflados producidos convencionalmente. Además, las piezas alimentarias divulgadas en el presente documento satisfacen o superan las otras metas nutricionales preferidas.

En otras realizaciones, las piezas alimentarias generalmente pueden comprender una amplia diversidad de productos alimentarios o intermedios, que incluyen productos de aperitivos inflados, productos de cereales, barras o polvos. Un producto alimentario en polvo preparado de acuerdo con la presente invención puede añadirse al agua para preparar una sopa o a la leche para preparar una bebida de frutas o verduras deseable. El intermedio de alimento en polvo puede prepararse mediante diversas técnicas y procesos, incluyendo, sin limitación, pulverizar o triturar las piezas de extruido descritas anteriormente en piezas más pequeñas o cortar o afeitar finamente el extruido a medida que pasa a través de la boquilla durante la extrusión. El almidón pregelatinizado utilizado con la presente invención permite que dichos polvos se hidraten rápidamente cuando se añaden a líquidos, lo que permite a un profesional de la presente invención proporcionar a los consumidores un método sencillo para preparar una sopa o bebida instantánea con altos niveles de frutas, verduras u otros componentes termosensibles.

REIVINDICACIONES

1. Un producto alimentario extruido de fluido supercrítico que comprende:

5 una permeabilidad de matriz de almidón pregelatinizado de entre $8,2 \times 10^{-12}$ y $6,9 \times 10^{-11}$ metros cuadrados; donde el almidón pregelatinizado tiene, antes de la extrusión, al menos uno de los siguientes:

10 un tiempo hasta el máximo de analizador de viscosidad rápida (AVR) de menos de 100 segundos, cuando se mide usando el protocolo de AVR con un 20 % de sólidos; una viscosidad de paletas a 80 °C de entre 0,1 Pa-s y 10 Pa-s; o un logaritmo de módulo de almacenamiento de cizalla medido en Pa de entre 1,25 y 2,25 a un logaritmo de esfuerzo de cizalla medido en Pa de entre 0 y 2,5.

15 2. El producto alimentario extruido de fluido supercrítico de la reivindicación 1 donde dicho almidón pregelatinizado comprende una viscosidad de paletas a 80°C de entre 0,1 Pa-s y 10 Pa-s.

3. El producto alimentario extruido de fluido supercrítico de la reivindicación 1 donde dicho almidón pregelatinizado comprende un logaritmo de módulo de almacenamiento de cizalla medido en Pa de entre 1,25 y 2,25 en un logaritmo de esfuerzo de cizalla medido en Pa de entre 0 y 2,5.

20 4. El producto alimentario extruido de fluido supercrítico de la reivindicación 1 donde dicho almidón pregelatinizado comprende un tiempo hasta el máximo de AVR inferior a 100 segundos, cuando se mide usando el protocolo de AVR con un 20 % de sólidos.

