

搅拌时间和乳化剂对海绵蛋糕表面气泡的影响

Effects of different whipping times and emulsifiers on surface bubbles formation of sponge cake

王家宝¹ 陈 诚¹ 王 凤^{1,2} 郝月慧²

WANG Jia-bao¹ CHEN Cheng¹ WANG Feng^{1,2} HAO Yue-hui²

金卫泽² 陈军民² 黄卫宁¹ 小川晃弘³

JIN Wei-ze² CHEN Jun-min² HUANG Wei-ning¹ AKIHIRO Ogawa³

(1. 江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 无锡麦吉贝可生物食品有限公司,
江苏 无锡 214131; 3. 三菱化学食品株式会社, 日本 东京 100-8251)

(1. State Key of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. MagiBake International Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu 214131, China;

3. Mitsubishi-Chemical Foods Corporation, Tokyo 100-8251, Japan)

摘要:比较研究蔗糖酯型乳化剂和单甘酯型乳化剂对海绵蛋糕起泡和消泡阶段面糊特性的影响,并重点比较了在相同面糊比重情况下,不同搅拌时间组合对海绵蛋糕表面气泡的控制及对面糊比重、黏度、微观气相结构、蛋糕烘焙特性的影响,并探讨了乳化剂与搅拌时间控制表面气泡的机理。结果表明:使用蔗糖酯型乳化剂可以控制海绵蛋糕表面气泡生成,并保持较佳的烘焙特性。在工艺方面,采用合适的搅拌组合(起泡时间 3.50 min,消泡时间 6.33 min)可以减少面糊异常气泡数量,从而减少海绵蛋糕表面气泡生成。

关键词:乳化剂;MFC;表面气泡;面糊气泡;海绵蛋糕

Abstract: This study was conducted to evaluate the effects of sucrose ester and monoglyceride emulsifier on the characteristics of sponge cake batter during foaming and defoaming time. Along with that, impact of various foaming and defoaming time combinations on the batter's specific volume, viscosity, micro structure attributes and baking quality were analyzed. The results unraveled that sucrose ester emulsifier alleviated the surface blisters in sponge cake and it also showed good impact on baking characteristics. This study also revealed that the sponge cake surface bubbles were also alleviated by choosing an appropriate whipping time combination (foaming time

3.50 min, defoaming time 6.33 min).

Keywords: emulsifier; MFC; blister; bubble; sponge cake

传统的海绵蛋糕产品因为风味独特^[1]、色泽诱人,深受消费者喜爱。主要原料为鸡蛋、低筋小麦粉、糖、油脂、泡打粉等^[2-3],配方比例需要保持一定的平衡^[4]。海绵蛋糕面糊体系是个复杂的水油气三相胶体乳化体系^[5]。在海绵蛋糕的生产中,使用乳化剂帮助海绵蛋糕面糊充气与保持气泡稳定性直到蛋糕烘焙定型结束^[6]。工业上常用的单甘酯型乳化剂(SP),可以缩短面糊起泡时间,减少鸡蛋用量,增加面糊的起泡性和稳定性^[7]。近年来,深受工业界欢迎的以蔗糖酯为主要成分的 MFC 是一种新型的高效复配乳化剂^[8],但是 MFC 在海绵蛋糕体系中的应用尚未见报道。在层状海绵蛋糕生产中,如何减少表面气泡生成,获得表面平整的海绵蛋糕成为生产中亟待解决的关键质量问题之一。

海绵蛋糕的起泡时间显著影响气泡生成^[9],合适的起泡时间有助于提高面糊品质,同时稳定的面糊气泡结构可以改善蛋糕的烘焙特性,但是搅拌时间对海绵蛋糕表面气泡影响的研究尚未见报道。本试验拟系统比较不同乳化剂和搅拌时间组合对海绵蛋糕面糊特性和烘焙特性的影响,研讨包括蛋糕面糊比重、黏度、微观气相研究以及海绵蛋糕质构、比容、感官评定、表面气泡等烘焙特性,为现代烘焙食品加工工业化应用提供新的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜鸡蛋、白砂糖:购自无锡本地市场;

基金项目:“十三五”国家重大专项(编号:2016YFD0400500);国家自然科学基金(编号:31071595,31571877);比利时国际合作项目(编号:BE110021000)

作者简介:王家宝,男,江南大学在读硕士研究生。

通信作者:黄卫宁(1963—),男,江南大学教授,博士。

E-mail: wnhuang@jiangnan.edu.cn

收稿日期:2018-05-29

低筋小麦粉:粗蛋白含量为 8.2%,江苏南顺面粉有限公司;

葵花籽油:金龙鱼阳光葵花籽油,上海嘉里食品工业有限公司;

双效泡打粉:配料为焦磷酸二氢二钠(<40%)、碳酸氢钠(<25%)、碳酸钙(<5%)、淀粉,广州焙乐道食品有限公司;

新型蛋糕蔗糖酯型起泡乳化剂:RTOYO 菱友 MFC(简称 MFC),三菱化学食品株式会社;

单甘酯型乳化剂-早苗 SP 复配糕点乳化剂(简称 SP):上海早苗食品有限公司。

1.2 主要仪器与设备

搅拌机:5K5SS 型,美国厨宝公司;

烤箱:SM-503+1S 型,新麦机械(无锡)有限公司;

质构分析仪:Brookfield CT3 型,美国博勒飞公司;

