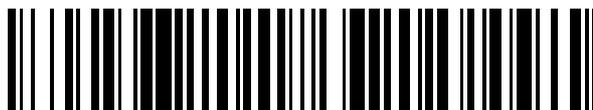


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 652**

51 Int. Cl.:

A23F 5/34 (2006.01)

A23F 5/36 (2006.01)

A23L 1/00 (2006.01)

A23L 1/025 (2006.01)

A23L 1/0522 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2011 E 11788950 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.10.2014 EP 2640195**

54 Título: **Método y sistema para atrapar gas presurizado en productos alimenticios o de bebida en polvo**

30 Prioridad:

17.11.2010 US 414753 P

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

11.02.2015

73 Titular/es:

**INTERCONTINENTAL GREAT BRANDS LLC
(100.0%)
100 Deforest Avenue
East Hanover, NJ 07936, US**

72 Inventor/es:

**COLMERAUER, AARON R.;
ARORA, VIJAY K.;
FOUNTAIN, GERALD O.;
OXFORD, PHILIP JAMES;
ZELLER, BARY LYN y
TUREK, EVAN J.**

74 Agente/Representante:

GARCÍA EGEE, Isidro José

ES 2 528 652 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 y sistema para atrapar gas presurizado en productos alimenticios o de bebida en polvo

5 **Campo**

El campo se refiere a una composición espumante y a un método y un sistema para producir una composición espumante.

10 **Antecedentes**

10 Los productos alimenticios o de bebida que contienen burbujas o espuma son populares entre los consumidores. Por ejemplo, las bebidas calientes y frías, tales como capuchino, batidos de leche, bebidas con sabor a fruta y similares, pueden estar preparadas para tener burbujas o espuma. En fechas recientes, los consumidores prefieren cada vez más productos alimenticios y de bebida instantáneos debido a su comodidad. Dichos productos alimenticios y de bebida
15 instantáneos incluyen de forma típica un producto alimenticio en polvo o granulado soluble que puede disolverse o dispensarse en agua u otro medio fluido para formar productos alimenticios o de bebida que pueden ser consumidos.

Los avances recientes han permitido obtener métodos y equipos para atrapar gases presurizados en huecos internos de los productos alimenticios y de bebida en polvo o granulados. De esta manera, al disolver o dispensar el producto alimenticio o de bebida en un medio fluido, el gas presurizado es liberado, formando espuma o burbujas. Por lo tanto, es posible preparar un alimento o bebida con burbujas o espumoso a partir del producto instantáneo.

Los métodos actuales para preparar dichos polvos pueden incluir un producto de base que se ha tratado previamente para formar un polvo con huecos internos. Por ejemplo, el producto de base puede ser un polvo de carbohidrato preparado usando deshidratación por pulverización de inyección de gas. El polvo puede ser conformado mediante deshidratación por pulverización de una solución del producto de bebida, inyectando al mismo tiempo pequeñas burbujas de gas en la corriente de solución para crear un polvo con huecos internos.

A efectos de maximizar la cantidad de espuma creada cuando el polvo alimenticio o de bebida se combina con fluido, el polvo puede ser sujeto a un proceso de presurización para atrapar gas presurizado en los huecos internos. La sustancia en polvo de base se dispone en primer lugar en un recipiente de lotes que puede resistir variaciones de temperatura y presión relativamente altas, y el recipiente queda precintado con respecto a la atmósfera externa. A continuación, el recipiente es presurizado y calentado inyectando gas inerte presurizado en el recipiente y aplicando calor en las paredes del recipiente.

Después del calentamiento, el recipiente se enfría normalmente enfriando las paredes exteriores para disminuir lentamente la temperatura del polvo desde la temperatura de calentamiento a una temperatura de enfriamiento. De forma típica, el recipiente se enfría lentamente para asegurar que el mismo no se daña debido a un cambio rápido de temperatura que, de otro modo, podría crear tensiones térmicas en el material del recipiente. La temperatura del polvo se mantiene normalmente a la temperatura de enfriamiento durante un periodo de tiempo, de modo que las partículas de polvo se vuelven menos permeables al flujo de gas. Una vez el polvo se enfría, todavía bajo presión, el gas queda precintado en los huecos de la partícula. Finalmente, el recipiente se despresuriza.

Aunque los anteriores métodos resultan suficientes de forma general para formar productos alimenticios y de bebida en polvo y granulados con gas presurizado atrapado, los mismos presentan varios inconvenientes. Por ejemplo, en los métodos anteriores, el tiempo de proceso de un único lote de polvo en un recipiente es relativamente largo debido, en parte, al tiempo prolongado necesario para presurizar, calentar, enfriar y despresurizar el recipiente. Por el mismo motivo, los requisitos de energía de cada lote son altos, debido a la cantidad significativa de energía consumida cada vez que el recipiente se calienta y se enfría a continuación.

50 **Breve descripción de los dibujos**

La Fig 1 es un diagrama de flujo de un método ilustrativo para atrapar gas presurizado en productos de bebida o alimenticios en polvo o granulados;

La Fig. 2 es una vista esquemática de un sistema para atrapar de forma continua gas presurizado en un producto de bebida o alimenticio en polvo o granulado;

La Fig. 3 es una vista esquemática de una parte de un sistema para atrapar de forma continua gas presurizado en un producto de bebida o alimenticio en polvo o granulado;

La Fig. 4 es una vista esquemática de un dispositivo de cierre de aire del sistema de la Fig. 2;

La Fig. 5 es una vista esquemática de los dispositivos de cierre de aire superior e inferior que muestra la secuencia de etapas para llenar y vaciar de polvo los dispositivos de cierre de aire superior e inferior;

La Fig. 6 es un gráfico que muestra el gas atrapado con respecto a la temperatura; y

La Fig. 7 es un gráfico que muestra el gas atrapado con respecto al tiempo de permanencia.

5 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Se dan a conocer métodos y sistemas para producir de forma continua composiciones espumantes a partir de polvos, gránulos y/o material en forma de partículas, y/o polvos, gránulos y/o materiales en forma de partículas que contienen gas a alta presión. Los métodos y los sistemas están configurados para reducir los costes energéticos y el tiempo de procesamiento general y, por lo tanto, obtener ventajas con respecto a los procesos por lotes anteriores, que presentan tiempos de aumento y disminución de temperatura prolongados debido a los inconvenientes de usar un recipiente de presión grande.

En un aspecto, los métodos descritos en la presente memoria reducen los requisitos de temperatura y presión para atrapar gas presurizado en huecos del material en forma de partículas introduciendo el material en forma de partículas en un proceso en estado estable y continuo en el que el polvo, los gránulos y/o el material en forma de partículas quedan expuestos a una velocidad de diferencial térmico o a una velocidad de cambio térmico rápida al introducirse en las fases de calentamiento y de enfriamiento, que funcionan en un estado estable sin periodos de calentamiento y de enfriamiento prolongados. Las fases de calentamiento y de enfriamiento en el proceso en estado estable y continuo tienen una separación distinta entre las mismas para minimizar y, en algunos casos, evitar la migración térmica entre estas dos zonas. En otro aspecto, los métodos en estado estable y continuo usan mecanismos de cierre de aire controlados con una capacidad de suministro y una velocidad de ventilación de gas dimensionadas y eficaces para presurizar previamente el polvo, los gránulos y/o el material en forma de partículas a efectos de permitir su dosificación continua en el estado estable, un proceso continuo a altas presiones de retención, así como para permitir una despresurización continua para liberar el polvo, los gránulos y/o el material en forma de partículas con respecto al proceso. En algunas realizaciones, el gas es compartido entre las zonas de presurización y de despresurización para reducir el consumo general de gas en el sistema.

Se describen métodos y sistemas para atrapar gas presurizado en los huecos internos de un polvo, tal como un producto alimenticio o de bebida en polvo, granulado y/o en forma de partículas, en un proceso continuo o semicontinuo. En una realización, el polvo de base es tratado previamente para crear huecos internos en el polvo, por ejemplo, mediante soluciones de deshidratación por pulverización que contienen burbujas de gas dispersadas u otros métodos de procesamiento, en cuyo interior el gas puede quedar atrapado posteriormente mediante los presentes métodos. En otra realización, los métodos descritos en la presente memoria son adecuados para atrapar gas presurizado en los huecos internos de productos de bebida en polvo o de otros polvos alimenticios porosos, tal como polvos de carbohidratos, polvos de proteína, café, té, cacao o bebidas con sabor a fruta, o de productos alimenticios en polvo, tal como un producto de postre instantáneo, un producto de queso instantáneo, un producto de cereal instantáneo, un producto de sopa instantáneo y un producto de aderezo instantáneo. En otra realización, los polvos alimenticios porosos pueden estar exentos de proteínas y/o exentos de carbohidratos y/o exentos de grasa. Las presiones de los procesos continuos de la presente memoria permiten obtener gas de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi) (en algunos casos, de 999,7 a 21.373,7 kPa (145 psi a 3100 psi) y, en otros casos, de 999,7 a 7584,2 kPa (145 a 1100 psi), siendo eficaces para atrapar de forma continua gas en el polvo, de modo que, al disolver los polvos en agua u otro fluido para formar un producto de bebida, el gas es liberado para formar una espuma o burbujas con una buena estabilidad.

En la presente memoria, el término gas atrapado significa de forma general gas que está presente en los huecos internos de una estructura en polvo y que no puede dejar esta estructura sin que la estructura en polvo se abra. Los gases que es posible usar de forma adecuada según la presente invención pueden incluir nitrógeno, argón, dióxido de carbono, óxido nitroso, aire u otros gases o una mezcla de los mismos, en una realización, se usa gas de nitrógeno, aunque es posible usar cualquier otro gas de calidad alimentaria para aplicar presión de gas en el polvo.

En la presente memoria, el término polvo, partícula, material en forma de partículas o gránulo se usa de manera intercambiable y, de forma general, se refiere a cualquier tipo de producto alimenticio o de bebida en polvo o granulado que tiene una temperatura de transición vítrea y que incluye o puede incluir huecos internos en la estructura en polvo y que puede atrapar gases presurizados, pudiendo conformarse por tratamiento previo del polvo mediante deshidratación por pulverización, deshidratación por pulverización de inyección de gas, liofilización u otras técnicas adecuadas.

La temperatura (T_g) de transición vítrea del polvo es un cambio de fase de segundo orden caracterizado por la transformación del polvo de un estado sólido vítreo rígido a un estado sólido gomoso ablandado. De forma general, las solubilidades de gas y las velocidades de difusión son más altas en materiales a la temperatura de transición vítrea o superiores a la misma. La temperatura de transición vítrea depende de la composición química y del nivel de humedad y, de forma general, un peso molecular promedio más bajo y/o una mayor humedad disminuirán las temperaturas de transición de gas.

En la presente memoria, la entrada de calor necesaria para procesar el polvo se refiere de forma general a la energía total necesaria por kilogramo de polvo y, de forma general, incluye la suma de la energía para calentar el polvo por encima de su T_g, la energía para calentar el equipo, la energía para calentar el gas y la pérdida de calor del equipo durante el

calentamiento. Los métodos descritos en la presente memoria permiten un ahorro total de energía en un sistema por lotes de aproximadamente 50 a aproximadamente 80 por ciento en la entrada de calor por kilogramo de polvo.

Haciendo referencia a continuación de forma más específica al método, y haciendo referencia a la Fig. 1, se da a conocer un método ilustrativo para atrapar de forma continua gas presurizado en el interior de huecos internos de un polvo. En primer lugar, en la etapa 10 se aísla un polvo de base con respecto a las condiciones ambientales para su presurización previa. El polvo aislado se expone a continuación a una primera presión elevada en la etapa 12, eficaz para provocar, en algunos casos, un agrietado inicial de las partículas del polvo. En esta etapa, es posible conformar grietas, poros o pasos en partículas que conectan directa o indirectamente la superficie de la partícula y la atmósfera circundante a cualquier hueco interno presente inicialmente en el polvo, permitiendo que el gas presurizado penetre de manera más eficaz en los huecos internos. Algunos huecos internos pueden estar conectados directamente a la superficie agrietada de la partícula, mientras que otros huecos internos pueden estar conectados a huecos internos conectados a la superficie agrietada de la partícula para ponerlos en contacto indirectamente con la superficie de la partícula agrietada. En una realización, más de una tercera parte, más de la mitad o más de dos terceras partes del volumen de huecos internos del polvo de base está conectada directa o indirectamente a la superficie de la partícula después de su agrietado y antes de que la temperatura del polvo alcance su T_g durante un calentamiento posterior. El volumen de huecos internos del polvo de base o del polvo procesado que contiene gas presurizado atrapado puede medirse usando cualquier método adecuado, tal como usando un picnómetro según métodos descritos en la técnica anterior. Algunos polvos, tal como gránulos de café liofilizados, son inherentemente porosos y contienen poros y pasos que conectan los huecos internos a la superficie de la partícula y, por lo tanto, no requieren el agrietado por contacto con gas presurizado durante el presente proceso. La mayor parte de partículas deshidratadas por pulverización no son inherentemente porosas y, por lo tanto, requieren de agrietado durante el presente proceso para aumentar la cantidad de gas presurizado que puede quedar atrapado en dichos polvos. En una realización, las presiones aplicadas en esta fase de presurización inicial están entre 137,9 y 21.373,7 kPa (20 y 3100 psi). El aislamiento y la presurización del polvo según la etapa 10 y la etapa 12 permiten que la presión en etapas posteriores permanezca en un estado estable en todo el aparato y el método sin tener que presurizar y despresurizar la totalidad de un recipiente en cada ciclo, tal como resultaba necesario en los métodos anteriores.

