



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101489657 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 16

(21) 申请号 200780026983. 4

代理人 林柏楠 刘金辉

(22) 申请日 2007. 07. 12

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

60/831, 603 2006. 07. 17 US

B01F 3/04 (2006. 01)

B01F 5/04 (2006. 01)

B01F 7/00 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 01. 16

(56) 对比文件

EP 0723806 A2, 1996. 07. 31, 实施例 1-2.

US 3118958, 1964. 01. 21, 说明书第 2 栏第 1 段至第 5 栏第 4 段, 图 1-3.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2007/057191 2007. 07. 12

EP 1319435 A2, 2003. 06. 18, 说明书 [0008]

段至 [0021] 段.

(87) PCT申请的公布数据

W02008/009623 EN 2008. 01. 24

CN 1688381 A, 2005. 10. 26, 说明书发明详

述.

(73) 专利权人 雀巢产品技术援助有限公司

地址 瑞士沃韦

审查员 孙思

(72) 发明人 E·J·温德哈伯

N·P·穆勒-菲舍尔

K·U·泰普弗尔

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

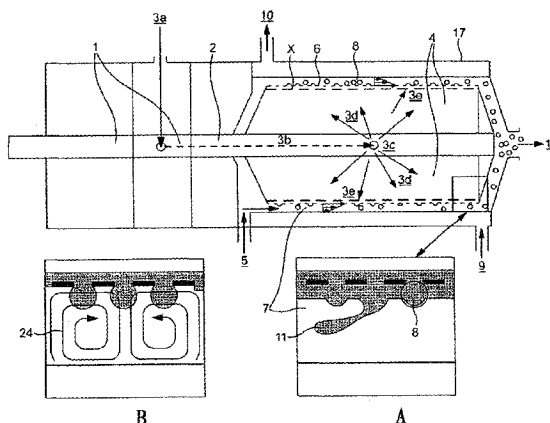
权利要求书 3 页 说明书 27 页 附图 18 页

(54) 发明名称

用于形成泡沫的圆筒形膜设备

(57) 摘要

用于制造泡沫的设备和方法, 所述泡沫具有在液体基质中的尺寸分布受控的气泡。本发明利用具有受控的孔径大小和孔距的多孔材料, 用于产生尺寸分布基本均匀的气泡; 气体泵送装置, 用于将气体流送往并通过所述多孔材料, 以形成气泡; 流体泵送装置, 用于使液体基质流经所述多孔材料; 和在膜表面附近移动的旋转部件, 使附加的流移走、收集、积累气泡并将气泡夹带在所述液体基质中, 从而形成具有气泡的泡沫, 该泡沫具有大致均匀的尺寸和基本均匀的气泡尺寸分布。有利地, 多孔材料的孔径大小和孔径、来自气体泵送装置的气流、通过旋转部件产生的流场和来自流体泵送装置的液流协同作用, 提供了中值直径 $X_{50,0}$ 小于膜平均孔径的 2 至 2.5 倍、优选小于 1.25 至 1.5 倍的气泡, 并提供了具有小于 5、优选小于 3 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 的泡沫。



1. 用于制造泡沫的设备,所述泡沫具有在液体基质中的尺寸分布受控的气泡,所述设备包括:

具有受控的孔径大小和孔距的多孔膜,用于产生尺寸分布基本均匀的气泡;

气体泵送装置,用于将气体流送往并通过所述多孔膜,以形成气泡;和

流体泵送装置,用于使液体基质流流经所述多孔膜,以移走、收集、积累气泡并将气泡夹带在所述液体基质中,从而形成具有气泡的泡沫,该泡沫具有大致均匀的尺寸和基本均匀的气泡尺寸分布,

其特征在于所述多孔膜被构造成圆筒形,且所述设备进一步包括外壳,该外壳包括具有表面的壁,将该壁构造和调整尺寸以邻近所述多孔膜圆筒,从而在所述多孔膜圆筒和所述外壳壁表面之间形成具有 0.1 至 10 毫米的恒定或可变宽度的窄缝。

2. 权利要求 1 的设备,其中多孔膜的孔径大小、来自气体泵送装置的气流和来自流体泵送装置的液流协同作用,提供了中值直径 $X_{50,0}$ 为平均孔径 X_p 的 1.5 至 2.5 倍的气泡,并提供了具有小于 5 的窄的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 的泡沫。

3. 权利要求 1 或 2 的设备,还具有旋转部件,该旋转部件以可变的、可调整的圆周速度接近于所述多孔膜表面运行。

4. 权利要求 1 的设备,其中气泡的中值直径 $X_{50,0}$ 为平均孔径 X_p 的 1.25 至 1.5 倍,并且泡沫具有小于 3 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 。

5. 权利要求 1 的设备,其中所述液体基质包含水,所述气体是空气,且所述泡沫具有小于 2 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 。

6. 权利要求 1 的设备,其中多孔膜的构造、尺寸和位置使得气体流能够从其中通过并在表面形成气泡,并有利于使气泡从膜上移走以夹带在所述液体基质中。

7. 权利要求 1 的设备,其中所述多孔膜由金属、陶瓷、玻璃、聚合物或橡胶材料制成,并具有 0.1 至 10 微米的平均孔径 X_p ;以最大孔径与最小孔径之比小于 1.5 为特征的窄的孔径大小分布;和至少 3 倍于平均孔径的受控孔距。

8. 权利要求 1 的设备,其进一步包括至少一个驱动元件,用于旋转、容纳或旋转并容纳所述圆筒,从而将气泡从多孔膜表面移走并将气泡夹带在液体基质中。

9. 权利要求 8 的设备,其中形成气泡的圆筒表面是圆筒的外表面,邻近的外壳壁是内壁,多孔膜圆筒旋转,且驱动元件以 1 至 40 米/秒的圆周速度提供旋转,其中圆筒的旋转外表面以及通过的液体基质将气泡移走,并将它们夹带在液体基质中。

10. 权利要求 3 的设备,其中形成气泡的圆筒表面是膜圆筒的内表面,且旋转部件同心地位于所述膜圆筒内,形成 0.1 至 10 毫米宽的间隙,使得液体基质经过膜圆筒的内表面,以移走气泡并将它们夹带在液体基质中。

11. 根据权利要求 10 的设备,其中所述旋转部件为第二非膜圆筒。

12. 权利要求 11 的设备,其中作为旋转部件的所述非膜圆筒偏心地位于所述膜圆筒内,形成最大间隙宽度与最小间隙宽度的宽度比为 1.1 至 5 的间隙,从而在选择气泡尺寸和尺寸分布时提供可调整性。

13. 权利要求 10 的设备,其进一步包括至少一个驱动元件,用于旋转所述旋转部件或所述膜圆筒或这二者,从而将气泡从多孔膜表面移走并将气泡夹带在液体基质中。

14. 权利要求 11 的设备,其中所述非膜圆筒具有光滑的表面。

15. 权利要求 11 的设备,其中所述非膜圆筒具有结构化表面,该结构化表面包括轴向取向或螺旋的切口,其中切口深度与最窄间隙之比为 $1/10$ 至 $1/2$ 。

16. 权利要求 11 的设备,其中,或者所述流体泵送装置提供了液体基质的可变的、可调整的质量流速,所述气体泵送装置以可变的、可调整的透膜压和气体体积流速或质量流速使气体通过膜,或者所述旋转部件以可变的、可调整的圆周速度旋转,以在选择气泡尺寸或尺寸分布时提供可调整性。

17. 用于制造泡沫的方法,所述泡沫具有在液体基质中的尺寸分布受控的气泡,所述方法包括:

使气体流通往并通过具有受控的孔径大小的多孔膜,以产生尺寸分布基本均匀的气泡;和

使液体基质流流经所述多孔膜,以收集、积累、移走气泡并将气泡夹带在所述液体基质中,从而形成具有气泡的泡沫,该泡沫具有大致均匀的尺寸和基本均匀的气泡尺寸分布,其中液体流通过在该多孔膜和壁表面之间形成的间隙以带走气泡,

其特征在于所述多孔膜构造成圆筒形,并且所述间隙在多孔膜圆筒和外壳壁表面之间具有 0.1 至 10 毫米宽度,且所述方法进一步包括旋转所述圆筒、壁或这二者,以将气泡从多孔膜表面移走并将气泡夹带在液体基质中。

18. 权利要求 17 的方法,其进一步包括单独或组合地选择所述多孔膜的孔径大小或孔距、来自气体泵送装置的气流和来自流体泵送装置的液流,以提供中值直径 $X_{50,0}$ 为平均孔径 X_p 的 1.5 至 2.5 倍的气泡,并提供具有小于 5 的窄的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 的泡沫。

19. 权利要求 17 或 18 的方法,其中使流经多孔膜的流体流具有可变的、可调整的圆周速度,并使其接近多孔膜的表面。

20. 权利要求 17 或 18 的方法,进行该方法以提供中值直径 $X_{50,0}$ 为平均孔径 X_p 的 1.25 至 1.5 倍的气泡,以及具有小于 3 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 的泡沫。

21. 权利要求 17 或 18 的方法,其中所述液体基质包含水,所述气体是空气,且所述泡沫具有小于 2 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 。

22. 权利要求 17 或 18 的方法,其中圆筒以 1 至 40 米/秒的圆周速度旋转,圆筒旋转的外表面以及经过的液体基质将气泡移走并将气泡夹带在液体基质中。

23. 权利要求 17 或 18 的方法,其中形成气泡的圆筒表面是膜圆筒的内表面,且旋转部件同心地位于所述膜圆筒内,形成 0.1 至 10 毫米宽的间隙,使得液体基质经过膜圆筒的内表面,以移走气泡并将它们夹带在液体基质中。

24. 根据权利要求 23 的方法,其中所述旋转部件为第二非膜圆筒。

25. 权利要求 24 的方法,其包括将作为旋转部件的所述非膜圆筒偏心地放置在所述膜圆筒内,形成最大间隙宽度与最小间隙宽度的宽度比为 1.1 至 5 的间隙,从而在选择气泡尺寸和尺寸分布时提供可调整性。

26. 权利要求 23 的方法,其进一步包括旋转所述旋转部件或膜圆筒、或这二者,以将气泡从多孔膜表面移走并将气泡夹带在液体基质中。

27. 权利要求 24 的方法,其中非膜圆筒内表面具有光滑表面。

28. 权利要求 24 的方法,其中所述非膜圆筒具有结构化表面,该结构化表面包括轴向

取向或螺旋的切口,其中切口深度与最窄间隙之比为 $1/10$ 至 $1/2$ 。

29. 权利要求 17 或 18 的方法,其进一步包括将液体基质流控制在可变的、可调整的质量流速,控制气流以可变的、可调整的透膜压和气体体积流速或质量流速通过膜,或以可变的、可调整的圆周速度旋转所述旋转部件,从而在选择气泡尺寸或尺寸分布时提供可调整性,由此可调整地选择气泡尺寸或尺寸分布。

30. 权利要求 29 的方法,其中在 20 至 70% 的分散气体体积比例的范围内获得了需要的气泡尺寸和气泡尺寸分布,所述分散气体体积比例等于 25 至 230% 的膨胀率。

31. 权利要求 24 的方法,其进一步包括旋转非膜圆筒,产生有利的泰勒涡流类型,这有利于气泡从膜表面脱离,这一点通过中值气泡直径低于平均孔径 X_p 的 1.5 倍得到证明。

用于形成泡沫的圆筒形膜设备

[0001] 发明背景

[0002] 本发明涉及具有受控的细气泡尺寸分布的稳定泡沫和由其制成的具有低脂肪含量的食用产品。由这类泡沫制成的特别有意义的产品包括冰淇淋和相关冷冻产品。

[0003] 在食品、药品、化妆品、陶瓷和建筑材料工业中,特别地,制造在连续液相或半固态流体相中微细分散的气泡(气体体积比例低于约 10-15%的被称作气体分散体,或气体体积比例高于大约 15-20%的被称作泡沫)是非常重要的。这些工业的相关产品中的气体比例对物理参数,例如密度、流变性、热导率和可压缩性以及相关应用性质,具有强烈影响。在食品领域中,液体至半固体体系的充气在稠度和相关感官/感觉性质,例如乳脂感、柔软性和顺滑性以及改进的形状保持性和分层稳定性方面,增加了价值。对于特定食品体系,例如冷冻甜点或冰淇淋,大大降低的热导率是保护产品以免迅速融化(例如由于从商店到用户冰箱的“冷却链”中施加的热冲击)的另一主要稳定性因素。内界面的显著增加也会产生新区域,用于吸附和固定/稳定功能/技术-功能分子,例如风味和/或营养活性化合物。

[0004] 在传统的冷冻和充气的水基冰淇淋型冰浆中,通常重要的感官性质,例如勺取能力、乳脂感、顺滑性、融化过程中的形状保持性和热冲击稳定性,通常取决于三个分散相的相互作用:气孔/气泡、脂肪球/脂肪球附聚物和水冰晶,这些分散组分处于其特有尺寸范围和体积比例内,如表 1 所示。

[0005] 表 1:传统冰淇淋中分散相的尺寸和体积比例范围

[0006]

	气体/气孔	脂肪球附聚物	水冰晶
中值直径 $X_{50.0}$ /微米	25-35	2-100	50-60
体积比例/体积%	50-60	8-15	40-50

[0007] 充分稳定的小气孔主要产生冰淇淋在消费者口中融化过程中的乳脂感和顺滑质感。在舌头和上颚之间的剪切处理过程中,在融化态下,较小的气孔/泡沫结构会产生较显著的乳脂感。较小的气孔尺寸也有助于冷冻冰淇淋体系的较长贮存寿命,因为对冰晶生长位阻增大。在恒定气体体积比例下,较高数量的较小气孔会产生较大的总气体界面面积,并因此减小了通过连续水状流体相而在气孔之间形成的薄层厚度。这限制了这些薄层内的冰晶生长。对乳脂感的另一较不显著的直接原因源于直径小于 20-30 微米的中尺寸脂肪球附聚物。当脂肪球附聚物变得大于大约 30-50 微米时,乳脂感变成黄油似的油腻口感。

[0008] 冻结的充气浆(例如冰淇淋)的勺取能力主要与其冰晶结构、特别是冰晶尺寸及其互连性相关。勺取能力是冰淇淋在 -20℃ 至 -15℃ 的低温范围内的最相关的品质特性。

[0009] 在传统冰淇淋制造中,在具有冷却的刮磨表面热交换器的连续或分批冻结机中进行部分冻结,至大约 -5℃ 的出口温度。然后将冰淇淋浆填入杯中或在挤压模的出口成型。此后将产品在冻结隧道中在大约 -40℃ 的冷却剂空气温度下硬化,直至达到大约 -20℃ 的产品中心温度。然后将产品储存和/或配送。在传统冰淇淋配方于冰淇淋冻结机中预冻后,

大约 40-45% 的可冻结水以水冰晶形式冻结。另外大约 55-60% 的可冻结水由于富含糖、多糖和蛋白质的水溶液中的冰点下降而仍然是液体。这种水状部分大多在硬化隧道中进一步冷却的过程中冻结。在此硬化步骤中,冰淇淋处于静态。因此,附加冻结的水在已有的冰晶表面结晶,以致它们从大约 20 微米生长至 50 微米和更大。一些冰晶互连形成三维冰晶网络。当形成这种网络时,冰淇淋表现得像固体,且其勺取能力降低。

[0010] 某些专利,如美国专利 5,620,732 ;6,436,460 ;6,491,960 ;6,565,908,公开了在冷却 / 硬化过程中使用抗冻蛋白限制冰晶生长。预计这对于与改进的勺取能力相关的冰晶连接性也有正面影响。

[0011] 美国专利 6,558,729、5,215,777、6,511,694 和 6,010,734 公开了使用其它特定成分,例如低熔点植物脂肪、多元醇脂肪酸聚酯或特定的糖,例如蔗糖 / 麦芽糖混合物,以软化相关冰淇淋产品,由此改进勺取能力和乳脂感。

[0012] 美国专利 5,345,781、5,713,209、5,919,510、6,228,412 和 RE36,390 公开了特定的加工设备,主要是单螺杆或双螺杆连续冻结挤出机,从而利用在 10℃ 至 -15℃ 的通常非常低的加工温度下发挥作用的高粘摩擦力限定冰淇淋微结构(气孔、冰晶和脂肪球附聚物),并因此改进质地和稳定性。

[0013] 其它公开文献公开了介晶表面活性剂相的应用,其中在指定温度下制备含有表面活性剂和水的预混物以提供连续层状相。这些文献包括欧洲专利申请 753,995 和 PCT 公开 W095/35035。美国专利 6,368,652、欧洲专利申请 558,523 和 PCT 公开 W092/09209 公开了可食用表面活性剂的介晶相作为结构剂和 / 或代脂肪的应用的另一途径。

[0014] PCT 公开 W02005/013713 公开了含至少 2 重量%脂肪的冰甜食及其制造方法,其中全部脂肪中的一部分作为油体存在。

[0015] 但是,尽管有这些公开,仍然需要形成冰冻泡沫或冰冻甜食的方法,该冰冻泡沫或冰冻甜食在冻结时不会发生显著的气泡扩大和与此相关的显著固体性状或冰状的产生。

[0016] 此外,仍缺乏应对上述需要的新型充气技术。例如,基于工业膜的充气技术仍然相当新。液体流体体系的已知传统充气或搅打通常使用转子 / 定子分散混合设备在湍流场中在极高能量输入速率条件下进行。

[0017] 膜基分散程序是使用静态膜组件的液体 / 液体分散(乳化)领域中已知的,其中通过连续水相的膜溢流移走分散的液滴。但是,这意味着支持液滴移除的力或应力与连续流体相的体积流速直接相联。如果体积流速的变化也影响分散相的液滴尺寸分布并由此改变相关体系性质,这对相关乳状液或分散体系的制造而言无疑是不可接受的。

[0018] 还引入了使用静态膜设备的在膜发泡中的最初尝试,其具有与上文对液体 / 液体分散体加工所述的相同类型的问题,但是与小气泡生成相关的问题更显著,特别是在较高气体体积比例(> 30-40%)下。这可能基于通过所谓的临界毛细管值(Ca_c)描述的公知物理关系。在溢流静态膜附近(即普朗特边界层)产生的主要的流类型是剪切流。在剪切流中,临界毛细管值是分散和连续相的粘度比率($\eta_{\text{分散}} / \eta_{\text{连续}}$)的强函数。特别是对于代表泡沫体系的 $\leq 10^{-3}$ - 10^{-4} 的非常低的粘度比率, Ca_c 可以达到大于大约 10-30 的值。原因在于,尽管剪切液体中气泡容易产生大的形变,但仍然没有有效破裂,或换言之,临界气泡形变随粘度比率降低而明显升高。在非常高的体积流速下,在改进的气泡分散下达到湍流条件。但是,这在气泡尺寸和窄气泡尺寸分布宽度方面不令人满意。即使在湍流域中,也在

壁附近存在层状普朗特层,由此限制湍流分散机制。

[0019] 最近,已经引入旋转膜设备以用于液体/液体分散,其表现出改进液滴分散的高潜力,特别是对小和窄尺寸分布的液滴而言,但是该设备尚未用于气体分散或发泡。这可能是由于与上述剪切为主的层流中困难的气泡破裂相关的问题,和由于两之间的高密度差,这使得在旋转的、特别是层流场中的该方法更加困难。在没有流动相关扰动的层状旋流中起作用的离心力场中,具有小于1%液体密度的气相容易朝较小半径(与较低离心压力对等)分离。这种基础问题仍未解决。

[0020] 德国专利申请 DE 10127075 公开了用于制造乳状液体系的旋转膜设备。但是,该设备由于在膜组件和外壳之间形成的分散间隙的大径向尺寸而不适合产生微细分散的均匀气体分散体或泡沫,这在气泡细化所需的较高旋转速度下强烈促成相的分层。

[0021] PCT 公开 WO 2004/30799 和 WO 01/45830 描述了用于制造乳状液的类似膜设备,其具有与之前提到的气体分散体或泡沫相同的问题。

[0022] 因此需要能够形成低脂冷冻泡沫产品的新型充气设备和方法,该产品在冻结时不会形成大气泡或互连冰晶和它们的随之发生的固体性状。也需要含有这类新型泡沫的产品。

