

# 复合海绵蛋糕品质改良剂的研制

李嘉瑜, 宋臻善, 郭桦, 周雪松

(广州合诚实业有限公司, 广东广州 510530)

**摘要:** 研究了预糊化乙酰化二淀粉磷酸酯 (ADSP)、蔗糖脂肪酸酯 (SE)、海藻酸钠 (SA)、麦芽糖淀粉酶对海绵蛋糕的比容、水分活度和质构特性的影响, 单因素实验表明四种添加剂对延缓蛋糕老化都有一定效果, 其中预糊化 ADSP 和 SE 对增大蛋糕比容较有效果, SA 能有效降低水分活度; 正交实验优化出蛋糕品质改良剂的配方为: 海藻酸钠 0.05%, 预糊化乙酰化二淀粉磷酸酯 0.40%, 麦芽糖淀粉酶 20.00 mg/kg, 蔗糖脂肪酸酯 0.15%, 在此条件下进行验证试验, 检测后发现蛋糕体积适中, 水分活度跟硬度小, 弹性佳, 同时老化程度明显较小, 显示蛋糕的品质十分良好。

**关键词:** 海绵蛋糕; 比容; 水分活度; 质构

文章篇号: 1673-9078(2013)2-383-387

## Development of a Compound Improver of Sponge Cake

LI Jia-yu, SONG Zhen-shan, GUO Hua, ZHOU Xue-song

(Guangzhou Honsea Industry CO., LTD, Guangzhou 510530, China)

**Abstract:** Effects of pre-gelatinized acetylated distarch phosphate (ADSP), sucrose fatty acid ester (SE), sodium alginate (SA) and maltose amylase on the specific volume, water activity and texture of sponge cake were studied in the paper. The results of single factor test showed that four additives could be beneficial to anti-aging of cake. ADSP and SE could improve the specific volume of cake and SA could lower the water activity effectively. Optimum formula of cake improver by orthogonal test was 0.40% pre-gelatinized ADSP, 0.15% SE, 0.05% SA and 20.00mg/kg maltose amylase. The results of proof test showed that sponge cake had nice specific volume, low water activity and hardness, good elasticity, and the aging speed of cake decreased significantly.

**Key word:** sponge cake; specific volume; water activity; texture

蛋糕是一种焙烤方便食品, 目前国内多数蛋糕生产企业产品品质不佳, 且贮藏过程中易出现老化导致产品质量下降, 开发具有改善蛋糕品质和抑制其老化的新型蛋糕改良剂是解决这一难题的有效途径。蛋糕产品中常用的食品添加剂有改性淀粉、乳化剂、亲水胶体和酶制剂等, 其中预糊化淀粉能够迅速溶解糊化, 具有优良的吸水性、保水性, 在蛋糕中使用方便<sup>[1]</sup>; 变性淀粉是一类利用物理化学或酶法处理原淀粉, 改变其分子结构使其具有新特性的原料, 加入变性淀粉可以使蛋糕从口感到抗老化性都得到改善<sup>[2-3]</sup>; 蔗糖脂肪酸酯具有广泛的 HLB 值 (亲水亲油平衡值), 分布在 0~20 之间, 性质非常活泼, 是食品工业中广泛应用的乳化稳定剂<sup>[4]</sup>; 海藻酸钠属于亲水性食品胶, 能够增加面糊的稠度并具有较好的保水性; 淀粉酶能显著提高产品的柔软度和湿润的口感, 延缓蛋糕老化, 本文以海绵蛋糕为基础, 探讨预糊化乙酰化二淀粉磷酸酯、蔗糖脂肪酸酯、海藻酸钠和麦芽糖淀粉酶单独

使用和复合使用对蛋糕综合品质的改良效果, 以期利用不同添加剂复合使用时的协同增效作用, 开发出一种可以显著提升海绵蛋糕品质的复合改良剂产品。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料与试剂

