



(22) Data de Depósito: 12/07/2007
(43) Data da Publicação: 12/03/2013
(RPI 2201)



(51) Int.Cl.:
B01F 3/04
B01F 5/04
B01F 7/00

(87) Publicação Internacional: WO 2008/009623de
24/01/2008

[illegible]

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**APARELHO DE MEMBRANA CILÍNDRICO PARA FORMAÇÃO DE ESPUMA**".

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

5 A presente invenção refere-se a espumas estáveis tendo uma distribuição de tamanho de bolha de ar fina controlada e a produtos comestíveis preparados a partir dos mesmos tendo um teor de gordura baixo. Produtos particularmente interessantes preparados a partir de tais espumas incluem sorvetes e produtos congelados relacionados.

10 A fabricação de bolhas de gás finamente dispersas em uma fase fluida líquida ou semissólida contínua ou designadas como dispersões de gás para frações de volume de gás abaixo de cerca de 10-15% ou como espumas para frações de volume de gás maiores do que cerca de 15-20% é de grande interesse em particular, nas indústrias farmacêutica, cosmética, cerâmica e de material de construção. A fração de gás em produtos relaciona-

15 dos dessas indústrias tem um impacto forte sobre os parâmetros físicos tal como densidade, reologia, condutividade térmica e compressibilidade e propriedades de aplicação relacionadas. Na área de alimentos, aeração de sistemas líquidos a semissólidos agrega valor com relação à consistência e propriedades de percepção/sensoriais relacionadas tal como cremosidade,

20 maciez e suavidade bem como retenção de formato aperfeiçoada e estabilidade à desmistura. Para sistemas alimentares específicos tal como sobremesas congeladas ou sorvete, a condutividade térmica fortemente reduzida é outro fator de estabilidade grande que protege o produto de descongelamento rápido; por exemplo, devido a choques térmicos aplicados na "cadeia

25 de esfriamento" do armazenamento até o refrigerador do consumidor. O forte aumento de superfície interna pode também dar acesso à nova área para adsorção e fixação/estabilização de moléculas funcionais/tecnofuncionais tal como aromatizantes e/ou compostos nutricionalmente ativos.

30 Em pastas fluidas geladas à base de água congeladas e aeradas convencionais do tipo sorvete, as propriedades sensoriais tipicamente importantes tal como habilidade em ser retirada com uma colher, cremosidade, suavidade, retenção de formato durante derretimento e estabilidade a

choque térmico são determinadas por uma ação mútua das três fases dispersas: células /bolhas de ar, glóbulos de gordura/aglomerados de glóbulo de gordura e cristais de gelo de água dentro de faixas de tamanhos e frações de volumes características desses componentes dispersos conforme mostrado, por exemplo, na Tabela 1.

Tabela 1: Faixas de tamanho e frações de volume de fases dispersas em sorvete convencional

	células de gás/ar	aglomerados de glóbulo de gordura	cristais gelada água
Diâmetro médio $X_{50,0}/\mu\text{m}$	25-35	2-100	50-60
Fração de volume/% vol.	50-60	8-15	40-50

Células de ar pequenas bem-stabilizadas são principalmente responsáveis pela cremosidade e sensação de textura suave durante o derretimento do sorvete na boca de um consumidor. Estrutura de células de ar/espuma no estado derretido durante tratamento com cisalhamento entre língua e palato resulta em uma percepção de cremosidade mais pronunciada. Tamanho de célula de ar menor também apóia vida de prateleira maior de sistemas de sorvete congelado devido ao impedimento estérico maior para formação de cristal de gelo. Em fração de volume de gás constante um número maior de células de ar menores gera uma área de interface de gás total maior e então espessura reduzida de lamelas formadas entre as células de ar pela fase fluida aquosa contínua. Isto restringe formação de cristal de gelo dentro dessas lamelas. Outra contribuição direta, mas menos pronunciada, para cremosidade é derivada dos aglomerados de glóbulo de gordura de tamanho médio abaixo de 20-30 microns de diâmetro. Quando o glóbulo de gordura fica maior do que cerca de 30-50 microns, a sensação cremosa se transforma em uma sensação na boca gordurosa, de manteiga.

A habilidade em ser retirada com uma colher de pastas fluidas aeradas, congeladas, tal como sorvetes, está principalmente relacionada com a estrutura de cristal de gelo, em particular o tamanho do cristal de gelo

e sua interconectividade. Habilidade em ser retirado com uma colher é a característica de qualidade mais relevante de sorvete na faixa de temperatura baixa entre -20°C e -15°C.

Na fabricação de sorvete convencional, o gelamento parcial é
5 feito em *freezers* contínuos ou em batelada, tendo trocadores de calor de superfície raspada fria, para temperaturas de saída abaixo de cerca de -5°C. Então a pasta fluida de sorvete é cheia em copos ou formada na saída de moldes de extrusão. Em seguida, os produtos são endurecidos em túneis de congelamento com temperaturas de ar de meio de resfriamento em torno de
10 -40°C até que uma temperatura de núcleo do produto de cerca de -20°C seja atingida. Então os produtos são armazenados e/ou distribuídos. Após pré-congelamento de receitas de sorvete convencionais em *freezer* de sorvete, cerca de 40-45% da água que pode ser congelada são congelados como cristais de gelo de água. Outra fração de cerca de 55-60% da água que pode
15 ser congelada é ainda líquida devido à depressão do ponto de congelamento na solução líquida concentrada em açúcares, polissacarídeos e proteínas. A maioria dessa fração líquida congela durante esfriamento adicional no túnel de endurecimento. Nesta etapa de endurecimento, o sorvete está no estado de descanso. Consequentemente a água adicionalmente congelada cristali-
20 za nas superfícies dos cristais de gelo existentes, causando seu desenvolvimento de a partir de cerca de 20 microns a 50 microns e mais. Alguns dos cristais de gelo se interconectam para formar uma rede de cristal de gelo tridimensional. Quando tais redes são formadas, o sorvete se comporta tal como um corpo sólido e sua habilidade em ser retirado com colher diminui.

25 Certas patentes tal como Patentes U.S. N^{os} 5.620.732; 6.436.460; 6.491.960; 6.565.908 revelam a restrição de formação de cristal durante esfriamento/congelamento através do uso de proteínas anticongelantes. Isto é também esperado ter um impacto positivo sobre a conectividade do cristal com relação à capacidade aperfeiçoada de ser retirado com
30 colher.

As Patentes U.S. N^{os} 6.558.729, 5.215.777, 6.511.694 e 6.010.734 revelam o uso de outros ingredientes específicos tal como gordura

vegetal de baixo derretimento, poliésteres de ácido graxo poliol ou açúcares específicos tal como misturas de sacarose/maltose para suavizar os produtos de sorvete relacionados, então melhorando a habilidade de ser retirado com colher e cremosidade.

5 As Patentes U.S. Nºs 5.345.781, 5.713.209, 5.919.510, 6.228.412 e RE36.390 revelam equipamento de processamento específico, principalmente extrusores de congelamento contínuo de eixo único ou duplo, para refinar a microestrutura do sorvete (células de ar, cristais de gelo e aglomerados de glóbulo de gordura) usando forças de fricção viscosas altas
10 agindo nas temperaturas de processamento muito baixas de 10°C a -15°C e então melhorando as propriedades de textura e estabilidade.

Outras publicações revelam o uso de fases de tensoativo mesomórficas com uma pré-mistura tendo tensoativos e água sendo preparada em temperatura especificada para prover uma fase lamelar contínua. Esses
15 documentos incluem Pedido de Patente Europeu 753.995 e Publicação PCT WO95/35035. Outra abordagem que revela o uso de fases mesomórficas de tensoativo comestível como agentes de estruturação e/ou substitutos de gordura pode ser encontrada na Patente U.S. 6.368.652, Pedido de Patente Europeu 558.523 e Publicação PCT WO92/09209.

20 A Publicação PCT WO2005/013713 descreve um picolé tendo pelo menos 2% em peso de gordura e seu processo de fabricação, onde um pouco de toda gordura está presente como corpos oleosos.

Apesar dessas descrições, no entanto, permanece a necessidade de um processo para formar espumas congeladas ou picolés congelados
25 que quando congelados não sofram alargamento de bolha de gás pronunciado e sua geração associada de comportamento de corpo sólido pronunciado ou gelamento.

Ainda, novas técnicas de aeração para se dirigirem à necessidade acima permanecem em falta. Por exemplo, tecnologia de aeração baseada em membrana industrial é ainda bastante nova. Aeração ou batimento
30 convencional de sistemas fluidos líquidos é geralmente realizado usando dispositivos de mistura dispersiva de rotor/estator em campos de fluxo turbu-

lento sob condições de taxa de alimentação de energia muito altas.

Procedimentos de dispersão à base de membrana são conhecidos na área de dispersão de líquido/ líquido (emulsificação) usando módulos de membrana estática onde a separação de gotículas líquidas dispersas é causada por fluxo em excesso da membrana com a fase líquida contínua. No entanto, isto significa que as forças ou estresse apoiando separação de gotícula são diretamente acoplados com a taxa de fluxo de volume da fase fluida contínua. Isto não é certamente aceitável para a fabricação de sistemas de emulsão ou dispersão relacionados se mudanças em taxa de fluxo de volume também impactassem a distribuição de tamanho de gota da fase dispersa então mudando propriedades de sistema relacionadas.

As primeiras tentativas em espumação de membrana foram também introduzidas usando dispositivos de membrana estática com o mesmo tipo de problemas conforme descrito para o processamento de dispersão líquido/ líquida acima, no entanto, com problemas mais pronunciados com relação à geração de pequenas bolhas em particular em frações de volume de gás mais altas ($> 30-40\%$). Isto pode ser baseado em uma relação física bem-conhecida, descrita pelo assim chamado Número Capilar crítico (Ca_c). O tipo principal de fluxo gerado na vizinhança (isto é, camada de divisão Prandtl) de uma membrana estática de fluxo em excesso é fluxo de cisalhamento. Em fluxo de cisalhamento o Número Capilar crítico é uma função forte da razão de viscosidade de fases dispersas e contínuas ($\mu_{\text{disperso}}/\mu_{\text{contínuo}}$). Em particular para razão de viscosidade muito baixa na faixa de $\leq 10^{-3} - 10^{-4}$ representando sistemas de espuma, Ca_c pode atingir valores maiores do que cerca de 10-30. A razão é que apesar da deformação fácil e grande de bolhas de ar em líquidos cisalhados, não há nenhuma quebra eficiente, ou, em outras palavras, a deformação de bolha crítica está aumentando muito com razão de viscosidade decrescente. Em taxas de fluxo de volume alto condições de fluxo turbulento são atingidas com dispersão de bolha aperfeiçoada. Isto não é satisfatório, no entanto, com relação a tamanho de bolha e largura de distribuição de tamanho de bolha estreita. Mesmo no domínio de fluxo turbulento uma camada Prandtl laminar existe na vizinhança das paredes,

então limitando o mecanismo de dispersão turbulento.

Recentemente um dispositivo de membrana giratória foi introduzido para dispersão líquido/líquido mostrando o grande potencial de dispersão de gota aperfeiçoado em particular com relação a gotículas pequenas e de tamanho de distribuição estreito, mas este dispositivo não foi usado para dispersão de gás ou espumação. Isto é provável devido a problemas relacionados com a quebra de bolha de gás difícil em fluxo laminar dominado em cisalhamento descrito acima, bem como devido à diferença de densidade alta entre as duas fases que torna o processo em campos de fluxo particularmente laminar, rotacional, ainda mais difícil. A fase de gás tendo menos de um por cento da densidade líquida tende a se separar em raios menores (equivalente à pressão centrífuga menor) no campo de força centrífuga agindo em fluxos giratórios laminares sem distúrbio relacionado com fluxo. Tais problemas fundamentais permanecem sem solução.

O pedido de patente Alemão DE 101 27 075 revela um dispositivo de membrana giratória para a fabricação de sistemas de emulsão. Este dispositivo não é adequado, no entanto, para a geração de dispersões de gás homogêneas ou espumas finamente dispersas devido às dimensões radiais grandes das lacunas de dispersão entre os módulos de membrana e o alojamento, que apoiaria fortemente a desmistura das fases em velocidade rotacional maior requerida para o refinamento das bolhas de gás.

As Publicações PCT WO 2004/30799 e WO 01/45830 descrevem dispositivos de membrana similares para produção de emulsão com problemas idênticos àqueles de dispersões de gás ou espumas que foram previamente mencionados.

Há então, a necessidade de novos dispositivo de aeração e método para permitir a formação de um produto de espuma congelada com pouca gordura que quando congelado não forma bolhas de gás grandes ou cristais de gelo interconectados e seu subsequente comportamento de corpo sólido. Há também a necessidade de produtos que contenham tal espuma nova.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A invenção refere-se a uma espuma estável compreendendo uma matriz de líquido, bolhas de gás e um agente de estruturação que forma uma estrutura de gaiola lamelar e/ou vesicular sem formação de uma estrutura em gel dando uma textura tipo borracha à espuma. A estrutura de gaiola lamelar/vesicular aprisiona pelo menos uma porção substancial das bolhas de gás e matriz de líquido nela para reter e estabilizar as bolhas de gás e líquido em uma estrutura suficientemente compacta que previne substancialmente drenagem da matriz de líquido bem como coalescência e *cremosidade* (*creaming*) das bolhas de gás para manter estabilidade da espuma mesmo quando a espuma é submetida a choques térmicos múltiplos.

Vantajosamente, a matriz de líquido compreende um fluido polar, o gás é nitrogênio, oxigênio, dióxido de nitrogênio (N_2O_2), argônio ou suas misturas, as bolhas de gás têm um diâmetro médio suficientemente pequeno e são suficientemente proximamente espaçadas na estrutura de gaiola lamelar/vesicular para prevenir formação de cristais congelados compactados tendo diâmetros médios de 50 microns ou mais na matriz de líquido quando a espuma é submetida a uma temperatura que está abaixo da temperatura de congelamento da matriz de líquido. De preferência, a matriz de líquido compreende água, o gás é ar, as bolhas de gás têm um diâmetro médio $X_{50,0}$ que é menos do que 30 microns e são espaçadas por uma distância que é menos do que 30 microns e a espuma tem uma razão de distribuição de diâmetro de bolha de gás $X_{90,0}/X_{10,0}$ que é menos do que 5. Com mais preferência, as bolhas de gás têm um diâmetro médio $X_{50,0}$ que é menos do que 15 microns e são espaçadas por uma distância que é menos do que 15 microns e a espuma tem uma razão de distribuição de diâmetro de bolha de gás $X_{90,0}/X_{10,0}$ que é menos do que 3,5 e mais particularmente é abaixo de 2,5.

Agentes de estruturação adequados geralmente compreendem um composto ou material anfifílico que inclui porções hidrofílicas inchadas que formam a estrutura de gaiola lamelar ou vesicular. O agente de estruturação frequentemente será um tensoativo e mais especificamente um emulsificante e pode estar presente em uma quantidade de cerca de 0,1 a 2% em

peso da matriz de líquido. Um agente de estruturação preferido compreende um poli-glicerol éster (PGE) termicamente, físico-quimicamente e/ou mecanicamente pré-tratado e está presente em uma quantidade de cerca de 0,25 a 1,5% em peso da matriz de líquido. O PGE é tratado para prover uma estrutura de gaiola lamelar ou vesicular aperfeiçoada para retenção de bolhas de gás e matriz de líquido nele e é particularmente útil quando uma espuma de bolha de gás muito fina é requerida ou desejada.

A matriz de líquido pode incluir um agente de aumento da viscosidade em uma quantidade suficiente para prover a matriz de líquido com uma viscosidade maior para ajudar a reter a matriz e bolhas de gás na estrutura de gaiola lamelar/vesicular. O agente de modificação de viscosidade é um carboidrato em uma quantidade de cerca de 5 a 45% em peso da matriz de líquido, uma proteína de planta ou de laticínio em uma quantidade de cerca de 5 a 20% em peso da matriz de líquido, um polissacarídeo em uma quantidade de cerca de 0,1 a 2% em peso da matriz de líquido ou uma mistura dos mesmos. Mais especificamente, o carboidrato, se presente, é sucrose, glicose, frutose, xarope de milho, lactose, maltose ou galactose ou uma mistura dos mesmos e está presente em uma quantidade de cerca de 20 a 35% em peso da matriz de líquido, a proteína de planta ou laticínio, se presente, é soja, proteína de soro do leite ou leite integral ou uma mistura dos mesmos em uma quantidade de cerca de 10 a 15% em peso da matriz de líquido, e o polissacarídeo, se presente, é goma guar, goma de alfarroba, goma carrageninana, goma xantana, pectina ou uma mistura das mesmas em uma quantidade de cerca de 0,1 a 1,25% em peso da matriz de líquido.

Outra modalidade da invenção refere-se a espumas sólidas dos tipos que são descritos aqui e que são mantidas em uma temperatura que está abaixo daquela que faz com que a matriz de líquido solidifique ou congele. Surpreendentemente, a matriz solidificada ou congelada não inclui cristais congelados compactados do líquido que têm diâmetros médios de $X_{50,0}$ de 50 microns ou mais, e a espuma permanece estável sem mudança significativa em tamanho de bolhas e distribuições de tamanho de cristal de gelo após choques térmicos múltiplos.

Outra modalidade da invenção refere-se a um método de fabricação de uma espuma estável compreendendo uma matriz de líquido, bolhas de gás e um agente de estruturação formando uma estrutura de gaiola lamelar ou vesicular que aprisiona e estabiliza pelo menos uma porção substancial das bolhas de gás e matriz de líquido nela. Este método geralmente inclui as etapas de provisão de um composto de agente anfifílico cristalino ou semicristalino ou material que inclui porções hidrofóbicas ou hidrofílicas em uma matriz de líquido em um pH entre 6 e 8; adição de um agente de tumefação à matriz de líquido com aquecimento por um tempo e uma temperatura suficiente para derreter o composto ou material cristalino e prover uma solução da matriz de líquido, o agente de tumefação e porções hidrofílicas de tumefação do agente anfifílico que formam lamelas ou vesículas de estrutura de gaiola; homogeneização da solução sob condições suficientes para dispersar as lamelas ou vesículas da estrutura de gaiola; esfriamento da solução homogeneizada a uma temperatura abaixo da ambiente para fixar as lamelas/vesículas como uma estrutura de gaiola sem geração de um gel dando uma textura tipo borracha; e provisão de bolhas de ar na solução. Então, a estrutura de gaiola lamelar/vesicular aprisiona e estabiliza pelo menos uma porção substancial das bolhas de gás e matriz de líquido nela para reter as bolhas de gás e líquido em uma estrutura compacta suficiente que substancialmente previne drenagem da matriz de líquido e coalescência das bolhas de gás para preparar uma espuma estável que mantém a estabilidade mesmo quando submetida a choques térmicos múltiplos. A dispersão de uma estrutura lamelar pode também ser referida como vesículas multilamelares.

A matriz de líquido geralmente compreende um fluido polar desionizado. O pH do fluido polar desionizado é ajustado para neutro (aproximadamente 7) antes da adição do agente anfifílico, e então a solução é aquecida a uma temperatura acima de 65°C a 95°C por um tempo de cerca de 20 a 85 segundos. Isto ajuda a dissolver o agente anfifílico na matriz de líquido. Em caso de combinação de uma etapa de pasteurização o tempo de manutenção na respectiva temperatura é adequadamente ajustado entre cerca de

25 minutos a 65°C a 30 segundos a 85°C. O agente anfifílico geralmente compreende um tensoativo ou mais especificamente um emulsificante e está presente em uma quantidade de cerca de 0,1 a 2% em peso da matriz de líquido, e o agente de tumefação tipicamente é um material que é compatível com o agente anfifílico e que faz com que o agente inche. Para o emulsificante de PGE exemplar, o agente de tumefação compreende ácidos graxos não-esterificados que são solúveis ou dispersáveis na matriz de líquido e que é também adicionado em uma quantidade entre cerca de 0,1 e 2% em peso da matriz de líquido. Em um pH de 7 a maioria dos ácidos graxos é não-protonada e carrega uma carga líquida apoiando o efeito de tumefação.

A homogeneização pode ser uma homogeneização de pressão alta conduzida a 12,5 a 12,5 MPa (125 a 225 bar) em uma temperatura de cerca de 60°C a 95°C e então a solução homogeneizada é esfriada a uma temperatura de menos do que cerca de 10°C, mas sem congelamento da matriz de líquido por um período entre 4 e 20 horas. Em seguida, a solução esfriada pode ser tratada mais para reduzir o pH para entre 2 e 4,5 e/ou adicionar um sal antes da aeração da solução esfriada para formar a espuma.

A matriz de líquido geralmente compreende um fluido polar livre de íons de sal opcionalmente inclui um agente de aumento da viscosidade em uma quantidade suficiente para prover a matriz de líquido com uma viscosidade aumentada para ajudar a reter a matriz de líquido e bolhas de gás na estrutura de gaiola lamelar/vesicular. A matriz de líquido compreende água desionizada, e o agente de modificação de viscosidade pode ser qualquer um daqueles mencionados mais especificamente aqui. O agente de modificação de viscosidade é geralmente, adicionada à água desionizada em um pH neutro e com aquecimento moderado a uma temperatura de cerca de 30°C a 50°C antes da adição do material ou composto anfifílico.

As bolhas de gás são geralmente nitrogênio, oxigênio, argônio ou misturas dos mesmos e são providas na solução por um dispositivo de batimento ou através da introdução através de uma membrana porosa. Para obter bolhas de gás tendo um diâmetro de bolha de gás médio $X_{50,0}$ que está entre 10 e 15 microns, um dispositivo de batimento de rotor/estator conven-

cional pode ser usado para aprisionar as bolhas de gás na solução. Para se obter bolhas de gás tendo um diâmetro de bolha de gás médio $X_{50,0}$ que está abaixo de 10 microns e uma distribuição de tamanho de bolha de gás estreita com uma razão de distribuição de diâmetro de bolha $X_{90,0}/X_{10,0}$ que é menos do que 3,5, as bolhas de gás podem ser providas na solução através de uma membrana giratória de diâmetro de poro médio de 6 micrômetros que é configurada, dimensionada, posicionada e movida para separar bolhas de gás daquele tamanho da superfície da membrana onde elas são formadas de um fluxo de gás que passa pela membrana, e inseri-las na matriz de líquido. Finalmente, para se obter bolhas de gás tendo um diâmetro de bolha de gás médio $X_{50,0}$ que é abaixo de 7,5 microns e uma distribuição de tamanho de bolha de gás estreita com uma razão de distribuição de diâmetro de bolha $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 3,5 essas bolhas de gás podem ser providas na solução através de uma membrana de 6 micrômetros de diâmetro de poro médio que é configurada no formato de um cilindro fechado que é estacionário com gás introduzido do exterior para o cilindro para formar bolhas de gás na superfície interna da membrana, e a matriz de líquido fluindo acima da superfície de membrana interior eventualmente apoiada por um cilindro de não-membrana giratório posto concentricamente ou ecentricamente dentro do cilindro da membrana para separar as bolhas de gás.

Conforme acima mencionado, um produto preferido é uma espuma sólida, e isto pode ser provido através da solidificação da matriz líquida ao mantê-la em uma temperatura que está abaixo daquela que faz com que a matriz de líquido solidifique ou congele. Surpreendentemente, a matriz solidificada ou congelada não inclui cristais congelados compactos do líquido que têm diâmetros médios $X_{50,0}$ de 50 microns ou maior, e ainda onde a espuma permanece estável sem mudanças significantes nas distribuições de tamanho de bolha de gás e cristal de gelo após choques térmicos múltiplos. Isto pode ser obtido se um agente de aumento de viscosidade for adicionado à matriz de líquido desionizada ou não embora um agente de aumento de viscosidade seja preferido por outras razões que se tornarão aparentes na descrição detalhada que segue.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Para uma compreensão adicional da natureza e vantagens da invenção bem como vantagens relacionadas comparado com o estado da técnica, referência deve ser feita à descrição que segue tomada em conjunto com as figuras acompanhantes onde a invenção e as propriedades relacionadas com a invenção são exemplarmente mostradas, onde:

a figura 1 é um gráfico de distribuição de tamanho de bolha de ar obtida de um dispositivo de dispersão de bolha convencional.

A figura 2 é um gráfico de distribuição de tamanho de bolha de ar de uma espuma produzida de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A figura 3 é um gráfico em barra que ilustra a 10^a, 50^a e 90^a porcentagem de diâmetros de bolha para três modalidades de processo/dispositivo de aeração diferentes da invenção.

A figura 4 é um gráfico indicando a largura de distribuição de tamanho de bolha ou "estreiteza" para três modalidades de processo/dispositivo de aeração diferentes da invenção.

As figuras 5A e 5B são Microfotografias Eletrônicas de Varredura das estruturas de gaiola lamelares das espumas da invenção.

A figura 6 é um gráfico mostrando a dependência do volume de fase lamelar como uma função de concentração de agente de tumefação adicionado.

A figura 7 é um diagrama que ilustra as etapas para formação da espuma de acordo com a presente invenção.

A figura 8 ilustra o produto resultante obtido se alguém mudar a ordem da etapa de aquecimento (I) e a etapa de ajuste do pH (II) que produz a espuma, onde a ordem reversa (II, então I) gera um colapso de estrutura pronunciado, sem qualquer espuma.

A figura 9 é uma fotografia de dois tubos de teste para comparar as características de drenagem de uma espuma de acordo com a invenção com aquela de um sorvete de fruta convencional.

A figura 10 é um gráfico de diâmetros de bolha para espumas

que são submetidas a choque térmico, com a figura 10A sendo uma microfotografia ilustrando as bolhas antes de choque térmico e a figura 10B ilustrando as bolhas após choque térmico.

5 A figura 11 é um gráfico que mostra o comportamento de choque térmico de uma espuma de acordo com a invenção.

A figura 12 é um desenho esquemático de uma primeira modalidade (Tipo I) do dispositivo de aeração da invenção mostrando um corte axial através do dispositivo com a membrana instalada na superfície da parte interna de rotação (isto é, cilindro), com as seções de lacuna ampliadas da
10 figura 12A e da figura 12B mostrando entidade de gás compacta na superfície da membrana.

A figura 13 é um desenho esquemático de uma segunda modalidade (Tipo II) do dispositivo de aeração da invenção mostrando um corte axial através do dispositivo com uma membrana instalada na superfície da
15 parte externa fixa (alojamento cilíndrico), com a seção de lacuna ampliada da figura 13A mostrando filamentos de gás lançando do poro da membrana para a lacuna.

A figura 14A é uma vista seccional através do aparelho das figuras 12-13, ortogonal ao eixo de rotação, ilustrando a disposição ecêntrica de
20 parte interna giratória e alojamento, com a figura 14B ilustrando uma vista seccional paralela ao eixo de rotação.

