

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 394**

51 Int. Cl.:

**A23C 9/152** (2006.01)

**A23C 9/16** (2006.01)

**A23F 5/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2009 E 09252468 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 2179657**

54 Título: **Composiciones efusoras de gas y métodos de preparación de las mismas**

30 Prioridad:

**24.10.2008 US 257539**

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

**17.05.2018**

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE DOUWE EGBERTS B.V (100.0%)  
Vleutensevaart 35  
3532 AD Utrecht, NL**

72 Inventor/es:

**ZELLER, BARY LYN**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 668 394 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**

Composiciones efusoras de gas y métodos de preparación de las mismas

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a composiciones efusoras de gas y, en particular, a composiciones en forma de partículas efusoras de gas que tienen gas presurizado contenido dentro de huecos internos dentro de las partículas que puede escapar de manera lenta y controlada a través de conductos restrictivos dentro de las partículas, y a métodos de preparación y uso de dichas composiciones. Las composiciones efusoras de gas de la presente invención pueden usarse, por ejemplo, como ingredientes de almacenamiento y suministro de gas soluble que proporcionan espuma, espuma ligera o textura aireada cuando se incorporan en productos alimenticios o de bebida instantáneos y son reconstituídos con un líquido.

**15 Antecedentes de la invención**

Ciertos artículos alimenticios preparados convencionalmente incluyen espuma ligera o espuma. Por ejemplo, el capuchino, los batidos de leche y algunas sopas pueden tener espuma ligera o espuma. Aunque los artículos alimenticios preparados convencionalmente pueden ser considerados preferibles por algunos consumidores, otros consumidores son cada vez más exigentes en cuanto a la conveniencia de las alternativas de alimentos instantáneos preparadas por el consumidor. Con el fin de acomodar las preferencias del consumidor, los fabricantes han desarrollado productos alimenticios instantáneos que dan a los consumidores los productos alimenticios que demandan a partir de un producto alimenticio instantáneo conveniente mediante el desarrollo de artículos alimenticios instantáneos que tienen características iguales o similares a las de los artículos alimenticios preparados convencionalmente. Un reto para los fabricantes es cómo producir un producto alimenticio que tenga espuma ligera o espuma a partir de un artículo alimenticio instantáneo.

Una solución anterior utilizada para fabricar un producto alimenticio instantáneo que tiene espuma ligera o espuma es mediante el uso de composiciones espumantes en polvo que producen espuma tras la reconstitución en un líquido. Se han utilizado composiciones en polvo que forman espuma para impartir espuma ligera o textura espumada a una amplia variedad de alimentos y bebidas. Por ejemplo, se han utilizado composiciones espumantes para impartir espuma ligera o textura espumada a mezclas instantáneas de capuchino o de otro tipo de café, mezclas instantáneas de bebidas refrescantes, mezclas instantáneas de sopa, mezclas instantáneas de batidos, aderezos de postres instantáneos, salsas instantáneas, cereales calientes o fríos, y similares, cuando se combinan con agua, leche u otro líquido adecuado.

Un método anterior de fabricación de una composición espumante es proporcionado por la patente US-6.713.113, que describe un método de fabricación de un ingrediente espumante soluble en polvo compuesto por una matriz que contiene carbohidrato, proteína y gas presurizado atrapado producido por calentamiento de la composición por encima de la temperatura de transición vítrea cuando entra en contacto con gas presurizado en un recipiente de presión, y enfriando a continuación mediante la rápida liberación de presión de gas o enfriando para reducir la temperatura de la composición por debajo de la temperatura de transición vítrea de la composición y para evitar la pérdida de gas presurizado de los poros cerrados presentes en la matriz. Calentar la composición por encima de la temperatura de transición vítrea puede dar lugar a reacciones (de Maillard) no oxidativas que generan un pardeamiento que puede tener un efecto negativo en la apariencia, el sabor y el período de validez de los productos alimenticios envasados. Además, calentar una composición dentro de un recipiente de presión por encima de su temperatura de transición vítrea requiere, de forma típica, el uso de equipos altamente especializados, tiempos de procesamiento prolongados y una cantidad de energía sustancial, todo lo cual puede aumentar negativamente los costes de equipo y de fabricación y reducir considerablemente las velocidades de producción.

La publicación internacional WO 2004/019699 describe otro proceso de fabricación de una composición espumante en donde una composición de proteína se somete a gasificación con gas presurizado en un recipiente de presión a una temperatura superior a la temperatura de transición vítrea de la composición, seguido de templado o enfriamiento para reducir la temperatura de la composición por debajo de la temperatura de transición vítrea y evitar la pérdida de gas presurizado de los poros cerrados presentes en la matriz. La composición formadora de espuma contiene preferiblemente un plastificante tal como un poliol de carbohidrato o alcohol de azúcar y la composición formadora de espuma que forma la base de todos los ejemplos de trabajo descritos en la presente descripción contiene glicerol carbohidrato a un nivel de 5 % en peso.

El documento de publicación de solicitud de patente estadounidense núm. 2003/0026836 describe un método de formación de tabletas o polvos de productos farmacéuticos a base de carbohidratos o alimentos que incluye someter las tabletas o polvos que comprenden una base de bebida tal como café soluble, polvo en espuma, azúcar y sucedáneo de leche a presión y temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea para producir una tableta o polvo con mayor solubilidad o dispersabilidad en contacto con el agua. Además, se describe un método que promueve la disolución o dispersión de una tableta o polvo no espumante al someter la tableta o polvo a gas presurizado a una temperatura superior a la temperatura de transición vítrea mientras se encuentra en un recipiente a presión, seguido de templado o enfriamiento eficaz para reducir la temperatura por debajo de la temperatura de

transición vítrea de manera que el gas presurizado queda atrapado en los poros cerrados presentes en el mismo para favorecer la disolución o dispersión de la tableta o polvo al entrar en contacto con el agua.

5 Los documentos de publicación de solicitud de patente estadounidense núm. 2006/0040033 y 2006/0040034 describen métodos para formar composiciones espumantes de tipo no carbohidrato y no proteína, respectivamente, donde las partículas de proteína o carbohidrato, respectivamente, se presurizan con gas en un recipiente de presión, se calientan a una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea, se enfrían a una temperatura inferior a la temperatura de transición vítrea, y se despresurizan, eficaces para atrapar gas presurizado en una pluralidad de huecos internos sellados presentes en las partículas. Aunque estos métodos proporcionan composiciones espumantes libres de carbohidratos o libres de proteínas que son menos susceptibles al pardeamiento y formación de sabores desagradables durante el procesamiento que otras composiciones que contienen proteínas y carbohidratos, requieren el uso de equipos especializados, aplicación de calentamiento y enfriamiento y tiempos de procesamiento prolongados.

15 El documento de publicación de solicitud de patente estadounidense núm. 2006/0040023 describe un método de fabricación de composiciones espumantes solubles en polvo que tienen una mayor capacidad espumante, que comprenden partículas amorfas que tienen gas a presión atmosférica mantenidas en huecos internos abiertos de los mismos. El método implica aplicar una presión externa de gas a una composición deshidratada por pulverización soluble en polvo que comprende partículas amorfas que tienen huecos internos vacíos sellados y despresurizar la composición de tal manera que al menos una porción de huecos internos vacíos de la composición se abren a la atmósfera y se llenan con gas de presión atmosférica. Aunque el método tiene la ventaja de poderse ser llevado a cabo rápidamente sin calentamiento o enfriamiento, no produce atrapamiento de gas presurizado en las partículas, lo que limita la capacidad espumante de la composición con respecto a las fabricadas según métodos que atrapan gas presurizado en poros cerrados o huecos internos sellados.

25 Aunque se pueden utilizar métodos existentes para producir aditivos de productos alimenticios y bebidas que producen espuma, persiste la necesidad de contar con un método de producción de composiciones espumantes que pueda usarse para contener y suministrar grandes cantidades de gas presurizado sin los inconvenientes de los métodos actuales. Por ejemplo, con los métodos existentes las composiciones objetivo se someten a altas temperaturas por encima de la temperatura de transición vítrea, lo que puede hacer que se produzca el pardeamiento de la composición y se generen sabores desagradables. Además, los métodos existentes proporcionan composiciones con gas presurizado atrapado en poros cerrados o huecos internos sellados, y, aunque el volumen de gas presurizado atrapado puede disminuir con el tiempo, tal como el daño producido por la composición durante el transporte y manejo, el contacto con la humedad en las mezclas de alimentos o bebidas instantáneos, o la exposición a vapor de agua atmosférico, estas composiciones no pueden fabricarse simple y rápidamente a gran escala usando un equipo de presurización convencional sin necesidad de llevar a cabo calentamiento y enfriamiento. Además, las composiciones existentes no proporcionan una fuente convenientemente rellenable de gas presurizado, especialmente después de salir de la instalación de fabricación.

40 La presente invención puede utilizarse para satisfacer estas necesidades, así como otras necesidades y ventajas, como será evidente a partir de la siguiente descripción de realizaciones de la presente invención.

## Sumario de la invención

45 Así, de acuerdo con un aspecto, la presente invención, que se define mediante las reivindicaciones, proporciona una composición en forma de partículas que efunde gas que comprende partículas que tienen una superficie externa, una pluralidad de huecos internos dentro de las partículas, una pluralidad de conductos restrictivos dentro de las partículas, y un gas comestible contenido en los huecos internos a una segunda presión alta. Las partículas son partículas amorfas, inyectadas con gas de baja densidad que comprenden al menos 60 %, con respecto a un peso total, que incluyen humedad, de leche desnatada en polvo y/o leche en polvo deshidratada sin grasa. Los conductos restrictivos proporcionan comunicación gaseosa entre los huecos internos y la superficie externa y tienen un diámetro restrictivo. El restrictivo es inferior a 1 micrómetro y es efectivo para (1) permitir que el gas comestible pase a través de los conductos restrictivos de la superficie externa hacia los huecos internos cuando las partículas entren en contacto con el gas comestible a una primera presión alta para proporcionar partículas en las que los huecos internos contengan el gas comestible a la segunda presión alta y (2) permitir que el gas dentro de los huecos internos a la segunda presión alta escape lentamente y de forma controlada desde los huecos internos a través de los conductos restrictivos cuando las partículas se retiren del contacto con el gas a la primera presión alta. La segunda presión alta es igual o inferior a la primera presión alta, pero es superior a la presión ambiental. Las partículas que tienen los huecos internos que contienen el gas comestible a la segunda presión alta, cuando entran en contacto con un medio acuoso, se disuelven rápidamente, liberando así el gas comestible de los huecos internos en el medio acuoso para proporcionar una espuma, espuma ligera o textura aireada al medio acuoso.

60 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de una composición en forma de partículas que efunde gas que comprende partículas que tienen una superficie externa, una pluralidad de huecos internos dentro de las partículas, una pluralidad de conductos de diámetro restrictivo dentro de las partículas, y un gas comestible contenido en los huecos internos a una segunda presión alta en comunicación gaseosa entre los huecos internos y la superficie externa. Dichas partículas son partículas amorfas, inyectadas con gas de baja densidad que comprenden al menos 60 %, con respecto a un peso total, que incluyen humedad, de leche desnatada en polvo y/o leche en polvo deshidratada sin grasa, y los conductos restrictivos

5 tienen un diámetro restrictivo inferior a 1 micrómetro. El método comprende poner en contacto un ingrediente en forma de partículas deshidratado por pulverización, con gas inyectado, soluble, que comprende partículas que tienen una superficie externa, una pluralidad de huecos internos dentro de las partículas, y una pluralidad de conductos de diámetro restrictivo dentro de las partículas con el gas comestible a temperatura ambiente a una primera presión alta, de modo que el gas comestible pasa a través de los conductos de diámetro restrictivo de la superficie externa a los huecos internos para proporcionar partículas en las que los huecos internos contienen el gas comestible a la segunda presión alta, y permitir a continuación que el gas comestible contenido en los huecos internos a la segunda presión alta escape de manera lenta y controlada desde los huecos internos a través de los conductos restrictivos cuando las partículas se retiran del contacto con el gas a la primera presión alta. La segunda presión alta es igual o inferior a la primera presión alta, pero es superior a la presión ambiental.

### Breve descripción de los dibujos

15 La Fig. 1 es una tabla que muestra la altura de espuma ligera inicial de la bebida frente al tiempo de almacenamiento de la mezcla de capuchino;

la Fig. 2 es una tabla que muestra la altura de espuma ligera inicial diferencial frente al logaritmo natural del tiempo de almacenamiento de la mezcla de capuchino;

20 la Fig. 3 es una tabla que muestra el efecto de la presión de carga de gas del ingrediente en forma de partículas y el tiempo en la altura de espuma ligera inicial de una bebida de capuchino;

las Figs. 4A-4F son micrografías electrónicas de barrido que muestran superficies externas e internas y estructura de poros de un ingrediente en forma de partículas antes de la carga con gas presurizado;

25 la Fig. 5 es una tabla que muestra el volumen de poro diferencial, para el ingrediente en forma de partículas que se muestra en las Figs. 4A-4F, frente a la distribución del diámetro de poro medio obtenido mediante análisis de intrusión de porosimetría de mercurio; y

30 la Fig. 6 es una tabla que muestra la superficie específica de poro diferencial, para el ingrediente en forma de partículas mostrado en las Figs. 4A-4F, frente a la distribución del diámetro de poro medio obtenido mediante análisis de adsorción de gas nitrógeno.

### Descripción detallada

35 La presente invención está dirigida a composiciones que efunden gas como se define en las reivindicaciones y, en particular, a composiciones en forma de partícula que efunden gas que comprenden partículas que tienen gas presurizado contenido dentro de la estructura de poro de las mismas. Según un aspecto de la invención, se proporciona una composición en forma de partículas que efunde gas que comprende partículas que tienen una superficie externa, una pluralidad de huecos internos dentro de las partículas, una pluralidad de conductos restrictivos dentro de las partículas, y un gas comestible contenido en los huecos internos a una segunda presión alta. Los conductos restrictivos proporcionan comunicación gaseosa entre los huecos internos y la superficie externa y tienen un diámetro restrictivo. El diámetro restrictivo es efectivo para (1) permitir que el gas comestible pase a través de los conductos restrictivos de la superficie externa hacia los huecos internos cuando las partículas entran en contacto con el gas comestible a una primera presión alta para proporcionar partículas en las que los huecos internos contienen el gas comestible a la segunda presión alta y (2) permitir que el gas dentro de los huecos internos a la segunda presión alta escape lentamente y de forma controlada desde los huecos internos a través de los conductos restrictivos cuando las partículas se retiran del contacto con el gas a la primera presión alta. La segunda presión alta es igual o inferior a la primera presión alta, pero es superior a la presión ambiental. Las partículas que tienen los huecos internos que contienen el gas comestible a la segunda presión alta, cuando entran en contacto con un medio acuoso, se disuelven rápidamente, liberando así el gas comestible de los huecos internos en el medio acuoso para proporcionar una espuma, espuma ligera o textura aireada al medio acuoso.

55 Como se utiliza en la presente memoria, “estructura de poro” se refiere a una pluralidad de huecos internos de las partículas, y “huecos internos” se refiere a huecos internos abiertos, también conocidos como poros abiertos, de las partículas que están conectadas, directa o indirectamente, a la atmósfera circundante y también pueden estar interconectadas entre sí por conductos o aberturas, tales como grietas, agujeros, poros, etc., y/o combinaciones de los mismos en las partículas, en donde al menos una parte de tales aberturas tiene un diámetro suficientemente pequeño para impedir sustancialmente, mediante el proceso de efusión molecular, el escape de gas presurizado de las mismas. Como se utiliza en la presente memoria, el término “huecos internos cerrados”, también conocidos como “huecos internos sellados” o “poros cerrados”, se refiere a los huecos o poros internos de las partículas que no están conectadas a la atmósfera circundante.

65 Preferiblemente, al menos una parte de las aberturas presentes en las partículas son conductos restrictivos. Es decir, tienen un diámetro restrictivo que es sustancialmente más pequeño (es decir, de aproximadamente 1/10, preferiblemente aproximadamente 1/100 y, más preferiblemente, aproximadamente 1/1000 del tamaño) que el diámetro de al menos una parte de los huecos internos. Los conductos restrictivos ralentizan la transferencia de moléculas de gas fuera de al menos

una parte de los huecos internos, de forma eficaz para impedir sustancialmente el escape de al menos una parte del gas presurizado de la estructura de poro en forma de partículas. En los conductos restrictivos que tienen una sección transversal no uniforme, el diámetro en sección transversal más estrecho es el factor limitante que rige la velocidad de transferencia de la molécula de gas. Como se utiliza en la presente memoria, el uso del término “diámetro” para describir el tamaño de una abertura, conducto restrictivo u orificio significa diámetro en sección transversal.

Los conductos restrictivos tienen un diámetro inferior a 1 micrómetro ( $\mu\text{m}$ ), más preferiblemente inferior a aproximadamente 0,1  $\mu\text{m}$ , con máxima preferencia inferior a aproximadamente 0,01  $\mu\text{m}$  y, de forma opcional, inferior a aproximadamente 0,001  $\mu\text{m}$ . Un diámetro de 0,001  $\mu\text{m}$  es equivalente a 1 nanómetro (nm) o 10 Angstroms (Å), que es solo ligeramente mayor que los diámetros moleculares eficaces, o los denominados diámetros cinéticos o diámetros de colisión, de muchos gases tales como los presentes en la atmósfera. Por ejemplo, los diámetros moleculares del hidrógeno, el helio, el neón, el argón, el kriptón, el nitrógeno, el oxígeno, el dióxido de carbono y el óxido nitroso se encuentran en el intervalo de aproximadamente 0,2-0,5 nm (aproximadamente 2-5 Å).

Los huecos internos abiertos, de los cuales al menos una parte están comunicados directa o indirectamente con la atmósfera circundante a través de conductos restrictivos, pueden tener, generalmente, una forma esférica con un diámetro comprendido, preferiblemente, entre aproximadamente 0,01-2000  $\mu\text{m}$ , más preferiblemente de aproximadamente entre aproximadamente 0,1-1000  $\mu\text{m}$  y, con máxima preferencia, entre aproximadamente 1-100  $\mu\text{m}$ , aunque también se contemplan huecos internos que tienen otra forma y/o diámetro. Las partículas individuales también pueden tener una forma generalmente esférica, con un diámetro preferiblemente entre aproximadamente 0,5-5000  $\mu\text{m}$ , más preferiblemente entre aproximadamente 1-1000  $\mu\text{m}$  y, con máxima preferencia, entre aproximadamente 5-500  $\mu\text{m}$ , aunque también se contemplan partículas que tienen otra forma y/o diámetro. El proceso de llenado de las partículas con gas presurizado, también denominado carga en la presente memoria, de forma típica no altera sustancialmente la forma o diámetro de la partícula, pero puede aumentar el número y/o el diámetro de las aberturas y/o conductos restrictivos de las partículas. En algunos casos, tal como cuando las partículas presurizadas se despresurizan rápidamente, algunas partículas pueden fragmentarse en cierta medida como resultado de un desarrollo abrupto de fuerzas no equilibradas ejercidas por las moléculas de gas sobre las superficies internas de la estructura de poro.

El término “que efunde gas”, como se utiliza en la presente memoria, significa que las moléculas de gas presentes en los huecos internos de un material en forma de partículas se efunden a través de aberturas en los huecos internos de una manera lenta y controlable que generalmente se ajusta a los principios establecidos de la efusión de gas. Como es conocido por los expertos en la técnica, según la teoría cinética de los gases, la velocidad de efusión de un gas ideal se relaciona con la presión de gas, la temperatura y el peso molecular, el volumen del recipiente que encierra el gas y el área de las aberturas en el recipiente. Si la velocidad de efusión se expresa como el número de moles (N) de un gas que se escapa a través de una abertura que tiene un área A, desde un recipiente por unidad de tiempo (t), la velocidad se puede expresar como el cambio de N (dN) por el cambio de t (dt). Esta velocidad se puede obtener de  $dN/dt = A(P_i - P_o)/(2\pi MRT)^{0.5}$  en donde  $P_i$  es la presión de gas dentro del recipiente,  $P_o$  es la presión del gas fuera del recipiente,  $\pi$  es la constante matemática  $\pi$  (3,14), M es el peso molecular del gas, R es la constante de gas ideal y T es la temperatura. El número de moles (N) de gas que se puede efundir desde el recipiente se puede obtener a partir de la ecuación de los gases ideales expresada como  $N = V(P_i - P_o)/RT$ , donde V es el volumen del recipiente. Estas ecuaciones por lo general rigen la velocidad y duración de la efusión de gases desde las composiciones en forma de partículas de esta invención. Sin embargo, los valores A y  $P_i$  no se miden fácilmente para las composiciones en forma de partículas y, como resultado, la velocidad y duración de la efusión de gas se obtienen por vía experimental. Debido a que el  $P_i$  disminuye continuamente con el tiempo, después de la liberación de una presión externa de gas aplicada a una composición en forma de partículas, y se aproxima a  $P_o$  de modo generalmente exponencial, la velocidad de efusión de gas desde una composición en forma de partículas generalmente disminuye exponencialmente con el tiempo hasta que la presión de gas ( $P_i$ ) en el recipiente alcanza el equilibrio con la presión de gas ( $P_o$ ) en la atmósfera circundante o vacío.

Sin embargo, se debe observar que en el campo de la química-física la efusión de gas es un tipo idealizado de difusión de gas que, generalmente, se manifiesta por un flujo secuencial de moléculas de gas simples a través de un pequeño orificio que tiene una longitud despreciable, que se produce sobre una caída de presión de gas relativamente pequeña entre presiones de gas internas altas y externas bajas, en ausencia de colisiones con otras moléculas de gas o con paredes con orificios mientras están dentro del orificio. Por lo tanto, no se puede esperar que el comportamiento de efusión de gas de las composiciones de la presente invención se adapte exactamente a las relaciones físico-químicas derivadas de la teoría cinética de los gases, porque esas relaciones han sido desarrolladas en base al comportamiento de los gases ideales bajo condiciones ideales. Las presiones altas de forma típica empleadas en la presente invención pueden hacer que los gases se desvíen significativamente del comportamiento ideal. Asimismo, las composiciones de la presente invención tienen, por lo general, estructuras de poro complejas y no uniformes, caracterizadas por un amplio intervalo de diámetros de huecos internos, diámetros de abertura y de conductos restrictivos. Además, los conductos restrictivos pueden existir como poros largos o en espiral o como grietas con superficies irregulares que permiten que las moléculas de gas choquen con otras presentes en el interior y/o con paredes circundantes.

