

# 添加抹竹和抹茶对戚风蛋糕烘焙品质的影响

刘创<sup>1</sup>, 冯炜婷<sup>1</sup>, 邓莎<sup>1</sup>, 黄李成<sup>2</sup>, 孟智鹏<sup>2</sup>, 刘国琴<sup>2\*</sup>

(1. 广州酒家集团利口福食品有限公司, 广东广州 511442)

(2. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

**摘要:** 将不同替代比 (5%、10%、15% 和 20%, *m/m*) 的抹竹和抹茶添加到戚风蛋糕中替代低筋小麦粉, 并通过 MRI 和 TPA 等测定戚风蛋糕的烘焙损失率、水分子存在状态、蛋糕比容和质构特性等, 对比研究抹竹和抹茶的添加对戚风蛋糕烘焙品质的影响。结果表明: 与对照组比, 当抹竹替代比为 10%~15% 时, 戚风蛋糕的烘焙损失率最小、结合水含量最高、比容最大, 其烘焙品质评价总分分别提高了 18.36% 和 17.17%; 而当抹茶的替代比为 5% 时, 其烘焙损失率、结合水含量、比容以及质构均呈现下降趋势, 其感官评价总分下降 10.17%, 但如果继续增加替代比, 其评价总分下降剧增达 35.27%, 完全失去了戚风蛋糕的品质, 这说明抹竹的替代比显著高于抹茶。这是因为抹竹比抹茶具有更高的结合水含量、因此其蛋糕保水率更高, 保气能力更强, 在高替代比的情况下, 不仅赋予蛋糕优良的烘焙品质, 降低面筋蛋白的含量、还增加了蛋糕中膳食纤维的含量, 也为抹竹食品的开发奠定了理论基础和技术指导。

**关键词:** 抹竹; 抹茶; 戚风蛋糕品质; 影响

文章编号: 1673-9078(2025)10-331-337

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.10.1273

## Effect of Matzhu and Matcha on Chiffon Cake Quality

LIU Chuang<sup>1</sup>, FENG Weiting<sup>1</sup>, DENG Sha<sup>1</sup>, HUANG Licheng<sup>2</sup>, MENG Zhipeng<sup>2</sup>, LIU Guoqin<sup>2\*</sup>

(1. Guangzhou Restaurant Group Likofu Food Co. Ltd., Guangzhou 511442, China)

(2. College of Food Sciences and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Matzhu and Matcha were added to chiffon cake at different substitution ratios (5%, 10%, 15%, and 20%, *m/m*), replacing low-gluten wheat flour. These substitutions not only increased the dietary fiber and reduced the gluten content of the cake but also provided more options for consumers with gluten allergies. The baking loss rate, state of water molecules, and specific volume and texture characteristics of chiffon cake were determined using low-field magnetic resonance imaging and texture profile analysis to determine the effects of adding Matzhu and matcha on the quality of chiffon cake. The results showed that when the substitution ratio of Matzhu was 10%~15%, the baking loss ratio of chiffon cake was smallest, bound water content was highest, and specific volume was largest compared with the control group. Furthermore, the total scores in baking quality evaluation for chiffon cake increased by 18.36% and 17.17%, respectively. However, when the substitution ratio of matcha was 5%, the baking loss ratio, bound water content, specific volume, and texture showed downward trends, with the total score of sensory evaluation decreasing by 10.17%. Furthermore, with a further increase in the substitution ratio, the quality decreased to 35.27%, resulting in a complete loss of chiffon cake quality. These findings indicate that the substitution ratio of matzhu was significantly higher than that of matcha because of the higher bound water content of Matzhu than that of matcha; consequently, the water retention rate of the cake was higher and

引文格式:

刘创,冯炜婷,邓莎,等.添加抹竹和抹茶对戚风蛋糕烘焙品质的影响[J].现代食品科技,2025,41(10):331-337.

LIU Chuang, FENG Weiting, DENG Sha, et al. Effect of Matzhu and Matcha on chiffon cake quality [J]. Modern Food Science and Technology, 2025, 41(10): 331-337.

收稿日期: 2024-08-28; 修回日期: 2024-09-14; 接受日期: 2024-09-18

基金项目: 广东省重点研发项目 (2019B020212001)

作者简介: 刘创 (1993-), 男, 高级工程师, 研究方向: 烘焙食品的研发工作, E-mail: breadlau@qq.com

通讯作者: 刘国琴 (1962-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 油脂营养与安全研究, E-mail: guoqin@scut.edu.cn

gas retention capacity was stronger. Hence, a high substitution ratio not only gives the cake excellent baking quality and reduces the gluten protein content but also increases the dietary fiber content in the cake. This study provides a theoretical foundation and technical guidance for developing Matzhu-containing foods.

