

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 609**

51 Int. Cl.:

A23L 3/22 (2006.01)

A61L 2/07 (2006.01)

A23B 7/00 (2006.01)

A23B 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2009 E 09754706 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2279674**

54 Título: **Método para la esterilización de sustancias pulverulentas o granuladas**

30 Prioridad:

26.05.2008 JP 2008137315

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

11.05.2016

73 Titular/es:

**FUJIWARA TECHNO-ART CO., LTD. (100.0%)
2827-3 Tomiyoshi, Kita-ku
Okayama-shi, Okayama 701-1133, JP**

72 Inventor/es:

**KARIYAMA, MASAHIRO;
HIRATA, TOSHIO;
SATO, FUMIHIRO;
MORI, AKIRA y
TAKEBE, HIDEHI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 569 609 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

Método para la esterilización de sustancias pulverulentas o granuladas

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un método para esterilizar polvo o grano que es capaz de destruir microorganismos desde el interior mediante un calentamiento y una rápida reducción de la presión, que es capaz de minimizar la degradación de la calidad de un material esterilizado, y que puede proporcionar una esterilización suficiente, así como a un aparato de esterilización que emplea el método. Por otra parte, el método para esterilizar polvo o grano y el aparato de esterilización que emplea el método de la presente invención pueden ser aplicados para matar plagas de insectos y sus huevos.

TÉCNICA ANTERIOR

15 El documento US 4.709.487 divulga un método para tratar por calor una sustancia en forma de polvo y/o granular, que incluye las etapas de cargar la sustancia en forma de polvo y/o granular, como materia destinada a su tratamiento, en el seno de una corriente de un medio de calentamiento directo presurizado.

20 El documento WO/2004 049 925 A1 divulga un método de tratamiento de cereales por calor que utiliza un vapor sobrecalentado.

25 El documento EP 0061305 A1 divulga un método para preparar una especia o un material similar, tal como un medicamento sin tratar, que comprende esterilizar por calor un material en bruto correspondiente a la especia o material similar mientras este se encuentra suspendido en el seno de, y es transportado por, una corriente de vapor sobrecalentado que fluye a través de una tubería.

30 La superficie del polvo o grano tal como harina, harina de arroz, especias tales como la pimienta, polvo de té, polvo o grano de chlorella, y polvo cosmético se contamina con microorganismos tales como bacterias y hongos que son transportados por el aire. La proliferación de los microorganismos degrada la calidad del polvo o grano con el tiempo. Cuando las condiciones son adecuadas para la proliferación de los microorganismos, por ejemplo, temperaturas y humedad elevadas, especialmente durante el transporte o el tratamiento del polvo o grano, los microorganismos pueden proliferar de forma explosiva y provocar un gran daño.

35 Por otra parte, el polvo o grano puede verse contaminado con plagas de insectos tales como el gorgojo del maíz y la polilla india de la harina, o con sus huevos, y provocar la degradación de la calidad del polvo o grano.

40 Se han estudiado diversos métodos de esterilización para evitar la proliferación de tales organismos dañinos, como los microorganismos y las plagas, y se han puesto en uso práctico. Por ejemplo, por lo que respecta a la esterilización de microorganismos, el polvo o grano se somete, por lo común, a métodos de esterilización en los que el polvo o grano es esterilizado (térmicamente esterilizado) por medio de un calentamiento indirecto o directo tal como por calentamiento por efecto Joule, calentamiento por inducción, aire caliente, agua caliente, vapor, vapor sobrecalentado o vapor a presión.

45 Al objeto de esterilizar microorganismos por calentamiento, los microorganismos son expuestos a calentamiento a una temperatura predeterminada durante un periodo de tiempo predeterminado para la esterilización. Se ha venido acumulando una gran riqueza de conocimiento acerca de la relación existente entre la temperatura predeterminada y el periodo de tiempo predeterminado para la exposición al calor. La esterilización térmica es ampliamente utilizada en la industria alimentaria debido a que la esterilización térmica es un método altamente seguro para esterilizar alimentos, y se ha demostrado, en diversas aplicaciones de esterilización, que acumula el conocimiento y los datos para asegurar un grado de esterilización predeterminado.

50 Por ejemplo, el Documento de Patente 1 divulga, en el párrafo [0009], un aparato que incluye una unidad de suministro de material en bruto (números de referencia 2 a 8 en la Figura 1) en la cual se suministra polvo o grano con aire a presión que es calentado y presurizado a una temperatura de entre aproximadamente 80° C y 200° C y una presión que va desde la presión ambiental hasta aproximadamente 10 kg/cm²G (valores correspondientes a entre 0,1 MPaG y 1 MPaG), hacia una primera boquilla, y una unidad de suministro de vapor (números de referencia 14 a 17 en la Figura 1) en la que se mezclan vapor 13 y aire 14 para ser suministrados a una primera boquilla de estrangulamiento 9. Se supone que el polvo o grano suministrado desde la unidad de suministro de material en bruto, y el gas de mezcla de vapor y aire suministrado desde la unidad de suministro de vapor, son mezclados en un aparato de calentamiento 12 para llevar a cabo una esterilización térmica. Se describe que el aparato de calentamiento 12 tiene una salida provista de una segunda boquilla de estrangulamiento (párrafo [0010]).

65 La invención del Documento de Patente 1 se parece superficialmente a una realización del aparato de la presente invención. Sin embargo, el párrafo [0009] describe que la temperatura es de entre 80° C y 200° C, la presión se encuentra entre la presión ambiental y 10 kg/cm²G, y el tiempo de permanencia es de 3 segundos a 60 segundos en el aparato de calentamiento 12. Como se ha descrito en el párrafo [0034], cuando el aparato de calentamiento es un

conducto recto, el caudal de flujo del gas mezclado es 20 m/segundo, y el tiempo de permanencia es entre 0,5 segundos y 2 segundos, el conducto recto tiene una longitud grande de entre 10 m y 40 m. De acuerdo con ello, se requiere un ciclón tal como se muestra en la Figura 8 para conseguir el tiempo de permanencia y para reducir las dimensiones del aparato.

5 Esto está respaldado por el hecho de que, en una realización descrita en el párrafo [0040] del Documento de Patente 1, el caudal de flujo del gas mezclado es 15 m/segundo y el tiempo de permanencia es 4 segundos, y, cuando se utiliza un conducto recto, su longitud se hace tan grande como 60 m. Esto se supone que es debido a que el método de esterilización del Documento de Patente 1 depende principalmente del calentamiento, y no puede obtenerse un historial térmico suficiente para matar microorganismos a menos que el calentamiento dure varios segundos al menos.

10 El Documento de Patente 2 proporciona un método de calentamiento que incluye suministrar material en polvo o en grano al seno de un flujo de un medio presurizado y calentado, tal como vapor sobrecalentado, para su mezcla y transferencia, transferir el flujo de medio de transferencia del medio presurizado y calentado, mezclado con el material en polvo o grano, al interior de un conducto calentado que genera un flujo turbillonario que se proporciona aguas abajo, y hacer arremolinarse el medio de transferencia a lo largo del flujo del interior del conducto calentado que genera un flujo turbillonario, a fin de transferir en espiral el material en polvo o en grano. El conducto calentado que genera un flujo turbillonario es calentado indirectamente. Como se describe en la columna 4, el método está destinado a esterilizar térmicamente y modificar térmicamente la naturaleza del polvo o grano.

15 El Documento de Patente 2 describe, en la columna 6, que el estado de calentamiento directo es, de preferencia, a una temperatura comparativamente baja para la esterilización, y el material en bruto es tratado durante entre 0,1 segundos y 3 segundos mediante un contacto directo con vapor saturado a una presión manométrica de 5 kg/cm² o menos, y, preferiblemente, de entre 0,5 kg/cm² y 2,5 kg/cm², o con vapor sobrecalentado a una presión manométrica de 4 kg/cm² o menos y una temperatura de 300° C o menos, y, preferiblemente, a una presión de entre 0,1 kg/cm² y 3 kg/cm² y una temperatura de 250° C o menos. Sin embargo, ateniendo al tiempo de tratamiento más corto de entre todas las realizaciones, este requiere 0,7 segundos, utilizando vapor sobrecalentado a 194° C (Realización 1). En comparación con el Documento de Patente 1, la temperatura de tratamiento es más alta, pero el tiempo de tratamiento se ve considerablemente reducido. Sin embargo, no hay ninguna descripción sobre si la bacteria utilizada en las realizaciones es una bacteria resistente al calor o no. El tratamiento de bacterias resistentes al calor puede requerir un tiempo más largo. De esta forma, una reducción adicional del tiempo de tratamiento y de la temperatura de tratamiento puede reducir la degradación de la calidad del material esterilizado.