低筋面粉, 肇庆市福加德面粉有限公司; 白砂糖, 广西贵糖股份有限公司; 大豆油, 广州益海粮油工业有限公司; 鲜鸡蛋, 市售; 预糊化乙酰化二淀粉磷酸酯 (ADSP), 法国罗盖特公司; 蔗糖脂肪酸酯 (SE, HLB 值为 11), 上海武马食品科技有限公司; 海藻酸钠 (SA), 青岛明月海藻集团有限公司; 麦芽糖淀粉酶 (酶活力 11000 MANU/g), 荷兰 DSM 公司。

#### 1.2 设备

电热食品烘炉, 广州市赛思达机械设备有限公司; Lab Swift-aw 水分活度测定仪, 瑞士 Novasina 公司; Brookfield CT3 质构仪, 美国 Brookfield 公司; JMTY 型面包体积测定仪, 成都实特威科技发展公司; 电子天平, 上海奥豪斯仪器有限公司; 打蛋机, 恒威集团公司。

收稿日期: 2012-09-12

作者简介: 李嘉瑜 (1989-), 女, 研发工程师, 研究方向: 食品添加剂应用技术

### 1.3 实验内容

#### 1.3.1 单因素试验

ADSP 按低筋粉质量的百分比计算,添加量为 0.00、0.20、0.40、0.60、0.80%; SE 与 SA 按配方总量的百分比计算,添加量为 0.00、0.05、0.10、0.15、0.20%; 麦芽糖淀粉酶按低筋粉质量的百分比计算,添加量为 0.00、10.00、20.00、30.00、40.00 mg/kg。

#### 1.3.2 多因素复合试验

设计 4 因素 3 水平正交实验,选用  $L_9(3^4)$  正交表,研究不同因素复合使用对蛋糕品质的作用,得出最优水平组合后进行验证试验。

### 1.4 实验方法

#### 1.4.1 蛋糕生产工艺

全蛋液 220 g、白砂糖 160 g 放入打蛋机中搅打至糖完全溶解→加入低筋粉 200 g、蛋糕保鲜剂 3 g 与添加剂慢速搅拌至面糊光滑→快速打发约 1.5 min 至面糊体积增长 2~3 倍→加入大豆油 50 g 慢速搅匀→注模,每个 40 g,上火 190℃、下火 170℃,烘烤 18 min→室温冷却→密封不充气包装,常温保存。

#### 1.4.2 蛋糕比容的测定

用 JMTY 型面包体积测定仪测定,按下列公式计算:

$$\text{蛋糕比容}(\text{mL/g}) = \frac{\text{蛋糕体积}(\text{mL})}{\text{蛋糕重量}(\text{g})}$$

每个样品平行测定 3 次,取其平均值。

#### 1.4.3 蛋糕水分活度的测定

用 Lab Swift-aw 水分活度测定仪对放置 1 d (d 表示天) 和 7 d 的蛋糕进行测定。每个样品平行测定 3 次,取其平均值。

#### 1.4.4 蛋糕质构的测定<sup>[5-7]</sup>

通过 TPA 质构测试对放置 1 d 和 7 d 的蛋糕进行硬度、弹性指数和咀嚼性指数分析。在蛋糕的贮存过程中,硬度作为衡量其老化程度的重要指标之一。每个样品平行测定 3 次,取其平均值。

#### 1.4.5 蛋糕感官评价

蛋糕品质评价采用综合评分法,由 6 位有相关经验的专家人员组成蛋糕鉴评小组,对放置 1 d 后的蛋糕作出评价。蛋糕品质鉴评参照 SB/T10030-92《蛋糕通用技术条件》<sup>[8]</sup>和 SB/T10329-2000《裱花蛋糕》,在此基础上适当简化,见表 1。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验结果

#### 2.1.1 预糊化 ADSP 对蛋糕比容和水分活度的影响

预糊化 ADSP 对蛋糕比容和水分活度的影响见图 1。与空白组相比,预糊化 ADSP 能使海绵蛋糕的比容稍有增大,当添加量为 0.20% 时,蛋糕比容最大达

到 4.10 mL/g。该组样品 7 d 后水分活度变化趋势比较平缓,最大降幅不超过 2.50%。这可能是因为变性后取代了原淀粉中部分羟基的乙酰基具有更强的吸水性和保水性,使淀粉更容易吸水膨胀<sup>[9]</sup>。

