

# 二次均质工艺中一次均质压力对黄油基搅打稀奶油品质的影响

袁佩佩<sup>1</sup>, 王文琼<sup>1</sup>, 周吉阳<sup>1</sup>, 于倩<sup>1</sup>, 李健驹<sup>1</sup>, 李启明<sup>2</sup>, 顾瑞霞<sup>1\*</sup>

(1. 扬州大学, 江苏省乳品生物技术与安全控制重点实验室, 江苏扬州 225127)

(2. 新希望乳业股份有限公司, 四川成都 610023)

**摘要:** 以无盐黄油和脱脂乳为原料制备黄油基搅打稀奶油, 采用二次均质工艺, 研究了一次均质压力(二次均质压力不变)对黄油基搅打稀奶油的粒径、脂肪部分聚结率、流变学特性、搅打性能的影响, 分析了各评价指标之间的相关性。结果表明, 黄油基搅打稀奶油的一次均质压力在 10.0~15.0 MPa 时, 随着均质压力的增大, 脂肪球粒径  $D_{4,3}$  由 1.85  $\mu\text{m}$  逐渐减小到 1.57  $\mu\text{m}$ , 且在 15.0 MPa 时脂肪球粒径  $D_{4,3}$  达到最小为 1.57  $\mu\text{m}$ ; 黄油基搅打稀奶油的脂肪部分聚结率随着一次均质压力的增大逐渐增大, 由 13.74% 增大到 17.53%; 搅打时间随着均质压力的增大逐渐由 314 s 减小到 265 s 且一次均质压力在 15.0 MPa 时搅打时间最少为 265 s; 泡沫稳定性由 78.09% 逐渐增加到 87.26%, 且泡沫稳定性在 15.0 MPa 时泡沫稳定性达到最大 87.26%。因此将黄油基搅打稀奶油的一次均质压力控制在 10.0~15.0 MPa 范围内较适宜。

**关键词:** 黄油基搅打稀奶油; 均质压力; 粒径; 泡沫稳定性; 搅打时间

文章编号: 1673-9078(2021)10-180-187

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.10.1019

## Effects of First-stage Homogenization Pressure in Two-stage Homogenization on Butter-based Whipping Cream Quality

YUAN Pei-pei<sup>1</sup>, WANG Wen-qiong<sup>1</sup>, ZHOU Ji-yang<sup>1</sup>, YU Qian<sup>1</sup>, LI Jian-ju<sup>1</sup>, LI Qi-ming<sup>2</sup>, GU Rui-xia<sup>1\*</sup>

(1. Jiangsu Key Laboratory of Dairy Biological Technology and Safety Control, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

(2. New Hope Dairy Company Limited, Chengdu 610023, China)

**Abstract:** Butter-based whipping cream was prepared using salt-free butter and skim milk. The effects of first-stage homogenization pressure in two-stage homogenization (in which the second-stage homogenization pressure was kept unchanged) on the particle size, partial coalescence rate of fat, and rheological and whipping properties of the butter-based whipping cream were studied. Additionally, the correlations among the evaluation indices were analyzed. The results indicated that when the first-stage homogenization pressure was in the range of 10.0~15.0 MPa, as the pressure increased, the particle size  $D_{4,3}$  decreased from 1.85 to 1.57  $\mu\text{m}$ . In particular, when the particle size reached its minimum of 1.57  $\mu\text{m}$  at a first-stage homogenization pressure of 15.0 MPa, the partial coalescence rate of fat in the butter-based whipping cream increased gradually from 13.74% to 17.53% with an increase in the first-stage homogenization pressure, and the whipping time gradually decreased from 314 to 265 s. More specifically, when the first-stage homogenization pressure was 15.0 MPa, the whipping time was the shortest at 265 s. The foam stability increased from 78.09% to 87.26% as the first-stage homogenization pressure increased, and the foam stability reached its maximum of 87.26% when the pressure was 15.0 MPa. Therefore, the first-stage homogenization pressure of butter-based whipping cream should be controlled in the range of 10.0~15.0 MPa.

引文格式:

袁佩佩,王文琼,周吉阳,等.二次均质工艺中一次均质压力对黄油基搅打稀奶油品质的影响[J].现代食品科技,2021,37(10):180-187

YUAN Pei-pei, WANG Wen-qiong, ZHOU Ji-yang, et al. Effects of first-stage homogenization pressure in two-stage homogenization on butter-based whipping cream quality [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(10): 180-187

收稿日期: 2020-11-04

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(31901715); 成都市重大科技应用示范项目(2019-YF09-00055-SN); 四川省科技成果转化示范项目(2018CC0147)

作者简介: 袁佩佩(1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 乳品科学, E-mail: 1819171750@qq.com

通讯作者: 顾瑞霞(1963-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 乳品科学, E-mail: rxgu@yzu.edu.cn

**Key words:** butter-based whipping cream; homogenization pressure; particle size; foam stability; whipping time

搅打稀奶油是指从新鲜的牛乳中分离出来的脂肪部分,添加或者不添加食品添加剂和食品营养强化剂,经加工而制成的含脂量在 30%~40%的水包油型乳状液<sup>[1]</sup>。均质处理广泛应用于食品工业中,用于稳定乳液并改善产品的质地和风味<sup>[2]</sup>。对于搅打稀奶油产品来说,均质处理是必不可少的关键步骤。未经过均质处理的搅打稀奶油乳液非常不稳定,静置 1 h 左右就容易出现分层现象。而均质处理可以使脂肪球的总表面积增大,使其均匀地分散在乳浆中,阻止脂肪球的重新聚合而形成稳定的乳状液,从而提高产品的均一稳定性<sup>[3]</sup>。