25 Por otra parte, el Documento de Patente 2 describe, en la columna 4, que el control de la presión proporciona una modificación térmica de la naturaleza suave y eficaz, y, en la columna 7, el hecho de que, cuando una boquilla se utiliza como el dispositivo de descarga, la presión se reduce en un periodo de tiempo más corto que con una válvula rotativa, para obtener un hinchamiento más grande. Sin embargo, no hay ninguna descripción acerca de que este hinchamiento (reducción de la presión) contribuya a la esterilización. De esta forma, el método se lleva a efecto por esterilización térmica. El Documento de Patente 2 describe específicamente el hecho de que se proporciona un método de calentamiento y un aparato de calentamiento en virtud de los cuales se esteriliza térmicamente de un modo eficaz material en polvo o grano con un medio calentado de vapor sobrecalentado, y gracias a los cuales los materiales en polvo o grano, que son cereales, alimentos, y similares, son modificados térmicamente en su naturaleza de un modo eficaz, y es posible también reducir las dimensiones del aparato o sistema (línea 5 de la columna 4). Por otra parte, este describe que, entonces, el material en bruto que fluye por el interior del conducto como un flujo turbillonario, fluye a lo largo de la pared del conducto para ser calentado como consecuencia de que el conducto es calentado indirectamente con la unidad de calentamiento y, por tanto, el material en bruto es calentado de manera eficaz, y que, entonces, el material en bruto es esterilizado o modificado térmicamente en su naturaleza debido a que la corriente de transferencia es presurizada, y la presión de la corriente es controlada con la válvula de estrangulamiento de aguas abajo dependiendo de la progresión del calentamiento (línea 10 de la columna 5). La descripción expone claramente que el Documento de Patente 2 divulga una esterilización que implica calentamiento.

30 El Documento de Patente 3 proporciona un método para esterilizar polvo o grano que incluye aspirar polvo o grano por un dispositivo eyector 3 (Figura 1), utilizando vapor sobrecalentado como fuente de propulsión, comprimir u mezclar el polvo o grano y el vapor sobrecalentado, esterilizar térmicamente el polvo o grano y, tras ello, separar el polvo o grano del vapor sobrecalentado que se ha de recoger, y de tal manera que tanto el polvo o grano como el vapor sobrecalentado son aspirados al interior del dispositivo eyector 3 utilizando el vapor sobrecalentado como fuente de propulsión. Este describe, en el párrafo [0016], el hecho de que el material y el vapor sobrecalentado son aspirados y, a continuación, comprimidos, mezclados y calentados en un difusor 19, acompañándose de vapor sobrecalentado que es descargado desde la salida de una boquilla 17, y de que la conductividad térmica es en este procedimiento grande y, por tanto, el material es esterilizado térmicamente con rapidez. La descripción muestra que el Documento de Patente 3 también divulga la esterilización mediante el calor latente del vapor.

35 Cada una de las técnicas de los Documentos de Patente 1 a 3 es un método de esterilización térmico en el que microorganismos tales como bacterias u hongos que están adheridos a materiales en polvo o grano en bruto son

calentados hasta alcanzar una temperatura de todo el conjunto del polvo o grano y, de esta forma, se modifica la naturaleza de los polisacáridos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos y otras sustancias similares incluidas en los microorganismos.

5 Sin embargo, tales métodos tienen un problema por cuanto, a fin de mantener el grado suficiente de esterilización mediante semejante método de calentamiento convencional, los propios materiales en polvo o grano en bruto son calentados innecesariamente. Entonces, parte del almidón, proteínas, lípidos y otras sustancias similares contenidas en los materiales en bruto es desnaturalizada para ver modificadas sus características como materiales alimenticios en bruto u otros similares, y, por tanto, su valor comercial se ve reducido. Idealmente, es deseable un tiempo de
10 calentamiento tan corto que tan solo se calienten los microorganismos presentes en la superficie del polvo o grano, en tanto que el interior del polvo o grano permanece sin calentar. Sin embargo, debido a que un tiempo de calentamiento tan corto no es capaz de proporcionar un historial térmico lo bastante largo como para matar microorganismos, el tiempo de calentamiento no puede ser reducido.

15 De acuerdo con ello, en los métodos de esterilización térmicos convencionales, se identifica un estado de esterilización bajo la cual el historial térmico del material en polvo o grano en bruto se hace tan pequeño como sea posible, y el estado de calentamiento es controlado dependiendo del propósito de la esterilización. En otras palabras, incluso cuando se pretende que el grado de esterilización sea alto, debido a que el calor degrada el material en polvo o grano en bruto, o el calentamiento en presencia de oxígeno provoca una rápida oxidación de
20 manera que se degrada significativamente la calidad del material, los métodos de esterilización térmicos convencionales tienen limitaciones a la hora de aumentar el grado de esterilización.

En particular, los microorganismos que forman esporas (bacterias resistentes al calor) están cubiertos por tejidos superficiales robustos y, por tanto, únicamente pueden ser matados en un estado de esterilización extremadamente
25 más fuerte en comparación con microorganismos de células vegetativas normales. Así, pues, cuando se requiere una esterilización fiable, el tiempo de calentamiento debe establecerse largo.

Por lo tanto, por lo que respecta a las bacterias resistentes al calor, se ha venido estudiando la esterilización no
30 térmica mediante exposición a radiación, exposición ultravioleta, ozono u otro método similar, y algunos de ellos se han puesto en uso práctico. En estos métodos, se aplican rayos de radiación o rayos ultravioletas y, en consecuencia, la energía de las ondas electromagnéticas de los mismos destruye los tejidos o elementos similares para la esterilización. Por otra parte, el ozono tiene un fuerte efecto oxidante, de manera que destruye los tejidos bacterianos con vistas a la esterilización. Sin embargo, estos métodos de esterilización no térmicos presentan
35 problemas por cuanto tienen una menor certeza de esterilización, y las partes no irradiadas con las ondas electromagnéticas no son esterilizadas. En el método que emplea ozono, cuando los microorganismos presentan una parte que no puede entrar en contacto con el ozono, esa parte no es esterilizada. Por otro lado, la exposición a radiación presenta interrogantes en cuanto a la seguridad, especialmente cuando se aplica a alimentos, y, en consecuencia, los métodos de esterilización no están permitidos en Japón y en otros países.

40 En contraposición, ejemplos del método para matar insectos y huevos incluyen un método para matar insectos y huevos mediante una presión reducida, como en el Documento de Patente 4. De acuerdo con una realización, se describe que el método incluye colocar un material que se ha de tratar en un recipiente cerrado, bajo una presión de entre 5 y 60 atmósferas durante entre aproximadamente 3 y 20 minutos, y reducir rápida o lentamente la presión desde el estado antes descrito para matar los insectos. El método ha de ser un método al modo por lotes si se
45 quiere mantener el estado presurizado durante varios minutos y, por tanto, presenta un problema de baja eficiencia de tratamiento. El método tiene otro problema por cuanto requiere un aparato que pueda soportar una presión de 60 atmósferas como en la Realización 4, y, por tanto, el tamaño del aparato se incrementa.

50 Documento de Patente 1: Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2000-24091 (Figura 1, párrafos [0009], [0010] y [0040])

Documento de Patente 2: Publicación de Solicitud de Patente japonesa examinada N° 5-53 (reivindicaciones 1, 4 y 5, por ejemplo)

Documento de Patente 3: Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2000-157615 (párrafo [0016])

55 Documento de Patente 4: Publicación de Solicitud de Patente japonesa examinada N° 7-114674

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

Problema que ha de ser resuelto por la Invención

60 La presente invención tiene el propósito de proporcionar un método para esterilizar polvo o grano mediante el cual el tiempo de calentamiento es un mínimo tiempo necesario para reducir la degradación térmica de la calidad del polvo o grano al tiempo que se garantiza un efecto de esterilización suficiente, así como un aparato de esterilización que emplea el método. Por otra parte, constituye otro propósito de la presente invención proporcionar un método de esterilización eficiente que no requiera la adición de ningún agente antiséptico o sustancia similar, a fin de reducir el
65 coste de los materiales en polvo o grano en bruto. Por otro lado, es otro propósito de la presente invención proporcionar un aparato de esterilización para matar insectos y huevos que tenga un tamaño que sea más pequeño

que el de un aparato convencional gracias a la minimización del tiempo de calentamiento requerido (tiempo de permanencia) del polvo o grano, con el fin de reducir la longitud de un conducto de flujo de gas calentado incluido en el aparato de esterilización.