En muchos casos, los ingredientes en forma de partículas presurizados de la presente invención pueden inicialmente liberar moléculas de gas de un modo que se adapta de forma más general a los medios establecidos de flujo global (es decir, el denominado flujo de masa, flujo viscoso, o flujo turbulento) durante un período relativamente

corto (es decir, segundos o minutos) inmediatamente después de la despresurización ya que el gas presurizado contenido dentro de los huecos internos comunicados con la atmósfera a través de conductos no restrictivos puede escapar rápidamente sin ser restringido de forma sustancial. Esta liberación inicial de gas de duración relativamente corta de forma típica pasará rápidamente a ser efusión molecular, que predominará a continuación durante un período de tiempo mucho más prolongado. Claramente, en tales casos, la transición a la efusión molecular se produce, de forma típica, de forma más rápida que el tiempo requerido para medir el contenido de gas presente dentro del material en forma de partículas y la velocidad de pérdida de gas a partir del mismo.

La velocidad de efusión de gas viene regida principalmente por la estructura de poro de las partículas y generalmente disminuirá al disminuir el diámetro, el número y/o el volumen de las aberturas y conductos restrictivos que conectan los huecos internos con la atmósfera circundante. Si las partículas no tienen la estructura de poro necesaria, entonces no se producirá efusión molecular o se producirá solamente durante un período de tiempo muy corto que limitaría seriamente la utilidad de la composición como agente espumante. La velocidad y duración de la efusión de gas pueden verse afectadas, en grados diversos, por otras propiedades físicas del ingrediente en forma de partículas, tales como el diámetro, número y/o volumen de los huecos internos, la relación del volumen de hueco interno al volumen de conducto restrictivo, y el área total de abertura del conducto restrictivo, así como las condiciones de procesamiento, tales como la presión de gas y el tiempo utilizados para llenar la estructura de poro con gas presurizado.

Se sabe que la efusión de gas en un sistema modelo, tal como un recipiente que tiene un pequeño orificio, se ve favorecida cuando el recorrido libre medio (la distancia media recorrida entre colisiones) de las moléculas de gas presentes en el recipiente es grande en comparación con el diámetro del pequeño orificio y pequeño en comparación con el diámetro del recipiente. Estas condiciones reducen la frecuencia de las colisiones de las moléculas de gas con las paredes del recipiente y con el pequeño orificio y sirven para limitar la velocidad a la que el gas se escapa desde el recipiente. Sin pretender imponer ninguna teoría, se cree que la efusión de gas por parte de las composiciones de la presente invención se ve igualmente favorecida por la presencia de al menos algunos diámetros de conducto restrictivo que son relativamente pequeños, y al menos algunos diámetros de hueco interno que son relativamente grandes, en comparación con el recorrido libre medio de moléculas de gas presentes dentro de la estructura de poro de la composición en forma de partículas.

Los recorridos libres medios de diferentes moléculas de gas en diferentes condiciones se pueden estimar utilizando relaciones establecidas pertenecientes a la teoría cinética de los gases. El recorrido libre medio generalmente aumenta al disminuir la presión del gas y al aumentar el peso molecular del gas. A las presiones relativamente altas de forma típica utilizadas para cargar gas en las composiciones en forma de partículas de la presente invención, los recorridos libres medios sustancialmente reducidos de las moléculas de gas pueden incrementar la velocidad a la cual el gas fluye a través de al menos algunos de los recorridos restrictivos hasta el interior de los huecos internos para acortar de forma ventajosa los tiempos de la carga de gas necesarios. Por el contrario, los recorridos libres medios que prevalecen inmediatamente después de despresurizar la composición pueden dar lugar a una mayor velocidad de pérdida de gas desde las partículas que se produce después de un período de tiempo suficiente para reducir la presión del gas y, por lo tanto, alargar el recorrido libre medio. Como resultado, la velocidad de efusión de gas disminuye continuamente, a una velocidad exponencial, después de la despresurización.

Se sabe que las moléculas de gas en los sistemas de efusión del modelo chocan con otras y con la superficie interna del recipiente hasta que “chocan” directamente con un pequeño orificio para escapar del recipiente. De nuevo, sin pretender imponer ninguna teoría, se cree que este mecanismo generalmente prevalece en las composiciones que efunden gas de la presente invención, con la diferencia de que las moléculas de gas chocan con otras moléculas de gas y con las superficies de los huecos internos hasta que “chocan” directamente con una abertura o un conducto restrictivo para escapar de los huecos internos a la atmósfera circundante. Además, debido a que los huecos internos presentes en las composiciones de la presente invención pueden estar altamente interconectados, se cree que las moléculas de gas pueden intercambiarse entre un número de huecos internos posiblemente muy alto, posiblemente en cierta medida mediante el proceso de flujo global además de efusión molecular, a través de aberturas y conductos restrictivos, y que el recorrido de tipo laberinto que pueden seguir las moléculas de gas dentro de la estructura de poro puede reducir de forma ventajosa la velocidad de efusión, medida cuando las moléculas de gas se escapan finalmente de las aberturas externas o conductos restrictivos de la superficie de la partícula.

Así, los conductos restrictivos preferiblemente tienen un diámetro en el intervalo de aproximadamente 2 a aproximadamente 5.000 veces, más preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 2 a aproximadamente 500 veces y, con máxima preferencia, en el intervalo de aproximadamente 2 a aproximadamente 50 veces el diámetro de las moléculas de gas contenidas dentro de los huecos internos. Con referencia a las moléculas de gas contenidas dentro de los huecos internos, el término “contenido” significa que el gas está presente en los huecos internos abiertos de un material en forma de partículas y es capaz de entrar y salir de los huecos internos en un tiempo adecuado dado. Preferiblemente, después de cargar el gas en la composición en forma de partículas según realizaciones de esta invención, la mayor parte del gas presente en el material en forma de partículas es gas presurizado contenido en huecos internos abiertos de éste que están comunicados con la atmósfera circundante. El resto del gas que pueda estar presente en el polvo es principalmente gas no presurizado atrapado en huecos internos cerrados por la fabricación del material en forma de partículas, tal como mediante el secado por pulverización con gas inyectado de soluciones acuosas.

5 Como se utiliza en la presente, el término “estructura”, “estructura en forma de partículas”, “estructura de partículas” o “estructura en polvo” significa una estructura que contiene una gran cantidad de huecos internos que están interconectados y/o abiertos a la atmósfera. El término “estructura de poro” significa una estructura que contiene huecos internos, aberturas y conductos restrictivos, todos los cuales están abiertos a la atmósfera y en al menos cierta medida pueden estar interconectados entre sí. Los huecos internos presentes dentro de la estructura de poro pueden contener un gran volumen de gas presurizado que se libera como burbujas tras la disolución del material en forma de partículas en un líquido para producir espuma, espuma ligera, textura aireada u otra ventaja. El término “amorfo” significa una estructura vidriosa que es predominantemente no cristalina.

10 El término “composición espumante soluble en polvo”, “composición espumante en polvo”, “composición espumante en forma de partículas” o “composición espumante” significa cualquier composición en forma de partículas que es soluble en, o que se desintegra en un líquido y, especialmente, en un líquido acuoso, y que al entrar en contacto con dicho líquido forma una espuma o espuma ligera, o proporciona una textura aireada.

15 El término “temperatura ambiente” significa temperatura ambiente, que está comprendida de forma típica entre aproximadamente 18-30 °C, pero puede ser mayor o menor. Frecuentemente, en los experimentos científicos se indica la temperatura ambiente como una temperatura de 25 °C, como se hace en la presente descripción, a pesar de que la temperatura ambiente real puede ser ligeramente mayor o menor. El término “presión atmosférica” significa presión ambiental, que varía ligeramente con las condiciones meteorológicas y la altitud, y es igual a una presión de 101,3 kilopascals (1 atmósfera) a nivel del mar. El término “gas presurizado” significa gas comprimido a una presión superior a la presión ambiental, y también se conoce como gas de presión superatmosférica.

20 Los gases que pueden usarse adecuadamente según la presente invención pueden seleccionarse de nitrógeno, dióxido de carbono, óxido nitroso, aire, argón, oxígeno, helio, hidrógeno, o mezclas de los mismos. Se prefiere nitrógeno, pero se puede utilizar cualquier otro gas de calidad alimentaria para aplicar presión externa de gas al polvo. Los gases que no están aprobados para usar en alimentos pueden usarse para fabricar composiciones de la presente invención no previstas para el consumo. Además, en ciertas aplicaciones de productos, podría ser deseable presurizar ingredientes en forma de partículas utilizando un gas alternativo, tal como un gas de hidrocarburo, un gas refrigerante comestible, un hidrocarburo halogenado, o mezcla de los mismos. Algunos de estos gases pueden tener pesos moleculares mucho más altos que los gases atmosféricos comunes y, por lo tanto, proporcionar velocidades de efusión desde las composiciones significativamente menores, junto con otras ventajas. Ejemplos no limitativos de gases alternativos incluirían el propano, el Freón 115 y el Freón 318.

25 Las composiciones que efunden gas de la presente invención están formadas preferiblemente por materiales comestibles capaces de retener volúmenes útiles de gas presurizado durante períodos de tiempo predeterminados comprendidos de minutos a años, dependiendo de las propiedades físicas del ingrediente en forma de partículas, la presión y la composición del gas contenido en el mismo, la temperatura de almacenamiento y los métodos de envasado. Los métodos de procesamiento y envasado, incluido de forma opcional el envasado bajo gas presurizado, se pueden controlar fácilmente para proporcionar las composiciones que efunden gas de la presente invención o mezclas de las mismas, tales como mezclas de alimentos y bebidas instantáneas que contienen composiciones espumantes de la presente invención, que tienen una vida útil especialmente adecuada para diversas aplicaciones de productos. El procesamiento se puede realizar a gran escala, tal como en una instalación de fabricación, o en una escala más pequeña, tal como en una instalación de servicios de venta al por menor o de alimentación donde se va a consumir, vender o distribuir el producto.

35 El ingrediente en forma de partículas tiene una estructura amorfa y comprende al menos 60 %, con respecto a un peso total, incluida la humedad, de una leche desnatada en polvo (SMP) deshidratada por pulverización con gas inyectado de baja densidad. Como se utiliza en la presente memoria, los términos “leche desnatada en polvo” y “SMP” significan un ingrediente en forma de partículas que comprende leche desnatada (desgrasada) deshidratada; estos términos incluyen leche desnatada en polvo, leche deshidratada sin grasa (NFDM) en polvo, o combinaciones de las mismas. Los polvos de SMP y NFDM de forma típica tienen composiciones similares, pero pueden tener contenidos de proteína ligeramente diferentes ya que el primero debe tener al menos 34 %, en peso, de proteína y los últimos no están sometidos a regulación y de forma típica tienen 34-37 %, en peso, de proteína. Los términos SMP y NFDM se usan frecuentemente de modo intercambiable y cualquiera de los nombres pueden usarse, frecuentemente, para describir el mismo polvo. Los polvos de SMP y NFDM, tales como los utilizados en la presente invención, contienen de forma típica aproximadamente 1 %, en peso, de grasa láctea residual dispersada, pero el nivel exacto no es determinante y puede ser superior o inferior.

45 Como se utiliza en la presente, el término “baja densidad” significa un polvo que tiene una densidad volúmica aparente preferiblemente inferior a aproximadamente 350 kg/m<sup>3</sup> (inferior a aproximadamente 0,35 g/ml) más preferiblemente inferior a aproximadamente 300 kg/m<sup>3</sup> (inferior a aproximadamente 0,30 g/ml), con máxima preferencia inferior a aproximadamente 250 kg/m<sup>3</sup> (inferior a aproximadamente 0,25 g/ml) y, de forma opcional, inferior a aproximadamente 200 kg/m<sup>3</sup> (inferior a aproximadamente 0,20 g/ml). En la forma preferida, los ingredientes en forma de partículas deshidratados por pulverización con gas inyectado de baja densidad se formulan de modo que comprenden, con respecto a un peso total, incluida la humedad, preferiblemente, al menos 80 %, aún más preferiblemente al menos aproximadamente 90 % y, con máxima preferencia, aproximadamente 100 %, de SMP y/o NFDM. En la forma preferida, cualquier parte de un material en forma de partículas que no tenga 100 % de SMP y/o NFDM puede comprender

portadores de secado por pulverización de tipo carbohidrato opcionales (o agentes de carga), fuentes de proteína suplementaria, ingredientes funcionales, tensioactivos, agentes amortiguadores, y/o combinaciones de los mismos.

5 Los portadores de secado por pulverización de tipo carbohidrato opcionales adecuados que pueden utilizarse para formular las composiciones en forma de partículas incluyen, por ejemplo, aunque no de forma limitativa, alcoholes de azúcar, oligosacáridos, polisacáridos, productos de hidrólisis de almidón, gomas, fibras solubles, almidones modificados, celulosas modificadas, y mezclas de los mismos. Los azúcares adecuados incluyen glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa, manosa, trehalosa y maltosa. Los alcoholes polihídricos adecuados incluyen glicerol, propilenglicol, poligliceroles y polietilenglicoles. Los alcoholes de azúcar adecuados incluyen sorbitol, manitol, maltitol, lactitol, eritritol; y xilitol. Los productos de hidrólisis de almidón adecuados incluyen maltodextrinas, jarabes de glucosa, jarabes de maíz, jarabes de alto contenido en maltosa y jarabes con alto contenido de fructosa. Las gomas adecuadas incluyen goma xantano, alginatos, carragenanos, guar, goma gellan, goma de algarrobo y gomas hidrolizadas. Las fibras solubles adecuadas incluyen inulina, goma guar hidrolizada y polidextrosa. Los almidones modificados adecuados incluyen almidones modificados física o químicamente que son solubles o dispersables en agua. Las celulosas modificadas adecuadas incluyen metilcelulosa, carboximetilcelulosa e hidroxipropilmetilcelulosa.

20 Las fuentes de proteína suplementarias opcionales adecuadas que se pueden utilizar para formular las composiciones en forma de partículas incluyen, por ejemplo, proteínas lácteas, proteínas de soja, proteínas de huevo, gelatina, colágeno, proteínas de trigo y proteínas hidrolizadas. Las proteínas hidrolizadas adecuadas incluyen gelatina hidrolizada, colágeno hidrolizado, caseína hidrolizada, proteína de suero hidrolizada, proteína de leche hidrolizada, proteína de soja hidrolizada, proteína de huevo hidrolizada, proteína de trigo hidrolizada y aminoácidos.

25 Los ingredientes funcionales opcionales que pueden mejorar el procesamiento, valor nutricional, sabor o apariencia pueden usarse para formular las composiciones en forma de partículas, y pueden incluir, aunque no de forma limitativa, sales orgánicas e inorgánicas, tensioactivos, emulsionantes, sustancias fitoquímicas, aditivos nutricionales, agentes de flujo, edulcorantes artificiales, conservantes, colorantes y algunos sabores. Los lípidos incluyen, aunque no de forma limitativa, grasas, aceites, aceites hidrogenados, aceites interesterificados, fosfolípidos, ceras, esteroides, estanoles, terpenos y ácidos grasos derivados de fuentes vegetales, lácteas o animales.

30 Las composiciones en forma de partículas de la presente invención pueden prepararse mediante cualquier método eficaz para proporcionar una estructura en forma de partículas y una estructura de poro adecuadas con una pluralidad de huecos internos, directamente o indirectamente comunicados con la atmósfera y superficie de las partículas a través de conductos restrictivos, que pueden contener un volumen de gas presurizado durante un período de tiempo, preferiblemente superior a aproximadamente 1 día, más preferiblemente superior a aproximadamente 1 semana, aún más preferiblemente superior a aproximadamente 1 mes y, con máxima preferencia, superior a aproximadamente 1 año, cuando se almacena en un recipiente cerrado no herméticamente bajo presión ambiental.

40 En una forma preferida, para fabricar las composiciones en forma de partículas se utiliza la deshidratación por pulverización de soluciones acuosas con gas inyectado convencional. La deshidratación por pulverización de soluciones acuosas sin inyección de gas produce, de forma típica, composiciones en forma de partículas que tienen volúmenes de huecos internos relativamente pequeños. El secado por pulverización con gas inyectado puede realizarse dispersando gas o gas presurizado en una solución acuosa (preferiblemente para proporcionar una relación de aproximadamente 1-6, más preferiblemente de aproximadamente 2-4, litros de gas por kilogramo de sólidos secos disueltos en la solución acuosa y/o retirados del dispositivo de deshidratación por pulverización) utilizando cualquier método de dispersión de gas eficaz antes de su transporte al dispositivo de deshidratación por pulverización o durante la deshidratación por pulverización. En consecuencia, el gas puede inyectarse en un lote de solución acuosa, pero preferiblemente se inyecta continuamente en línea con mezclado u homogeneización antes de alcanzar el secador por pulverización. Alternativamente, pueden combinarse dos o más corrientes separadas de gas y solución acuosa ya sea dentro o a la salida de la boquilla o atomizador del dispositivo de deshidratación por pulverización. Las composiciones de gas, las relaciones de gas a solución, los métodos de inyección de gas, los caudales de gas y solución, las presiones de gas y solución, las temperaturas de solución y las temperaturas de entrada y salida del dispositivo de deshidratación por pulverización adecuados pueden ser fácilmente determinados por el experto en la técnica de deshidratación por pulverización de gas inyectado. Se prefiere el gas nitrógeno (N<sub>2</sub>), pero se puede utilizar cualquier otro gas de calidad alimentaria para la inyección de gas, incluido aire, dióxido de carbono, óxido nitroso, o mezclas de los mismos.

60 Las composiciones de SMP especialmente preferidas utilizadas para formar las composiciones efusoras de gas de la presente invención se fabrican utilizando deshidratación por pulverización mediante inyección de gas convencional. Estas composiciones en forma de partículas no contienen ningún gas presurizado después de la deshidratación por pulverización y funcionan solo como polvos espumantes de baja densidad convencionales en su forma nativa. De forma ventajosa, no se necesitan técnicas especiales para fabricar estas composiciones en forma de partículas preferidas, las cuales poseen, como el inventor de la presente invención ha descubierto inesperadamente, una estructura de poro especialmente adecuada para contener gas presurizado y permitir la fabricación de composiciones efusoras de gas de la presente invención.



- De forma opcional, las composiciones en forma de partículas de la presente invención pueden formularse utilizando uno o más tensioactivos para mejorar la formación de burbujas y la creación de huecos internos durante la deshidratación por pulverización. El uso de tensioactivos adecuados a niveles adecuados puede influir en el tamaño, número y volumen relativos de los huecos internos. Los tensioactivos adecuados incluyen agentes emulsionantes aprobados para alimentos, tales como polisorbatos, ésteres de sacarosa, estearoil lactilatos, monoglicéridos/diglicéridos, ésteres diacetiltartárico de monoglicéridos/diglicéridos y fosfolípidos. Además, algunos carbohidratos son tensioactivos, incluidos la goma arábiga, los alginatos de propilenglicol, y almidones alimentarios modificados lipofílicos, tales como almidones sustituidos con succinato de octenilo.
- De forma opcional, las composiciones en forma de partículas de la presente invención pueden formularse utilizando uno o más agentes amortiguadores para facilitar la deshidratación por pulverización y la reconstitución en líquido. El uso de agentes amortiguadores adecuados a niveles adecuados puede proporcionar volúmenes de huecos internos de partícula adecuados mejorando al mismo tiempo las propiedades de disolución en polvo y de espuma ligera del producto. Los agentes tamponadores preferidos utilizados en esta invención son sales de ácidos orgánicos o inorgánicos. Además de proporcionar las ventajas ya mencionadas, estos agentes tamponadores también mejoran la resistencia a la agregación de proteínas o la desnaturalización en determinadas aplicaciones de producto tales como las bebidas ácidas. Los agentes tamponadores más preferidos son sales de sodio y potasio de ácidos orgánicos. Los agentes tamponadores adecuados incluyen, aunque no de forma limitativa, sales de sodio, potasio, calcio y magnesio de ácido cítrico, málico, fumárico y fosfórico.
- Los polvos utilizados para fabricar las composiciones efusoras de gas de la presente invención tienen, preferiblemente, una densidad volúmica aparente y una densidad compactada en el intervalo de aproximadamente 100-400 kg/m<sup>3</sup> (aproximadamente 0,1-0,4 g/ml), más preferiblemente de aproximadamente 200-300 kg/m<sup>3</sup> (aproximadamente 0,2-0,3 g/ml), una densidad aparente preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 300-1100 kg/m<sup>3</sup> (aproximadamente 0,3-1,1 g/ml), más preferiblemente de aproximadamente 400-1000 kg/m<sup>3</sup> (aproximadamente 0,4-1,0 g/ml) y, con máxima preferencia, de aproximadamente 500-900 kg/m<sup>3</sup> (aproximadamente 0,5-0,9 g/ml), una densidad de material de aproximadamente 1200-1600 kg/m<sup>3</sup> (aproximadamente 1,2-1,6 g/ml), un volumen de huecos internos en el intervalo de aproximadamente 0,5-5,0 mUg, de forma típica de aproximadamente 1,0-4,0 mUg y, de forma más típica, de aproximadamente 2,0-3,0 cm<sup>3</sup>/g (aproximadamente 2,0-3,0 ml/g), un volumen aparente de hueco interno (AIVV) en el intervalo de de aproximadamente 0,2-3,0 mUg, de forma típica de aproximadamente 0,3-2,0 mUg y, de forma más típica, de aproximadamente 0,4-1,0 mUg, y % AIVV en el intervalo de aproximadamente 30-80 %, de forma típica de aproximadamente 35-70 % y, de forma más típica, de aproximadamente 40-60 %, antes de someterlos a presión externa de gas.
- los valores de volumen de hueco interno y los valores AIVV se obtienen mediante dos métodos diferentes utilizados para medir el volumen de la estructura de poro presente en las composiciones en forma de partículas. Estos dos métodos diferentes, cuando se usan juntos, facilitan un mejor conocimiento de la capacidad del material en forma de partículas para contener el gas presurizado y liberar el gas presurizado mediante el proceso de efusión molecular. Estos métodos se describen a continuación.
- Los polvos con volúmenes de hueco interno relativamente grandes son generalmente preferidos para su uso para fabricar las composiciones efusoras de gas de la presente invención debido a su mayor capacidad para contener gas. Los polvos que tienen conductos restrictivos en combinación con volúmenes de hueco interno relativamente grandes y un valor AIVV relativamente alto son especialmente preferidos debido a su mayor capacidad de retener gas y limitar la velocidad de pérdida de gas por efusión. El volumen de hueco interno es de forma adecuada al menos aproximadamente 0,5 cm<sup>3</sup>/g (aproximadamente 0,5 ml/g), preferiblemente al menos aproximadamente 1,0 cm<sup>3</sup>/g (aproximadamente 1,0 ml/g), más preferiblemente al menos aproximadamente 1,5 mUg y, con máxima preferencia, al menos aproximadamente 2,0 mUg. El AIVV es, adecuadamente, al menos aproximadamente 0,2 mUg, preferiblemente al menos aproximadamente 0,4 mUg, más preferiblemente al menos aproximadamente 0,6 mUg y, con máxima preferencia, al menos aproximadamente 0,8 cm<sup>3</sup>/g (al menos aproximadamente 0,8 ml/g). El porcentaje de AIVV (% AIVV) es, preferiblemente, al menos aproximadamente 30 %, más preferiblemente, al menos aproximadamente 40 % y, con máxima preferencia, al menos aproximadamente 50 %. Los polvos tienen, preferiblemente, una temperatura de transición vítrea (Tg) de entre aproximadamente 30-150 °C, preferiblemente de aproximadamente 35-125 °C y, más preferiblemente, de aproximadamente 40-100 °C. Los polvos tienen, preferiblemente, un contenido de humedad entre aproximadamente 0-15 %, preferiblemente de aproximadamente 1-10 % y, más preferiblemente, de aproximadamente 2-5 % y una actividad de agua de entre aproximadamente 0-0,5, preferiblemente de aproximadamente 0,05-0,4 y, más preferiblemente, de aproximadamente 0,1-0,3.
- Las composiciones en forma de partículas efusoras de gas de la presente invención preferiblemente contienen gas en huecos internos abiertos presentes en la estructura de poros presentes en las mismas, ya sea en el momento de su uso cuando se reconstituyen con un líquido, o inmediatamente después de la despresurización, a una presión de gas absoluta promedio de al menos aproximadamente 202,7 kPa (al menos aproximadamente 2 atm), más preferiblemente al menos aproximadamente 304 kPa (al menos aproximadamente 3 atm), con máxima preferencia al menos aproximadamente 405,3 kPa (al menos aproximadamente 4 atm) y, de forma opcional, al menos aproximadamente 506,6 kPa (al menos aproximadamente 5 atm) o superior. Dichas presiones de gas absolutas promedio mayores pueden incluir presiones de

hasta aproximadamente 1013,3 kPa, (hasta aproximadamente 10 atm), 2026,5 kPa, (20 atm), o incluso superiores, tales como hasta aproximadamente 5066,3 kPa (hasta aproximadamente 50 atm) (101.325 Pascal = 1 atm).