发明概要

[0023] 本发明涉及用于制造泡沫的设备,所述泡沫具有在液体基质中的尺寸分布受控的气泡,所述设备包括:具有受控的孔径大小的多孔材料,用于产生尺寸分布基本均匀的气泡;气体泵送装置,用于将气体流送往并通过所述多孔材料,以形成气泡;流体泵送装置,用于使液体基质流流经所述多孔材料和圆周速度可变但可调整的旋转部件,使多孔材料附近的流与所述多孔材料分离,收集、积累气泡并将气泡夹带在所述液体基质中,从而形成具有气泡的泡沫,该泡沫具有大致均匀的尺寸和基本均匀的气泡尺寸分布。有利地,多孔材料的孔径大小、来自气体泵送装置的气流、来自流体泵送装置的液流、和接近多孔材料表面的旋转部件产生的额外的流协同作用,在没有额外的旋转流的情况下提供了中值直径 $X_{50,0}$ 为多孔材料平均孔径 X_p 的 1.5 至 2.5 倍的气泡,并提供了具有小于 5 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 的泡沫;并协同作用,在具有额外的旋转流的情况下提供了中值直径 $X_{50,0}$ 为多孔材料平均孔径 X_p 的 1.25 至 1.5 倍的气泡,并提供了具有小于 3、优选小于 2 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 的泡沫。

[0024] 优选地,所述多孔材料是膜,设定该膜的构造、尺寸、位置和最终的移动,使得气体流能够从其中通过并在膜表面形成气泡,并有利于通过溢流的液体基质使气泡与膜表面分离以夹带在所述液体基质中。合适的多孔膜可以由金属、陶瓷、玻璃、聚合物或橡胶材料制成,并具有 0.1 至 10 微米的孔径;平均孔径;以最大孔径与最小孔径之比小于 1.5 为特征的窄的孔径大小分布;和至少 3 倍于、但优选超过 5 倍于平均孔径的受控孔距。

[0025] 所述多孔膜可以被构造成圆筒形,且所述设备进一步包括外壳,该外壳包括具有表面的壁,将该壁构造和调整尺寸以邻近所述多孔膜圆筒,从而在所述多孔膜圆筒和所述外壳壁表面之间形成具有恒定宽度的窄间隙。优选地,提供至少一个驱动元件用于旋转、容纳或旋转并容纳所述圆筒,从而将气泡从多孔膜表面移走并将气泡夹带在液体基质中。另外,所述间隙可以具有约 0.1 至 10 毫米的宽度。

[0026] 在一个实施方案中,形成气泡的圆筒表面是圆筒的外表面,所述邻近的外壳壁是内壁,多孔膜圆筒旋转,并且驱动元件以 1 至 40 米/秒的圆周速度提供旋转,其中圆筒的旋转外表面以及通过的液体基质将气泡移走,并将它们夹带在液体基质中。或者,形成气泡的圆筒表面是膜圆筒的外表面,且外壳的壁包围所述膜圆筒。经过外壳壁和膜圆筒之间的间隙将气体泵送通过所述膜。将旋转部件、优选另一(非膜)圆筒同心地或偏心地安装在膜圆筒内,使得该旋转部件(圆筒)产生的流支持液体基质流,该液体基质流被送去流经膜圆筒的内表面,以移走气泡并将它们夹带在液体基质中。

[0027] 在同心非膜内圆筒设置的情形中,间隙宽度被固定在 0.1 至 10 毫米的范围内,以在选择气泡尺寸或尺寸分布时提供可调整性。

[0028] 在非膜内圆筒设置的情形中,偏心流间隙具有最大间隙宽度与最小间隙宽度之比为 1.1 至 5 的宽度比,以在选择气泡尺寸或尺寸分布时提供可调整性。

[0029] 此外,或者所述流体泵送装置提供了液体基质的可变的、可调整的质量流速,所述气体泵送装置以可变的、可调整的透膜压和气体体积流速或质量流速使气体通过膜,和/或所述旋转部件或圆筒的可变的、可调整的圆周速度在选择气泡尺寸或尺寸分布时提供可调整性。本发明还涉及制造泡沫的方法,该泡沫具有在液体基质中的尺寸受控的气泡,所述方法包括使气体流送去并通过具有受控孔径大小和孔距的多孔材料,产生尺寸分布基本均匀的气泡;并使液体流经过该多孔材料,以移走、收集、积累气泡并将气泡夹带在液体基质中,以形成泡沫。在本方法中,单独地或组合地选择多孔材料的孔径大小、来自气体泵送装置的气流、来自流体泵送装置的液流、和接近多孔材料表面的旋转部件,从而在没有由旋转部件产生的额外旋转流的情况下提供中值直径 $X_{50,0}$ 为平均孔径 X_p 的 2 至 2.5 倍的气泡,并提供具有小于 5 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 的泡沫;并在具有额外的旋转流的情况下提供中值直径 $X_{50,0}$ 为平均孔径 X_p 的 1.25 至 1.5 倍的气泡,并提供具有小于 3、优选小于 2 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 的泡沫。

[0030] 当液体基质包含水、所述气体是空气、所述膜以优化调整的圆周速度旋转时,可以为泡沫提供低于 2 的高度合意的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 。

[0031] 当在设备中时,多孔材料通常是膜,设定该膜的构造、尺寸、位置并最终使其移动,以使气体流从膜中通过并在膜表面形成气泡,并且通过流体基质(其经过在多孔膜与壁表面之间形成的间隙)产生的液流和,最后,由旋转部件的可变的、可调整的转动而产生的附加流帮助带走气泡。多孔膜有利地构成圆筒形,并且所述间隙在多孔膜圆筒和外壳壁表面之间具有恒定的宽度。所述方法进一步包括旋转圆筒、壁或这二者,以从多孔膜表面移走气泡并将气泡夹带在液体基质中。可以以 1 至 40 米/秒的圆周速度使圆筒旋转,旋转中的圆筒外表面以及经过的液体基质将气泡移走并将它们夹带在液体基质中。或者,圆筒表面(在此形成气泡)可以是膜圆筒的内表面,并且外壳内表面与膜圆筒的外表面形成间隙,气流通过该间隙进入膜并穿过膜。在该设置中,旋转部件(优选第二非膜圆筒)被同心地或偏心地安装在膜圆筒内,在同心布置的情形中形成 0.1 至 10 毫米宽的间隙,在偏心情形中形成最大间隙宽度与最小间隙宽度的宽度比为 1.1 至 5 的间隙,从而驱使液体基质经过圆筒内表面,以移走气泡并将它们夹带在液体基质中。

[0032] 所述方法可以如下进行:选择具有不同孔径大小分布和孔距的膜,将液体基质流控制在可变的、可调整的质量流速,控制气流以可变的、可调整的透膜压和气体体积流速和

质量流速穿过膜,控制通过接近膜表面运动的旋转部件(圆筒)的可变的、可调整的旋转动作而产生的额外流,从而可调整地选择气泡尺寸或尺寸分布。这种由旋转部件施加的额外旋转流是高度有利的,因为它使产物生产速率与在膜表面发挥作用并确定所获气泡尺寸的气泡移除应力相互独立。此外,可以获得在 20 至 70% 的分散气体体积比例(这等于 25 至 230% 的膨胀率)范围内的理想气流尺寸和气泡尺寸分布。

[0033] 附图简述

[0034] 为了进一步理解本发明的性质和优点以及与现有技术状况相比的相关优点,应该参照下列描述以及附图,其中本发明和与发明相关性质是示例性的,其中:

[0035] 图 1 是由常规气泡分散器获得的气泡尺寸分布的图。

[0036] 图 2 是根据本发明一个实施方案制成的泡沫的气泡尺寸分布的图。

[0037] 图 3 是显示本发明三种不同充气法/设备实施方案的气泡直径的第 10、第 50 和第 90 百分位的条形图。

[0038] 图 4 是显示本发明三种不同充气法/设备实施方案的气泡尺寸分布宽度或“狭窄度”的图。

[0039] 图 5A 和 5B 是本发明泡沫的层状笼结构的扫描电子显微图。

[0040] 图 6 是显示作为加入的溶胀剂浓度的函数的层状相体积的依赖性的图。

[0041] 图 7 是显示根据本发明的泡沫形成步骤的工艺图。

[0042] 图 8 显示了在改变加热步骤(I)和 pH 调节步骤(II)的次序(该次序产生泡沫)时获得的所得产物,其中逆序(II,然后 I)产生显著的结构崩塌,而没有任何泡沫。

[0043] 图 9 是两个试管的照片,以比较本发明的泡沫与传统果汁冰糕的析水特性。

[0044] 图 10 是经受热冲击的泡沫的气泡直径图,其中图 10A 是显示热冲击之前的气泡的显微图,图 10B 显示了热冲击后的气泡。

[0045] 图 11 是显示本发明泡沫的热冲击性状的图。

[0046] 图 12 是本发明充气设备的第一实施方案(I型)的示意图,其显示了在旋转内部部件(即圆筒)表面处装有膜的设备的轴向截面,图 12A 和图 12B 的放大间隙截面显示了膜表面处的致密气体。

[0047] 图 13 是本发明的充气设备的第二实施方案(II型)的示意图,其显示了在固定外部部件(圆筒外壳)表面处装有膜的设备的轴向截面,图 13A 的放大间隙截面显示了从膜孔隙注入该间隙的气体丝。

[0048] 图 14A 是图 12-13 装置的、垂直于旋转轴的截面图,显示了旋转内部部件和外壳的偏心布置,而图 14B 显示了与旋转轴平行的示意图。

[0049] 图 15A 是图 12-13 装置的、垂直于旋转轴的截面图,显示了旋转内部部件和外壳的同心布置,其中充气膜固定到外壳上和旋转内部部件(即圆筒)的异型表面上,图 15B 显示了与旋转轴平行的示意图。

[0050] 图 16 是在膜安装到固定外壳上的新型膜设备 B-II 型中分散处理后的气泡尺寸分布函数 $q_0(x)$ (即数密度分布)的图。

[0051] 图 17 是在 II 型膜设备中在与 B-I 型设备相同的条件下分散处理后的气泡尺寸分布函数 $q_0(x)$ (即数密度分布)的图。

[0052] 图 18 是在传统转子/定子设备中在与 B-I 型和 II 型设备相同的条件下分散处理

后的气泡尺寸分布函数 $q_0(x)$ (即数密度分布) 的图。

[0053] 图 19 显示了对于用两种不同的方法实施方案充气的模型配方 NDA-1, 作为在 30 体积比例下的分散气体的函数的中值气泡直径 $x_{50,0}$ (气泡体积分布的中值, $q_3(x)$) 的函数相关性, 这两种实施方案是: 在旋转内部圆筒上装有膜的膜方法 / 设备 (B-I 型), 和带有在外壳上的固定膜和有光滑表面的旋转内部实心圆柱的膜方法 / 设备 (B-II 型); 条件: 配方 NDA-1, 间隙: 0.22 毫米, r. p. m.: 6250。

[0054] 图 20 显示了对于用两种不同方法充气的连续液体流体相配方 NMF-2 (2a、2b 相当), 作为体积能量密度 (每体积液体的能量输入) 的函数的中值气泡直径 $x_{50,0}$ (数量分布的中值, $q_0(x)$) 的函数相关性, 这两种方法是: 具有湍流特性的常规转子 / 定子啮合销 (A) 和在旋转内部圆筒上装有膜的新型膜方法 / 设备 (B-I 型)。

[0055] 图 21 显示了在带有安装在固定外壳上的膜和带有旋转内部圆筒的异型表面的新型膜设备中分散处理后的气泡尺寸分布函数 $q_0(x)$ (= 数密度分布) (条件: 配方 NDA-1, 间隙: 0.22 毫米, r. p. m.: 6250, 气体体积比例 0.5)。

[0056] 优选实施方案详述

[0057] 在下列描述中, 使用许多有用的定义指定本发明并理解其新颖特征。

[0058] 本文所用的术语“热冲击”是指泡沫状态从固态向液态或半液态转变或反过来的转变, 该转变由从基质冻结温度向基质呈液态或半液态的温度加热、或从基质呈液态的温度向基质冻结或呈固态的温度冷却引起的。

[0059] 本文所用的术语“耐热冲击性”是指泡沫在经受一次或多次热冲击时保持稳定性的能力。这通常意味着, 泡沫在经受热冲击后基本保持其气泡尺寸和气泡尺寸分布, 即气泡不聚结且泡沫结构不变差。

[0060] 本发明涉及新型和多用途的稳定泡沫以及该泡沫的制造方法, 并涉及包含该新型泡沫的产品。该泡沫是气泡在基质中的独特分布, 某些附加组分的添加产生了有助于稳定泡沫中的气泡的新颖和独特的层状笼结构。

[0061] 该气泡可以根据泡沫的所需用途由任何气体制成。对于多数用途, 气泡由空气制成, 但如果需要, 该气体可以是对基质液体和要包含在该基质或泡沫中的预期组分呈惰性或少非反应性的任何气体。例如, 氮气、氧气、氩气、二氧化氮或其混合物通常是优选的, 但也可以对特殊泡沫用途使用氢气、氦气或其它这类气体。该泡沫的细气泡存在于液体基质中, 该液体基质含有某些有用的添加剂, 即使暴露在从造成基质冻结的那些温度到将其加热至刚低于基质沸点的那些温度的不同温度下, 这些添加剂也有助于保持泡沫结构。

[0062] 用于形成泡沫基质的液体也可以根据泡沫的所需类型及其最终用途而广泛变化。用于此用途的最方便和丰富的液体是水, 但也可以使用极性的且不与气泡和基质成分反应的任何其它液体。由于该泡沫的主要用途是食用, 因此该气体和液体应对人食用而言无毒。

[0063] 该基质通常包含液体并包括结构剂, 该结构剂形成层状或泡状笼结构而不产生使该泡沫具有橡胶质地的凝胶。该层状笼结构将至少相当大部分气泡和液体基质截留在其中, 使气泡和液体留在足够致密的结构中, 该致密结构基本防止液体基质析出和气泡聚结和乳油化, 从而即使在泡沫经受多次热冲击时也保持泡沫稳定性。

[0064] 本文所用的术语“基本防止析出”是指在容器中以环境温度下放置 24 小时从该泡沫中析出不多于 5% 的液体。此外, 术语“基本保持稳定性”是指该泡沫可以经受一次或

多次热冲击过程而不损失其结构。这意味着该泡沫可以在保持其结构的同时冻结、融化和再融化。在例如作为本发明优选实施方案的冰淇淋产品中,这意味着该产品可以冻结和再冻结而不产生尺寸使该产品不好吃的冰晶。

[0065] 有利地,该液体基质包含极性流体,气体是氮气、氧气、氩气、二氧化氮或其混合物,气泡具有足够小的中值直径并在层状笼结构中足够近地间隔,以防止在泡沫经受低于液体基质冻结温度的温度时在液体基质中形成中值直径 ($X_{50,0}$) 为 50 微米或更大的冻结晶体。优选地,该液体基质包含水,气体是空气,气泡具有小于 30 微米的中值直径 $X_{50,0}$ 并且间距小于 30 微米,且该泡沫具有小于 5 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 。更优选地,该气泡具有小于 15 微米的中值直径 $X_{50,0}$ 并且间距小于 15 微米,且该泡沫具有小于 3.5、且更特别为 2 至 3 的气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 。

[0066] 合适的结构剂通常包含两亲化合物或材料,该两亲化合物或材料包括形成笼形结构层或泡的疏水和溶胀亲水部分。该结构剂通常是乳化剂,并以液体基质的大约 0.05 至 2.5 重量%的量存在。优选的结构剂包含热、物理化学(即施加分子的“电荷处理”:在加热步骤之前在中性 pH 值下净电荷显著,和在搅打之前在降低的 pH 值下和 / 或通过提高的盐离子含量中和电荷)或机械预处理过的脂肪酸聚甘油酯(“PGE”),并以液体基质的大约 0.1 至 2.5 重量%的量存在。该酯被处理以提供用于将气泡和液体基质留在其中的层状 / 泡状笼结构,并在需要或要求极细气泡泡沫时特别有用。这可以通过添加造成层溶胀并形成较大孔隙的溶胀剂(例如非酯化的脂肪酸)来实现。

[0067] 其它合适的结构剂包括稳定剂和传统乳化剂,且多种类型中的任一种可以单独使用或以各种组合使用。乳化剂的量不是关键的,但通常保持在相对较低的水平。PGE 是优选的,因为其具有可控的溶胀量,这可以将笼结构的形成控制在所需程度上,从而实现所选的气泡尺寸和预期的泡沫用途的。由于其它乳化剂可以是可调节的(通过添加脂肪酸、盐和 / 或降低 pH 值)以在层间空间中提供不同的带电分子相互作用,因此可以基于常规试验选择许多其它合适的乳化剂,例如甘油单酸酯或甘油三酸酯。其相对量也可以常规地确定,但通常发现,将要使用的量大于现有食品,如冰淇淋,因为该乳化剂既涂布气泡又提供笼的层状 / 泡状结构。

[0068] 该液体基质可以包括增粘剂,以提供足以将气泡保留在泡沫中的粘度。该组分可以是已知许多增粘剂中的任何一种,与所选用于该泡沫的特定液体一起使用。当液体基质是水时,技术人员可以考虑从多种化合物中选择。增粘剂可以是液体基质的大约 5 至 45 重量%的量的碳水化合物、液体基质的大约 5 至 20 重量%的量的植物或乳蛋白、液体基质的约 0.1 至 2 重量%的量的多糖,或其混合物。更具体地,碳水化合物在存在时可以是蔗糖、葡萄糖、果糖、玉米糖浆、乳糖、麦芽糖或半乳糖并以液体基质的大约 20 至 35 重量%的量存在,植物或乳蛋白在存在时可以是量为液体基质的大约 10 至 15 重量%的大豆、乳清或牛乳蛋白,多糖在存在时可以是量为液体基质的大约 0.2 至 1.25 重量%的稳定剂,例如半乳甘露糖(galactomannan)、瓜尔胶、洋槐豆胶、角叉菜胶或黄原胶。为此可以使用如本文将要提到的其它材料。在某些实施方案中,乳化剂和稳定剂的组合是优选的。

[0069] 本发明的另一实施方案涉及本文所述的、并保存在液体基质固化或冻结温度以下的类型的固体泡沫。令人惊讶地,该泡沫具有足够小的气泡尺寸和尺寸分布,以使该固化或冻结基质不包括源自液体的中值直径 ($X_{50,0}$) 为 50 微米或更大的冻结晶体,且此外该泡沫在

多次热冲击后保持稳定。

[0070] 本发明的另一实施方案涉及制造稳定泡沫的方法,该稳定泡沫包含气体、液体基质、气泡和结构剂,所述结构剂形成将至少相当大部分气泡和液体基质截留在其中的层状或泡状笼结构。该方法通常包括下列步骤:在 6 至 8 的 pH 值下,在液体基质中,提供包括疏水和亲水部分的结晶两性试剂化合物或材料;在加热下向该液体基质中加入溶胀剂,加热的持续时间和温度足以熔融所述结晶化合物或材料并提供液体基质、溶胀剂和形成笼结构薄层或泡囊的该两性试剂的疏水和溶胀亲水部分的溶液;在足以将该笼结构薄层/泡囊分散的条件下将该溶液均化;将该均化溶液冷却至低于环境温度,以使薄层/泡囊固定在该笼形结构中而不产生造成橡胶质地的凝胶;并在该溶液中提供气泡。这样,该层状笼结构将至少相当大部分的气泡和液体基质截留在其中,以使气泡和液体留在足够致密的结构中,该致密结构基本防止液体基质析出和气泡聚结和乳油化,从而制备即使在经受多次热冲击时也保持稳定性的稳定泡沫。

[0071] 优选在添加两性试剂之前将去离子液体基质的 pH 值调节至中性(大约 7),然后将该溶液加热至高于 65°C 至 95°C 达大约 20 至 85 秒。这有助于将所述两性试剂溶解到液体基质中。在合并巴氏灭菌步骤的情况下,在 65°C 下大约 25 分钟到在 85°C 下 30 秒之间充分调节在各自温度下的停留时间。该两性试剂通常包含表面活性剂,或更具体地乳化剂,并以液体基质的大约 0.1 至 2 重量%的量存在,溶胀剂通常是与该两性试剂相容并使该试剂溶胀的材料。对于示例性的 PGE(脂肪酸的聚甘油酯)乳化剂,该溶胀剂包含在液体基质中可溶或可分散的、并且也以液体基质的大约 0.1 至 2 重量%的量添加的未酯化的脂肪酸。在 pH 7 下,大部分脂肪酸是未质子化的,并带有支持溶胀作用的净电荷。

[0072] 均化可以是在 125 至 225 巴下在大约 60°C 至 95°C 的温度下进行的高压均化,并然后将该均化溶液冷却至低于大约 10°C 但液体基质未冻结,持续 4 至 20 小时。此后,可以在将冷却的溶液充气形成泡沫之前进一步处理该冷却的溶液以降低 pH 值到 2 至 4.5,和/或加入盐。

[0073] 该液体基质通常包含不含盐离子的极性流体,并任选地包括增粘剂,该增粘剂的量足以为液体基质提供提高的粘度以助于使液体基质和气泡保持在该层状笼结构中。一种液体基质包含去离子水,且粘度改性剂可以是本文更具体提及的那些中的任意种类。通常在添加两性材料或化合物之前将该粘度改性剂添加到处于中性 pH 值的去离子水中,并温和加热至大约 30°C 至 50°C。