选择合适的均质压力是搅打稀奶油产品的关键,若均质压力过大,则脂肪球会因粒径太小致使产品的打发性能降低;若均质压力过小,则脂肪球粒径较大,导致产品的稳定性变差,在货架期容易出现分层现象。研究发现随着均质压力的升高,搅打稀奶油的黏度随之增大,同时过高的均质压力会使脂肪球粒径变小,增加了打发成型所需要的时间,料液由于过于稳定而使搅打性能变差<sup>[4]</sup>。经过预试验发现热处理严重影响稀奶油的搅打特性,杀菌后的二次无菌均质十分必要<sup>[5]</sup>,因此本文采用二次均质工艺生产搅打稀奶油。

使用鲜牛乳作为生产搅打稀奶油的原料时,一方面奶油产品的标准化难度增强,其品质也较易受影响,而且成本较高。另一方面黄油脂肪含量高,在冷藏条件下保质期更长,适合远距离运输,考虑到物流成本及价格接受程度等因素<sup>[6]</sup>,使得黄油成为搅打稀奶油基质研发的热点。本文以无盐黄油和脱脂乳为原料,采取二次均质工艺生产黄油基搅打稀奶油,探究二次均质工艺中一次均质压力的不同(二次均质压力为 3.0 MPa)对其乳液稳定性及搅打性能的影响,对评价指标进行了分析,得出黄油基搅打稀奶油的最优均质压力。为生产高品质的黄油基搅打稀奶油提供了理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

安佳黄油,恒天然商贸有限公司;食品级蔗糖酯 SE1670,日本三菱化学株式会社;食品级单双混合脂肪酸甘油酯,上海欣融有限公司;食品级大豆卵磷脂,安庆市中创技术有限责任公司;食品级微晶纤维素,曲阜市天利药用辅料有限公司;食品级羧甲基纤维素钠 FH9 型,上海长光企业发展有限公司;食品级磷酸

二氢钠、磷酸氢二钠,山东齐鲁生物科技样品店;金龙鱼玉米油,益海嘉里食品营销有限公司;油红 O(分析纯),生工生物工程股份有限公司。

### 1.2 仪器与设备

Malvern Mastersizer 3000 型激光粒度仪,英国马尔文仪器有限公司;H2500R-2 高速冷冻离心机,长沙湘仪离心机仪器有限公司;JHG 系列实验用高压均质机,上海融合机械设备有限公司;SW22 恒温水浴锅,北京优莱博技术有限公司;ELX800 酶标仪,美国宝特公司;Malvern Kinexus Pro 旋转流变仪,英国马尔文仪器有限公司。

### 1.3 样品准备

本研究中黄油基搅打稀奶油主要由无盐黄油、脱脂乳(均为质量分数)组成。在 60 °C 条件下,将复合添加剂添加到水相中,将油相充分分散、水相完全溶解,将水相缓慢加入到油相中,高速持续剪切 5 min,然后搅拌乳化 30 min,将乳化好的乳液在 5.0、7.5、10.0、12.5、15.0、17.5、20.0 MPa 的一次均质压力下均质,控制二次均质压力为 3.0 MPa,均质后产品灭菌在 4 °C 条件下冷藏老化 24 h,即得黄油基搅打稀奶油产品。

### 1.4 分析测定

#### 1.4.1 粒径的测定

采用 Malvern Mastersizer 3000 型纳米激光粒度仪测定搅打稀奶油的粒径分布。精确称量 1 g 乳液,以去离子水为分散相,以 1:1000 的比例稀释后进行测量。样品的折射率和吸收率分别设为 1.462 和 0.001,连续相的折射率为 1.330,测试温度室温(25 °C)。每个样品测试三次,结果取平均值<sup>[7]</sup>。

#### 1.4.2 乳液表观粘度的测定

采用 Kinexus Pro 旋转流变仪,选用 CP4/40 转子测定乳液的表观黏度随剪切速率的变化,测试温度为 4 °C,每次取样品剪切速率的变化范围为 0.01~100 s<sup>-1</sup> 剪切速率呈线性递。每个测试样品重复 3 次,结果取平均值<sup>[8]</sup>。

#### 1.4.3 界面蛋白浓度的测定

精确称取 15 g 稀奶油样品,在 10000 r/min 转速下离心 30 min,离心后取用注射器吸出下层的清液,采用凯氏定氮仪测量清液及蛋白沉淀中蛋白含量<sup>[9]</sup>。界面蛋白浓度计算公式如下,其中 SSA 由采用

Malvern Mastersizer 3000 型纳米激光粒度仪测定。

$$\text{界面蛋白浓度}(\text{mg}/\text{m}^2) = \frac{m_{\text{总蛋白}}(\text{g}) - m_{\text{清液及蛋白沉淀}}(\text{g})}{m_{\text{乳相}}(\text{g}) \times \text{SSA}(\text{m}^2/\text{g})} \times 1000$$

### 1.4.4 脂肪部分聚结率的测定

取油红 O 色素 0.005 g, 加入 500 g 粟米油中, 在室温条件下缓慢搅拌 12 h 左右使油红 O 色素得到充分溶解。精确称取未经搅打的稀奶油乳浊液 30 g, 油红 O 色素溶液 10 g, 混匀, 在 10000 r 条件下离心 30 min, 取上层澄清的红色油液在 520 nm 波长条件下测定吸光度值。吸光值与浓度呈理想的线性关系, 脂肪部分聚结率根据下式计算<sup>[10]</sup>:

$$\Phi_d = \frac{m_0(\alpha - 1)}{m_e \Phi}, \alpha = \frac{A_1}{A_2}$$

式中:

$\Phi_d$ —脂肪部分聚结率;

$\Phi$ —乳浊液中的脂肪质量分数;

$m_0$ —油红 O 色素溶液的质量, g;

$m_e$ —乳浊液质量, g;

