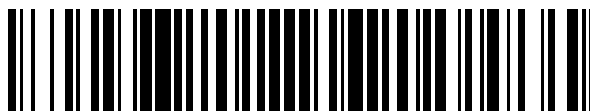


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 552**

51 Int. Cl.:

A23L 1/00 (2006.01)

A23G 9/46 (2006.01)

A23G 9/20 (2006.01)

A23G 9/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2007** **E 07787443 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015** **EP 2043455**

54 Título: **Espuma estable y procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

17.07.2006 US 831607 P

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

10.12.2015

73 Titular/es:

NESTEC S.A. (100.0%)
Avenue Nestlé 55
1800 Vevey, CH

72 Inventor/es:

WINDHAB, ERICH JOSEF;
DÜRR-AUSTER, NATALIE BÉATRICE JANINE;
MÜLLER-FISCHER, NADINA PATRIZIA y
TAPFER, KARL UWE

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 553 552 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

Espuma estable y procedimiento para su fabricación

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a espumas estables que tienen una distribución de tamaño de las burbujas de aire fino controlado y a productos comestibles preparados a partir de la misma que tienen un contenido bajo en grasa. Como productos particularmente interesantes preparados a partir de dichas espumas se incluyen helados y

10 productos congelados relacionados.

La fabricación de burbujas de gas dispersadas finamente en una fase fluida líquida o semisólida, denominadas o bien dispersiones gaseosas en el caso de fracciones de volumen de gas inferiores a aproximadamente el 10-15 % o bien espumas en el caso de fracciones de volumen de gas superiores a aproximadamente el 15-20 % son de gran interés particularmente en las industrias alimentaria, farmacéutica, cosmética, cerámica o de materiales para la construcción. La fracción gaseosa en productos relacionados con estas industrias posee un gran impacto sobre parámetros físicos tales como la densidad, la reología, la conductividad térmica y la compresibilidad y propiedades relacionadas de la aplicación. En el área alimentaria, la aireación de sistemas líquidos a semisólidos añade valor respecto a la consistencia y a propiedades de percepción/sensoriales relacionadas tales como la cremosidad, la

20 blandura y la suavidad, así como una retención de la forma y estabilidad de segregación mejoradas. En el caso de sistemas de alimentos específicos, tales como los postres congelados o helados, la gran reducción de la conductividad térmica es otro factor principal de estabilidad que protege el producto frente a un rápido derretido; por ejemplo, debido a los choques térmicos aplicados en la "cadena de frío" desde la tienda al frigorífico del consumidor. El gran aumento de la interfase interna también puede dar acceso a una nueva área de adsorción y fijación/estabilización de moléculas funcionales/tecnofuncionales tales como aromatizantes y/o compuestos nutricionalmente activos.

En masas pastosas de hielo basadas en agua, aireadas y congeladas de forma convencional del tipo de los helados, las propiedades sensoriales típicamente importantes como la capacidad de formar bolas de helado, la cremosidad, la suavidad, la retención de la forma durante la fusión y la estabilidad frente a los choques térmicos vienen determinadas por una interacción de las tres fases dispersas: células de aire/burbujas, glóbulos grasos/aglomerados de glóbulos grasos y cristales de agua helada, dentro de los intervalos de tamaño y las fracciones de volumen

30 característicos de estos componentes dispersos los que se muestran por ejemplo en la Tabla 1.

Tabla 1: *Intervalo de tamaño y fracciones de volumen de las fases dispersas en helados convencionales*

	Células de gas/aire	Aglomerados de glóbulos grasos	Cristales de agua helada
Diámetro promedio $X_{50,0}/\mu\text{m}$	25 - 35	2 - 100	50 - 60
Fracción de volumen/ % vol.	50 - 60	8 - 15	40 - 50

35 Las células de aire pequeñas bien estabilizadas son las principales responsables de la sensación de textura suave y cremosidad durante la fusión del helado en la boca del consumidor. Una estructura espumosa/células de aire más pequeña en el estado fundido durante el tratamiento de cizallamiento entre la lengua y el paladar provoca una percepción más pronunciada de cremosidad. Un tamaño menor de las células de aire también contribuye a una vida de almacenamiento más larga de los sistemas de helado congelado debido a un incremento de la hidrancia estérica del crecimiento de cristales de hielo. A una fracción de volumen de gas constante, un número mayor de células de aire más pequeñas genera una mayor área de interfase gaseosa total y por tanto, una disminución del grosor de las lamelas formadas entre las células de aire por la fase fluida acuosa continua. Ello restringe el crecimiento de cristales de hielo dentro de estas lamelas. Otra contribución directa aunque menos pronunciada a la cremosidad

45 proviene de los aglomerados de glóbulos grasos de tamaño promedio de un diámetro inferior a 20-30 micrómetros. Cuando los agregados de glóbulos grasos son mayores a aproximadamente 30-50 micrómetros, la sensación cremosa se transforma en una sensación en boca mantecosa, grasosa.

La capacidad para formar bolas de las pastas congeladas y aireadas, tal como los helados, está relacionada principalmente con la estructura de los cristales de hielo, en particular con el tamaño de los cristales de hielo y su interconectividad. La capacidad para formar bolas es la característica de calidad más importante de los helados en el intervalo de temperaturas bajas entre -20 °C y -15 °C.

50

En la fabricación de helados convencional, la congelación parcial se realiza en congeladores continuos o discontinuos que tienen intercambiadores de calor con superficie dotada de rascado, que se enfrían a temperaturas de salida de aproximadamente -5 °C. A continuación, la pasta de helado se carga en copas o se forma a la salida de la matriz de extrusión. A continuación, los productos se endurecen en túneles de congelación con temperaturas del

55

aire refrigerante de aproximadamente -40 °C hasta que se alcanza una temperatura del núcleo del producto de aproximadamente -20 °C. Después, los productos se almacenan y/o distribuyen. Tras la precongelación de las recetas de helado convencionales en el congelador de helados, aproximadamente un 40-45 % del agua congelable se encuentra congelada en forma de cristales de agua helada. Otra fracción de aproximadamente un 55-60 % del agua congelable se encuentra todavía en estado líquido debido a la disminución del punto de congelación de la solución acuosa concentrada en azúcares, polisacáridos y proteínas. La mayor parte de esta fracción acuosa se congela durante el enfriamiento adicional en el túnel de endurecimiento. En esta etapa de endurecimiento, el helado se encuentra en estado de reposo. En consecuencia, el agua congelada adicionalmente cristaliza en las superficies de los cristales de hielo existentes, provocando su crecimiento desde aproximadamente 20 micrómetros a 50 micrómetros o más. Algunos de los cristales de hielo se interconectan formando una red tridimensional de cristales de hielo. Cuando se forman dichas redes, el helado se comporta como un cuerpo sólido y disminuye su capacidad para formar bolas.

Ciertas patentes tales como las patentes de EE.UU. N.ºs: 5.620.732; 6.436.460; 6.491.960; 6.565.908 divulgan la restricción del crecimiento de cristales de hielo durante el enfriamiento/endurecimiento mediante el uso de proteínas anticongelantes. Se espera que ello también tenga un impacto positivo sobre la conectividad de los cristales de hielo respecto a la mejora de la capacidad de formación de bolas.

Las patentes de EE.UU. números 6.558.729, 5.215.777, 6.511.694 y 6.010.734 divulgan el uso de otros ingredientes específicos, tales como grasa vegetal de bajo punto de fusión, poliésteres de ácidos grasos de poliol o azúcares específicos tales como mezclas de sacarosa/maltosa, para reblandecer los productos helados relacionados, mejorando de este modo la capacidad de formación de bolas y la cremosidad.

El documento US 3 936 391 divulga productos espumados o batidos que comprenden éster de poliglicerol como emulsionante.

Las patentes de EE.UU. N.ºs: 5.345.781, 5.713.209, 5.919.510, 6.228.412 y RE36.390 divulgan equipamientos de procesamiento específicos, principalmente extrusores de congelación continuos de tornillo único o doble, para refinar la microestructura del helado (células de aire, cristales de hielo y aglomerados de glóbulos grasos) utilizando fuerzas de fricción de alta viscosidad que actúan a las típicamente muy bajas temperaturas de procesamiento de 10 °C a -15 °C, mejorando de este modo las propiedades de textura y estabilidad.

Otras publicaciones divulgan el uso de fases de tensioactivo mesomórfico preparándose una premezcla que tiene tensioactivos y agua a una temperatura especificada para proporcionar una fase de lamelas continua. Estos documentos incluyen la solicitud de patente europea 753.995 y la publicación PCT W095/35035. Se puede encontrar otro abordaje se divulga el uso de fases mesofórficas de tensioactivo comestible como agente de estructuración y/o sustitutos de grasa en la patentes de EE.UU. 6.368.652, la solicitud de patente europea 558.523 y la publicación PCT W092/09209.

La publicación PCT WO2005/013713 divulga una fabricación de hielo que posee al menos un 2 % en peso de grasa y su procedimiento de fabricación, en el que parte o toda la grasa se encuentra presente en forma de cuerpos oleosos.

No obstante, a pesar de estas divulgaciones persiste la necesidad de un procedimiento para formar espumas heladas o productos de confitería helados que, cuando se congelan, no presentan un aumento pronunciado del tamaño de las burbujas de gas y su generación asociada de un comportamiento en forma de cuerpo sólido o de hielo pronunciado.

Además, persiste la ausencia de técnicas de aireación novedosas que aborden la necesidad descrita en lo que antecede. Por ejemplo, la tecnología de aireación basada en membranas industriales es todavía bastante nueva. La aireación o batido convencional de sistemas de fluido líquido se realiza habitualmente utilizando dispositivos de mezclado dispersivos de rotor/estátor en campos de flujo turbulento en condiciones de velocidad aportación de energía muy elevada.

Los procedimientos de dispersión basados en membrana son conocidos en el área de los líquidos/dispersiones de líquidos (emulsificación) que utilizan módulos de membrana estáticos en los que el desprendimiento de gotas de líquido dispersas está provocado por el desbordamiento de la membrana con la fase de líquido continua. Sin embargo, esto significa que las fuerzas o tensiones que soportan el desprendimiento de gotas están directamente acopladas al flujo volumen de la fase fluida continua. Esto es ciertamente inaceptable para la fabricación de sistemas de dispersión o emulsiones relacionados si los cambios en el caudal del volumen también afectarían a la distribución del tamaño de las gotas de la fase dispersa modificando de este modo las propiedades relacionadas del sistema.

También se han introducido los primeros intentos en el batido de membrana utilizando dispositivos de membrana estáticos con el mismo tipo de problemas descritos en el procesamiento de líquidos/dispersiones de líquidos, sin embargo, con problemas más pronunciados en relación con la generación de burbujas pequeñas, en particular en el

caso de fracciones de volumen de gas más elevadas ($> 30-40\%$). Este hecho puede basarse en una relación física bien conocida, descrita por el denominado número capilar crítico (Ca_c). El tipo de flujo principal generado en las proximidades (es decir, en la capa límite de Prandtl) de una membrana estática de desbordamiento es el flujo de cizallamiento. En el flujo de cizallamiento, el número capilar crítico está altamente relacionado con el cociente de viscosidad entre las fases dispersa y continua ($\eta_{\text{dispersa}}/\eta_{\text{continua}}$). En particular para cocientes de viscosidad muy bajos con valores $\leq 10^{-3} - 10^{-4}$ que representan sistemas de espuma, el Ca_c puede alcanzar valores superiores a aproximadamente 10-30. La razón de ello se encuentra en que a pesar de la gran deformación de las burbujas de aire en líquidos cizallados, no existe una división eficaz o, en otras palabras, la deformación crítica de las burbujas se incrementa de forma importante con la disminución del cociente de viscosidad. A caudales de volumen muy elevados se alcanzan condiciones de flujo turbulento con la dispersión de burbujas mejorada. No obstante, este hecho no es satisfactorio respecto al tamaño de las burbujas ni a la amplitud de la distribución estrecha del tamaño de las burbujas. Incluso en el dominio del flujo turbulento existe una capa Prandtl laminar en las proximidades de las paredes, lo que limita el mecanismo de dispersión turbulento.

Recientemente se ha introducido un dispositivo de membrana rotatorio para líquido/dispersión líquida que muestra el elevado potencial de mejoría de la dispersión de gotas, en particular respecto a gotas pequeñas y con una distribución del tamaño estrecha, pero este dispositivo no se ha usado para la dispersión de gases o la formación de espuma. Es probable que esto se deba a los problemas relacionados con las dificultades con la división de las burbujas de gas en un flujo laminar dominado por el cizallamiento descritos previamente, así como debido a la elevada diferencia de densidades entre las dos fases, lo que hace que el procedimiento sea incluso más difícil en campos de flujo giratorios, particularmente si son laminares. La fase gaseosa que posee menos de un uno por ciento de la densidad del líquido tiende a separarse hacia radios más pequeños (equivalentes a presiones centrífugas inferiores) en el campo de fuerza centrífuga que actúa en los flujos giratorios laminares sin alteraciones relacionadas con el flujo. Estos problemas fundamentales están sin resolver.

La patente alemana DE 101 27 075 da a conocer un dispositivo de membrana giratorio para la fabricación de sistemas de emulsión. Sin embargo, este dispositivo no es adecuado para la generación de dispersiones de gas homogéneas finamente dispersadas o espumas debido a las grandes dimensiones radiales de los espacios de dispersión formados entre los módulos de la membrana y la carcasa que facilitarían el desmezclado de las fases a la elevada velocidad giratoria necesaria para el refinamiento de las burbujas de gas.

Las publicaciones PCT WO 2004/30799 y WO 01/45830 describen dispositivos de membrana similares para la producción de emulsiones con problemas idénticos a los de las dispersiones de gas o espumas que se han mencionado anteriormente.

Existe, por tanto, la necesidad de un nuevo dispositivo y un procedimiento de aireación que permita la formación de una espuma congelada baja en grasa que cuando se congele no forme burbujas de gas grandes o cristales de hielo interconectados y su consiguiente comportamiento como cuerpo sólido. . Existe también la necesidad de productos que contengan dicha nueva espuma.

Sumario de la invención

La invención hace referencia a una espuma estable que comprende una matriz líquida, burbujas de gas y un agente estructurante como se expone en la reivindicación 1 que forma una estructura de jaula lamelar y/o vesicular sin formar una estructura de gel que imparte una textura de caucho a la espuma. La estructura de jaula laminares encierra al menos una parte substancial de las burbujas de gas y de la matriz de líquido en su interior para retener las burbujas de gas y el líquido en una estructura lo suficientemente compacta que evite substancialmente el drenaje de la matriz de líquido y la coalescencia y descremado de las burbujas de gas manteniendo la estabilidad de la espuma incluso cuando esta se somete a múltiples choques térmicos.

De forma ventajosa, la matriz de líquido comprende un fluido polar, el gas es nitrógeno, oxígeno, dióxido de nitrógeno (N_2O_2), argón o mezclas de los mismos, las burbujas de gas poseen un diámetro promedio lo suficientemente pequeño y se encuentran lo suficientemente juntas en la estructura de jaula lamelar/vesicular para evitar la formación de cristales congelados que posean diámetros promedio de 50 micrómetros o más en la matriz de líquido cuando se somete la espuma a una temperatura inferior a la temperatura de congelación de la matriz de líquido. Preferentemente, la matriz de líquido contiene agua, el gas es aire, las burbujas de gas poseen un diámetro promedio $X_{50,0}$ inferior a 30 micrómetros y están separadas por una distancia inferior a las 30 micrómetros y la espuma posee una distribución de diámetros de las burbujas de gas $X_{90,0}/X_{10,0}$ inferior a 5. Más preferentemente, las burbujas de gas poseen un diámetro promedio $X_{50,0}$ inferior a 15 micrómetros y están separadas por una distancia inferior a las 15 micrómetros y la espuma posee una distribución de diámetros de las burbujas de gas $X_{90,0}/X_{10,0}$ inferior a 3,5 y más particularmente es inferior a 2,5.

Los agentes estructurantes adecuados generalmente comprenden un compuesto o material anfílico que incluye partes hidrofóbicas e hidrofílicas hinchadas que forman la estructura en celdas lamelares o vesiculares. El agente estructurante comprende un éster de poliglicerol de ácidos grasos (PGE) pretratado térmicamente, físico-

químicamente y está presente en una cantidad del 0,25 % al 1,5 % en peso de matriz de líquido. El PGE se trata para proporcionar una estructura en celdas lamelares/vesiculares mejorada para retener las burbujas de gas y la matriz de líquido en su interior y es particularmente útil cuando se requieren o desean espumas con burbujas de gas muy finas.

La matriz de líquido puede incluir un agente potenciador de la viscosidad en una cantidad suficiente para proporcionar a la matriz de líquido una viscosidad mayor para ayudar a retener la matriz y las burbujas de gas en la estructura de jaula lamelar/vesicular. El agente potenciador de la viscosidad puede ser un carbohidrato en una cantidad del 5 % al 45 % en peso de la matriz de líquido, una proteína vegetal o láctea en una cantidad del 5 % al 20 % en peso de la matriz de líquido, un polisacárido en una cantidad del 0,1 % al 2 % en peso de la matriz de líquido, o una mezcla de los mismos. Más específicamente, el carbohidrato, si está presente es sacarosa, glucosa, fructosa, jarabe de maíz, lactosa, maltosa, o galactosa o una mezcla de las mismas y está presente en una cantidad del 20 % al 35 % en peso de la matriz de líquido, la proteína vegetal o láctea, si está presente, es soja, suero lácteo o proteína de la leche entera en una cantidad del 10 % al 15 % en peso de la matriz de líquido y el polisacárido, si está presente, es goma guar, goma garrofin, goma carragenina, goma xantana, pectina o una mezcla de las mismas en una cantidad del 0,2 % al 1,25 % en peso de la matriz de líquido.

Otra realización de la invención hace referencia a espumas sólidas de los tipos que se describen en la presente invención y que se mantienen a una temperatura por debajo de la temperatura que provoca que la matriz de líquido se solidifique o congele. Sorprendentemente, la matriz solidificada o congelada no incluye cristales congelados compactos del líquido que posean diámetros promedio ($X_{50,0}$) de 50 micrómetros o superiores y la espuma permanece estable sin cambios significativos en el tamaño de las burbujas y las distribuciones del tamaño tras múltiples choques térmicos.

Otra realización de la invención hace referencia a un procedimiento de fabricación de una espuma estable como se expone en la reivindicación 6 que comprende una matriz de líquido, burbujas de gas y un agente estructurante que forma una estructura en celdas lamelares o vesiculares que encierra al menos una parte substancial de las burbujas de gas y la matriz de líquido en su interior. Este procedimiento generalmente incluye las etapas de: proporcionar un compuesto o material de agente anfílico cristalino o semicristalino que incluye partes hidrofóbicas e hidrofílicas en una matriz de líquido a un pH entre 6 y 8; añadir un agente expansor a la matriz de líquido con calentamiento durante un período de tiempo y a una temperatura suficiente para que funda el compuesto o material cristalino y proporcione una solución de matriz de líquido, el agente expansor y partes hidrofóbicas e hidrofílicas hinchadas del agente anfílico que forman las lamelas o vesículas de la estructura en celdas; homogeneizar la solución en condiciones suficientes para dispersar las lamelas o vesículas de la estructura en celdas; enfriar la solución homogeneizada a una temperatura inferior a la temperatura ambiente para fijar las lamelas/vesículas en la estructura en celdas sin generar un gel que de una estructura gomosa; y proporcionar burbujas de gas a la solución. Por tanto, la estructura de jaula lamelar/vesicular encierra y estabiliza al menos una parte substancial de las burbujas de gas y de la matriz de líquido en su interior para retener las burbujas de gas y el líquido en una estructura lo suficientemente compacta que evite substancialmente el drenaje de la matriz de líquido y la coalescencia de las burbujas de gas para preparar una espuma estable que mantenga la estabilidad de la espuma incluso cuando esta se somete a múltiples choques térmicos. La dispersión de una estructura lamelar también se puede denominar vesículas multilamelares.

La matriz de líquido comprende generalmente un fluido polar desionizado. El pH del fluido polar desionizado se ajusta a neutro (aproximadamente 7) antes de la adición del agente anfílico y después, la solución se calienta hasta una temperatura por encima de 65 °C a 95 °C durante un tiempo de aproximadamente 20 a 85 segundos. Esto ayuda a disolver el agente anfílico en la matriz de líquido. En caso de combinar una etapa de pasteurización, el tiempo de mantenimiento a las temperaturas correspondientes se ajusta adecuadamente entre aproximadamente 25 minutos a 65 °C y 30 segundos a 85 °C. El agente anfílico comprende generalmente un tensioactivo o más específicamente un emulsionante y se encuentra presente en una cantidad entre aproximadamente un 0,1 % al 2 % en peso de la matriz de líquido y el agente expansor es típicamente un material compatible con el agente anfílico y que provoca que el agente se expanda. Para el emulsionante PGE de ejemplo, el agente expansor comprende ácidos grasos no esterificados que son solubles o dispersables en la matriz de líquido y también se añade en una cantidad entre aproximadamente un 0,1 % y un 2 % en peso de la matriz de líquido. A un pH de 7, la mayoría de los ácidos grasos no están protonados y llevan una carga neta que contribuye al efecto expansor.

La homogeneización puede ser una homogeneización a alta presión realizada a entre 125 y 225 bares a temperaturas de 60 °C a 95 °C y después la solución homogeneizada se enfría hasta una temperatura de menos de 10 °C pero sin llegar a la congelación de la matriz de líquido durante un período de entre aproximadamente 4 y 20 horas. A continuación, la solución enfriada puede tratarse adicionalmente para disminuir el pH entre 2 y 4,5 y/o añadir sal antes de airear la solución enfriada para formar la espuma.

La matriz de líquido comprende generalmente un fluido polar libre de iones salinos e incluye opcionalmente potenciador de la viscosidad en una cantidad suficiente para proporcionar a la matriz de líquido una viscosidad mayor para ayudar a retener la matriz y las burbujas de gas en la estructura de jaula lamelar/vesicular. La matriz de

líquido contiene agua desionizada y el agente modificador de la viscosidad puede ser cualquiera de los mencionados más específicamente en la presente invención. El agente modificador de la viscosidad se añade generalmente al agua desionizada a un pH neutro y con un calentamiento moderado hasta una temperatura de 30 °C y 50 °C antes de añadir al material o compuesto anfifílico.

Las burbujas de gas son generalmente de nitrógeno, oxígeno, argón, o mezclas de los mismos y se proporcionan en la solución mediante un dispositivo espumador o mediante introducción a través de una membrana porosa. Para obtener burbujas de gas que posean un diámetro de burbuja de gas promedio $X_{50,0}$ que está entre 10 y 15 micrómetros se puede usar un dispositivo de batido de rotor/estátor convencional para atrapar las burbujas de gas en la solución. Para obtener burbujas de gas que posean un diámetro de burbuja de gas promedio $X_{50,0}$ inferior a 10 micrómetros y una distribución estrecha del tamaño de las burbujas de gas con un cociente de distribución de diámetros de burbujas $X_{90,0}/X_{10,0}$ inferior a 3, 5, las burbujas de gas pueden proporcionarse a la solución a través de una membrana giratoria con un diámetro promedio de poro de 6 micrómetros que está configurada, dimensionada, situada y desplazada para desprender las burbujas de gas de este tamaño desde la superficie de la membrana donde se forman a partir de un flujo de gas que pasa a través de la membrana y las arrastra a la matriz de líquido. Finalmente, se pueden obtener burbujas de gas que poseen un diámetro de burbuja de gas promedio $X_{50,0}$ inferior a 7,5 micrómetros y una distribución estrecha del tamaño de las burbujas de gas con un cociente de distribución de diámetros de burbuja $X_{90,0}/X_{10,0}$ inferior a 3,5. Estas burbujas de gas pueden proporcionarse a la solución a través de una membrana con un diámetro promedio de poro de 6 micrómetros que está configurada en forma de un cilindro cerrado que está fijo con gas introducido desde el exterior dentro del cilindro para formar burbujas de gas en la superficie interior de la membrana y fluyendo la matriz líquida por la superficie interior de la membrana soportada eventualmente por un cilindro no membranoso giratorio situado de forma concéntrica o excéntrica dentro del cilindro membranoso para desprender las burbujas de gas

Tal como se ha comentado previamente, un producto preferente es una espuma sólida y esta se puede proporcionar mediante la solidificación de la matriz de líquido manteniéndola a una temperatura inferior a la que provoca que la matriz de líquido se solidifique o congele. Sorprendentemente, la matriz solidificada o congelada no incluye cristales congelados compactos del líquido que posean diámetros promedio ($X_{50,0}$) de 50 micrómetros o superiores y además en la que la espuma permanece estable sin cambios significativos en el tamaño de las burbujas y las distribuciones del tamaño tras múltiples choques térmicos. Esto puede obtenerse se añada o no un agente potenciador de la viscosidad a la matriz de líquido desionizada, aunque es preferente la utilización de un agente potenciador de la viscosidad por otras razones que serán aparentes en la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

Para comprender de forma adicional la naturaleza y ventajas de la invención, así como las ventajas relacionadas en comparación con el estado actual de la técnica, deberá hacerse referencia a la descripción siguiente, tomada conjuntamente con las figuras acompañantes, en las que la invención y las propiedades relacionadas con la invención se demuestran mediante ejemplo, en las que:

La Fig. 1 es un gráfico de la distribución de los tamaños de burbujas de gas obtenida con un dispositivo de dispersión de burbujas convencional.

La Fig. 2 es un gráfico de la distribución de los tamaños de burbujas de gas de una espuma producida de acuerdo con una de las realizaciones de la presente invención.

La Fig. 3 es un gráfico de barras que muestra los percentiles 10°, 50° y 90° de los diámetros de burbujas de tres realizaciones diferentes de procedimiento/dispositivo de aireación de la invención.

La figura 4 es un gráfico que indica la anchura o "estrechez" de la distribución del tamaño de las burbujas de tres realizaciones diferentes de procedimiento/dispositivo de aireación de la invención.

Las Figs. 5A y 5B son imágenes de microscopia electrónica de barrido de las estructuras de celdas lamelares de las espumas de la invención.

La Fig. 6 es un gráfico que muestra la dependencia del volumen de la fase lamelar en función de la concentración de agente expansor añadido.

La Fig. 7 es un diagrama de procedimiento que muestra las etapas para la formación de la espuma de acuerdo con la invención.

La Fig. 8 muestra el producto resultante obtenido si se modifica el orden de la etapa de calentamiento (I) y la etapa de ajuste de pH (II) que produce la espuma, en la que el orden inverso (II y a continuación I) genera un colapso pronunciado de la estructura sin producirse espuma.

La Fig. 9 es una fotografía de dos tubos de ensayo para comparar las características de drenaje de una espuma de acuerdo con la invención con las de un sorbete convencional.

La figura 10 es un gráfico de diámetros de burbuja de espumas sometidas a choque térmico, siendo la Fig. 10A una microfotografía que muestra las burbujas antes del choque térmico y la Fig. 10B ilustra las burbujas después del choque térmico.

La Fig. 11 es un gráfico que muestra el comportamiento frente al choque térmico de una espuma de acuerdo con la invención.

La Fig. 12 es un dibujo esquemático de una primera realización (tipo I) del dispositivo de aireación de la presente invención que muestra un corte axial a través del dispositivo con la membrana instalada en la superficie de la parte interna giratoria (es decir cilindro), mostrando las secciones de espacio aumentadas de las Figs. 12A y la Fig. 12B la entidad de gas de compacto en la superficie de la membrana.

