

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 357**

51 Int. Cl.:

A23G 9/04 (2006.01)

A23L 5/00 (2006.01)

A23L 3/375 (2006.01)

A23P 30/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.04.2015 PCT/US2015/024944**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.10.2015 WO15160594**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2015 E 15718695 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 3145319**

54 Título: **Método de producción de productos alimenticios congelados**

30 Prioridad:

16.04.2014 US 201461980490 P

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

20.07.2020

73 Titular/es:

**PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
10 Riverview Drive
Danbury, CT 06810, US**

72 Inventor/es:

**ISRANI, SAMEER H.;
HUNEK, BALAZS;
GASTEYER, THEODORE H. y
LANG, GARY D.**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 774 357 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de producción de productos alimenticios congelados

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método para mejorar la estabilidad y las propiedades sensoriales de productos de espuma alimenticia fríos o congelados, incluidas cremas heladas y productos de espuma no lácteos tales como glaseados y aderezos.

10

Antecedentes de la invención

La mayoría de los productos congelados tiene una baja conductividad térmica ya que el hielo es un mal conductor del calor. La mala conductividad térmica ralentiza significativamente el proceso de congelación, lo que para muchos productos congelados tiene efectos negativos en la calidad. Si el producto congelado es de forma adicional espumado, por ejemplo, en cremas heladas, la conductividad térmica es especialmente mala y, por lo tanto, los problemas de calidad debidos al bajo congelamiento son más pronunciados.

15

Los productos de crema helada comercialmente producidos son esencialmente una emulsión que se ha espumado y congelado. La Figura 1 ilustra y resume un diagrama de flujo de proceso estándar para el método actual de fabricación de espumas alimenticias congeladas, tales como cremas heladas. Los ingredientes (105) se mezclan primero (110) y después se pasteurizan (115) para eliminar los microorganismos. A continuación la mezcla se homogeneiza (120) haciéndola pasar a través de válvulas de alta presión para proporcionar una emulsión de aceite en agua (aceite/agua) más estable. La mezcla homogeneizada se mezcla a continuación con los sabores y colores deseados (125) y se deja envejecer, por ejemplo, a aproximadamente 4,4 °C (40 grados Fahrenheit) durante un tiempo adecuado, tal como de 4 a 8 horas. Durante el proceso de envejecimiento (130), se producen múltiples cambios en la superficie de las gotículas de grasa dispersadas contenidas dentro de la mezcla homogeneizada y esto prepara la mezcla para la coalescencia parcial. A continuación, la mezcla se congela parcialmente, de forma típica en un congelador o intercambiador de calor de superficie raspada. El aire (135) se introduce normalmente en la mezcla durante este proceso de congelación (140) o, en algunos casos, el aire puede proporcionarse justo antes al congelador usando diversos tipos de preaireadores. A continuación, se añaden al producto las inclusiones y/o materiales variados (145). A continuación el producto se envasa (150) y finalmente se endurece. El endurecimiento (155) es una congelación más completa del producto para reducir la fracción no congelada del producto mientras se aumenta asimismo la viscosidad y se lleva a cabo, de forma típica, en congeladores mecánicos por aire forzado. Para algunos productos, como las novedosas cremas heladas, la etapa de endurecimiento puede tener lugar antes de envasar el producto.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Las etapas de fabricación de crema helada generalmente incluyen: mezclar los ingredientes líquidos y secos; pasteurizar y homogeneizar (en cualquier orden) y a continuación añadir saborizantes y colorantes. El producto se envejece a continuación durante la etapa de envejecimiento, después de lo cual se introduce aire. Durante la etapa de envejecimiento, la mezcla homogeneizada y pasteurizada se enfría generalmente a aproximadamente 1,7 a 4,4 °C (de 35 grados Fahrenheit a 40 grados Fahrenheit) y se almacena durante al menos 4 horas en tanques con agitación mínima. El propósito principal de la etapa de envejecimiento es favorecer la desestabilización de la grasa. En otras palabras, la etapa de envejecimiento proporciona tiempo para que los emulsionantes del producto desplacen las proteínas de la superficie del glóbulo de grasa, lo que reduce el espesor de la membrana del glóbulo de grasa y hace que tenga mayor tendencia a la coalescencia. Además, la etapa de envejecimiento proporciona tiempo para la cristalización parcial de la grasa, de manera que los glóbulos de grasa también pueden coalescer parcialmente. En general, se cristaliza de aproximadamente 30 por ciento a aproximadamente 50 por ciento de la grasa durante la etapa de envejecimiento típica y las gotículas de grasa coalescen parcialmente generando una red de gotículas de grasa.

Después del envejecimiento, el producto de espuma se dirige a un intercambiador de calor de superficie raspada convencional, donde el producto se somete a la etapa de congelamiento y aireación. El aire puede incorporarse en la mezcla envejecida antes del intercambiador de calor de superficie raspada, usando un dispositivo tal como un preaireador mecánico, o se puede introducir directamente en el intercambiador de calor de superficie raspada. El tiempo típico de permanencia del producto dentro del intercambiador de calor de superficie raspada es, normalmente, de entre aproximadamente 30 a 120 segundos. Durante esta etapa de congelación y de aireación, se incorporan burbujas de aire, fraccionadas en burbujas más pequeñas y se distribuyen dentro del producto de crema helada mientras el producto experimenta una congelación parcial (por ejemplo, se congela de aproximadamente 30 a 50 por ciento del agua de la crema helada). El producto de crema helada normalmente también se bate o agita, para favorecer de forma adicional la desestabilización de la grasa. Al salir del intercambiador de calor de superficie raspada, el producto de crema helada presenta una temperatura de aproximadamente -6,7 °C (20 grados Fahrenheit) y una viscosidad de forma típica de aproximadamente 1000 a 5000 m Pa*s (= centipoise).

Al salir del intercambiador de calor de superficie raspada, el producto de espuma se envasa y a continuación se endurece en un congelador en espiral o túnel. La temperatura final deseada del producto de crema helada es de entre -17,8 °C (0 grados Fahrenheit) y -28,9 °C (menos 20 grados Fahrenheit) dando lugar a una congelación de

aproximadamente 60 a 85 por ciento del agua en el producto de crema helada. El tiempo de permanencia en el congelador de endurecimiento depende en gran medida de numerosos parámetros, incluido el tamaño del envase de crema helada y el “esponjamiento”. El término “esponjamiento” se utiliza para indicar cuánto aire u otro gas contiene una determinada crema helada. Básicamente es la relación del volumen de la crema helada, menos el volumen de la mezcla de crema helada líquida, dividido por el volumen de la mezcla de crema helada líquida. De ese modo, si el 50 por ciento del volumen de la crema helada es aire, el esponjamiento sería del 100 por cien.

En espumas congeladas, tales como cremas heladas, un aumento del esponjamiento da lugar a una disminución del porcentaje de otros ingredientes (por ejemplo, grasa de leche, carbohidratos, estabilizantes, etc.) requeridos, lo que a su vez se traduce en ahorro de costos. En los productos de crema helada es especialmente valiosa la reducción del ingrediente de grasa de leche, que permite mejorar las características dietéticas y nutricionales del producto de crema helada. De forma típica, se limitaría el esponjamiento debido a restricciones normativas relativas al esponjamiento (por ejemplo, esponjamiento máximo permisible) o porque el esponjamiento influye negativamente en las propiedades sensoriales y físicas del producto de espuma que pueden darse cuando el esponjamiento aumenta en exceso.

Durante la etapa de endurecimiento, los congeladores mecánicos enfrían el exterior de la superficie de la crema helada o del material de envasado con aire frío, y actúan en función de la conductividad térmica de los materiales de envasado y del producto de crema helada para enfriar el resto de la crema helada. Sin embargo, las espumas como la crema helada son conductores térmicos muy deficientes. Debido a esto, el centro de la crema helada tarda mucho tiempo en enfriarse durante el proceso de endurecimiento. Por lo tanto, durante gran parte del proceso de endurecimiento, la viscosidad de la mayor parte de la crema helada es baja. Por lo tanto, de forma típica, el tamaño de los cristales de hielo y de las burbujas de aire del producto de crema helada aumenta de forma importante durante las etapas de envasado y endurecimiento. La cantidad y el tamaño de estas burbujas influyen en gran medida en las propiedades fisicoquímicas del producto de espuma final. En particular, se da un aumento significativo del tamaño de burbuja medio y de la coalescencia durante la etapa de endurecimiento debido al desarrollo desproporcionado de las burbujas de gas y a la coalescencia.

Los ingredientes usados de forma típica en la mayoría de los productos de crema helada comerciales consisten en: (i) grasa de leche; (ii) sólidos de leche no grasos (MSNF), tales como proteínas, caseína, proteínas de lactosuero, etc.; (iii) carbohidratos (por ejemplo, lactosa) y edulcorantes, tales como sacarosa o jarabe de maíz; (iv) agua; (v) estabilizantes y tensioactivos, incluidas gelatinas, gomas, alginato de sodio, carragenano, etc. y tensioactivos; (vi) emulsionantes, tales como monoglicéridos, diglicéridos, polisorbatos, poliglicerinas y combinaciones de los mismos; y (vii) aire u otras burbujas de gas.

En general, la grasa de leche de forma típica representa de aproximadamente 10 a 16 por ciento en peso de la mezcla de crema helada líquida y proporciona sabor, textura y suavidad a la crema helada. Un problema constante para los fabricantes de crema helada es reducir el contenido de grasa de leche en el producto de crema helada manteniendo al mismo tiempo la sensación sensorial y el sabor de la crema helada.

Los MSNF y, más particularmente, las proteínas dentro de los MSNF, mejoran la textura de la crema helada (por ejemplo, cuerpo y mordisco) y ayudan también a emulsionar y batir las grasas durante la fabricación del producto de crema helada. Los carbohidratos, edulcorantes y los saborizante añadidos se incluyen generalmente para mejorar el sabor de la crema helada, incluido el dulzor, la palatabilidad y la textura. Los carbohidratos también tienden a ayudar a disminuir el punto de congelación del producto de crema helada, lo que mejora la capacidad de servir con cucharón el producto de crema helada. El agua representa de aproximadamente 55 a 64 por ciento en peso de la mezcla de crema helada líquida y proporciona la fuente de cristales de hielo en el producto de crema helada. Si el contenido de cristales de hielo se controla adecuadamente, esto tiende a mejorar también la capacidad de servir con cucharón. Los estabilizantes y tensioactivos se utilizan para añadir estabilidad al producto de crema helada durante y después de la fabricación y posiblemente mejoran la sensación sensorial de la crema helada al consumirla. Finalmente, los emulsionantes se utilizan principalmente para la desestabilización de grasas mediante el desplazamiento de proteínas sobre la superficie de las gotículas de grasa.

De forma típica, de aproximadamente 30 a 50 por ciento del volumen total de crema helada es aire u otro gas que actúa mejorando el sabor (p. ej., cremosidad) y la textura deseada por los consumidores.

La estabilidad del producto de crema helada final se obtiene controlando el tamaño y la distribución de los glóbulos de grasa, los cristales de hielo y los glóbulos de burbujas de aire en el producto de crema helada. El tamaño y distribución de glóbulos de grasa optimizados se logran, frecuentemente, durante las etapas de homogeneización, envejecimiento y congelación en la fabricación de crema helada. Durante el envejecimiento y la congelación de la mezcla de crema helada, las gotículas de grasa coalescen parcialmente formando una red estructural dentro de la mezcla de crema helada líquida y esta red de gotículas de grasa recubre la superficie de las burbujas de aire introducidas para proporcionar estabilidad (ver la Fig. 2). La Figura 2 representa una vista ampliada que ilustra los constituyentes principales de la microestructura de un producto típico de espuma alimenticia (durante el procesamiento). Las burbujas (210) de gas y los cristales (220) de hielo se dispersan generalmente bien por toda la fase continua de la fase líquida (240) no congelada. Durante el proceso de fabricación, las gotículas de grasa experimentan coalescencia parcial produciendo una red tridimensional que proporciona una estructura de soporte para el producto. Esta red de gotículas (230) de grasa parcialmente unidas por coalescencia tiende a adherirse a la superficie de las burbujas de gas debido a su naturaleza hidrófoba y, por lo tanto, contribuye a la estabilidad de las burbujas. Cuanto menor es el nivel de grasa, menor será la estabilidad de la burbuja de gas resultante

del producto. Durante las etapas iniciales de endurecimiento, la microestructura tiene mayor tendencia a experimentar cambios. Esto se debe principalmente a la baja viscosidad de la fase continua, lo que permite el crecimiento y canalización de las burbujas y los cristales de hielo. Una vez se ha endurecido, la velocidad de cambio es muy lenta.

5 Idealmente, un fabricante de crema helada buscaría desarrollar un producto de crema helada con el tamaño más pequeño y la distribución más uniforme de burbujas de aire o gas y cristales de hielo y mantener esta dispersión uniforme de burbujas de aire o de gas y de cristales de hielo tanto durante como después de la fabricación.

10 Una manifestación del problema de estabilidad en muchos productos de espuma, tales como la crema helada (así como la nata batida o montada, glaseado o aderezo), se denomina habitualmente "problema de altitud". El problema de altitud se define como la degradación de la calidad y estabilidad de los productos de espuma durante el transporte o el almacenamiento, debido a las variaciones de presión resultantes de los cambios de altitud que se producen en ruta. Por ejemplo, cuando los productos de espuma se transportan desde una ubicación de baja altitud hasta una ubicación a alta altitud, la presión ambiental próxima al producto de espuma disminuye. Este cambio en la presión ambiental provoca que el gas del producto de espuma se expanda, lo que a su vez influye negativamente en la estabilidad de la estructura de la espuma. En muchos casos, esta expansión de gas en el producto de espuma produce coalescencia de las burbujas de gas individuales y da lugar en última instancia a un efecto de canalización y escape del gas desde el producto de espuma. Debido a que las burbujas de aire o de gas atrapadas forman una parte significativa del volumen total del producto de espuma, los cambios de volumen de las burbujas de aire o gas atrapado debido a variaciones de presión pueden hacer que el producto sufra daños, escapes y, en algunos casos, la deformación del recipiente durante el transporte del producto de espuma a mayores altitudes. Por otra parte, cuando los productos de espuma expandidos se transportan desde el lugar de alta altitud a un lugar de menor altitud, la presión ambiental próxima al producto de espuma aumenta, ocasionando la contracción de la espuma, lo que hace que el producto parezca haberse contraído.