电子天平:JY2000 型,上海良平仪器有限公司;

荧光倒置显微镜:Zeiss Axio Vert.A1 型,德国卡尔·蔡司公司;

黏度计:NDJ-5S 型,上海微川精密仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 海绵蛋糕配方 海绵蛋糕配方见表 1。乳化剂添加量均根据推荐量使用。

表 1 海绵蛋糕配方
Table 1 Sponge cake formulation

组别	全蛋液	白砂糖	低筋小麦粉	水	葵花籽油	泡打粉	单甘酯型乳化剂-SP	蔗糖酯型乳化剂-MFC
SP 组	200	190	200	60	70	2	10	—
MFC 组	200	190	200	60	70	2	—	20

1.3.2 海绵蛋糕面糊制作工艺 将新鲜全蛋液倒入搅拌缸中,慢速(速度 1,60 r/min)搅拌 0.5 min,加入白砂糖,低速(速度 2,96 r/min)搅拌 1 min,加入水和乳化剂混合物低速搅拌(速度 1)2 min,加入葵花籽油低速(速度 2,96 r/min)搅拌 2 min,加入过筛的低筋粉和双效泡打粉,高速(速度 6,192 r/min)搅拌打发起泡,起泡完成后,将面糊进行慢速(速度 1,60 r/min)消泡至一定面糊比重。为了更好比较起泡和消泡时间对乳化体系的影响,调整不同搅拌时间组合(不同起泡时间与消泡时间组合)见表 2,保证入炉前面糊比重相同。

表 2 海绵蛋糕起泡和消泡时间组合
Table 2 Sponge cake foaming and defoaming time combinations

乳化剂类型	搅拌组合	起泡时间/min	消泡时间/min
MFC	M1	2.00	0.23
	M2	2.50	1.29
	M3	3.00	6.33
	M4	3.50	6.00
	M5	4.00	4.67
	M6	4.50	1.18
	M7	5.00	1.02
	M8	5.50	0.83
SP	S1	2.00	0.00
	S2	2.50	1.33
	S3	3.00	6.00
	S4	3.50	10.00
	S5	4.00	10.00
	S6	4.50	10.00
	S7	5.00	9.33
	S8	5.50	7.00

1.3.3 海绵蛋糕的烘烤 取 450 g 海绵蛋糕面糊,缓慢倒入 28 cm×28 cm 的烤盘之内,将其摊匀,轻轻震动面糊,震出表面大气泡,然后放入预热至 180 ℃的烤箱中,焙烤 23 min。将烘焙完成的海绵蛋糕迅速取出,冷却 2 h,拍摄海绵蛋糕表面图片。

1.3.4 海绵蛋糕面糊比重分析 采用相对比重法对面糊比重进行测定^[10],试验均重复 3 次。简易测定法:取一个平底容器并称重,记录注满清水和容器的总质量,用相同的容器盛装面糊并称重,水的密度约为 1 g/cm³,按式(1)计算面糊比重。

$$\rho=1\times\frac{m_2-m_0}{m_1-m_0}, \tag{1}$$

式中:

ρ ——海绵蛋糕面糊比重,g/mL;

m_0 ——比重杯质量,g;

m_1 ——比重杯中装满蒸馏水质量,g;

m_2 ——比重杯中装满面糊质量,g。

1.3.5 海绵蛋糕面糊黏度分析 使用黏度计测量海绵蛋糕面糊制作过程中的面糊黏度,试验均重复 3 次^[11]。黏度计测试参数修改为:转速 6 r/min,最大量程 1.0×10⁵ MPa·s,4# 转子头。

1.3.6 海绵蛋糕面糊表面气泡特征分析 用荧光倒置显微镜对海绵蛋糕的面糊微观特性进行研究,取小部分面糊放置在自制容器中,容器见图 1。使用此装置的原因在于压片会导致面糊气泡破裂或变形。将多余的面糊刮去后放置在荧光倒置显微镜观察,放大倍数 10×,得到面糊微观结构图。将图片裁剪成型得到 270 μm×270 μm 的局部图片。试验测定不同起泡阶段与消泡阶段的面糊显微图片。使用 Image Pro Plus 进行气泡计数^[12]、气泡直径分布^[13]与气泡面积分数的计算。其中由于气泡与背景之间存在噪点,对比度不足以使软件自动识别,因此图像是半自动进行,用软件测量每

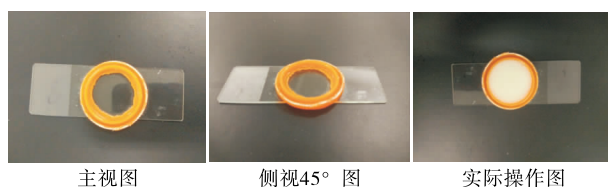


图 1 显微镜观察装置图

Figure 1 Microscope observation device

个气泡的直径。

1.3.7 海绵蛋糕比容 采用油菜籽替换法。在室温下冷却 2 h 后,测定蛋糕质量与体积,按照式(2)计算海绵蛋糕比容,试验均重复 3 次^[14]。

$$SV = \frac{V}{m}, \quad (2)$$

式中:

SV——海绵蛋糕比容, mL/g;

