

老香黄果糕配方的优化

林婉玲¹, 侯小桢¹, 王锦旭¹, 刘汉旭^{2*}, 刘谋泉¹, 范彦露¹, 罗东辉³, 李嘉俊¹

(1. 韩山师范学院生命科学与食品工程学院, 广东潮州 521041) (2. 韩山师范学院物理与电子工程学院, 广东潮州 521041) (3. 广东海洋大学阳江校区食品科学与工程学院, 广东阳江 529500)

摘要: 以老香黄为主要风味原料, 高酯果胶、刺槐豆胶和卡拉胶为胶体材料制作的一种具有老香黄风味特征的植物型果糕。通过单因素实验, 以色泽、组织状态、口感和风味为指标, 得出高酯果胶、刺槐豆胶、卡拉胶和老香黄的添加量范围分别为 1.0%~1.4%、0.35%~0.65%、0.35%~0.65% 和 2%~4%。在此基础上, 以模糊数学感官评价法和正交实验对果糕的配方进行优化, 最终确定老香黄果糕最佳的配方为: 高酯果胶添加量为 1.4%, 刺槐豆胶添加量为 0.5%, 卡拉胶添加量为 0.5%, 老香黄添加量为 4%。工艺参数为: 干燥温度 60 °C, 干燥时间 24 h。在此工艺条件下制得的老香黄果糕的质量标准为: 水分含量 17.02%、总糖含量 56.21%、菌落总数(CFU/g) <1000、大肠菌群(MPN/100 g) <50、致病菌(沙门氏菌、志贺氏菌等)未检出、霉菌(CFU/g) <50。该老香黄果糕颜色透亮黄褐、质地细腻均匀, 表面光滑平整、老香黄气味浓郁、酸甜可口软硬适中、富有嚼劲。

关键词: 老香黄; 果糕; 模糊数学; 感官评价

文章编号: 1673-9078(2022)03-219-227

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.3.0705

Optimization of Processing Formula of Laoxianghuang Fruit Cake

LIN Wanling¹, HOU Xiaozhen¹, WANG Jinxu¹, LIU Hanxu^{2*}, LIU Mouquan¹, FAN Yanlu¹, LUO Donghui³, LI Jiajun¹

(1.School of Life Sciences and Food Engineering, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China)

(2.School of Physics and Electronic Engineering, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China)

(3.School of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Yangjiang 529500, China)

Abstract: A plant-type fruit cake with Laoxianghuang was prepared with high ester pectin, locust bean gum and carrageenan as colloid materials. By single factor experiment, the colloid formula range of high ester pectin, locust bean gum carrageenan and Laoxianghuang were 1.0%~1.4%, 0.35%~0.65%, 0.35%~0.65% and 2%~4%, respectively, taking color, texture, taste and flavor as indexes. On this basis, the fuzzy mathematics sensory evaluation method and orthogonal experiment were used to optimize the formula of Laoxianghuang fruit cake. Finally, the best formula for Laoxianghuang fruit cake was determined as follows: high ester pectin was 1.4%, locust bean gum was 0.5%, carrageenan was 0.5% and Laoxianghuang paste was 4%. The process parameters included drying temperature and drying time, which were 60 °C and 24 h, respectively. Under these technological condition, the quality standard of Laoxianghuang fruit cake was as follows: moisture content 17.02%, total sugar content 56.21%, the total number of bacterial colony <1000 CFU/g, coliform group <50 MPN/100 g, pathogenic bacteria (*Salmonella*, *Shigella*, etc.) not detected and mold <50 CFU/g. The Laoxianghuang fruit cake has bright yellow brown color, fine and uniform texture, smooth and flat surface, strong smell of Laoxianghuang, sour and sweet, moderate hardness and chewiness.

Key words: Laoxianghuang; fruit cake; fuzzy mathematical method; sensory evaluation

引文格式:

林婉玲,侯小桢,王锦旭,等.老香黄果糕配方的优化[J].现代食品科技,2022,38(3):219-227

LIN Wanling, HOU Xiaozhen, WANG Jinxu, et al. Optimization of processing formula of Laoxianghuang fruit cake [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(3): 219-227

收稿日期: 2021-07-07

基金项目: 广东省普通高校特色创新项目(2019KTSCX099); 潮州市科技计划项目(2020GY02; 2020ZX02); 广东省教育厅重点学科项目(2019-GDXK-0032)

作者简介: 林婉玲(1979-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 食品加工与质量安全, E-mail: lwlscsf@163.com

通讯作者: 刘汉旭(1980-), 男, 工程师, 研究方向: 食品加工与智能化, E-mail: 3032005610@qq.com

老香黄（也称老香橼、佛手香黄）是用芸香科植物佛手[*Citrus medica* L. var *Sarcodactylis* (Noot) Swingle]的果实经过盐腌、晒干、炊熟、浸中药粉液、九蒸九晒后而成^[1]。加工后的老香黄使佛手果的口感得到改善，并且药效更好。腌制后的老香黄不仅具有消积祛风、开胃理气、化痰生津及醒酒等药用功效，并且久藏不坏。此外，随着发酵时间的延长，其药效越佳，价值越高^[2]。虽然老香黄在广东潮汕地区已有悠久加工和食用的历史，但市售的老香黄加工品大部分为蜜饯产品，产品形式单一，一般以整个佛手状或者膏体形式存在。老香黄的这种物状形态决定了老香黄携带及食用不方便，限制了老香黄在市场上的推广。目前，关于老香黄产品的开发研究很少，只有关于老香黄袋泡茶和冲剂等的研究^[3,4]。老香黄其他方面的研究同样很少，主要集中在成分^[2,5,6]、质量安全^[7]、特征风味^[8-10]等。因此，以老香黄为原料，开发便于携带及食用方便的老香黄产品是目前老香黄产业亟需解决的问题。