5 Los porcentajes son con respecto al peso de la composición espumante, salvo que se indique lo contrario. La densidad volúmica aparente ( $\text{kg/m}^3$  (g/ml)) se determina midiendo el volumen ( $\text{m}^3$  (ml)) que ocupa un determinado peso (g) de polvo cuando se vierte a través de un embudo a una probeta graduada. La densidad compactada ( $\text{kg/m}^3$  (g/ml)) se determina vertiendo el polvo a una probeta graduada, haciendo vibrar la probeta hasta que el polvo se deposita alcanzando su volumen más bajo, registrando el volumen, pesando el producto, y dividiendo el peso por el volumen. La densidad aparente ( $\text{kg/m}^3$  (g/ml)) se determina midiendo el volumen de una cantidad de polvo pesada utilizando un picnómetro de helio (Micromeritics AccuPyc 1330) y dividiendo el peso por el volumen.

15 La densidad aparente es una medida de la densidad que incluye el volumen de los huecos presentes en las partículas que no están comunicados con la atmósfera, tales como los huecos internos cerrados. La densidad aparente también incluye el volumen de los huecos presentes en las partículas que están comunicados con la atmósfera, pero que son inaccesibles a la penetración por helio de presión bastante baja (inferior a aproximadamente 138 kPa - 20 psi de presión manométrica) utilizada por el picnómetro durante el tiempo de análisis bastante corto. Dichos huecos, que son abiertos e inaccesibles a la penetración durante el análisis de picnometría, incluyen al menos una parte de conductos restrictivos y al menos una parte de huecos internos comunicados con la atmósfera, directa o indirectamente, a través de conductos restrictivos. La densidad aparente excluye el volumen intersticial entre las partículas y el volumen de los huecos presentes en las partículas que están abiertas a la atmósfera y son accesibles a la penetración de helio durante el análisis de picnometría.

25 El volumen total de huecos internos y aberturas no comunicadas con la atmósfera y/o inaccesibles a la penetración del gas helio durante el análisis de picnometría, denominados en la presente memoria "huecos internos oclusivos", se puede obtener también midiendo la densidad aparente del polvo tras la reconstitución del polvo en agua, congelando y liofilizando la solución, y moliendo el polvo liofilizado con mortero para retirar, o abrir a la atmósfera, todos los huecos cerrados o inaccesibles originalmente presentes en el polvo. Este tipo de densidad aparente, denominada en la presente memoria "densidad de material" ( $\text{kg/m}^3$  (g/ml)) es la densidad real de únicamente la materia sólida que comprende el polvo.

30 Volumen de hueco interno aparente (AIVV), el volumen de huecos internos ocluidos contenidos en las partículas puede determinarse sustrayendo la densidad de material recíproca ( $\text{kg/m}^3$  (ml/g)) de la densidad aparente recíproca ( $\text{kg/m}^3$  (ml/g)). El porcentaje de AIVV, el porcentaje de volumen de huecos internos ocluidos contenidos en las partículas, se determina sustrayendo la densidad de material recíproca ( $\text{kg/m}^3$  (ml/g)) de la densidad aparente recíproca (mUg) y luego multiplicando el resultado por la densidad aparente ( $\text{kg/m}^3$  (ml/g)) y 100 %.

35 El volumen de los huecos internos ( $\text{cm}^3/\text{g}$  (ml/g)) puede determinarse midiendo el volumen ( $\text{cm}^3/\text{g}$  (ml/g)) de mercurio líquido que penetra una cantidad pesada (g) de material en forma de partículas bajo presión de mercurio aplicada que aumenta de aproximadamente 0 a 4137 kPa (de 0 a 60.000 psi de presión manométrica) utilizando un porosímetro de mercurio (Micromeritics AutoPore III) y dividiendo el volumen de mercurio introducido por el peso del material en forma de partículas. El método proporciona distribuciones del diámetro, área y volumen de la estructura de poro en forma de partículas y confirma la presencia de huecos internos, aberturas y conductos restrictivos comunicados, directa o indirectamente, con la atmósfera. Este método se utiliza comúnmente para relacionar las presiones de penetración de mercurio con los diámetros y los volúmenes de poro de polvo mediante el uso de relaciones matemáticas estándar y suposiciones incorporadas en el software utilizado por el instrumento. A medida que la presión aplicada aumenta, el mercurio no humectante penetra progresivamente poros más pequeños hasta que se llena el poro de diámetro más pequeño (3 nm o 30 Å) que pueda penetrarse a 4137 kPa (60.000 psi). El diámetro, área y volumen de poro correspondientes se calculan suponiendo una sección transversal cilíndrica de poro. Cada dosis de mercurio suministrada a presión creciente proporciona un nuevo diámetro de poro y un volumen de poro diferencial correspondiente centrado en el diámetro medio de poro entre dosis sucesivas.

50 De forma opcional, los poros más pequeños pueden medirse utilizando un porosímetro de mercurio que proporciona un límite mayor de presión superior o utilizando un analizador de adsorción de gas nitrógeno (Micromeritics Gemini). El método de adsorción del nitrógeno se puede usar para medir el diámetro de poro, el área y las distribuciones de volumen de "microporos" (es decir, poros con diámetros inferiores a aproximadamente 2 nm) y "mesoporos" (es decir, poros con diámetros de entre aproximadamente 2-50 nm) presentes en la estructura de poro del ingrediente en forma de partículas y para confirmar la presencia de conductos restrictivos que tienen diámetros dentro de estos intervalos. Este método se utiliza comúnmente para medir la superficie específica de los polvos y relacionar la cantidad de gas nitrógeno adsorbido físicamente sobre la superficie de los polvos, en el punto de ebullición (- 196 °C) del nitrógeno líquido, bajo "presiones parciales" de gas aplicadas que aumentan de una presión de aproximadamente 0 (vacío) a aproximadamente 101,3 kilopascals (aproximadamente 1 atmósfera) (absoluta), utilizando relaciones matemáticas estándar y suposiciones incluidas en el software utilizado por el instrumento. A medida que aumenta la presión del gas aplicada, el nitrógeno se adsorbe progresivamente sobre la superficie de poros más grandes, mientras se llenan los microporos y mesoporos con la adsorción de múltiples capas de moléculas de nitrógeno. El diámetro, área y volumen de poro correspondientes se calculan suponiendo una sección transversal cilíndrica de poro. Cada dosis de gas de nitrógeno suministrada a presión parcial creciente proporciona un nuevo diámetro de poro y un área y volumen de poro diferencial centrados alrededor del diámetro medio de poro entre dosis sucesivas. El diámetro

medio de poro es el promedio matemático de los diámetros de poro calculados inferior y superior que corresponden a las presiones parciales de gas de nitrógeno inferior y superior suministradas en dosis sucesivas. La presión parcial más baja utilizada para analizar las composiciones en forma de partículas de la presente invención fue de aproximadamente 0,101 kilopascales (0,001 atmósferas), lo que en teoría corresponde a un diámetro de poro de aproximadamente 0,45 nm (4,5 Å). Esto es solo ligeramente mayor que la menor dimensión molecular más ampliamente aceptada de 0,35 nm (3,5 Å) de gas nitrógeno. Aunque existe la controversia entre los profesionales del análisis de adsorción de gas acerca de si puede utilizarse esta técnica para cuantificar con precisión los diámetros de poro inferiores a aproximadamente 1,7 nm (aproximadamente 17 Å) utilizando relaciones matemáticas y supuestos establecidos, se ha descubierto, no obstante, que la información proporcionada por este método es útil para caracterizar las composiciones de la presente invención.

La temperatura de transición vítrea marca un cambio de fase de segundo orden caracterizado por la transformación de una composición en polvo de un estado sólido en forma de partículas vítreo rígido a un estado sólido en forma de partículas gomoso ablandado. En general, las solubilidades y las velocidades de difusión del gas dentro de la fase sólida de las composiciones en forma de partículas son de forma típica significativas solo en materiales que se encuentran a la temperatura de transición vítrea o por encima de esta. La temperatura de transición vítrea depende de la composición química y del nivel de humedad y, en general, la reducción del peso molecular promedio y/o el aumento de la humedad reducirá la temperatura de transición vítrea. La temperatura de transición vítrea puede elevarse intencionalmente o disminuirse simplemente disminuyendo o aumentando, respectivamente, el contenido de humedad del polvo usando cualquier método adecuado conocido por el experto en la técnica. La temperatura de transición vítrea puede medirse utilizando técnicas de calorimetría de barrido diferencial (DSC) o de análisis mecánico térmico (TMA).

Según otro aspecto de la invención, las composiciones efusoras de gas descritas en la presente memoria se fabrican preferiblemente según un método que comprende poner en contacto un ingrediente en forma de partículas deshidratada por pulverización, con gas inyectado, soluble, que comprende partículas que tienen una superficie externa, una pluralidad de huecos internos dentro de las partículas, y una pluralidad de conductos de diámetro restrictivo dentro de las partículas con el gas comestible a una primera presión alta, de modo que el gas comestible pasa a través de los conductos de diámetro restrictivo de la superficie externa a los huecos internos para proporcionar partículas en las que los huecos internos contienen el gas comestible a la segunda presión alta, y permitir a continuación que el gas comestible contenido en los huecos internos a la segunda presión alta escape de manera lenta y controlada desde los huecos internos a través de los conductos restrictivos cuando las partículas se retiran del contacto con el gas a la primera presión alta, en donde la segunda presión alta es igual o inferior a la primera presión alta pero es superior a la presión ambiental. Esto se puede lograr, por ejemplo, mediante sellado de un polvo secado por pulverización con gas inyectado que tiene una estructura de partículas adecuada en un recipiente adecuado, presurizando el recipiente con gas comprimido durante un período de tiempo eficaz para llenar los huecos internos de las partículas con gas presurizado y liberando la presión en el recipiente para recuperar la composición efusora de gas. El método preferido es realizar la presurización y la despresurización con gas del polvo en el recipiente de presión a temperatura ambiente sin calentamiento o enfriamiento externo. La temperatura del polvo permanece por debajo de la temperatura de transición vítrea durante las etapas de presurización y despresurización. Según este método, las composiciones efusoras de gas se pueden producir por lotes o en continuo utilizando cualquier medio adecuado.

En una forma preferida, la composición en forma de partículas comprende una leche desnatada en polvo (SMP) deshidratada por pulverización con gas inyectado de baja densidad que tiene una estructura amorfa. Preferiblemente, la presión dentro del recipiente de presión está en el intervalo de 689-34.473 kPa, más preferiblemente 3447-20.684 kPa y, con máxima preferencia, 6894-13.789 kPa (100-5000 psi, más preferiblemente 500-3000 psi y, con máxima preferencia, 1000-2000 psi). Se prefiere el uso de gas nitrógeno (N<sub>2</sub>), pero se puede utilizar cualquier otro gas de calidad alimentaria para presurizar el recipiente, incluido aire, dióxido de carbono, óxido nitroso, argón, oxígeno, helio, hidrógeno, o mezclas de los mismos.

La cantidad de tiempo necesario para llenar los huecos internos abiertos en las partículas que comprenden un polvo con gas presurizado depende de la presión de gas y la composición de gas utilizada y puede ser determinada fácilmente por los expertos en la técnica. De forma típica, el tiempo de presurización del gas es de al menos aproximadamente 1 minuto y, preferiblemente, de al menos aproximadamente 5, pero puede ser de hasta muchas horas o días, especialmente cuando se utilizan presiones de gas relativamente bajas. En algunos casos, pueden transcurrir semanas hasta que los huecos internos abiertos en las partículas se llenan completamente con gas presurizado. El relleno lento se puede diseñar de forma ventajosa intencionalmente en un proceso, tal como en aplicaciones de producto donde el polvo, o una mezcla que contiene el polvo, se envasa en una atmósfera de gas algo o moderadamente presurizado y luego se envía a través de almacenes o canales de distribución de producto antes de llegar poco después al consumidor. El contenido de gas contenido en polvo y la capacidad de formación de espuma resultante aumentan, generalmente, con el tiempo de procesamiento y la presión de gas.

De forma ventajosa, las composiciones efusoras de gas de la presente invención son capaces de suministrar volúmenes de gas comparables a composiciones espumantes convencionales que contienen gas presurizado atrapado en poros cerrados o huecos internos sellados con un coste significativamente menor y una velocidad de procesamiento mayor debido a que no es necesario calentar y enfriar el material en forma de partículas. El calentamiento y el enfriamiento de las composiciones en forma de partículas bajo gas presurizado requieren, de forma típica, el uso de equipos especializados,

más costosos, prolongan los tiempos de procesamiento necesarios y pueden causar de forma no deseada una aglomeración del polvo, cambio de sabor o color, y contaminación del equipo. Las composiciones efusoras de gas de la presente invención son también capaces de mejorar la cualidad lechosa percibida por el consumidor y la estabilidad de espuma ligera de los productos que incorporan las composiciones en relación con el uso de composiciones comerciales formadoras de espuma que no contienen proteína que contienen gas presurizado atrapado.

Las composiciones efusoras de gas de la presente invención son capaces de suministrar mayores volúmenes de gas que los polvos espumantes a presión atmosférica deshidratados por pulverización con gas inyectado convencionales. Dichos polvos espumantes a presión atmosférica deshidratados por pulverización con gas inyectado convencionales de forma típica tienen una densidad volúmica aparente de aproximadamente  $100\text{-}300\text{ kg/m}^3$  (entre aproximadamente  $0,1\text{-}0,3\text{ g/ml}$ ) y un contenido de gas comprendido entre  $2\text{-}5\text{ cm}^3$  por gramo (entre aproximadamente  $2\text{-}5\text{ ml}$  por gramo) de polvo espumante. Por el contrario, las composiciones efusoras de gas de la presente invención, que tienen una densidad volúmica aparente similar a la de los polvos espumantes a presión atmosférica, tienen contenidos de gas en el momento de su uso cuando se reconstituyen con un líquido, preferiblemente de al menos aproximadamente  $8\text{ cm}^3$  (al menos aproximadamente  $8\text{ ml}$ ), más preferiblemente al menos aproximadamente  $12\text{ cm}^3$  (al menos aproximadamente  $12\text{ ml}$ ) y, con máxima preferencia, al menos aproximadamente  $16\text{ cm}^3$ , por gramo (al menos aproximadamente  $16\text{ ml}$ , por gramo) de composición efusora de gas. Si se desea, el contenido de gas de las composiciones efusoras de gas, en el momento de uso cuando se reconstituyen con un líquido, se puede aumentar de forma opcional aún más, por ejemplo, hasta aproximadamente  $30\text{ cm}^3$  (hasta aproximadamente  $30\text{ ml}$ ), posiblemente hasta aproximadamente  $40\text{ cm}^3$  (hasta aproximadamente  $40\text{ ml}$ ), o posiblemente incluso hasta aproximadamente  $50\text{ cm}^3$ , o más, por gramo (hasta aproximadamente  $50\text{ ml}$ , o más, por gramo) de composición efusora de gas.

Pueden proporcionarse contenidos de gas mayores, por ejemplo, utilizando presiones de gas más altas, tiempos de presurización de gas más prolongados, gases de mayor peso molecular, almacenamiento a presiones de gas más altas o temperaturas inferiores, o cualquier combinación de los anteriores, según los métodos de la presente invención. Sin embargo, los aumentos en el contenido de gas a más de aproximadamente  $30\text{ cm}^3$  por gramo (aproximadamente  $30\text{ ml}$  por gramo) de composición efusora de gas pueden proporcionar celdas de espuma de un tamaño mayor del deseado, cuando se reconstituye con un líquido en algunas aplicaciones de producto, debido a la mayor expansión relativa del gas presurizado liberado en líquidos. Por lo tanto, en algunas aplicaciones, puede ser preferible utilizar un mayor peso de una composición efusora de gas que tiene un menor contenido de gas. El contenido de gas, peso, composición de gas y condiciones de almacenamiento adecuadas para aplicaciones de producto individuales se pueden determinar fácilmente mediante métodos conocidos por los expertos en la técnica.

Debido a sus contenidos de gas mucho mayores, las composiciones efusoras de gas de la presente invención son capaces de suministrar volúmenes de gas mucho mayores que los polvos espumantes a presión atmosférica deshidratados por pulverización con gas inyectado convencionales. Por ejemplo, en bebidas calientes tales como las mezclas de capuchino instantáneo reconstituido, los polvos espumantes a presión atmosférica deshidratados por pulverización con gas inyectado convencionales proporcionan, de forma típica, volúmenes de espuma comprendidos entre aproximadamente  $2\text{-}6\text{ cm}^3$  por gramo (entre aproximadamente  $2\text{-}6\text{ ml}$  por gramo) de polvo espumante. En cambio, en dichas aplicaciones de bebida caliente, y en general, las composiciones efusoras de gas de la presente invención preferiblemente proporcionan volúmenes de espuma de al menos aproximadamente  $12\text{ cm}^3$  (al menos aproximadamente  $12\text{ ml}$ ), más preferiblemente al menos aproximadamente  $18\text{ cm}^3$  (al menos aproximadamente  $18\text{ ml}$ ) y, con máxima preferencia, al menos aproximadamente  $25\text{ cm}^3$ , por gramo (al menos aproximadamente  $24\text{ ml}$ , por gramo) de composición efusora de gas. Si se desea, los volúmenes de espuma proporcionados, en el momento del uso cuando se reconstituyen con un líquido, pueden aumentarse de forma opcional, hasta alcanzar  $70\text{ cm}^3$ , o más, por gramo (hasta llegar a  $70\text{ ml}$ , o más, por gramo) de composición efusora de gas. Dichos volúmenes de espuma aumentados pueden proporcionarse utilizando composiciones efusoras de gas que tienen mayores contenidos de gas.

El contenido de gas se puede determinar colocando un peso conocido de polvo espumante a presión atmosférica o de composición efusora de gas, solo o junto con ingredientes que no produzcan una cantidad significativa de espuma o produzcan una cantidad de espuma conocida, en un vaso de precipitado de  $250\text{ ml}$  de un diámetro interno de  $65\text{ mm}$  ( $6,5\text{ cm}$ ), añadiendo  $150\text{ ml}$  de agua a una temperatura de  $88\text{ }^\circ\text{C}$ , agitando para disolver, y midiendo la altura inicial de la espuma contra la pared del vaso de precipitado con una regla milimétrica. La fracción de volumen de gas presente en la espuma se puede determinar colocando una muestra de espuma en una probeta graduada, dividiendo el peso medido ( $\text{g}$ ) por el volumen medido ( $\text{ml}$ ) para obtener la densidad de espuma ( $\text{kg/m}^3$  ( $\text{g/ml}$ )), dividiendo la densidad de espuma por la densidad medida ( $\text{kg/m}^3$  ( $\text{g/ml}$ )) de la solución (obtenida pesando un volumen de solución conocido después de disiparse la espuma), y sustrayendo el resultado de  $1,0$ . En la práctica, la densidad de la solución es muy próxima a la del agua, y dividir la densidad de la espuma por la densidad de la solución principalmente sirve para hacer adimensional la fracción volumétrica de gas. La fracción volumétrica de gas es de forma típica de aproximadamente  $0,8$  para la espuma proporcionada por los productos de capuchino calientes, pero puede ser ligeramente superior o inferior. El volumen de espuma ( $\text{ml}$  o  $\text{cm}^3$ ) puede determinarse multiplicando la altura inicial de la espuma ( $\text{cm}$ ) por el área en sección transversal cilíndrica del vaso de precipitado ( $\text{cm}^2$ ). El volumen de espuma se multiplica entonces por la fracción volumétrica de gas para obtener el volumen de gas en la altura de espuma inicial medida. Ese volumen de gas, que corresponde a la temperatura medida de la solución (generalmente aproximadamente  $75\text{ }^\circ\text{C}$  para el capuchino caliente), se corrige entonces hacia abajo, usando la ecuación de los gases ideales, en correspondencia con el volumen equivalente de gas a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Esto implica la

multiplicación del volumen de gas por la relación de temperatura menor a mayor, en unidades Kelvin (K). Por ejemplo, para corregir de 75 °C a 25 °C, el volumen de gas se multiplica por 298 K/348 K. El volumen de gas resultante (ml) se divide entonces por el peso del polvo (g) para obtener el contenido de gas (mUg) del polvo. Si una mezcla contiene un ingrediente que aumenta significativamente la altura de la espuma de la bebida, su contribución se resta de la del polvo antes de registrar el contenido de gas. Si la composición contiene algún ingrediente que tiene un efecto desestabilizante significativo en la espuma, esta fórmula proporcionaría un valor erróneamente bajo.

Las composiciones efusoras de gas de la presente invención preferiblemente proporcionan al menos aproximadamente tres veces y, más preferiblemente, al menos aproximadamente cuatro veces, el contenido de gas y los volúmenes de espuma suministrados del ingrediente en forma de partículas original ya sea en el momento de su uso cuando se reconstituye con un líquido o inmediatamente después de la despresurización. De forma opcional, la presurización se puede llevar a cabo en condiciones según los métodos de la presente invención, para proporcionar incluso mayores incrementos en el contenido de gas y el volumen de espuma suministrado, de hasta aproximadamente cinco veces o más. Antes de la presente invención, dichos incrementos en el contenido de gas y el volumen de espuma suministrado solo podían lograrse utilizando métodos prolongados y costosos que hacen necesario el calentamiento del material en forma de partículas a una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) del material en forma de partículas amorfo (y a continuación enfriar a temperatura inferior a la  $T_g$ ) a una presión de gas aplicada eficaz para atrapar gas presurizado en huecos internos sellados o poros cerrados presentes en el mismo.