A continuación, el polvo queda expuesto a un entorno que crea una velocidad de cambio térmico rápida cuando entra en una fase de calentamiento continuo en estado estable para aumentar rápidamente la temperatura del polvo por encima de su temperatura (T_g) de transición vítrea. La velocidad de aumento de temperatura al entrar en esta fase es de forma preferible relativamente grande y relativamente rápida, de modo que la temperatura aumenta rápidamente por encima de la T_g . A este respecto, el polvo queda expuesto a un aumento rápido de temperatura y queda expuesto rápidamente a la temperatura de calentamiento por encima de la T_g . Se ha comprobado que calentar el polvo por debajo de la T_g no permite una penetración suficiente del gas en los huecos internos para aumentar el contenido de gas atrapado y la capacidad espumante del polvo procesado. Por lo tanto, el rápido aumento de la temperatura hasta la temperatura de calentamiento según los presentes métodos disminuye de forma ventajosa el tiempo de permanencia necesario para el proceso de calentamiento con respecto a los métodos anteriores, evitando el tiempo que de otro modo sería necesario para calentar previamente de manera lenta un recipiente hasta la T_g del polvo. En una realización, la velocidad de diferencial o la velocidad de cambio térmico rápida a la que queda sujeto el polvo al entrar en la fase de calentamiento es al menos de aproximadamente 30 °C/segundo. Según otra realización, la velocidad de aumento de temperatura a la que queda sujeto el polvo está entre aproximadamente 30 °C y aproximadamente 300 °C/segundo. Por lo tanto, el polvo queda expuesto a un aumento rápido de la temperatura en vez de al aumento de temperatura lento presente normalmente en un proceso por lotes. En comparación, el periodo de calentamiento de un proceso por lotes típico puede ser de aproximadamente 1,5 °C/minuto, que puede tardar hasta aproximadamente 40 a 50 minutos o más para que el material en forma de partículas en un proceso por lotes habitual experimente el mismo diferencial de temperatura que se produce en el presente proceso continuo.

A continuación, el polvo queda expuesto a una temperatura de calentamiento por encima de la T_g durante una cantidad de tiempo eficaz para atrapar el gas presurizado en la partícula, tal como en los huecos, las grietas y similares. En una realización, la cantidad de tiempo es suficiente para permitir que el material en polvo realice una transición a su estado gomoso, de modo que la fase sólida del polvo pasa a ser más permeable a gases que circulan a través del polvo y de modo que las grietas y poros presentes inherentemente en las partículas o formadas durante el contacto del polvo con gas presurizado se cierran para atrapar el gas presurizado en los huecos internos presentes en las partículas. A tal fin, durante la etapa 16, la presión se mantiene a la presión elevada y el polvo queda expuesto a gas presurizado que quedará atrapado. Por lo tanto, durante esta etapa, el gas presurizado puede penetrar en el polvo y entrar en los huecos internos. La cantidad predeterminada de tiempo o tiempo de permanencia se selecciona para que una cantidad deseada de gas presurizado entre en los huecos internos del polvo y quede retenido en los huecos. En una realización, el tiempo de permanencia es entre aproximadamente 1 y 40 min. En otra realización, el tiempo de permanencia es entre aproximadamente 6 y 20 min. En una realización, la retención de gas máxima en ml/g se obtiene con un tiempo de permanencia en la zona de calentamiento de aproximadamente 15 a aproximadamente 30 minutos (en algunos casos, de aproximadamente 15 a aproximadamente 25 minutos, y en otros casos, de aproximadamente 20 minutos) y con temperaturas de aproximadamente 120 °C o inferiores (y en algunos casos, con una temperatura de aproximadamente 100 a aproximadamente 110 °C y, en otros casos, de aproximadamente 10 °C). En algunos casos, es posible obtener niveles de retención de gas de aproximadamente 10 a aproximadamente 13 ml/g con dichos tiempos de permanencia y

temperaturas. En algunos casos, las temperaturas superiores a 120 °C provocan la aglomeración del polvo y, en algunos casos, las temperaturas superiores a 130 °C pueden provocar la fusión del polvo de café en las paredes del equipo.

5 Durante la fase de calentamiento de la etapa 16, cuando el polvo se calienta por encima de su T_g , el polvo se mueve, desplaza y/o agita de forma continua para evitar o reducir la aglomeración de partículas de polvo y la adherencia del polvo. En una realización, el movimiento del polvo se lleva a cabo desplazando de forma continua el polvo a través de una zona de calentamiento durante su calentamiento a través de un sinfín u otro husillo o mecanismo de transporte continuo. Un método de este tipo es preferible con respecto al uso de una cinta transportadora de desplazamiento continuo, ya que un sinfín o husillo permite obtener de forma general una mayor agitación. Tal como se ha mencionado, 10 la cantidad de tiempo durante la que el polvo se calienta por encima de la T_g está determinada por el tiempo de permanencia del polvo en la zona de calentamiento. A este respecto, el tiempo de permanencia puede estar determinado por el tamaño de la zona de calentamiento, el caudal de polvo a través de la misma, una velocidad de las partículas y/o una combinación de los mismos. En una realización, la zona de calentamiento tiene una longitud entre 60,96 y 914,4 cm (2 y 30 pies) y la velocidad a la que el polvo se desplaza a través de la zona es entre 3,048 y 15 304,8 cm/min (0,1 y 10 pies/min). La velocidad puede ser ajustable para controlar el tiempo de permanencia. En otra realización adicional, el polvo se remueve o se mezcla en la zona de calentamiento y se desplaza a través de la misma. Remover o mezclar el polvo mientras se desplaza a través de la zona del calentamiento permite obtener las ventajas adicionales de reducir de forma adicional la aglomeración y la adherencia del polvo, obteniéndose al mismo tiempo un calentamiento uniforme del polvo en la zona de calentamiento. Tal como se describirá a continuación, el polvo también 20 puede incluir un agente fluidificante para ayudar a reducir o evitar la aglomeración de partículas.

A continuación, el polvo queda expuesto a otra velocidad de diferencial térmico o velocidad de cambio rápida cuando entra en la fase de enfriamiento para disminuir rápidamente 18 la temperatura de la partícula al entrar en una zona de enfriamiento continuo en estado estable, a efectos de disminuir la temperatura del polvo hasta una 25 temperatura de enfriamiento. De forma similar a la etapa 14 descrita anteriormente, la velocidad de disminución de temperatura al entrar en esta fase de enfriamiento a la que queda expuesta la partícula es relativamente grande y relativamente rápida, de modo que la partícula queda expuesta rápidamente a la temperatura de enfriamiento, en vez de quedar expuesta a un periodo de enfriamiento prolongado. De esta manera, el polvo queda expuesto rápidamente a la temperatura de enfriamiento por debajo de la T_g , de modo que el polvo gomoso 30 ablandado se endurece hasta un estado vítreo rígido y los poros conformados previamente durante la etapa de agrietado presurizada y que se han fundido y cerrado posteriormente durante la etapa de calentamiento disminuyen la permeabilidad del polvo al gas presurizado que entra y, sobre todo, que sale de los huecos internos eficaces para atrapar gas presurizado en los huecos internos de las partículas que comprende el polvo enfriado.

35 De forma específica, y según una realización, para obtener la gran velocidad de disminución de temperatura, el polvo se desplaza rápidamente de la zona de calentamiento a la zona de enfriamiento, tal como se describe a continuación. El desplazamiento del polvo de la zona de calentamiento a la zona de enfriamiento permite obtener una velocidad rápida de disminución de temperatura, permitiendo que las zonas de calentamiento y de enfriamiento permanezcan en las temperaturas de calentamiento y de enfriamiento en estado estable continuo, respectivamente, sin que sea necesario 40 tiempo adicional que, de otro modo, sería necesario para calentar un único recipiente de procesamiento hasta una temperatura de calentamiento y enfriar posteriormente la cámara de procesamiento hasta una temperatura de enfriamiento en los métodos anteriores requeridos. Intentar enfriar los materiales que conforman la cámara del proceso por lotes anterior puede resultar prolongado, debido a la necesidad de enfriar lentamente los materiales que forman el recipiente de lotes para evitar daños en el equipo. Los presentes métodos evitan estos periodos perdidos prolongados y costosos.

45 En una realización, la partícula queda expuesta a un entorno que tiene una velocidad de cambio térmico rápida, a la que queda sujeto el polvo al entrar en la zona de enfriamiento, siendo la misma al menos de aproximadamente -30 °C/segundo. Según otra realización, la velocidad de cambio térmico rápida a la que queda sujeto el polvo al entrar en la zona de enfriamiento está entre -30 y -300 °C/segundo. En comparación, es posible que un proceso por lotes típico necesite un tiempo de aproximadamente 40-60 minutos para enfriar el recipiente de presión grande de la temperatura de calentamiento a la temperatura de enfriamiento deseada. 50

Haciendo referencia nuevamente a la Fig. 1, el polvo queda sujeto a continuación a una temperatura de enfriamiento en estado estable continuo, mostrada de forma general en la etapa 20, durante una cantidad de tiempo eficaz para endurecer 55 las partículas que contienen los poros fundidos para evitar que las partículas endurecidas se expandan, evitando por lo tanto que el gas presurizado salga de los huecos internos. De esta manera, el gas presurizado queda sustancialmente atrapado en el interior de los huecos internos. En una realización, la temperatura de enfriamiento es de aproximadamente 5 a aproximadamente 20 °C durante aproximadamente 3 a aproximadamente 5 minutos. Por lo tanto, la relación entre tiempos de calentamiento y de enfriamiento en el sistema continuo es de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 13 y, 60 en algunos casos, de aproximadamente 1,2 a aproximadamente 6 y, en otros casos, de aproximadamente 1,2 a aproximadamente 4. Es decir, cuando se aplican los métodos descritos en la presente memoria, es necesario un tiempo de enfriamiento mucho menor en el sistema continuo en comparación con el proceso por lotes.

A continuación, el polvo queda sujeto a una caída de presión en la etapa 22 para igualar la presión a presiones ambientales. 65 Finalmente, el polvo queda expuesto al entorno ambiente, de esta manera, debido a que el polvo se ha ablandado previamente durante el calentamiento para cerrar los poros, estén los mismos presentes inherentemente o conformados

por contacto con gas presurizado, y se ha endurecido posteriormente durante el enfriamiento para reducir su porosidad y permeabilidad al flujo del gas, el gas presurizado queda atrapado en el interior de los huecos internos del polvo. En una realización, el polvo queda expuesto posteriormente a un medio fluido, tal como, por ejemplo, agua caliente o leche fría, y el gas presurizado es liberado, formándose un producto de bebida o alimenticio con mejores propiedades espumantes.

El método para atrapar gas presurizado en productos de bebida y alimenticios en polvo descrito anteriormente y mostrado en la Fig. 1, permite obtener de forma ventajosa una retención de gas presurizado suficiente en un periodo de tiempo más corto y con un consumo de energía inferior en comparación con los métodos anteriores, ya que el polvo queda expuesto a un aumento y una disminución rápidos de temperatura en vez de a un aumento o disminución gradual de temperatura requerido por los métodos anteriores.