果糕是果蔬为原料，添加胶凝剂，加工成酱状，经成型、干燥（或不干燥）等制成的产品，产品形状有糕类、条类和片类等^[11]，是一类营养又携带方便的产品。果糕是果蔬深加工的一种产品形式，它能保留果蔬的大部分营养品质，是一类天然低糖营养食品，具有较好的市场前景^[12]。因此，利用老香黄的功效及风味特征，结合果糕的产品特征，将两者相结合进行产品开发，不仅能使老香黄果糕成为一种具有地方特色的休闲营养食品，进一步扩大老香黄的知名度，对促进老香黄产业的发展具有重要的意义。

因此，本文本研究以老香黄膏、高酯果胶、刺槐豆胶和卡拉胶、白砂糖、芽糖浆和柠檬酸为原料，采用模糊数学感官评价法及正交实验优化老香黄果糕配方，以期老香黄产品的多样化提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 原料与设备

老香黄膏，广东济公保健食品有限公司；刺槐豆胶、高酯果胶、卡拉胶、麦芽糖浆、白砂糖、柠檬酸等，均为食用级。

HWS-24 电热恒温水浴锅，上海一恒科学仪器有限公司；DHG-9055A 鼓风干燥箱，上海一恒科学仪器有限公司；JM-A6002 电子天平，北京金科利达电子科技有限公司；LQ-A30001 电子天平，北京金科利达电子科技有限公司；JZ-350 色彩色差计，深圳金淮仪器设备有限公司；RHB-90ATC 高精度糖度计，厦门

晋力自动化有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程

老香黄膏→溶解→老香黄浆柠檬酸 复合胶+水→溶胶

糖液的制备→调配→熬煮→浓缩→入模→烘制→脱模→冷却→包装→成品

1.2.2 操作要点

1.2.2.1 老香黄浆制备

取配方中所需的老香黄膏，用其 5 倍质量的热开水，搅拌，溶解至无明显的颗粒，制成老香黄浆，备用。

1.2.2.2 糖液的制备

按一定比例将所需的白砂糖和麦芽糖浆混合均匀，加入少量的水小火加热溶解，备用。

1.2.2.3 溶胶

称取一定量的复合凝胶剂（高酯果胶、刺槐豆胶、卡拉胶）与其质量 3~5 倍的白砂糖干料混合拌匀，缓慢加入 18 倍质量胶凝剂的水，边加水边搅拌溶解，然后放入 65℃ 左右条件浸泡溶胀，使胶体充分溶解，备用。

1.2.2.4 调配

将糖液和老香黄浆混合均匀，低温熬煮，时间控制在 3~5 min。

1.2.2.5 熬煮

溶解好的复合胶溶液需要缓慢倒入调配好的老香黄溶液中，搅拌均匀，在 85~95℃ 温度下熬煮浓缩，其间慢速不断搅拌，避免产生过多气泡，影响产品的品质。每间隔一定时间，用折光仪测定其固形物含量，当读数显示 60%~65% 时，会形成稳定的凝胶体系，此时加入一定比例的柠檬酸。在熬煮过程中，时间不宜过长，以防止发生焦糖化反应而使产品发生褐变，影响终产品的口感。

1.2.2.6 入模

将煮制好的料液趁热浇入模盘中，控制其厚度在 3~5 mm 左右，自然降至室温、冷却成型。

1.2.2.7 烘制

将冷却后的产品置于 60~65℃ 下干燥，干燥至果糕表面干爽并且不沾手，且在烘制过程中每隔 8 h 将其翻转 1 次，烘制 20~24 h。

1.2.2.8 脱模、冷却、包装

将烘制好的老香黄果糕进行脱模处理，然后切成 1 cm×1 cm 大小的正方形小块，冷却至室温，最后包上一层糯米纸，不仅可防止果糕与包装纸相粘，同时还有防潮的作用，保证产品质量。

1.2.3 实验设计

1.2.3.1 单因素实验设计

根据预实验,在其它辅料组分(白砂糖 32%、麦芽糖浆 18%、柠檬酸 0.37%)不变条件下,以感官评分为指标,研究高酯果胶、刺槐豆胶、卡拉胶和老香黄膏和工艺参数对果糕感官品质的影响,确定不同成分的含量范围、干燥温度和干燥时间。

1.2.3.2 正交实验设计

在单因素试验基础上,确定高酯果胶、刺槐豆胶、卡拉胶及老香黄 4 个因素的添加量范围区间,取 3 水平,采用 $L_9(3^4)$ 因素 3 水平的正交实验,以感官评价为指标,对产品配方进行优化试验。正交试验因素的水平见表 1。根据果糕的色泽、组织形态、口感和风味等指标进行综合感官评分,采用极差分析法确定最佳原料配比。

表 1 老香黄果糕正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal design of

Laoxianghuang fruit cake			
因素	水平		
	1	2	3
A (高酯果胶添加量/%)	1	1.2	1.4
B (刺槐豆胶添加量/%)	0.35	0.5	0.65
C (卡拉胶添加量/%)	0.35	0.5	0.65
D (老香黄添加量/%)	2	3	4