[0074] 气泡通常是氮气、氧气、氩气、二氧化氮或其混合物,并通过搅打设备或通过经多孔膜引入而提供在该溶液中。为了获得具有低于 10 微米的中值气泡直径 $X_{50,0}$ 和窄气泡尺寸分布(其中气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 小于 3.5)的气泡,可以通过具有 6 微米平均孔径的旋转膜在溶液中提供气泡,设定该膜的构造、尺寸、位置并使其移动,以从膜表面(在此由流经该膜的气流形成气泡)上移走该尺寸的气泡,并使它们夹带在液体基质中。最后,为了获得具有低于 7.5 微米的中值气泡直径 $X_{50,0}$ 和窄气泡尺寸分布(其中气泡直径分布比率 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 小于 3.5)的气泡,可以通过具有 6 微米平均孔径的膜在溶液中提供气泡,该膜构造成固定的封闭圆筒形状,将气体从外部引入该圆筒以在膜内表面上形成气泡,流经该膜内表面的液体基质最终被同心或偏心置于该膜圆筒内的旋转的非膜圆筒支持,从而移走气泡。

[0075] 如上所述,优选产品是固体形式,这可以通过如下提供:将液体基质保存在低于使液体基质固化或冻结的温度的温度,以使该液体基质固化。令人惊讶地,该固化或冻结的基质不含产生自该液体的、中值直径 $X_{50,0}$ 为 50 微米或更大的致密冻结晶体,且其中该泡沫在多次热冲击后保持稳定,其气泡和冰晶尺寸分布没有显著变化。无论是否向去离子液体基质中加入增粘剂,都可实现这一点,但出于其它原因,增粘剂是优选的,这在下列详述中可明显看出。

[0076] 优选增粘剂是糖,因为本发明的泡沫的主要用途之一是在食用的食品或药品中。除了提高基质粘度外,糖使该泡沫具有宜人和合意的口味。可以使用任何传统的糖组分,因为具体类型不关键。当使用多糖时,胶是优选的。合适的胶包括瓜尔胶、洋槐豆胶、黄原胶、果胶或角叉菜胶。

[0077] 已经发现,泡沫的微结构包括由乳化剂形成的层状或泡状“笼”或“孔”结构,且气泡被截留在其中。该笼足够多用,即使该基质被加热和冷却也保持其取向和结构。此外,该笼结构不直接取决于基质粘度,从而在用于特定最终用途的泡沫设计中为技术人员提供了许多选择。

[0078] 一个实施方案涉及制造具有低成本并高度适用于许多不同食品的稳定纳米泡沫。当冻结时,这类泡沫阻碍冰晶的产生和生长。由于传统成分较少,这类泡沫是低成本的。如果需要,这类泡沫可以是无过敏原的(即,不含蛋白质或乳制品组分),或/和可以具有低热量含量,几乎没有或完全没有脂肪。该泡沫也提供顺滑的乳脂口感以及合意的风味释放。

[0079] 这些泡沫相对容易制造并且在室温下是贮存稳定的。它们具有清晰的熔融性状以及清晰和鲜明的风味释放。由于省略了乳制品成分,存在低的卫生风险。

[0080] 本泡沫的关键特征是其保持极小的均匀的微米级至纳米级气泡的能力,该泡沫在消费者口中充当滚珠轴承,以提供顺滑性和润滑,从而即使不存在脂肪也产生极为乳脂状的口感。这开启了此前不可能制造的“健康饮食”产品的全新领域。

[0081] 该结构剂可以单独或与稳定剂组合提供在该泡沫中。胶稳定剂特别有效地与乳化剂一起控制粘度,提供口感和改进搅打(充气)性质;从而提供保护胶体以使蛋白质对热加工而言稳定化;从而改进脂肪表面的表面化学以使乳油化最小化;从而为蛋白质体系提供酸稳定性;和从而提供冻结-解冻稳定性。胶可以被分类为中性和酸性、直链和支链、胶凝和非胶凝。可用的主要胶是刺梧桐树胶、洋槐豆胶、角叉菜胶、黄原胶、瓜尔胶、果胶、塔拉胶和羧甲基纤维素。

[0082] 通常,本发明的泡沫组合物可用于制造许多不同的可食用和不可食用产品。当制成食品或饮料组合物时,该泡沫可以天然增甜。天然甜味来源包括蔗糖(液体或固体)、葡萄糖、果糖和玉米糖浆(液体或固体)。其它甜味剂包括乳糖、麦芽糖和半乳糖。糖和糖源的含量优选产生最多 20 重量%、优选 5 至 18 重量%、尤其是 10 至 17 重量%的糖固体含量。

[0083] 如果需要使用人造甜味剂,可以使用本领域公知的任何人造甜味剂,如阿斯巴甜、糖精、Alitame®(可获自 Pfizer)、安赛蜜(可获自 Hoechst)、环己基氨基磺酸盐、纽甜、三氯蔗糖等。当使用时,阿斯巴甜是优选的。

[0084] 如果需要,在具有较大气泡尺寸和气泡尺寸分布的泡沫中可以使用甘油或抗冻蛋白控制冰形成。也可以使用山梨糖醇,但甘油是优选的。甘油可以以大约 1%至 5%、优选 2.5%至 4.0%的量使用。抗冻蛋白(AFP)可以以 ppm 浓度使用。当该泡沫中包含优选的细

气泡尺寸（或纳米气泡尺寸）时，不需要这些组分。

[0085] 优选向该产品中加入调味品，但仅以产生温和舒适的风味的量加入。该调味品可以是冰淇淋中所用的任何商业调味品，如各种类型的可可粉、纯香草或人造调味品，如香草醛、乙基香草醛、巧克力、提取物、香料等。要进一步认识到，通过基础调味品的组合，可以获得许多调味品变体。将该甜食组合物增香至上述口味。合适的调味品也可以包括单独或以任何合适组合的调味料，如盐，和仿水果或巧克力调味品，而在添加盐的情况下，它们必须在加热和然后冷却之后但在发泡之前添加。遮蔽维生素和 / 或矿物质和其它成分的异味的调味品也可以包含在本发明的泡沫产品中。也可以使用麦芽粉以产生风味。

[0086] 如果需要，可以使用防腐剂，例如聚山梨醇酯 80、聚山梨醇酯 65 和山梨酸钾。钙优选在该组合物中以 10 至 30% RDI、尤其是大约 25% RDI 下存在。钙源优选为磷酸三钙。例如，磷酸三钙的重量%含量可以为 0.5 至 1.5%。在优选实施方案中，除了钙的磷酸三钙源外，可以用一种或多种维生素和 / 或矿物质和 / 或纤维源将该产品增强。这些可以包括下列任何或所有：抗坏血酸（维生素 C）、乙酸生育酚（维生素 E）、生物素（维生素 H）、棕榈酸维生素 A、烟酰胺（维生素 B3）、碘化钾、d-泛酸钙（维生素 B5）、氰钴胺（维生素 B 12）、核黄素（维生素 B2）、硝酸硫胺（维生素 B1）、钼、铬、硒、碳酸钙、乳酸钙、锰（硫酸锰形式）、铁（正磷酸铁形式）和锌（氧化锌形式）。维生素优选以 5 至 20% RDI、尤其是大约 15% RDI 存在。优选地，纤维源在该产品中以多于 0.5 重量%的量存在，且不超过 6 重量%，尤其是 5 重量%。

[0087] 一些维生素和 / 或矿物质可以添加到冻结甜食混合物中，而另一些可以包含在用于附属物（例如薄饼、杂样和酱汁）的成分中。

[0088] 本发明的泡沫组合物也可以含有功能成分。本文所用的术语“功能成分”包括预计用在疾病的治疗、预防、诊断、治愈或缓解中的生理学或药理学活性物质，或在食用时为动物提供一定程度的营养或治疗益处的物质。术语“功能成分”更特别是指 ISLI European 定义，其指出功能食品如果令人满意地证实在充足营养作用之外以改进健康和安宁状态和 / 或降低疾病风险的方式有益地在体内实现一种或多种目标功能，就可以被视为“功能的”（Scientific Concept of Functional Foods in Europe :Consensus Document, British Journal of Nutrition, Volume 80, supplement 1, 1998 年 8 月）。非限制性实例包括药物、植物提取物、酶、激素、蛋白质、多肽、抗原、营养补充剂（例如脂肪酸）、抗氧化剂、维生素、矿物质、以及其它制药或治疗有用的化合物。该功能成分可以包括在牙科或医疗卫生、骨健康、消化助剂、肠道保护、一般健康、压力释放等中具有积极作用的成分。

[0089] 本发明的泡沫组合物的另一优选组分是营养组分。本文所用的术语“营养组分”是指对动物或哺乳动物发挥生理效应的物质。通常，营养组分实现特定生理功能或促进消费者的健康和安宁。具体的营养组分包括植物提取物、维生素、矿物质、填充剂或其它营养供应组分。

[0090] 本文中可互换使用的术语“植物提取物”和“植物制剂”是指衍生自植物来源的物质。非限制性实例可以包括紫锥花、西伯利亚参、银杏、可乐果、白毛茛、golo kola、五味子、接骨木、贯叶连翘、缬草和麻黄属。

[0091] 该添加剂可以是益生菌，其已用于治疗免疫症状以及用于预防或抑制大致由病原菌引起的腹泻。

[0092] 营养组分可以是选自维生素 E、维生素 C、维生素 B6、叶酸、维生素 B12、铜、锌、硒、钙、磷、镁、铁、维生素 A、维生素 B1、维生素 B2、烟酸和维生素 D 组成的组的一种或多种营养素或矿物质。可以包括这些矿物质或营养素中的一种或所有。

[0093] 本发明的食品可以包括聚右旋糖或果糖寡糖（例如菊粉）作为填充剂或纤维源，并优选以 1 至 10 重量%、尤其是 1 至 6 重量%的量包含。

[0094] 本文所用的术语“医学组分”是指对动物或哺乳动物发挥局部或全身效应的药理学活性物质。

[0095] 该医药组分可以是不与泡沫反应或以其它方式使泡沫劣化的任何类型的生物活性剂。可以进行简单接触试验以测定相容性。该试剂取决于该输递系统是用于摄食、局部涂施还是植入，例如通过注射或作为栓剂植入。据发现与泡沫不相容的活性剂可以被包衣或包裹或以其它方式处理以防止该活性剂直接接触泡沫，至少直至将该输递体系涂施或施用于对象后。

[0096] 化妆品组分可以是以局部方式涂施到动物或哺乳动物的皮肤或黏膜上，以向该动物或哺乳动物给予药物组分或提供益处或益处改进的任何活性成分或成分组合。

[0097] 芳香组分可以是任何类型的增香或增味组分，或任何类型的使输递体系具有可感知的气味特征的组分。

[0098] 术语“特定功能”在用于描述一种组分时，是指该组分具有该泡沫本身不提供的一些特征、性质或功能。一种这样的组分是颜料或其它增色组分。例如，当该泡沫要被食用时，特定功能物可以是调味品、可食用夹杂物、其它感官增强物。对于药物输递体系，该特定功能物可以是使活性添加剂延释或缓释的材料。当该泡沫要用于非食用用途时，该特定功能物可以是产生阻燃性的化合物。技术人员可根据要输递的添加剂选择为任何特定输递体系提供所需功能的组分。

[0099] 该添加剂也可以是生物聚合物或生物工程组合物，例如提供药物或营养组分的缓释或延释的那些。该添加剂优选为在体内生物降解的添加剂，例如 PLGA 聚合物。

[0100] 该添加剂也可以是由该体系输递并产生声阻尼性质的无机化合物。典型的无机组分包括玻璃、粘土或陶瓷粒子或纤维，这些可以以适当的量添加以实现所需隔绝或声阻尼效应。该输递体系通常在促进泵送或流体流的粘度下制备，或其可以被加热以便可流动，但然后可以在静置后固化或冻结。

[0101] 添加剂的形式对本发明不是关键的。尽管可以使用气态添加剂，但其应该可溶解在液体基质中或能合并到气泡气体中。该添加剂优选为固态或液态形式。通常，该添加剂是可以与液体基质混合的液滴。如果需要，可以使用脂质体、乳状液组分或其它胶束，其中液体基质呈连续相。或者，该添加剂可以是粒子，即被固体或半固体包衣包裹的固体材料或者固体或液体复合材料。这些液滴或粒子可溶，以致它们完全或部分溶解到液体基质中，或者它们可以在形成泡沫之前或之后不溶并悬浮在基质中。该添加剂优选与液体或气体一起存在，并在形成泡沫之前合并到输递体系中。

[0102] 本发明的泡沫也可用作饮料组合物的输递体系。本文所用的术语“饮料组合物”是指原汁 (single-strength) 且随时可饮用、即可饮用的组合物。

[0103] 根据它们的配方，本发明的食品或饮料产品可以配制成为消费者提供能量和醒脑效果的引发和维持以及提供营养。任选和优选地，该组合物进一步提供饱腹感和 / 或提神

效果。包含该泡沫以及一种或多种碳水化合物、一种牛乳蛋白、一种天然咖啡因来源、维生素预混物和任选地食用调味品、着色剂和抗氧化剂的混合物的本组合物令人惊讶地提供了能量和醒脑效果的这种引发和维持。

[0104] 碳水化合物可以是一种或多种单糖或二糖的混合物，并优选与一种或多种复合碳水化合物组合。在选择用在本组合物中的有效碳水化合物和碳水化合物含量时，重要的是，所选碳水化合物及其含量能够实现足以提供葡萄糖稳态维持的消化和肠吸收速率，这又为消费者提供能量和醒脑效果。

[0105] 已经发现，单糖和二糖为消费者提供即时能量，而复合碳水化合物组分在消化道中水解，以便为消费者提供稍晚的、或延迟和持久的能量引发。本文中也列出，加入一种或多种刺激剂和 / 或植物化学成分增强了这种内部反应。相应地，如本文中更具体论述的那样，特别优选为该组合物提供一种或多种刺激剂和 / 或植物化学成分，以优化能量和醒脑效果的维持。

[0106] 本文中可用的单糖的非限制性实例包括山梨糖醇、甘露醇、赤藓糖、蔗糖、核糖、阿拉伯糖、木糖、木糖醇、核酮糖、葡萄糖、半乳糖、甘露糖、果糖和山梨糖。本文所用的优选单糖包括葡萄糖和果糖，最优选葡萄糖。二糖可用作即时能量来源。本文中可用的二糖的非限制性实例包括蔗糖、麦芽糖、乳糖醇、麦芽糖醇、麦芽酮糖和乳糖。如果尚未存在于泡沫基质中，可以添加它们以提供口味或能量。

[0107] 本文所用的复合碳水化合物是寡糖、多糖、和 / 或碳水化合物衍生物，优选为寡糖和 / 或多糖。本文所用的术语“寡糖”是指具有 3 至 9 个单糖单元的可消化直链分子，其中这些单元经由糖苷键共价连接。本文所用的术语“多糖”是指具有多于 9 个单糖单元的可消化（即能被人体代谢）大分子，其中这些单元经由糖苷键共价连接。多糖可以是直链或支链的。优选地，该多糖具有 9 至大约 20 个单糖单元。在本文中也可以使用碳水化合物衍生物，如多元醇（例如甘油），作为复合碳水化合物。本文所用的术语“可消化”是指能被人体产生的酶代谢。

[0108] 优选的复合碳水化合物的实例包括棉子糖、水苏四糖、麦芽三糖、麦芽四糖、肝糖、直链淀粉、支链淀粉、聚右旋糖和麦芽糖糊精。最优选的复合碳水化合物是麦芽糖糊精。

[0109] 麦芽糖糊精是长度为几个葡萄糖单元的复合碳水化合物分子形式。麦芽糖糊精在消化道中水解成葡萄糖，在此它们提供延长的葡萄糖来源。麦芽糖糊精可以通过玉米淀粉的受控水解而制成的喷雾干燥的碳水化合物成分。

[0110] 蛋白质来源可选自多种材料，包括但不限于牛乳蛋白、乳清蛋白、酪蛋白酸盐、大豆蛋白、蛋白、明胶、胶原、蛋白质水解产物及其组合。该蛋白质来源中包括无乳糖的脱脂奶、分离乳蛋白和分离乳清蛋白。也考虑与本组合物一起使用豆奶。本文所用的豆奶是指通过研磨除壳大豆、与水混合、烹煮和回收从豆子中溶解出的豆奶而制成的液体。

[0111] 在需要时，本发明的泡沫产品可进一步包含刺激剂以提供醒脑效果。加入一种或多种刺激剂有助于通过延迟与该组合物的摄取相联的升糖反应、通过引起葡萄糖利用的代谢变化、通过经跨过血脑屏障易位直接刺激大脑或通过其它机制来为使用者提供进一步的能量维持。由于在摄取该组合物时一种或多种刺激剂有助于能量的引发，特别是维持，包含一种或多种刺激剂是本发明的特别优选的实施方案。

[0112] 如本领域中公知的那样，刺激剂可以通过从天然来源中提取来获得或可以合

成。刺激剂的非限制性实例包括甲基黄嘌呤,例如咖啡因、可可碱和茶碱。另外,已经分离或合成了可用作本文的组合物中的刺激剂的许多其它黄嘌呤衍生物。参见例如 Bruns, *Biochemical Pharmacology*, 第 30 卷, 第 325-333 页 (1981)。优选使用这些材料的天然来源。

[0113] 优选地,通过咖啡、茶、可乐果、可可果实、巴拉圭茶、代茶冬青、瓜拉纳糊和诱果(yoco) 提供这些刺激剂中的一种或多种。天然植物提取物是刺激剂的最优选来源,因为它们可能含有延迟刺激剂的生物利用率的其它化合物,因此它们可以提神醒脑而没有压力和神经过敏。

[0114] 最优的甲基黄嘌呤是咖啡因。咖啡因可获自前述植物及其废料,或可以合成。可用作咖啡因的完全或部分来源的优选咖啡因植物来源包括绿茶提取物、瓜拉纳、巴拉圭茶提取物、红茶、可乐果、可可和咖啡。如本文所用,绿茶提取物、瓜拉纳、咖啡和巴拉圭茶提取物是最优选的咖啡因植物来源,最优选为绿茶提取物和巴拉圭茶提取物。除充当咖啡因来源外,绿茶提取物还具有黄烷醇的额外优点,如下文所述。巴拉圭茶提取物可以具有食欲抑制效果的额外益处,并也可以为此目的加入。

[0115] 绿茶提取物可通过未发酵茶、发酵茶、部分发酵茶及其混合物的提取而获得。优选地,茶提取物由未发酵和部分发酵茶的提取而获得。最优选的茶提取物获自绿茶。热和冷提取物都可用在本发明中。获得茶提取物的合适的方法是公知的。参见例如 Ekanavake, 美国专利 5,879,733 ;Tsai, 美国专利 4,935,256 ;Lunder, U. S. 4,680,193 ;和 Creswick 美国专利 4,668,525。

[0116] 优选地,绿茶提取物和巴拉圭茶提取物分别以大约 0.1 至大约 0.4% 和大约 0.1 至大约 0.5% 的相对少量存在。更优选地,它们分别以大约 0.15 至大约 0.35% 和大约 0.15 至 0.25% 的量存在。尽管更高的量提供了更高的刺激,但它们也为饮料提供了较不合意的口味。这可以通过添加较高量的碳水化合物或通过添加人造甜味剂来补偿,以使饮料的最终口味是可口的。

[0117] 除了配制成饮料或食品组合物本身外,本发明的泡沫也可以作为浇头或奶油添加到热饮料如咖啡或茶中。如上所示的任何这些组合物可以进一步包含维生素或矿物质。可以通过维生素预混物提供至少三种、优选更多种维生素。在 Recommended Daily Dietary Allowance-Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences-National Research Council 中定义和阐述了维生素和矿物质的美国推荐日摄入量 (USRDI)。可以使用这些维生素和矿物质的各种组合。

[0118] 这类维生素的非限制性实例包括重酒石酸胆碱、烟酰胺、硫胺素、叶酸、d-泛酸钙、生物素、维生素 A、维生素 C、维生素 B₁ 盐酸盐、维生素 B₂、维生素 B₃、维生素 B₆ 盐酸盐、维生素 B₁₂、维生素 D、维生素 E 乙酸酯、维生素 K。优选地,至少三种维生素选自重酒石酸胆碱、烟酰胺、硫胺素、叶酸、d-泛酸钙、生物素、维生素 A、维生素 C、维生素 B₁ 盐酸盐、维生素 B₂、维生素 B₃、维生素 B₆ 盐酸盐、维生素 B₁₂、维生素 D、维生素 E 乙酸酯、维生素 K。该组合物更优选包含维生素 C 和两种或更多种选自重酒石酸胆碱、烟酰胺、硫胺素、叶酸、d-泛酸钙、生物素、维生素 A、维生素 B₁ 盐酸盐、维生素 B₂、维生素 B₃、维生素 B₆ 盐酸盐、维生素 B₁₂、维生素 D、维生素 E 乙酸酯、维生素 K 的其它维生素。在本发明的尤其优选的实施方案中,组合物包含维生素重酒石酸胆碱、烟酰胺、叶酸、d-泛酸钙、维生素 A、维生素 B₁ 盐酸盐、维生素 B₂、维

