

文章编号:1673-1689(2005)06-0010-05

乳化剂的 HLB 值对搅打稀奶油搅打性能的机理研究

赵谋明, 赵强忠, 王才华, 范瑞

(华南理工大学 轻工与食品学院, 广东 广州 510641)

摘要: 重点研究了乳化剂的 HLB 值对搅打稀奶油的脂肪部分附聚率与搅打性能之间的关系。结果表明:高 HLB 值乳化剂在促进脂肪球的部分附聚的能力比低 HLB 值乳化剂强。HLB 值低于 6 时,则部分附聚速度缓慢且部分附聚率低于 50%,形成的泡沫结构稳定性差;乳化剂的 HLB 值在 6~8 之间,部分附聚速度适中,能够获得 60%左右的脂肪部分附聚率和形成较理想的泡沫结构;HLB 值大于 9 时,部分附聚速度过快且部分附聚率高于 80%,形成的泡沫结构粗糙且稳定性差。

关键词: 乳化剂; HLB 值; 搅打稀奶油; 搅打性能

中图分类号:TS 252.52

文献标识码:A

Effects of HLB Value of Emulsifiers on the Whipping Properties of the Whipping Cream and Its Mechanism

ZHAO Mou-ming, ZHAO Qiang-zhong, WANG Cai-hua, FAN Rui

(College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: This paper mainly studied the effects of different HLB values of emulsifiers on partial coalescence. The study showed that emulsifier of high HLB value could induce partial coalescence more effectively than that of low HLB value in promoting partial coalescence. When HLB value was lower than 6, partial coalescence was very slow and partial coalescence rate was lower than 50%, which resulted in bad stability of the foam. When HLB value was between 6 and 8, partial coalescence rate was about 60%, which was considerate to form ideal foam structures. When HLB value is higher than 9, partial coalescence is quick and partial coalescence rate is higher than 80%, which leads to coarse structures and bad stability of the foam.

Key words: emulsifier; HLB value; whipping cream; whipping properties

随着我国国民生活水平的提高,对搅打奶油制品的需求快速增加,搅打稀奶油在不到十年的时间内,已发展成拥有几十家专业生产企业,年产值达 5 亿元以上的新型食品产业。搅打稀奶油与天然奶油相比,其保持了奶油原有的风味和使用性能,同时能够提供的热量更低,且不含有诱发心血管疾病的胆固醇(天然奶油中胆固醇质量分数为 2.5~4.0

g/kg^[1]),而且搅打稀奶油的生产成本要远低于天然奶油。随着冷藏运输业的快速发展以及家用冰箱的普及,数量更多、花色品种更新颖的奶油制品将进入到人们的生活,因此搅打稀奶油的发展潜力相当巨大。

乳化剂对搅打稀奶油的感官品质和搅打性能有着重要的影响。添加乳化剂的主要作用是在搅打

收稿日期:2005-09-01; 修回日期:2005-10-20.

基金项目:国家自然科学基金项目(20276022)资助课题.

作者简介:赵谋明(1964-),男,湖南安化人,教授,博士生导师.

乳状液的制备和储存过程中保持乳状液的静态稳定性,而在搅打充气过程中引起乳状液的转相,控制脂肪球的部分附聚率及其在界面与蛋白质的竞争吸附控制界面蛋白质浓度,从而达到稳定气泡,形成稳定的泡沫结构^[2].

作者通过研究乳化剂的 HLB 对搅打过程中脂肪球部分附聚与搅打稀奶油的搅打性能之间的关系,对于解决目前市售搅打稀奶油产品主要存在稳定性较差、搅打操作性能不理想等问题具有理论和实际的指导意义,同时可为搅打稀奶油的研究提供一定的理论和方法的指导.

1 材料与方法

1.1 实验材料和试剂

油红-O(分析纯):上海生工产品(AMRESCO 分装);粟米油(食用级):南海油脂工业有限公司产品;酪氨酸钠:新西兰乳业有限公司产品;BM-200 代可可脂:南海油脂工业公司产品;黄原胶:法国罗地亚公司产品;蔗糖酯 S170、蔗糖酯 S1170:日本三菱化学株式会社产品;淀粉糖浆、蔗糖、山梨醇(食品级):广州市售产品.