Cuando la altura de la espuma ligera de la bebida, la altura de espuma ligera diferencial, el contenido de gas de la composición, o el volumen de espuma suministrado se representan frente al tiempo de almacenamiento de la composición efusora de gas que comienza después de la despresurización, la velocidad de disminución en estos atributos generalmente seguirá una ecuación de línea recta que tiene la forma  $y = A \log x + B$ , donde  $y$  es cualquiera de las propiedades mencionadas,  $\log x$  es el logaritmo ( $\log$  o  $\ln$ ) del tiempo de almacenamiento  $x$ , y  $A$  (pendiente) y  $B$  (intersección con el eje  $Y$ ) son constantes determinadas experimentalmente que son específicas para la composición en forma de partículas utilizada para obtener la composición efusora de gas. Una ventaja de la identificación y uso de tal ecuación es que la velocidad de efusión de gas puede obtenerse experimentalmente midiendo la velocidad de disminución de cualquiera de las propiedades mencionadas en un período de tiempo de almacenamiento relativamente corto, tal como horas o días, y la información obtenida puede utilizarse para predecir un período de validez útil o el tiempo en el que la composición alcanza equilibrio con la atmósfera circundante, tal como podría producirse semanas, meses o años más tarde. Por ejemplo, la ecuación de línea recta mencionada puede obtenerse experimentalmente, junto con los valores  $A$  y  $B$ , para proporcionar la velocidad de disminución de la altura de espuma ligera diferencial de la bebida, correspondiente a la velocidad de efusión, durante un período de varios días. La ecuación se puede resolver matemáticamente, por ejemplo, haciendo y igual a cero (sin variación de la altura de espuma ligera) para predecir el tiempo,  $x$ , en el que la composición alcanza el equilibrio con la atmósfera circundante, correspondiente a la duración de la fusión. La ecuación se puede resolver para cualquier otro momento,  $x$ , de interés para predecir la altura de espuma ligera diferencial de la bebida en ese momento, y la correspondiente velocidad de efusión. Las predicciones pueden realizarse utilizando tal ecuación tanto si la atmósfera circundante es presión atmosférica ambiental o un gas presurizado, tal como podría aplicarse a una composición que se almacena en un envase presurizado.

Por tanto, el método de la presente invención puede proporcionar numerosas ventajas de procesamiento sobre los métodos convencionales de contenidos de gas crecientes y volúmenes de espuma suministrada de ingredientes en forma de partículas amorfos. Otra ventaja de la presente invención es que las composiciones espumantes efusoras de gas se pueden recargar convenientemente con gas presurizado, si se desea, después de algún período de tiempo o almacenamiento, para aumentar su contenido de gas y volúmenes de espuma suministrados. Una ventaja adicional de la presente invención es que el uso de gases diferentes puede proporcionar las composiciones efusoras de gas que tienen diferentes contenidos de gas y diferentes velocidades de efusión de gas.

De forma ventajosa, las composiciones efusoras de gas se pueden utilizar inmediatamente, solas o como ingredientes para formular productos alimenticios, y de forma opcional pueden envasarse bajo presión para proporcionar un período de validez útil para la distribución comercial. Los ingredientes en forma de partículas adecuados usados con esta invención pueden obtenerse en el mercado, cargar de manera fácil y rápida con gas presurizado antes de la distribución o cargar a pedido por un cliente de la industria alimentaria, a temperatura ambiente utilizando equipos disponibles o dispositivos portátiles.

El uso preferido de estas composiciones espumantes efusoras de gases es en mezclas de bebidas solubles, en particular mezclas de café instantáneo y capuchino. Sin embargo, pueden utilizarse en cualquier producto alimenticio instantáneo que se rehidrate con líquido. Aunque estas composiciones espumantes de forma típica se disuelven bien en líquidos fríos para producir espuma ligera, la disolución y la capacidad de formación de espuma generalmente se mejoran mediante reconstitución en líquidos calientes. Las aplicaciones pueden incluir, por ejemplo, bebidas instantáneas, postres, polvos de queso, cereales, sopas, polvos para aderezos, salsas y otros productos.

## Ejemplos

Los ejemplos de la presente memoria ilustran adicionalmente diversas características de la invención, pero no limitan de modo alguno el ámbito de la invención como se expone en las reivindicaciones adjuntas. Salvo que se indique lo contrario, todos los porcentajes y relaciones son en peso.

Los siguientes ejemplos de trabajo demuestran la utilidad de las composiciones efusoras de gas de la presente invención para aumentar de forma significativa los volúmenes de espuma ligera o esponjamientos que se pueden obtener de productos alimenticios tales como capuchino caliente y mezclas de cacao instantáneo, mezclas de aderezo de postre frío instantáneo, cafés percolados blanqueados, mezclas de sopa espumantes, productos de cereal, mezclas de postre, mezclas de salsa, batidos, y similares.

### Ejemplo 1

Se preparó una composición efusora de gas a partir de una leche desnatada en polvo (SMP) deshidratada por pulverización con gas inyectado, de baja densidad, comercializada (Lote 1) (Diehl Foods; Defiance, Ohio; polvo de NFDM de marca Cacao Riche LD) que tiene una estructura amorfa, una temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) de 44 °C, y una pluralidad de huecos internos. Se colocó una muestra de 6,0 g de la SMP en un recipiente de presión de acero inoxidable de 75 ml (probeta de muestreo de gas Whitey; a una presión máxima de 12.411 kPa (1800 psi), que luego se presurizó a 6894 kPa (1000 psi) con gas nitrógeno a 25 °C. El recipiente se selló cerrando una válvula que conecta el recipiente a la fuente de gas de nitrógeno. El recipiente se mantuvo durante 5 minutos y, después, se despresurizó purgando para obtener la composición de SMP efusora de gas.

Antes de la presurización, la SMP tenía una densidad volúmica aparente de 220 kg/m<sup>3</sup> (0,22 g/ml), una densidad compactada de 310 kg/m<sup>3</sup> (0,31 g/ml), una densidad de material de 1440 kg/m<sup>3</sup> (1,44 g/ml), una densidad aparente de 630 kg/m<sup>3</sup> (0,63 g/ml), un volumen de hueco interno de 2,88 cm<sup>3</sup>/g (2,88 ml/g), un volumen de hueco interno aparente (AIVV) de 0,89 mUg (56 % AIVV en volumen). Por tanto, el volumen de hueco interno medido antes de la presurización fue 1,99 mUg más grande (es decir, 3,2 veces más grande) que el AIVV. Después de la presurización, la SMP tuvo una densidad aparente de 700 kg/m<sup>3</sup> (0,70 g/ml) y un AIVV de 0,73 mUg (51 % de AIVV por volumen).

Se preparó una mezcla de capuchino (Muestra 1a) añadiendo 5,5 g de esta composición de SMS efusora de gas a 2,0 g de polvo de café soluble, 4,0 g de azúcar y 2,5 g de polvo blanqueador de café de alta densidad, no espumante, con 50 % de grasa. Se preparó una mezcla de capuchino de comparación (Muestra 1b) según la fórmula anterior, pero sustituyendo la composición de SMP efusora de gas por una SMP no tratada (Lote 1). Cada mezcla se reconstituyó cinco minutos después de la despresurización con 150 ml de agua a 88 °C en un vaso de precipitado de 250 ml que tiene un diámetro interno de 65 mm. Se descubrió que la adición de la composición de SMP efusora de gas aumenta en gran medida la altura de espuma ligera de la bebida inicial en comparación con la mezcla de capuchino con la SMP no tratada. Más específicamente, la Muestra 1a, la mezcla de capuchino que contiene la composición de SMS efusora de gas, tenía una altura de espuma ligera de 39 mm, mientras que la Muestra 1b, la mezcla de capuchino que contiene la SMP no tratada, tenía una altura de espuma ligera de solo 10 mm.

En consecuencia, el contenido de gas de la composición de SMP efusora de gas, en el momento de la reconstitución, era de aproximadamente 16 mUg mientras que el de la SMP no tratada era solo de aproximadamente 4 mUg. El volumen de espuma suministrado de la composición de SMP efusora de gas, en el momento de la reconstitución, era de aproximadamente 23 cm<sup>3</sup>/g (aproximadamente 23 ml/g) mientras que el de la SMP no tratada era solo de aproximadamente 6 mUg. Por lo tanto, se puede observar que el método de la presente invención proporcionó aproximadamente cuatro veces el contenido de gas y el volumen de espuma suministrado en esta aplicación.

Se prepararon mezclas de capuchino adicionales (Muestras 1c - 1q) según la fórmula de la Muestra 1a y se almacenaron durante períodos de tiempo variables a temperatura ambiente en frascos de vidrio cerrados, que se sellaron con tapas de rosca metálicas con junta (es decir, no selladas herméticamente). Cuando las mezclas se reconstituyeron con agua caliente como se ha descrito anteriormente, las alturas iniciales de la espuma ligera de la bebida disminuyeron en función de la duración del tiempo que se almacenó la mezcla. Más específicamente, como se ilustra en la Fig. 1, se observó una reducción generalmente logarítmica (coeficiente de correlación 0,99) en las alturas iniciales de la espuma ligera de la bebida en función del tiempo de almacenamiento de la mezcla. Los datos experimentales se resumen más adelante en la Tabla 1.

Las alturas de espuma ligera diferenciales de la bebida inicial se calcularon sustrayendo la altura inicial de espuma ligera de la bebida de la mezcla de capuchino formulada con la SMP no tratada (Muestra 1b) de las alturas de espuma ligera de bebida iniciales de las mezclas de capuchino almacenadas formuladas con la composición de SMP efusora de gas. Como se puede observar en la Fig. 2, representando las alturas diferenciales de espuma ligera inicial en función del logaritmo natural (Ln) del tiempo de almacenamiento de mezcla se obtiene una línea recta (coeficiente de correlación 0,99) que tiene una pendiente (A) de - 2,2323 y una intersección (B) con el eje Y de 31,54. La extrapolación de la línea a una altura diferencial de espuma ligera cero (haciendo que y sea igual a cero y resolviendo la ecuación de línea recta) permite predecir la necesidad de un tiempo de almacenamiento de aproximadamente 950 días para que todo el gas presurizado contenido dentro de la estructura de poro de la composición de SMP efusora de gas se

equilibre (es decir, disminuya a una presión de 101,3 kPa (1 atm)) con la atmósfera circundante. Incluso una vez comprendido el mecanismo de efusión de gas que rige el comportamiento de las composiciones de la presente invención, esto constituye un resultado sorprendente, considerando que la SMP se puso en contacto con gas presurizado durante solo cinco minutos durante la carga del gas. Si el mecanismo subyacente de funcionamiento no se hubiera dilucidado y modelado matemáticamente durante el desarrollo de la presente invención, dicho resultado sería difícil de creer. El volumen de gas que sería efundido desde la composición de SMP efusora de gas durante el período de almacenamiento de entre 0,0021 días (primer punto de datos) y 950 días se puede obtener sustrayendo el contenido de gas de la SMP no tratada (aproximadamente 4 mUg) del contenido de gas de la SMP tratada (aproximadamente 16 mUg) a 0,0021 días. La velocidad de efusión de la SMP tratada sería por lo tanto de aproximadamente 12 mUg por 950 días, o de aproximadamente 0,013 cm<sup>3</sup> gas/g/día (aproximadamente 0,013 ml de gas/g/día). Si la velocidad de efusión se calcula para cualquier instante previo al tiempo de almacenamiento de 950 días, se obtiene un valor mayor, ya que la velocidad inicial de efusión es muy alta y se reduce, generalmente, de manera exponencial con el tiempo.

Tabla 1: Tiempo de almacenamiento de capuchino y alturas de espuma ligera iniciales de la bebida

Muestra	Tiempo de almacenamiento (días)	Altura de espuma ligera inicial (mm)	Altura diferencial de espuma ligera inicial (mm)	Ln tiempo de almacenamiento (Ln min)
1c	0,0021	39	29	1,099
1d	0,0035	37	27	1,609
1e	0,0059	36	26	2,140
1f	0,0208	34	24	3,401
1g	0,0521	33	23	4,317
1h	0,2083	30	20	5,704
1i	0,833	27	17	7,090
1j	3,833	23	13	8,616
1k	8,125	20	10	9,367
1l	21,08	17,5	7,5	10,321
1m	33,94	16	6	10,797
1n	83,04	15	5	11,692
1o	259	13	3	12,829
1p	479	12	2	13,444
1q	731	11	1	13,867
<b>Punto final de equilibrio predicho por la línea de tendencias de la Fig. 2</b>				

(continuación)

Muestra	Tiempo de almacenamiento (días)	Altura de espuma ligera inicial (mm)	Altura diferencial de espuma ligera inicial (mm)	Ln tiempo de almacenamiento (Ln min)
	950	10	0	14,129

Ejemplo 2

Se presurizaron lotes adicionales (Lotes 2 y 3) de la SMP comercializada del Ejemplo 1 utilizando el método del Ejemplo 1. Antes de la presurización, la SMP del Lote 2 tenía una densidad volúmica aparente de 230 kg/m<sup>3</sup> (0,23 g/ml), una densidad compactada de 320 kg/m<sup>3</sup> (0,32 g/ml), una densidad de material de 1440 kg/m<sup>3</sup> (1,44 g/ml), una densidad aparente de 870 kg/m<sup>3</sup> (0,87 g/ml), un volumen de hueco interno de 2,82 mUg, y un AIVV de 0,45 mUg (40 % en volumen). Por lo tanto, el volumen de hueco interno medido antes de la presurización fue 1,95 mUg más grande (es decir, 3,2 veces más grande) que el AIVV. Después de la presurización, la SMP del Lote 2 tenía una densidad aparente de 1060 kg/m<sup>3</sup> (1,06 g/ml) y una AIVV de 0,25 mUg (26 % en volumen). Antes de la presurización, la SMP del Lote 3 tenía una densidad volúmica aparente de 240 kg/m<sup>3</sup> (0,24 g/ml), una densidad compactada de 330 kg/m<sup>3</sup> (0,33 g/ml), una densidad de material de 1440 kg/m<sup>3</sup> (1,44 g/ml), una densidad aparente de 720 kg/m<sup>3</sup> (0,72 g/ml), un volumen de hueco interno de 2,64 mUg y un AIVV de 0,69 mUg (50 % en volumen). Por tanto, el volumen de hueco interno medido antes de la presurización fue 2,57 mUg más grande (es decir, 3,8 veces más grande) que el AIVV. Tras la presurización, la SMP del Lote 3 tenía una densidad aparente de 800 kg/m<sup>3</sup> (0,80 g/ml) y un AIVV de 0,56 mUg (44 % en volumen).

Las composiciones efusoras de gas preparadas a partir de la SMP de los Lotes 2 y 3 se incorporaron en mezclas de capuchino (Muestras 2a y 2b, respectivamente) según la fórmula de la Muestra 1a para evaluar el efecto de la variabilidad de producción de SMP en el tratamiento con presión y el rendimiento espumante resultante. Tras la reconstitución con

agua caliente como se describe en el Ejemplo 1, las Muestras 2a y 2b proporcionaron alturas iniciales de espuma ligera de bebida de 24 mm y 36 mm, respectivamente. Se prepararon mezclas de capuchino de comparación (Muestras 2c y 2d), en las que las composiciones efusoras de gas se sustituyeron por el mismo peso de SMP no tratado de los Lotes 2 y 3. Ambas muestras de comparación proporcionaron una altura inicial de espuma ligera de bebida de solo 10 mm.

En consecuencia, el contenido de gas de las composiciones de SMP efusoras de gas, en el momento de la reconstitución, en las Muestras 2a y 2b, era de aproximadamente 10 mUg y aproximadamente 15 mUg, respectivamente, mientras que el contenido de gas tanto de las composiciones de SMP no tratadas (Muestras 2c y 2d) era solo de aproximadamente 4 mUg. El volumen de espuma suministrado de las composiciones de SMP efusoras de gas, en el momento de la reconstitución, en las Muestras 2a y 2b, era de aproximadamente 14 mUg y aproximadamente 22 mUg, respectivamente, mientras que el de las composiciones de SMP no tratadas (Muestras 2c y 2d) era solo de aproximadamente 6 mUg. Por tanto, las composiciones efusoras de gas de las Muestras 2a y 2b tenían contenidos en gas y volúmenes de espuma suministrados que eran casi tres veces y casi cuatro veces, respectivamente, mayores que la SMP no tratada en el momento de uso cuando se reconstituía con agua caliente en esta aplicación del producto. Si se desea, podrían lograrse fácilmente aumentos adicionales mediante el uso de presiones de gas más altas durante la carga del gas u otras modificaciones de procesamiento según el método de la presente invención.

A continuación, se presurizó una muestra de 6,0 g de una leche desnatada en polvo (SMP) deshidratada por pulverización de alta densidad, comercializada (Dairy América; Fresno, California; polvo NFDM) según el método del Ejemplo 1, y se incorporaron 5,5 g de la SMP de alta densidad presurizada en una mezcla de capuchino (Muestra 2e) preparada según la fórmula de la Muestra 1a. Antes de la presurización, esta SMP de alta densidad tenía una densidad volúmica aparente de  $460 \text{ kg/m}^3$  (0,46 g/ml), una densidad compactada de  $740 \text{ kg/m}^3$  (0,74 g/ml), una densidad aparente de  $1250 \text{ kg/m}^3$  (1,25 g/ml) y un AIVV de 0,11 mUg (13 % en volumen). Tras la presurización, tenía una densidad aparente de  $1270 \text{ kg/m}^3$  (1,27 g/ml) y un AIVV de  $0,09 \text{ cm}^3/\text{g}$  (0,09 ml/g) (12 % en volumen). Tras la reconstitución con agua caliente como se describe en el Ejemplo 1, el polvo presurizado proporcionó una altura inicial de espuma ligera de bebida de solo 5 mm sin cobertura completa de la superficie de la bebida. Se preparó otra mezcla de capuchino de comparación, en la que la SMP de alta densidad presurizada anterior se sustituyó por el mismo peso de SMP de alta densidad no tratada. Cuando se reconstituyó en las condiciones mencionadas anteriormente, esta muestra también proporcionó una altura inicial de espuma ligera de bebida de 5 mm sin cobertura completa de la superficie de la bebida. Este resultado indica que el tratamiento con presión de SMP de alta densidad no produce una composición efusora de gases. Los contenidos de gas de las SMP de alta densidad tratadas y sin tratar fueron solo aproximadamente 1 mUg y los volúmenes de espuma suministrados fueron inferiores a 2 mUg. Estos resultados pueden asociarse directamente a una estructura de poro y una estructura de ingrediente en forma de partículas de SMP de alta densidad inadecuadas. Dichas deficiencias incluyen densidad aparente y densidad volúmica aparente demasiado altas, y AIVV y % AIVV demasiado bajos, lo que hace que la estructura de poro y la estructura de ingrediente en forma de partículas de SMP de alta densidad sean inadecuadas para contener gas presurizado en huecos internos abiertos.

### Ejemplo 3

El siguiente Ejemplo demuestra los efectos de la presión de gas y el tiempo de presurización en la capacidad espumante de las composiciones efusoras de gas de esta invención cuando se incorporan en una mezcla de capuchino, como se ha descrito anteriormente. Se presurizaron muestras adicionales de 6,0 g de Lote 3 de SMP del Ejemplo 2 con gas nitrógeno a 862 kPa, 1723 kPa, 2585 kPa, 3447 kPa, 5171 kPa, 6895 kPa y 8618 kPa (125 psi, 250 psi, 375 psi, 500 psi, 750 psi, 1000 psi y 1250 psi) utilizando el método del Ejemplo 1 para obtener una serie de composiciones efusoras de gas. Se utilizaron por separado muestras de 5,5 g de estas composiciones efusoras de gas a diferentes presiones para formular mezclas de capuchino (Muestras 3a-3g) según la fórmula de la Muestra 1a y se reconstituyeron 5 minutos después de la despresurización de SMP según el método del Ejemplo 1.

Se midieron las alturas iniciales de espuma ligera de la bebida y los resultados se muestran más adelante en la Tabla 2 y en la Fig. 3. Como puede observarse en la Fig. 3, las alturas iniciales de espuma ligera, representadas en función de la presión utilizada para preparar las composiciones efusoras de gas, inicialmente aumentaron desproporcionadamente con una presión creciente de entre 0-3447 kPa (0-500 psi) y a continuación aumentaron de forma lineal entre 3447-8618 kPa (500-1250 psi). Este comportamiento indicó que 5 minutos de presurización fueron insuficientes para alcanzar el equilibrio en el intervalo de presión más bajo. Se realizaron varios experimentos adicionales para probar esta hipótesis. La presurización de otra muestra de Lote 3 de SMP a 3447 kPa (500 psi) durante 30 minutos no produjo un aumento de la altura inicial de espuma ligera, lo que sugiere que se alcanzó un equilibrio comparable en 5 minutos. Sin embargo, la presurización de otra muestra de Lote 3 de SMP a 1723 kPa (250 psi) durante 30 segundos aumentó en cierta medida la altura inicial de espuma ligera, lo que sugiere que no se alcanzó un equilibrio comparable en 5 minutos. Otra muestra de Lote 3 de SMP presurizada a 1723 kPa (250 psi) durante 20 horas (un período de tiempo esperado para superar un equilibrio comparable) aumentó considerablemente la altura inicial de espuma ligera y el nuevo punto cayó directamente en una línea de tendencia recta formada extrapolando la porción lineal de 3447-8618 kPa (500-1250 psi) del gráfico a presiones más bajas y más altas. Este resultado indicó que el tiempo de presurización de 5 minutos podía ser reducido de forma significativa y progresiva a presiones superiores a aproximadamente 3447 kPa (500 psi).



Mientras que el material de partida del Lote 3 de SMP no tratado proporcionó solo aproximadamente 4 cm<sup>3</sup> de gas por gramo (aproximadamente 4 ml de gas por gramo) en la bebida de capuchino, las composiciones de SMP efusoras de gas, en el intervalo probado, proporcionaron hasta aproximadamente 16 cm<sup>3</sup> de gas por gramo (aproximadamente 16 ml de gas por gramo). También fue evidente que la gran mayoría del gas contenido en las muestras de SMP que alcanzaron un equilibrio aparente a presiones de carga de gas relativamente altas se perdió en el período de tiempo comprendido entre la despresurización y la reconstitución de la mezcla de capuchino. Sin pretender imponer ninguna teoría, se cree que, en el intervalo probado, las presiones de gas promedio dentro de los huecos internos abiertos de las muestras de SMP probablemente abarcaron de solo aproximadamente 101,3 a 608 kilopascales (kPa) (de solo aproximadamente 1 a 6 atmósferas (atm)) en el tiempo de reconstitución, a pesar del tratamiento con presiones de gas de hasta aproximadamente 8612,6 kPa (hasta aproximadamente 85 atm (1250 psi)).