**Key words:** Matzhu; Matcha; chiffon cake quality; effect

膳食纤维由于其可以被肠道微生物菌群酵解产生短链脂肪酸,促进肠道内有益菌群的增殖赋予了很强的保健功效,使其在功能食品中发挥着重要作用<sup>[1,2]</sup>。除了有保健功能外,膳食纤维也可用于改变食品的稠度、质地和质构特性<sup>[3]</sup>。常用的谷类、蔬果类膳食纤维添加到烘焙食品中后,能够增加食品中的膳食纤维含量,赋予食品更多的功能特性<sup>[4-6]</sup>。抹竹是中国 2022 年新批的新资源食品原料,是抹茶的潜在替代品。据报道,与抹茶相比,抹竹的膳食纤维含量更高,其色泽更翠绿,产品更稳定,可作为一种天然、绿色、营养的食品功能配料替代抹茶添加到烘焙食品中提升食品的营养和功能性质<sup>[7]</sup>。

戚风蛋糕是烘焙食品的典型代表之一,以其色泽、口感等优良品质深受消费者欢迎<sup>[8-12]</sup>。因此,以戚风蛋糕为研究对象,向其中添加膳食纤维等营养物质是改善烘焙食品的营养和功能特性的有效途径<sup>[9,13]</sup>。Arora 等<sup>[14]</sup>的研究中,将平菇粉添加到海绵蛋糕中会导致蛋糕比容、膨胀率的降低以及蛋糕糊比重和蛋糕硬度的增加。Kirbas 等<sup>[15]</sup>以米粉为基料,研究了不同来源的膳食纤维(苹果、橙子和胡萝卜渣粉)对无面筋蛋白蛋糕品质的影响。结果表明,随着果渣粉添加量的增加,成品蛋糕的硬度增加,比容降低,这主要是由于果渣粉具有强吸水性,减少了蛋糕糊中的流动水,使得蛋糕糊的粘度增加,蛋糕在烘烤过程中不易膨发。这说明膳食纤维的添加在提高戚风蛋糕营养品质的同时也可能会降低蛋糕的烘焙品质,而抹竹和抹茶的添加有哪些区别其影响机理尚不明确。因此,本研究以戚风蛋糕为研究对象,通过对比研究替代比对戚风蛋糕的质(烘焙损失率、结合水含量、比容和质构特性等)的影响,研究抹竹和抹茶对戚风蛋糕烘焙品质影响的规律及机理,以期开发高替代比、低面筋蛋白含量,高膳食纤维含量和高品质的戚风蛋糕提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 原材料

抹竹(食品级)、抹茶,苏州荟萃源生物科技有限公司;低筋小麦粉(食品级),上海枫未实业有限公司;糖粉(食品级),东莞市宝象食品有限公司;鸡蛋、牛奶、玉米油均购买于当地超市。

1.2 实验仪器

ME802E 精密电子天平,梅特勒-托利多仪器;DF-101S 恒温水浴锅,巩义市予华仪器有限责任公司;TA.XT Express 质构仪,英国 Stable Micro Systems 公司;CRWF321ML 烤箱,佛山市伟仕达电器实业有限公司;NMI20-040H-I 低场核磁共振分析仪,苏州纽迈分析仪器股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 戚风蛋糕烘焙品质的测定

1.3.1.1 戚风蛋糕样品的制备

表 1 空白组和实验组戚风蛋糕配方及用量(g)  
Table 1 Formula and dosage of chiffon cakes in control and experimental group (g)

| 组别      | 低筋小麦粉 | 糖粉 | 玉米油 | 牛奶 | 鸡蛋  | 抹竹   | 抹茶   |
|---------|-------|----|-----|----|-----|------|------|
| Control | 35    | 35 | 20  | 25 | 100 | /    | /    |
| 5 % MZ  | 33.25 | 35 | 20  | 25 | 100 | 1.75 | /    |
| 10% MZ  | 31.5  | 35 | 20  | 25 | 100 | 3.5  | /    |
| 15% MZ  | 29.75 | 35 | 20  | 25 | 100 | 5.25 | /    |
| 20% MZ  | 28    | 35 | 20  | 25 | 100 | 7    | /    |
| 5 % MC  | 33.25 | 35 | 20  | 25 | 100 | /    | 1.75 |
| 10% MC  | 31.5  | 35 | 20  | 25 | 100 | /    | 3.5  |
| 15% MC  | 29.75 | 35 | 20  | 25 | 100 | /    | 5.25 |
| 20% MC  | 28    | 35 | 20  | 25 | 100 | /    | 7    |