1.2 实验基本配方

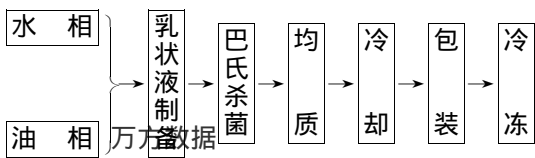
质量分数:去离子水 50%;蔗糖 9%;黄原胶 0.15%;山梨醇 7.0%;淀粉糖浆 6.0%;BM-200 代可可脂 23%;酪氨酸钠 1.0%;乳化剂 0.6%.

1.3 主要实验仪器和设备

高压均质机:丹麦 APV 公司产品;精密恒温水箱:北京朝阳航信医疗器材厂产品;JJ500 型精密电子天平:上海第二天平仪器厂产品;NDJ-1 旋转粘度计:上海天平仪器厂产品;TA-XT2 质构仪:英国 Stable Micro System 公司产品;华凌 BCD-182 双门电冰箱:华凌电冰箱总厂产品;无级搅打器:英国 KENWOOD 公司产品;721 型分光光度计:上海第三分析仪器厂产品;LG10-2.4A 型高速离心机:北京医用离心机厂产品.

1.4 制备方法

将原料分为水相和油相两大部分.水相包括水、糖、亲水胶体和蛋白质,油相包括氢化植物油、乳化剂.室温缓慢搅拌下先将亲水胶体冷分散于水中,再加入到水相混合物中进行升温.搅打稀奶油的制备流程如下:



于 75 ℃ 条件下搅拌溶解好水相和油相,在搅拌的状态下将水相加入到油相,对制得的乳状液进行低温长时(LTLT)巴氏杀菌(65 ~ 70 ℃, 30 min),然后在 50 MPa 条件下连续两次均质,再将均质后的乳状液降温至 2~4 ℃,并于此温度下老化 5~8 h,老化后对料液进行包装,迅速冷冻至 -18 ℃.

1.5 产品搅打性能的测定方法

搅打稀奶油产品的质量指标主要有:搅打起泡率、到达搅打终点所需的搅打时间、泡沫硬度、泡沫稳定性等.

1.5.1 搅打起泡率 搅打起泡率(O)=

$$\frac{\text{同体积水的质量}}{\text{同体积已搅打好的搅打稀奶油质量}}$$

1.5.2 搅打时间 到达搅打终点所需要的时间为 t (是否到达搅打终点,以能够挤成挺立的锥形为依据).搅打罐中加入 900 g 乳状液原料,使用 Kenwood 搅打器 5 档(约 160 r/min)进行搅打,记录所需的时间.

1.5.3 泡沫硬度 使用英国 SMS 公司的 TA-XT2 型质构仪,取 150 mL 已搅打的搅打稀奶油,置于一带有直径 3 mm 圆柱孔的圆柱杯中,用配套的探头下压,以 1 mm/s 的速度挤出奶油,测量压力-时间曲线,其中压力为探头挤出奶油所需施加的下压力,以曲线平坦部分的平均值作为泡沫硬度.

1.5.4 泡沫稳定性 将搅打好的搅打稀奶油放在 27 ℃ 的室温条件下,观察奶油外部和内部变粗的时间.

1.6 搅打终点的判断

如使用的是直流电源搅打器,在搅打过程中,电流的最大值即是搅打稀奶油硬度最大的时候,可以该时刻作为搅打的终点.另外可以用来判断搅打终点的指标有搅打起泡率和外观光泽变亚,即泡沫达到一定的硬度,能够挤成挺立的锥形同时外观色泽开始变亚时为终点^[3].

1.7 复配乳化剂体系 HLB 值的计算

一般认为,HLB 值具有加和性.因而,可以预测一种复合乳化剂的 HLB 值.两种或两种以上乳化剂复合使用时,由于作者采用的均为非离子乳化剂,故复合乳化剂的 HLB 值可按其组成的各个乳化剂的质量分数加以核算^[4].

1.8 测定乳状液搅打过程中脂肪球部分附聚程度的方法

精确称取油红-O 色素 0.015 g,加入 1 000 g 粟米油中,在室温(25 ℃)的条件下慢速搅拌约 12 h 使油红-O 充分溶解,制备的油红-O 油溶液需避光保存,其吸光度值可以保持恒定一周以上.准确

称取已搅打过的植脂鲜奶油样品 20 g,制备好的油红-O 溶液 10 g,混合均匀,取样约 20 g 在 8 800 g 的离心力下离心 30 min,离心后静置约 10 min,移取上层澄清透明的红色油液倒入比色皿,在 540 nm 波长条件下测定吸光度值^[5].