$A_1$ —油红 O 色素溶液离心前的吸光值;

$A_2$ —油红 O 色素溶液离心后的吸光值。

### 1.4.5 离心乳析率

取冷藏 24 h 后的稀奶油样品 10 g 加入到刻度离心管中, 在 3000 r/min 的条件下离心 30 min, 读取析出乳清的体积, 根据下式计算出离心乳析率<sup>[6]</sup>。

$$\text{离心乳析率} / \% = \frac{\text{析出乳清体积}(\text{mL})}{\text{稀奶油总体积}(\text{mL})} \times 100\%$$

### 1.4.6 搅打时间的测定

在搅打缸中加入 200 g 搅打稀奶油乳浊液进行搅打, 记录从开始搅打到能够挤成挺立的锥形所需要的时间, 单位为 min。

### 1.4.7 搅打起泡率的测定

将 200 g 在 4 °C 条件下预冷过的黄油基搅打奶油乳浊液倒入冷却过的搅拌缸中, 使用搅打器在 150 r/min 条件下进行搅打, 将搅打奶油填充到 25 mL 铝盘中, 直到容器完全被样品摊铺, 避免气泡, 表面用刮刀修整光滑。搅打起泡率的计算公式如下<sup>[11]</sup>:

$$\text{搅打起泡率} / \% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\%$$

式中:

$m_1$ —同体积未经搅打的黄油基稀奶油质量, g;

$m_2$ —同体积经过搅打的黄油基稀奶油质量, g。

### 1.4.8 搅打稀奶油稳定性测定

称取 20 g 搅打好的奶油放在铜网上, 将铜网放置于 250 mL 的烧杯上, 然后将其在 25 °C 的培养箱中放置 2 h。使用公式计算<sup>[12]</sup>:

$$\text{泡沫稳定性} / \% = \left( 1 - \frac{\text{收集的奶油水析重量} / \text{g}}{\text{奶油初始的重量} / \text{g}} \right) \times 100\%$$

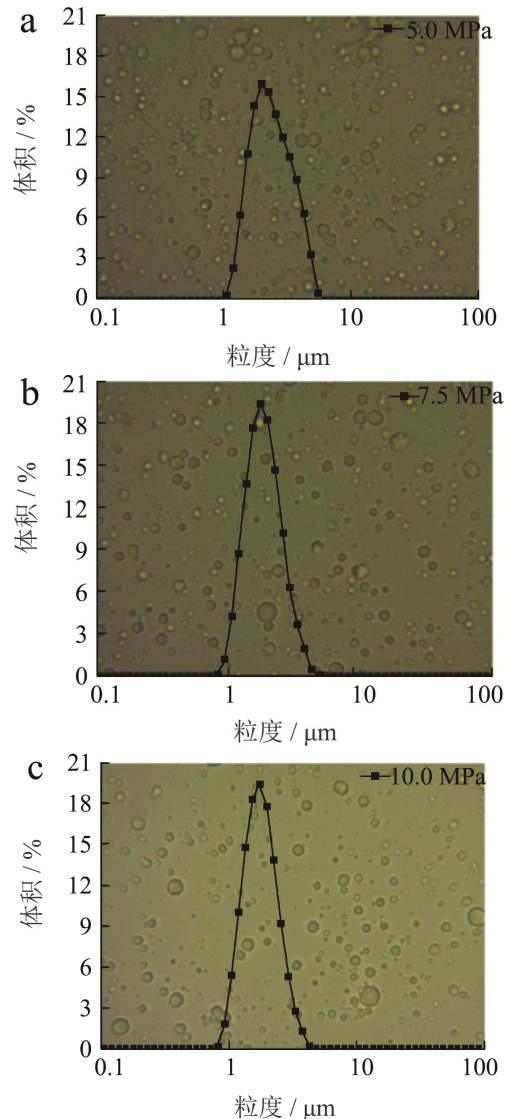
## 1.5 数据分析

实验结果重复三次, 最终结果用 mean±SD 表示。实验数据采用 Origin 8.0 统计软件进行处理。用 SPSS 比较方差分析多因素比较显著性分析,  $p < 0.05$ , 有统计学意义。

## 2 结果与讨论

### 2.1 一次均质压力对稀奶油粒径的影响

均质的目的是通过一定的压力使脂肪球粒径减小分布更加均匀, 在小颗粒脂肪球布朗运动的分散作用下, 克服脂肪球之间的聚集, 从而有效缓解或避免脂肪上浮问题, 而增加产品的稳定性。粒径是评价乳状液性能最重要的指标之一, 通过粒度分析仪对不同均质压力的黄油基搅打稀奶油粒径进行了分析<sup>[3]</sup>。