1.2.4 检测分析方法

1.2.4.1 感官评价

表 2 果糕感官评价标准

Table 2 The sensory evaluation criteria of Laoxianghuang fruit

cake		
项目	产品评价	分值
色泽 (18分)	黄褐色,均匀,有一定的亮度和透明度	16~18
	暗黄色,较均匀,有一定的亮度和透明度	12~15
	黄色,较均匀,透明度较差	<12
组织状态 (19分)	表面光滑平整,组织细腻,有弹性	17~19
	表面较为光滑平整,略有弹性	13~16
	表面不太平整,较为粗糙,起片易撕烂	<13
口感 (28分)	软硬适宜,有嚼感,不粘牙	25~28
	软硬较适宜,稍有粘牙	20~24
	较软或较硬,无嚼感,粘牙	<20
风味 (35分)	老香黄味浓郁,酸甜适中,无异味	31~35
	老香黄味较淡,稍酸或稍甜,无异味	24~30
	有点老香黄味,过酸或过甜,无异味	<24

根据 GB/T 16291.1-2012^[13]要求挑选 10 名(男女比例为 1:1)有一定经验的人员进行培训和演练后,组成感官评价小组,将制作好的待评样品随机分为 10

份发给评定员,让评定员对老香黄果糕样品进行色泽、组织形态、口感与风味的评价。感官评定小组成员在评定前 12 h 不食用辛辣刺激食物、不饮酒抽烟等,在评定过程各评定员禁止相互讨论,并且在评定下一个样品之前,要用纯净水漱口并休息 5 min 再进行下一次评定。每个评价指标分为优(V1)、中(V2)、差(V3) 3 个等级,参照 GB/T10782-2006 蜜饯通则^[11],制定出具体评价标准见表 2。

1.2.4.2 模糊数学评价

模糊数学评价法根据傅志丰等^[14]的方法进行,根据评价对象集、评价因素集、评价等级集、评价权重来建立模糊数学矩阵并进行感官评分,具体方法的建立见下面。

(1) 确定评价对象集

评价对象集是须评定的果糕样品的集合, $Y=\{Y_1, Y_2, Y_3 \dots Y_9\}$, $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_9$ 分别代表本次正交试验中各组的综合评价结果。

(2) 确定评价因素集

评价因素集是指果糕品质影响因素的集合, $U=\{U_1, U_2, U_3, U_4\}$,其中 U_1, U_2, U_3, U_4 分别代表老香黄果糕的感官品质,分别是色泽(U_1)、组织形态(U_2)、口感(U_3)和风味(U_4)。

(3) 确定评价等级集

评价等级集是对各因素评价分级的集合,根据评价结果分为优、中、差三个等级。在本实验中,老香黄果糕被分为 3 个等级,包含优(V_1)、中(V_2)、差(V_3),评价等级集 $V=\{V_1, V_2, V_3\}$ 。

(4) 确定评价权重

权重主要指各因素指标在感官评定中的重要程度,采用“0~4 评判法”确定权重^[15]。根据 10 名不同年龄、不同性别的感官评价人员的个人感受和经历对选取的 4 个因素进行评价评分,分值越高,该因素所占的权重越大,然后将该因素的得分与总分相比得出权重系数,表示为 $A=(A_1, A_2, A_3, A_4)$,且 $\sum_{i=1}^4 A_i=1$ 。

(5) 模糊数学矩阵的确定及感官评分

根据感官评价人员对样品的评价结果,计算评价因素的三个等级所占比例,建立模糊矩阵 R ,最后根据公式 $Y=A \cdot R$ 计算老香黄果糕的综合评价结果。为了更加明显比较不同样品之间的感官品质差异,根据产品的特征,对优、中、差三个等级的样品分别给予 95、75、55 分,再将综合评价结果和相对应的等级分数相乘,计算结果相加的最终结果为最终模糊感官评分。

1.2.4.3 理化指标的检测

依据标准 GB/T 10782-2006《蜜饯通则》^[14]规定的方法检测老香黄果糕的水分和总糖。

1.2.4.4 微生物指标的检测

依据标准 GB/T 4789.24-2003^[16]规定的方法测定老香黄果糕的菌落总数、大肠菌群、致病菌(沙门氏菌、志贺氏菌、金黄色葡萄球菌)、霉菌等指标。

1.3 数据处理

采用正交助手软件进行正交实验设计,用 Excel 2010 软件对感官评原始数据进行标准化处理。

2 结果与讨论

2.1 老香黄果糕配方参数的优化

2.1.1 高酯果胶添加量对老香黄果糕感官评分的影响

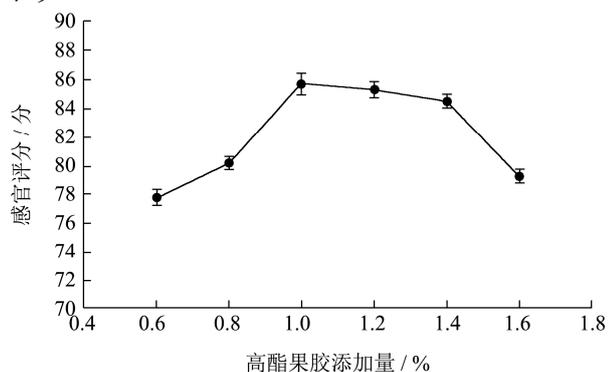


图1 高酯果胶添加量对老香黄果糕感官评分的影响

Fig.1 The addition of high ester pectin effect on the sensory evaluation of Laoxianghuang fruit cake