En otra realización, un método de fabricación continua de una composición de partícula espumante a alta presión comprende añadir en primer lugar una partícula en una zona de presurización previa y aumentar la presión hasta 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi) para formar una partícula presurizada eficaz para crear pasos, huecos o una mezcla de los mismos en la partícula. A continuación, la partícula presurizada es transferida a una zona de calentamiento que está separada de la zona de presurización previa. En la zona de calentamiento, que puede funcionar de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi), la partícula se desplaza de forma continua a lo largo de la zona de calentamiento a una velocidad y durante un tiempo eficaces para aumentar la temperatura de la partícula presurizada por encima de su temperatura de transición vítrea a efectos de formar una partícula calentada. A continuación, la partícula calentada realiza una transición continua desde la zona de calentamiento a través de una zona de transición que puede funcionar de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi). A continuación, la partícula calentada se desplaza de la zona de transición a una zona de enfriamiento que está separada de la zona de calentamiento y de la zona de transición. La zona de enfriamiento puede funcionar de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi), desplazándose de forma continua la partícula calentada a través de la zona de enfriamiento a una velocidad y durante un tiempo eficaces para bajar la temperatura de la partícula calentada por debajo de su temperatura de transición vítrea a efectos de formar una partícula enfriada. Una vez enfriada, la partícula es desplazada a una zona de despresurización separada de la zona de enfriamiento para bajar la presión de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi) hasta la presión ambiente para formar una partícula despresurizada y enfriada. En último lugar, la partícula despresurizada y enfriada queda libre con respecto a la zona de despresurización para formar la composición de partícula espumante con gas presurizado atrapado en su interior.

Haciendo referencia en este caso a la Fig. 2, se da a conocer un sistema 100 de retención de gas en estado estable ilustrativo que resulta adecuado para llevar a cabo los métodos descritos anteriormente y que permite atrapar gas presurizado en huecos internos de un polvo de base para formar un polvo alimenticio o de bebida con mejores propiedades espumantes.

De forma general, el sistema 100 de retención de gas incluye un sistema 102 de entrada, una cámara 104 de procesamiento de retención de gas principal y un sistema 106 de salida. En funcionamiento, un polvo de base es suministrado a la entrada 102 y es transferido a la cámara 104 de procesamiento, donde gas presurizado queda atrapado en los huecos internos del polvo. A continuación, el polvo se desplaza a la salida 106, donde el mismo sale y vuelve al entorno exterior. La cámara 104 de procesamiento principal incluye zonas 130 y 132 de calentamiento y de enfriamiento separadas, aunque asociadas, que pueden funcionar a presiones y temperaturas en estado estable. La entrada 102 y la salida 106 precintan sustancialmente la cámara 104 de procesamiento principal con respecto al entorno ambiente, tal como se describe a continuación, de modo que también es posible mantener una presión elevada en estado estable en la cámara de procesamiento principal durante su funcionamiento.

El polvo de base puede incluir polvos con huecos internos en los que el gas presurizado puede quedar atrapado. En una realización, los polvos pueden ser tratados previamente mediante deshidratación por pulverización, liofilización o mediante otros métodos, con burbujas de gas inyectadas en una solución para formar un polvo con huecos internos. Es posible combinar un fluidificante con el polvo de base para obtener mejores características de flujo del polvo a través del sistema 100 de retención de gas a efectos de reducir la aglomeración y el apelmazamiento del polvo. El fluidificante puede ser cualquier agente antiaglomerante adecuado para usar en alimentos, tal como, aunque no de forma limitativa, dióxido de silicio, fosfato tricálcico, aluminosilicato de sodio, carbonato de calcio y mezclas de los mismos.

La entrada 102 y la salida 106 pueden incluir cada una un sistema 108 y 110 de cierre de aire, respectivamente, tal como se muestra en la Fig. 4, para permitir la entrada y la salida de polvo en el sistema y desde el mismo, manteniendo al mismo tiempo una presión generalmente constante en la cámara 104 de procesamiento principal. Según una realización, el sistema 108 de cierre de aire superior incluye unas válvulas 112 y 113 de cierre de aire superior e inferior, estando dispuesta una cámara 114 de contención o suministro de polvo entre las mismas. Las válvulas 112 y 113 de cierre de aire superior e inferior son móviles secuencialmente entre configuraciones abierta y cerrada. En la configuración abierta, las mismas son capaces de permitir el paso de polvo a través de las mismas, aunque al pasar a una configuración cerrada, las válvulas de cierre de aire superior e inferior quedan precintadas de forma sustancialmente hermética para evitar el flujo de gas a través de las mismas. En una realización, la cámara de contención de polvo puede tener un tamaño que oscila de aproximadamente 1 litro a aproximadamente 50 litros. El sistema 102 de entrada también puede incluir sistemas 108 de cierre de aire múltiples para dosificar secuencialmente polvo en la cámara principal 104.

Un suministro de gas presurizado (no mostrado) está conectado a la cámara 114 de contención de polvo a través de una línea o manguera 116 de suministro. De esta manera, el gas presurizado, p. ej., nitrógeno, dióxido de carbono u otro gas inerte que quedará atrapado en el polvo, es suministrado desde el suministro de gas a la cámara 114 de contención de polvo para presurizar previamente el polvo antes de su introducción en la cámara principal 104.

Un escape de gas está dispuesto en comunicación con la cámara 114 de contención de polvo para ventilar el gas presurizado de la misma. En una realización, el gas también sale a través de la línea 116. En una realización, la presión en la cámara 114 de contención de polvo puede ser ventilada lentamente y/o presurizada lentamente de 0,97 a 4998,7 kPa/s (0,14 psi/segundo a 725 psi/segundo), por ejemplo, en un periodo de tiempo de aproximadamente 30 segundos a aproximadamente 120 segundos, para permitir de manera eficaz que los cierres de aire funcionen en ciclo de forma continua cuando la cámara principal 104 funciona de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi). Si la ventilación y/o la presurización se producen demasiado rápido, los cierres de aire no dosificarán de forma adecuada el polvo a la cámara principal, quedarán obstruidos y no funcionarán de manera eficaz en un sistema continuo. En una realización, un filtro 118 adecuado puede estar dispuesto en el sistema de suministro de gas y/o de escape de gas para evitar el flujo de polvo al interior del sistema de suministro/escape.

Con esta configuración, a efectos de influir en la entrada de polvo en la cámara 104 de procesamiento principal presurizada, la válvula superior 112 se desplaza inicialmente a la posición abierta, con la válvula 113 de cierre de aire inferior en posición cerrada, de modo que la presión en el interior de la cámara 114 de contención de polvo es igual a las presiones ambiente. Una cantidad de polvo de base es suministrada a través de la válvula 112 de cierre de aire a la cámara 114 de contención de polvo. La válvula 112 de cierre de aire superior se desplaza a continuación a la posición cerrada. Con las válvulas 112 y 113 de cierre de aire superior e inferior en posición cerrada, el suministro 116 de gas suministra gas presurizado a la cámara 114 de contención de polvo para aumentar la presión en su interior hasta aproximadamente la misma presión que la presión de funcionamiento en el interior de la cámara 104 de procesamiento principal. En una realización, la presión en el interior de la cámara 114 de contención de polvo aumenta hasta aproximadamente entre 137,9 y 21.373,7 kPa (de aproximadamente 20 a aproximadamente 3100 psi). Tal como se explica de forma más detallada a continuación, el sistema 100 puede utilizar gas compartido, usándose el gas presurizado procedente del sistema 106 de salida al ser despresurizado y siendo compartido para presurizar el sistema 102 de entrada, minimizando por lo tanto las pérdidas de gas en el sistema. De forma alternativa, si el sistema 100 incluye múltiples mecanismos 108 de cierre de aire de entrada, es posible compartir el gas entre cada uno de los cierres de aire de entrada, usándose la despresurización de un cierre de aire de entrada para presurizar otro cierre de aire de entrada, etc.

En caso necesario, tal como se ha descrito previamente, el aumento de presión en la cámara 114 de contención de polvo inicia el agrietado de partícula de las partículas de polvo a efectos de crear poros o pasos hacia los huecos internos del polvo, de modo que el gas presurizado pueda penetrar en los huecos internos. En una realización, para resistir las presiones más altas generadas en la cámara 114 de contención de polvo y en la cámara 104 de procesamiento principal a las que quedan sujetas las válvulas, las válvulas 112 y 113 de cierre de aire pueden incluir válvulas de bola u otras válvulas giratorias diseñadas para soportar presiones tan elevadas.

Cuando la presión en la cámara 114 de contención de polvo es aproximadamente igual a la presión en la cámara 104 de procesamiento principal, la válvula 113 de cierre de aire inferior se abre a continuación y el polvo se desplaza al interior de la cámara 104 de procesamiento principal. De esta manera, el sistema 108 de cierre de aire superior permite suministrar el polvo desde el entorno ambiente exterior al interior de la cámara 104 de procesamiento principal presurizada, manteniendo al mismo tiempo una presión elevada de la cámara 104 de procesamiento principal con respecto al entorno ambiente. La válvula 113 de cierre de aire inferior se cierra posteriormente, de modo que es posible suministrar polvo adicional al sistema de la misma manera. A tal fin, el gas presurizado que permanece en el sistema 108 de cierre de aire es expulsado de la cámara 114 de contención de polvo para devolver la presión a un valor aproximadamente igual a la presión ambiente antes de poder añadir polvo adicional. En una realización, el gas presurizado también es expulsado a través de la línea 116. El sistema 108 de cierre también puede incluir un sistema de filtración o filtro 118 para mantener el gas de escape exento de los materiales en forma de partículas incluidos en el sistema 108 de cierre de aire, que de otro modo podrían bloquear el sistema de escape o ser expulsados al entorno externo. En una realización, la cantidad de polvo suministrado a la cámara 114 de contención de polvo debería estar por debajo de la altura de la línea 116 de suministro de gas presurizado y del sistema de escape, de modo que el polvo no interfiera con el flujo de gas de entrada a la cámara 114 de contención y de salida de la misma.

En otra realización, es posible disponer múltiples sistemas de cierre de aire de entrada en paralelo que suministran por separado polvo al interior de la cámara 104 de procesamiento principal. En algunos casos, se ha comprobado que presurizar y evacuar el sistema 108 de cierre de aire tal como se ha descrito anteriormente demasiado rápido puede provocar que el material forme un puente contra la válvula 112 de cierre de aire superior, es decir, que quede comprimido densamente contra la válvula de cierre de aire superior, de modo que el polvo permanezca en la cámara 114 de contención de polvo al abrir la válvula 113 de bloqueo de aire inferior. Si el gas presurizado es expulsado a continuación rápidamente desde la cámara de contención de polvo, el polvo es aspirado a través del escape, donde puede formar obstrucciones en el sistema de escape o ser expulsado al entorno externo. En algunos casos, también puede ser posible la formación de obstrucciones totales en el sistema y, a continuación, cuando el cierre de aire superior se abre, puede producirse una irrupción de presión que interrumpe el flujo de cualquier polvo adicional contenido en su interior. Los sistemas de cierre de aire descritos en la presente memoria evitan o minimizan dichos

problemas. Además, disponer sistemas 108 de cierre de aire múltiples según esta realización alternativa permite el funcionamiento más lento de los sistemas de cierre de aire, de forma específica, permite el escape del gas presurizado de forma más lenta desde la cámara 114 de contención, para limitar la formación de un puente de polvo y la aspiración del polvo, permitiendo obtener al mismo tiempo un suministro adecuado de polvo a la cámara 104 de procesamiento principal para alcanzar unos requisitos de procesamiento y de productividad suficientes. En otra realización, es posible disponer un dispositivo para evitar que el polvo se aglutine o forme un puente en la cámara 114 de contención de polvo, a efectos de romper cualquier puente de polvo que puede producirse. En un ejemplo, un dispositivo vibratorio está montado en la cámara 114 de contención de polvo para romper el polvo y evitar la formación de aglomeraciones o puentes y para desplazar todo el polvo a la cámara de procesamiento principal.

En otra realización, tal como se muestra en la Fig. 3, la entrada 102 también puede incluir una cámara 200 de reserva y un dispositivo 202 de dosificación. La cámara 200 de reserva puede incluir una cámara de contención grande para contener una gran cantidad de polvo bajo presión. En una realización, la cámara de reserva puede estar dimensionada para contener material durante un tiempo de permanencia de 10 minutos y, en algunas realizaciones, puede tener una capacidad de aproximadamente 1 a aproximadamente 150 litros y, en otras realizaciones, puede tener una capacidad de aproximadamente 50 a aproximadamente 130 litros.