Por lo tanto, aunque se necesitan presiones de gas relativamente altas para cargar muy rápidamente la SMP con gas comprimido, la retención de solo un pequeño remanente de ese gas puede hacer aumentar en gran medida el contenido de gas y la capacidad espumante de los productos que incorporan las composiciones efusoras de gas de la presente invención. Además, dado que el pequeño remanente de gas es efundido a una velocidad relativamente baja, las composiciones efusoras de gas se pueden manejar sin mucha urgencia. Esto proporciona una oportunidad de cargar rápidamente un polvo utilizando una presión de gas relativamente alta para obtener una composición efusora de gas, incorporar la composición efusora de gas a un producto alimenticio y a continuación envasar el producto alimenticio bajo una presión significativamente menor para retener un remanente de gas en la composición efusora de gas eficaz para aumentar en gran medida la capacidad espumante del producto alimenticio reconstituido. De forma alternativa, un producto alimenticio formulado con una composición efusora de gas se puede cargar con gas presurizado para aumentar la capacidad espumante combinando todos los ingredientes, envasando a una presión de gas relativamente baja o moderada, y permitiendo un tiempo suficiente para que el gas entre en los huecos internos abiertos de la composición antes de abrir el envase y reconstituir el producto alimenticio.

Cabe destacar que, salvo que se indique lo contrario en los ejemplos proporcionados en la presente memoria, el recipiente a presión se cerró inmediatamente después de la presurización. En consecuencia, las presiones mostradas en las Figs. 1, 2 y 3 son presiones iniciales. Debido a que algunas composiciones, tales como los ingredientes de SMP de los Ejemplos 1 y 2, tienen grandes volúmenes de hueco interno abierto, la presión inicial en el recipiente puede caer significativamente a medida que el gas presurizado fluye desde el recipiente a presión hacia los huecos de partícula. Sin pretender imponer ninguna teoría, se cree que esto explica por qué la línea de tendencia discontinua extrapolada a presión cero (presión manométrica; igual a 101,3 kPa (1 atm) de presión absoluta y presión ambiental) en la Fig. 3 no interseca con la altura de espuma ligera de 10 mm de la mezcla de capuchino de comparación que sustituyó la SMP presurizada por el mismo peso de SMP no presurizada.

Se planteó la hipótesis de que la adición suplementaria de gas presurizado al recipiente durante el período de retención eficaz para mantener la presión constante podría aumentar de forma adicional las alturas de espuma ligera de la bebida y producir una línea de tendencia de datos extrapolados más pronunciada. Para probar esta hipótesis, se colocó una muestra adicional de 6,0 g de Lote 3 de SMP en un recipiente de 75 ml que se presurizó a continuación a 6895 kPa (1000 psi) con gas nitrógeno a 25 °C, se mantuvo constante a una presión de 6895 kPa (1000 psi) durante 5 minutos manteniendo el recipiente abierto a la fuente de gas nitrógeno y se despresurizó purgando para obtener una composición efusora de gas. Se incorporó una muestra de 5,5 g de esta SMP efusora de gas a una mezcla de capuchino según la fórmula del Ejemplo 1a (muestra 3h). Cuando la mezcla se reconstituyó 5 min después de la despresurización, se obtuvo una altura inicial de espuma ligera de bebida de 42 mm. Esto fue significativamente superior (en aproximadamente 17 %) a la altura inicial de espuma ligera de la bebida de 36 mm obtenida cuando el recipiente se selló durante el período de retención, demostrando así un método eficaz para aumentar de forma adicional la capacidad espumante de las composiciones efusoras de gas de esta invención.

Los contenidos de gas de las composiciones de SMP efusoras de gas que proporcionaron las alturas iniciales de espuma ligera de 42 mm y 36 mm, en el momento de la reconstitución con agua caliente, eran de aproximadamente 17 mUg y aproximadamente 15 cm<sup>3</sup>/g (aproximadamente 15 ml/g), respectivamente. Los volúmenes de espuma suministrados de las composiciones de SMP efusoras de gas, en el momento de la reconstitución con agua caliente, eran de aproximadamente 25 mUg y aproximadamente 22 mUg, respectivamente, mientras que el de las SMP no tratadas fue de solo aproximadamente 6 mUg. Por lo tanto, se puede observar que el método de la presente invención proporcionó aproximadamente cuatro veces el contenido de gas y el volumen de espuma suministrado en esta aplicación, y que estos valores se pueden aumentar de forma adicional, si se desea.

Aunque sin pretender imponer ninguna teoría, se espera que el uso de presiones de gas superiores a 1 8618 kPa (1250 0 psi) para presurizar el polvo de SMP deberían proporcionar alturas iniciales de espuma ligera de la bebida y contenidos de gas de la composición incluso mayores. Por ejemplo, extrapolando la línea de tendencia de la Fig. 3 para la SMP del Lote 3 (pendiente igual a 0,016; intersección con el eje y igual a 20) a una presión inicial del gas de 10.342 kPa, 13.789 kPa, 20.684 kPa, 27.579 kPa, o 34.474 kPa (1500 psi, 2000 psi, 3000 psi, 4000 psi, o 5000 psi) se podrían predecir las alturas iniciales de espuma ligera de aproximadamente 44 mm, 52 mm, 68 mm, 84 mm, y 100 mm, respectivamente, y contenidos de gas de aproximadamente 18 mUg, 21 mUg, 28 mUg, 35 mUg, y 41 mUg, respectivamente. Se esperaría que presurizando las muestras de polvo de SMP del Lote 3 a una presión constante de 10.432 kPa, 13.789 kPa, 20.684 kPa, 27.579 kPa, o 34.474 kPa (1500 psi, 2000 psi, 3000 psi, 4000 psi, o 5000 psi),

manteniendo el recipiente abierto a la fuente de gas de nitrógeno, se obtendrían valores más altos, tales como alturas iniciales potenciales de espuma ligera de aproximadamente 51 mm, 61 mm, 79 mm, 98 mm, o 117 mm, respectivamente, y contenidos potenciales de gas de aproximadamente 21 cm<sup>3</sup>/g (aproximadamente 21 ml/g), 25 cm<sup>3</sup>/g (25 ml/g), 33 cm<sup>3</sup>/g (33 ml/g), 40 cm<sup>3</sup>/g (40 ml/g), o 48 cm<sup>3</sup>/g (48 ml/g), respectivamente.

La utilización de presiones de gas muy superiores a aproximadamente 10.342 kPa (1500 psi) requeriría el uso de un recipiente de presión de paredes más gruesas con una mayor clasificación de presión que el recipiente de 75 ml utilizado en los experimentos descritos en la presente descripción. Sin embargo, dichos recipientes de presión son fácilmente disponibles y no es necesario que estén especialmente diseñados para resistir los esfuerzos de calentamiento y enfriamiento bajo presiones aplicadas de gas altas. Además, el uso de composiciones efusoras de gas que proporcionan alturas de espuma iniciales muy superiores a aproximadamente 40 mm requeriría el uso de un vaso de precipitado de más de 250 ml, o una cantidad reducida de agua y/o peso de la composición, para evitar que el vaso de precipitado rebosa y permitir la medición de la altura de espuma ligera para determinar el contenido de gas de la composición y el volumen de espuma suministrado.

Tabla 2: Volumen de espuma ligera inicial de bebida frente a condiciones de presurización de SMP

Presión de gas (kPa (psi))	Altura de espuma ligera inicial de la bebida (mm)		
	Tiempo de presurización de 5 minutos	Tiempo de presurización de 30 minutos	Tiempo de presurización de 20 horas
0	10		
861,8 (125)	11		
1723,7 (250)	15	17	24
2585,5 (375)	21		
3447,4 (500)	28		
5171,1 (750)	32		
6894,8 (1000)	36		
8618,4 (1250)	40		
(6895 kPa = 1000 psi)			

#### Ejemplo 4

El siguiente ejemplo demuestra la utilidad de una composición efusora de gas de la presente invención para aumentar el volumen de esponjamiento obtenido a partir de una mezcla de aderezo de postre frío instantáneo. Se colocó una muestra adicional de 8,5 g de Lote 3 de SMP del Ejemplo 2 en un recipiente de 75 ml, que se presurizó a continuación a 1 6895 kPa (1000 psi) con gas nitrógeno a 25 °C, se selló, se mantuvo durante 5 min y se despresurizó purgando para obtener una composición efusora de gas.

Se preparó una mezcla de aderezo de postre instantáneo (Muestra 4a) añadiendo 8,0 g de esta composición efusora de gas a 5,0 g de azúcar en un vaso de precipitado de 150 ml de un diámetro interno de 53 mm. Se preparó una mezcla de aderezo de postre de comparación (Muestra 4b) según la misma fórmula, salvo que la composición efusora de gas se sustituyó por el mismo peso de la SMP no tratada. La mezcla de postre instantáneo que contenía la composición efusora de gas (Muestra 4a) proporcionó un volumen y una viscosidad mucho mayores frente a la mezcla de postre de comparación (Muestra 4b) con la SMP no tratada cuando se reconstituyó cada una con 8 ml de agua fría (5 °C) y se agitó para disolver. La altura de aderezo en el vaso de precipitado con la composición efusora de gas era de aproximadamente 60 mm para un esponjamiento de aproximadamente 140 % mientras que la altura de aderezo en el vaso de precipitado de la mezcla de postre de comparación fue de aproximadamente 40 mm para un esponjamiento de aproximadamente 60 %. Además, el aderezo de postre con 140 % de esponjamiento proporcionó una textura apta para la cuchara de tipo crema batida poco penetrante como una sensación en boca que fue superior al producto de esponjamiento a 60 %, que tenía una textura algo líquida no ideal para usar como aderezo de postre. Se preparó otro aderezo de postre de comparación (Muestra 4c) como se ha descrito anteriormente, con la diferencia de que la composición efusora de gas se sustituyó con el mismo peso de SMP deshidratada por pulverización de alta densidad no tratada. Cuando la mezcla se reconstituyó con 8 ml de agua fría (5 °C) y se agitó para disolver, produjo una altura de aderezo de solo 25 mm con un esponjamiento de esencialmente 0 % con una textura algo acuosa no adecuada para usar como un aderezo de postre. En consecuencia, solo el uso de la composición de SMP efusora de gas fue eficaz para proporcionar un aderezo de postre instantáneo de un volumen, esponjamiento, textura y viscosidad aceptables. Cabría esperar que el uso de las composiciones de SMP efusoras de gas que tienen contenidos de gas aún mayores proporcione aderezos de postre instantáneo con volúmenes y esponjamientos incluso mayores.

Ejemplo 5

Los siguientes ejemplos demuestran el efecto de la carga de una composición efusora de gas de esta invención durante un período de tiempo relativamente largo a una presión relativamente baja y la capacidad de aumentar el volumen de espuma ligera obtenido a partir una mezcla de capuchino instantáneo sin grasa o con grasa. Una muestra adicional de 6,0 g de Lote 3 de SMP del Ejemplo 2 se colocó en un recipiente de 75 ml que se presurizó a continuación a 2068 kPa (300 psi) con gas nitrógeno a 25 °C, se ventiló inmediatamente a 1034 kPa (150 psi), se mantuvo durante 16 días y, a continuación se despresurizó purgando para obtener una composición efusora de gas. Durante el período de retención, la presión en el recipiente cayó de 1034 kPa a aproximadamente 620 kPa (150 psi), a aproximadamente 90 psi). Sin pretender imponer ninguna teoría, se pensó que esto se debía principalmente a la transferencia relativamente lenta de una porción significativa del gas a huecos internos de partícula a través de conductos restrictivos presentes en el material de SMP. Se mezcló una muestra de 5,5 g de esta SMP efusora de gas con 2,0 g de polvo de café soluble y 4,0 g de azúcar en un vaso de precipitado de 250 ml (Muestra 5a). La reconstitución con 150 ml de agua a una temperatura de 88 °C proporcionó una bebida de capuchino sin grasa instantánea con una espuma ligera de burbuja pequeña con una altura inicial de espuma ligera de 30 mm. Esto indica que los puntos de datos de equilibrio aparente obtenidos en el Ejemplo 2 (mostrado en la Fig. 3) no eran indicativos de un verdadero equilibrio final, y que los tiempos de retención más prolongados pueden aumentar aún más la cantidad de gas presurizado que se transfiere a los huecos internos de partícula abiertos. El llenado de gas y la pérdida de gas deberían ser ambos fenómenos de variación logarítmica y el equilibrio aparente será evidente antes del equilibrio final.

Por lo tanto, este método de carga de ingredientes en forma de partículas a presiones de gas relativamente bajas durante tiempos relativamente prolongados podría usarse de forma ventajosa para producir una mejora similar en la altura de espuma ligera mediante el envasado de la mezcla de capuchino en un recipiente sellado pequeño, tal como una botella plástica o lata de metal, sellando el recipiente a una presión de gas de aproximadamente 1013,3 kPa (aproximadamente 10 atm (aproximadamente 150 psi)), y manteniendo por un período de tiempo similar (es decir, de aproximadamente 16 días), o incluso más corto antes de despresurizar y reconstituir. De forma opcional, la SMP podría ser presurizada a la misma presión o a una presión más alta antes de mezclarla con otros ingredientes en la mezcla de capuchino y/o de envasarla bajo presión. Los productos podrían envasarse en porciones de una o de múltiples raciones. Una vez abiertos, los envases de múltiples porciones probablemente conservarían una excelente capacidad espumante durante varios días, y pueden proporcionar una capacidad satisfactoria durante una o dos semanas. El envasado bajo presión podría lograrse aplicando presión de gas o dosificando una pequeña cantidad de gas licuado, tal como nitrógeno líquido, por ejemplo, o gas solidificado, tal como hielo seco, por ejemplo, en el envase antes del sellado.

Se preparó una mezcla de comparación (Muestra 5b) en donde la SMP efusora de gas se sustituyó con el mismo peso de material de partida de SMP no tratado en la misma mezcla de capuchino sin grasa. La reconstitución, como se ha descrito anteriormente, proporcionó una bebida que tiene una altura de espuma ligera inicial de solo 10 mm. En consecuencia, el contenido de gas y el volumen de espuma suministrado del material de partida de SMP no tratado fueron solamente de aproximadamente 4 mUg y solo aproximadamente 6 mUg, respectivamente. Por lo tanto, se observó que poner en contacto el material de partida de SMP con gas presurizado en las condiciones descritas para proporcionar una composición efusora de gas resultaba eficaz para proporcionar aproximadamente tres veces el contenido de gas (aproximadamente 12 mUg) y el volumen de espuma suministrado (18 cm<sup>3</sup>/g (18 ml/g)), con relación al material de partida de SMP no tratado, en el momento de la reconstitución con agua caliente, a pesar del uso de una presión de gas relativamente baja durante la carga con gas de la SMP para crear la composición efusora de gas.

Las botellas de la industria alimentaria conocidas en la industria pueden usarse como sistemas de presurización para producir y almacenar grandes cantidades de polvos efusores de gas de la presente invención. Se dice que los barriles Cornelius (con un volumen de 9,46 o 18,92 l - 2,5 o 5 galones), usados ampliamente por los fabricantes de refrescos carbonatados para la distribución y el dispensado de sirope antes de la introducción en sistemas de bolsa en caja, se clasifican supuestamente para resistir una presión de 689 kPa (100 psi). Un barril similar con una presión algo más alta sería más eficaz para cargar ingredientes en forma de partículas para producir las composiciones efusoras de gas de esta invención. Los ingredientes en forma de partículas podrían presurizarse con gas en una instalación de fabricación y luego distribuirse a los clientes en botellas de la industria alimentaria, o podrían distribuirse a los clientes botellas que contienen ingredientes en forma de partículas no presurizados y luego presurizarse *in situ* cuando sea necesario.

Una aplicación en la que las composiciones efusoras de gas de la presente invención pueden ser especialmente ventajosas consiste en proporcionar un espumante de leche desnatada en polvo eficaz para usar en cafeterías y restaurantes para reemplazar la leche al vapor. Un lote de polvo podría presurizarse rápidamente *in situ* por la mañana y luego usarse durante el día. El polvo sin utilizar se podría volver a presurizar (y, por lo tanto, volver a llenarse con gas) uno o más días después para restablecer la capacidad de formación de espuma. Un aparato portátil económico, que incluye, por ejemplo, una bomba manual, un compresor o una probeta de gas para presurizar el polvo dentro de un recipiente adecuado, permitiría el procesamiento *in situ*. Además, algunos percoladores de café a pedido pueden suministrar suficiente presión para llenar estos materiales con cantidades útiles de gas, pero necesitarían adaptarse para proporcionar un suministro de polvo presurizado.

La presente invención también podría permitir el desarrollo de una categoría totalmente nueva de productos de consumo envasados que consisten en polvos embotellados o enlatados con una presión moderada. Por ejemplo,

una porción individual de una mezcla de capuchino instantáneo o mezcla de cacao caliente que comprende un ingrediente efusor de gas podría envasarse en una botella de plástico o metal pequeña y sellarse bajo un espacio de cabeza de gas presurizado. El gas presurizado penetraría en los huecos internos abiertos durante la distribución y el almacenamiento y la posterior reconstitución proporcionaría una bebida con un gran volumen de espuma ligera. Dos botellas de refresco carbonatado de plástico de dos litros pueden resistir presiones de hasta 1013,3 kPa (hasta aproximadamente 10 atm) o más y las botellas más pequeñas deberían ser capaces de soportar presiones incluso superiores. Las botellas de aluminio que tienen cierres de tapa de rosca plástica también son cada vez más frecuentes y podrían fabricarse para resistir presiones altas.

Los productos de envasado, tales como las mezclas de capuchino instantáneas que se formulan utilizando las composiciones efusoras de gas de esta invención, en recipientes disponibles dentro de los límites de presión existentes, podrían usarse hasta al menos un contenido en gas en polvo espumante y volumen de espuma suministrada al menos doble, preferiblemente al menos aproximadamente triple, más preferiblemente al menos aproximadamente cuádruple, y potencialmente incluso aproximadamente quíntuple con respecto a productos de referencia formulados con polvos espumantes atmosféricos convencionales no tratados, suficientes para satisfacer los objetivos de calidad de espuma ligera mejorados habituales preferidos por los consumidores. Además, podrían fabricarse también mezclas de composiciones efusoras de gas presurizadas para diferentes tiempos y/o diferentes presiones y/o utilizando gases diferentes para controlar mejor la velocidad general de pérdida de gas, contenido de gas retenido en el momento de uso y período de validez útil. Por ejemplo, dichas acciones se podrían llevar a cabo para proporcionar composiciones espumantes efusoras de gas, o productos formulados utilizando los mismos, que tengan mayores contenidos de gas inmediatamente después de la despresurización, tasas más lentas de pérdida de gas durante el almacenamiento y antes del uso y/o períodos de validez útiles más amplios.

#### Ejemplo 6

Se colocó una muestra adicional de 6,0 g de Lote 3 de SMP del Ejemplo 2 en un recipiente de 75 ml, que se presurizó a continuación a 1034 kPa (150 psi) con gas nitrógeno a 25 °C, se mantuvo a presión constante a 1034 kPa (150 psi) durante 7 días, manteniendo el recipiente abierto a la fuente de gas nitrógeno y se despresurizó purgando para obtener una composición efusora de gas. Se añadió una muestra de 5,5 g de esta composición efusora de gas a una mezcla de capuchino (Muestra 6a) consistente en 2,0 g de polvo de café soluble, 4,0 g de azúcar y 2,5 g de polvo blanqueador de café de alta densidad no espumante (50 % grasa) a un vaso de precipitado de 250 ml que tenía un diámetro interno de 65 mm. Se preparó una mezcla de composición de comparación (Muestra 6b) que sustituía la SMP efusora de gas con el mismo peso de material de partida del Lote 3 de SMP sin tratar. Las mezclas se reconstituyeron por separado con 150 ml de agua a 88 °C en un vaso de precipitado de 250 ml 3 minutos después de la despresurización de la SMP. La mezcla de capuchino con la composición efusora de gas (que tiene un contenido de gas de aproximadamente 12 mUg) produjo una altura inicial de espuma ligera de 28 mm, lo cual era considerablemente mayor que en el caso de la mezcla de capuchino de comparación con la SMP sin tratar (que tenía un contenido de gas de aproximadamente solo 4 mUg), que produjo una altura inicial de espuma ligera de solo 10 mm. Por tanto, el contacto de la materia prima de SMP con gas presurizado en estas condiciones fue eficaz para proporcionar aproximadamente tres veces el contenido de gas y el volumen de espuma suministrado en esta aplicación.

Por lo tanto, este ejemplo demuestra la capacidad, utilizando ingredientes disponibles y equipos de presurización gaseosa, para satisfacer o superar las alturas de espuma ligera de bebidas de capuchino instantáneo, tales como mezclas de capuchino comercializadas que proporcionan de forma típica una altura de espuma ligera de la bebida de aproximadamente 25 mm, que se han logrado mediante el uso de una combinación de polvo espumante con gas presurizado no proteico (tal como la composición descrita en el Ejemplo 2 del documento de publicación de solicitud de patente estadounidense núm. 2006/0040034 que contiene gas presurizado atrapado) y un polvo sustituto de leche en polvo espumante que contiene proteína deshidratado por pulverización con gas inyectado de baja densidad. La mezcla de capuchino que contiene la SMP efusora de gas tenía un volumen de receta y polvo ligeramente inferior que la mezcla que contiene el sistema espumante de combinación (formulado sustituyendo los 5,5 g de composición efusora de gas por 3,0 g de polvo espumante con gas presurizado no proteico y 3,0 g de polvo sustituto de leche en polvo espumante) y proporcionaría incluso volúmenes de espuma ligera algo mayores si se llevara a escala para satisfacer la receta o volumen de polvo de la mezcla que contiene el sistema espumante de combinación.

Los polvos espumantes con gas presurizado no proteicos mencionados son polvos de tipo carbohidrato deshidratados por pulverización con gas inyectado posteriormente tratados para atrapar gas presurizado dentro de huecos internos sellados realizados sellando los polvos en un recipiente a presión, presurizando a presión alta, por ejemplo de hasta aproximadamente 6895 kPa (1000 psi), con nitrógeno u otro gas adecuado, calentando por encima de la temperatura de transición vítrea del polvo, manteniendo durante un período de tiempo prolongado para permitir el llenado de los huecos con gas a presión, y a continuación enfriando a temperatura por debajo de la temperatura de transición vítrea del polvo antes de despresurizar el recipiente, para atrapar gas presurizado dentro de los huecos de partícula internos sellados. Dichos polvos espumantes con gas presurizado no proteicos tienen de forma típica contenidos de gas de aproximadamente 20 mUg, pero pueden ser más altos o menores, y están comprendidos de forma típica entre aproximadamente 15-25 mUg.