25 Otra manifestación del problema de estabilidad es el "encogimiento". El encogimiento en sí es un término genérico que describe la reducción en el volumen del producto final de manera que el envase resulta solo parcialmente lleno. La razón principal de la contracción es una falta de estabilidad de la burbuja que ocasiona la coalescencia y escape adicional del gas del producto. Los cambios de altitud pueden precipitar el encogimiento como se ha descrito anteriormente, pero en muchos casos el producto almacenado a presiones constantes también experimentará encogimiento.

30 Por lo tanto, persiste la necesidad en la industria de un método para mejorar la estabilidad, homogeneidad y calidad y reducir el costo de fabricación sin influir negativamente en la calidad de las cremas heladas ni de otras espumas alimenticias. En particular, existe la necesidad de reducir o mitigar los problemas de estabilidad asociados con la altitud en muchas cremas heladas y otras espumas alimenticias, tales como productos batidos, glaseados y aderezos, así como formas refrigeradas, parcialmente o totalmente congeladas de los mismos.

En US-2013/095223 A1 se describe un método de formación de un producto alimenticio con espuma congelado que comprende las etapas de:

- 40 (A) introducir un gas seleccionado o mezcla de gases que es aire o es un gas o una mezcla de gases que posee un peso molecular promedio mayor que el del aire, en un producto a espumar en condiciones de formación de espuma seleccionadas para formar un producto de espuma que contiene burbujas de dicho gas o mezcla de gases,
- 45 (B) en una relación seleccionada de ser concomitante con o posterior a la etapa (A), enfriar dicho producto de espuma en condiciones de enfriamiento seleccionadas para formar un producto de espuma parcialmente congelado; y a continuación
- (C) aumentar la viscosidad de dicho producto de espuma parcialmente congelado enfriándolo rápidamente, formando de este modo otro producto de espuma congelado adicional, y a continuación
- 50 (D) endurecer el producto alimenticio congelado adicional enfriándolo de forma adicional bajo condiciones de enfriamiento adicionales seleccionadas para congelar líquido adicional contenido en el mismo, de modo que la temperatura del producto es de $-17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (0 grados Fahrenheit), o inferior, formando de este modo un producto alimenticio con espuma congelado, en condiciones eficaces para establecer burbujas en dicho producto alimenticio con espuma congelado que tiene un tamaño de burbuja medio que es al menos 15% menor que el tamaño de burbuja medio del producto endurecido que se forma introduciendo solamente aire como gas o mezcla de gases en el producto idéntico a espumar bajo las mismas condiciones de generación de espuma que en la etapa (A) para formar un producto con espuma generada con aire y enfriar dicho producto con espuma generada con aire en la misma relación seleccionada con respecto a la etapa (A) y bajo las mismas condiciones de enfriamiento seleccionadas en la etapa (B) para formar un producto que a continuación se endurece bajo las mismas condiciones de enfriamiento adicional seleccionadas en la etapa (D).

60 Breve resumen de la invención

La presente invención es un método para formar un producto alimenticio espumado congelado como se define en la reivindicación 1.

65 Aspectos adicionales preferidos de la invención anterior incluyen,

(a) Llevar a cabo la congelación a baja temperatura de la pluralidad de unidades formadas a partir de la corriente secundaria sumergiéndolas en un líquido criogénico como nitrógeno líquido durante el tiempo requerido para hacer disminuir su temperatura al nivel deseado.

5 (b) Controlar la temperatura promedio de las unidades congeladas a baja temperatura formadas a partir de la corriente secundaria a una temperatura de entre -45,6 °C (-50 grados Fahrenheit) a -73,3 °C (-100 grados Fahrenheit) para evitar problemas de aspecto como vacíos en el producto endurecido final y para evitar problemas de funcionamiento como el congelamiento de conductos.

10 (c) Controlar la distribución de tamaño de la pluralidad de las unidades formadas a partir de la parte secundaria anteriormente mencionada de la espuma parcialmente congelada de modo que la desviación estándar del tamaño promedio de estas unidades sea de 5 % o inferior para evitar problemas de funcionamiento como el congelamiento de conductos.

15 (d) Controlar el tamaño promedio de la pluralidad de unidades formadas a partir de la corriente secundaria anteriormente mencionada de la espuma parcialmente congelada de modo que sea de entre 1,27 a 2,54 cm (de 0,5 a 1 pulgada) y, con mayor preferencia, de 1,91 cm (0,75 pulgadas) para evitar problemas de funcionamiento como el congelamiento de conductos. Controlar el incremento en porcentaje de sólidos congelados en la corriente recombinada de modo que sea de al menos 2 % en peso y, preferiblemente, al menos 5 % en peso y, con mayor preferencia, al menos 10 % en peso, en donde el % en peso de sólidos congelados se basa en la cantidad de líquido que está presente en el producto al final de la etapa (a), es decir, la introducción del gas o mezcla de gases

20 (e) Controlar la temperatura de la pared de parte de o de todo el conducto después de haber recombinado dos partes, de modo que la temperatura de la pared sea de entre +1,7 °C (más 3 grados Fahrenheit) y -1,7 °C (menos 3 grados Fahrenheit) la temperatura del producto parcialmente congelado justo antes de haberlo dividido en dos corrientes y, con mayor preferencia, si era la misma temperatura que la del producto parcialmente congelado antes de haberlo dividido en dos partes.

25 Como se usa en la presente descripción, el “tamaño” de una unidad significa el diámetro de una esfera que tiene la misma superficie específica que la de la unidad. Por ejemplo, una unidad de forma cilíndrica con un diámetro de 1,91 cm (0,75 pulgadas) y una longitud de 1,27 cm (0,5 pulgadas) tiene una superficie específica de 12,97 cm² (2,01 pulgadas cuadradas), y el diámetro de una esfera cuya superficie específica es de 12,97 cm² (2,01 pulgadas cuadradas) es de 2,10 cm (0,81 pulgadas). Por lo tanto, el “tamaño” de la unidad en esta ilustración es de 2,10 cm (0,81 pulgadas).

30 Como se usa en la presente descripción, “tamaño de burbuja medio” y “tamaño de cristal de hielo medio” son el promedio de los diámetros equivalentes de la burbuja de gas y el tamaño promedio de los cristales de hielo, respectivamente, en un producto determinados del siguiente modo: Se analizan burbujas de gas y cristales de hielo utilizando un microscopio de luz (de 40 aumentos) alojado en una cámara aislada que se puede controlar a una temperatura deseada. El producto a analizar se equilibra inicialmente en la cámara a menos 24 grados centígrados. A continuación se toma un corte del producto del medio de la masa del producto, se retira la capa superior del corte y se desecha, y el resto del corte se transfiere a un portaobjetos de microscopio que se ha equilibrado a menos 15 grados centígrados. El espesor del corte es de 100 a 200 μm (micrómetros) para proporcionar un plano uniformemente liso para la observación. Las fotografías del corte que incluye burbujas de gas presentes en el mismo se obtienen mediante microscopía óptica de luz con 40 aumentos. El contorno de las burbujas de gas y los cristales de hielo se trazan y analizan para determinar su diámetro equivalente. Para cada muestra, se miden los diámetros equivalentes de un mínimo de 300 a un máximo de 350 burbujas de gas. El promedio de los diámetros equivalentes de todas las burbujas que se miden se determina como el tamaño de burbuja medio de gas del producto de espuma. Similarmente, el promedio de los diámetros equivalentes de todos los cristales de hielo que se miden se determina como el tamaño de cristal de hielo medio del producto de espuma

45 Como se usa en la presente descripción, “enfriamiento desde dentro” significa añadir a un producto uno o más objetos cuya temperatura sea inferior a la temperatura del producto al cual se añaden los objetos, de modo que el uno o más objetos estén directamente en contacto con el producto, en donde la temperatura del producto incluida la temperatura en el interior del producto se reduce por transferencia directa de calor desde el producto hasta el uno o más objetos. Preferiblemente, los objetos se convierten en parte del producto, ya sea como artículos que pueden observarse en el producto o porque su masa queda más totalmente incorporada en la masa del producto de modo que no son observables por separado.

55 Breve descripción de los dibujos

Lo anterior y otros aspectos, características y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de los siguientes dibujos, en donde:

60 La Fig. 1 es una representación esquemática de un proceso del estado de la técnica de fabricación de crema helada;

la Fig. 2 es una ilustración de la microestructura de un producto de crema helada con espuma congelada;

la Fig. 3 es un diagrama de proceso que incluye realizaciones de la presente invención;

65 la Fig. 4 es una vista esquemática en sección transversal de un preaireador adecuado para crear e introducir pequeñas burbujas de un gas o mezcla de gas en un producto alimenticio con espuma y útil para la práctica de la presente invención;

la Fig. 5 es una ilustración de un aparato útil para fabricar unidades congeladas, que se puede utilizar para ajustar la viscosidad de un producto alimenticio producido según la presente invención;

5 la Fig. 6 es otro diagrama de proceso que incluye realizaciones de la presente invención;

la Fig. 7 es una ilustración de una realización para ajustar la viscosidad de un producto alimenticio según la presente invención;

10 la Fig. 8 es un gráfico que muestra el cambio de temperatura en el centro de un envase de crema helada para un proceso del estado de la técnica frente al proceso según la presente invención.

Descripción detallada de la invención

15 La presente invención es útil en la producción de productos congelados que se ven influenciados positivamente por una velocidad más rápida de congelamiento y/o endurecimiento. Los productos congelados pueden o pueden no tener gas dispersado en los mismos. Los productos preferidos formados según esta invención son productos comestibles, tales como crema helada, leche helada, sorbetos, sorbetes, granizados, natas montadas, aderezos y coberturas. Otros productos que se pueden producir según esta invención incluyen alimentos para mascotas, pan, 20 pastas, masa a partir de la cual se pueden elaborar productos horneados, jugos y productos que contienen carne. La siguiente descripción usa métodos para preparar crema helada como un ejemplo para ilustrar la invención.

La presente invención incluye una etapa de formación de espuma, en la que se forma una espuma a partir de un producto que se va a espumar. El producto que se va a espumar se puede proporcionar mezclando entre sí los ingredientes 25 deseados en las cantidades deseadas, o se puede proporcionar obteniéndolo a partir de cualquier fuente adecuada cuando ya se haya producido combinando los ingredientes deseados de modo que quien lo esté preparando no tenga para combinar ingredientes para proporcionar el producto que se desea espumar. Por ejemplo, un fabricante de crema helada puede combinar los ingredientes deseados para formar una premezcla para espumar o el fabricante puede obtener de una fuente independiente una premezcla de crema helada en la que ya se han combinado los ingredientes deseados.

30 El producto para congelar o para espumar cuando se desea un producto espumado, incluirá sólidos, especialmente los componentes sólidos del producto final deseado, y un componente líquido, que puede ser una sustancia o una mezcla de sustancias líquidas. El líquido puede tener uno o más solutos disueltos en él. El líquido más típico es el agua. Puede haber presentes además del agua, o en lugar del agua, otros líquidos, tales como 35 aceites y/o alcoholes. El producto para espumar según la presente invención puede contener de 1 % en peso a 99 % en peso de líquido, preferiblemente de 30 % en peso a 95 % en peso de líquido.

La Figura 3 muestra los detalles de la presente invención para el proceso ilustrativo de fabricación de espumas congeladas, tales como crema helada. Para la fabricación de un producto congelado no espumado, la etapa de 40 adición de un gas o mezcla de gases (335) simplemente se omite en la etapa (340).

Si el producto para espumar todavía no se ha preparado, entonces se prepara mezclando los ingredientes (305) en la etapa (310). A continuación, el producto se puede pasteurizar en la etapa (315) para destruir microorganismos. A continuación, el producto se puede homogeneizar en la etapa (320), tal como, haciéndolo 45 pasar a través de válvulas de alta presión, para proporcionar una emulsión aceite en agua (aceite/agua) más estable, si dicho tratamiento está justificado por los componentes del producto. Si el producto para espumar ya se ha preparado, se evita la etapa (310) y el producto se somete directamente a las etapas (315) y (320) según se desee. El producto se mezcla a continuación si se desea con los sabores y colores deseados (325) y se puede dejar envejecer en la etapa (330), por ejemplo, a aproximadamente 4,4 °C (40 grados Fahrenheit) durante un 50 período de tiempo adecuado, tal como de 4 a 8 horas. En el caso de productos tales como crema helada, durante la etapa de envejecimiento, se producen múltiples cambios en la superficie de las gotículas de grasa dispersas contenidas dentro de la composición homogeneizada y esto prepara el producto para la coalescencia parcial.

La etapa (340) representa la formación de un producto de espuma parcialmente congelado. Si se desea la 55 formación de un producto espumado, la etapa (340) incluye la introducción de un gas o mezcla de gases (335) en el producto. La etapa (342) representa la etapa de aumento de la viscosidad del producto de espuma parcialmente congelado. Estas etapas se describen a continuación en mayor detalle.

De forma opcional, en la etapa (350) se añaden al producto inclusiones y materiales variados (347). Las inclusiones 60 y materiales variados se pueden añadir juntos o por separado. A continuación, el producto se puede envasar (etapa (360)) y puede someterse a endurecimiento (etapa (370)). Las etapas (355) y (365) representan etapas opcionales de aumento de la viscosidad, cada una de las cuales puede tener lugar además de, o en lugar de, la etapa (345).

65

El gas o mezcla de gases

Como se ve en la Figura 3, la etapa (335) representa la introducción de un gas o mezcla de gases en el producto para espumar. Este gas o mezcla de gases preferiblemente comprende aire, o uno o más de argón, kriptón o xenón, o mezclas de los mismos, o 5 mezclas de cualquiera de los anteriores con otros gases o mezclas de gases (tales como aire), donde el gas o mezcla de gases también puede contener nitrógeno. El gas o mezcla de gases que se utilice puede ser aire o puede ser un gas o mezcla de gases que tiene un peso molecular promedio superior al del aire. La relación de la cantidad de gas o mezcla de gas introducida en el producto para espumar, a la cantidad de producto en la que se introduce el gas o mezcla de gases, es preferiblemente de 0,05:1 a 7,5:1, en volumen. Si está previsto que el producto final deseado sea comestible, el gas o mezcla de gases es preferiblemente no tiene carácter tóxico, lo que significa que el contacto con el gas durante la producción del producto de espuma o la ingestión del gas o producto de gas durante el consumo del producto de espuma, no provoca la muerte ni enfermedades a una persona que entra en contacto con este o lo ingiere. Por lo tanto, los gases tales como el helio, el dióxido de carbono, el oxígeno, el óxido nitroso, el argón, el xenón, el kriptón y el nitrógeno se considerarán no tóxicos.