La Fig. 13 es un dibujo esquemático de una segunda realización (tipo II) de un dispositivo de aireación de la presente invención que muestra un corte axial a través del dispositivo con la membrana instalada en la superficie de la parte externa fija (carcasa cilíndrica), mostrando las sección de espacio aumentada de la Fig. 13A los filamentos de gas disparados desde el poro de la membrana hacia el espacio.

La Fig. 14A es una vista en sección a través del aparato de las Figs. 12-13, ortogonal al eje de rotación, que muestra la disposición excéntrica de la parte interna giratoria y la carcasa, mostrando la figura 14B una vista en sección paralela al eje de rotación.

La Fig. 15A es una vista en sección a través del aparato de las Figs. 12-13, ortogonal al eje de rotación, que muestra la disposición concéntrica de la parte interna giratoria y la carcasa con la membrana de aireación fijada a la carcasa y la superficie perfilada de la parte interna giratoria (es decir cilindro), mostrando la figura 15B una vista en sección paralela al eje de rotación.

La Fig. 16 es un gráfico de la función $q_0(x)$ de distribución del tamaño de burbujas de aire (es decir distribución de densidad numérica) tras el tratamiento de dispersión en el nuevo dispositivo de membrana Tipo-B II con la membrana montada en la carcasa fija.

La Fig. 17 es un gráfico de la función $q_0(x)$ de distribución del tamaño de burbujas de aire (es decir distribución de densidad numérica) tras el tratamiento de dispersión en el dispositivo de membrana tipo II según las mismas condiciones que en el dispositivo Tipo-B I.

La Fig. 18 es un gráfico de la función $q_0(x)$ de distribución del tamaño de burbujas de aire (es decir distribución de densidad numérica) tras el tratamiento de dispersión en un dispositivo de rotor/estátor convencional según las mismas condiciones que en el dispositivo Tipo-B I y II.

La Fig. 19 es un gráfico que muestra la dependencia funcional del diámetro promedio de las burbujas $X_{50,0}$ (valor promedio de la distribución del volumen de las burbujas, $q_3(X)$) en función del gas dispersado a una fracción de volumen de 30 para la fórmula modelo NDA-1 aireada con las dos realizaciones de procedimiento diferentes: dispositivo/procedimiento de membrana con la membrana montada en un cilindro interno giratorio (Tipo-B I) y dispositivo/procedimiento de membrana con una membrana fija en la carcasa y un cilindro sólido interno giratorio con superficie lisa (Tipo-B II); condiciones: Receta NDA-1, espacio: 0,22 mm, rpm.: 6250).

La Fig. 20 es un gráfico que muestra la dependencia funcional del diámetro promedio de las burbujas $X_{50,0}$ (valor promedio de la distribución numérica, $q_0(X)$) como función de la densidad de energía volumétrica (entrada de energía por volumen de líquido) para una fórmula de fase de fluido líquida continua NMF-2 (2a, 2b comparable) aireada con los dos procedimientos diferentes: tornillo entrelazado de rotor/estátor convencional con características de flujo turbulento (A) y el dispositivo/procedimiento de membrana novedoso con la membrana montada en el cilindro interno giratorio (Tipo-B I).

La Fig. 21 es un gráfico de la función de distribución de tamaño de las burbujas de aire $q_0(x)$ (= distribución de densidad numérica) tras el tratamiento dispersante en el dispositivo de membrana novedoso con la membrana montada en la carcasa externa fija y con la superficie perfilada del cilindro interno giratorio (condiciones: receta NDA-1, espacio: 0,22 mm, rpm.: 6250, fracción de volumen de gas 0,5).

Descripción detallada de los modos de realización preferentes

En la siguiente descripción se utilizan una serie de definiciones útiles para definir la invención y entender sus características novedosas.

El término "choque térmico" tal como se utiliza en la presente invención significa un cambio en el estado de la espuma de sólido a líquido o semilíquido o viceversa, provocado por el calentamiento desde una temperatura en la que la matriz está congelada a una temperatura en la que la matriz es líquida o semilíquida, o por el enfriamiento desde una temperatura en la que la matriz es líquida a una temperatura en la que la matriz es sólida o congelada.

La expresión "resistencia al choque térmico" tal como se utiliza en la presente invención significa la capacidad de la espuma en mantener su estabilidad cuando se somete a uno o más episodios de choque térmico. Esto significa

generalmente que la espuma mantiene substancialmente el tamaño de las burbujas y la distribución de tamaño de burbujas tras experimentar un choque térmico, es decir, las burbujas no se unen y la estructura de la espuma no se deteriora.

5 La presente invención hace referencia a una espuma estable versátil y novedosa así como a procedimientos para fabricar la espuma y a productos que incorporan o contienen la espuma novedosa. La espuma es una disposición única de burbujas de gas en una matriz con la adición de ciertos componentes adicionales que da lugar a una estructura de jaula lamelar única y novedosa que contribuye a estabilizar las burbujas en la espuma.

10 Las burbujas pueden fabricarse de cualquier gas dependiendo de la utilización deseada de la espuma. Para la mayoría de las utilidades, las burbujas de gas son de aire, pero si se desea, el gas puede ser cualquiera que sea inerte o al menos no reactivo con el líquido o la matriz y los componentes que se anticipa que van a incluirse en la matriz o espuma. Por ejemplo, en general son preferentes el nitrógeno, el oxígeno, el argón, el dióxido de nitrógeno o mezclas de los mismos, aunque para aplicaciones de espuma especializadas pueden utilizarse el hidrógeno, el helio u otros gases similares. Las burbujas finas de la espuma se encuentran presentes en una matriz de líquido que
15 contiene ciertos aditivos útiles que favorecen y mantienen la estructura de la espuma a pesar de que se exponga a temperaturas diferentes que oscilan entre aquellas que provocan que la matriz se congele y aquellas que la calientan justo por debajo del punto de ebullición de la matriz.

20 El líquido que se utiliza para formar la matriz de la espuma también puede variar ampliamente dependiendo del tipo deseado de espuma y de su utilización final. El líquido más adecuado y conveniente para este objetivo es el agua, aunque puede utilizarse cualquier otro líquido que sea polar y no reactivo con las burbujas de gas y los constituyentes de la matriz. Como la utilización primaria de la espuma es para ser consumida, el gas y el líquido no deberían ser tóxicos para el consumo humano.

25 La matriz comprende generalmente el líquido e incluye un agente estructurante que forma una estructura de jaula laminares o vesiculares sin generar un gel que dé a la espuma una textura gomosa. La estructura de jaula lamelar encierra al menos una parte substancial de las burbujas de gas y de la matriz de líquido en su interior para retener las burbujas de gas y el líquido en una estructura lo suficientemente compacta que evite substancialmente el drenaje de la matriz de líquido y la coalescencia y descremado de las burbujas de gas manteniendo la estabilidad de la espuma incluso cuando esta se somete a múltiples choques térmicos.

La expresión "evita substancialmente el drenaje" tal como se utiliza en la presente invención significa que no más de más del 5 % del líquido drena desde la espuma cuando se mantiene durante 24 horas a temperatura ambiente en un
35 contenedor. También el término "mantiene la estabilidad substancialmente" significa que la espuma puede someterse a uno o más choques térmicos sin perder su estructura. Esto significa que la espuma puede congelarse, fundirse y refundirse manteniendo su estructura. En un helado, por ejemplo, que es la implementación preferente de la invención, ello significa que el producto puede congelarse y recongelarse sin que se generen cristales de hielo de un tamaño que pueda hacer que el producto pierda su palatabilidad.

40 De forma ventajosa, la matriz de líquido comprende un fluido polar, el gas es nitrógeno, oxígeno, argón, dióxido de nitrógeno o mezclas de los mismos, las burbujas de gas poseen un diámetro promedio lo suficientemente pequeño y se encuentran lo suficientemente juntas en la estructura de jaula lamelar/vesicular para evitar la formación de cristales congelados que posean diámetros promedio ($X_{50,0}$) de 50 micrómetros o más en la matriz de líquido cuando se somete la espuma a una temperatura inferior a la temperatura de congelación de la matriz de líquido.
45 Preferentemente, la matriz de líquido contiene agua, el gas es aire, las burbujas de gas poseen un diámetro promedio $X_{50,0}$ inferior a 30 micrómetros y están separadas por una distancia inferior a las 30 micrómetros y la espuma posee una distribución de diámetros de las burbujas de gas $X_{90,0}/X_{10,0}$ inferior a 5. Más preferentemente, las burbujas de gas poseen un diámetro promedio $X_{50,0}$ inferior a 15 micrómetros y están separadas por una distancia inferior a las 15 micrómetros y la espuma posee una distribución de diámetros de las burbujas de gas $X_{90,0}/X_{10,0}$
50 inferior a 3,5 y más particularmente está entre 2 y 3.

Los agentes estructurantes adecuados generalmente comprenden un compuesto o material anfífilo que incluye partes hidrofóbicas e hidrofílicas hinchadas que forman la estructura en celdas lamelares o vesiculares. El agente
55 estructurante será frecuentemente un emulsionante y estará presente en una cantidad de aproximadamente 0,05 al 2,5 % en peso de matriz de líquido. Un agente estructurante preferente comprende un éster de poliglicerol de ácidos grasos (PGE) pretratado térmicamente, físico-químicamente (es decir aplicando un "tratamiento de carga" de las moléculas; la carga neta pronunciada a pH neutro, antes de la etapa de calentamiento y neutralización de las cargas a pH reducido y/o mediante un incremento del contenido iónico de sal antes del batido) o el éster de poliglicerol de ácidos grasos ("PGE") mecánicamente pretratado y está presente en una cantidad de aproximadamente 0,1 % al 1,5
60 % en peso de matriz de líquido. El éster se trata para proporcionar una estructura en celdas lamelares/vesiculares mejorada para retener las burbujas de gas y la matriz de líquido en su interior y es particularmente útil cuando se requieren o desean espumas con burbujas de gas muy finas. Ello puede conseguirse mediante la adición de un

agente expansor, tal como ácidos grasos no esterificados, que hacen que las lamelas se hinchen y formen poros más grandes.

Otros agentes estructurantes adecuados incluyen agentes estabilizadores y emulsionantes convencionales, pudiendo utilizarse cualquiera de una amplia variedad solo o en diversas combinaciones. La cantidad de emulsionante no es crítica pero generalmente se mantiene a un nivel relativamente bajo. PGE es preferente porque posee una capacidad de hinchamiento controlable y ello permite el control de la formación de la estructura en celdas hasta el nivel deseado para el tamaño de las burbujas seleccionado y la utilización prevista de la espuma. Como otros emulsionantes pueden ser ajustables (mediante la adición de ácidos grasos, sales y/o disminución del pH) para proporcionar interacciones de moléculas cargadas diferentes en el espacio entre lamelas, pueden seleccionarse tras un análisis rutinario una serie de otros emulsionantes adecuados, por ejemplo mono o triglicéridos. Las cantidades relativas pueden determinarse también de forma rutinaria, pero se ha observado que en general las cantidades a utilizar serán mayores a las utilizadas en los productos alimentarios habituales, tales como helados, porque el emulsionante está tanto recubriendo las burbujas de gas como proporcionando la estructura laminar/vesicular de las celdas.

La matriz de líquido puede incluir un agente potenciador de la viscosidad para proporcionar una viscosidad suficiente para que permanezca entre las burbujas en la espuma. Este componente puede ser cualquiera de una serie de agentes potenciadores de la viscosidad conocidos para su utilización con el líquido en concreto seleccionado para la espuma. Cuando la matriz de líquido es agua, el experto en la técnica posee una amplia gama de compuestos a tener en cuenta en el momento de la selección. El agente potenciador de la viscosidad puede ser un carbohidrato en una cantidad del 5 % al 45 % en peso de la matriz de líquido, una proteína vegetal o láctea en una cantidad del 5 % al 20 % en peso de la matriz de líquido, un polisacárido en una cantidad del 0,1 % al 2 % en peso de la matriz de líquido, o una mezcla de los mismos. Más específicamente, el carbohidrato, si está presente puede ser sacarosa, glucosa, fructosa, jarabe de maíz, lactosa, maltosa, o galactosa y está presente en una cantidad del 20 % al 35 % en peso de la matriz de líquido, la proteína vegetal o láctea, si está presente, puede ser soja, suero lácteo o proteína de la leche en una cantidad del 10 % al 15 % en peso de la matriz de líquido y el polisacárido, si está presente, puede ser un estabilizante tal como un galactomanano o goma guar, goma garrofín, goma carragenina o goma xantana en una cantidad del 0,2 % al 1,25 % en peso de la matriz de líquido. Pueden utilizarse para este objetivo otros materiales tal como se mencionará en el presente documento. La combinación de un emulsionante y un agente estabilizador es la preferida en algunas realizaciones.

Otra realización de la invención hace referencia a espumas sólidas de los tipos que se describen en la presente invención y que se mantienen a una temperatura por debajo de la temperatura que provoca que la matriz de líquido se solidifique o congele. Sorprendentemente, la espuma posee un tamaño y una distribución del tamaño de las burbujas lo suficientemente pequeños para que la matriz solidificada o congelada no incluya cristales congelados de líquido que posean diámetros promedio ($X_{50,0}$) de 50 micrómetros o superiores y además la espuma permanece estable tras múltiples choques térmicos.

Otra realización de la invención hace referencia a un procedimiento de fabricación de una espuma estable que comprende una matriz de líquido, burbujas de gas y un agente estructurante que forma una estructura en celdas lamelares o vesiculares que encierra al menos una parte substancial de las burbujas de gas y la matriz de líquido en su interior. Este procedimiento generalmente incluye las etapas de: proporcionar un compuesto o material de agente anfífilo cristalino que incluye partes hidrofóbicas e hidrofílicas en una matriz de líquido a un pH entre 6 y 8; añadir un agente expansor a la matriz de líquido con calentamiento durante un período de tiempo y a una temperatura suficiente para que funda el compuesto o material cristalino y proporcione una solución de matriz de líquido, el agente expansor y partes hidrofóbicas e hidrofílicas hinchadas del agente anfífilo que forman las lamelas o vesículas de la estructura en celdas; homogeneizar la solución en condiciones suficientes para dispersar las lamelas o vesículas de la estructura en celdas; enfriar la solución homogeneizada a una temperatura inferior a la temperatura ambiente para fijar las lamelas/vesículas en la estructura en celdas sin generar un gel que de una estructura gomosa; y proporcionar burbujas de gas a la solución. Por tanto, la estructura de jaula lamelar encierra y estabiliza al menos una parte substancial de las burbujas de gas y de la matriz de líquido en su interior para retener las burbujas de gas y el líquido en una estructura lo suficientemente compacta que evite substancialmente el drenaje de la matriz de líquido y la coalescencia y descremado de las burbujas de gas para preparar una espuma estable que mantenga la estabilidad de la espuma incluso cuando esta se somete a múltiples choques térmicos.

El pH de la matriz de líquido desionizada, preferentemente, se ajusta a neutro (aproximadamente 7) antes de la adición del agente anfífilo y después, la solución se calienta hasta una temperatura por encima de 65 °C a 95 °C durante un tiempo de aproximadamente 20 a 85 segundos. Esto ayuda a disolver el agente anfífilo en la matriz de líquido. En caso de combinar una etapa de pasteurización, el tiempo de mantenimiento a las temperaturas correspondientes se ajusta adecuadamente entre aproximadamente 25 minutos a 65 °C y 30 segundos a 85 °C. El agente anfífilo comprende generalmente un tensioactivo o más específicamente un emulsionante y se encuentra presente en una cantidad del 0,1 % al 2 % en peso de la matriz de líquido y el agente expansor es típicamente un material compatible con el agente anfífilo y que provoca que el agente se expanda. Para el emulsionante PGE

(éster de poliglicerol de ácidos grasos) de ejemplo, el agente expansor comprende ácidos grasos no esterificados que son solubles o dispersables en la matriz de líquido y también se añade en una cantidad entre aproximadamente un 0,1% y un 2 % en peso de la matriz de líquido. A un pH de 7, la mayoría de los ácidos grasos no están protonados y llevan una carga neta que contribuye al efecto expansor.

La homogeneización puede ser una homogeneización a alta presión realizada a entre 125 y 225 bares a temperaturas de aproximadamente 60 °C a 95 °C y después la solución homogeneizada se enfría hasta una temperatura de menos de aproximadamente 10 °C pero sin llegar a la congelación de la matriz de líquido durante un período de entre aproximadamente 4 y 20 horas. A continuación, la solución enfriada puede tratarse adicionalmente para disminuir el pH entre 2 y 4,5 y/o añadir sal antes de airear la solución enfriada para formar la espuma.

La matriz de líquido comprende generalmente un fluido polar libre de iones salinos e incluye opcionalmente potenciador de la viscosidad en una cantidad suficiente para proporcionar a la matriz de líquido una viscosidad mayor para ayudar a retener la matriz y las burbujas de gas en la estructura de jaula lamelar. Una matriz de líquido contiene agua desionizada y el agente modificador de la viscosidad puede ser cualquiera de los mencionados más específicamente en la presente invención. El agente modificador de la viscosidad se añade generalmente al agua desionizada a un pH neutro y con un calentamiento moderado hasta una temperatura de aproximadamente 30 °C y 50 °C antes de añadir al material o compuesto anfífilo.

Las burbujas de gas son generalmente de nitrógeno, oxígeno, argón, dióxido de nitrógeno o mezclas de los mismos y se proporcionan en la solución mediante un dispositivo espumador o mediante introducción a través de una membrana porosa. Para obtener burbujas de gas que posean un diámetro de burbuja de gas promedio $X_{50,0}$ inferior a 10 micrómetros y una distribución estrecha del tamaño de las burbujas de gas con un cociente de distribución de diámetros de burbujas $X_{90,0}/X_{10,0}$ inferior a 3, 5, las burbujas de gas pueden proporcionarse a la solución a través de una membrana giratoria con un diámetro promedio de poro de 6 micrómetros que está configurada, dimensionada, situada y desplazada para desprender las burbujas de gas de este tamaño desde la superficie de la membrana donde se forman a partir de un flujo de gas que pasa a través de la membrana y las arrastra a la matriz de líquido. Finalmente, para obtener burbujas de gas que poseen un diámetro de burbuja de gas promedio $X_{50,0}$ inferior a 7,5 micrómetros y una distribución estrecha del tamaño de las burbujas de gas con un cociente de distribución de diámetros de burbuja $X_{90,0}/X_{10,0}$ inferior a 3,5. Estas burbujas de gas pueden proporcionarse a la solución a través de una membrana con un diámetro promedio de poro de 6 micrómetros que está configurada en forma de un cilindro cerrado que está fijo con gas introducido desde el exterior dentro del cilindro para formar burbujas de gas en la superficie interior de la membrana y fluyendo la matriz líquida por la superficie interior de la membrana soportada eventualmente por un cilindro no membranoso giratorio situado de forma concéntrica o excéntrica dentro del cilindro membranoso para desprender las burbujas de gas.

Tal como se ha comentado previamente, un producto preferente es una espuma sólida y esta se puede proporcionar mediante la solidificación de la matriz de líquido manteniéndola a una temperatura inferior a la que provoca que la matriz de líquido se solidifique o congele. Sorprendentemente, la matriz solidificada o congelada no incluye cristales congelados compactos del líquido que posean diámetros promedio ($X_{50,0}$) de 50 micrómetros o superiores y además en la que la espuma permanece estable sin cambios significativos en el tamaño de las burbujas y las distribuciones del tamaño tras múltiples choques térmicos. Esto puede obtenerse se añada o no un agente potenciador de la viscosidad a la matriz de líquido desionizada, aunque es preferente la utilización de un agente potenciador de la viscosidad por otras razones que serán aparentes en la siguiente descripción detallada.

Un agente potenciador de la viscosidad preferido es un azúcar, dado que uno de los usos primarios de la espuma de la presente invención es en alimentos o productos farmacéuticos para el consumo. Además de aumentar la viscosidad de la matriz, el azúcar da a la espuma un sabor deseable y placentero. Puede utilizarse cualquier componente de azúcar convencional dado que no existen aspectos críticos referentes al tipo específico. Cuando se utiliza un polisacárido se prefiere a una goma. Como gomas adecuadas se incluyen goma guar, goma garrofin, goma xantano, pectina o carragenina.

Se ha encontrado que la microestructura de la espuma incluye una estructura en "jaula" o "celda" lamelar o vesicular formada por el emulsionante y en la que quedan encerradas las burbujas. La jaula es suficientemente versátil para retener su orientación y estructura a pesar de que la matriz se caliente y enfríe. Además la estructura en jaula no es directamente dependiente de la viscosidad de la matriz de manera que se proporcionan al técnico experto diversas opciones para el diseño de una espuma para una utilización final concreta.

Una de las realizaciones hace referencia a la producción de nanoespumas estables que son de bajo coste y gran utilidad para una serie de productos alimentarios diferentes. Cuando se congelan, estas espumas obstaculizan la generación y crecimiento de cristales de hielo. Estas espumas son de bajo coste debido al pequeño número de ingredientes convencionales. Si se desea, dichas espumas pueden carecer de alérgenos (es decir, no contienen proteínas o derivados de la leche) y/o pueden poseer un bajo contenido calórico con poca o ninguna grasa. Las espumas también proporcionan una sensación bucal suave y cremosa con una liberación de sabor deseable.

Estas espumas son relativamente fáciles de fabricar y son estables durante el almacenamiento a temperatura ambiente. Poseen un comportamiento de fusión limpio con una liberación de sabor fresco y limpio. Poseen un riesgo higiénico bajo debido a la omisión de ingredientes lácteos.

Una característica clave de esta espuma es su capacidad para retener burbujas muy pequeñas, homogéneas, de un tamaño entre micrómetros y nanómetros que actúan como rodamientos de bolas en la boca del consumidor para proporcionar una lubricación y suavidad que producen una sensación bucal muy cremosa a pesar de la ausencia de grasa. Esto abre toda una nueva frontera en el campo de los productos para una "dieta saludable" hasta ahora imposibles de fabricar.

El agente estructurante puede estar presente en las espumas solo o en combinación con un estabilizador. Los estabilizadores a base de gomas son particularmente efectivos con emulsionantes para controlar la viscosidad, proporcionar una sensación en la boca y mejorar las propiedades de formación de espuma (aireación); proporcionar un coloide protector para estabilizar las proteínas frente al procesamiento por calor; modificar la química superficial de las superficies grasas para minimizar la formación de crema; proporcionar a los sistemas proteicos estabilidad frente a ácidos e; incrementar la estabilidad congelación-descongelación. Las gomas pueden clasificarse como neutras y ácidas, lineales y ramificadas, gelificantes y no gelificantes. Las principales gomas que pueden utilizarse son las gomas Karaya, goma garrofina, carragenina, xantano, guar, pectina, goma tara y carboximetilcelulosa.

Generalmente, las composiciones de espumas de la invención pueden utilizarse para fabricar diferentes productos comestibles y no comestibles. Cuando se utilizan en la composición de alimentos y bebidas, la espuma puede edulcorarse de forma natural. Como fuentes naturales de edulcoración se incluyen sacarosa (líquida o sólida), glucosa, fructosa y jarabe de maíz (líquido o sólido). Otros edulcorantes incluyen lactosa, maltosa y galactosa. Los niveles de azúcares y fuentes de azúcares dan lugar preferentemente a niveles sólidos de azúcar de hasta un 20 % en peso, preferentemente entre un 5 y un 18 % en peso, especialmente entre un 10 y un 17 % en peso.

Si se desea utilizar edulcorantes artificiales, puede utilizarse cualquiera de los edulcorantes artificiales conocidos en la técnica tales como aspartamo, sacarina, Alitame® (comercializado por Pfizer), acesulfamo potásico (comercializado por Hoechst), ciclamatos, neotamo, sucralosa y similares. En caso de utilizarse, se prefiere el aspartamo.

Si se desea, pueden utilizarse glicerol y también proteínas anticongelantes para controlar la formación de hielo en espumas que poseen un tamaño y una distribución del tamaño de las burbujas más grandes. También puede emplearse sorbitol, pero es preferente el glicerol. El glicerol se puede utilizar en una cantidad de aproximadamente 1 % al 5 %, preferentemente del 2,5 % al 4,0 %. Las proteínas anticongelantes (AFP) pueden utilizarse en concentraciones a nivel de ppm. Estos componentes no son necesarios cuando se incluyen en la espuma los tamaños de burbujas pequeños (o tamaños de nanoburbuja) preferentes.

Preferentemente se añaden aromatizantes al producto pero solamente en cantidades que proporcionen un sabor suave y placentero. El aromatizante puede ser cualquiera de los aromas comerciales empleados en los helados, tales como diversos tipos de cacao, vainilla pura, o aromas artificiales tales como la vainillina, etilvainillina, chocolate, extractos, especias y similares. Se apreciará de forma adicional que pueden obtenerse muchas variaciones de aromas mediante combinaciones de los aromas básicos. Las composiciones fabricadas se aromatizan para poseer un sabor tal como se ha mencionado previamente. Como aromatizantes adecuados también pueden incluirse condimentos, tales como la sal e imitaciones de aromas de fruta o chocolate ya sea de forma aislada o en cualquier combinación adecuada, mientras que en el caso de las adiciones de sal estas deben realizarse tras el calentamiento y enfriamiento subsiguiente, pero antes de la formación de la espuma. Los aromatizantes que enmascaran sabores desagradables de vitaminas y/o minerales y otros ingredientes pueden incluirse también en las espumas de la invención. También puede utilizarse malta en polvo para proporcionar aroma.

Pueden utilizarse según se desee conservantes tales como Polisorbato 80, Polisorbato 65 y sorbato potásico. El calcio se encuentra preferentemente presente en una cantidad del 10 % al 30 % de la RDI, especialmente aproximadamente un 25 % de la RDI. La fuente de calcio es preferentemente el fosfato tricálcico. Por ejemplo, los niveles de % en peso de fosfato tricálcico pueden oscilar del 0,5 % al 1,5 %. En una realización preferente, el producto está reforzado con una o más vitaminas y/o minerales y/o fuentes de fibra, además del fosfato tricálcico como fuente de calcio. Estos pueden incluir cualquiera o todos los siguientes: ácido ascórbico (vitamina C), acetato de tocoferol (vitamina E), biotina (vitamina H), palmitato de vitamina A, niacinamida (vitamina B3), yoduro potásico, pantotenato de d-calcio (vitamina B5), cianocobalamina (vitamina B12), riboflavina (vitamina B2), mononitrato de tiamina (vitamina B1), molibdeno, cromo, selenio, carbonato cálcico, lactato cálcico, manganeso (en forma de sulfato de manganeso), hierro (tal como ortofosfato férrico) y cinc (tal como óxido de cinc). Las vitaminas se encuentran presentes preferentemente del 5 % al 20 % de la RDI, especialmente de aproximadamente 15 % de la RDI. Preferentemente, las fuentes de fibra se encuentran presentes en el producto en cantidades superiores al 0,5 % en peso que no excedan el 6 % en peso, especialmente un 5 % en peso.

Algunas de las vitaminas y/o minerales pueden añadirse a la mezcla de fabricación congelada mientras que otras pueden incluirse en los ingredientes para complementos tales como obleas, variegados y salsas.