高酯果胶发生凝胶的条件是糖含量 55%以上和 pH 值 3.6 以下^[17],而经过调制的老香黄浆的 pH 值为酸性,可以为高酯果胶的凝胶提供有利条件。由图 1 可看出,老香黄果糕的感官评价分数随着高酯果胶添加量的增加呈上升趋势,高酯果胶的添加量在 1.0%~1.4%时,曲线处在比较稳定的范围,且高酯果胶的添加量为 1.0%时,老香黄果糕的感官评分达到最大值(85 分),果糕的色泽、透明度和亮度较好,并且软硬度适宜,有嚼感,不粘牙。当高酯果胶的添加量大于 1.4%,老香黄果糕的感官评分有下降趋势。高酯果胶是一种亲水性胶体,为高分子阴离子多糖^[18],在卡拉胶、刺槐豆胶浓度不变的情况下,高酯果胶吸收溶胀分子间氢键作用加强,随着浓度增加,凝胶网络结构逐渐稳定。但是当高酯果胶的浓度超过一定程度,负电荷增多,从而使凝胶网络结构趋于不稳定。另外,高酯果胶在 pH 为 2.6~3.4 条件下形成非可逆性凝胶^[18],浓度过高,随着浓度增加,弹性下降,口感

较脆硬,咀嚼感不好。因此,确定高酯果胶添加量为 1.0%~1.4%。

2.1.2 刺槐豆胶添加量对老香黄果糕感官评分的影响

刺槐豆胶(locust bean gum)也称槐豆胶,是从刺槐种子胚乳中提取出的由半乳糖和甘露糖结合的一种大分子多聚糖^[19],具有较好的透明度、溶胀性和增稠性^[20]。目前,刺槐豆胶作为水溶性增稠剂、乳化剂和凝胶增强剂等被广泛应用于食品加工工业中^[21]。从图 2 可以看出,老香黄果糕的感官评价的分数随着刺槐豆胶添加量的增加,呈先增高后降低趋势,刺槐豆胶的添加量为 0.65%时,老香黄果糕的感官评价达到最大值(87 分),当刺槐豆胶的添加量大于 0.65%时,老香黄果糕感官评价分数迅速下降;当刺槐豆胶的添加量为 0.95%时,感官评分比最高值下降了 11.54%。刺槐豆胶自身无凝胶特性,但与其它亲水胶体复配时,能产生很好的凝胶协同效应,根据不同配比,可明显增加其粘度、凝胶能力、弹性、脆性等^[22]。当刺槐豆胶添加量在不断增加时,与其他食用胶产生较好凝胶协同效应,老香黄果糕口感从较软变得软硬适中,咀嚼感缓慢增强;当刺槐豆胶添加量大于 0.65%,老香黄果糕的粘度增加,产生粘牙的感觉,咀嚼感较差,因此,确定刺槐豆胶添加量为 0.35%~0.65%。

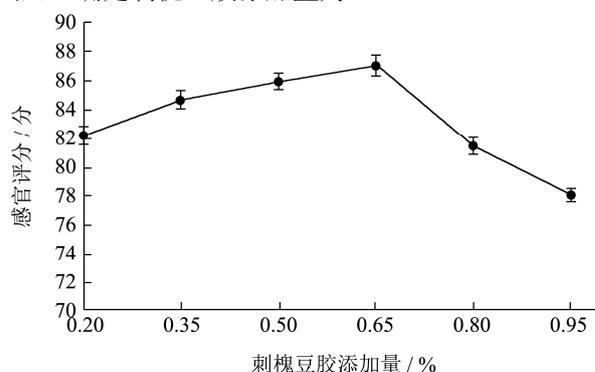


图2 刺槐豆胶添加量对老香黄果糕感官评价的影响

Fig.2 The addition of locust bean gum effect on the sensory evaluation of Laoxianghuang fruit cake

2.1.3 卡拉胶添加量对老香黄果糕感官评分的影响

卡拉胶(Kappa-Carrageenan,简称 KC)是从红藻类海藻中提取的多糖,由 D-乳糖和 3,6-内醚半乳糖残基组成的一种带有阴离子的线性多糖^[23,24]。κ-卡拉胶是一种常用于食品中的水溶性胶,具有良好的稳定性、凝胶性、黏性和复配性能,但也存在着凝胶脆性大、弹性小、易脱液收缩等问题^[25],因此一般通过与其胶体的协同增效作用应用于实际生产中。在本研究中,以高酯果胶、刺槐豆胶和卡拉胶为复合胶体,当

高酯果胶和刺槐豆胶的浓度一定时,由图3可知,卡拉胶添加量对老香黄果糕的感官评分的影响呈现上升后下降的趋势。卡拉胶的添加量为0.50%时,老香黄果糕的感官评价达到最大值,为88分;当卡拉胶的添加量继续增加时,老香黄果糕感官评分呈下降趋势,但变化平缓;当卡拉胶的添加量大于0.65%时,与最高值相比,感官评分下降了10.08%,老香黄果糕感官评分下降较大。卡拉胶是一种水溶性胶体,当卡拉胶吸水溶胀后,分子间氢键作用力增强^[21],随着卡拉胶浓度增加,氢键作用力逐渐增大,复合胶体之间相互作用力增强,胶体咀嚼性增强。当卡拉胶的浓度增大到一定程度时,复配胶体之间的作用力减弱,导致复配胶体的弹性及咀嚼性变差。因此,卡拉胶添加量范围为0.35%~0.65%。