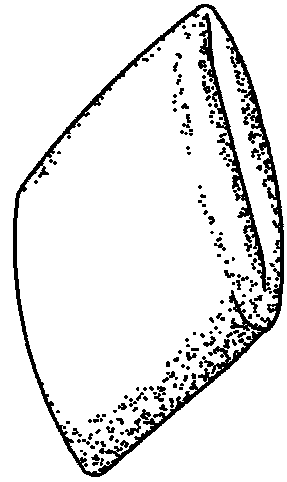
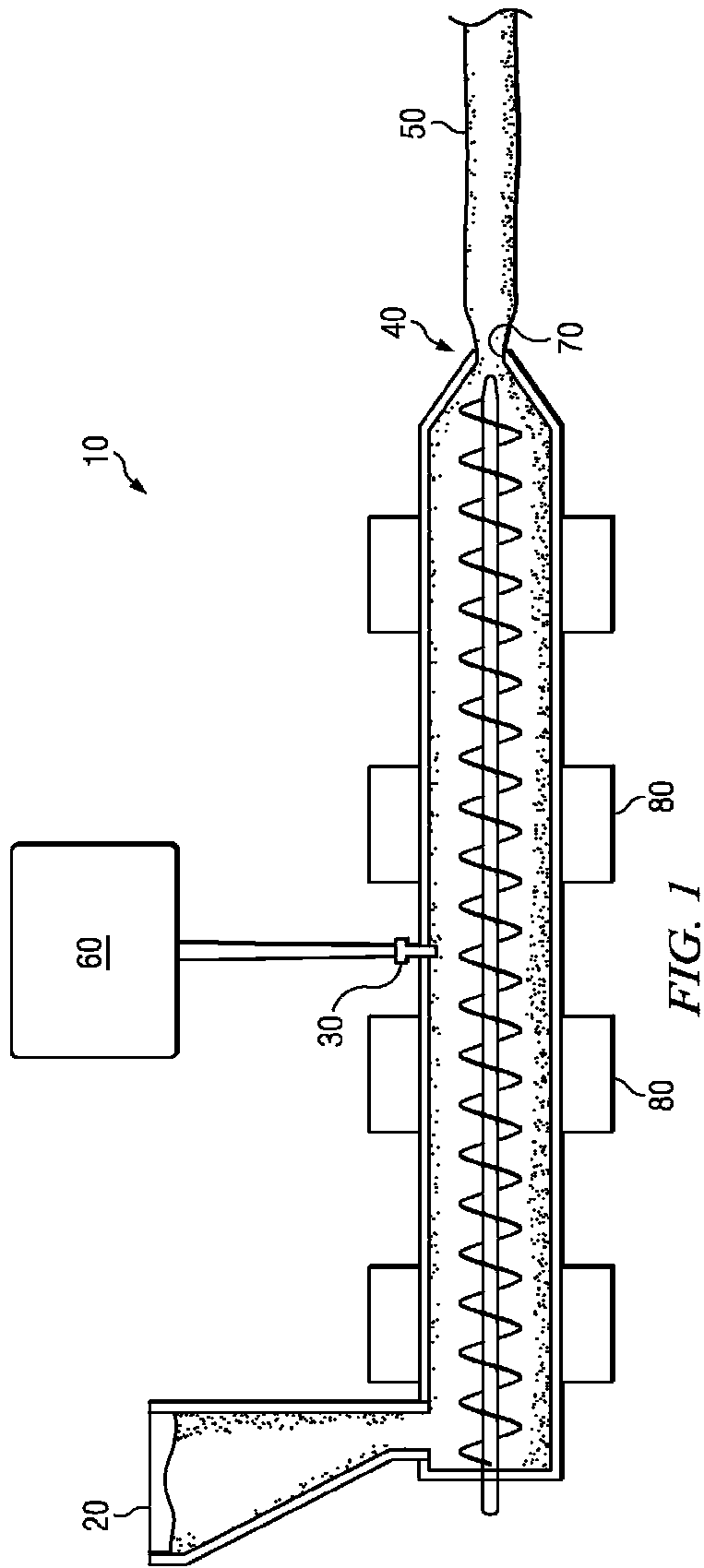
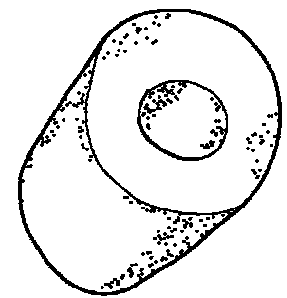