V——海绵蛋糕体积, mL;

m——海绵蛋糕质量, g。

1.3.8 海绵蛋糕质构分析 将室温冷却 2 h 后的海绵蛋糕切成 20 mm 厚的均匀蛋糕薄片,进行质构分析。采用质构仪的 P/35 探头,对海绵蛋糕进行连续 2 次压缩测试。试验参数设定为:测试前速率 1.0 mm/s,测试速率 1.0 mm/s,测试后速率 1.0 mm/s,压缩程度 40%,2 次压缩间隔时间 15 s。测定的指标包括硬度、回复性^[15]。

1.3.9 海绵蛋糕感官评定 由江南大学食品科学与工程专业 10 位经验丰富的感官评定人员(之前经过训练的用于感官评定的人员)对蛋糕品质进行产品感官评定。感官评定评分标准如下。湿润程度:1 为干燥,5 为湿润;表面评价:1 为气泡较多,5 为没有气泡。蛋糕在室温 $[(25 \pm 1) ^\circ\text{C}]$ 下储存之后,将蛋糕分成多块,每人 1 片,每个蛋糕片都被标有随机的 3 位数字代码^[14]。

1.3.10 统计分析 采用 SPSS 16.0 数据分析软件进行显著性分析和相关性分析,显著性差异水平选取 $P < 0.05$ 。采用 Excel 2016 进行数据处理分析。

2 结果与讨论

2.1 起泡时间对面糊乳化体系流变学品质的影响

“一步法”制作海绵蛋糕面糊过程中,起泡时间长短对海绵蛋糕面糊比重有显著性影响。面糊搅拌过程不断充入空气,面糊比重降低^[16]。

“一步法”的蛋糕生产过程中,经过起泡处理后,还需要进行消泡处理。其原因是经过起泡之后,乳化体系中的不稳定气泡会导致不均一的海绵蛋糕芯结构与薄层海绵蛋糕表面气泡的出现,表面气泡的出现会导致薄层海绵蛋糕外观接受度降低、海绵蛋糕表面和包装袋表面粘连等不良影响。

在面糊起泡至最低比重后,面糊进行低速搅拌消泡。图 2 展示了面糊比重随消泡时间增加的变化。随着消泡时间延长,面糊比重先增加后保持平稳。含有 MFC 的面糊平稳期比重为 0.536 g/mL,相比于含有 SP 的面糊(0.553 g/mL)较低。消泡 10 min 之后达到稳定,含有 MFC 的面糊比重增加

8.56%,添加 SP 的海绵蛋糕面糊比重则增加 17.19%,说明含有 SP 的乳化体系空气溢出较多,因此含有 MFC 的蛋糕面糊持气能力强于添加 SP 的。

图 3 表明,消泡过程中海绵蛋糕面糊黏度持续下降后达到平稳期。含有 SP 的面糊黏度始终高于含有 MFC 的。经过 10 min 消泡后,含有 SP 的面糊黏度下降了 31.08%,而添加 MFC 的面糊黏度下降 24.17%,说明 MFC 可以相对较好保持原有黏度,侧面说明 SP 所提供的高黏度乳化体系的稳定性较弱,而含有 MFC 的面糊乳化稳定性较好。

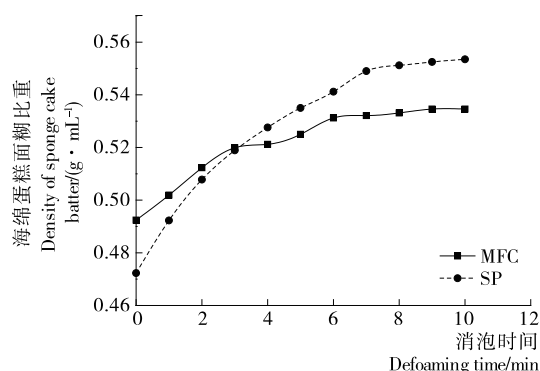


图 2 面糊消泡时间和乳化剂对面糊比重的影响

Figure 2 Effect of defoaming time and different emulsifiers on density of sponge cake batter

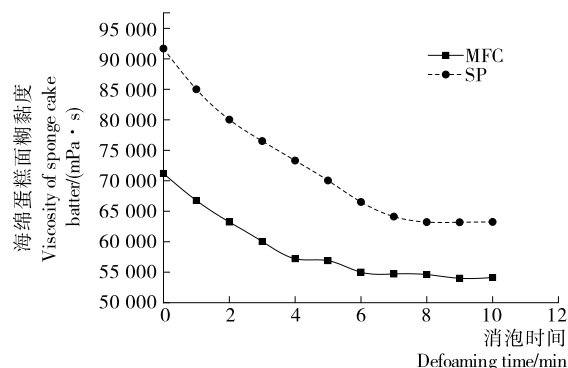


图 3 面糊消泡时间和乳化剂对面糊黏度的影响

Figure 3 Effect of defoaming time and different emulsifiers on viscosity of sponge cake batter

2.2 起泡时间对面糊乳化体系微观结构的影响

尽管海绵蛋糕的流变学特性,如面糊比重反映海绵蛋糕面糊中空气含量^[12],但未具体展现面糊内部气泡情况,如气泡数量、气泡直径分布与没有乳化完全的异常气泡数量和比例等。气泡是蛋糕面糊的重要组成部分,面糊中不同类型气泡的数量分布、平均大小以及大小的一致性可以评价面糊品质^[17]。