En una realización, la cámara de reserva permite contener el polvo bajo la presión elevada durante un tiempo eficaz para provocar un agrietado suficiente del polvo antes de desplazar el polvo a la cámara 104 de procesamiento principal. En la cámara de contención, el producto puede agrietarse en menos de aproximadamente 60 segundos. La cámara 200 de reserva también permite contener una gran cantidad de reserva de polvo en una parte presurizada del sistema 100 antes de la cámara principal 104 para asegurar un suministro adecuado de polvo a la cámara 104 de procesamiento principal si variaciones en la cantidad de polvo suministrado al sistema 108 de cierre de aire hacen que el suministro de polvo resulte insuficiente en cualquier momento del funcionamiento, pudiendo producirse esta situación por diversas razones. Además, si se incorporan múltiples dispositivos 108 de cierre de aire, la cámara 200 de reserva forma una única cámara de contención desde la que el polvo es suministrado a la cámara 104 de procesamiento principal para asegurar que una cantidad consistente de polvo es suministrada de forma continua a la cámara 104 de procesamiento principal. En esta realización opcional, cada uno de los múltiples cierres de aire puede suministrar polvo a la cámara 200 de reserva.

Tal como se ha mencionado, la entrada también puede incluir un dispositivo 202 de dosificación debajo de la cámara 200 de reserva, tal como se muestra en la Fig. 3. En una realización, el dispositivo 202 de dosificación puede ser un dispositivo que tiene un husillo u otro mecanismo 204 de transporte dispuesto en el interior de un tubo hueco 206 que funciona a las presiones elevadas de la cámara principal. El husillo o mecanismo 204 de transporte es accionado por un motor 208 adecuado e incluye roscas u otros dispositivos para desplazar o para accionar el polvo a lo largo de la cámara interior 210 del tubo hueco 206. El dispositivo 202 de dosificación asegura que se dosifica un volumen de polvo regulado y consistente en la cámara de procesamiento principal de forma continua. El dispositivo de dosificación puede ser accionado mediante un motor de accionamiento de velocidad variable, siendo posible modificar el caudal de polvo manual o automáticamente de forma continua.

La cámara 104 de procesamiento principal incluye zonas 130 y 132 de calentamiento y de enfriamiento de alta presión, separadas pero asociadas. En una realización, la zona 130 de calentamiento se calienta hasta una temperatura por encima de la T_g del polvo antes del funcionamiento del sistema y de la introducción del polvo en la zona 130 de calentamiento, manteniéndose esta temperatura de calentamiento en condiciones de estado estable durante el funcionamiento. De forma similar, tal como se describe a continuación, la zona 132 de enfriamiento se ajusta a una temperatura de enfriamiento antes del funcionamiento o de la introducción del polvo, manteniéndose a la temperatura de enfriamiento en condiciones de estado estable. De esta manera, las zonas 130 y 132 de calentamiento y de enfriamiento separadas pueden ajustarse a temperaturas de funcionamiento en estado estable y pueden mantener esas temperaturas durante el funcionamiento del sistema 100 de retención de gas, en vez de tener que calentar gradualmente y enfriar gradualmente a continuación un único recipiente durante el proceso de presurización, tal como resultaba necesario en los métodos anteriores.

La cámara 104 de procesamiento principal también incluye un suministro de gas presurizado para suministrar gas presurizado al interior de la cámara de procesamiento principal que quedará atrapado en los huecos internos del polvo. El gas puede ser suministrado a la cámara de procesamiento principal a través de la manguera 133 o línea de suministro. En una realización, la zona 130 de calentamiento y la zona 132 de enfriamiento están comunicadas entre sí, por ejemplo, a través de la zona 160 de transición, de modo que un único suministro de presión puede suministrar gas presurizado a la zona 130 de calentamiento y a la zona 132 de enfriamiento. De esta manera, el consumo de gas presurizado puede ser compartido entre la zona 130 de calentamiento y la zona 132 de enfriamiento, siendo posible mantener una presión en estado estable en la zona 130 de calentamiento y en la zona 132 de enfriamiento de modo que la cámara 104 de procesamiento principal no debe ser despresurizada y represurizada durante el funcionamiento, reduciéndose la cantidad de gas presurizado durante el funcionamiento. En una realización, la línea 133 de gas presurizado está dispuesta en el extremo de la zona 132 de enfriamiento.

La zona 160 de transición está asociada y también funciona para formar dos zonas de temperatura distinta a efectos de limitar y, en algunos casos, evitar la migración térmica entre las zonas. La zona de transición puede ser una separación física, tal como una válvula, una junta, una pared o similares, o la zona de transición puede ser una zona

de caída en la que la zona de calentamiento está colocada por encima de la zona de enfriamiento, donde el material en forma de partículas debe caer por gravedad a través de un paso abierto para pasar de una zona a la otra.

Se ha comprobado que, por diversas razones, al incluir el gradiente de temperatura formado entre las zonas 130 y 132 de calentamiento y de enfriamiento, es posible la formación de humedad en la cámara de procesamiento principal, provocando la aglomeración y la adhesión del polvo en el interior de la cámara. Por lo tanto, en una realización, un escape 135 de gas presurizado puede estar dispuesto en la entrada de la zona 130 de calentamiento para obtener un flujo de gas a través de la cámara de procesamiento principal a efectos de eliminar la acumulación de humedad. En otra realización, es posible suministrar gas presurizado por separado a la zona 130 de calentamiento y a la zona 132 de enfriamiento, y la zona 130 de calentamiento y la zona 132 de enfriamiento pueden ser precintadas de forma general entre sí para evitar el flujo de gas presurizado entre las mismas. La presión en el interior de las zonas 130 y 132 de calentamiento y de enfriamiento es eficaz para obtener y mantener un agrietado de partículas del polvo para la entrada de gas presurizado en los huecos internos del polvo. En una realización, la presión de funcionamiento en estado estable en el interior de las zonas 130 y 132 de calentamiento y de enfriamiento es de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi), tal como se ha mencionado anteriormente.

De forma general, la zona 130 de calentamiento incluye una cámara alargada a temperaturas y presiones elevadas, desplazándose el polvo a través de la misma. En una realización, la zona 130 de calentamiento incluye un tubo o conducto 134 hueco alargado con un husillo o sinfín 136 montado de forma giratoria en su interior para desplazar el polvo a través de la zona 130 de calentamiento. El tubo hueco 134 puede estar formado por un material conductor de calor, tal como un material metálico, y un elemento de calentamiento resistivo, p. ej., una camisa de calentamiento, u otros dispositivos de calentamiento adecuados, siendo posible su disposición alrededor de la superficie exterior del tubo alargado para calentar el tubo a lo largo de su longitud hasta la temperatura de calentamiento. De esta manera, el calor es conducido a la superficie interior del tubo alargado para calentar el polvo que se desplaza a través del mismo. Un sistema de control, que incluye un sistema de detector de temperatura (no mostrado), puede estar dispuesto para detectar la temperatura en el interior del tubo hueco 134 y mantener la temperatura en el tubo calentado a la temperatura de calentamiento. De esta manera, la zona 130 de calentamiento puede mantenerse a una temperatura de calentamiento en estado estable por encima de la T_g del polvo cuando el polvo es desplazado al interior de la zona 130 de calentamiento y a través de la misma para obtener un aumento rápido de la temperatura del polvo por encima de la T_g . De esta manera, en una realización, la temperatura del polvo puede ser monitorizada y controlada por encima de la T_g . En una realización, la zona de calentamiento se calienta y mantiene a una temperatura en estado estable entre aproximadamente 90 y aproximadamente 150 °C. En otras realizaciones, el proceso puede llevarse a cabo a temperatura ambiente.

El husillo alargado 136 está alojado en el tubo hueco 134 e incluye un eje alargado con una rosca externa conformada alrededor del mismo, de modo que el giro del husillo provoca que las roscas desplacen el polvo a través del tubo hueco 134 a una velocidad de polvo. En una realización, las roscas 138 están dimensionadas para que el husillo 136 encaje de forma relativamente ajustada en el interior del tubo hueco 134, de modo que el juego existente con la pared interior del tubo sea reducido. Por lo tanto, con las roscas 138 situadas de forma ajustada y adyacentes con respecto a las paredes del tubo, las roscas evitan que el polvo se adhiera a las paredes del tubo, ya que el mismo es desplazado de forma continua a través del tubo hueco 134 y no se acumula a lo largo de las superficies interiores del tubo, provocando de otro modo obstrucciones y una adherencia en última instancia al husillo 136. En una realización, también es posible montar en el eje palas, deflectores y/o rascadores ajustables (no mostrados) a efectos de obtener una mezcla y una agitación adicionales del polvo en el interior del tubo hueco 134 y un raspado y retirada de cualquier acumulación de polvo a lo largo de la superficie interior del tubo. A tal fin, el polvo puede experimentar una velocidad axial y radial cuando es empujado a través de la zona de calentamiento. Esto permite reducir la cantidad de aglomeración del polvo en la zona 130 de calentamiento, raspar el polvo que puede fundirse o endurecerse en la superficie interior del tubo hueco y remover el polvo para obtener una distribución de calor más uniforme en el mismo cuando se desplaza a través de la zona 130 de calentamiento.

El husillo 136 de calentamiento puede ser accionado de forma giratoria por un motor 150 adecuado colocado en uno de sus extremos para desplazar el polvo a través de la zona 130 de calentamiento. En una realización, para evitar la aglomeración del polvo y su adherencia al husillo, el polvo es dosificado en la cámara de calentamiento y se desplaza a través de la misma a una velocidad eficaz para mantener el polvo a un nivel por debajo de aproximadamente la mitad de la altura del centro hueco del tubo hueco 134. El motor 150 puede ser un motor de velocidad variable que es controlable para accionar el husillo 136 a velocidades de giro variables a efectos de modificar el caudal del polvo a través de la zona 130 de calentamiento. De esta manera, el tiempo de permanencia durante el que el polvo permanece en la zona 130 de calentamiento y, por lo tanto, es calentado por encima de la T_g , puede controlarse de forma precisa basándose en la longitud de la zona de calentamiento y en la velocidad a la que el husillo 136 desplaza el polvo a través de la zona 130 de calentamiento.

La geometría del husillo 136 también puede afectar a la velocidad del polvo a través de la zona 130 de calentamiento. Se ha comprobado que aumentar el tiempo de permanencia del polvo en la zona de calentamiento por encima de un umbral determinado no permite obtener una retención de gas adicional en el polvo. Por lo tanto, controlar la velocidad del motor 150 permite al usuario seleccionar el tiempo de permanencia para obtener una retención de gas suficiente en el polvo, minimizando al mismo tiempo el tiempo de permanencia en la zona de

calentamiento y aumentando de este modo la productividad del sistema 100. El tiempo de permanencia dependerá de varios parámetros, incluyendo, aunque no de forma limitativa, el tipo de polvo, la temperatura en la cámara de calentamiento y el nivel de humedad del polvo. En una realización, el tiempo de permanencia en la zona 130 de calentamiento es entre aproximadamente 1 minuto y 80 minutos, en otra realización, de aproximadamente 1 a aproximadamente 40 minutos, y en otra realización, de aproximadamente 6 a aproximadamente 20 minutos.

Además, debido a que la zona 130 de calentamiento se mantiene a una temperatura de calentamiento en estado estable, cuando el polvo es suministrado desde la cámara 114 de contención de polvo a la zona 130 de calentamiento, la temperatura a la que queda expuesto el polvo aumenta rápidamente cuando el polvo se desplaza desde la cámara 114 de contención, de forma general a temperaturas ambiente, a la zona de calentamiento, manteniéndose a la temperatura de calentamiento en estado estable, a este respecto, no es necesario tiempo adicional para calentar previamente la zona 130 de calentamiento hasta la temperatura de calentamiento, tal como resultaba necesario en los métodos anteriores. En una realización, tal como se ha mencionado anteriormente, el cambio de temperatura al que queda expuesto el polvo durante su desplazamiento desde la cámara 114 de contención de polvo hasta la zona 130 de calentamiento es entre aproximadamente 30 °C/s y 300 °C/s. En otra realización, es posible incluir un dispositivo de calentamiento en el husillo 136 para suministrar calor adicional al polvo a través del husillo a efectos de obtener tiempos de calentamiento más rápidos del mismo. Además, el hecho de incluir un dispositivo de calentamiento en el husillo 136 permite obtener un calentamiento más uniforme del polvo disponiendo superficies de calentamiento conductoras adicionales en contacto con el polvo.