5 Los materiales en polvo o en grano en bruto se utilizan en diversos campos industriales, tales como la alimentación, los suplementos dietéticos, la cosmética y los productos farmacéuticos, y tienen diversas aplicaciones. Así, pues, la contaminación de los materiales en polvo o en grano en bruto con microorganismos y agentes similares puede influir la calidad de un producto final. En particular, las esporas que viven en un material en polvo o en grano en bruto germinan durante un proceso de distribución, almacenamiento en el domicilio o un proceso similar, de manera que
10 aumenta la contaminación microbiana del producto. Para hacer frente a esto, por ejemplo, los fabricantes establecen las fechas de caducidad o las fechas de frescura más cortas, utilizan un método de distribución especial (distribución en frío, distribución congelada y otras similares), o añaden un agente antiséptico, de lo que resulta un coste del producto incrementado, un uso ineficiente del material en bruto y una seguridad comprometida. Por otra parte, el método de esterilización por medio de calentamiento por vapor para una fácil esterilización presenta un problema que provoca la degradación de la calidad, como es la gelatinización del almidón, la desnaturalización térmica de la proteína, la descomposición de la estructura molecular de una vitamina y la descomposición molecular de pigmentos tales como la clorofila y los polifenoles. Por otra parte, como se ha descrito anteriormente, debido a que el método de esterilización tiene un efecto de esterilización pequeño en las bacterias resistentes al calor, se precisa que se incrementen la temperatura de tratamiento y el tiempo de tratamiento al objeto de matar por completo las bacterias
15 resistentes al calor, y, de este modo, el historial térmico resultante provoca una inevitable degradación de la calidad, tal como la gelatinización del almidón.

Medios para resolver los problemas

25 La presente invención resuelve los problemas mediante un método de acuerdo con la reivindicación 1.

Concretamente, en primer lugar, en la aplicación de calor y presión en la que la temperatura de los microorganismos que se adhieren a la superficie del polvo o del grano se incrementa al ser el material en polvo o grano en bruto transferido al tiempo que entra uniformemente en contacto con el gas condensable calentado en el interior del conducto de flujo de gas, se aumenta la temperatura de los propios microorganismos, tales como las bacterias y hongos que se adhieren a cada superficie del polvo o grano. La expresión "gas condensable calentado" significa aquí vapor presurizado, vapor saturado, y vapor sobrecalentado. Con tal gas condensable, el vapor es condensado a una temperatura de vapor saturado, a una cierta presión, y el calor latente conduce calor hasta la superficie de los microorganismos. De esta forma, la temperatura de los microorganismos presentes en la superficie del polvo o grano puede ser aumentada en un tiempo extremadamente corto. Por ejemplo, mediante el uso de vapor presurizado que tiene una presión de 0,2 MPaG y una temperatura de 133° C, cuando el polvo o grano entra en contacto directo con el vapor presurizado tan solo durante entre 0,008 y 2 segundos en la aplicación de calor y presión, puede obtenerse una cantidad de calor que es lo bastante grande para llevar a cabo el método de esterilización de la presente invención. Considerando la degradación de la calidad del polvo o grano, el tiempo de contacto directo del vapor presurizado y el polvo o grano es, preferiblemente, entre 0,01 y 2 segundos. El tiempo de contacto directo es, más
30 preferiblemente, entre 0,01 y 1 segundos y, de forma especialmente preferida, entre 0,01 y 0,5 segundos. Cuando el tiempo de contacto directo es un tiempo tan extremadamente corto, la temperatura de la superficie del polvo o grano aumenta, pero la del interior se ve incrementada de forma despreciable. Esto se debe a que el diámetro de las partículas del polvo o grano es mucho más grande que el de los microorganismos. Por ejemplo, la E. coli tiene un diámetro de aproximadamente 0,7 micras, y una espora de un bacilo tal como una bacteria tiene un diámetro de aproximadamente 2 micras. En contraposición, por lo que respecta al polvo o grano, por ejemplo, el té en polvo tiene un diámetro de aproximadamente 30 micras, y la harina de trigo tiene un diámetro de aproximadamente 10 micras. De esta manera, la aplicación de calor y presión tiene el propósito de proporcionar el estado en que la temperatura del polvo o grano, en sí, se incrementa de forma despreciable a fin de minimizar la desnaturalización de la composición del material en bruto, y únicamente la temperatura de los microorganismos de la superficie se incrementa hasta la temperatura del vapor saturado bajo una cierta presión.
40
45
50

De forma subsiguiente a la aplicación de calor y presión, el método procede a la esterilización por reducción instantánea de la presión, en la que el gas condensable calentado y el polvo o grano son instantáneamente liberados al seno de un espacio que tiene una presión más baja que la del conducto de flujo de gas calentado. A continuación de la aplicación de calor y presión con los que los microorganismos adheridos a la superficie del polvo o grano son calentados, el polvo o grano expuesto al estado presurizado es instantáneamente liberado bajo una presión reducida en la etapa de esterilización por reducción instantánea de la presión, con lo cual el agua contenida en los microorganismos que están adheridos al polvo o grano se hace hervir rápidamente, y los tejidos de los microorganismos son destruidos para la esterilización. Aquí, los medios para liberar instantáneamente el gas condensable calentado y el polvo o grano al seno de un espacio que tiene una presión inferior a la del conducto de flujo de gas calentado, no están específicamente limitados. Un ejemplo preferido es un método según el cual el gas condensable calentado y el polvo o grano se hacen pasar a través de una unidad de reducción de la presión proporcionada aguas abajo con respecto al conducto de flujo de gas calentado, a fin de reducir la presión. Ejemplos de tal unidad de reducción de la presión incluyen un orificio y un tubo estrecho. Cuando se utiliza una unidad de reducción de la presión tal como un tubo estrecho, el flujo de gas mezclado del polvo o grano y el gas condensable
55
60
65

calentado que se hace pasar a través del tubo estrecho, tiene una elevada velocidad de paso, de manera que pierde una gran cantidad de presión. Esto tiene como resultado una diferencia de presiones entre el interior del conducto de flujo de gas calentado y la parte situada aguas abajo del tubo estrecho. Gracias a la diferencia de presiones y a la mínima energía térmica proporcionada en la aplicación de calor y presión, el agua contenida en los microorganismos se hace hervir rápidamente. A fin de llevar a cabo adecuadamente la esterilización por reducción instantánea de la presión de la invención, el tiempo de paso a través del tubo estrecho (tiempo de la presión reducida) es entre 0,00001 y 0,1 segundos, como valor calculado, y la presión diferencial es, preferiblemente, entre 0,05 y 0,7 MPa. Más preferiblemente, el tiempo de paso a través del tubo estrecho es entre 0,00002 y 0,1 segundos, como valor calculado, y la presión diferencial es entre 0,05 y 0,5 MPa. Aún más preferiblemente, el tiempo de paso a través del tubo estrecho es entre 0,00002 y 0,01 segundos, y la presión diferencial es 0,07 y 0,5 MPa.

Por ejemplo, cuando la presión en el conducto de flujo de gas calentado es 0,2 MPaG, la temperatura del vapor saturado es 133° C, y el tiempo de permanencia en el conducto de flujo de gas calentado es aproximadamente 0,16 segundos, la temperatura en el interior de la espora que está adherida al polvo o grano es aproximadamente 133° C. En contraposición, en el caso de harina de trigo, la temperatura del centro del grano de harina de trigo se ha calculado de manera que aumente tan solo en varias decenas de grados Celsius. A continuación, el flujo de gas mezclado se hace pasar a través del tubo estrecho en el lapso de 0,00025 segundos (valor calculado), y se libera a la presión atmosférica para conseguir una presión reducida en 0,2 MPa de manera instantánea. El agua del interior de las esporas se evapora rápidamente debido a que no puede existir como líquido a la presión atmosférica. Como resultado de ello, el interior de las esporas se llena de una gran cantidad de vapor, y esa fuerza destruye los tejidos de las esporas para matar las esporas.

El tubo estrecho de la presente invención tiene una cierta anchura según la dirección de paso del flujo y difiere del orificio en sus formas. Por otra parte, si bien, dependiendo de la forma del tubo estrecho o del orificio, en un aspecto funcional, al polvo o grano le resulta difícil fluir a través del orificio debido a la contracción del flujo, el orificio presenta, entonces, la tendencia a tener una magnitud de tratamiento más pequeña pero una excelente esterilización con respecto a las del tubo estrecho. Y a la inversa, el tubo estrecho presenta la tendencia a tener un efecto de esterilización menor, pero una magnitud de tratamiento mayor, que los del orificio. Por lo tanto, puede seleccionarse uno u otro de ellos dependiendo de la aplicación.

Debido a que únicamente los microorganismos que están adheridos a la superficie del polvo o grano son calentados considerablemente, pero el polvo o grano apenas es calentado cuando se aplica el calor y la presión, el polvo o grano no se hincha, de manera que no estalla, ni siquiera a través de la esterilización por reducción instantánea de la presión. En contraposición, los microorganismos se hinchan instantáneamente hasta morir a través de la esterilización por reducción instantánea de la presión, debido a que son calentados.