生素 B₆ 盐酸盐、维生素 B₁₂、维生素 C、维生素 E 乙酸酯。在该产品包含这些维生素之一时，该产品优选包含该维生素 USRDI 的至少 5%，优选至少 25%，最优选至少 35%。

[0119] 本组合物中也可以包括市售维生素 A。本文所用的“维生素 A”包括但不限于维生素 A(视黄醇)、β-胡萝卜素、视黄醇棕榈酸酯、和视黄醇乙酸酯。维生素 A 来源包括其它前维生素 A 类胡萝卜素，如在富含具有前维生素 A 活性的类胡萝卜素的天然提取物中存在的那些。β-胡萝卜素也可以充当下面论述的着色剂。在本组合物中可以使用维生素 B₂(也称作核黄素)的市售来源。在本文中可以使用维生素 C 的市售来源。也可以使用包囊的抗坏血酸和可食用抗坏血酸盐。

[0120] 本文中可加入的营养补充量的其它维生素包括但不限于重酒石酸胆碱、烟酰胺、硫胺素、叶酸、d-泛酸钙、生物素、维生素 B₁ 盐酸盐、维生素 B₃、维生素 B₆ 盐酸盐、维生素 B₁₂、维生素 D、维生素 E 乙酸酯、维生素 K。

[0121] 本发明的泡沫组合物可以进一步包含附加的任选组分，以提高例如它们在提供能量、醒脑效果、感官性质和营养属性方面的表现。例如，本文的组合物中可以包括一种或多种黄烷醇、酸化剂、着色剂、矿物质、可溶纤维、无热量甜味剂、调味剂、防腐剂、乳化剂、油、碳化组分等。这类任选组分可以分散、溶解或以其它方式混入本组合物中。这些组分可以添加到本文的组合物中，只要它们不会显著妨碍饮料组合物的性质，特别是提供能量和醒脑效果。本文中适用的任选组合物的非限制性实例如下。

[0122] 如果需要，可以加入一种或多种植物制剂或植物化学成分。这可以包括黄烷醇或大体“健康”的植物化学品。加入一种或多种黄烷醇有助于延迟与本组合物的摄取相联的升糖反应，由此为使用者提供进一步的能量维持。由于在摄取该组合物时一种或多种黄烷醇有助于能量的引发，特别是维持，特别优选包含一种或多种黄烷醇。

[0123] 黄烷醇是多种植物(例如水果、蔬菜和花卉)中存在的天然物质。本发明中可用的黄烷醇可以通过本领域技术人员公知的任何合适的方法提取自例如水果、蔬菜或其它天然来源。例如，黄烷醇可以提取自单一植物或植物混合物。含有黄烷醇的许多水果、蔬菜、花卉和其它植物是本领域技术人员已知的。或者，这些黄烷醇可以通过合成法或其它适当的化学方法制备并加入本组合物中。黄烷醇，包括儿茶素、表儿茶素及其衍生物，是可购得的。

[0124] 本组合物可以任选但优选进一步包含一种或多种酸化剂。可以使用一定量的酸化剂以保持该组合物的 pH 值。本发明的组合物优选具有大约 2 至大约 8、更优选大约 2 至大约 5、再更优选大约 2 至大约 4.5、最优选大约 2.7 至大约 4.2 的 pH 值。可以通过已知和传统方法，例如使用一种或多种酸化剂，将食品饮料的酸度调节至并保持在必需范围内。通常，上述范围内的酸度是用于抑制微生物的最大酸度与对所需饮料风味而言的最佳酸度之间的平衡。

[0125] 可以使用有机以及无机可食用酸调节饮料的 pH 值。该酸可以以其未离解形式存在，或作为其各自的盐存在，例如磷酸氢钾或磷酸氢钠、磷酸二氢钾或磷酸二氢钠。优选的酸是可食用的有机酸，包括柠檬酸、磷酸、苹果酸、富马酸、己二酸、葡萄糖酸、酒石酸、抗坏血酸、乙酸、磷酸或其混合物。

[0126] 酸化剂也可以充当抗氧化剂以使饮料组分稳定化。常用抗氧化剂的实例包括但不限于抗坏血酸、EDTA(乙二胺四乙酸)及其盐。

[0127] 在本发明的组合物中可以使用少量的一种或多种着色剂。优选使用 β -胡萝卜素。也可以使用核黄素和 FD&C 染料（例如 yellow #5、blue #2、red#40）和 / 或 FD&C 色淀。通过将色淀添加到其它粉状成分中，将所有粒子，特别是有色铁化合物完全和均匀着色，并获得均匀着色的饮料混合物。另外，可以与其它传统食品和食品着色剂结合使用 FD&C 染料或 FD&C 色淀染料混合物。另外，可以使用其它天然着色剂，包括例如，叶绿素和叶绿酸，以及水果、蔬菜和 / 或植物提取物，如葡萄、红醋栗、黑果花楸、胡萝卜、甜菜根、红球甘蓝和木槿。天然着色剂优选用于“全天然”产品。

[0128] 所用着色剂的量随所用试剂和最终产品中所需的色强度而变。本领域技术人员可以容易地确定该量。通常，如果使用，以组合物的按重量计，着色剂应该以大约 0.0001% 至大约 0.5%、优选大约 0.001% 至大约 0.1%、最优选大约 0.004% 至大约 0.1% 的量存在。

[0129] 本文的组合物可以用一种或多种矿物质增强。在 Recommended Daily Dietary Allowance—Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences—National Research Council 中定义和阐述了矿物质的美国推荐日摄入量 (USRDI)。

[0130] 除非本文中另行指明，在该组合物中存在给定矿物质时，该组合物通常包含该矿物质 USRDI 的至少大约 1%，优选至少大约 5%，更优选大约 10% 至大约 200%，再更优选大约 40% 至大约 150%，最优选大约 60% 至大约 125%。除非本文中另行指明，在该组合物中存在给定矿物质时，该组合物包含该维生素 USRDI 的至少大约 1%，优选至少大约 5%，更优选大约 10% 至大约 200%，更优选大约 20% 至大约 150%，最优选大约 25% 至大约 120%。

[0131] 本文的组合物中可任选包含的矿物质是，例如，钙、钾、镁、锌、碘、铁和铜。可以使用这些矿物质的任何适合加入可食用组合物中的可溶盐，例如柠檬酸镁、葡糖酸镁、硫酸镁、氯化锌、硫酸锌、碘化钾、硫酸铜、葡糖酸铜和柠檬酸铜。

[0132] 钙是特别优选在本发明中的矿物质。钙的优选来源包括，例如，柠檬酸乳酸钙、氨基酸螯合钙、碳酸钙、氧化钙、氢氧化钙、硫酸钙、氯化钙、磷酸钙、磷酸氢钙、磷酸二氢钙、柠檬酸钙、苹果酸钙、酒石酸钙、葡糖酸钙、calcium realate、酒石酸钙和乳酸钙，特别是柠檬酸苹果酸钙。柠檬酸苹果酸钙的形式描述在例如 Mehansho 等人，美国专利 5,670,344；或 Diehl 等人，美国专利 5,612,026 中。基于产物的重量，本发明的优选组合物包含大约 0.01% 至大约 0.5%、更优选大约 0.03% 至大约 0.2%、再更优选大约 0.05% 至大约 0.15%、最优选大约 0.1% 至大约 0.15% 的钙。

[0133] 也可以在本发明的组合物和方法中使用铁。铁的可接受形式是本领域中公知的。加入该产品中的铁化合物的量随最终产品中和目标消费者所需的补充量而广泛变化。本发明的加铁组合物通常含有铁 USRDI 的约 5% 至大约 100%，优选大约 15% 至大约 50%，最优选大约 20% 至大约 40%。

[0134] 本发明的组合物中也可任选包括一种或多种可溶纤维，以提供例如饱腹感和提神效果，和 / 或营养益处。可溶膳食纤维是不能被人体产生的酶体系代谢并在不水解的情况下通过小肠的碳水化合物形式（并因此不包含在本文的复合碳水化合物的定义内）。不希望受制于理论，但认为由于可溶膳食纤维在胃中溶胀，它们减缓了胃排空，由此延长了营养素在肠中的停留，这造成饱腹感。

[0135] 可单独或结合用在本发明中的可溶纤维包括但不限于果胶、车前子、瓜尔胶、黄原胶、藻酸盐、阿拉伯树胶、菊粉、琼脂、和角叉菜胶。这些可溶纤维中优选的是瓜尔胶、黄原胶

和角叉菜胶中的至少一种,最优选的是瓜尔胶或黄原胶。这些可溶纤维也可以在本发明中充当稳定剂。

[0136] 本文中所用的特别优选的可溶纤维是葡萄糖聚合物,优选为具有支链的那些。这些可溶纤维中优选的是以商品名 Fibersol² 出售的可溶纤维,可购自 Matsutani Chemical Industry Co., Itami City, Hyogo, Japan。

[0137] 果胶是此处优选的可溶纤维。再更优选地,使用低甲氧基果胶。优选的果胶具有高于大约 65% 的酯化度,并通过热酸提取从柑桔皮中获得,并可以例如获自 Danisco Co., Braband, Denmark。

[0138] 本发明的泡沫产品在用于食用时,包含食用调味品和甜味剂的适当掺合物,以使它们甜到足以冲淡由前述碳水化合物来源的存在而引起的其它组分的强烈风味。此外,在本发明中也可任选使用有效量的无热量甜味剂,以增强该组合物的感官和甜味品质,但不作为碳水化合物来源的替代品。无热量甜味剂的非限制性实例包括阿斯巴甜、糖精、环己基氨基磺酸盐、安赛蜜、L-天冬氨酰-L-苯丙氨酸低碳烷基酯甜味剂、L-天冬氨酰-D-丙氨酸酰胺、L-天冬氨酰-D-丝氨酸酰胺、L-天冬氨酰-羟甲基链烷酰胺甜味剂、L-天冬氨酰-1-羟乙基链烷酰胺甜味剂、甘草甜素和合成烷氧基芳族化合物。阿斯巴甜和安赛蜜是此处所用的最优选的无热量甜味剂,并可以单独或结合使用。

[0139] 一种或多种调味剂被推荐用于本发明以增强其可口性。在本发明中可使用任何天然或合成的调味剂。例如,本文中可以使用一种或多种植物和/或水果调味品。本文所用的这种调味品可以是合成或天然调味品。

[0140] 特别优选的水果调味品是外来的 (exotic) 和内酯型 (lactonic) 调味品,如西番莲果调味品、芒果调味品、菠萝调味品、古朴阿苏果调味品、番石榴调味品、可可调制品、蕃木瓜调味品、桃调味品和杏调味品。除这些调味品外,还可以使用各种其它水果调味品,例如苹果调味品、柑橘调味品、葡萄调味品、覆盆子调味品、蔓越橘调味品、樱桃调味品等。这些水果调味品可以源自天然来源,如果汁和调味品油,或可以合成。天然食用调味品优选用于“纯天然”饮料。

[0141] 优选的植物调味品包括,例如真芦荟、瓜拉纳、人参、银杏、山楂、木槿、蔷薇果、春黄菊、薄荷、茴香、姜、甘草、莲子、五味子、锯榈、菝葜、红花、贯叶连翘、姜黄、小豆蔻 (cardimom)、肉豆蔻、桂皮、南非香叶木、肉桂、茉莉、山楂、菊花、荸荠、甘蔗、荔枝、竹笋、香草、咖啡等。这些中优选的是瓜拉纳、人参、银杏。除充当刺激剂来源外,茶提取物和咖啡也可用作调味剂。特别地,茶调味品,优选绿茶或红茶调味品 (优选绿茶) 的组合 (任选与水果调味品一起) 具有吸引人的口味。

[0142] 调味剂也可包含各种调味品的掺合物。如果需要,可以将调味剂中的调味品形成乳状液滴,然后将其分散在饮料组合物或浓缩物中。由于这些液滴通常具有小于水的比重并因此形成单独的相,因此可以使用增重剂 (其也充当混浊剂) 使乳状液滴在饮料组合物或浓缩物中保持分散。这类增重剂的实例是溴化植物油 (BVO) 和树脂酯,特别是酯胶。关于增重剂和混浊剂在液体饮料中的应用的进一步描述,参见 L. F. Green, Developments in Soft Drinks Technology, 第1卷, Applied Science Publishers Ltd., 第87-93页 (1978)。调味剂通常传统上可作为浓缩物或提取物或以合成的调味酯、醇、醛、萜烯、倍半萜烯等的形式供应。

[0143] 任选地,本文中可另外使用一种或多种防腐剂。优选防腐剂包括,例如,山梨酸类、苯甲酸类和聚磷酸类防腐剂。优选地,在本文中使用防腐剂时,使用一种或多种山梨酸类或苯甲酸类防腐剂(或其混合物)。本发明中适用的山梨酸类和苯甲酸类防腐剂包括山梨酸、苯甲酸、及其盐,包括(但不限于)山梨酸钙、山梨酸钠、山梨酸钾、苯甲酸钙、苯甲酸钠、苯甲酸钾及其混合物。山梨酸类防腐剂特别优选。山梨酸钾特别优选在本发明中。

[0144] 当组合物中包含防腐剂时,以组合物的重量计,防腐剂含量优选为大约 0.0005% 至大约 0.5%、更优选大约 0.001% 至大约 0.4% 防腐剂、再更优选大约 0.001% 至大约 0.1%、再更优选大约 0.001% 至大约 0.05%、最优选大约 0.003% 至大约 0.03% 的防腐剂。当组合物中包含一种或多种防腐剂的混合物时,这类防腐剂的总浓度优选保持在这些范围内。

[0145] 除饮料和液体或粉末浓缩物外,本发明也可以如技术人员公知的那样根据稠度和储存温度以冰淇淋、酸奶或布丁组合物形式制备。

[0146] 该泡沫的纳米至微米气泡在具有相对简单构造的专门设计的设备中制造。转子在筒形外壳中心旋转,产生流并截留空气。在外壳圆周附近是固定的膜,该膜具有与所需气泡尺寸相当的孔。随着搅打的流体通过在表面产生气泡的膜,产生了大量尺寸均匀的气泡。液流,通常为水,流过膜的外表面以产生将气泡带走的层流场、泰勒(Taylor)涡流或紊流涡流。这产生了具有所需尺寸(例如小于 10 微米)的气泡的均匀和连续供应。

[0147] 当要制造冰淇淋时,可简单将泡沫冻结。由于选择具有极小间隙(冰晶可以在其中生长)的气泡尺寸,消费者可感觉到非常顺滑和乳脂感的产品。为此,优选的尺寸是最大维度的长度小于 50 微米的间隙。通过将该间距控制至这种小尺寸,在其中形成的冰晶具有小于该间距的尺寸,并且在这种小尺寸下,这类冰晶在味觉上不可感知。这使任何冻结产品具有更顺滑的稠度,并避免形成会减损该产品可口性的大冰晶。这种产品表明,由于气泡的较小尺寸,可供冰形成用的间隙极小,由此防止了形成致密的大 3D 冰晶。

[0148] 由于气泡具有均匀的小尺寸,它们表现得像是刚性球体并且几乎没有聚结形成更大气泡的趋势。因此,由这种泡沫制成的冰淇淋和其它产品具有优异的冻结解冻耐受性,因为气泡保持稳定并防止在气泡之间的间隙中的冰晶生长至任何味觉可感知的尺寸。这能将这类产品融化和再冻结而不会损失顺滑稠度,且没有产生大的冰晶或损失泡沫稳定性。使用 30% 糖溶液作为液体基质(在其中产生气泡)实现了非常好的结果。

[0149] 本发明的优选方面涉及由环境温度泡沫通过静态冻结制成的具有新型微结构的冻结充气可食用泡沫产品,所述微结构的特征在于超细气泡、小和松散互连的冰晶、多次冻结-解冻稳定性、和具有新的感官特性。该环境温度泡沫的制造包括糖-水混合物的新型充气,因此本发明的某些方面涉及旋转的膜设备和方法,用于温和机械产生具有窄分布气泡尺寸的超细气体分散体或微泡沫。

[0150] 本发明的另一实施方案能够形成通过下列方法制成的冻结的可食用泡沫产品。该方法包括形成未冻结的可食用泡沫产品,其中该形成包括混合物的制备和熟化,和此后将该混合物充气。然后将该充气混合物静态冻结,以形成中值冰晶直径 $X_{50,0}$ 低于大约 50 微米的冰晶。

[0151] 该新型的冻结可食用泡沫产品具有由中值气孔直径不大于大约 15 微米的超细气孔尺寸决定的乳脂质地。此外,该可食用泡沫具有由低于大约 50 微米的中值冰晶直径决定

的匀取能力特性,以及改进的多循环冻结解冻稳定性。

[0152] 该新型产物的另一主要优点涉及通过极简单的冻结法来加工,该方法施用于在环境温度下产生并在静态条件下填入适当烧杯/容器中的泡沫。这在加工设备方面提供了显著的成本节省,因为不需要连续冻结机。

[0153] 上述新型产物由于其微细分散的、窄尺寸分布的稳定气孔/气泡结构而提供了此前未知的多次冻结解冻稳定性。这也能够实现显著的乳脂感、降低的寒冷性和融化过程中优异的形状保持性质。低于或大约 0 至 5% 脂肪的降低的脂肪含量有助于健康支持或“优质低脂”特性。该小且窄的尺寸分布的气孔/气泡结构也能实现用于成分稳定化的显著成本节省。

[0154] 此外,多循环冻结解冻稳定性由含有大约 0.1 至 2 重量%乳化剂以形成层状或泡状相和大约 0.05 至 1.25 重量%稳定剂(例如胶)的混合物决定。该组分的功能是提高流体基质粘度,以改进气泡和流体夹带并因此改进稳定性。此外,该乳化剂在乳化剂特有的浓度范围内,且在此范围,乳化剂的层状或泡状相在泡沫产品的气体/流体界面处或附近形成。此外,可以使用带电分子,其可以并入层状相结构中,并由于排斥静电力而造成层状相溶胀,从而提高泡沫结构的多循环冻结解冻稳定性。

[0155] 该可食用的冻结泡沫产品具有低于 10 微米的中值气泡直径,窄气泡尺寸分布(如图 4 中所示, $X_{90,0}/X_{10,0} \leq 3.5$),并通常具有高的气体体积比例(> 50 体积%),将其在环境温度条件下搅打、填入杯/容器中,然后冻结,例如在冻结隧道中冻结至低于 -15°C ,没有显著的气泡扩大且没有产生显著的固体性状或冰状。

[0156] 该新型的冻结可食用泡沫产品对于膨胀率为大约 100%的冻结泡沫产品具有小于大约 55 千卡/100 毫升的热量含量。本文所用的膨胀率是指(混合物的密度-泡沫样品密度)/(泡沫样品密度)的比率,换言之,膨胀率是由添加的空气引起的体积增加的衡量标准,即由气泡的加入或夹带而引起的产物体积增加百分比。这种低热量含量是优于其它低热量甜食的显著改进,其中这类低脂甜食的每供应量(serving)当量热量含量为 100 毫升无气泡供应量大约 250 千卡。这可以与所谓的优质冰淇淋相比,该优质冰淇淋即使在 100%膨胀率下也具有大约 280 千卡/100 毫升的热量含量,即每 100 毫升无气泡供应量大约 560 千卡。如本领域技术人员已知的那样,30 至 60%的气体体积比例相当于大约 40-150%的膨胀率。因此,在 200%膨胀率下具有每 100 毫升供应量 60 千卡热值的产品相当于在 100%膨胀率下每 100 毫升供应量 120 千卡热值,和在无膨胀情况下每 100 毫升 240 千卡。因此,术语“无气泡”在本文中用于表示尚未经过膨胀的那些产品,并可用作与现有技术冰淇淋制剂的比较基础。

[0157] 在其最优选实施方案中,本发明涉及用于新型低脂冻结泡沫产品的方法和组合物,其中在静态冻结条件下将环境温度泡沫冻结,不形成大气泡或互连冰晶和后继的固体性状。该方法能够形成具有改进的多次冻结-解冻循环稳定性和新的可调质地性质的新型组合物,特别是用于制备新型冰淇淋产品的组合物。

[0158] 通常,该基质的液体的冻结温度用于决定可使泡沫冻结的温度。在某些情况下,该液体基质包括影响液体冻结温度的其它组分或成分,以致该基质的冻结温度可能低于液体。技术人员可以进行常规试验以确定对任何特定基质组合物适当的固化点。因此,当本说明书提到泡沫冻结温度时,这被理解是指基质及其组分的冻结温度。