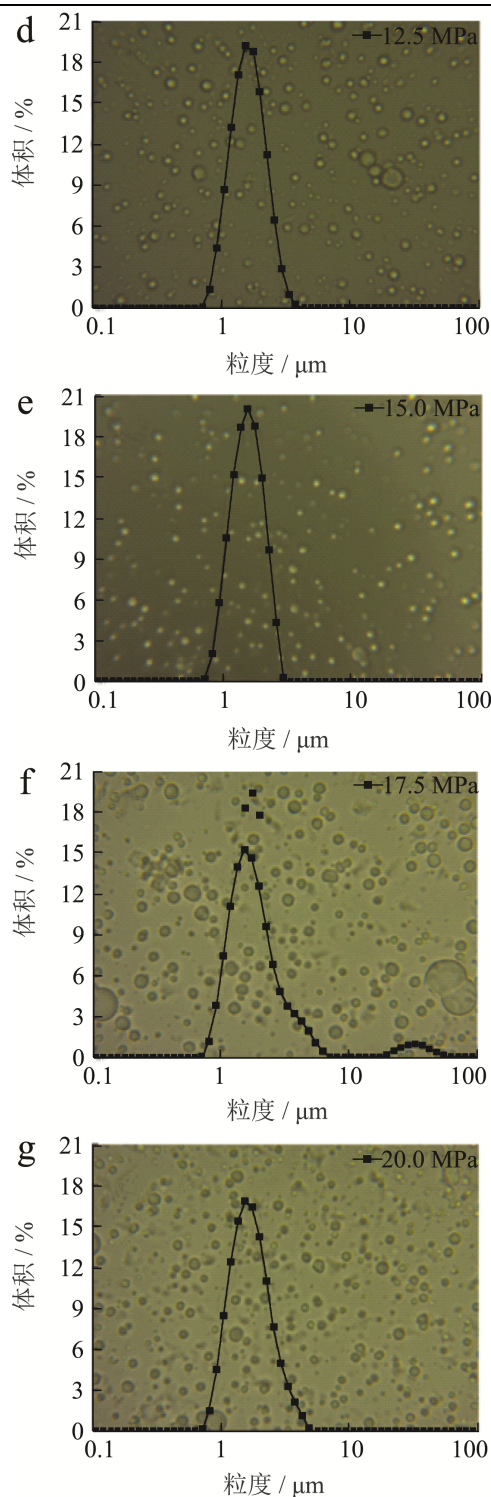


图1 均质压力对黄油基搅打稀奶油粒径的影响

Fig.1 Effect of homogenization pressure on particle size of whipped cream

注: 图 a 中一次均质压力 5.0 MPa 时,  $D_{4,3}$  为 2.53  $\mu\text{m}$ ; 图 b 中一次均质压力 7.5 MPa 时,  $D_{4,3}$  为 1.93  $\mu\text{m}$ ; 图 c 中一次均质压力 10.0 MPa 时,  $D_{4,3}$  为 1.85  $\mu\text{m}$ ; 图 d 中一次均质压力 12.5 MPa 时,  $D_{4,3}$  为 1.68  $\mu\text{m}$ ; 图 e 中一次均质压力 15 MPa 时,  $D_{4,3}$  为 1.57  $\mu\text{m}$ ; 图 f 中一次均质压力 17.5 MPa 时,  $D_{4,3}$  为 2.28  $\mu\text{m}$ ; 图 g 中一次均质压力 20 MPa 时,  $D_{4,3}$  为 1.60  $\mu\text{m}$ 。

均质压力对黄油基搅打稀奶油粒径的影响如图 1 所示, 黄油基搅打稀奶油的粒径分布曲线呈现单峰分布, 粒径  $D_{4,3}$  分布在 1.57~2.53  $\mu\text{m}$  范围内。孟宪霞研究一次均质压力对搅打稀奶油的影响提到随着均质压力的增加, 搅打稀奶油的脂肪球粒径逐渐减小, 0~9.0 MPa 的范围内, 9.0 MPa 时达到最小值 1.83  $\mu\text{m}$ <sup>[13]</sup>。本实验中采用二次均质工艺发现当一次均质压力在 5.0~15.0 MPa 范围内, 粒径随着均质压力的增大而减小, 搅打稀奶油在第一次均质压力为 15.0 MPa, 第二次均质压力固定 (3.0 MPa) 时粒径  $D_{4,3}$  达到最小为 1.57  $\mu\text{m}$ , 当第一次均质压力达到 17.5 MPa 时, 粒径突然增大, 且粒径分布呈现双峰分布。这可能是因为均质压力在 17.5 MPa 时均质压力过高, 使得脂肪球液滴之间相互接近, 结晶脂肪很容易刺破较脆弱的脂肪球液滴之间的界面膜, 脂肪球液滴之间很容易形成桥联, 发生部分聚结<sup>[14]</sup>, 造成脂肪球粒径增大。当均质压力超过 17.5 MPa 时粒径变小, 这主要是因为更高的均质压力将脂肪球颗粒破碎成更小的脂肪球颗粒, 导致粒径变小。

## 2.2 一次均质压力对稀奶油表观粘度的影响

乳液的流动特性对其物理稳定性至关重要, 剪切速率的变化而引起的黏度变化揭示了搅打充气过程中脂肪球的聚集以及在某些剪切条件下的易脆性<sup>[15]</sup>。为了更好地表征黄油基搅打稀奶油乳液的物理状态, 用旋转流变仪检测搅打稀奶油乳液在不同剪切速率下的黏度。

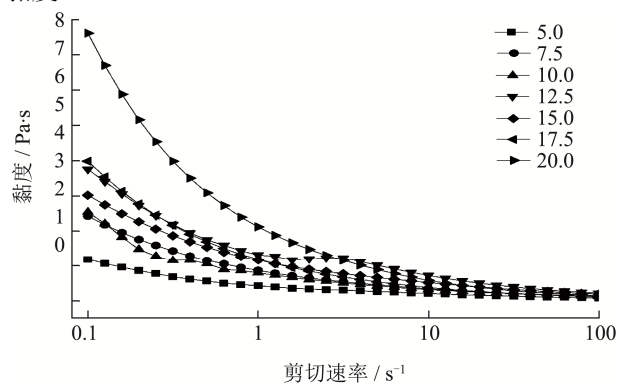


图2 均质压力对黄油基搅打稀奶油表观粘度的影响

Fig.2 Effect of homogenization pressure on apparent viscosity of whipped cream

均质压力对乳液表观黏度的影响如图 2 所示。由图可知在 4  $^{\circ}\text{C}$  时, 随着剪切速率的增加样品的表观黏度逐渐降低, 表现为剪切稀化。这与王良君随着剪切速率的增加, 所有样品的表观粘度均呈现下降的趋势和剪切变稀的特性的结论一致<sup>[16]</sup>。所有样品都显示出一种假塑性流动模式, 即非线性变化的剪切<sup>[17]</sup>。由图