A figura 15A é uma vista seccional através do aparelho das figuras 12-13, ortogonal ao eixo de rotação, demonstrando a disposição ecêntrica de parte interna giratória e alojamento com a membrana de aeração fixa-
25 da ao alojamento e superfície perfilada da parte interna giratória (isto é, cilindro), com a figura 15b ilustrando uma vista seccional paralela ao eixo de rotação.

A figura 16 é um gráfico de função de distribuição de tamanho de bolha de ar $q_o(x)$ (isto é, distribuição de densidade de número) após tratamento de dispersão no novo dispositivo de membrana B-Tipo II com mem-
30 brana montada no alojamento fixo.

A figura 17 é um gráfico de função de distribuição de tamanho

de bolha de ar $q_0(x)$ (isto é, distribuição de densidade de número) após tratamento de dispersão no dispositivo de membrana Tipo II sob as mesmas condições que o dispositivo B-Tipo I.

5 A figura 18 é um gráfico de função de distribuição de tamanho de bolha de ar $q_0(x)$ (isto é, distribuição de densidade de número) após tratamento de dispersão em um dispositivo de rotor/estator convencional sob as mesmas condições que os dispositivos B-Tipos I e II.

A figura 19 é um gráfico mostrando a dependência funcional do diâmetro de bolha médio $X_{50,0}$ (valor médio da distribuição de volume de bolha, $q_3(x)$) como uma função do gás disperso em uma fração de volume para receita modelo NDA-1, aerada com duas modalidades de processo diferentes: processo /dispositivo de membrana com membrana montada em cilindro interno giratório (B-Tipo I) e processo /dispositivo de membrana com membrana fixa no alojamento e cilindro sólido interno giratório com superfície lisa (B-Tipo II); condições: receita NDA-1; lacuna) 0,22 mm, r.p.m: 6250).

A figura 20 é um gráfico mostrando a dependência funcional do diâmetro de bolha médio $X_{50,0}$ (valor médio da distribuição de número, $q_0(x)$) como uma função da densidade de energia volumétrica (alimentação de energia por líquido de volume) para receita de fase fluida líquida contínua NMF-2 (2A, 2b comparável) aerada com os dois processos diferentes: pino de intermistura de rotor/estator convencional com características de fluxo turbulento (A) e processo/dispositivo de membrana novo com a membrana montada no cilindro interno giratório (B-Tipo I).

A figura 21 é um gráfico de função de distribuição de tamanho de bolha de ar $q_0(x)$ (= distribuição de densidade de número) após tratamento de dispersão em dispositivo de membrana novo com membrana montada no alojamento externo fixo e com superfície perfilada de cilindro interno giratório (condições: receita NDA-1, lacuna: 0,22 mm, r.p.m: 6250, fração de volume de gás 0,5).

30 DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS

Na descrição que segue várias definições úteis são usadas para definir a invenção e compreender suas características novas.

O termo "choque térmico" conforme usado aqui significa uma mudança em estado da espuma de um sólido para um líquido ou semilíquido ou vice versa, causado por aquecimento de uma mistura onde a matriz é congelada a uma temperatura onde a matriz é líquida ou semilíquida, ou esfriamento de uma temperatura onde a matriz é líquida a uma temperatura onde a matriz é congelada ou sólida.

O termo "resistência a choque térmico" conforme usado aqui significa a habilidade da espuma em manter a estabilidade quando submetida a uma ou mais ocorrências de choque térmico. Isto geralmente significa que a espuma retém substancialmente seu tamanho de bolha e distribuição de tamanho de bolha após sofrer choque térmico, isto é, as bolhas não coalescem e a estrutura da espuma não se deteriora.

A presente invenção refere-se a uma espuma estável nova e versátil bem como a métodos de fabricação da espuma e a produtos que incorporam ou contêm a espuma nova. A espuma é uma disposição única de bolhas de gás em uma matriz, com a adição de certos componentes adicionais resulta em uma estrutura de gaiola lamelar nova e única que auxilia na estabilização das bolhas na espuma.

As bolhas podem ser feitas de qualquer gás dependendo do uso desejado da espuma. Para a maioria dos usos, as bolhas de gás são feitas de ar, mas, se desejado, o gás pode ser qualquer um que seja inerte ou pelo menos não-reativo com o líquido da matriz e os componentes antecipados que devem ser incluídos na matriz ou espuma. Por exemplo, nitrogênio, oxigênio, argônio, dióxido de nitrogênio ou misturas dos mesmos são geralmente preferidos embora hidrogênio, hélio e outros tais gases possam ser usados para aplicações de espuma de especialidade. As bolhas finas da espuma estão presentes em uma matriz de líquido que contém certos aditivos úteis que encorajam e mantêm a estrutura da espuma apesar da exposição a temperaturas diferentes variando daquelas que fazem a matriz congelar até aquelas que a aquecem para um pouco abaixo do ponto de ebulição da matriz.

O líquido que é usado para formar a matriz da espuma pode

também variar amplamente dependendo do tipo desejado de espuma e seu uso final. O líquido mais conveniente e abundante para este propósito é água, embora qualquer outro líquido que seja polar e não-reativo com as bolhas de gás e constituintes da matriz possa ser usado. Como um uso principal da espuma seria para consumo, o gás e líquido devem ser não-tóxicos para consumo humano.

A matriz geralmente compreende o líquido e inclui um agente de estruturação que forma uma estrutura de gaiola lamelar ou vesicular sem gerar um gel que dá uma textura de borracha à espuma. A estrutura de gaiola lamelar aprisiona pelo menos uma porção substancial das bolhas de gás e matriz de líquido nela para reter as bolhas de gás e líquido em uma estrutura suficientemente compacta que previne substancialmente drenagem da matriz de líquido e coalescência e *cremosidade (creaming)* das bolhas de gás para manter a habilidade da espuma mesmo quando a espuma é submetida a choque térmico múltiplo.

O termo "previne substancialmente drenagem" conforme aqui usado significa que não mais do que 5% do líquido drenam da espuma quando mantida por 24 horas em temperatura ambiente em um recipiente. Também, o termo "retém substancialmente estabilidade" significa que a espuma pode ser submetida a uma ou mais excursões de choque térmico sem perder sua estrutura. Isto significa que a espuma pode ser congelada, derretida e novamente derretida enquanto retendo sua estrutura. Em um produto de sorvete, por exemplo, que é uma implementação preferida da invenção, isto significa que o produto pode ser congelado e recongelado sem gerar cristais de gelo de um tamanho que tornaria o produto não-palatável.

Vantajosamente, a matriz de líquido compreende um fluido polar, o gás é nitrogênio, oxigênio, argônio, dióxido de nitrogênio ou misturas dos mesmos, as bolhas de gás têm um diâmetro médio suficientemente pequeno e são suficientemente proximamente espaçadas na estrutura de gaiola lamelar para prevenir formação de cristais congelados tendo diâmetros médios ($X_{50,0}$) de 50 microns ou maior na matriz de líquido quando a espuma é submetida a uma temperatura que está abaixo da temperatura de congela-

mento da matriz de líquido. De preferência, a matriz de líquido compreende água, o gás é ar, as bolhas de gás têm um diâmetro médio $X_{50,0}$ que é menos do que 30 microns e são espaçadas por uma distância que é menos do que 30 microns e a espuma tem uma razão de distribuição de diâmetro de bolha de gás $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 5. Com mais preferência, as bolhas de gás têm um diâmetro médio $X_{50,0}$ que é menos do que 15 microns e são espaçadas por uma distância que é menos do que 15 microns e a espuma tem uma razão de distribuição de diâmetro de bolha de gás $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 3,5 e mais particularmente entre 2 a 3.

Agentes de estruturação adequados geralmente compreendem um composto ou material anfifílico que inclui porções hidrofóbicas e hidrofílicas inchadas que foram lamelas ou vesículas de estrutura de gaiola. O agente de estruturação frequentemente será um emulsificante e estará presente em uma quantidade de cerca de 0,05 a 2,5% em peso da matriz de líquido. Um agente de estruturação preferido compreende um poliglicerol éster de ácidos graxos fisico-quimicamente ("PGE") (isto é, aplicando um "tratamento de carga" das moléculas: a carga líquida pronunciada em pH neutro, antes da etapa de aquecimento e neutralização das cargas em pH reduzido e/ou através de um teor de íon de sal aumentado, antes do batimento) ou mecanicamente pré-tratado e está presente em uma quantidade de cerca de 0,1 a 1,5% em peso da matriz de líquido. O éster é tratado para prover uma estrutura de gaiola lamelar/vesicular aperfeiçoada para retenção de bolhas de gás e matriz de líquido nela e é particularmente útil quando uma espuma de bolha de gás muito fina é requerida ou desejada. Isto pode ser conseguido através da adição de um agente de tumefação, tal como ácidos graxos não-esterificados, que faz com que as lamelas inchem e formem poros maiores.

Outros agentes de estruturação adequados incluem agentes de estabilização e emulsificantes convencionais e qualquer um de uma ampla variedade pode ser usado ou sozinho ou em várias combinações. A quantidade do emulsificante não é crítica, mas é geralmente retida em um nível relativamente baixo. PGE é preferido porque ele tem uma quantidade contro-

lável de tumefação e isto permite que uma pessoa controle a formação da estrutura de gaiola para o nível desejado para o tamanho selecionado das bolhas e o uso pretendido da espuma. Como outros emulsificantes podem ser ajustáveis (através da adição de ácidos graxos, sal e/ou a diminuição do pH) para prover interações de molécula carregadas diferentes no espaço interlamelar, vários outros emulsificantes adequados, por exemplo, mono ou triglicerídeos, podem ser selecionados com base em teste de rotina. As quantidades relativas podem ser também rotineiramente determinadas, mas foi constatado em geral que as quantidades a serem usadas serão maiores do que aquelas de produtos alimentícios atuais, tal como sorvete, porque o emulsificante está ambos revestindo as bolhas de gás bem como provendo a estrutura lamelar/vesicular da gaiola.

A matriz de líquido pode incluir um agente de aumento de viscosidade para prover uma viscosidade suficiente para permanecer entre as bolhas na espuma. Este componente pode ser qualquer um de vários agentes de aumento da viscosidade que são conhecidos para uso com o líquido particular selecionado para a espuma. Quando o líquido da matriz é água, o versado na técnica tem vários compostos para considerar para seleção. O agente de aumento de viscosidade pode ser um carboidrato em uma quantidade de cerca de 5 a 45% em peso da matriz de líquido, uma proteína de planta ou de laticínio em uma quantidade de cerca de 5 a 20% em peso da matriz de líquido, um polissacarídeo em uma quantidade de cerca de 0,1 a 2% em peso da matriz de líquido ou uma mistura dos mesmos. Mais especificamente, o carboidrato, se presente, pode ser sacarose, glicose, frutose, xarope de milho, lactose, maltose ou galaxies e está presente em uma quantidade de cerca de 20 a 35% em peso da matriz de líquido, a proteína de planta ou de laticínio, se presente, pode ser proteína soja, do soro do leite ou leite em uma quantidade de cerca de 10 a 15% em peso da matriz de líquido, e o polissacarídeo, se presente, pode ser um estabilizador tal como galactomanana ou goma guar, goma de alfarroba, goma carrageninana ou goma xantana em uma quantidade de cerca de 0,2 a 1,25% em peso da matriz de líquido. Outros materiais podem ser usados para este propósito como

será referido aqui. A combinação de um emulsificante e um agente de estabilização é preferida em certas modalidades.

5 Outra modalidade da invenção refere-se a espumas sólidas dos tipos que são descritos aqui e que são mantidas em uma temperatura que está abaixo daquela que faz com que a matriz de líquido solidifique ou congele. Surpreendentemente, a espuma tem tamanho de bolha e distribuição de tamanho suficientemente pequenos de modo que a matriz solidificada ou congelada não inclui cristais congelados do líquido que têm diâmetros médios ($X_{50,0}$) de 50 microns ou mais, e ainda a espuma permanece estável
10 após choques térmicos múltiplos.

Outra modalidade da invenção refere-se a método de fabricação de uma espuma estável compreendendo uma matriz de líquido, bolhas de gás e um agente de estruturação formando uma estrutura de gaiola lamelar ou vesicular que aprisiona pelo menos uma porção substancial das bolhas de gás e da matriz de líquido nela. Este método geralmente inclui as etapas de provisão de um composto de agente ou material anfifílico cristalino que inclui porções hidrofóbicas e hidrofílicas em uma matriz de líquido em um pH entre 6 e 8; adição de um agente de tumefação à matriz de líquido com aquecimento por um tempo e em uma temperatura suficiente para derreter o
15 composto ou material cristalino e prover uma solução da matriz de líquido, o agente de tumefação e porções hidrofóbica e hidrofílica inchada do agente anfifílico que forma as lamelas ou vesículas de estrutura de gaiola; homogeneização da solução sob condições suficientes para dispersar as lamelas/vesículas da estrutura de gaiola; esfriamento da solução homogeneizada a uma temperatura abaixo da ambiente para fixar as lamelas/vesículas na
25 estrutura de gaiola sem geração de um gel dando uma textura tipo borracha; e provisão de bolhas de ar na solução. Então, a estrutura de gaiola lamelar aprisiona pelo menos uma porção substancial das bolhas de gás e matriz de líquido nela para reter as bolhas de gás e líquido em uma estrutura suficientemente compacta que previne substancialmente drenagem da matriz de
30 líquido e coalescência e *cremosidade (creaming)* das bolhas de gás para preparar uma espuma estável que mantém a estabilidade mesmo quando

submetidas a choque térmico múltiplo.

O pH da matriz de líquido desionizada é de preferência ajustado para neutro (aproximadamente 7) antes da adição do agente anfifílico, e então a solução é aquecida a uma temperatura acima de 65°C a 95°C por um tempo de cerca de 20 a 85 segundos. Isto ajuda a dissolver o agente anfifílico na matriz de líquido. No caso de combinar uma etapa de pasteurização o tempo de manutenção na respectiva temperatura é adequadamente ajustado entre cerca de 25 minutos a 65°C a 30 segundos a 85°C. O agente anfifílico geralmente compreende um tensoativo ou mais especificamente um emulsificante e está presente em uma quantidade de cerca de 0,1 a 2% em peso da matriz de líquido, e o agente de tumefação tipicamente é um material que é compatível com o agente anfifílico e que faz com que o agente inche. Para o emulsificante PGE exemplar (poliglicerol éster de ácidos graxos), o agente de tumefação compreende ácidos graxos não-esterificados que são solúveis ou dispersáveis na matriz de líquido e que é também adicionado em uma quantidade entre cerca de 0,1 e 2% em peso da matriz de líquido. Em um pH de 7 a maioria dos ácidos graxos é não-protonada e carrega uma carga líquida apoiando o efeito de tumefação.

A homogeneização pode ser uma homogeneização em alta pressão conduzida a 12,5 a 22,5 Mpa (125 a 225 bar) em uma temperatura de cerca de 60°C a 95°C e então a solução homogeneizada é esfriada a uma temperatura de menos do que cerca de 10°C, mas sem congelamento da matriz de líquido por um período entre 4 e 20 horas. Em seguida, a solução esfriada por ser tratada mais para reduzir o pH para entre 2 e 4,5 e/ou adicionar um sal antes da aeração da solução esfriada para formar a espuma.

A matriz de líquido compreende geralmente um fluido polar livre de íons de sal e opcionalmente inclui um agente de aumento de viscosidade em uma quantidade suficiente para prover a matriz de líquido com uma viscosidade aumentada para ajudar a reter a matriz de líquido e bolhas de gás na estrutura de gaiola lamelar. Uma matriz de líquido compreende água desionizada, e o agente de modificação de viscosidade pode ser qualquer um

daqueles mencionados mais especificamente aqui. O agente de modificação de viscosidade é geralmente adicionado à água desionizada em um pH neutro e com aquecimento moderado a uma temperatura de cerca de 30°C a 50°C antes da adição do material ou composto anfifílico.

5 As bolhas de gás são geralmente nitrogênio, oxigênio, argônio, dióxido de nitrogênio ou misturas dos mesmos e são providas na solução através de um dispositivo de batimento ou através da introdução através de uma membrana porosa. Para obter bolhas de gás tendo um diâmetro de bolha de gás médio $X_{50,0}$ que está abaixo de 10 microns e uma distribuição de tamanho de bolha de gás estreita com uma razão de distribuição de diâmetro de bolha $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 3,5 as bolhas de gás podem ser providas na solução através de uma membrana giratória de diâmetro de poro médio de 6 micrômetros que é configurada, dimensionada, posicionada e movida para separar bolhas de gás deste tamanho da superfície da membrana onde elas são formadas de um fluxo de gás que passa através da membrana, e inseri-las na matriz de líquido. Finalmente, para obter bolhas de gás tendo um diâmetro de bolha de gás médio $X_{50,0}$ que está abaixo de 7,5 microns, e uma distribuição de tamanho de bolha de gás estreita com uma razão de distribuição de diâmetro de bolha $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 3,5 essas bolhas de gás podem ser providas na solução através de uma membrana de diâmetro de poro médio de 6 micrômetros que é configurada no formato de um cilindro fechado que é estacionário com gás introduzido do exterior no cilindro para formar bolhas de gás na superfície interior da membrana, e a matriz de líquido fluindo acima da superfície de membrana interior eventualmente apoiada por um cilindro de não-membrana giratório posto concentricamente ou ecentricamente dentro do cilindro de membrana, para separar as bolhas de gás.

Conforme acima mencionado, um produto preferido é uma espuma sólida, e isto pode ser provido através da solidificação da matriz de líquido ao mantê-la em uma temperatura que está abaixo daquela que faz com que a matriz de líquido solidifique ou congele. Surpreendentemente, a matriz solidificada ou congelada não inclui cristais congelados compactos do

líquido que têm diâmetros médios $X_{50,0}$ de 50 microns ou mais, e ainda onde a espuma permanece estável sem mudanças significantes em distribuições de tamanho de bolha de gás e de cristal de gelo após choques térmicos múltiplos. Isto pode ser obtido se um agente de aumento de viscosidade for adicionado à matriz de líquido desionizada ou não embora uma gente de aumento de viscosidade seja preferido por outras razões que se tornarão aparentes na descrição detalhada que segue.

Um agente de aumento de viscosidade preferido é açúcar, uma vez que um dos principais usos para a espuma da invenção é em um produto alimentício ou farmacêutico para consumo. Em adição ao aumento da viscosidade da matriz, açúcar dá um gosto agradável e desejável à espuma. Qualquer componente de açúcar convencional pode ser usado uma vez que não há nenhum ponto crítico ao tipo específico. Quando um polissacarídeo é usado, uma goma é preferida. Gomas adequadas incluem goma guar, goma de alfarroba, goma xantana, pectina ou carrageninana.

Foi constatado que a microestrutura da espuma inclui uma estrutura de "gaiola" ou "célula" lamelar ou vesicular formada pelo emulsificante e onde as bolhas são aprisionadas. A gaiola é suficientemente versátil para reter sua orientação e estrutura apesar de aquecimento e esfriamento da matriz. Ainda, esta estrutura de gaiola não é diretamente dependente da viscosidade da matriz de modo que o versado na técnica é provido com várias opções no projeto da espuma para o uso final particular.

Uma modalidade refere-se à produção de nanoespumas estáveis que são de custo baixo e de grande utilidade para vários produtos alimentícios diferentes. Quando congeladas, tais espumas impedem a geração e desenvolvimento de cristais de gelo. Tais espumas são de custo baixo devido ao pequeno número de ingredientes convencionais. Se desejado, tais espumas podem ser livres de alérgeno (isto é, não contendo nenhuma proteína ou componente de laticínio) e/ou podem ter um teor calórico baixo com pouca ou nenhuma gordura. As espumas também provêem uma sensação na boca suave, cremosa, com uma liberação de sabor desejável.

Essas espumas são relativamente fáceis de fabricar e são está-

veis em prateleira em temperatura ambiente. Elas têm um comportamento de derretimento limpo com uma liberação de sabor limpa e fresca. Há um risco de higiene baixo devido à omissão de ingredientes de laticínio.

5 Uma característica-chave da presente espuma é sua habilidade em reter bolhas muito pequenas, homogêneas, micro a nanodimensionadas que agem como rolimãs na boca do consumidor para prover suavidade e lubrificação resultando em uma sensação na boca muito cremosa apesar da ausência de gordura. Isto abre uma nova fronteira integral de produtos "diet saudáveis" até agora não possíveis de fabricar.

10 O agente de estruturação pode estar presente na espuma sozinho ou em combinação com um estabilizador. Estabilizadores de goma são particularmente eficazes com emulsificantes em controle de viscosidade, provisão de sensação na boca e melhora das propriedades de batimento (aeração); para prover um colóide protetor para estabilizar proteínas para
15 processamento com calor; para modificar a química de superfície de superfícies de gordura para minimizar *cremosidade (creaming)*; para prover estabilidade ácida a sistemas de proteína e; para aumentar a estabilidade a congelamento-descongelamento. Gomas podem ser classificadas como neutras e ácidas, de cadeias reta e ramificada, de geleificação e não-geleificação. As
20 principais gomas que podem ser usadas são gomas Karaya, goma de alfarroba, carrageninana, xantano, guar, pectina, goma tara e carboximetilcelulose.

Geralmente as composições de espuma da invenção podem ser usadas para fazer vários produtos comestíveis e não-comestíveis diferentes.
25 Quando feita em uma composição de gênero alimentício ou bebida, a espuma pode ser naturalmente adoçada. Fontes naturais de doçura incluem sucrose (líquida ou sólida), glicose, frutose e xarope de milho (líquido ou sólido). Outros adoçantes incluem lactose, maltose e galactose. Níveis de açúcares e fontes de açúcar de preferência resultam em níveis de sólidos de
30 açúcar de até 20% em peso, de preferência de a partir de 5 a 18% em peso, especialmente de a partir de 10 a 17% em peso.

Se for desejado usar adoçantes artificiais, qualquer um dos ado-

çantes artificiais bem-conhecidos na técnica pode ser usado, tal como aspartame, sacarina, Alitame® (obtenível da Pfizer), acessulfame K (obtenível da Hoechst), ciclamatos, neotame, sucralose e similar. Quando usado, aspartame é preferido.

- 5 Se desejado, glicerol ou também proteínas anticongelantes podem ser usados para controlar formação de gelo em espumas tendo tamanho de bolha e distribuição de tamanho de bolha maiores. Sorbitol pode ser também empregado, mas glicerol é preferido. O glicerol pode ser usado em uma quantidade de cerca de 1% a 5%, de preferência 2,5% a 4,0%. Proteínas Anticongelantes (AFP) podem ser usadas em concentrações de ppm. Esses componentes não são necessários quando os tamanhos de bolha fina preferidos (ou tamanhos de nanobolha) são incluídos na espuma.

- 15 Aromatizantes são de preferência adicionados ao produto, mas apenas em quantidades que vão dar um sabor suave, agradável. O aromatizante pode ser qualquer um dos aromatizantes comerciais empregados em sorvete, tal como tipos variáveis de manteiga de cacau, vanilina pura ou aroma artificial, tal como vanilina, etilvanilina, chocolate, extratos, especiarias e similar. Será ainda compreendido que muitas variações de aroma podem ser obtidas através de combinações de aromas básicos. As composições de doce são aromatizadas para ter gosto conforme acima mencionado. Aromatizantes adequados podem também incluir condimentos, tal como sal, e aromas de fruta ou chocolate de imitação ou sozinhos ou em qualquer combinação adequada, enquanto no caso de adições de sal eles têm que ser adicionados após o aquecimento e subsequente esfriamento, mas antes da espumação. Aromatizantes que mascaram gostos desagradáveis de vitaminas e/ou minerais e outros ingredientes podem também ser incluídos nos produtos de espuma da invenção. Pó de malte pode ser também usado para dar sabor.

- 30 Conservantes tal como Polissorbato 80, Polisorbato 65 e sorbato de potássio podem ser usados conforme desejado. Cálcio está de preferência presente na composição em a partir de 10 a 30% RDI, especialmente cerca de 25% RDI. A fonte de cálcio é de preferência fosfato de tricálcio. Por

exemplo, níveis de % em peso de fosfato de tricálcio podem variar de a partir de 0,5 a 1,5%. Em uma modalidade preferida, o produto é fortificado com uma ou mais vitaminas e/ou minerais e/ou fontes de fibra, em adição à fonte de fosfato de tricálcio de cálcio. Esses podem incluir qualquer um dos que

5 seguem: Ácido ascórbico (Vitamina C), Acetato de Tocoferol (Vitamina E), Biotina (Vitamina H), Palmitato de Vitamina A, Niacinamida (Vitamina B3), Iodeto de Potássio, d-Pantotenato Cálcio (Vitamina B5), Cianocobalamina (Vitamina B12), Riboflavina (Vitamina B2), Mononitrato de Tiamina (Vitamina B1), Molibdênio, Cromo, Selênio, Carbonato de Cálcio, Lactato de Cálcio,

10 Manganês (como Sulfato de Manganês), Ferro (como Ortofosfato Férrico) e Zinco (como Óxido de Zinco). As vitaminas estão de preferência presentes em RDI a partir de 5 a 20%, especialmente RDI de a partir de cerca de 15%. De preferência, fontes de fibra estão presentes no produto em mais de 0,5% em peso e não excedem 6% em peso, especialmente 5% em peso.

15 Algumas das vitaminas e/ou minerais podem ser adicionadas à mistura de doce congelado enquanto outras podem ser incluídas nos ingredientes para adjuntos tal como *wafers*, variegatos e molhos.

As composições de espuma da invenção podem também conter um ingrediente funcional. O termo "ingrediente funcional", conforme aqui u-

20 sado, inclui substâncias fisiologicamente ou farmacologicamente ativas pretendidas para uso no tratamento, prevenção, diagnóstico, cura ou mitigação de doenças ou males, ou substâncias que provêem algum grau de benefício nutricional ou terapêutico a um animal quando consumido. O termo "ingrediente funcional" refere-se mais particularmente à definição da ISLI European

25 que declara que um alimento funcional pode ser considerado como "funcional" se ele for satisfatoriamente demonstrado afetar benéficamente uma ou mais funções-alvo no corpo, além dos efeitos nutricionais adequados de um modo que é ou um estado de saúde e bem-estar melhor e/ou redução de risco de doença (Scientific Concept of Functional Foods in Europe: Consensus Document, British Journal of Nutrition, Volume 80, suplemento 1, Agosto

30 1998). Exemplos não-limitantes incluem fármacos, extratos botânicos, enzimas, hormônios, proteínas, polipeptídios, antígenos, suplementos nutricional-

nais tal como ácidos graxos, antioxidantes, vitaminas, minerais, bem como outros compostos farmacêuticamente ou terapeuticamente úteis. Os ingredientes funcionais podem incluir ingredientes tendo efeitos ativos em higiene dentária ou médica, saúde do osso, auxiliar digestivo, proteção intestinal, nutrição geral, alívio de estresse, etc.

