

冬瓜桑椹馅料配方优化及其挥发性风味物质分析

陆胜勇^{1,2}, 傅曼琴¹, 余元善¹, 温靖¹, 彭健¹, 林羨¹, 肖更生^{1,2*}

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 农业农村部功能食品重点实验室, 广东省农产品加工重点实验室, 广东广州 510610) (2. 仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广东广州 510225)

摘要: 以冬瓜、桑椹、白砂糖、花生油等为原料制作低脂低糖冬瓜桑椹果蔬馅料。该文探究了桑椹果浆、白砂糖粉和玉米淀粉液的添加量对馅料感官品质的影响, 在单因素试验基础上, 进一步采用正交试验设计优化, 测定硬度、胶黏度和咀嚼度等 TPA (Texture Profile Analysis) 参数确认最佳配方。以冬瓜质量 100.0% 浆计, 单因素试验中, 桑椹、白砂糖、玉米淀粉添加质量分数分别为 30%、6% 和 2% 时, 馅料的感官评分最高; 正交试验优化后的最佳配方为: 花生油 2.5 wt%、桑椹 30.0 wt%、白砂糖 6.0 wt%、玉米淀粉溶液 1.5 wt%。所得冬瓜桑椹馅料色泽油光滑亮、紧致、有桑椹和冬瓜的特有气味、酸甜适中、口感细腻、软硬适中; 馅料中总糖和还原糖的含量分别 46.22 wt%、30.07 wt%, 水分和脂肪含量分别为 39.48 wt%、1.04 wt%。有机酸总含量为 1.87 g/kg, 其中含量最高的是酒石酸 703.40 mg/kg, 苹果酸 453.34 mg/kg 和丙醇二酸 418.55 mg/kg, 花青素含量为 2.89 mg/g, 兼具冬瓜和桑椹的特征挥发性风味物质正己醛、正辛醛和柠檬烯, 相对含量分别为 8.06%、4.13% 和 1.58%。在室温条件下 (25 °C) 冬瓜桑椹馅料保质期为 30 d。

关键词: 冬瓜; 桑椹; 果蔬馅料; TPA 参数; 挥发性风味物质

文章编号: 1673-9078(2023)05-261-270

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.5.0745

Recipe Optimization of Winter Melon and Mulberry Fillings and Analysis of Their Volatile Flavor Compounds

LU Shengyong^{1,2}, FU Manqin¹, YU Yuanshan¹, WEN Jing¹, PENG Jian¹, LIN Xian¹, XIAO Gengsheng^{1,2*}

(1. Sericultural & Agri-Food Research Institute Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture, Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China)

(2. Light Industry Food Institute, Zhongkai College of Agricultural Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: Low-fat and low-sugar winter melon and mulberry fruit and vegetable fillings were prepared using winter melon, mulberry, white granulated sugar, and peanut oil. To explore the effects of adding mulberry pulp, refined white sugar powder, and corn starch solution on the sensory quality of fillings, based on single-factor experiments and further optimization with orthogonal test design, texture profile analysis (TPA) parameters, such as firmness, adhesive viscosity, and chewiness, were examined to confirm the optimal formula. In the single-factor test on 100.0% mass of winter melon pulp, when the mass fractions of mulberry, white granulated sugar, and corn starch were respectively 30%, 6%, and 2%, the sensory score of the filling was the highest. The optimal formula after optimization through orthogonal experiments was 2.5 wt% peanut oil, 30.0 wt% mulberry, 6.0 wt% white sugar, and 1.5 wt% corn starch solution. The obtained winter melon and mulberry filling was smooth, bright in color, and compact; had the unique smell of mulberry and winter melon; was moderately sweet and sour and delicate in taste; and had moderate firmness. The total and reducing sugar contents of the filling were 46.22 wt% and 30.07 wt%, respectively, and the moisture

引文格式:

陆胜勇, 傅曼琴, 余元善, 等. 冬瓜桑椹馅料配方优化及其挥发性风味物质分析[J]. 现代食品科技, 2023, 39(5): 261-270.

LU Shengyong, FU Manqin, YU Yuanshan, et al. Recipe optimization of winter melon and mulberry fillings and analysis of their volatile flavor compounds [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(5): 261-270.

收稿日期: 2022-06-13

基金项目: 广东省现代农业产业技术体系创新团队建设项目 (2022KJ110); 广东省农业科学院“十四五”农业优势产业学科团队 (202109TD); 广东省农业科学院人才项目 (R2020PY-JX011); 广东省农业科学院协同创新中心课题 (XT202224); 现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-18-ZJ0506)

作者简介: 陆胜勇 (1997-), 男, 硕士在读, 研究方向: 食品加工与安全, E-mail: 1257719202@qq.com

通讯作者: 肖更生 (1965-), 男, 研究员, 研究方向: 果蔬精深加工, E-mail: guoshuxgs@163.com

and fat contents were 39.48 wt% and 1.04 wt%, respectively. The total content of organic acids was 1.87 g/kg, of which the highest content was of tartaric acid at 703.40 mg/kg, followed by malic acid at 453.34 mg/kg, tartronic acid at 418.55 mg/kg, and anthocyanin at 2.89 mg/g. The characteristic volatile flavor substances of winter melon and mulberry were n-hexanal, n-octaldehyde, and limonene, with relative contents of 8.06%, 4.13%, and 1.58% respectively. At 25 °C, the shelf life of winter melon and mulberry fillings was up to 30 days.