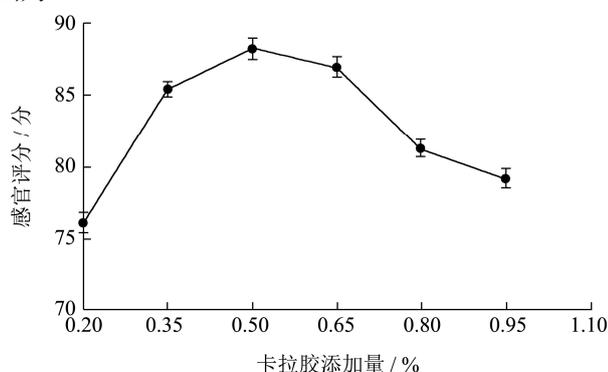


图3 卡拉胶添加量对老香黄果糕感官评价的影响

Fig.3 The addition of carrageenan effect on the sensory evaluation of Laoxianghuang fruit cake

2.1.4 老香黄添加量对老香黄果糕感官评价的影响

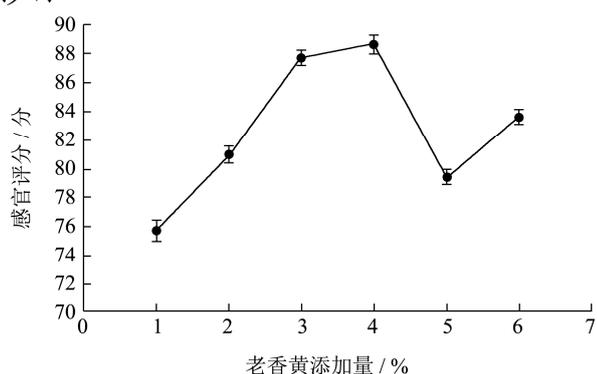


图4 老香黄添加量对老香黄果糕感官评价的影响

Fig.4 The addition of Laoxianghuang effect on the sensory evaluation of Laoxianghuang fruit cake

老香黄是由佛手果经过盐腌、中药浸泡等复杂工艺加工而成,老香黄膏是利用老香黄加工而成的一种药食两用的食品,具有浓厚的老香黄风味,并且具有酸味和甜味。由图4可以看出,老香黄果糕的感官评分随着老香黄添加量的增加而逐渐增高。当老香黄的

添加量为1%~4%时,感官评分增加迅速;在老香黄的添加量为3%~4%时,感官评分增长缓慢,当老香黄添加量4%时,老香黄果糕的感官评价达到最大值(88分),主要体现在老香黄风味突出,软硬适宜,有嚼感,同时也说明复合胶体之间的网状结构稳定,分子之间的相互作用力最强,因此,总体的感官评分最高。卡拉胶在一定的酸度范围内,随着酸性的增强,其分子会被降解,分子间的静电引力会被削弱^[19]。高酯果胶在酸性条件下可以形成非可逆凝胶,当老香黄添加量为4%时,胶体的酸度适合高酯果胶的凝胶形成,同时不会对卡拉胶分子产生影响。因此综合来看,确定老香黄的添加量为2%~4%。

2.2 老香黄果糕工艺参数的优化

2.2.1 热风干燥温度对老香黄果糕成型质量的影响

根据2.1的单因素结果,以白砂糖32%、麦芽糖浆18%、柠檬酸0.37%、高酯果胶1.0%、刺槐豆胶0.65%、卡拉胶0.5%和老香黄膏4.0%为果糕成分,研究热处理参数对果糕的影响。

熬煮后的老香黄果糕倒盘冷却至40℃后,可以成型,但是里面含有的水分较高,不利于包装长期保存,因此需要进一步热风干燥,在加快果糕成型的同时可以使产品进行长时间的保存。干燥温度对果糕成型质量的影响见表3。由表3可知,当倒盘温度为40℃,干燥温度为60℃时,果糕表面光滑平整且成型时间短,干燥温度为60℃以下时,虽然产品表面光滑平整,但果糕成型慢;干燥温度为60℃以上时,果糕表面会出现干硬的现象,且温度高容易造成内容物营养成分的损失,因此综合考虑成品质量、能耗等因素,干燥温度确定60℃最为适宜。

表3 干燥温度对老香黄果糕成型质量的影响

Table 3 Drying temperature effects on forming quality of

Laoxianghuang fruit cake	
干燥温度/℃	成型质量
40	产品表面湿润,成型时间久
50	产品表面光滑平整,成型时间稍慢
60	产品表面光滑平整,成型时间短
70	产品表面稍有干硬,成型时间短

2.2.2 干燥时间对老香黄果糕成型质量的影响

以倒盘冷却温度为40℃,干燥温度为60℃,干燥时间依次为16、20、24、28h,并对果糕成型质量进行评价。干燥时间对果糕成型质量的影响见表4。由表4可知,干燥温度60℃,干燥时间24h时,果糕弹性好,并且亮度和透光性好,成型质量最好。

烘制时间过长不仅会造成果糕的营养物质大量损失,而且果糕的口感、透光性、亮度都会受到一定影响^[26]。综合干燥温度和时间的结果,老香黄果糕的倒盘冷却温度为 40 ℃,干燥温度为 60 ℃,干燥时间为 24 h。

表 4 干燥时间对老香黄果糕成型质量的影响

Table 4 Drying time effects on forming quality of

Laoxianghuang fruit cake	
干燥时间/h	成型质量
16	较柔软,透光性一般
20	柔软,透光性较好
24	有弹性,亮度和透光性好
28	稍硬,透光性一般