[0159] 在下列说明中,由示例性的泡沫产品配方(被称作 NDA-1 配方)获得特有的产品性质,该配方具有下列组成:

[0160] 24%的蔗糖

[0161] 3%的葡萄糖浆

[0162] 3%的右旋糖(28DE)

[0163] 0.6%的乳化剂 PGE(聚甘油酯)

[0164] 0.25%的瓜尔胶稳定剂

[0165] 本发明的一个实施方案能够形成由下列方法产生的冻结的可食用泡沫产品。该方法包括形成未冻结的可食用泡沫产品,其中该形成包括混合物的制备和熟化,并此后将该混合物充气。然后将该充气混合物静态冻结,以形成中值冰晶直径 $X_{50,0}$ 低于大约 50 微米的冰晶。

[0166] 上述新型产物由于其微细分散的、窄尺寸分布的稳定气孔/气泡结构而提供了此前未知的多次冻结解冻稳定性。这也能够实现显著的乳脂感、降低的寒冷性和融化过程中优异的形状保持性质。0 至 5% 脂肪的降低的脂肪含量有助于健康支持或“优质低脂”特性。该小且窄尺寸分布的气孔/气泡结构也能实现用于成分稳定化的显著成本节省。

[0167] 该新型产物的另一主要优点涉及通过非常简单的冻结法进行加工,该方法施用于在环境温度下产生、并在静态条件下填入适当烧杯/容器中的泡沫。这在加工设备方面提供显著的成本节省,因为不需要连续的冻结机。

[0168] 一方面,该冻结的可食用泡沫产品具有中值气孔直径低于大约 10 微米至 15 微米的超细气孔尺寸。该冻结可食用泡沫产品的特征还在于,具有 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 比率不大于大约 2 至 3 的窄气泡尺寸分布。

[0169] 该新型的冻结可食用泡沫产品具有由中值气孔直径不大于大约 15 微米的超细气孔尺寸决定的乳脂质地。此外,该可食用泡沫具有由低于大约 50 微米的中值冰晶直径决定的匀取能力特性,以及改进的多循环冻结解冻稳定性。

[0170] 该多循环冻结解冻稳定性由含有大约 0.05 至 2 重量%乳化剂以形成层状或泡状相和大约 0.05 至 1.25 重量%稳定剂(例如瓜尔胶或其它胶)的混合物决定,其中该乳化剂在乳化剂特有的浓度范围内,在该范围,乳化剂的层状或泡状孔相在液体基质中形成,并然后位于泡沫产品的气体/流体界面处或附近。此外,可以使用带电分子,其可以并入层状相结构中,并由于排斥静电力而造成层状相溶胀(只要将 pH 值调节在大约 pH 7 的中性范围内),从而提高该泡沫结构的多循环冻结解冻稳定性。

[0171] 在此冻结的可食用泡沫产品中,通过多层介晶(层状或泡状)相使气孔界面稳定化。通过在调节过的中性 pH 值下和在接近 0 的离子浓度条件下加入一定量的未酯化脂肪酸,将所述介晶相调节选择性在其溶胀、水固定和结构稳定化性质内。该冻结的可食用泡沫产品在混合物的制备熟化过程中具有 6.8 至 7.0 的调节过的中性 pH 值,和在去离子水范围内的非常低的离子浓度。优选地,在混合物充气之前,该冻结的可食用泡沫产品具有大约 3.0 的调节过的 pH 值。

[0172] 在一个实施方案中,该冻结的可食用泡沫产品包括大约 20-45% 的干物质,其由 0-25% 的乳固体、10-40% 的糖、0-10% 的脂肪及其组合构成。在一些方面中,该冻结的可食用泡沫产品还包括大约 0.1 至 1 重量%的乳化剂以形成层状相和大约 0.05 至 1.25 重量%

的如本文所公开的胶稳定剂。该乳化剂可以在乳化剂特有的浓度范围内,在该范围,乳化剂的层状或泡囊相在泡沫产品的气体 / 流体界面处或附近形成。

[0173] 该冻结的可食用泡沫产品也可以在中性 pH 条件下使用带电分子,其可以并入层状相结构中,并由于排斥静电力而造成层状相溶胀,由此改进该泡沫结构的稳定性。该冻结的可食用泡沫产品也可以使用脂肪酸的聚甘油酯 (PGE) 作为乳化剂,由此形成层状或泡囊结构,并使用未酯化的脂肪酸作为并入该层状或泡状层中并造成各薄层 / 泡囊结构溶胀的带电分子。该溶胀可以通过控制加入的带电分子的浓度来控制,该带电分子可并入层状相结构中并由于排斥静电力而造成层状相溶胀,由此改进泡沫结构的稳定性。在这种组合物中,通过使加入的未酯化脂肪酸的浓度在大约 0.01 至 2 重量%的范围内,控制由脂肪酸的聚甘油酯形成的层状结构的溶胀。

[0174] 该冻结的可食用泡沫产品具有可调节至大约 25 至 75 体积%、优选 50-60 体积%的泡沫内气体比例,和对于膨胀率为大约 100%的冻结泡沫产品小于大约 55 千卡 / 100 毫升的热量含量。本文所用的膨胀率是指 (混合物的密度 - 泡沫样品密度) / (泡沫样品密度) 的比率,换言之,膨胀率是加入的空气的衡量标准,即由气泡的加入或夹带而引起的产物体积增加的百分比。

[0175] 上述冻结的可食用泡沫产品可通过下列优选方法制造,该方法包括下列步骤:通过将糖和稳定剂溶解在去离子水中而形成混合物;向该混合物中加入乳化剂;将该混合物加热至高于乳化剂熔点的温度,以使乳化剂溶解到混合物中;将该混合物均化;将该混合物冷却至低于大约 10°C 的冷却温度;将该混合物在冷却温度下储存大约数小时;将该混合物的 pH 值降至酸性范围;将该混合物充气形成泡沫;并静态冻结该泡沫。在一个方面中,将该混合物加热至巴氏灭菌温度。

[0176] 另一方面,在添加乳化剂之前,将糖和稳定剂在 35-45°C 和调节至大致中性条件的 pH 值下溶解到去离子水中。该大致中性条件具有大约 6.8 的 pH 值。

[0177] 另一方面,将乳化剂在高于大约 20 至 60°C 的温度下、更优选在 80°C 溶解,然后巴氏灭菌不少于大约 30 秒。另一方面,将乳化剂在高于大约 80°C 的温度溶解,然后巴氏灭菌不少于大约 30 秒。

[0178] 另一方面,所述均化在不低于大约 100 巴的均化压力下作为一步均化法进行。或者,所述均化在大约 150 巴的均化压力下作为一步均化法进行。

[0179] 在均化后,将该混合物冷却至大约 4°C 并储存大致多于 8 小时。或者,在均化后,将该混合物冷却至大约 4°C,并储存大致多于 12 小时。优选地,在充气之前,通过添加柠檬酸,将 pH 值降至低于大约 3-4。在降低 pH 值的同时,也可以向该混合物中加入盐。

[0180] 所述充气使用微细气体分散设备进行。该设备可以是:转子定子搅打设备、静态膜搅打设备、旋转膜搅打设备或其组合。该充气可以在大约 4 至 50°C 的温度进行。

[0181] 在一个实施方案中,所述旋转膜搅打设备装配有受控孔距的膜,该膜具有 1-6 微米的孔径大小和 10-20 微米的孔距,从而可获得具有窄气泡尺寸分布的细分散体,该膜以 5 至 40 米 / 秒的圆周速度旋转,其中窄气泡尺寸分布是指 $X_{90,0}/X_{10,0}$ 比率不大于大约 3 的分布。一方面,该旋转膜搅打设备在筒形外壳内旋转,与膜表面形成 0.1 至 10 毫米的窄环形隙,由此能够改进更窄尺寸分布的气泡与膜表面的分离。

[0182] 上述新型方法能够形成新型泡沫结构,其具有新颖的超细中值气泡直径、非常窄

的尺寸分布、以及相关的在环境温度和大气压条件下的高的泡沫稳定性（例如参见表 2）。随着后续的静态冻结，该泡沫产品在泡沫气泡结构没有显著粗化的情况下冻结。本文所用的粗化是指中值气泡尺寸和尺寸分布宽度的提高。

[0183] 表 2 :泡沫产品的分散相的尺寸和体积比例范围

[0184]

	气体 / 气孔	水冰晶
中值直径 $x_{50,0}$ / 微米	1-10	10-60
体积比例 / 体积%	25-70	40-50

[0185] 该新型泡沫产品结构的另一优点在于该泡沫产品的静态冻结法。该静态冻结不产生粗的和强烈互连的冰晶结构以及产品的后续显著硬化和冰冻。

[0186] 图 1 是一示意图，显示了在带有啮合销几何的传统转子 / 定子湍流分散设备中进行分散处理之后的气泡尺寸分布函数 $q_0(x)$ （例如，数密度分布），所述分散处理使用下述条件：配方 NDA-1, r. p. m. :3500, 气体体积比例 0.5, 气泡直径 $x_{10,0}$ 、 $x_{50,0}$ 和 $x_{90,0}$ （数量分布值， $q_0(x)$ ）为 6.944、13.667 和 24.713。尽管这可用于某些泡沫实施方案，但其不优选用于获得多次冻结 - 解冻稳定的泡沫。

[0187] 图 2 是一示意图，显示了在新型层流旋转膜充气设备中充气处理之后根据本发明一个实施方案的泡沫产品的气泡尺寸分布函数 $q_0(x)$ （例如数密度分布）。该膜安装在旋转内圆筒上，使用下列条件：配方 NDA-1, 间隙 :0.22 毫米, r. p. m. :6250 ; 气体体积比例 0.5。图 2 可以与用图 1 中所示传统转子 / 定子 (R/S) 搅打设备将相同模型配方 (NDA-1) 充气而获得的所得分布进行比较。可以看出，使用旋转膜设备产生了小得多的气泡尺寸和更严格控制的气泡尺寸分布。

[0188] 气泡尺寸的比较也定量显示在图 3 中，其是示例性条形图，这些条显示了三种不同充气法 / 设备形式的气泡直径 $x_{10,0}$ 、 $x_{50,0}$ 和 $x_{90,0}$ ：具有湍流特性的传统转子 / 定子啮合销 (A)、在旋转内圆筒上装有膜的新型膜方法 / 设备 I 型 (B-I 型) 和具有在外壳上的固定膜和有光滑或异型表面的旋转内实心圆柱的新型膜方法 / 设备 II 型 (B-II 型)。B-II 型设备的操作条件是配方 NDA-1, 气体体积比例 0.5。B-I 型和 B-II 型设备都产生明显更小的气泡尺寸和尺寸分布。

[0189] 在本发明旋转膜设备中加工的泡沫产品的降低的气泡尺寸分布宽度显示在图 4 中，其是气泡直径比率 $x_{90,0}/x_{10,0}$ 的示意图，分别显示了三种之前提到的不同充气方法 / 设备形式的气泡尺寸分布宽度或“狭窄度”。B-I 型和 B-II 型设备的 $x_{90,0}/x_{10,0}$ 比率低于 A- 型设备，其中 B-I 型设备提供 A- 型设备的几乎一半大的比率。这与膜表面处 (B 型设备) 的造成气泡脱离膜表面的冲击剪切力的均匀性相关联，与其相比，在转子 - 定子间隙 (A- 型) 中的不均匀应力分布中使大气泡破裂成较小气泡的应力分布非常不均匀。

[0190] 基本均匀的气泡尺寸是指大部分气泡在特定尺寸范围内，以避免或减小由从较小气泡到较大气泡的气体转移 (Ostwald 熟化) 引起的气泡不均匀。基本均匀的气泡尺寸分布意味着特定气泡直径比率 $x_{90,0}/x_{10,0}$ 小于大约 5, 优选小于 3.5, 再更优选低于 2 至 3。

[0191] 除了泡沫产品的不同气泡结构特性（与所用搅打设备相关）外，泡沫产品特性基

于由该新颖的间隙稳定化概念引起的其高结构稳定性。该新颖的间隙稳定化概念基于使用可形成层状或泡状间隙结构的表面活性剂体系,由于这个原因,还可以通过使受控比例的特定分子进入该层状/泡状相结构来控制溶胀效应。图 5 显示了通过脂肪酸的聚甘油酯(PGEs)形成的层状相结构。图 6 显示了作为加入的未酯化脂肪酸浓度的函数的层状相体积(溶胀)的依赖性。但是,在图 7 中所示的新型泡沫形成法中可充分理解该溶胀调节。该方法包括将糖和稳定剂溶解在去离子水中,加入乳化剂,并在高于其熔融温度的温度、优选在巴氏灭菌温度将其溶解,同时或单独巴氏灭菌,和然后一步均化,然后将该混合物冷却至 5 至 10°C,并然后在此温度下储存数小时的时间。最终步骤包括将 pH 值降至酸范围,然后充气并将所得泡沫静态冻结。

[0192] 图 8 显示了在改变加热步骤(I)和 pH 调节步骤(II)的次序时该层状/泡状 PGE 相结构的结果。左侧显示了由正确次序制成的细气泡,而右侧由进行步骤逆序(II,然后 I)制成的产品表现出显著的结构崩塌,而没有任何泡沫稳定能力。

[0193] 在图 9 中,显示了新型泡沫稳定性特性,通过析水特性(在环境温度和静态条件下 60 分钟后分离出的液体)表示。从析出的水性流体高度可以看出,对于商业果汁冰糕(左侧的量筒),这是在类似测试条件下新型(smart)泡沫样品(右侧的量筒)高度的大约 15 倍。本泡沫在此试验中损失少于 2 体积%。

[0194] 图 10 显示了新型泡沫在冻结-解冻条件下在气泡中值直径方面的稳定性。从热冲击处理之前(图 10A)和之后(图 10B)的结构比较可以看出,气泡尺寸分布没有显著变化。这显示了新型泡沫的新颖的“多次冻结-解冻稳定性”。

[0195] 图 11 也显示了在冻结-解冻条件下的结构性状,但是在冰晶中值直径方面。仍没有看出冰晶尺寸的显著改变,显示了该新型泡沫的新颖的高“多次冻结-解冻稳定性”。

[0196] 本发明的另一实施方案涉及用于将上述液体混合物充气以形成发泡产品的新型设备和技术。在这方面,本发明的一个实施方案公开了一种新型方法,通过该方法,机械上均匀和温和地生成了具有微细分散的窄尺寸分布气泡的气体分散体或泡沫。

[0197] 在具有窄分布气泡尺寸的细气体分散体的温和机械生成法中,在膜表面生成气泡,并通过膜在连续液相中的旋转运动和/或通过由于起作用的叠加剪切、伸长和法向应力而施加的该液相跨膜旋转流,使气泡有效地脱离膜表面。

[0198] 具有窄尺寸分布的超细气泡的气体分散体或泡沫的温和机械生成法包括:提供膜(或多孔介质),其构成双表面窄间隙的至少一个表面;输递气体使其穿过该膜的孔隙,该气体在穿过该膜的孔隙输递时形成气泡或气体丝;从该膜的间隙边界表面上移去气泡或气体丝;并将该气泡或气体丝混入连续液体流体相中,该液体流体相存在于间隙中。

[0199] 一方面,所述移除和混合通过下列机制进行:由间隙表面之一相对于另一个运动而引起的均匀作用的剪切应力、伸长应力、惯性应力及其组合。

[0200] 一方面,气体的输递包括将气体推过膜孔隙。该推动可以通过将气体泵送、施加真空或抽吸穿过膜孔隙而进行。也可以将液相泵送通过该间隙。

[0201] 一方面,该间隙在两个表面之间形成,其中至少一个表面包括膜。该间隙可以在两个旋转对称体之间形成,一个同心地或插入一个,第二个因而形成围绕第一个的外壳,并在这两个物体之间形成同心或偏心的间隙。或者,该间隙可以在两个旋转对称体之间形成,一个偏心地插入另一个,第二个因而形成围绕第一个的外壳,并在这两个物体之间形成偏心

间隙。此外,该间隙的两个表面都可以由膜形成。

[0202] 该间隙两个表面的任一个或两者可以由膜材料制成,内部或外部间隙表面相对于另一个运动。该运动可以处于固定的或处于可变或可调的固定的或周期性摆动的表面圆周速度,或处于相对于另一表面的受控速度-时间轨迹。

[0203] 穿过该膜的气体流速可以处于恒定或变动、或周期性变动的流速下。

[0204] 液流可以以下列任一流动模式相对于间隙表面运动:纯层状剪切流、混合层状剪切和伸长流、Taylor 涡流、在层状至瞬变流方案条件下惯性驱动的湍流、以及它们的组合。可以调节该间隙内液体的流动模式,以产生使气泡或气泡丝与膜表面分离的清晰的剪切、或伸长或惯性应力。此外,除了由至少一个间隙表面的运动引起的在间隙内产生的流之外,可以通过将连续液体流体相泵送流过该间隙而产生经过流速部件的流。一方面,间隙表面相对于彼此的相对圆周速度可以为 1 至 40 米/秒。同样地,可以将该间隙内的连续液体流体相轴向平均速度调节在大约 0.01 至 5 米/秒的范围内。

[0205] 另一方面,对气相施加的透膜压力可以在大约 0.05 至 5 巴的范围内。同样地,对液体流体相施加的轴向跨膜压可以为大约 0.01 至 10 巴。另一方面,通过调节在大约 1 至 5 巴绝对压力范围内的背压阀控制该间隙。

[0206] 本发明的另一实施方案涉及实施所述新型发泡法的设备,其使用安装在旋转体上的膜,旋转体被同心或偏心外壳环绕,所述外壳与旋转体形成窄的流间隙;或者使用相反的构造,其中膜安装在同心或偏心外壳上,实心旋转体与该膜或外壳形成各个流间隙。在同心或偏心流间隙内,提供了局部形成的流限制,从而产生局部流收缩,造成伸长分流和/或湍流。除了由旋转体运动产生的旋转分流外,还存在由于将连续流体相泵送连续流过分散流间隙而产生的轴向分流。

[0207] 上述新型充气法的有利之处在于,其能够在层流条件下温和分散气体/气泡,这在此前没有用于精细分散的气体/液体分散体。

[0208] 此外,由于加工过程中降低的体积比功率或能量输入,可以更好地控制该系统中的粘滞摩擦能量耗散和相关升温,因而更好地保护了机械和热敏系统部件。

[0209] 此外,由于在该气泡分散法中占主导的均匀分布的剪切和伸长力或应力与有助于气泡再聚结的离心分层力或应力的较不相关的干扰影响之间的平衡,以及膜孔隙提供的初始分散步骤,产生了极细分散、还具有窄的尺寸分布的气泡。因此,与由传统搅打/充气技术产生的气体分散体/泡沫相比,还可以以更截然不同的方式调节与微结构相关的泡沫产品性质。

[0210] 另外,可调的旋转分流使得起作用的分散应力(用于使气泡与膜表面分离、气泡形变和气泡破裂)独立于通过该连续法的体积/质量流速。

[0211] 此外,对于较高的气体比例,该新型的温和气泡分散能够进一步细化气泡尺寸,并提高了气体比例,而具有湍流分散流特性的传统转子/定子基啮合销技术不是这种情况。

[0212] 上述新型装置具有几个优点,并由此可以简单修改和调节所需剪切和/或混合剪切和伸长膜溢流/分散流特性,支持了气泡的有效移除和破裂。部分由于两个相(气体/液体)之间大的密度差,透膜压力的适度提高使气泡分散机制从与膜表面的半球形分离变成球形气泡分离、再变成气体丝穿过孔隙注入连续流体相,从而造成由额外叠加的剪切和松弛效应引起的气体丝伸长和破裂。

[0213] 当膜安装在非旋转外壳内壁上时,可以通过起作用的离心力进一步促进气体丝的注射和伸长机制。

[0214] 通过由旋转部件(例如内圆筒)的偏心调节促进的叠加伸长流特性的施加,还额外改进了液滴分离/气体丝破裂效率。

[0215] 由于该高效和新型的气泡分散,与传统设备相比,在分散间隙中需要短得多的停留时间。这又产生了有利的紧凑和高吞吐量的装置,这有利于相关泡沫产品生产的提高的容量和/或生产成本降低。

[0216] 可以在制造过程中通过选择或改变某些变量或参数来进一步控制该泡沫的气泡尺寸。即使如此,气泡尺寸分布仍保持紧密,并如本文中公开的那样产生了均匀的稳定泡沫。第一变量是所用设备的类型,因为各自产生了略微不同的气泡尺寸范围。这可能是由于膜和外壳之间的间隙。通常,在所有其它参数相等的情况下,两者之间的间隙越大,气泡尺寸越大。在选择所需设备和间隙后,可以改变设备的转速以获得所需气泡尺寸,较慢的转速通常产生较大尺寸的气泡。可控的另一变量是液体基质的配方,例如液体的类型和包含的所需添加剂和组分。通常,较低量的乳化剂会产生较大气泡,而提高乳化剂的量提供了足够的材料,以形成可容纳较小尺寸气泡的笼形结构。由于较小气泡的表面积大于较大的气泡,因此需要较大量的乳化剂涂布气泡并形成笼。有趣的是,注意到了并没有显示出生成的气泡尺寸不取决于膜的孔径尺寸或基质粘度。