Outro componente preferido da composição de espuma da invenção é um componente nutritivo. O termo "componente nutritivo" conforme usado aqui refere-se a uma substância que exerce um efeito fisiológico sobre um animal ou mamífero. Tipicamente, componentes nutritivos satisfazem uma função fisiológica específica ou promovem a saúde e bem-estar do consumidor. Componentes nutritivos específicos incluem um extrato botânico, vitaminas, minerais, agentes de volume ou outros componentes de fornecimento de nutrição.

Os termos "extrato botânico" e "botânico", conforme aqui usados intercomutavelmente, referem-se a uma substância derivada de uma fonte de planta. Exemplos não-limitantes podem incluir equinácea, ginseng Siberiano, ginko biloba, noz de cola, goldenseal, golo kola, equizandra, fruto do sabugueiro, erva de São-João, valeriana e efedra.

Este aditivo pode ser uma bactéria probiótica como aquela que tem sido usada para tratamento de condições imunes, bem como para prevenção ou inibição de diarreia causada por bactérias patogênicas.

O componente nutritivo pode ser um ou mais nutrientes ou minerais selecionados do grupo consistindo em vitamina E, vitamina C, vitamina B6, ácido fólico, vitamina B12, cobre, zinco, selênio, cálcio, fósforo, magnésio, ferro, vitamina A, vitamina B1, vitamina B2, niacina e vitamina D. Qualquer um ou todos desses minerais ou nutrientes podem ser incluídos.

O produto alimentício da invenção pode incluir oligossacarídeos de polidextrose ou frutose tal como inulina como um agente de volume ou uma fonte de fibra e é de preferência incluído em a partir de 1 a 10% em peso, especialmente de a partir de 1 a 6% em peso.

O termo "componente medicinal", conforme aqui usado, refere-se a uma substância farmacologicamente ativa que exerce um efeito ou efei-

tos localizados ou sistêmicos em um animal ou mamífero.

O componente medicinal pode ser qualquer tipo de agente biologicamente ativo que não reaja com ou de outro modo deteriore a espuma. Um teste de contato simples pode ser conduzido para determinar compatibilidade. O agente vai depender de se o sistema de aplicação é pretendido para ingestão, aplicação tópica ou implante, tal como através de injeção ou como um supositório. Agentes ativos que são verificados ser compatíveis com a espuma podem ser revestidos ou encapsulados de outro modo tratados para prevenir o ingrediente ativo de contatar diretamente a espuma pelo menos até após o sistema de aplicação ser aplicado a ou administrado ao indivíduo.

O componente cosmético pode ser qualquer ingrediente ativo ou combinação de ingredientes que seja aplicado em uma maneira tópica à pele ou membrana de mucosa de um animal ou mamífero para administrar um componente medicinal ou para prover um benefício ou melhora para um benefício ao animal ou mamífero.

O componente de aroma pode ser qualquer tipo de componente de realce de aroma ou gosto ou qualquer tipo de componente que dê um caráter de odor perceptível ao sistema de aplicação.

O termo "funcionalidade específica" quando usado para descrever um componente significa que o componente possui alguma característica, propriedade ou função que não é de outro modo provida pela própria espuma. Um tal componente é um pigmento ou outro componente de adição de coloração. Por exemplo, quando a espuma deve ser consumida, uma funcionalidade específica deve ser um aromatizante, inclusão comestível, outro item de realce organoléptico. Para sistemas de aplicação farmacêutica, a funcionalidade específica poderia ser um material que cause uma liberação retardada ou sustentada do ingrediente ativo. Quando a espuma é pretendida para usos de não-consumo, a funcionalidade específica poderia ser um composto que dê resistência à chama. O versado na técnica pode selecionar os componentes que provêem a funcionalidade desejada para qualquer sistema de aplicação particular com base no aditivo a ser aplicado.

O aditivo pode ser também um biopolímero ou composição bioengenheirada tal como aqueles que provêem uma liberação sustentada ou retardada de um componente medicinal ou nutritivo. De preferência, este aditivo é um que degrada biologicamente no corpo, por exemplo, polímero de PLGA.

O aditivo pode ser também um componente inorgânico que é aplicado pelo sistema e que dá propriedades de amortecimento de som. Componentes inorgânicos típicos incluem partículas de vidro, argila ou cerâmica ou fibras e essas são adicionadas nas quantidades apropriadas para atingir o efeito de isolamento ou amortecimento de som acústico. O sistema de aplicação é geralmente preparado em uma viscosidade que facilita bombeamento ou fluxo de fluido ou ele pode ser aquecido para ser fluido, mas então capaz de solidificar ou congelar após ser colocado.

A forma do aditivo não é crítica para a invenção. Embora um aditivo gasoso possa ser usado, ele deve ser dissolvível na matriz de líquido ou capaz de ser incorporado no gás das bolhas. O aditivo está de preferência em uma forma sólida ou líquida. Em geral, o aditivo é uma gotícula líquida que pode ser misturada com a matriz de líquido. Lipossomas, componentes de emulsão ou outras micelas podem ser usados se desejado, com a matriz de líquido representando a fase contínua. Alternativamente, o aditivo pode ser uma partícula, isto é, um material sólido ou um material compósito de um sólido ou líquido que é encapsulado com um revestimento sólido ou semisólido. Essas gotículas ou partículas podem ser solúveis de modo que elas dissolvem completamente ou parcialmente na matriz de líquido ou elas podem ser insolúveis ou suspensas na matriz antes ou após formação da espuma. De preferência, o aditivo está presente com o líquido ou gás e é incorporado ao sistema de aplicação antes da formação da espuma.

As espumas da invenção podem ser também usadas como um sistema de aplicação para composição de bebida. Conforme aqui usado, o termo "composição de bebida" significa uma composição que é não-concentrada e pronta para beber, isto é, potável.

Dependendo de sua formulação, os produtos de alimento ou be-

bida da invenção podem ser formulados para prover um início e manutenção de energia e atividade mental bem como nutrição ao consumidor. Opcionalmente e de preferência, as composições provêm ainda saciedade e/ou refrescância. As presentes composições, que compreendem a espuma e uma
5 mistura de um ou mais carboidratos, uma proteína do leite, uma fonte de cafeína natural, uma pré-mistura de vitamina e, opcionalmente, um aromatizante, um agente de coloração e um antioxidante, surpreendentemente provêm tais início e manutenção de energia e atividade mental.

Os carboidratos podem ser uma mistura de um ou mais monossacarídeos ou dissacarídeos, e de preferência em combinação com um ou
10 mais carboidratos complexos. Na seleção de carboidratos e níveis de carboidrato eficazes para uso nas presentes composições, é importante que os carboidratos e os níveis dos mesmos que são escolhidos permitam uma taxa suficiente de digestão e absorção intestinal para prover uma manutenção
15 uniforme de glicose, que por sua vez provê energia e atividade ao consumidor.

Foi constatado que os monossacarídeos e dissacarídeos provêm em energia imediata ao consumidor enquanto os componentes de carboidrato complexo são hidrolisados no trato digestivo para prover um início poste-
20 rior, ou retardado e mantido, de início de energia para o consumidor. Como é também descrito aqui, a inclusão de um ou mais estimulantes e/ou constituintes fitoquímicos de planta aumenta esta resposta interna. Deste modo, como será discutido mais particularmente aqui, é particularmente preferido que um ou mais estimulantes e/ou constituintes fitoquímicos de planta sejam
25 providos à composição para otimização da manutenção de energia e atividade mental.

Exemplos não-limitantes de monossacarídeos que podem ser utilizados aqui incluem sorbitol, manitol, eritrose, treose, ribose, arabinose, xilose, xilitol, ribulose, glicose, galactose, manose, frutose e sorbose. Mo-
30 nossacarídeos preferidos para uso aqui incluem glicose e frutose, com mais preferência glicose. Dissacarídeos podem ser usados como a fonte de energia intermediária. Exemplos não-limitantes de dissacarídeos que podem ser

utilizados aqui incluem sucrose, maltose, lactitol, maltitol, maltulose e lactose. Esses podem ser adicionados se já não estiverem presentes na matriz de espuma para provisão de gosto ou energia.

O carboidrato complexo utilizado aqui é um oligossacarídeo, polissacarídeo e/ou derivado de carboidrato, de preferência um oligossacarídeo e/ou polissacarídeo. Conforme aqui usado, o termo "oligossacarídeo" significa uma molécula linear digestível tendo de a partir de 3 a 9 unidades de monossacarídeo, onde as unidades são covalentemente conectadas através de ligação glicosídicas. Conforme aqui usado, o termo "polissacarídeo" significa uma macromolécula digestível (isto é, capaz de metabolismo pelo corpo humano) tendo mais do que 9 unidades de monossacarídeo, onde as unidades são covalentemente conectadas através de ligações glicosídicas. Os polissacarídeos podem ser cadeias lineares ou ramificadas. De preferência, o polissacarídeo tem de a partir de 9 a cerca de 20 unidades monossacarídeo. Derivados de carboidrato, tal como um álcool poliídrico (por exemplo, glicerol), podem ser também utilizados como um carboidrato complexo aqui. Conforme aqui usado, o termo "digestível" significa capaz de metabolismo por enzimas produzidas pelo corpo humano.

Exemplos de carboidratos complexos preferidos incluem rafinoses, estaquioses, maltotrioses, maltotetraoses, glicogênios, amiloses, amilolpectinas, polidextroses e maltodextrinas. Os carboidratos complexos mais preferidos são maltodextrinas.

Maltodextrinas são uma forma de molécula de carboidrato complexo que é de várias unidades de glicose de comprimento. As maltodextrinas são hidrolisadas em glicose no trato digestivo onde elas provêem uma fonte aumentada de glicose. Maltodextrinas podem ser ingredientes de carboidrato secos por pulverização feitos através de hidrólise controlada de amido de milho.

A fonte de proteína pode ser selecionada de uma variedade de materiais incluindo, sem limitação, proteína do leite, proteína do soro do leite, caseinato, proteína de soja, claras de ovo, gelatinas, colágeno, hidrolisatos de proteína e combinações dos mesmos. Incluídos na fonte de proteína

estão leite desnatado sem lactose, isolato de proteína do leite e isolato de proteína do soro de leite. É também compreendido usar leite de soja com as presentes composições. Conforme aqui usado, leite de soja refere-se a um líquido feito através de moagem de grãos de soja descascados, mistura com
5 água, cozimento e recuperação do leite de soja dissolvido dos grãos.

Quando desejado, os produtos de espuma da presente invenção podem compreender ainda um estimulante para prover atividade mental. A inclusão de um ou mais estimulantes serve para prover manutenção adicional de energia ao usuário ao retardar a resposta glicêmica associada com ingestão da composição, causando alteração metabólica de utilização de
10 glicose, ao estimular diretamente o cérebro através de translocação através da barreira sangue cérebro ou através de outros mecanismos. Devido ao fato de que um ou mais estimulantes vão contribuir para o início, e particularmente manutenção de energia onde a composição é ingerida, é uma modalidade particularmente preferida da presente invenção incluir um ou mais
15 estimulantes.

Como é geralmente, conhecido na técnica, estimulantes podem ser obtidos através de extração de uma fonte natural ou podem ser sinteticamente produzidos. Exemplos não-limitantes de estimulantes incluem metilxantinas, por exemplo, cafeína, teobromina e teofilina. Ainda, vários outros derivados de xantina foram isolados ou sintetizados, que podem ser utilizados como um estimulante nas presentes composições. Vide, por exemplo, Bruns, *Biochemical Pharmacology*, Vol. 30, pp. 325-333 (1981). É preferido que as fontes naturais desses materiais sejam usadas.

25 De preferência, um ou mais desses estimulantes são providos pelo café, chá, noz de cola, vagem de cacau, Yerba Mate', apalachina, pasta de guaraná e yoco. Extratos de planta naturais são as fontes mais preferidas de estimulantes uma vez que eles podem conter outros compostos que retardam a biodisponibilidade do estimulante então podem prover revigora-
30 mento e atividade mental sem tensão ou nervosismo.

A metiloxantina mais preferida é cafeína. A cafeína pode ser obtida das plantas acima mencionadas e seu refugo ou, alternativamente, pode

ser sinteticamente preparada. Fontes botânicas preferidas de cafeína que podem ser utilizadas como uma fonte completa ou parcial de cafeína incluem extrato de chá verde, guaraná, extrato de Yerba Mate', chá preto, nozes de cola, cacau e café. Conforme aqui usado, extrato de chá verde, guaraná, 5 café e extrato de Yerba Mate' são as fontes botânicas mais preferidas de cafeína, com mais preferência extrato de chá verde e extrato de Yerba Mate'. Além de servir como uma fonte de cafeína, extrato de chá verde tem a vantagem adicional de ser um flavanol como será discutido mais tarde. Extrato de Yerba Mate' pode ter o benefício adicional de um efeito supressor de 10 apetite e pode ser incluído para este propósito também.

O extrato de chá verde pode ser obtido da extração de chás não-fermentados, chás fermentados, chás parcialmente fermentados e misturas dos mesmos. De preferência, os extratos de chá são obtidos da extração de chás não-fermentados e parcialmente fermentados. Os extratos de chá mais 15 preferidos são obtidos de chá verde. Ambos extratos quentes e frios podem ser usados na presente invenção. Métodos adequados para obtenção de extratos de chá são bem-conhecidos. Vide, por exemplo, Ekanavake, Patente U.S. No. 5.879.733; Tsai, Patente U.S. No. 4.935.256; Lunder, U.S. 4.680.183; e Creswick, Patente U.S. No. 4.668.525.

20 De preferência, extrato de chá verde e extrato de Yerba Mate' estão presentes em quantidades relativamente pequenas entre cerca de 0,1 e cerca de 0,4% e entre cerca de 0,1 e cerca de 0,5%, respectivamente. Com mais preferência, eles estão presentes nas quantidades entre cerca de 0,15 e cerca de 0,35 por cento e entre cerca de 0,15 e 0,25%, respectiva- 25 mente. Embora quantidades maiores provejam estimulação maior, elas também provêem um gosto menos desejável à bebida. Isto pode ser compensado pela adição das quantidades maiores de carboidrato ou pela adição de um adoçante artificial de modo que o gosto final da bebida seja palatável.

30 Ao invés de ser formulada como uma bebida ou composição alimentícia *per se*, a espuma da invenção pode ser também adicionada como uma cobertura ou um creme a uma bebida aquecida tal como café ou chá. Qualquer uma dessas composições, conforme acima mencionado, pode

compreender ainda vitaminas ou minerais. Pelo menos três, e de preferência mais, vitaminas podem ser providas por uma pré-mistura de vitamina. A U.S. Recommended Daily Intake (USRDI) (Ingestão Diária Recomendada Norte-Americana) para vitaminas e minerais é definida e mostrada na Recommended Daily Dietary Allowance-Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences-National Research Council. Várias combinações dessas vitaminas e minerais podem ser usadas.

Exemplos não-limitantes de tais vitaminas incluem bitartarato de colina, niacinamida, tiamina, ácido fólico, d-pantotenato de cálcio, biotina, vitamina A, vitamina C, cloridrato de vitamina B₁, vitamina B₂, vitamina B₃, cloridrato de vitamina B₆, vitamina B₁₂, vitamina D, acetato de vitamina E, vitamina K. De preferência, pelo menos três vitaminas são selecionadas de bitartarato de colina, niacinamida, tiamina, ácido fólico, d-pantotenato de cálcio, biotina, vitamina A, vitamina C, cloridrato de vitamina B₁, vitamina B₂, vitamina B₃, cloridrato de vitamina B₆, vitamina B₁₂, vitamina D, acetato de vitamina E, vitamina K. Com mais preferência, a composição compreende vitamina C e duas ou mais outras vitaminas selecionadas de bitartarato de colina, niacinamida, tiamina, ácido fólico, d-pantotenato de cálcio, biotina, vitamina A, cloridrato de vitamina B₁, vitamina B₂, vitamina B₃, cloridrato de vitamina B₆, vitamina B₁₂, vitamina D, acetato de vitamina E, vitamina K. Em uma modalidade especialmente preferida da presente invenção, uma composição compreende bitartarato de colina, niacinamida, ácido fólico, d-pantotenato de cálcio, vitamina A, cloridrato de vitamina B₁, vitamina B₂, vitamina B₃, cloridrato de vitamina B₆, vitamina B₁₂, vitamina C, acetato de vitamina E. Onde o produto compreender uma dessas vitaminas, o produto de preferência compreende pelo menos 5%, de preferência pelo menos 25% e com mais preferência pelo menos 35% da USRDI para tal vitamina.

Fontes de vitamina A comercialmente disponíveis podem ser também incluídas nas presentes composições. Conforme aqui usado, "vitamina A" inclui, mas não está limitado a, vitamina A (retinol), beta-caroteno, palmitato de retinol e acetato de retinol. Fontes de vitamina A incluem outros carotenóides de vitamina A tal como aqueles encontrados em extratos natu-

rais que têm muito carotenóide com atividade de pró-vitamina A. Beta-caroteno pode também servir como um agente de coloração como será discutido mais tarde. Fontes comercialmente disponíveis de vitamina B₂ (também conhecida como riboflavina) podem ser utilizadas nas presentes composições. Fontes comercialmente disponíveis de vitamina C podem ser usadas aqui. Ácido ascórbico encapsulado e sais comestíveis de ácido ascórbico podem ser também usados.

Quantidades nutricionalmente suplementares de outras vitaminas que podem ser incorporadas aqui incluem, mas não estão limitadas a, bitartarato de colina, niacinamida, tiamina, ácido fólico, d-pantotenato de cálcio, biotina, cloridrato de vitamina B₁, vitamina B₂, cloridrato de vitamina B₆, vitamina B₁₂, vitamina D, acetato de vitamina E, vitamina K.

As composições de espuma da presente invenção podem compreender ainda componentes opcionais adicionais para aumentar, por exemplo, sua performance em provisão de energia, atividade mental, propriedades organolépticas e perfil nutricional. Por exemplo, um ou mais flavanóis, acidulantes, agentes de coloração, minerais, fibras solúveis, adoçantes não-calóricos, agentes aromatizantes, conservantes, emulsificantes, óleos, componentes de carbonação e similar podem ser incluídos nas presentes composições. Tais componentes opcionais podem ser dispersos, solubilizados ou de outro modo misturados nas presentes composições. Esses componentes podem ser adicionados às presentes composições contanto que eles não atrapalhem substancialmente as propriedades da composição de bebida, particularmente a provisão de energia e atividade mental. Exemplos não-limitantes de componentes opcionais adequados para uso aqui são dados abaixo.

Se desejado, um ou mais constituintes botânicos ou fitoquímicos de planta podem ser adicionados. Isto incluiria flavanóis ou outros fitoquímicos que são em essência "saudáveis". A inclusão de um ou mais flavanóis serve para retardar a resposta glicêmica associada com ingestão das presentes composições, provendo então manutenção de energia adicional ao usuário. Devido ao fato de que um ou mais flavanóis vão contribuir para o

início, e particularmente manutenção de energia onde a composição é ingerida, é particularmente preferido que um ou mais flavanóis sejam incluídos.

Flavanóis são substâncias naturais presentes em uma variedade de plantas (por exemplo, frutas, vegetais e flores). Os flavanóis que podem ser utilizados na presente invenção podem ser extraídos de, por exemplo, fruta, vegetais ou outras fontes naturais através de qualquer método adequado bem-conhecido daqueles versados na técnica. Por exemplo, flavanóis podem ser extraídos ou de uma planta única ou misturas de plantas. Muitas frutas, vegetais, flores e outras plantas contendo flavanóis são conhecidos daqueles versados na técnica. Alternativamente, esses flavanóis podem ser preparados através de métodos químicos sintéticos ou outros apropriados e incorporados às presentes composições. Flavanóis, incluindo catequina, epicatequina e seus derivados estão comercialmente disponíveis.

As presentes composições podem opcionalmente, mas de preferência, compreender ainda um ou mais acidulantes. Uma quantidade de um acidulante pode ser usada para manter o pH da composição. Composições da presente invenção têm de preferência um pH de a partir de cerca de 2 a cerca de 8, com mais preferência de a partir de cerca de 2 a cerca de 5, com mais preferência ainda de a partir de cerca de 2 a cerca de 4,5 e com mais preferência de a partir de cerca de 2,7 a cerca de 4,2. Bebida de acidez de gênero alimentício pode ser ajustada para e mantida dentro da faixa requisitada através de métodos conhecidos e convencionais, por exemplo, o uso de um ou mais acidulantes. Tipicamente, acidez dentro das faixas acima mencionadas é um equilíbrio entre acidez máxima para inibição microbiana e acidez ótima para o sabor de bebida desejado.

Ácidos comestíveis orgânicos bem como inorgânicos podem ser usados para ajustar o pH da bebida. Os ácidos podem estar presentes em sua forma não-dissociada ou, alternativamente, como seus respectivos sais, por exemplo, sais de hidrogeno fosfato de potássio ou sódio, dihidrogeno fosfato de potássio ou sódio. Os ácidos preferidos são ácidos orgânicos comestíveis que incluem ácido cítrico, ácido fosfórico, ácido málico, ácido fumárico, ácido adípico, ácido glucônico, ácido tartárico, ácido ascórbico, ácido acéti-

co, ácido fosfórico ou misturas dos mesmos.

O acidulante pode também servir como um antioxidante para estabilizar componentes de bebida. Exemplos de antioxidante geralmente usado incluem, mas não estão limitados a, ácido ascórbico, EDTA (ácido etilenodiaminotetraacético) e sais dos mesmos.

Quantidades pequenas de um ou mais agentes de coloração podem ser utilizadas nas composições da presente invenção. Beta-caroteno é de preferência usado. Riboflavina e corantes FD&C (por exemplo, amarelo No. 5, azul No. 2, vermelho No. 40) e/ou vermelhos FD&C podem ser também usados. Através da adição dos vermelhos a outros ingredientes em pó, todas as partículas, em particular o composto de ferro colorido, são completamente e uniformemente coloridas e uma mistura de bebida uniformemente colorida é conseguida. Ainda, uma mistura de corantes FD&C ou corante vermelho FD&C em combinação com outros alimentos e corantes de alimento convencionais pode ser usada. Ainda, outros agentes de coloração naturais podem ser utilizados incluindo, por exemplo, clorofilas e clorofilinas, bem como extratos de fruta, vegetais e/ou planta tal como uva, groselha preta, arônia, cenoura, raiz de beterraba, repolho vermelho e hibiscus. Corantes naturais são preferidos para "todos produtos naturais".

A quantidade de agente de coloração usada vai variar, dependendo dos agentes usados e da intensidade de cor desejada no produto acabado. A quantidade pode ser prontamente determinada por um versado na técnica. Em geral, se utilizado, o agente de coloração deve estar presente em um nível de a partir de cerca de 0,0001% a cerca de 0,5%, de preferência de a partir de cerca de 0,001% a cerca de 0,1% e com mais preferência de a partir de cerca de 0,004% a cerca de 0,1% em peso da composição.

As presentes composições podem ser fortificadas com um ou mais minerais. A U.S. Recommended Daily Intake (USRDI) para minerais é definida e mostrada no Recommended Daily Dietary Allowance-Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences-National Research Council.

A menos que de outro modo especificado aqui, onde um dado mineral estiver presente na composição, a composição tipicamente compre-

ende pelo menos cerca de 1%, de preferência pelo menos cerca de 5%, com mais preferência de a partir de cerca de 10% a cerca de 200%, com mais preferência ainda de a partir de cerca de 40% a cerca de 150% e com mais preferência de a partir de cerca de 60% a cerca de 125% da USRDI de tal mineral. A menos que de outro modo especificado aqui, onde um dado mineral estiver presente na composição, a composição compreende pelo menos cerca de 1%, de preferência pelo menos cerca de 5%, com mais preferência de a partir de cerca de 10% a cerca de 200%, com mais preferência ainda de a partir de cerca de 20% a cerca de 150% e com mais preferência de a partir de cerca de 25% a cerca de 120% da USRDI de tal vitamina.

Minerais que podem ser opcionalmente incluídos nas presentes composições são, por exemplo, cálcio, potássio, magnésio, zinco, iodo, ferro e cobre. Qualquer sal solúvel desses minerais adequado para inclusão em composições comestíveis pode ser usado, por exemplo, citrato de magnésio, gluconato de magnésio, sulfato de magnésio, cloreto de zinco, sulfato de zinco, iodeto de potássio, sulfato de cobre, gluconato de cobre e citrato de cobre.

Cálcio é um mineral particularmente preferido para uso na presente invenção. Fontes preferidas de cálcio incluem, por exemplo, cálcio-citrato-lactato, cálcio quelatado com amino ácido, carbonato de cálcio, óxido de cálcio, hidróxido de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de cálcio, fosfato de cálcio, hidrogeno fosfato de cálcio, diidrogeno fosfato de cálcio, citrato de cálcio, malato de cálcio, titrato de cálcio, gluconato de cálcio, realato de cálcio, tartarato de cálcio e lactato de cálcio e em particular citrato-malato de cálcio. A forma de cálcio citrato-malato é descrita em, por exemplo, Mehan-sho e outros, Patente U.S. No. 5.670.344; ou Diehl e outros, Patente U.S. No. 5.612.026. Composições preferidas da presente invenção vão compreender de a partir de cerca de 0,01% a cerca de 0,5%, com mais preferência de a partir de cerca de 0,03% a cerca de 0,2%, com mais preferência ainda de a partir de cerca de 0,05% a cerca de 0,15% e com mais preferência de a partir de cerca de 0,1% a cerca de 0,15% de cálcio, em peso do produto.

Ferro pode ser também utilizado nas composições e métodos da

presente invenção. Formas aceitáveis de ferro são bem-conhecidas na técnica. A quantidade de composto de ferro incorporada ao produto vai variar amplamente dependendo do nível de suplementação desejado no produto final e do consumidor alvo. Composições fortificadas com ferro da presente invenção tipicamente contêm de a partir de cerca de 5% a cerca de 100%,
5 de preferência de a partir de cerca de 15% a cerca de 50% e com mais preferência cerca de 20% a cerca de 40% da USRDI para ferro.

Uma ou mais fibras solúveis podem ser também opcionalmente incluídas nas composições da presente invenção para prover, por exemplo, saciedade e refrescância e/ou benefícios nutritivos. Fibras dietéticas solúveis
10 são uma forma de carboidratos que não podem ser metabolizadas pelo sistema de enzima produzido pelo corpo humano e que passam pelo intestino delgado sem serem hidrolisadas (e, então, não estão incluídas na definição de carboidrato complexo aqui). Sem pretender ser limitado pela teoria, uma
15 vez que fibras dietéticas solúveis incham no estômago, elas deixam mais lento o esvaziamento gástrico então prolongando a retenção de nutrientes no intestino que resulta em uma sensação de saciedade.

