

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 000 167**

51 Int. Cl.:

B26D 1/28	(2006.01) A23P 10/25	(2006.01)
B01J 2/20	(2006.01) A23P 30/20	(2006.01)
B29C 48/00	(2009.01) B29B 9/06	(2006.01)
B29C 48/345	(2009.01)	
A23L 2/39	(2006.01)	
A23L 2/52	(2006.01)	
A23L 7/143	(2006.01)	
A23L 23/10	(2006.01)	
A23K 40/25	(2006.01)	
A23K 50/42	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2020** **PCT/EP2020/050599**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.07.2020** **WO20144363**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2020** **E 20700212 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2024** **EP 3908438**

54 Título: **Dispositivo y método de extrusión que comprende una turbina granuladora y granulados de calidad alimentaria así producidos**

30 Prioridad:
11.01.2019 EP 19151502

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.02.2025

73 Titular/es:
SOCIÉTÉ DES PRODUITS NESTLÉ S.A. (100.00%)
Avenue Nestlé 55
1800 Vevey, CH

72 Inventor/es:
CHANVRIER, HÉLÈNE, MICHÈLE, JEANNE;
PELLEGRINI, STÉPHANE;
PFALLER, WERNER y
PONCIONI, PATRICK

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 3 000 167 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

Dispositivo y método de extrusión que comprende una turbina granuladora y granulados de calidad alimentaria así producidos

Campo técnico

La presente invención se refiere en general a la fabricación de granulados de calidad alimentaria por extrusión utilizando una turbina granuladora.

Antecedentes de la invención

Las gachas de cereales son un alimento popular para el desayuno y se fabrican desde hace varios años. Tradicionalmente, las gachas de cereales se elaboran con harina de cereales o grano en láminas, tal como la avena, maíz, arroz, harina de trigo o de mijo. Las gachas tradicionales requieren un tiempo de preparación comparativamente largo, en particular, remojo y/o cocción. La industria alimentaria propone composiciones de cereales secos que pueden reconstituirse en una gacha. Además de copos o gránulos de cereales, tales composiciones pueden incluir azúcares, sales, aceites y otros saborizantes, colorantes y conservantes, vitaminas y fortificantes minerales. La reconstitución de tales gachas puede realizarse mucho más rápidamente que la de las gachas tradicionales, simplemente añadiendo leche o agua, fría o caliente.

Los copos de cereales pueden fabricarse por un proceso de extrusión que combina mezcla, cocción, amasado, cizallado y conformado. Normalmente, las materias primas se introducen en un cilindro de extrusora y un husillo transporta las materias primas a lo largo del cilindro. Las materias primas se someten a calentamiento, compresión y mezcla para formar una masa termoplástica. A continuación, las materias primas salen del cilindro de extrusora en forma de filamentos o cuerdas, que se cortan en gránulos. A continuación, los gránulos se secan, los mismos pueden laminarse en forma de copos con un rodillo laminador de copos y tostarse. El proceso de tostado provoca a veces una ligera expansión de los copos o un rizado de los copos.

El documento US 7524178 divulga un dispositivo de extrusión equipado con un cabezal de corte que permite aumentar la tasa de producción de productos granulares. Sin embargo, debido a su estructura, el cabezal de corte es muy sensible, desde el punto de vista industrial, a la deformación. El cabezal de corte requiere un mantenimiento regular, tal como el equilibrado para garantizar el equilibrio dinámico durante el funcionamiento y el afilado de las cuchillas de corte. Esta estructura también impone límites a la velocidad de rotación del cabezal de corte.

Por lo tanto, sería deseable proporcionar un dispositivo que permita aumentar aún más la velocidad de producción de productos granulares, en particular, eliminando o reduciendo los problemas de mantenimiento o equilibrio dinámico.

El documento US 3808962 divulga un aparato para fabricar copos extruidos. El aparato tiene un componente rotativo en forma de disco que forma y desplaza los copos con un perfil de sección troncocónica. Varias hojas de cuchilla forman una espiral circular desde una superficie exterior cónica del componente hasta los bordes de separación de las hojas de cuchilla. Las hojas de cuchillas están orientadas oblicuamente con respecto a la pared de la extrusora. Las cuchillas están separadas radialmente, con una ranura de paso de copos entre las cuchillas adyacentes. Durante el funcionamiento, una masa de material extruido se acumula desde un puerto de descarga en un hueco formado entre una cuchilla y la pared de la extrusora. A continuación, la masa es despegada por la siguiente cuchilla en la dirección de rotación, de este modo se obtienen copos extruidos. La orientación oblicua de las cuchillas garantiza que el material extruido no sea arrastrado.

Un aparato de este tipo es particularmente útil para fabricar copos de forma uniforme. No es adecuado para elaborar un producto granulado. Además, la geometría del componente de formación y desplazamiento de copos es muy compleja y puede causar problemas de mantenimiento o de equilibrio dinámico.

Como alternativa, los copos de cereal se fabrican mediante un proceso de secado con rodillo que combina la preparación de una mezcla, cocción, secado y molienda. Normalmente, las materias primas se mezclan en un recipiente, se alimentan sobre la superficie de un rodillo de cocción y secado, la lámina cocida se separa del rodillo, se seca y muele hasta obtener el tamaño de partícula deseado.

El documento US 4044159 divulga un producto de cereales extruidos listo para el consumo. El único ejemplo de este documento propone copos extruidos de aproximadamente 0,038 mm (aproximadamente 0,015 pulgadas) de espesor que luego se transportan a un molino. Esta tecnología de dos etapas es conocida para la fabricación de copos de cereales molidos. No se divulgan ni las propiedades estructurales de los copos ni sus propiedades de reconstitución.

El documento EP 3079494 divulga copos de calidad alimentaria que tienen una porosidad de entre el 50 % y el 90 %, un espesor medio de pared de entre 30 y 90 micrómetros, un espesor de entre 0,5 y 2 mm, una longitud de entre 2 y 8 mm, un índice de absorción de líquido de entre 100 y 600 g de líquido/100 g de copos, y su proceso de fabricación.

El documento EP 3073841 divulga un copo de calidad alimentaria que tiene una porosidad de entre el 40 % y el 70 %, un espesor medio de pared de entre 100 y 180 micrómetros, un espesor de entre 0,5 y 2 mm, una longitud de entre 2 y 8 mm, un índice de absorción de líquidos de entre 80 y 200 g de líquido/100 g de copos.

5 Es posible que los copos necesiten aún unos minutos para reconstituirse en una gacha. El tiempo de reconstitución puede perfeccionarse moliendo los copos más gruesos. Pero esto significa añadir una etapa adicional al proceso industrial, lo que supone una configuración industrial más compleja.

10 Por lo tanto, sería deseable proporcionar un equipo y un proceso para fabricar una composición seca de cereales con aún menos etapas industriales, y de modo que la composición tenga un tiempo de reconstitución muy corto.

Sumario de la invención

15 El objeto de la presente invención es mejorar el estado de la técnica, y en particular, proporcionar un equipo y un procedimiento para fabricar granulados de calidad alimentaria, y granulados de calidad alimentaria que superen los problemas de la técnica anterior y respondan a las necesidades descritas anteriormente, o al menos proporcionar una alternativa útil.

20 Los inventores se sorprendieron al ver que el objeto de la presente invención podía lograrse con la materia objeto de las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes desarrollan aún más la idea de la presente invención.

25 Por consiguiente, la invención propone una turbina granuladora de acuerdo con la reivindicación 1 adecuada para cooperar con un dispositivo para fabricar un producto alimentario granular, comprendiendo dicho dispositivo una extrusora que tiene al menos un troquel de extrusión que comprende una cara de extrusión en la que se abren una pluralidad de orificios de extrusión, y en cuyo dispositivo la turbina granuladora puede accionarse en rotación alrededor de un eje perpendicular a la cara de extrusión, estando dicha turbina granuladora caracterizada por que tiene una cara delantera orientada hacia la cara de extrusión, una pluralidad de aletas integradas y que se extienden perpendicularmente desde la cara delantera, teniendo cada aleta una cara de guía, una cara de seguimiento y una cara de separación, estando la cara de separación orientada hacia la cara de extrusión e intersectando la cara de guía la cara de separación en un borde de corte.

35 La invención propone además un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8 para fabricar un producto alimentario granular, comprendiendo dicho dispositivo una extrusora que tiene al menos un troquel de extrusión que comprende una cara de extrusión en la que se abren una pluralidad de orificios de extrusión y una turbina granuladora de acuerdo con el primer aspecto de la invención, en donde la turbina granuladora puede ser accionada en rotación alrededor de un eje perpendicular a la cara de extrusión de tal manera que, cuando se acciona por rotación, las aletas pasan alrededor de los orificios de extrusión.

40 La invención además plantea un proceso de acuerdo con la reivindicación 9 para fabricar granulados de calidad alimentaria donde el proceso comprende:

- mezclar un material amiláceo en una extrusora para formar una masa;
- cocer la masa en la extrusora a una temperatura comprendida entre 110 °C y 160 °C y con un contenido de agua comprendido entre el 10 % y el 30 %;
- extrudir la masa a través de un troquel de extrusión;
- cortar la masa en granulados directamente a la salida del troquel de extrusión, a una velocidad de corte de turbina V_{tur} de entre 20 m/s y 120 m/s y a una longitud de extrudado L_{pr} de entre 0,05 mm y 0,5 mm con una turbina granuladora accionada por rotación, de acuerdo con la reivindicación; y
- 50 - secar los granulados hasta un contenido de agua inferior al 8 %, dichos granulados de calidad alimentaria tienen un diámetro medio de área comprendido entre 500 y 4000 μ m, una porosidad de entre el 40 % y el 90 %, un espesor medio de pared de entre 10 y 50 μ m y un tiempo de reconstitución de 0,1 a 1,4 minutos.

55 La invención también propone, de acuerdo con la reivindicación 11, granulados de calidad alimentaria obtenidos mediante el proceso reivindicado, en donde los granulados comprenden al menos un 50 % en peso de almidón procedente de un material a base de almidón, y en donde los granulados tienen un contenido de agua inferior al 8 %, caracterizado por que los granulados tienen un diámetro medio de área de entre 500 y 4000 μ m, una porosidad de entre el 40 % y el 90 %, un espesor medio de pared de entre 10 y 50 μ m y un tiempo de reconstitución de 0,1 a 1,4 minutos. Estos y otros aspectos, características y ventajas de la invención serán más evidentes para los expertos en la técnica a partir de la Descripción detallada de las realizaciones de la invención, en relación con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

65 La Figura 1 es una vista parcial simplificada en sección transversal de una extrusora equipada con un cabezal de corte, como se describe en el documento US 7524178.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de un cabezal granulador de acuerdo con la invención delante de la cara

de extrusión de un troquel de extrusión.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un cabezal granulador de acuerdo con la invención, visto de frente.

La Figura 4 es una vista frontal del cabezal granulador de la Figura 3.

La Figura 5 es una vista en perspectiva parcial en sección transversal de un cabezal granulador de acuerdo con la invención delante de un troquel de extrusión.

La Figura 6 es una vista en perspectiva parcial de una realización de una aleta.

La Figura 7 es una vista en sección transversal esquemática de una aleta delante de un orificio de extrusión con masa extruida.

La Figura 8 es una vista esquemática de una turbina granuladora de acuerdo con la invención en funcionamiento.

La Figura 9 muestra los gránulos molidos del ejemplo 1. La Figura 9A es una observación por microscopía óptica de gránulos molidos. Escala: la barra blanca es de 1000 μm . La Figura 9B es una imagen de tomografía de rayos X de los gránulos molidos. Escala: 10 x 10 mm.

La Figura 10 muestra los granulados directos del ejemplo 2. La Figura 10A es una observación por microscopía óptica de granulados directos. Escala: la barra blanca es de 1000 μm . La Figura 10B es una imagen de tomografía de rayos X de los granulados directos. Escala: 10 x 10 mm.

La Figura 11 son imágenes de tomografía de rayos X de granulados directos que pueden obtenerse al disminuir Lpr de 0,38 mm (11A), a 0,187 mm (11B), a 0,093 mm (11C) para una Vtur fija de 77,6 m.s⁻¹. Véase ejemplo 2. Escala: 10 x 10 mm

La Figura 12 es un diagrama que muestra cómo se modifica el tiempo de reconstitución al cambiar Lpr y Vtur (diamantes Vtur = 54 m/s, triángulo Vtur = 77 m/s, círculos Vtur = 107 m/s).

Descripción detallada de la invención

Como se usa en la memoria descriptiva, los términos "comprender", "comprendiendo" y similares deben interpretarse en un sentido inclusivo, es decir, en el sentido de "que incluye/n, aunque no de forma limitativa", y no excluyen otros elementos o etapas adicionales del método no mencionados. Como se usa en la memoria descriptiva, las expresiones "consiste en", "que consiste en" y similares deben interpretarse en un sentido exclusivo o exhaustivo: excluyen cualquier elemento o etapa de método no mencionado. Como se usa en la memoria descriptiva, las expresiones "consiste prácticamente en", "que consistente prácticamente en" y similares deben interpretarse en el sentido de que otros elementos o etapas del método pueden estar presentes siempre que no afecten materialmente a las características esenciales de la invención.