- (1) 根据黄李成等<sup>[16]</sup>、赵利平等<sup>[17]</sup>的方法,按配方准确称取一定量的低筋小麦粉与抹竹混合均匀,得到抹竹混合粉,并经过 80 目筛过筛处理;
- (2) 按配方准确称取 20 g 植物油,将步骤(1)得到的抹竹混合粉与植物油混合均匀;
- (3) 按配方准确称取 25 g 牛奶和 35 g 鸡蛋液(蛋黄),与步骤(2)所得面糊混合均匀,得到均匀的面糊;
- (4) 按配方准确称取 70 g 蛋清和 35 g 蔗糖,打发蛋清至干性发泡状态时,停止打发,期间三等份加入蔗糖,得到打发蛋清;
- (5) 取 1/3 步骤(4)所得打发蛋清与步骤(3)所得面糊混合均匀,随后将混合均匀的面糊与剩余的 2/3 蛋清混合均匀,得到蛋糕糊,期间用刮刀由容器底部向上翻拌,不可转圈搅拌,以免蛋清消泡;

(6) 准确称取步骤(5)所得蛋糕糊 105 g 倒入蛋糕模具中, 烘烤温度上火 145 ℃, 下火 140 ℃, 成型后取出倒扣放凉 15 min, 脱模取出即得成品蛋糕。

1.3.1.2 烘焙损失率测定

对烘烤模具进行准确称重, 质量记为  $M_0$ ; 对倒入烘烤模具的由 1.3.1.1. 制备得到的蛋糕糊与模具进行准确称重, 质量记为  $M_1$ ; 对烘烤后的蛋糕和模具进行准确称重, 质量记为  $M$ 。所有称重精确到小数点后两位, 实验平行 3 次。

$$A = \frac{M_1 - M}{M_1 - M_0} \times 100\% \tag{1}$$

式中:

- $A$ ——烘焙损失率, %;
- $M_0$ ——模具的质量, g;
- $M_1$ ——倒入蛋糕糊后模具的质量, g;
- $M$ ——烘烤完成后蛋糕和模具的质量, g。

1.3.1.3 水分含量测定

参照 GB/T 5009.3-2016《食品中水分的测定》中的第一法来测定戚风蛋糕中的水分含量。

1.3.1.4 比容测定

戚风蛋糕比容的测定, 参照 GB/T 14611-2008 的国标方法<sup>[18]</sup>, 蛋糕烘烤成型后在室温下冷却, 去除表皮, 切成边长约为 2 cm 的立方块, 准确称量其质量, 记为  $M$ , 用菜籽置换法测量其体积, 记为  $V$ , 蛋糕比容采用公式下面公式计算, 每组蛋糕重复测量 6 次, 去除最大值最小值后计算平均值。

$$B = \frac{V}{M} \tag{1}$$

式中:

- $B$ ——比容, mL/g;
- $V$ ——蛋糕的体积, mL;
- $M$ ——蛋糕的质量, g。

1.3.1.5 水分分布的测定

采用低场核磁共振成像(MRI)技术, 将戚风蛋糕样品放置于同一测试位进行扫描得到黑白成像图, 使用纽迈核磁共振图像处理软件处理得到伪彩图。以此来得到戚风蛋糕样品中的水分分布情况。

1.3.1.6 质构特性测定

戚风蛋糕烘烤成型后在室温下冷却, 去除蛋糕表皮, 切成边长约为 2 cm 的立方块待测试。测试参数设置如下: 使用 P/36 R 平底圆柱探头, 触发值 5 g, 压缩比为 75%, 循环数 2, 测试前速度 5 mm/s, 测试速度 1 mm/s, 返回速度 5 mm/s。每个样品平行测定 6 次, 去除最大值和最小值后计算平均值, 得到戚风蛋糕的硬度、咀嚼性、弹性和回复性四个指标。

1.3.2 戚风蛋糕感官品质的评价

挑选 10 名受过培训的感官评定人员组成感官评定小组, 对对照组、抹竹替代组和抹茶替代组的戚风蛋糕进行感官评价。主要评价指标包括外观、口感、组织结构和滋味, 并计算出总评分, 如表 2 所示。