Key words: winter melon; mulberry; fruit and vegetable fillings; TPA parameters; volatile flavor compounds

冬瓜 (*Benincasa hispida* (Thb.) Cogn.) 是一年生葫芦科草本植物, 广泛分布在热带和亚热带地区。在中国, 冬瓜的种植已有 1 500 多年历史, 年种植面积超过 500 万亩, 亩产可达 4 000~10 000 kg, 是一种物美价廉, 药食兼用的优质果蔬^[1,2]。冬瓜种植面积大、产量高, 在收获旺季会出现供过于求的现象, 导致价格低廉, 目前我国的冬瓜以鲜销为主, 附加价值低, 因此冬瓜精深加工技术研究是促进冬瓜产业发展的重要对策, 冬瓜果肉是冬瓜蓉、水果馅月饼和一些糖制品的重要原料, 还可以将其酿造成冬瓜酒^[3]。

冬瓜营养丰富、药用价值高, 不仅清香低热量, 还具有消热利水的功效, 且纤维和水分含量高, 脂肪和糖含量低, 冬瓜特有的丙醇二酸能控制人体内的糖转化, 脂肪堆积对预防心脑血管疾病和肥胖症都有很好效果^[1]。桑椹花青素含量高, 具有较强的抗氧化活性, 能促进碳水化合物、脂肪、氨基酸及蛋白质的代谢, 有健脾开胃、增强消化的作用^[4,5]。因此食用桑椹和冬瓜既能满足人体正常生长和生理活动的需求, 还能减少热量的摄入。冬瓜和桑椹炒制的馅料, 整合了各自的特点, 提高营养物质的同时, 又突出特有的风味和口感。近年来, 人们开始追求低油、低盐、低糖和低脂的饮食习惯, 成为一种新趋势^[6-8]。但目前对于冬瓜桑椹馅料的研究较少, 产品稀缺。因此以冬瓜和桑椹为主要原料开发一种口感风味独特、低脂低糖健康的果蔬馅料, 可丰富馅料产品类型。

本研究以冬瓜桑椹馅料为研究对象, 将冬瓜桑椹馅料的感官评定和硬度、胶黏度和咀嚼度等 TPA 参数相结合, 建立馅料 TPA 评价方法, 优化馅料配方, 分析冬瓜桑椹原料及馅料成品中水分、总糖、脂肪、有机酸等理化指标, 色泽、挥发性风味物质等感官指标的变化规律, 为与冬瓜桑椹相关的烘焙食品开发提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器设备

1.1.1 试验材料

黑皮冬瓜: 广东省农业科学院蔬菜研究所提供; 桑椹: 广东省农业科学院白云试验基地; 白砂糖、花生油、玉米淀粉: 市售; 葡萄糖 AR: 天津福晨; C5-C20

系列烷烃标准品: 德国 CNW Technologies GmbH 公司; 丙醇二酸、苹果酸、柠檬酸、酒石酸、富马酸、乳酸、己二酸、丁二酸: 分析标准品, 中国食品药品检定研究院; 3,5-二硝基水杨酸、NaOH、HCl、石油醚等化学试剂均为国产分析纯。

1.1.2 主要仪器设备

电磁炉、不粘锅, 苏泊尔股份有限公司; SZC-D 脂肪自动测定仪, Foss 公司; UV-1800 紫外可见分光光度计, Shimadzu Corporation; LC-10T 液相色谱仪, 赛智科技公司; 7890B-5977B 型气相色谱-质谱联用仪, 美国安捷伦公司。

1.2 馅料的生产工艺

1.2.1 原材料预处理

(1) 冬瓜浆: 新鲜冬瓜去皮、瓢和籽, 切块, 沸水漂烫 1 min, 冷却后打成匀浆, 称重备用;

(2) 桑椹浆: 新鲜桑椹冲洗干净、去蒂, 打浆备用;

(3) 玉米淀粉溶液: 玉米淀粉溶解在等量的饮用水中, 搅拌均匀备用。

1.2.2 馅料工艺流程

参考吴俊师等^[9]的方法, 稍作改动。将原辅料按照 1.2.1.1 进行预处理, 不粘锅加热 2 min, 加入冬瓜浆 500 g, 180 °C 翻炒 20 min, 加入花生油 (2.5 wt%)、白砂糖、玉米淀粉溶液, 200 °C 翻炒 10 min, 加入桑椹浆, 继续翻炒直至馅料水分含量为 39% 左右, 热灌装入无菌袋真空密封包装, 冷却成型即得馅料成品。

1.3 低糖冬瓜桑椹馅料工艺优化

1.3.1 单因素试验设计

馅料基本配方: 以冬瓜浆的质量为 100.0% 计, 添加花生油 2.5 wt%, 分别以桑椹果浆添加量、白砂糖粉添加量、玉米淀粉液添加量为因素, 进行三个变量, 五个水平的单因素试验, 馅料炒制结束时间以馅料含水量低于 39% 时计。

1.3.1.1 桑椹添加量的影响

选择白砂糖粉、玉米淀粉液分别为 6.0 wt%、2.0 wt%, 探讨添加桑椹质量分别为 15.0%、20.0%、25.0%、30.0%、35.0% 时, 对馅料感官评价的影响。

1.3.1.2 白砂糖添加量的影响

确定桑椹和玉米淀粉溶液的添加量分别为 30.0 wt%、2.0 wt%，确定添加白砂糖粉质量 2.0%、4.0%、6.0%、8.0%、10.0%时，对馅料感官评价的影响。

1.3.1.3 50%玉米淀粉溶液添加量的影响

确定白砂糖和桑椹的添加量分别为 6.0 wt%、30.0 wt%，确定添加玉米淀粉质量 1.0%、1.5%、2.0%、3.0%、3.5%时，对馅料感官评价的影响。

1.3.2 冬瓜桑椹馅料感官评价

依据《食品馅料》GB/T 21270-2007、《月饼》GB/T 19855-2015，制作符合该馅料的评分标准表，如表 1。感官评价过程参照 GB/T 13868-2009 标准执行，10 名感官评分员组成小组，采用评分检验法对冬瓜桑椹馅料进行感官评定，去除最高最低分，取 8 个分数的均