Las composiciones de espuma de la invención también pueden contener un ingrediente funcional. La expresión "ingrediente funcional", tal como se utiliza en el presente documento, incluye sustancias fisiológica o farmacológicamente activas pensadas para ser utilizadas en el tratamiento, prevención, diagnóstico, curación o mitigación de enfermedades, o sustancias que proporcionen algún grado de beneficio nutricional o terapéutico en un animal cuando se consumen. El término "ingrediente funcional" hace referencia de forma más particular a la definición de la ISLI europea que afirma que un alimento funcional puede considerarse como "funcional" si se demuestra satisfactoriamente que afecta de forma beneficiosa una o más funciones diana del organismo, más allá de efectos nutricionales adecuados de un modo que es o una mejoría del estado de salud y bienestar y/o una reducción del riesgo de enfermedad (Scientific Concept of Functional Foods in Europe: Consensus Document, British Journal of Nutrition, Volumen 80, suplemento 1, August 1998). Como ejemplos sin carácter limitante se incluyen fármacos, extractos botánicos, enzimas, hormonas, proteínas, polipéptidos, antígenos, suplementos nutricionales tales como ácidos grasos, antioxidantes, vitaminas, minerales, así como otros compuestos farmacéutica o terapéuticamente útiles. Los ingredientes funcionales pueden incluir ingredientes que poseen efectos activos en la higiene dental o médica, salud ósea, ayudas digestivas, protección intestinal, nutrición general, disminución del stress, etc.

Otro componente preferente de la composición de espuma de la presente invención es un componente nutritivo. La expresión "componente nutritivo" tal como se utiliza en la presente invención hace referencia a una sustancia que ejerce un efecto fisiológico sobre un animal o mamífero. Típicamente, los componentes nutritivos cumplen una función fisiológica específica o promueven la salud y bienestar del consumidor. Como componentes nutritivos específicos se incluyen extractos botánicos, vitaminas, minerales, agentes de carga y otros suplementos nutricionales.

Las expresiones "extracto botánico" y "botánico", tal como se utilizan de forma intercambiable en la presente invención, hacen referencia a sustancias derivadas de plantas. Como ejemplos sin carácter limitante pueden incluirse la equinácea, el ginseng siberiano, el ginkgo biloba, la nuez de cola, el sello de oro (goldenseal), golo cola, esquizandra, la baya del saúco, la hierba de San Juan (hipérico), la valeriana y la efedra.

Este aditivo puede ser una bacteria probiótica pues estas se han utilizado para el tratamiento de alteraciones de la inmunidad, así como para evitar o inhibir la diarrea provocada por bacterias patógenas.

El componente nutritivo puede ser uno o más nutrientes o minerales seleccionados del grupo formado por vitamina E, vitamina C, vitamina B6, ácido fólico, vitamina B12, cobre, zinc, selenio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, vitamina A, vitamina B1, vitamina B2, niacina y vitamina D. Puede incluirse cualquiera o todos estos minerales o nutrientes.

El producto alimentario de la presente invención puede incluir como agentes de carga povidona o oligosacáridos de fructosa tales como la inulina, o una fuente de fibra, incluyéndose en un porcentaje del 1 % al 10 % en peso, especialmente del 1 % al 6 % en peso.

La expresión "componente medicinal", tal como se utiliza en el presente documento, hace referencia a una sustancia farmacológicamente activa que ejerce un efecto o efectos sistémicos o localizados sobre un animal o mamífero.

El componente medicinal puede ser cualquier tipo de agente biológicamente activo que no reaccione con la espuma o la deteriore de otro modo. Para determinar la compatibilidad puede realizarse una simple prueba de contacto. El agente dependerá de si el sistema de administración está pensado para la ingestión, para la aplicación tópica o para la implantación, por ejemplo mediante inyección o supositorio. Los agentes activos que no son compatibles con la espuma pueden recubrirse o encapsularse o tratarse de cualquier otro modo que evite que el agente activo entre en contacto directo con la espuma al menos hasta que el sistema de administración se aplique o administre al sujeto.

El componente cosmético puede ser cualquier ingrediente o combinación de ingredientes activos que se aplica de forma tópica a la piel o la membrana mucosa de un animal o mamífero para administrar un componente medicinal o proporcionar un beneficio o mejorar un beneficio al animal o mamífero.

El componente aromático puede ser cualquier tipo de componente potenciador del aroma o sabor o cualquier tipo de componente que proporcione un carácter de olor perceptible al sistema de administración.

La expresión "funcionalidad específica" cuando se utiliza para describir un componente significa que el componente posee alguna característica, propiedad o función que no es proporcionada por la espuma por sí misma. Uno de estos componentes es un pigmento o cualquier otro aditivo que proporcione color. Por ejemplo, cuando la espuma es para el consumo, una funcionalidad específica puede ser un aroma, una inclusión comestible u otro elemento que potencie las propiedades organolépticas. Para sistemas de administración farmacéutica, la funcionalidad específica

puede ser un material que provoque una liberación sostenida o retardada del aditivo activo. Cuando la espuma no está destinada para consumo, la funcionalidad específica puede ser un compuesto que proporcione carácter ignífugo. El experto en la técnica puede seleccionar los componentes que proporcionen la funcionalidad deseada para cualquier sistema de administración en particular en base al aditivo que se vaya a administrar.

5 El aditivo también puede ser un biopolímero o composición de bioingeniería tales como los que proporcionan una liberación retrasada o sostenida de componentes medicinales o nutritivos. Preferentemente, este aditivo se degrada biológicamente en el organismo, por ejemplo un polímero PLGA.

10 El aditivo también puede ser un componente inorgánico que es administrado por el sistema y que proporciona características de insonorización. Como componentes inorgánicos típicos se incluyen partículas o fibras de cerámica, vidrio, o barro que se añaden en cantidades adecuadas para conseguir el efecto deseado de insonorización o aislamiento. El sistema de administración se prepara generalmente con una viscosidad que facilita el bombeo o el flujo de fluido, o puede calentarse para que sea capaz de fluir pero que a continuación sea capaz de solidificar o congelarse tras haber sido instalado.

15 La forma del aditivo no es un aspecto crítico de la invención. Aunque puede utilizarse un aditivo gaseoso, debe ser soluble en la matriz de líquido o capaz de ser incorporado en las burbujas de gas. El aditivo preferentemente es en forma sólida o líquida. Generalmente, el aditivo es una gotita de líquido que puede mezclarse con la matriz de líquido. Si se desea pueden utilizarse liposomas, componentes para formar emulsiones u otras micelas, representando la matriz de líquido la fase continua. Alternativamente, el aditivo puede ser una partícula, es decir un material sólido o un material compuesto de un sólido o líquido que es encapsulado con un recubrimiento sólido o semisólido. Estas gotas o partículas pueden ser solubles de manera que se disuelven completa o parcialmente en la matriz de líquido, o pueden ser insolubles y suspenderse en la matriz antes o después de formar la espuma.

20

25 Preferentemente, el aditivo está presente con el líquido o gas y se incorpora al sistema de administración antes de la formación de la espuma.

Las espumas de la invención también pueden utilizarse como sistema de administración de composiciones de bebida. Tal como se utiliza en el presente documento, la expresión "composición de bebida" hace referencia a una

30 composición sencilla y lista para berberse, es decir bebible.

Dependiendo de su fórmula, los productos alimentarios o bebidas de la presente invención se pueden formular para proporcionar la instauración y mantenimiento de un estado energético y de alerta mental además de ser nutritiva para el consumidor. Opcional y preferentemente, las composiciones proporcionan además sensación de saciedad y/o refrescante. Las presentes composiciones, que comprenden la espuma y una mezcla de uno o más

35

carbohidratos, una proteína láctea, una fuente de cafeína natural, una premezcla de vitaminas y opcionalmente, un aromatizante, un agente colorante y un antioxidante, proporcionan sorprendentemente dicha instauración y mantenimiento de un estado energético y de alerta mental.

40 Los carbohidratos pueden ser una mezcla de uno o más monosacáridos o disacáridos y preferentemente en combinación con uno o más carbohidratos complejos. Al seleccionar el tipo de carbohidratos y la cantidad de los mismos efectivos para ser utilizados en las presentes composiciones, es importante que los carbohidratos y los niveles de los mismos se escojan para permitir una velocidad de digestión y absorción intestinal que proporcione un mantenimiento estable de los niveles de glucosa, que a su vez proporcione un estado energético y de alerta al

45

consumidor.

Se ha descubierto que los monosacáridos y disacáridos proporcionan una energía inmediata al consumidor mientras que los carbohidratos complejos, son hidrolizados en el tracto digestivo proporcionando un inicio tardío o retrasado y mantenido del estado energético al consumidor. Como también se indica en la presente invención, la inclusión de uno o más estimulantes y/o constituyente fitoquímicos vegetales incrementa esta respuesta interna. De acuerdo con lo anterior, tal como se comentará de forma más particular en el presente documento, es particularmente preferente que se proporcionen a la composición uno o más estimulantes y/o constituyentes fitoquímicos vegetales para optimizar el mantenimiento del estado energético y de alerta mental.

50

55 Como ejemplos no limitantes de monosacáridos que pueden utilizarse en la presente invención se incluyen el sorbitol, manitol, eritrosa, treosa, ribosa, arabinosa, xilosa, xilitol, ribulosa, glucosa, galactosa, manosa, fructosa y sorbosa. Como monosacáridos preferentes para ser utilizados en la presente invención se incluyen glucosa y fructosa, lo más preferentemente glucosa. Como fuente de energía inmediata pueden utilizarse disacáridos. Los ejemplos no limitantes de disacáridos que pueden utilizarse en la presente invención se incluyen sacarosa, maltosa, lactitol, maltitol, maltulosa y lactosa. Estos pueden añadirse en caso de no estar previamente presentes en la matriz de espuma para proporcionar sabor y energía.

60

Los carbohidratos complejos utilizados en la presente invención son oligosacáridos, polisacáridos y/o derivados de carbohidratos, preferentemente oligosacáridos y/o polisacáridos. Tal como se utiliza en el presente documento, el

término "oligosacárido" significa una molécula lineal digerible que posee entre 3 y 9 unidades de monosacárido, estando las unidades conectadas covalentemente a través de enlaces glucosídicos. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "polisacárido" significa una macromolécula digerible (es decir, capaz de ser metabolizada por el organismo humano) que posee más de 9 unidades de monosacárido, estando las unidades conectadas covalentemente a través de enlaces glucosídicos. Los polisacáridos pueden ser de cadena lineal o ramificada. Preferentemente, los polisacáridos poseen de 9 a aproximadamente 20 unidades de monosacárido. También pueden utilizarse como carbohidratos complejos de la presente invención derivados de carbohidratos, tales como los alcoholes polihídricos (por ejemplo, glicerol). Tal como se utiliza en el presente documento, el término "digerible" significa capaz de ser metabolizado por los enzimas producidos por el cuerpo humano.

Los ejemplos de carbohidratos complejos preferentes incluyen rafinosas, estaquiosas, maltotriosas, maltotetraosas, glicógenos, amilasas, amilopectinas, polidextrosas y maltodextrinas. Los carbohidratos complejos más preferentes son las maltodextrinas.

Las maltodextrinas son una forma de molécula de carbohidrato complejo que tiene una longitud de varias unidades de glucosa. Las maltodextrinas se hidrolizan a glucosa en el tracto digestivo donde proporcionan una fuente mantenida de glucosa. Las maltodextrinas pueden ser ingredientes carbohidrato secados por pulverización fabricados mediante hidrólisis controlada del almidón de maíz.

La fuente de proteína puede seleccionarse de diversos materiales, incluyendo sin limitaciones, proteínas de la leche, proteínas del suero lácteo, caseinato, proteínas de la soja, clara de huevo, gelatinas, colágeno, hidrolizados de proteína y combinaciones de las mismas. En las fuentes de proteína se incluyen leche descremada libre de lactosa, aislados de proteínas de la leche y aislados de proteínas del suero lácteo. También se considera la utilización con las presentes composiciones de la leche de soja. Tal como se utiliza en el presente documento, la leche de soja se refiere a un líquido fabricado molturando habas de soja descascarilladas, mezclando con agua, cociendo la mezcla y recuperando la leche de soja disuelta a partir de las habas.

Cuando se desea, los productos de espuma de la presente invención pueden comprender además un estimulante para proporcionar un estado de alerta mental. La inclusión de uno o más estimulantes sirve para proporcionar un mantenimiento adicional del estado energético al usuario al disminuir la respuesta glucémica asociada con la ingesta de la composición, la provocar una alteración metabólica de la utilización de glucosa, al estimular directamente el cerebro por translocación a través de la barrera hematoencefálica y otros mecanismos. Dado que uno o más estimulantes contribuirán a la instauración y particularmente al mantenimiento de un estado energético cuando se ingiere la composición, es una realización particularmente preferente de la presente invención la inclusión de uno o más estimulantes.

Tal como se conoce comúnmente en la técnica, los estimulantes pueden obtenerse por extracción a partir de una fuente natural o pueden producirse sintéticamente. Los ejemplos no limitante de estimulantes incluyen metilxantinas, por ejemplo cafeína, teobromina y teofilina. Adicionalmente, se han aislado o sintetizado muchos más derivados de la xantina, que pueden usarse como estimulante en las composiciones del presente documento. Véase, por ejemplo, Bruns, *Biochemical Pharmacology*, Vol. 30, pp. 325-333 (1981). Es preferente que se utilicen fuentes naturales de estos materiales.

Preferentemente, uno o más de estos estimulantes son proporcionados por el café, el té, la nuez de cola, el fruto del cacao, la yerba mate, apalachina, pasta de guaraná y el yoco. Las fuentes más preferentes de estimulantes son los extractos naturales de plantas dado pueden contener otros compuestos que retrasen la biodisponibilidad del estimulante proporcionando de este modo una estado de estimulación mental y de alerta sin tensión ni nerviosismo.

La metilxantina más preferente es la cafeína. La cafeína puede obtenerse de las plantas previamente mencionadas y sus residuos o, como alternativa, puede prepararse sintéticamente. Como fuentes botánicas preferentes de cafeína que pueden utilizarse como fuente única o parcial de cafeína se incluyen el extracto de té verde, el guaraná, el extracto de yerba mate, el té negro, las nueces de cola, el cacao y el café. Tal como se utiliza en el presente documento, las fuentes botánicas más preferentes de cafeína son el extracto de té verde, el guaraná, el café y el extracto de yerba mate, más preferentemente el extracto de té verde y el extracto de yerba mate. Además de servir como fuente de cafeína, el extracto de té verde tiene la ventaja adicional de ser un flavanol tal como se comentará más adelante. extracto de yerba mate puede tener el beneficio adicional de tener un efecto supresor del apetito y también puede incluirse con este objetivo.

El extracto de té verde puede obtenerse mediante la extracción de té no fermentados, tes fermentados, tes parcialmente fermentados o mezclas de los mismos. Preferentemente, los extractos de té se obtienen de la extracción de tes fermentados parcialmente o no fermentados. Los extractos de té más preferentes son los obtenidos del té verde. En la presente invención, pueden utilizarse tanto extractos calientes como fríos. Los procedimientos adecuados de obtención de extractos de té son bien conocidos. Ver, por ejemplo, Ekanavake, las

patentes de EE.UU. N.º: 5.879.733; Tsai, patente de EE.UU. N.º: 4.935.256; Lunder patente de EE.UU. 4.680.193 y Creswick patente de EE.UU. 4.668.525.

Preferentemente los extractos de té verde y yerba mate se encuentran presentes en cantidades relativamente pequeñas de entre aproximadamente el 0,1 % y el 0,4 % y entre aproximadamente el 0,1 % y el 0,5 % respectivamente. Más preferentemente, están presentes entre aproximadamente el 0,15 y aproximadamente el 0,35 % y entre aproximadamente el 0,15 y el 0,25 %, respectivamente. Si bien cantidades mayores provocan una estimulación mayor, también proporcionan un sabor menos deseable a la bebida. Ello puede compensarse mediante la adición de cantidades mayores de carbohidratos o mediante la adición de un edulcorante artificial de manera que el sabor final de la bebida sea agradable.

En lugar de formularse como bebida o composición alimentaria por sí misma, la espuma de la presente invención también puede añadirse como cobertura o leche en polvo para una bebida tal como el café o té. Cualquiera de estas composiciones, tal como se ha mencionado previamente puede comprender además vitaminas o minerales. Pueden proporcionarse al menos tres y preferentemente más vitaminas mediante una premezcla de vitaminas. La ingesta diaria recomendada de EE.UU. (USRDI) de vitaminas y minerales está definida y establecida en la "ingesta diaria recomendada" - Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences-National Research Council ("Junta de alimentación y nutrición, Consejo de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias"). Pueden utilizarse diversas combinaciones de estas vitaminas y minerales.

Los ejemplos no limitantes de dichas vitaminas incluyen bitartrato de colina, niacinamida, tiamina, ácido fólico, pantotenato d-cálcico, biotina, vitamina A, vitamina C, clorhidrato de vitamina B₁, vitamina B₂, vitamina B₃, clorhidrato de vitamina B₆, vitamina B₁₂, vitamina D, acetato de vitamina E y vitamina K. Preferentemente, se seleccionan al menos tres vitaminas del grupo formado por bitartrato de colina, niacinamida, tiamina, ácido fólico, pantotenato d-cálcico, biotina, vitamina A, vitamina C, clorhidrato de vitamina B₁, vitamina B₂, vitamina B₃, clorhidrato de vitamina B₆, vitamina B₁₂, vitamina D, acetato de vitamina E y vitamina K. Más preferentemente, la composición comprende vitamina C y dos o más vitaminas adicionales seleccionadas del grupo formado por bitartrato de colina, niacinamida, tiamina, ácido fólico, pantotenato d-cálcico, biotina, vitamina A, clorhidrato de vitamina B₁, vitamina B₂, vitamina B₃, clorhidrato de vitamina B₆, vitamina B₁₂, vitamina D, acetato de vitamina E y vitamina K. En una realización especialmente preferente de la presente invención, la composición comprende bitartrato de colina, niacinamida, ácido fólico, pantotenato d-cálcico, vitamina A, clorhidrato de vitamina B₁, vitamina B₂, vitamina B₃, clorhidrato de vitamina B₆, vitamina B₁₂, vitamina C y acetato de vitamina E. Cuando el producto contiene una de estas vitaminas, el producto comprende al menos el 5 %, preferentemente al menos el 25 % y más preferentemente al menos el 35 % de la USRDI de dicha vitamina.

También pueden incluirse en las presentes composiciones fuentes comercialmente disponibles de vitamina A. Tal como se utiliza en la presente invención, el término "vitamina A" incluye, sin carácter limitante, vitamina A (retinol), beta-caroteno, palmitato de retinol y acetato de retinol. Como fuentes de vitamina A se incluyen otros carotenoides pro-vitamina A tales como los hallados en extractos naturales con un alto contenido en carotenoides con actividad pro-vitamina A. El betacaroteno también puede servir como agente colorante tal como se comentará más adelante. En las presentes composiciones, pueden utilizarse fuentes comercialmente disponibles de vitamina B₂ (también conocida como riboflavina). En la presente invención pueden utilizarse fuentes comercialmente disponibles de vitamina C. También pueden utilizarse ácido ascórbico encapsulado y sales de ácido ascórbico comestibles.

Cantidades suplementarias nutricionalmente de otras vitaminas que pueden incorporarse en la presente invención incluyen, sin carácter limitante, bitartrato de colina, niacinamida, tiamina, ácido fólico, pantotenato d-cálcico, biotina, clorhidrato de vitamina B₁, vitamina B₃, clorhidrato de vitamina B₆, vitamina B₁₂, vitamina D, acetato de vitamina E y vitamina K.

Las composiciones de espuma de la presente invención pueden comprender además componentes adicionales opcionales para incrementar, por ejemplo, su capacidad de proporcionar energía, estado de alerta mental, propiedades organolépticas y perfil nutricional. Por ejemplo, pueden incluirse en las composiciones del presente documento uno o más flavonoles, acidulantes, agentes colorantes, minerales, fibras solubles, edulcorantes acalóricos, agentes aromatizantes, conservantes, emulsionantes, aceites, componentes de carbonatación y similares. Estos componentes adicionales pueden dispersarse, solubilizarse o mezclarse de cualquier otro modo en las presentes composiciones. Estos componentes pueden añadirse a las composiciones de la presente invención siempre y cuando no obstaculicen substancialmente las propiedades de la composición de bebida, particularmente la provisión de un estado energético y de alerta mental. A continuación se proporcionan ejemplos sin carácter limitante de componentes opcionales adecuados.

Si se desea pueden añadirse uno o más constituyentes fitoquímicos derivados de plantas o botánicos. Entre ellos se incluyen los flavonoles u otros compuestos fitoquímicos que son esencialmente "saludables". La inclusión de uno o más flavonoles sirve para retrasar la respuesta glucémica asociada con la ingesta de las composiciones de la presente invención, proporcionando un mantenimiento adicional del estado energético del usuario. Dado que uno o

más flavonoles contribuirán a la instauración y particularmente al mantenimiento del estado energético cuando se ingiera la composición, es particularmente preferente que se incluyan una o más flavonoles.

Los flavonoles son sustancias naturales presentes en una diversidad de plantas (por ejemplo frutas, vegetales y flores). Los flavonoles que pueden utilizarse en la presente invención pueden extraerse de, por ejemplo, frutas, vegetales y otras fuentes naturales adecuadas, mediante cualquier procedimiento adecuado bien conocido por los expertos en la técnica. Por ejemplo, los flavonoles pueden extraerse a partir de una única planta o mezclas de plantas. Existen diversas frutas, vegetales, flores y otras plantas que contienen flavonoles conocidos por los expertos en la técnica. Alternativamente, estos flavonoles pueden prepararse mediante procedimientos sintéticos u otros procedimientos químicos adecuados e incorporados en las presentes composiciones. Los flavonoles, incluyendo la catequina, la epicatequina y sus derivados, están disponibles comercialmente.

Las composiciones de la presente invención pueden comprender además opcional pero preferentemente uno o más acidulantes. Puede utilizarse una cantidad de acidulante para mantener el pH de la composición. Las composiciones de la presente invención poseen preferentemente un pH de aproximadamente 2 a aproximadamente 8, más preferentemente de aproximadamente 2 a aproximadamente 5, aún más preferentemente de aproximadamente 2 a aproximadamente 4, 5 y de forma más preferente de aproximadamente 2,7 a aproximadamente 4,2. La acidez de bebidas y alimentos puede ajustarse y mantenerse dentro del intervalo necesario mediante procedimientos conocidos y convencionales, por ejemplo mediante la utilización de uno o más acidulantes. Típicamente, la acidez dentro de los intervalos mencionados previamente es un balance entre la acidez máxima para la inhibición microbiana y la acidez óptima para el sabor de la bebida deseado.

Pueden utilizarse ácidos comestibles tanto orgánicos como inorgánicos para ajustar el pH de la bebida. Los ácidos pueden estar presentes en su forma no disociada o, alternativamente, en forma de sus sales correspondientes, por ejemplo, sales potásicas o sódicas de fosfato de hidrógeno o sales potásicas o sódicas de fosfato dihidrógeno. Los ácidos preferentes son ácidos orgánicos comestibles que incluyen ácido cítrico, ácido fosfórico, ácido málico, ácido fumárico, ácido adípico, ácido glucónico, ácido tartárico, ácido ascórbico, ácido acético, ácido fosfórico o mezclas de los mismos.

El acidulante también puede servir como antioxidante para estabilizar los componentes de la bebida. Como ejemplos de antioxidante utilizados habitualmente se incluyen sin carácter limitante el ácido ascórbico, EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) y sales de los mismos.

En las composiciones de la presente invención pueden utilizarse pequeñas cantidades de uno o más agentes colorantes. Se utiliza preferentemente betacaroteno. También pueden utilizarse la riboflavina y colorantes FD&C (por ejemplo amarillo#5, azul#3, rojo#40) y/o lacas FD&C. Al añadir lacas a otros ingredientes en polvo, todas las partículas, en particular el compuesto de hierro coloreado, adoptan un color uniforme y completo consiguiéndose una mezcla de bebida de color uniforme. Adicionalmente, puede utilizarse una mezcla de colorantes FD&C o una laca FD&C en combinación con otros alimentos y colorantes alimentarios convencionales. Adicionalmente, pueden utilizarse otros agentes colorantes naturales, incluyendo, por ejemplo, clorofilas y clorofilinas, así como frutas, vegetales, y/o extractos de plantas tales como uva, grosella negra, aronia, zanahoria, remolacha, col roja e hibisco. Los colorantes naturales son preferentes para los productos "todo natural".

La cantidad de agente colorante utilizado puede variar, dependiendo de los agentes utilizados y de la intensidad de color deseada en el producto acabado. La cantidad puede determinarse fácilmente por un experto en la técnica. Generalmente, en caso de utilizarse, el agente colorante debería estar presente a un nivel de aproximadamente el 0,0001 % a aproximadamente el 0,5 %, preferente de aproximadamente el 0,001 % a aproximadamente el 0,1 % y más preferentemente de aproximadamente el 0,004 % a aproximadamente el 0,1% en peso de la composición.

Las composiciones de la presente invención pueden fortificarse con uno o más minerales. La ingesta diaria recomendada de EE.UU. (USRDI) de minerales está definida y establecida en la "ingesta diaria recomendada" - Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences-National Research Council ("Junta de alimentación y nutrición, Consejo de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias").

A no ser que se especifique de otro modo en la presente invención, cuando un mineral determinado está presente en la composición, la composición comprende típicamente al menos aproximadamente el 1 %, preferentemente al menos aproximadamente un 5%, más preferentemente entre aproximadamente el 10 % y aproximadamente un 200%, aún más preferentemente de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 150 % y de forma más preferente de aproximadamente el 60 % a aproximadamente el 125 % de la USDRI para dicho mineral. A no ser que se especifique de otro modo en la presente invención, cuando un mineral determinado está presente en la composición, la composición comprende al menos aproximadamente el 1 %, preferentemente al menos aproximadamente un 5%, más preferentemente entre aproximadamente el 10 % y aproximadamente un 200 %, aún más preferentemente de aproximadamente el 20 % a aproximadamente el 150 % y de forma más preferente de aproximadamente el 25 % a aproximadamente el 120 % de la USDRI para dicha vitamina.

Los minerales que pueden incluirse opcionalmente en las composiciones de la presente invención son, por ejemplo, el calcio, potasio, magnesio, cinc, yodo, hierro y cobre. Puede utilizarse cualquier sal soluble de estos minerales adecuada para ser incluida en composiciones comestibles, por ejemplo, citrato magnésico, gluconato magnésico, sulfato magnésico, cloruro de zinc, sulfato de zinc, yoduro potásico, sulfato de cobre, gluconato de cobre y citrato de cobre.

El calcio es el mineral particularmente preferente para su uso en la presente invención. Como fuentes preferentes de calcio se incluyen, por ejemplo, la lactato-citrato cálcico, aminoácido quelato de calcio, carbonato cálcico, óxido cálcico, hidróxido cálcico, sulfato cálcico, cloruro cálcico, fosfato cálcico, hidrógeno fosfato cálcico, dihidrógeno fosfato cálcico, citrato cálcico, malato cálcico, citrato cálcico, gluconato cálcico, realato cálcico, tartrato cálcico y lactato cálcico y en particular, malato-citrato cálcico. La forma del citrato-malato cálcico se describe en, por ejemplo, la patente de EE.UU. N.º: 5.670.344 de Mehansho y otros; o en la patente de EE.UU. N.º: 5.612.026 de Diehl y otros. Las composiciones preferentes de la presente invención comprenderán de aproximadamente el 0,01 % a aproximadamente el 0,5 %, más preferentemente de aproximadamente el 0,03 % a aproximadamente el 0,2%, aún más preferentemente de aproximadamente el 0,05 % a aproximadamente el 0,15 % y de forma más preferente de aproximadamente el 0,1 % a aproximadamente el 0,15 % de calcio, en peso de producto.