2.3 正交试验结果与分析

2.3.1 模糊数学感官评价

模糊数学评价是运用模糊数学的原理进行分析,将“模糊性”的因素进行量化,对因素进行科学合理的分析和评价的一种分析方法^[27]。模糊数学感官评价法能客观全面地反映食品的感官信息,减少人的主观性影响和不确定性^[28]。

2.3.1.1 权重的确定

根据感官评价人员的对 4 个因素的评分结果,得出各因素的权重系数,权重记录结果见表 5。本实验确定老香黄糕的色泽、组织形态、口感和风味的权重系数分别为 0.18、0.19、0.28 和 0.35,即 A=(0.18, 0.19, 0.28, 0.35)。从表 5 可以看出,风味所占的权重是四个感官评价因素中最大,为 85 分,口感的得分为 66 分,组织形态和色泽所占权重小,分别为 45 分和 44 分。权重主要指各因素指标在感官评定中的重要程度,由此可见,风味是影响老香黄果糕品质的最重要因素,其次是口感。

表 5 老香黄果糕感官评价因素权重

Table 5 The weight of sensory evaluation factors of Laoxianghuang fruit cake

因素	感官评价人员										得分合计	权重系数
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
色泽	4	4	4	5	3	5	5	3	7	4	44	0.18
组织状态	7	6	4	5	3	3	4	4	5	4	45	0.19
口感	4	6	8	6	6	7	7	9	5	8	66	0.28
风味	9	8	8	8	12	9	8	8	7	8	85	0.35
合计	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	240	1

表 6 老香黄果糕感官评价结果

Table 6 The results of sensory evaluation of Laoxianghuang fruit cake

序号	色泽			组织状态			口感			风味		
	优	中	差	优	中	差	优	中	差	优	中	差
1	4	5	1	6	4	0	5	3	2	3	7	0
2	3	7	0	7	3	0	6	3	1	4	5	1
3	4	5	1	5	5	0	3	5	2	3	7	0
4	7	2	1	8	2	0	8	0	2	4	6	0
5	3	3	4	4	6	0	6	2	2	2	7	1
6	2	8	0	6	3	1	7	2	1	0	9	1
7	1	6	3	6	3	1	7	1	2	5	5	0
8	6	3	1	7	3	0	7	3	0	8	2	0
9	4	5	1	6	4	0	5	3	2	3	6	1

2.3.1.2 建立模糊矩阵

根据感官评价人员对 9 组老香黄果糕进行感官评价,其感官评价结果见表 6,老香黄果糕的模糊矩阵 R 的建立根据傅志丰等^[14]的方法进行。

以 1 号老香黄果糕中的色素因素为例,根据色泽投票结果,优、中、差投票人数分别为 4、5、1,则

$R_{\text{色泽}} = (4, 5, 1)$ 。根据 1 号样品的的方法,组织状态、口感和风味的 R 值分别为: $R_{\text{组织状态}} = (6, 4, 0)$ 、 $R_{\text{口感}} = (5, 3, 2)$ 、 $R_{\text{风味}} = (3, 7, 0)$ 。根据样品的评价结果和等级,将色泽、组织状态、口感和风味的的评价结果转化为矩阵,9 组矩阵如下:

$$R1 = \begin{bmatrix} 4/10 & 5/10 & 1/10 \\ 6/10 & 4/10 & 0/10 \\ 5/10 & 3/10 & 2/10 \\ 3/10 & 7/10 & 0/10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 \\ 0.6 & 0.4 & 0.0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.7 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R2 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.7 & 0.0 \\ 0.7 & 0.3 & 0.0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 \end{bmatrix} \quad R3 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.5 & 0.2 \\ 0.5 & 0.5 & 0.0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 \\ 0.3 & 0.7 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R4 = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.2 & 0.1 \\ 0.8 & 0.2 & 0.0 \\ 0.8 & 0.0 & 0.2 \\ 0.4 & 0.6 & 0.0 \end{bmatrix} \quad R5 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.3 & 0.4 \\ 0.4 & 0.6 & 0.0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.7 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$R6 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.8 & 0.0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 \\ 0.0 & 0.9 & 0.1 \end{bmatrix} \quad R7 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.6 & 0.3 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 \\ 0.7 & 0.1 & 0.2 \\ 0.5 & 0.5 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R8 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.3 & 0.1 \\ 0.7 & 0.3 & 0.0 \\ 0.7 & 0.3 & 0.0 \\ 0.9 & 0.1 & 0.0 \end{bmatrix} \quad R9 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 \\ 0.6 & 0.4 & 0.1 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 \end{bmatrix}$$

2.3.1.3 模糊数学感官评分

根据老香黄果糕的感官品质的各因素的权重(A)和矩阵(R),利用模糊变换公式进行换算,第一个样品的感官综合评价结果如下:

$$Y_1 = A_1 \times R_1 = (0.18, 0.19, 0.28, 0.35) \times \begin{bmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 \\ 0.6 & 0.4 & 0.0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.7 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$= (0.431, 0.495, 0.074)$$

根据上面的算法,得出2~9号样品的感官综合评价结果,其结果见表7。

表7 老香黄果糕样品综合评价结果

Table 7 The results of comprehensive sensory evaluation of

Laoxianghuang fruit cake

综合评价结果	
Y ₂ =(0.495,0.442,0.063)	Y ₃ =(0.338,0.57,0.092)
Y ₄ =(0.642,0.284,0.074)	Y ₅ =(0.368,0.469,0.163)
Y ₆ =(0.346,0.572,0.082)	Y ₇ =(0.503,0.368,0.129)
Y ₈ =(0.752,0.23,0.018)	Y ₉ =(0.431,0.46,0.128)