值，综合评分公式 (1) 计算，得到的馅料感官评价的结果选择三个变量对应的三个水平对馅料感官评价的影响再进行正交试验^[10]。

$$N = \frac{a+b+c+d+e}{8} \quad (1)$$

式中：

N——综合分数；

a——色泽分；

b——杂质分；

c——气味分

d——酸甜分；

e——口感分。

表 1 冬瓜桑椹馅料感官评分表

Table 1 Wax gourd mulberry filling sensory score sheet

项目	评价标准	评级	评分/分
杂质 (5 分)	无杂质及异物，组织状态完好且易成型	优	4~5
	有较少杂质及异物，组织状态一般，可以成型	良	2~3
	有明显杂质及异物，组织粗糙，难以成型或不成型	差	0~1
色泽 (5 分)	富有光泽、颜色呈淡紫色、均匀油润	优	4~5
	光泽一般、颜色较紫或较白，基本均匀油润	良	3~2
	光泽暗淡或无光泽、颜色过紫或过白、不均匀、不油润	差	0~1
口感 (5 分)	口感顺滑、无黏牙感	优	4~5
	较顺滑或较黏牙	良	2~3
	粗糙或粘牙	差	0~1
气味 (5 分)	桑椹、冬瓜香融合适中，味道丰富，香味浓郁	优	4~5
	桑椹、冬瓜香体现得不明显，香味一般	良	2~3
	桑椹、冬瓜香过于浓郁，气味偏重且单一或有异味	差	0~1
酸甜 (5 分)	酸甜度适中	优	4~5
	较酸或较甜	良	2~3
	酸甜过重或无酸味和甜味	差	0~1

1.3.3 感官评分与 TPA 参数的相关性

结合单因素试验感官评分，确定白砂糖和玉米淀粉的最佳添加量，通过桑椹添加量 (以质量计) 15.0%、20.0%、25.0%、30.0%、35.0% 的感官评分，对五种馅料分别进行 TPA 特性 (硬度、粘度、弹性、凝聚性、胶黏性、咀嚼性、回复性) 检测，拟合评分与 TPA 参数的相关性。参照 GB/T 19855-2015 和 GB/T 17320-2013，运用质地剖面检验法对冬瓜桑椹馅料进行评价，确定相关性较高的三个 TPA 参数，作为正交试验的比较对象^[11]。

1.3.4 馅料最优工艺确定

在三个单因素实验基础上，选取各因素的最优三个水平进行正交试验。每个样品测量五次，参数结果为三个相差较小数值的均值。如表 2，将 9 个试验号

与三个 TPA 参数的数值进行正交分析，得出最优工艺配方。

表 2 正交试验表

Table 2 Orthogonal test table

试验号	A (桑椹/wt%)	B (白砂糖/wt%)	C (玉米淀粉/wt%)
1	1 (25.0)	1 (4.0)	1 (1.0)
2	1	2 (6.0)	2 (1.5)
3	1	3 (8.0)	3 (2.0)
4	2 (30.0)	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3 (35.0)	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

1.4 理化指标测定

1.4.1 总糖和还原糖的测定

参照张越等^[12]利用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定冬瓜、桑椹及馅料的总糖和还原糖。

1.4.2 含水量测定

参照国家标准 GB 5009.3-2016, 直接干燥法测定冬瓜、桑椹及馅料的水分含量。

1.4.3 粗脂肪含量测定

参照国家标准 GB 5009.6-2016, 食用脂肪测定仪测定冬瓜、桑椹及馅料的粗脂肪含量。

1.4.4 有机酸含量测定

参照国家标准 GB 5009.157-2016, 液相色谱法测定冬瓜、桑椹及馅料的丙醇二酸、苹果酸、柠檬酸、酒石酸、富马酸、乳酸、己二酸、丁二酸含量并计算有机酸保留率, 如公式 (2)。

$$X_1 = \frac{CM}{m_1c_1 + m_2c_2} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

X_1 ——有机酸保留率, %;

M ——炒制前馅料的质量, kg;

C ——炒制后有机酸的含量, mg/kg;

m_1 、 m_2 ——分别表示冬瓜和桑椹的质量, kg;

c_1 、 c_2 ——分别表示炒制前桑椹和冬瓜的有机酸含量,

mg/kg。

1.4.5 馅料色泽及花色苷的测定

色差仪测定原料及产品的色泽, pH 示差法测定原料及产品的花青素含量^[13], 参照公式 (3) 计算保留率。

$$X_2 = \frac{C_2}{C_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

X_2 ——花青素保留率, %;

C_1 、 C_2 ——分别表示炒制前后花青素的含量, mg/g。

1.4.6 微生物测定

执行国家标准《GB/T 21270-2007 食品馅料》测定馅料的微生物。

1.4.7 挥发性风味物质的测定

参照周慧敏等^[14]的方法, 取 3.0 g 样品于顶空瓶, 40 °C 水浴平衡 10 min, 使用老化后的萃取头萃取 20 min, 气相色谱仪进样, 解析 3 min。

GC-MS 条件: (1) 色谱柱为 DB-5MS 石英毛细管柱, 进样口温度为 270 °C, 载气为 He、流速为 1.0 mL/min, 不分流进样, 柱温箱程序设定为: 起始温度为 35 °C, 保持 5 min, 以 5 °C/min 升至 240 °C 维持 3 min, 气化温度为 270 °C。(2) 离子源 EI, 电子

能量为 70 eV, 离子源温度为 240 °C, 扫描质量范围: m/z 30~450, 接口温度为 270 °C。

1.5 数据处理与分析

采用 Excel、Origin 2018 对数据进行统计分析及作图, 运用 SPSS 对结果进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 单因素实验分析

2.1.1 桑椹添加量对馅料感官评价的影响

桑椹是聚合浆果, 其颜色鲜艳、酸甜清香, 在馅料中添加一定的桑椹, 可为增添馅料的色香味^[15,16]。由图 1 可看出桑椹果浆添加量对馅料品质影响较大, 但是随着桑椹添加量的增加, 馅料的感官评分先提高后降低, 当桑椹添加量为 30.0 wt% 时, 最高感官评分为 23.13 分。当桑椹添加量较小时, 桑椹的气味及口感不突出; 当添加量较大时, 馅料成型困难和偏软, 容易粘牙。根据感官评价, 桑椹果浆的最佳添加量为 30 wt%。因此桑椹果浆适量添加可使馅料的香味增加, 酸甜口味增加, 口感更佳。