También puede utilizarse el hierro en las composiciones y procedimientos de la presente invención. Las formas aceptables de hierro son bien conocidas en la técnica. La cantidad de compuesto de hierro incorporada al producto variará ampliamente dependiendo del nivel de suplementación deseado en el producto final y del consumidor diana. Las composiciones fortificadas en hierro de la presente invención contienen típicamente de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 100 %, preferentemente de aproximadamente el 15 % a aproximadamente el 50 % y de forma más preferente de aproximadamente el 20 % a aproximadamente el 40 % de la USDRI del hierro.

También pueden incluirse opcionalmente en las composiciones de la presente invención una o más fibras solubles para proporcionar, por ejemplo, sensación de saciedad o refrescante y/o beneficios nutritivos. Las fibras dietéticas solubles son una forma de carbohidratos que no pueden ser metabolizados por el sistema enzimático producido por el cuerpo humano y que pasan a través del intestino delgado sin ser hidrolizados (y por tanto, no quedan incluidos en la definición de carbohidratos complejos de la presente invención). Sin pretender quedar limitado por la teoría, dado que las fibras dietéticas solubles se hinchan en el estómago, ralentizan el vaciado gástrico, prolongando de este modo la retención de nutrientes en el intestino, lo que provoca sensación de saciedad.

Como fibras solubles que pueden utilizarse individualmente o en combinación en la presente invención se incluyen, sin carácter limitante, pectinas, psillium, goma guar, goma xantano, alginatos, goma arábica, insulina, agar y carragenina. Son preferentes entre las anteriores al menos una entre goma guar, xantano y carragenina, más preferentemente goma guar o goma xantana. Estas fibras solubles también sirven como agentes estabilizadores de la presente invención.

Son fibras solubles particularmente preferentes para ser utilizadas en la presente invención los polímeros de glucosa, preferentemente aquellos que poseen cadenas ramificadas. Es preferente entre estas fibras solubles una comercializada con el nombre comercial de Fißersol2, disponible comercialmente de Matsutani Chemical Industr y Co., Ciudad Itami, Hyogo, Japón.

Las pectinas son fibras solubles preferentes de la presente invención. Aún más preferentemente se utilizan pectinas metoxi bajas. Las pectinas preferentes poseen un grado de esterificación superior a aproximadamente el 65 % y se obtienen mediante extracción ácida caliente a partir de la piel de cítricos y pueden obtenerse, por ejemplo, de Danisco Co., Braband, Dinamarca.

Los productos de espuma de la presente invención, cuando están pensados para el consumo, se dotan de la mezcla adecuada de aromas y edulcorantes de manera que son lo suficientemente dulces para eliminar los aromas fuertes de los otros componentes debido a la presencia de las fuentes de carbohidratos previamente mencionadas. Además, en la presente invención también pueden utilizarse opcionalmente niveles efectivos de edulcorantes acalóricos para incrementar la calidad organoléptica y de dulzura de las composiciones, pero no como sustituto de la fuente de carbohidratos. Como ejemplos sin carácter limitante de edulcorantes acalóricos se incluyen el aspartamo, la sacarina, los ciclamatos, el acesulfamo potásico, los edulcorantes éster inferior de L-aspartil-L-fenilalanina, amidas de L-aspartil-D-alanina, amidas de L-aspartil-D-serina, edulcorantes amida de L-aspartil-hidroximetil alcanol, edulcorantes amida de L-aspartil-1-hidroxietilalcanol, glicirricinas y aromatizantes alcoxi sintéticos. Los edulcorantes acalóricos más preferentemente utilizados en la presente invención son el aspartamo y el acesulfamo potásico y pueden utilizarse solos o en combinación.

Para la presente invención se recomiendan uno o más agentes aromatizantes para incrementar su palatabilidad. En la presente invención puede utilizarse cualquier agente aromatizante natural o sintético. Por ejemplo pueden utilizarse en la presente invención uno o más aromas de fruta y/o botánicos. Tal como se utiliza en la presente invención, dichos aromas pueden ser sintéticos o naturales.

Son aromas de frutas particularmente preferentes los aromas exóticos y lactónicos tales como, por ejemplo, aromas de fruta de la pasión, aromas de mango, aromas de piña, aromas de cupuacu, aromas de guava, aromas de cacao, aromas de papaya, aromas de melocotón y aromas de albaricoque. Además de estos aromas, puede utilizarse una variedad de aromas de frutas tales como, por ejemplo, aromas de manzana, aromas de cítricos, aromas de uva, aromas de frambuesa, aromas de arándano, aromas de cereza y similares. Estos aromas pueden obtenerse de fuentes naturales tales como zumos de frutas y aceites esenciales o, alternativamente, pueden prepararse sintéticamente. Los aromatizantes naturales son preferentes para las bebidas "todo natural".

Como aromas botánicos preferentes se incluyen, por ejemplo, aloe vera, guaraná, ginseng, ginkgo, espino, hibisco, escaramujo, camomila, menta piperita, hinojo, jengibre, regaliz, semilla de loto, esquizandra, palma enana americana, zarzaparrilla, cártamo, hierba de San Juan, cúrcuma, cardamomo, nuez moscada, corteza de cassia, buchú, canela, jazmín, espino chino, crisantemo, castaña de agua, caña de azúcar, lichi, brotes de bambú, vainilla, café y similares. Son preferentes entre los anteriores el guaraná, ginseng y ginkgo. Además de servir como fuentes de estimulantes, los extractos de té y café también pueden utilizarse como agentes aromatizantes. En particular, la combinación de aromas de té, preferentemente aromas de té verde o té negro (preferentemente té verde), opcionalmente de forma conjunta con aromas de frutas posee un sabor agradable.

El agente aromatizante también puede comprender una mezcla de varios aromas. Si se desea, el aroma en el agente aromatizante puede formarse dentro de gotas de emulsión que se dispersan a continuación en la composición de bebida o concentrado. Dado que estas gotas habitualmente poseen una gravedad específica menor que la del agua y por tanto formarían una fase separada, pueden utilizarse agentes de carga (que también pueden actuar como agentes opacificadores) para mantener las gotas de emulsión dispersas en la composición de bebida o concentrado. Son ejemplos de dichos agentes de carga los aceites vegetales bromados (BVO) y los ésteres de resina, en particular las gomas éster. Véase L. F. Green, *Developments in Soft Drinks Technology*, Vol. 1, Applied Science Publishers Ltd., pp. 87-93 (1978) una descripción más detallada de la utilización de agentes de carga y agentes opacificadores en bebidas líquidas. Típicamente, los agentes aromatizantes están disponibles comercialmente como concentrados o extractos o como aromatizantes sintéticos en forma de ésteres, alcoholes, aldehídos, terpenos, sesquiterpenos y similares.

Opcionalmente, en la presente invención pueden utilizarse adicionalmente uno o más conservantes. Como conservantes preferentes se incluyen, por ejemplo, los conservantes tipo polifosfato, sorbato y benzoato. Preferentemente, cuando en la presente invención se utiliza un conservante, se utilizan uno o más conservantes del tipo sorbato o benzoato (o una mezcla de los mismos). Los conservantes de tipo sorbato y benzoato adecuados para ser utilizados en la presente invención incluyen el ácido sórbico, el ácido benzoico y sales de dichos ácidos, incluyendo (sin carácter limitante) sorbato cálcico, sorbato sódico, sorbato potásico, benzoato cálcico, benzoato sódico, benzoato potásico y mezclas de los mismos. Son particularmente preferentes los conservantes del tipo sorbato. El sorbato potásico es particularmente preferente para ser utilizado en la presente invención.

Cuando una composición comprende un conservante, este se incluye preferentemente en niveles entre aproximadamente el 0,0005 % a aproximadamente el 0,5 %, más preferentemente de aproximadamente el 0,001 % a aproximadamente el 0,4 % de conservante, aún más preferentemente de aproximadamente el 0,001 % a aproximadamente el 0,1 %, aún más preferentemente de aproximadamente el 0,001 % a aproximadamente el 0,05 % y de forma más preferente de aproximadamente el 0,003 % a aproximadamente el 0,03 % de conservante, por peso de la composición. Cuando la composición comprende una mezcla de uno o más conservantes, la concentración total de dichos conservantes se mantiene preferentemente dentro de estos valores.

Además de bebidas y concentrados líquidos o en polvo, la presente invención también puede prepararse en forma de composición de helado, yogur o pudding dependiendo de la consistencia y la temperatura de almacenamiento tal como es conocido de forma general por el experto en la técnica.

Las nano o microburbujas de la espuma se producen en un dispositivo diseñado especialmente de construcción relativamente sencilla. Un rotor gira en el centro de una carcasa cilíndrica para generar un flujo y encerrar aire. Cerca de la circunferencia de la carcasa se dispone una membrana que posee poros que se corresponden con el tamaño de burbuja deseado. A medida que el fluido agitado pasa por la membrana en la superficie de la que se generan las burbujas, se produce un gran número de burbujas de aire de tamaño uniforme. Se pasa una corriente de líquido, generalmente agua, por la superficie externa de la membrana generándose campos de flujo laminar, o un flujo de vórtices de Taylor o corrientes de Foucault turbulentas que se lleva las burbujas. Ello genera un suministro continuo y uniforme de burbujas de aire del tamaño deseado (por ejemplo inferior a los 10 micrómetros).

Cuando quiere fabricarse un helado, la espuma puede simplemente congelarse. Como el tamaño de las burbujas de aire se ha seleccionado para tener espacios intersticiales muy pequeños donde pueden crecer los cristales de hielo, la percepción del consumidor es la de un producto muy suave y cremoso. Un tamaño preferente para este objetivo es el de espacios intersticiales inferiores a 50 micrómetros de longitud en su dimensión mayor. Controlando esta separación de un tamaño tan pequeño, los cristales que se formen en su interior poseen una dimensión que es más

pequeña que la separación y con un tamaño tan pequeño estos cristales no son perceptibles en la boca. Ello confiere a cualquier producto congelado una consistencia más suave, evitando cristales grandes que disminuyen la palatabilidad del producto. Este producto demuestra que debido al tamaño más pequeño de las burbujas, el espacio intersticial disponible para la formación de hielo es muy pequeño, evitando de este modo la formación de grandes cristales de hielo compactos y tridimensionales.

Como las burbujas son de un tamaño pequeño y uniforme, actúan como si fueran esferas rígidas y prácticamente no tiene tendencia a unirse y formar burbujas más grandes. De este modo, el helado y otros productos fabricados a partir de la espuma de la presente invención poseen una resistencia excelente a la congelación-descongelación pues las burbujas permanecen estables y evitan el crecimiento de cristales de hielo en los intersticios entre las burbujas de un tamaño perceptible en la boca. Ello permite que estos productos se fundan y recongelen sin perder la consistencia suave y sin generar cristales de hielo grandes o perder la estabilidad de la espuma. Se han conseguido muy buenos resultados utilizando una solución de azúcar al 30 % como matriz de líquido dentro de la que se generan las burbujas.

Un aspecto preferente de la presente invención hace referencia a un producto en forma de espuma comestible aireada congelada con una microestructura novedosa caracterizada por burbujas de gas superfina, cristales de hielo pequeños e interconectados de forma holgada, estabilidad frente a ciclos múltiples congelación-descongelación y que posee nuevas características sensoriales, fabricado a partir de una espuma a temperatura ambiente mediante congelación en reposo. La fabricación de la espuma a temperatura ambiente incluye una aireación novedosa de una mezcla de azúcar-agua y así ciertos aspectos de la presente invención están relacionados con un dispositivo de membrana giratorio y a un procedimiento para la generación mecánica suave de dispersiones de gas superfina o micro-espumas con una distribución estrecha del tamaño de las burbujas de gas.

Otra realización de la presente invención permite la formación de un producto en forma de espuma comestible congelada que se genera por el procedimiento siguiente. El procedimiento incluye la formación de un producto en forma de espuma comestible no congelada, en el que la formación supone la preparación y maduración de una mezcla y a continuación la aireación de dicha mezcla. A continuación la mezcla aireada se congela en reposo formándose cristales de hielo que poseen un diámetro promedio de cristal de hielo $X_{50,0}$ inferior a aproximadamente 50 micrómetros.

El producto en forma de espuma comestible congelada novedoso posee una textura cremosa definida por poseer un tamaño de celdas de aire superfina con un diámetro promedio no superior a aproximadamente 15 micrómetros. Además, la espuma comestible posee una capacidad para formar bolas de helado característica definida por poseer unos cristales de hielo con un diámetro promedio inferior a aproximadamente 50 micrómetros, así como una estabilidad mejorada frente a los ciclos múltiples de congelación-descongelación.

Otra ventaja principal del producto novedoso hace referencia a su procesamiento mediante un procedimiento de congelado muy sencillo, que se aplica a la espuma generada a temperatura ambiente y que se carga en contenedores/vasos de precipitados en condiciones de reposo. Ello proporciona un gran ahorro de costes en equipos de procesamiento, pues no son necesarios congeladores continuos.

El producto novedoso descrito proporciona una estabilidad frente a ciclos múltiples de congelación-descongelación no conocida con anterioridad, debido a su estructura de burbujas de gas/celdas de aire estables, con una estrecha distribución de tamaño y finamente sensación de frío. Ello permite una marcada cremosidad, una frialdad reducida y un comportamiento de retención de la forma extraordinario durante la fusión. El contenido reducido en grasa inferior a aproximadamente 0-5% apoya su carácter saludable o "ultra ligero". La estructura de burbujas/celdas de aire de pequeño tamaño y con una distribución estrecha del tamaño también permite un ahorro de costes remarcable en ingredientes estabilizadores.

Además, la estabilidad frente a ciclos múltiples de congelación-descongelación viene definida por una mezcla que posee aproximadamente entre un 0,1 % y un 2 % en peso de emulsionante, para formar fases laminares o vesiculares y aproximadamente entre un 0,05 y un 1,25 % en peso de estabilizador tal como una goma. La función de este componente es incrementar la viscosidad de la matriz de fluido para mejorar el atrapamiento de burbujas y fluido y consiguientemente mejorar la estabilización. Además, el emulsionante está presente a unas concentraciones específicas de emulsionantes, formándose las fases laminares o vesiculares del emulsionante en o cerca de las interfases gas/fluido del producto en forma de espuma. Además, pueden utilizarse moléculas cargadas que se pueden incorporar a la estructura de la fase laminar y debido a fuerzas electrostáticas repulsivas provocar el hinchado de la fase laminar, de manera que se incrementa la estabilidad frente a ciclos múltiples de congelación-descongelación de la estructura en forma de espuma.

El producto en forma de espuma congelada comestible posee unos diámetros promedio de burbuja por debajo de las 10 micrómetros, una distribución estrecha del tamaño de las burbujas ($X_{90,0}/X_{10,0} \leq 3, 5$ como se muestra en la figura 4) y en general posee una fracción de volumen de gas elevada (> 50 % en volumen), que se espuma a

temperatura ambiente, se carga en vasos/contenedores y a continuación se congela, por ejemplo en un túnel de congelación hasta una temperatura de -15 °C sin un incremento pronunciado del tamaño de las burbujas de gas y sin la generación de un comportamiento en forma de cuerpo sólido o de hielo.

5 El producto en forma de espuma comestible congelada novedoso posee un contenido calórico para un producto en forma de espuma congelada con un esponjamiento de aproximadamente un 100% inferior a aproximadamente 55 kcal/100 ml. Tal como se utiliza en la presente invención, el esponjamiento se define como el cociente (densidad de la mezcla - densidad de la muestra de espuma)/(densidad de la muestra de espuma) o, en otras palabras, el
10 esponjamiento es una medida del incremento de volumen por el aire añadido, es decir el porcentaje de incremento de volumen debido a la incorporación o atrapamiento de burbujas de aire. El bajo contenido calórico es una mejora significativa sobre otros postres bajos en calorías, que poseen un contenido calórico equivalente por porción de aproximadamente 250 kcal para una porción de 100 ml sin burbujas. Este valor puede compararse con los denominados helados "premium" que poseen un contenido calórico de aproximadamente 280 kcal/100 ml incluso
15 con un esponjamiento del 100 %, lo que representa aproximadamente 560 kcal por porción de 100 ml sin burbujas. Como es conocido por el técnico experto en este sector técnico, una fracción de volumen de gas entre un 30 % y un 60 % es equivalente a aproximadamente un esponjamiento del 40-150 %. Así, un producto que posea un valor calórico de 60 kcal por porción de 100 ml con un esponjamiento del 200 % es equivalente a un valor calórico de 120 kcal por porción de 100 ml con un esponjamiento del 100 % y 240 kcal por 100 ml sin esponjamiento. Así, en la presente invención, el término "sin burbujas" se utiliza para designar aquellas porciones que no han sido sometidas a
20 esponjamiento y que pueden utilizarse como base comparativa con formulaciones de helados anteriores.

En su realización más preferente, la presente invención hace referencia a un procedimiento y composición para un producto en forma de espuma congelada baja en grasa mediante congelación de una espuma a temperatura ambiente en condiciones de congelación en reposo sin que se formen burbujas de gas grandes o cristales de hielo
25 interconectados con un comportamiento subsiguiente en forma de sólido. El procedimiento permite la formación de una composición novedosa que posee una estabilidad mejorada frente a ciclos múltiples de congelación-descongelación y unas propiedades de textura nuevas y ajustables, en particular para la preparación de productos en forma de nuevos helados.

30 Generalmente, se utiliza la temperatura de congelación de la matriz de líquido para determinar la temperatura a la que puede congelarse la espuma. En algunas situaciones, la matriz de líquido incluye otros componentes o ingredientes que afectan la temperatura de congelación del líquido de manera que la temperatura de congelación de la matriz puede estar por debajo de la temperatura de congelación del líquido. El técnico experto puede realizar ensayos de rutina para determinar el punto de congelación adecuado para cualquier composición de matriz en particular. Por tanto, cuando el documento hace referencia a la temperatura de congelación de la espuma, se
35 entiende que ello significa la temperatura a la que se congelarán la matriz y sus componentes.

En la siguiente descripción, se obtuvieron las propiedades de un producto característico a partir de una fórmula de producto en forma de espuma a modo de ejemplo (referido como fórmula NDA-1), que posee la composición
40 siguiente:

Sacarosa 24%
Jarabe de glucosa 3%
Dextrosa (28DE) 3%
Emulsionante PGE (éster de poliglicerol) 0,6%
45 Estabilizador de goma guar 0,25%.

Una realización de la presente invención permite la formación de un producto en forma de espuma comestible congelada que se forma mediante el procedimiento siguiente. El procedimiento incluye la formación de un producto en forma de espuma comestible no congelada, en el que la formación supone la preparación y maduración de una
50 mezcla y posteriormente la aireación de dicha mezcla. A continuación, la mezcla aireada es congelada en reposo formándose cristales de hielo que poseen un diámetro promedio inferior a aproximadamente 50 micrómetros.

El producto novedoso descrito previamente proporciona una estabilidad frente a ciclos múltiples de congelación-descongelación no conocida previamente, debido a su estructura de burbujas de gas/celdas de aire de aire estables, con una estrecha distribución de tamaño y finamente dispersadas. Ello permite una cremosidad marcada, una
55 frialdad reducida y un comportamiento de retención de forma extraordinaria durante la fusión. El contenido reducido en grasa entre un 0 % y el 5 % apoya su carácter saludable o "ultra ligero". La estructura de jaula de aire/burbujas pequeñas y con una distribución estrecha del tamaño permite un ahorro de costes remarcable en agentes estabilizadores.

60 Otra ventaja principal de este producto novedoso hace referencia a su procesamiento mediante un procedimiento de congelación muy sencillo, que se aplica a una espuma generada a temperatura ambiente que se carga en contenedores/vaso de precipitado en condiciones de reposo. Ello proporciona un importante ahorro de costes en el equipo de procesamiento, dado que no son necesarios congeladores continuos.

En un aspecto, el producto en forma de espuma congelada comestible posee un tamaño de celdas de aire superfino con un diámetro promedio de las celdas de aire inferior a entre aproximadamente 10 y 15 micrómetros. El producto en forma de espuma congelada comestible también se caracteriza por poseer una distribución estrecha del tamaño de las burbujas con un cociente $X_{90,0}/X_{10,0}$ no superior a aproximadamente 2-3.

El producto novedoso en forma de espuma comestible congelada posee una cremosidad en su textura definida por poseer un tamaño de celdas de aire superfino con un diámetro promedio de las celdas de aire no superior a aproximadamente 15 micrómetros. Además, la espuma comestible posee una capacidad para formar bolas de helado definida por poseer un diámetro promedio de los cristales de hielo inferior a aproximadamente 50 micrómetros, así como una estabilidad mejorada frente a ciclos múltiples de congelación-descongelación.

La estabilidad frente a ciclos múltiples de congelación-descongelación viene definida por poseer la mezcla aproximadamente entre un 0,05 y un 2 % en peso de emulsionante, para formar fases laminares o vesiculares y aproximadamente entre un 0,05 % y un 0,5 % en peso de estabilizador tal como la goma guar u otras gomas, estando presente el emulsionante a unas concentraciones específicas de emulsionantes y formándose las fases laminares o vesiculares del emulsionante en la matriz de líquido, ubicándose a continuación en o cerca de las interfases gas/fluido del producto en forma de espuma.

En este producto en forma de espuma comestible congelada, las interfases de celdas de aire se estabilizan mediante fases mesomorfas en múltiples capas (laminares o vesiculares) ajustándose selectivamente su hinchado, inmovilización de agua y comportamiento estabilizador de la estructura mediante la adición de una cantidad de ácidos grasos no esterificados en condiciones de pH ajustado a valor neutro y concentración de iones cercana a cero. El producto en forma de espuma comestible congelada posee un pH neutro ajustado entre 6, 8 y 7 y una concentración de iones muy baja a nivel del que posee el agua desionizada durante la preparación y maduración de la mezcla. Preferentemente, el producto en forma de espuma comestible congelada posee un pH ajustado a aproximadamente 3,0 antes de la aireación de la mezcla.

En una realización, el producto en forma de espuma comestible congelada incluye aproximadamente un 20-45 % de materia seca formada por un 0-25 % de sólidos lácteos, 10-40 % de azúcares, 0-10 % de grasa y combinaciones de los mismos. En algunos aspectos, el producto en forma de espuma comestible congelada también incluye aproximadamente entre un 0 y un 1 % en peso de un emulsionante, para formar las fases laminares y aproximadamente entre un 0,05 % y un 1,25 % en peso de un estabilizador de goma tal como se ha descrito en la presente invención. El emulsionante puede estar presente a unas concentraciones específicas de emulsionantes, formándose las fases laminares o vesiculares del emulsionante en o cerca de las interfases gas/fluido del producto en forma de espuma.

El producto en forma de espuma comestible congelada también puede utilizar moléculas cargadas en condiciones de pH neutro, que pueden incorporarse a la estructura de la fase laminar y debido a fuerzas electrostáticas repulsivas provocar el hinchado de la fase laminar, mejorando de este modo la estabilidad de la estructura en forma de espuma. El producto en forma de espuma comestible congelada también puede utilizar como emulsionantes ésteres de poliglicerol de ácidos grasos (PGE) formándose de este modo e incorporándose estructuras laminares o vesiculares y ácidos grasos no esterificados como moléculas cargadas en las capas laminares o vesiculares y provocándose el hinchado de la estructura laminar/vesicular correspondiente. El hinchado puede controlarse mediante el control de la concentración de moléculas cargadas añadidas que pueden incorporarse a la estructura de la fase laminar y debido a fuerzas electrostáticas repulsivas provocar el hinchado de la fase laminar, mejorando de este modo la estabilidad de la estructura en forma de espuma. En dicha composición, el hinchado de las estructuras laminares formadas por los ésteres de poliglicerol de ácidos grasos se controla manteniendo una concentración de ácidos grasos no esterificados añadidos entre aproximadamente un 0,01 % y un 2 % en peso.

El producto en forma de espuma comestible congelada posee una fracción de gas en la espuma que es ajustable a entre aproximadamente un 25 % y 75 % en volumen y preferentemente entre un 50 % y un 60 % en volumen y un contenido calórico del producto en forma de espuma congelada, con un esponjamiento de aproximadamente el 100 %, inferior a aproximadamente 55 kcal/100 ml. Tal como se utiliza en la presente invención, el esponjamiento se define como el cociente (densidad de la mezcla - densidad de la muestra de espuma)/(densidad de la muestra de espuma) o, en otras palabras, el esponjamiento es una medida del aire añadido, es decir el porcentaje de incremento de volumen debido a la incorporación o atrapamiento de burbujas de aire.

El producto en forma de espuma comestible congelada descrito previamente puede fabricarse mediante el siguiente procedimiento preferente que incluye las etapas de formar una mezcla mediante la disolución de azúcares y estabilizadores en agua desionizada; añadir un emulsionante a la mezcla; calentar la mezcla a una temperatura por encima del punto de fusión del emulsionante para disolverlo en la mezcla; homogeneizar la mezcla; enfriar la mezcla a una temperatura de enfriamiento inferior a aproximadamente 10 °C; almacenar la mezcla a la temperatura de enfriamiento durante aproximadamente varias horas; disminuir el pH de la mezcla a nivel ácido; aireación de la mezcla para formar la espuma; y congelar en reposo la espuma. En un aspecto, la mezcla se calienta a una temperatura de pasteurización.

En otro aspecto, los azúcares y estabilizadores se disuelven en agua desionizada a 35-45 °C y un pH ajustado a una situación aproximadamente neutra antes de la adición del emulsionante. La situación aproximadamente neutra posee un pH de aproximadamente 6,8.

- 5 En otro aspecto, el emulsionante se disuelve a una temperatura superior a entre aproximadamente 20 y 60 °C, más preferentemente a 80 °C con una pasteurización subsiguiente durante no menos de aproximadamente 30 segundos. En otro aspecto, el emulsionante se disuelve a una temperatura superior a aproximadamente 80 °C con una pasteurización subsiguiente durante no menos de aproximadamente 30 segundos.
- 10 En otro aspecto, la homogeneización se realiza en forma de homogeneización en una etapa con una presión de homogeneización no inferior a aproximadamente 100 bar. Alternativamente, la homogeneización se realiza en forma de homogeneización en una etapa con una presión de homogeneización de aproximadamente 150 bares.
- 15 Tras la homogeneización, la mezcla se enfría a aproximadamente 4 °C y se almacena durante un período de tiempo de aproximadamente más de 8 horas. Alternativamente, tras la homogeneización la mezcla se enfría a aproximadamente 4 °C y se almacena durante un período de tiempo de aproximadamente más de 12 horas. Preferentemente, antes de la aireación el pH se disminuye a menos de aproximadamente 3-4 mediante la adición de ácido cítrico. Mientras se disminuye el pH, también pueden añadirse sales a la mezcla.
- 20 La aireación se realiza utilizando un dispositivo que dispersa el gas finamente. El dispositivo puede ser: un dispositivo de batido rotor estátor, un dispositivo de batido de membrana estática, un dispositivo de batido de membrana giratoria, o combinaciones de los mismos. La aireación puede realizarse a una temperatura entre aproximadamente 4 °C y 50 °C.
- 25 En una realización, el dispositivo de batido de membrana giratoria está equipado con una membrana con una distancia entre poros controlada que posee un tamaño de poros de 1-6 micrómetros y una distancia entre poros de 10-20 micrómetros para la dispersión fina con una distribución estrecha del tamaño de las burbujas y la membrana gira a una velocidad circunferencial entre 5 y 40 m/s, definiéndose la distribución estrecha del tamaño de las burbujas como distribución con un cociente $X_{90,0}/X_{10,0}$ no superior a aproximadamente 3. En un aspecto, el
- 30 dispositivo de batido de membrana giratoria gira dentro de una carcasa cilíndrica, formando un espacio anular estrecho de entre 0, 1 y 10 mm con la superficie de la membrana, permitiendo de este modo un desprendimiento mejorado de burbujas de aire con una distribución más estrecha de tamaños a partir de la superficie de la membrana.
- 35 El procedimiento novedoso descrito previamente permite la formación de una estructura en forma de espuma novedosa con diámetros promedio de burbuja superfinos novedosos, una distribución muy estrecha de tamaños que provoca una estabilidad de la espuma elevada en condiciones de temperatura ambiente y presión atmosférica (por ejemplo ver tabla 2). Con la congelación en reposo subsiguiente, el producto en forma de espuma se congela sin un engrosamiento significativo de la estructura de burbujas de la espuma. Tal como se utiliza en la presente invención, engrosamiento hace referencia al incremento del tamaño promedio de las burbujas y la anchura de la distribución de
- 40 tamaños.