Según sea necesario, subsiguientemente a la esterilización por reducción instantánea de la presión, el polvo o grano que experimenta una esterilización por reducción instantánea de la presión en el procedimiento de esterilización por reducción instantánea de la presión, puede ser tratado ulteriormente mediante el enfriamiento del gas condensable calentado y del polvo o grano por medio de un gas no condensable suministrado desde una unidad de enfriamiento, y la separación del polvo o grano enfriado del gas condensable calentado y del gas no condensable. En el enfriamiento, el polvo o grano, tras una esterilización por reducción instantánea de la presión, obtenida por medio del procedimiento de esterilización por reducción instantánea de la presión, se mezcla con el gas no condensable suministrado desde la unidad de enfriamiento sin separar el gas condensable calentado del polvo o grano. Esta etapa tiene el propósito de evitar la degradación de la calidad del polvo o grano como consecuencia del calor remanente de la esterilización por reducción instantánea de la presión de la presente invención. En el enfriamiento, es preferible que el tiempo transcurrido desde el momento en que el polvo o grano comienza a ser transferido por el gas condensable calentado hasta que la temperatura, en una atmósfera de transferencia, de la mezcla con el gas no condensable llega a 65° C o menos, sea entre 0,05 y 1 segundo, debido a que el calor remanente de la esterilización por reducción instantánea de la presión puede ser minimizado. Incluso, de forma preferida, el tiempo es entre 0,08 y 1 segundo.

Los medios para el enfriamiento no están limitados de forma específica, pero ejemplos de los mismos incluyen una soplante que tiene una unidad de filtro de partículas en el aire de alta eficiencia (filtro HEPA –“high efficiency particulate air”–), que puede filtrar el polvo y las bacterias transportadas por el aire a fin de suministrar una gran cantidad de aire no condensable esterilizado. Por otra parte, el “gas no condensable” puede ser, aquí, cualquier gas no condensable, tal como aire a la temperatura de la sala y aire enfriado, en tanto en cuanto el gas pueda enfriar el polvo o grano al suministrar el gas al interior del aparato de esterilización para polvo o grano. Al objeto de evitar la oxidación del polvo o grano por el calor remanente y el oxígeno atmosférico tras la esterilización por reducción de la presión, preferiblemente el gas no condensado utilizado es un gas no oxidante tal como gas nitrógeno, gas argón, gas dióxido de carbono y gas helio.

A la hora de la separación, el polvo o grano enfriado en el enfriamiento es separado del gas mezclado compuesto del gas condensable calentado y el gas no condensable. La separación puede llevarse a cabo por cualquier método, y, por ejemplo, mediante el uso de un ciclón, se genera un flujo turbulento en el recipiente del ciclón con el fin de

generar una fuerza centrífuga, y el flujo o grano es separado del gas mezclado por la fuerza centrífuga. Cuando el polvo o grano, tras la esterilización por reducción instantánea de la presión, obtenida por el procedimiento de esterilización por reducción instantánea de la presión, es inmediatamente separado, en el ciclón, del gas condensable calentado sin experimentar el enfriamiento, el polvo o grano se arremolina para permanecer en el ciclón, con lo que se ocasiona la degradación de la calidad del producto en bruto debido a que el material en bruto tiene una temperatura de aproximadamente 100° C durante ese tiempo. Por otra parte, el polvo o grano que se introduce en primer lugar en el ciclón no siempre sale el primero y, por tanto, el polvo o grano que tiene un largo tiempo de permanencia experimenta el problema de una degradación apreciable de la calidad. Por lo tanto, en la presente invención, el polvo o grano, tras su esterilización por reducción instantánea de la presión, no es separado de inmediato, sino que el flujo de gas mezclado se mezcla con el gas enfriado para ser rápidamente enfriado en un tiempo extremadamente corto y, por tanto, la temperatura se reduce a 65° C o menos en un tiempo extremadamente corto. A continuación, el polvo o grano es separado en el ciclón o elemento similar, con lo que se resuelve el problema de la degradación de la calidad. Una temperatura de 65° C es la temperatura límite de la gelatinización del almidón o la desnaturalización de las proteínas y, por tanto, cuando la temperatura se reduce a 65° C o menos, no se desarrolla tal desnaturalización y la oxidación se retrasa considerablemente.

Cuando el polvo o grano es suministrado al conducto de flujo de gas calentado, el polvo o grano flota, preferiblemente, en el seno del gas no oxidante. Esto es debido a que, si el polvo o grano se expone a un estado de alta temperatura en presencia de oxígeno dentro del conducto de flujo de gas calentado, una excesiva reacción de oxidación dispara la degradación de la calidad.

Gracias al método para esterilizar polvo o grano de la presente invención, puede obtenerse un polvo o grano en el que se minimice la degradación de calidad, tal como la gelatinización del almidón o la desnaturalización térmica de las proteínas, por el historial térmico. Que el polvo o grano se haya esterilizado significa, aquí, que 1 gramo de polvo o grano contiene 300 unidades (cfu [unidad formadora de colonias—"colony-forming unit"—]) de bacterias o menos.

Por otra parte, el método para esterilizar polvo o grano y el aparato que emplea el método de la presente invención tienen un efecto en las plagas de insectos y en sus huevos. El método de esterilización de la presente invención tienen este efecto en plagas de insectos tales como el gorgojo del maíz y la polilla india de la harina y en sus huevos, y las condiciones para matar los insectos y los huevos son las mismas que las del método de esterilización.

Como se ha descrito anteriormente, la presente invención proporciona el método según el cual microorganismos, plagas de insectos y huevos de las plagas de insectos que se adhieren a la superficie del polvo o grano son calentados durante un tiempo mínimo necesario, y el polvo o grano al que se adhieren los microorganismos y otros entes similares es rápidamente despresurizado para una reducción instantánea de la presión. El método puede llevarse a efecto con diversos aparatos. Se prefiere un aparato de esterilización para polvo o grano de tal manera que el aparato incluye una unidad de suministro de material en bruto, una unidad de suministro de gas condensable calentado, un conector que conecta la unidad de suministro de material en bruto y la unidad de suministro de gas condensable calentado, un conducto de flujo de gas calentado, conectado aguas abajo del conector, una unidad de reducción de la presión, proporcionada aguas abajo del conducto de flujo de gas calentado, un conducto de flujo de gas enfriado, que tiene un punto intermedio al que está conectada la unidad de reducción de la presión, una unidad de enfriamiento que está conectada aguas arriba del conducto de flujo de gas enfriado y que aporta un gas no condensable al interior del conducto de flujo de gas enfriado, y un aparato de separación de polvo o grano, conectado aguas abajo del conducto de flujo de gas enfriado.

La configuración del aparato para aplicar el método reivindicado se describirá más adelante en la descripción detallada de la presente invención que se proporciona en lo que sigue. Mediante el método para esterilizar polvo o grano de la presente invención, el tiempo para poner en contacto el polvo o grano con el gas condensable calentado puede ser extremadamente corto. De acuerdo con ello, como un componente del aparato, el conducto de flujo de gas calentado puede ser un conducto recto y corto. Específicamente, si bien depende del diámetro interior del conducto y de su caudal de flujo, un conducto de flujo de gas calentado que tenga una longitud de entre aproximadamente 100 mm y 5.000 mm puede proporcionar un efecto de esterilización suficiente.

Efectos de la Invención

Gracias al método para esterilizar polvo o grano de la presente invención, puede esterilizarse polvo o grano de forma rápida y simple con una mínima degradación de la calidad por el historial térmico. La presente invención tiene un alto valor de utilidad del mercado de los materiales en polvo o grano en bruto que tienen serios problemas como la desnaturalización térmica de las proteínas y la descomposición de las vitaminas y pigmentos. Por otra parte, el método de esterilización de la presente invención mata plagas de insectos y sus huevos sin comprometer la calidad del polvo o grano.

Mediante la realización del enfriamiento por el que el polvo o grano es enfriado de inmediato tras la esterilización por reducción instantánea de la presión, la calidad del polvo o grano no se ve degradada por el calor residual ulterior durante la separación.

Al utilizar un gas no oxidante cuando el polvo o grano se suministra al interior del conducto de flujo de gas calentado, es posible evitar que el polvo o grano se oxide hasta ver degradada su calidad durante la aplicación de calor y presión. De forma similar, mediante el empleo de un gas no oxidante como el gas no condensable suministrado desde la unidad de enfriamiento, es posible minimizar la degradación de la calidad por oxidación durante el enfriamiento y la separación.

Mediante el empleo de la esterilización por reducción instantánea de la presión de la presente invención, los microorganismos y otros entes similares pueden ser eliminados con independencia del historial térmico. Esto significa una reducción del tiempo de contacto del polvo o grano con el gas condensable calentado contenido en el conducto de flujo de gas calentado. De esta forma, la longitud del conducto de flujo de gas calentado puede hacerse más corta en el aparato en que se lleva a cabo el método para matar insectos y huevos de acuerdo con la presente invención, que la de un aparato convencional. Esto elimina la necesidad de un ciclón de calentamiento convencional o elemento similar para conseguir tiempo de permanencia. Por lo tanto, la configuración del aparato puede ser adicionalmente simplificada para mejorar la susceptibilidad de mantenimiento y para reducir el coste.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama de flujo que muestra la forma de proceder de un método para esterilizar polvo o grano de la presente invención.

La Figura 2 es una vista esquemática que muestra la configuración de un aparato de esterilización que emplea el método para esterilizar polvo o grano de la presente invención.