Ejemplo 7

El siguiente ejemplo demuestra la capacidad de composiciones efusoras de gas de la presente invención para aumentar el volumen de espuma ligera obtenido a partir de una mezcla de cacao caliente instantánea. Se colocó una muestra de 6,0 g de Lote 3 de SMP del Ejemplo 2 en un recipiente de 75 ml, que se presurizó a continuación a 1 6895 kPa (1000 psi) con gas nitrógeno a 25 °C, se selló, se mantuvo durante 20 min y se despresurizó purgando para obtener una composición efusora de gas. Se combinaron los 6,0 g de esta composición efusora de gas con 29 g de mezcla de cacao caliente Baker's™ en un vaso de precipitado de 250 ml (Muestra 7a). La mezcla se reconstituyó con 150 ml de agua a una temperatura de 88 °C, cuatro minutos después de la despresurización de la SMP, y proporcionó una bebida de cacao caliente con 30 mm de altura inicial de la espuma ligera. La espuma ligera tenía una consistencia cremosa y un aspecto predominantemente de burbuja fina. Se preparó una mezcla de comparación (Muestra 7b) en la que la SMP efusora de gas se sustituyó por el mismo peso de material de partida de SMP sin tratar. La reconstitución del modo anterior dio como resultado una bebida con una altura de espuma ligera inicial de solo 10 mm y un aspecto de espuma ligera menos fino y menos deseable. Se preparó otra mezcla de comparación (Muestra 7c) sin la adición de SMS efusora de gas ni de SMS sin tratar. La reconstitución de esta mezcla proporcionó una bebida con una altura de espuma ligera inicial de solo 7 mm y un aspecto de espuma ligera menos fino y menos deseable. Por tanto, el contacto del material de partida de SMP con gas presurizado en las condiciones descritas fue eficaz para proporcionar aproximadamente tres veces el contenido de gas y el volumen de espuma suministrado en esta aplicación. Además, las bebidas formuladas con la SMP efusora de gas y la SMP sin tratar tuvieron un sabor y sensación en boca mejorados en comparación con la bebida formulada sin estos ingredientes.

Ejemplo 8

El siguiente ejemplo demuestra la capacidad de las composiciones efusoras de gas de la presente invención para producir un aderezo con aspecto de espuma ligera en una bebida de café percolado. Se colocó una muestra de 9,0 g de Lote 3 de SMP del Ejemplo 2 en un recipiente de 75 ml, que se presurizó a continuación a 3446 kPa (500 psi) con gas nitrógeno a 25 °C, se mantuvo constante a una presión de 3446 kPa (500 psi) durante 10 minutos, manteniendo el recipiente abierto a la fuente de gas de nitrógeno y se despresurizó purgando para obtener una composición efusora de gas. Se mezcló una muestra de 8,0 g de esta composición efusora de gas con 4,0 g de polvo blanqueador de café de alta densidad no espumante (50 % de grasa) en un vaso de precipitado de 400 ml con un diámetro interno de 72 mm (Muestra 8a). La reconstitución con 150 ml de café de Colombia recién percolado a una temperatura de 65 °C, tres minutos después de la despresurización de la SMP, proporcionó una bebida de capuchino blanqueado con una altura de espuma ligera inicial de 24 mm. La espuma ligera tenía una consistencia cremosa y un aspecto predominante de burbuja fina ligeramente coloreado. Una muestra de comparación (Muestra 8b), en la que la SMP efusora de gas se sustituyó con el mismo peso del material de partida de SMP sin tratar, en combinación con el mismo peso del polvo blanqueador de café y reconstituida de forma similar utilizando el mismo volumen de café percolado, produjo una bebida con una altura de espuma ligera inicial de solo 8 mm con un aspecto de espuma ligera de burbuja fina ligeramente coloreado. Las bebidas formuladas con la composición de SMP efusora de gas o con material de partida de SMP no tratada presentó mejor sabor y sensación en boca en comparación con el café percolado usado solo y proporcionó de forma ventajosa el equivalente de una tercera ración de leche desnatada junto con una buena fuente de proteína y calcio.

Así, cargando la SMP con gas nitrógeno presurizado en las condiciones indicadas se obtuvo tres veces el contenido de gas y la capacidad espumante eficaces, en el momento de la reconstitución, en esta aplicación del producto. Podrían obtenerse volúmenes de espuma ligera mayores, si se desea, aumentando la presión de gas utilizada para cargar la composición de SMP efusora de gas con nitrógeno comprimido u otro gas. De forma alternativa, se puede usar una pequeña cantidad de agua, café percolado, leche u otro líquido para reconstituir la composición de SMP efusora de gas, o una mezcla con polvo blanqueador de café, para crear un aderezo de espuma ligera aparte que puede verterse o añadirse con una cuchara sobre la bebida de café percolado.

Ejemplo 9

Varios polvos amorfos alternativos que comprenden partículas que contienen huecos internos se evaluaron de manera similar en términos de su capacidad de proporcionar composiciones efusoras de gas eficaces colocando por separado muestras de 6,0 g de los polvos en un recipiente de 75 ml, que luego se presurizaron a 1 6895 kPa (1000 psi) con gas nitrógeno a 25 °C, se sellaron, se mantuvieron durante 5 ciclos, y se despresurizaron purgando. Estas incluyeron una alta densidad (400 kg/m<sup>3</sup> (0,40 g/ml) de densidad volúmica aparente), SMP deshidratada por pulverización comercializada por un diferente proveedor (Muestra 9a), una densidad baja (240 kg/m<sup>3</sup> (0,24 g/ml) de densidad compactada), polvo de maltodextrina liofilizado con una superficie específica muy alta (108 m<sup>2</sup>/g) y estructura microporosa (Muestra 9b), y un polvo de té instantáneo deshidratado por pulverización de baja densidad (90 kg/m<sup>3</sup> (0,09 g/ml)), (Muestra 9c). Otros polvos amorfos alternativos que contienen huecos internos que se evaluaron de manera similar incluyeron los polvos no proteicos deshidratados por pulverización con gas inyectado de los Ejemplos 1, 2, 3 y 11 del documento de publicación de solicitud de patente estadounidense núm. 2006/0040034 (Muestra 9d), los polvos de tipo no carbohidrato deshidratados por pulverización de los Ejemplos 1 y 2 del documento de publicación de solicitud de patente estadounidense núm. 2006/0040033 (Muestra 9e), y los polvos de café de los Ejemplos 1, 4, 6, 7 y 8 del documento de publicación de solicitud de patente estadounidense núm. 2006/0040038 (Muestra 9f).

Se concluyó que ninguno de estos ingredientes en forma de partículas alternativas sustenta la fabricación de composiciones efusoras de gas cuando entran en contacto con gas nitrógeno presurizado según el método descrito. Cada uno de ellos se evaluó mezclando muestras de 5,5 g de los ingredientes en forma de partículas presurizados con 4,0 g de azúcar y 2,5 g de polvo blanqueador de café de alta densidad no espumante a 50 %, reconstituyendo las mezclas, despresurizando poco después, con 150 ml de agua a 88 °C en un vaso de precipitado de 250 ml que tenía un diámetro interno de 65 mm, y comparando alturas iniciales de espuma ligera con las de mezclas de referencia correspondientes en las que pesos iguales de ingredientes en forma de partículas no tratados sustituían a los ingredientes en forma de partículas presurizados. En todos los casos, no se midieron aumentos significativos en las alturas iniciales de espuma ligera que superaron aproximadamente dos veces las alturas iniciales de espuma ligera proporcionadas por las mezclas de referencia correspondientes y no se observaron signos de efusión de gas. Estos ingredientes en forma de partículas presurizados no proporcionan una ventaja medible más allá de la que se obtiene abriendo los huecos internos vacíos de la partícula.

Sin embargo, un polvo amorfo deshidratado por pulverización con gas inyectado de baja densidad (340 kg/m<sup>3</sup> (0,34 g/ml) de densidad volúmica aparente) (fabricado por un proveedor diferente) (Friesland Foods; Países Bajos) que consistía en sólidos de leche desnatada (47 %), sólidos de sirope de glucosa y lactosa (52 %), y tampón fosfato disódico (1 %), demostró ser capaz de proporcionar una composición efusora de gas al ser reformulado adecuadamente con un contenido de SMP significativamente mayor. Sin pretender imponer ninguna teoría, se cree que este ingrediente en forma de partículas que contiene SMP amorfo, que tiene una densidad volúmica aparente de 340 kg/m<sup>3</sup> (0,34 g/ml), densidad de material de 1490 kg/m<sup>3</sup> (1,49 g/ml), densidad aparente de 710 kg/m<sup>3</sup> (0,71 g/ml), y 0,73 cm<sup>3</sup> (0,73 ml) AIVV (52 % AIVV), debería reformularse de modo que comprenda al menos aproximadamente 60 %, preferiblemente al menos aproximadamente 80 % y, más preferiblemente, al menos aproximadamente 90 %, en peso, de SMP y/o NFDM para potencialmente proporcionar una composición efusora de gas mediante el método de la presente invención.

Este polvo que contiene SMP se probó durante el desarrollo de la presente invención sometiendo una muestra de 6,0 g al proceso de carga de gas presurizado y al método de medición de espuma descritos en el Ejemplo 1 de la presente memoria. En esta aplicación de producto, se observó que el contenido de gas del polvo sin tratar aumentó de aproximadamente 4 mUg a menos de 8 mUg después del tratamiento, en el momento de la reconstitución. Se presurizó de modo similar otra muestra de 6,0 g y se evaluó después de mantener el polvo tratado durante 4 días. El contenido de gas del polvo tratado almacenado pareció disminuir tal vez solo ligeramente, hasta un valor inferior a 7 mg. En comparación con los polvos SMP o NFDM preferidos de la presente invención, este ingrediente en forma de partículas que contenía SMP presurizado proporcionó un contenido de gas y un volumen de espuma suministrado significativamente inferiores, y no proporcionó una ventaja medible más allá de la proporcionada por la apertura de huecos de partícula internos vacíos.

#### Ejemplo 10

El siguiente ejemplo demuestra la capacidad de mejorar la calidad lechosa percibida y la estabilidad de espuma ligera de una bebida de capuchino instantánea formulada con una composición efusora de gas de la presente invención en relación con el uso de una composición espumante no proteica que contiene gas presurizado atrapado. Se colocó una muestra de 6,0 g de Lote 3 de SMP del Ejemplo 2 en un recipiente de 75 ml, que se presurizó a continuación a 6895 kPa (1000 psi) con gas nitrógeno a 25 °C, mantenida a presión constante de 6895 kPa (1000 psi) durante 2,5 minutos y se despresurizó purgando para obtener una composición efusora de gas. Se preparó una mezcla de capuchino (Muestra 10a) añadiendo 5,0 g de esta composición efusora de gas a 2,0 g de polvo de café soluble, 4,0 g de azúcar y 4,0 g de polvo blanqueador de café de alta densidad, no espumante (50 % de grasa). Se preparó una mezcla de capuchino de comparación (Muestra 10b) según la misma fórmula, salvo que se sustituyó la composición efusora de gas por un peso igual de una composición espumante no proteica que comprende un polvo deshidratado por pulverización inyectado con nitrógeno que contiene 92 % de maltodextrina y 8 % de almidón modificado con octenilsuccinato de sodio (base seca) y posteriormente se cargó con gas presurizado atrapado utilizando el método descrito de forma general en el Ejemplo 2 del documento de publicación de la solicitud de patente estadounidense núm. 2006/0040034 A1 (es decir, presurizando una muestra de polvo de 6,0 g a 6895 kPa (1000 psi) con gas nitrógeno a temperatura ambiente en un recipiente a presión, calentando el polvo a una temperatura superior a su temperatura de transición vítrea calentando el recipiente a una temperatura de 120 °C durante más de 60 °C, enfriando el recipiente a temperatura ambiente, y despresurizando el recipiente mediante apertura para liberar gas presurizado). Cada mezcla se colocó en un vaso de precipitado de 250 ml con un diámetro interno de 65 mm y se reconstituyó con 150 ml de agua a una temperatura de 88 °C, cinco minutos después de la despresurización. La Muestra 10a, la mezcla de capuchino que contenía la composición efusora de gas produjo una altura inicial de espuma ligera de bebida de 32 mm cuando se reconstituyó. La Muestra 10b, la mezcla de comparación también produjo una altura inicial de espuma ligera de bebida de 32 mm cuando se reconstituyó. Las alturas de espuma ligera iniciales tanto de la bebida de comparación como de la bebida que contenía la composición efusora de gas de la presente invención se midieron por duplicado, y las alturas de espuma ligera también se midieron a lo largo del tiempo durante un período de hasta diez minutos después de la reconstitución para comparar la estabilidad de la espuma ligera. Como queda ilustrado por los resultados mostrados más adelante en la Tabla 3, la espuma ligera producida por la composición efusora de gas de la presente invención era de forma ventajosa más estable que la espuma ligera producida por la composición espumante no proteica de comparación y proporcionó una semivida (es decir, el tiempo en el que la espuma ligera ha disminuido a la mitad (16 mm en este ejemplo) de su altura inicial) significativamente más larga.

Las bebidas de capuchino replicadas fueron evaluadas por un panel sensorial entrenado para determinar la cualidad lechosa percibida de cada bebida. El panel primero se calibró en primer lugar pidiendo a los miembros que observaran el aspecto y el sabor de una bebida de referencia que comprendía 2,0 g de polvo de café soluble y 4,0 g de azúcar reconstituidos con 50 ml de leche entera líquida tibia y 100 ml de agua a una temperatura de 88 °C en un vaso de precipitado de 250 ml. El uso de leche entera proporcionó un nivel de grasa mayor en aproximadamente 15 % (2,3 g) a la bebida de referencia que el nivel de grasa (2,0 g) proporcionado por el polvo blanqueador de café utilizado para formular la bebida que contiene la composición efusora de gas de la presente invención y la bebida de comparación. La grasa de leche entera contenía grasa de mantequilla en lugar de grasa de coco hidrogenada (contenida en el polvo de blanqueador de café), y proporcionó el mismo nivel total aproximado de sólidos de leche sin grasa (5,2 g) que la combinación de composición efusora de gas de la presente invención (5,0 g) y el blanqueador de café (0,2 g). La bebida de comparación contenía un nivel mucho menor de sólidos de leche sin grasa (0,2 g), que fue proporcionado únicamente por el caseinato de sodio (proteína) utilizado para formular el blanqueador de café durante la fabricación para estabilizar las gotículas de grasa dispersada.

La bebida de referencia se usó para entrenar al panel sensorial de cinco miembros acerca de cómo se percibe la leche en una bebida caliente que contiene café soluble y azúcar. Después de la calibración, los miembros del panel evaluaron y compararon directamente la bebida que contenía la composición efusora de gas de la presente invención y la bebida de comparación que contenía la composición espumante no proteica. Las bebidas se prepararon frente al panel, sin conocimiento de qué composición espumante contenía cada bebida. Se pidió a cada miembro del panel por separado que indicara cuál de las dos bebidas tenían un aspecto, textura, gusto, regusto, y sensación en boca más propios de la leche, y luego se preguntó a cada miembro del panel qué bebida tenía una cualidad más lechosa. Después de realizar estas evaluaciones sensoriales, se pidió a los miembros del panel que indicaran qué bebida preferirían tomar como consumidores potenciales, en función solo de las preferencias personales y no del entrenamiento o calibración sensorial, y el grado relativo de su preferencia (ligero, moderado, o fuerte). Como ilustran los resultados mostrados en la Tabla 4, los miembros del panel, tanto individualmente como juntos, calificaron la bebida que contiene la composición efusora de gas de la presente invención como claramente más lechosa en comparación con la bebida que contiene el espumante no proteico. Dos miembros de panel manifestaron una ligera preferencia por la bebida de comparación porque percibieron que tenía un impacto de café más fuerte que la bebida que incorporaba la composición de la presente invención. Los otros tres miembros de panel expresaron una preferencia moderada (dos miembros) o fuerte (un miembro) por la bebida que contenía la composición efusora de gas de la presente invención debido a sus atributos más lechosos. La ponderación de estas puntuaciones de preferencia utilizando un multiplicador matemático (ligero = x1; moderado = x2; fuerte=x3) indicó una preferencia general clara (de 3,5 a 1) por la bebida que contenía la composición efusora de gas de la presente invención frente a la bebida de comparación.

Tabla 3: Evaluación de espuma ligera de la bebida e información adicional

<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Composición efusora de gas Altura de espuma ligera (mm)</b>	<b>Composición de comparación Altura de espuma ligera (mm)</b>
inicial	32	32
0,5	28	28
1,0	24	24
2,0	20	20
3,0	19	18
4,0	18	17
5,0	18	16
6,0	17	15
7,0	17	15
8,0	16	14
9,0	16	14
10,0	16	13
<b>Semivida de espuma ligera de bebida</b>	8-10 minutos	5 minutos
<b>Tiempo de carga de gas</b>	Menos de 3 minutos	Superior a 60 minutos
<b>Temperatura de carga de gas</b>	25 °C	120 °C
<b>Calentamiento y enfriamiento necesario</b>	No	Sí
<b>Contenido de gas de la composición</b>	14 cm <sup>3</sup> /g (14 ml/g)	14 mUg
<b>Volumen de espuma suministrada</b>	21 mUg	21 mUg
<b>Ubicación del gas presurizado</b>	Gas presurizado contenido en huecos internos abiertos	Gas presurizado atrapado en huecos internos sellados

Tabla 4: Resultados de evaluación sensorial del producto de bebida reconstituida

	Composición efusora de gas	Composición de comparación	
1. ¿Qué producto tiene una cualidad más lechosa en términos de:	<b>Número de respuestas del panel</b>		
(continuación)			
	Composición efusora de gas	Composición de comparación	
- aspecto y textura?	4	1	
- sabor y regusto?	3	2	
- sensación en boca?	5	0	
2. ¿Qué producto tiene una cualidad más lechosa?	5	0	
3. ¿Qué producto prefiere personalmente?	3	2	
	<b>Ligero</b>	<b>Moderado</b>	<b>Fuerte</b>
4. ¿Cuál es su grado de preferencia personal?	2 (C/C)	2 (GE/GE)	1 (GE)
(GE = efusora de gas; C = Comparación)			
	Composición efusora de gas	Composición de comparación	
Preferencia Personal ponderada (utilizando el multiplicador)	7	2	
(ligera = x1; moderada = x2; fuerte = x3)			
Efusora de gas:Comparación = 3,5:1			

5 Ejemplo 11

El siguiente ejemplo demuestra la capacidad para caracterizar las propiedades físicas y estructurales de los ingredientes en forma de partículas y de las composiciones efusoras de gas de esta invención. Se sometieron muestras aparte de Lote 3 de SMP del Ejemplo 2 a análisis mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), penetración de porosimetría de mercurio, y adsorción de gas nitrógeno antes de entrar en contacto con gas presurizado para obtener información relacionada con la estructura de poro del ingrediente en forma de partículas.

Las Figs. 4A-F son una compilación de micrografías de SEM que muestran superficies externas e internas y estructura de poros. Estas imágenes confirman claramente que el ingrediente en forma de partículas tiene una estructura porosa compuesta de huecos internos que están comunicados directa o indirectamente con la atmósfera circundante a través de aberturas internas y externas y conductos restrictivos. También se puede ver que muchos huecos internos están interconectados con otros a través de múltiples aberturas y conductos restrictivos. Mediante una inspección más cercana, puede observarse que existen muchas superficies translúcidas de pared delgada que separan huecos internos adyacentes. Sin pretender imponer ninguna teoría, se cree que dichas superficies son penetradas más probablemente por uno o más conductos restrictivos invisiblemente pequeños que ralentizan la transferencia de gas presurizado, por efusión molecular, entre huecos internos y hacia dentro y fuera de las partículas.

La Fig. 5 es un gráfico de porosimetría de penetración de mercurio que representa el volumen de poro diferencial en función del logaritmo del diámetro medio de poro. Los datos analíticos se proporcionan a continuación en la Tabla 5. Los datos confirman claramente la presencia tanto de conductos restrictivos como de huecos internos abiertos. La Fig. 5 muestra claramente tres intervalos distintos de diámetro medio de poro, estando situado el intervalo de diámetro más grande entre aproximadamente 3-300 µm, estando situado el intervalo de diámetro más pequeño entre aproximadamente 3-20 nm, y estando situado un intervalo de diámetro intermedio entre aproximadamente 30-2.000 nm. Sin pretender imponer ninguna teoría, se cree que el intervalo de diámetro más grande está casi totalmente comprendido por huecos internos, pero incluye también algunas aberturas, el intervalo de diámetro más pequeño está comprendido en su totalidad efectivamente por conductos restrictivos, y el intervalo de diámetro intermedio está comprendido principalmente por orificios y conductos restrictivos, pero también incluye huecos internos pequeños. El análisis similar de muestras del Lote 1 de SMP del Ejemplo 1 y del Lote 2 de SMP del Ejemplo 2 produjo en general la misma tendencia que la obtenida para el Lote 3 de SMP, especialmente la presencia de tres intervalos de diámetro medio de poro distintos, pero con tramos de intervalo y volúmenes de poros diferenciales asociados algo diferentes.

La Fig. 6 es un gráfico de adsorción de nitrógeno que representa la superficie específica de poro diferencial (que se puede relacionar con el volumen de poro utilizando relaciones establecidas asociadas con este método analítico) en



función del logaritmo del diámetro medio de poro. Los datos analíticos se proporcionan a continuación en la Tabla 6. Los datos confirman claramente la presencia de conductos restrictivos extremadamente pequeños. La Fig. 6 muestra claramente la presencia de un cuarto intervalo diferenciado de diámetro medio de poro, que está situado entre aproximadamente 0,5-2,8 nm (entre aproximadamente 5-28 Å), para suplementar los tres intervalos identificados utilizando porosimetría de mercurio. Los Lotes 1 y 2 de SMP no se analizaron utilizando este método, pero se esperaba que mostrarán, generalmente, la misma tendencia. El mismo análisis indicó que la SMP tiene una superficie específica de monocapa de aproximadamente 0,4 m<sup>2</sup>/g, demasiado baja para proporcionar cualquier cantidad significativa de adsorción física de gas a temperatura ambiente o para aumentar significativamente la capacidad del polvo para contener gas presurizado mediante adsorción física.