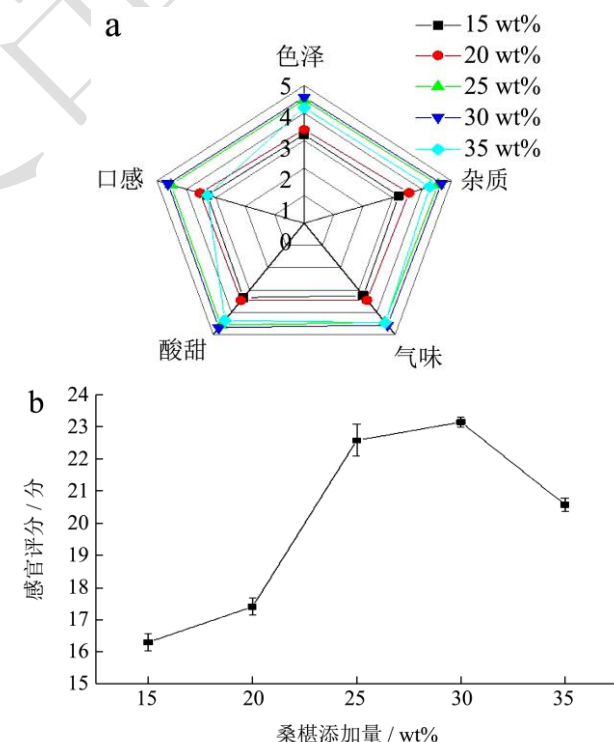


图 1 桑椹添加量对馅料感官的影响

Fig.1 Effects of mulberry addition on sensory evaluation

注: a: 桑椹添加量对感官品质的影响; b: 桑椹添加量对感官评分的影响。

2.1.2 白砂糖添加量对馅料感官评价的影响

白砂糖是一种调味品, 富含维生素、微量元素等,

可改善馅料的香气、酸甜口感等^[17,18]。由图 2 可以看出白砂糖添加量对馅料品质影响较大,白砂糖可让馅料的甜味增加。但随着白砂糖量的增加,馅料感官评分会先提高后降低,当添加白砂糖粉添加量为 6.0 wt% 时,最高感官评分为 22.17 分。白砂糖的量较小,酸甜感较差,口感较差;当添加量过大时,馅料过甜,易粘牙。结果表明,白砂糖的最佳添加量 6 wt%。因此适量的白砂糖可以增加馅料的甜味、滋味、香气和酸甜口感,还能改善其组织状态。

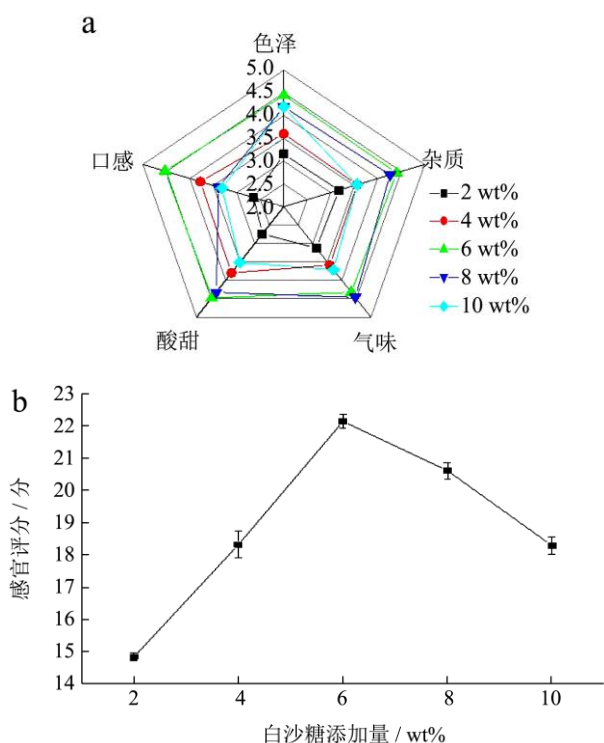


图 2 白砂糖添加量对馅料感官评价的影响

Fig.2 Effect of white granulated sugar addition on the sensory perception of fillings

注: a: 白砂糖添加量对感官品质的影响; b: 白砂糖添加量对感官评分的影响。

2.1.3 玉米淀粉溶液添加量对馅料感官评价的影响

玉米淀粉作为食用品质较高的淀粉,淀粉结构支链较多,具有独特的理化特性^[19,20]。由图 3 可以看出淀粉添加量对馅料品质影响较大,玉米淀粉溶液的添加会使馅料的硬度增加,不易散型。但是随着淀粉溶

液添加量的增加,馅料的感官评分也是先升后降,当淀粉添加质量为 2.0% 时,最高感官评分为 23.50 分。当淀粉溶液添加量较小时,馅料偏软,易粘牙不成型;当淀粉液量较大,馅料过硬,口感较差。根据感官评价,添加 2.0 wt% 玉米淀粉结果最佳。因此,适量添加玉米淀粉液能改变馅料的组织状态,改善馅料的口感。