[0217] 在下列说明和附图中进一步详细给出了其它方法和设备特性以及与现有技术状况相比的相关优点,其中描述了本发明的某些实施方案及其相关性质。

[0218] 图 12 显示了根据本发明第一实施方案的新型膜方法/设备(BI 型)的示意图,其中膜安装在旋转内圆筒上(I 型)。在图 12 中,(1)代表两个双面密封滑环,其可以使气体/空气输递而不会从旋转中空轴(2)中漏出。该气体/空气在气体/空气入口(3a)进入该轴,流过内部轴通道(3b)并再通过孔(3c)离开该轴进入中空旋转圆筒(4),该圆筒在其表面处带有膜(6)。使气体/空气在该中空圆筒(3d)中均匀分布,并由此通过膜孔隙(3e)压入分散流动间隙(7),从而在膜表面(8)形成气泡或作为气体/空气丝(11)注入该间隙。连续液体流体相在流体/混合物入口(5)进入分散设备。一旦该流体/混合物进入分散间隙(7),占主导的旋转分流就超过轴向通过的分流。在该间隙流场内,气泡(8)从膜表面上分离,且气体丝(11)在窄流动间隙(7)中起作用的非常均匀的应力条件下破裂。这在图 12A 中更清楚地看出。该气体分散体/泡沫在泡沫出口(16)离开该设备。该筒形外壳(17)通常构造成冷却夹套,以将耗散的粘滞摩擦热传给冷却剂,该冷却剂在冷却剂入口(9)进入该冷却夹套,并在冷却剂出口(10)离开。

[0219] 图 13 显示了根据本装置的第二实施方案的新型膜方法/设备B II型的附加信息,其中膜安装在固定外壳上(II 型)。轴(2)和连接的圆筒(4)不再是该充气系统的部件。将膜(6)安装在笼构造(18)上,该笼结构与筒形外壳(17)内表面连接,并在外壳内壁和膜之间形成气体/空气室(19)。通过中心气体/空气入口(13a)向该室(19)供应气体/空气,其均匀分布(13b)并受压通过膜孔隙(13e)进入分散间隙(7)。

[0220] 该连续流体流及其对分散过程的影响预计与上述方法的 I 型形式(图 12)类似,但是在该 II 型设备中离心力的不同作用有助于更多气相注入该分散流动间隙,优选形成气体/空气丝(11),而在 I 型设备中,离心力妨碍注射机制,由此更优选在膜表面形成气泡。

但是,这取决于气体体积流速和所施加的透膜压力。在膜和外圆筒之间的间隙的第二放大截面图中,有助于改进气泡与膜的分离的 Taylor 涡流型 (24) 显示在图 13A 中。

[0221] 可以预计,图 13A 的放大间隙部分中示意性显示的注射机制在一定程度上有利于形成较小气泡,其中所形成的气体 / 空气丝被视为细长形状,其在分散流中破裂成小滴 (8)。相反,可以预计,在内旋转膜表面上的气泡形成产生了更致密的气体 / 空气实体,如果分离,则如图 12A 中所示趋于形成更大气泡或甚至气体层。在后一情况下,气泡形成可以在流体层表面发生,空气丝在此处分离。通过如图 1、3、4、16、17 和 18 中所示的实验证实了这些趋势,它们显示了对于两种不同的方法 / 设备类型 BI 和 BII 和对于转子 - 定子设备 (图 18),所得气泡尺寸数量分布 (图 1:膜安装在旋转内筒上 (I 型);图 16:膜安装在固定外壳上 (II 型)) 和作为气体体积比例的函数的中值气泡直径 (图 17)。有意思地,在较高气体体积比例 (在此:50 体积%) 下,中值气泡尺寸达到相同值。这证实了气体 / 气泡分离 / 破裂机制已接近共同类型的解释。

[0222] 这种令人惊讶的发现启发了方法 / 设备类型 I 和 II 的组合,这意味着旋转圆筒和外壳都可以带有膜,由此使每分散间隙体积的充气容量翻倍。如果超出临界 Taylor 数值 (例如 41.3),在反向 II 型构造中也出现如图 12 中所示的 Taylor 涡流型。

[0223] 能够提高气体丝拉伸的伸长分流可能充分有助于进一步增强膜表面处的细长气体 / 空气丝而非致密气体 / 空气实体的形成。为了实现这种伸长分流,如图 14A 和 14B 中所示,使用旋转内圆筒在筒形外壳内的偏心放置 (22)。在收缩间隙流域中,流体在流入间隙区域 (20) 中加速,由此可实现了额外的气体丝伸长。在分流间隙流域 (21) 中,相当于收缩的负伸长有助于拉伸的气体 / 空气丝松弛,由此有助于产生所谓的 Rayleigh 不稳定性,并产生波纹丝,有助于破裂成窄尺寸分布的分散气泡。

[0224] 对于膜设备的 II 型构造,也可以如图 15A 和 15B 中所示使用圆筒壁的异型表面 (在其上未安装膜) 产生膜表面处的局部周期性伸长和松弛流。在这种情况下,产生了擦拭膜表面的周期性涡流 (23)。

[0225] 在发泡实验中所用的相当的旋转部件圆周速度条件下,对于新型方法类型 I 和 II (B) 获得了如图 1 和 20 中所示的气泡尺寸分布,并使用相同的可搅打模型流体体系 NDA-I,其由含 0.1% 多糖 / 增稠剂和 0.6% 表面活性剂的水性模型溶液构成。也使用来自 Kinematica AG, Luzern (CH) 的传统转子 / 定子发泡设备进行发泡实验,其中通常应用湍流条件。所得气泡尺寸数量分布列在图 2 中。图 1 和 16 的直接比较显示了明显更粗和更宽分布的气泡尺寸。

[0226] 该比较在图 3 和 4 中更显著,其中比较了三种不同的充气方法 / 设备形式的特征气泡尺寸值,如 $x_{10,0}$ (即气泡数量的 10% 比其小的气泡直径), x_{500} (即气泡数量的 50% 比其小的气泡直径) 和 $x_{90,0}$ (即气泡数量的 90% 比其小的气泡直径), 和气泡直径比率 $x_{90,0} / x_{10,0}$ (即分别为气泡尺寸分布宽度或“狭窄度”的指示): 具有湍流特性的传统转子 / 定子啮合销 (A)、在旋转内圆筒上装有膜的新型膜方法 / 设备 (B, I 型), 和带有在外壳上的固定膜和有光滑表面的旋转内实心圆柱的新型膜方法 / 设备 (B, II 型)。

[0227] 除了如上所述的新型方法 / 设备 I 和 II 型 (B) 与传统转子 / 定子方法 / 设备 (A) 在旋转元件相同的圆周速度下的比较之外,还通过作为输入该发泡设备内的气体 / 液体分散体中的体积能量的函数绘制中值气泡直径,进行分散 / 发泡特性的更一般比较。在图 20

中显示了第二模型混合物配方 NMF-2 体系在这方面的情况,该体系含有 3% 的牛乳蛋白作为表面活性剂、1.5% 的瓜尔胶作为稳定剂 / 增稠剂 (配方 NMF-2a 和 NF-2b 略微有变动,但流变性相当;与模型混合物配方 NDA-1 相比粘度较高,因此产生更大的所得气泡直径)。与传统方法 / 设备 (A) 相比,该新型旋转膜体系 (例如图 20 中的 I 型) 每体积泡沫产品 (对于 50 体积% 的恒定分散气体比例) 消耗低得多的能量 (是传统方法的 1/5 至 1/7)。

[0228] 此外,对于与在传统方法 / 设备 (A) 中产生体积分布的最低可能的中值气泡尺寸 ($q_3(x)$, 大约 $X_{50.3} \approx 70-75$ 微米) 所需的相同的最低体积能量输入 (大约 $3 \times 10^7 \text{ J/m}^3$) (由于在提高的能量输入 / 旋转速度下的离心分层而产生的限制), 该新型方法设备达到 $x_{50.3} \approx 40-45$ 微米 (尺寸降低大约 40%)。

[0229] 在图 21 中再显示了模型混合物配方 NDA-1 的数量分布,其中在另外带有内圆筒异型表面 / 被称作 II b 型的 II 型旋转膜设备 (膜安装在固定外壁上) 内充气。将结果与图 1、16 和 2 比较。当与图 1、16 和 2 比较时,该比较表明,II b 型构造也提供了比转子 / 定子设备 (图 2) 明显更细和分布更窄的气泡,也比 I 型旋转膜设备 (图 16) 细,但不如没有异型内圆筒壁的 II 型旋转膜设备 (图 1)。

[0230] 如本文所述,本发明的泡沫可用于制造各种产品,包括可食用的产品。这类产品包括冷冻产品,如冰淇淋、果汁冰糕或其它花式产品、冷藏食品 (例如搅打布丁)、奶油干酪、甜点浇头等,或甚至加热食品,如奶油汤、酱汁、肉汁等。

[0231] 本发明的可食用泡沫也可以包括食品类所需的可食用添加剂,如香草、香料、面包屑、肉类、蔬菜、或夹杂物,例如坚果、水果、曲奇碎、糖果等。此外,在需要时,也可以包括糖浆、浇头、半固体材料,例如果汁软糖、花生酱、巧克力软糖等。对于冰淇淋的最优选实施方案,添加剂可以以与传统冰淇淋制造中相同的方式使用。如果需要使添加剂悬浮到泡沫中,可以加工该组分以产生与泡沫类似的密度,从而在该基质是液态时添加剂不会由于重力而下沉到泡沫底部。此外,具有与泡沫相同密度的添加剂在混合之后和泡沫冻结之前留在原处。降低添加剂密度的一种传统已知的程序是通过充气或类似的发泡技术。这也降低了最终产品的成本,因为对于相同体积,降低了该组分或添加剂的重量。

[0232] 本泡沫有利于制造为消费者提供健康或营养益处的低成本、低热量、容易制造的食品。此外,这些食品可以在从基质冻结温度到其是液体的较高温度的任何温度下制造。因此,该产品可以在室温、较低温度或甚至在较高温度下储存、船运或食用,条件是该基质不加热至高于其沸点,此时显著蒸发会造成泡沫损失。这类产品可以制成无脂肪,并在口中清晰迅速地融化或崩解,由此提供了鲜明的风味属性或特性。此外,这些泡沫在不添加脂肪组分的情况下提供了乳脂口感。这使得该泡沫可以具有低热量密度,每 100 毫升无气泡供应量大约 240 至 250 至可能高达 300 千卡,这使大多数 (即使不是全部) 产品格外适用于低脂低热量市场。此外,这些产品可以制成无蛋白质和无过敏原的,因为不需要乳制品组分。这产生了低的卫生风险,使得该产品可以储存在室温下直至食用。即使没有乳制品组分,这些产品也提供了乳脂感的、鲜明、迅速的融化口感,这对消费者而言是合意和可口的。该泡沫中的小气泡表现得像小滚珠轴承以润滑消费者的上颚。

[0233] 该泡沫产生了完全新颖的制造冰淇淋产品的方式。该泡沫可以在室温下制造和储存,直至按需要冻结形成冰淇淋。在该制造法中,可以制造通用形式,其然后加工成所需风味并装在容器中以便船运、出售和储存在室温下。该方法类似于目前可用于制造漆料的方法。

法（其中制造基料并在需要时向其中加入色料）。对于冰淇淋制造，可实现类似的优点，因为在工厂中，可以按需要制造不同的风味或配方。实际上，如今商店可以调配和向顾客出售他们购买该产品时想要的特定风味或配方。该产品在室温下作为泡沫出售，这样其容易带回家并储存直至使用。当冰淇淋要食用时，消费者只需简单地将其在冻结机中放置 1 或 2 小时以使基质冻结。此后，其可以在室温下融化和储存。

[0234] 如本领域技术人员理解的那样，可以在不背离本发明的基本特征的情况下想出根据本发明的实施方案的新型可食用发泡产品的其它同等或替代性的形成方法和设备。相应地，前述公开内容对于下列权利要求中列出的本发明的范围是示例性而非限制性的。