部分附聚率(%)= $\frac{m_0((A_1/A_2)-1)}{m_e\varphi}\times 100\%$

式中: φ 为乳状液中脂肪的质量分数, m_0 为加入的油红-O 油液的质量, m_e 为乳状液的质量, A_1 为离心前油红-O 溶液的吸光度, A_2 为离心后油红-O 溶液的吸光度.

2 结果与讨论

2.1 乳化剂的 HLB 值对脂肪球部分附聚的影响

不同 HLB 值的乳化剂对乳状液搅打性能的影响差异很大,使用单一乳化剂很难满足所有搅打性能的要求,因此作者采用亲水性乳化剂和亲油性乳化剂复合使用,使其同时兼有的两种类型的乳化剂的优点.

由图 1 可以看出,在相同的搅打时间内,乳化剂的 HLB 值越大,促进脂肪球的部分附聚作用越强.在初始的搅打过程中,HLB 值为 9 和 10 时脂肪的部分附聚率急剧升高,明显高于其他 HLB 值,搅打 5 min 后复合乳化剂的 HLB 值为 10,搅打奶油的部分附聚率大于 80%,已经产生了脂肪球的过度附聚,这可能主要是由于亲水性乳化剂在界面膜上与蛋白质的竞争吸附作用引起,随着乳化剂的 HLB 值的升高,其取代界面上吸附的蛋白质的能力增强,致使界面蛋白质的浓度降低,而蛋白质分子,特别是酪蛋白分子要远大于乳化剂分子,随着蛋白质被乳化剂分子置换,界面膜变得很薄,空间稳定性大大降低^[6, 7],H. D. Goff 等人用 TEM 方法观察的冰淇淋的脂肪部分附聚情况,发现未添加任何乳化剂的冰淇淋未发生明显的脂肪附聚,酪蛋白在界面分布比较均匀;而添加了乳化剂的冰淇淋,发生了显著的脂肪部分附聚,酪蛋白分布很不均匀^[8],这说明乳化剂分子在界面膜上解吸蛋白质的同时引起了脂肪球的部分附聚.而 HLB 值为 6~8 时脂肪的部分附聚率比较接近,5 min 后部分附聚率在 60%左右,刚好达到形成稳定泡沫结构所需的脂肪部分附聚率,这可能主要是因为在此 HLB 值范围内,乳化剂竞争吸附作用引起的界面吸附的蛋白质浓度下降程度,恰好与脂肪的部分附聚所需的界面蛋白质浓度相一致所引起. HLB 值为 5 时

在搅打过程中部分附聚率增加相对缓慢,最终的部分附聚率在 40%左右,达不到形成稳定泡沫结构对脂肪部分附聚率的要求,这可能主要是由于在此 HLB 值条件下,乳化剂竞争吸附作用引起的蛋白质解吸作用太弱,致使界面蛋白质浓度太高,阻止了脂肪的部分附聚.

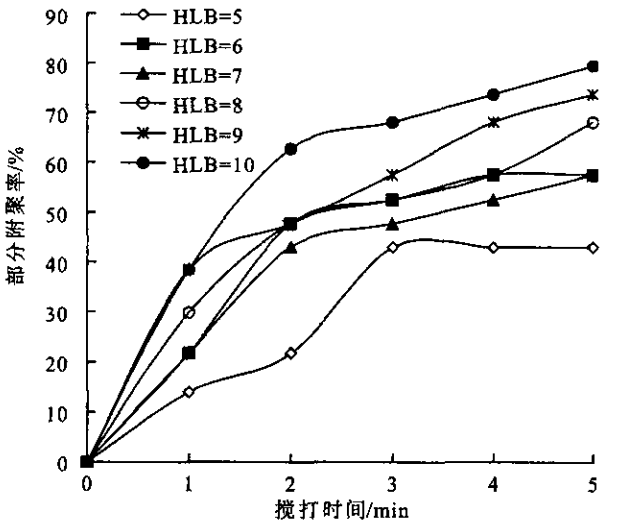


图 1 乳化剂 HLB 值对脂肪球部分附聚率的影响

Fig. 1 Effects of HLB value of emulsifiers on fat partial coalescence rate

2.2 乳化剂的 HLB 值对植脂鲜奶油的搅打性能的影响

2.2.1 乳化剂的 HLB 值对搅打充气时间的影响

由图 2 可以看出,随乳化剂的 HLB 值增加,搅打稀奶油搅打充气时间缩短.从脂肪球部分附聚的角度分析,乳化剂的 HLB 值越大,乳化剂从界面膜上竞争置换吸附的蛋白质的能力越强,其促进脂肪球部分附聚的能力越强,脂肪球部分附聚的速度越快,达到理想的脂肪球部分附聚率所需的搅打时间越短.