Formación de un producto de espuma parcialmente congelado

El producto es tratado en la etapa (340) para congelarlo parcialmente, de forma típica, en un congelador de superficie raspada u otro intercambiador de calor equivalente funcionalmente. Esta etapa es preferida, pero es opcional dado que algunos productos, tales como los aderezos batidos no lácteos, se pueden producir sin la necesidad de esta etapa.

Cuando se incluye la etapa (340), y cuando se añade un gas o mezcla de gases para formar una espuma, el gas o mezcla de gases se puede introducir en el producto antes, durante, o tanto antes como durante esta etapa parcial de congelación (340). El gas o mezcla de gases se introduce en el producto que se va a espumar en cualquiera de las muchas técnicas conocidas para alimentar gas a un producto de este tipo. El producto se somete a continuación a una etapa de congelamiento parcial, donde se forma el producto de espuma parcialmente congelado utilizando preferiblemente un intercambiador de calor de superficie raspada convencional. Los objetivos principales de esta etapa de congelamiento y "aireación" o gasificación y del intercambiador de calor de superficie raspada son: (i) aspirar el producto de espuma dispersado mediante la incorporación y conminución de las burbujas de gas dentro del producto de espuma; (ii) congelar parcialmente el producto de espuma generando una pluralidad de núcleos de cristal de hielo dentro del producto de espuma; y (iii) además batir el producto de espuma para favorecer de forma adicional la desestabilización de la grasa. Este gas o mezcla de gases se puede incorporar directamente en el producto en el intercambiador de calor de superficie raspada, o antes del intercambiador de calor de superficie raspada utilizando uno o más dispositivos de mezclado de alto cizallamiento, preaireadores, difusores supersónicos, o subsónicos, tubos rociadores y/o dispositivos de depuración con vapor. Preferiblemente, el producto de espuma parcialmente congelado contiene burbujas de gas pequeñas y presenta una distribución de tamaños de burbuja estrecha, tanto si los tamaños de burbuja se han conseguido mediante la alimentación del gas o mezcla de gases o bien por el modo en que se trata el producto después de alimentar el gas o mezcla de gases. Por lo tanto, en algunas realizaciones las burbujas que se forman inicialmente son más grandes que en el producto final deseado.

El tiempo de residencia típico del producto dentro del intercambiador de calor de superficie raspada es normalmente de entre aproximadamente 30 a 120 segundos. Durante esta etapa de congelamiento y de aireación, las burbujas de gas o de la mezcla de gases se incorporan, fraccionadas en burbujas más pequeñas, y se distribuyen dentro del producto mientras el producto experimenta una congelación parcial (por ejemplo, se congela de aproximadamente 20 a 50 por ciento de líquido en el producto). El producto también se bate o agita normalmente para favorecer de forma adicional la desestabilización de la grasa. Al salir del intercambiador de calor de superficie raspada, el producto de forma típica presenta una temperatura de aproximadamente -6,7 °C (20 grados Fahrenheit) y una viscosidad de forma típica de entre aproximadamente 1000 a 5000 m Pa*s (= centipoise). El producto formado en esta etapa está parcialmente congelado, lo cual quiere decir que contiene cristales de hielo pero es suave, flexible y deformable. De forma típica, hasta 50 % en peso y, generalmente, de 20 % en peso a 50 % en peso del líquido presente en el producto está congelado.

La temperatura de la crema helada en la salida del congelador de superficie raspada, también denominada temperatura de extracción, es un parámetro muy importante que determina el tamaño promedio de las burbujas y cristales de hielo en el producto a la salida del congelador de superficie raspada y también en el producto congelado final. Los estudios han demostrado que aumentando las temperaturas de extracción se aumenta el tamaño promedio de las burbujas de gas y los cristales de hielo del producto congelado final. Por lo tanto, para una mejor calidad del producto, es preferible tener la menor temperatura de extracción posible. Por otra parte, si la temperatura de extracción es demasiado baja, la crema helada no fluye bien y por lo tanto genera muchos problemas, como caídas de presión de conducto excesiva.

Un dispositivo preferido para generar e introducir las pequeñas burbujas de gas en el producto para espumar es un preaireador, como se muestra en la Fig. 4.

La Figura 4 es una vista esquemática que muestra los conceptos básicos asociados con el dispositivo. El dispositivo incluye dos discos (420, 430) que giran próximos entre sí en sentidos opuestos. Alternativamente, un disco puede girar mientras el otro se mantiene estacionario. El producto con burbujas de gas gruesas atrapadas (440), formadas previamente por el gas o mezcla de gases que ya se ha alimentado al producto, fluye entre estos dos discos y

experimenta velocidades de cizallamiento muy elevadas que ocasionan la ruptura de las burbujas. Los discos pueden tener pasadores (425), como se ve en la Figura 4, que reducen de forma adicional la distancia entre los discos, aumentando así el cizallamiento. Así, el dispositivo forma burbujas de gas finas y muy dispersas en el producto de espuma (450). En la fabricación de crema helada, las máquinas de batido utilizan preaireadores para incorporar el gas antes de que la espuma entre en el congelador de superficie raspada. Se sabe que el uso de preaireadores disminuye el tamaño de burbuja medio del gas en el producto congelado, aumentando de este modo su calidad. También se pueden utilizar como preaireadores otros dispositivos que funcionan mediante el principio Venturi. En esta tecnología se utilizan preferiblemente preaireadores que pueden proporcionar burbujas de gas pequeñas y bien dispersas en el producto que se va a espumar. El uso de gas de baja capacidad de difusión y enfriamiento rápido y etapas de congelación reduce en gran medida el crecimiento de estas burbujas de gas y los cristales de hielo en el producto de espuma.

Enfriamiento/congelación rápida

El tamaño y, por lo tanto, las propiedades de las burbujas de gas en un producto de espuma congelado, tal como crema helada, se pueden mejorar de forma adicional minimizando el desarrollo desproporcionado y la coalescencia de las burbujas de gas durante la fabricación del producto de espuma aumentando rápidamente la viscosidad del producto antes de una etapa de endurecimiento y, con mayor preferencia, antes y/o durante una etapa de envasado. Preferiblemente, la viscosidad del producto de espuma parcialmente congelado se aumenta enfriando/congelando rápidamente una parte del producto (preferiblemente mediante el uso de materiales criogénicos) corriente arriba de la etapa de envasado y, a continuación, recombinando la parte refrigerada o congelada con el resto del producto, o enfriando rápidamente el producto directamente mediante inyección in situ de materiales criogénicos cuando el producto se está envasando. El rápido enfriamiento/congelación también se puede proporcionar mediante contacto térmico directo o indirecto del producto con material criogénico en el preaireador, en la etapa de congelación parcial y/o antes, durante o después de la adición de inclusiones al producto.

El producto de espuma parcialmente congelado de la etapa (340) se trata para aumentar su viscosidad enfriando o congelando parte o todo el producto de espuma. Esta etapa de enfriamiento/congelamiento rápido se puede llevar a cabo en una etapa, tal como en la etapa (342), o en dos o más etapas, como se indica mediante las etapas (355) y (365). La etapa de enfriamiento o congelamiento rápido aumenta rápidamente la viscosidad de la fase continua del producto de espuma. Este aumento de la viscosidad disminuye de forma adicional la capacidad de difusión del gas a través de la fase continua. El aumento de la viscosidad también reduce la tendencia de las burbujas de gas adyacentes a coalescer. La mayor viscosidad también reduce el crecimiento de los tamaños de cristales de hielo. El resultado final es un producto alimenticio que tiene tamaños de burbuja de gas promedio significativamente menores, así como tamaños de cristal de hielo medios inferiores, en comparación con los productos elaborados mediante técnicas del estado de la técnica.

La etapa de aumento de la viscosidad puede llevarse a cabo exponiendo una superficie exterior del producto (ya sea o no en un envase) a condiciones de temperatura más frías que la temperatura del producto. Esta práctica es especialmente útil cuando la masa de unidades individuales de producto es relativamente pequeña, tal como partes individuales de crema helada. Los ejemplos de esta práctica incluyen colocar el producto en o a través de un refrigerador o congelador, donde la atmósfera dentro del refrigerador o congelador está a una temperatura inferior a la del producto, o poner en contacto una superficie exterior del producto con un gas más frío, una mezcla gaseosa o gas licuado. Se prefiere lograr parte o todo el aumento de la viscosidad enfriando el producto desde dentro del producto, tal como de la manera que se describe en la presente memoria, especialmente cuando la masa del producto es relativamente grande.

La Figura 6 muestra otras realizaciones posibles de la técnica de enfriamiento o congelamiento rápido. La corriente de producto de espuma parcialmente congelado de la etapa (340) (tal como de salida de un congelador de superficie raspada o de otro intercambiador de calor equivalente funcionalmente) se divide en al menos dos corrientes, especialmente una corriente principal y una o más corrientes secundarias. Alternativamente, y no según la invención, la división de la corriente de producto se realiza en otras etapas, por ejemplo, después de la etapa de homogeneización (320) o después de la etapa de envejecimiento (330) o después de la adición de inclusiones y materiales variados (350) o después del envasado (370) o después del endurecimiento (370). La corriente principal es preferiblemente 75 por ciento o más de la corriente de producto total y, con mayor preferencia, aproximadamente 90 por ciento de la corriente de producto total. La corriente principal se dirige directamente desde la etapa (340) a la etapa (360) de envasado tras la adición opcional de inclusiones y materiales variados (347) en la etapa (350). La adición de las inclusiones y materiales variados pueden llevarse a cabo por separado una de la otra. Una realización preferida es que la adición de las inclusiones tenga lugar antes de añadir las unidades congeladas a baja temperatura de nuevo al resto de la crema helada, y que la adición de materiales variados tenga lugar en cambio después de la adición de las unidades congeladas a baja temperatura.

La corriente o corrientes secundarias (denominadas conjuntamente también en la presente memoria "parte secundaria") del producto de crema helada es, preferiblemente, el 25 por ciento o menos de la corriente de producto total y, con mayor preferencia, aproximadamente 10 por ciento de la corriente de producto total. La parte secundaria se desvía a una etapa (342) donde se conforma a modo de pluralidad de unidades de tamaños prácticamente uniformes. El tamaño promedio de estas unidades es de entre 0,64 cm (0,25 pulgadas) y 5,1 cm (2 pulgadas de largo) y, con mayor preferencia, de entre 0,64 cm (0,25 pulgadas) a 3,18 cm (1,25 pulgadas). "Tamaño" de unidad quiere decir el diámetro de una esfera que tiene la misma superficie específica que la de la unidad. Por ejemplo, una unidad de forma cilíndrica con un diámetro de 1,9 cm

(0,75 pulgadas) y una longitud de 1,3 cm (0,5 pulgadas) tiene una superficie específica de 12,97 cm² (2,01 pulgadas cuadradas), y el diámetro de una esfera cuya superficie específica es de 12,97 cm² (2,01 pulgadas cuadradas) es de 2,06 cm (0,81 pulgadas). Por lo tanto, el “tamaño” de la unidad en esta ilustración es de 2,06 cm (0,81 pulgadas). La sección transversal de estas unidades puede ser circular o no circular. También es importante que las unidades tengan un tamaño prácticamente uniforme, siendo la desviación estándar preferida para los diámetros equivalentes de 15 % o menos, preferiblemente de 10 % o menos y, con mayor preferencia, de 5 % o menos. Tanto el tamaño promedio real como la desviación de las unidades con respecto a este promedio son parámetros importantes que determinan la fiabilidad operacional del proceso (como se discute más adelante en los ejemplos). El tamaño promedio de las unidades también es importante ya que controla la velocidad de aumento de viscosidad de la crema helada total, como se explica más adelante.

Las unidades que tienen estas características de tamaño se pueden formar de varias maneras. Una posibilidad consiste en moldear el material añadiendo el material en moldes que se dimensionan para formar unidades que tienen el tamaño deseado. Otra posibilidad consiste en extrudir el material a través del orificio de salida de un extrusor y a continuación cortar el material que se haya extrudido, donde el área de sección transversal del orificio de salida y la longitud del material extrudido cortado se dimensionan para proporcionar el tamaño deseado.

A continuación estas unidades de tamaño casi uniforme se congelan rápidamente. Es preferible que la congelación rápida se lleve a cabo por contacto con un material criogénico como nitrógeno líquido o nieve carbónica (de CO₂ sólido). La velocidad de descenso de la temperatura promedio de estas unidades durante el proceso de congelación rápida es de al menos 11,1 °C (20 grados Fahrenheit) por minuto y, con mayor preferencia, al menos 16,7 (30 grados Fahrenheit) por minuto. La temperatura promedio de las unidades congeladas después del enfriamiento rápido es preferiblemente de o inferior a -31,7 °C (-25 grados Fahrenheit), preferiblemente no inferior a -101 °C (-150 grados Fahrenheit) y, con mayor preferencia, de entre -45,6 °C (-50 grados Fahrenheit) y -73,3 °C (-100 grados Fahrenheit). Se ha descubierto que cuando la temperatura promedio de las unidades de crema helada congeladas es inferior a -73,3 °C (-100 grados Fahrenheit), existen problemas de funcionamiento en el proceso y de aspecto defectuoso en el producto endurecido final. El impacto de la temperatura promedio de las unidades de espuma congeladas se ilustra más adelante en los ejemplos. La temperatura promedio de las unidades de crema helada congelada se controla controlando el tiempo que las unidades de crema helada permanecen en contacto con el material criogénico u otros medios de enfriamiento.

Las unidades congeladas a continuación se distribuyen uniformemente en la corriente del producto principal antes o durante la etapa de envasado. Este mezclado de las unidades subenfriadas provoca un rápido descenso de la temperatura de la corriente principal y, por lo tanto, un rápido aumento de su viscosidad. Esta realización es un modo preferido de proporcionar enfriamiento rápido del producto desde el interior del producto. Este método de aumento rápido de la viscosidad es insensible al tamaño del envase y menos sensible a la conductividad térmica del producto que los procesos convencionales actuales.