Tabla 2: *Intervalos tamaño y fracciones de volumen de las fase dispersas del producto en forma de espuma*

	Celdas de gas/aire	Cristales de agua helada
Diámetro promedio $X_{50,0}/\mu\text{m}$	1 - 10	10 - 60
Fracción de volumen/ % vol.	25 - 70	40 - 50

- Una ventaja adicional de la estructura del producto en forma de espuma novedosa es el procedimiento de congelación en reposo del producto en forma de espuma. Esta congelación en reposo no genera una estructura de
- 45 cristales de hielo fuertemente interconectada y gruesa con la subsiguiente dureza y abundancia de hielo significativa del producto.

- La Fig. 1 es una gráfica ejemplo de la función de distribución del tamaño de las burbujas de aire $q_0(x)$ (por ejemplo, distribución de densidad numérica) tras un tratamiento de dispersión en un dispositivo de dispersión de flujo turbulento por rotor/estátor convencional con geometría de tornillo entrelazado utilizando las condiciones siguientes: fórmula NDA-1, r.p.m: 3.500, fracción de volumen de gas 0, 5; los diámetros de burbuja $x_{10,0}$, $x_{50,0}$ y $x_{90,0}$ (valores de la distribución numérica, $q_0(x)$) son 6, 944, 13, 667 y 24, 713. Aunque esto es útil para algunas realizaciones de espuma no es preferente para obtener una espuma estable frente a múltiples ciclos de congelación-descongelación.
- 50

- La Fig. 2 es una gráfica ejemplo de la función de distribución del tamaño de las burbujas de aire $q_0(x)$ (por ejemplo, distribución de densidad numérica) del producto en forma de espuma de acuerdo con una realización de la presente invención tras el tratamiento de aireación en el dispositivo de aireación de membrana giratoria de flujo laminar
- 55

novedoso. La membrana se montó en un cilindro interno giratorio con las condiciones siguientes: fórmula NDA-1, espacio: 0, 22 mm, r.p.m.: 6.250; fracción de volumen de gas 0,5. La figura 2 puede compararse con la distribución obtenida con la aireación del mismo modelo de fórmula (NDA-1) con un dispositivo de batido rotor/estátor (R/S) convencional mostrado en la figura 1. Tal como puede observarse, la utilización del dispositivo de membrana giratoria conlleva un tamaño de burbuja mucho más pequeño y una distribución del tamaño de las burbujas mucho más controlado.

La comparación de los tamaños de las burbujas también se muestra cuantitativamente en la Figura 3, que es una gráfica de barras ejemplo que muestra los diámetros de burbuja $x_{10,0}$, $x_{50,0}$ y $x_{90,0}$ de tres versiones diferente del dispositivo/procedimiento de aireación: un rotor/estátor de tornillo entrelazado convencional con características de flujo turbulento (A), un dispositivo/procedimiento de membrana novedoso tipo I con la membrana montada en un cilindro interno giratorio (Tipo-B I) y un dispositivo/procedimiento de membrana novedoso tipo II con la membrana fijada en la carcasa y un cilindro sólido interno giratorio o superficie perfilada (Tipo-B II). Las condiciones de funcionamiento del dispositivo Tipo-B II fueron fórmula NDA-1, fracción de volumen de gas 0, 5. Ambos dispositivos Tipo-B I y Tipo-B II producen tamaños de burbujas y distribuciones del tamaño de las burbujas significativamente más pequeñas.

La amplitud reducida de la distribución del tamaño de las burbujas del producto en forma de espuma procesado en el dispositivo de membrana giratorio de la presente invención se demuestra en la figura 4, que es un gráfico ejemplo del cociente de diámetros de burbuja $x_{90,0}/x_{10,0}$ que indica la amplitud o "estrechez" de la distribución del tamaño de las burbujas correspondiente a las tres versiones de dispositivo/procedimiento de aireación diferentes mencionadas previamente. El cociente $x_{90,0}/x_{10,0}$ de los dispositivos Tipo-B I y Tipo-B II es inferior a la del dispositivo tipo A, siendo el del tipo B I casi la mitad del dispositivo tipo A. Ello se relaciona con la uniformidad de las fuerzas de cizallamiento impactantes en la superficie de la membrana (dispositivos tipo-B) que provoca el desprendimiento de las burbujas de la superficie de la membrana comparada con la mucho menos uniforme distribución del esfuerzo que provoca la ruptura de burbujas grandes en burbujas más pequeñas con la distribución del esfuerzo heterogénea en los espacios de rotor/estátor (tipo A).

Un tamaño de las burbujas substancialmente uniforme significa que la mayoría de las burbujas se encuentran en un intervalo de tamaños concreto para evitar o reducir la desproporción por la transferencia de gas desde las burbujas más pequeñas a las más grandes (maduración de Ostwalt). Una distribución del tamaño de las burbujas substancialmente uniforme significa que el cociente de diámetros de las burbujas $x_{90,0}/x_{10,0}$ es inferior a aproximadamente 5, preferentemente inferior a 3, 5, incluso más preferentemente inferior a entre 2 y 3.

Además de las características diferentes de la estructura de burbujas de gas del producto en forma de espuma, asociadas con el dispositivo de batido utilizado, las características del producto en forma de espuma se basan en su elevada estabilidad estructural resultante de un concepto de estabilidad entre fases novedoso. Este concepto de estabilidad entre fases novedoso se basa en la utilización de sistemas de tensioactivos que permiten la formación de estructuras de interfases laminares o vesiculares en las que además puede ajustarse un efecto de hinchado mediante la implementación de una fracción controlada de moléculas específicas en la estructura de fase laminar/vesicular. La figura 5 muestra dicha estructura de fase laminar formada por ésteres de poliglicerol de ácidos grasos (PGEs). La figura 6 demuestra la dependencia del volumen de la fase laminar (hinchado) en función de la concentración de ácidos grasos no esterificados añadida. Sin embargo el ajuste del hinchado se entiende mejor en el contexto del procedimiento novedoso de formación de la espuma, mostrado en la figura 7. Este procedimiento comprende disolver azúcares y estabilizadores en agua desionizada, añadir el emulsionante y disolverlo a una temperatura superior a su temperatura de fusión, preferentemente a temperatura de pasteurización, una pasteurización acoplada o separada y una homogeneización subsiguiente en una etapa, seguido del enfriamiento de la mezcla a una temperatura de entre 5 y 10 °C y el almacenamiento subsiguiente a dicha temperatura durante un período de varias horas. Las etapas finales incluyen disminuir el pH a valores ácidos, con la subsiguiente aireación y la congelación en reposo de la espuma resultante.

La Fig. 8 demuestra el resultado de la estructura de la fase laminar/vesicular PGE si se modifica el orden de la etapa de calentamiento (I) y ajuste del pH (II). El contenedor de la izquierda muestra la espuma con burbujas finas fabricada con el orden correcto, mientras que el de la derecha, fabricado utilizando el orden inverso de las etapas (II y a continuación I), muestra un colapso pronunciado de la estructura, sin ninguna capacidad de estabilización de la espuma.

En la Fig. 9, se demuestran las características de estabilidad de la espuma inteligente, expresadas por las características de drenaje (líquido separado tras 60 minutos a temperatura ambiente y en reposo). Como puede apreciarse por la altura del líquido acuoso drenado, en el caso de un sorbete comercial (cilindro de la izquierda), esta es aproximadamente 15 veces la altura de la muestra de espuma inteligente (cilindro de la derecha) en condiciones de ensayo similares. La espuma de la presente invención pierde menos del 2 % de su volumen en este ensayo.

La Fig. 10 demuestra la estabilidad de la espuma inteligente en condiciones de congelación-descongelación respecto al diámetro promedio de las burbujas de gas. Como puede observarse comparando la estructura antes

(figura 10A) y después (figura 10B) del tratamiento de choque térmico, no se produce un cambio significativo de la distribución del tamaño de las burbujas. Ello denota la innovadora "estabilidad frente a ciclos múltiples de congelación-descongelación" de la espuma inteligente.

5 La figura 11 demuestra también el comportamiento estructural en condiciones de congelación-descongelación respecto, sin embargo, al diámetro promedio de los cristales de hielo. De nuevo, no se observa un cambio significativo en el tamaño de los cristales de hielo, demostrando la innovadora elevada "estabilidad frente a ciclos múltiples de congelación-descongelación" de la espuma inteligente.

10 Otra realización de la presente invención versa sobre el dispositivo y técnicas novedosas para la aireación de la mezcla líquida descrita previamente para formar el producto en forma de espuma. En este aspecto, una realización de la presente invención da a conocer un nuevo procedimiento para la generación mecánica suave y uniforme de dispersiones de gas o espumas con burbujas de gas finamente dispersadas y con una distribución estrecha de tamaños.

15 En el procedimiento para la generación mecánica suave de dispersiones finas de gas con una distribución estrecha del tamaño de las burbujas de gas, las burbujas se generan en la superficie de una membrana y desde la que se consigue eficientemente su desprendimiento o por el movimiento giratorio de la membrana dentro de una fase fluida continua y/o por el flujo giratorio de esta fase fluida a través de la membrana aplicando, debido a la acción de un cizallamiento superpuesto, esfuerzos de elongación y normales.

20 El procedimiento para la generación mecánica suave de dispersiones de gas o espumas que poseen burbujas superfinaes con una distribución estrecha del tamaño, incluye: proporcionar una membrana (o medio poroso) que forma al menos una superficie de un espacio estrecho de dos superficies; suministrar un gas a través de los poros de la membrana, formando dicho gas burbujas o filamentos de gas cuando se suministra a través de los poros de la membrana; desprender las burbujas o filamentos de gas desde la superficie de la membrana que delimita el espacio; y mezclar las burbujas o filamentos de gas con una fase fluida líquida continua, estando presente dicha fase fluida líquida en el espacio.

25 En un aspecto, el desprendimiento y mezclado se realizan mediante uno de los mecanismos siguientes: un esfuerzo de cizallamiento que actúa de forma homogénea, esfuerzos de elongación, esfuerzos de inercia y combinaciones de los mismos, provocados por el movimiento de una de las superficies del espacio en relación con la otra.

30 En un aspecto, el suministro de gas incluye el impulso de gas a través de los poros de la membrana. El impulso se puede llevar a cabo por bombeo, aspiración o succión del gas a través de los poros de la membrana. La fase líquida también se puede bombear a través del espacio.

35 En un aspecto, el espacio está formado entre dos superficies, al menos una de las cuales incluye la membrana. El espacio puede formarse entre dos cuerpos simétricos giratorios, insertándose uno concéntricamente dentro del otro, formando el segundo consiguientemente una carcasa alrededor del primero y formándose un espacio concéntrico o excéntrico entre los cuerpos. Alternativamente, el espacio puede formarse entre dos cuerpos simétricos giratorios, insertándose uno excéntricamente dentro del otro, formando el segundo consiguientemente una carcasa alrededor del primero y formándose un espacio excéntrico entre los cuerpos. Además, ambas superficies del espacio pueden estar formadas por membranas.

40 Mientras que una de las dos o ambas superficies del espacio pueden estar fabricadas de un material membranoso, o bien la superficie interna del espacio o bien su superficie externa se mueve en relación a la otra. El movimiento puede ser a una velocidad circunferencial superficial variable o fijada de forma ajustable o periódicamente oscilante o con una historia velocidad-tiempo controlada respecto a la otra superficie.

45 La velocidad de flujo de gas a través de la membrana puede ser una velocidad de flujo constante o variable o variable periódicamente.

50 El flujo de líquido puede moverse en relación con las superficies del espacio con uno de los regímenes siguientes: flujo de cizallamiento laminar puro, flujo mixto de cizallamiento laminar y de elongación, flujo de vórtices de Taylor, flujo turbulento conducido por la inercia en condiciones de régimen de flujo laminar a transitorio y combinaciones de los mismos. El régimen de flujo del líquido dentro del espacio puede ajustarse para generar esfuerzos de cizallamiento, elongación o inercia bien definidos que desprenden las burbujas o filamentos de gas de la superficie de la membrana. Adicionalmente, además del flujo generado en el espacio provocado por el movimiento de al menos una de las superficies del espacio, puede generarse un componente de velocidad de fluido a través del flujo mediante el bombeo de la fase de fluido líquido continua a través del espacio. En un aspecto, la velocidad circunferencial relativa de las superficies del espacio puede estar entre 1 y 40 m/s una respecto a la otra. Del mismo modo, la velocidad promedio axial de la fase de fluido líquido continua en el espacio puede ajustarse entre aproximadamente 0, 01 y 5 m/s.

En otro aspecto, la presión transmembrana aplicada a la fase gaseosa puede ser de entre aproximadamente 0, 05 y 5 bar. Del mismo modo, la presión axial a través de la membrana aplicada a la fase de fluido líquido puede ser de entre aproximadamente 0, 01 y 10 bares. En otro aspecto, el espacio está controlado por una válvula de contrapresión ajustada a entre aproximadamente 1 y 5 bares.

Aún otra realización de la presente invención hace referencia a un dispositivo para llevar a cabo este procedimiento de batido novedoso utilizando o bien una membrana instalada en un cuerpo giratorio, rodeada por una carcasa concéntrica o excéntrica que forma un espacio de flujo estrecho con el cuerpo giratorio, o utilizando la construcción inversa con una membrana instalada en la carcasa concéntrica o excéntrica y un cuerpo giratorio sólido que forma el espacio de flujo correspondiente con la membrana o la carcasa. Con el espacio de flujo concéntrico o excéntrico formado localmente se proporcionan restricciones al flujo para generar una contracción del flujo local que provoca componentes de flujo de elongación y/o flujos turbulentos. Además del componente de flujo giratorio generado por el movimiento del cuerpo giratorio, existe un componente de flujo axial generado por el bombeo de la fase de fluido continuo continuamente a través del espacio del flujo de dispersión.

El nuevo procedimiento de aireación previamente descrito es ventajoso porque permite la dispersión suave de las burbujas de aires/gas en condiciones de flujo laminar, que no se ha aplicado previamente a dispersiones de gas/líquido finamente dispersas.

Además, la reducida entrada de energía o potencia específica de volumen durante el procedimiento permite un mejor control de la disipación de energía de fricción viscosa y del incremento de temperatura correspondiente en el sistema, permitiendo de este modo una mejor protección de los componentes mecánicos y sensibles al calor del sistema.

Además, como resultado del balance de las fuerzas o esfuerzos de cizallamiento y elongación distribuidos de forma uniforme que dominan el procedimiento de dispersión de las burbujas y la influencia de alteración menos relevante de las fuerzas o esfuerzos centrífugos de desmezclado que fomentan el reagrupamiento de las burbujas, acoplado con una etapa inicial de dispersión por los poros de la membrana, se generan burbujas dispersadas muy finamente y que además tienen una distribución estrecha de tamaños. Consiguientemente, también pueden ajustarse las propiedades del producto en forma de espuma relacionadas con su micro-estructura de una forma muy distinta en comparación con las espumas/dispersiones de gas resultantes de tecnologías de aireación/batido convencionales.

Adicionalmente, el componente de flujo giratorio ajustable confiere independencia a los esfuerzos de dispersión activos que se aplican para el desprendimiento de las burbujas de la superficie de la membrana, a la deformación de las burbujas y a la división de las burbujas, de la velocidad de flujo de masa/volumen a través del procedimiento continuo.

Además, para fracciones de gas más altas, la dispersión de burbujas de gas suave novedosa permite un refinamiento adicional del tamaño de las burbujas sin incrementar la fracción de gas, lo que no ocurre en las técnicas de tornillo entrelazado basadas en un rotor/estátor convencional con características de flujo de dispersión turbulento.

El nuevo aparato descrito previamente posee diversas ventajas y permite la modificación y ajuste sencillos de las características deseadas de flujo de dispersión/desbordamiento de la membrana de cizallamiento y/o cizallamiento mixto y elongación, que contribuye a al eficiente desprendimiento y división de las burbujas. En parte, debido a la gran diferencia de densidad entre las dos fases (gas/líquido) un incremento moderado de la presión transmembrana desplaza el mecanismo de dispersión de burbujas de un desprendimiento de burbujas de la superficie de la membrana entre semiesférico y esférico al disparo de filamentos de gas a través de los poros en la fase de fluido continua provocando la elongación y rotura de los filamentos de gas apoyado por los efectos de cizallamiento y relajación superpuestos adicionalmente.

El mecanismo de elongación o disparo de filamentos puede apoyarse adicionalmente por las fuerzas centrífugas que actúan cuando la membrana se instala en la pared interna de la carcasa no giratoria.

La aplicación facilitada de características de flujo de elongación superpuestas debida al ajuste excéntrico de la parte giratoria (por ejemplo el cilindro interno) confiere una libertad adicional para mejorar la eficiencia del desprendimiento de gotas/división de filamentos.

Debido a la dispersión de burbujas novedosa altamente eficiente, el tiempo de estancia necesario en el espacio de dispersión es mucho menor en comparación con los dispositivos convencionales. Esto a su vez conlleva un aparato compacto y de alto rendimiento que es ventajoso desde un punto de vista de incremento de la capacidad y/o reducción de costes de producción para el producto en forma de espuma relacionada.

El tamaño de las burbujas de la espuma puede controlarse adicionalmente durante el procedimiento de fabricación mediante la selección o cambio de algunas variables o parámetros. Aún así, la distribución del tamaño de las burbujas permanece ajustada y tal como se ha descrito en la presente invención de manera que se genera una

espuma estable y uniforme. Una primera variable es el tipo de dispositivo que se utiliza, pues cada uno de ellos proporciona una gama de tamaños de burbuja ligeramente diferente. Esto se debe probablemente al espacio entre la membrana y la carcasa. Generalmente, siendo el resto de parámetros iguales, cuanto mayor es el espacio entre los dos, mayor es el tamaño de la burbuja. Tras seleccionar el dispositivo y espacio deseados, puede variarse la velocidad giratoria del dispositivo para obtener el tamaño de burbuja deseado, con velocidades de giro más lentas dando lugar generalmente a burbujas de tamaño mayor. Otra variable que puede controlarse es la fórmula de la matriz de líquido, tanto respecto al tipo de líquido como a los componentes o aditivos deseados incluidos. Generalmente, una menor cantidad de emulgente dará lugar a burbujas más grandes, mientras que incrementar la cantidad de emulgente proporciona material suficiente para formar una estructura en celdas que puede acomodar burbujas de tamaño menor. Dado que las burbujas más pequeñas poseen un área superficial mayor que las burbujas más grandes, se necesita una mayor cantidad de emulgente para recubrir las burbujas y formar la jaula. Es interesante resaltar que no parece que el tamaño de las burbujas a generar dependa del tamaño del poro de la membrana o de la viscosidad de la matriz.

En la descripción siguiente y las figuras acompañantes en las que se describen algunas realizaciones de la invención y sus propiedades correspondientes se proporcionan con mayor detalle características adicionales del procedimiento y del dispositivo así como sus ventajas relacionadas en comparación con el estado actual de la técnica.

La figura 12 muestra un diagrama esquemático del procedimiento/dispositivo de membrana (tipo-B I) con la membrana montada sobre el cilindro interno giratorio (tipo I), de acuerdo con una primera realización de la invención. En la Fig. 12, (1) denota dos cierres herméticos deslizantes de doble cara que permiten el suministro del gas/aire sin fugas a través del vástago hueco giratorio (2). El gas/aire entra en el vástago por la entrada de gas/aire (3a), fluye a través del canal (3b) del vástago interno y abandona de nuevo el vástago a través de los orificios (3c) entrando en el cilindro giratorio hueco (4), que en su superficie sostiene la membrana (6). El gas/aire se distribuye uniformemente en el cilindro hueco (3d) y desde este es presionado a través de los poros (3e) de la membrana hacia el espacio del flujo de dispersión (7) formando burbujas en la superficie (8) de la membrana o disparando filamentos (11) de gas/aire dentro del espacio. La fase de fluido líquido continua entra en el dispositivo de dispersión por la entrada del fluido/mezcla (5). Tan pronto como el fluido/mezcla entra en el espacio de dispersión (7), el componente de flujo giratorio dominante se superpone al componente de flujo de rendimiento axial. Dentro del campo de flujo del espacio, se desprenden burbujas de gas (8) de la superficie de la membrana y se dividen filamentos de gas (11) en condiciones de esfuerzo muy uniformes que actúan en el espacio de flujo (7) estrecho. Esto se observa más claramente en la Figura 12A. La dispersión de gas/espuma abandona el dispositivo por la salida de espuma (16). La carcasa cilíndrica (17) se construye de forma general como una camisa refrigerante para transferir el calor de fricción viscosa disipado a un agente refrigerante, que entra en la camisa refrigerante por la entrada de agente refrigerante (9) y la abandona por la salida de agente refrigerante (10).

La Fig. 13 muestra información adicional sobre el nuevo procedimiento/dispositivo de membrana tipo-B II con la membrana montada sobre la carcasa fija (tipo II), de acuerdo con una segunda realización del presente aparato. El vástago (2) y el cilindro (4) conectado ya no son parte del sistema de aireación. La membrana (6) se monta sobre una construcción en jaula (18) conectada a la superficie interna de la carcasa cilíndrica (17) y forma una cámara de gas/aire (19) entre la pared interna de la carcasa y la membrana. A través de una entrada central de gas/aire (13a) se suministra gas/aire a la cámara (19), que se distribuye de forma uniforme (13b) y se presiona a través de los poros de la membrana (13e) dentro del espacio de dispersión (7).

El flujo fluido continuo y su impacto en el procedimiento de dispersión se espera que sean similares a la versión tipo I del procedimiento descrito anteriormente (Fig. 12), salvo en el impacto diferente de las fuerzas centrífugas que en este dispositivo tipo II favorecen más el disparo de la fase gaseosa en el espacio de flujo de dispersión, formando preferentemente filamentos de gas/aire (11), mientras que en el dispositivo tipo I las fuerzas centrífugas trabajan contra el mecanismo de disparo ofreciendo de este modo una mayor preferencia por la formación de burbujas en la superficie de la membrana. Sin embargo, ello depende de la velocidad del flujo de volumen de gas y de la presión transmembrana aplicada. En una segunda sección aumentada del espacio entre la membrana y el cilindro externo se muestra un patrón de flujo de vórtices de Taylor (24) que contribuye a mejorar el desprendimiento de las burbujas de la membrana en la Fig. 13A.

Puede esperarse que el mecanismo de disparo mostrado esquemáticamente en la parte del espacio aumentada de la Fig. 13A favorezca en cierta medida la formación de burbujas más pequeñas asumiendo que el filamento de gas/aire formado tiene una forma delgada cuando se divide en gotas (8) en el flujo de dispersión. Por el contrario, la formación de burbujas en la superficie de la membrana giratoria interna puede esperarse que forme entidades de gas/aire más compactas con tendencia, en caso de que se desprendan, a formar burbujas de gas más grandes o incluso una capa de gas tal como se demuestra en la Fig. 12A. En este último caso, la formación de burbujas puede tener lugar en la superficie de la capa de fluido de la que se desprenden filamentos. Estas tendencias se confirmaron mediante experimentos tal como se demuestra en las Figs. 1, 3, 4, 16, 17 y 18 que muestran las distribuciones numéricas del tamaño de las burbujas resultantes (Fig. 1: para una membrana montada en un cilindro giratorio

interno (tipo I); Fig. 16: para una membrana montada en una carcasa fija (tipo II)) y los diámetros promedio de las burbujas como función de la fracción de volumen de gas para los dos procedimientos/dispositivos diferentes tipos BI y BII (Fig. 17) y en la Fig. 18 para un dispositivo rotor/estátor. De forma interesante, a fracciones de volumen de gas más elevadas (en este caso: 50 % vol.) el tamaño promedio de las burbujas alcanza el mismo valor. Esto apoya la interpretación de que el mecanismo de desprendimiento/división de las burbujas de gas/aire se ha acercado a un tipo común.

Este descubrimiento sorprendente ha motivado la combinación de ambos procedimientos/dispositivos tipo I y tipo II, lo que significa que puede equiparse tanto el cilindro giratorio como la carcasa con una membrana, doblando de este modo la capacidad de aireación por volumen de espacio de dispersión. Tal como se muestra en la Fig. 12, en la construcción inversa tipo II también se producen patrones de flujo de vórtices de Taylor si se excede un número de Taylor crítico (por ejemplo 41, 3).

Los componentes de flujo de elongación que permiten incrementar el estiramiento de los filamentos pueden contribuir substancialmente a aumentar la formación de filamentos de gas/aire más delgados en lugar de entidades de gas/aire compactas en la superficie de la membrana. Para implementar dichos componentes de flujo de elongación se utiliza la disposición excéntrica (22) del cilindro interno giratorio dentro de la carcasa cilíndrica tal como se muestra en las Figs. 14A y 14B. En el dominio de flujo del espacio que contrae, el fluido es acelerado en el dominio de espacio de entrada (20) permitiendo una elongación adicional de los filamentos de gas. En el dominio de flujo del espacio que se separa (21) una elongación negativa equivalente a una contracción puede fomentar la relajación de los filamentos de gas/aire estirados fomentando de este modo la generación de las denominadas inestabilidades de Rayleigh, dando lugar a filamentos ondulados que fomentan la división en burbujas dispersadas con una distribución estrecha del tamaño.

También pueden generarse flujos locales periódicos de elongación y relajación en la superficie de la membrana utilizando una superficie perfilada de la pared del cilindro sobre la que no está montada la membrana, tal como se demuestra en las Figs. y 15B para la construcción tipo II del dispositivo de membrana. En este caso se generan vórtices periódicos (23) que baten la superficie de la membrana.

En condiciones de velocidad circunferencial comparables de la parte giratoria, aplicadas a los experimentos de formación de espuma mediante los procedimientos novedosos tipo I y II (B), se obtuvieron las distribuciones de tamaño de las burbujas mostradas en las Figs. 1 y 20 y utilizando el mismo sistema de fluido modelo batible NDA-1, formado por una solución modelo acuosa con un 0,1% de polisacárido/espesante y un 0,6 % de tensioactivo. Los experimentos de formación de espuma también se realizaron con un dispositivo de formación de espuma rotor/estátor convencional de Kinematica AG, Lucerna (Suiza), con el que típicamente se aplican condiciones de flujo turbulento. En la Fig. 2 se muestra la distribución numérica de tamaños de burbuja resultante. La comparación directa de las Figs. 1 y 16 muestra los tamaños de burbuja claramente más gruesos y de distribución más amplia.