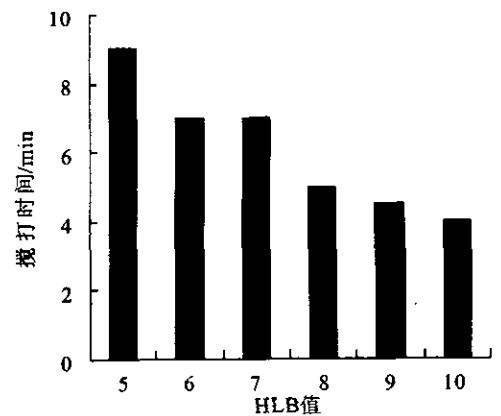


图 2 乳化剂对 HLB 值对搅打充气时间的影响

Fig. 2 Effects of HLB value of emulsifiers on whipping time

2.2.2 乳化剂的 HLB 值对搅打起泡率的影响

由图 3 可以看出,乳化剂的 HLB 值在 6~9 的范围内,搅打起泡率为 3.6~3.8;而乳化剂的 HLB 值大于 9 或小于 6,搅打起泡率在 4.0 左右,搅打起泡率偏高。这可能主要是由于搅打过程中搅打充气时间的长短和乳化剂的 HLB 值的高低引起的脂肪部分附聚速度共同作用的结果。当 HLB 值小于 6 时,其搅打充气时间较长,随之气泡处于破裂和合并的动态平衡过程的时间较长,又由于在此 HLB 值范围,脂肪附聚的速度缓慢,从而形成大气泡破裂成小气泡迅速被附聚的脂肪包裹的时间延长,致使体系内部包裹的小气泡较多,最终表现为搅打起泡率较高;当 HLB 值在 6~9 的范围内,其搅打充气时间为 5~7 min,在此段时间内,脂肪的部分附聚率达到 60% 左右,这说明搅打充气的气泡处于破裂和合并的动态平衡过程的时间与脂肪的部分附聚处于一致,最终表现为搅打起泡率适中,泡沫结构细腻、稳定;当 HLB 值大于 9 时,尽管搅打充气时间较短,气泡处于破裂和合并的动态平衡过程的时间较短,但由于在此 HLB 值范围内其脂肪附聚速度较快,造成体系包裹大气泡数量较多,同样也表现为搅打起泡率较高,泡沫结构粗糙。

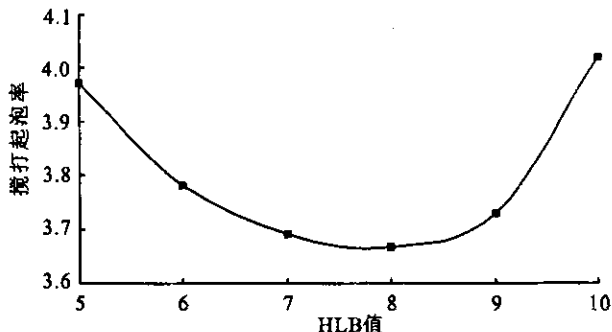


图 3 乳化剂的 HLB 值对搅打起泡率的影响

Fig. 3 Effects of HLB value of emulsifiers on overrun

2.2.3 乳化剂的 HLB 值对泡沫硬度的影响 如图 4 所示,乳化剂的 HLB 值在 6~8 的范围内,泡沫硬度为 1 400~1 700 g,可以获得较佳的泡沫硬度;乳化剂的 HLB 值小于 6,泡沫硬度低于 1 400 g,偏软;乳化剂的 HLB 值大于 9,泡沫表观硬度迅速降低,有趋向于偏软的态势。搅打稀奶油要在搅打过程中由一个粘稠的液体转变为一个粘稠的塑性固体,在搅打稀奶油的结构形成过程中很大程度上依赖于部分附聚的作用。