Fibras solúveis que podem ser usadas sozinhas ou em combinação na presente invenção incluem, mas não estão limitadas a, pectinas, psílio, goma guar, goma xantana, alginatos, goma arábica, inulina, ágar e carrageninana. Preferida dentre essas fibras solúveis estão pelo menos uma
20 de goma guar, xantano e carrageninana, com mais preferência goma guar ou goma xantana. Essas fibras solúveis podem também servir como agentes de estabilização na presente invenção.

25 Fibras solúveis particularmente preferidas para uso aqui são polímeros de glicose, de preferência aqueles que têm cadeias ramificadas. Preferidas dentre essas fibras solúveis está uma comercializada sob a marca registrada Fiβersol2, comercialmente disponível da Matsutani Chemical Industry Co., Itami City, Hyogo, Japão.

30 Pectinas são fibras solúveis preferidas aqui. Com mais preferência ainda, pectinas com pouco metóxi são usadas. As pectinas preferidas têm um grau de esterificação maior do que cerca de 65% e são obtidas atra-

vés de extração ácida quente de cascas de cítricos e podem ser obtidas, por exemplo, da Danisco Co., Braband, Dinamarca.

Os produtos de espuma da presente invenção, quando pretendidos para consumo, são providos com a mistura apropriada de aromatizantes e adoçantes de modo que eles são adoçados o suficiente para retirar os sabores fortes dos outros componentes devido à presença das fontes de carboidrato acima mencionadas. Ainda, níveis eficazes de adoçantes não-calóricos podem ser também opcionalmente usados na presente invenção para aumentar a qualidade organoléptica e doçura das composições, mas não como uma substituição da fonte de carboidrato. Exemplos não-limitantes de adoçantes não-calóricos incluem aspartame, sacarina, ciclamatos, acesulfame K, adoçantes de alquil éster inferior L-aspartil-L-fenialanina, L-aspartil-D-alanina amidas, L-aspartil-D-serina amidas, adoçantes L-aspartil-hidroximetil alcano amidas, adoçantes L-aspartil-1-hidroxietilalcano amida, glicirrizinas e alcóxi aromáticos sintéticos. Aspartame e acessulfame K são os adoçantes não-calóricos mais preferidos utilizados aqui e podem ser utilizados sozinhos ou em combinação.

Um ou mais agentes aromatizantes são recomendados para a presente invenção a fim de aumentar sua palatabilidade. Qualquer aroma natural ou sintético pode ser usado na presente invenção. Por exemplo, um ou mais aromas botânicos e/ou de fruta podem ser utilizados aqui. Conforme aqui usado, tais aromas podem ser aromas sintéticos ou naturais.

Aromas de fruta particularmente preferidos são aromas exóticos e lactônicos, por exemplo, aromas de maracujá, aromas de manga, aromas de abacaxi, aromas de cupuaçu, aromas de goiaba, aromas de cacau, aromas de mamão, aromas de pêra e aromas de abricó. Além desses aromatizantes, uma variedade de outros aromas de fruta pode ser utilizada tal como, por exemplo, aromas de maçã, aromas cítricos, aromas de uva, aromas de framboesa, aromas de amora, aromas de cereja e similar. Esses aromas de fruta podem ser derivados de fontes naturais tal como sucos de fruta e óleos aromáticos ou podem ser alternativamente sinteticamente preparados. Os aromatizantes naturais são preferidos para "todas as bebidas naturais".

Aromas botânicos preferidos incluem, por exemplo, aloe vera, guaraná, ginseng, ginkgo, espinheiro, hibiscus, rose hips, camomila, hortelã, erva-doce, gengibre, lycopódio, semente de lótus, esquizandra, palmeira anã, salsaparrilha, açafraão, erva de São-João, cúrcuma, cardimom, noz moscada, 5 casca de cássia, buchu, canela, jasmim, espinheiro, crisântemo, pinhão d'água, cana-de-açúcar, lechia, broto de bambu, vanila, café e similar. Preferidos dentre esses são guaraná, ginseng, ginkgo. Além de servir como fontes de estimulantes, extratos de chá e café podem ser também usados como um agente aromatizante. Em particular, a combinação de aromas de chá, de 10 preferência aromas de chá verde ou chá preto (de preferência chá verde), opcionalmente junto com aromas de fruta tem um sabor apelativo.

O agente de aroma pode também compreender uma mistura de vários aromas. Se desejado, o aroma no agente aromatizante pode ser formado em gotículas de emulsão que são então dispersas na composição de 15 bebida ou concentrado. Devido ao fato dessas gotículas terem geralmente uma gravidade específica de menos do que aquela de água e então formariam uma fase separada, agentes de ponderação (que podem também agir como agentes de nebulosidade) podem ser usados para manter as gotículas de emulsão dispersas na composição ou concentrado de bebida. Exemplos 20 de tais agentes de ponderação são óleos vegetais brominados (BVO) e ésteres de resina, em particular as gomas de éster. Vide L.F. Green, *Developments in Sodft Drinks Technology*, Vol. 1, Applied Science Publishers Ltd., pp. 87-93 (1978) para uma descrição adicional do uso de agentes de ponderação e nebulosidade em bebidas líquidas. Tipicamente os agentes aromati- 25 zantes estão convencionalmente disponíveis como concentrados ou extratos ou na forma de ésteres aromatizantes sinteticamente produzidos, álcoois, aldeídos, terpenos, sesquiterpenos e similar.

Opcionalmente, um ou mais conservantes podem ser adicionalmente utilizados aqui. Conservantes preferidos incluem, por exemplo, con- 30 servantes de sorbato, benzoato e polifosfato. De preferência, onde um conservante for utilizado aqui, um ou mais conservantes de sorbato ou benzoato (ou misturados dos mesmos) são utilizados. Conservantes de sorbato e ben-

zoato adequados para uso na presente invenção incluem ácido sórbico, ácido benzóico, e sais dos mesmos, incluindo (mas não limitado a) sorbato de cálcio, sorbato de sódio, sorbato de potássio, benzoato de cálcio, benzoato de sódio, benzoato de potássio e misturas dos mesmos. Conservantes de sorbato são particularmente preferidos. Sorbato de potássio é particularmente preferido para uso na presente invenção.

Onde uma composição compreender um conservante, o conservante é de preferência incluído em níveis de a partir de cerca de 0,0005% a cerca de 0,5%, com mais preferência de a partir de cerca de 0,001% a cerca de 0,4% do conservante, com mais preferência ainda de a partir de cerca de 0,001% a cerca de 0,1%, com mais preferência ainda de a partir de cerca de 0,001% a cerca de 0,05% e com mais preferência de a partir de cerca de 0,003% a cerca de 0,03% do conservante, em peso da composição. Onde a composição compreender uma mistura de um ou mais conservantes, a concentração total de tais conservantes é de preferência mantida dentro dessas faixas.

Em adição a bebidas, e concentrados líquidos ou em pó, a presente invenção pode ser também preparada na forma de uma composição de sorvete, iogurte ou pudim dependendo da consistência e temperatura de armazenamento como é geralmente conhecido do versado na técnica.

As nano- a microbolhas da espuma são produzidas em um dispositivo especialmente projetado de construção relativamente simples. Um rotor gira no centro de um alojamento cilíndrico para gerar fluxo e aprisionar ar. Próximo da circunferência do alojamento está uma membrana estacionária tendo poros que correspondem ao tamanho de bolha desejado. Conforme o fluido agitado passa pela membrana na superfície da qual as bolhas são criadas, um grande número de bolhas de ar uniformemente dimensionadas resulta. Uma corrente líquida, geralmente água, é passada pela superfície externa da membrana para criar ou campos de fluxo laminar, fluxo de vórtex Taylor ou correntes de redemoinho turbulentas que carregam as bolhas para longe. Isto cria um fornecimento uniforme e contínuo de bolhas de ar que são do tamanho desejado (por exemplo, abaixo de 10 microns).

Quando um sorvete deve ser feito, a espuma pode simplesmente ser congelada. Como o tamanho da bolha de ar é selecionado para ter espaços intersticiais muito pequenos onde cristais de gelo podem se formar, a percepção do consumidor é de um produto muito suave e cremoso. Um tamanho preferido para este propósito são espaços intersticiais que são de menos do que 50 microns de comprimento em sua dimensão maior. Ao controlar este espaçamento para tal tamanho pequeno, quaisquer cristais de gelo que se formem aqui têm uma dimensão que é menor do que o espaçamento, e neste tamanho pequeno tais cristais não são perceptíveis pelo paladar. Isto deixa quaisquer produtos congelados com uma consistência mais suave e evitando cristais de gelo grandes que detratam a palatabilidade do produto. Este produto mostra que devido ao tamanho menor das bolhas, o espaço intersticial disponível para formação de gelo é muito pequeno, então prevenindo a formação de cristais de gelo 3D grandes compactos.

Como as bolhas são de tamanho pequeno uniforme, elas agem como se elas fossem esferas rígidas e têm quase nenhuma tendência em coalescer e formar bolhas grandes. Então, sorvete e outros produtos feitos de tal espuma têm excelente resistência a congelamento descongelamento uma vez que as bolhas permanecem estáveis e previnem formação de cristal de gelo nos interstícios entre as bolhas para qualquer tamanho perceptível pelo paladar. Isto permite que tais produtos derretam e recongelem sem perder a consistência suave e sem gerar cristais de gelo grandes ou perder a estabilidade de espuma. Resultados muito bons são conseguidos usando uma solução de açúcar a 30% como uma matriz de líquido onde as bolhas são geradas.

Um aspecto preferido da presente invenção refere-se a um produto de espuma comestível aerado congelado com uma nova microestrutura caracterizado por bolhas de gás superfina, cristais de gelo pequenos e frouxamente interconectados, estabilidade a congelamento-descongelamento múltiplo e tendo uma nova característica sensorial fabricado a partir de uma espuma ambiente através de congelamento quiescente. A fabricação da espuma ambiente inclui uma nova aeração de mistura de açú-

car-água, e então certos aspectos da presente invenção são relacionados com um dispositivo de membrana giratória e um processo para a geração mecânica suave de dispersão de gás ou microespumas superfinais com tamanhos de bolha de gás estreitamente distribuídos.

5 Outra modalidade da presente invenção permite a formação de um produto de espuma comestível congelado que é criado através do processo que segue. O processo inclui formação de um produto de espuma comestível não-congelado, onde a formação envolve a preparação e amadurecimento de uma mistura e em seguida aeração da mistura. A mistura aerada é então quiescentemente congelada para formar cristais de gelo tendo um diâmetro médio de cristal de gelo médio $X_{50,0}$ abaixo de aproximadamente 50 microns.

O novo produto de espuma comestível congelado tem uma cremosidade de textura definida por ter um tamanho de célula de ar superfino tendo um diâmetro de célula de ar médio de não mais do que aproximadamente 15 microns. Ainda, a espuma comestível tem uma característica de habilidade de ser tirada com a colher definida por ter um diâmetro de cristal de gelo médio abaixo de aproximadamente 50 microns, bem como estabilidade a congelamento descongelamento multiciclo aperfeiçoada.

20 Outra vantagem principal do produto novo refere-se a processamento através de um processo de congelamento muito simples, que é aplicado à espuma gerada em temperatura ambiente e cheia em béqueres/recipientes apropriados sob condições quiescentes. Isto provê economias de custo grandes com relação ao equipamento de processamento, porque *freezers* contínuos não são requeridos.

O produto novo descrito acima provê estabilidade de congelamento descongelamento múltiplo não-conhecida antes, devido à sua estrutura de célula de ar/bolha de gás distribuída em tamanho estreitamente e estável, finamente dispersa. Isto permite uma cremosidade acentuada, frieza reduzida e comportamento de retenção de formato extraordinário durante o derretimento. O teor de gordura reduzido de menos do que ou cerca de 0-5% de gordura apóia um caráter encorajador à saúde ou "premium light". A

estrutura de célula de ar/bolha pequena e distribuída em tamanho estreito também permite economias de custo notáveis com ingredientes de estabilização.

- Ainda, a estabilidade a congelamento descongelamento multiciclo é definida pela mistura tendo cerca de 0,1 a 2% em peso de um emulsificante, para formar fases lamelares ou vesiculares e cerca de 0,05 a 1,25% em peso de um estabilizador tal como uma goma. A função deste componente é aumentar a viscosidade da matriz de fluido para aprisionamento de bolha e fluido aperfeiçoado e consequentemente estabilização aperfeiçoada.
- Também, o emulsificante está em uma faixa de concentração específica de emulsificante e onde as fases lamelares ou vesiculares do emulsificante são formadas nas ou na vizinhança das interfaces de gás/fluido do produto de espuma. Ainda, moléculas carregadas podem ser usadas, as quais podem incorporar à estrutura de fase lamelar e devido a forças eletrostáticas repulsivas causar o tumefação da fase lamelar, de modo a aumentar a estabilidade a congelamento descongelamento multiciclo da estrutura da espuma.

- O produto de espuma congelado comestível tem diâmetros de bolha médios abaixo de 10 microns, uma distribuição de tamanho de bolha estreita ($X_{90,0} / X_{10,0} \leq 3,5$ conforme mostrado na figura 4) e em geral fração de volume de gás alta (> 50% vol.), que é batido sob condições de temperatura ambiente, cheio em copos/recipientes e então congelado, por exemplo, em um túnel de congelamento a menos de -15°C sem aumento de bolha de gás pronunciado e sem geração de comportamento de corpo sólido pronunciado ou gelamento.

- O produto novo de espuma comestível congelado tem um teor calórico para o produto de espuma congelado com uma expansão de aproximadamente 100% que é menos do que aproximadamente 55 kcal/100 ml. Conforme aqui usado, expansão é definida como a razão de (densidade de mistura – densidade de amostra de espuma) / (densidade de amostra de espuma), ou, em outras palavras, expansão é uma medida do aumento de volume pelo ar adicionado, isto é, o aumento percentual em volume de produto devido à incorporação ou aprisionamento de bolhas de ar. Este teor

calórico baixo é uma melhora significativa sobre outras sobremesas de baixa caloria, onde tais sobremesas *light* têm um teor calórico equivalente por porção que é cerca de 250 kcal para uma porção de 100 ml sem bolha. Isto pode ser comparado com os chamados sorvetes *premium* que têm um teor calórico de cerca de 280 kcal/100 ml mesmo em uma expansão de 100% que é cerca de 560 kcal por porção de 100 ml sem bolha. Como é conhecido de um versado na técnica neste campo, uma fração de volume de gás entre 30 e 60% é equivalente a cerca de 40-150% de expansão. Então, um produto tendo um valor calórico de 60 kcal por porção de 100 ml a 200% de expansão é equivalente a um valor calórico de 120 kcal por porção de 100 ml em uma expansão de 100% e 240 kcal por 100 ml sem nenhuma expansão. Então o termo "livre de bolha" é usado aqui para designar aquelas porções que não foram submetidas a uma expansão e podem ser usadas como uma base para comparação com formulações de sorvete da técnica anterior.

Em sua modalidade mais preferida, a presente invenção refere-se a um processo e uma composição para um novo produto de espuma congelado com pouca gordura através de congelamento de uma espuma em temperatura ambiente sob condições de congelamento quiescentes sem formação de bolhas de gás grandes ou cristais de gelo interconectados e subsequente comportamento de corpo sólido. O processo permite a formação da nova composição tendo uma estabilidade de ciclo de congelamento-descongelamento múltiplo aperfeiçoada e novas propriedades de textura ajustáveis, em particular para preparação de novos produtos de sorvete.

Em geral, a temperatura de congelamento do líquido da matriz é usada para determinar a temperatura onde a espuma pode ser congelada. Em certas situações, a matriz de líquido inclui outros componentes ou ingredientes que afetam a temperatura de congelamento do líquido de modo que a temperatura de congelamento da matriz pode ser abaixo daquela do líquido. O versado na técnica pode conduzir testes de rotina para determinar o ponto de congelamento apropriado para qualquer composição de matriz particular. Então, quando o relatório refere-se à temperatura de congelamento da espuma, é compreendido que isto significa a temperatura na qual a matriz

e seus componentes vão congelar.

Na descrição que segue, propriedades de produto características foram obtidas de uma receita de produto de espuma exemplar (referida como a receita NDA-1), tendo a composição que segue:

- 5 Sacarose 24%
- Xarope de glicose 3%
- Dextrose 3% (28DE)
- Emulsificante PGE 0,6% (éster de poliglicerol)
- Estabilizador goma guar (0,25%)

- 10 Uma modalidade da presente invenção permite a formação de um produto de espuma comestível congelado que é criado através do processo que segue. O processo inclui formação de um produto de espuma comestível não-congelado, onde a formação envolve a preparação e amadurecimento de uma mistura e em seguida aeração da mistura. A mistura aerada é então quiescentemente congelada para formar cristais de gelo tendo um diâmetro de cristal de gelo médio abaixo de aproximadamente 50 microns.

- 20 O novo produto descrito acima provê estabilidade a congelamento descongelamento múltiplo não-conhecida antes, devido à sua estrutura de célula de ar/bolha de gás distribuída em tamanho estreitamente, finamente dispersa. Isto permite também uma cremosidade acentuada, frieza reduzida e extraordinário comportamento de retenção de formato durante derretimento. O teor de gordura reduzido de 0 a 5% de gordura apóia um caráter encorajador à saúde ou "premium light". A estrutura de célula de ar/bolha pequena e estreitamente distribuída em tamanho também permite economias de
- 25 custo notáveis com ingredientes de estabilização.

- 30 Outra grande vantagem do produto novo refere-se a processamento através de um processo de congelamento muito simples, que é aplicado à espuma gerada em temperatura ambiente e cheia em béqueres/recipientes apropriados sob condições quiescentes. Isto provê economias de custo grandes com relação ao equipamento de processamento, porque *freezers* contínuos não são requeridos.

Em um aspecto, o produto de espuma comestível congelado tem um tamanho de célula de ar superfino tendo um diâmetro de célula de ar médio menor do que aproximadamente 10 microns a 15 microns. O produto de espuma comestível congelado é também caracterizado por ter uma distribuição de tamanho de bolha estreita com uma razão de $X_{90,0} / X_{10,0}$ que não é maior do que aproximadamente 2-3.

O produto de espuma comestível congelado novo tem uma cremosidade de textura definida por ter um tamanho de célula de ar superfino tendo um diâmetro de célula de ar médio de não mais do que aproximadamente 15 microns. Ainda, a espuma comestível tem uma característica de habilidade de ser retirada com colher definida por ter um diâmetro de cristal de gelo médio abaixo de aproximadamente 50 microns, bem como estabilidade a congelamento descongelamento multiciclo aperfeiçoada.

A estabilidade a congelamento descongelamento multiciclo é definida pela mistura tendo cerca de 0,05 a 2% em peso de um emulsificante, para formar fases lamelares ou vesiculares e cerca de 0,05 a 0,5% em peso de um estabilizador tal como goma guar ou outras gomas, onde o emulsificante está em uma faixa de concentração específica de emulsificante, e onde as fases lamelares e de vesícula do emulsificante são formadas na matriz de líquido e então localizadas nas ou na vizinhança das interfaces gás/fluido do produto de espuma. Ainda, moléculas carregadas podem ser usadas, as quais podem incorporar à estrutura de fase lamelar e devido a forças eletrostáticas repulsivas causar tumefação da fase lamelar contanto que o pH seja ajustado no domínio neutro em torno de pH 7, de modo a aumentar a estabilidade a congelamento descongelamento multiciclo da estrutura de espuma.

Neste produto de espuma comestível congelado, interfaces de célula de ar são estabilizadas por fases mesomórficas multicamada (lamelares ou vesiculares) que são seletivamente ajustadas em seu comportamento de tumefação, imobilização de água e estabilização de estrutura através da adição de uma quantidade de ácidos graxos não-esterificados sob pH neutro ajustado e próximo a condições de concentração de íon zero. O produto de

espuma comestível congelado tem um pH neutro ajustado de 6,8-7,0 e concentração de íon muito baixa na faixa de água desionizada durante o amadurecimento de preparação da mistura. De preferência, o produto de espuma comestível congelado tem um pH ajustado de cerca de 3,0 antes da aeração da mistura.

Em uma modalidade, o produto de espuma comestível congelado inclui cerca de 20-45% de matéria seca consistindo em 0,25% de sólidos do leite, 10-40% de açúcares, 0-10% de gordura e combinações dos mesmos. Em alguns aspectos, o produto de espuma comestível congelado também inclui cerca de 0,1 a 1% em peso de um emulsificante para formar fases lamelares e cerca de 0,05 a 1,25% em peso de um estabilizador de uma goma conforme aqui descrito. O emulsificante pode estar em uma faixa de concentração específica de emulsificante, onde as fases lamelares ou de vesícula do emulsificante são formadas nas ou na vizinhança das interfaces de gás/fluido do produto de espuma.

O produto de espuma comestível congelado pode também usar moléculas carregadas sob condições de pH neutro, que podem incorporar à estrutura de fase lamelar e devido a forças eletrostáticas repulsivas causar tumefação da fase lamelar então melhorando a estabilidade da estrutura de espuma. O produto de espuma comestível congelado pode também usar poliglicerol ésteres (PGE) de ácidos graxos como emulsificantes então formando as estruturas lamelares ou de vesícula e ácidos graxos não-esterificados como as moléculas carregadas incorporando às camadas lamelares ou vesiculares e causando o tumefação da respectiva estrutura de lamela/vesícula. O tumefação pode ser controlado através do controle da concentração de moléculas carregadas adicionadas que podem incorporar à estrutura de fase lamelar e devido a forças eletrostáticas repulsivas causar tumefação da fase lamelar, então melhorando a estabilidade da estrutura da espuma. Em tal composição, o tumefação de estruturas lamelares formadas por poliglicerol ésteres de ácidos graxos é controlado ao ter uma concentração de ácidos graxos não-esterificados adicionais na faixa de cerca de 0,01 a 2% em peso.

O produto de espuma comestível congelado tem uma fração de gás na espuma que é ajustável para aproximadamente 25 a 75% em volume e de preferência na faixa de 50-60% em volume e um teor calórico para o produto de espuma congelado com uma expansão de aproximadamente 100% que é menos do que aproximadamente 55 kcal/100 ml. Conforme aqui usado, expansão é definida como a razão (densidade de mistura – densidade de amostra de espuma) / (densidade de amostra de espuma) ou, em outras palavras, expansão é uma medida do ar adicionado, isto é, o aumento percentual em volume de produto devido à incorporação ou aprisionamento de bolhas de ar.

O produto de espuma comestível congelado descrito acima pode ser feito através do método preferido que segue que inclui as etapas de formação de uma mistura através de dissolução de açúcares e estabilizadores em água desionizada; adição de um emulsificante à mistura; aquecimento da mistura a uma temperatura acima do ponto de fusão do emulsificante para dissolver o emulsificante na mistura; homogeneização da mistura; esfriamento da mistura a uma temperatura de esfriamento de menos do que cerca de 10°C; armazenamento da mistura na temperatura de esfriamento por aproximadamente várias horas; diminuição do pH da mistura para uma faixa ácida; aeração da mistura para formar uma espuma; e congelamento quiescentemente da espuma. Em um aspecto, a mistura é aquecida a uma temperatura de pasteurização.

Em outro aspecto, os açúcares e estabilizadores são dissolvidos em água desionizada a 35-45°C e pH ajustado para uma condição aproximadamente neutra antes da adição do emulsificante. A condição aproximadamente neutra tem um pH de cerca de 6,8.

Em outro aspecto, o emulsificante é dissolvido em uma temperatura acima de aproximadamente 20 a 60°C, com mais preferência a 80°C com pasteurização subsequente por não menos do que aproximadamente 30 segundos. Em outro aspecto, o emulsificante é dissolvido em uma temperatura acima de aproximadamente 80°C com pasteurização subsequente por não menos do que aproximadamente 30 segundos.

Em outro aspecto, a homogeneização é realizada como uma homogeneização em uma etapa em uma pressão de homogeneização de não menos do que aproximadamente 100 bars. Alternativamente, a homogeneização é realizada como uma homogeneização de uma etapa em uma
5 pressão de homogeneização de aproximadamente 15 Mpa (150 bars).

Após a homogeneização a mistura é esfriada para aproximadamente 4°C e armazenada por um período de tempo de aproximadamente mais de 8 horas. Alternativamente, após a homogeneização a mistura é esfriada para aproximadamente 4°C e armazenada por um período de tempo
10 de aproximadamente mais de 12 horas. De preferência, antes da aeração o pH é diminuído para menos do que aproximadamente 3-4 através da adição de ácido cítrico. Enquanto diminuindo o pH, sais podem ser também adicionados à mistura.

A aeração é realizada usando um dispositivo de dispersão de
15 gás finamente. O dispositivo pode ser: um dispositivo de batimento de rotor/estator, um dispositivo de batimento de membrana estática, um dispositivo de batimento de membrana giratória ou uma combinação dos mesmos. A aeração pode ser realizada em uma faixa de temperatura de aproximadamente 4 a 50°C.

20 Em uma modalidade, o dispositivo de batimento de membrana giratória é equipado com uma membrana de distância de poro controlada tendo um tamanho de poro de 1-6 microns e 10-20 microns de distância de poro permitindo a dispersão fina com distribuição de tamanho de bolha estreita, e a membrana gira com uma velocidade circunferencial na faixa de 5 a
25 40 m/s, onde a distribuição de tamanho de bolha estreita é definida como uma distribuição com uma razão $X_{90,0} / X_{10,0}$ de não mais do que aproximadamente 3. Em um aspecto, o dispositivo de batimento de membrana giratória gira dentro de um alojamento cilíndrico, formando uma lacuna anular de 0,1 a 10 mm com a superfície da membrana, então permitindo separação
30 aperfeiçoada de bolhas de ar distribuídas em tamanho mais estreitamente da superfície da membrana.

O processo novo descrito acima permite a formação da estrutura

de espuma nova com os diâmetros de bolha médios superfinos novos, distribuição de tamanho muito estreita com estabilidade de espuma alta relacionada sob temperatura ambiente e condições de pressão atmosférica (por exemplo, vide Tabela 2). Com um congelamento quiescente subsequente o produto de espuma congela sem engrossamento da estrutura de bolha da espuma. Conforme aqui usado, engrossamento refere-se ao aumento do tamanho de bolha médio e largura de distribuição de tamanho.

Tabela 2: Faixas de fração de tamanho e volume de fases dispersas para o produto de espuma

	células de gás/ar	cristais de gelo de água
Diâmetro médio $X_{50,0}$	1-10	10-60
Fração de volume/% em vol.	25-70	40-50

Uma vantagem adicional da estrutura de produto de espuma novo é o processo de congelamento quiescente do produto de espuma. Este congelamento quiescente não gera estrutura de cristal de gelo grossa e fortemente interconectada com dureza e frieza significantes subsequentes do produto.