可知剪切速率由  $0.01\text{ s}^{-1}$  增加到  $100\text{ s}^{-1}$  时,稀奶油的表观粘度随着均质压力的升高总体呈现逐渐升高的趋势。这可能是因为随着一次均质压力的升高(二次均质压力不变),脂肪球粒径减小脂肪球数量增多,脂肪球颗粒之间的距离减小,相互作用增强,使得乳浊液黏度升高<sup>[18]</sup>。

### 2.3 一次均质压力对稀奶油界面蛋白浓度的影响

均质压力对黄油基搅打稀奶油界面蛋白浓度的影响如图3所示,在一次均质压力  $5.0\sim 15.0\text{ MPa}$  范围内(二次均质压力不变),乳液界面蛋白质浓度随均质压力的升高而由  $11.42\text{ mg/m}^2$  逐渐降低至  $7.24\text{ mg/m}^2$ ;当均质压力继续增加时,界面蛋白浓度又开始增加。界面蛋白质浓度变化的主要原因是均质处理使得大脂肪球被破碎成更小粒径的脂肪球,同时,乳化剂和蛋白质迅速地吸附到新形成的脂肪球表面。粒径越小,相应地比表面积越大,界面蛋白质含量不断减小<sup>[9]</sup>。当均质压力为  $17.5\text{ MPa}$  时,随着均质压力的增大,粒径较之前相对增大,比表面积也开始减小,故界面蛋白质的浓度开始增大。当均质压力继续增大时,界面蛋白浓度减小,这是因为更高的均质压力减小,粒径比表面积相对增大,故界面蛋白浓度减小。

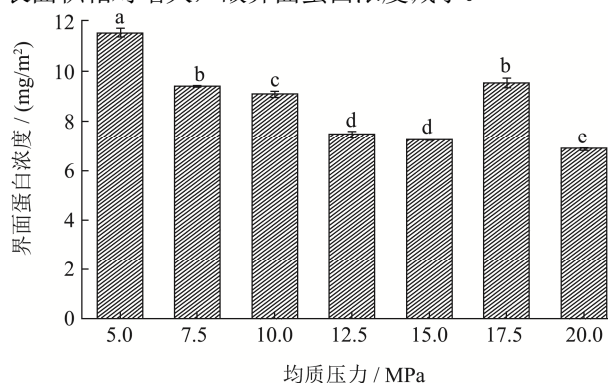


图3 均质压力对黄油基搅打稀奶油界面蛋白浓度的影响

Fig.3 Effect of homogenization pressure on interfacial protein concentration of whipped cream

注: 不同字母表示各组间存在显著差异 ( $p<0.05$ ), 下同。

### 2.4 一次均质压力对稀奶油脂肪部分聚结率的影响

均质压力对黄油基搅打稀奶油乳液脂肪部分聚结率的影响如图4所示,搅打稀奶油乳液未搅打时,在均质压力  $5.0\sim 20.0\text{ MPa}$  范围内,搅打稀奶油乳液的脂肪部分聚结率呈现先增加后降低的趋势。产生这种

现象的原因是:当均质压力在  $5.0\sim 17.5\text{ MPa}$  时,均质压力越低界面膜越厚,脂肪球抵抗剪切作用能力越强,发生部分聚结的难度越大。当一次均质压力逐渐增大(二次均质压力不变)时,形成的脂肪球粒径较小,界面膜的稳定性在老化后变得较低,在外力的剪切充气作用下,结晶脂肪更容易刺破较脆弱的脂肪球之间的界面膜,促进脂肪部分聚结的发生<sup>[19]</sup>。当均质压力继续增大时,脂肪部分聚结率又减小,这可能因为过高的均质压力致使粒径减小,乳浊液较为稳定,脂肪部分聚结率下降。

脂肪适度的部分聚结率和聚结速率对搅打稀奶油的搅打性能有着重要的影响。搅打稀奶油乳液随着搅打时间的增加,脂肪部分聚结率逐渐增加,这主要是因为是在搅打时,在外力的剪切充气作用下,脂肪球之间更容易相互接近,当脂肪球的结晶部分碰到其他脂肪球的液态油脂部分,脂肪球之间很容易形成桥联,致使脂肪部分聚结发生<sup>[19]</sup>。

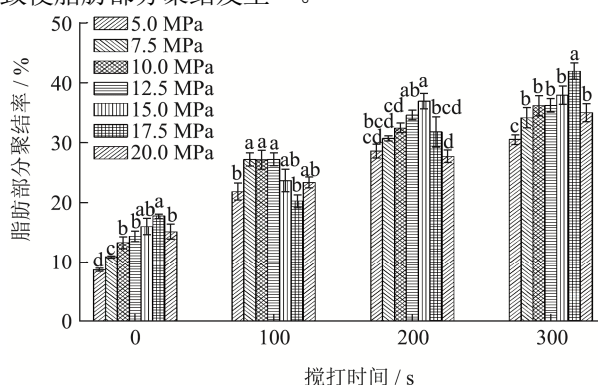


图4 均质压力对黄油基搅打稀奶油脂肪部分聚结率的影响

Fig.4 Effect of homogenization pressure on partial coalescence rate of butter based whipped cream

### 2.5 一次均质压力对稀奶油离心乳析率的影响

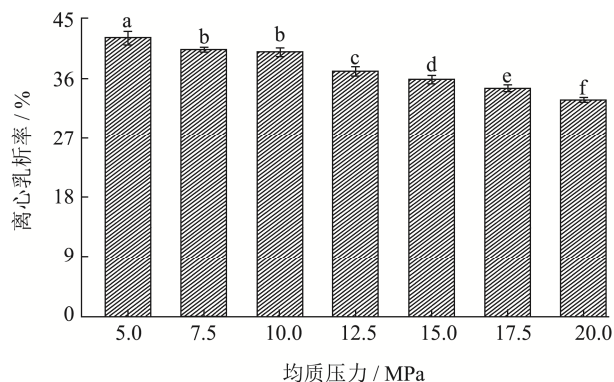


图5 均质压力对黄油基搅打稀奶油离心乳析率的影响

Fig.5 Effect of homogenization pressure on centrifugal milk separation rate of whipped cream