扫描电镜拍摄图片显示:搅打奶油的基本结构是一个半连续的脂肪网络包围并稳定空气泡的复杂结构^[2]。当 HLB 值小于 6 时,在搅打结束时,脂肪的部分附聚率只有 40% 左右,不足以达到形成坚

固的半连续脂肪网络结构;当 HLB 值处于 6~8 时,在搅打结束时脂肪的部分附聚率达到 60% 左右,能够形成相对坚固的半连续脂肪网络所要求的固态脂肪,且在此 HLB 值范围内,随着 HLB 值的增加,脂肪的部分附聚呈增加趋势,因此在此范围内其硬度亦稍有增加;当 HLB 值大于 9 时,在搅打结束时脂肪的部分附聚率达到 80% 左右,附聚的脂肪在体系中以大块状的形式存在,因此,在外力的作用下很容易刺破气泡,致使其表观硬度急剧下降。

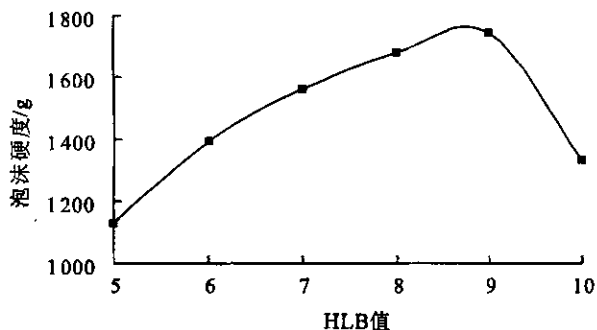


图 4 复合乳化剂 HLB 值对泡沫硬度的影响

Fig. 4 Effects of HLB value of emulsifiers on foam firmness

2.2.4 乳化剂的 HLB 值对泡沫稳定性的影响

如图 5 所示,乳化剂的 HLB 值在 6~8 的范围内,泡沫稳定时间大于 30 min,获得良好的泡沫稳定性;当乳化剂的 HLB 值为 7~8 时,泡沫稳定时间最长;乳化剂的 HLB 值大于 9 或小于 6 时,泡沫稳定时间迅速减少,泡沫稳定性呈下降趋势;使用乳化剂的 HLB 值为 5 和 10 所获得的泡沫结构达不到足够的泡沫稳定性。

泡沫的稳定性很大程度是受到连续相的流变性和界面膜的粘弹性的影响^[9],同时较高 HLB 值的乳化剂取代界面膜上吸附的蛋白质的能力要比较低 HLB 值的乳化剂的强^[6],因此当乳化剂的 HLB 值越高,则其取代脂肪球表面蛋白质的能力越强,致使界面蛋白质的浓度越低,形成的界面膜也越薄,又由于蛋白质分子,特别是酪蛋白分子要远大于乳化剂分子,其空间稳定作用较乳化剂分子强,又加之酪蛋白的韧性较乳化剂分子大,所以当 HLB 值大于 8 时,界面吸附的蛋白质被乳化剂竞争吸附作用而被解吸较多,致使界面膜上的蛋白质浓度降低较严重,最终导致界面膜的粘弹性下降,且在此 HLB 值范围内,体系包裹的气泡体积较大进而使其承受外界环境变化的能力变弱,泡沫的稳定性变差;当 HLB 值大于 8 时,界面蛋白质的浓度较高,随着 HLB 值的增加,尽管界面蛋白质浓度有

所下降,但体系包裹的气泡较小,且其脂肪的部分附聚率有逐渐增加的趋势,这说明稳定性主要由脂肪部分附聚决定.

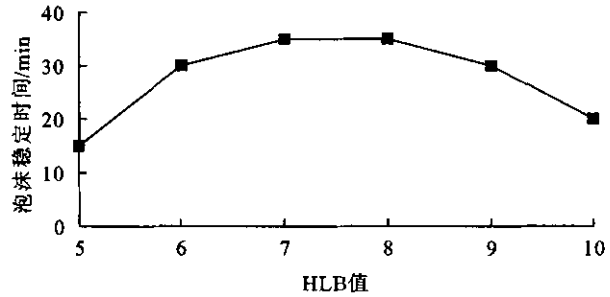


图 5 乳化剂的 HLB 值对泡沫稳定性的影响
Fig. 5 Effects of HLB value of emulsifiers on foam stability