表 2 戚风蛋糕的评价项目和评价指标  
Table 2 Sensory contents and standard of chiffon cakes

| 评价项目         | 分值    | 标准                            |
|--------------|-------|-------------------------------|
| 外观<br>(20)   | 16~20 | 表面光滑, 色泽明亮均匀, 膨发良好            |
|              | 12~15 | 表面略有裂纹, 色泽发暗、略有不均匀, 稍有收缩      |
|              | 1~11  | 表面裂纹明显, 色泽黯淡, 有明显收缩且有凹陷       |
| 口感<br>(20)   | 16~20 | 口感绵软、细腻, 不粘牙                  |
|              | 12~15 | 绵软性尚可, 略有坚实或粗糙感, 有粘牙感         |
|              | 1~11  | 松散发干, 有明显坚实、粗糙感或较粘牙           |
| 组织<br>结构(30) | 23~30 | 有光泽, 气孔较均匀、细密, 无粘连部分, 按压后快速弹起 |
|              | 16~22 | 有光泽, 气孔略大、不均匀, 无粘连部分, 按压后较快弹起 |
|              | 1~15  | 无光泽, 气孔较大、不均匀, 有粘连部分, 按压后回复较慢 |
| 滋味<br>(30)   | 23~30 | 甜度适中, 蛋糕香味适中, 无蛋腥味、涩味         |
|              | 16~22 | 稍稍过甜或甜度不够, 蛋糕香味淡, 略有蛋腥味、涩味    |
|              | 1~15  | 蛋糕滋味怪异, 蛋腥味、涩味明显              |

1.4 数据分析

所有数据都进行三次平行实验, 数据用 Excel 统计计算, 表示为三次数据的平均值 ± 标准偏差。数据显著性分析利用 SPSS 软件中的 Duncan's 分析法,  $P < 0.05$  表示差异显著, 图形绘制采用 Origin Pro 9.8.0.200。

2 结果与分析

2.1 戚风蛋糕的烘焙损失率和水分含量

抹竹和抹茶对戚风蛋糕烘焙损失率的影响如图 1a 所示, 从图可看出, 与对照组相比, 当抹竹替代比 ≤ 15% 时, 戚风蛋糕的烘焙损失率随替代比的增加而下降, 从 17.10% 降至 15.50%, 但当替代比达 20% 时, 戚风蛋糕的烘焙损失率反而上升到 17.54%, 这说明抹竹的替代比应 ≤ 15%。对于抹茶, 当其替代比 ≤ 5% 时, 抹茶的添加使得蛋糕的烘焙损失率降至 16.75%, 但当替代比 ≥ 5% 时, 随抹茶替代比的增加蛋糕的烘焙损失率逐渐上升, 因此抹茶的替代比最好 ≤ 5%。同时从



图 1b 也可以看出, 当抹竹替代比 $\leq 15\%$  时, 抹竹的添加使得蛋糕的水分含量逐渐上升, 从 30.70% 上升至 33.36%, 这是由于抹竹中的膳食纤维含量更高<sup>[16,17]</sup>, 其持水力强, 在烘烤过程中有效地减少了戚风蛋糕中水分的散失, 但当替代比达到 20% 时, 戚风蛋糕的水分含量低于对照组; 相较于抹竹, 抹茶添加量 $\leq 5\%$ , 水分含量有所增加, 但当添加量 $\geq 5\%$ , 其水分含量呈现明显下降趋势, 这与此时戚风蛋糕较高的烘焙损失率相符合, 也验证了戚风蛋糕的烘焙损失主要是水分的散失, 综合二者考虑, 抹茶的最佳替代比为 15%, 而抹茶最好 $\leq 5\%$ , 否则会增加烘焙损失率和降低其中的水分含量。但水分含量并不是决定戚风蛋糕品质的唯一因素, 还需要结合比容来综合评价<sup>[16,19]</sup>。