图 4~6 展示了在起泡过程中 2 种乳化剂对面糊乳化体系微观结构的影响,包括气泡数量、不同直径范围内气泡数目和面积分率值(AF 值)。图 4 表明,随着海绵蛋糕面糊起泡时间延长,气泡数目不断增加,在达到最高值后出现小幅度回落。在起泡过程中,引入 MFC 的海绵蛋糕面糊总气泡数目最大值达到 3 978 个/mm²,含有 SP 的面糊总气泡数目

仅为 3 245 个/mm²。含有 SP 的面糊充气量更高,但是气泡数目较小,平均气泡直径较大。

为了区分各种类型的气泡,本研究根据不同直径大小将各种气泡分成以下几类:异常气泡($d > 40.00 \mu\text{m}$)、大型气泡($10.00 \mu\text{m} < d < 40.00 \mu\text{m}$)、中型气泡($3.98 \mu\text{m} < d < 10.00 \mu\text{m}$)、小型气泡($d < 3.98 \mu\text{m}$)。面糊中气泡直径较大,

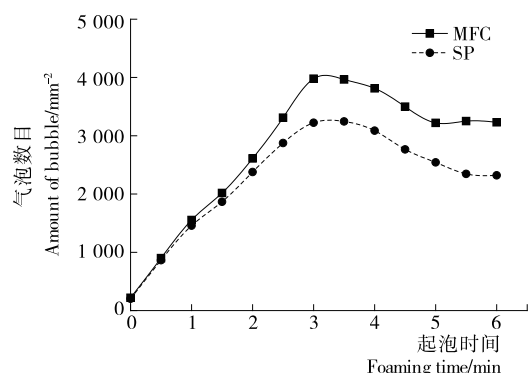


图4 面糊起泡时间和乳化剂对面糊气泡总数目的影响

Figure 4 Effect of foaming time and different emulsifiers on bubble amount of sponge cake batter

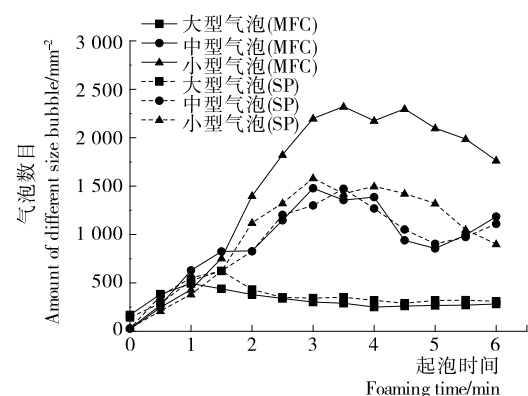


图5 面糊起泡时间和乳化剂对面糊不同大小气泡数量的影响

Figure 5 Effect of foaming time and different emulsifiers on amount of different size bubbles

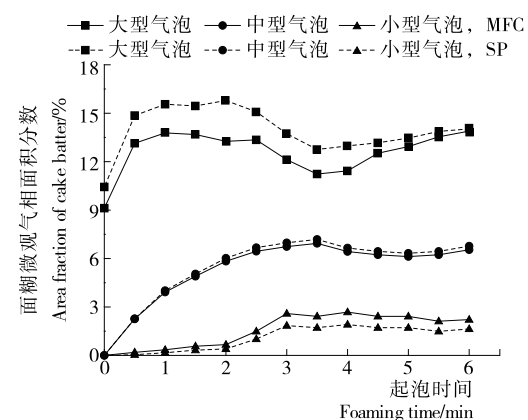


图6 面糊起泡时间和乳化剂对面糊中不同大小气泡面积分数的影响

Figure 6 Effect of foaming time and different emulsifiers on area fraction (AF) of different size bubbles

导致面糊不稳定的气泡被称之为异常气泡,异常气泡的数量能反映乳化体系的稳定性。图5表明,面糊起泡完成时,含有 MFC 的面糊小型气泡远远多于含有 SP 的。在含有 MFC 的面糊中,小型气泡是面糊气泡的重要组成部分,大型气泡数量较少。

从起泡过程来看,在 0.0~1.0 min 时,顶空空气压力进入到面糊体系中^[6],气泡数量迅速增加,在 1.0~2.0 min 时,面糊气泡表面张力有限,气泡稳定性较差,大型气泡数量减少。4.0 min 之后,微观结构发生变化,乳化体系中的小型气泡破裂,聚合形成中型气泡,中型气泡出现增加的趋势^[18]。在破乳化阶段,中型气泡与大型气泡数目增加的原因是小气泡的聚合,而不是顶空空气压力。

从起泡时间对海绵蛋糕的气相分数的影响(图6)可知,大型气泡的气相面积分数占据绝对优势。这同样解释了含有 SP 的面糊比重低,但是气泡数目少的原因。

结合图4、5分析,在起泡过程中,添加 SP 和 MFC 的面糊出现流变学特性区别在于面糊中气相微观结构不同,含有 MFC 的面糊气泡结构细腻,数量较多,但是最大充气能力低于含有 SP 的面糊。在乳化稳定的情况下,含有 SP 的面糊形成大型气泡能力较强,中小型气泡数量不及含有 MFC 的面糊。

2.3 消泡时间对面糊乳化体系微观结构的影响

在消泡阶段,面糊比重不断增加,但是达到一定消泡时间后,面糊比重基本保持不变。图7展示了海绵蛋糕在经过 3.0 min 起泡之后,进行长达 35 min 消泡试验的气泡数量变化。结果表明,随消泡时间延长,气泡数量不断减少,10.0 min 之后,气泡数量基本保持不变。此现象说明随着消泡时间延长,面糊生成气泡速率与气泡破裂速度基本相同。