La entrada de calor necesaria para los sistemas continuos de la presente memoria es de aproximadamente el 50 a aproximadamente el 80 por ciento inferior con respecto a la de un sistema por lotes. En una realización, la entrada de calor es el calor necesario para calentar el polvo más el calor necesario para calentar el equipo más el calor necesario para calentar el gas durante el funcionamiento y el inicio y cualquier pérdida de calor. En algunas realizaciones, la entrada de calor por kilogramo de polvo es de aproximadamente 200 a aproximadamente 400 kJ/kg de polvo. Esto puede variar dependiendo del polvo y de la aplicación.

Después de pasar a través de la zona 130 de calentamiento, el polvo se desplaza a través de la zona 160 de transición al interior de la zona 132 de enfriamiento. En una realización, mostrada en la Fig. 2, la zona 132 de enfriamiento está colocada verticalmente por debajo de la zona 130 de calentamiento. En esta realización, la zona 160 de transición puede incluir un tubo hueco 162 comunicado con la zona 130 de calentamiento y con la zona 132 de enfriamiento. El tubo hueco 162 está orientado verticalmente, de modo que, cuando el polvo se desplaza hasta el extremo de la zona 130 de calentamiento, el mismo cae por la fuerza de la gravedad a través del tubo hueco 162 directamente a la zona 132 de enfriamiento. En algunos casos, el tiempo necesario para que la partícula caiga desde la zona de calentamiento superior a la zona de enfriamiento inferior puede ser de aproximadamente 2 segundos o inferior y, en otros casos, de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 1 segundo.

Además, debido a que el tubo hueco 162 mantiene las zonas 130 y 132 de calentamiento y de enfriamiento comunicadas entre sí, la única fuente 135 de gas presurizado permite suministrar gas presurizado a las zonas 130 y 132 de calentamiento y de enfriamiento, tal como se ha mencionado anteriormente, a efectos de reducir el consumo general de gas presurizado y reducir al mínimo presurizar y despresurizar la cámara de procesamiento principal.

En otra realización, tal como se muestra en la Fig. 2, una válvula giratoria 214 situada sobre el dispositivo de transición puede estar colocada opcionalmente en el área 160 de transición entre la zona 130 de calentamiento y la zona 132 de enfriamiento. Es posible incluir la válvula giratoria 214 para asegurar que se produce una transferencia de polvo regular entre las secciones y una manipulación homogénea del polvo. La válvula giratoria actúa como una separación física entre la zona de calentamiento y la zona de enfriamiento para reducir de forma adicional la cantidad de transferencia de calor entre esas dos zonas. La válvula giratoria está incluida en la zona 160 de transición; la válvula puede calentarse para evitar que se produzca condensación en la transición debido a un perfil de temperatura brusco entre las zonas de calentamiento y de enfriamiento, lo que daría como resultado la formación de un puente de polvo y el bloqueo del polvo en este punto. La válvula giratoria 214 también puede estar incluida en el extremo de la zona 130 de calentamiento para realizar una transición a la zona de transición.

El polvo se desplaza a través de la zona 160 de transición a la zona 132 de enfriamiento. La zona 132 de enfriamiento está configurada de forma similar a la zona 130 de calentamiento descrita anteriormente y, de forma general, incluye una cámara alargada que se mantiene a una temperatura de enfriamiento y a través de la que se desplaza el polvo. En una realización, mostrada en la Fig. 2, la zona 130 de enfriamiento incluye un tubo 170 hueco alargado con un husillo o sinfin alargado 172 montado en el mismo para moverse de forma giratoria, tal como se ha descrito anteriormente haciendo referencia al husillo 136 de la zona de calentamiento. Un motor 174 está configurado para accionar de forma giratoria el husillo 172, a efectos de desplazar el polvo a través de la zona de enfriamiento, tal como se ha descrito anteriormente haciendo referencia al husillo 136 de calentamiento. En otras realizaciones, es posible usar otros medios de transporte o transportadores para desplazar el polvo.

Es posible enfriar la zona de enfriamiento haciendo circular agua de enfriamiento u otro refrigerante a lo largo de la superficie exterior del tubo hueco 170. De esta manera, tal como se ha descrito anteriormente haciendo referencia a la zona 130 de calentamiento, la zona 132 de enfriamiento puede mantenerse a una temperatura de enfriamiento en estado

estable por debajo de la temperatura T_g de transición vítrea del polvo. Cuando el polvo se desplaza a través de la zona 132 de enfriamiento, el mismo se enfría a través de enfriamiento por conducción por contacto con la superficie interior del tubo hueco 170. A tal fin, el tubo hueco puede estar formado por un material conductor de calor, por ejemplo, metal u otro material, a efectos de maximizar la transferencia de calor desde el polvo y su enfriamiento por debajo de la T_g del polvo.

En una realización, la zona de enfriamiento se mantiene a una temperatura en estado estable de entre aproximadamente 5 y 20 °C. Tal como se ha mencionado anteriormente, la zona de enfriamiento se mantiene a una presión de funcionamiento elevada. La presión de funcionamiento puede ser la presión de funcionamiento de la zona 130 de calentamiento o puede estar próxima a la misma. Mantener la presión de funcionamiento de la zona 132 de enfriamiento a la presión de funcionamiento elevada permite endurecer el polvo en la zona 132 de enfriamiento antes de quedar expuesto a presiones inferiores para disminuir la permeabilidad del polvo, de modo que el gas permanece atrapado en los huecos internos del polvo a una presión elevada cuando la presión se reduce finalmente.

El tiempo de permanencia en la zona de enfriamiento es eficaz para obtener un endurecimiento de las partículas de polvo suficiente para evitar la expansión de la partícula al quedar expuesta a una caída de presión posterior, eficaz para evitar el escape de gas presurizado de los huecos internos. El tiempo de permanencia del polvo en la zona de enfriamiento puede ser más corto que el tiempo de permanencia en la cámara 130 de calentamiento, ya que el riesgo de aglomeración o adhesión del polvo en la cámara de enfriamiento es menor. En una realización, el polvo se enfría lo más rápidamente posible en la cámara 132 de enfriamiento por debajo de la T_g del polvo para endurecer el polvo y, por lo tanto, el mismo tiene un tiempo de permanencia relativamente corto, aumentando la productividad del sistema 100 de retención de gas. En una realización, el tiempo de permanencia que el polvo permanece en la zona 132 de enfriamiento es entre aproximadamente 1 minuto y 10 minutos.

Aunque, tal como se muestra en la Fig. 2, la zona 132 de enfriamiento está colocada por debajo de la zona 130 de calentamiento, en la presente memoria se contemplan otras configuraciones de la zona 130 de calentamiento y de la zona 132 de enfriamiento entre sí. Por ejemplo, las zonas de calentamiento y de enfriamiento pueden incluir un único tubo hueco alargado con un único husillo giratorio alargado que se extiende a través de ambas zonas para desplazar el polvo a través de las mismas. En esta realización, es posible conformar zonas de calentamiento y de enfriamiento separadas a lo largo del mismo tubo hueco único en una disposición longitudinal calentando una parte del tubo hueco situada corriente arriba y enfriando una parte del tubo hueco situada corriente abajo de las maneras descritas previamente. No obstante, la configuración mostrada en la Fig. 2 puede resultar ventajosa, ya que la separación entre las zonas 132 y 130 de enfriamiento y de calentamiento reduce la transferencia de calor entre las zonas de calentamiento y de enfriamiento. No obstante, las zonas de calentamiento y de enfriamiento separadas pueden resultar ventajosas, ya que las mismas permiten evitar la formación de un gradiente de temperatura grande entre las mismas que, de otro modo, podría crear tensiones térmicas y tensiones en el material del tubo.

La entrada de enfriamiento necesaria para los sistemas continuos de la presente memoria es también de aproximadamente el 50 a aproximadamente el 80 por ciento inferior a la de un sistema por lotes. En una realización, la entrada de enfriamiento es la energía necesaria para enfriar el polvo más el enfriamiento necesario para enfriar el equipo más el enfriamiento necesario para enfriar el gas durante el funcionamiento y el inicio y cualquier pérdida de calor. En algunas realizaciones, la entrada de enfriamiento por kilogramo de polvo es de aproximadamente 200 a aproximadamente 350 kJ/kg de polvo. Esto puede variar dependiendo del polvo y de la aplicación.

Después de alcanzar el extremo de la zona 132 de enfriamiento, el polvo se desplaza hacia la salida 106. La salida puede incluir un sistema 110 de cierre de aire inferior similar en su estructura al sistema 108 de cierre de aire superior descrito anteriormente. El sistema 110 de cierre de aire inferior, tal como se muestra en la Fig. 2, incluye válvulas 180 y 182 de cierre de aire superior e inferior y una cámara 184 de contención de polvo colocada entre las mismas. Durante la transición del polvo de la zona 132 de enfriamiento a la salida 106, las válvulas 180 y 182 de cierre de aire superior e inferior están situadas inicialmente en una posición cerrada. Con las válvulas en posición cerrada, el suministro de gas puede suministrar gas presurizado a la cámara 184 de contención de polvo a través de un tubo 186 de suministro de gas para aumentar la presión en la cámara 184 de contención de polvo hasta una presión aproximadamente igual a la presión en el interior de la cámara 104 de procesamiento principal. La válvula 180 de cierre de aire superior se abre a continuación para permitir el paso del polvo a través de la misma hacia la cámara 184 de contención de polvo. A continuación, la válvula de cierre de aire se cierra y el gas presurizado en el interior de la cámara 184 de contención de polvo se escapa a través del tubo 186 de suministro de gas hasta que la presión en el interior de la cámara 184 es aproximadamente igual a la presión ambiente (tal como se menciona a continuación, el escape o ventilación de la cámara 184 puede estar conectado al sistema de cierre de aire de entrada o compartir gas con el mismo). Del mismo modo que el dispositivo 108 de cierre de aire superior, el dispositivo de cierre de aire inferior puede incluir un filtro 187 para limitar el flujo de polvo desde la cámara 184 de contención de polvo a través de la línea 186 de suministro. A continuación, la válvula 182 de cierre de aire inferior se abre para permitir que el polvo salga de la cámara 184 de contención de polvo y entre en el entorno externo, donde puede ser recogido para su envasado o procesamiento adicional.

En una realización, mostrada en la Fig. 5, se muestra una disposición para compartir gas presurizado dispuesta entre los cierres 108 y 110 de aire de entrada y de salida, de modo que el gas presurizado puede ser compartido entre los sistemas de cierre de aire superior e inferior para conservar el gas presurizado y reducir la cantidad de consumo de gas

presurizado necesaria durante el funcionamiento. En una primera etapa, con el dispositivo 108 de cierre de aire superior a presión ambiente y el dispositivo 110 de cierre de aire inferior a una presión de funcionamiento, se suministra polvo nuevo al sistema 108 de cierre de aire superior y se transfiere polvo procesado con gas presurizado atrapado desde la cámara 104 de procesamiento principal al sistema 110 de cierre de aire inferior, tal como se muestra en la etapa 250. A continuación, la presión entre los sistemas 108 y 110 de cierre de aire superior e inferior se iguala en la etapa 252 ventilando el gas del sistema 110 de cierre de aire inferior al sistema 108 de cierre de aire superior. A continuación, el sistema 110 de cierre de aire superior se presuriza hasta presiones de funcionamiento y el sistema de cierre de aire inferior es ventilado hasta aproximadamente la presión ambiente en la etapa 254. A continuación, el polvo del dispositivo 108 de cierre de aire superior es suministrado a la cámara 104 de procesamiento principal y el polvo en el sistema 110 de cierre de aire inferior es liberado al entorno externo en la etapa 256.

Las presiones en los dos sistemas 108 y 110 se igualan nuevamente en la etapa 258 ventilando el gas presurizado del sistema 108 de cierre de aire superior al sistema 110 de cierre de aire inferior. A continuación, el sistema 108 de cierre de aire superior es ventilado para volver a aproximadamente presiones ambiente y el sistema 110 de cierre de aire inferior es presurizado hasta aproximadamente presiones de funcionamiento en la etapa 260. Con los sistemas superior e inferior en el mismo estado presurizado que en la etapa inicial 250, el proceso puede repetirse y es posible suministrar polvo adicional al sistema 108 de cierre de aire superior y desde la cámara 104 de procesamiento principal al sistema 108 de cierre de aire inferior. Esta manera secuencial de compartir el gas abriendo y cerrando los cierres de aire de entrada y de salida sigue repitiéndose durante todo el proceso.