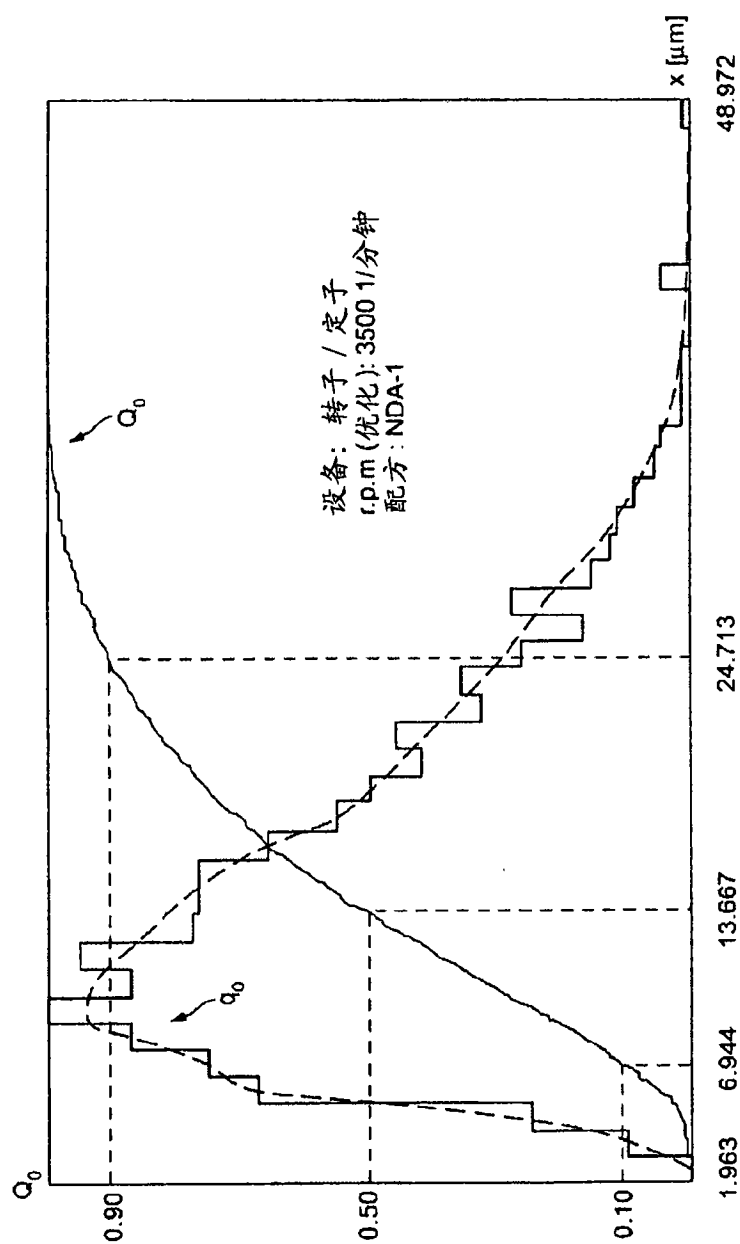


图 1

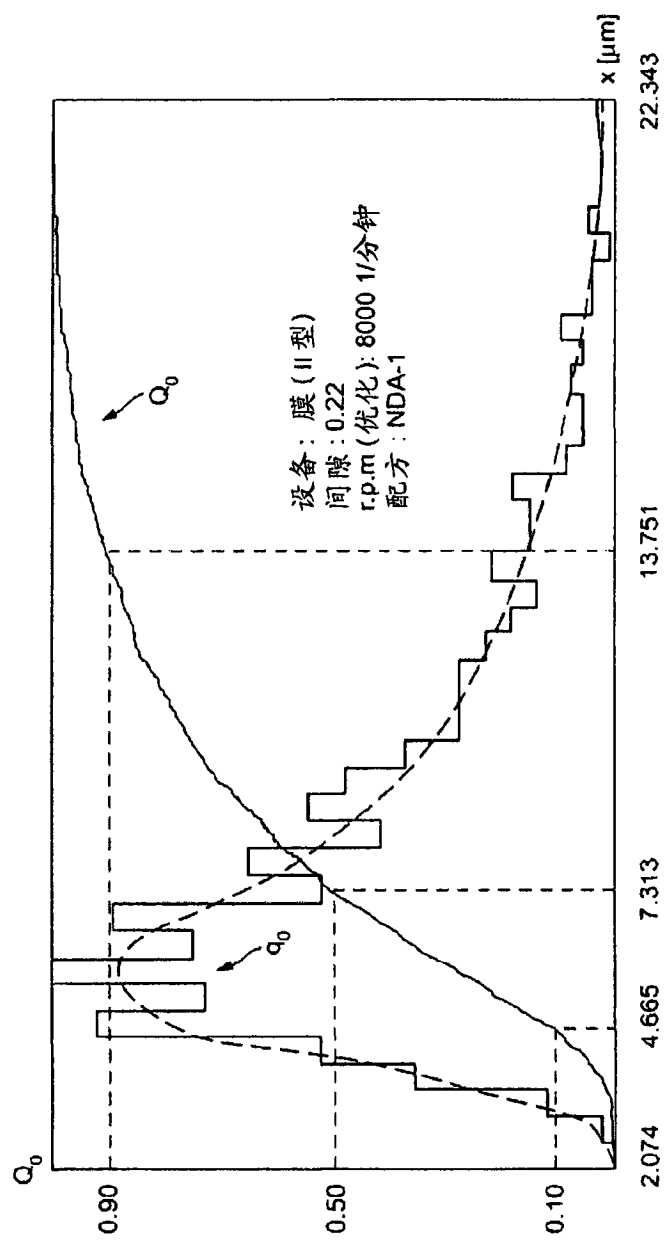


图 2

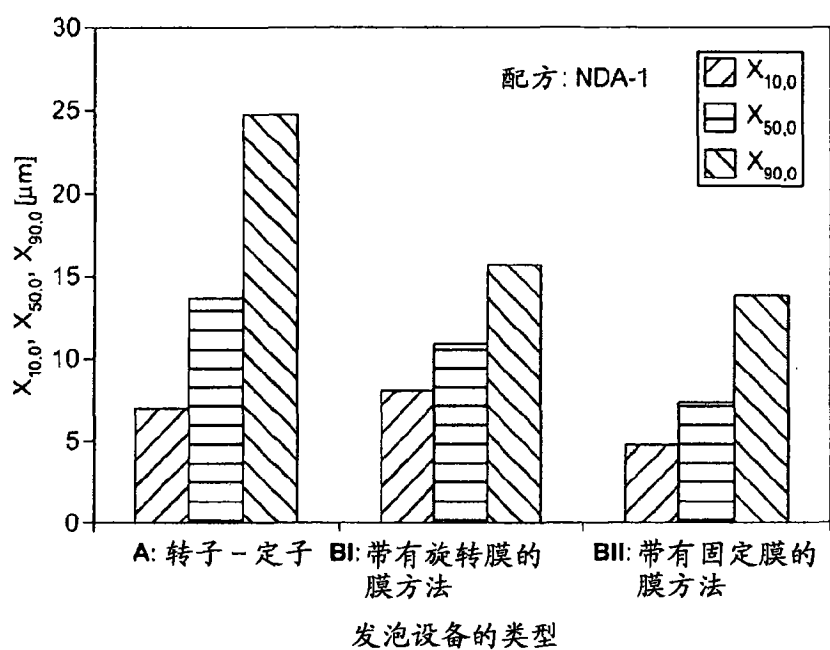


图 3

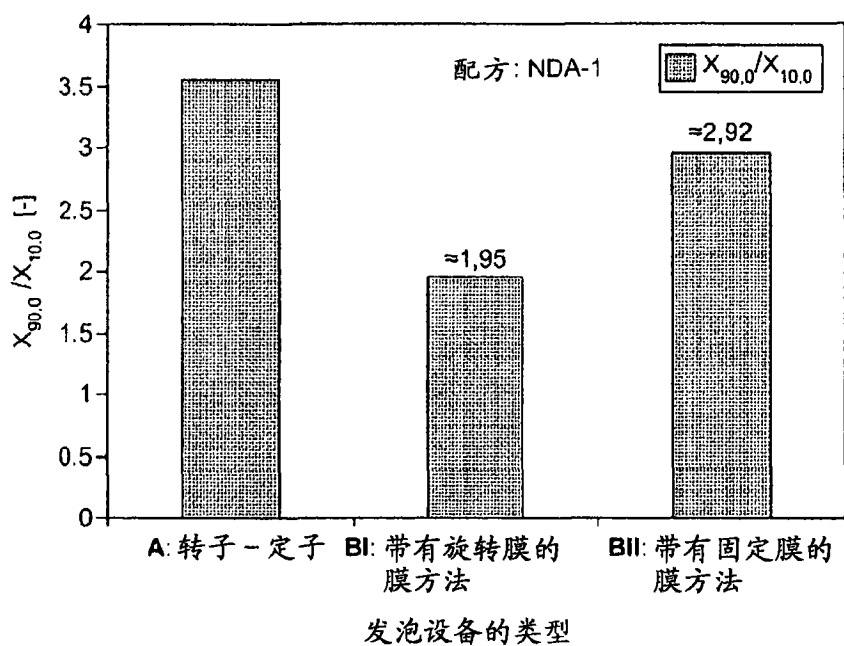


图 4

脂肪酸的聚甘油酯 + 游离脂肪酸的溶胀层状相结构



图 5A



图 5B

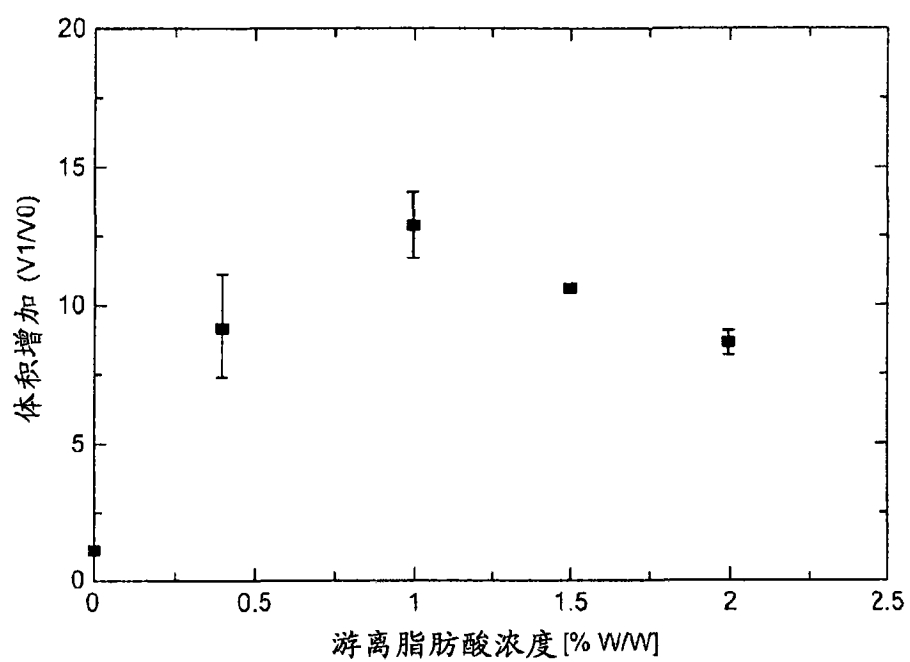


图 6

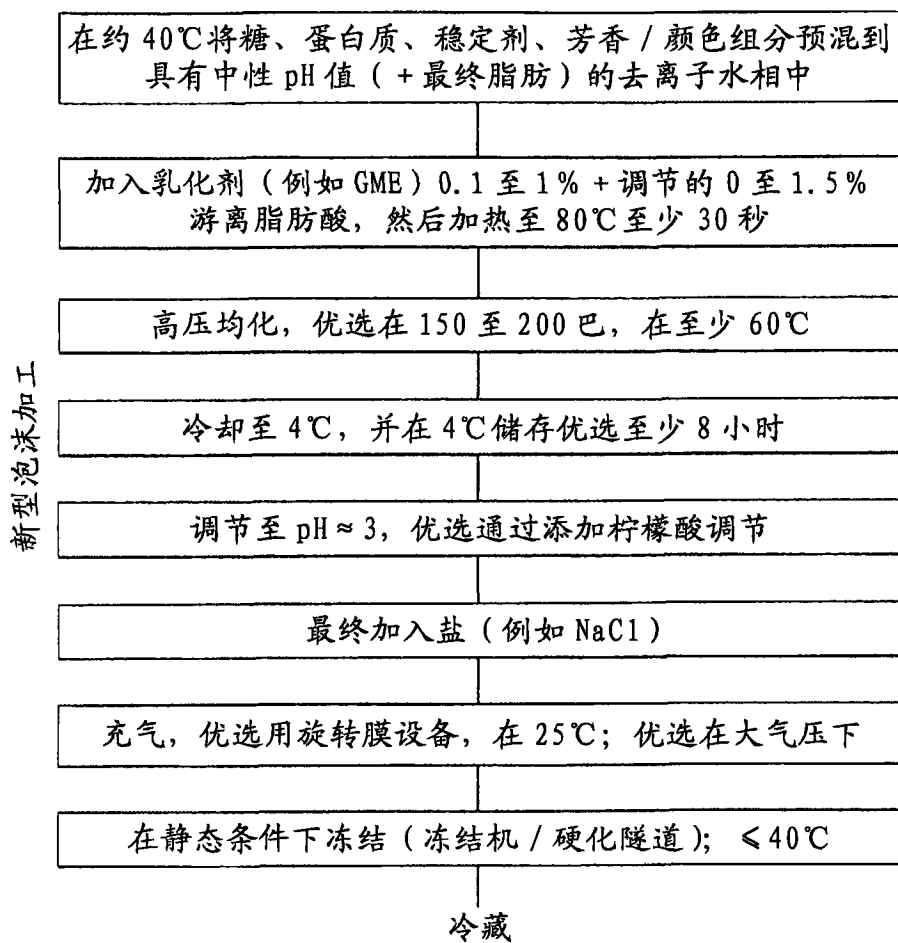


图 7

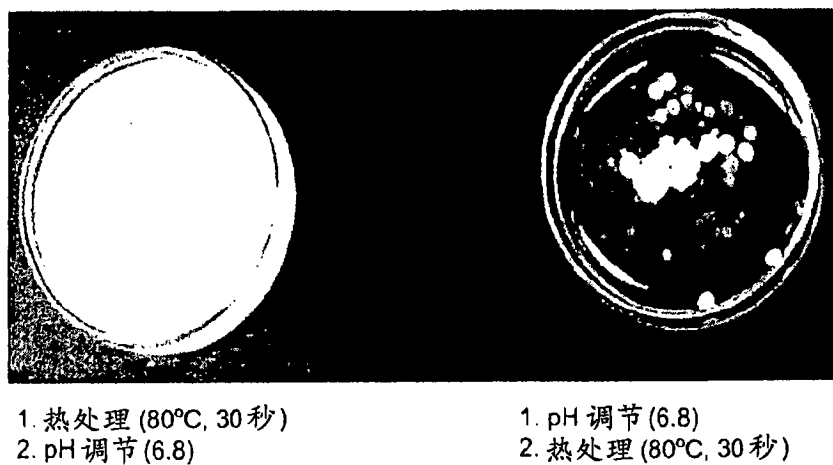


图 8

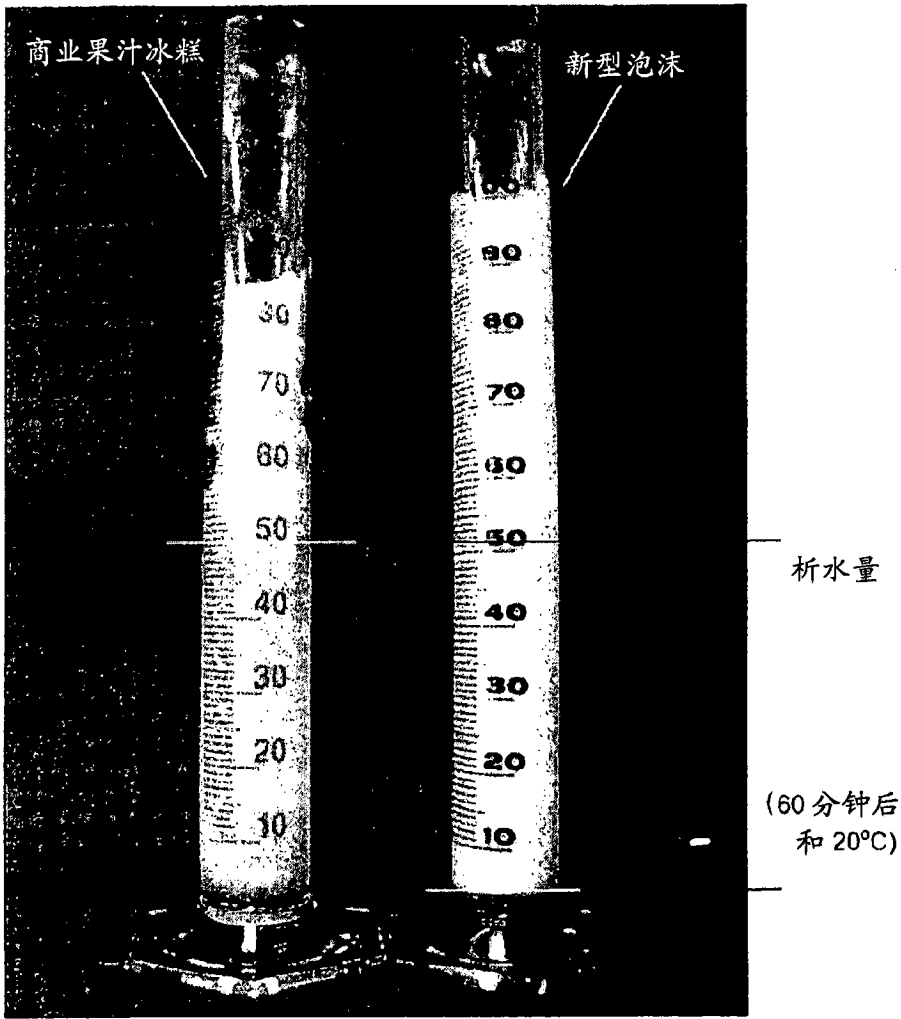


图 9

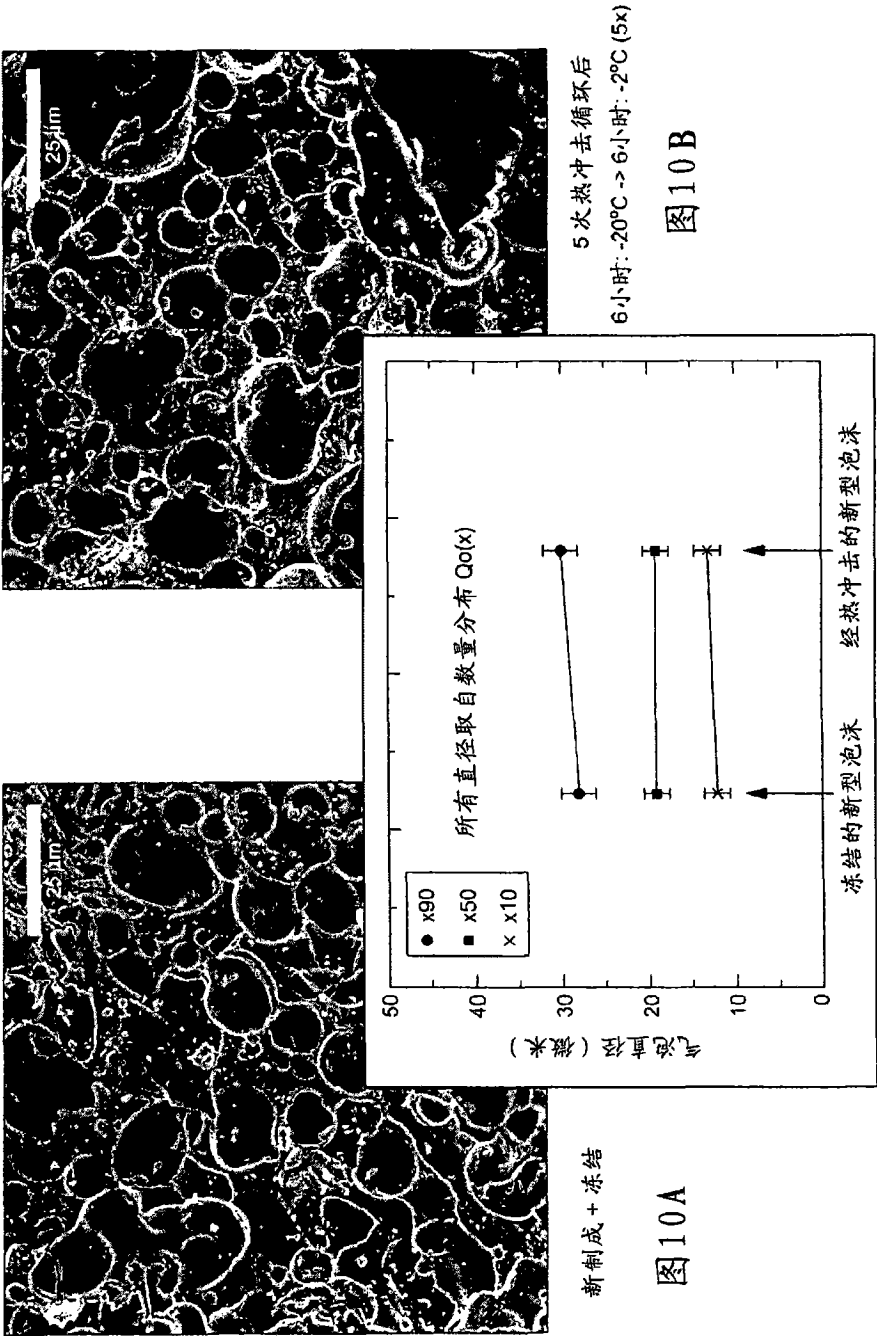


图 10

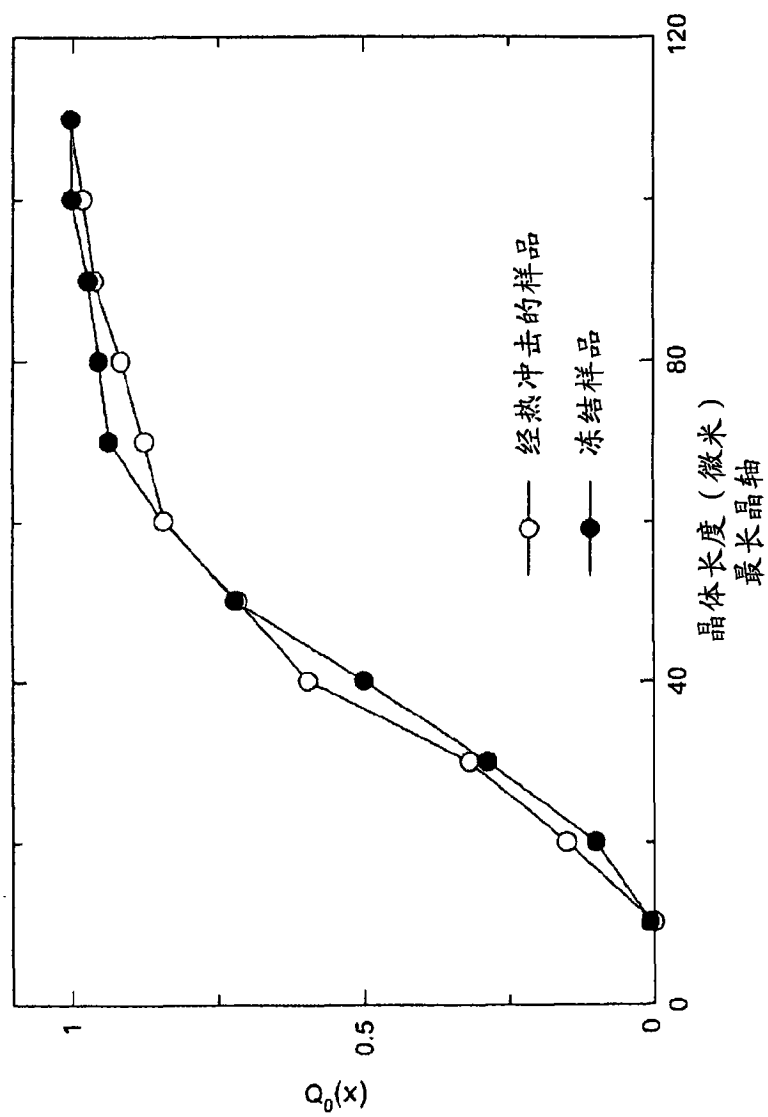
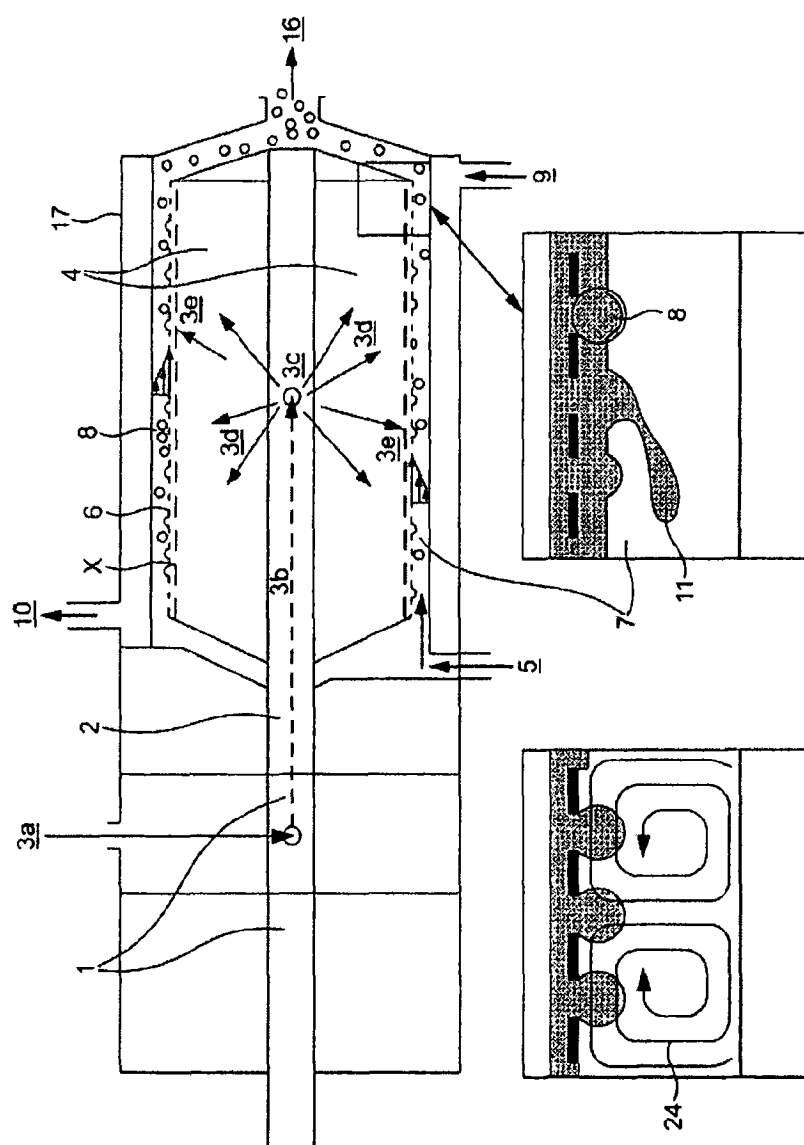
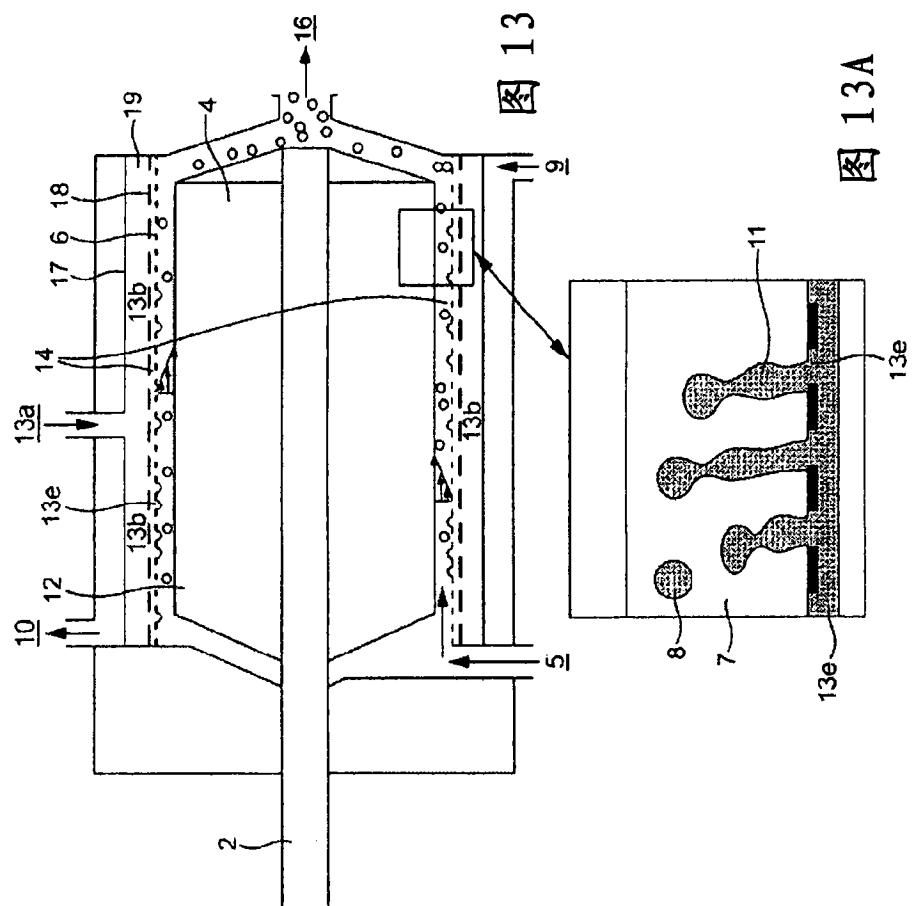