Como se usa en la memoria descriptiva, las formas en singular "un", "una" y "el/la" incluyen referencias en plural a no ser que el contexto lo defina claramente de otra forma.

A menos que se indique lo contrario, todos los porcentajes de la memoria descriptiva se refieren a porcentajes en peso, cuando corresponda.

A menos que se definan de otro modo, todos los términos técnicos y científicos tienen y deberían tener el mismo significado que el que comúnmente entendería un experto habitual en la materia a la que pertenece esta invención.

Extrusora y turbina granuladora

Con referencia a la Figura 1, que muestra una vista parcial simplificada en sección transversal de una extrusora de la técnica anterior, una extrusora 1 de un tipo conocido comprende, en su salida, al menos un troquel de extrusión 2 cuyos orificios 2a están distribuidos en dos círculos en este ejemplo, y se abren sobre una superficie plana 3 conocida como la cara de extrusión. Frente a esta superficie 3 hay un cabezal de corte rotativo 20 provisto de cortadoras 22 dispuestas de tal manera que cortan las cuerdas de la sustancia extruida que sale del troquel 2. Las cortadoras 22 están montadas sobre un soporte 21.

El cabezal de corte 20 se encuentra dentro de una cámara de evacuación 80 que puede estar diseñada para mantenerse a una presión subatmosférica en virtud de una bomba de vacío (no representada). El recinto de esta cámara está representado esquemáticamente por una pared periférica 81 y una tolva inferior 82 en la que caen los productos granulares fabricados por el dispositivo descrito en el presente documento y que son recogidos por medio de un extractor que permite mantener el vacío en la cámara 80, si es preciso. La estanqueidad entre la extrusora 1 y la pared 81 se consigue con medios que no se han representado.

El cabezal de corte 20 rota, en la dirección de la flecha F, alrededor de un eje 9 perpendicular a la cara 3 de la extrusora. Está montado en el extremo de un eje 10 cuyo otro extremo está acoplado al eje de un motor eléctrico (no representado).

Durante el funcionamiento, el motor hace girar el eje 10 y el cabezal de corte 20 a una velocidad regulable que puede llegar, por ejemplo, hasta 5000 revoluciones por minuto ("rpm"). El producto pastoso extruido en caliente por la extrusora 1 forma, a medida que sale de cada orificio 2a del troquel 2, una cuerda que las cortadoras 22 cortan inmediatamente en trozos. El producto extruido contiene vapor de agua y posiblemente otros gases, los trozos se hinchan en la cámara de evacuación 80 y se solidifican en forma de granos que caen en la tolva 82. El tamaño, forma

y velocidad de fabricación de los trozos pueden regularse al, por ejemplo, ajustar la velocidad de la extrusora 1, la velocidad del motor, o la presión en la cámara 80.

De acuerdo con un aspecto de la invención, el cabezal de corte 20 que se muestra en la Figura 1 se sustituye por una turbina granuladora 5, como se muestra en las Figuras 2 a 6, lo que da lugar a un dispositivo para fabricar un producto alimentario granular por extrusión y granulación. El dispositivo comprende una extrusora. Las extrusoras son equipos convencionales en la industria alimentaria y de piensos. La extrusora puede ser de un solo husillo o de doble husillo. La extrusora tiene al menos un troquel de extrusión 2 que comprende una cara de extrusión 3 en la que se abren una pluralidad de orificios de extrusión 2a y una turbina granuladora 5 situada frente a la cara de extrusión. La turbina granuladora se describirá con más detalle a continuación. La turbina granuladora 5 puede ser accionada en rotación alrededor de un eje 9 perpendicular a la cara de extrusión 3 de tal manera que, cuando se acciona por rotación, las aletas 7 pasan alrededor de, o por encima de, los orificios de extrusión 2a. La trayectoria de las aletas 7 se solapa con los orificios de extrusión 2a.

Las Figuras 3 y 4 muestran una realización de una turbina granuladora 5. La turbina granuladora 5 tiene una cara delantera 6 y una pluralidad de aletas 7 integradas en la cara delantera 6 y que se extienden perpendicularmente desde la misma. Cada aleta 7 tiene una cara de guía 7a, una cara de seguimiento 7b y una cara de separación 7c. La cara de separación 7c es paralela a la cara delantera 6. Cuando se instala en la salida de la extrusora, la cara delantera 6 está orientada hacia la cara de extrusión 3. La cara delantera 6 de la turbina granuladora 5, la cara de extrusión 3 del troquel de extrusión 2 y las caras de separación 7c de las aletas 7 son paralelas. La cara de guía 7a interseca la cara de separación 7c en un borde de corte 7d. La cara de seguimiento 7b interseca la cara de separación 7c en un borde de corte 7e.

Las aletas 7 no están soldadas, atornilladas o fijadas de otro modo a la cara delantera 6 de la turbina 5. Por ejemplo, la turbina 5 se fabrica a partir de una sola pieza de metal. Además, las aletas 7 se extienden desde la cara delantera 6, lo que proporciona más rigidez estructural a la turbina granuladora 5, cuando se compara con un cabezal de corte 20 mostrado en la Figura 1 o cuando se compara con un cabezal de corte donde las cuchillas están en ángulo oblicuo con la cara de extrusión 3 del troquel 2. Por ende, la estructura mecánica del cabezal de corte es bastante sencilla y puede estar tallada en una sola pieza de metal.

Como se muestra en las Figuras 6 y 7, cada aleta 7 tiene un perfil transversal. Partiendo de la cara delantera 6, a lo largo de la altura H de una aleta 7, el perfil transversal tiene una base 71 y una punta 72. La base 71 se estrecha desde la cara delantera 6 de la turbina granuladora 5 hasta aproximadamente 1/3 a 2/3 de su altura H, y la punta 72 tiene un espesor sustancialmente constante E y se extiende desde la parte superior de la base 71 hasta la cara de separación 7c. Las aletas 7 se extienden sustancialmente perpendicularmente desde la cara delantera 6 del cabezal de corte. Por "sustancialmente perpendicular", se quiere decir que, al observar una sección transversal de la aleta, como en la Figura 7, la altura H de la aleta forma un ángulo recto desde el plano de la cara delantera 6.

Preferentemente todas las aletas 7 tienen sustancialmente la misma altura H, aunque también podrían contemplarse aletas que tuvieran alturas diferentes. Cuando todas las aletas 7 tienen la misma altura, pueden obtenerse granulados alimentarios homogéneos. Cuando las aletas 7 tienen alturas diferentes, la estructura y el tamaño de los granulados alimentarios resultantes serán heterogéneos, lo que también puede ser interesante si se tiene en cuenta que la estructura y el tamaño de los granulados alimentarios influyen en la reconstitución y la sensación en boca del producto. Si las aletas 7 tienen alturas diferentes entre sí, deben distribuirse en la turbina granuladora 5 de manera que se equilibren las fuerzas centrífugas cuando la turbina granuladora 5 esté en funcionamiento.

Durante el funcionamiento, puesto que las aletas 7 se extienden sustancialmente perpendiculares, o en ángulo recto, desde la cara delantera 6, las aletas golpean el material extruido con la máxima energía cinética. Por tanto, el material extruido está bien pulverizado.

Como se muestra en las Figuras 3 y 4, las aletas 7 tienen un perfil en vista frontal que se extiende entre una cara interior 7f y una cara exterior 7g. La cara interior 7f está más cerca del centro de rotación 51 de la turbina granuladora 5 que la cara exterior 7g. Como se muestra en las Figuras, la cara exterior 7g está desplazada radialmente con respecto a la cara interior 7f en un ángulo α . Por ejemplo, en la Figura 4, se muestra un radio 52 entre el centro de rotación 51 y la cara interior 7f de una aleta 7, y se muestra un radio 52' entre el centro de rotación 51 y la cara exterior 7g de la misma aleta 7, para exhibir el desplazamiento radial α entre la cara interior 7f y la cara exterior 7g.

Como alternativa, la cara exterior 7g de una aleta 7 puede estar alineada radialmente con la cara interior 7f como se muestra por ejemplo en la parte inferior de la Figura 8.

El perfil de la vista frontal de una aleta 7 puede ser recto, entre la cara interior 7f y la cara exterior 7g, o curvo, por ejemplo, un arco de un círculo. Un perfil curvo en vista frontal no es, por ejemplo, ondulado. Preferentemente, el perfil en vista frontal de las aletas 7 se extiende a lo largo de una involuta de un círculo entre la cara interior 7f y la cara exterior 7g. Un perfil de este tipo perfecciona la expulsión de los granulados desde la turbina granuladora 5. Preferentemente, la altura H de las aletas 7 es constante a lo largo del perfil de la vista frontal.

En una realización preferida, las aletas 7 están dispuestas en una periferia de la cara delantera 6, por ejemplo, en una fila periférica. Como se muestra en la Figura 4, las caras interiores 7f de las aletas 7 están dispuestas en un círculo interior de la cara delantera 6, y las caras exteriores 7g de las aletas 7 están dispuestas en un círculo exterior de la cara delantera 6. El círculo interior y el círculo exterior son concéntricos. Preferentemente, el círculo exterior está próximo a la periferia 61 de la cara delantera 6 de la turbina granuladora 5. Preferentemente, las aletas 7 están distribuidas de forma uniforme en una periferia de la cara delantera 6.

En una realización, la turbina granuladora 5 comprende además orificios pasantes 8. Los orificios pasantes 8 están dispuestos entre el centro de rotación 51 de la turbina granuladora 5 y las aletas 7, preferentemente entre dos aletas consecutivas 7. Los orificios pasantes pueden estar dispuestos en un círculo de la cara delantera 6, preferentemente se distribuyen de forma uniforme. Preferentemente, hay tantos orificios pasantes 8 como aletas 7. Los orificios pasantes 8 permiten que el aire fluya desde la parte trasera de la turbina granuladora 5 hacia la cara delantera 6. Esto perfecciona la expulsión de los granulados desde la turbina granuladora 5.

En una realización, la turbina granuladora comprende una fila periférica de aletas 7. Por ejemplo, la fila comprende de 9 a 40 aletas, por ejemplo, la fila comprende 9, 12, 15, 18, 20, 24, 30, 36 o 40 aletas.

La turbina granuladora 5 también tiene un orificio pasante 5a en el centro de la cara delantera 6 y orificios pasantes 5b dispuestos próximos al centro de la cara delantera 6 que cooperan con una conexión mecánica estándar (no mostrada) con el eje 10 (mostrado en la Figura 1).

Una turbina granuladora 5 puede desmontarse fácilmente para su mantenimiento o para sustituirla por otro modelo de turbina granuladora 5. En una realización, la turbina granuladora 5 también tiene orificios pasantes de mantenimiento 5c que pueden cooperar con una herramienta de protección (no mostrada). La herramienta de protección comprende una placa que tiene el mismo diámetro que la cara delantera 6. La parte trasera de la placa está equipada con dos asas. La parte delantera de la placa está orientada hacia la cara delantera 6. La herramienta de protección puede fijarse a la turbina granuladora 5 en cooperación con los orificios de mantenimiento 5c, lo que protege las aletas 7 y la cara delantera 6 de posibles daños. También protege a los usuarios de los bordes potencialmente afilados 7d, 7e de las aletas 7.

Granulado de calidad alimentaria, composición alimentaria y método de fabricación

La turbina granuladora abre la posibilidad de fabricar granulados de calidad alimentaria, por ejemplo, granulados de cereales, directamente desde una extrusora, sin necesidad de una molienda posterior. Los granulados de calidad alimentaria no son copos ni gránulos. Se parecen más a un polvo que a copos o gránulos, lo que facilita su manipulación en un entorno industrial, en operaciones tales como el bombeo, transporte, dosificación o mezcla. Al contrario que los copos o gránulos, no es necesario moler los granulados alimentarios para mejorar sus propiedades de reconstitución. También, los granulados de calidad alimentaria son fáciles de usar para los consumidores y proporcionan texturas que antes no estaban disponibles cuando se usaban copos o gránulos, con un corto tiempo de reconstitución. También es posible adaptar mejor las propiedades nutricionales de los granulados, por ejemplo, aumentando el contenido de fibra o reduciendo el de azúcar.