REALIZACIONES PARA LLEVAR A CABO LA INVENCION

En lo que sigue de esta memoria, se describirá específicamente una realización de la presente invención. La Figura 1 es un diagrama de flujo que muestra la forma de proceder de un método para esterilizar polvo o grano de la presente invención. La Figura 2 es una vista esquemática que muestra la configuración de una realización de un aparato de esterilización que emplea el método para esterilizar polvo o grano de la presente invención.

Como se muestra en la Figura 1, la presente invención proporciona una etapa 11 de aplicar calor y presión en la que el polvo o grano 1 es suministrado al interior de un conducto de flujo de gas calentado, y el polvo o grano es transferido a través del conducto de flujo de gas calentado, por un gas condensable calentado, bajo condiciones calentadas y presurizadas, y una etapa 12 de esterilización por reducción instantánea de la presión, en la que el gas condensable calentado y el polvo o grano son instantáneamente liberados al interior de un espacio que tiene una presión menor que la del conducto de flujo de gas calentado, de manera que el agua contenida en los microorganismos y otros entes similares que están adheridos al polvo o grano se hace hervir rápidamente, y los tejidos de los microorganismos y otros entes similares son rápidamente destruidos. Según sea necesario, además de estas dos etapas, la presente invención también proporciona una etapa 13 de enfriamiento en la que el gas condensable calentado y el polvo o grano son enfriados por un gas no condensable suministrado desde una unidad de enfriamiento, así como una etapa 14 de separación en la que el polvo o grano enfriado es separado del gas condensable calentado y del gas no condensable. La reducción instantánea de la presión de la presente invención se consigue mediante la etapa 11 de aplicar calor y presión y la etapa 12 de esterilización por reducción instantánea de la presión, a fin de obtener polvo o grano esterilizado 2. Sin embargo, cuando el polvo o grano es separado del gas condensable calentado, la calidad del polvo o grano se ve degradada por el calor remanente debido a la etapa 11 de aplicar calor y presión. Por lo tanto, la etapa de enfriamiento 13 y la etapa de separación 14 se llevan a cabo, preferiblemente, en combinación.

El aparato mostrado en la Figura 2 es una realización del aparato de esterilización adecuado para llevar a cabo el método de esterilización de polvo o grano de la presente invención. En la Figura 2, se utiliza un dispositivo eyector 103 como conector que conecta una unidad 101 de suministro de material en bruto y una unidad 102 de suministro de gas condensable calentado. Es decir, el aparato de esterilización para polvo o grano incluye la unidad 101 de suministro de material en bruto, la unidad 102 de suministro de gas condensable calentado, el dispositivo eyector 103 que conecta la unidad 101 de suministro de material en bruto y la unidad 102 de suministro de gas condensable calentado, y que aspira el polvo o grano con un gas condensable calentado como fuerza de propulsión, suministrado desde la unidad 102 de suministro de gas condensable calentado, un conducto 104 de flujo de gas calentado, conectado aguas abajo del dispositivo eyector 103, una unidad 105 de reducción de la presión, proporcionada aguas abajo del conducto 104 de flujo de gas calentado, un conducto 107 de flujo de gas enfriado, que tiene un punto intermedio al que se conecta un conducto 1030 que se extiende desde la unidad 105 de reducción de la presión, una unidad de enfriamiento 106, conectada aguas arriba del conducto 107 de flujo de gas enfriado, y un aparato 108 de separación de polvo o grano, conectado aguas abajo del conducto 107 de flujo de gas enfriado.

La unidad 101 de suministro de material en bruto incluye un depósito 1001 de carga de material en bruto, un alimentador de tornillo 1002, que está conectado aguas abajo del depósito 1001 de carga de material en bruto y que suministra cuantitativamente polvo o grano con el que se llena el depósito 1001 de carga de material en bruto, un alimentador rotativo 1004 que se ha dispuesto aguas abajo del alimentador de tornillo 1002 y que suministra el polvo

5 o grano cuantitativamente aportado por el alimentador de tornillo 1002 a un conducto 1006 de suministro de material en bruto, una unidad 1014 de suministro de gas no oxidante, dispuesta aguas arriba del alimentador rotativo 1004, un conducto 1010 de suministro de gas no oxidante, que conecta la unidad 1014 de suministro de gas no oxidante y el alimentador rotativo 1004, y el conducto 1006 de suministro de material en bruto, que está conectado aguas abajo del alimentador rotativo 1004 y a través del cual el polvo o grano es aspirado al interior del dispositivo eyector 103, con un gas no oxidante como gas de transporte, suministrado desde la unidad 1014 de suministro de gas no oxidante.

10 En la realización, se ha descrito la configuración del aparato de esterilización para polvo o grano que tiene la unidad 1014 de suministro de gas no oxidante, si bien la unidad 1014 de suministro de gas no oxidante no es esencial y puede omitirse en algunos casos.

15 La unidad 102 de suministro de gas condensable calentado de la realización incluye un evaporador 1019, una unidad de válvula 1015 de reducción de la presión, un separador de drenaje 1016, que separa el exceso de agua del vapor, una válvula 1018 de control de vapor, un sensor de presión 1020 y un indicador de temperatura 1021.

20 Por otra parte, el aparato de acuerdo con la realización incluye una camisa 1017 de aislamiento del calor. La camisa 1017 de aislamiento del calor se ha dispuesto de manera que cubre el dispositivo eyector 103, el conducto 104 de flujo de gas calentado, la unidad 105 de reducción de la presión, el conducto 107 de flujo de gas enfriado y el aparato 108 de separación del polvo o grano.

25 El dispositivo eyector 103 conecta de manera hermética al aire el conducto 1006 de suministro de material en bruto de la unidad 101 de suministro de material en bruto con la unidad 102 de suministro de gas condensable calentado, aspira el polvo o grano del conducto 1006 de suministro de material en bruto con un gas condensable calentado como fuente de propulsión, suministrado desde la unidad 102 de suministro de gas condensable calentado, y aporta el polvo o grano y el gas condensable calentado al tiempo que los hace arremolinarse al interior del conducto 104 de flujo de gas calentado proporcionado aguas abajo.

30 El conducto 104 de flujo de gas calentado está conectado de forma hermética al aire, aguas abajo del dispositivo eyector 103. Por ejemplo, al suministrar vapor presurizado que tiene una presión de 0,75 MPaG como fuente de propulsión al dispositivo eyector 103, el dispositivo eyector 103 aspira el polvo o grano del conducto 1006 de suministro de material en bruto para suministrar el polvo o grano y el vapor presurizado al interior del conducto 104 de flujo de gas calentado. La presión en el conducto 104 de flujo de gas calentado se mantiene en la presión equivalente a la pérdida de presión que se produce cuando el flujo de gas mezclado del polvo o grano y el vapor presurizado se hace pasar a través de la unidad 105 de reducción de la presión. En el caso de que la presión se mantenga a 0,2 MPaG y la temperatura se mantenga a 133° C en el conducto 104 de flujo de gas calentado, cuando el caudal de flujo del vapor presurizado se establece en 25 m/segundo en el conducto 104 de flujo de gas calentado, se utiliza un tubo estrecho como unidad 105 de reducción de la presión, y la sección transversal del tubo estrecho se establece de tal manera que el caudal de flujo del vapor presurizado que fluye por el tubo estrecho sea 300 m/segundo, como valor calculado, de manera que se produce una notable pérdida de presión entre puntos situados antes y después del tubo estrecho, para conseguir la esterilización por reducción instantánea de la presión. En una realización, el conducto 104 de flujo de gas calentado tiene una longitud de 4.000 mm y un diámetro de 35,7 mm. En este caso, se calcula el tiempo de contacto del vapor presurizado y el polvo o grano de forma que es 0,16 segundos, y se calcula que los microorganismos que están adheridos a la superficie del polvo o grano son calentados de forma suficiente a 133° C. Cuando el polvo o grano tiene un diámetro promedio de partícula de varias decenas de micras o más, se calcula que la temperatura del centro del polvo o grano se incrementa tan solo en varias decenas de grados Celsius y, por tanto, se calcula que el polvo o grano tiene un minúsculo historial térmico. Cuando el tubo estrecho tiene una longitud de 100 mm, el flujo mezclado del vapor presurizado y el polvo o grano se hace pasar a través del tubo estrecho en 0,00033 segundos, como valor calculado. Sin embargo, debido a que se produce una diferencia de presiones de 0,2 MPa entre puntos antes y después del tubo estrecho, la presión se ve reducida instantáneamente. En este instante, se calcula que el interior de la bacteria que está adherida a la superficie del polvo o grano tiene una temperatura de 133° C. Debido a que la presión, tras pasar a través del tubo estrecho, es casi la presión atmosférica, el agua del interior de la bacteria se hace hervir de forma instantánea, lo que genera una gran cantidad de vapor dentro de la bacteria. La fuerza producida por la gran cantidad de vapor instantáneamente generada destruye los tejidos de la bacteria, para matar la bacteria.