从微观结构的气泡直径分布角度分析,图8展示了消泡 6.0 min 之后的海绵蛋糕面糊中的气泡直径分布情况。试验比较起泡 3.0 min 后没有消泡与消泡 6.0 min 之后的气泡直径分布变化。结果表明,经过 6.0 min 消泡之后,面糊气泡平均直径增加,从 5.01 μm 上升至 7.94 μm 。经过消泡之后,面糊气泡出现合并与破裂的现象。其原因在于小型气泡聚合形成新气泡,使得气泡直径更加均匀。经过较长时间消泡之

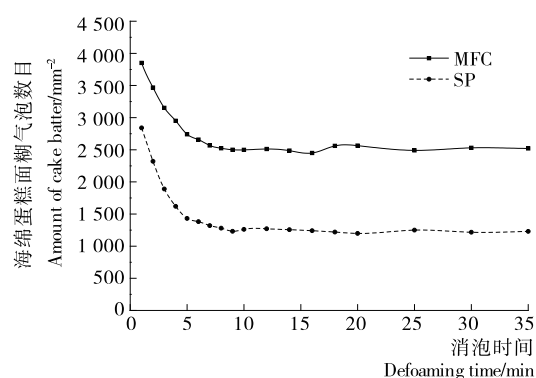


图7 面糊消泡时间和乳化剂对面糊气泡总数目的影响

Figure 7 Effect of defoaming time and different emulsifiers on bubble amount of sponge cake batter

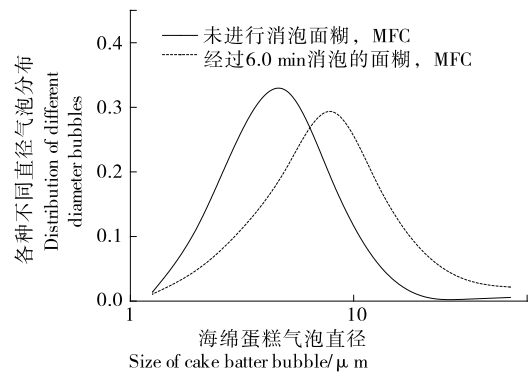


图 8 面糊起泡时间和乳化剂对面糊气泡直径分布的影响
Figure 8 Effect of foaming time and different emulsifiers on distribution of bubble size

后,面糊气泡平均直径增加,均匀度增加。

面糊气泡出现此现象可以解释为:随着消泡时间延长,整体气泡不断增大。小气泡比较稳定,因为其表面张力较低,而大型气泡会随着消泡时间延长而破裂,这被称之为 Ostwald 气泡歧化现象^[19]。从热力学角度分析其原因是低速搅拌导致气泡尺寸与气泡表面自由能增加,使得乳化体系系统熵增;熵增使得海绵蛋糕乳化体系变得不稳定,导致没有乳化完全的异常气泡破裂从体系中逸出。在没有乳化剂情况下,由于拉普拉斯压降的存在,气泡发生歧化^[18],但是在有乳化剂存在的情况下,气泡歧化几乎停滞^[20],因此需要外来能量的输入才能发生气泡歧化。

2.4 搅拌组合对海绵蛋糕面糊特性和蛋糕表面气泡的影响

2.4.1 海绵蛋糕表面气泡分析 图 9 表明,在相同比重(0.536 g/mL)的情况下,M3 与 S4 组表面效果较好。随着搅拌时间组合的变化,长消泡时间可以明显控制表面气泡数量与大小,而短消泡时间导致蛋糕表面气泡较多,同时气泡较大。

2.4.2 面糊显微分析 经过不同搅拌组合搅拌后,海绵蛋糕面糊比重相同,但是海绵蛋糕面糊的显微结构有明显区别。表 3 展示了不同搅拌时间组合对海绵蛋糕面糊气泡数目与异常气泡数目的影响。各试验搅拌组合的面糊密度相同,而 M3 组气泡数目比 S3 多 94.2%,说明含有 SP 的海绵蛋糕面糊气泡平均直径较大。M3、S4 搅拌时间组合中的异常气泡

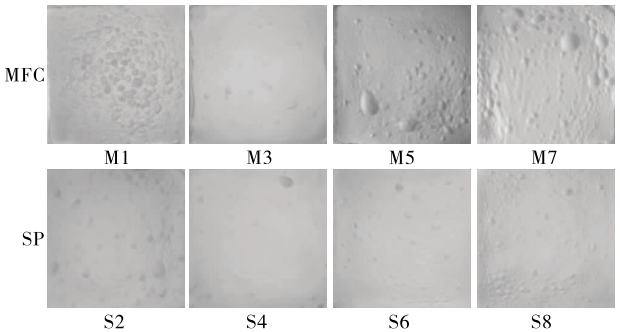


图 9 部分搅拌组合海绵蛋糕表面情况
Figure 9 Effect of different whipping processing on sponge cake surface blisters

表 3 不同搅拌组合对海绵蛋糕面糊气泡与异常气泡数目的影响[†]

Table 3 Effect of different whipping processing on amount of bubbles and abnormal bubbles mm⁻²