根据老香黄果糕优、中、差三个等级所对应的分值,结合感官评价人员的评价结果,计算评价因素的三个等级所占比例,计算每个样品的最终模糊感官评分,第一个样品Y₁的感官评价综合得分的计算方法如下:Y₁=(0.431, 0.495, 0.074)×(95, 75, 55)=82.14,其它样品的结果根据第一个样品的方法进行计算,其

结果见表8。

表8 老香黄果糕正交试验结果

Table 8 Orthogonal test results and analysis of Laoxianghuang fruit cake

序号	A	B	C	D	Y 感官 评价综合 得分/分
1	1	1	1	1	82.14
2	1	2	2	2	83.64
3	1	3	3	3	79.92
4	2	1	2	3	86.36
5	2	2	3	1	79.10
6	2	3	1	2	80.28
7	3	1	3	2	82.48
8	3	2	1	3	89.68
9	3	3	2	1	82.49
K ₁	81.900	83.660	84.033	81.243	
K ₂	81.913	84.140	84.163	82.133	
K ₃	84.883	80.897	80.500	85.320	
R	2.983	3.243	3.663	4.077	

2.3.2 正交试验结果与分析

在本正交试验中,采用极差法对结果进行分析。从极差R的结果来看(表8),各因素的极差值大小不同,其中D值最大,也就是说明老香黄对果糕感官品质影响最大,其他因素的影响大小顺序排列为C>B>A,也即是卡拉胶添加量>刺槐豆胶添加量>高酯果胶添加量。从表8中可以看出,同一因素下的K₁、K₂和K₃的值不相等,说明四个因素的水平变动对老香黄果糕的感官品质有影响,根据K值分析,老香黄果糕配方的最优组合为A₃B₂C₂D₃;从模糊感官评价综合得分来看,8号样品的评分最高,为89.68分,相对应的组合为A₃B₂C₁D₃。综合比较正交试验和模糊感官评价两者得出的最优配方组合,结果不一致。因此,为了进一步保证结果的准确性,以两者的配方为依据,在最佳的工艺条件下制作果糕,再进行感官评价。结果显示,老香黄果糕配方组合为A₃B₂C₂D₃的感官评分为92.58分,而A₃B₂C₁D₃组合的感官品质评分为89.25分,由此可见模糊数学感官评价法联合正交试验优化得到的老香黄果糕品质好,该方法可行。该方法得到的老香黄果糕最优配方为高酯果胶、刺槐豆胶、卡拉胶和老香黄的添加量分别为1.4%、0.5%、0.5%和4%。在此配方下,老香黄果糕呈均匀的黄褐色,老香黄味浓郁,酸甜度适中,软硬度适中,富有嚼感。

2.4 老香黄果糕产品质量

表9 老香黄果糕质量标准

Table 9 Quality standard of Laoxianghuang fruit cake

质量指标	水分/%	总糖/%	菌落总数 (CFU/g)	大肠菌群 (MPN/100 g)	致病菌 (沙门氏菌、志贺氏菌等)	霉菌/(CFU/g)
	17.02±0.08	56.21±1.25	<1000	<50	未检出	<50

根据前面的实验结果,以白砂糖 32%、麦芽糖浆 18%、柠檬酸 0.37%、高酯果胶 1.4%、刺槐豆胶 0.5%、卡拉胶 0.5%和老香黄膏 4%为配方,干燥条件为倒盘冷却温度为 40 ℃、干燥温度和时间分别为 60 ℃和 24 h 制作老香黄果糕。根据 GB/T 10782-2006 的要求对此老香黄果糕进行质量分析,其质量指标和结果见表 9。从表 9 可以看出,此工艺生产出来的果糕各项指标均符合 GB/T 10782-2006《蜜饯通则》的果糕标准要求,表明该配方和条件生产的老香黄果糕产品质量符合实际生产要求,可在老香黄产业进一步推广。

3 结论

本实验以老香黄为主要风味物质,通过与胶体、糖液进行调配、熬煮、浓缩、烘制、冷却等加工,结合模糊数学感官评价法和正交实验,研究老香黄果糕的最佳配方和加工条件,得出老香黄果糕最佳配方为:高酯果胶添加量为 1.4%,刺槐豆胶添加量为 0.5%,卡拉胶添加量为 0.5%,老香黄添加量为 4%;工艺参数为:干燥温度 60 ℃,干燥时间 24 h。在此配方和工艺条件下制得的果糕呈均匀的黄褐色,质地细腻均匀,表面光滑平整,老香黄气味浓郁,酸甜可口,软硬适中,富有嚼劲,且带有老香黄中健脾开胃的优点。本研究不仅为老香黄果糕的品质控制提供依据,并且为老香黄及其深加工产品提供一条更广阔新途径。