60 La unidad 105 de reducción de la presión está conectada de forma hermética al aire, aguas abajo del conducto 104 de flujo de gas calentado. La unidad 105 de reducción de la presión puede ser cualquier unidad capaz de conseguir una reducción de la presión de entre 0,05 y 0,5 MPa de forma instantánea (en entre 0,00001 y 0,1 segundos). La realización se sirve de un tubo estrecho que tiene un diámetro interior de 10,4 mm y una longitud de 100 mm.

65 La unidad de enfriamiento 106 incluye una unidad de filtro 1023 que tiene un filtro de alta densidad y una soplante 1024, y filtra el polvo y las bacterias transportadas por el aire para suministrar una gran cantidad de gas no condensable esterilizado. Como filtro de alta densidad, se utiliza un filtro de partículas de aire de alta eficiencia (filtro HEPA –“high efficiency particulate air”–). Por lo demás, componentes del aparato tales como la unidad de filtro y la

soplante no están específicamente limitados, siempre y cuando pueda ser alcanzado el propósito. Por otra parte, en la realización, se utiliza gas nitrógeno como gas no condensable. El gas nitrógeno se suministra desde una unidad de suministro de gas no oxidante que no se ha mostrado en el esquema.

5 El conducto 107 de flujo de gas enfriado conecta la soplante 1024 de la unidad de enfriamiento 106 y el conducto 1030 que se extiende desde la unidad 105 de reducción de la presión, mezcla el polvo o grano y el gas condensable calentado que son suministrados desde la unidad 105 de reducción de la presión, con el gas no condensable que se suministra desde la unidad de enfriamiento 106, y aporta la mezcla al interior del aparato 108 de separación del polvo o grano, al tiempo que enfría la mezcla. El conducto 107 de flujo de gas enfriado tiene cualquier longitud y cualquier diámetro interior que sean capaces de enfriar el polvo o grano hasta una temperatura predeterminada (en la realización, la longitud es 1.000 mm y el diámetro interior es 97,6 mm). Por otra parte, el conducto 107 de flujo de gas enfriado puede ser sencillamente conectado a la unidad de enfriamiento 106 mediante una junta en Y. La junta en Y genera una presión negativa cerca de la confluencia, por lo que aspira el gas mezclado del gas condensable calentado y el polvo o grano, y, seguidamente, el gas no condensable suministrado desde la unidad de enfriamiento 106 choca con el gas mezclado del gas condensable calentado y el polvo o grano de manera que se mezclan eficientemente los dos flujos de gases, que tienen diferentes temperaturas el uno con respecto al otro.

20 El aparato 108 de separación del polvo o grano está conectado aguas abajo del conducto 107 de flujo de gas enfriado y separa el polvo o grano del gas mezclado obtenido del gas condensable calentado y el gas no condensable. El aparato 108 de separación del polvo o grano puede ser cualquier aparato capaz de separar el polvo o grano del gas mezclado. La realización utiliza un ciclón.

25 A fin de evaluar los efectos de la esterilización, se utilizó el aparato de esterilización para polvo o grano anteriormente descrito como configuración básica, y los componentes del aparato fueron adecuadamente modificados dependiendo de cada condición mostrada en la Tabla 1 para llevar a cabo la esterilización. Se evaluó la calidad del polvo o grano tras la esterilización mediante la medición del grado de gelatinización por el método de la β -amilasa-pululanasa, el número de bacterias tras la esterilización (en cfu: unidad formadora de colonias –“colony-forming unit”–), y la observación del aspecto del polvo o grano. Las condiciones para la esterilización se listan en la Tabla 1. Los materiales en bruto de la Tabla son los materiales en bruto para la esterilización. La harina de arroz con bacterias obtuvo por inoculación de 1×10^5 unidades de cepa de BN (*Bacillus subtilis*) adquiridas de la Meiji Seika Kaisha, Ltd., en forma de esporas (bacterias resistentes al calor), por 1 g de harina de arroz. El tiempo de permanencia significa el tiempo durante el cual el polvo o grano se encuentra en contacto directo con el gas condensable calentado en el conducto de flujo de gas calentado. El tiempo de tratamiento significa el tiempo transcurrido desde que el material en bruto es suministrado al interior del conducto de flujo de gas calentado, hasta 35 que el material en bruto es enfriado hasta 65° C o menos y descargado desde el ciclón. El grado de gelatinización del almidón de la harina de arroz era el 14,1% antes de la esterilización.

Tabla 1

	Material	Suministro (kg/h)	Presión de vapor de propulsión (MPaG)	Interior del conducto de flujo de gas calentado			Diferencia de presiones (MPa)	Tiempo de reducción de presión (s)
				Presión (MPa)	Temperatura (°C)	Tiempo de permanencia (s)		
Ejemplo 1	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,2	133	0,01	0,2	0,00033
Ejemplo 2	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,2	133	0,16	0,2	0,00033
Comp. ejemplo 1	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,2	133	0,005	0,2	0,00033
Comp. ejemplo 2	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	15	0,75	0,2	133	0,16	0,2	0,000005
Ejemplo 3	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,2	133	2,0	0,2	0,00033
Comp. ejemplo 3	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,2	133	2,5	0,2	0,00033
Ejemplo 4	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,2	133	0,16	0,2	0,1
Comp. ejemplo 4	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,2	133	0,16	0,2	0,2
Ejemplo 5	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,05	111	0,16	0,05	0,00033
Comp. ejemplo 5	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,03	107	0,16	0,03	0,00033
Ejemplo 6	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	1,0	0,5	158	0,16	0,5	0,00033
Ejemplo 7	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	1,0	0,6	164	0,16	0,6	0,00033
Ejemplo 8	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,2	133	1,0	0,2	0,00033
Ejemplo 9	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,2	133	0,48	0,2	0,00033
Ejemplo 10	Harina de arroz + bacterias resistentes al calor	50	0,75	0,2	133	0,008	0,2	0,00033

	Tiempo de tratamiento (s)	Cómputo de bacterias antes del tratamiento (cfu)	Cómputo de bacterias después del tratamiento (cfu)	Notas
Ejemplo 1	0,6	1×10^5	< 300	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 14,2%.
Ejemplo 2	0,8	1×10^5	< 300	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 14,5%.
Ejemplo comparativo 1	0,6	1×10^5	2×10^3	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.
Ejemplo comparativo 2	0,8	1×10^5	< 300	Orificio utilizado para la reducción de la presión, cuyo pequeño diámetro interior provocó una contracción del flujo y una productividad extremadamente baja.
Ejemplo 3	2,6	1×10^5	< 300	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 16,0%.
Ejemplo comparativo 3	3,1	1×10^5	< 300	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 21,0%.
Ejemplo 4	0,9	1×10^5	< 300	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.
Ejemplo comparativo 4	1,0	1×10^5	3×10^3	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.
Ejemplo 5	0,8	1×10^5	< 300	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.
Ejemplo comparativo 5	0,8	1×10^5	1×10^3	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.
Ejemplo 6	0,8	1×10^5	< 300	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. La harina de arroz se hincho ligeramente.
Ejemplo 7	0,8	1×10^5	< 300	Tubo estrecho utilizado para reducción de presión. Algo de harina de arroz se hincho y estallo dentro de un margen aceptable, dependiendo de aplicaciones.
Ejemplo 8	1,6	1×10^5	< 300	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 15,2%.
Ejemplo 9	1,08	1×10^5	< 300	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 14,9%.
Ejemplo 10	0,608	1×10^5	< 500	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 14,2%.

Como se ha mostrado en el Ejemplo 1 y en el Ejemplo 2 de la Tabla 1, cuando la temperatura en el conducto de flujo de gas calentado era 133° C y el tiempo de permanencia era entre 0,01 y 0,16 segundos, el número de bacterias se hizo 300 cfu o menos, y el grado de gelatinización del almidón fue entre el 14,2% y el 14,4% después del tratamiento. El grado de gelatinización del almidón fue casi el mismo que el del 14,1% de antes del tratamiento. De esta forma, de acuerdo con la invención, puede obtenerse un efecto de esterilización suficiente en la bacteria resistente al calor, al tiempo que se conserva la calidad del polvo o grano. Alternativamente, como en los Ejemplos 8 y 9, cuando el tiempo de permanencia fue 1,0 segundos o 0,48 segundos, cada grado de gelatinización del almidón fue un poco más alto, pero dentro de un margen aceptable, dependiendo de las aplicaciones. Como en el Ejemplo 10, en el que el tiempo de permanencia en el conducto de flujo de gas calentado fue 0,008 segundos, y el efecto de esterilización se redujo un poco, pero aún se observó.

En contraposición se tiene el Ejemplo comparativo 1, en el que el tiempo de permanencia se acortó (0,005 segundos) y no se obtuvo un efecto de esterilización suficiente (2×10^3 cfu). En cuanto al Ejemplo comparativo 2, cuando se utilizó un orificio como unidad de reducción de la presión y el tiempo de reducción de la presión fue acortado (0,000005 segundos), se obtuvo un efecto de esterilización suficiente (300 cfu o menos), pero el orificio provocaba una contracción del flujo y era, así, difícil para el polvo o grano pasar a su través (el orificio tenía un diámetro interior de 9 mm). De esta forma, la capacidad de producción del polvo o grano se redujo (15 kg/h) en comparación con la capacidad de producción en otras condiciones de esterilización, y resulta, por lo tanto, inadecuado para uso práctico.