Las unidades congeladas, o cualquier otro producto que se añada al producto para proporcionar enfriamiento desde dentro del producto, se añaden, preferiblemente, al producto por todo el interior de la masa del producto y, con mayor preferencia, uniformemente por todo el interior de la masa del producto.

La Figura 7 es un esquema que muestra un proceso para incorporar las unidades de corriente lateral subenfriadas a la corriente de producto principal. Las unidades subenfriadas (720) se distribuyen en la corriente principal (710) utilizando un alimentador de ingredientes (715), también conocido como alimentador de fruta, que se usa habitualmente en la industria de las cremas heladas para incorporar inclusiones como trocitos de galleta, frutas, etc., a la crema helada. Es preferible calentar las paredes de la tubería (725) a través de la cual el producto se mueve entre este alimentador de ingredientes y la máquina de llenado/envasado. Preferiblemente, el calentamiento se logra haciendo circular agua caliente a través de una camisa externa. El nivel de calentamiento se ajusta de manera que la temperatura de la pared de la tubería (725) es de entre ± 1,7 °C (± 3° Fahrenheit) de la temperatura del producto parcialmente congelado en la salida de la etapa 340 y, con mayor preferencia, de la temperatura del producto parcialmente congelado en la salida de la etapa 340. El calentamiento de las paredes ayuda a reducir los problemas de funcionamiento en el proceso debido al aumento de la caída de presión en las tuberías (ver ejemplos más adelante). El calentamiento de las paredes también permite utilizar en el proceso el mismo equipo estándar que se utilizaría en el proceso sin la adición de las unidades de crema helada congeladas. De forma adicional, el calentamiento de la tubería contribuye a evitar el aspecto no deseable del producto final.

Las unidades subenfriadas uniformemente distribuidas en la crema helada envasada (735) actúan como centros refrigerante internos generando un producto uniformemente refrigerado y/o congelado (740). Este enfoque único del uso de unidades de producto subenfriadas o congeladas recombinadas en la corriente del producto principal y, preferiblemente, en el interior del producto y en todo el producto, proporciona un aumento global de la velocidad de transferencia de calor durante el procesamiento debido al aumento de la superficie específica de transferencia de calor disponible de la corriente de producto que es enfriada por las unidades de producto congelado.

Es muy importante controlar los siguientes dos parámetros (a) fracción de la corriente de producto completo que forma la parte secundaria del producto y (b) temperatura promedio de las unidades de crema helada congelada a baja temperatura antes de recombinarlas con la corriente principal. Estos dos parámetros deben controlarse de modo que

después de recombinar la corriente principal y las corrientes secundarias, la transferencia de calor resultante entre las dos corrientes da como resultado un aumento en porcentaje del producto solidificado y/o congelado en la corriente principal de al menos 2 % en peso y, preferiblemente, al menos 5 % en peso y, con mayor preferencia, al menos 10 % en peso, preferiblemente hasta 25 o 30 % en peso. El % en peso del producto solidificado se basa en la cantidad de líquido presente en el producto al final de la etapa (A), es decir, la introducción de gas o mezcla de gases (esto puede ser al comienzo de la etapa de enfriamiento, si hay etapa de enfriamiento, o de cualquier otra manera al comienzo de la etapa de aumento de la viscosidad). Este aumento en el porcentaje de producto solidificado da lugar a un aumento de la viscosidad y, por lo tanto, a tamaños promedio de burbuja y de cristales de hielo menores en el producto final en comparación con el producto elaborado sin la etapa de aumento de la viscosidad.

También es muy importante controlar la velocidad a la que aumenta la viscosidad de las corrientes de crema helada recombinadas. Si el aumento en la viscosidad de las corrientes de crema helada recombinadas es demasiado rápido, se requiere el uso de equipos especializados para el proceso y/o se obtienen problemas de funcionamiento importantes y/o se obtiene un aspecto no deseable del producto final envasado. Si el aumento de la viscosidad de la crema helada es demasiado rápido, no fluye bien en el envase, creando problemas de aspecto en el producto endurecido final. Es preferible que en el momento del envasado, la temperatura promedio del producto recombinado no sea más de 2,8 °C (5 grados Fahrenheit) inferior a la temperatura del producto en la salida de la etapa 340 y, con mayor preferencia, no más de 1,1 °C (2 grados Fahrenheit) menor que la temperatura del producto a la salida de la etapa 340. Debido a las unidades de crema helada congeladas distribuidas uniformemente en el envase, la temperatura promedio del producto envasado continúa descendiendo después de la etapa de envasado. Esta caída continua de la temperatura es una de las razones principales de la mejora en la microestructura y en la calidad del producto. Por otra parte, si el aumento de la viscosidad de la corriente recombinada es demasiado lento, entonces los beneficios de tener menores tamaños medios de burbuja y de cristales de hielo no se logran completamente.

El aumento de la viscosidad de la corriente recombinada se controla mediante la velocidad de transferencia de calor desde la corriente principal caliente hasta las unidades de crema helada significativamente más frías. En la presente invención, este aumento de la viscosidad se controla mediante los siguientes parámetros (a) fracción de la corriente de producto completa que forma la parte secundaria del producto, (b) temperatura promedio de las unidades de crema helada después de la etapa de rápido congelamiento, (c) tamaño promedio de las unidades de crema helada que se forman a partir de la corriente de producto secundaria.

La transferencia de calor entre las unidades de crema helada congeladas a baja temperatura y el resto de la crema helada se lleva a cabo principalmente mediante conducción. La siguiente ecuación, también conocida como ley de Fourier, se suele utilizar para describir los fenómenos de conducción

$$\frac{Q}{t} = \frac{(q\rho V_{\text{crema helada}})}{t} = kA_{\text{unidades}} \frac{(T_{\text{crema helada}} - T_{\text{unidades}})}{d} \quad (1)$$

$$\frac{q}{t} = \frac{kA_{\text{unidades}}}{\rho V_{\text{crema helada}}} \frac{(T_{\text{crema helada}} - T_{\text{unidades}})}{d} \quad (2)$$

Las definiciones de las variables de la ecuación (2), con las unidades típicas en paréntesis son; Q = cantidad de calor transferido (BTU), t = tiempo (minutos), q = cantidad de calor transferido por unidad de masa de crema helada (BTU por libra de producto), ρ = densidad de crema helada (libras por pie cúbico), $V_{\text{crema helada}}$ = volumen de crema helada (pies cúbicos), k = coeficiente de transferencia de calor (BTU por pies por grado Fahrenheit por minuto), A_{unidades} = área a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor o superficie específica de unidades (pies cuadrados), d = longitud a través de la cual se produce la transferencia de calor (pies), $T_{\text{crema helada}}$ = temperatura de crema helada a granel (grados Fahrenheit), T_{unidades} = temperatura de unidades congeladas a baja temperatura (grados Fahrenheit)

Considérese un volumen de control de la corriente de crema helada recombinada en forma de un cubo de longitud "L" y la unidad de crema helada congelada a baja temperatura en forma de una esfera de tamaño "2r". Los volúmenes de la corriente total de crema helada a granel recombinada están relacionados por el porcentaje en peso de la corriente lateral a la corriente total (% SS) como se muestra a continuación. Se asume que las densidades de la crema helada a granel y de las unidades son iguales.

$$(\% \text{ SS}) * V_{\text{crema helada}} = V_{\text{unidades}} \quad (3)$$

$$V_{\text{Crema helada}} = L^3 \quad (4)$$

$$V_{\text{unidades}} = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (5)$$

Combinar (3), (4) y (5)

$$(\% \text{ SS}) * L^3 = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (6)$$

Esto da

$$L = r \left(\frac{\frac{4}{3}\pi}{(\%SS)} \right)^{1/3} \quad (7)$$

5 La longitud de transferencia de calor “d” es la distancia desde la superficie de la unidad congelada a baja temperatura al borde del cubo que representa la crema helada a granel. Esta es la longitud típica a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor. Se da como

$$d = L/2 - r \quad (8)$$

10 Sustituyendo la ecuación (7) en (8) se obtiene

$$d = r \left(\left(\frac{\frac{2}{3}\pi}{(\%SS)} \right)^{1/3} - 1 \right) \quad (9)$$

15 También

$$A_{unidades} = 4\pi r^2 \quad (10)$$

20 Sustituyendo las ecuaciones (7), (9) y (10) en la ecuación de conducción de calor principal (1) se obtiene

$$\frac{q}{t} = \frac{3k}{\rho} \frac{(\%SS)}{r^2 \left(\left(\frac{\frac{2}{3}\pi}{(\%SS)} \right)^{0,33} - 1 \right)} (T_{crema\ helada} - T_{unidades}) \quad (11)$$

25 Cuando la $T_{crema\ helada}$ y $T_{unidades}$ en la ecuación (11) son las temperaturas de las dos corrientes en el momento en que se combinan, la expresión q/t que se obtiene es la velocidad inicial de transferencia de calor entre las dos corrientes. A medida que continúa la transferencia de calor, estas temperaturas cambian continuamente. De hecho, debido a la transferencia continua de calor, el tamaño de las unidades congeladas a baja temperatura también varía debido a la fusión parcial de las unidades. Todos estos factores hacen variar continuamente la velocidad de transferencia de calor. Si se conocen la velocidad inicial de transferencia de calor y las propiedades térmicas del producto que se han descrito en la presente memoria, es posible predecir cómo cambiará la velocidad de transferencia de calor con el tiempo. En la presente invención, la velocidad inicial de transferencia de calor se controla dentro de un intervalo óptimo para obtener los mejores resultados. Es posible controlar otros parámetros de transferencia de calor y lograr los mismos resultados.

35 En la ecuación (11), “k” representa el coeficiente de transferencia de calor entre las unidades y el resto del producto. El valor de “k” cambiará con las características de producto como el porcentaje de esponjamiento y la formulación. El valor de “k” para un producto dado se puede determinar realizando experimentos en los cuales el descenso de la temperatura promedio de la corriente de producto recombinado se monitoriza después de volver a añadir la corriente secundaria. En estos experimentos iniciales, los parámetros como las temperaturas de la crema helada y de las unidades, el tamaño de las unidades y el porcentaje de corriente secundaria, se escogen al azar o en función de la experiencia que se tenga con el proceso y el producto. La disminución de la temperatura se puede monitorizar de muchos modos, incluido el uso de termopares en el producto. Las fórmulas estándar son conocidas por los expertos en la técnica para convertir el descenso de temperatura medida en la velocidad inicial de transferencia de calor. Una vez determinamos esta velocidad de transferencia del calor inicial, q/t , la ecuación (11) se puede utilizar para determinar el valor de “k” para dicho producto. Alternativamente, hay disponibles muchas fórmulas empíricas, semiempíricas y teóricas en la literatura para calcular el valor del coeficiente de transferencia de calor en diversos productos alimenticios congelados.

45 Una característica de esta invención es que la velocidad de transferencia de calor, q/t , en la ecuación (11) es de 1,74 a 2,91 kJ/kg (de 0,75 a 1,25 BTU por libra) de producto por minuto. Una vez determinado el valor de “k” para un determinado producto según el procedimiento arriba detallado, se pueden ajustar los valores de $T_{crema\ helada}$, $T_{unidades}$, % SS y tamaño de las unidades, de modo que la ecuación (11) proporciona una velocidad inicial de transferencia de calor entre 1,74 a 2,91 kJ/kg (de 0,75 y 1,25 BTU por libra) de producto por minuto. Por ejemplo, para un determinado

producto de crema helada se determinó experimentalmente que el valor de k era de 26,4 J (0,025 BTU) por cada 2,54 cm (1 pulgada) por minuto. Para un producto de crema helada que tiene una densidad de 479,3 kg/m³ (4 libras por galón), a una temperatura de extracción de -6,7 °C (20 F), para una corriente secundaria del 20 por ciento, y una temperatura de unidad promedio de -59,4 °C (-75 F), la ecuación (11) da un intervalo de tamaño de unidad óptimo de 1,80 a 2,31 cm (de 0,71 a 0,91 pulgadas). Si la temperatura promedio de las unidades en el ejemplo anterior es -101,1 °C (-150 F), en lugar de -59,4 °C (-75 F), entonces el tamaño de unidad óptimo está en el intervalo de 2,39 a 3,10 cm (de 0,94 a 1,22 pulgadas). Si la temperatura promedio de las unidades pasa a 101,1 °C (menos 150 F) y de forma adicional el porcentaje de corriente secundaria se reduce a 12,5 por ciento en peso, entonces el tamaño de unidad óptimo está en el intervalo de 1,65 a 2,13 cm (de 0,65 a 0,84 pulgadas). Este tamaño óptimo de las unidades da lugar a una velocidad óptima de aumento de la viscosidad de la corriente recombinada de manera que el producto final resultante tiene tamaños de burbuja y de cristales de hielo que son al menos 15 % más pequeños de los que se obtendrían sin la etapa de aumento de la viscosidad. La velocidad óptima de aumento de la viscosidad garantiza, además, que no haya problemas de funcionamiento como congelamiento de conductos y que el producto final resultante no tenga problemas de aspecto como vacíos no deseables en el envase o envases no uniformemente llenos.

Las realizaciones alternativas del aspecto de rápida congelación criogénica del presente sistema y método se realizan siguiendo las líneas discontinuas de la Fig.6. En particular, la corriente secundaria del producto puede desviarse al refrigerador o congelador criogénico antes de la etapa de mezclado de gases o inmediatamente después de la etapa de mezclado de gases.