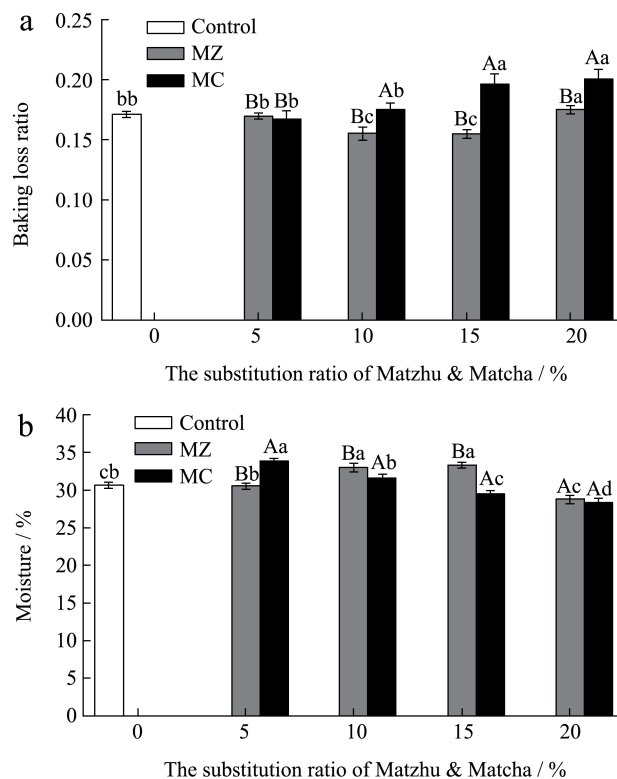


图 1 戚风蛋糕的烘焙损失率 and 水分含量

Fig.1 The baking loss ratio and moisture of chiffon cakes

注: (a) 烘焙损失率; (b) 水分含量。

2.2 戚风蛋糕的比容

由图 2 可以看出, 与对照组相比, 在抹竹替代比 $\leq 15\%$  时, 蛋糕的比容随抹竹替代比的增加而增加, 当替代比为 10% 和 15% 时蛋糕比容增加最为明显, 此时戚风蛋糕的比容分别为 3.59 和 3.64, 相比于对照组分别上升了 21.69% 和 23.39%, 但当替代比达到 20% 时, 蛋糕的比容反而下降, 因此抹竹的替代比应 $\leq 15\%$ ; 与对照组相比, 抹茶添加量为 5% 时, 其比容虽然也下降了 3.38%, 但影响不显著, 若

继续增加替代比为 10%~15% 时, 其比容下降幅度为 6.77%~18.6%, 之后再继续增加替代比为 20%, 其比容仅为 2.19, 下降幅度达 25.5%, 此时蛋糕质地过硬严重影响其品质。这是因为戚风蛋糕的比容受蛋糕糊粘度影响很大<sup>[16,17]</sup>, 抹竹有很好的持水能力, 15% 替代比以下的抹竹添加量使得蛋糕糊粘度降低, 烘烤过程中蛋糕糊中气泡得以保留, 所以蛋糕比容增大。而抹茶的添加使得蛋糕糊的粘度上升, 搅打过程中难以裹挟更多的空气, 在烘烤过程中也更不易膨发, 因而蛋糕的比容降低。

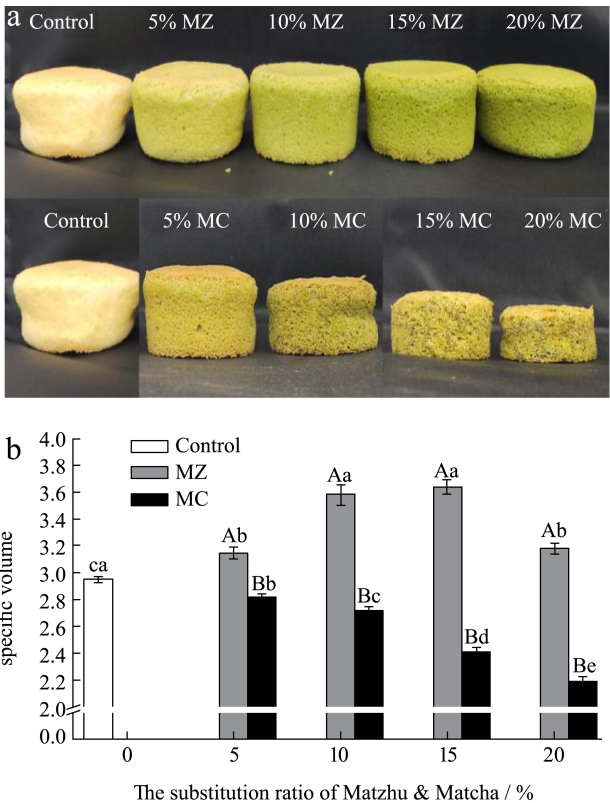


图 2 戚风蛋糕的实物图和比容

Fig.2 The physical images and specific volume of chiffon cakes

注: (a) 实物图; (b) 比容。

2.3 戚风蛋糕的MRI图像

低场核磁共振成像 (MRI) 图能够直观地反映蛋糕样品中不同状态水分子的信号<sup>[20,21]</sup>。图 3 为不同替代比的抹竹和抹茶戚风蛋糕与对照组横截面的质子密度成像的伪彩图。图中红色至蓝色的坐标轴代表戚风蛋糕样品中质子密度的从高到低, 红色为高质子密度, 蓝色为低质子密度。高质子密度区域代表的是样品中的结合水, 低质子密度的则是自由水。从图 3 可看出, 当抹竹替代比 $\leq 15\%$  时, 戚风蛋糕的质子密度逐渐增加, 这表示戚风蛋糕中结合水的比例逐渐增高, 说明抹竹的添加能够起到束缚水分, 从而增加戚风蛋糕中

结合水比例的作用，也验证了抹竹具有强的持水性。而当抹茶替代比 $\geq 10\%$ 时，蛋糕中的质子密度显著降低，甚至出现部分区域质子密度缺失的现象，这说明戚风蛋糕中的水分散失加剧，甚至破坏了戚风蛋糕原有的结构<sup>[16]</sup>。