搅拌组合	气泡数	异常气泡数
M1	3 018±120 ^b	18.65±0.52 ^e
M2	3 155±181 ^b	13.65±0.42 ^d
M3	2 689±200 ^a	7.56±0.95 ^a
M4	2 593±164 ^a	8.64±0.72 ^{ab}
M5	3 086±119 ^b	9.35±0.30 ^{bc}
M6	3 635±152 ^c	10.63±0.85 ^c
M7	3 772±120 ^{cd}	12.60±0.73 ^d
M8	3 923±143 ^d	18.59±1.25 ^e
S1	3 059±120 ^c	28.52±1.31 ^e
S2	2 620±110 ^b	15.62±0.93 ^{cd}
S3	1 385±108 ^a	13.21±0.95 ^{abc}
S4	1 262±130 ^a	12.36±0.84 ^{ab}
S5	1 221±20 ^a	11.54±0.52 ^a
S6	1 166±120 ^a	13.59±0.75 ^{abc}
S7	1 235±65 ^a	14.21±0.96 ^{bc}
S8	1 303±70 ^a	17.60±0.83 ^d

[†] 同列不同字母表示存在显著性差异(P<0.05)。

数目较少,同时海绵蛋糕表皮气泡现象得到改善。因为烘焙过程中,异常气泡由于未乳化完全,气泡体积较大导致面糊中气泡浮力较大,异常气泡从乳化体系中上升到海绵蛋糕表面,同时面糊黏度较大,在异常气泡尚未完全溢出体系时,面糊温度上升,淀粉糊化与蛋白质变性,蛋糕结构定型^[21],表面形成不规则气泡。因此减少异常气泡数量可以显著改善海绵蛋糕表面气泡众多的现象。

2.5 搅拌组合对海绵蛋糕烘焙特性的影响

2.5.1 比容与质构分析 产品比容是烘焙产品重要的烘焙特性之一。表 4 中展示了不同搅拌时间组合对海绵蛋糕比容的影响。结果表明,含有 MFC 的海绵蛋糕比容整体要比含有 SP 的大,M3、M4 的蛋糕比容较大(P<0.05),分别为 3.10,3.02 mL/g,其他组别比容没有显著性差异,说明在起发到面糊比重最小值后,再消泡至相同比重的组别气泡比较稳定,烘焙热稳定性较强。在 SP 组中,S3 组海绵蛋糕比容最大,为 2.87 mL/g,结果与含有 MFC 的海绵蛋糕类似,但是含有 SP 的海绵蛋糕比容较小,可能是面糊中的大型气泡较多,而在烘焙过程中,随着面糊温度上升,面糊乳化体系中的部分大型气泡相对不稳定,发生破裂,从而降低了海绵蛋糕比容。

海绵蛋糕硬度和回复性同样是重要的烘焙特性之一,合理的硬度与回复性是蛋糕绵软口感的保证^[22]。表 4 结果表明,在 MFC 组中,除了 M1 组硬度较大,其他组别硬度没有显著性差异,说明在含有 MFC 的海绵蛋糕中,不同搅拌时间组合对海绵蛋糕硬度没有显著性影响。相比 2 种乳化剂,MFC 组蛋糕硬度较低,Rodríguez-García 等^[23]认为蛋糕面糊

微观气泡均匀性与蛋糕硬度存在相关性,随着起泡均匀性增加,蛋糕硬度降低。从海绵蛋糕回复性的角度来看,所有组别均无显著性差异,说明不同搅拌时间组合对回复性没有显著性影响。

从烘焙特性的角度来看,搅拌时间组合 M3(最长的消泡时间)得到的海绵蛋糕的烘焙特性较好,这也正是海绵蛋糕表皮气泡较少的组别。说明长时间慢速消泡可以显著改善海绵蛋糕品质,包括海绵蛋糕比容、表皮气泡数量,同时保证蛋糕依然拥有良好的烘焙品质。烘焙特性的显著性分析仅用于同种乳化剂不同搅拌时间之间的比较。

表 4 不同搅拌组合对蛋糕烘焙特性及质构的影响[†]

Table 4 Effect of whipping processing on specific volume and texture of sponge cake

搅拌组合	比容/(mL·g ⁻¹)	硬度/g	回复性
M1	2.57±0.018 ^a	1 365±152 ^b	0.84±0.02 ^a
M2	2.87±0.191 ^{ab}	1 201±120 ^{ab}	0.82±0.04 ^a
M3	3.10±0.017 ^c	988±81 ^a	0.88±0.02 ^a
M4	3.02±0.161 ^c	1 003±90 ^a	0.88±0.02 ^a
M5	2.89±0.168 ^{ab}	953±95 ^a	0.90±0.04 ^a
M6	2.88±0.139 ^{ab}	953±68 ^a	0.90±0.04 ^a
M7	2.92±0.048 ^{ab}	1 015±126 ^a	0.88±0.02 ^a
M8	2.65±0.133 ^a	1 125±117 ^{ab}	0.86±0.02 ^a
S1	2.53±0.090 ^a	1 537±61 ^d	0.84±0.02 ^a
S2	2.62±0.050 ^{abc}	1 354±104 ^{cd}	0.84±0.04 ^a
S3	2.87±0.090 ^c	1 059±82 ^a	0.88±0.02 ^a
S4	2.84±0.170 ^{bc}	1 080±35 ^a	0.89±0.02 ^a
S5	2.72±0.100 ^{abc}	1 140±99 ^{ab}	0.90±0.04 ^a
S6	2.56±0.070 ^a	1 214±29 ^{abc}	0.90±0.04 ^a
S7	2.67±0.040 ^{abc}	1 284±47 ^{bc}	0.86±0.02 ^a
S8	2.58±0.100 ^{ab}	1 328±29 ^{bc}	0.86±0.02 ^a