离心乳析率在一定程度上反映了乳液的稳定性,离心乳析率越低说明乳液越稳定。一次均质压力对稀

奶油离心乳析率的影响如图 5 所示。

由图 5 可以看出随着一次均质压力的增大, 离心乳析率由 41.11% 逐渐降低至 32.54%, 即乳液的稳定性越强。这种现象可能与稀奶油的粘度有关, 随着均质压力的增大, 乳液的表观粘度增大。黏度带来的阻力, 乳液中脂肪球的迁移率就会下降, 脂肪迁移率下降就减少了脂肪球之间相互碰撞的几率, 也就减少了由于脂肪球聚集而产生的分层失稳现象<sup>[20]</sup>。

### 2.6 一次均质压力对稀奶油搅打时间的影响

乳液的可搅打性通常通过测定搅打时间、搅打起泡率、乳清排出量和流变学参数来评估。搅打时间是评价搅打稀奶油性能的重要指标<sup>[21]</sup>, 一般认为搅打时间短、起泡率高、乳清析出率少的稀奶油是理想的稀奶油<sup>[22]</sup>。均质压力对黄油基搅打稀奶油搅打时间的影响如图 6 所示, 在一次均质压力为 5.0~15.0 MPa 范围内 (二次均质压力不变) 随着一次均质压力的增大, 搅打时间由 329 s 逐渐减少至 265 s。一次均质压力在 15.0 MPa 时 (二次均质压力不变), 黄油基搅打稀奶油的搅打时间最短为 265 s。当均质压力继续增大时, 搅打时间开始增加。

这可能是由于随着均质压力的增大, 脂肪球粒径逐渐减小, 脂肪球更容易刺破脂肪球液滴之间的界面膜, 脂肪球液滴之间更容易发生桥联, 因此在 5.0~15.0 MPa 范围内, 随着一次均质压力的升高, 搅打时间逐渐减小。

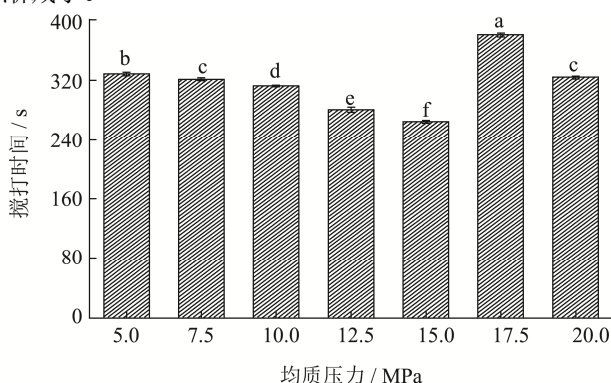


图 6 均质压力对黄油基搅打稀奶油搅打时间的影响

Fig.6 Effect of homogenization pressure on whipping time of butter based whipping cream

当一次均质压力在 17.5 MPa 时, 表观粘度变的较大, 从而导致空气在打发过程中进入稀奶油体系能力的降低, 高黏度加强了气泡分散的阻力, 导致打发时间的延长<sup>[23]</sup>。而当均质压力继续增大至 20.0 MPa 时, 脂肪球粒径相比 17.5 MPa 减小, 在搅打时更容易刺破脂肪球之间的界面膜, 导致打发时间相对降低。

### 2.7 一次均质压力对稀奶油搅打起泡率的影响

搅打稀奶油的搅打起泡率和液相中的蛋白浓度及脂肪部分聚结的速度和程度相关。一次均质压力对黄油基搅打稀奶油搅打起泡率的影响如图 7 所示, 由图 7 可以看出当一次均质压力在 5.0~10.0 MPa 范围内, 随着一次均质压力的增大, 搅打起泡率由 213.79% 逐渐增大至 230.20%。当均质压力继续增大时搅打起泡率随着均质压力的增大逐渐减小。

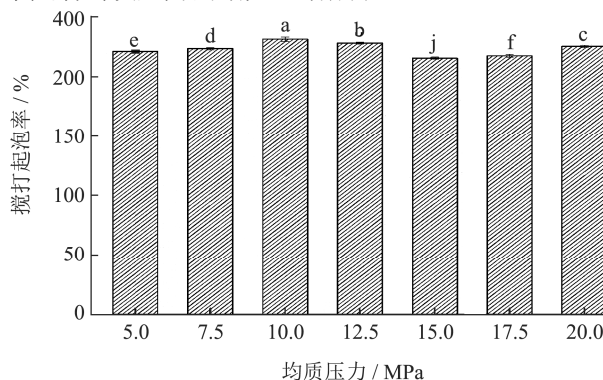


图 7 均质压力对黄油基搅打稀奶油搅打起泡率的影响

Fig.7 Effect of homogenization pressure on overrun of butter based whipping cream

这主要是因为当一次均质压力在 5.0~10.0 MPa 时 (二次均质压力不变), 随着均质压力的升高, 界面蛋白浓度逐渐降低, 界面蛋白膜逐渐减弱, 界面上蛋白吸附量下降使液相中蛋白质浓度上升, 故搅打起泡率随着均质压力的增大而增大。当均质压力继续在 10.0~15.0 范围内, 随着均质压力的增大搅打起泡率减小, 这可能是因为在此范围内稀奶油的搅打时间较短, 在搅打过程中充入的气体相对较少, 脂肪聚结速率适宜, 气泡稳定性较好, 故搅打起泡率相对较低。当均质压力在 17.5 MPa 时脂肪搅打起泡率增大, 可能是因为此时搅打时间较长, 随着搅打时间的增加充入了较多的气体, 脂肪部分聚结率较大, 故而搅打起泡率增加。当均质压力继续增大时, 界面蛋白浓度开始降低, 界面上蛋白吸附量下降使液相中蛋白质浓度上升, 故搅打起泡率随着均质压力的增大<sup>[24]</sup>。