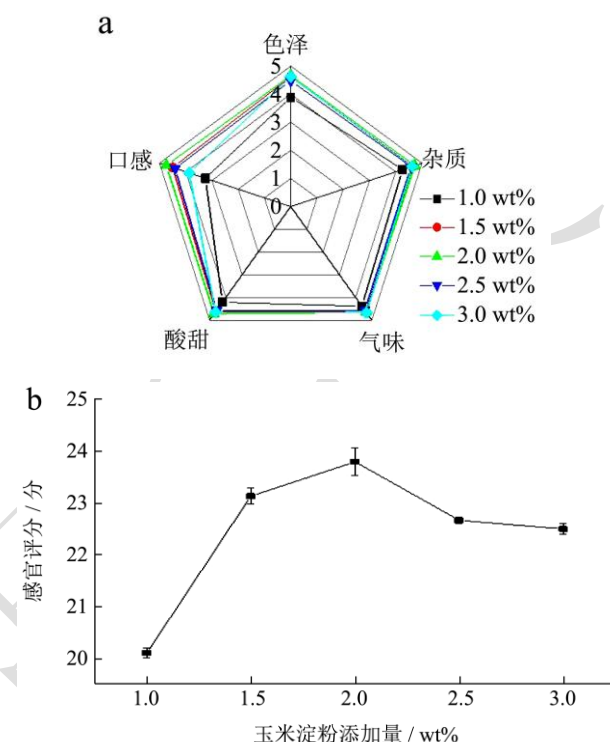


图 3 淀粉溶液添加量对馅料感官评分的影响

Fig.3 Effect of starch solution addition on sensory evaluation of fillings

注: a: 淀粉溶液添加量对感官品质的影响; b: 淀粉溶液添加量对感官评分的影响。

2.2 正交试验分析

2.2.1 三个变量正交试验的三个水平分析

经过三个单因素实验评分可知,馅料感官效果较好的是,添加桑椹果浆的质量分数为 25%、30%、35%;白砂糖粉添加质量分数为 4%、6%、8%;玉米淀粉液添加质量分数为 1.5%、2.0%、2.5%。由此选择上述配方进行正交试验。

2.2.2 感官评分与 TPA 参数的相关性

表 3 馅料感官评分与 TPA 参数的相关性

Table 3 Correlation between sensory scores of fillings and TPA parameters

	评分	硬度	粘度	弹性	凝聚性	胶黏性	咀嚼性	回复性
评分	1	-0.827**	0.676	-0.750*	0.050	-0.824**	-0.832**	0.160
评分	相关系数显著性(双侧) N	0.008	0.132	0.019	0.882	0.009	0.007	0.713
	5	5	5	5	5	5	5	5

注: **表示在 0.01 水平(双侧)上极显著相关,*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

相关系数的绝对值在 0.8 以上, 两者有较强的相关性。由表 3 知, 馅料的感官评分与硬度 (-0.827)、胶黏性 (-0.824) 和咀嚼性 (-0.832) 呈极显著性负相关, 与弹性 (-0.750) 呈显著性负相关。

表 4 馅料配方优化试验结果

Table 4 The experimental results of filling recipe optimization

试验号	A 桑椹/wt%	B 白砂糖 wt%	C 淀粉溶液/wt%	硬度	胶黏度	咀嚼度
1	1 (25)	1 (4)	1 (1.0)	3 721.53	1 927.04	1 908.83
2	1	2 (6)	2 (1.5)	2 344.33	1 869.02	1 717.37
3	1	3 (8)	3 (2.0)	4 168.46	3 126.15	2 907.03
4	2 (30)	1	2	2 948.20	2 132.71	2 028.39
5	2	2	3	2 445.38	1 672.30	1 620.85
6	2	3	1	2 742.12	1 860.66	1 817.39
7	3 (35)	1	3	3 138.02	2 159.75	2 121.63
8	3	2	1	2 434.42	1 840.53	1 731.68
9	3	3	2	2 926.03	1 743.06	1 629.69

K1	3 411.44	3 269.25	2 966.02	以硬度作为评价指标		
K2	2 711.90	2 408.04	2 739.52			
K3	2 832.82	3 278.87	3 250.62			
R	699.54	870.83	511.10			
最优	A2	B2	C2			

K1	2 307.40	2 073.16	1 876.08	以胶黏度作为评价指标		
K2	1 888.56	1 793.62	1 914.60			
K3	1 914.45	2 243.29	2 319.40			
R	418.85	449.67	443.32			
最优	A2	B2	C1			

K1	2 177.74	2 019.62	1 819.30	以咀嚼度作为评价指标		
K2	1 822.21	1 689.97	1 791.82			
K3	1 827.67	2 118.04	2 216.50			
R	355.53	428.07	424.68			
最优	A2	B2	C2			

表 5 正交试验结果方差分析

Table 5 Analysis of variance of orthogonal test results

	方差来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
硬度方差分析	A	838 775.91	2	419 387.96	2.77	0.27	
	B	1 500 108.55	2	750 054.28	4.96	0.17	
	C	393 522.23	2	196 761.12	1.30	0.43	
	D(误差)	302 669.61	2	151 334.81			

胶黏度方差分析	A	5.52E+13	2	2.76E+13	3.38	0.23	
	B	9.28E+14	2	4.64E+14	56.90	0.02	*
	C	3.98E+13	2	1.99E+13	2.44	0.29	
	D(误差)	1.63E+13	2	8.15E+12			

咀嚼度方差分析	A	5.52E+13	2	2.76E+13	3.38	0.23	
	B	9.28E+14	2	4.64E+14	56.90	0.02	*
	C	3.98E+13	2	1.99E+13	2.44	0.29	
	D(误差)	1.63E+13	2	8.15E+12			

注: 表中*表示相关性显著 (P<0.05)。

2.2.3 馅料的最优配方

由正交试验结果表 4 知, 配方为 A2、B2、C2 (桑椹果浆添加量为 30 wt%、白砂糖 6 wt%、淀粉溶液 1.5 wt%), 评价参数硬度和咀嚼性结果最好。配方为 A2、B2、C1 (桑椹果浆添加量为 30 wt%、白砂糖 6 wt%、淀粉溶液 1.0 wt%), 评价参数胶黏性结果最好。

由馅料感官评分与 TPA 参数的相关性结果表 3 和正交试验结果表 4、5 知, 白砂糖是影响馅料胶粘度和咀嚼度最大的因素。因此, 确定以冬瓜浆 100 wt% 计, 花生油 2.5 wt%、桑椹果浆为 30 wt%、白砂糖粉 6 wt%、淀粉溶液 1.5 wt% 为最优配方。