Las descripciones (que no son según la invención) incluyen la desviación de la corriente pre-ensugada, la corriente ensugada, la corriente de producto endurecido o combinaciones de cualquiera de las corrientes desviadas arriba identificadas al refrigerador o congelador criogénico. Otra realización adicional del presente sistema y método incluye congelación o enfriamiento criogénico rápido de las inclusiones (por ejemplo, fruta, trocitos de chocolate) o materiales variados (por ejemplo, jarabe) e incorporar las inclusiones o materiales variados enfriados o congelados criogénicamente en la corriente de crema helada antes o durante la etapa de envasado. Otra alternativa consiste en formar la corriente secundaria y, por lo tanto, las unidades congeladas a baja temperatura a partir de la crema helada que es de un color y/o sabor diferente del de la corriente principal, produciendo de este modo un producto final que tiene un aspecto deseable de diversos patrones de color y/o sabor. De esta manera, la viscosidad del producto de espuma recombinado antes del envasado y endurecimiento se incrementa de forma adicional. Añadiendo las unidades de producto congeladas a baja temperatura y dispersando uniformemente las unidades de producto subenfriado o congelado dentro de la misma corriente, se enfría de forma adicional la corriente de producto recombinada. Este congelamiento parcial de la corriente de producto recombinada aumenta rápidamente la viscosidad del producto durante el procesamiento y reduce significativamente la coalescencia de las burbujas de gas y el desarrollo desproporcionado durante el envasado y el endurecimiento del producto de espuma. En todas estas alternativas, las unidades, como se añaden al producto principal, deberían preferiblemente satisfacer las propiedades descritas en la presente memoria en cuanto a tamaño de partículas, distribución de tamaño de partículas y temperatura de las unidades añadidas al producto principal.

La Figura 5 es un esquema que ilustra un dispositivo para crear las unidades subenfriadas. La corriente lateral (510) se extrude a través de un dispositivo de corte (520) que fracciona el producto en pequeñas unidades (530), que posteriormente caen dentro del nitrógeno líquido o material criogénico equivalente en un tanque o recipiente (540). Las unidades pueden entrar en el tanque o recipiente (540) de otras maneras, tal como en una cinta transportadora o mediante transporte físico. Las unidades permanecen durante un tiempo suficiente en el baño, de modo que pueden aproximarse a la temperatura del nitrógeno líquido. Una paleta móvil lenta (550) o dispositivo equivalente preferiblemente agita las unidades y controla el tiempo de residencia de las unidades en el material criogénico para garantizar que las unidades salen del dispositivo a la temperatura promedio deseada. Un dispositivo tal como un transportador mecánico con abrazaderas (560) transporta las unidades hacia fuera del baño. Las unidades subenfriadas (570) resultantes deben estar a una temperatura de -31,7 °C (menos 25 grados Fahrenheit), o inferior, preferiblemente no inferior a -73,3 (menos 100 grados Fahrenheit).

Este enfoque único del uso de unidades de producto subenfriadas o congeladas recombinadas en la corriente de producto principal y, preferiblemente, en el interior del producto y en todo el producto, proporciona un aumento global de la velocidad de transferencia de calor durante el procesamiento debido al aumento de la superficie específica de transferencia de calor disponible de la corriente de producto que es enfriada por las unidades de producto congelado. Esta técnica de enfriamiento avanzado única que implica el uso de piezas subenfriadas o congeladas mezcladas en grandes flujos de proceso de corriente principal se puede aplicar a diversos productos alimenticios diferentes de las espumas alimenticias, tales como zumos y otros productos alimenticios líquidos o semisólidos.

Otro método (que no es según la invención) para enfriar el producto desde dentro es inyectar gas o líquido criogénico al interior de la masa de producto a través de una pluralidad de conductos delgados o agujas huecas.

Debe apreciarse además que el gas o el líquido criogénico puede introducirse, de forma ventajosa, en contacto con el producto, y/o en el interior del producto, en una o más de las etapas descritas en la presente descripción.

Tratamiento adicional incluido endurecimiento

Después de la etapa de aumento de la viscosidad, el producto alimenticio se endurece mediante enfriamiento adicional. Este enfriamiento puede llevarse a cabo con el uso de equipos que lo enfrían desde fuera del producto, tal como en un congelador en espiral o túnel de congelación. La temperatura final deseada del producto endurecido (tal como, en el caso de la crema helada) es de entre -17,8 y -28,9 °C (cero y menos 20 grados Fahrenheit). El endurecimiento debería alcanzar la congelación del líquido adicional presente en el producto. El producto también puede ser envasado, antes o después, o incluso durante la etapa de endurecimiento.

Una técnica útil para controlar la viscosidad del producto de espuma o durante la etapa de endurecimiento y mejorar la estabilidad del producto de espuma es introducir un material criogénico directamente al producto de espuma a medida que se bombea a través de conductos o cuando se está envasado. El enfriamiento o congelación directa del producto de espuma impide la difusión de las burbujas de gas a través y fuera del producto de espuma y también controla el proceso de crecimiento de cristales de hielo que tiene lugar durante el envasado y el endurecimiento. Un método preferido para lograr este ajuste de viscosidad alternativo y control del crecimiento de cristales de hielo es suministrar enfriamiento o congelación criogénica in situ o cuando el producto de espuma se está envasando en su recipiente. Otra realización adicional involucra el enfriamiento mayormente indirecto de la parte exterior del conducto a través del cual se está bombeando la espuma. Otras técnicas útiles incluyen las descritas en la presente memoria para llevar a cabo la etapa de aumento de la viscosidad.

Ventajas del tamaño de burbuja pequeño

Debido a la tensión superficial, la presión dentro de una burbuja de gas es mayor que la presión ambiental. La presión dentro de la burbuja es la suma del término de presión ambiente y de tensión superficial;

$$(2\sigma/R)$$

Donde σ es la tensión superficial (que se expresa en unidades de fuerza por distancia, tal como Newton por metro; y R es el radio de la burbuja.

Por lo tanto, cuanto menor es el diámetro global de la burbuja, mayor es el efecto de tensión superficial y por lo tanto la presión dentro de la burbuja también es mayor. Esto también significa que las burbujas más pequeñas son menos sensibles a los cambios en la presión ambiental.

La presente invención proporciona un producto congelado adicional en el que el tamaño de burbuja medio es al menos 15 % más pequeño (preferiblemente 20 % más pequeño, y aún con mayor preferencia, al menos 25 % más pequeño) que el tamaño de burbuja medio de un producto formado a partir de un material de partida idéntico, siendo el aire el único gas o mezcla de gases que se alimenta para espumar el producto, y utilizando condiciones de tratamiento idénticas pero omitiendo la etapa de aumento de la viscosidad descrita en la presente memoria. Las burbujas de gas más pequeñas aumentan significativamente el sabor y la "cremosidad" estética de la crema helada y de otros productos de espuma. También se ha demostrado que las burbujas de gas más pequeñas contribuyen a la formación de cristales de hielo más pequeños durante la fabricación inicial del producto de espuma congelado así como durante el transporte y almacenamiento posteriores.

Las burbujas de gas más pequeñas tienden también a proporcionar una microestructura más fuerte dentro de productos de espuma congelados, así como propiedades de fusión mejoradas y mayor resistencia a las fluctuaciones de temperatura y presión durante el almacenamiento y el transporte. En esencia, las burbujas de gas de un gas de baja capacidad de difusión, tal como el argón o el kriptón, generan una reducción de tamaño de diámetro promedio de al menos 15 por ciento con una distribución estrecha de tamaños de burbuja. Esto crea una estructura de crema helada más fuerte y más estable que no se funde tan rápido; es más tolerante a las fluctuaciones de presión atribuidas a problemas de altitud y es mucho más resistente a las fluctuaciones de temperatura. Esta mejora prevalece especialmente cuando la crema helada se mantiene en almacenamiento a largo plazo en congeladores. De modo igualmente importante, una microestructura más fuerte del producto de crema helada que resulta del uso de burbujas de gas más pequeñas en los productos de crema helada también permite el uso de menos cantidad de grasas de leche (es decir, un porcentaje en peso inferior de grasas de leche) sin detrimento de los aspectos sensoriales de la crema helada. La menor cantidad de grasa de leche reduce el costo y mejora los aspectos dietéticos y nutricionales del producto de crema helada.

Otra ventaja de burbujas de gas de menor diámetro dentro de un producto de espuma (normalmente congelado) es que el uso de burbujas de gas más pequeñas se traduce en gotículas de grasa más pequeñas y una dispersión de grasa mejorada, lo que mejora significativamente el sabor y los aspectos sensoriales de, por ejemplo, los productos de crema helada. Además, los diámetros más pequeños de burbujas de gas tienden también a limitar el crecimiento de cristales de hielo durante el congelamiento y el posterior endurecimiento. Las burbujas de gas pequeñas más numerosas atrapan los cristales de hielo dentro del producto de espuma y, por lo tanto, limitan la acumulación o crecimiento de los cristales de hielo.

Sin embargo, considerando la experiencia con la producción anterior cabe esperar que las burbujas de gas más pequeñas sean más propensas al desarrollo desproporcionado o a la difusión de las moléculas de gas tanto dentro como fuera del producto de espuma. Este fenómeno se debe a la presión interna más alta en las burbujas pequeñas. A medida que las burbujas de gas se difunden dentro del producto, se produce un aumento adicional de la coalescencia de burbujas más pequeñas formándose burbujas de mayor diámetro. Durante la etapa de endurecimiento, en muchos procesos de producción de crema helada, a menudo se produce un aumento significativo en el tamaño de burbuja medio como resultado del desarrollo desproporcionado que se traduce en una mala estabilidad de las celdas de aire. A medida que el producto de crema helada se endurece, la viscosidad del producto aumenta en correspondencia y el tamaño de burbuja medio se estabiliza. Reduciendo el desarrollo desproporcionado de las burbujas de gas en un producto de crema helada se suprime significativamente el crecimiento del tamaño de la burbuja y se mejora la estabilidad de las burbujas de gas en el producto de crema helada.

De forma ventajosa, el presente método para mejorar la estabilidad de los productos de espuma también permite aumentar la esponjosidad, reduciendo de este modo el coste de producción sin influir negativamente en la calidad del producto de espuma. El esponjamiento, como se ha descrito anteriormente, es la relación del volumen de gas en la espuma al volumen de la parte no gaseosa de la espuma. De hecho, el presente método proporciona efectos beneficiosos sobre las características sensoriales de los productos de espuma, tales como crema helada. Junto con el aumento de esponjamiento, tiene lugar un efecto sinérgico positivo en las características sensoriales y de estabilidad con respecto al producto de espuma final. De forma similar, también se consigue un control y una mejora de la formación de cristales de hielo así como de las velocidades de desarrollo desproporcionado de gas y de las velocidades de crecimiento de la distribución de tamaños de burbuja y de burbuja de gas en los productos de espuma endurecidos.

Las etapas de congelación y endurecimiento pueden ser las etapas limitantes de la producción en muchos procesos de fabricación de alimentos. El uso de etapas de enfriamiento/endurecimiento rápido como se describe en la presente memoria también puede tener el beneficio adicional de poder vencer esta limitación de producción, permitiendo de este modo que los fabricantes aumenten su capacidad de producción.

Los siguientes ejemplos ilustran los principios y ventajas principales de la presente invención. Se ha usado crema helada para estas pruebas, pero cualquier producto congelado mostrará un comportamiento similar.

Ejemplo 1

Las pruebas se llevaron a cabo para la fabricación de crema helada con 5 % de grasa mediante el uso del proceso resumido en la Figura 1, es decir, según el proceso convencional de elaboración de crema helada. La mezcla de crema helada se espumó con aire hasta un esponjamiento de 100 % y se congeló en un congelador de superficie raspada a una temperatura de -6,7 a -5,6 °C (de 20 a 22 grados Fahrenheit) en su salida. La crema helada se envasó entonces en un recipiente de 56 onzas y se endureció mecánicamente en un congelador con una temperatura de aire de -31,7 °C (-25 grados Fahrenheit), hasta que se la temperatura central de la crema helada alcanzó 0 grados Fahrenheit. Se analizó la microestructura de la crema helada endurecida final y se halló que el tamaño de burbuja medio era de 12,5 µm (micrómetros) y el tamaño de cristal de hielo medio era de 35,3 µm (micrómetros).

Ejemplo 2

Se repitió la prueba del Ejemplo 1, pero en este caso, la crema helada se espumó con aire a un esponjamiento de 135 % (en lugar del esponjamiento de 100 % del Ejemplo 1). Se analizó la microestructura de la crema helada endurecida final y se halló que el tamaño de burbuja medio era de 17,3 µm (micrómetros) y el tamaño de cristal de hielo medio era de 47,2 µm (micrómetros).

Ejemplo 3

Las pruebas se llevaron a cabo para la fabricación de crema helada con 5 % de grasa mediante el uso del proceso resumido en la Figura 3, es decir, según la presente invención. La mezcla de crema helada se espumó con aire hasta un esponjamiento de 135 % y se congeló en un congelador de superficie raspada a una temperatura de -6,7 a -5,6 °C (de 20 a 22 grados Fahrenheit) en su salida. Después, esta corriente de salida se dividió en dos, siendo la corriente secundaria de aproximadamente 12,5 % en peso del caudal de la corriente total. Esta corriente secundaria se hizo pasar a través de un dispositivo extrusor con una cortadora de alambre, según muestra la Figura 5, donde se formaron múltiples unidades con un tamaño promedio de 0,64 cm (0,25 pulgadas). La desviación estándar del tamaño promedio de las unidades fue de aproximadamente 10 %. A continuación, estas unidades se sumergieron en nitrógeno líquido, según muestra la Figura 5, para congelarlas a una temperatura promedio de aproximadamente -101,1 °C (-150 grados Fahrenheit).

A continuación, estas unidades de crema helada congeladas a baja temperatura se volvieron a añadir a la corriente primaria utilizando un alimentador de fruta estándar industrial. La crema helada recombinada se envasó a continuación en un recipiente de 1,59 kg (56 onzas) y se endureció mecánicamente en un congelador con una temperatura de aire de -37,7 °C (menos 25 grados Fahrenheit), hasta que se la temperatura central de la crema helada alcanzó -17,8 °C (0 grados Fahrenheit).

Debe observarse que para los parámetros de funcionamiento anteriores, el tamaño de unidad óptimo, determinado a partir de la ecuación (11), estaba en el intervalo de 1,65 a 2,13 cm (de 0,65 a 0,84 pulgadas). Por lo tanto, el tamaño de unidad de 0,64 cm (0,25 pulgadas) da lugar a una velocidad de transferencia de calor inicial que es mucho más rápida que la velocidad óptima deseada. Durante esta operación, se hizo frente a algunos problema de operación mecánica, con congelamientos frecuentes de los conductos corriente abajo del alimentador de fruta que se usó para añadir las unidades congeladas a baja temperatura en la corriente primaria. Estos congelamientos se debían a un aumento excesivo de la viscosidad de la corriente recombinaada en los conductos. Esta viscosidad excesiva dio lugar a presiones altas en los conductos de más de 414 kPa (60 libras por pulgada cuadrada) en la entrada del alimentador de fruta.