A figura 1 é um gráfico exemplar de função de distribuição de tamanho de bolha de ar $q_0(x)$ (por exemplo, distribuição de densidade de número) após tratamento de dispersão em um dispositivo de dispersão de fluxo turbulento rotor/estator com geometria de pino intermistura usando as condições que seguem: receita NDA-I, r.p.m.: 3500, fração de volume de gás 0,5, diâmetros de bolha $X_{10,0}$, $X_{50,0}$ e $X_{90,0}$ (valores da distribuição de número, $q_0(x)$) são 6,944, 13,667 e 24,713. Embora isto seja útil para certas modalidades de espuma, não é preferido a fim de obter uma espuma estável a congelamento-descongelamento múltiplo.

A figura 2 é um gráfico exemplar de função de distribuição de tamanho de bolha de ar $q_0(x)$ (por exemplo, distribuição de densidade de número) do produto de espuma de acordo com uma modalidade da presente invenção após tratamento de aeração no novo dispositivo de aeração de membrana giratória de fluxo laminar. A membrana foi montada no cilindro interno giratório com as condições que seguem: receita NDA-1, lacuna: 0,22

mm, r.p.m.: 6250; fração de volume de gás 0,5. A figura 2 pode ser comparada com a distribuição resultante recebida de aeração do mesmo modelo de receita (NDA-1) com um dispositivo de batimento de rotor/estator convencional (R/S) mostrado na figura 1. Como pode ser visto, uso do dispositivo de membrana giratória leva a um tamanho de bolha muito menor e distribuição de tamanho de bolha estritamente controlado.

A comparação de tamanho de bolha é também quantitativamente mostrada na figura 3, que é um gráfico em barra exemplar com barras mostrando os diâmetros de bolha $X_{10,0}$, $X_{50,0}$ e $X_{90,0}$ para três processos/dispositivos de aeração diferentes: um pino de intermistura de rotor/estator convencional com características de fluxo turbulento (A), um novo processo/dispositivo tipo I de membrana com membrana montada em cilindro interno giratório (B-Tipo I) e processo/dispositivo tipo II de membrana novo com membrana fixada no alojamento e cilindro sólido interno giratório com superfície lisa ou perfilada (B-Tipo II). As condições de operação para o dispositivo B-Tipo II foram receita NDA-1, fração de volume de gás 0,5. Ambos dispositivos B-Tipo I e B-Tipo II produzem tamanhos de bolha e distribuições de tamanho significativamente menores.

A largura de distribuição de tamanho de bolha reduzida do produto de espuma processado no dispositivo de membrana giratória da invenção é demonstrada na figura 4, que é um gráfico exemplar de razão de diâmetro de bolha $X_{90,0} / X_{10,0}$ indicando a largura de distribuição de tamanho de bolha ou "estreiteza" respectivamente para as três versões de processo/dispositivo de aeração diferentes previamente mencionados. A razão $X_{90,0} / X_{10,0}$ para os dispositivos B-Tipo I e B-Tipo II é menor do que aquela do dispositivo Tipo A com o dispositivo Tipo B provendo quase metade do dispositivo Tipo A. Isto está relacionado com a uniformidade das forças de cisalhamento impactantes na superfície da membrana (dispositivos Tipo B) causando separação de bolha da superfície de membrana comparado com a distribuição de estresse muito menos uniforme causando quebra de bolhas grandes em menores dentro da distribuição de estresse heterogênea em lacunas rotor-estator (Tipo A).

Um tamanho de bolha substancialmente uniforme significa que a maioria das bolhas está em uma faixa de tamanho particular para evitar ou reduzir desproporcionamento de bolha pela transferência de gás das bolhas menores para maiores (Amadurecimento de Ostwalt). Uma distribuição de tamanho de bolha substancialmente uniforme significa que a razão de diâmetro de bolha particular $X_{90,0} / X_{10,0}$ é menos do que cerca de 5, de preferência menos do que 3,5, com mais preferência ainda abaixo de 2 a 3.

Além das características de estrutura de bolha de gás diferentes de produto de espuma, associadas com o dispositivo de batimento usado, características de produto de espuma são baseadas em sua estabilidade de estrutura alta resultante do novo conceito de estabilização interfacial. Este novo conceito de estabilização interfacial é baseado no uso de sistemas de tensoativo que permitem a formação de estruturas interfaciais lamelares ou vesiculares para as quais ainda um efeito de tumefação pode ser ajustado através de implementação de uma fração controlada de moléculas específicas em estrutura de fase lamelar/vesicular. A figura 5 mostra tal estrutura de fase lamelar formada por ésteres de poliglicerol de ácidos graxos (PGEs). A figura 6 demonstra a dependência do volume de fase lamelar (tumefação) como uma função de concentração de ácido graxo não-esterificado adicionado. No entanto o ajuste de tumefação é melhor compreendido no contexto do processo novo para a formação da espuma, mostrado na figura 7. Este processo compreende dissolução de açúcares e estabilizadores em água desionizada, adição do emulsificante e dissolução dele em uma temperatura acima de sua temperatura de derretimento, de preferência em temperatura de pasteurização, pasteurização acoplada ou separada e subsequente homogeneização de uma etapa, seguido por esfriamento da mistura para 5 a 10°C, e subsequente armazenamento nesta temperatura por um período de tempo de várias horas. Etapas finais incluem diminuição do pH para o domínio ácido, com subsequente aeração e congelamento quiescente da espuma resultante.

A figura 8 demonstra o resultado para a estrutura de fase de PGE lamelar/vesicular se alguém mudar a ordem da etapa de aquecimento

(I) e a etapa de ajuste do pH (II). O recipiente à esquerda ilustra a espuma de bolha fina feita da ordem correta, enquanto aquele da direita, feito da condução da ordem reversa de etapas (II, então I), mostra um colapso de estrutura acentuado, sem nenhuma habilidade de estabilização de espuma.

5 Na figura 9, a característica de estabilidade de espuma inteligente é demonstrada, expressa pela característica de drenagem (líquido separado após 60 minutos sob temperatura ambiente e condições quiescentes). Como pode ser visto a partir da altura do fluido aquoso drenado, para um sorvete de fruta comercial (o cilindro à esquerda), isto é cerca de 15 vezes a
10 altura de uma amostra de espuma inteligente (o cilindro à direita) sob condições de testes similares. A presente espuma perde menos do que 2% em volume neste teste.

 A figura 10 demonstra a estabilidade de espuma inteligente sob condições de congelamento-descongelamento com relação ao diâmetro médio da bolha de gás. Como pode ser visto a partir da comparação da estrutura antes (figura 10A) e após (figura 10B) o tratamento com choque térmico,
15 não há nenhuma mudança significativa da distribuição de tamanho de bolha. Isto marca a "estabilidade a congelamento-descongelamento múltiplo" inovadora de espuma inteligente.

20 A figura 11 demonstra também o comportamento estrutural sob condições de congelamento-descongelamento, no entanto com relação ao diâmetro médio do cristal de gelo. Novamente não há nenhuma mudança significativa vista em tamanho de cristal de gelo demonstrando a "estabilidade de congelamento-descongelamento múltiplo" alta inovadora da espuma
25 inteligente.

 Outra modalidade da presente invenção refere-se a novos dispositivos e técnicas para aeração da mistura líquida descrita acima para formar o produto espumado. Com relação a isso, uma modalidade da presente invenção revela um processo novo para a geração mecanicamente uniforme
30 e suave de dispersões de gás ou espumas com bolhas de gás distribuídas estreitamente em tamanho finamente dispersas.

 No processo para a geração mecânica suave de dispersões de

gás finas com tamanhos de bolha de gás estreitamente distribuídos, as bolhas são geradas na superfície de uma membrana e da qual sua separação é eficientemente causada ou através de movimento rotacional da membrana dentro da fase fluida contínua e/ou através de fluxo giratório desta fase fluida
5 através da membrana aplicando devido à ação de cisalhamento, alongamento e estresses normais superpostos.

O método para a geração mecânica suave de dispersões de gás ou espumas tendo bolhas superfinas estreitamente distribuídas em tamanho inclui: provisão de uma membrana (ou meio poroso) formando pelo menos
10 uma superfície de uma lacuna estreita de superfície dupla; aplicação de um gás através dos poros da membrana, o gás formando bolhas ou filamentos de gás quando aplicado através dos poros da membrana; separação das bolhas ou filamentos de gás da superfície na borda da lacuna da membrana; e mistura das bolhas ou filamentos de gás dentro de uma fase fluida líquida
15 contínua, a fase fluida líquida estando presente na lacuna.

Em um aspecto, a separação e a mistura são realizadas através de qualquer um dos mecanismos que seguem: um estresse de cisalhamento, estresses de alongamento, estresses de inércia agindo homogeneamente e combinações dos mesmos, causados pelo movimento de uma das superfícies da lacuna com relação à outra.
20

Em um aspecto, a aplicação do gás inclui impulsionar o gás através dos poros da membrana. O impulsionamento pode ser realizado através de bombeamento, vácuo ou sucção do gás através dos poros da membrana. A fase líquida pode ser também bombeada através da lacuna.

25 Em um aspecto, a lacuna é formada entre duas superfícies, pelo menos uma das quais inclui a membrana. A lacuna pode ser formada entre dois corpos simétricos giratórios um concentricamente inserido no outro, o segundo consequentemente formando um alojamento em torno do primeiro e uma lacuna concêntrica ou ecêntrica entre os corpos. Alternativamente, a
30 lacuna pode ser formada entre dois corpos simétricos giratórios um concentricamente inserido no outro, o segundo consequentemente formando um alojamento em torno do primeiro e uma lacuna ecêntrica entre os corpos.

Ainda, ambas superfícies da lacuna podem ser formadas por membranas.

Embora uma ou ambas superfícies da lacuna possam ser feitas de um material de membrana, a superfície de lacuna ou interna ou externa é movida com relação uma à outra. O movimento pode ser em uma superfície
5 fixa ou variável ou ajustavelmente fixa ou periodicamente oscilante, velocidade circunferencial ou em uma história de velocidade-tempo controlada com relação à outra superfície.

A taxa de fluxo de gás através da membrana pode ser em uma taxa de fluxo constante ou variável ou periodicamente variável.

10 O fluxo de líquido pode se mover com relação às superfícies da lacuna em qualquer um dos regimes de fluxo que seguem: fluxo de cisalhamento laminar puro, fluxo de cisalhamento laminar e de alongamento misturado, fluxo de vórtex Taylor, fluxo turbulento guiado por inércia nas condições de regime de fluxo laminar para transiente e combinações dos mes-
15 mos. O regime de fluxo do líquido dentro da lacuna pode ser ajustado para gerar estresses de cisalhamento ou alongamento ou inércia bem definidos separando as bolhas de gás de filamentos da superfície de membrana. Ainda, em adição ao fluxo gerado na lacuna causado pelo movimento de pelo menos uma das superfícies da lacuna, um fluxo através do componente de
20 velocidade de fluido pode ser gerado bombeando a fase fluida líquida contínua através da lacuna. Em um aspecto, a velocidade circunferencial relativa das superfícies de lacuna pode estar na faixa de 1 a 40 m/s com relação uma à outra. Da mesma maneira, a velocidade média axial da fase fluida líquida contínua na lacuna pode ser ajustada dentro de uma faixa de aproxi-
25 madamente 0,01 a 5 m/s.

Em outro aspecto, a pressão de transmembrana aplicada para a fase de gás pode estar dentro de uma faixa de aproximadamente 0,005 a 0,5 MPa (0,05 a 5 bar). Da mesma maneira, a pressão transmembrana axial aplicada à fase fluida líquida pode estar dentro de uma faixa de aproximada-
30 mente 0,001 a 0,1 MPa (0,01 a 10 bar). Em outro aspecto, a lacuna é controlada por uma válvula de pressão contrária ajustada em uma faixa de aproximadamente 0,01 a 0,5 MPa (1 a 5 bar) de pressão absoluta.

Ainda outra modalidade da presente invenção refere-se a um dispositivo para realizar este novo processo de espumação usando ou uma membrana instalada em um corpo giratório, circundado por um alojamento concêntrico ou ecêntrico formando uma lacuna de fluxo estreita com o corpo giratório, ou usando a construção reversa com uma membrana instalada no alojamento concêntrico ou ecêntrico e um corpo giratório sólido formando a respectiva lacuna de fluxo com a membrana ou alojamento. Dentro da lacuna de fluxo concêntrica ou ecêntrica restrições de fluxo localmente formado são providas a fim de gerar contração de fluxo local causando alongamento de componentes de fluxo e/ou fluxos turbulentos. Em adição ao componente de fluxo giratório gerado pelo movimento de corpo giratório, há um componente de fluxo axial gerado devido ao bombeamento da fase fluida contínua continuamente através da lacuna de fluxo de dispersão.

O processo de aeração novo descrito acima é vantajoso pelo fato de que ele permite a dispersão suave de bolhas de gás/ar sob condições de fluxo laminar, que não foram aplicadas antes a dispersões de gás/líquido finamente dispersas.

Ainda, a alimentação de força ou energia específica de volume reduzido durante processamento permite melhor controle de dissipação de energia de fricção viscosa e aumento de temperatura relacionado no sistema, então permitindo melhor proteção de componentes do sistema mecânicos e sensíveis ao calor.

Ainda, como um resultado do equilíbrio de forças de cisalhamento e alongamento ou estresses uniformemente distribuídas dominando o processo de dispersão de bolha e influência de perturbação menos relevante de forças de desmistura centrífuga ou estresses apoiando recoalescência de bolha, acoplado com uma etapa de dispersão inicial pelos poros da membrana, bolhas muito finamente dispersas que são ainda estreitamente distribuídas em tamanho, são geradas. Consequentemente, as propriedades do produto de espuma relacionadas com microestrutura podem ser também ajustadas de uma maneira mais distinta comparado com dispersões de gás/espumas resultantes de tecnologias de batimento/aeração convencio-

nais.

Ainda, o componente de fluxo giratório ajustável dá independência dos estresses de dispersão de ação aplicados para separação de bolha da superfície de membrana, deformação de bolha e quebra de bolha, da taxa de fluxo de volume/massa através do processo contínuo.

Além disso, para frações de gás maiores a nova dispersão de bolha de gás suave permite mais refinamento de tamanho de bolha com fração de gás alta, que não é o caso para as técnicas de pino intermistura baseadas em rotor/estator convencionais com características de fluxo de dispersão turbulentas.

O novo aparelho descrito acima tem várias vantagens, e permite modificação e ajuste simples das características de cisalhamento e/ou cisalhamento misturado e fluxo em excesso de membrana de alongamento /fluxo de dispersão desejadas, apoiando separação e quebra eficientes das bolhas. Em parte, devido à grande diferença de densidade entre as duas fases (gás/líquido) um aumento moderado na pressão transmembrana muda o mecanismo de dispersão de bolha de separação de bolha metade esférica para esférica da superfície de membrana para filamento de gás lançando através dos poros para a fase fluida contínua levando a alongamento de filamento de gás e quebra apoiada pelos efeitos de cisalhamento e relaxamento adicionalmente superpostos.

O lançamento de filamento ou mecanismo de alongamento pode ser apoiado mais pela ação de forças centrífugas quando a membrana é instalada na parede do alojamento interno não-giratório.

Liberdade adicional para melhorar a separação de gota/eficiência de quebra de filamento é dada pela aplicação facilitada de características de fluxo de alongamento superposto devido a ajuste ecêntrico da parte giratória (por exemplo, o cilindro interno).

Devido à dispersão de bolha altamente eficiente e nova, há um tempo de residência muito mais curto requerido na lacuna de dispersão comparado com dispositivos convencionais. Isto por sua vez leva a um aparelho vantajosamente compacto e de alto rendimento que é vantajoso para

capacidade maior e/ou redução de custo de produção para a produção de produto de espuma relacionado.

O tamanho da bolha da espuma pode ser ainda controlado durante a fabricação através da seleção ou mudanças de certas variáveis ou parâmetros. Ainda assim, a distribuição de tamanho de bolha permanece pequena e conforme aqui revelado de modo que uma espuma estável uniforme é gerada. Uma primeira variável é o tipo de dispositivo a usar, uma vez que cada um dá uma faixa ligeiramente diferente de tamanhos de bolha. Isto é provavelmente devido à lacuna entre a membrana e o alojamento. Em geral, todos os parâmetros sendo iguais, quanto maior a lacuna entre os dois, maior o tamanho da bolha. Após seleção do dispositivo e lacuna desejados, a velocidade rotacional do dispositivo pode ser variada para obter o tamanho de bolha desejado, com as velocidades giratórias menores geralmente resultando na produção de bolhas de tamanho maior. Outra variável que pode ser controlada é a receita da matriz de líquido, ambos para o tipo de líquido e os aditivos ou componentes desejados que são incluídos. Em geral, uma quantidade menor de emulsificante resultaria em bolhas maiores, enquanto aumento da quantidade de emulsificante provê material suficiente para formar uma estrutura de gaiola que pode acomodar bolhas de tamanho menor. Como bolhas menores têm uma área de superfície maior do que bolhas maiores, uma quantidade maior de emulsificante é necessária para revestir as bolhas e formar a gaiola. É interessante notar que não parece que os tamanhos das bolhas a serem geradas não dependam do tamanho de poro da membrana ou da viscosidade da matriz.

Características de processo e dispositivo adicionais bem como vantagens relacionadas comparado com o estado da técnica são dadas em detalhes adicionais na descrição que segue e nos desenhos acompanhantes onde certas modalidades da invenção e suas propriedades relacionadas são descritas.

A figura 12 é um diagrama esquemático do processo de membrana/dispositivo novo (Tipo B I) com a membrana montada no cilindro interno giratório (Tipo I), de acordo com uma primeira modalidade da invenção.

Na figura 12, (1) indica vedações de anel deslizantes de dois lados permitindo a aplicação de gás/ar sem vazamento através do eixo oco giratório (2). O gás/ar que entra no eixo na entrada de ar/gás (3a) flui através do canal de eixo interno (3b) e deixa o eixo novamente através de furos (3c) no cilindro giratório oco (4), que em sua superfície contém a membrana (6). O gás/ar é uniformemente distribuído no cilindro oco (3d) e dele pressionado através dos poros da membrana (3e) na lacuna de fluxo de dispersão (7) formando bolhas na superfície da membrana (8) ou lançando um filamento de gás/ar (11) na lacuna. A fase fluida contínua entra no dispositivo de dispersão na entrada de fluido/mistura (5). Assim que o fluido/mistura entra na lacuna de dispersão (7) o componente do fluxo giratório dominante se sobrepõe ao componente de fluxo resultante axial. Dentro da lacuna bolhas de gás de campo de fluxo (8) são separadas da superfície da membrana e filamentos de gás (11) se quebram sob condições de estresse muito uniformes agindo na lacuna de fluxo estreita (7). Isto é mais claramente visto na figura 12A. A dispersão de gás/espuma deixa o dispositivo na saída de espuma (16). O alojamento cilíndrico (17) é em geral construído como um revestimento de resfriamento a fim de transferir o calor de fricção viscosa dissipado para um agente de resfriamento, que entra no revestimento de resfriamento na entrada de agente de resfriamento (9) e a deixa na saída de agente de resfriamento (10).

A figura 13 mostra informação adicional para o novo processo/dispositivo de membrana Tipo B II com a membrana montada no alojamento fixo (Tipo II), de acordo com uma segunda modalidade do presente aparelho. O eixo (2) e o cilindro conectado (4) não são mais parte do sistema de aeração. A membrana (6) é montada em uma construção de gaiola (18) conectada à superfície interna do alojamento cilíndrico (17) e formando uma câmara de gás/ar entre a parede do alojamento interno e a membrana. Através de uma entrada de gás/ar central (13a) a câmara (19) é fornecida com gás/ar, que é distribuído uniformemente (13b) e pressionado através dos poros da membrana (13e) na lacuna de dispersão (7).

O fluxo de fluido contínuo e seu impacto sobre o procedimento

de dispersão são esperados ser similares à versão tipo I do processo descrito acima (figura 12), exceto que o impacto diferente das forças centrífugas que neste dispositivo tipo II apóia mais lançamento de fase de gás na lacuna de fluxo de dispersão, formando de preferência filamentos de gás/ar (11),
5 enquanto no dispositivo tipo I as forças centrífugas trabalham contra o mecanismo de lançamento então dando maior preferência à formação de bolhas na superfície da membrana. No entanto isto depende da taxa do fluxo de volume de gás e da pressão de transmembrana aplicada. Em uma segunda seção ampliada da lacuna entre a membrana e cilindro externo um
10 padrão de fluxo de vortex Taylor (24) que contribui para uma separação de bolha aperfeiçoada da membrana é mostrado na figura 13A.

Pode ser esperado que o mecanismo de lançamento demonstrado esquematicamente na parte de lacuna ampliada da figura 13A favoreça até certo ponto a formação de bolhas menores onde o filamento de gás/ar
15 formado é suposto ser de formato delgado quando quebrado em gotículas (8) no fluxo de dispersão. Do contrário, formação de bolha na superfície de membrana giratória interna pode ser esperada formar entidades de gás/ar mais compactas com a tendência se separadas de formar bolhas de gás maiores ou até mesmo uma camada de gás conforme demonstrado na figura
20 12A. No último caso formação de bolha pode acontecer na superfície da camada de fluido da qual filamentos são separados. Essas tendências foram confirmadas através de experimentos conforme demonstrado nas figuras 1, 3, 4, 16, 17 e 18 mostrando distribuições de número de tamanho de bolha resultantes (figura 1: para membrana montada em cilindro giratório interno
25 (Tipo 1); figura 16: para membrana montada em alojamento fixo (Tipo II) e diâmetros de bolha médios como função da fração de volume de gás para os dois processos/dispositivos diferentes tipos BI e BII (figura 17) e figura 18 para um dispositivo de rotor-estator. Interessantemente em fração de volume de gás maior (aqui: 50% vol.) o tamanho de bolha médio atinge o mesmo
30 valor. Isto apóia a interpretação que o mecanismo de separação/quebra de bolha de gás/ar se aproximou de um tipo comum.

Esta constatação surpreendente motivou a combinação de am-

5 bos processo/dispositivo tipo I e II, que significa que ambos, o cilindro giratório e o alojamento, podem ser equipados com uma membrana então duplicando a capacidade de aeração por volume de lacuna de dispersão. Os padrões de fluxo de vortex Taylor conforme mostrado na figura 12 também acontecem na construção tipo II reversa se um número Taylor crítico (por exemplo, 41,3) for excedido.

10 Componentes de fluxo de alongamento permitindo esticamento de filamento maior podem contribuir substancialmente para aumentar mais a formação de filamentos de gás/ar delgados ao invés de entidades de gás/ar compactas na superfície da membrana. A fim de implementar tais componentes de fluxo de alongamento a colocação ecêntrica (22) do cilindro interno giratório dentro do alojamento cilíndrico é usada conforme mostrado nas figuras 14A e 14B. No domínio de fluxo de lacuna contrátil o fluido é acelerado no domínio de lacuna de fluxo direcionado para dentro (20) permitindo
15 alongamento de filamento de gás adicional. No domínio de fluxo de lacuna divergente (21) alongamento negativo equivalente à contração pode apoiar o relaxamento de filamento de gás/ar esticado então apoiando a geração das chamadas instabilidades Rayleigh e levando a um filamento ondulado apoiando a quebra em bolhas dispersas distribuídas dimensionadas estreitamente.
20 te.

25 Fluxo de alongamento e relaxamento periódico local na superfície da membrana pode ser também gerado usando uma superfície perfilada da parede do cilindro sobre a qual a membrana não está montada, conforme demonstrado nas figuras 15A e 15B para a construção tipo II do dispositivo de membrana. Neste caso vórtices periódicos (23) batendo na superfície da membrana são gerados.

30 Sob condições de velocidade circunferencial comparáveis da parte giratória, aplicadas nos experimentos de espumação com o novo processo tipos I e II (B) para os quais as distribuições de tamanho de bolha mostradas nas figuras 1 e 20 foram obtidas e usando o mesmo sistema de fluido modelo que pode ser batido NDA-I, consistindo em uma solução modelo aquosa com 0,1% de polissacarídeo/espessante e 0,6% de tensoativo.

Experimentos de espumação foram também realizados usando um dispositivo de espumação de rotor/estator da Kinematica AG, Luzern (CH), onde condições de fluxo turbulento são tipicamente aplicadas. A distribuição de número de tamanho de bolha resultante é dada na figura 2. A comparação direta com figuras 1 e 16 mostra os tamanhos de bolha claramente mais grossos e mais amplamente distribuídos.

Esta comparação é mais pronunciada nas figuras 3 e 4, onde valores de tamanho de bolha característicos tal como $X_{10,0}$ (isto é, diâmetro de bolha para o qual 10% do número de bolhas são menores), $X_{50,0}$ (isto é, diâmetro de bolha para o qual 50% do número de bolhas são menores) e $X_{90,0}$ (isto é, diâmetro de bolha para o qual 90% do número de bolha são menores) e a razão de diâmetro de bolha $X_{90,0} / X_{10,0}$ (isto é, indicação da largura de distribuição de tamanho de bolha ou "estreiteza", respectivamente) para as três versões de processo/dispositivo de aeração diferentes: pino intermistura de rotor/estator convencional com características de fluxo turbulento (A), processo/dispositivo de membrana novo com membrana montada no cilindro interno giratório (B, Tipo I) e processo/dispositivo de membrana novo com membrana fixada no alojamento e cilindro sólido interno giratório com superfície lisa (B, Tipo II) são comparados.

Além da comparação do processo/dispositivo novo tipos I e II (B) com o processo/dispositivo de rotor estator/convencional (A) na mesma velocidade circunferencial dos elementos giratórios demonstrados antes, uma comparação mais geral das características de dispersão/espumação foi feita pondo em gráfico os diâmetros de bolha médios como uma função da entrada de energia volumétrica na dispersão de gás/líquido dentro do dispositivo de espumação. Isto é mostrado na figura 20 para um segundo sistema NMF-2 de receita de mistura modelo contendo 3% de proteínas de moídos como tensoativo e 1,5% de goma guar como estabilizador/espessante (leves modificações de receitas NMF-2a e NMF-2b, mas comportamento reológico comparável; viscosidade maior comparado com receita de mistura modelo NDA-1 e conseqüentemente diâmetros de bolha de gás resultante maiores).

Ainda, para a mesma alimentação de energia volumétrica reque-

rida mínima de cerca de $3 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ para se obter o tamanho de bolha médio mínimo possível da distribuição de volume ($q_3(x)$) de cerca de $X_{50,3}: \approx 70-75$ microns no processo/dispositivo convencional (A) (limitação devido à desmistura centrífuga em alimentação de energia/velocidade giratória altas)

5 o novo dispositivo de processo atinge $X_{50,3}: \approx 40-45$ microns (tamanho reduzido em aproximadamente $\approx 40\%$).