Como se usa en el presente documento, "granulado de cereales" se refiere a un producto a base de hidratos de carbono que tiene una estructura porosa y una delicada textura crujiente debido al corte y secado del granulado. Se entiende que los aparatos y métodos de la presente divulgación también pueden usarse para producir alimentos similares a partir de un proceso de extrusión directa, tales como otros productos comestibles a base de hidratos de carbono. Aunque la presente divulgación se describe haciendo referencia a los granulados de cereales, la presente divulgación no está prevista para limitarse a los granulados de cereales. Por ejemplo, los granulados no tienen por qué utilizarse para un producto a base de cereales, sino que pueden emplearse para otros productos alimentarios. "Gránulos" se refiere a bolas extruidas. Los "gránulos molidos" se refieren a gránulos que son granulados mediante un proceso de molienda aguas abajo. Por "granulados directos" se entienden los productos extruidos que se cortan directamente al salir de una extrusora, como se analiza a continuación, lo que significa que los granulados se producen en una sola operación sin procesamiento aguas abajo tal como la molienda. "Reconstitución" se refiere a la adición de un líquido a los granulados de cereales. "Reconstituible" se refiere al momento en que un granulado de cereal alcanza la máxima absorción de agua. "Gachas" se refiere al producto obtenido tras la adición de líquido a los granulados. No queda líquido libre tras la reconstitución. Por ejemplo, una gacha es una masa de cereales hidratada tras su reconstitución. La textura de las gachas varía en función de los granulados de cereales y puede ir de lisa a heterogénea o de sémola/granulada a escamosa. "Porosidad" se refiere a la relación entre el volumen de espacios vacíos (celdas) y el volumen total de un producto, como se explica en la sección de Métodos. "Espesor medio de pared" se refiere al espesor medio de los poros de los gránulos, gránulos molidos y/o granulados directos medido mediante tomografía de rayos X, y como se explica en la sección de Métodos. "Tiempo de reconstitución" se refiere al tiempo necesario para alcanzar la viscosidad máxima de los granulados de cereales una vez en presencia de líquido, y como se explica en la sección de Métodos.

En un aspecto, la invención propone granulados de calidad alimentaria que tienen un diámetro medio de área de entre 500 y 4000 μm , una porosidad de entre el 40 % y el 90 %, un espesor medio de pared de entre 10 y 50 μm y un tiempo

de reconstitución de 0,1 a 5 minutos. El diámetro medio de área, la porosidad, el espesor medio de pared y el tiempo de reconstitución se definen en la sección de Métodos más adelante. Los granulados alimentarios son un producto en partículas secas. Preferentemente, la porosidad de los granulados oscila entre el 50 % y el 80 %. Preferentemente, la porosidad de los granulados oscila entre el 50 % y el 80 %. Preferentemente, el espesor medio de pared de los granulados está entre 20 y 50 µm. En este campo

Preferentemente, los granulados comprenden al menos un 50 % en peso de almidón procedente de un material a base de almidón, tales como los cereales. Por ejemplo, el cereal incluye maíz, avena, arroz, cebada, centeno, trigo, sorgo, mijo, alforfón, amaranto y mezclas de los mismos. Los cereales pueden suministrarse en forma de harina, sémola o en otras formas estándar.

Preferentemente, los granulados a base de cereales comprenden al menos un 50 % en peso seco, preferentemente al menos un 60 % en peso seco, más preferentemente al menos un 70 % en peso seco de cereales. De este contenido de cereales, al menos el 30 % en peso seco puede ser cereal integral. En una realización, los granulados a base de cereales comprenden al menos un 50 % en peso seco de cereales integrales, tal como una mezcla de trigo integral, maíz y/o mijo en grano.

Los granulados pueden comprender también ingredientes seleccionados de azúcares, edulcorantes, saborizantes, polvos de fruta, salvados, fibras, gomas, leche en polvo, vitaminas, minerales, cacao en polvo y cualquier mezcla de los mismos. Si se usan azúcares, preferentemente, el azúcar añadido es sacarosa.

Las frutas, verduras y legumbres pueden ser ingredientes interesantes para aportar color, o sabor a los trozos a base de avena. Además, las frutas, verduras y legumbres contienen fibras alimentarias interesantes, macronutrientes, tales como proteínas o fitonutrientes, tales como los polifenoles. Preferentemente, las frutas, verduras y legumbres se suministran en polvo o harina. Por ejemplo, la mezcla seca comprende del 5 al 30 % en peso de fruta y/o verduras en polvo.

Ejemplos de frutas incluyen manzana, mora, cereza, dátil, uva, naranja, fruta de la pasión, pera, melocotón, piña, ciruela, frambuesa y fresa. Ejemplos de verduras incluyen alcachofa, brócoli, zanahoria, yuca, coliflor, calabacín, calabaza, espinaca, boniato o tomate. Ejemplos de legumbres incluyen alubias, garbanzos, alubias rojas, lentejas o guisantes. Combinaciones de varias frutas, verduras y/o legumbres. Algunos de los ingredientes de frutas o verduras pueden contener también almidones.

Se puede añadir leche en polvo a la mezcla seca. La leche en polvo es útil para perfeccionar el contenido proteínico de los trozos a base de avena. Ejemplos de leche en polvo incluyen polvo elaborado a partir de leche, leche semidesnatada, leche desnatada, proteínas lácteas y combinaciones de los mismos. Ejemplos de proteínas lácteas son la caseína, caseinato, hidrolizado de caseína, suero de leche, hidrolizado de suero de leche, concentrado de suero, aislado de suero de leche, concentrado de proteínas lácteas, aislado de proteínas lácteas y combinaciones de los mismos. Asimismo, la proteína de leche puede ser, por ejemplo, suero de leche dulce, suero de leche ácido, α -lactoalbúmina, β -lactoglobulina, albúmina de suero bovino, caseína ácida, caseinatos, α -caseína, β -caseína y/o γ -caseína. Por ejemplo, la mezcla seca comprende del 5 al 40 % en peso de leche en polvo.

Los edulcorantes incluyen edulcorantes naturales y sustitutos del azúcar. Ejemplos de edulcorantes naturales incluyen néctar de agave, azúcar de dátiles, zumo de fruta concentrado, miel, jarabe de arce, melaza. Ejemplos de sustitutos del azúcar incluyen acesulfamo potásico, aspartamo, neotame, sacarina, sucralosa, advantame, eritritol, hidrolizado de almidón hidrogenado, isomaltitol, lactitol, maltitol, manitol, sorbitol, xilitol, extractos de Stevia, tagatosa, trehalosa. Preferentemente, se evitan los edulcorantes artificiales. Por ejemplo, la mezcla seca comprende hasta un 15 % en peso de edulcorante. Por ejemplo, la mezcla seca comprende de un 3 a un 15 % en peso de azúcar u otros edulcorantes naturales, o una cantidad de sustitutos del azúcar suficiente para proporcionar una percepción de dulzor equivalente a un 3 a un 15 % en peso de azúcar. En cualquier caso, la cantidad de edulcorantes naturales y sustitutos del azúcar debe respetar la normativa aplicable.

Los granulados pueden comprender también fibras solubles o insolubles. Preferentemente, las fibras incluyen betaglucano, inulina y fructooligosacáridos. Las fibras pueden suministrarse en forma de salvado de cereales, por ejemplo.

Además, los granulados pueden comprender también vitaminas, minerales y otros nutrientes, incluida la vitamina A, vitamina B1, vitamina B2, vitamina E, vitamina K, vitamina C, vitamina D, ácido fólico, inositol, niacina, biotina, ácido pantoténico, colina, calcio, sodio, fósforo, yodo, magnesio, cobre, cinc, hierro, manganeso, cloruro, potasio, selenio, cromo, molibdeno, taurina y L-carnitina. Los minerales suelen estar en forma de sal. La presencia y la cantidad de los minerales específicos y otras vitaminas pueden variar en función del enriquecimiento previsto y del consumidor al que va dirigido. En cualquier caso, los niveles de enriquecimiento deben respetar la normativa aplicable. El enriquecimiento podría añadirse en la mezcla seca antes de la extrusión o directamente en la extrusora. Habitualmente, las vitaminas, minerales y otros nutrientes representan menos del 2 % en peso de la mezcla seca.

En una realización, los granulados comprenden además hasta un 1 % en peso de carbonato cálcico. La adición de

carbonato cálcico mejora las propiedades de expansión de la masa. Por ejemplo, la mezcla seca comprende el 0,5 % en peso, o el 0,6 % en peso, o el 0,7 % en peso, o el 0,8 % en peso o el 0,9 % en peso de carbonato cálcico.

Los granulados de calidad alimentaria se obtienen mediante un proceso de cocción-extrusión, preferentemente un proceso que no comprenda una etapa de molienda después de la etapa de corte. El proceso de fabricación de los granulados de calidad alimentaria comprende varias etapas: a) alimentar de una mezcla seca a un cocedor-extrusora, b) añadir agua en el cocedor-extrusora para obtener una masa, c) cocer la masa, d) extruir la masa, e) granular la masa en trozos y expandir los trozos, y f) secar los trozos.

Un aspecto de la invención propone un proceso para fabricar granulados de calidad alimentaria. El proceso comprende:

- mezclar un material amiláceo en una extrusora para formar una masa;
- cocer la masa en la extrusora a una temperatura comprendida entre 110 °C y 160 °C y con un contenido de agua comprendido entre el 10 % y el 30 %;
- extrudir la masa a través de un troquel de extrusión;
- cortar la masa en granulados directamente a la salida del troquel de extrusión 2, a una velocidad de corte de turbina V_{tur} de entre 20 m/s y 120 m/s y a una longitud de extrudado L_{pr} de entre 0,05 mm y 0,5 mm con una turbina granuladora accionada por rotación 5 como se ha descrito anteriormente, y
- secar los granulados hasta un contenido de agua inferior al 8 %.

Los parámetros utilizados para calcular L_{pr} y V_{tur} se ilustran en la Figura 8. La parte inferior de la Figura 8 muestra una vista esquemática de la cara de extrusión 3 del troquel 2 superpuesta con una vista esquemática tomada entre la cara delantera 6 de la turbina 5 y las aletas 7.

La velocidad de las aletas 7 cuando impactan contra el producto extruido 11, o velocidad de corte de la turbina V_{tur} viene dada por la siguiente ecuación:

$$V_{tur} = \frac{2\pi \times RPM \times R}{60 \times 1000}$$

donde

- R es el radio entre el centro de rotación 51 y la posición de los orificios de extrusión 2a
- RPM es la velocidad de rotación radial de la turbina granuladora 5

La longitud L_{pr} del extruido antes de la expansión puede estimarse de la siguiente manera:

$$L_{pr} = (V_{pr} \times 1000) / (RPM / 60) / NF$$

donde

- G es la separación entre la cara de extrusión 3 y la cara de separación 7c de las aletas 7
- V_{pr} es la velocidad de extrusión de la masa fundida 11 en el orificio de extrusión 2a
- NF es el número de aletas de la turbina granuladora 5, que puede estimarse como:

$$NF = 2\pi \times \frac{R}{A + E}$$

donde:

- E es el espesor de las aletas 7
- A es la distancia entre la cara delantera de una aleta y la cara trasera de la aleta siguiente, en la dirección de rotación, en la posición del orificio de extrusión 2a

En una realización, la granulación puede realizarse a presión subatmosférica, por ejemplo, a una presión de 2 kPa (20 mbar).

Por ejemplo, se introduce una mezcla de materiales amiláceos secos o húmedos en una extrusora o extrusora con cocción. La mezcla de ingredientes incluye normalmente entre un 50 y un 99 % de harina de cereales, 0-50 % de azúcar y agua. El cocedor-extrusora suele comprender varios cilindros sucesivos equipados con un husillo (simple o doble). Normalmente, la mezcla seca se introduce en el primer cilindro. Después de introducir la mezcla seca en el primer cilindro, la mezcla de ingredientes puede seguir mezclándose en una primera sección de mezcla de la extrusora, para obtener una masa. El agua se añade por inyección en el primer o segundo cilindro, para alcanzar un contenido de agua comprendido entre el 10 % y el 30 %. La masa se calienta y se cuece a una temperatura entre 110 °C y 160 °C, se comprime y cizalla de modo que forme una masa termoplástica cocida, a veces denominada masa fundida 11. En estas condiciones, el material se funde debido a la combinación de la fricción mecánica entre el husillo y la

energía térmica suministrada a través del cilindro. A continuación, la masa fundida 11 se transporta al troquel de extrusión 2, donde se somete a presión.

5 La masa termoplástica puede extruirse haciendo que sea empujada por un husillo de la extrusora o un husillo doble a través de los orificios de extrusión 2a del troquel de extrusión 2. A medida que la masa termoplástica es forzada a atravesar el troquel estrecho, puede ir seguida de una repentina liberación de presión que provoque una rápida evaporación del vapor. Preferentemente, el diámetro de los orificios de extrusión 2a del troquel de extrusión 2 es inferior a 4 mm, preferentemente comprendido entre 2 mm y 4 mm.

10 A medida que la masa sale de la extrusora a través del troquel de extrusión, la masa es cortada en granulados por la turbina granuladora 5 accionada rotativamente.

15 Los inventores han comprobado que la turbina granuladora 5 puede accionarse en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario, y que es aplicable tanto si las aletas 7 son rectas (radialmente o desplazadas) como si son curvas. Cuando el perfil de la vista frontal de las aletas 7 es curvo, tal como una involuta de un círculo, la expulsión de los granulados se perfecciona cuando la turbina granuladora 5 se acciona en sentido contrario a las agujas del reloj, como se muestra en la Figura 4, por ejemplo, con el desplazamiento α entre la cara interior 7f y la cara exterior 7g siendo un desplazamiento en el sentido de las agujas del reloj.