Esta comparación es más pronunciada en las Figs. 3 y 4, en las que se comparan valores de los tamaños de burbuja característicos como $x_{10,0}$ (es decir, el diámetro de burbuja por debajo del que el 10 % de las burbujas son más pequeñas), $x_{50,0}$ (es decir, el diámetro de burbuja por debajo del que se encuentran el 50 % de las burbujas) y $x_{90,0}$ (es decir, el diámetro de burbuja por debajo del que se encuentran el 90 % de las burbujas) y el cociente de diámetro de burbuja $x_{90,0}/x_{10,0}$ (es decir, un valor indicativo de la anchura o "estrechez" de la distribución del tamaño de las burbujas, respectivamente) para las tres versiones diferentes del procedimiento/dispositivo de aireación: tornillo entrelazado rotor/estátor convencional con características de flujo turbulento (A), nuevo procedimiento/dispositivo de membrana con la membrana montada en el cilindro interno giratorio (B, tipo I) y nuevo procedimiento/dispositivo de membrana con la membrana fija en la carcasa y un cilindro sólido interno giratorio con superficie lisa (B, tipo II)

Además de la comparación de los procedimientos/dispositivos novedosos tipos I y II (B) con el procedimiento/dispositivo con rotor/estátor convencional (A) a la misma velocidad circunferencial de los elementos giratorios mostrada previamente, se ha realizado una comparación más general de las características de dispersión/formación de espuma trazando gráficamente los diámetros promedio de las burbujas en función de la entrada de energía volumétrica en la dispersión de gas/líquido dentro del dispositivo de formación de espuma. Esto se muestra en la figura 20 para la segunda receta de mezcla modelo sistema NMF-2 que contiene un 3 % de proteínas lácteas como tensioactivo y un 1, 5 % de goma guar como estabilizador/espesante (ligeras modificaciones de las fórmulas NMF-2a y NMF-2b, pero con un comportamiento reológico comparable, mayor viscosidad en comparación con la fórmula mezcla modelo NDA-1 y consiguientemente con diámetros mayores de burbujas de gas resultantes) El nuevo sistema de membrana giratoria (por ejemplo, el tipo I en la Fig. 20) consume mucha menos energía (un factor de 5-7 veces menos) por volumen de espuma (para una fracción de gas dispersado constante de un 50 % en volumen) en comparación con el procedimiento/dispositivo convencional (A).

Además, para una misma entrada de energía volumétrica mínima necesaria de aproximadamente $3 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ para conseguir el tamaño promedio de burbuja mínimo posible de la distribución de volúmenes ($q_3(x)$) de aproximadamente $X_{50,3} \approx 70\text{-}75$ micrómetros en el procedimiento/dispositivo convencional (A) (limitación debida al

desmezclado centrífugo al aumentar la entrada de energía/velocidad de giro) el procedimiento/dispositivo novedoso alcanza un $x_{50,3}$; $\approx 40 - 50$ micrómetros (reducción de tamaño de $\approx 40 \%$)

En la figura 21 se muestran de nuevo las distribuciones numéricas de la receta de mezcla modelo NDA-1, aireada dentro del dispositivo de membrana giratorio tipo II (membrana montada en la pared fija externa) , pero con la superficie perfilada adicionalmente del cilindro interno/denominada tipo II b. Los resultados se comparan con las Figs. 1, 16 y 2. Cuando se compara con las Figs. 1, 16 y 2, la comparación muestra que la construcción tipo II b también proporciona burbujas claramente más finas y con una distribución de tamaños más estrecha que el dispositivo rotor/estátor (Fig. 2) y también más finas que el dispositivo de membrana giratorio tipo I (Fig. 16) pero peor que el dispositivo de membrana giratorio tipo II sin la pared del cilindro interno perfilada (Fig. 1).

Tal como se indica en el presente documento, las espumas de la invención pueden utilizarse para fabricar varios productos, incluyendo productos comestibles. Entre dichos productos se incluyen productos congelados tales como helados, sorbetes u otras novedades, productos alimentarios refrigerados tales como pudines batidos, quesos cremosos, aderezos para postres y similares, o incluso productos alimentarios calientes tales como sopas cremosas, salsas, jugos de carne y similares.

Las espumas comestibles de la invención también pueden incluir aditivos comestibles, tales como hierbas, especias, trozos de pan, carnes, vegetales o inclusiones tales como frutos secos, frutas, trozos de galleta, caramelos o similares según se desee para el tipo de producto alimentario. Además, también pueden incluirse, si se desea, siropes, aderezos, materiales semisólidos, tales como malvaviscos, mantequilla de cacahuete, dulce de azúcar o similares. Para la realización más preferente de helado, los aditivos pueden utilizarse del mismo modo que en la fabricación de helados convencional. Si se desea suspender el aditivo en la espuma, es posible procesar el componente para conferirle una densidad similar a la de la espuma de manera que el aditivo no se hunda en la espuma debido a la gravedad cuando la matriz se halle en estado líquido. Asimismo, los aditivos con la misma densidad que la espuma permanecen en su lugar después del mezclado y antes de la congelación de la espuma. Un procedimiento conocido convencionalmente para la reducción de la densidad de un aditivo es mediante aireación o técnicas de formación de espuma similares. Esto también reduce el coste del producto final, dado que para el mismo volumen se reduce el peso del componente o aditivo.

Las espumas de la presente invención facilitan la fabricación de productos alimentarios de bajo coste, bajos en calorías, fáciles de fabricar, que proporcionan beneficios nutritivos o de salud al consumidor. Además, estos productos alimentarios pueden fabricarse a cualquier temperatura desde las temperaturas a las que la matriz está congelada hasta temperaturas más altas a las que la matriz es líquida. Por tanto, los productos pueden almacenarse, transportarse o consumirse a temperatura ambiente, temperaturas más bajas o incluso a temperaturas más altas siempre que la matriz no se caliente por encima de su punto de ebullición, temperatura a la que una evaporación significativa puede provocar la pérdida de la espuma. Dichos productos pueden fabricarse sin grasas que se derriten o desintegran limpia y rápidamente en la boca, lo que proporciona un perfil o carácter de sabor limpio. Además, estas espumas proporcionan una sensación cremosa en la boca sin la adición de componentes grasos. Ello permite que la espuma posea una densidad calórica reducida del orden de las 240 a 250 kcal, hasta quizá tan altas como de 300 kcal/100 ml de porción sin burbujas, lo que hace que la mayoría, si no todos, los productos sean eminentemente adecuados para el mercado de alimentos bajos en grasas/calorías. Además, estos productos pueden fabricarse sin proteínas y alérgenos dado que no son necesarios componentes lácteos. Ello da lugar a riesgos higiénicos bajos, de manera que los productos pueden almacenarse a temperatura ambiente hasta su consumo. Incluso sin componentes lácteos, estos productos proporcionan una sensación en la boca cremosa, limpia y de fusión rápida, lo que es deseable y sabroso para los consumidores. Las burbujas de aire pequeñas de la espuma actúan como pequeños rodamientos de bolas que lubrican el paladar del consumidor.

La espuma crea un modo completamente nuevo de fabricar productos helados. La espuma puede fabricarse y almacenarse a temperatura ambiente hasta que se quiera congelar para formar el helado. En el procedimiento de fabricación, puede hacerse una espuma genérica que luego puede procesarse en las formulaciones con los aromas deseados y colocarse en recipientes que puedan transportarse, venderse y almacenarse a temperatura ambiente. Este procedimiento sería similar al actualmente disponible para la fabricación de pinturas, en el que se hace una base y el color se añade a petición. Existen ventajas similares para la fabricación de helados, ya que en la fábrica, pueden hacerse formulaciones o aromas diferentes según se desee. De hecho en la actualidad es posible que las tiendas hagan y vendan al consumidor el sabor o formulación específica que deseen al adquirir el producto. El producto se vende con la espuma a temperatura ambiente de manera que es fácil de transportar a casa y almacenarlo hasta su utilización. Cuando se quiere consumir el helado, el consumidor solo tiene que introducirlo en el congelador durante una o dos horas para dejar que la matriz se congele. Después, se puede fundir y almacenar a temperatura ambiente.

Como entenderán los expertos en la técnica, se pueden concebir otros procedimientos y dispositivos equivalentes o alternativos para la formación del nuevo producto espumado comestible de acuerdo con las realizaciones de la presente invención sin desviarse de las características esenciales de la misma. De acuerdo con lo anterior, se pretende que la divulgación anterior sea ilustrativa, aunque no limitante, del alcance de la invención que se expone en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una espuma estable que comprende una matriz de líquido, burbujas de gas y un agente estructurante que comprende dos componentes que interactúan, en la que el primer componente agente estructurante comprende un éster de poliglicerol de ácidos grasos (PGE) pretratado térmica, físicoquímica o mecánicamente y está presente en una cantidad del 0,25 al 1,5 % en peso de la matriz de líquido y el segundo componente agente estructurante comprende ácidos grasos no esterificados y está presente en una cantidad del 0,05 al 2,5 % en peso del líquido.
- 10 2. La espuma de la reivindicación 1, en la que el pH y/o el contenido de sal de la matriz de líquido se ha ajustado a un pH de entre 2 y 4 y/o a una sal alta después del enfriamiento.
- 15 3. La espuma de la reivindicación 1 o 2, en la que el agente estructurante comprende un emulsionante presente en una cantidad del 0,05 al 2 % en peso de la matriz de líquido.
- 20 4. La espuma de cualquier reivindicación precedente, en la que la matriz de líquido comprende agua, el gas es aire y la matriz de líquido incluye un agente modificador de la viscosidad seleccionado del grupo que consiste en un hidrato de carbono en una cantidad del 5 al 45 % en peso de la matriz de líquido, una proteína vegetal o láctea en una cantidad del 5 al 20 % en peso de la matriz de líquido, un polisacárido en una cantidad del 0,1 al 2 % en peso de la matriz de líquido y una mezcla de los mismos.
- 25 5. La espuma de la reivindicación 4, en la que el hidrato de carbono, si está presente es sacarosa, glucosa, fructosa, jarabe de maíz, lactosa, maltosa, o galactosa o una mezcla de los mismos y está presente en una cantidad del 20 % al 35 % en peso de la matriz de líquido, la proteína vegetal o láctea, si está presente, es soja, suero lácteo o proteína de la leche entera o una mezcla de las mismas en una cantidad del 10 % al 15 % en peso de la matriz de líquido y el polisacárido, si está presente, es goma guar, goma garrofín, goma carragenina, goma xantana, pectina o una mezcla de las mismas en una cantidad del 0,2 % al 1,25 % en peso de la matriz de líquido.
- 30 6. Un procedimiento de fabricación de una espuma estable, que comprende una matriz de líquido desionizada, burbujas de gas y un agente estructurante que forma una estructura de jaula lamelar y/o vesicular que atrapa y estabiliza al menos una parte sustancial de las burbujas de gas y la matriz de líquido en su interior, procedimiento que comprende
 - 35 proporcionar un compuesto de agente anfílico cristalino que comprende éster de poliglicerol de ácidos grasos en un fluido polar desionizado a un pH de entre 6 y 8;
 - añadir un agente expansor que comprende ácidos grasos no esterificados al fluido polar con calentamiento a una temperatura por encima de 65 °C a 95 °C durante un tiempo de 20 a 85 segundos;
 - homogeneizar la solución en condiciones suficientes para dispersar la estructura de jaula de lamelas y/o de vesículas; enfriar la solución homogeneizada a una temperatura inferior a la ambiente; y proporcionar
 - 40 burbujas de aire en la solución.
7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que el pH del fluido polar se ajusta a aproximadamente 7 y se libera de la sal antes de la adición del agente anfílico.
- 45 8. El procedimiento de la reivindicación 6 o 7, en el que el agente anfílico comprende un tensioactivo o más específicamente un emulsionante presente en una cantidad del 0,05 al 2 % en peso de la matriz de líquido y el agente expansor comprende moléculas que son solubles o dispersables en la matriz de líquido, siendo la carga neta de estas moléculas ajustable reduciendo el pH a entre el 2 y el 4 y/o aumentando el contenido de iones de sal, con las moléculas añadidas en una cantidad de entre el 0,05 y el 2 % en peso de la matriz líquida.
- 50 9. El procedimiento de la reivindicación 6 o 7 en el que el éster de poliglicerol de ácidos grasos (PGE) está presente en una cantidad del 0,25 al 2 % en peso de la matriz de líquido y en el que los ácidos grasos no esterificados (FFA) están presentes en una cantidad del 0,05 al 2,5 % en peso de la matriz de líquido.
- 55 10. El procedimiento de la reivindicación 6, 7, 8, o 9, en el que la homogeneización puede ser una homogeneización a alta presión realizada a entre 125 y 225 bares a temperaturas de 60 °C a 95 °C y la solución homogeneizada se enfría hasta una temperatura de menos de 10 °C pero sin llegar a la congelación de la matriz de líquido durante un período de entre aproximadamente 4 y 20 horas.
- 60 11. El procedimiento de la reivindicación 6, 7, 8, 9 o 10, en el que la solución enfriada se trata adicionalmente para reducir el pH a entre 2 y 4,5 o para añadir una sal antes de airear la solución enfriada para formar la espuma.
12. El procedimiento de una de las reivindicaciones 6 a 11, en el que la matriz de líquido comprende agua desionizada y un agente modificador de la viscosidad seleccionado del grupo que consiste en un hidrato de

carbono en una cantidad del 5 al 45 % en peso de la matriz de líquido, una proteína vegetal o láctea en una cantidad 5 al 20 % en peso de la matriz de líquido, un polisacárido en una cantidad del 0,1 al 2 % en peso de la matriz de líquido y una mezcla de los mismos y el agente modificador de la viscosidad se añade al agua desionizada a un pH neutro y con calentamiento moderado a una temperatura de 30 a 50 °C antes de añadir el material o compuesto anfífilo.

13. El procedimiento de una de las reivindicaciones 6 a 12, en el que las burbujas de gas son nitrógeno, oxígeno, argón, dióxido de nitrógeno (N_2O_2) o mezclas de los mismos y se proporcionan en la solución mediante un dispositivo de batido o mediante la introducción a través de una membrana porosa.

14. El procedimiento de la reivindicación 13, en el que las burbujas de gas tienen un diámetro de burbuja de gas promedio $X_{50,0}$ que está entre 10 y 15 micrómetros y son arrastradas en la solución por un dispositivo de batido de rotor/estátor.

15. El procedimiento de la reivindicación 13 o 14, en el que las burbujas de gas tienen un diámetro de burbuja de gas promedio $X_{50,0}$ inferior a 10 micrómetros y una distribución estrecha del tamaño de las burbujas de gas con un cociente de distribución de diámetros de burbujas $X_{90,0}/X_{10,0}$ inferior a 3,5 y en donde las burbujas de gas se proporcionan en la solución a través de una membrana giratoria con un diámetro promedio de poro de 6 micrómetros que está configurada, dimensionada, situada y desplazada para desprender las burbujas de gas de este tamaño desde la superficie de la membrana en la que se forman a partir de un flujo de gas que pasa a través de la membrana y las arrastra a la matriz de líquido.

16. El procedimiento de la reivindicación 13, 14 o 15, en el que las burbujas de gas poseen un diámetro de burbuja de gas promedio $X_{50,0}$ inferior a 7,5 micrómetros y una distribución estrecha del tamaño de las burbujas de gas con un cociente de distribución de diámetros de burbuja $X_{90,0}/X_{10,0}$ inferior a 3,5, en el que estas burbujas de gas se proporcionan a la solución a través de una membrana con un diámetro promedio de poro de 6 micrómetros que está configurada en forma de un cilindro cerrado que está fijo con gas introducido desde el exterior dentro del cilindro para formar burbujas de gas en la superficie interior de la membrana y fluyendo la matriz líquida por la superficie interior de la membrana soportada eventualmente por un cilindro no membranoso giratorio situado de forma concéntrica o excéntrica dentro del cilindro membranoso para desprender las burbujas de gas y arrastrarlas en la matriz de líquido.

17. El procedimiento de la reivindicación 13, 14 o 15 o 16, en el que las burbujas de gas poseen un diámetro de burbuja de gas promedio $X_{50,0}$ inferior a Y micrómetros y una distribución estrecha del tamaño de las burbujas de gas con un cociente de distribución de diámetros de burbuja $X_{90,0}/X_{10,0}$ inferior a 3,5, en el que estas burbujas de gas se proporcionan a la solución a través de una membrana con un diámetro promedio de poro de 0,6 a 0,8 veces Y micrómetros que está configurada en forma de un cilindro cerrado que está fijo con gas introducido desde el exterior dentro del cilindro para formar burbujas de gas en la superficie interior de la membrana y fluyendo la matriz líquida por la superficie interior de la membrana soportada eventualmente por un cilindro no membranoso giratorio situado de forma concéntrica o excéntrica dentro del cilindro membranoso para desprender las burbujas de gas y arrastrarlas en la matriz de líquido.

18. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 17, que comprende además la solidificación de la matriz de líquido manteniéndola a una temperatura que es inferior a la que provoca que la matriz de líquido se solidifique o congele, en el que la matriz solidificada o congelada no incluye cristales congelados compactos del líquido que tienen diámetros promedio $X_{50,0}$ de 50 micrómetros o superiores y además en el que la espuma permanece estable tras múltiples choques térmicos.

19. El procedimiento de la reivindicación 18, en el que la matriz de líquido comprende un fluido polar, el gas es nitrógeno, oxígeno, argón, dióxido de nitrógeno o mezclas de los mismos, las burbujas de gas tienen un diámetro promedio suficientemente pequeño y están suficientemente estrechamente espaciadas en la estructura de jaula lamelar para evitar la formación de cristales congelados compactos que tienen diámetros promedio $X_{50,0}$ de 50 micrómetros o mayores en el agua de la matriz de líquido y la matriz de líquido comprende además un agente potenciador de la viscosidad en una cantidad suficiente para proporcionar a la matriz de líquido una viscosidad aumentada para ayudar a retener la matriz y las burbujas de gas en la estructura de jaula lamelar.

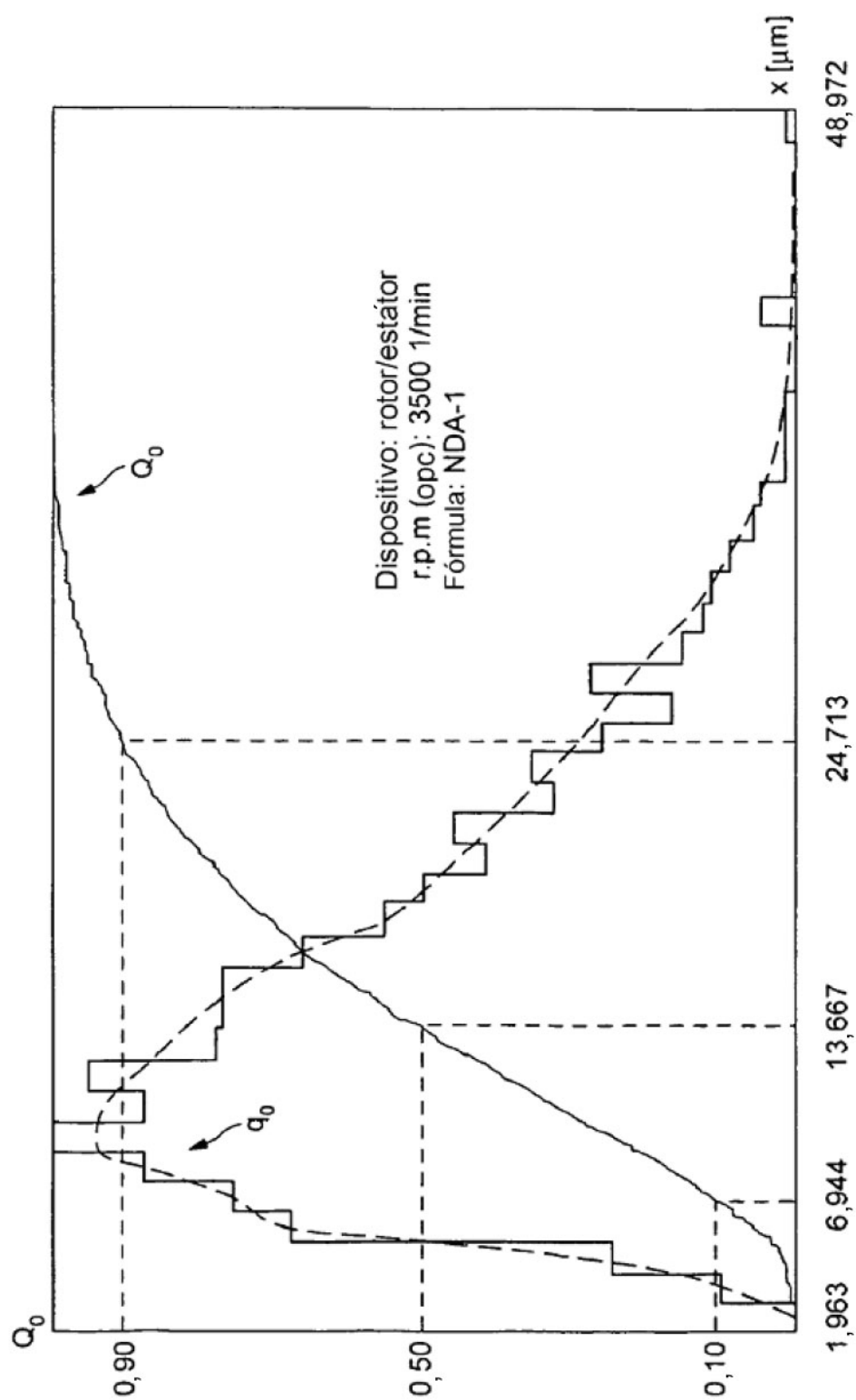


FIG. 1

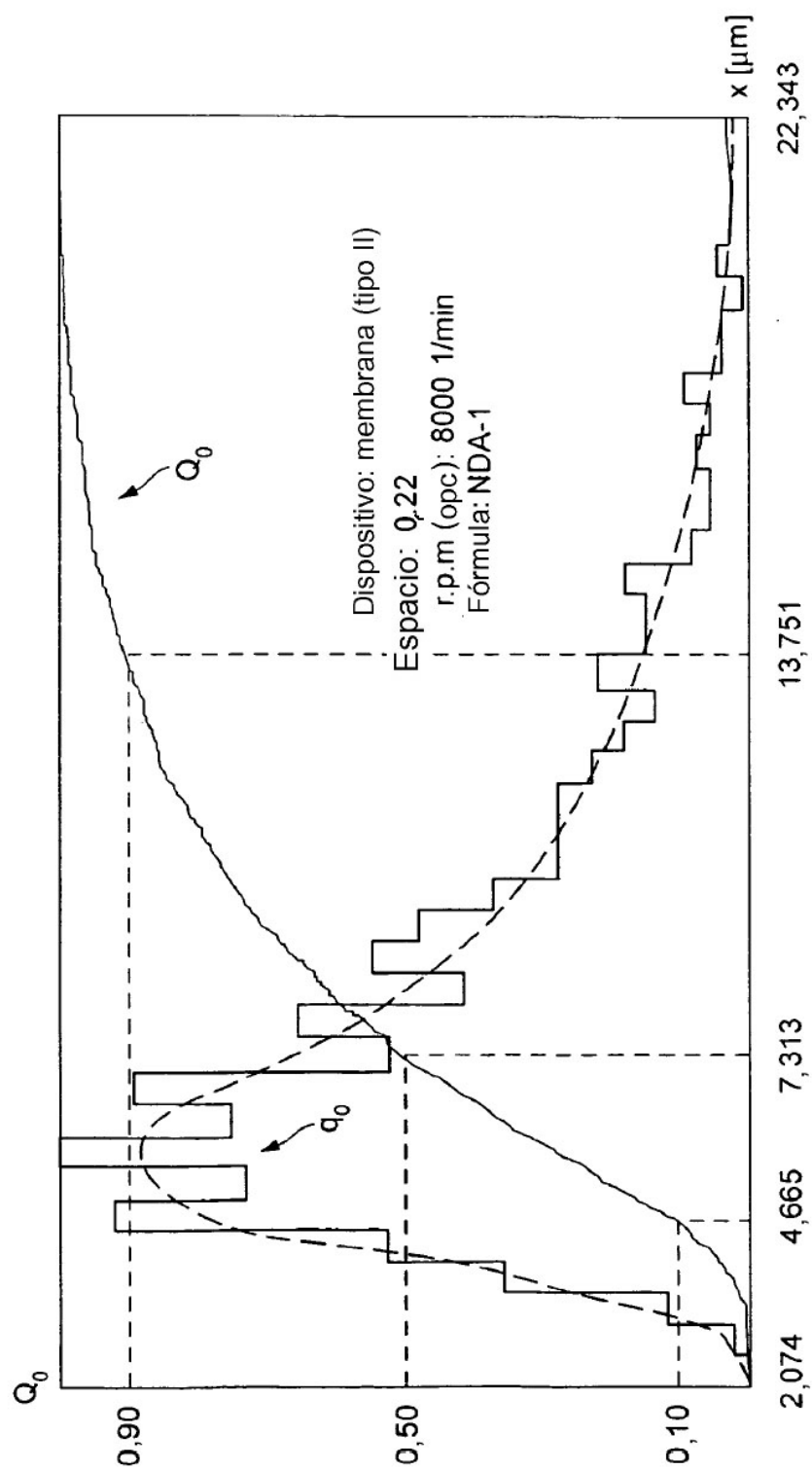


FIG. 2

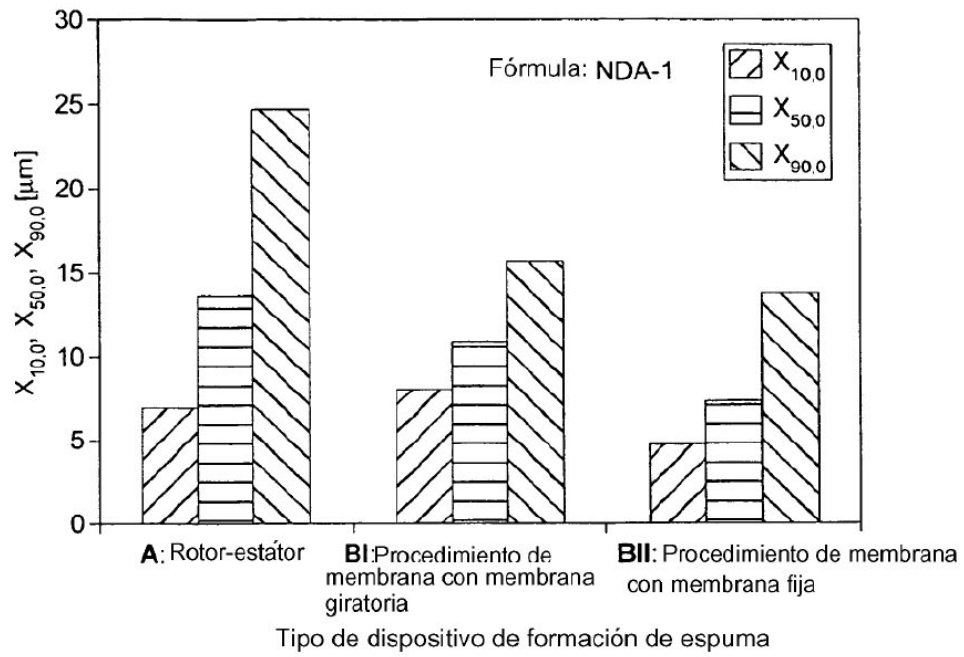


FIG. 3

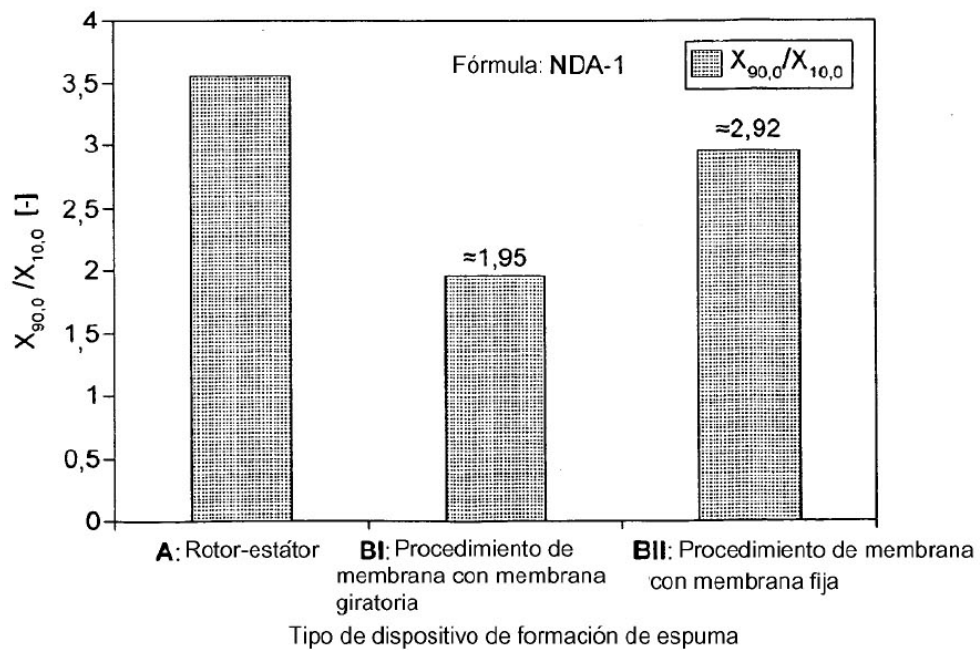


FIG. 4

Estructura de la fase laminar hinchada de éster de poliglicerol de ácido graso + ácidos grasos libres