图 11



12A

12B



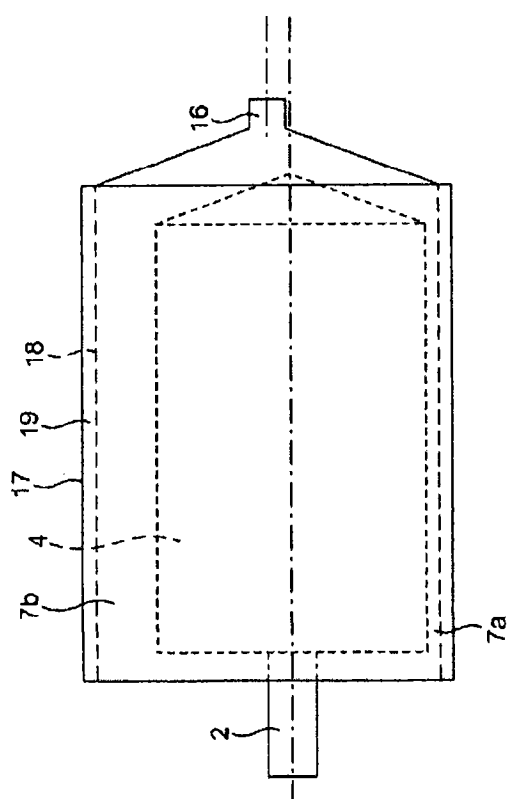


图 14A

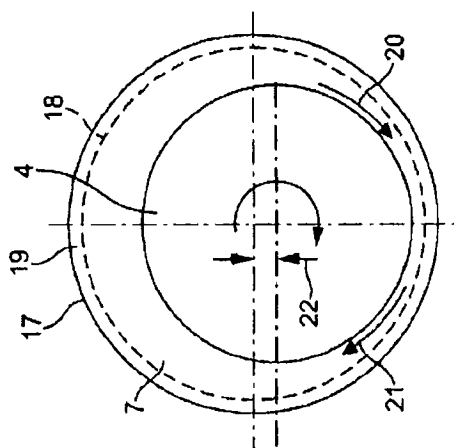


图 14B

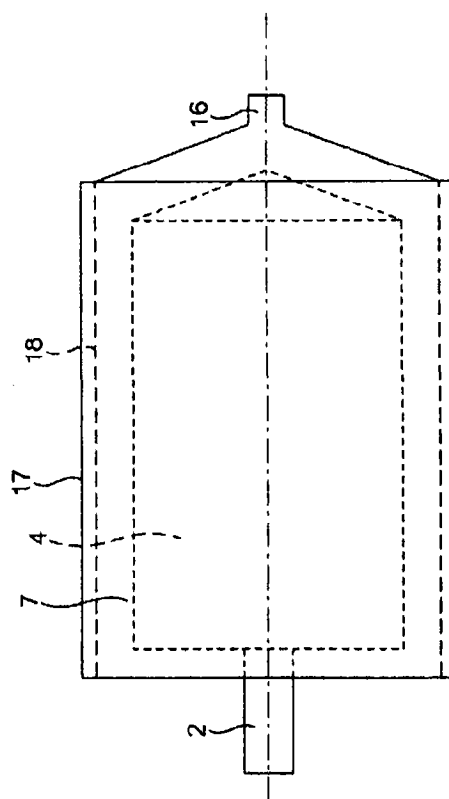


图 15A

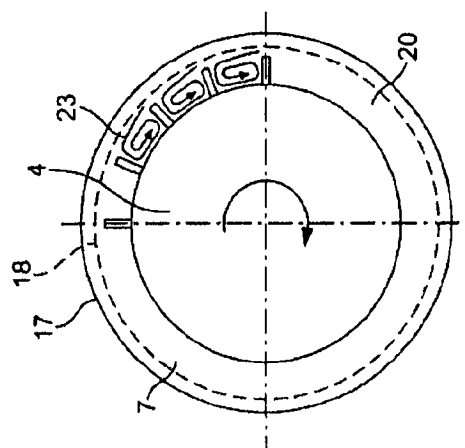


图 15B

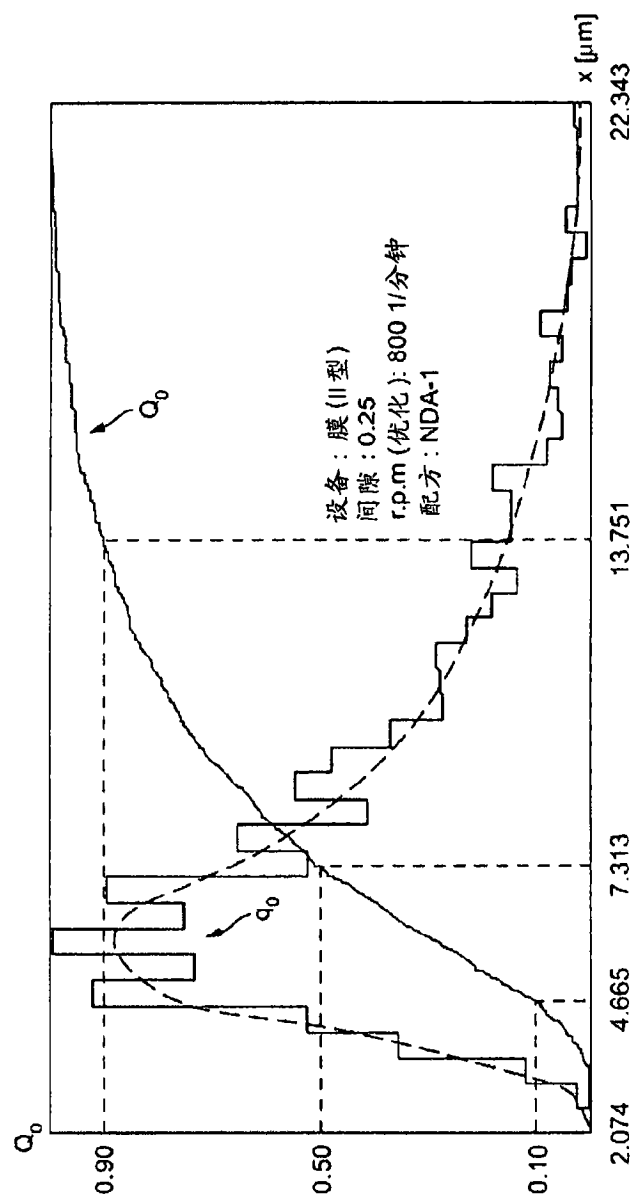


图 16

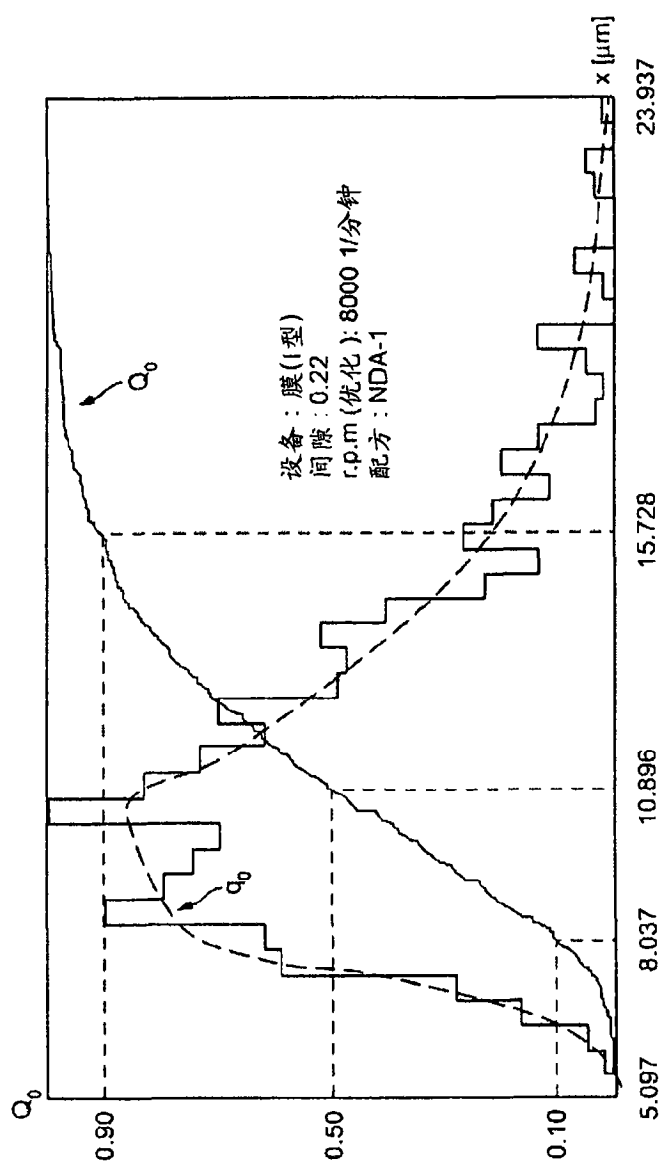


图 17

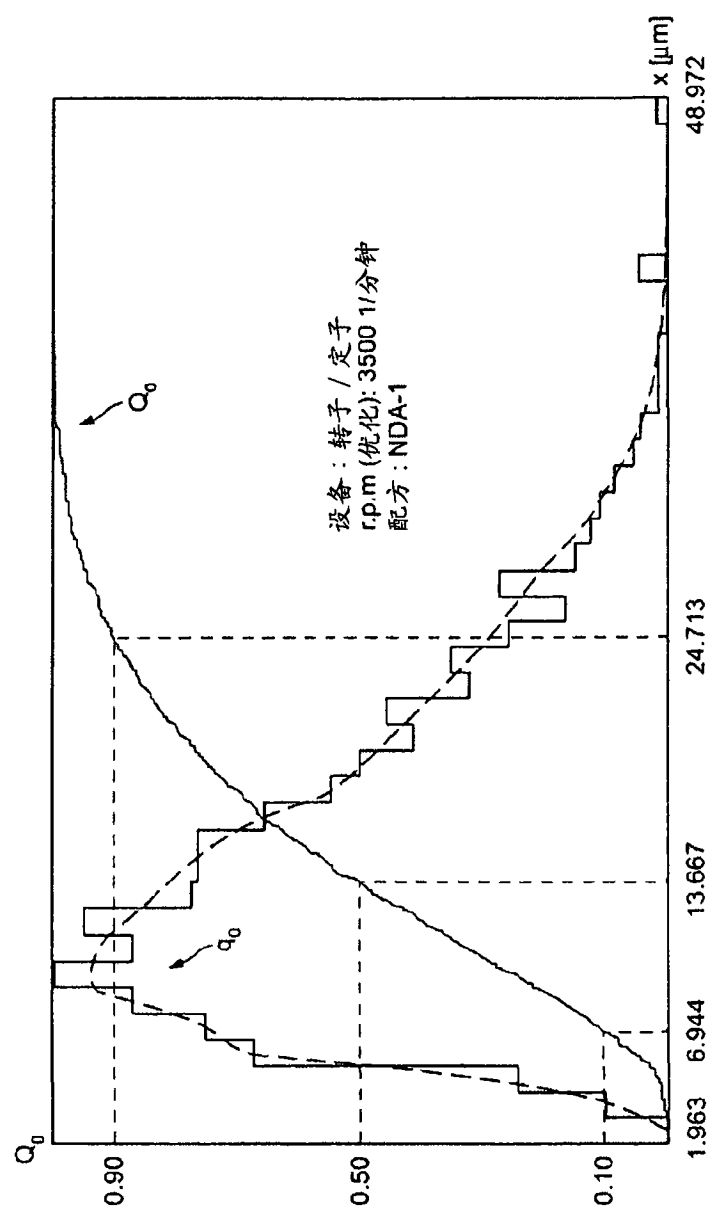


图 18

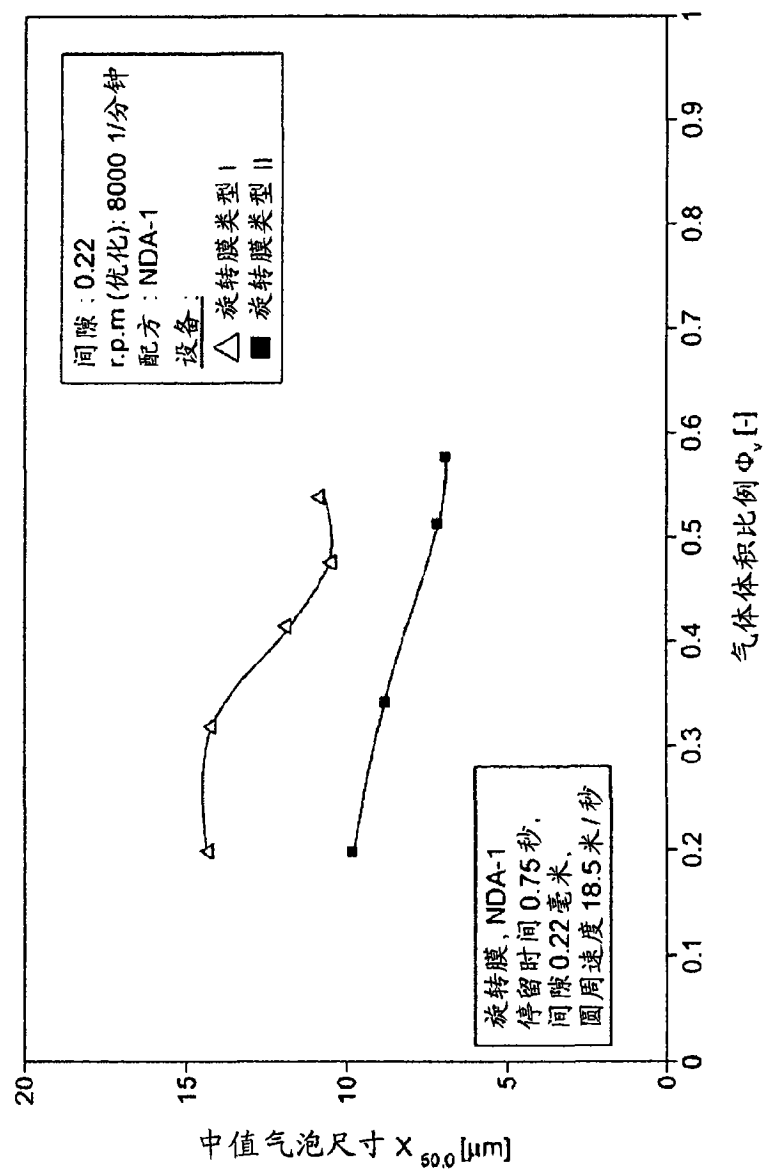


图 19

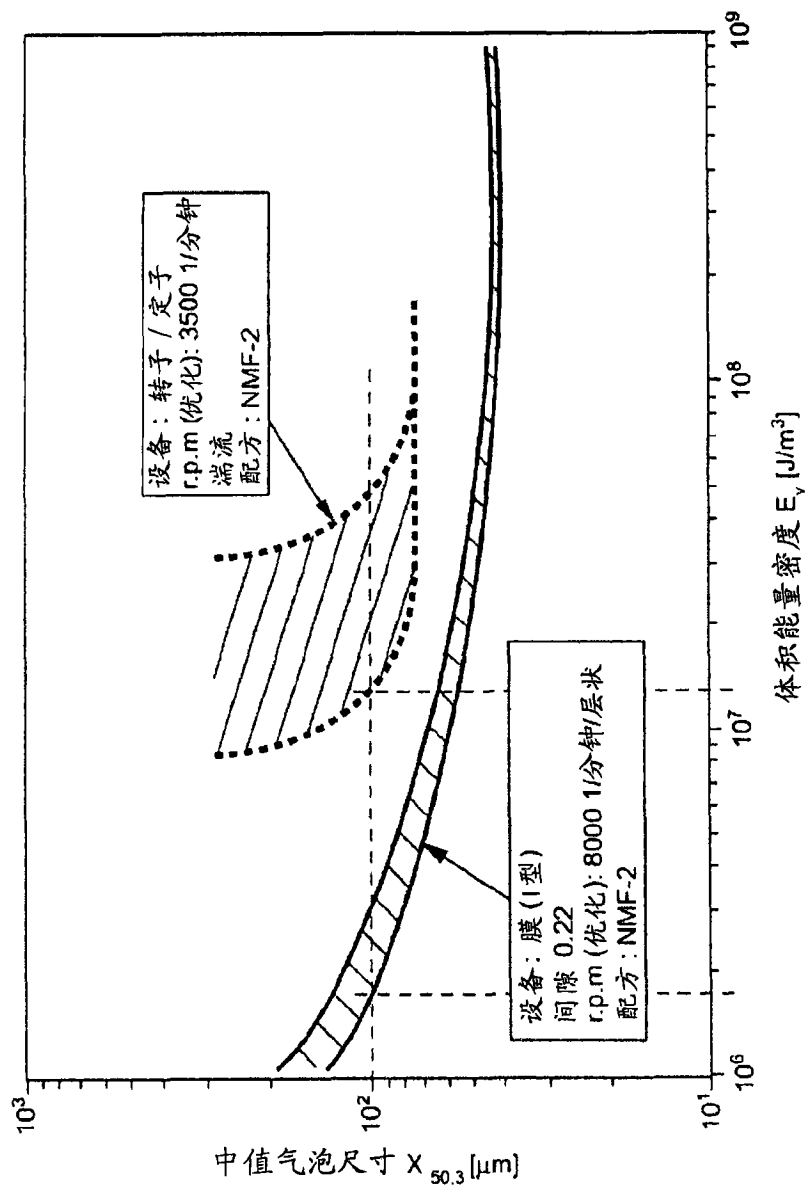


图 20

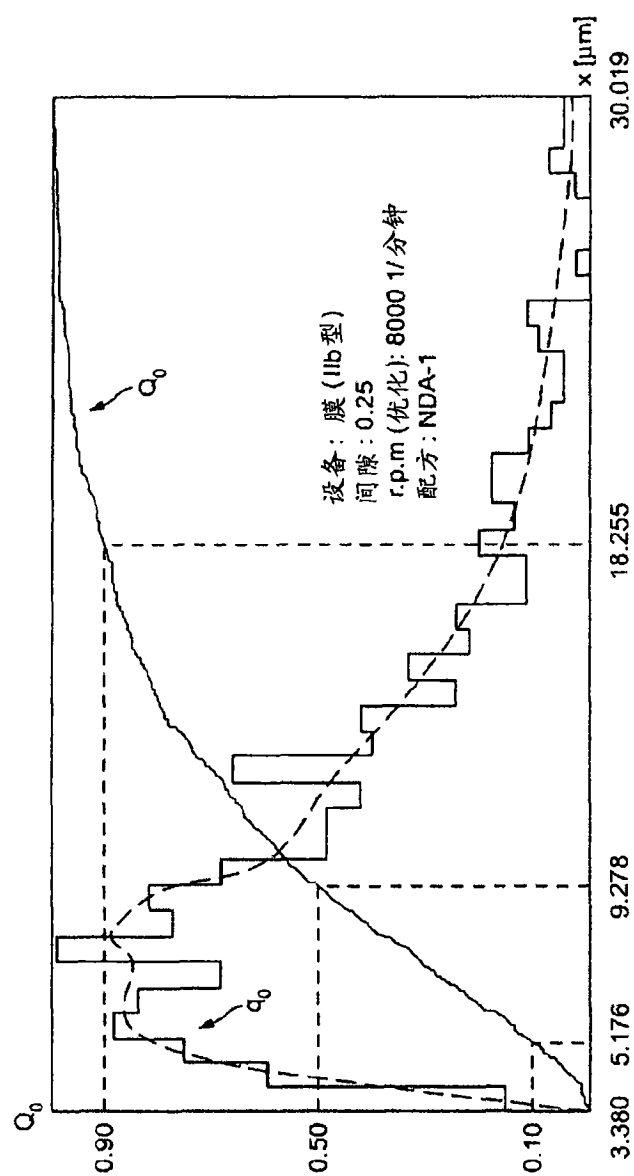


图 21