Ejemplo 4

La prueba del Ejemplo 3 se repitió, pero con un tamaño promedio de las unidades de 2,54 cm (1 pulgada) (en lugar de 0,64 cm (0,25 pulgadas) en el Ejemplo 3). La variación de tamaño se logró modificando el diseño de la placa de extrusión en el dispositivo de extrusión (mostrado en la Figura 5). Con el tamaño de unidad promedio de 2,54 cm (1 pulgada), ya no se produjo congelamientos en las conducciones. El mayor tamaño de unidades redujo la velocidad a la cual la viscosidad de la corriente recombinaada aumentaba debido a la menor superficie específica disponible para la transferencia de calor desde la crema helada que rodea las unidades subenfriadas. Sin embargo, se produjo una acumulación frecuente de las unidades de crema helada congeladas a baja temperatura en la boca del alimentador de fruta, lo que ocasionó interrupciones frecuentes. La acumulación se debió a la formación de puentes en la boca del alimentador de fruta.

Ejemplo 5

Se repitió la prueba del Ejemplo 3, pero con un tamaño promedio de las unidades de 0,75 pulgadas (en lugar de 0,25 en el Ejemplo 3). Este tamaño de unidad se encuentra en el intervalo óptimo como se calcula mediante la ecuación (11). Con este tamaño promedio no hubo problemas en cuanto al congelamiento de los conductos o de puentes en la boca del alimentador de fruta. El proceso se llevó a cabo durante varias horas sin ningún problema de funcionamiento. La presión de conducción en la entrada del alimentador de fruta fue solamente de 103 a 138 kPa (de 15 a 20 libras por metro cuadrado). Sin embargo, la corriente recombinaada no fluye libremente al interior del envase, quedando sin llenar una parte del envase.

Ejemplo 6

Se repitieron las pruebas del Ejemplo 5, pero con el caudal de la corriente secundaria a 20 % del caudal total (en lugar del 12,5 % del Ejemplo 5). El aumento del caudal de la corriente secundaria ocasionó congelamientos frecuentes de los conductos debido a una velocidad excesiva de aumento de la viscosidad de la corriente combinada.

Ejemplo 7

La prueba del Ejemplo 6 se repitió, pero se utilizó un dispositivo de extrusión que fue diseñado para una desviación estándar de 3 % del tamaño promedio de las unidades producidas. El diseño del dispositivo de extrusión fue según el estado de la técnica en este campo (patente US-4.417.610). Debido al tamaño más uniforme de las unidades, incluso a un caudal de corriente secundaria de 20 % no se produjeron problemas de congelación de las conducciones. Sin embargo, la corriente recombinaada no fluye libremente al interior del envase, quedando sin llenar una parte del envase y presentando además la crema helada un aspecto rugoso no deseable.

Ejemplo 8

Se repitió la prueba del Ejemplo 7, pero con la pared de la conducción corriente abajo del alimentador de fruta calentada de modo que su temperatura se mantuvo a un valor de -7,2 a - 6,7 °C (de 19 a 20 grados Fahrenheit). El calentamiento de la pared del conducto dio lugar a un flujo libre de la corriente recombinaada hacia el envase. El producto endurecido final resultante se aplicó muy uniformemente para llenar el envase y la superficie de la crema helada era lisa. Sin embargo, al seccionar la crema helada endurecida se observó que había algunos vacíos internos en la crema helada. La temperatura extremadamente fría de las unidades de crema helada ocasiona el encogimiento de la crema helada que rodea estas unidades, después de la recombinaación. Además, la superficie de las unidades puede ser absorbente de algo de material criogénico líquido. Este material criogénico líquido se evapora cuando las unidades se recombinaan con la corriente principal. Estas dos razones dan lugar a los huecos internos.

Ejemplo 9

Se repitió la prueba del Ejemplo 8, pero con el caudal de la corriente secundaria al 12,5 % (en lugar del 20 % del Ejemplo 8). El proceso se llevó a cabo durante varias horas sin ningún problema de funcionamiento y la corriente recombinaada fluyó libremente al interior del envase. El producto endurecido final resultante se aplicó muy uniformemente para llenar el envase.

Se analizó la microestructura de la crema helada endurecida final y se halló que el tamaño de burbuja medio era de 11,9 μm (micrómetros) y el tamaño de cristal de hielo medio era de 31,7 μm (micrómetros). Los datos de microestructura muestran la mejora en la calidad de la crema helada debido a la presente invención en comparación con el proceso convencional de elaboración de crema helada (Ejemplos 1 y 2)

5 La Figura 8 muestra la velocidad de descenso de la temperatura central de la corriente recombinada después del envasado, y durante el endurecimiento mecánico. La figura también muestra para fines de comparación la temperatura central de la crema helada en el Ejemplo 2 anterior. La velocidad de descenso de temperatura en el Ejemplo 9 es mucho mayor que en el Ejemplo 2. Este descenso de la temperatura da lugar a un aumento de la viscosidad y, por lo tanto, menores tamaños de burbuja y de cristal de hielo medios en este producto en comparación con el Ejemplo 2.

Ejemplo 10

15 Se repitió la prueba del ejemplo 8, pero con una temperatura promedio de las unidades de crema helada congelada de -59,4 °C (-75 grados Fahrenheit) (en lugar de -101 °C (-150 grados Fahrenheit) en el Ejemplo 8). La temperatura de las unidades congeladas se controló controlando el tiempo de permanencia de las unidades en contacto con el material criogénico. La crema helada endurecida final resultante tenía niveles insignificantes de huecos internos cuando se seccionó. La temperatura más alta de las unidades de crema helada congelada evita la formación de los vacíos internos que se formaban debido al encogimiento de la crema helada y debido a la absorción de material criogénico líquido. A diferencia de las técnicas del estado de la técnica, se ha descubierto que la práctica de la presente invención permite la adición de unidades a un nivel de incluso 20 % en peso, descargándose el producto para envasar a una temperatura de -6,7 a -5,6 °C (de 20 F a 22 F), mientras que las enseñanzas del estado de la técnica han sugerido que a niveles tan altos de adición de unidades, la temperatura en la descarga al envasado tenía que aumentarse hasta -3,9 °C (25 F), lo cual se asocia con una peor calidad del producto de crema helada final.

25

Parámetros	Número de ejemplo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% esponjamiento	100	135	135	135	135	135	135	135	135	135
% Corriente lateral (p/p)	--	--	12,5	12,5	12,5	20	20	20	12,5	20
Tamaño promedio de unidad de crema helada (μm (micrómetros))	--	--	0,25	1,0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Des. estándar del tamaño prom. unid. crema helada	--	--	10	10	10	10	3	3	3	3
Temperatura de unidades congeladas (°C (F))	--	--	-101,1 (-150)	-101,1 (-150)	-101,1 (-150)	-101,1 (-150)	-101,1 (-150)	-101,1 (-150)	-101,1 (-150)	-59,4 (-75)
Calentamiento de conducto	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí
Problemas de funcionamiento	No	No	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No
Problemas de aspecto	No	No	--	--	Sí	--	Sí	Sí	No	No

A partir de lo anterior, se apreciará que la presente invención proporciona por lo tanto un método para mejorar la estabilidad y las características sensoriales de los productos de espuma congelados.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS 1 A 6

1. Un método de formación de un producto alimenticio espumado congelado, en particular crema helada, que comprende las etapas de:

(A) introducir un gas o mezcla de gases no tóxicos en un producto a espumar bajo condiciones de espumado para formar un producto de espuma que contiene burbujas de dicho gas o mezcla de gases,

(B) al mismo tiempo que, o después de la etapa (A), enfriar dicho producto de espuma en condiciones de enfriamiento para formar un producto de espuma parcialmente congelado; y a continuación

(C) aumentar la viscosidad de dicho producto de espuma parcialmente congelado dividiendo la corriente de producto en una corriente principal y una corriente secundaria, en donde la corriente secundaria se enfría para formar una pluralidad de unidades de material comestible que tienen un tamaño de 6,35 mm a 5,08 cm (de 0,25 a 2 pulgadas), que se añaden a la corriente principal, en donde la distribución de tamaños de dichas unidades que se añaden tiene una desviación estándar inferior que o igual a 15 %, en donde el tamaño de unidad significa el diámetro de una esfera que tiene la misma superficie específica que la unidad, en donde dichas unidades que se añaden están a una temperatura inferior a menos -31,7 °C (-25 F), formando de este modo otro producto de espuma congelado, en donde la velocidad a la que aumenta la viscosidad de las corrientes de producto de espuma recombinadas se controla controlando la velocidad de transferencia de calor entre las unidades y el producto al que se añaden las unidades, q/t, a un valor entre 1,74 y 2,91 kJ por minuto por kilogramo del producto (entre 0,75 y 1,25 BTU por minuto por libra del producto) según la ecuación

$$\frac{q}{t} = \frac{3k}{\rho} \frac{(\% SS)}{r^2 \left(\left(\frac{2/3\pi}{(\% SS)} \right)^{0,33} - 1 \right)} (T_{\text{corriente principal}} - T_{\text{unidades}})$$

en donde k es el coeficiente de transferencia de calor en BTU por pies por grados Fahrenheit por minuto para la transferencia de calor entre los unidades y el resto del producto de espuma parcialmente congelado,

ρ es la densidad de la crema helada en libras por pie cúbico,

% SS es el porcentaje en peso de la corriente lateral a la corriente total,

r es el radio de una unidad con forma de esfera en pies,

$T_{\text{corriente principal}}$ es la temperatura de la corriente principal del producto de espuma parcialmente congelado en grados Fahrenheit, y

T_{unidades} es la temperatura de las unidades en grados Fahrenheit,

en donde

1 BTU corresponde a 1,055 kJ

1 pie corresponde a 0,305 m

1 libra corresponde a 0,45 kg, y

°F corresponde a (°C * 9/5)+32;

y a continuación

(D) endurecer el producto de espuma congelado adicional enfriándolo de forma adicional bajo condiciones de enfriamiento adicionales para congelar líquido adicional contenido en el mismo, formando de este modo un producto alimenticio espumado congelado, en condiciones eficaces para establecer cristales de hielo en dicho producto alimenticio con espuma congelado que tiene un tamaño de cristales medio al menos 15 % menor que el tamaño de cristal de hielo medio en el producto endurecido que se forma introduciendo solamente aire como el gas o mezcla de gases en el producto idéntico a espumar bajo las mismas condiciones de formación de espuma que en la etapa (A) para formar un producto espumado con aire y enfriar dicho producto espumado con aire en la misma relación con respecto a la etapa (A) y bajo las mismas condiciones de enfriamiento que en la etapa (B) para formar un producto que a continuación se endurece bajo las mismas condiciones de enfriamiento adicional que en la etapa (D).

2. El método de la reivindicación 1, en donde la adición de la pluralidad de unidades da lugar a un aumento en el porcentaje de fracción solidificada en el producto al que se añaden las unidades de al menos 2 % en peso y, preferiblemente, al menos 5 % en peso y, con mayor preferencia, al menos 10 % en peso, en donde el % en peso de sólidos se basa en la cantidad de líquido que está presente en el producto al final de la etapa (A).

ES 2 774 357 T3

3. El método de la reivindicación 1, en donde dichas unidades que se añaden a dicho producto están a una temperatura no inferior a $-101,1\text{ °C}$ (menos 150 F).
- 5 4. El método de la reivindicación 1, en donde dichas unidades que se añaden a dicho producto están a una temperatura no inferior a $-73,3$ (menos 100 F).
- 10 5. Un método según la reivindicación 1, en donde dichas unidades se forman por extrusión de una corriente de una parte de dicho producto parcialmente congelado y cortando dicha corriente extrudida en dichas unidades, en donde dichas unidades extrudidas cortadas tienen un tamaño de 6,35 mm a 5,08 cm (de 0,25 a 2 pulgadas), y poniendo en contacto dichas unidades con material líquido criogénico para reducir la temperatura de dichas unidades a menos de $-31,7\text{ °C}$ (menos 25 F).
- 15 6. El método de la reivindicación 1, en donde la temperatura de pared de parte o de la totalidad de los conductos después de haber re combinado las dos partes se controla de modo que la temperatura de pared es entre $+1,7\text{ °C}$ (más 3 grados Fahrenheit) y $-1,7\text{ °C}$ (menos 3 grados Fahrenheit) de la temperatura del producto parcialmente congelado justo antes de haberlo dividido en dos corrientes.