2.3 理化指标分析

2.3.1 馅料原料和成品的总糖和还原糖含量

表 6 馅料原料和成品的总糖和还原糖平均含量

Table 6 Total sugar and reducing sugar content of filling raw

materials and finished products

项目	冬瓜/wt%	桑椹/wt%	馅料/wt%
还原糖	4.68	23.97	30.07
总糖	4.79	37.77	46.22

测定冬瓜、桑椹及冬瓜桑椹馅料的总糖和还原糖如表 6 所示, 冬瓜桑椹馅料的还原糖含量为 30.07 wt%, 总糖含量为 46.22 wt%, 低于国家标准 GB/T 2127-2007 《食品馅料》限量标准 60%, 表明该配方符合总糖含量的要求。

表 8 原料及成品的有机酸含量

Table 8 Organic acid content of raw materials and finished products

有机酸种类	桑椹/(mg/kg)	冬瓜/(mg/kg)	炒制前/(mg/kg)	炒制后/(mg/kg)	馅料有机酸保留率/%
丙二醇酸	87.43±1.22 ^d	944.61±30.99 ^a	693.46±22.11 ^b	418.55±28.34 ^c	60.36±2.12
酒石酸	344.69±49.65 ^a	56.85±6.75 ^d	114.47±5.74 ^b	80.34±8.02 ^c	70.18±3.18
苹果酸	427.57±22.11 ^a	262.01±22.00 ^c	267.49±9.29 ^b	223.34±33.12 ^d	83.50±1.32
乳酸	1.36±0.12 ^c	1.74±0.23 ^a	1.53±0.10 ^b	1.08±0.19 ^d	70.39±0.89
柠檬酸	311.98±12.67 ^c	364.24±67.23 ^a	327.02±21.03 ^b	232.73±33.23 ^d	71.17±4.02
富马酸	1.99±0.25 ^a	0.33±0.09 ^c	0.66±0.10 ^b	0.26±0.10 ^c	39.27±0.11
己二酸	196.88±30.32 ^a	35.01±5.01 ^d	67.20±7.12 ^b	41.00±1.39 ^c	61.02±1.34
丁二酸	127.60±23.21 ^a	15.21±5.89 ^d	38.21±5.01 ^b	23.78±3.21 ^c	62.24±2.22
合计	1 499.50±40.19 ^c	1 664.2±33.67 ^a	1 510.04±49.52 ^b	1 021.08±82.44 ^d	67.62±1.32

注: 同行不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3.4 馅料原料和成品的色泽及花青素含量

通过色差测定仪测定冬瓜、桑椹和馅料色泽的 L^* 、 a^* 、 b^* 值 (表 9), 结果表明, 炒制后馅料 L^* 、 a^* 、 b^* 分别为 19.47、1.15、0.77, 与桑椹浆相比, 馅料明亮度显著提高, 红黄色度提高; 桑椹富含花青素

2.3.2 馅料原料和成品的含水量和脂肪含量

冬瓜浆、桑椹浆和馅料的含水量和脂肪含量结果如表 7, 冬瓜含水量高于桑椹, 脂肪含量桑椹高于冬瓜, 馅料的含水量和脂肪含量分别为 39.48 wt% 和 1.04 wt%, 均低于国家标准 GB/T 2127-2007 《食品馅料》限量标准 40% 和 33%。

表 7 馅料原料和成品的含水量和脂肪平均含量

Table 7 Moisture and fat content of filling raw materials and

finished products

项目	冬瓜	桑椹	馅料
含水量/(g/100 g)	97.17±0.54	82.59±0.31	39.48±0.88
脂肪含量/(g/100 g)	0.05±0.008	0.30±0.007	1.04±0.013

2.3.3 馅料原料和成品的有机酸含量

有机酸具有延长食品保质期和改善食品风味的潜力^[21]。如表 8 所示, 冬瓜和桑椹中含有丰富的有机酸, 检出的总有机酸含量分别为 1 664.20 mg/kg 和 1 499.50 mg/kg, 炒制后的馅料保留了大部分的有机酸 (1 021.08 mg/kg)。桑椹中含量较高的为苹果酸、酒石酸和柠檬酸, 冬瓜中含有较多的丙二醇酸、酒石酸和苹果酸, 炒制后的成品馅料中含量较高的前三名有机酸分别为柠檬酸 (232.73 mg/kg)、苹果酸 (223.34 mg/kg) 和丙二醇酸 (418.55 mg/kg), 炒制后总有机酸保留率为 67.62%, 苹果酸保留率最高。说明所制得的馅料成品保留了冬瓜和桑椹中丰富的有机酸, 而有机酸可赋予馅料滋味和清香, 还具有抗炎、促进消化吸收等功能活性, 是一类具有保健作用的营养物质^[22]。

(39.95 mg/g), 而馅料中花青素含量降为 2.89 mg/g (保留率 33.76%), 这是由于炒制过程中花青素遇高温会发生降解导致^[23]。花青素具有抗氧化、改善视力水平、预防慢性代谢疾病等功效^[24]。

表9 原料及成品的色泽和花青素含量

Table 9 Color and anthocyanin content of raw materials and finished products

项目	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	炒制前花青素含量/(mg/g)	炒制后花青素含量/(mg/g)	花青素保留率/%
桑椹	0.72±0.03 ^c	1.80±0.12 ^a	-0.28±0.08 ^b	39.95±0.58 ^a	-	-
冬瓜	24.71±0.29 ^a	-1.56±0.04 ^c	-0.38±0.22 ^c	-	-	-
馅料	19.47±0.33 ^b	1.15±0.65 ^b	0.77±0.80 ^a	8.56±0.11 ^b	2.89±0.16	33.76±0.02

注: 同列不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

表10 冬瓜、桑椹和馅料的挥发性风味物质比较

Table 10 Comparison of volatile flavor compounds of wax gourd, mulberry and stuffing