[†] 同列不同字母表示存在显著性差异(P<0.05)。

2.5.2 感官评价与相关性分析 海绵蛋糕感官评价分析是选用合理的工艺研究分析的关键之一。表 5 表明,M3 与 S3 的湿润程度较高,均为 4.00 分。S1 的湿润程度最低,说明海绵蛋糕产品干燥,粉感强,不符合海绵蛋糕湿润绵软口感的要求。从海绵蛋糕表皮气泡评价分析来看,结果与图像分析的结果相仿,M3、M4、S3、S4 均有显著性的高分。从感官评价的分析结果来看,S3 与 M3 在各自的组别中有最高的评分,说明控制异常气泡数量可以较好地控制表面气泡数量。

3 结论

从乳化剂方面来看,相比于单甘酯型乳化剂,使用蔗糖酯型乳化剂可以减少面糊中异常气泡数量,增加整体气泡数量,使得面糊气泡尺寸更加均匀,从而减少蛋糕表面气泡的产生,而且依然保持较好的蛋糕比容等烘焙特性。

从搅拌时间来看,合适的搅拌时间组合 M3(起泡时间 3.50 min,消泡时间 6.33 min)可以控制面糊异常气泡数及海绵蛋糕表面气泡,使蛋糕保持较好的品质。合理利用消泡时

表 5 感官评定结果[†]

Table 5 Evaluation of sensory

搅拌组合	湿润程度	表面气泡评价
M1	3.00±0.47 ^a	3.50±0.73 ^b
M2	3.00±0.66 ^a	3.00±0.66 ^{bc}
M3	4.00±0.47 ^b	4.50±0.47 ^c
M4	3.60±0.51 ^{ab}	4.40±0.47 ^c
M5	3.10±0.73 ^a	3.20±0.66 ^{bc}
M6	3.60±0.67 ^{ab}	1.80±0.73 ^a
M7	3.20±0.63 ^{ab}	2.00±0.63 ^a
M8	3.30±0.67 ^{ab}	2.20±0.42 ^a
S1	2.50±0.47 ^a	2.60±0.73 ^a
S2	3.00±0.67 ^{ab}	3.80±0.66 ^{bc}
S3	4.00±0.47 ^c	4.50±0.47 ^c
S4	3.80±0.51 ^c	4.20±0.47 ^c
S5	3.60±0.73 ^{bc}	4.00±0.66 ^{bc}
S6	3.60±0.67 ^{bc}	3.20±0.73 ^{ab}
S7	3.20±0.63 ^b	3.20±0.63 ^{ab}
S8	3.00±0.67 ^{ab}	3.30±0.42 ^b

[†] 同列不同字母表示存在显著性差异(P<0.05)。

间可以尽可能地降低异常气泡数量,从而控制表面气泡,保持蛋糕比容、质构等良好的烘焙特性,同时还可以减少机械能的消耗。这也为本领域提出了未来进一步深入研究的新课题。

参考文献

[1] CEPEDA-V ZQUEZ M, REGA B, DESCHARLES N, et al. How ingredients influence furan and aroma generation in sponge cake[J]. Food Chemistry, 2018, 245: 1 025-1 033.

[2] 郭玲玲, 高海燕, 李刚, 等. 海绵蛋糕的研制[J]. 粮油加工, 2009(12): 147-149.

[3] 胡嘉鹏. 影响海绵蛋糕物理性质的诸因素[J]. 食品工业科技, 1990(3): 26-28.

[4] 尚新彬, 豆康宁. 泡打粉对海绵蛋糕品质的影响研究[J]. 农业工程技术: 农产品加工业, 2010(12): 34-37.

[5] SAKIYAN O, SUMNU G, SAHIN S, et al. Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter[J]. Eur Food Res Technol, 2004, 219(6): 635-638.

[6] SAHI S S, ALAVA J M. Functionality of emulsifiers in sponge cake production[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003, 83(14): 1 419-1 429.

[7] 陈洁, 孙定红. 蛋糕油的制作及其稳定性的研究[J]. 食品工业科技, 2004(6): 137-139.

[8] 王凤, 陈诚, 杨紫璇, 等. 不同乳化剂在中日两国面粉重油蛋糕面糊体系中的比较研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(1): 1-6.

[9] MASSEY A H, KHARE A S, NIRANJAN K. Air inclusion into a model cake batter using a pressure whisk; development of gas hold-up and bubble size distribution[J]. J Food Sci, 2001, 66(8): 1 152-1 157.