3 结 论

作者研究了乳化剂的 HLB 值对搅打稀奶油脂肪球部分附聚影响的规律,在此基础上进一步研究了脂肪的部分附聚对搅打性能影响的规律:乳化剂的 HLB 值为 5 时,在搅打过程中脂肪部分附聚率增加相对缓慢,最终的部分附聚率在 40%左右,达不到形成稳定泡沫结构对脂肪部分附聚率的要求;当 HLB 值为 6~8 时脂肪的部分附聚率比较接近,5 min 后部分附聚率在 60%左右,刚好达到形成稳定泡沫结构所需的脂肪部分附聚率;HLB 值为 9 和 10 时乳状液的部分附聚率急剧升高,搅打 5 min 后 HLB 值为 10 时脂肪的部分附聚率大于 80%,已经

产生了脂肪的过度附聚.这主要是由于乳化剂在界面膜上与蛋白质的竞争吸附作用引起;随乳化剂的 HLB 值增加,搅打稀奶油搅打充气时间缩短.从脂肪球部分附聚的角度分析,乳化剂的 HLB 值越大,乳化剂从界面膜上竞争置换吸附的蛋白质的能力越强,其促进脂肪球部分附聚的能力越强,脂肪球部分附聚的速度越快,达到较理想的脂肪球部分附聚率所需的搅打时间越短;乳化剂的 HLB 值在 6~9 的范围内,搅打起泡率为 3.6~3.8;而乳化剂的 HLB 值大于 9 或小于 6,搅打起泡率在 4.0 左右,搅打起泡率偏高.这主要是由于搅打过程中搅打充气时间的长短和乳化剂的 HLB 值的高低引起的脂肪部分附聚速度共同作用的结果;乳化剂的 HLB 值在 6~8 的范围内,泡沫硬度为 1 400~1 700 g,可以获得较佳的泡沫硬度;乳化剂的 HLB 值小于 6,泡沫硬度低于 1 400 g,偏软;乳化剂的 HLB 值大于 9,泡沫硬度迅速降低,有趋向于偏软的态势,这主要与脂肪的部分附聚率有关;乳化剂的 HLB 值在 6~8 的范围内,泡沫稳定时间大于 30 min,获得良好的泡沫稳定性;当乳化剂的 HLB 值为 7~8 时,泡沫稳定时间最长;乳化剂的 HLB 值大于 9 或小于 6 时,泡沫稳定时间迅速减少,泡沫稳定性呈下降趋势,这主要与界面膜上吸附的蛋白质与乳化剂的竞争作用和脂肪的部分附聚率共同作用的结果;从脂肪的部分附聚率、搅打充气时间、搅打起泡率、泡沫硬度、泡沫稳定性综合来考虑,搅打稀奶油体系最适合的 HLB 值为 6~8.

参考文献:

[1] 戴雨竹. 动物性食品中除脱胆固醇的研究动态[J]. 肉类工业, 1997, 9: 21-23.
[2] 赵谋明,范瑞,林伟锋. 脂肪球在搅打乳状液中的部分附聚及其作用[J]. 食品与发酵工业, 2004,30(2):77-80.
[3] George A. Van Aken. Aeration of emulsions by whipping. colloids and surfaces A: physicochem[J]. Aspects, 2001,190: 333-354.
[4] 张万福. 食品乳化剂[M]. 北京:中国轻工业出版社,1993.
[5] Jirin Palanuwech, Rajesh Potineni, Robert F. A method to determine free fat in emulsion[J]. Food Hydrocolloids, 2003 , 17: 55-62.
[6] Pelan B M C, Watts K M. The stability of aerated milk protein emulsions in the presence of small molecule surfactants [J]. J Dairy Sci, 1997, 80:2631-2638.
[7] Goff H D, Jordan W K. Action of emulsifiers in promoting fat destabilization during the manufacture of ice cream[J]. J Dairy Sci, 1989, 72:18-29.
[8] Goff H D, Verespej E, Smith A K. A study of fat and air structures in ice cream[J]. International Dairy Journal, 1999, 9:817-829.
[9] Ton van Vliet, George A van Aken. Spreading of partially crystallized oil droplets on an air/water interface[J]. Colloids and Surfaces, 2004,240: 83-92.

(责任编辑:朱明)