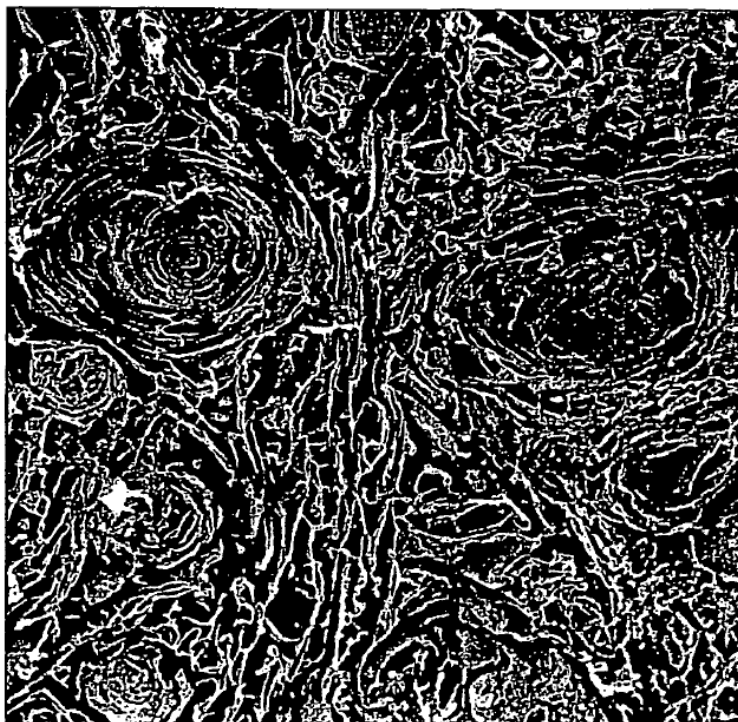


FIG. 5A



FIG. 5B

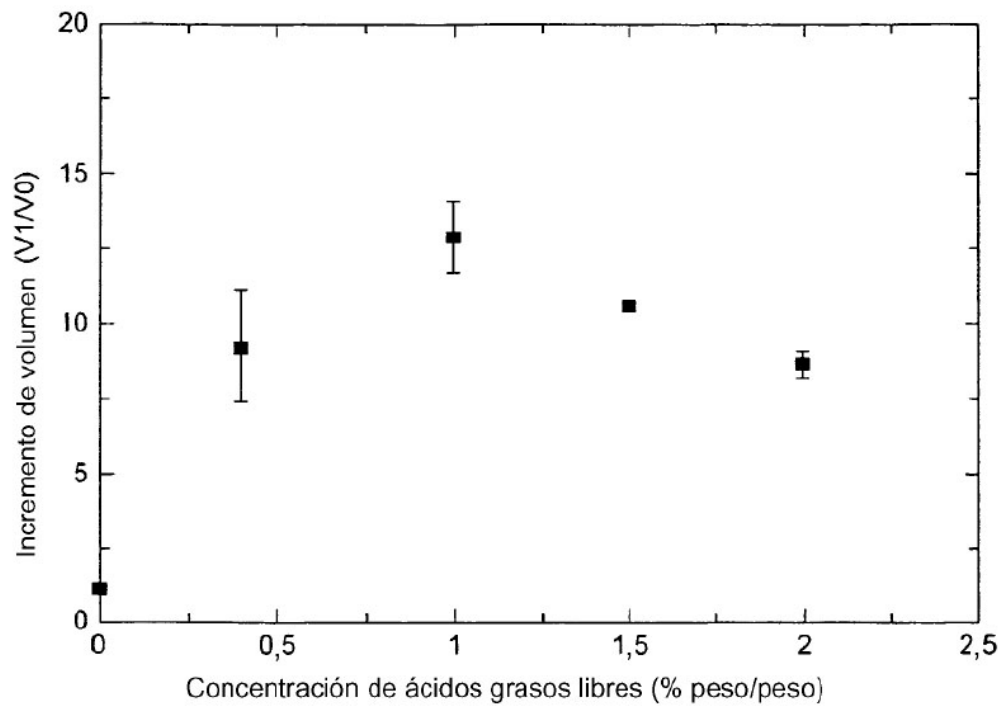


FIG. 6

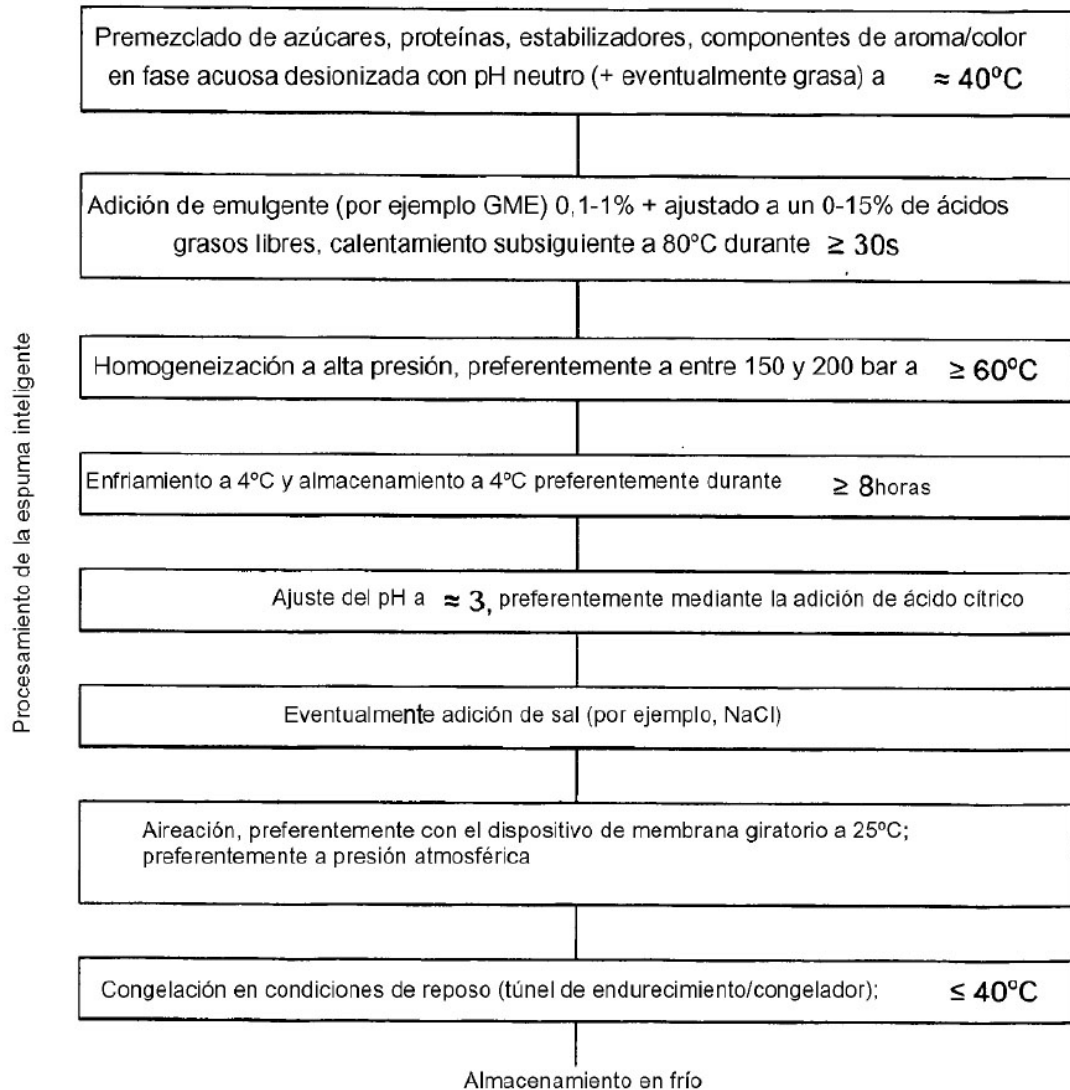


FIG. 7



1. Tratamiento por calor (80°C, 30s)
2. Ajuste de pH (6,8)

1. Ajuste de pH (6,8)
2. Tratamiento por calor (80°C, 30s)

FIG. 8

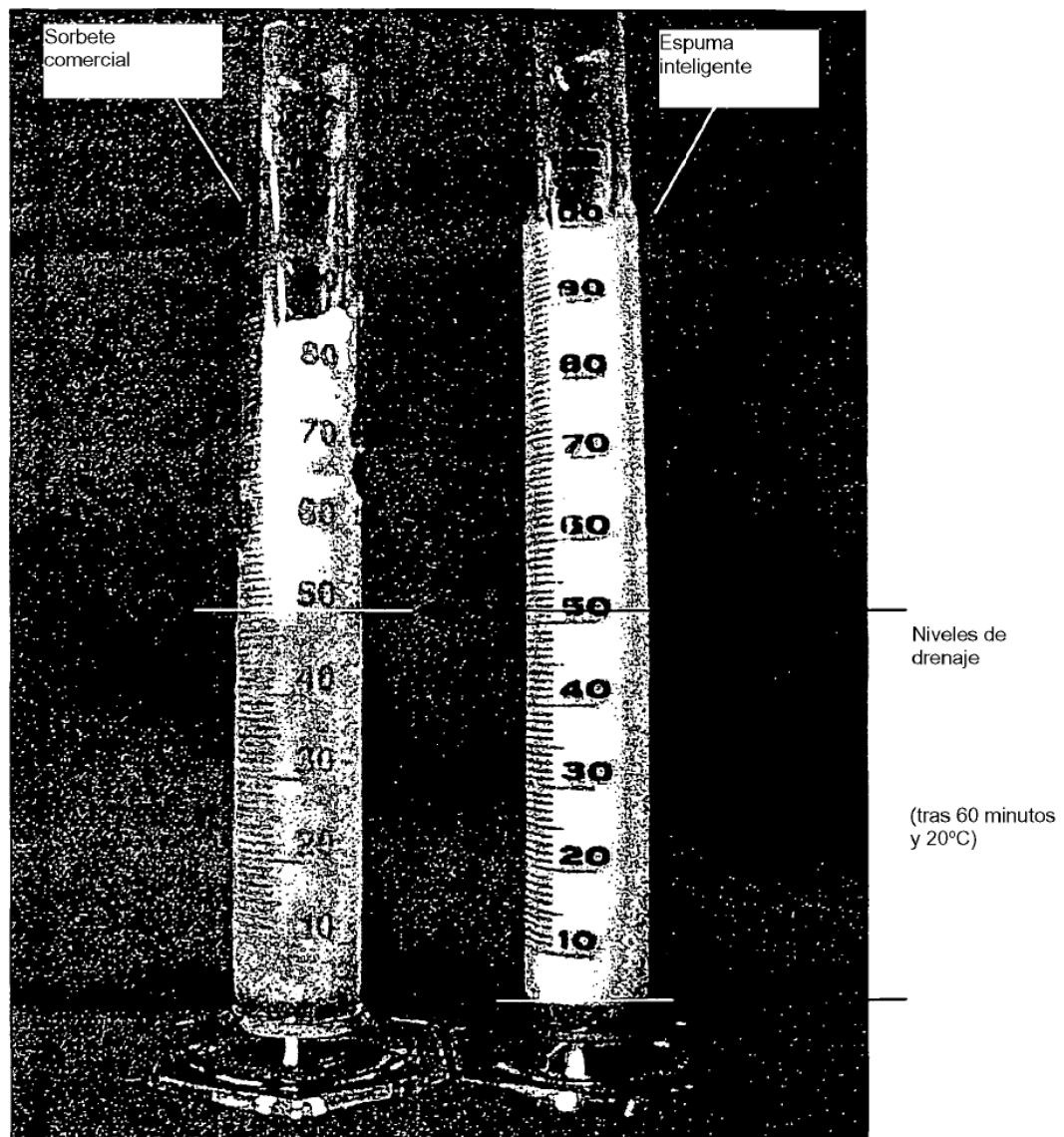


FIG. 9

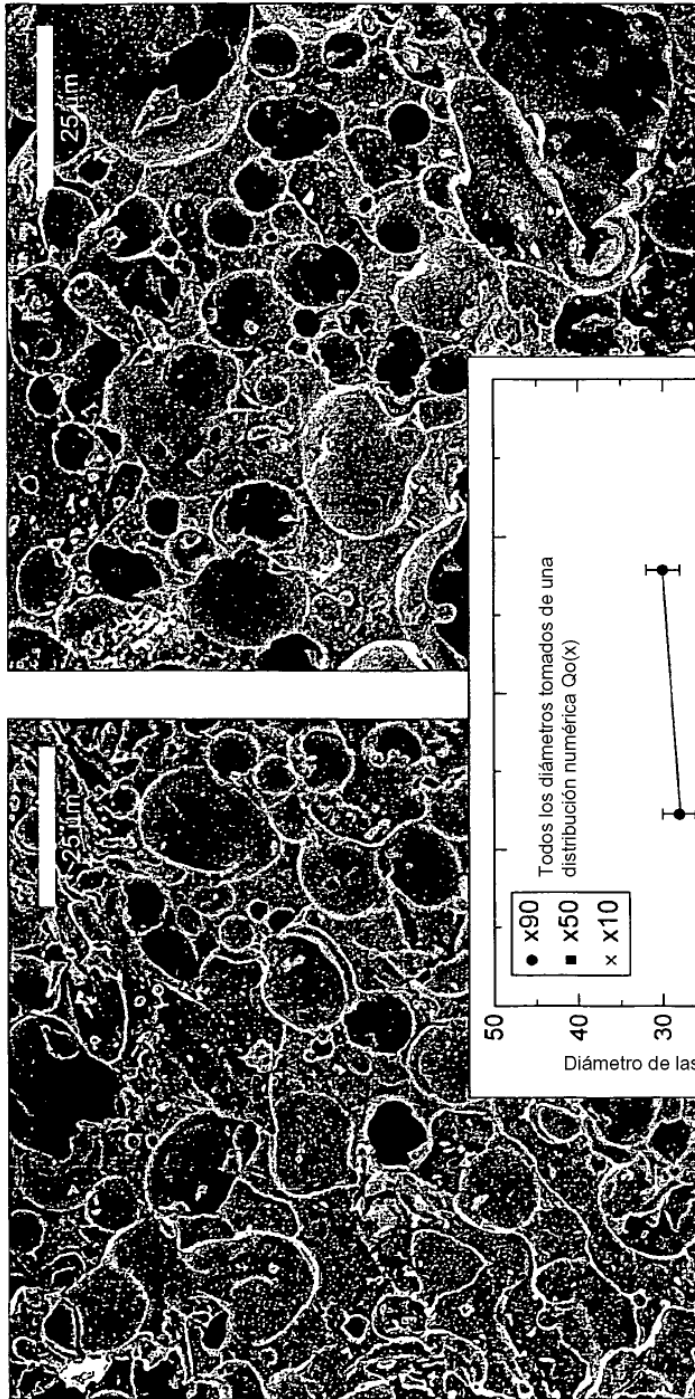


FIG. 10A

FIG. 10B

FIG. 10

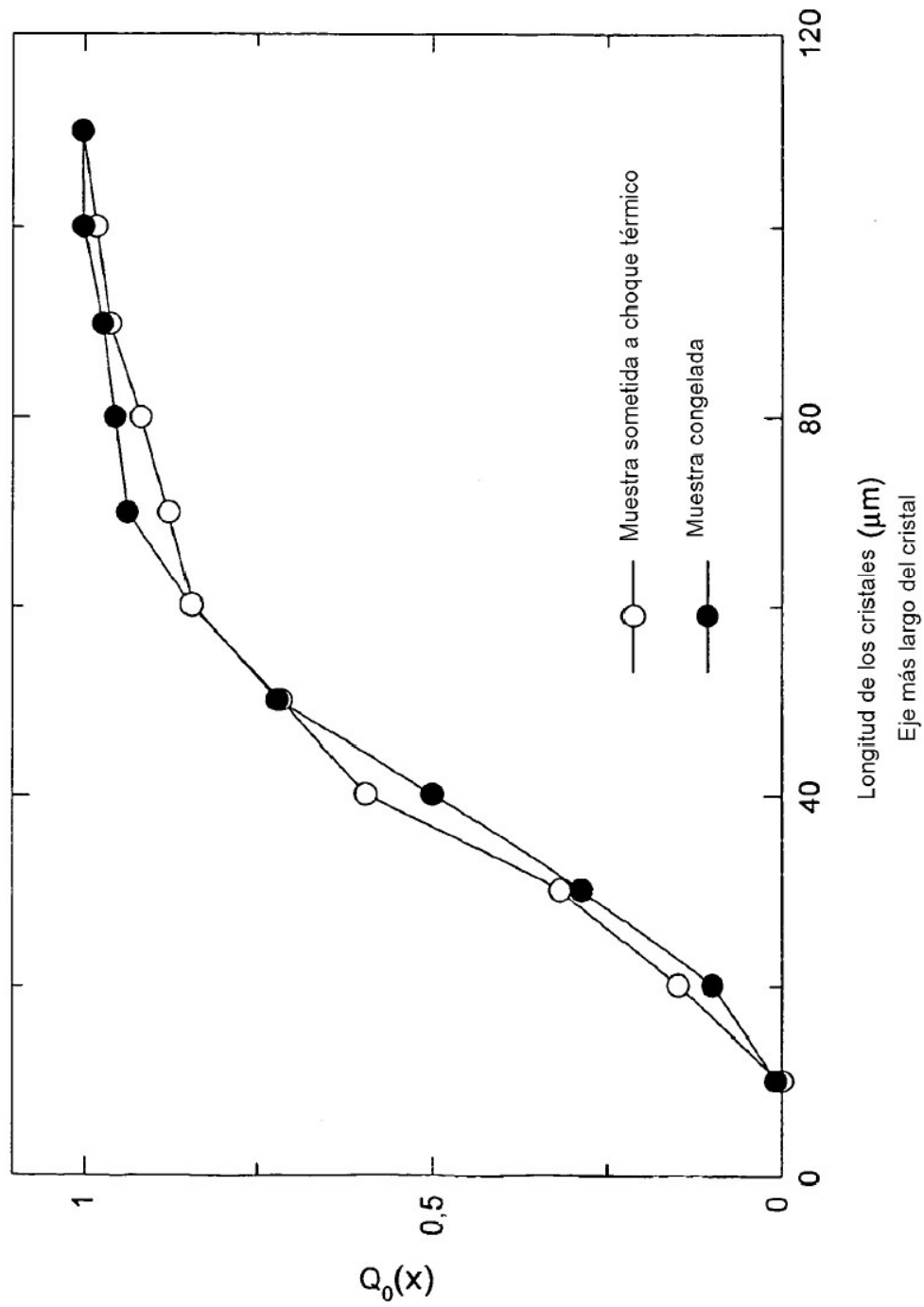


FIG. 11

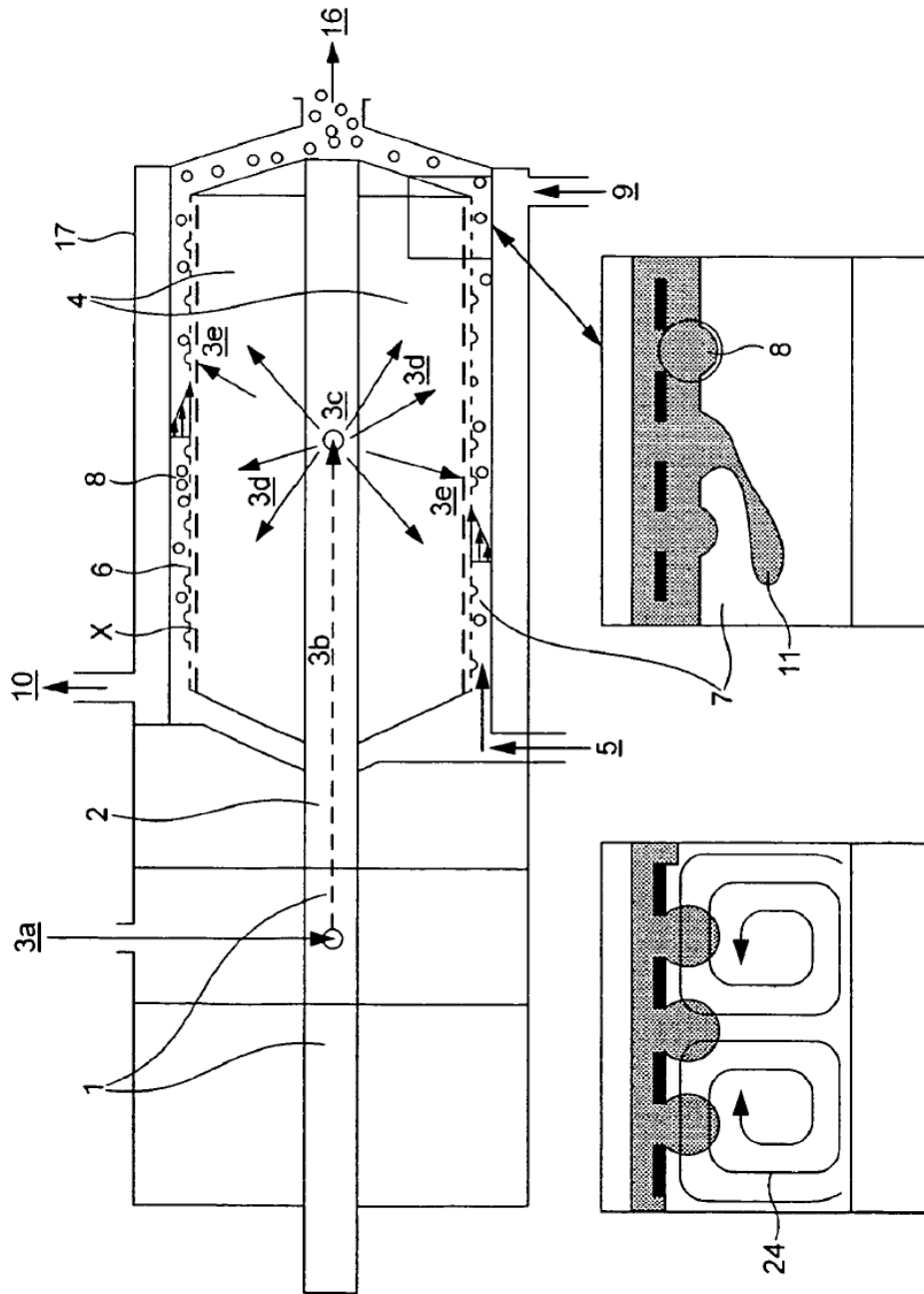
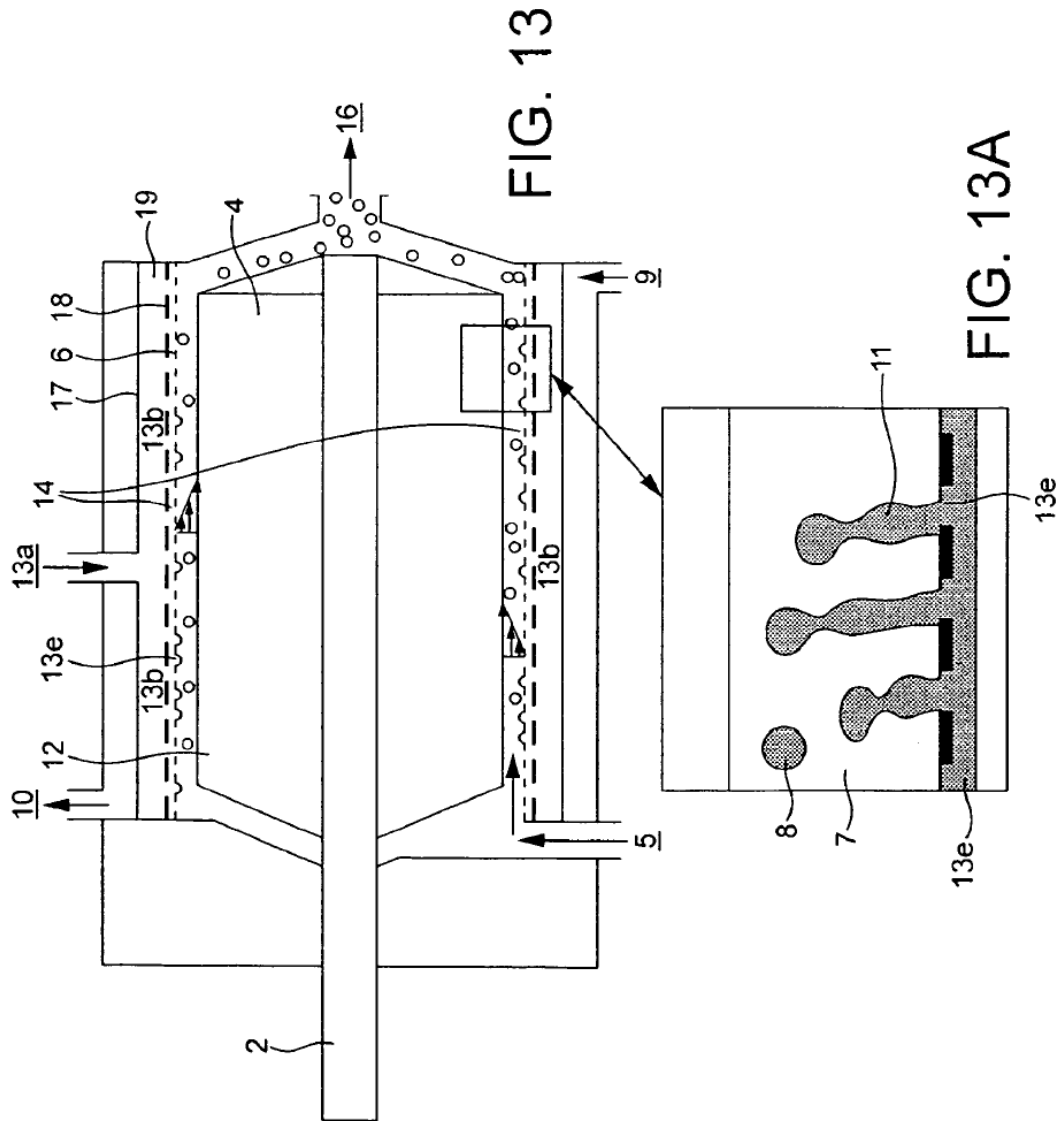