### 2.8 一次均质压力对泡沫稳定性的影响

均质压力对黄油基搅打稀奶油泡沫稳定性的影响如图 8 所示, 由图 8 可以看出当第一次均质压力在 5.0~15.0 MPa 范围内, 随着均质压力的增大, 泡沫稳定性由 76.75% 逐渐增大至 87.26%, 当均质压力继续增大时, 泡沫稳定性开始下降。

泡沫的稳定性即抗塌性能, 很大程度上受连续水相的流变特性以及界面膜的粘弹性性质的影响。泡沫



破裂可归因于3个主要因素: 泡沫中水分的排出或流失、气泡的合并以及当空气从小气泡向大气泡迁移时气泡的歧化<sup>[25]</sup>。泡沫的稳定性和乳清的析出率呈现负相关, 出现这种现象的原因是在一次均质压力的升高为5.0~15.0 MPa范围内(二次均质压力不变), 随着均质压力的增大, 界面蛋白浓度逐渐降低, 界面蛋白膜稳定性逐渐减弱, 导致脂肪球互相碰撞时重新聚合的概率增加, 搅打稀奶油泡沫中水分排出逐渐减少, 气泡不容易聚合和扩散, 故泡沫稳定性不断提高。当均质压力继续增大至17.5 MPa时, 其部分聚结率高且游离脂肪以大聚集体形式存在, 易刺破气泡引起气泡间聚集和泡沫结构的崩塌, 故泡沫稳定性下降。当均质压力继续增大至20.0 MPa时泡沫稳定性增大, 这可能是因为更高的均质压力使乳浊液的表现粘度升高有利于阻碍充入气泡的逃逸, 同时提供一定抗过度搅打的稳定性。

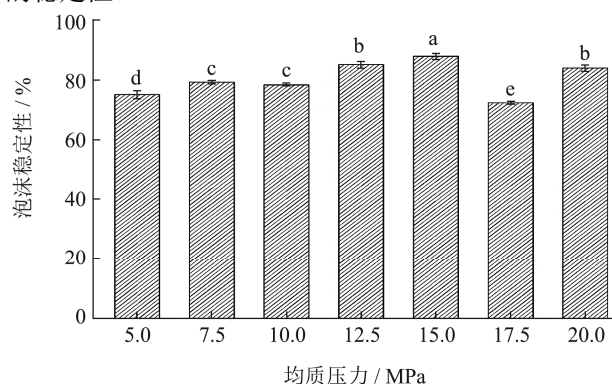


图8 均质压力对黄油基搅打稀奶油泡沫稳定性的影响

Fig.8 Effect of homogeneous pressure on foam stability of butter based whipped cream

### 3 结论

本文采用二次均质工艺, 控制二次均质压力不变, 研究一次均质压力对黄油基搅打稀奶油乳液稳定性和搅打性能的影响。研究发现一次均质压力对黄油基搅打稀奶油的乳液稳定性和搅打性能有显著的影响。当一次均质压力在10.0~15.0 MPa范围内进行均质处理, 可以使黄油基搅打稀奶油料液细化, 脂肪球粒径较小, 有效预防脂肪上浮, 提高搅打稀奶油乳液的稳定性。在此均质压力范围内, 黄油基搅打稀奶油的搅打时间较短, 搅打起泡率较高, 泡沫稳定性较好。综合考虑, 在实际生产应用中, 既要满足乳液稳定性好, 又要保证搅打性能较佳, 因此将黄油基搅打稀奶油的一次均质压力控制在10.0~15.0 MPa范围内最适宜。这为生产品质好、成本低的黄油基搅打稀奶油提供了理论指导。

### 参考文献

- [1] 周莹, 王维克, 卢阳, 等. 搅打稀奶油产品综述[J]. 中国乳业, 2010, 2: 38-40  
ZHOU Ying, WANG Wei-ke, LU Yang, et al. Overview of whipped cream products [J]. China Dairy, 2010, 2: 38-40
- [2] Innocente N, Biasutti M, Venir E, et al. Effect of high-pressure homogenization on droplet size distribution and rheological properties of ice cream mixes [J]. Journal of Dairy Science, 2009, 92(5): 1864-1875
- [3] 陆淳, 张列兵, 王世杰. 不同均质压力处理对 UHT 灭菌乳在储藏期内脂肪上浮的影响[J]. 中国乳品工业, 2009, 37(2): 33-35  
LU Chun, ZHANG Lie-bing, WANG Shi-jie. Effects of different homogenization pressure treatments on fat floating of UHT sterilized milk during storage [J]. China Dairy Industry, 2009, 37(2): 33-35
- [4] 杨永龙, 高增丽, 刘彦宏, 等. 稀奶油加工工艺对搅打特性的影响[J]. 中国奶牛, 2019, 349(5): 42-45  
YANG Yong-long, GAO Zeng-li, LIU Yan-hong, et al. Effect of cream processing on whipping characteristics [J]. China Dairy Cattle, 2019, 349(5): 42-45
- [5] Hoffmann W, Buchheim W. Significance of Milk Fat in Cream Products [M]. Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids, 2006: 365-375
- [6] 阚传浦, 李妍, 李海梅, 等. 乳化剂对以黄油为原料生产 UHT 搅打稀奶油稳定性的影响[J]. 中国乳品工业, 2013, 41(3): 8-11  
KAN Chuan-pu, LI Yan, LI Hai-mei, et al. Effect of emulsifiers on the stability of UHT whipped cream produced from butter [J]. China Dairy Industry, 2013, 41(3): 8-11
- [7] Dhungana P, Truong T, Bansal N, et al. Apparent thermal and UHT stability of native, homogenized and recombined creams with different average fat globule sizes [J]. Food Research International, 2019, 123: 153-165
- [8] 金燕. 乳化剂对棕榈仁油基搅打奶油品质改善及机理探究[D]. 无锡: 江南大学, 2018  
JIN Yan. Study on the effect of emulsifiers on the quality of palm kernel oil-based whipping cream and its mechanism [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2018
- [9] 李扬, 李妍, 王筠钠, 等. 酪蛋白和工艺对再制稀奶油稳定性的影响[J]. 食品科学, 2020, 15: 1-7  
LI Yang, LI Yan, WANG Jun-na, et al. Effect of casein and processing technology on stability of processed cream [J]. Food Science, 2020, 15: 1-7
- [10] 周绪霞, 戚雅楠, 丁玉庭. 黄油-代可可脂基奶油生产工艺优化及其晶型形成分析[J]. 食品科学, 2018, 39(12): 276-282