20 La masa termoplástica 11, o masa, se granula con una longitud L_{pr} y una velocidad V_{tur} que dependen de la velocidad de rotación de la turbina granuladora 5 y de su estructura.

25 La turbina granuladora 5 y el troquel de extrusión 2 están situadas dentro de una cámara 80. La turbina granuladora 5 gira y corta los granulados directamente del troquel, los granulados caen por la cámara 80 hasta una tolva 82 para su recogida.

30 A continuación, los granulados pueden secarse. La etapa de secado puede realizarse con un calentador de infrarrojos (IR) o mediante calentamiento con aire caliente. Normalmente, el producto se coloca en una cinta de alambre de malla que pasa por una máquina de secado por IR, de tal manera que se produzcan radiaciones IR por encima y por debajo del producto. La etapa de secado normalmente reduce el contenido de agua del producto de aproximadamente un 15 % a un contenido de humedad de aproximadamente el 1 al 6,5 %. Normalmente, los granulados finales se secan hasta alcanzar un contenido final de agua residual desde el 2 % hasta el 8 %.

35 Una composición alimentaria seca que comprende granulados de calidad alimentaria como se describe en el presente documento. En una realización, la composición alimentaria seca consiste en granulados de calidad alimentaria como se describe en el presente documento. Por ejemplo, la composición alimenticia seca puede ser un producto de cereales para lactantes, un producto de cereales para adultos, una salsa deshidratada, una sopa deshidratada, un plato deshidratado, una bebida reconstituible, o un alimento deshidratado para mascotas. Por ejemplo, la composición alimentaria seca está lista para su reconstitución en una gacha, simplemente mezclando un líquido con la misma. El líquido puede ser agua o leche. También podría ser un zumo de frutas. El líquido puede estar frío, por ejemplo, a una temperatura de entre 3 °C y 10 °C, o tibio, por ejemplo, a una temperatura de entre 30 °C y 80 °C.

Otras ventajas y características de la presente invención se desprenden de las figuras y ejemplos,

45 MÉTODOS

1. Determinación de la estructura interna de granulados mediante tomografía de rayos X microcomputada y análisis de imágenes 3D

50 1.1. Adquisición de imágenes de granulados

Las tomografías de rayos X se realizan con un Skyscan MCT 1272 (Brüker MicroCT, Kontich, Bélgica) con un haz de rayos X de 40 kV y 100 μ A. Las exploraciones se realizan con el software Skyscan (versión 1.1.9), la reconstrucción con el software Skyscan NRecon (versión 1.6.10.4) con el programa InstaRecon (versión 2.03.5) y el análisis de imágenes 3D con el software CTAAn (versión 1.17.7.2, 64 bits).

60 Cada granulado se colocó en la cámara de tomografía de rayos X. El tamaño de los píxeles de la imagen era de 5 μ m, la tensión de la fuente era de 50 kV y la corriente de la fuente era de 200 μ mA y la cámara tenía un tiempo de exposición de 257 ms. Las exploraciones se realizaron a 180°, con un paso angular de 0,2° y un promedio de cuadros de 3.

La reconstrucción del conjunto de datos se realizó sobre una media de 900 cortes, con los ajustes de contraste a 0,008-0,15. El suavizado y la reducción de artefactos anulares se establecieron en 1 y 10, respectivamente.

65 1.2. Análisis 3D de las imágenes

El análisis de imágenes 3D se realizó en conjuntos de datos reducidos a 10 µm por píxel sobre 450 cortes. El análisis se realizó en dos etapas: (i) una primera etapa para seleccionar los granulados que se van a analizar excluyendo el área exterior que rodea los granulados, (ii) la segunda etapa para obtener la porosidad de los granulados.

5 (i) Selección de las partículas, es decir, el volumen de interés:

10 Se segmentaron las imágenes en niveles de gris. La segmentación se realizó con un nivel de gris de 40, y a continuación se limpiaron las imágenes eliminando cualquiera de las manchas menores de 2 píxeles, y luego se dilataron mediante morfología matemática. La selección del volumen de interés se realizó mediante la función de retracción y, a continuación, este volumen se erosionó mediante morfología matemática para ajustarse a la superficie de los granulados. Los parámetros de dilatación y erosión se eligieron para obtener el mejor ajuste a la superficie de las partículas.

15 (ii) Análisis de imágenes 3D:

Las imágenes se volvieron a cargar y se segmentaron con un nivel de gris de 4. A continuación se calculó la porosidad como la relación entre el volumen de huecos en los granulados y el volumen de granulados, siendo el volumen de granulados igual al volumen de interés definido anteriormente (i). El espesor de la estructura dio la distribución del espesor de las paredes.

20 2. Comportamiento de reconstitución evaluado por RVA (Rapid Visco Analyzer)

El comportamiento de reconstitución de los granulados se evaluó con el RVA (Rapid Visco Analyzer, RVA 4500, Newport Scientific) colocando 6,25 g de granulado en el recipiente de RVA y añadiendo 25 ml de leche (con un 2,5 % de grasa) calentada a 65 °C. A continuación, se agitó manualmente la mezcla de granulado y leche durante 10 segundos para poner en contacto el granulado y la leche, a continuación, se agitó en el recipiente de RVA con las palas a 50 RPM durante 10 min a 65 °C.

30 A partir de las curvas viscosidad frente al tiempo obtenidas con el RVA, se obtuvo la viscosidad máxima de los granulados rehidratados y se extrajo el tiempo necesario para alcanzar esta viscosidad máxima (en minutos). El "tiempo de reconstitución" es el tiempo necesario para alcanzar la viscosidad máxima.

3. Determinación del tamaño de partícula de los granulados

35 El tamaño de partícula de los granulados se determinó con el instrumento Zephyr (Occhio). En este método, los granulados caen suavemente en vertical delante de una cámara de alta resolución: Cada partícula es detectada por la cámara. A continuación, se analizan con un programa informático de análisis de imágenes (Callisto). Se analizó un volumen representativo de partículas que suele representar entre 20.000 y 50.000 partículas.

40 A partir de la curva de distribución del tamaño de partícula, se obtuvo el diámetro medio de área (D[4,3]). El diámetro de área corresponde al diámetro de la esfera equivalente, que tiene la superficie de la partícula.

Ejemplos

45 En los ejemplos se usan dos tipos de extrusoras de doble husillo muy conocidas, en concreto los modelos BC 21 y BC 45, ambos de CLEXTAL (Francia).

Ejemplo 1: Ejemplo comparativo - Gránulos molidos

50 Los gránulos molidos pueden prepararse utilizando la receta y las condiciones A o B, con los parámetros de extrusión y corte descritos en la Tabla 1.1. Los minerales son carbonato cálcico y/o fosfato potásico.

Tabla 1.1

Ejemplo		A	B
RECETA	Unidad	Gránulos molidos	Gránulos molidos
Harina de trigo integral	% en peso	70	77
Harina de avena	% en peso	17,45	11,5
Harina de amaranto	% en peso	0	10,3
Harina de mijo integral	% en peso	5	0
Azúcar	% en peso	7	0

(continuación)

Ejemplo		A	B
RECETA	Unidad	Gránulos molidos	Gránulos molidos
Tocoferol	% en peso	0,05	0,03
Minerales*	% en peso	0,5	1,17
EXTRUSIÓN			
Tipo de extrusora		BC 21	BC 45
Temperatura del producto	°C	145	140
Velocidad del husillo	RPM	400	400
Agua en la extrusora	%	21,7	22 %
CORTE con cortadora del estado de la técnica (Figura 1)			
Número de troqueles		1	16
Diámetro de troquel	mm	2	2
Caudal total	Kg/h	10	120
Caudal por troquel	Kg/h	10	7,5
Velocidad del granulador	RPM	2700	4000
Número de cuchillas		9	6
Vpr	m.s ⁻¹	16,1	23,9
Lpr	mm	1,8	1,14
FIGURA			9

El producto extruido se muele para obtener granulados. Los granulados de este ejemplo se obtuvieron extruyendo una composición de cereales en gránulos con un granulador de extrusión tradicional con 6 o 9 cuchillas a la velocidad de corte tradicional (2700 o 4000 RPM), seguido de una molienda posterior. La molienda se realizó con un molino Frewitt con un tamaño de malla cuadrada de 1,5 mm, alambre de 1 mm y una velocidad de rotación de 0,74 RPM para alcanzar el mismo intervalo de tamaño de granulado que los granulados de acuerdo con la invención.

El diámetro medio de área y el tiempo de reconstitución se midieron como se explica en la sección de métodos. Como se muestra en la tabla 1.2, antes de la molienda, los gránulos tenían una porosidad de aproximadamente el 70 al 76 % y un espesor medio de pared de 45 a 74 micrómetros. El espesor medio de pared de los gránulos de mijo es equivalente al espesor medio de pared de los gránulos iniciales. Los gránulos molidos tenían un diámetro medio de área de aproximadamente 1000 a 1800 micrómetros. El tiempo de reconstitución alcanzó un mínimo de 3,4 minutos.

Tabla 1.2

Ejemplo	Unidad	A	B
Diámetro medio de área	µm	1053	1710
Tiempo de reconstitución	min	3,44	6,19
Estructura del gránulo antes de la molienda			
Porosidad	%	75,1	70,3
Espesor medio de pared	µm	73,3	45,4

La Figura 9A es una observación por microscopía óptica de algunos granulados de gránulos molidos. Como se puede ver en la imagen, los gránulos molidos son porosos. Tienen una morfología muy diferente en comparación con los granulados directos que se muestran, por ejemplo, en la Figura 10, como se mostrará en el siguiente ejemplo.

Ejemplo 2: Granulados directos

Los granulados directos pueden prepararse siguiendo la receta y las condiciones C, D y E. La composición C, D y E

se extruyó directamente en granulados con una turbina granuladora de acuerdo con la invención con 9, 18 y 36 aletas, como se describe en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1

Ejemplo		C	D	E
RECETA	Unidad	Granulados directos	Granulados directos	Granulados directos
Harina de trigo integral	% en peso	70	70	50
Harina de maíz integral	% en peso	0	0	20
Harina de avena	% en peso	17,45	17,45	17,45
Harina de mijo integral	% en peso	5	5	5
Azúcar	% en peso	7	7	7
Tocoferol	% en peso	0,05	0,05	0,05
CaCO ₃	% en peso	0,5	0,5	0,5
EXTRUSIÓN				
Tipo de extrusora		BC 21	BC 21	BC21
Temperatura del producto	°C	145	145	145
Velocidad del husillo	RPM	400	400	400
Agua en la extrusora	%	21,7	21,7	21,5
CORTE con turbina granuladora				
Número de troqueles		1	1	1
Diámetro de troquel	mm	2	2	2
Caudal total	Kg/h	10	10	10
Caudal por troquel	Kg/h	10	10	10
Velocidad de corte	RPM	13000	13000	18000
Número de aletas de la turbina		36	18	9
V _{pr}	m.s ⁻¹	77,6	77,6	107,4
L _{pr}	mm	0,093	0,187	0,271
FIGURA		10, 11C	11B	

Como se ve en la Figura 10A, la morfología de los granulados producidos con la turbina granuladora presenta una forma heterogénea, con dendritas en tres dimensiones (mostradas por flechas en la Figura 10A y 10B). La Figura 10B muestra la presencia de dendritas en los granulados directos, que no están presentes en los gránulos molidos (Figura 9B). Las paredes del interior de los granulados directos son también claramente más finas que las de los gránulos molidos.

Los granulados directos tienen una porosidad de aproximadamente el 58 % al 65 %, y paredes muy finas con un espesor medio de pared de 22 a 25 micrómetros, como se muestra en la Tabla 2.2.

El espesor medio de pared de los granulados directos es, por tanto, inferior al de los gránulos molidos (superior a 45 micrómetros en el caso de los gránulos molidos), como se muestra en la tabla 2.2, confirmando así la observación visual. Para intervalos similares de diámetro medio de área, el tiempo de reconstitución de los granulados directos es de 0,6 a 1,4 minutos. El tiempo de reconstitución es, por tanto, inferior al de los gránulos molidos (3,4 minutos como mínimo para los gránulos molidos).

La reconstitución más rápida de los granulados directos se atribuye a sus paredes más finas y a su morfología única con bordes irregulares y dentados, aumentando sin duda la superficie de contacto con el líquido durante la reconstitución.

El uso de la turbina granuladora de acuerdo con la invención junto con una alta velocidad de corte permite generar granulados, que se reconstituyen más rápidamente que los gránulos molidos. Esto se debe sin duda a su estructura única. Esta estructura sólo puede generarse cuando el producto sale de la extrusora en estado plástico. La expansión de la masa fundida en el extremo del troquel recibe el impacto de la turbina y genera paredes muy finas.

Tabla 2.2.