序号	挥发性风味物质	保留时间/min	保留指数 (RI)	相对含量/%		
				冬瓜	桑椹	馅料
1	甲苯	7.8	673.1	ND	0.79±0.02	ND
2	正己醛	9.3	714.5	17.08±1.02	19.15±1.45	8.06±0.88
3	2-己烯醛	11.6	763.7	9.64±0.11	5.36±0.29	ND
4	2-壬烯-1-醇	12.1	777.6	1.29±0.12	ND	ND
5	正己醇	12.3	782.8	13.7±0.08	ND	ND
6	对二甲苯	12.3	785.9	ND	0.44±0.01	ND
7	苯乙烯	13.1	792.7	ND	1.31±0.29	ND
8	庚醛	13.6	800.0	ND	2.61±0.23	ND
9	己酸甲酯	14.4	808.5	ND	2.57±0.26	ND
10	苯甲醛	15.9	832.9	ND	8.20±0.42	0.46±0.01
11	2-正戊基咪喃	16.9	844.4	ND	3.98±0.89	1.38±0.18
12	正己酸乙酯	17.2	846.6	ND	3.58±0.35	ND
13	癸烷	17.3	864.6	ND	ND	0.81±0.10
14	正辛醛	17.4	870.3	ND	1.28±0.07	4.13±0.37
15	邻-异丙基苯	18.1	893.2	ND	0.34±0.01	ND
16	柠檬烯	18.3	943.2	0.54±0.03	2.77±0.13	1.58±0.09
17	桉叶油醇	18.4	950.4	ND	1.00±0.07	ND
18	苯乙醛	18.8	950.4	ND	0.69±0.01	ND
19	反-2-辛烯醛	19.3	962.4	ND	1.01±0.15	ND
20	壬醛	20.8	962.6	0.59±0.04	4.29±0.79	0.12±0.02
21	辛酸甲酯	21.4	964.6	ND	0.14±0.01	ND
22	反式 2,6-壬二醛	22.3	966.2	ND	0.23±0.00	ND
23	苯甲酸乙酯	22.9	969.2	ND	1.11±0.14	ND
24	癸醛	23.9	1 044.3	ND	0.39±0.02	0.36±0.01
25	壬酸乙酯	26.5	1 139.8	ND	0.14±0.01	ND
26	十三烷	26.6	1 151.6	ND	2.20±0.28	0.10±0.00
27	癸酸甲酯	27.2	1 239.7	ND	0.52±0.03	ND
28	癸酸乙酯	29.1	1 248.8	ND	0.51±0.04	ND
29	十四烷	29.3	1 348.4	ND	0.46±0.15	0.25±0.03
30	月桂酸乙酯	34.0	1 439.1	ND	0.42±0.05	ND
31	1-十六烯	34.2	1 493.1	ND	0.23±0.03	0.15±0.02
32	甲基咪喃溴酸酯	36.9	1 552.6	ND	0.19±0.04	ND
合计				42.84±3.68	65.91±6.21	17.4±2.01

注: ND表示未检出。

2.3.5 冬瓜桑椹馅料贮藏期

将炒制后的馅料真空包装 25 °C 避光贮藏,测定其微生物变化。贮藏 0~30 d,菌落总数小于 10⁴ CFU/g,霉菌数小于 150 CFU/g;大肠杆菌数 0~30 d 小于 10 CFU/g,30 d 后大于 100 CFU/g。因此,冬瓜桑椹馅料炒制后真空包装贮藏,保质期为 30 d。

2.3.6 馅料原料和成品的挥发性物质种类含量

GC-MS 分析由数据处理系统自动检索,得到各样品的总离子流图(图4),并初步确定物质组分,在经由保留指数确定该物质。按峰面积归一法计算该化合物的相对含量。

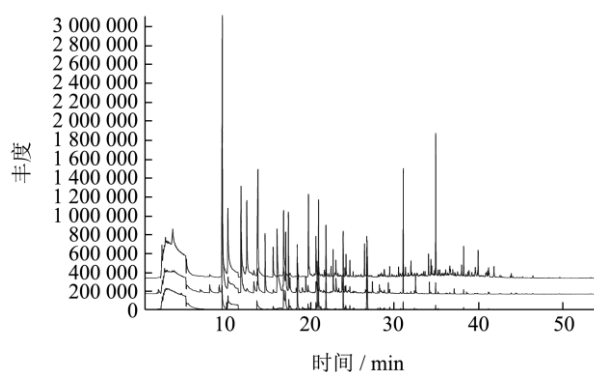


图4 馅料原料和成品 GC-MS 总离子流图

Fig.4 GC-MS total ion current diagram of filling raw materials and finished products

由表 10 知,冬瓜中的挥发性风味物质主要有正己醛、2-己烯醛、正己醇,结果与 WU^[25]研究结果一致。桑椹中含有较多的挥发性风味物质是正己醛、苯甲醛、壬醛、2-正戊基呋喃、正己酸乙酯、双戊烯、庚醛、己酸甲酯,现有研究中,从桑椹中鉴定中出 30~51 种不等的挥发性化合物,且难挥发却重要的香气前体物质脂肪酸含量很高,己醛、壬醛、己醇等化合物是桑椹主要的香气成分。冬瓜桑椹馅料有多种的挥发性风味物质,但其相对含量较低;对馅料的风味有贡献的化合物有,具有青草气味的正己醛,具有苦杏仁、樱桃及坚果香的苯甲醛,具有豆香、果香、泥土、青香及类似蔬菜的 2-正戊基呋喃,水果香气味的正辛醛,有类似柠檬香味的柠檬烯,具有玫瑰、柑橘等香气的壬醛,具有甜香、柑橘香、蜡香、花香的癸醛,烷烃类化合物阈值较大,对风味贡献较小^[26]。综上,冬瓜桑椹馅料保留了部分冬瓜和桑椹的风味物质,赋予馅料冬瓜和桑椹的香气,为馅料添加新的口感和风味。