De esta manera, se realiza una sincronización de los instantes en que el polvo es suministrado al sistema 108 de cierre de aire superior y desde el sistema 110 de cierre de aire inferior, conjuntamente con la presurización y la despresurización de los sistemas de cierre de aire superior e inferior, de modo que el gas presurizado puede ser compartido entre los sistemas de cierre de aire superior e inferior. En otra realización, si se usan en paralelo múltiples sistemas 108 de cierre de aire superior o sistemas 110 de cierre de aire inferior, tal como se ha descrito anteriormente, es posible sincronizarlos de forma similar a la sincronización entre los sistemas de cierre de aire superior e inferior descrita anteriormente, de modo que es posible ventilar el gas presurizado entre los mismos. De esta manera, el gas presurizado puede ser reciclado para reducir el consumo de gas presurizado necesario para el funcionamiento del sistema 100 de retención de gas, obteniéndose ahorros de costes y ventajas medioambientales.

En otra realización, la zona 130 de calentamiento o la zona 132 de enfriamiento, o ambas, pueden tener un control de temperatura por zonas para obtener una temperatura continua o variable a lo largo de la zona de calentamiento. A tal fin, la zona 130 de calentamiento puede incluir una pluralidad de dispositivos de calentamiento dispuestos a lo largo de su longitud. Los dispositivos de calentamiento pueden controlarse de forma individual para evitar variaciones de temperatura a lo largo de la longitud de la zona 130 de calentamiento, que de otro modo se producirían en un dispositivo de calentamiento único alargado. De forma similar, la zona de enfriamiento puede incluir una pluralidad de dispositivos enfriadores colocados a lo largo de la longitud de la zona 132 de enfriamiento, que pueden ser controlados por separado para evitar variaciones de temperatura. De forma alternativa, si una pluralidad de zonas de calentamiento o zonas de enfriamiento están dispuestas en la zona 130 de calentamiento o en la zona 132 de enfriamiento, es posible formar un perfil de temperatura específico a lo largo de sus longitudes para maximizar el calentamiento y el enfriamiento del polvo mientras el mismo se desplaza a través de las mismas.

Los anteriores métodos y sistemas pueden usarse para formar composiciones espumantes de polvos, gránulos y/o material en forma de partículas que contienen gas a alta presión, tal como se describe de forma más detallada en las patentes US-7.534.461; US-7.713.565; US-7.736.683; US-6.168.819; y US-5.721.003; y WO 2006/023565.

En un aspecto, se da a conocer un método de fabricación continua de una composición de partícula espumante a alta presión. El método comprende: añadir una partícula en una zona de presurización previa y aumentar la presión hasta 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi) para formar una partícula presurizada eficaz para crear uno de los pasos, huecos o una mezcla de los mismos en la partícula; transferir la partícula presurizada a una zona de calentamiento separada de la zona de presurización previa, funcionando la zona de calentamiento de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi), y desplazar de forma continua la partícula presurizada a lo largo de la zona de calentamiento a una velocidad y durante un tiempo eficaces para aumentar la temperatura de la partícula presurizada por encima de su temperatura de transición vítrea para formar una partícula calentada; realizar una transición continua de la partícula calentada desde la zona de calentamiento a través de una zona de transición que funciona de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi); transferir la partícula calentada de la zona de transición a una zona de enfriamiento, separada de la zona de calentamiento y de la zona de transición, funcionando la zona de enfriamiento de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi), y desplazar de forma continua la partícula calentada a través de la zona de enfriamiento a una velocidad y durante un tiempo eficaces para bajar la temperatura de la partícula calentada por debajo de su temperatura de transición vítrea para formar una partícula enfriada; desplazar la partícula enfriada a una zona de despresurización separada de la zona de enfriamiento para bajar la presión de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi) hasta la presión ambiente para formar una partícula despresurizada y enfriada; y liberar la partícula despresurizada y enfriada con respecto a la zona de despresurización para formar la composición de partícula espumante con gas presurizado atrapado en su interior.

En el método, transferir la partícula presurizada a la zona de calentamiento también puede exponer la partícula presurizada a una velocidad de diferencial térmico de aproximadamente 30 °C/segundo a aproximadamente 300 °C/segundo entre la zona de presurización previa y la zona de calentamiento.

5 En el método, transferir la partícula calentada de la zona de calentamiento a la zona de enfriamiento también puede exponer la partícula calentada a una velocidad de diferencial térmico de -30 °C/segundo a -300 °C/segundo entre la zona de calentamiento y la zona de enfriamiento.

10 En el método, la zona de transición entre la zona de calentamiento y la zona de enfriamiento también puede incluir una zona de caída libre en la que la partícula calentada cae por gravedad entre la zona de calentamiento y la zona de enfriamiento.

15 En el método, la zona de presurización previa también puede estar en comunicación de gases con la zona de despresurización, de modo que se comparte gas entre las mismas, utilizándose gas de la zona de despresurización para presurizar la zona de presurización previa, de modo que la despresurización se sincroniza con la presurización previa.

En el método, la zona presurizada previamente también puede presurizarse con gas de la zona de despresurización a una velocidad de 0,97 a 4998,7 kPa/s (0,14 psi/segundo a aproximadamente 725 psi/segundo).

20 En el método, también puede producirse una ventilación de la zona de presurización previa o de la zona de despresurización, o de más de una de las mismas, durante sobre aproximadamente 30 segundos a aproximadamente 120 segundos.

25 En el método, la zona de presurización previa también puede incluir cierres de aire en una entrada y en una salida de la misma y una cámara de suministro de partículas asociada a una presión de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi), estando dimensionada la cámara de suministro de partículas para contener una cantidad de partículas durante la presurización previa eficaz para que la zona de calentamiento tenga un suministro continuo de partículas en la misma.

30 En el método, el cierre de aire en la entrada a la zona de presurización previa también puede estar configurado para funcionar secuencialmente con el cierre de aire en la salida de la zona de presurización previa.

En el método, la cámara de suministro de partículas también puede tener una capacidad dimensionada para contener partículas durante un tiempo de permanencia de aproximadamente 5 minutos a 15 minutos.

35 La cámara de suministro de partículas también puede tener una capacidad de aproximadamente 1 a aproximadamente 150 litros.

40 En el método, la zona de despresurización también puede incluir cierres de aire en una entrada y en una salida de la misma, estando dimensionada la cámara de suministro de partículas situada entre los mismos para contener una cantidad de partículas durante la despresurización.

En el método, cada uno de los cierres de aire también puede ser una válvula giratoria configurada para resistir presiones de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi).

45 El método puede comprender además más de un cierre de aire en la entrada o en la salida de la zona de presurización previa o de la zona de despresurización eficaces para mantener el funcionamiento continuo de las zonas de calentamiento y de enfriamiento.

50 El método puede comprender además un dispositivo de dosificación de funcionamiento continuo entre la salida de la zona de presurización previa y una entrada a la zona de calentamiento.

En el método, la entrada de calor total por kg de partícula en la zona de calentamiento también puede ser de aproximadamente 200 a aproximadamente 400 KJ/Kg.

55 En el método, el tiempo de permanencia en la zona de calentamiento también puede ser de aproximadamente 1 a aproximadamente 40 minutos y, preferiblemente, de aproximadamente 6 a aproximadamente 20 minutos.

60 En el método, la relación entre el tiempo de permanencia en la zona de calentamiento y el de la zona de enfriamiento también puede ser de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 13, preferiblemente, de aproximadamente 1,2 a aproximadamente 6, y más preferiblemente de aproximadamente 1,2 a aproximadamente 4.

65 Las ventajas y realizaciones de los sistemas y métodos descritos en la presente memoria se describen de forma más detallada en los siguientes ejemplos. No obstante, las condiciones, diagramas de procesamiento, materiales y cantidades específicos mencionados en estos ejemplos, así como otras condiciones y detalles, no se considerarán innecesariamente limitativos de este método. Todos los porcentajes son en peso, salvo que se indique lo contrario.

Ejemplos

5 Cada uno de los siguientes ejemplos se llevó a cabo usando un prototipo de sistema de retención de gas como el descrito anteriormente, con tubos de 5,08 cm (dos pulgadas) de diámetro con zonas de calentamiento y de enfriamiento separadas de 1,52 metros (cinco pies) de largo que contienen sinfines con tolerancias mínimas para desplazar el polvo. Como gas presurizado se usó gas de nitrógeno presurizado procedente de cilindros. Los resultados generales de los ejemplos se muestran en la siguiente Tabla 1, y los detalles adicionales de los ejemplos individuales se muestran a continuación. El contenido de gas atrapado de cada polvo procesado se midió haciendo contactar aproximadamente 3 gramos del polvo procesado con aproximadamente 50 ml de agua de grifo a temperatura ambiente en un aparato Chittick de vidrio dosificado, registrando el desplazamiento volumétrico resultante de la bureta de referencia Chittick llena de agua a presión atmosférica para obtener el volumen de gas liberado por el polvo, dividiendo a continuación el volumen (ml) de gas liberado por el peso del polvo (g) para expresar el contenido de gas atrapado en unidades de ml/g.

15 Tabla 1

	Polvo de base	Estatus	Retención de gas elevada	Aspecto Polvo Procesado	Problemas Procesamiento
A	SD con fluidificante	Retención de gas elevada, la calidad cumplió o superó niveles de objetivo	Sí objetivo 10-15 ml/g, hasta aproximadamente 12 ml/g conseguido	Bueno	Ninguno
B	SD sin fluidificante	Retención de gas elevada, dificultades aglomeración	Sí objetivo 10-15 ml/g, aproximadamente 11 ml/g conseguido	Ok	Algunos
C	FD con fluidificante	Retención de gas elevada, algo de adherencia en unidad	Sí Aproximadamente 9 ml/ g conseguido	Bueno	Algunos
D	Carb con fluidificante	Retención de gas elevada, aglomeración	Sí Aproximadamente 19 ml/g conseguido	Ok	Algunos

SD = Polvo de café deshidratado por pulverización

FD = Polvo de café liofilizado

Carb = Polvo de carbohidrato que incluye maltodextrina y almidón modificado

20 Ejemplo 1

Se usó un polvo de café deshidratado por pulverización ("SD") que incluía partículas con huecos internos como el polvo de base, tal como se muestra de forma general en la fila A de la Tabla 1. El polvo de café presentaba un contenido de humedad reducido (por debajo de aproximadamente 2% en masa). El polvo de café se mezcló con aproximadamente 4,5% de SiO₂ en masa para actuar como fluidificante durante el proceso. Un sistema continuo como el descrito en la presente memoria se presurizó con gas de nitrógeno presurizado hasta aproximadamente 5 MPa (50 bar), dejando que alcanzase un estado estable.

30 En este ejemplo, se usó un tiempo de permanencia de aproximadamente 6,5 minutos con aproximadamente 3,25 minutos en la zona caliente y aproximadamente 3,25 minutos en la zona fría con varias temperaturas de pared para determinar cuánto gas podría quedar atrapado en el polvo de café. Las velocidades del husillo en la zona de calentamiento y en la zona de enfriamiento fueron de aproximadamente 10 RPM en cada caso. Los resultados se muestran en el gráfico de la Fig. 6. Se comprobó que a una temperatura de pared de aproximadamente 125 °C sería posible atrapar por encima de aproximadamente 10 ml de gas presurizado (a temperatura ambiente) por gramo de polvo de café. Cuando el polvo salió del sistema, se escucharon sonidos audibles de estallido y de agrietado cuando algunas partículas que comprendían el polvo de café procesado explotaban por la fuerza de la caída de presión. Esto es un fenómeno habitual en la práctica de estos métodos y de los métodos por lotes de la técnica anterior. El polvo emitió gas y formó una capa de espuma al ser reconstituido en agua caliente.

40 También se comprobó que, durante este experimento, con tiempos de permanencia por encima de aproximadamente 6,5 minutos, a las temperaturas más altas (por encima de aproximadamente 120 °C) se producía una aglomeración de polvo significativa. En este ejemplo, con temperaturas de funcionamiento por encima de aproximadamente 130 °C, el polvo de café se fundió y no atrapó gas de forma eficaz debido a la pérdida de huecos internos provocada por la fusión.

De hecho, por encima de aproximadamente 130 °C, el polvo de café se fundió en las paredes del dispositivo y se adhirió al sinfín en la zona de calentamiento. En todos los casos, se usaron temperaturas por encima de la Tg (aproximadamente 50 °C) del polvo de café, pero realizar un calentamiento hasta temperaturas demasiado por encima de la Tg provocó la fusión o la fusión parcial de las partículas de café y redujo la cantidad de gas que podía quedar atrapado. No fue necesario ningún tiempo para realizar un ciclo entre las condiciones del recipiente, tal como resulta necesario en los procesos por lotes de la técnica anterior, ya que el sistema estaba configurado para obtener zonas de calentamiento y de enfriamiento separadas. El polvo de café simplemente circuló a través del sistema y quedó sujeto al ciclo de temperatura mientras el sistema permanecía en estado estable.