Ejemplo	Unidad	C	D	E
Diámetro medio de área	µm	1492	2107	2047
Tiempo de reconstitución	min	0,64	0,68	1,35
Porosidad	%	58,3	64,9	64,3
Espesor medio de pared	µm	25,0	23,7	21,9

La Figura 11 muestra ejemplos de la variedad de granulados directos que pueden obtenerse al disminuir Lpr de 0,38 mm (11A), a 0,187 mm (11B), a 0,093 mm (11C) para una Vtur fija de 77,6 m.s⁻¹. Cambiar Vtur y Lpr permite generar una amplia gama de estructura, con diferencias en el tiempo de reconstitución, lo que da lugar a una amplia gama de texturas de las gachas. La Figura 12 muestra cómo se modifica el tiempo de reconstitución al cambiar Lpr y Vtur. Un aumento de Lpr tiende a aumentar el tiempo de reconstitución, mientras que un aumento de Vtur tiende a disminuirlo. La sensación en boca y la percepción de la textura de las gachas reconstituidas se ven afectadas por el tiempo de reconstitución, así como su viscosidad.

Ejemplo 3: escalado a caudales de extrusión superiores

Los granulados directos se prepararon utilizando las recetas y condiciones F, G, o H, con los parámetros de extrusión y corte descritos en la tabla 3.1.

Tabla 3.1.

Ejemplo		F	G	H
RECETA	Unidad			
Harina de trigo integral	% en peso	70	15,6	77
Harina de maíz integral	% en peso	0	6,6	0
Harina de avena	% en peso	22,95	9,75	11,5
Harina de arroz	% en peso	0	64,05	0
Harina de amaranto	% en peso	0	0	10,3
Azúcar	% en peso	7	2	0
Tocoferol	% en peso	0,05	0,025	0,038
Fosfato dipotásico	% en peso	0	0,9	0,48
EXTRUSIÓN				
Tipo de extrusora		BC 45	BC 45	BC 45
Temperatura del producto	°C	145	131	142
Velocidad del husillo	RPM	330	475	400
Agua en la extrusora	%	21,5	20	21,0
Número de troqueles		8	8	24
Diámetro de troquel	mm	2	2	2
Caudal total	Kg/h	80	98	360
Caudal por troquel	Kg/h	10	12,25	15

(continuación)

Ejemplo		F	G	H
CORTE con turbina granuladora				
Velocidad de corte	RPM	13000	12500	11400
Número de aletas de la turbina		36	36	36
Vpr	m.s ⁻¹	77,6	74,6	68,0
Lpr	mm	0,078	0,099	0,133

Los granulados directos se produjeron en una extrusora de escala superior (BC 45) con el mismo intervalo de Vtur y Lpr que los utilizados con una extrusora BC 21, como se muestra en la tabla 3.1.

El intervalo de tiempo de reconstitución obtenido está en el intervalo de 0,32 a 0,78 min para las recetas F, G y H. La porosidad está entre el 70 y el 83 %, y el espesor medio de pared también es fino, de aproximadamente 21 a 25 micrómetros de espesor. El escalado a caudales más elevados puede realizarse manteniendo el caudal en cada troquel en aproximadamente 10 a 15 kg/h, y cortando con los valores de Vpr y Lpr indicados en los ejemplos.

Ejemplo	Unidad	F	G	H
Diámetro medio de área	μm	-	1313	977
Tiempo de reconstitución	min	0,77	0,32	0,78
Porosidad	%	-	83,0	69,7
Espesor medio de pared	μm	-	21,0	24,4

Ejemplo Comparativo 4: Copos extruidos directamente

Los copos extruidos fabricados según los ejemplos 1 y 2 y las Figuras 2 y 3 del documento EP 3073841, o de acuerdo con los ejemplos 1 y 2 y las Figuras 2, 3 y 4 del documento EP 3079494, pueden usarse como ejemplos comparativos. Como se muestra en las figuras de estas dos publicaciones de patentes, los extruidos obtenidos presentan estructuras muy regulares, y tienen formas de copos bien formadas.

Por el contrario, el presente proceso y la turbina granuladora permiten obtener directamente un polvo como granulado, sin necesidad de una molienda posterior.

REIVINDICACIONES

1. Una turbina granuladora (5) adecuada para cooperar con un dispositivo para fabricar un producto alimentario granular, comprendiendo dicho dispositivo una extrusora que tiene al menos un troquel de extrusión (2) que comprende una cara de extrusión (3) en la que se abren una pluralidad de orificios de extrusión (2a), y en cuyo dispositivo la turbina granuladora (5) puede accionarse en rotación alrededor de un eje (9) perpendicular a la cara de extrusión (3), estando dicha turbina granuladora (5) caracterizada por que tiene una cara delantera (6) orientada hacia la cara de extrusión (3), una pluralidad de aletas (7) integradas y que se extienden sustancialmente perpendicularmente desde la cara delantera (6), teniendo cada aleta (7) una cara de guía (7a), una cara de seguimiento (7b) y una cara de separación (7c), estando la cara de separación (7c) orientada hacia la cara de extrusión (3) e intersectando la cara de guía (7a) la cara de separación (7c) en un borde de corte (7d).
2. La turbina granuladora de acuerdo con la reivindicación 1, en donde cada aleta (7) tiene un perfil transversal, dicho perfil transversal tiene una base (71) y una punta (72), estrechándose la base (71) desde la cara delantera (6) de la turbina granuladora (5) hasta la punta (72), y teniendo la punta (72) un espesor (E) sustancialmente constante y que se extiende desde la base (71) hasta la cara de separación (7c).
3. La turbina granuladora de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde cada aleta (7) tiene un perfil en vista frontal que se extiende entre una cara interior (7f) y una cara exterior (7g), estando la cara interior (7f) más próxima al centro de rotación (51) de la turbina granuladora (5) que la cara exterior (7g), y estando la cara exterior (7g) desplazada radialmente (α) desde la cara interior (7f), o alineada con la cara interior (7f).
4. La turbina granuladora de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el perfil en vista frontal de las aletas (7) se extiende a lo largo de una involuta de un círculo entre la cara interior (7f) y la cara exterior (7g).
5. La turbina granuladora de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en donde las caras interior (7f) y exterior (7g) de las aletas (7) están dispuestas respectivamente en un círculo interior y uno exterior, preferentemente dispuestos de forma uniforme, alrededor del centro de rotación (51) de la turbina granuladora (5), preferentemente el círculo exterior está próximo a la periferia (61) de la cara delantera (6) de la turbina granuladora (5).
6. La turbina granuladora de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las aletas (7) están dispuestas de forma uniforme en una fila periférica.
7. La turbina granuladora de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además orificios pasantes (8) dispuestos entre el centro de rotación (51) de la turbina granuladora (5) y las aletas (7), preferentemente entre dos aletas consecutivas (7), preferentemente en un círculo.
8. Un dispositivo para fabricar un producto alimentario granular, comprendiendo dicho dispositivo una extrusora que tiene al menos un troquel de extrusión (2) que comprende una cara de extrusión (3) en la que se abren una pluralidad de orificios de extrusión (2a) y una turbina granuladora (5) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la turbina granuladora (5) puede ser accionada en rotación alrededor de un eje (9) perpendicular a la cara de extrusión (3) de tal manera que, cuando se acciona por rotación, las aletas (7) pasan alrededor de los orificios de extrusión (2a).
9. Un proceso para fabricar granulados de calidad alimentaria que comprende:
mezclar un material amiláceo en una extrusora para formar una masa;
cocer la masa en la extrusora a una temperatura comprendida entre 110 °C y 160 °C y con un contenido de agua comprendido entre el 10 % y el 30 %;
extrudir la masa a través de un troquel de extrusión (2);
cortar la masa en granulados directamente a la salida del troquel de extrusión 2, a una velocidad de corte de turbina V_{tur} de entre 20 m/s y 120 m/s y a una longitud de extrudado L_{pr} de entre 0,05 mm y 0,5 mm con una turbina granuladora accionada por rotación (5) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7; y
secar los granulados hasta un contenido de agua inferior al 8 %, dichos granulados de calidad alimentaria tienen un diámetro medio de área comprendido entre 500 y 4000 μm , una porosidad de entre el 40 % y el 90 %, un espesor medio de pared de entre 10 y 50 μm y un tiempo de reconstitución de 0,1 a 1,4 minutos, dichos parámetros determinados como se ha descrito en la descripción.
10. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el diámetro de los orificios de extrusión (2a) del troquel de extrusión (2) está comprendido entre 2 mm y 4 mm.
11. Granulados de calidad alimentaria obtenidos por el proceso de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en donde los granulados comprenden al menos un 50 % en peso de almidón procedente de un material a base de almidón, y en donde los granulados tienen un contenido de agua inferior al 8 %, caracterizado por que los granulados tienen un diámetro medio de área de entre 500 y 4000 μm , una porosidad de entre el 40 % y el 90 %, un espesor medio de pared de entre 10 y 50 μm y un tiempo de reconstitución de 0,1 a 1,4 minutos, dichos parámetros determinados como

se ha descrito en la descripción.

- 5 12. Una composición alimenticia seca que comprende granulados de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la composición alimenticia seca es un producto de cereales para lactantes, un producto de cereales para adultos, una salsa deshidratada, una sopa deshidratada, un plato deshidratado, una bebida reconstituible, o un alimento deshidratado para mascotas.

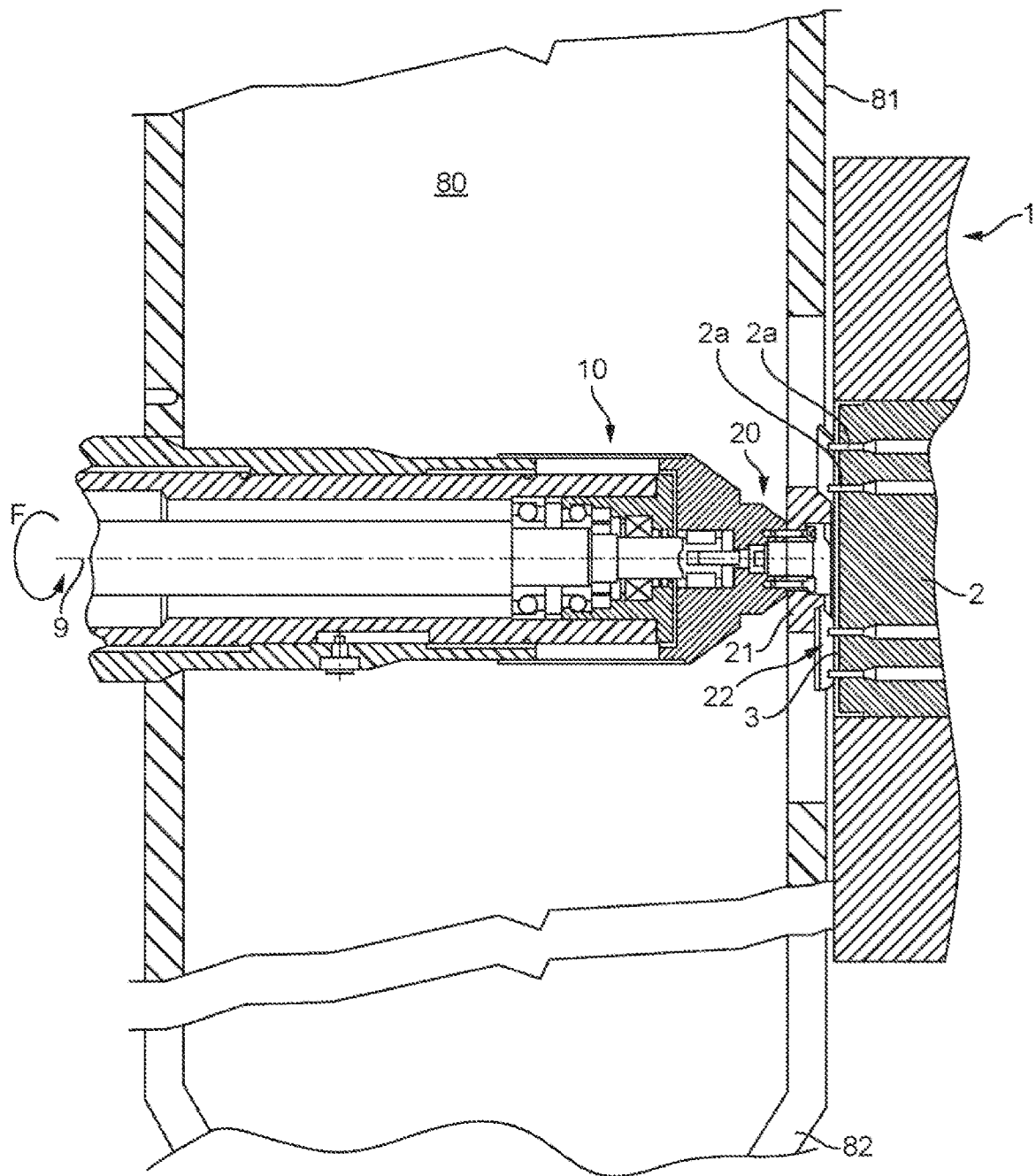


FIG. 1 (técnica anterior)