Na figura 21 novamente as distribuições de número da receita de mistura modelo NDA-1 são mostradas, aerada dentro do dispositivo de membrana giratória tipo II (membrana montada na parede fixa, externa), no

10 entanto com superfície adicionalmente perfilada do cilindro interno / designada como tipo II b. Os resultados são comparados com as figuras 1, 16 e 2. Quando comparado com as figuras 1, 16 e 2, a comparação mostra que a construção tipo II também provê bolhas claramente mais finas e mais estreitamente distribuídas do que o dispositivo de rotor/estator (figura 2) e também

15 mais finas do que o dispositivo de membrana giratório tipo I (figura 16), mas pior do que o dispositivo de membrana giratório tipo II sem parede de cilindro interna perfilada (figura 1).

Conforme aqui mencionado, as espumas da invenção podem ser usadas para fazer vários produtos incluindo aqueles que são comestíveis.

20 Tais produtos incluem produtos congelados tal como sorvetes, *sorvete de frutas* e outras novidades, gêneros alimentícios refrigerados tal como pudins batidos, queijos cremosos, caldas de sobremesa e similar, ou até mesmo produtos alimentícios aquecidos tal como sopas cremosas, molhos, molhos de carne e similar.

25 As espumas comestíveis da invenção podem também incluir aditivos comestíveis tal como ervas, condimentos, pedaços de pão, carnes, vegetais ou inclusões tal como nozes, frutas, pedaços de biscoito, doce ou similar conforme desejado para o tipo de produto alimentício. Ainda, xaropes, caldas, materiais semissólidos, tal como marshmallow, manteiga de amendoim, fudge ou similar podem ser também incluídos quando desejado. Para

30 a modalidade mais preferida de sorvete, o aditivo pode ser usado da mesma maneira que na fabricação de sorvete convencional. Se for desejado sus-

pendar o aditivo na espuma, é possível processar o componente para dar uma densidade similar àquela da espuma de modo que o aditivo não afunde para o fundo da espuma devido à gravidade quando a matriz está em um estado líquido. Também, aditivos com a mesma densidade que a espuma permanecem no lugar após mistura e antes do congelamento da espuma. Um procedimento convencionalmente conhecido para redução da densidade de um aditivo é através de aeração ou técnicas de espumação similares. Isto também reduz o custo do produto final uma vez que para o mesmo volume o peso do componente ou aditivo é reduzido.

As presentes espumas facilitam a fabricação de gêneros alimentícios de custo baixo, baixa caloria, fáceis de fabricar que provêem benefícios saudáveis ou nutritivos ao consumidor. Ainda, esses gêneros alimentícios podem ser feitos em qualquer temperatura das temperaturas onde a matriz é congelada até temperaturas mais altas onde ela é líquida. Então, produtos podem ser armazenados, transportados ou consumidos em temperaturas ambientes, temperaturas menores ou até mesmo em temperaturas mais altas contanto que a matriz não seja aquecida acima de seu ponto de ebulição onde evaporação significativa pode causar perda da espuma. Tais produtos podem ser feitos sem gordura com um fundido ou desintegração na boca limpo e rápido, então provendo um perfil ou característica de aroma limpo. Além disso, essas espumas provêem uma sensação na boca cremosa sem a adição de um componente de gordura. Isto permite que a espuma tenha uma densidade calórica baixa, da ordem de 240 a 250 a talvez um máximo de 300 Kcal/100 ml de porção livre de bolha, o que torna a maioria se não todos os produtos eminentemente adequados para o mercado de pouca gordura/baixa caloria. Ainda, esses produtos podem ser feitos livres de proteína e alérgeno uma vez que quaisquer componentes de laticínio são requeridos. Isto resulta em um risco de higiene baixo de modo que produtos podem ser armazenados em temperatura ambiente até o consumo. Mesmo sem um componente de laticínio, esses produtos provêem uma sensação na boca de derretimento rápido, limpo, cremoso, que é desejável e palatável para os consumidores. As bolhas de ar pequenas na espuma agem como

pequenas rolimãs para lubrificar o palato do consumidor.

A espuma cria um modo totalmente novo de fabricar produtos de sorvete. A espuma pode ser fabricada e armazenada em temperatura ambiente até desejada ser congelada para formar o sorvete. No processo de fabricação, uma espuma genérica pode ser feita que pode ser então processada nas formulações de aroma desejadas e posta em recipientes que podem ser transportados, vendidos e armazenados em temperatura ambiente. Este processo seria similar ao que está atualmente disponível para fabricação de tintas onde uma base é feita e a cor é adicionada a ela conforme a demanda. Vantagens similares estão disponíveis para a fabricação de sorvetes, uma vez que na fábrica aromas ou formulações diferentes podem ser feitos conforme desejado. Na verdade, é agora possível que as lojas compo-
nham e vendam ao consumidor o aroma ou formulação específico que eles
querem quando comprem o produto. O produto é vendido com a espuma em
temperatura ambiente de modo que ele é fácil de transportar para casa e
armazenar até o uso. Quando um sorvete for consumido, o consumidor pre-
cisa apenas colocá-lo no *freezer* por uma hora ou duas para permitir que a
matriz congele. Em seguida, ele pode descongelar e ser armazenado em
temperatura ambiente.

Como será compreendendo por aqueles versados na técnica, outros métodos e dispositivos equivalentes ou alternativos para a formação do novo produto espumado comestível de acordo com as modalidades da presente invenção podem ser previstos sem se afastar das suas características essenciais. Deste modo, a revelação acima pretende ser ilustrativa, mas não limitante, do escopo da invenção que é exposto nas reivindicações que seguem.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para fabricação de uma espuma tendo uma distribuição de tamanho controlada de bolhas de gás em uma matriz de líquido compreendendo:

5 um material poroso tendo tamanho de poro e distância de poro controlados para produzir uma distribuição de tamanho substancialmente uniforme de bolhas de gás;

 um dispositivo de bombeamento de gás para direcionamento de um fluxo de gás para e através do material poroso para formar as bolhas de
10 gás; e

 um dispositivo de bombeamento de fluido para direcionamento de um fluxo de matriz líquida acima do material poroso para separar, coletar, acumular e inserir as bolhas de gás na matriz de líquido para formar uma espuma tendo bolhas de gás de tamanho geralmente uniforme e uma distri-
15 buição de tamanho de bolha de gás substancialmente uniforme.

2. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, em que o tamanho de poro do material poroso, o fluxo de gás do dispositivo de bombeamento de gás e o fluxo de líquido do dispositivo de bombeamento de fluxo cooperam para prover bolhas de gás tendo um diâmetro médio $X_{50,0}$ que está na
20 faixa de 1,5-2,5 vezes o diâmetro de poro médio X_p e para prover a espuma com uma razão de distribuição de diâmetro de bolha de gás estreita $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 5.

3. Aparelho de acordo com a reivindicação 1 ou 2, com um elemento giratório adicional operado com velocidade circunferencial ajustável, variável, próximo da superfície do material poroso.
25

4. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 3, em que as bolhas de gás têm um diâmetro médio $X_{50,0}$ que está na faixa de 1,2-1,5 vez o diâmetro de poro médio X_p e a espuma tem uma razão de distribuição de diâmetro de bolha de gás $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 3.

30 5. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 3, em que a matriz de líquido compreende água, o gás é ar e a espuma tem uma razão de distribuição de diâmetro de bolha $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 2.

6. Aparelho de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que o material poroso é uma membrana que é configurada, dimensionada e posicionada para permitir que o fluxo de gás passe por ela e forme bolhas de gás sobre uma superfície e facilitar separação das bolhas de gás da membrana para inserção na matriz de líquido.

7. Aparelho de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que a membrana porosa é feita de um material de metal, cerâmica, vidro, polímero ou borracha e tem diâmetros de poro X_p variando de a partir de 0,1 a 10 microns; um diâmetro de poro médio; e uma distribuição de tamanho de poro estreita caracterizada por uma razão de diâmetro de poro máximo para mínimo de menos do que 1,5 e uma distância de poro controlada que é pelo menos 3 vezes, mas de preferência mais de 5 vezes o diâmetro de poro médio.

8. Aparelho de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que a membrana porosa é configurada no formato de um cilindro e que compreende ainda um alojamento que inclui uma parede tendo uma superfície que é configurada e dimensionada para ser adjacente ao cilindro da membrana porosa para formar uma lacuna estreita de largura constante ou variável na faixa de 0,1 a 10 milímetros entre o cilindro da membrana porosa e a superfície da parede do alojamento.

9. Aparelho de acordo com qualquer reivindicação anterior, o qual compreende ainda pelo menos um membro guia para rotação do cilindro ou alojamento ou ambos a fim de separar bolhas de gás da superfície da membrana porosa e inserir as bolhas de gás na matriz de líquido.

10. Aparelho de acordo com a reivindicação 9, em que a superfície do cilindro em que as bolhas de gás são formadas é uma superfície externa do cilindro, a parede adjacente do alojamento é uma parede interna, o cilindro de membrana porosa é girado e o membro guia provê rotação em uma velocidade circunferencial de 1 a 40 m/s, com a superfície exterior giratória do cilindro em conexão com a matriz de líquido que passa expulsando as bolhas de gás e inserindo-as na matriz de líquido.

11. Aparelho de acordo com qualquer reivindicação anterior, em

que a superfície do cilindro em que as bolhas de gás são formadas é uma superfície interna do cilindro de membrana e um elemento giratório, de preferência um segundo cilindro de não-membrana, está localizado concentricamente dentro do cilindro de membrana formando uma lacuna de largura de 0,1 – 10 mm de modo que a matriz de líquido seja direcionada para passar pela superfície interna do cilindro de membrana para remover as bolhas de gás e inseri-las na matriz de líquido.

12. Aparelho de acordo com a reivindicação 11, em que o cilindro de não-membrana como o elemento giratório está localizado ecentricamente dentro do cilindro de membrana formando uma lacuna tendo uma razão de largura de largura de lacuna maior para largura de lacuna menor de 1,1 a 5 para prover ajustabilidade na seleção de tamanho ou distribuição de tamanho de bolha de gás.

13. Aparelho de acordo com a reivindicação 11 ou 12, que compreende ainda pelo menos um membro guia para rotação do elemento giratório interno (cilindro) ou do cilindro de membrana ou ambos a fim de separar as bolhas de gás da superfície da membrana porosa e inserir as bolhas de gás na matriz de líquido.

14. Aparelho de acordo com a reivindicação 11 ou 12, em que o cilindro de não-membrana interno tem uma superfície lisa.

15. Aparelho de acordo com a reivindicação 11 ou 12, em que o cilindro de não-membrana interno tem uma superfície estruturada consistindo em cortes axialmente orientados ou espirais com uma razão de profundidade de corte para lacuna mais estreita de 1/10 a 1/2.

16. Aparelho de acordo com qualquer reivindicação anterior, em que ou o dispositivo de bombeamento de fluido provê uma taxa de fluxo de massa ajustável, variável, do líquido da matriz, o dispositivo de bombeamento de gás direciona o gás através da membrana com pressão de transmembrana e taxa de fluxo de volume ou massa de gás ajustáveis, variáveis, ou o elemento giratório gira com uma velocidade circunferencial ajustável, variável, para prover ajustabilidade na seleção do tamanho ou distribuição de tamanho da bolha de gás.

17. Processo para fabricação de uma espuma tendo uma distribuição de tamanho controlada de bolhas de gás em uma matriz de líquido, o qual compreende:

5 passagem de um fluxo de um gás para e através de um material poroso tendo um tamanho de poro controlado para produzir uma distribuição de tamanho substancialmente uniforme de bolhas de gás; e

 passagem de um fluxo de matriz de líquido por cima do material poroso para coletar, acumular, separar e inserir as bolhas de gás na matriz de líquido para formar uma forma tendo bolhas de gás de tamanho geralmente uniforme e uma distribuição de tamanho de bolha de gás substancialmente uniforme.

10

18. Processo de acordo com a reivindicação 17 que compreende ainda seleção, separadamente ou em combinação, do tamanho de poro ou distância de poro do material poroso, do fluxo de gás do dispositivo de bombeamento de gás e do fluxo de líquido do dispositivo de bombeamento de fluido para prover bolhas de gás tendo um diâmetro médio $X_{50,0}$ que está na faixa de 1,5-2,5 vezes o diâmetro de poro médio X_p para prover a espuma com uma razão de distribuição de diâmetro de bolha de gás estreita $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 5.

15

19. Processo de acordo com a reivindicação 17 ou 18, em que o fluxo de líquido por cima do material poroso é provido com uma velocidade circunferencial ajustável, variável, e é direcionado próximo à superfície do material poroso.

20

20. Processo de acordo com a reivindicação 17, 18 ou 19 conduzido para prover bolhas de gás tendo um diâmetro médio $X_{50,0}$ que está na faixa de 1,25-1,5 vezes o diâmetro de poro médio X_p e a espuma tem uma razão de distribuição de diâmetro de bolha de gás $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 3.

25

21. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 20, em que a matriz de líquido compreende água, o gás é ar e a espuma tem uma razão de distribuição de diâmetro de bolha $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 2.

30

22. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 21, em que o material poroso é uma membrana que é configurada, dimensionada e posicionada para permitir que o fluxo de gás passe por ela e forme bolhas de gás sobre sua superfície, e o fluxo de líquido é passado por uma lacuna formada entre a membrana porosa e uma superfície de parede para carregar as bolhas de gás para longe.

23. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 22, em que a membrana porosa é configurada no formato de um cilindro e a lacuna tem uma largura constante entre o cilindro de membrana porosa e a superfície da parede do alojamento e que compreende ainda rotação do cilindro, da parede ou ambos a fim de separar as bolhas de gás da superfície da membrana porosa e inserir as bolhas de gás na matriz de líquido.

24. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 23, em que o cilindro é girado em uma velocidade circunferencial de 1 a 40 m/s, com a superfície externa giratória do cilindro em conexão com a matriz de líquido que passa expulsando as bolhas de gás e inserindo-as na matriz de líquido.

25. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 24, em que a superfície do cilindro em que as bolhas de gás são formadas é uma superfície interna do cilindro de membrana e um elemento giratório, de preferência um segundo cilindro de não-membrana, está localizado concentricamente dentro do cilindro de membrana formando uma lacuna de 0,1-10 mm de largura de modo que a matriz de líquido é direcionada para passar pela superfície interna do cilindro de membrana para remover as bolhas de gás e inseri-las na matriz de líquido.

26. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 25, o qual compreende localização do cilindro de não-membrana como o elemento giratório ecentricamente dentro do cilindro de membrana formando uma lacuna tendo uma razão de largura de largura de lacuna mais larga para largura de coluna menor de 1,1 para 5 para prover ajustabilidade na seleção do tamanho ou distribuição de tamanho de bolha de gás.

27. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 26, o qual compreende ainda rotação do elemento giratório interno ou cilindro ou do cilindro de membrana ou ambos a fim de separar as bolhas de gás da superfície da membrana porosa e inserir as bolhas de gás na matriz de líquido.

28. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 27, em que o cilindro de não-membrana interno tem uma superfície lisa.

29. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 28, em que o cilindro de não-membrana interno tem uma superfície estruturada consistindo em cortes axialmente orientados ou espirais com uma razão de profundidade de corte para lacuna mais estreita de 1/10 a 1/2.

30. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 23, o qual compreende ainda selecionar ajustavelmente tamanho ou distribuição de tamanho de bolha de gás através do controle do fluxo da matriz de líquido em uma taxa de fluxo de massa ajustável, variável, controlando o fluxo de gás através da membrana em uma pressão de transmembrana e taxa de fluxo de volume ou massa de gás ajustáveis, variáveis, ou o elemento giratório gira com uma velocidade circunferencial ajustável, variável, para prover ajustabilidade na seleção do tamanho ou distribuição de tamanho de bolha de gás.

31. Processo de acordo com a reivindicação 30, em que o tamanho de bolha de gás e distribuição de tamanho de bolha de gás desejados são atingidos dentro de uma faixa de frações de volume de gás disperso de 20 a 70% que são equivalentes a expansões de 25 a 230%.

32. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 20 que compreende ainda rotação do cilindro de membrana ou não-membrana interno, causando padrões de fluxo Taylor vantajosos que facilitam separação de bolha da superfície de membrana demonstrada por diâmetros de bolha médios na faixa abaixo de 1,25 vez o diâmetro de poro médio X_p .

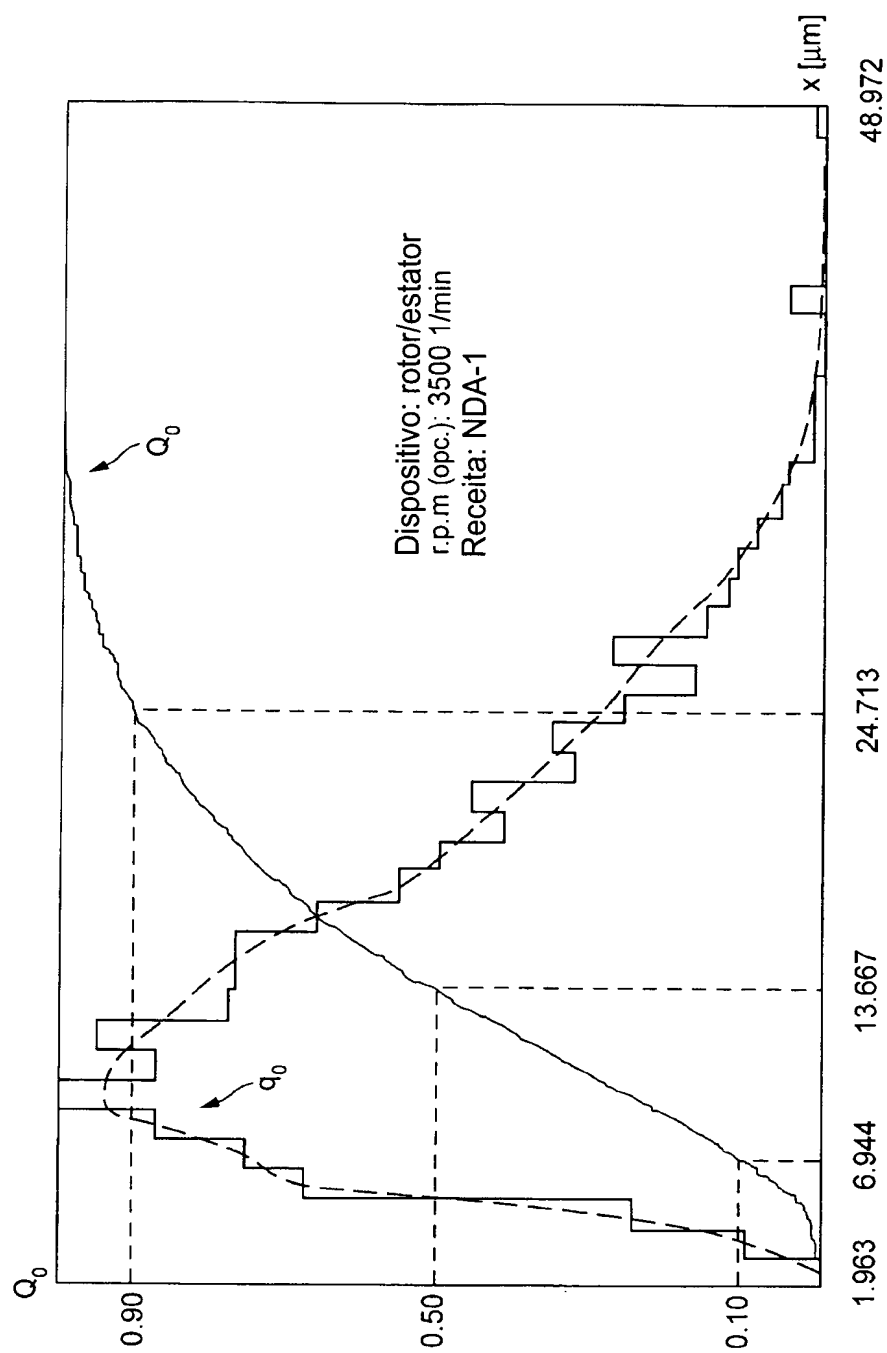


FIG. 1

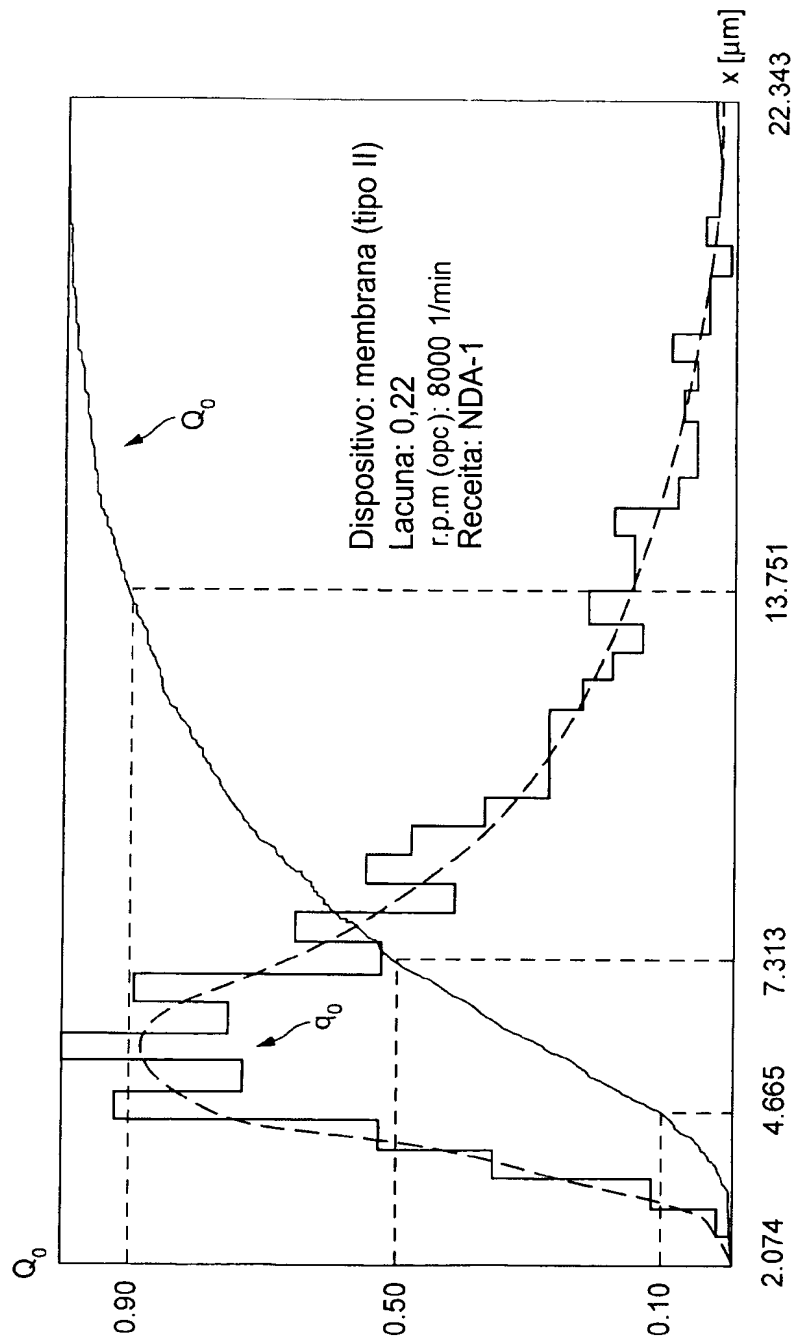


FIG. 2

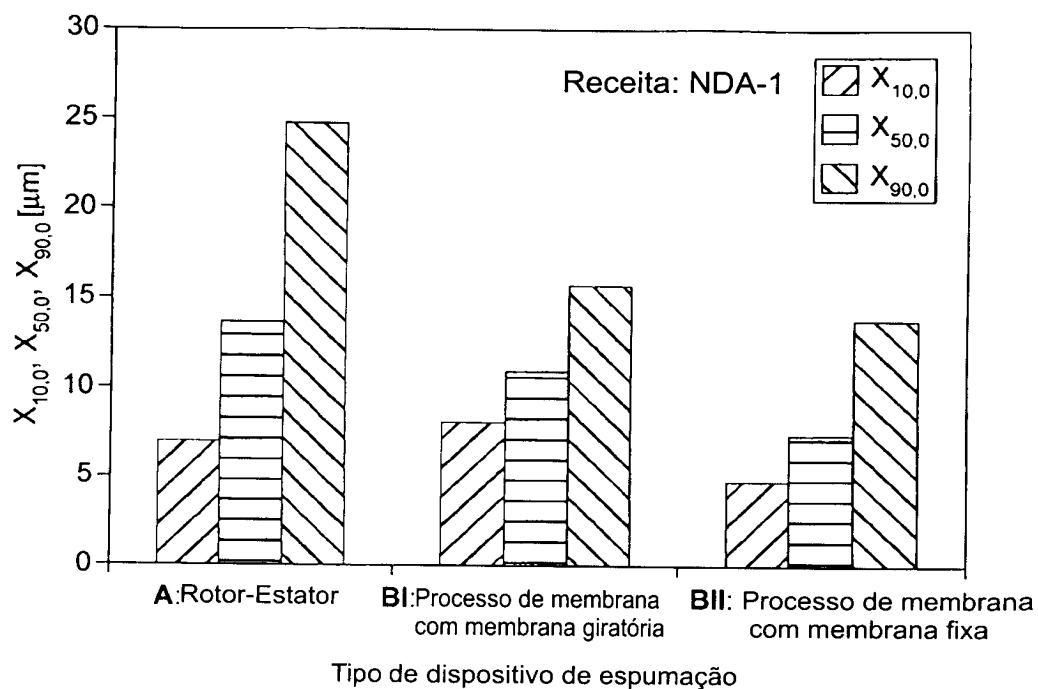


FIG. 3

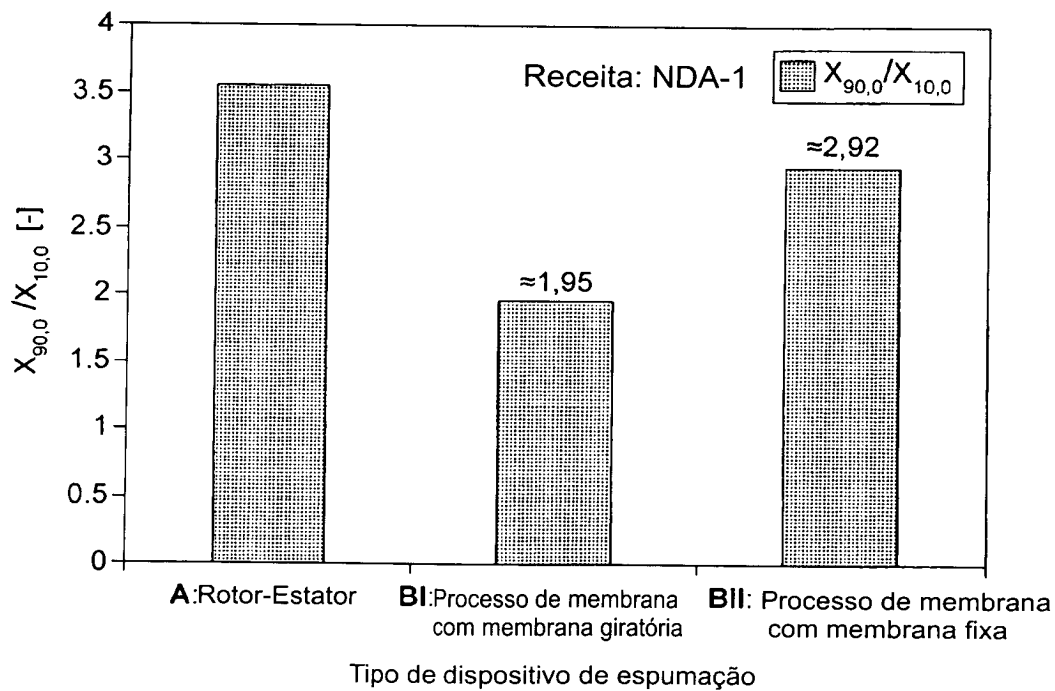


FIG. 4

Estrutura de fase lamelar inchada de poliglicerol éster de ácido graxo + ácidos graxos livres