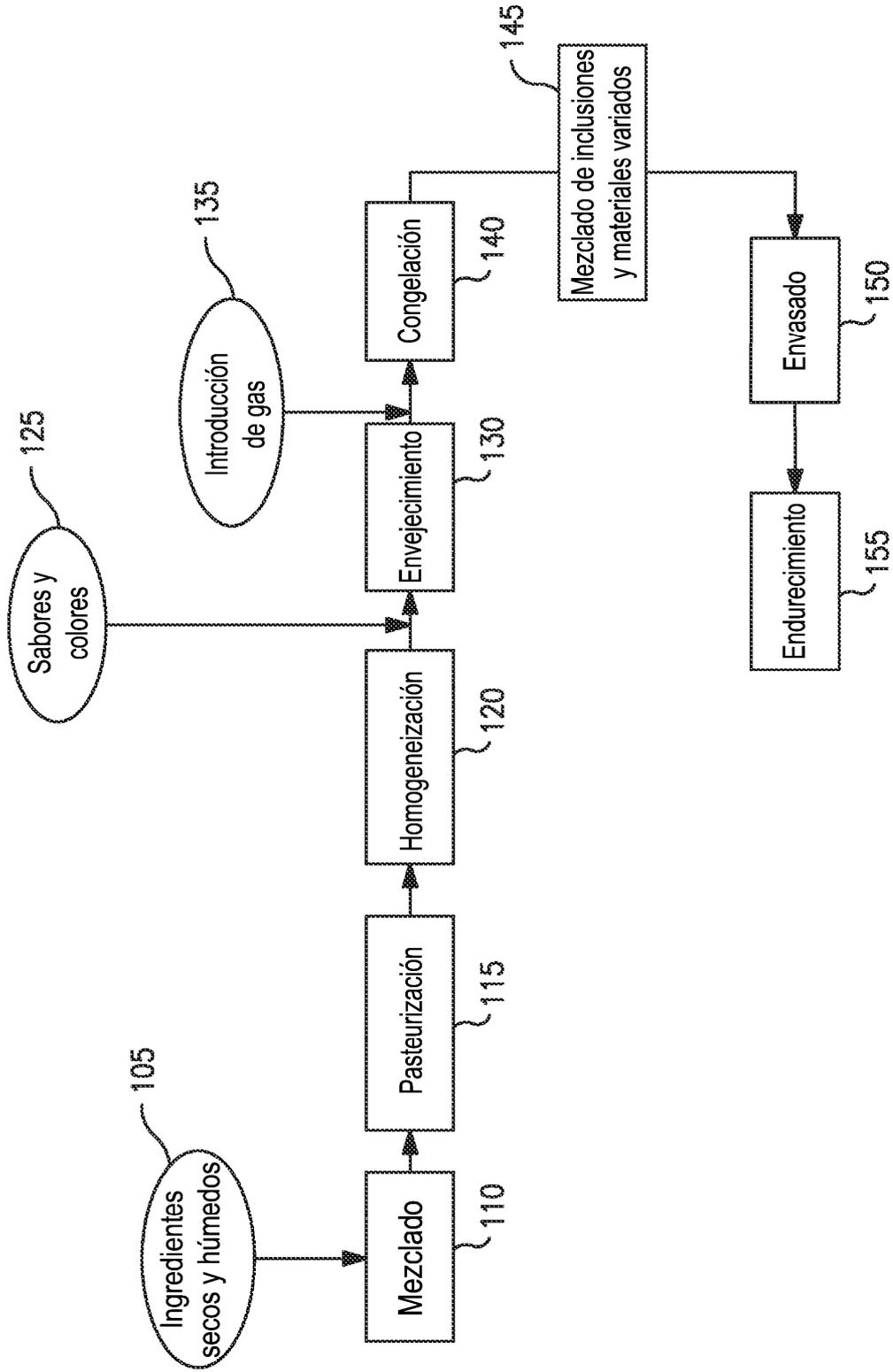


FIG. 1

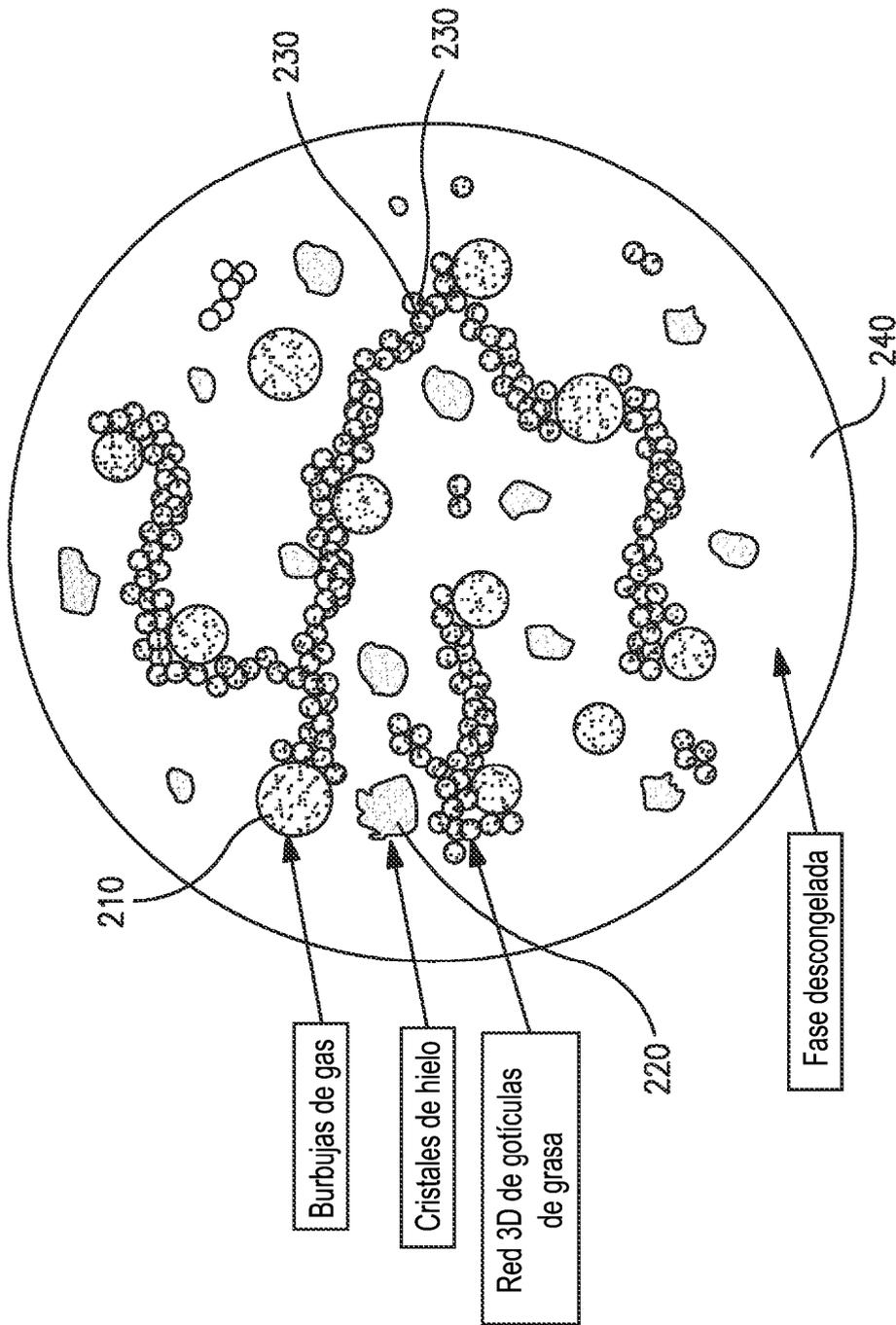


FIG. 2

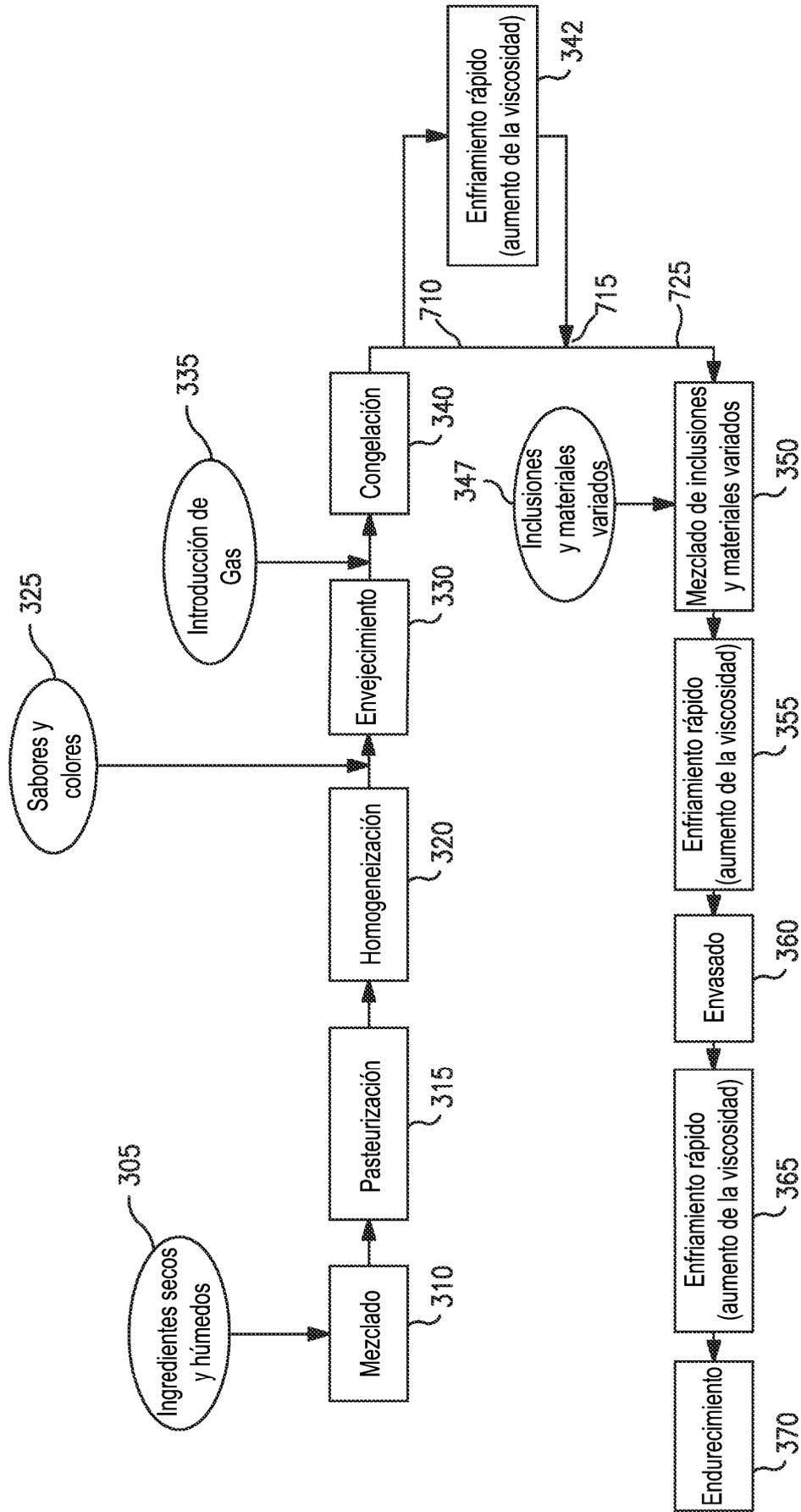


FIG. 3

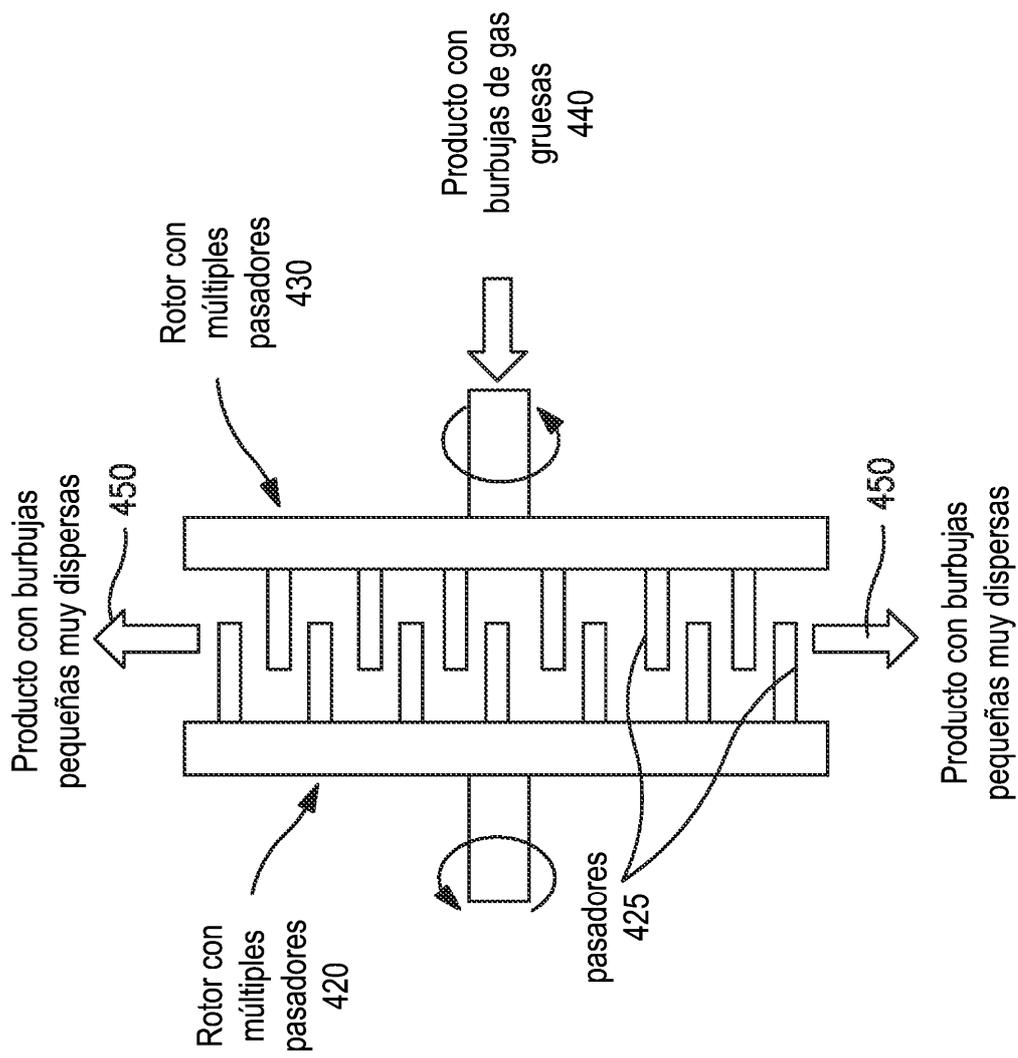


FIG. 4