Por lo que respecta al Ejemplo 3, incluso cuando el tiempo de permanencia en el conducto de flujo de gas calentado era ligeramente más largo (2 segundos), el grado de gelatinización del almidón no aumentó en una gran medida (16,0%), y se obtuvo un efecto de esterilización suficiente (300 cfu o menos) en la bacteria resistente al calor. En contraposición, en el Ejemplo comparativo 3, cuando el tiempo de permanencia era más de 2 segundos (2,5 segundos), se obtenía un efecto de esterilización suficiente en la bacteria resistente al calor, pero la gelatinización del almidón aumentaba (21,0%) desfavorablemente.

Por lo que respecta al tiempo de reducción de la presión, como se muestra en el Ejemplo comparativo 4, cuando se empleó una válvula rotativa como unidad de reducción de la presión, se necesitaba algún tiempo para llegar a la presión reducida (0,2 segundos) y no se obtuvo un efecto de esterilización suficiente (3×10^3). En contraposición, como en el Ejemplo 4, cuando se utilizó un tubo hueco como unidad de reducción de la presión para reducir la presión, se alcanzó rápidamente la presión reducida (un tiempo de reducción de la presión de 0,1 segundos), y se obtuvo un efecto de esterilización suficiente en la bacteria resistente al calor (300 cfu o menos).

En cuanto a la diferencia de presiones generada por la unidad de reducción de la presión, como en el Ejemplo comparativo 5, cuando la presión en el conducto de flujo de gas calentado era 0,05 MPaG y el calentamiento se llevaba a cabo con el vapor presurizado, la temperatura en el conducto de flujo de gas calentado se incrementaba hasta 111° C y la diferencia de presiones generada por la unidad de reducción de la presión alcanzaba 0,05 MPa. Se puso de manifiesto que se obtenía un efecto de esterilización suficiente en la bacteria resistente al calor con estas condiciones (300 cfu o menos). En contraposición, según se muestra en el Ejemplo comparativo 5, cuando la presión en el conducto de flujo de gas calentado era 0,03 MPaG y el calentamiento se llevaba a cabo con vapor presurizado, la temperatura en el conducto de flujo de gas calentado aumentaba hasta 107° C y la diferencia de presiones generada por la unidad de reducción de la presión alcanzaba 0,03 MPa. No se obtuvo, con esta diferencia de presiones, un efecto de esterilización suficiente en la bacteria resistente al calor (1×10^3 cfu).

Como se ha mostrado en el Ejemplo comparativo 6, cuando la presión en el conducto de flujo de gas calentado era 0,5 MPa y el calentamiento se llevaba a cabo con vapor presurizado, la temperatura en el conducto de flujo de gas calentado aumentaba hasta 158° C y la diferencia de presiones generada por la unidad de reducción de la presión alcanzaba 0,5 MPa. En estas condiciones, el efecto de esterilización fue satisfactorio en la bacteria resistente al calor (300 cfu o menos), pero la harina de arroz se hinchó ligeramente. En contraste con ello, según el Ejemplo 7, cuando la presión en el conducto de flujo de gas calentado era 0,6 MPa y el calentamiento se llevaba a cabo con el vapor presurizado, la temperatura en el conducto de flujo de gas calentado aumentaba hasta 164° C y la diferencia de presiones generada por la unidad de reducción de la presión alcanzaba 0,6 MPa. En estas condiciones, el efecto de esterilización fue también satisfactorio en la bacteria resistente al calor (300 cfu o menos) y algo de la harina de arroz se hinchó hasta estallar. Sin embargo, el estallido redujo el diámetro de partículas del polvo o grano, lo que se prefiere dependiendo de las aplicaciones.

Se esterilizó salvado de arroz con el aparato de esterilización para polvo o grano de la presente invención, y se contó el número de bacterias (en cfu: unidad formadora de colonias) antes y después de la esterilización. Los resultados de la medición se listan en la Tabla 2. El Ejemplo 11 de la Tabla 2 revela que la presente invención es efectiva a la hora de esterilizar salvado de arroz y tiene la suficiente capacidad de esterilización por lo que respecta a bacterias viables que se adhieren al salvado de arroz.

Tabla 2

Notas		Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión
Cómputo de bacterias después del tratamiento (cfu)		< 300
Cómputo de bacterias antes del tratamiento (cfu)		$2,7 \times 10^5$
Tiempo de tratamiento (s)		0,8
Tiempo de reducción de la presión (s)		0,00033
Diferencia de presiones (MPa)		0,2
Interior del conducto de flujo de gas calentado	Tiempo de permanencia (s)	0,16
	Temperatura (° C)	133
	Presión (MPaG)	0,2
Presión del vapor de propulsión (MPaG)		0,75
Suministro (kg/h)		50
Material		Salvado de arroz
/		Ejemplo II

5 A continuación, se esterilizó polvo de té verde con el aparato de esterilización para polvo o grano de la presente invención, y se computó el número de bacterias (en cfu: unidad formadora de colonias) antes y después de la esterilización, y se evaluó la calidad tras la esterilización por medio de un ensayo sensorial. Las condiciones de la esterilización y los resultados del ensayo se listan en la Tabla 3. A la hora de la esterilización, se controló el tiempo de permanencia en el conducto de flujo de gas calentado de manera tal, que el polvo o grano tuviera una temperatura de 64° C cuando se descargaba del ciclón.

10

Tabla 3

Notas		Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.
Evaluación		No reducido a 65° C o menos.	Sin cambios en aroma y color.	Aroma y color ligeramente cambiados. Sin problemas de comercialización.	Cambio de aroma. Color ligeramente más claro. Ciertos problemas de comercialización.
Temperatura tras la descarga del ciclón		72	64	64	64
Cómputo de bacterias después del tratamiento (cfu)		< 300	< 300	< 300	< 300
Cómputo de bacterias antes del tratamiento (cfu)		3×10 ³	3×10 ³	3×10 ³	3×10 ³
Tiempo de tratamiento (s)		0,03	0,05	1,0	1,5
Tiempo de reducción de la presión (s)		0,00033	0,00033	0,00033	0,00033
Diferencia de presiones (MPa)		0,2	0,2	0,2	0,2
Interior del conducto de flujo de gas calentado	Tiempo de permanencia (s)	0,01	0,01	0,9	1,4
	Temperatura (° C)	133	133	133	133
	Presión (MPaG)	0,2	0,2	0,2	0,2
Presión del vapor de propulsión (MPaG)		0,75	0,75	0,75	0,75
Suministro (kg/h)		50	50	50	50
Material		Polvo de té	Polvo de té	Polvo de té	Polvo de té
		Ejemplo comp. 6	Ejemplo 12	Ejemplo 13	Ejemplo comp. 7

- 5 Como se ha mostrado en el Ejemplo 12, cuando el tratamiento era 0,05 segundos para la esterilización, el polvo o grano se enfriaba hasta 64° C cuando se descargaba desde el ciclón. El polvo o grano, tras la esterilización, mantenía el aroma y el tono de color original, lo que significa que la calidad no se degradaba. Además, se obtenía un efecto de esterilización suficiente (300 cfu o menos). En contraposición, conforme al Ejemplo comparativo 6, cuando el tiempo de tratamiento (el tiempo transcurrido desde que el material se suministraba al interior del conducto de flujo de gas calentado hasta que era descargado del ciclón) era 0,03 segundos, el tiempo de enfriamiento resultaba insuficiente y, por tanto, la temperatura del polvo o grano no se reducía a 65° C o menos cuando se descargaba del ciclón.
- 10 Cuando el tiempo de tratamiento era 1 segundo, en las condiciones mostradas en el Ejemplo 13, el tiempo de permanencia en el conducto de flujo de gas calentado era 0,9 segundos, y se obtuvo un efecto de esterilización suficiente (300 cfu o menos), pero el aroma y el tono de color cambiaron un poco. Sin embargo, la calidad del género no se vio afectada. En contraposición con esto, cuando el tiempo de tratamiento era 1,5 segundos con las condiciones mostradas en el Ejemplo comparativo 7 para el tratamiento, el tiempo de permanencia dentro del conducto de flujo de gas calentado era 1,4 segundos y se obtenía un efecto de esterilización suficiente (300 cfu o menos). Sin embargo, el polvo de té verde se vio modificado tras la esterilización, por ejemplo, en su aroma o de manera que presentaba un color más claro y, en consecuencia, la calidad del género se vio afectada.
- 15 De esta manera, de acuerdo con la presente invención, es posible esterilizar diversos materiales en polvo o grano en bruto sin una degradación de la calidad como consecuencia del calentamiento. Por otra parte, de acuerdo con la presente invención, pueden matarse de manera continua bacterias resistentes al calor que habían venido resultando difíciles de matar, y, por tanto, el valor de utilidad industrial es extremadamente elevado.
- 20 Seguidamente, la harina de arroz que se dejó infestar por la polilla india de la harina o por el gorgojo del maíz fue tratada bajo las mismas condiciones respectivas que en los Ejemplos 1 a 10 y en los Ejemplos comparativos 1 a 5 de la Tabla 1. La harina de arroz fue observada inmediatamente tras el tratamiento con respecto a si la polilla india de la harina o el gorgojo del maíz estaban vivos o no. A continuación, la harina de arroz tratada se colocó en un disco de Petri, y el disco fue herméticamente cerrado con esparadrapo quirúrgico e introducido en una incubadora a 30° C durante una semana, y se comprobó la eclosión de los huevos. Los resultados se listan en la Tabla 4.
- 25
- 30