FIG. 3



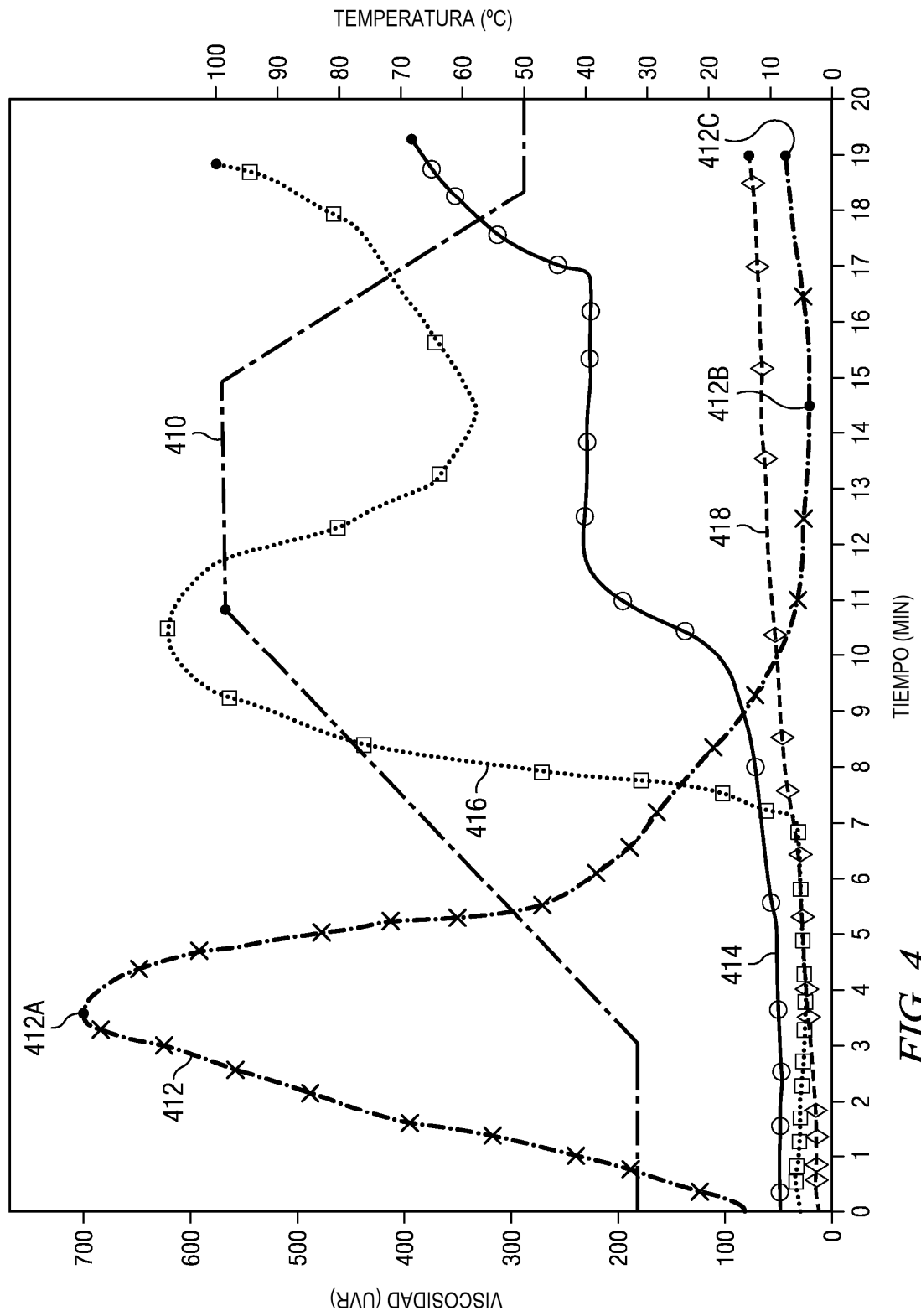


FIG. 4

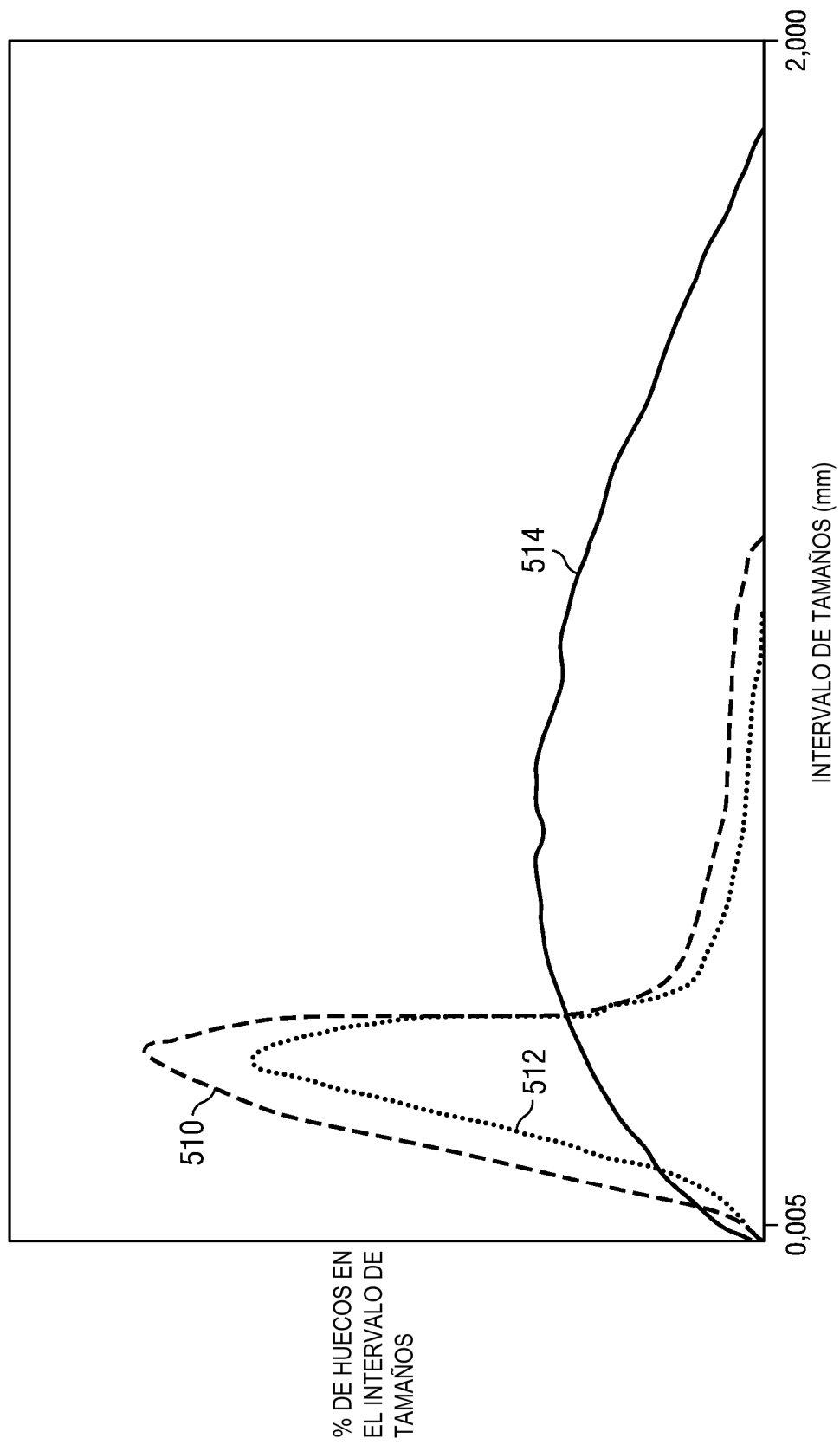


FIG. 5