Tabla 5: Análisis de porosimetría de mercurio (689 kPa = 100 psi)

Presión de intrusión de mercurio líquido (kPa (psi))	Diámetro medio de poro de SMP (nm)	Log diámetro medio de poro (Log Nm)	Volumen de poro diferencial (cm <sup>3</sup> /g (ml/g))
4,07 (0,59)	306.075,4	5,486	0,0000 (0,0000)
13,58 (1,97)	198.915,1	5,299	0,0409 (0,0409)
20,55 (2,98)	76.259,8	4,882	0,0261 (0,0261)
27,30 (3,96)	53.219,1	4,726	0,0545 (0,0545)
37,65 (5,46)	39.396,6	4,595	0,1932 (0,1932)
41,16 (5,97)	31.702,2	4,501	0,2346 (0,2346)
51,57 (7,48)	27.238,7	4,435	0,2785 (0,2785)
58,40 (8,47)	22.779,2	4,358	0,1024 (0,1024)
72,19 (10,47)	19.321,1	4,286	0,2184 (0,2184)
89,36 (12,96)	15.615,8	4,194	0,0761 (0,0761)
110,11 (15,97)	12.640,0	4,102	0,0463 (0,0463)
137,62 (19,96)	10.193,2	4,008	0,0276 (0,0276)
172,09 (24,96)	8154,0	3,911	0,0170 (0,0170)
206,57 (29,96)	6642,2	3,822	0,0095 (0,0095)
276,27 (40,07)	5275,9	3,722	0,0075 (0,0075)
344,60 (49,98)	4066,5	3,609	0,0049 (0,0049)
413,89 (60,03)	3315,8	3,521	0,0036 (0,0036)
522,76 (75,82)	2699,1	3,431	0,0046 (0,0046)
623,63 (90,45)	2192,4	3,341	0,0037 (0,0037)
792,48 (114,94)	1786,5	3,252	0,0085 (0,0085)
966,37 (140,16)	1432,0	3,156	0,0104 (0,0104)
1212,79 (175,90)	1159,3	3,064	0,0203 (0,0203)
1524,98 (221,18)	923,0	2,965	0,0420 (0,0420)
1896,06 (275,00)	737,7	2,868	0,0735 (0,0735)
2271,96 (329,52)	603,3	2,781	0,0980 (0,0980)
2917,03 (423,08)	488,2	2,689	0,1847 (0,1847)
3872,03 (561,59)	374,8	2,574	0,2077 (0,2077)
4555,64 (660,74)	297,9	2,474	0,1100 (0,1100)
6256,44 (907,42)	236,5	2,374	0,1728 (0,1728)
6890,97 (999,45)	190,1	2,279	0,0448 (0,0448)
8580,94 (1244,56)	163,1	2,212	0,0596 (0,0596)
10.615,10 (1539,59)	131,4	2,119	0,0494 (0,0494)
13.402,65 (1943,89)	105,3	2,022	0,0397 (0,0397)
16.229,02 (2353,82)	84,9	1,929	0,0259 (0,0259)
19.990,66 (2899,40)	69,6	1,843	0,0204 (0,0204)
25.045,96 (3632,61)	56,1	1,749	0,0184 (0,0184)
31.616,12 (4585,53)	44,6	1,649	0,0145 (0,0145)
38.550,93 (5591,34)	35,9	1,555	0,0095 (0,0095)
47.509,43 (6890,66)	29,3	1,467	0,0000 (0,0000)
59.332,76 (8605,49)	23,6	1,373	0,0000 (0,0000)

ES 2 668 394 T3

(continuación)

Presión de intrusión de mercurio líquido (kPa (psi))	Diámetro medio de poro de SMP (nm)	Log diámetro medio de poro (Log Nm)	Volumen de poro diferencial (cm <sup>3</sup> /g (ml/g))
73.166,13 (10.611,85)	19,0	1,279	0,0061 (0,0061)
91.577,34 (13.282,17)	15,3	1,185	0,0106 (0,0106)
112.800,02 (16.360,26)	12,3	1,090	0,0100 (0,0100)
138.225,40 (20.047,90)	10,1	1,004	0,0104 (0,0104)
172.129,13 (24.965,22)	8,1	0,908	0,0114 (0,0114)
206.444,68 (29.942,27)	6,6	0,820	0,0087 (0,0087)
242.221,99 (35.131,33)	5,6	0,748	0,0073 (0,0073)
276.286,58 (40.071,98)	4,8	0,681	0,0054 (0,0054)
310.765,40 (45.072,71)	4,3	0,633	0,0048 (0,0048)
345.110,18 (50.054,00)	3,8	0,58	0,0041 (0,0041)
379.060,24 (54.978,04)	3,5	0,544	0,0027 (0,0027)
413.726,67 (60.005,98)	3,2	0,505	0,0022 (0,0022)

Tabla 6: Datos analíticos de adsorción de nitrógeno

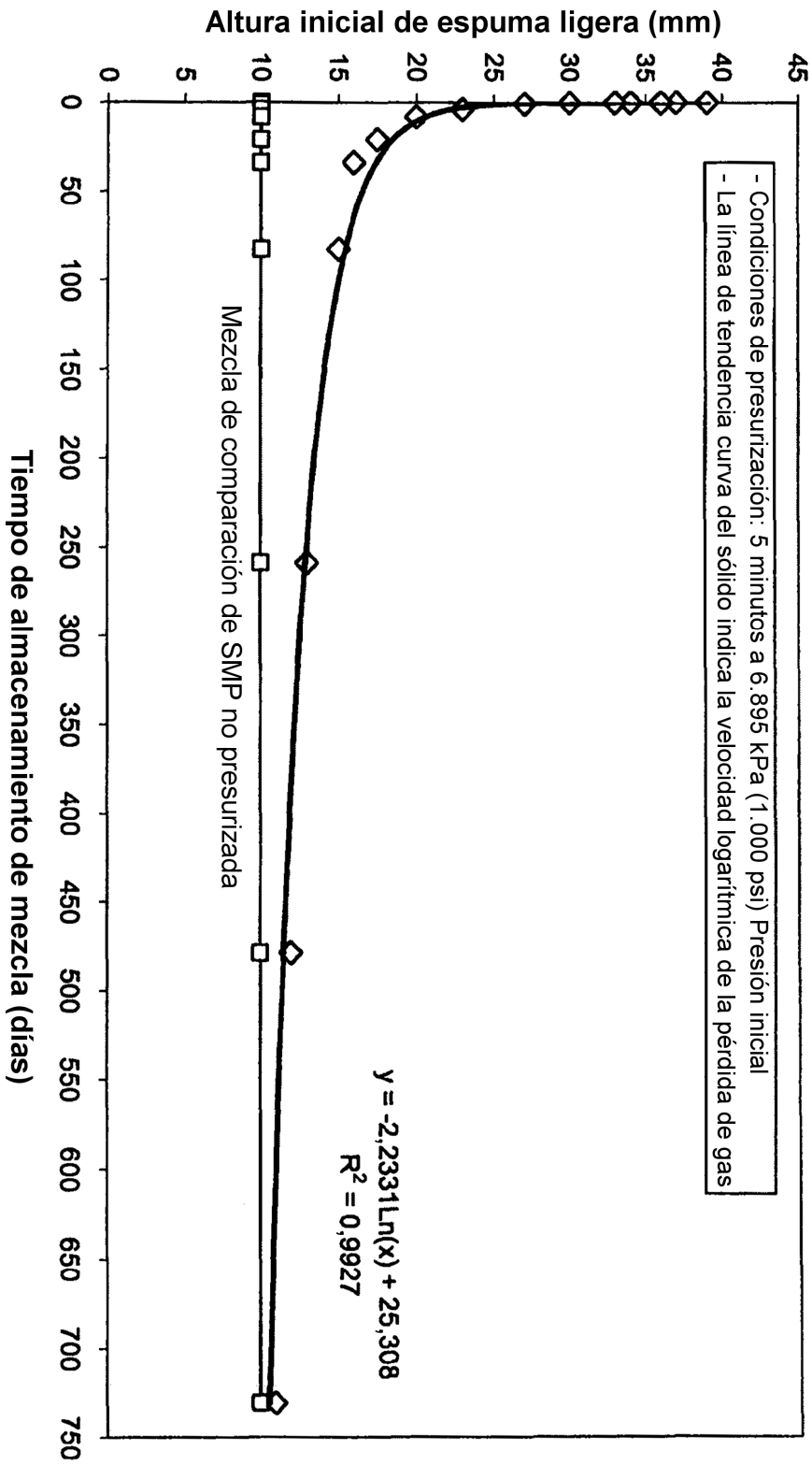
Intervalo de diámetro de poro de SMP (nm (Å))	Diámetro medio de poro de SMP (nm (Å))	Log diámetro medio de poro (Log (nm) (Log (Å))).	Área específica de poro diferencial (m <sup>2</sup> /g)
0,44 - 0,52 (4,4 - 5,2)	0,47 (4,7)	0,0672 (0,672)	0,022
0,52 - 0,68 (5,2 - 6,8)	0,59 (5,9)	0,0771 (0,771)	0,073
0,68 - 0,86 (6,8 - 8,6)	0,75 (7,5)	0,0875 (0,875)	0,087
0,86 - 0,99 (8,6 - 9,9)	0,92 (9,2)	0,0964 (0,964)	0,057
0,99 - 1,12 (9,9 - 11,2)	1,05 (10,5)	0,1021 (1,021)	0,042
1,12 - 1,36 (11,2 - 13,6)	1,21 (12,1)	0,1083 (1,083)	0,055
1,36 - 1,59 (13,6 - 15,9)	1,45 (14,5)	0,1161 (1,161)	0,032
1,59 - 1,82 (15,9 - 18,2)	1,69 (16,9)	0,1228 (1,228)	0,023
1,82 - 2,08 (18,2 - 20,8)	1,93 (19,3)	0,1286 (1,286)	0,024
2,08 - 2,35 (20,8 - 23,5)	2,20 (22,0)	0,1342 (1,342)	0,023
2,35 - 2,66 (23,5 - 26,6)	2,49 (24,9)	0,1396 (1,396)	0,020
2,66 - 3,01 (26,6 - 30,1)	2,82 (28,2)	0,1450 (1,450)	0,015
3,01 - 3,41 (30,1 - 34,1)	3,19 (31,9)	0,1504 (1,504)	0,017
3,41 - 3,90 (34,1 - 39,0)	3,62 (36,2)	0,1559 (1,559)	0,016
3,90 - 4,47 (39,0 - 44,7)	4,15 (41,5)	0,1618 (1,618)	0,015
4,47 - 5,20 (44,7 - 52,0)	4,78 (47,8)	0,1679 (1,679)	0,016
5,20 - 6,13 (52,0 - 61,3)	5,58 (55,8)	0,1747 (1,747)	0,015
6,13 - 7,39 (61,3 - 73,9)	6,64 (66,4)	0,1822 (1,822)	0,015
7,39 - 9,18 (73,9 - 91,8)	8,08 (80,8)	0,1907 (1,907)	0,013
9,18 - 12,01 (91,8 - 120,1)	10,2 (102,0)	0,2009 (2,009)	0,014
12,01 - 17,07 (120,1 - 170,7)	13,64 (136,4)	0,2135 (2,135)	0,016
17,07 - 29,15 (170,7 - 291,5)	20,04 (200,4)	0,2302 (2,302)	0,019
29,15 - 98,20 (291,5 - 982,0)	34,38 (343,8)	0,2536 (2,536)	0,057

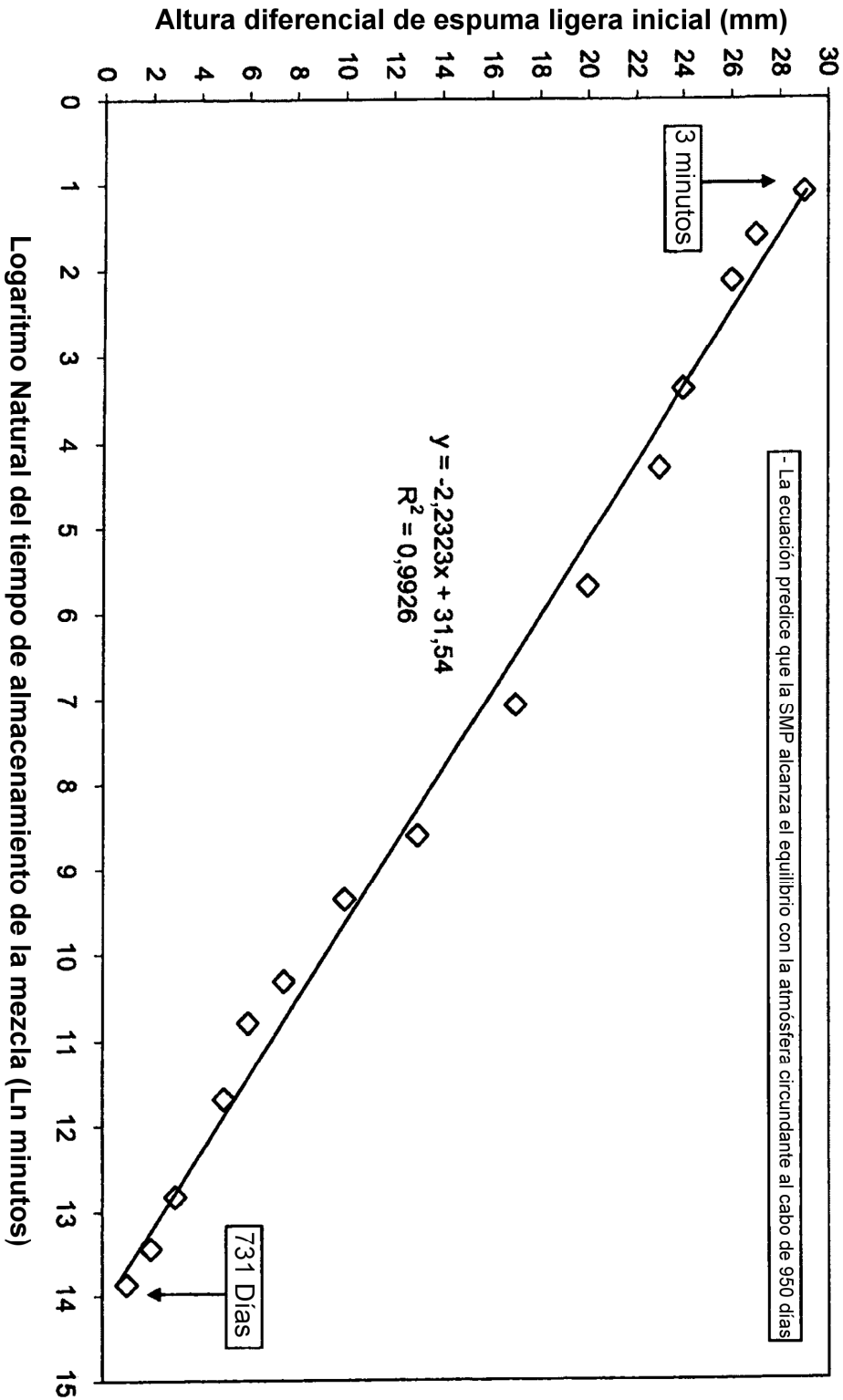
## REIVINDICACIONES

1. Una composición en forma de partículas efusora de gas que comprende partículas que tienen una superficie externa, una pluralidad de huecos internos dentro de las partículas, una pluralidad de conductos restrictivos dentro de las partículas, y un gas comestible contenido en los huecos internos a una segunda presión alta; en donde las partículas son partículas con gas inyectado, de baja densidad, amorfas que comprenden al menos 60 %, con respecto a un peso total, que incluyen humedad, de leche desnatada en polvo y/o leche en polvo deshidratada sin grasa; en donde los conductos restrictivos proporcionan comunicación gaseosa entre los huecos internos y la superficie externa; en donde los conductos restrictivos tienen un diámetro restrictivo inferior a 1  $\mu\text{m}$ ; en donde el diámetro restrictivo es efectivo para (1) permitir que el gas comestible pase a través de los conductos restrictivos de la superficie externa hacia los huecos internos cuando las partículas entren en contacto con el gas comestible a una primera presión alta para proporcionar partículas en las que los huecos internos contengan el gas comestible a la segunda presión alta y (2) permitir que el gas dentro de los huecos internos a la segunda presión alta escape lentamente y de forma controlada desde los huecos internos a través de los conductos restrictivos cuando las partículas se retiren del contacto con el gas a la primera presión alta; en donde la segunda presión alta es igual o inferior a la primera presión alta, pero es superior a la presión ambiental; y en donde las partículas que tienen los huecos internos que contienen el gas comestible a la segunda presión alta, cuando entran en contacto con un medio acuoso, se disuelven rápidamente, liberando así el gas comestible de los huecos internos en el medio acuoso para proporcionar una espuma, espuma ligera, o textura aireada al medio acuoso.
2. Un método de fabricación de una composición en forma de partículas efusora de gas que comprende partículas que tienen una superficie externa, una pluralidad de huecos internos dentro de las partículas, una pluralidad de conductos de diámetro restrictivo dentro de las partículas, y un gas comestible contenido en los huecos internos a una segunda presión alta en comunicación gaseosa entre los huecos internos y la superficie externa, comprendiendo el método:
- poner en contacto un ingrediente en forma de partículas deshidratado por pulverización, con gas inyectado, soluble, que comprende partículas que tienen una superficie externa, una pluralidad de huecos internos dentro de las partículas, y una pluralidad de conductos de diámetro restrictivo dentro de las partículas con el gas comestible a temperatura ambiente a una primera presión alta de modo que el gas comestible pase a través de los conductos de diámetro restrictivo de la superficie externa a los huecos internos para proporcionar partículas en las que los huecos internos contengan el gas comestible a la segunda presión alta, en donde las partículas son partículas con gas inyectado de baja densidad, amorfas que comprenden al menos 60 %, con respecto a un peso total, incluida la humedad, de leche desnatada en polvo y/o leche en polvo deshidratada sin grasa, y en donde los conductos restrictivos tienen un diámetro restrictivo inferior a 1  $\mu\text{m}$ ; permitir que el gas comestible dentro de los huecos internos a la segunda presión alta se escape de manera lenta y controlada desde los huecos internos a través de los conductos restrictivos cuando las partículas se retiren del contacto con el gas a la primera presión alta; en donde la segunda presión alta es igual o inferior a la primera presión alta, pero es superior a la presión ambiental.
3. La composición o el método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde el diámetro restrictivo es al menos aproximadamente 2 veces el tamaño de las moléculas de gas.
4. La composición o el método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde el tiempo en el que el gas dentro de los huecos internos a la segunda presión alta se escapa desde los huecos internos a través de los conductos restrictivos cuando las partículas se retiran del contacto con el gas a la primera presión alta es de al menos aproximadamente 1 día.
5. La composición o el método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde la cantidad de gas contenido dentro de los huecos internos es al menos 8  $\text{cm}^3$  por gramo (al menos 8 ml por gramo) de composición.
6. La composición o el método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde las partículas tienen un tamaño de partículas en el intervalo de 0,5 a 5000  $\mu\text{m}$ .
7. La composición o el método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde los huecos internos tienen un volumen en el intervalo de 0,5 a 5,0  $\text{cm}^3/\text{g}$  (de 0,5 a 5,0 ml/g).
8. La composición o el método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde los huecos internos tienen un diámetro en el intervalo de 0,01 a 2000  $\mu\text{m}$ .

9. La composición o el método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde las partículas tienen una densidad volúmica aparente inferior a  $350 \text{ kg/m}^3$  (inferior a 0,35 g/ml).
- 5 10. La composición o el método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde los conductos restrictivos tienen un diámetro restrictivo inferior a  $0,01 \mu\text{m}$ .
11. El método de la reivindicación 2 en donde la primera presión alta está en el intervalo de 689 kPa a 34.474 kPa (de 100 a 5000 psi).
- 10 12. El método de la reivindicación 2 o la reivindicación 11, en donde la segunda presión alta es superior a aproximadamente 203 kPa (aproximadamente 2 atm).

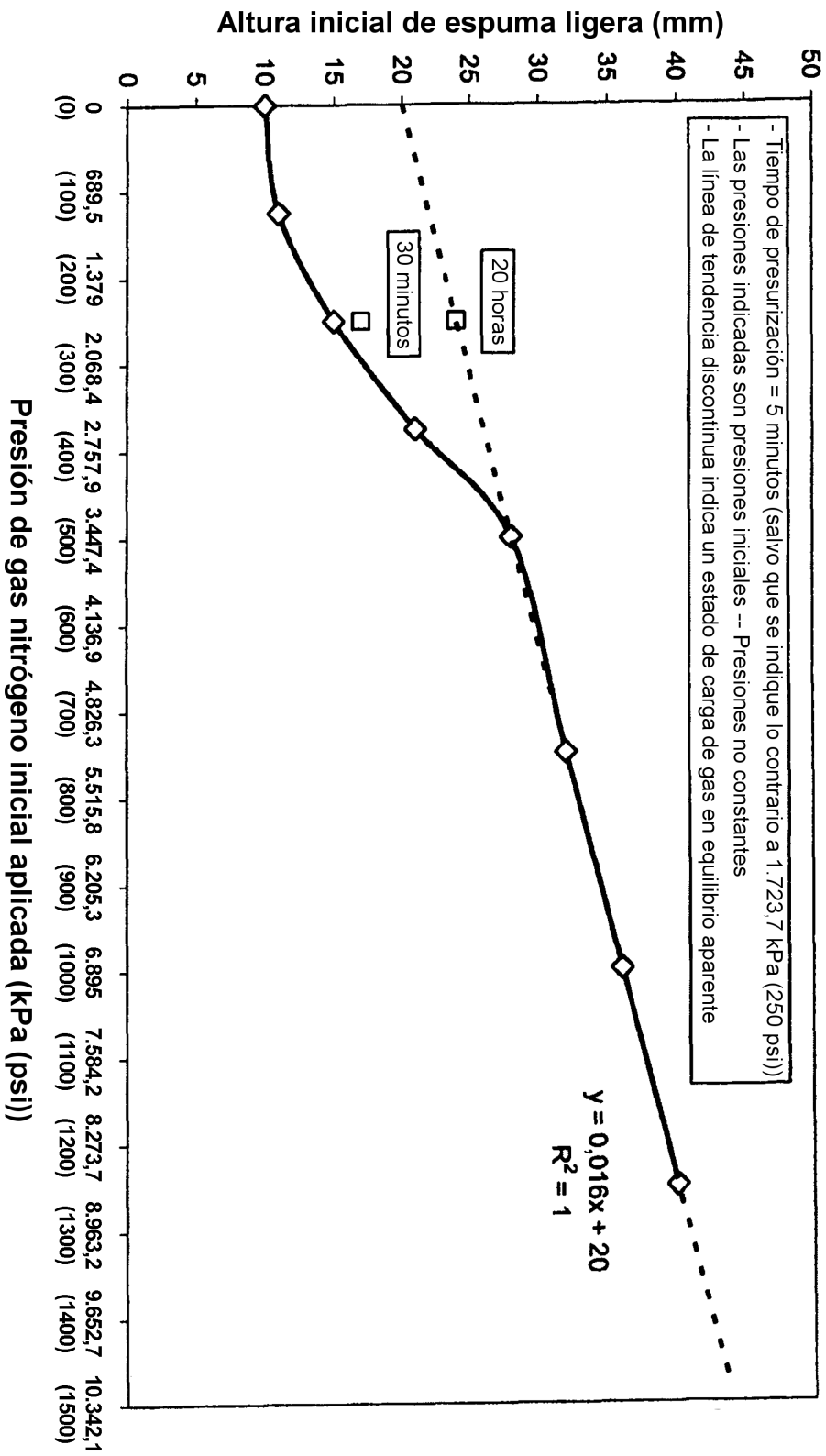
**Fig. 1: Altura inicial de espuma ligera de la bebida de capuchino frente al tiempo de almacenamiento de mezcla**  
 Lote-1 de SMP presurizado con gas nitrógeno; Probado cinco minutos después de la despresurización