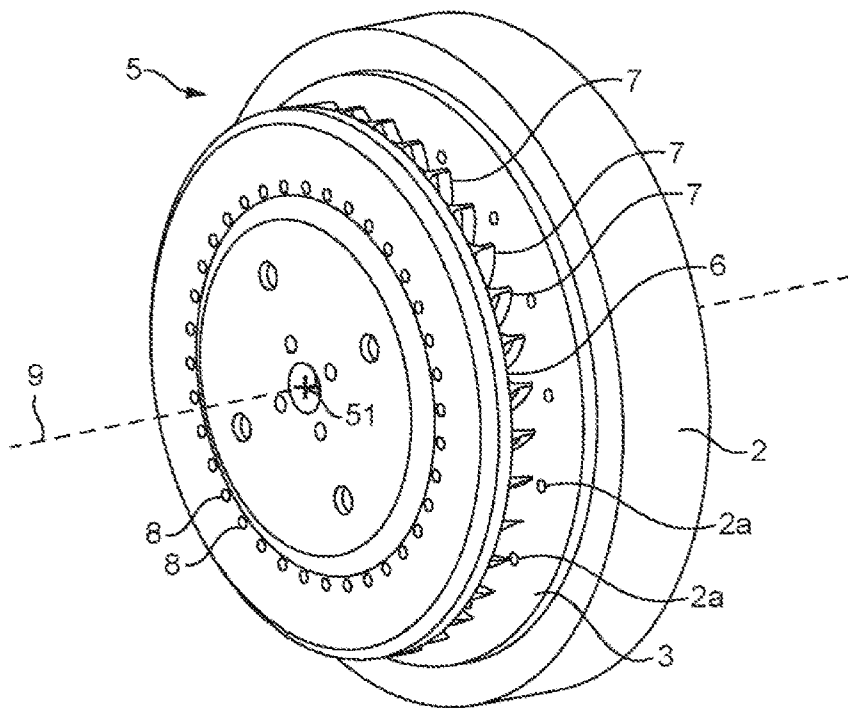


FIG. 2

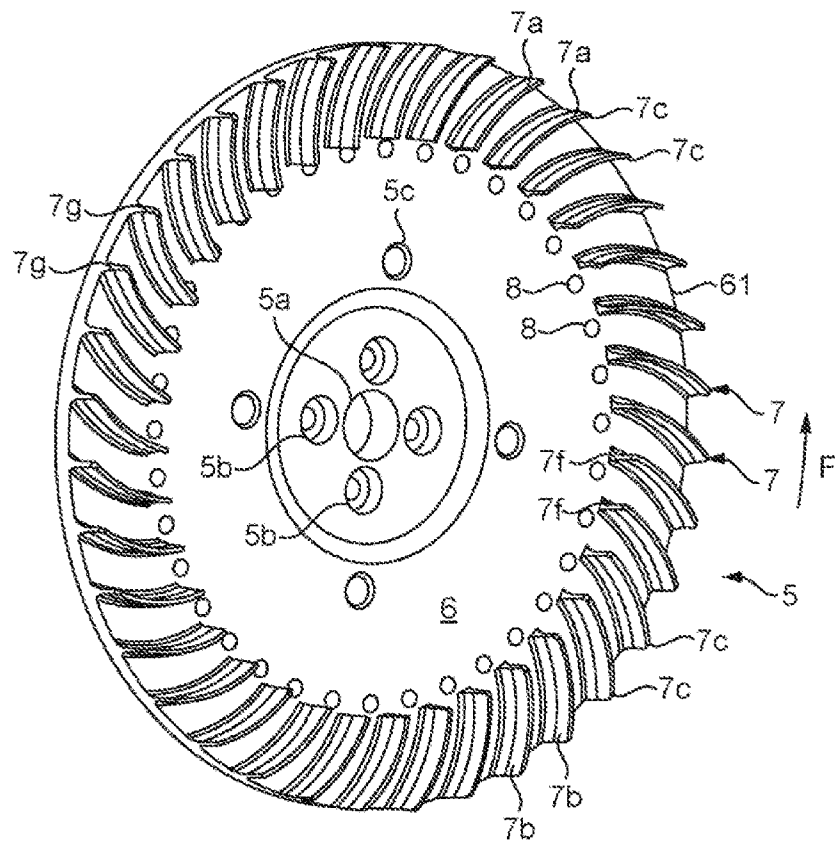


FIG. 3

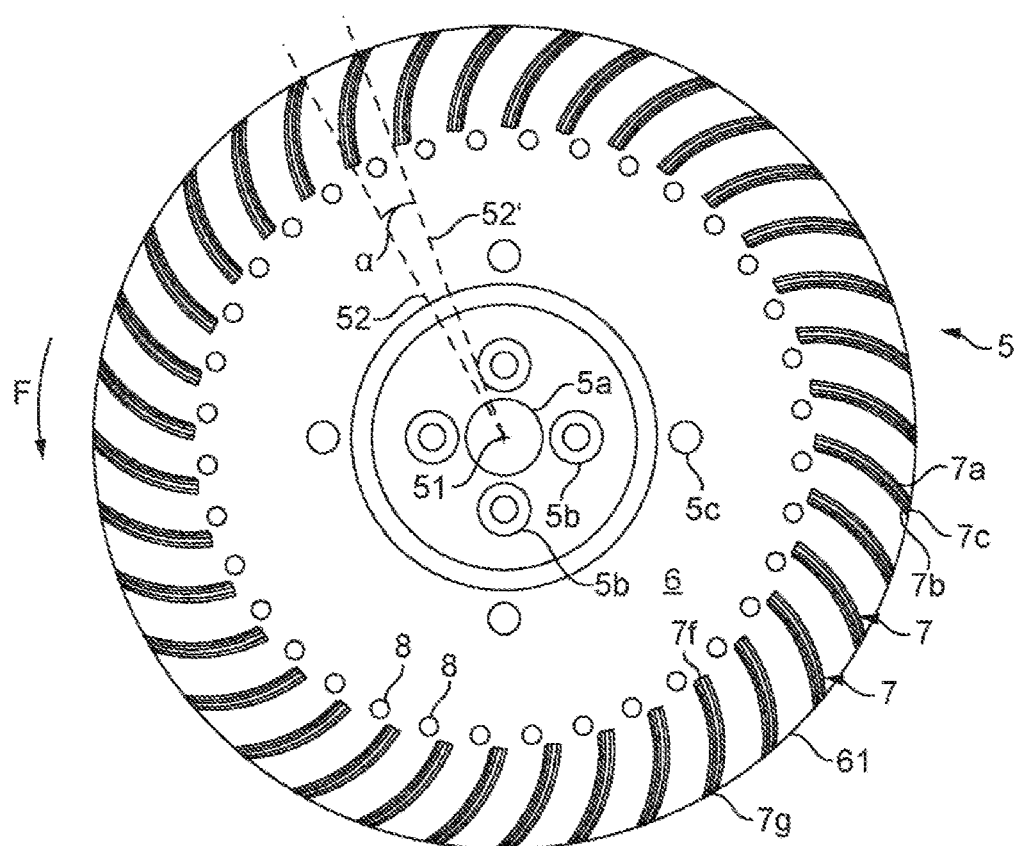


FIG. 4

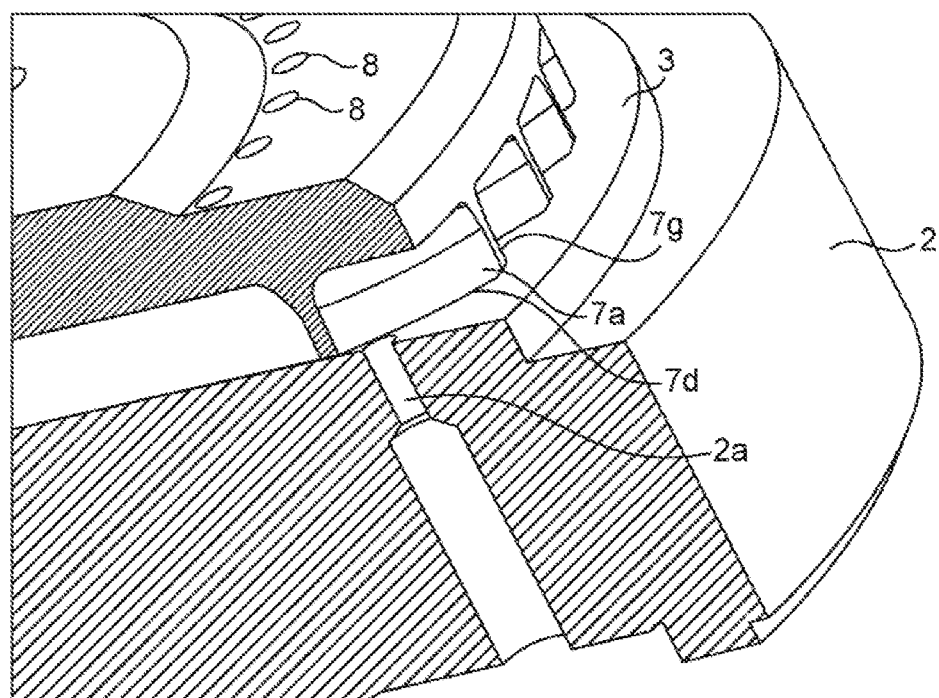


FIG. 5

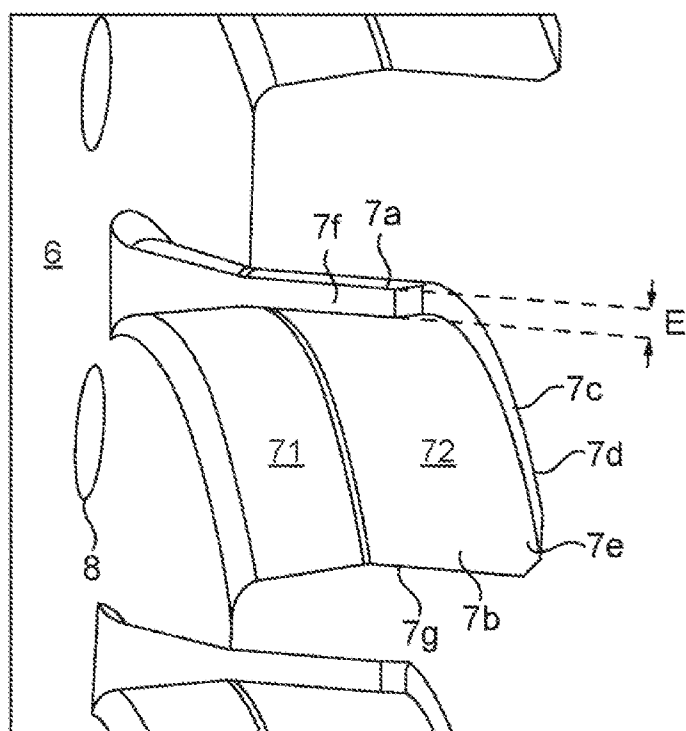


FIG. 6