FIG. 12A

FIG. 12B



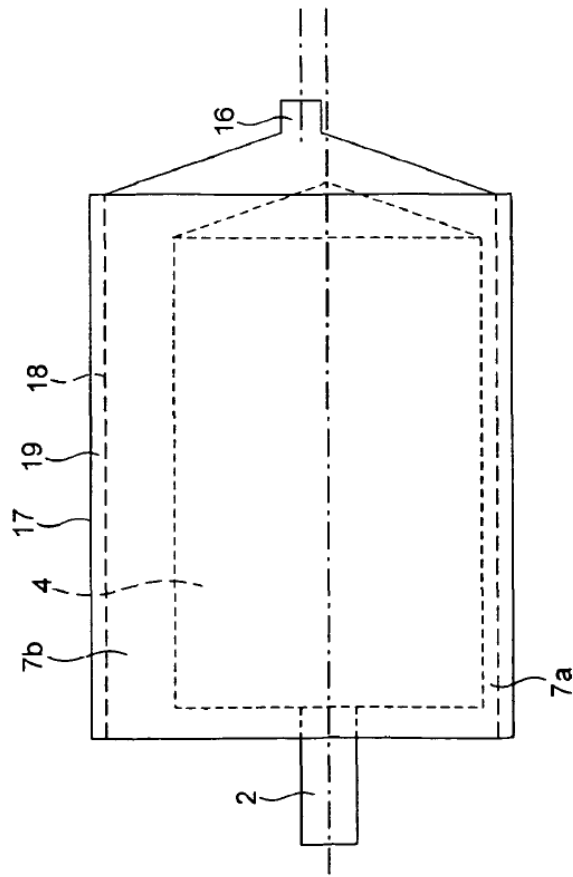


FIG. 14A

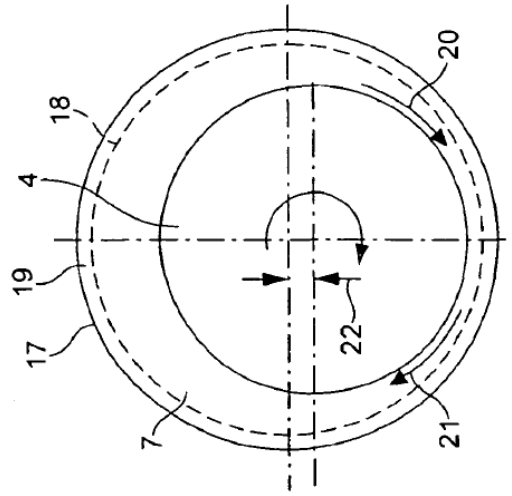


FIG. 14B

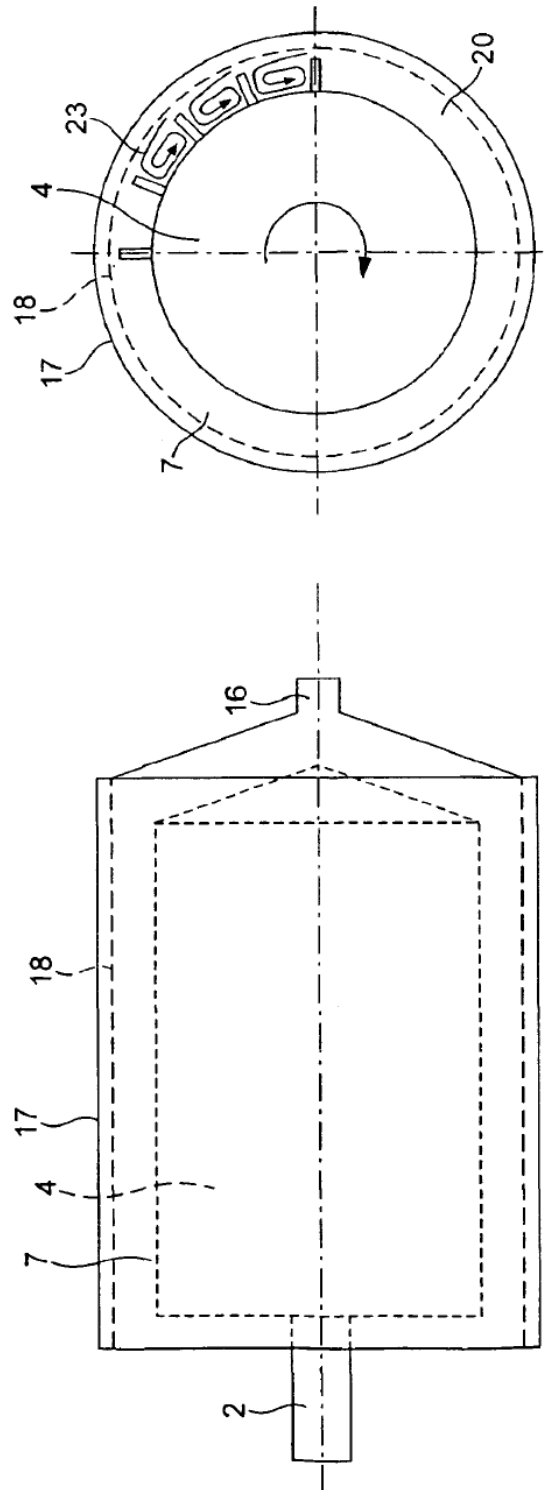


FIG. 15B

FIG. 15A

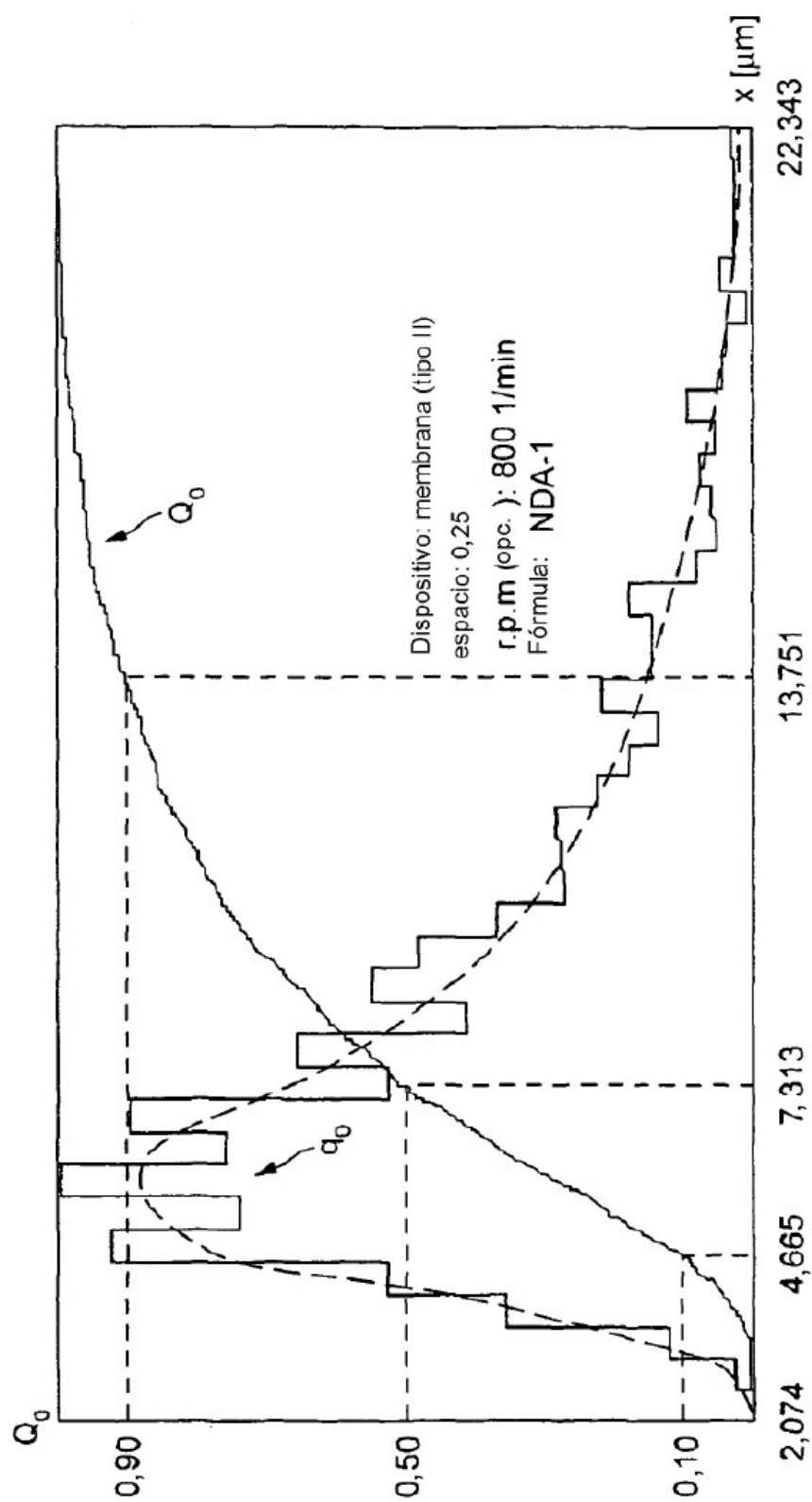


FIG. 16

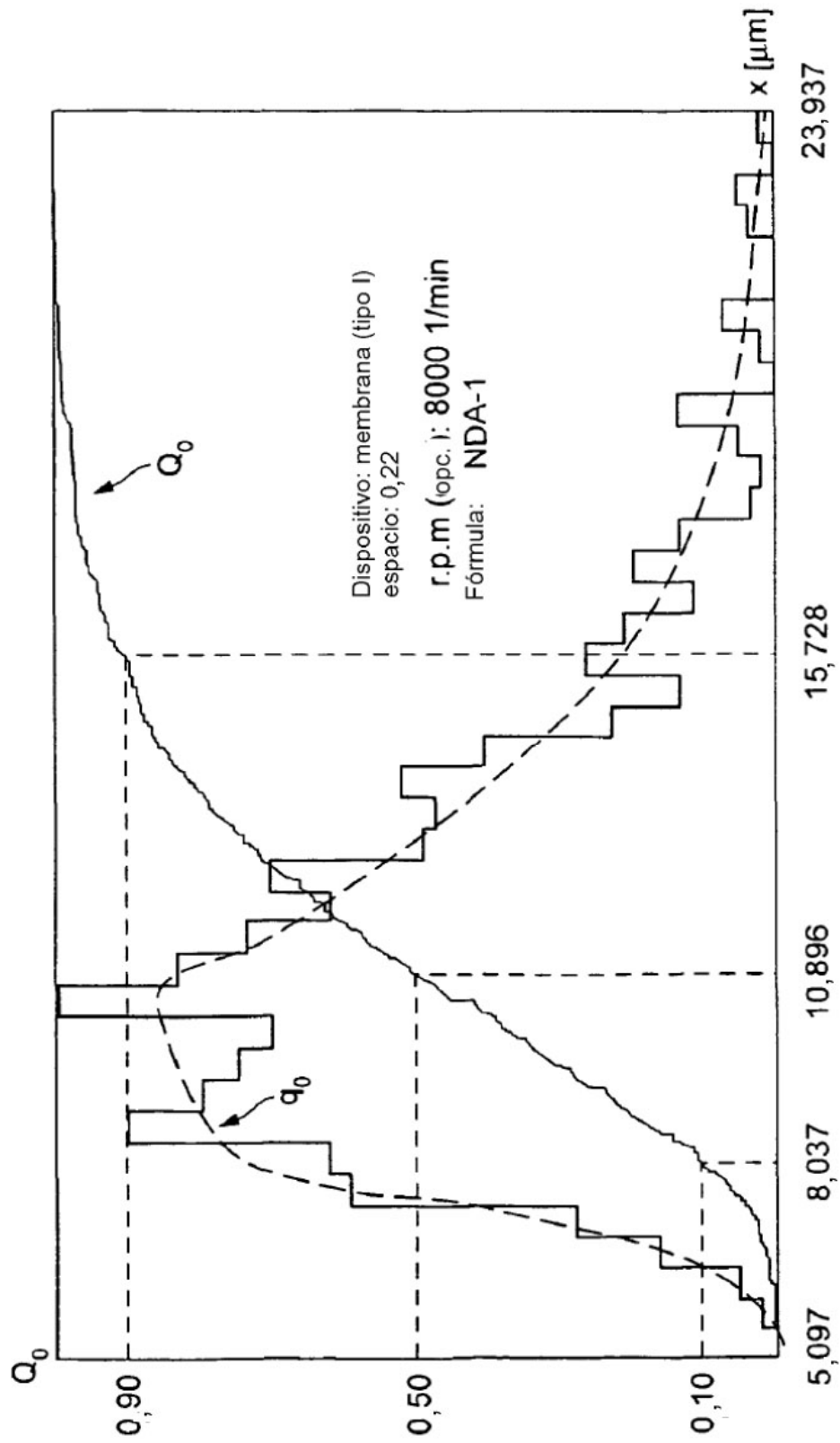


FIG. 17

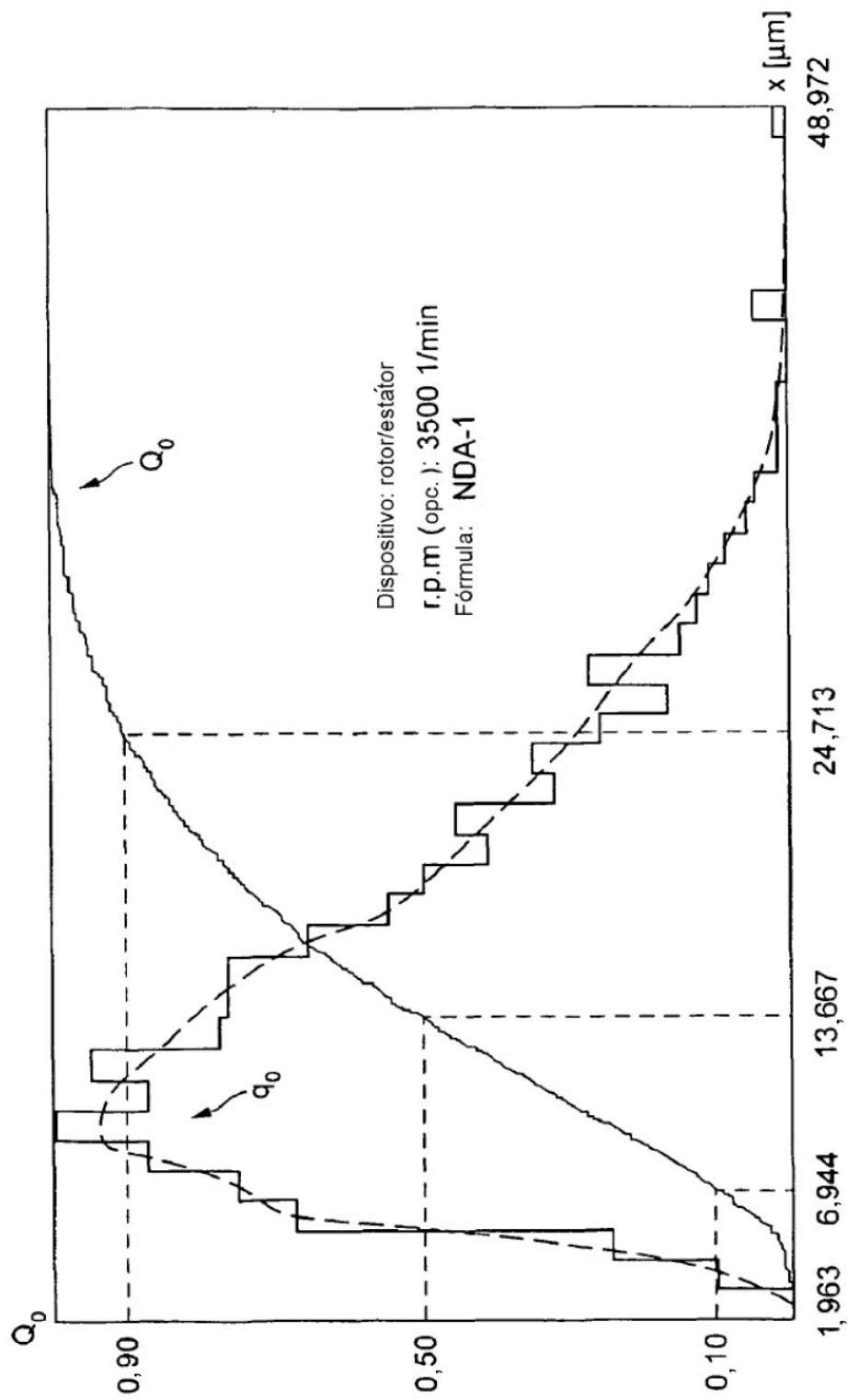


FIG. 18

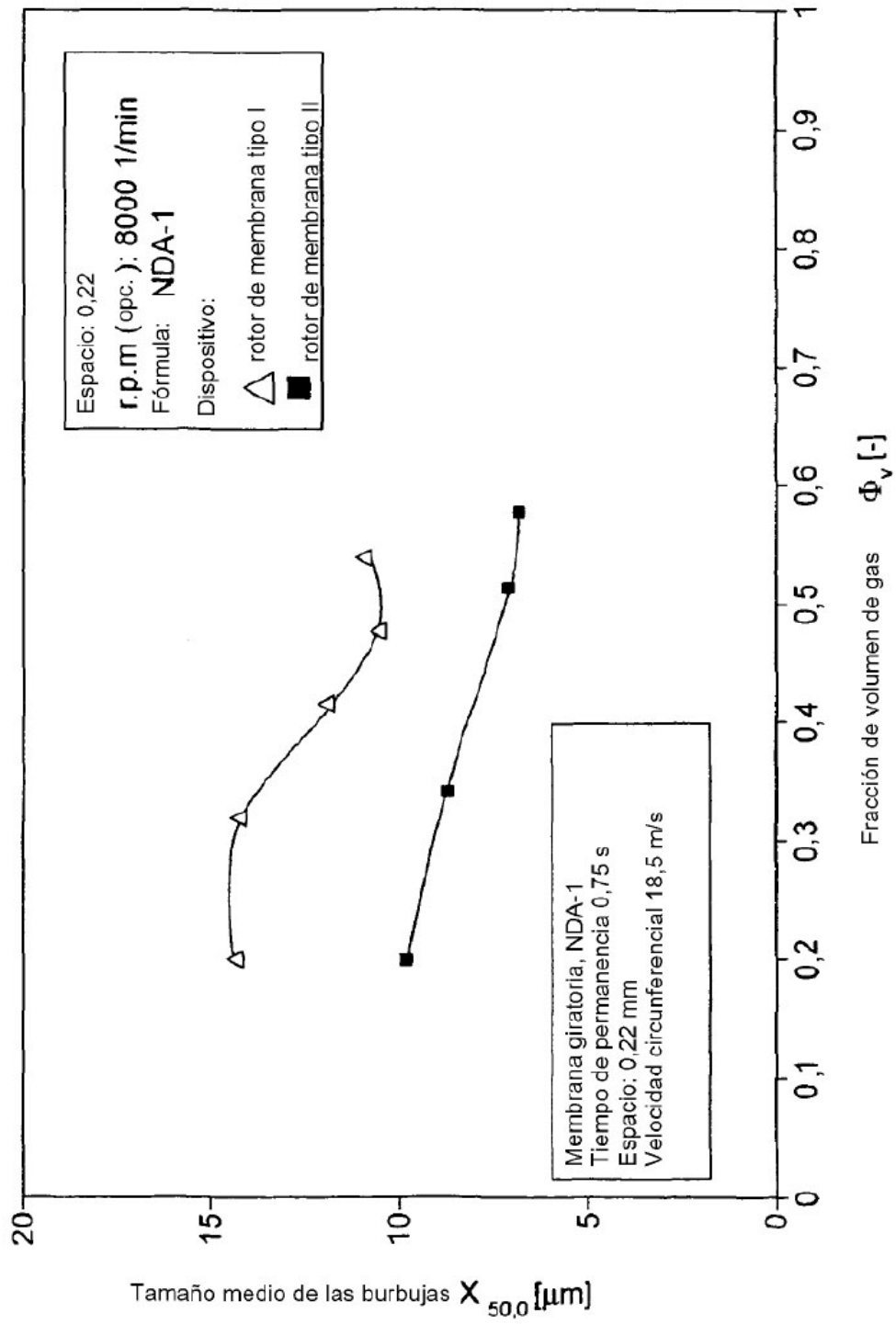


FIG. 19

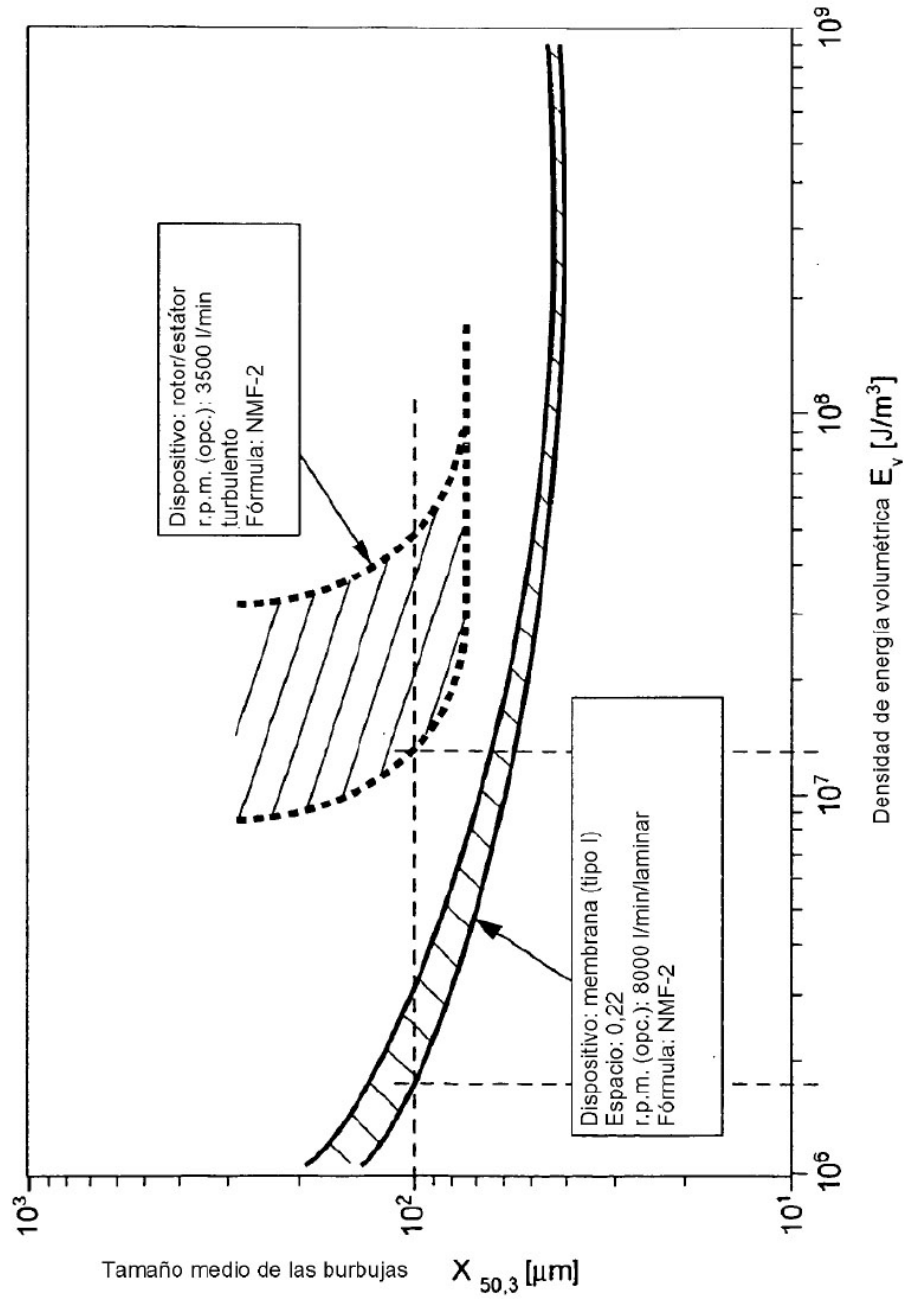


FIG. 20

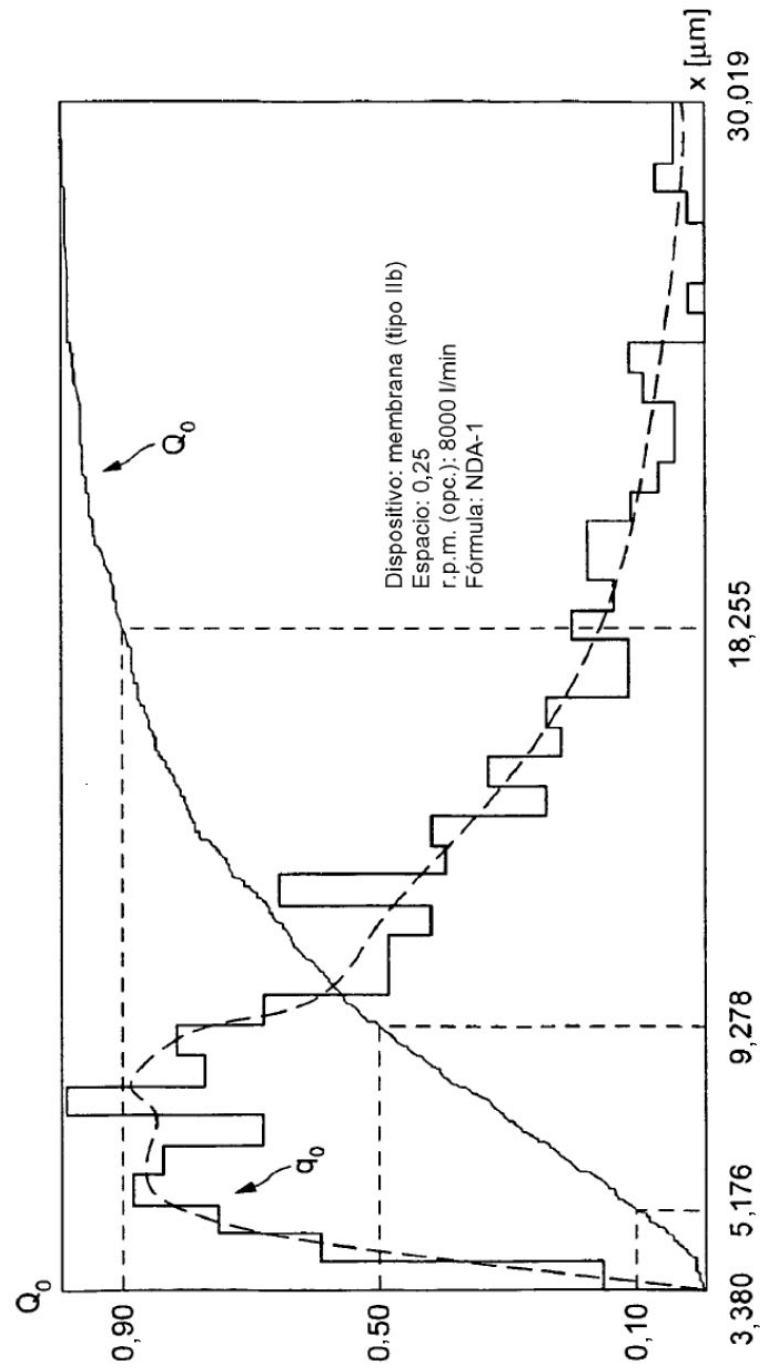


FIG. 21