Tabla 4

	Material	Mismas condiciones que	Plaga de insectos	Supervivencia	Eclósión	Notas
Ejemplo 14	Harina de arroz	Ejemplo 1	Pollilla india de la harina	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 14,2%.
Ejemplo 15	Harina de arroz	Ejemplo 2	Pollilla india de la harina	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 14,5%.
Ejemplo comp. 9	Harina de arroz	Ejemplo comp. 1	Pollilla india de la harina	Observada	Observada	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.
Ejemplo comp. 10	Harina de arroz	Ejemplo comp. 2	Pollilla india de la harina	Ninguna	Ninguna	Orificio utilizado para la reducción de la presión, cuyo pequeño diámetro interior causó una contracción del flujo y una productividad extremadamente pequeña.
Ejemplo 16	Harina de arroz	Ejemplo 3	Pollilla india de la harina	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 16,0%.
Ejemplo comp. 11	Harina de arroz	Ejemplo comp. 3	Pollilla india de la harina	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 21,0%.
Ejemplo 17	Harina de arroz	Ejemplo 4	Pollilla india de la harina	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.
Ejemplo comp. 12	Harina de arroz	Ejemplo comp. 4	Pollilla india de la harina	Observada	Observada	Válvula rotativa utilizada para la reducción de la presión.
Ejemplo 18	Harina de arroz	Ejemplo 5	Gorgojo del maíz	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.
Ejemplo comp. 13	Harina de arroz	Ejemplo comp. 5	Gorgojo del maíz	Observada	Observada	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión.
Ejemplo 19	Harina de arroz	Ejemplo 6	Gorgojo del maíz	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. La harina de arroz se hinchó ligeramente.
Ejemplo 20	Harina de arroz	Ejemplo 7	Gorgojo del maíz	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Algo de la harina de arroz se hinchó hasta
Ejemplo 21	Harina de arroz	Ejemplo 8	Gorgojo del maíz	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 15,2%.
Ejemplo 22	Harina de arroz	Ejemplo 9	Gorgojo del maíz	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 14,9%.
Ejemplo 23	Harina de arroz	Ejemplo 10	Gorgojo del maíz	Ninguna	Ninguna	Tubo estrecho utilizado para la reducción de la presión. Grado de gelatinización: 14,2%.

La Tabla 4 pone de manifiesto que la polilla india de la harina, el gorgojo del maíz, y sus huevos, que habían infestado la harina de arroz, son matados de una manera fiable de acuerdo con la presente invención. Además de la polilla india de la harina y del gorgojo del maíz, el método para matar insectos y huevos de la presente invención tiene el mismo efecto en el escarabajo de la harina que se adhiere a la harina de trigo.

5

Números de referencia

	1	polvo o grano
	2	polvo o grano esterilizado
	11	etapa de aplicar calor y presión
10	12	etapa de esterilización por reducción instantánea de la presión
	13	etapa de enfriamiento
	14	etapa de separación
	101	unidad de suministro de material en bruto
	102	unidad de suministro de gas condensable
15	103	dispositivo eyector
	104	conducto de flujo de gas calentado
	105	unidad de reducción de la presión
	106	unidad de enfriamiento
	107	conducto de flujo de gas enfriado
20	108	aparato de separación de polvo o grano
	1001	depósito de carga de material en bruto
	1002	alimentador de tornillo
	1004	alimentador rotativo
	1006	conducto de suministro de material en bruto
25	1010	conducto de suministro de gas no oxidante
	1011	motor
	1014	unidad de suministro de gas no oxidante
	1015	unidad de válvula de reducción de la presión
	1016	separador de drenaje
30	1017	camisa de aislamiento del calor
	1018	válvula de control de vapor
	1019	evaporador
	1020	sensor de presión
	1021	indicador de temperatura
35	1023	unidad de filtro
	1024	soplante
	1025	sensor de control de temperatura
	1028	sensor de control de presión
	1029	indicador de presión
40	1030	conducto

REIVINDICACIONES

1.- Un método para esterilizar polvo o grano, de tal manera que el método comprende:

5 aplicar (11) calor y presión, de tal manera que se suministra polvo o grano (1) al interior de un conducto (104) de flujo de gas calentado, mantenido bajo condiciones calentadas y presurizadas, y el polvo o grano es transferido a la vez que entra en contacto directo con un vapor dentro del conducto (104) de flujo de gas calentado, durante entre 0,008 y 2 segundos;

10 esterilizar (12) por reducción instantánea de la presión, de tal manera que el vapor y el polvo o grano son instantáneamente liberados al seno de un espacio que tiene una presión más baja que la del conducto (104) de flujo de gas calentado, de modo que el agua contenida en los microorganismos que están adheridos al polvo o grano se hace hervir rápidamente, y los tejidos de los microorganismos son destruidos;

15 enfriar (13) el vapor y el polvo o grano inmediatamente después de la esterilización (12) por reducción instantánea de la presión, mediante aire o un gas no oxidante suministrado desde una unidad de enfriamiento (106); y

20 separar (14) el polvo o grano, enfriado, del vapor y del aire o gas no oxidante, de tal manera que en la esterilización (12) por reducción instantánea de la presión, el vapor y el polvo o grano se hacen pasar a través de un tubo estrecho o un orificio proporcionado aguas abajo del conducto (104) de flujo de gas calentado, a fin de llevar a cabo un proceso de reducción de la presión, y el proceso de reducción de la presión se consigue en entre 0,00001 y 0,1 segundos.

25 2.- El método para esterilizar polvo o grano de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual, en la esterilización (12) por reducción instantánea de la presión, el vapor y el polvo o grano son liberados al seno de un espacio que tiene una presión que es entre 0,05 MPa y 0,7 MPa más baja que la presión a la hora de aplicar (11) calor y presión.

30 3.- El método para esterilizar polvo o grano de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual, a la hora del enfriamiento (13), el vapor y el polvo o grano se mezclan con el aire o el gas no oxidante suministrado desde la unidad de enfriamiento (106) sin separar el vapor y el polvo o grano, y

35 el tiempo que transcurre desde que el polvo o grano comienza a ser transferido por el vapor hasta que la temperatura en una atmósfera de transferencia de la mezcla con el aire o el gas no oxidante alcanza 65° C o menos, es entre 0,05 segundos y 1 segundo.

4.- El método para esterilizar polvo o grano de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el polvo o grano se suministra al interior del conducto (104) de flujo de gas calentado por medio de un gas no oxidante.

Figura 1

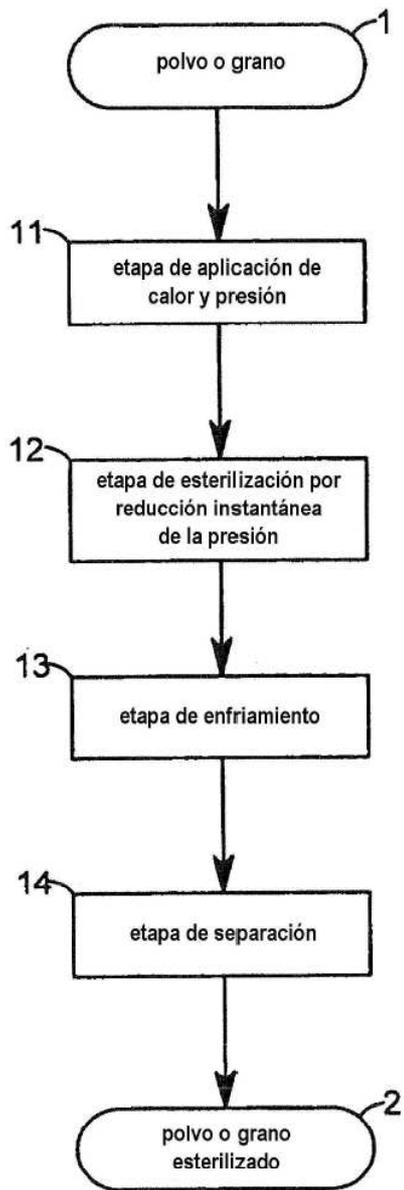


Figura 2