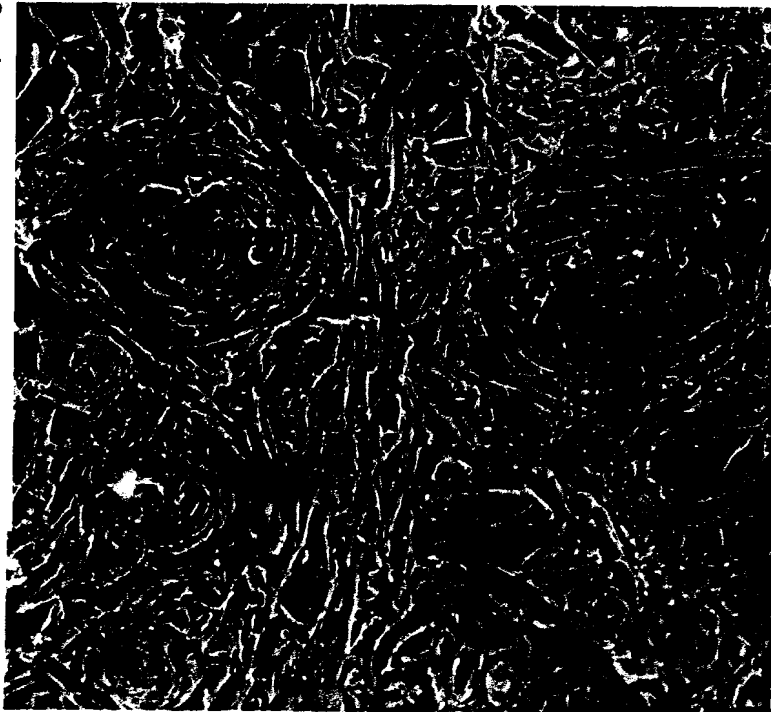


FIG. 5A



FIG. 5B

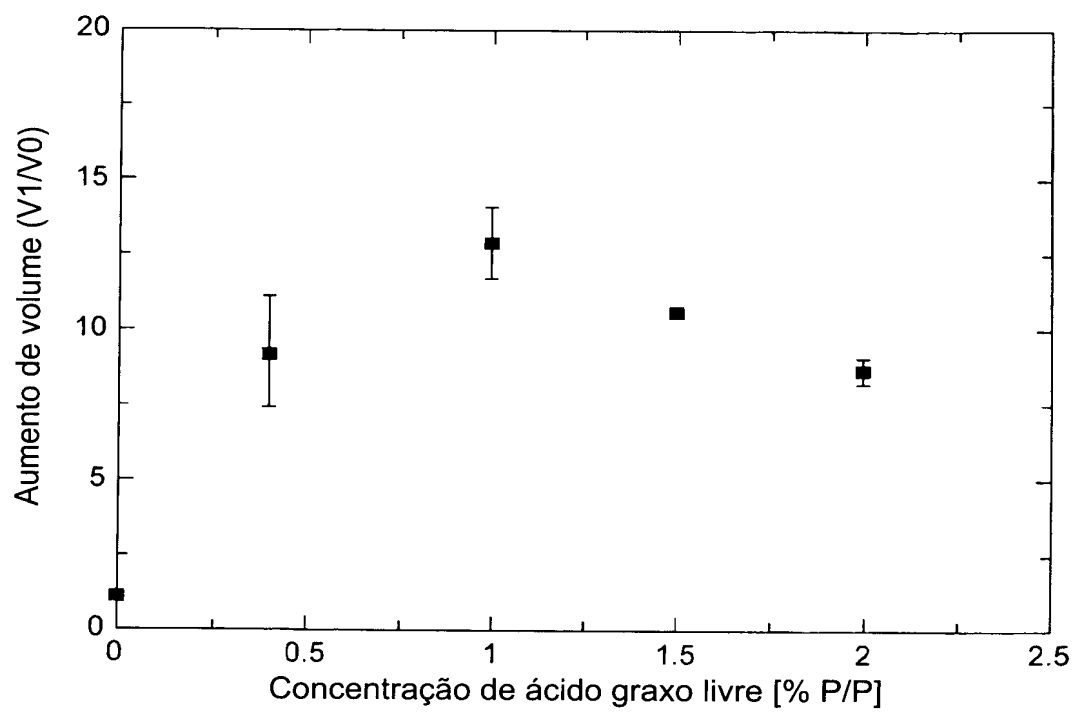


FIG. 6

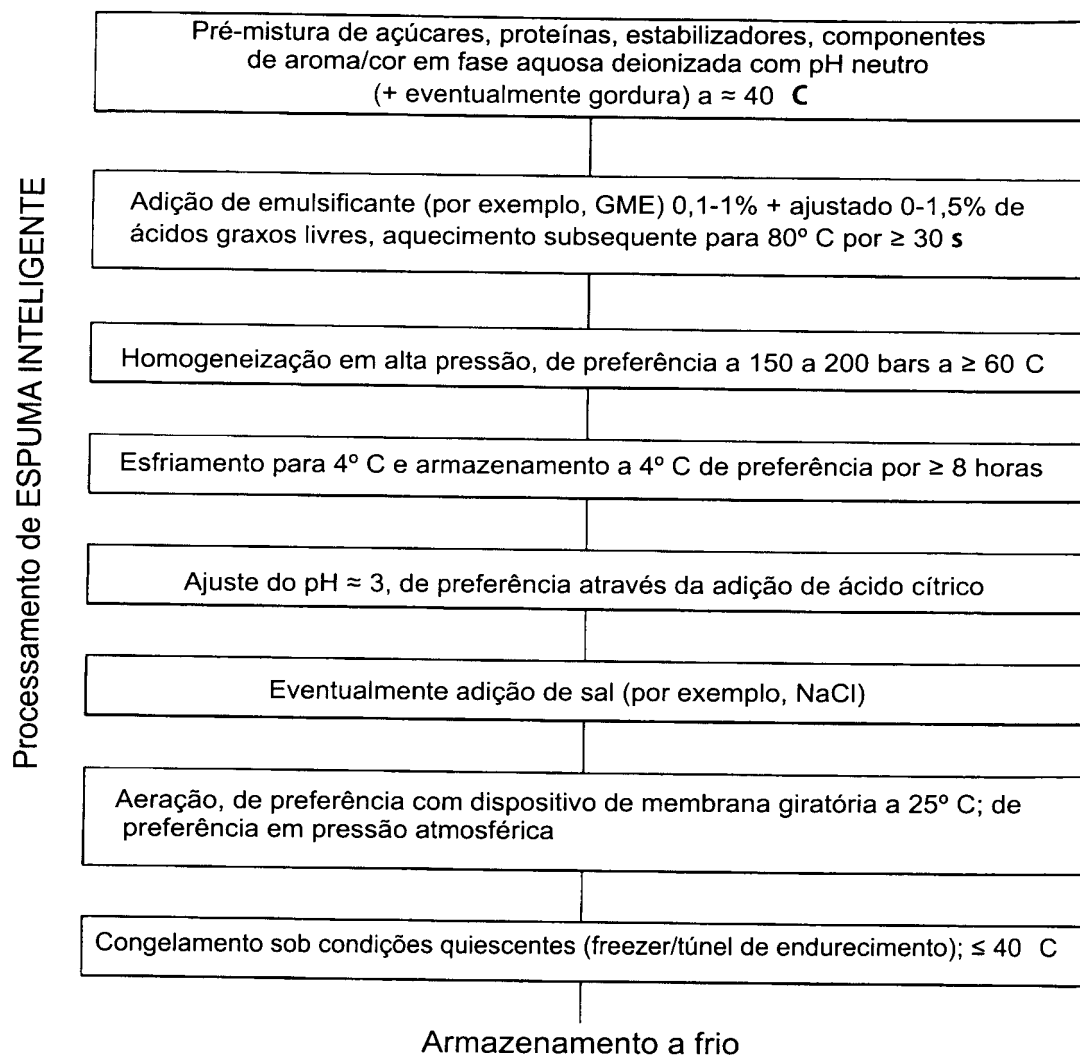


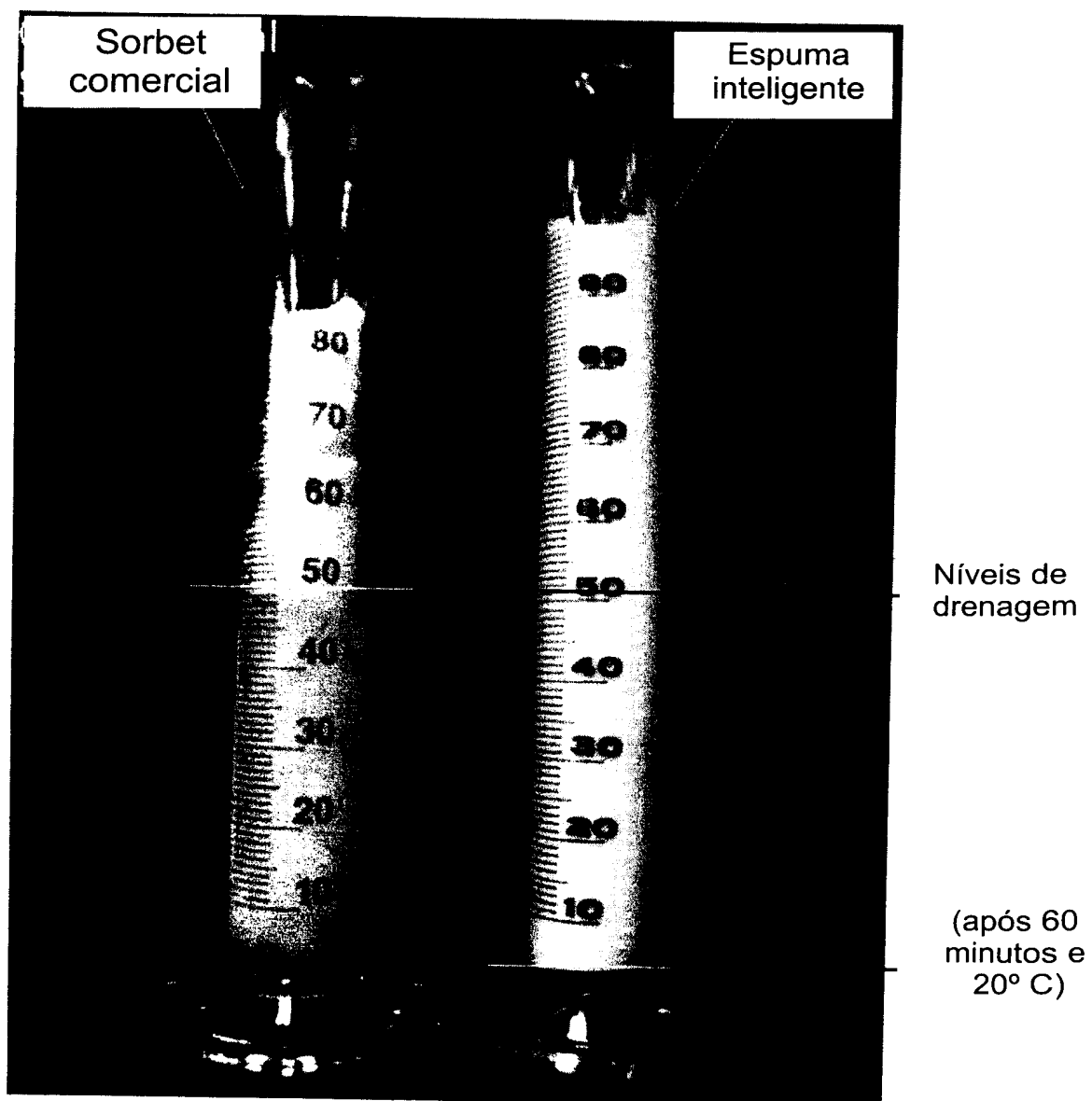
FIG. 7

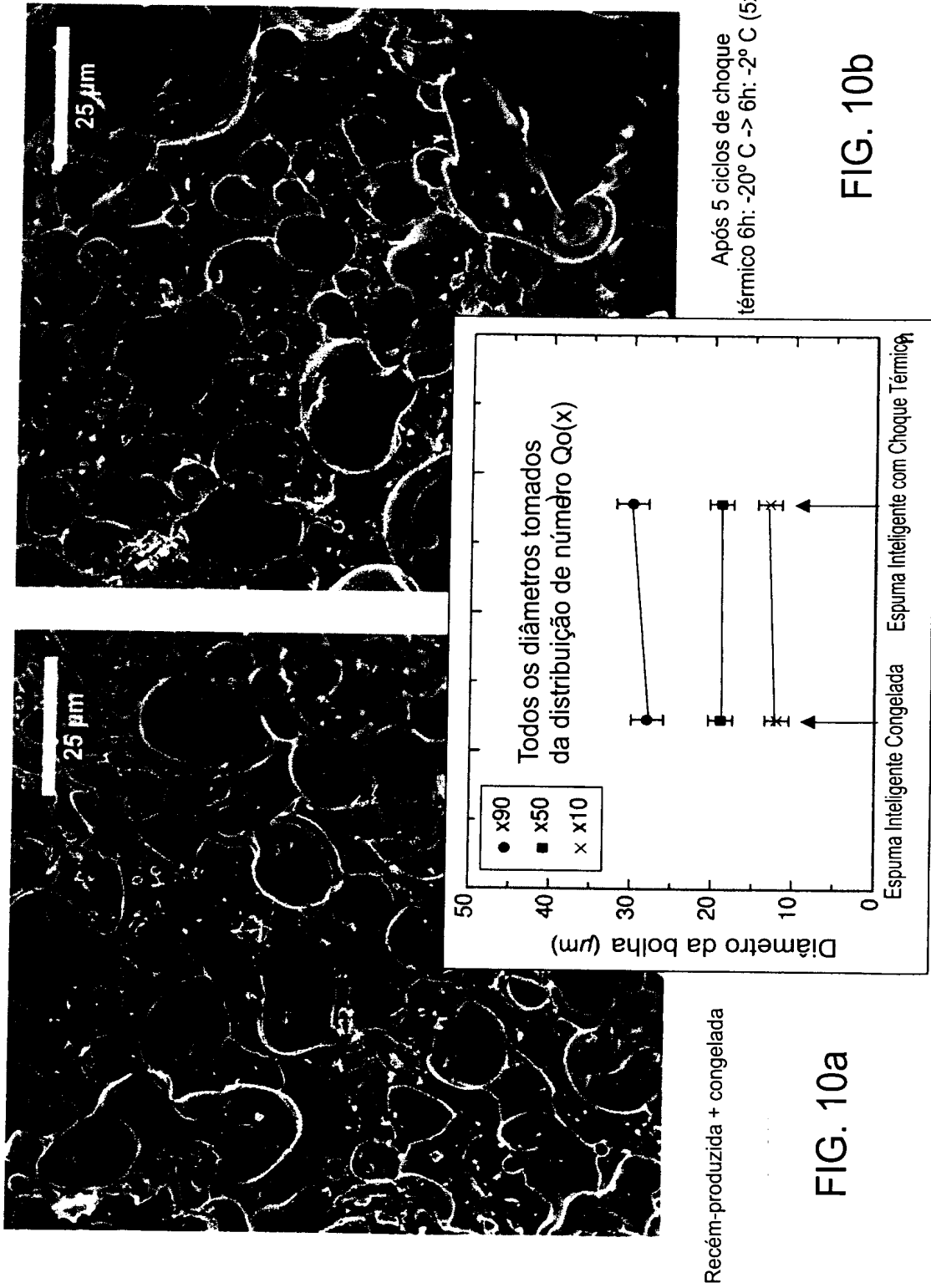


1. Tratamento com calor (80° C, 30 s)
2. Ajuste do pH (6,8)

1. Ajuste do pH (6,8)
2. Tratamento com calor (80° C, 30 s)

FIG. 8





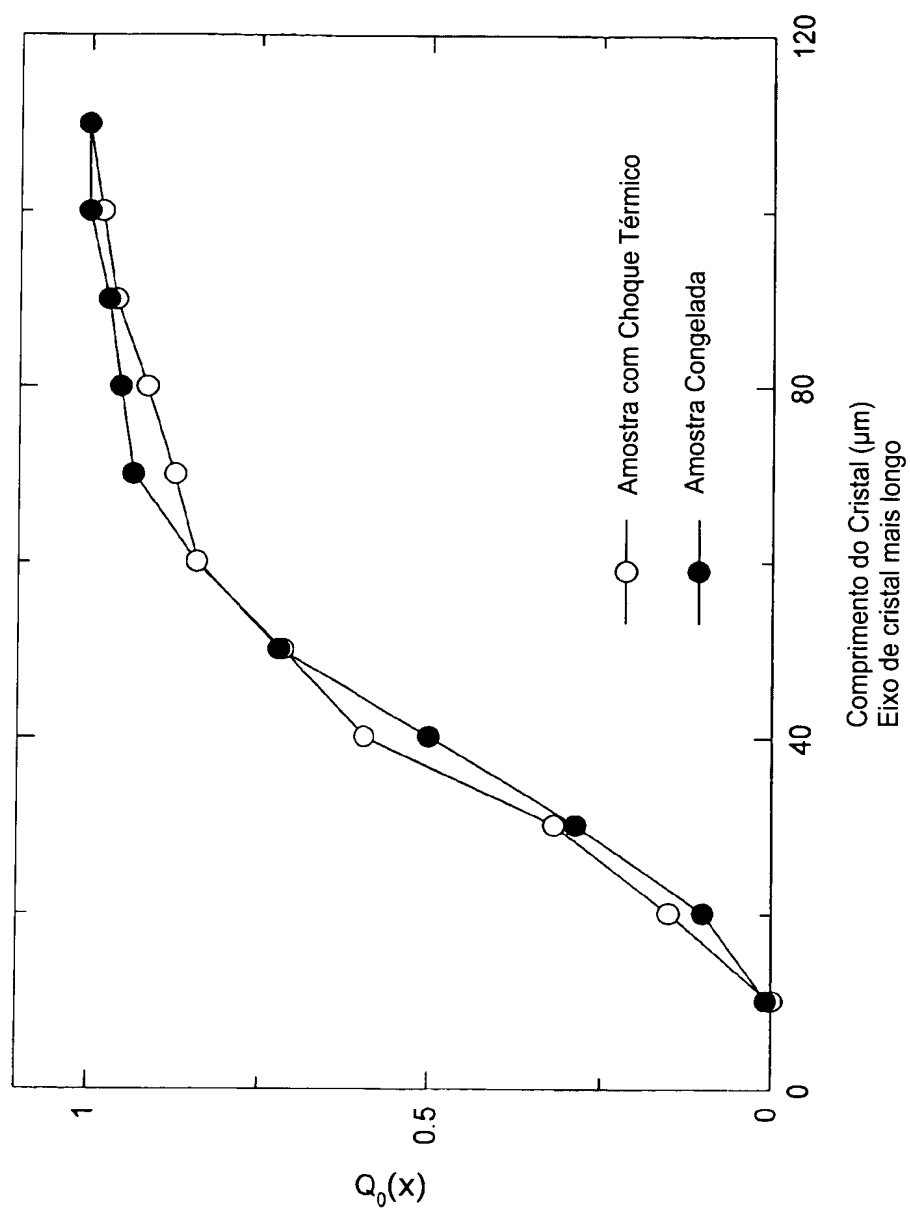


FIG. 11

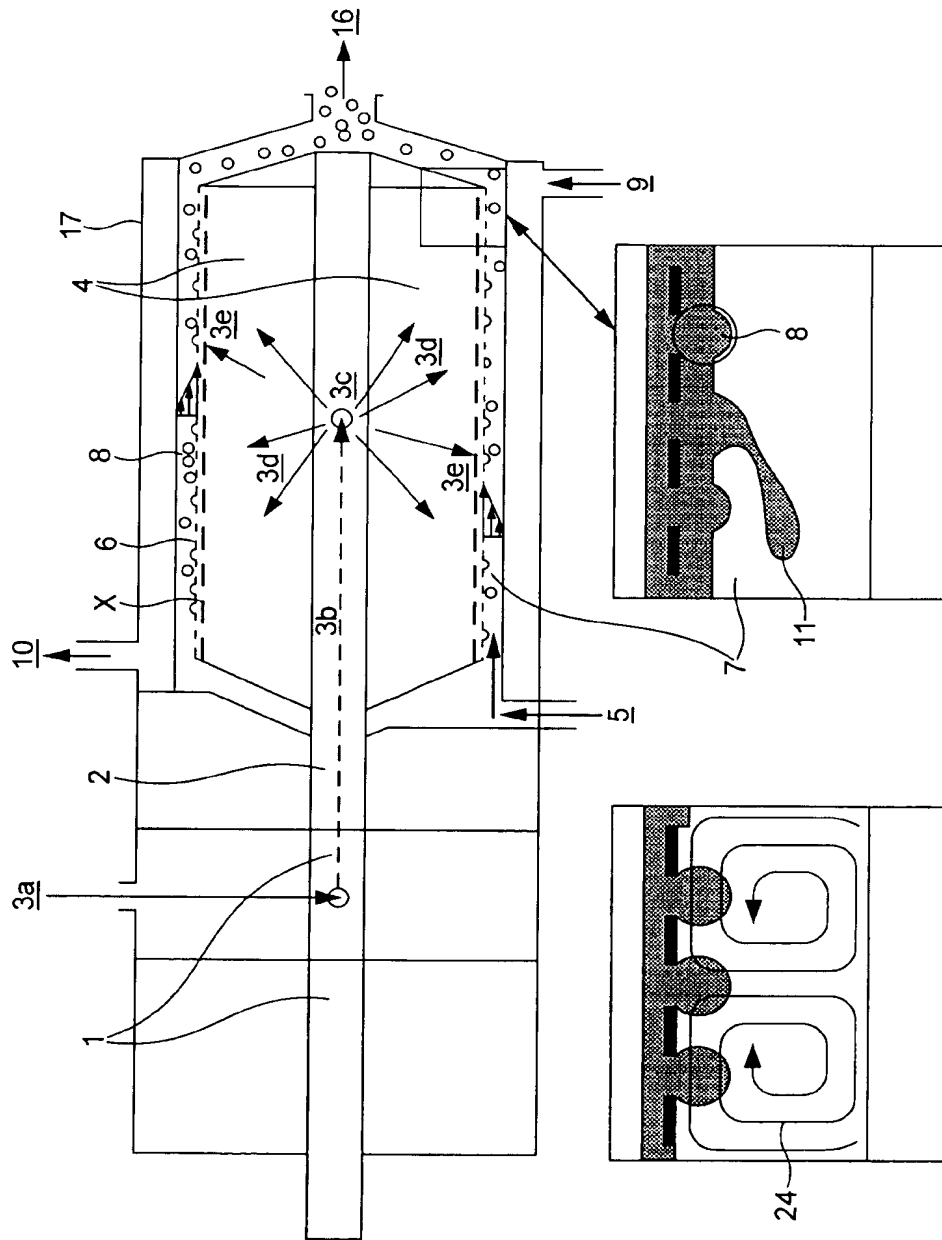


FIG. 12A

FIG. 12B

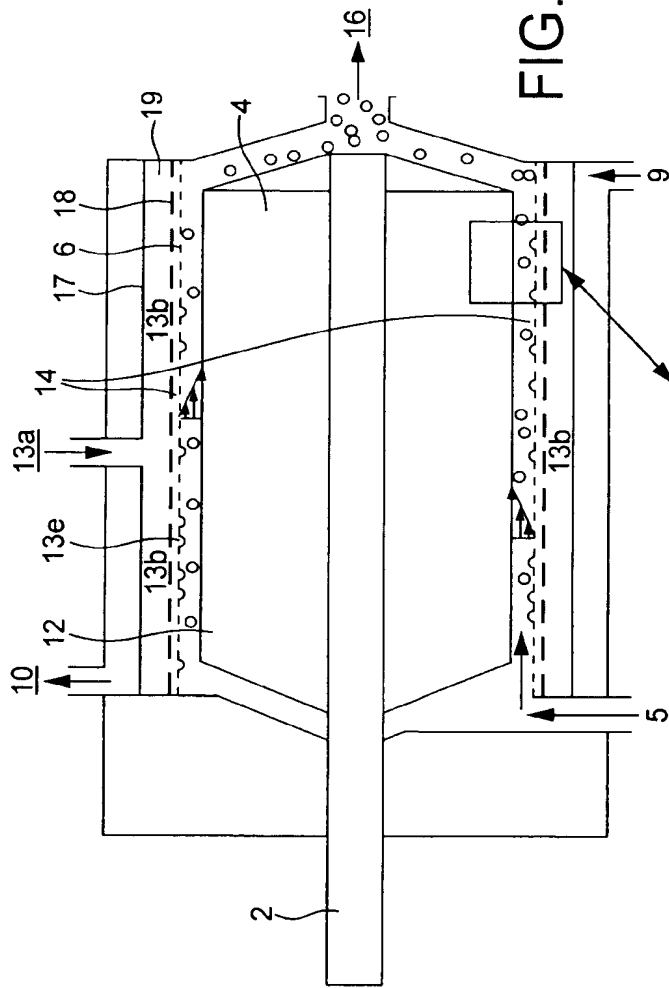


FIG. 13

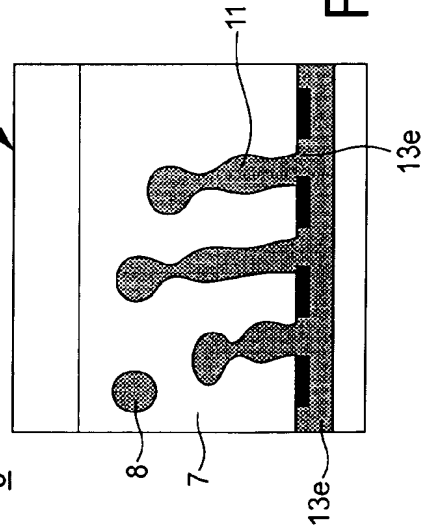


FIG. 13A

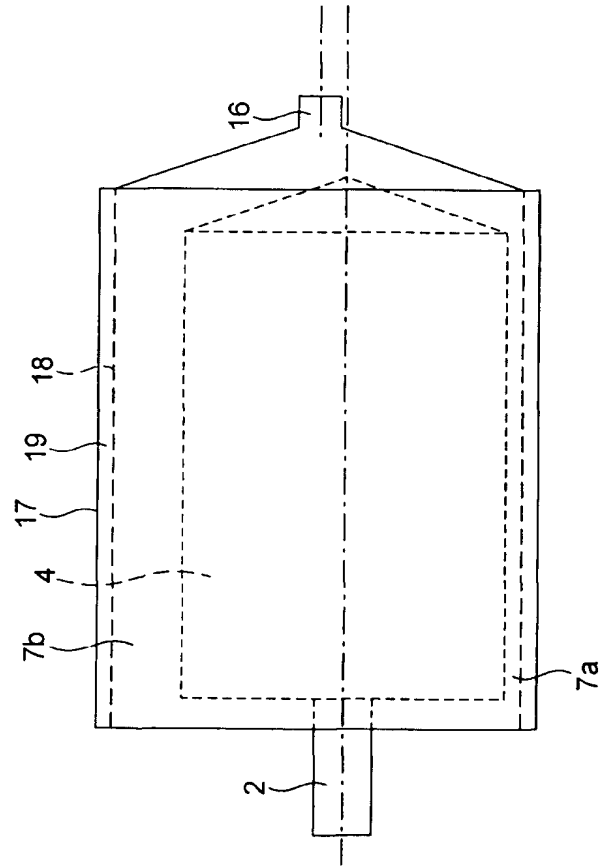


FIG. 14A

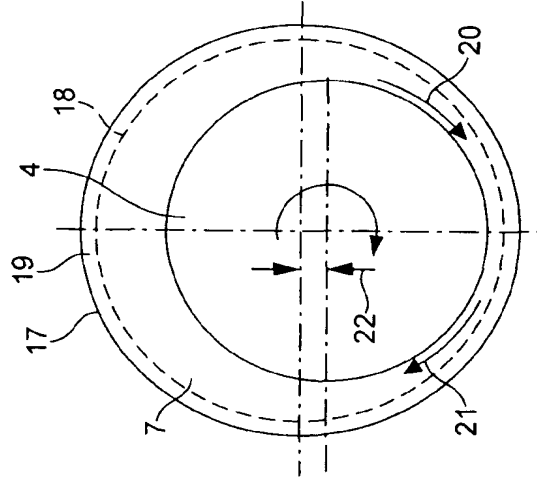


FIG. 14B

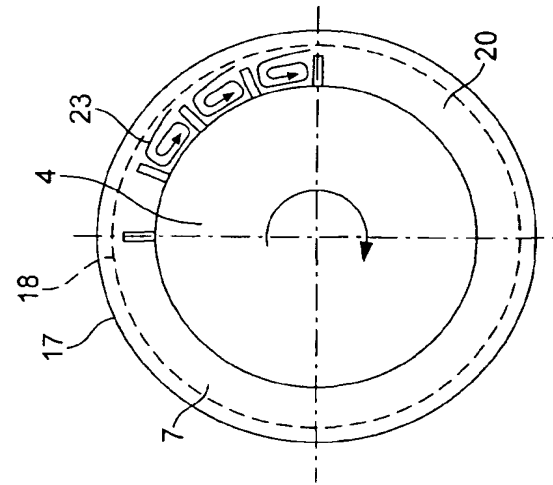


FIG. 15B

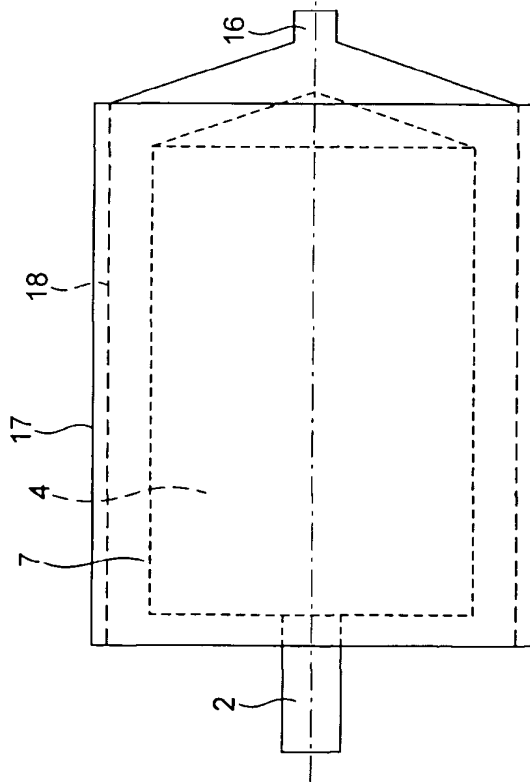


FIG. 15A

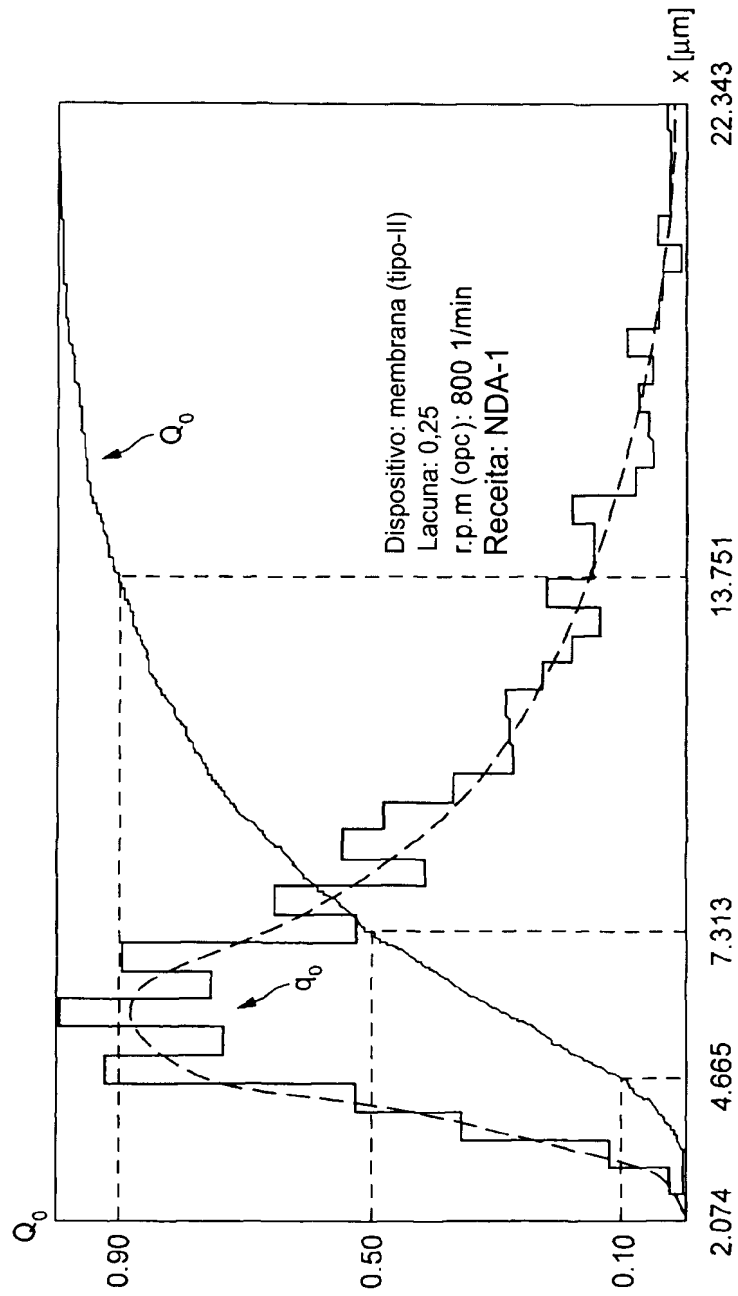


FIG. 16

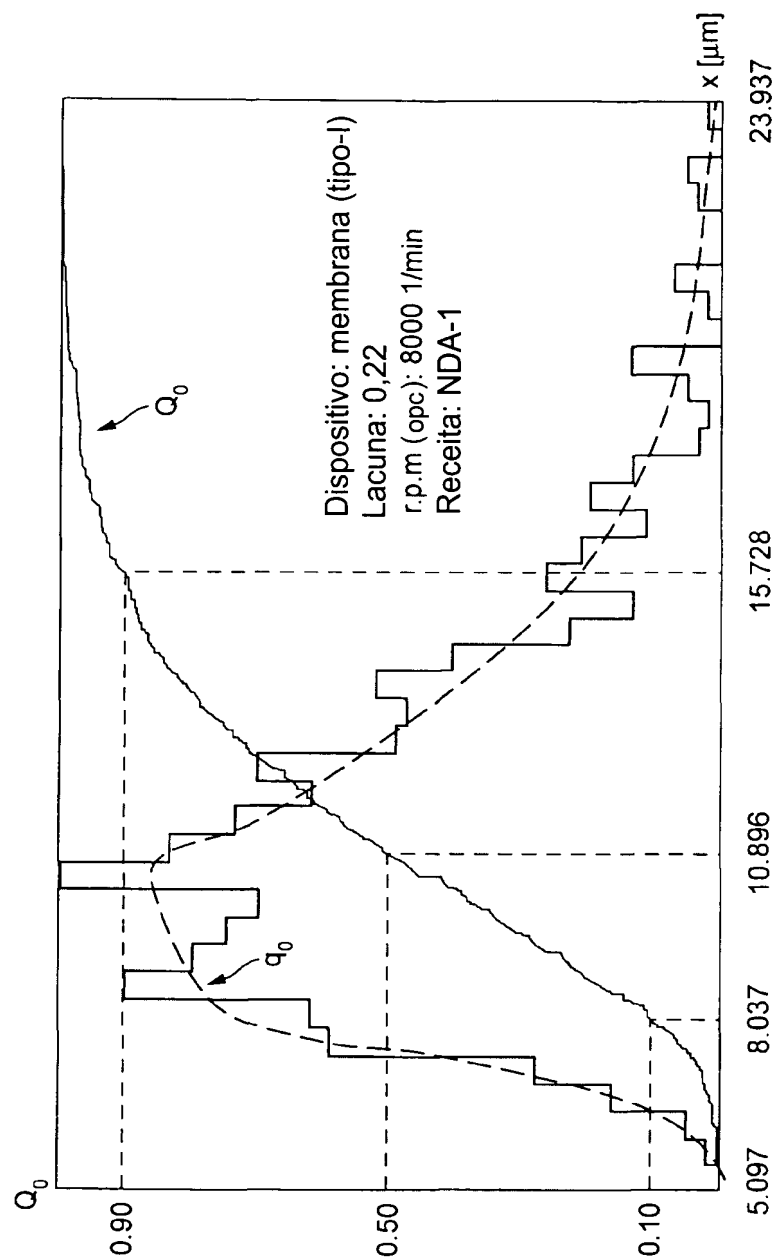


FIG. 17

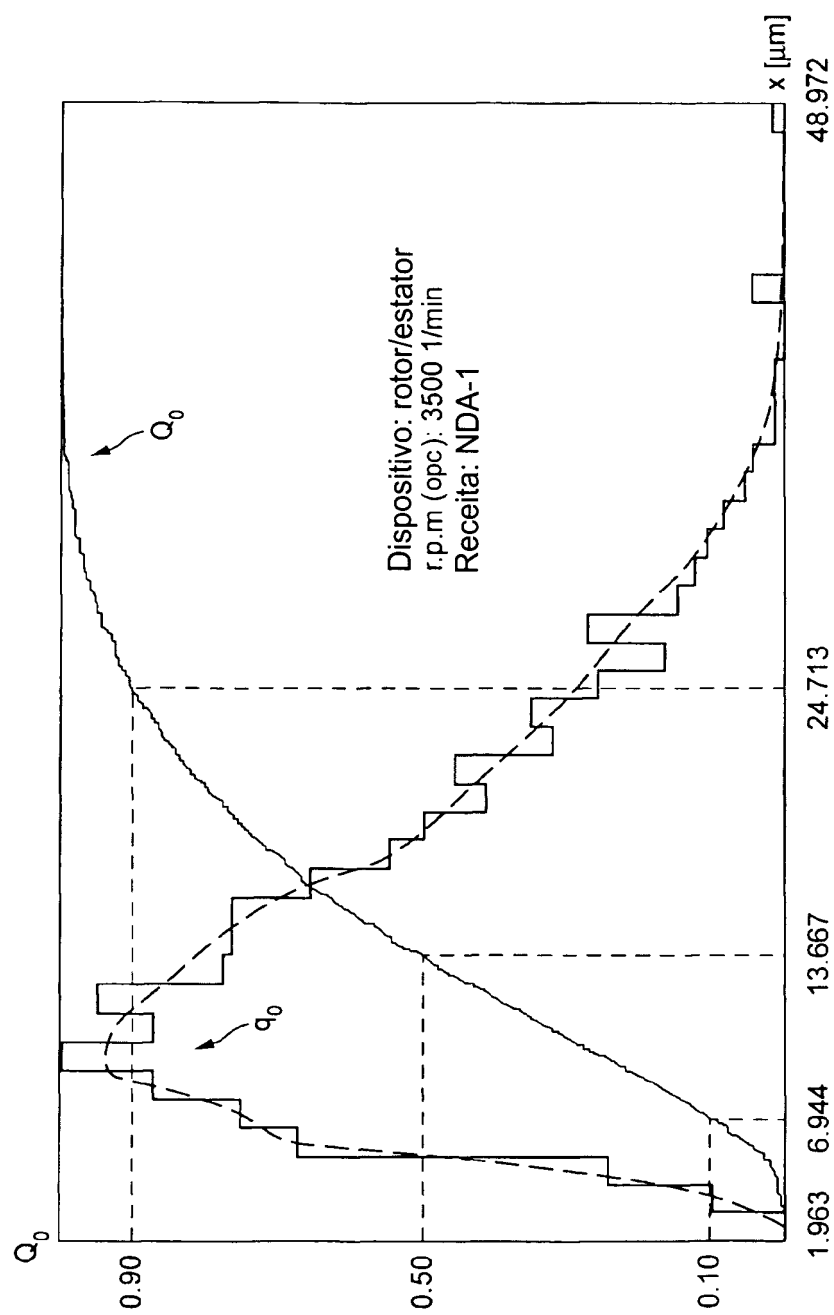


FIG. 18

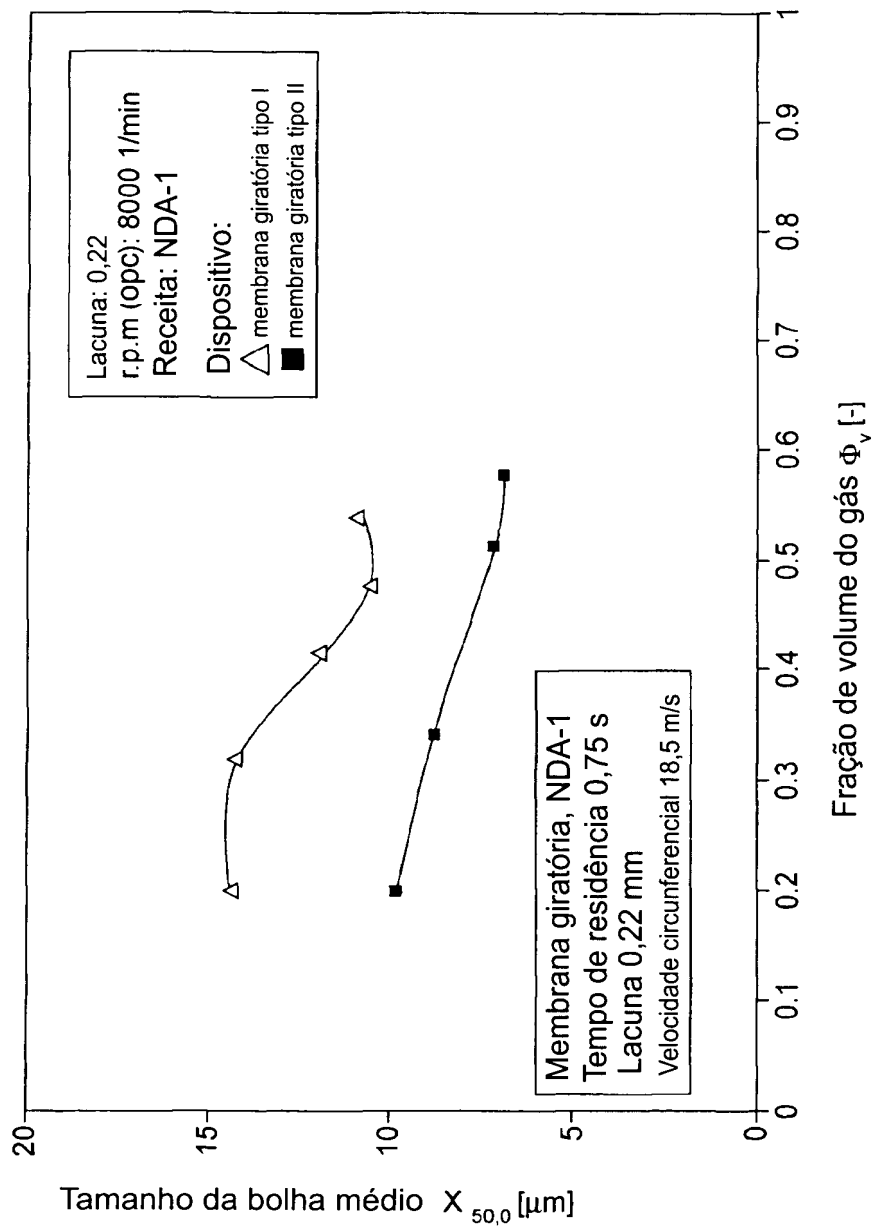


FIG. 19

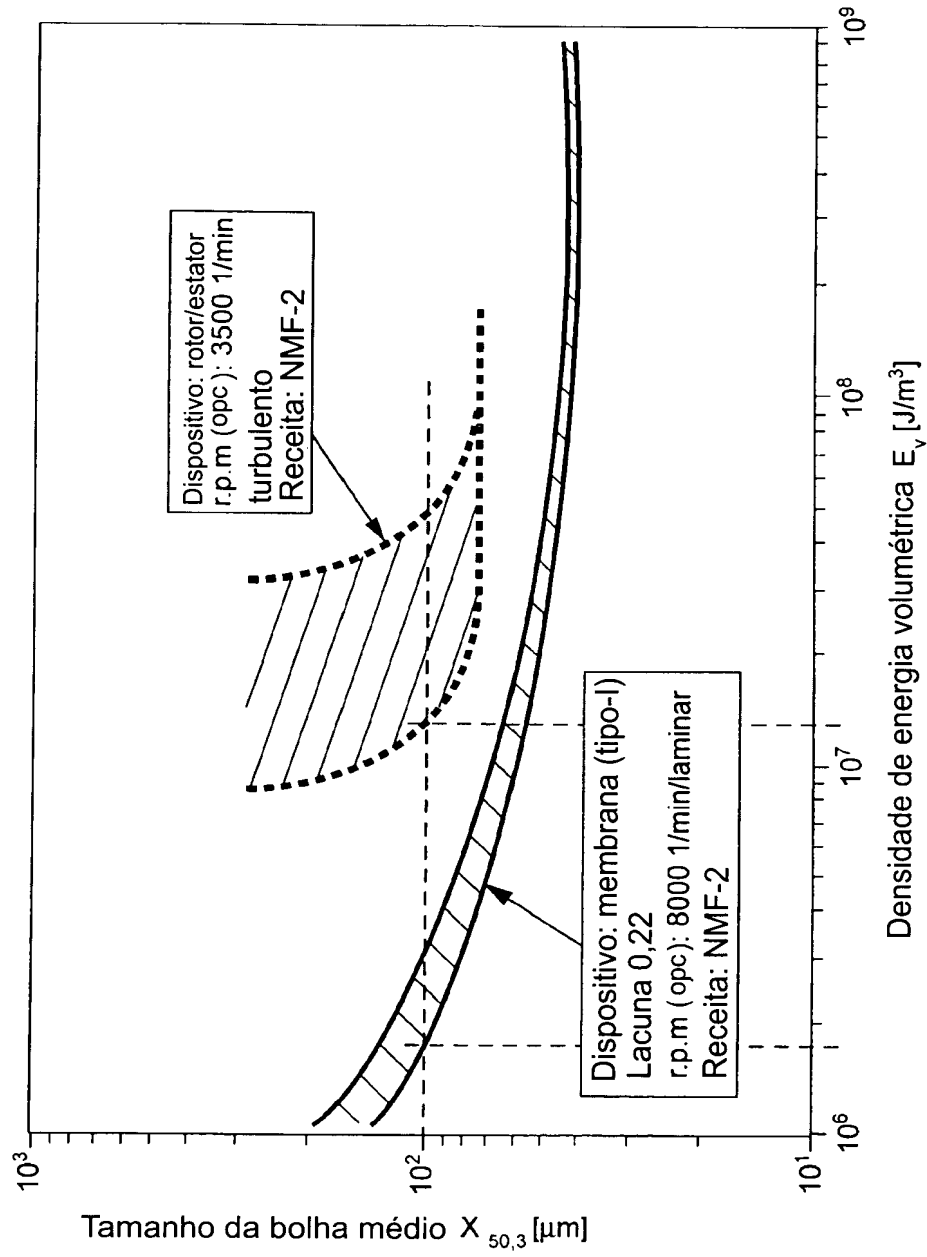


FIG. 20

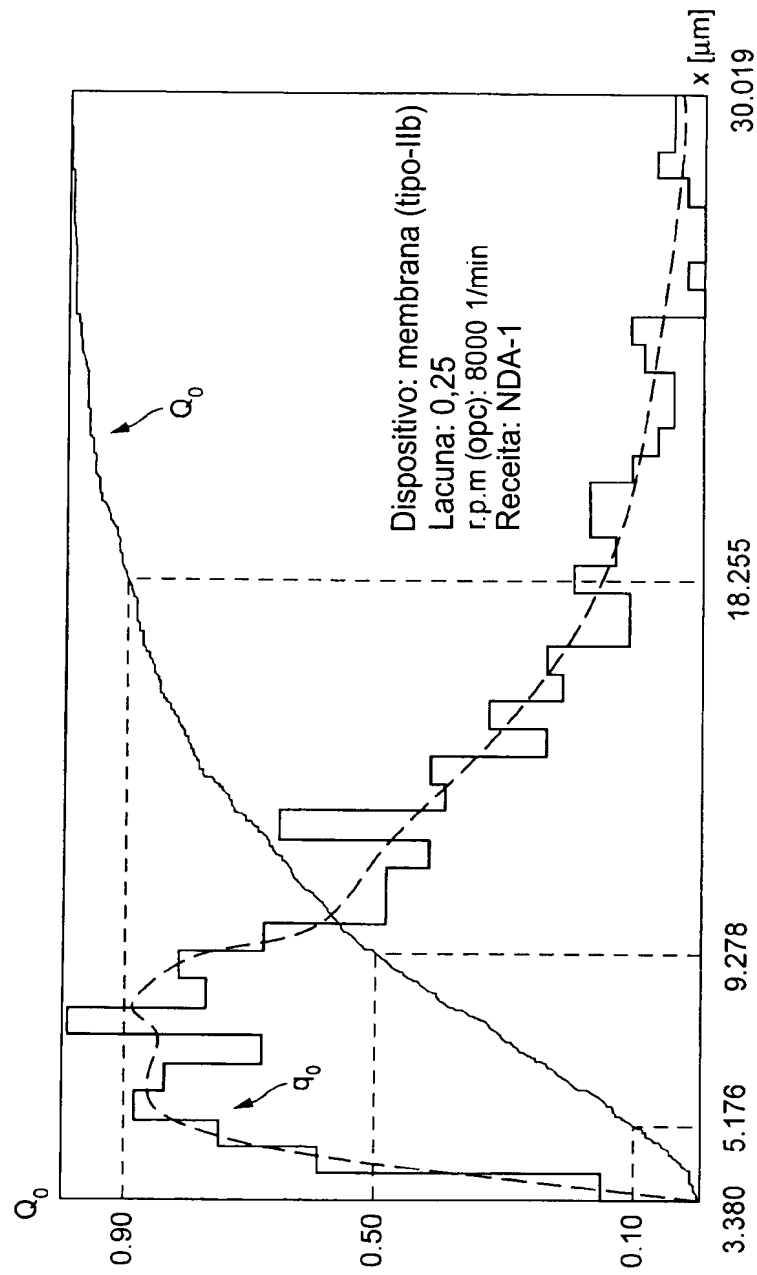


FIG. 21

RESUMO

Patente de Invenção: "**APARELHO DE MEMBRANA CILÍNDRICO PARA FORMAÇÃO DE ESPUMA**".

A presente invenção refere-se a um aparelho e processo para