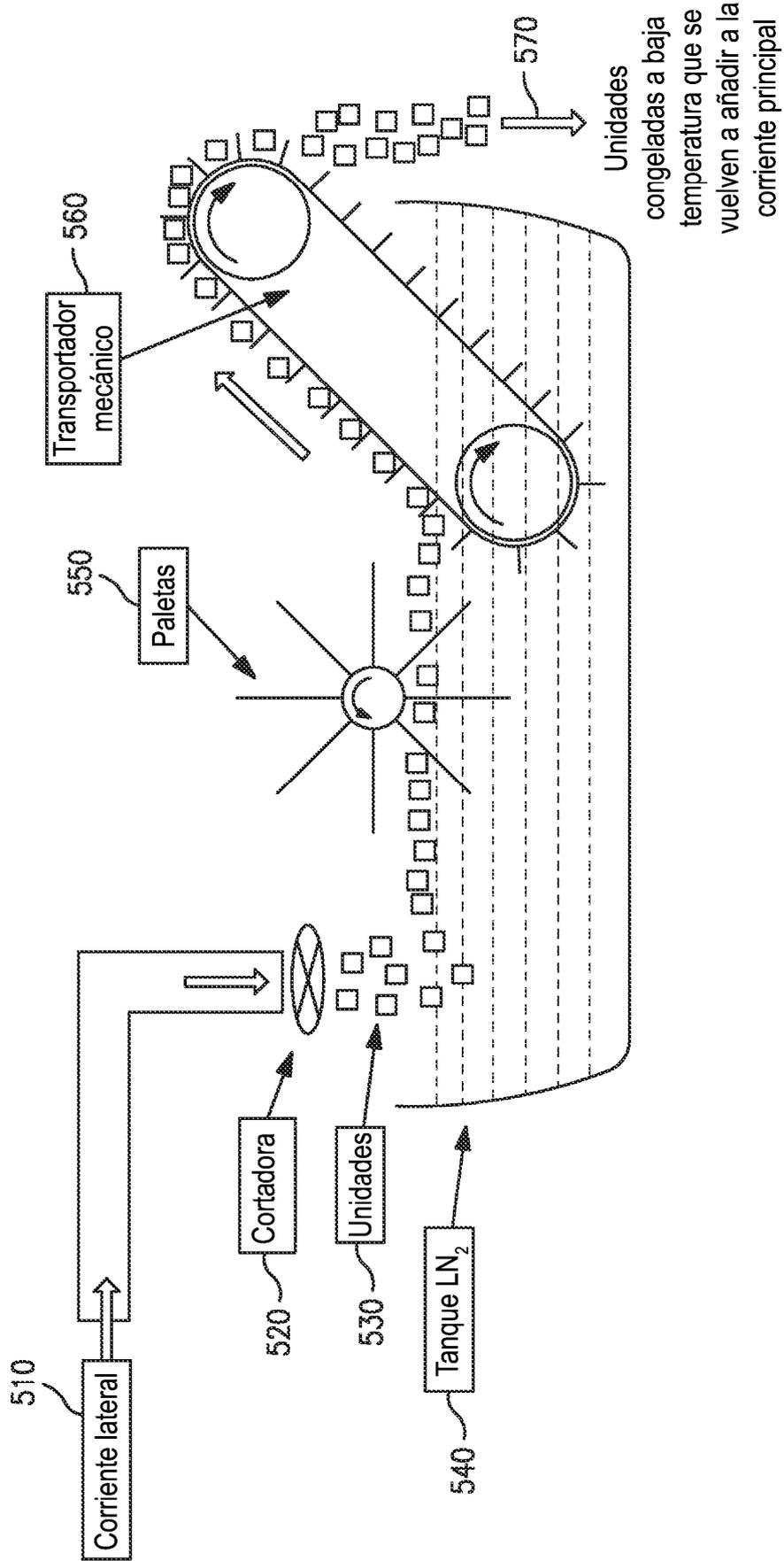


FIG. 5

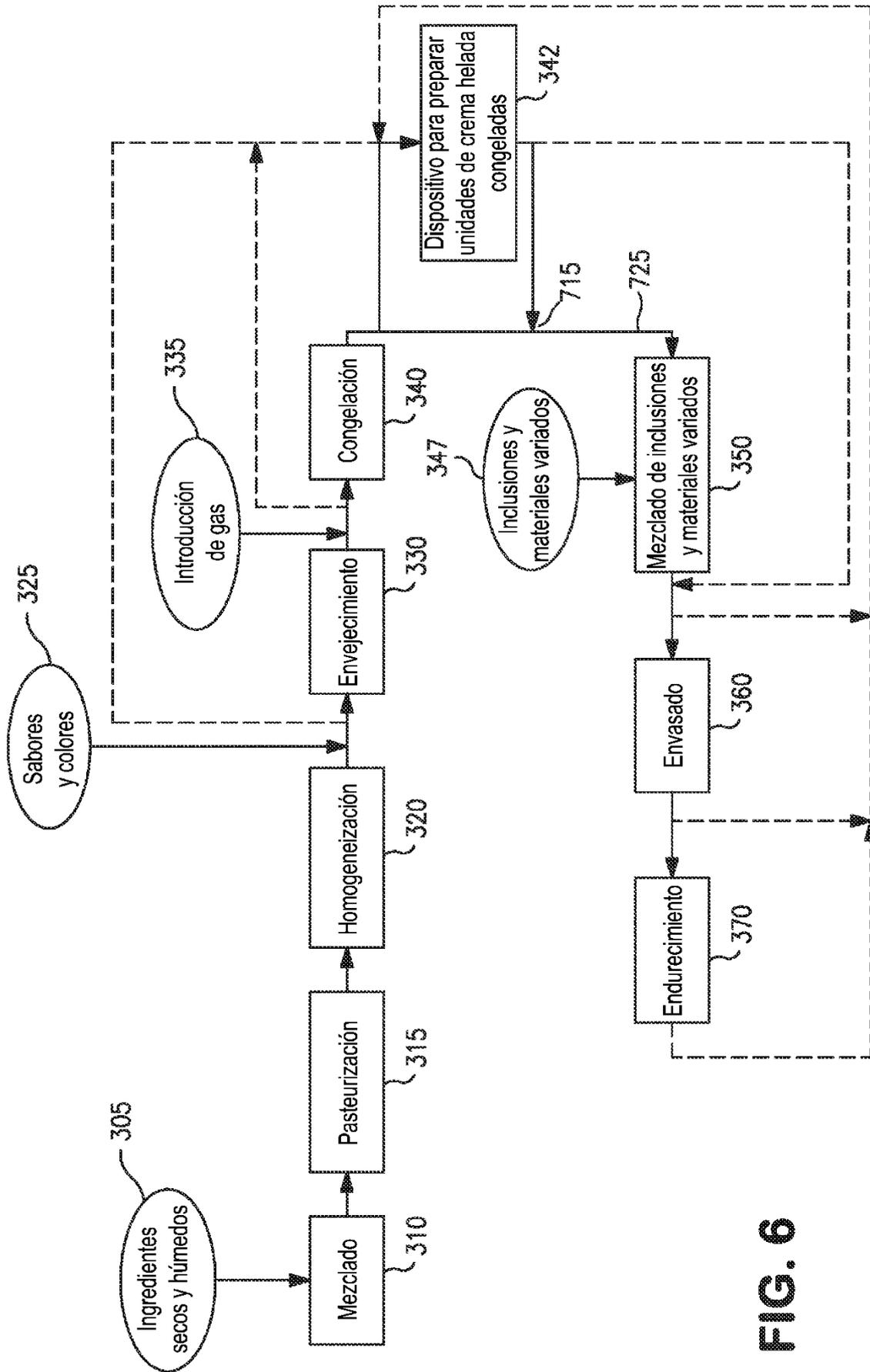


FIG. 6

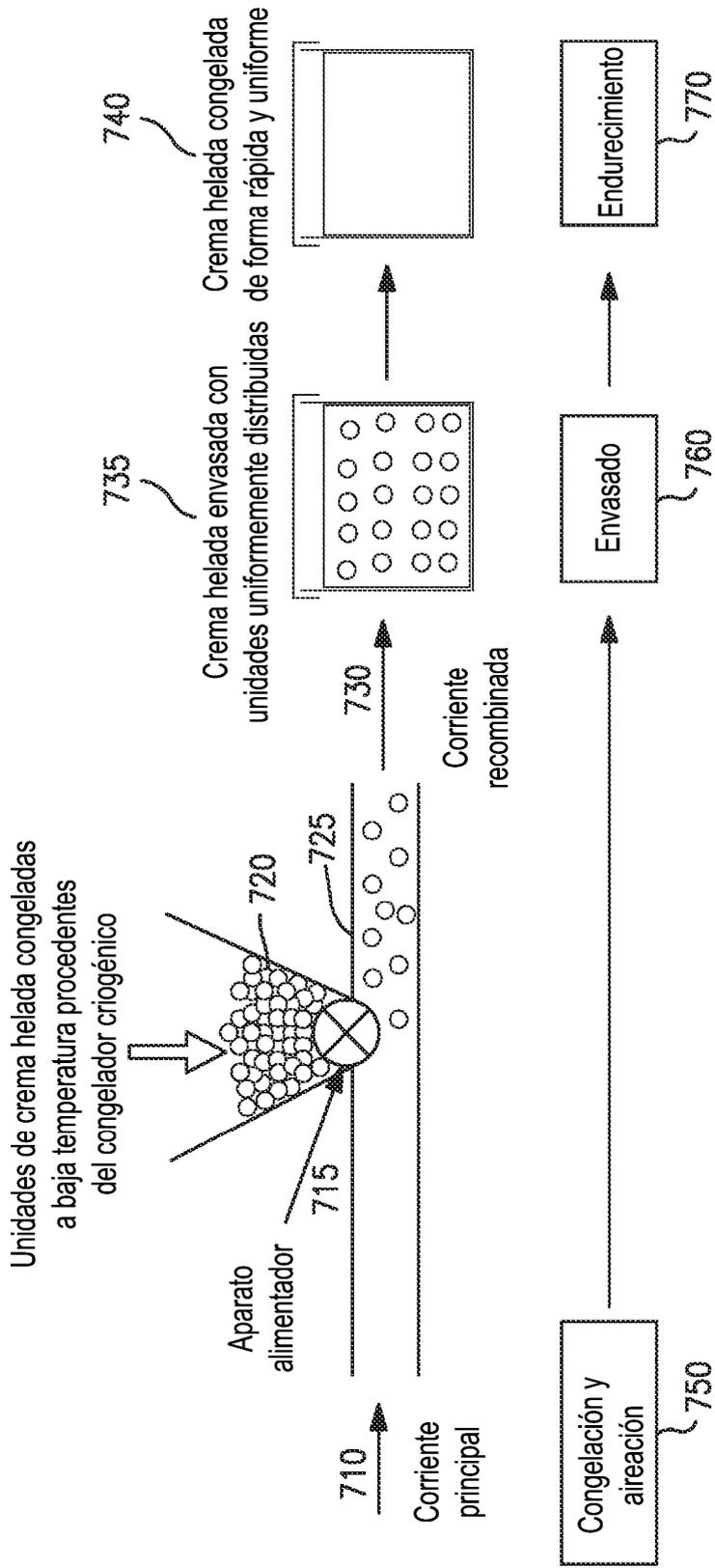


FIG. 7

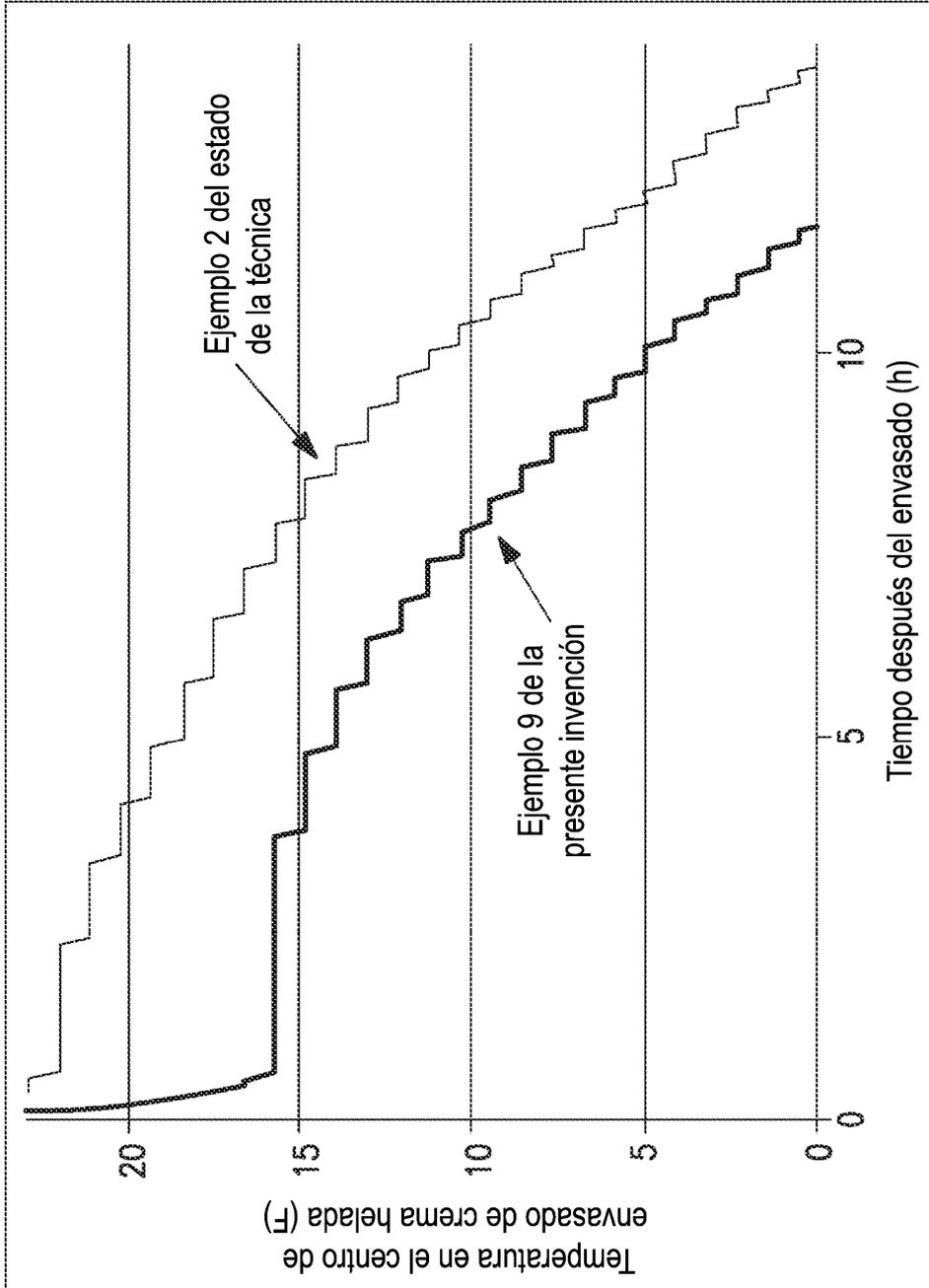


FIG. 8