表 1 海绵蛋糕品质评价标准

Table 1 The sensory evaluation standard of the sponge cake

项目	满分	满分标准
外形	10	饱满完整,薄厚均匀,底面平整,无沾边破碎与崩顶,无糊状物为 10 分
色泽	10	顶部有光泽且色泽均匀呈黄色,底部呈棕红色,无焦糊,心部微黄为 10 分
组织	30	切面呈均匀细密的蜂窝状结构,无硬块,无空洞为 30 分
滋味	20	蛋香味纯正,无腥味,不粘牙,无焦糊味为 20 分
口感	30	发起均匀富有弹性,不板硬,口感柔和,用手指按下迅速恢复为 30 分

注:不符合满分标准的由评分员酌情减分。

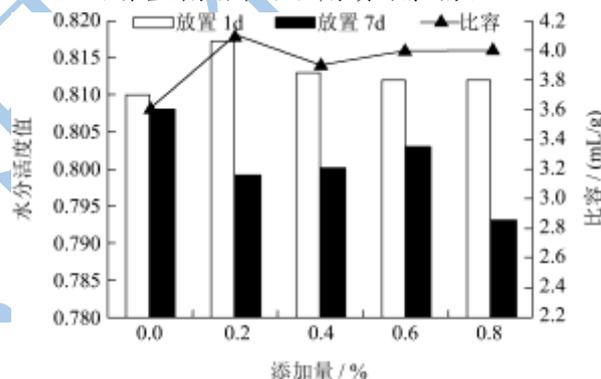


图 1 预糊化 ADSP 对蛋糕比容和水分活度的影响

Fig.1 Effect of pre-gelatinized ADSP on the specific volume and water activity of cake

#### 2.1.2 SE 对蛋糕比容和水分活度的影响

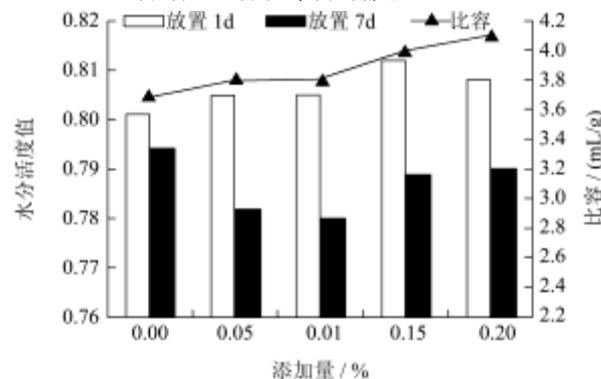


图 2 SE 对蛋糕比容和水分活度的影响

Fig.2 Effect of SE on the specific volume and water activity of cake

SE 对蛋糕比容和水分活度的影响见图 2。SE 的添加量增大,蛋糕比容也随之增大,但低添加量时增

幅不明显, 样品在 0.20% 这个添加水平下得到的蛋糕比容最大是 4.10 mL/g。这是因为 SE 作为乳化剂使蛋糕中的水跟油更好地结合, 增强面糊的起泡性跟持气性使蛋糕体积增大。该组样品 7 d 后水分活度变化率在 0.10% 添加量时达到最大是 3.10%。

### 2.1.3 SA 对蛋糕比容和水分活度的影响

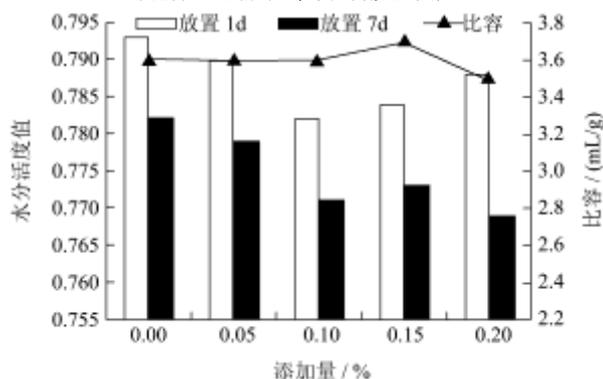


图 3 SA 对蛋糕比容和水分活度的影响

Fig.3 Effect of SA on the specific volume and water activity of cake

SA 对蛋糕比容和水分活度的影响见图 3。SA 在增大蛋糕体积方面作用不明显, 添加量过大还会使蛋糕体积减小。SA 形成凝胶时, 伴随着构象的变化、溶剂与高分子链和阳离子与海藻酸钠的相互作用, 这些作用都会使 SA 凝胶膨胀收缩从而影响蛋糕比容