10 Ejemplo 2

Se usó un polvo de café deshidratado por pulverización (“SD”) que incluía partículas con huecos internos como el polvo de base y procesado con el prototipo de sistema descrito en la presente memoria, tal como se muestra también de forma general en la fila A de la Tabla 1. El polvo de café tenía un contenido de humedad reducido (por debajo de aproximadamente el 3% en masa) y una Tg de aproximadamente 50 °C. El polvo de café se mezcló con aproximadamente 4,5% de SiO₂ en masa para actuar como un fluidificante durante el proceso. El sistema se presurizó con gas de nitrógeno presurizado hasta aproximadamente 6 MPa (60 bar), dejando que alcanzase un estado estable. Se comprobó que una temperatura de pared de aproximadamente 105 °C minimizaba la aglomeración del polvo de café con una buena retención de gas presurizado.

En este ejemplo, se llevó a cabo una evaluación para diversos tiempos de permanencia a una temperatura de pared de aproximadamente 105 °C para hallar tiempos de permanencia adecuados y el tiempo de permanencia eficaz aparente para el polvo de café. Los resultados se muestran en el diagrama de la Fig. 7. En el diagrama de la Fig. 7 puede observarse que los tiempos de permanencia adecuados en la zona caliente oscilaron de aproximadamente 2 a 40 minutos, o superiores, y que el tiempo de permanencia eficaz aparente fue de aproximadamente 20 a 25 minutos, siendo en este ejemplo aproximadamente 20 minutos el tiempo más eficaz para el polvo de café sujeto a una carga de gas presurizado en el sistema. También se comprobó que en un tiempo de permanencia por encima de aproximadamente 40 minutos en la zona de calentamiento, la aglomeración de polvo de café procesado resultó excesiva a aproximadamente a 105 °C en este ejemplo. El tiempo de permanencia en la zona de enfriamiento fue de aproximadamente 3 a 5 minutos, con una velocidad de husillo de aproximadamente 8 a 12 RPM. La velocidad del husillo en la zona de calentamiento varió de aproximadamente 1 a 10 RPM para obtener el tiempo de permanencia necesario.

35 Ejemplo 3

Se usó un polvo de carbohidrato (“Carb”) deshidratado por pulverización que incluía maltodextrina y almidón modificado y que comprendía partículas con huecos internos como el polvo de base, y procesado con el prototipo de sistema descrito en la presente memoria después de mezclarlo con aproximadamente 4,5% de SiO₂ en masa para actuar como un fluidificante durante el proceso, tal como se muestra de forma general en la fila D de la Tabla 1. El polvo de carbohidrato presentaba un contenido de humedad reducido (por debajo de aproximadamente 3% en masa) y una Tg de aproximadamente 100 °C. El polvo de carbohidrato se presurizó con gas de nitrógeno presurizado y se procesó a través del sistema de manera continua. La temperatura de pared de la zona caliente fue de aproximadamente 145 °C, con un tiempo de permanencia en la zona caliente de aproximadamente 20 minutos. La presión de gas de funcionamiento durante el ensayo fue de aproximadamente 6 MPa (60 bar). Se produjo un polvo de carbohidrato procesado con aproximadamente 19 ml (a temperatura ambiente) de gas presurizado atrapado por gramo de polvo. Este polvo de carbohidrato procesado presentaba cierta aglomeración y liberación de gas activo (explosiones de partículas). Al ser reconstituido en agua, se produjo una capa de espuma sobre el agua y el polvo de carbohidrato procesado experimentó estallidos en contacto con el agua.

El tiempo de permanencia del polvo de carbohidrato en la zona de calentamiento fue de aproximadamente 20 minutos con una velocidad de husillo de aproximadamente 1,5 a aproximadamente 4 RPM. El tiempo de permanencia en la zona de enfriamiento fue de aproximadamente 3 a aproximadamente 5 minutos con una velocidad de husillo de aproximadamente 10 RPM.

55 Ejemplo 4

En otro ejemplo, la retención de gas en un polvo de café deshidratado por pulverización fue de aproximadamente 11,9 ml/g al no combinarse con ningún fluidificante, tal como se muestra de forma general en la fila B de la Tabla 1. En este ejemplo, la zona de calentamiento estaba a aproximadamente 110 °C. La velocidad en la zona de calentamiento fue de aproximadamente 1,5 a aproximadamente 3 RPM, con un tiempo de permanencia de aproximadamente 40 minutos. En la zona de enfriamiento, la velocidad fue de aproximadamente 4 a 8 RPM, con un tiempo de permanencia de aproximadamente 5 minutos. La temperatura de pared de la zona de enfriamiento fue de aproximadamente 10 °C.

Ejemplo 5

5 Se usó un polvo de café liofilizado (“FD”) que incluía partículas con huecos internos como el polvo de base y
procesado con el prototipo de sistema, tal como se muestra de forma general en la fila C de la Tabla 1. El polvo de
café presentaba un contenido de humedad reducido (por debajo de aproximadamente 2% en masa) y una Tg de
aproximadamente 60 °C. El polvo de café se presurizó con gas de nitrógeno presurizado y se procesó a través del
sistema de manera continua. La temperatura de pared de la zona caliente fue de aproximadamente 105 °C, con un
tiempo de permanencia en la zona caliente de aproximadamente 20 minutos. La presión de gas de funcionamiento
durante el ensayo fue de aproximadamente 6 MPa (60 bar). Se produjo un polvo de café procesado con
10 aproximadamente 8,8 ml (a temperatura ambiente) de gas presurizado atrapado por gramo de polvo. El polvo de
café liofilizado procesado presentaba una liberación de gas muy activa (explosiones de partículas) al ser
reconstituido en agua caliente y produjo burbujas de espuma relativamente grandes en el agua en comparación con
los cafés deshidratados por pulverización procesados con gas atrapado de los Ejemplos 1 y 2.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación continua de una composición de partícula espumante a una presión de gas alta, comprendiendo el método:
 - 5 Añadir una partícula en una zona de presurización previa y aumentar la presión de gas hasta 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi) para formar una partícula presurizada eficaz para crear uno de los pasos, grietas o poros, y una mezcla de los mismos, en la partícula;
 - 10 Transferir la partícula presurizada a una zona de calentamiento separada de la zona de presurización previa, en donde la zona de calentamiento funciona a una presión de gas de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi), y desplazar de forma continua la partícula presurizada a lo largo de la zona de calentamiento a una velocidad y durante un tiempo eficaces para aumentar la temperatura de la partícula presurizada por encima de su temperatura de transición vítrea para formar una partícula calentada;
 - 15 Realizar una transición continua de la partícula calentada desde la zona de calentamiento a través de una zona de transición funcionando a una presión de gas de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi);
 - 20 Transferir la partícula calentada de la zona de transición a una zona de enfriamiento, separada de la zona de calentamiento y de la zona de transición, funcionando la zona de enfriamiento a una presión de gas de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi), y desplazar de forma continua la partícula calentada a través de la zona de enfriamiento a una velocidad y durante un tiempo eficaces para bajar la temperatura de la partícula calentada por debajo de su temperatura de transición vítrea para formar una partícula enfriada;
 - 25 Desplazar la partícula enfriada a una zona de despresurización separada de la zona de enfriamiento para bajar la presión de gas de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi) hasta la presión ambiente para formar una partícula despresurizada y enfriada; y
 - 30 Liberar la partícula despresurizada y enfriada de la zona de despresurización para formar la composición de partícula espumante con gas presurizado permaneciendo atrapado en su interior.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la transferencia de la partícula presurizada a la zona de calentamiento expone la partícula presurizada a una velocidad de diferencial térmico de 30 °C/segundo a 300 °C/segundo entre la zona de presurización previa y la zona de calentamiento.
3. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la transferencia de la partícula calentada de la zona de calentamiento a la zona de enfriamiento expone la partícula calentada a una velocidad de diferencial térmico de -30 °C/segundo a -300 °C/segundo entre la zona de calentamiento y la zona de enfriamiento.
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona de transición entre la zona de calentamiento y la zona de enfriamiento incluye una zona de caída libre donde la partícula calentada cae por gravedad entre la zona de calentamiento y la zona de enfriamiento.
- 45 5. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona de presurización previa:
 - 50 (a) está en comunicación de gases con la zona de despresurización, de modo que se comparte gas entre las mismas, utilizándose gas de la zona de despresurización para presurizar la zona de presurización previa, de modo que la despresurización se sincroniza con la presurización previa; y/o
 - (b) se presuriza con gas de la zona de despresurización a una velocidad de 0,97 a 4998,7 kPa/s (0,14 psi/segundo a 725 psi/segundo) y/o
 - 55 (c) incluye cierres de aire en una entrada y en una salida de la misma y una cámara de suministro de partículas asociada a una presión de gas de 137,9 a 21.373,7 kPa (20 a 3100 psi), estando dimensionada la cámara de suministro de partículas para contener, durante la presurización previa, una cantidad de partículas durante la presurización previa eficaz para que la zona de calentamiento tenga un suministro continuo de partículas en la misma.
 - 60
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se produce la ventilación de la zona de presurización previa o de la zona de despresurización, o de más de una de las mismas, sobre 30 segundos a 120 segundos.