2.4 戚风蛋糕的质构特性

由表 3 可知，当抹竹替代比 $\leq 15\%$ 时，戚风蛋糕的硬度随替代比的增加呈显著下降趋势，这表明抹竹的添加能够降低蛋糕的硬度。这是因为蛋糕的硬度与结合水含量呈正相关，与比容呈负相关，结合水含量高、比容大的蛋糕因持气能力大因此硬度小<sup>[22]</sup>。弹性和回复性与戚风蛋糕的松软度成正比，当抹竹的替代比 $\leq 15\%$ 时能够显著提高戚风蛋糕的弹性和回复性，这是因为抹竹中富含膳食纤维，持水性强，在烘烤过程中能够减少戚风蛋糕的水分损失。

结合 MRI 图与图 2a 可知，当抹茶的替代比 $\geq 15\%$ 时，戚风蛋糕的水分散失加剧，蛋糕的结构被破坏，质构测试的相关数据已无实际意义。

表 4 是抹茶对戚风蛋糕质构特性的影响，由表 4 可知，相比于对照组，5% 替代比的抹茶添加量并未对戚风蛋糕的质构特性造成显著影响，但当替代比增加到 10% 时蛋糕的硬度显著增大，弹性显著下降，这时蛋糕糊无法容纳多的气泡，阻碍了蛋糕糊膨胀从而减小蛋糕的比容和体积，见图 2a，此时也失去了制备戚风蛋糕的意义，因此，超过 10% 替代比的质构特性不再列出。从表 3 和表 4 还可以看出，相

比于抹茶，抹竹能够以较高的替代比（15%）添加到戚风蛋糕中，不仅减少了面筋蛋白的含量，增加了膳食纤维含量，还提高了蛋糕的烘焙品质；而抹茶的替代比 $\leq 5\%$ 为最佳，过多添加会显著影响蛋糕的烘焙品质，因此抹竹更适合以高替代比添加到戚风蛋糕中。

2.5 戚风蛋糕感官品质的分析

由表 5 抹竹和抹茶的添加对戚风蛋糕感官评价的影响可知，当抹竹替代比 $\leq 15\%$ 时，与对照组相比随抹竹替代比增加，其蛋糕感官评分相应升高，感官评分升高与表 3 戚风蛋糕的比容增加与硬度降低的结果一致，当抹竹替代比为 10% 时和 15% 时，感官总评分分别为 89.6 和 88.7，与对照组相比分别升高了 18.36% 和 17.17%，二者在口感、组织结构也都显著优于对照组，这是因为抹竹的添加降低了蛋糕糊的粘度，提高了蛋糕糊的持气能力和膨发性，进而增加了蛋糕的保水能力，使得蛋糕的口感松软、内部结构细腻，但当替代比达到 20% 时，蛋糕的评分反而降低了 2.77%，这时蛋糕表面出现裂纹，口感粗糙，因此抹竹的替代比最佳为 15%。从表 5 也可以看出，添加抹竹的蛋糕与对照组比，其评分均随抹竹替代比的增加而降低，各项评分显著低于对照组，当替代比为 5% 时，其评分为 68，下降了 10.17%，再继续增加为 10% 时，其评分仅为 49，下降了 35.27%，这是因为增加抹茶时，由于增大其粘度导致其比容降低，硬度增加，从而影响其感官评分。