- ZHOU Xu-xia, QI Ya-nan, DING Yu-ting. Production process optimization and crystal form analysis of butter cocoa butter based cream [J]. Food Science, 2018, 39(12): 276-282
- [11] Zhenyu Cao, Zelong Liu, Huijuan Zhang, et al. Protein particles ameliorate the mechanical properties of highly polyunsaturated oil-based whipped cream: a possible mode of action [J]. Food Hydrocolloids, 2020, 99: 105350
- [12] Padiernos C A, Lim S Y, Swanson B G, et al. High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for use in low-fat whipping cream improves foaming properties [J]. Journal of Dairy Science, 2009, 92(7): 3049-3056
- [13] 孟宪霞,李少英,孔凡丕,等.均质压力对 UHT 搅打稀奶油品质的影响[J].中国乳品工业,2012,40(4):32-35
- MENG Xian-xia, LI Shao-ying, KONG Fan-pi, et al. Effect of homogenization pressure on the quality of UHT whipped cream [J]. China Dairy Industry, 2012, 40(4): 32-35
- [14] 赵谋明,范瑞,林伟锋.脂肪球在搅打乳状液中的部分聚结及其作用[J].食品与发酵工业,2004,2:77-81
- ZHAO Mou-ming, FAN Rui, LIN Wei-feng. Partial coalescence of fat globules in whipped emulsion and its role [J]. Food and Fermentation Industry, 2004, 2: 77-81
- [15] Jiang J, Jin Y, Liang X, et al. Synergetic interfacial adsorption of protein and low-molecular-weight emulsifiers in aerated emulsions [J]. Food Hydrocolloids, 2018, 81: 15-22
- [16] 王良君,赵强忠.3 种市售搅打奶油的流变特性比较研究[J].现代食品科技,2016,32(12):234-240
- WANG Liang-jun, ZHAO Qiang-zhong. Comparative study on rheological properties of three kinds of whipped cream on the market [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(12): 234-240
- [17] Jiang J, Jing W, Xiong Y L, et al. Interfacial competitive adsorption of different amphipathicity emulsifiers and milk protein affect fat crystallization, physical properties, and morphology of frozen aerated emulsion [J]. Food Hydrocolloids, 2019, 87: 670-678
- [18] 邓欣伦,方敏,赵强忠.蛋白质用量对粉末植脂奶油品质的影响[J].食品工业科技,2015,36(4):92-96
- DENG Xin-lun, FANG Min, ZHAO Qiang-zhong. Effect of protein dosage on the quality of powdered vegetable cream [J]. Food Industry Technology, 2015, 36(4): 92-96
- [19] 赵强忠.搅打稀奶油的搅打性能和品质的变化规律及其机理研究[D].广州:华南理工大学,2006
- ZHAO Qiang-zhong. Study on the change rule and mechanism of whipping performance and quality of whipped cream [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2006
- [20] 刘建华,杜启伟,丁玉庭.两性离子型乳化剂对高能量乳液稳定性的影响[J].食品与发酵业,2019,45(7):88-94
- LIU Jian-hua, DU Qi-wei, DING Yu-ting. Effects of zwitterionic emulsifiers on the stability of high energy emulsions [J]. Food and Fermentation Industry, 2019, 45(7): 88-94
- [21] Viet Nguyen, Cua T M Duong, Vi Vu. Effect of thermal treatment on physical properties and stability of whipping and whipped cream [J]. Journal of Food Engineering, 2015, 163: 32-36
- [22] Pramesh Dhungana, Tuyen Truong, Nidhi Bansal, et al. Effect of fat globule size and addition of surfactants on whippability of native and homogenised dairy creams [J]. International Dairy Journal, 2020, 105: 104671
- [23] 邢慧敏,刘红霞,桂仕林,等.胶体对稀奶油打发及其流变学特性的影响[J].中国乳品工业,2009,37(8):18-22
- XING Hui-min, LIU Hong-xia, GUI Shi-lin, et al. Effect of colloid on whipping and rheological properties of cream [J]. China Dairy Industry, 2009, 37(8): 18-22
- [24] 邝婉涓.流变学分析在搅打奶油品质评价中的应用[D].广州:华南理工大学,2014
- KUANG Wan-mei. Application of rheological analysis in quality evaluation of whipped cream [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2014
- [25] Padiernos C A, Lim S Y, Swanson B G, et al. High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for use in low-fat whipping cream improves foaming properties [J]. Journal of Dairy Ence, 2009, 92(7): 3049-3056