表 2 ADSP 添加量对蛋糕质构的影响

Table 2 Effect of different dosage of ADSP on the texture of cake

添加水	放置 1 d			放置 7 d	
	硬度/g	弹性指数	咀嚼指数/g	硬度/g	硬度变化率/%
空白	750.00	0.79	297.00	985.00	31.30
0.2	748.00	0.80	299.00	963.00	28.70
0.4	726.00	0.78	288.00	934.00	28.70
0.6	655.00	0.74	242.00	964.00	47.20
0.8	673.00	0.77	253.00	997.00	48.10

ADSP 添加量对蛋糕质构的影响见表 2。随着 ADSP 添加量增大, 放置 1 d 后蛋糕的硬度逐渐减小, 咀嚼指数和弹性指数先降后升, 均在添加量为 0.60% 时达到最小值。放置 7 d 后, 低添加量的蛋糕老化程度有所减缓, 在 0.60% 以后增大添加量对延缓蛋糕老化基本无作用。这可能是因为经过交联酯化的淀粉改变了原淀粉分子的结构, 引入了新的官能团跟交联键, 使变性淀粉热稳定性好, 老化倾向降低。但是该淀粉改性前的玉米淀粉中直链淀粉含量较高 (31.30%), 变性后虽有所降低, 但增大添加量蛋糕中总体的直链淀粉含量也会提高, 反而使淀粉回生程度加剧<sup>[11]</sup>。

### 2.1.6 SE 添加量对蛋糕质构的影响

SE 添加量对蛋糕质构的影响见表 3。随着 SE 添

[10]。该组样品 7d 后水分活度变化率在 0.20% 添加量时达到最大是 2.50%。

### 2.1.4 麦芽糖淀粉酶对蛋糕比容和水分活度的影响

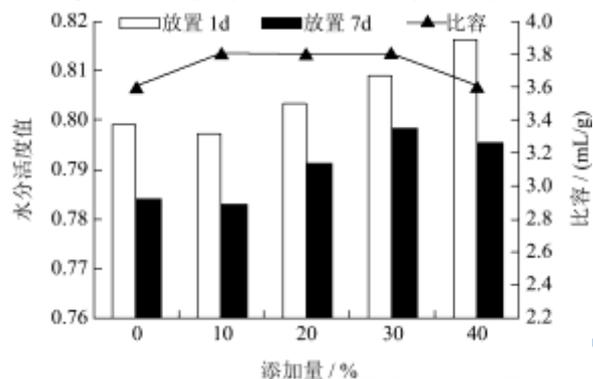


图 4 麦芽糖淀粉酶对蛋糕比容和水分活度的影响

Fig.4 Effect of maltose amylase on the specific volume and water activity of cake

麦芽糖淀粉酶对蛋糕比容和水分活度的影响见图 4。可以看出, 麦芽糖淀粉酶对增大蛋糕比容作用不明显, 添加了酶制剂的蛋糕样品水分活度有不同程度的升高, 这可能是因为酶分子作用于目标淀粉后使其持水性和与水分子的结合能力发生了改变。7 d 后变化率在 40 mg/kg 添加量时达到最大是 2.60%。

### 2.1.5 ADSP 添加量对蛋糕质构的影响

添加量增大, 放置 1 d 后蛋糕的硬度先升后降, 在 0.10% 添加量时达到最大值, 弹性指数先降后升, 在 0.10% 添加量时达到最小值, 咀嚼指数短期无明显规律; 放置 7 d 后添加了 SE 的蛋糕老化程度都有所减缓, 这是因为 SE 具有亲水跟亲油基团, 可以进入淀粉的螺旋结构体中与直链淀粉, 减少重结晶聚集, 有效延缓老化<sup>[12]</sup>。