3 结论

本实验以冬瓜桑椹馅料的原料和成品为研究对象,通过感官评分与 TPA 参数的相关性优化配方,测定总糖及还原糖、含水量、有机酸、挥发性物质种类

及其含量,经过数据分析得出以下结论:

冬瓜桑椹馅料的最优工艺:以冬瓜浆质量 100.0% 计,花生油 2.5 wt%、桑椹为 30.0 wt%、白砂糖 6.0 wt%、淀粉溶液 1.5 wt%。制得的馅料中还原糖含量为 30.07 g/100 g、总糖含量为 46.22 g/100 g,含水量为 39.48 g/100 g,脂肪含量为 1.04 g/100 g;符合国家标准 GB/T 2127-2007《食品馅料》的规定。馅料中还含有酒石酸、苹果酸和柠檬酸等有机酸以及桑椹花青素;风味物质主要是醛类和烯炔类,含量最高的是正己醛(8.06%),真空包装常温保质期为 30 d。本研究结果丰富馅料产品类型,适宜当前人们低糖低油饮食结构。同时延长桑椹、冬瓜产业链,增加其附加值,为与冬瓜桑椹相关的馅料及烘焙食品开发提供理论依据。

参考文献

- [1] Zaini N A M, Anwar F, Hamid A A, et al. Kundur [*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.]: A potential source for valuable nutrients and functional foods [J]. Food Research International, 2011, 44(7): 2368-2376.
- [2] Ma L L, Liu Z G, Cheng Z K, et al. Identification and application of BhAPRR2 controlling peel colour in wax gourd (*Benincasa hispida*) [J]. Frontiers in Plant Science, 2021, 12(10): 716772.
- [3] 辛明,李昌宝,孙健,等.基于主成分和聚类分析的冬瓜酒品质评价[J].热带作物学报,2019,40(8):1638-1644.
- [4] Chen C, You L, Abbasi A M, et al. Characterization of polysaccharide fractions in mulberry fruit and assessment of their antioxidant and hypoglycemic activities *in vitro* [J]. Food & Function, 2016, 1: 530-539.
- [5] Liang L, Wu X, Zhao T, et al. *In vitro* bioaccessibility and antioxidant activity of anthocyanins from mulberry (*Morus atropurpurea* Roxb.) following simulated gastro-intestinal digestion [J]. Food Research International, 2012, 46(1): 76-82.
- [6] Ahmad A, Isherwood C, Umpleby M, et al. Effects of high and low sugar diets on cardiovascular disease risk factors [J]. Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 2020, 66(Supplement): S18-S24.
- [7] Jéquier E, Bray G A. Low-fat diets are preferred [J]. American Journal of Medicine, 2002, 113(9): 41-46.
- [8] Lorenzo A D. Diet, nutrition and chronic degenerative diseases [J]. Nutrients, 2021, 13(4): 1372.
- [9] 吴俊师,刘巧瑜,曾晓房,等.低糖南瓜馅料的配方优化研究[J].食品研究与开发,2021,42(4):135-142.
- [10] 傅曼琴,徐玉娟,吴继军,等.一种富含天然有机酸的低脂低糖冬瓜桑椹馅料及其制备方法:中国,CN202011013147.6

- [P].2020-12-08.
- [11] 马媛媛,陆玲鸿,古咸彬,等.基于 TPA 的猕猴桃质地差异分析及贮藏性评价[J].果树学报,2021,38(9):1579-1589.
- [12] 张越,付莉.酸水解-斐林试剂滴定法测定大米淀粉含量的研究[J].食品工业科技,2017,38(20):256-259.
- [13] 殷剑美,王立,张培通,等.山药花青素合成关键酶基因的解析[J].江西农业学报,2018,30(7):1-6.
- [14] 周慧敏,赵冰,吴倩蓉,等.黑白胡椒腊肠贮藏期中气味活性物质演变及异味分析[J].食品科学,2020,41(24):162-171.
- [15] 何梦秀,秦和生,谢振奖,等.桑椹发酵饮料工艺优化[J].蚕业科学,2021,47(2):163-170.
- [16] 雷静,陈雅,廉苇佳,等.应用响应面法优化桑椹果叶酒发酵工艺[J].新疆农业科学,2021,58(6):1113-1123.
- [17] 周才碧,吴兴莉,李雅玲,等.绿茶发糕的配方优化及品质评价[J].食品工业,2022,43(3):22-26.
- [18] 闫艳华,樊艳坤.火麻仁核桃酱的研制与工艺优化[J].中国调味品,2022,47(5):150-154.
- [19] 王媛,娄海伟,赵仁勇.糯玉米淀粉对水饺皮品质的影响[J].食品科学,2023,44(2):71-78.
- [20] 郑玉玉,杨晔,尹登科,等.微波对玉米淀粉结构及理化性质的影响[J].食品科学,2022,43(11):99-104.
- [21] Su X Q, Wu F F, Zhang Y Q, et al. Effect of organic acids on bread quality improvement [J]. Food Chemistry, 2019, 278: 267-275.
- [22] 纪凤娣,魏巍,陶汇源,等.传统食醋中有机酸与人体健康[J].中国酿造,2021,40(3):11-16.
- [23] 朱燕,刘培刚,陈文广,等.不同果桑品种桑椹花青素含量比较分析及干燥工艺研究[J].蚕业科学,2020,46(6):749-756.
- [24] Yang W J, Guo Y X, Liu M, et al. Structure and function of blueberry anthocyanins: A review of recent advances [J]. Journal of Functional Foods, 2022, 88: 104864.
- [25] Wu C A, Liou S R, Chang Y O, et al. Volatile compounds of the wax gourd (*Benincasa hispida*, Cogn) and a wax gourd beverage [J]. Journal of Food Science, 2006, 52(1): 132-134.
- [26] Liu H, Xu Y, Wu J, et al. GC-IMS and olfactometry analysis on the tea aroma of Yingde black teas harvested in different seasons - Science Direct [J]. Food Research International (Ottawa, Ont.), 2021, 150: 110784.