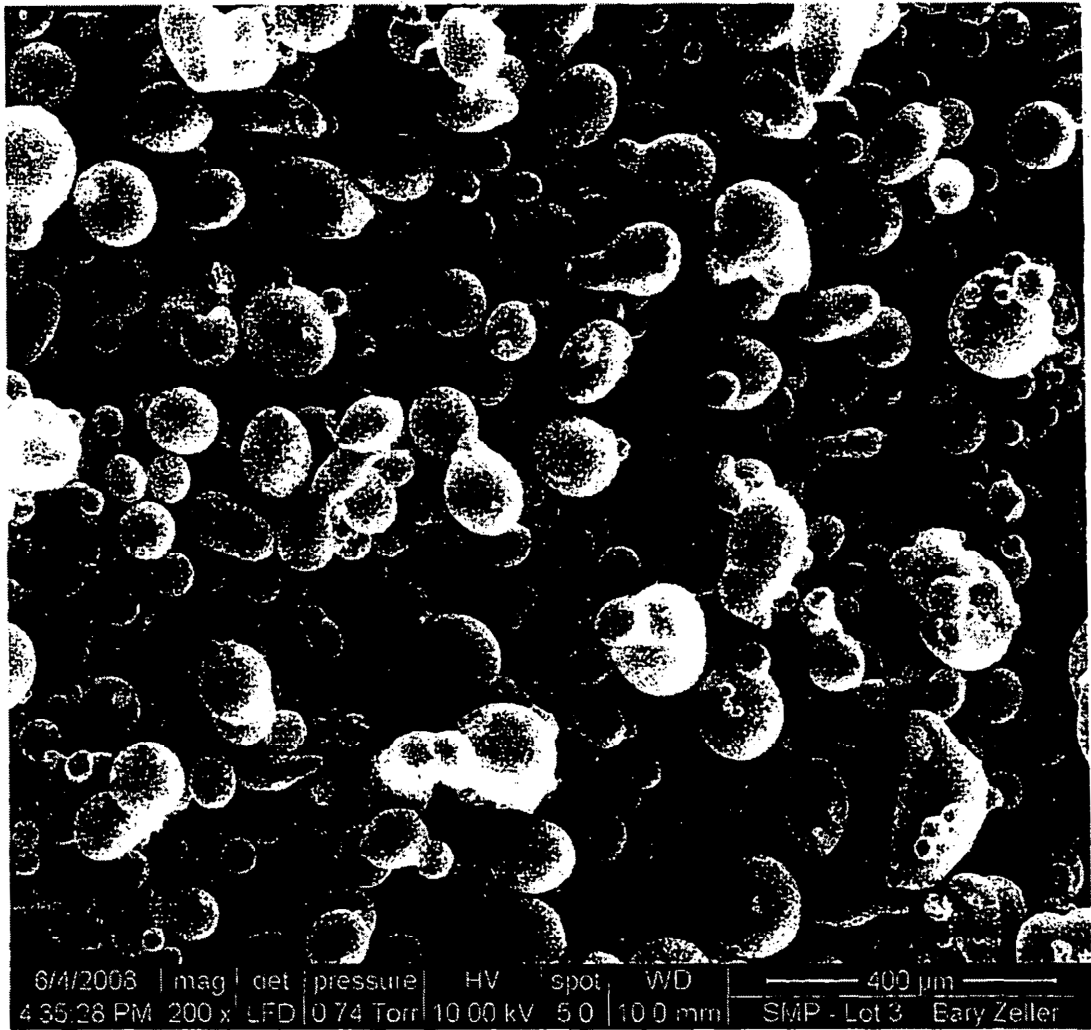




**Fig. 2: Altura diferencial inicial de espuma ligera frente a Ln del tiempo de almacenamiento de mezcla**  
 Lote-1 de SMP presurizado con 6.895 kPa (1.000 psi) de gas nitrógeno durante 5 minutos

**Fig. 3: Altura inicial de espuma ligera de capuchino frente a la presurización de SMP**  
 Lote-3 de SMP presurizado con gas nitrógeno; Probado 5 minutos después de la despresurización





**Fig. 4A: Ingrediente en forma de partículas con aumento de x200**

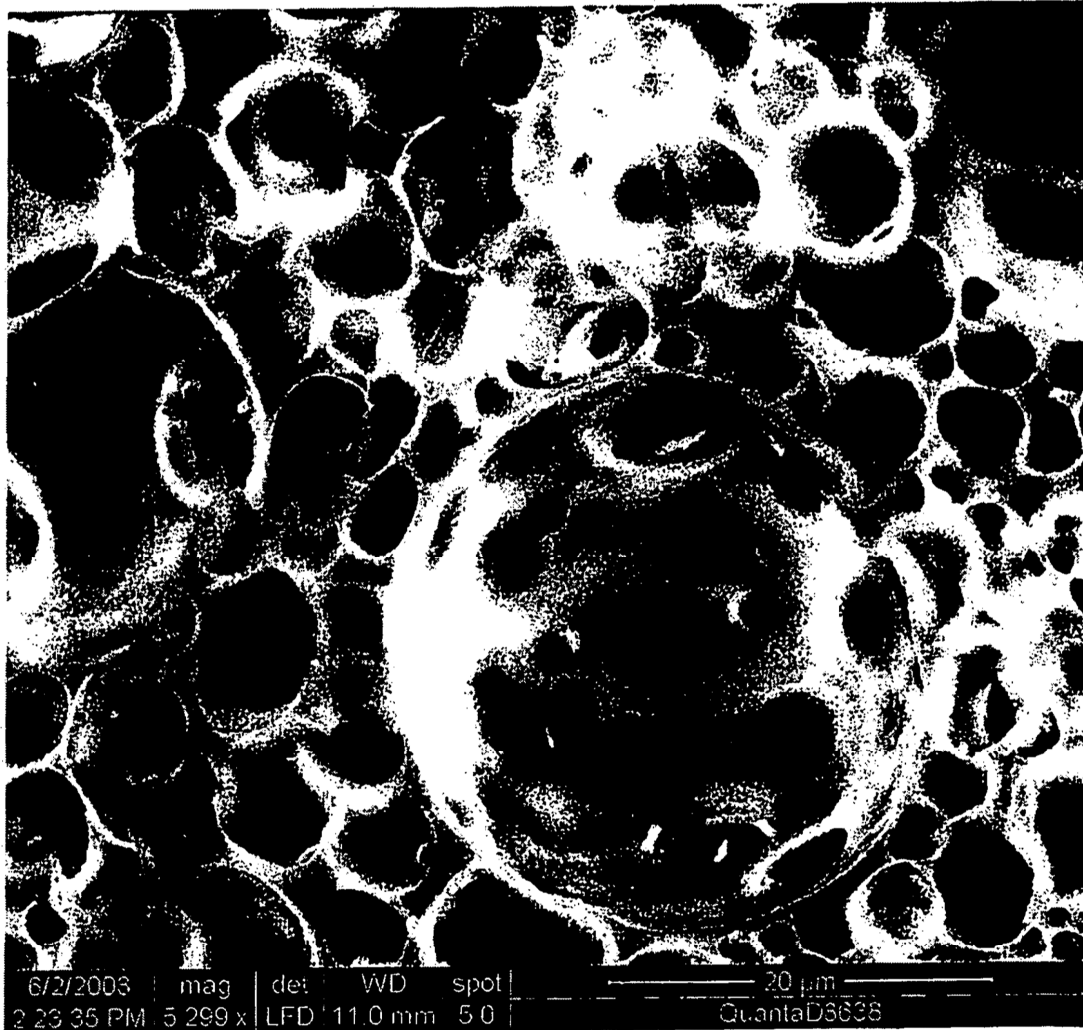




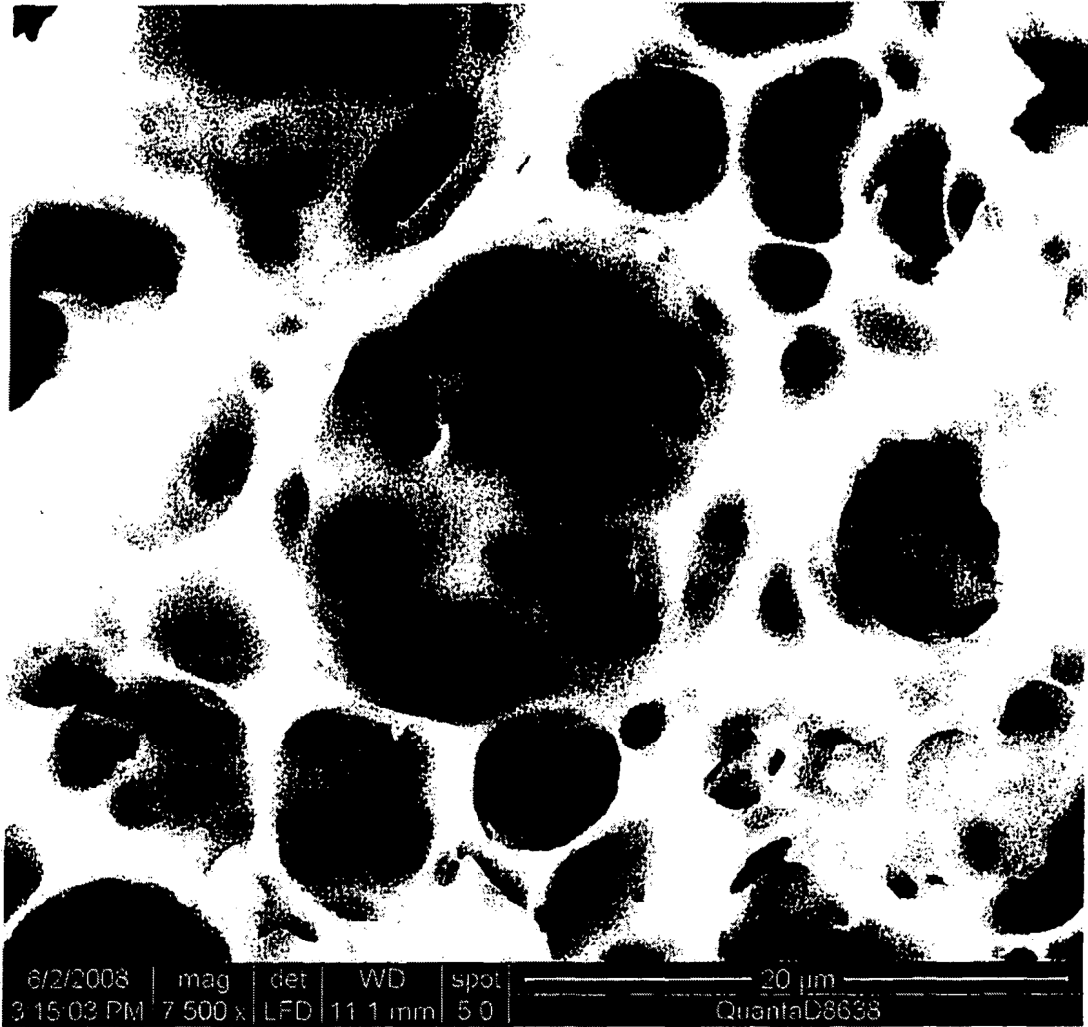
**Fig. 4B: Superficie de la partícula con aumento de x2607**



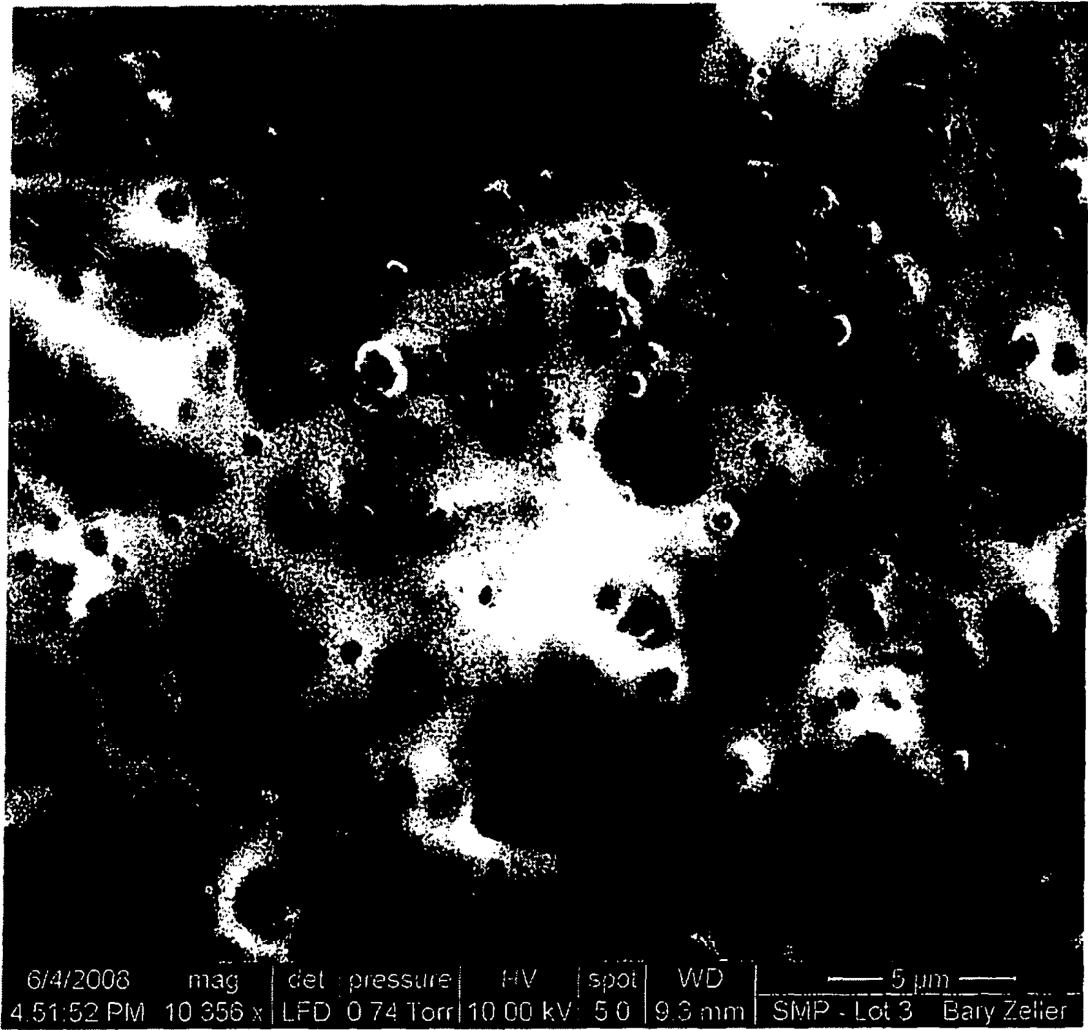
**Fig. 4C: Sección transversal de la partícula con aumento de x1988**



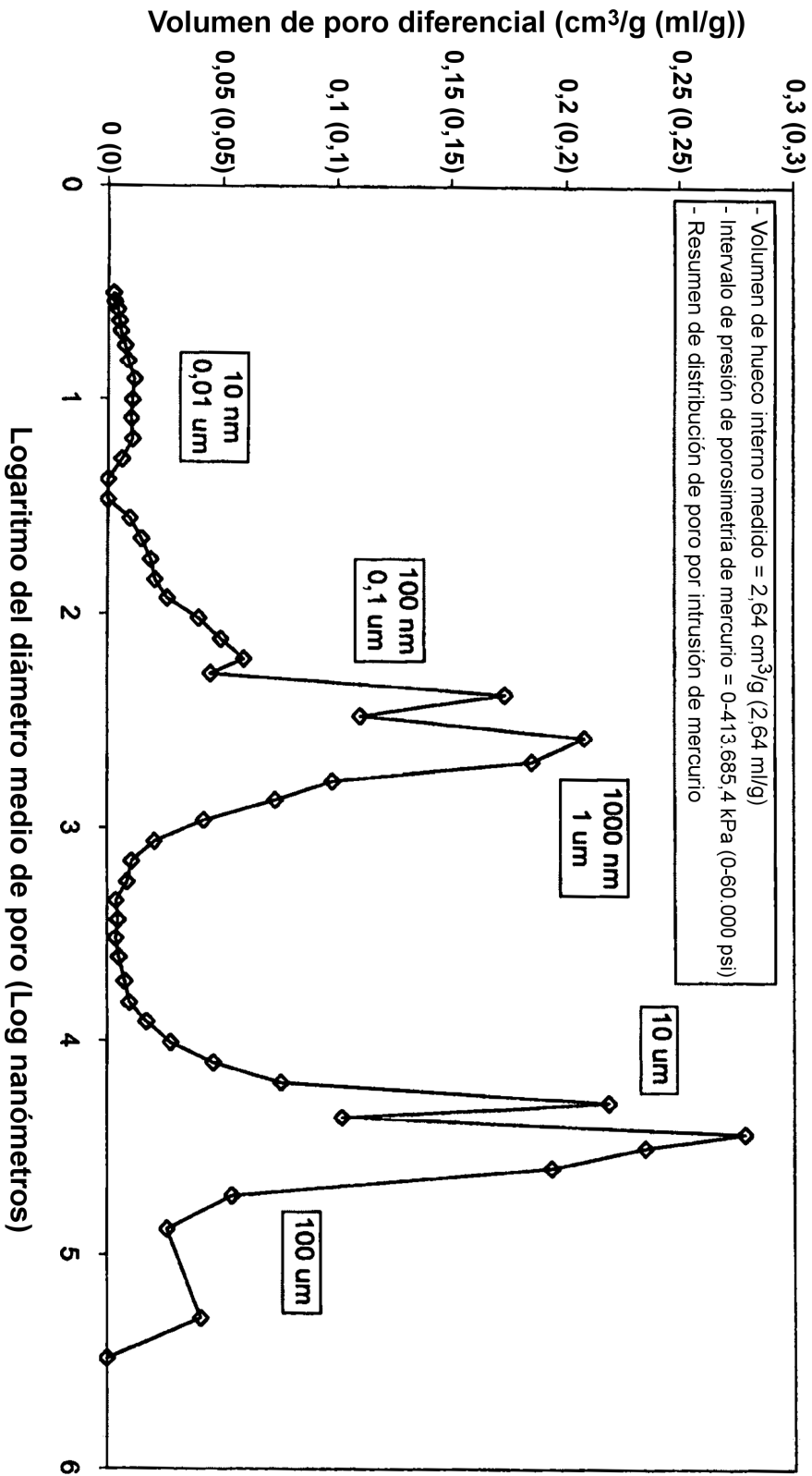
**Fig. 4D: Interior de la partícula con aumento de x5299**



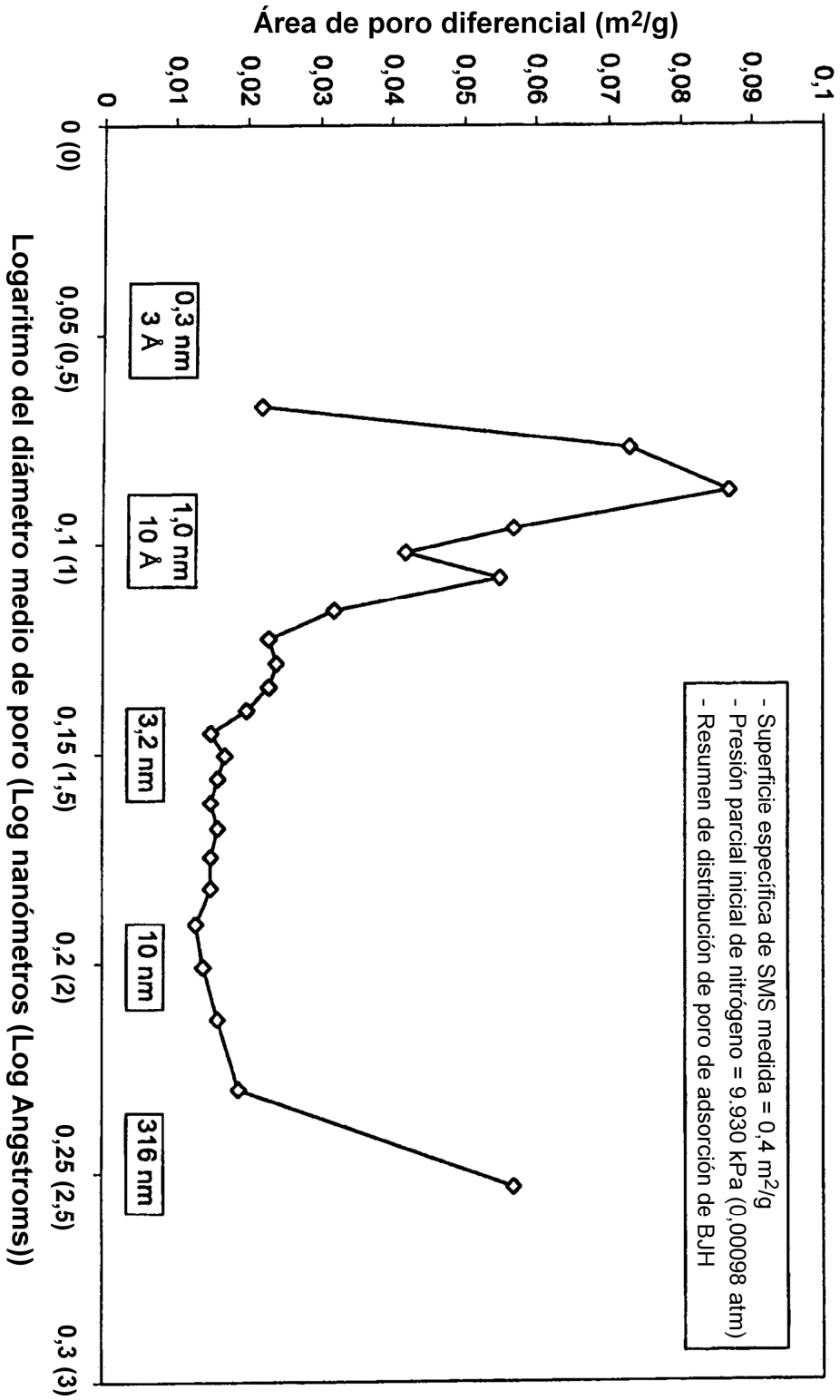
**Fig. 4E: Interior de la partícula con aumento de x7500**



**Fig. 4F: Superficie de la partícula con aumento de x10356**



**Fig. 5: Volumen de poro diferencial frente al logaritmo de diámetro medio de poro**  
 Lote-3 de SMP antes de someterla a gas presurizado para crear la composición efusora de gas



**Fig. 6 Área de poro diferencial frente al logaritmo del diámetro medio de poro**  
 Lote-3 de SMP antes de someterla a gas presurizado para crear la composición efusora de gas