### 2.1.7 SA 添加量对蛋糕质构的影响

SA 添加量对蛋糕质构的影响见表 4。随着 SA 添加量增大, 放置 1 d 后蛋糕硬度跟咀嚼指数的变化无明显规律, 弹性指数先降后升, 在添加量为 0.10% 时达到最小值; 放置 7 d 后, 低添加量的蛋糕老化程度慢, 在 0.15% 以后增大添加量对延缓蛋糕老化基本无

作用。这是由于 SA 在单元糖环上具有羧基和羟基等  
功能基团，具有较好的保水性跟吸水性，可以改善蛋

糕的性质，但 SA 作为食品胶如果添加量过大，会使  
面糊过稠难以打发，造成蛋糕组织紧实不松软<sup>[10]</sup>。

表 3 SE 添加量对蛋糕质构的影响

Table 3 Effect of different dosage of SE on the texture of cake

添加水 平/%	放置 1 d			放置 7 d	
	硬度/g	弹性指数	咀嚼指数/g	硬度/g	硬度变化率/%
空白	754.00	0.79	295.00	990.00	31.30
0.05	739.00	0.79	294.00	858.00	16.20
0.10	837.00	0.74	312.00	1028.00	22.80
0.15	734.00	0.75	277.00	864.00	17.70
0.20	721.00	0.76	281.00	926.00	28.40

表 4 SA 添加量对蛋糕质构的影响

Table 4 Effect of different dosage of SA on the texture of cake

添加水 平/%	放置 1 d			放置 7 d	
	硬度/g	弹性指数	咀嚼指数/g	硬度/g	硬度变化率/%
空白	753.00	0.78	304.00	983.00	30.50
0.05	855.00	0.75	329.00	1058.00	23.70
0.10	899.00	0.75	337.00	1114.00	23.90
0.15	845.00	0.76	328.00	1161.00	37.40
0.20	886.00	0.79	345.00	1223.00	38.00

表 5 麦芽糖淀粉酶添加量对蛋糕质构的影响

Table 5 Effect of different dosage of maltose amylase on the texture of cake

添加水 平/(mg/kg)	放置 1 d			放置 7 d	
	硬度/g	弹性指数	咀嚼指数/g	硬度/g	硬度变化率/%
空白	751.00	0.78	295.00	987.00	31.40
10	596.00	0.72	224.00	891.00	49.50
20	593.00	0.76	234.00	761.00	28.30
30	591.00	0.76	241.00	818.00	38.40
40	752.00	0.72	282.00	966.00	28.40

2.1.8 麦芽糖淀粉酶添加量对蛋糕质构的影响

麦芽糖淀粉酶添加量对蛋糕质构的影响见表 5。随着麦芽糖淀粉酶添加量增大，放置 1 d 后蛋糕的硬度逐渐减小，弹性指数先升后降，在添加量为 30.00 mg/kg 时达到最大值，咀嚼指数则逐渐增大；放置 7 d 后麦芽糖淀粉酶添加量较大的蛋糕老化速度有所减缓，可能与该酶活力大小有关，淀粉酶在合适的温度下对淀粉进行水解，可以延缓蛋糕老化。

2.2 多因素试验结果

以单因素实验为基础，选择 ADSP、SE、SA 和麦芽糖淀粉酶合适的添加范围，设计 4 因素 3 水平正交实验，选用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交表，研究不同因素综合使用对海绵蛋糕品质的影响，因素水平表见表 6。

由表 7 的极差分析可知，影响海绵蛋糕产品质量的主要因素是 C>A>D>B，即 SA 影响最大，其次是预糊化 ADSP，再次麦芽糖淀粉酶，最后 SE。其最优

水平组合为：A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>，即：SA 0.05%、预糊化 ADSP 0.40%、麦芽糖淀粉酶量 20.00 mg/kg、SE 0.15%。

表 6 因素水平表

Table 6 Factor levels of orthogonal design

水平	因素			
	A(预糊化乙酰化二淀粉磷酸酯(%))	B(蔗糖脂肪酸酯(%))	C(海藻酸钠(%))	D[麦芽糖淀粉酶/(mg/kg)]
1	0.20	0.10	0.05	20.00
2	0.40	0.15	0.10	30.00
3	0.60	0.20	0.15	40.00