FIG. 1

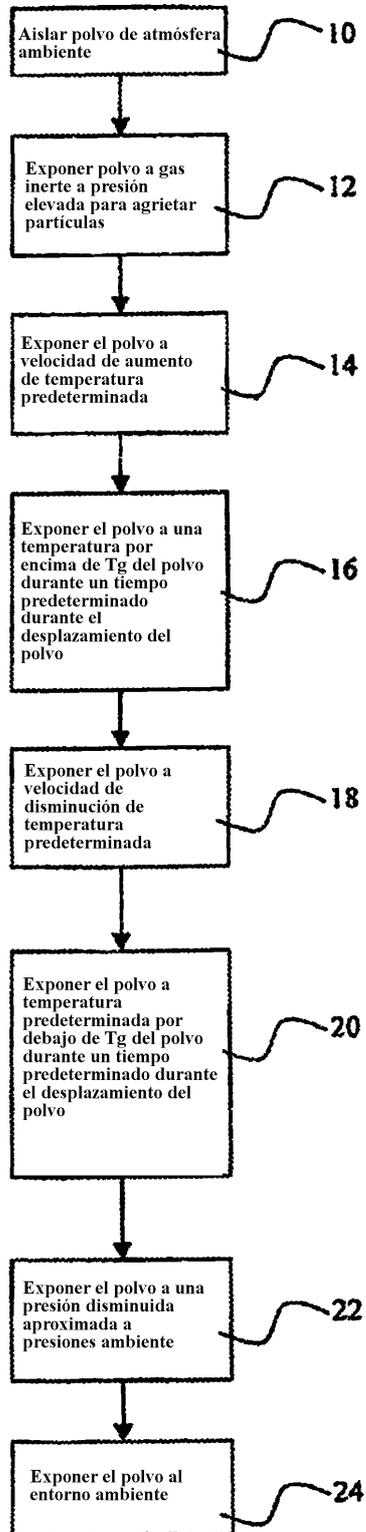


FIG. 2

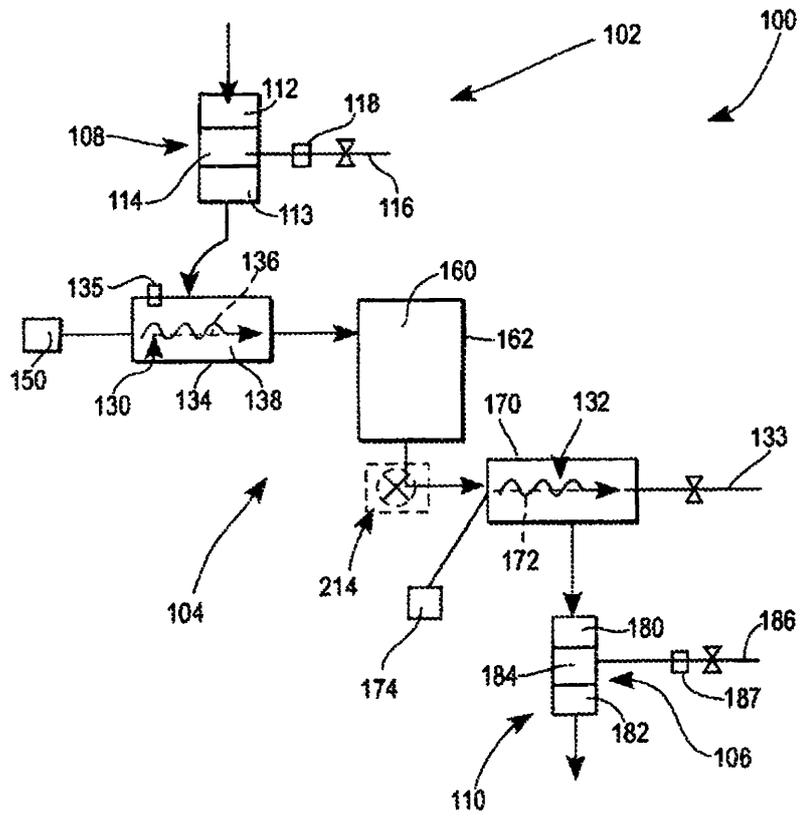


FIG. 3

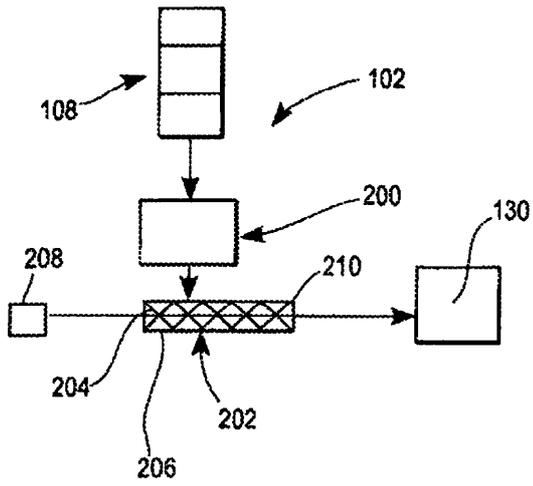
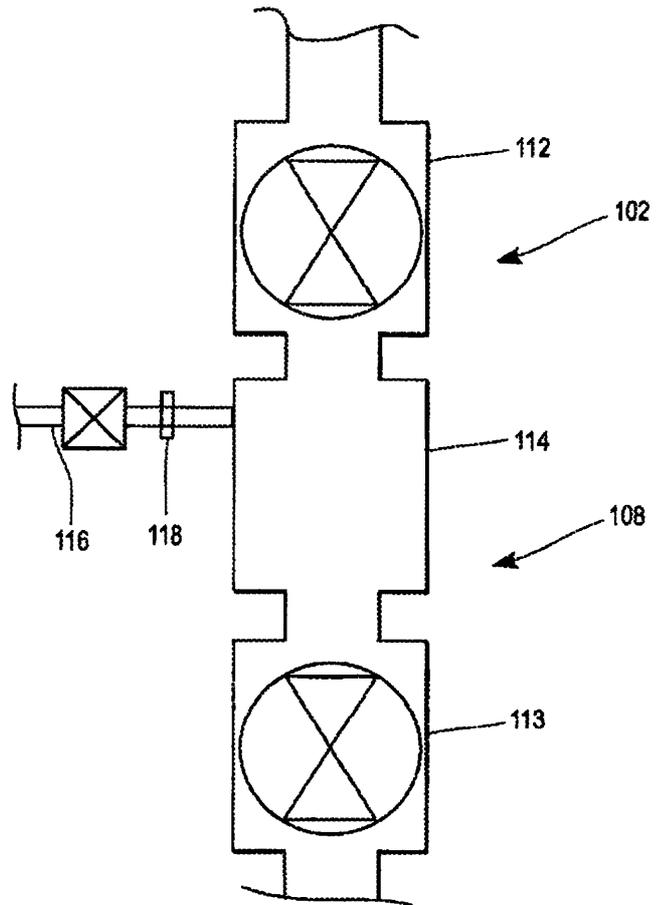


FIG. 4



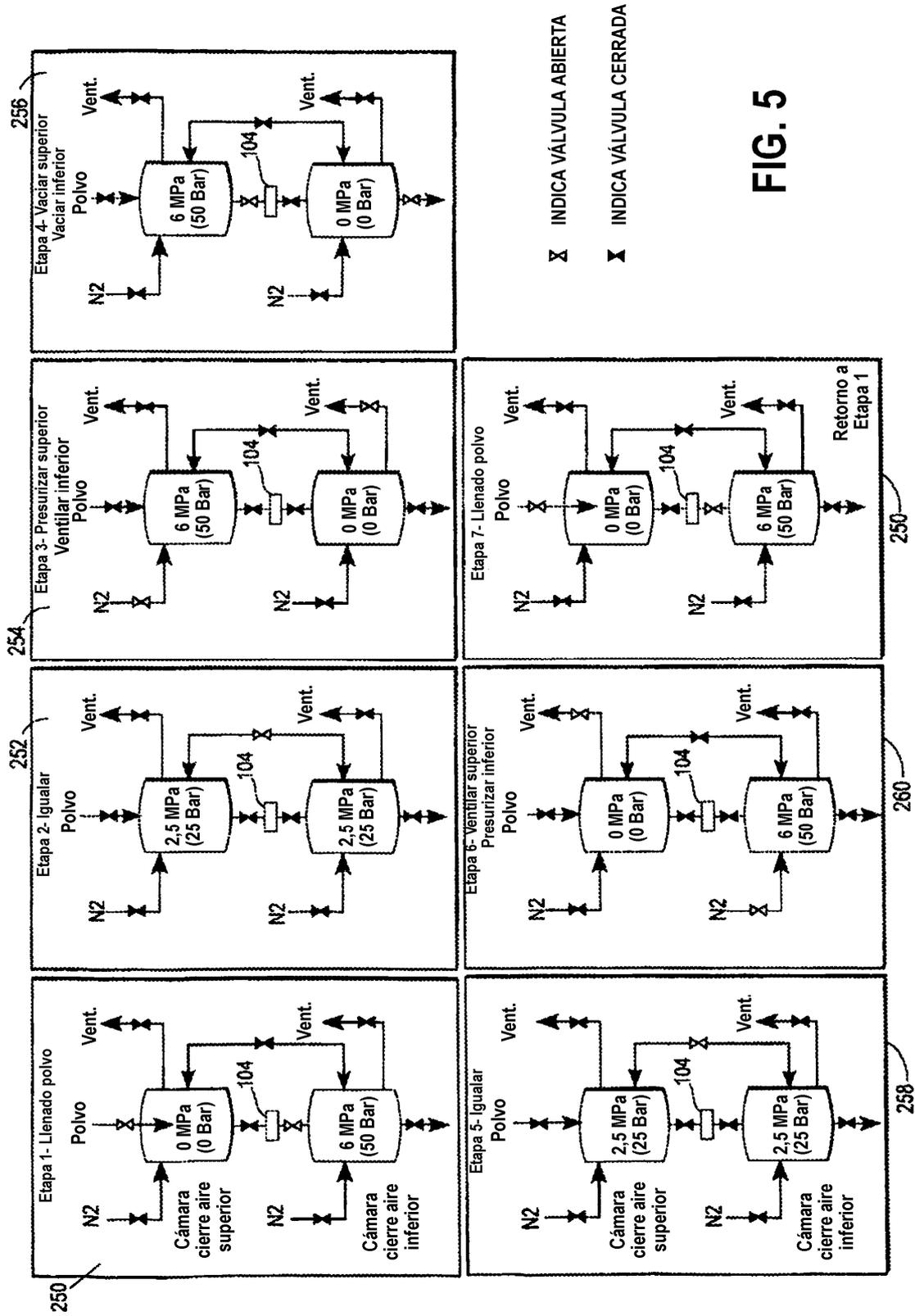


FIG. 5

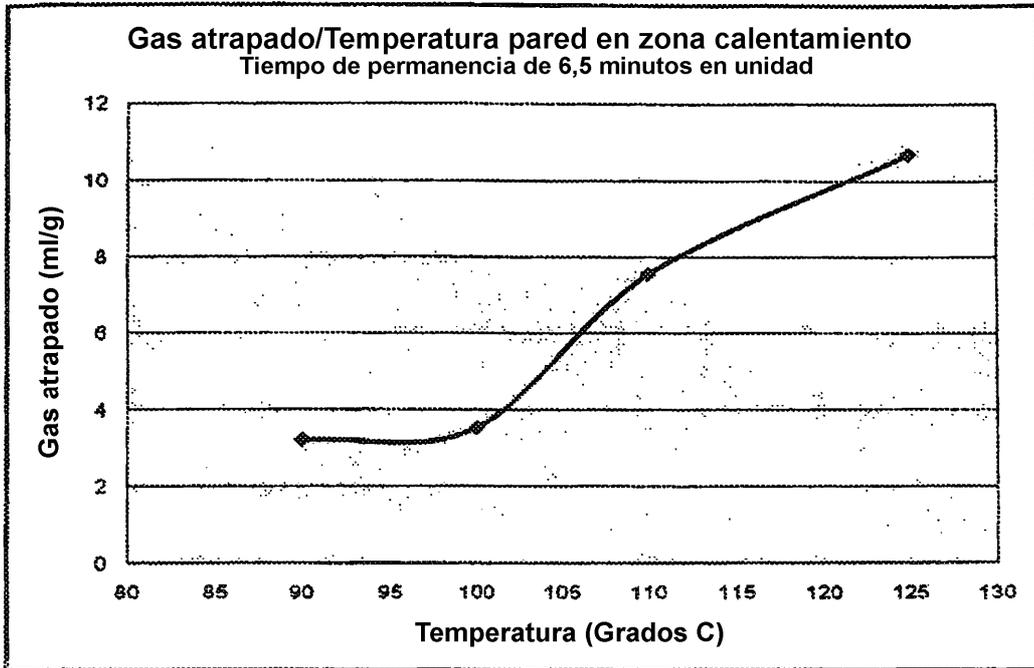


FIG. 6

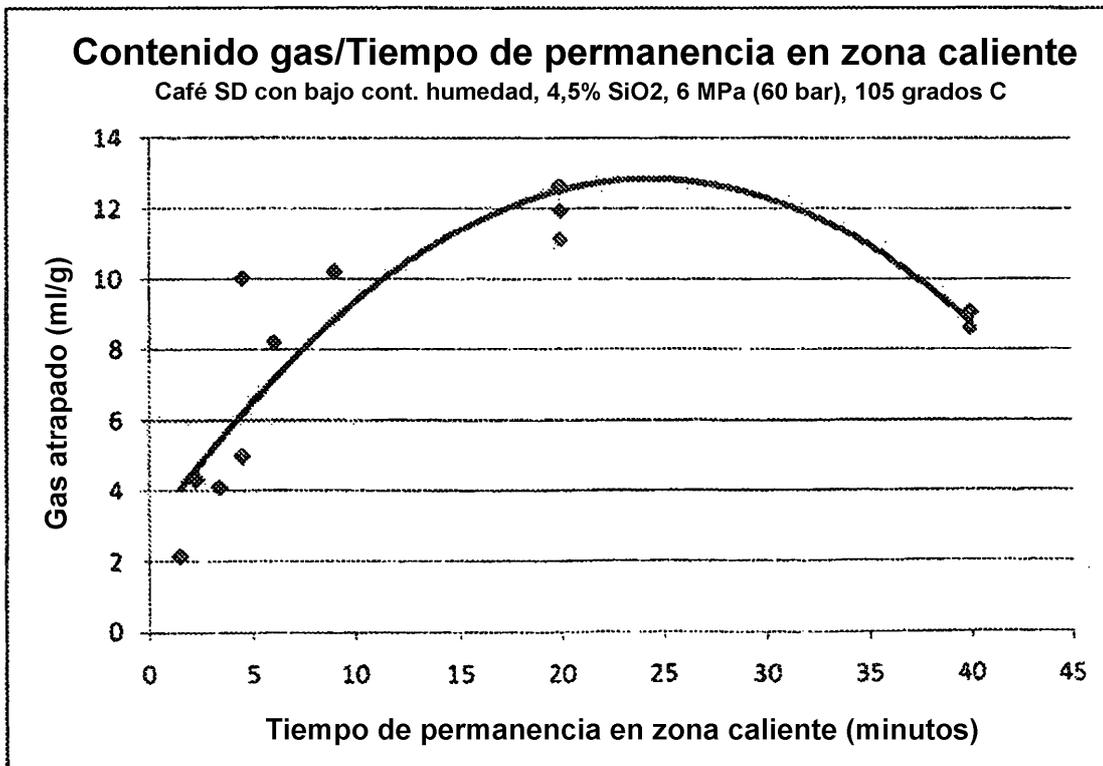


FIG. 7