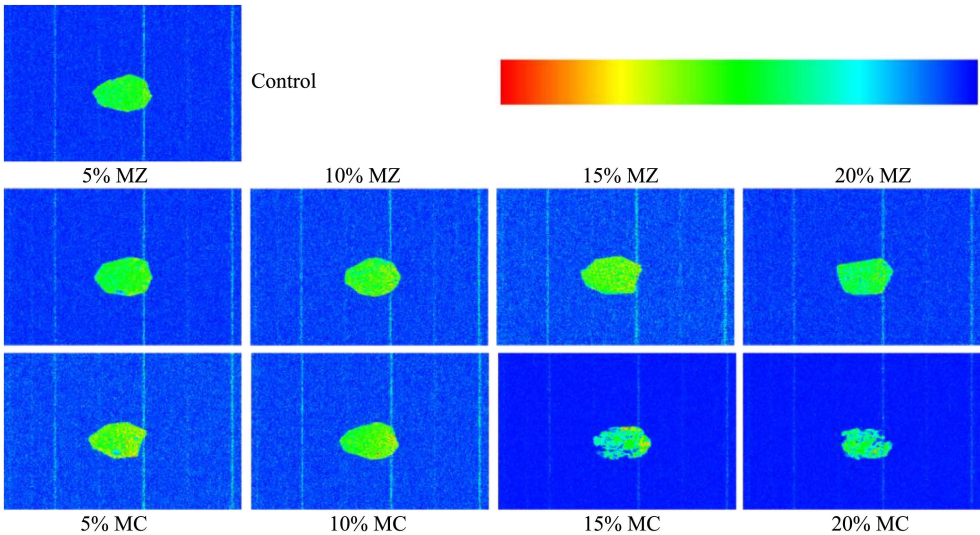


图 3 戚风蛋糕的 MRI 图

Fig.3 MRI images of chiffon cakes

表 3 抹竹对戚风蛋糕质构的影响

Table 3 Effects of Matzhu on texture of chiffon cakes

| 样品名     | 硬度                            | 弹性                        | 咀嚼性                           | 回复性                      |
|---------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Control | 3 575.21 ± 29.13 <sup>a</sup> | 0.69 ± 0.01 <sup>b</sup>  | 1 894.55 ± 27.48 <sup>a</sup> | 0.18 ± 0.01 <sup>c</sup> |
| 5% MZ   | 3 079.15 ± 67.31 <sup>b</sup> | 0.71 ± 0.02 <sup>bc</sup> | 1 833.61 ± 10.45 <sup>b</sup> | 0.20 ± 0.03 <sup>b</sup> |
| 10% MZ  | 2 665.81 ± 46.94 <sup>c</sup> | 0.81 ± 0.01 <sup>a</sup>  | 1 239.73 ± 11.05 <sup>d</sup> | 0.29 ± 0.01 <sup>a</sup> |
| 15% MZ  | 2 576.64 ± 27.12 <sup>c</sup> | 0.80 ± 0.01 <sup>a</sup>  | 1 225.90 ± 11.69 <sup>d</sup> | 0.28 ± 0.01 <sup>a</sup> |
| 20% MZ  | 3 091.91 ± 29.70 <sup>a</sup> | 0.73 ± 0.02 <sup>b</sup>  | 1 504.61 ± 15.41 <sup>c</sup> | 0.18 ± 0.03 <sup>b</sup> |

注：同一列字母不同表示有显著性差异（ $P<0.05$ ）。

表 4 抹茶对戚风蛋糕质构的影响

Table 4 Effects of Matcha on texture of chiffon cakes

| 样品名     | 硬度                            | 弹性                       | 咀嚼性                           | 回复性                      |
|---------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Control | 3 575.42 ± 29.13 <sup>c</sup> | 0.69 ± 0.01 <sup>a</sup> | 1 894.46 ± 27.48 <sup>b</sup> | 0.18 ± 0.01 <sup>a</sup> |
| 5% MC   | 4 111.34 ± 39.40 <sup>b</sup> | 0.67 ± 0.03 <sup>a</sup> | 1 873.91 ± 19.91 <sup>b</sup> | 0.16 ± 0.02 <sup>a</sup> |
| 10% MC  | 4 689.10 ± 50.50 <sup>a</sup> | 0.61 ± 0.01 <sup>b</sup> | 2 147.75 ± 17.04 <sup>a</sup> | 0.13 ± 0.01 <sup>b</sup> |

注：同一列字母不同表示有显著性差异（ $P<0.05$ ）。

表 5 抹竹和抹茶对戚风蛋糕感官得分的影响

Table 5 Effect of Matcha and Matcha on sensory scores of chiffon cake

| Samples | 外观   | 口感   | 组织结构 | 滋味   | 总评分  |
|---------|------|------|------|------|------|
| Control | 16.7 | 15.7 | 19.0 | 24.3 | 75.7 |
| 5% MZ   | 15.3 | 17.7 | 22.0 | 22.7 | 77.7 |
| 10% MZ  | 17.3 | 18.3 | 26.7 | 27.3 | 89.6 |
| 15% MZ  | 18.0 | 16.7 | 27.0 | 27.0 | 88.7 |
| 20% MZ  | 15.7 | 14.3 | 21.3 | 22.3 | 73.6 |
| 5% MC   | 13.3 | 14.0 | 19.7 | 21.0 | 68.0 |
| 10% MC  | 11.3 | 11.0 | 12.0 | 14.7 | 49.0 |

3 结论

研究表明：在戚风蛋糕做作中，抹竹的添加比抹茶的优势明显，抹竹的添加显著提高戚风蛋糕的烘焙品质，这是因为抹竹的膳食纤维含量更高，持水力更强，在烘烤过程中能显著阻止戚风蛋糕中水分的散失，降低戚风蛋糕的烘焙损失率，提高比容，减少硬度，增加弹性，从而提高蛋糕品质，抹竹的添加不仅减少了戚风蛋糕中面筋蛋白的含量，增加了蛋糕中膳食纤维的含量，还显著提高了蛋糕的烘焙品质。本文为抹竹食品的开发提供了理论基础和技术指导。

参考文献

[1] KHORASANIHA R, OLOF H, VOISIN A, et al. Diversity of fibers in common foods: key to advancing dietary research [J]. Food Hydrocolloids, 2023, 139: 108495.