5 fabricação de uma espuma tendo uma distribuição de tamanho controlada de bolhas de gás em uma matriz de líquido. A invenção utiliza um material poroso tendo tamanho de poro e distância de poro controlados para produzir uma distribuição de tamanho substancialmente uniforme de bolhas de gás; um dispositivo de bombeamento de gás para direcionamento de um fluxo de
10 gás para e através do material poroso para formar as bolhas de gás; um dispositivo de bombeamento de fluido para direcionamento de um fluxo de matriz de líquido por cima do material poroso e um elemento giratório se movendo na vizinhança da superfície de membrana causando um fluxo adicional para separar, coletar, acumular e inserir as bolhas de gás na matriz de
15 líquido para formar uma espuma tendo bolhas de gás de tamanho geralmente uniforme e uma distribuição de tamanho de bolha de gás substancialmente uniforme. Vantajosamente, o tamanho do poro e distância de poro do material poroso, o fluxo de gás do dispositivo de bombeamento de gás, o campo de fluxo gerado pelo elemento giratório e o fluxo de líquido do dispositivo
20 de bombeamento de fluido cooperam para prover bolhas de gás tendo um diâmetro médio $X_{50,0}$ que é menos do que 2-2,5 vezes, de preferência menos do que 1,25-1,5 vez o diâmetro de poro médio da membrana e para prover a espuma com uma razão de distribuição de diâmetro de bolha de gás $X_{90,0} / X_{10,0}$ que é menos do que 5, de preferência menos do que 3.