(下转第 70 页)

市场和出口食品的安全;另一方面,对中国食品安全影响重大的主要食品进口来源地,在有条件的情况下可以考虑政府同相关食品进口企业一起,直接在食品来源地的出口企业直接实行质量检测和质量控制,并给予通过了相关食品安全检测并符合控制标准的食品进口来源地企业予以进口通关时免除相应检测的待遇,通过政府、国内食品进口企业和来源地国家食品出口企业三方的紧密合作,从源头上对中国进口食品的安全实行国际共治,切实保证进入中国市场的进口食品安全。

4 结语

在中国经济日益成为全球分工重要环节的今天,食品安全的国际共治是经济全球化发展的必然要求。然而,中国食品安全国际共治趋势的存在,并不意味着当前食品安全的国际共治已经相当成熟。事实上,当前中国食品安全国际共治主要还停留在理论探讨的萌芽阶段,要想顺利推进还面临着没有相应的国际共治机制、国际食品安全标准不统一,以及政企合作尚待改善等一系列问题的制约。因此,有必要结合中国食品安全国际共治的当前形势,针对推进国际共治中可能存在的问题,采取相应的可操作性措施,才能在提高中国国家治理体系和治理能力现代化的基础上充分实现其促进食品安全保障的作用。

参考文献

- [1] 梅传强,刁雪云.中国食品安全犯罪的刑事政策研究[J].食品与机械,2017,33(2):70-72.
- [2] 开启中国食品工业“安全”与“健康”并行的新征程:2018年国际食品安全与健康大会在京举办[J].食品安全导刊,2018(16):18-21.
- [3] 农业部农业贸易促进中心.2016年12月中国农产品贸易监测[J].世界农业,2017(3):220-221.
- [4] 中华人民共和国农业农村部.数据查询[DB/OL].[2018-10-01].
<http://www.moa.gov.CN>.
- [5] 干雯婷.从“毒饺子事件”看日本媒体的舆论导向[J].新闻记者,2008(5):17-20.
- [6] 肖华锋.《屠场》与美国纯净食品运动[J].江西财经大学学报,2003(1):90-96.
- [7] 王立东,张思林,熊帮照,等.美国沙门氏菌事件对我国果蔬微生物性食品安全的启示[J].农产品质量与安全,2008(6):38-40.
- [8] 薛志娟.欧盟“毒鸡蛋”风波与欧盟食品安全监管[J].世界农业,2018(5):129-133.
- [9] 罗建华.从“三鹿毒奶粉”事件看我国企业诚信缺失与治理对策[J].企业经济,2009(3):129-131.
- [10] 张卫.食品安全国际共治:2015年国际食品安全会议在京举行[J].中国食品,2015(13):20-27.
- [11] 佚名.双汇或将游说取消中国瘦肉精限制[J].北方牧业,2013(12):15.
- [12] 程安春,潘康成,倪学勤.对我国动物微生态制剂产业发展的战略思考[J].中国家禽,2008(14):37-39.
- [13] 王追林.论世贸组织TBT/SPS协定的核心原则从日本核辐射污染农产品出口受阻谈起[J].对外经贸实务,2011(10):43-46.
- [14] 佚名.外交部回应日本核污染食品流入中国[J].人民周刊,2017(6):28-28.
- (上接第13页)
- [10] 贾春利,汤晓娟,黄卫宁,等.羧甲基纤维素改善冷冻蛋糕体系热力学与烘焙特性研究[J].食品工业科技,2012(16):327-331.
- [11] 谢岩黎,张杰,吴晓云,等.微波对马铃薯淀粉特性影响的研究[J].食品科技,2010(2):174-176.
- [12] CHESTERTON A K S, DE ABREU D A P, MOGGRIDGE G D, et al. Evolution of cake batter bubble structure and rheology during planetary mixing[J]. Food and Bioprocess Processing, 2013, 91(3): 192-206.
- [13] ALI T M, HASNAIN A. Effect of emulsifiers on complexation and functional properties of oxidized white sorghum (Sorghum bicolor) starch[J]. Journal of Cereal Science, 2013, 57(1): 107-114.
- [14] 郝月慧,汤晓娟,黄卫宁,等.糖醇对鸡蛋液功能特性及无糖海绵蛋糕烘焙品质的影响[J].食品工业科技,2015(3):49-53,59.
- [15] 汤晓娟,王凤,贾春利,等.含Olestra低脂休闲蛋糕体系的流变学、微结构与烘焙特性[J].食品科学,2013(1):1-7.
- [16] 李凤梅,刘长江.面糊比重在蛋糕生产品质控制中的应用[J].粮油加工与食品机械,2003(7):64-65.
- [17] DIAZ-RAMIREZ M, CALDERON-DOMINGUEZ G, GARC A-GARIBAY M, et al. Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 61: 633-639.
- [18] MURRAY B S. Stabilization of bubbles and foams[J]. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 2007, 12(4/5): 232-241.
- [19] HUNTER T N, PUGH R J, FRANKS G V, et al. The role of particles in stabilising foams and emulsions[J]. Advances in Colloid & Interface Science, 2008, 137(2): 57-81.
- [20] DICKINSON E. Food emulsions and foams: Stabilization by particles[J]. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 2010, 15(1): 40-49.
- [21] MIZUKOSHI M, KAWADA T, MATSUI N. Model studies of cake baking I: Continuous observations of starch gelatinization and protein coagulation during baking[J]. Cereal Chemistry, 1979, 56(4): 305-309.
- [22] DEWAEST M, VILLEMEJANE C, BERLANDS S, et al. Effect of crumb cellular structure characterized by image analysis on cake softness[J]. Journal of Texture Studies, 2017, 49(3): 328-338.
- [23] RODR GUEZ-GARC A J, SALVADOR A, HERNANDO I. Replacing fat and sugar with inulin in cakes: bubble size distribution, physical and sensory properties[J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7(4): 964-974.