将优化出来的配方进行验证试验。测定蛋糕比容是 4.10 mL/g，其余测定结果如表 8~9。

从表 8~9 可以看到，正交出来的最优水平组合 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub> 效果突出，水分活度保持在一个较低的水平，蛋糕柔软弹性佳，老化速度有明显延缓。

表 7 正交实验结果

Table 7 Results of the orthogonal experiment

序号	A	B	C	D	感官评分
1	1	1	1	1	76.80
2	1	2	2	2	76.40
3	1	3	3	3	73.20
4	2	1	2	3	75.60
5	2	2	3	1	75.80
6	2	3	1	2	77.00
7	3	1	3	2	70.40
8	3	2	1	3	75.60
9	3	3	2	1	76.20
K <sub>1</sub>	226.40	222.80	229.40	228.80	-
K <sub>2</sub>	228.40	227.80	228.20	223.80	-
K <sub>3</sub>	222.20	226.40	219.40	224.40	-
k <sub>1</sub>	75.50	74.30	76.50	76.30	-
k <sub>2</sub>	76.10	75.90	76.10	74.60	-
k <sub>3</sub>	74.10	75.50	73.10	74.80	-
R	2.00	1.60	3.40	1.70	-

表 8 优化配方对蛋糕水分活度的作用结果

Table 8 Effect of optimized formula on the water activity of cake

项目	优化配方 A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	
	放置 1 d	放置 7 d
水分活度	0.76	0.75

表 9 优化配方对蛋糕质构的作用结果

Table 9 Effect of optimized formula on the texture of cake

实验组	放置 1 d			放置 7 d	
	硬度/g	弹性指数	咀嚼指数/g	硬度/g	变化率/%
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	709.00	0.82	302.00	839.00	18.30

### 3 结论

在复合海绵蛋糕品质改良剂的研制过程中,单因素试验后发现预糊化 ADSP、SE、SA 和麦芽糖淀粉

酶这四种单体添加剂对蛋糕老化速度都能起到一定延缓作用,另外预糊化 ADSP 和 SE 能使蛋糕比容达到 4.10 mL/g, SA 在 0.20%添加量时能有效降低水分活度。通过正交实验跟感官评价后优化出来的复合海绵蛋糕品质改良剂配比是: SA 0.05%、预糊化 ADSP 0.40%、麦芽糖淀粉酶量 20.00 mg/kg、SE0.15%。随后进行验证试验后结果良好,证明该配方作用明显。

### 参考文献

- [1] 周建芹,罗发兴.预糊化淀粉在食品中的应用[J].食品工业,2000,3:7-8
- [2] 钟焕贵,陈中,林伟锋.改性淀粉对月饼豆沙馅料品质影响的研究[J].现代食品科技,2009,25(10):1216-1219
- [3] 宋臻善,周雪松,曾建新.变性淀粉对麻薯品质的影响 [J].现代食品科技,2009,25(10):1210-1211,1223
- [4] 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,2004,25(6):137-138
- [5] Bourne M. C. Food Texture and Viscosity [M]. Second Edition. Academic Press, 2002
- [6] Bourne M.C. The texture profile of ripening pears [J]. Journal of Food Science, 1968,(33): 223
- [7] Bourne M.C. Texture profile analysis [J]. Food Technology, 1978, 32(7):62-66,72
- [8] 胡嘉鹏,杨维亚.SB/T10030-92 蛋糕通用技术条件[S].中华人民共和国商业部批准
- [9] 周世英,顾正彪.乙酰化二淀粉磷酸酯性质的研究[J].无锡轻工业学院学报,1990,9(4):36-41
- [10] 李红兵.海藻酸钠理化性质研究和特种品种制备[D].天津大学化工学院,2005
- [11] 周世英.淀粉和变性淀粉糊化特性的研究[J].粮食储藏,1990,19(5):31-37
- [12] 刘巧瑜,张晓鸣.蔗糖单酯的结构和浓度对淀粉糊化和老化特性的影响[J].食品与发酵工业,2010,36(4):32-35