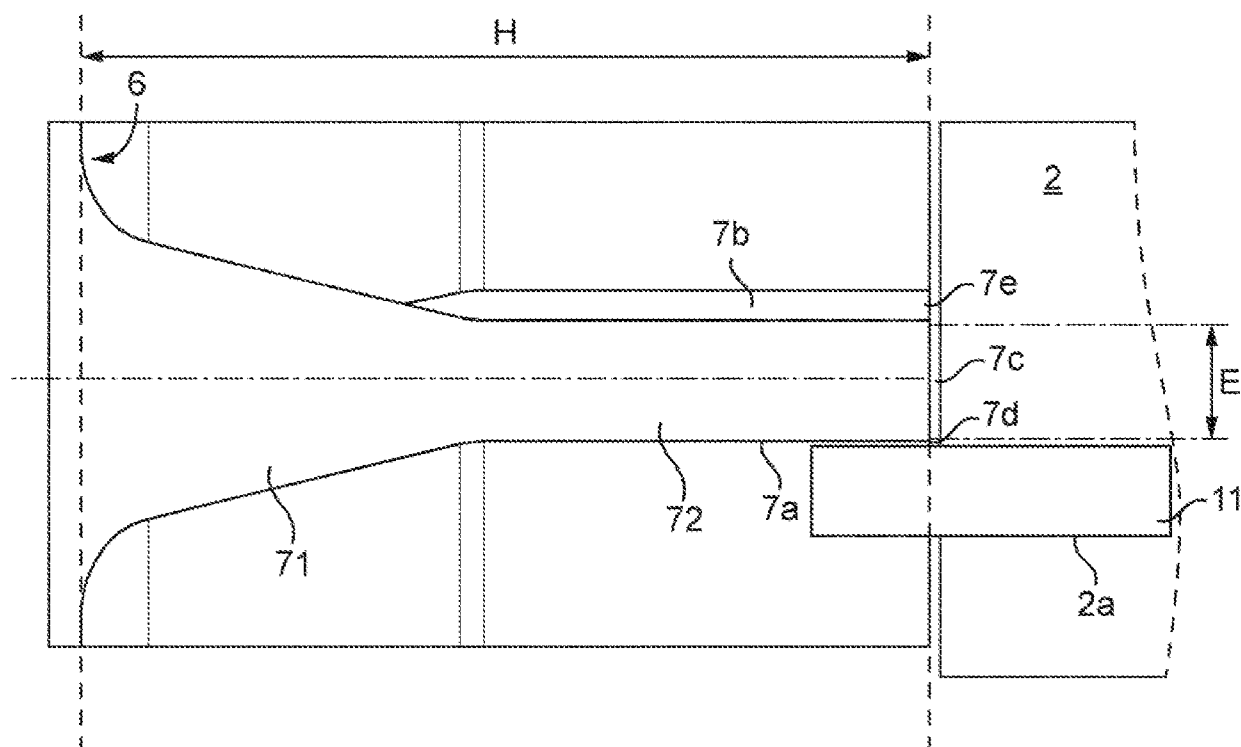


FIG. 7

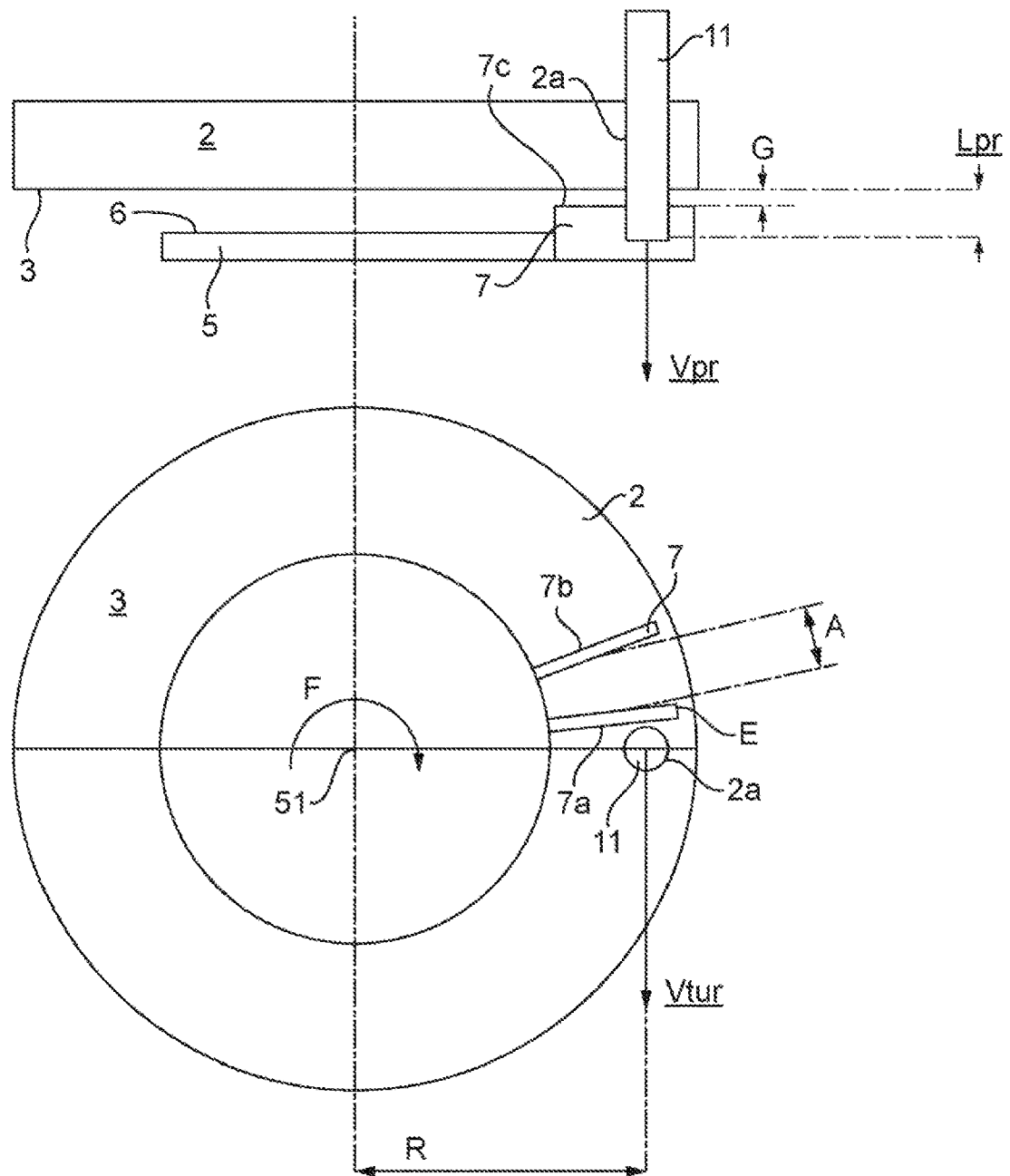


FIG. 8

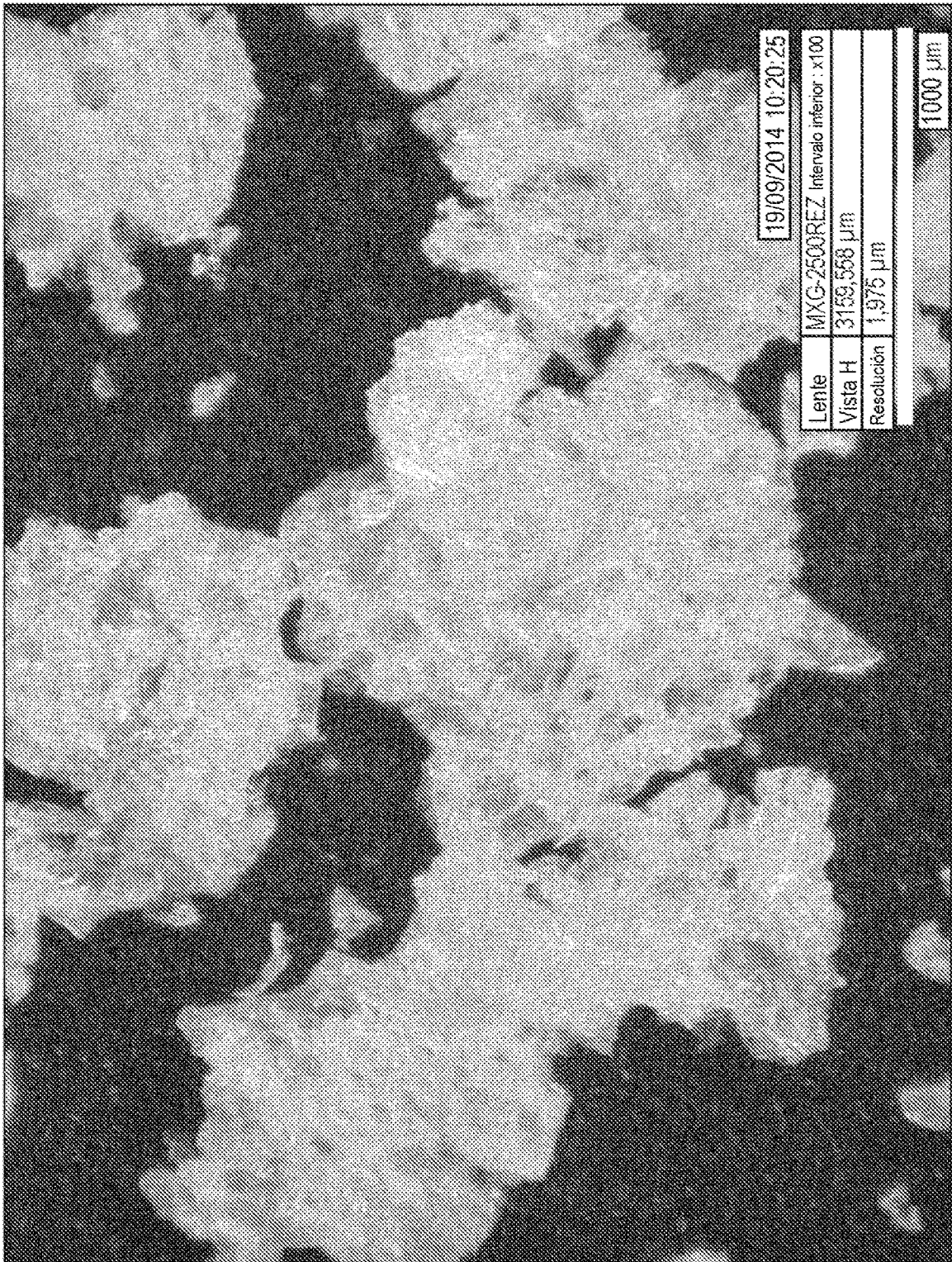


FIG. 9A

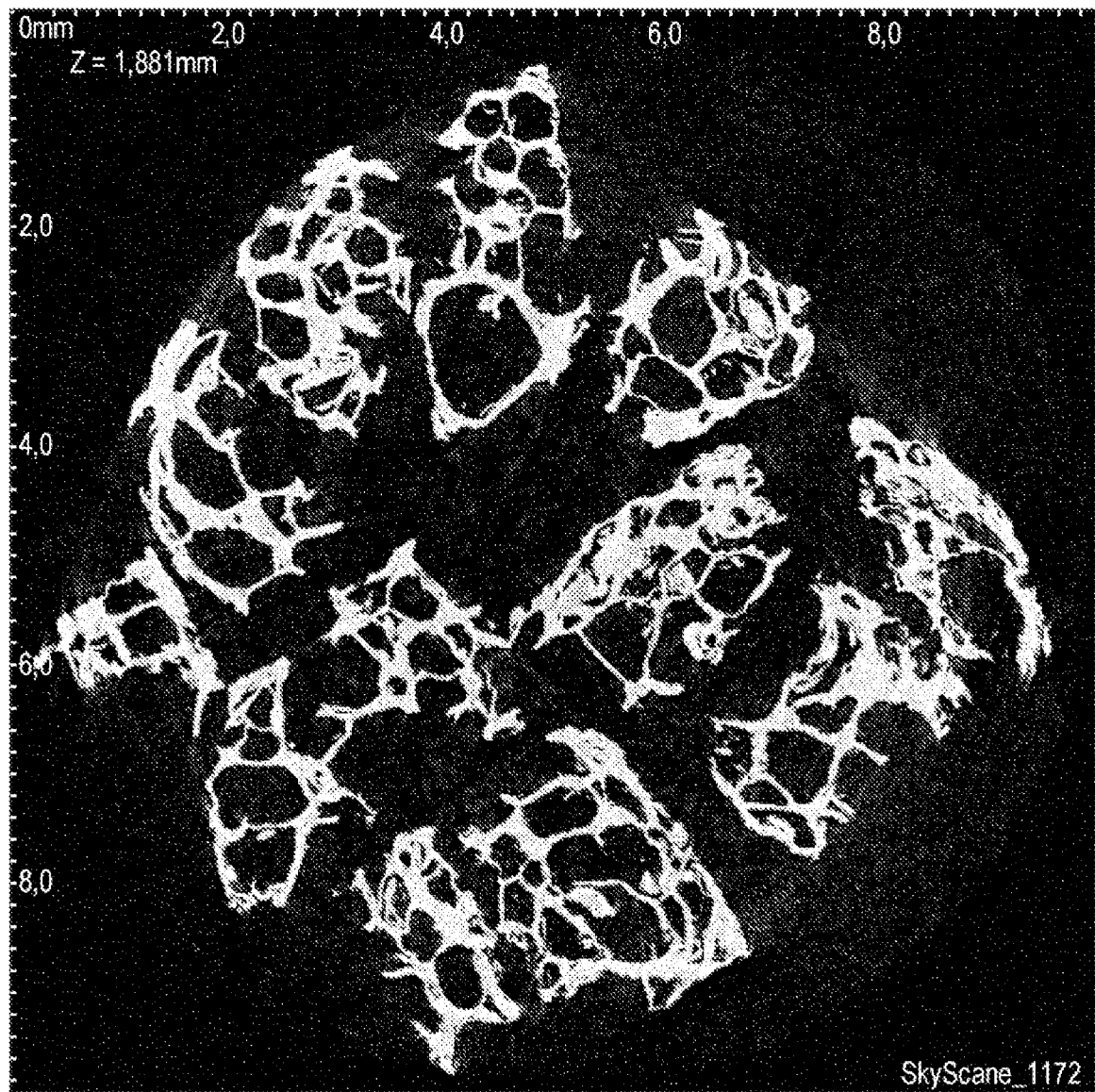


FIG. 9B

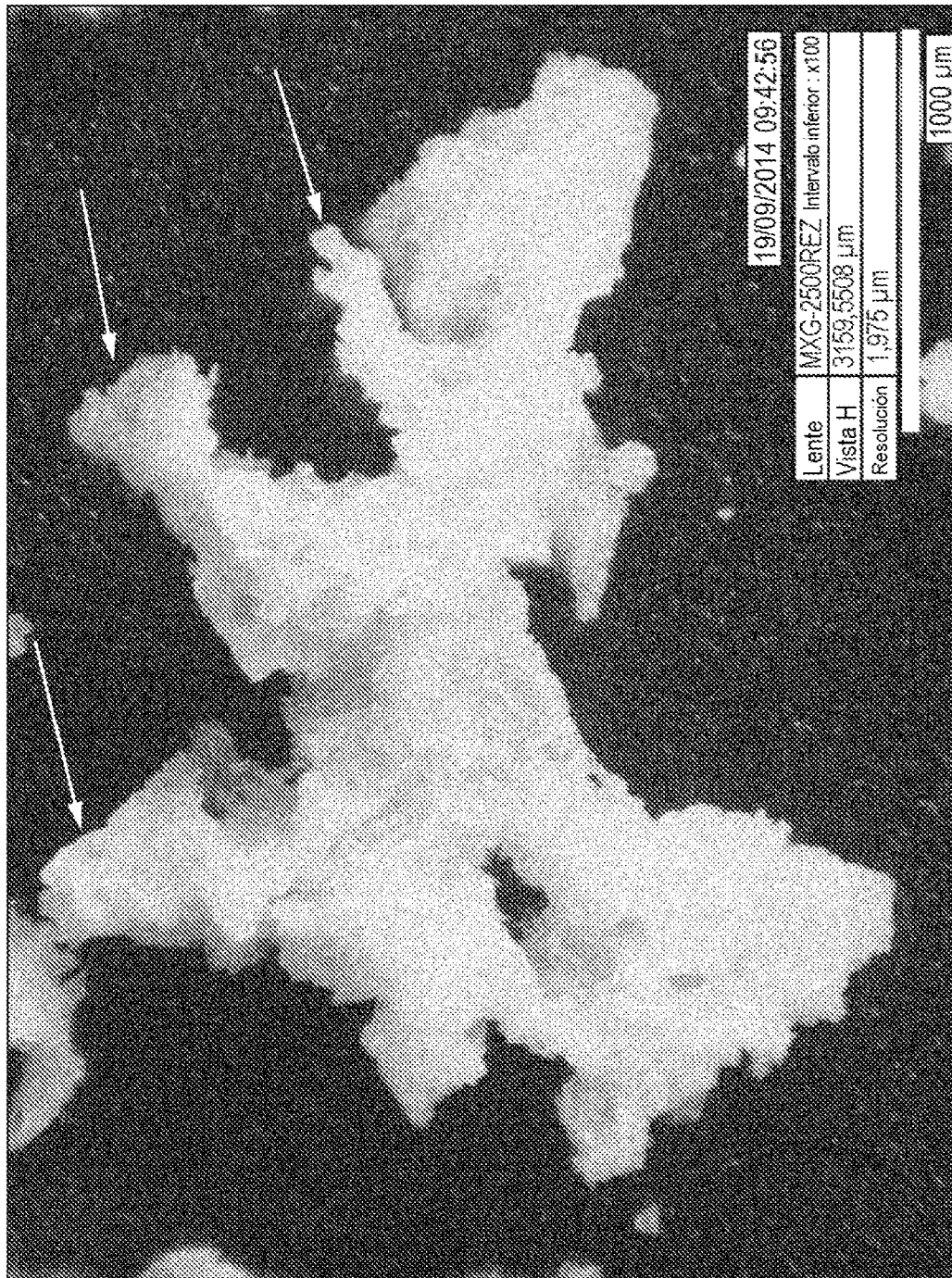


FIG. 10A