[2] LI L, YAN S, LIU S, et al. In-depth insight into correlations between

gut microbiota and dietary fiber elucidates a dietary causal relationship with host health [J]. Food Research International, 2023, 172: 113133.

[3] RENZETTI S, VAN DER SMAN R G M. Food texture design in sugar reduced cakes: predicting batters rheology and physical properties of cakes from physicochemical principles [J]. Food Hydrocolloids, 2022, 131: 107795.

[4] LIN S. Dietary fiber in bakery products: source, processing, and function [J]. Advances in Food and Nutrition Research, 2022, 99: 37-100.

[5] FANG F, DIATTA A, SIMSEK S, et al. Effect of isomaltodextrin on dough rheology and bread quality [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2022, 57(3): 1554-1562.

[6] ISMAIL S, DUBEY P K, MISHRA A A, et al. Valorisation of banana peel and mango peel as functional ingredients in baked products: a review [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2024, 59(9): 5938-5950.

[7] 付诗尧.抹竹的研究与开发[D].杭州:浙江大学,2018.

[8] CHAN D S, WANG S T, CHEN M Y, et al. The effect of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) powder addition on qualities of gluten-free chiffon cake [J]. Food Science and Technology International, 2024, 30(5): 485-494.

[9] ZHAO Y, ZHOU X, LEI C, et al. The effect of raw dehydrated potato flour on the theological properties of dough and nutritional quality of chiffon cakes [J]. International Journal of Food Engineering, 2021, 17(8): 619-632.

[10] WANG S T, CHEN H J, FANG M, et al. The effect of yam (*Dioscorea japonica*) addition on aroma and properties of gluten-free rice chiffon cake [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2024, 59(8): 5450-5461.

[11] NOVELINA, AISMAN, RAMADHANI A. The comparative effect of Mocaf (modified cassava flour) and corn (*Zea mays* L.) flour on the characteristics of chiffon cake [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2023, 1182(1): 012052.

[12] RUAN Z, ZHANG C, SUN WATERHOUSE D, et al. Chiffon cakes

- made using wheat flour with/without substitution by highland barley powder or mung bean flour: correlations among ingredient heat absorption enthalpy, batter rheology, and cake porosity [J]. Food and Bioprocess Technology, 2019, 12(7): 1232-1243.
- [13] LIU Y, HUANG S, MENG T, et al. Effects of steam explosion on the nutritional and functional properties of black-grained wheat bran and its application [J]. Journal of The Science of Food and Agriculture, 2023, 103(4): 2175-2185.
- [14] ARORA B, KAMAL S, SHARMA V P. Sensory, nutritional and quality attributes of sponge cake supplemented with mushroom (*Agaricus bisporus*) powder [J]. Nutrition & Food Science, 2017, 47(4): 578-590.
- [15] KIRBAS Z, KUMCUOGLU S, TAVMAN S. Effects of apple, orange and carrot pomace powders on gluten-free batter rheology and cake properties [J]. Journal of Food Science and Technology-Mysore, 2019, 56(2): 914-926.
- [16] 黄李成.抹竹对戚风蛋糕品质和储藏稳定性的影响及机理研究[D].广州:华南理工大学,2023.
- [17] 赵利平,苗保军,黄李成,等.抹竹和抹茶对戚风蛋糕糊流变学特性的影响[J].现代食品科技,2025,41(6):226-232.
- [18] GB/T 14611-2008,粮油检验 小麦粉面包烘焙品质试验直接发酵法[S].
- [19] 于书蕾,尚珊,臧梁,等.不同藜麦粉添加量对海绵蛋糕面糊特性及烘焙特性的影响[J].食品研究与开发,2024,45(2):14-21.
- [20] 陈诚,张宾乐,王家宝,等.蔗糖酯与淀粉酶改善海绵蛋糕品质特性[J].食品科学,2018,39(24):1-6.
- [21] KIRTIL E, TONYALI B, AYDOGDU A, et al. Visualisation of cakes differing in oil content with magnetic resonance imaging [J]. International Journal of Food Properties, 2017, 20: S1025-S1036.
- [22] GOMEZ M, RUIZ E, OLLETE B. Effect of batter freezing conditions and resting time on cake quality [J]. Lwt-Food Science and Technology, 2011, 44(4): 911-916.