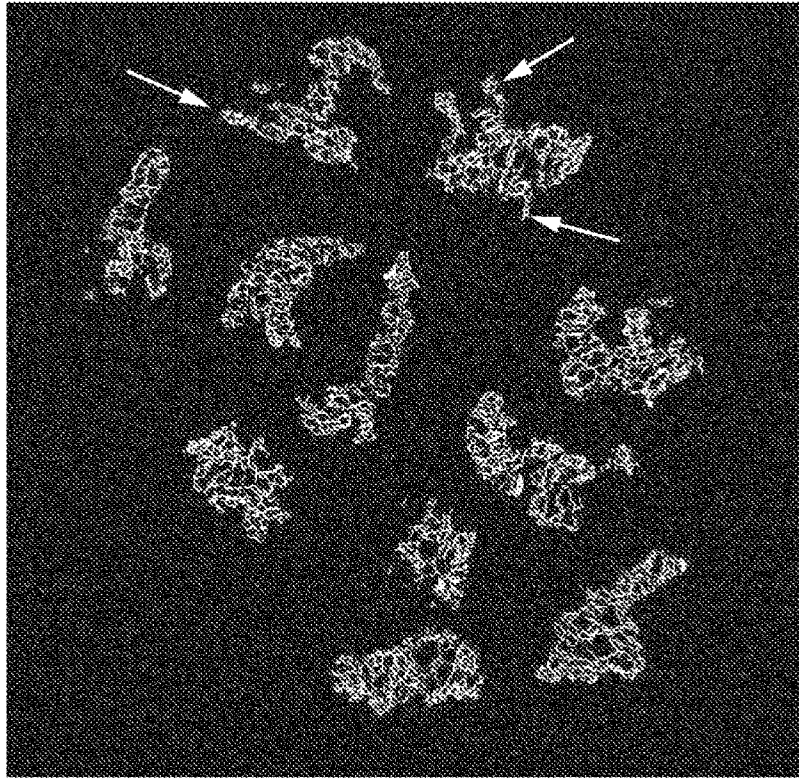


FIG. 10B

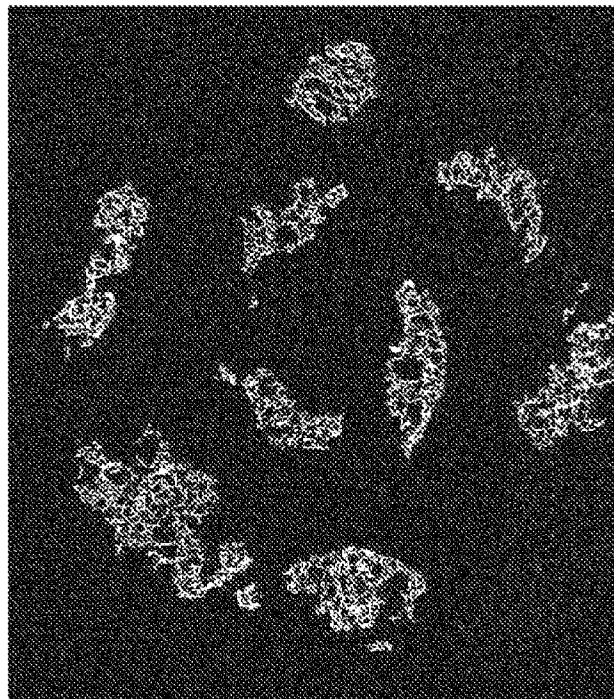


FIG. 11A

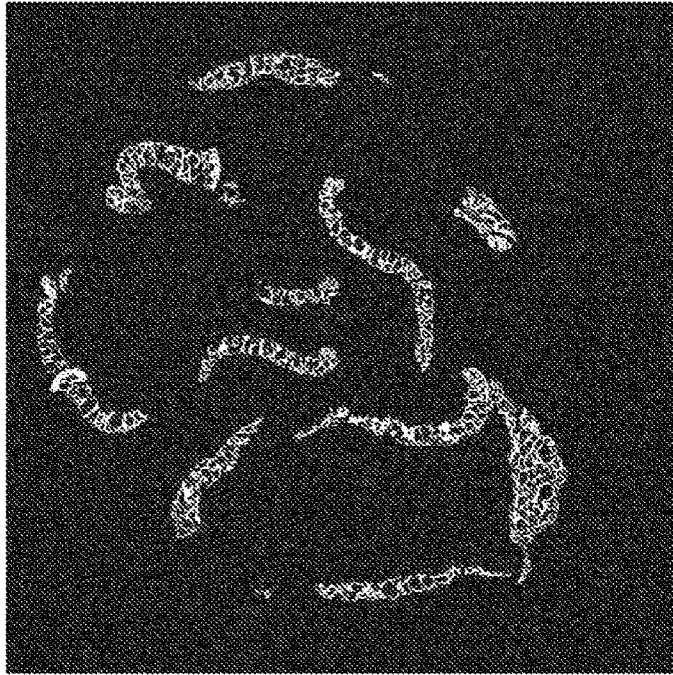


FIG. 11B

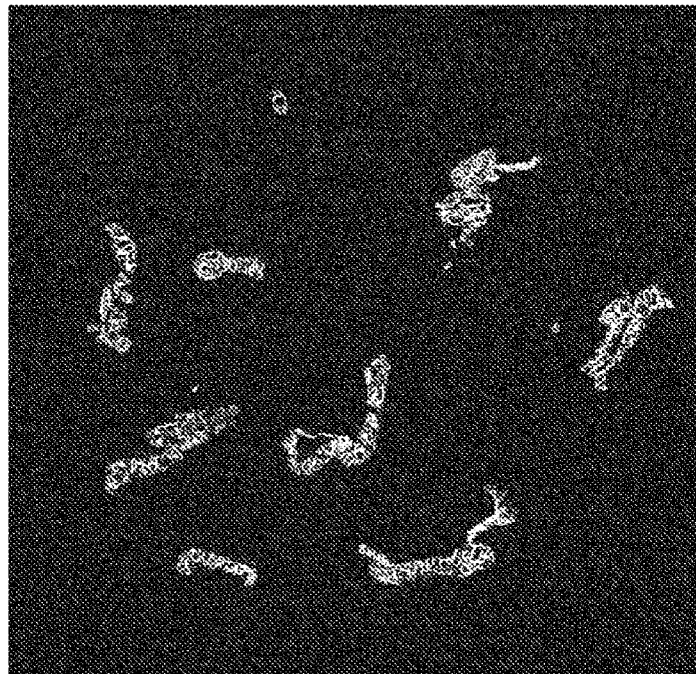


FIG. 11C

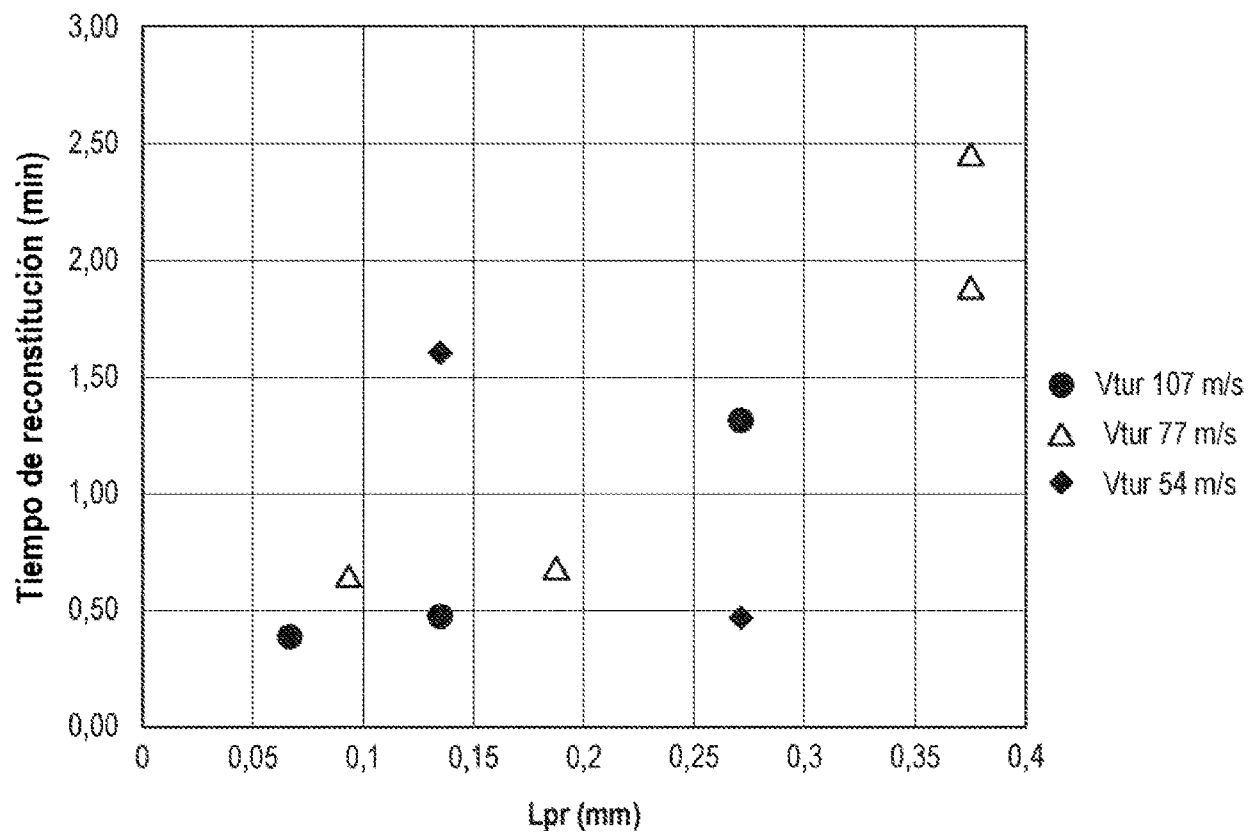


FIG. 12