参考文献

- [1] 郑玉忠,郭守军,杨永利,等.药食凉果老香黄制作工艺的研究[J].农产品加工(学刊),2014,1:44-45,48
ZHENG Yuzhong, GUO Shoujun, YANG Yongli, et al. Production process of preserved fruits Laoxianghuang [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2014, 1: 44-45, 48
- [2] 刘志聪,张振霞,赖宣,等.潮州老香黄的 HPLC 指纹图谱研究及指标成分测定[J].世界科学技术-中医药现代化,2017, 19(8):1370-1374
LIU Zhicong, ZHANG Zhenxia, LAI Xuan, et al. Analysis on HPLC fingerprints and index content determination of Lao-xiang-huang of Chaozhou [J]. World Science and Technology/ Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica, 2017, 19(8): 1370-1374
- [3] 郭守军,杨永利,陈焕纯,等.老香黄老药桔混合冲剂的研制[J].保鲜与加工,2016,16(2):59-65
GUO Shoujun, YANG Yongli, CHEN Huanchun, et al. Development of the mixed granules of Laoxianghuang and Laoyaoju [J]. Storage and Process, 2016, 16(2): 59-65
- [4] 王强.老香黄袋泡茶和老药桔袋泡茶制备工艺的研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2013
WANG Qiang. Study on the preparation technology of Laoxianghuang teabag and Laoyaoju teabag [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2013
- [5] 刘小青,谢丽玉,黄俊生,等.潮州老香黄、老药桔中矿物质元素的测定[J].广东微量元素科学,2007,5:38-41
LIU Xiaoqing, XIE Liyu, HUANG Junsheng, et al. Determination of mineral elements in Chaozhou old fragrant yellow, old medicine orange by flame atomic absorption spectrometry [J]. Guangdong Trace Elements Science, 2007, 5: 38-41
- [6] 郭舒臣,郑玉忠,郭瑞,等.不同年份老香黄定量分析及其化学模式识别研究[J].分析测试报,2021,40(1):10-18
GUO Shuchen, ZHENG Yuzhong, GUO Rui, et al. Quantitative analysis and chemical pattern recognition of Lao-xiang-huang preserved in different years [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2021, 40(1): 10-18
- [7] 赖宣,杨启财,张振霞.潮汕老香黄亚硝酸盐含量的调查分析[J].轻工科技,2016,5:4-5
LAI Xuan, YANG Qicai, ZHANG Zhenxia. Investigation and analysis of nitrite content in Chaoshan Laoxianghuang [J]. Light Industry Science and Technology, 2016, 5: 4-5
- [8] 林良静,蔡惠钿,包涵,等.潮汕特色佛手香黄特征挥发性风味成分分析[J].现代食品科技,2021,37(7):1-12
LIN Liangjing, CAI Huitian, BAO Han, et al. Analysis of the key volatile flavor components of Lao-xiang-huang preserved in Chaozhou area [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(7): 1-12
- [9] 陈小爱,蔡惠钿,刘静宜,等.基于电子鼻、GC-MS 和 GC-IMS 技术分析老香黄发酵期间的挥发性成分变化[J].食品工业科技,2021,42(12):70-80
CHEN Xiaoi, CAI Huitian, LIU Jingyi, et al. Analysis of volatile components in Laoxianghuang during fermentation by electronic nose, GC-MS and GC-IMS [J]. Science and

- Technology of Food Industry, 2021, 42(12): 70-80
- [10] CHEN Xiaoi, CHEN Haiqiang, XIAO Jie, et al. Variations of volatile flavour compounds in finger citron (*Citrus medica* L. var. *sarcodactylis*) pickling process revealed by e-nose, HS-SPME-GC-MS and HS-GC-IMS [J]. Food Research International, 2020, 138: 1-14
- [11] GB/T 10782-2006.蜜饯通则[S]
GB/T 10782-2006. General Rule for Preserved Fruits [S]
- [12] 王海灿,吉建邦.国内果蔬加工技术及热带果蔬加工产业发展对策[J].现代农业科学,2009,16(6):191-193
WANG Haican, JI Jianbang. Domestic fruit and vegetable processing technology and development strategy of tropical fruit and vegetable processing industry [J]. Modern Agricultural Sciences, 2009, 16(6): 191-193
- [13] GB/T 16291.1-2012.感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则第1部分:优选评价员[S]
GB/T 16291.1-2012. Sensory Analysis-General Guidance for the Selection, Training and Monitoring of Assessors - Part 1: Selected Assessors [S]
- [14] 傅志丰,张晓荣,周鹤,等.模糊数学感官评价法优化猕猴桃果糕制作配方[J].食品工业科技,2020,41(19):212-218,351
FU Zhifeng, ZHANG Xiaorong, ZHOU He, et al. Optimization of processing formula of kiwifruit cake by fuzzy mathematical sensory evaluation [J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(19): 212-218, 351
- [15] 徐树来,王永华.食品感官分析与实验(第二版)[M].北京:化学工业出版社,2018
XU Shulai, WANG Yonghua. Food Sensory Analysis and Experiment (2nd) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2018
- [16] GB/T 4789.24-2003.食品卫生微生物学检验糖果、糕点、蜜饯检验[S]
GB/T 4789.24-2003. Microbiological Examination of Food Hygiene-Examination of Candy, Cake and Preserved Fruits [S]
- [17] 刘文,董赛丽,梁金亚.果胶的性质、功能及其应用[J].三门峡职业技术学院学报,2008,7(2):118-121
LIU Wen, DONG Saili, LIANG Jinya. Property function and application of pectin [J]. Journal of Sanmenxia Polytechnic, 2008, 7(2): 118-121
- [18] 胡陵.酸变性酪蛋白与高酯果胶作用机理的研究[D].杭州:浙江工商大学,2013
HU Ling. Research on the mechanism of stabilisation of acid casein gels by high methoxyl pectin in yogurt drinks [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2013
- [19] 陈璐,王兴娜,李文芳,等. κ -卡拉胶与刺槐豆胶复配胶的流变学特性研究[J].食品工业科技,2016,37(22):108-111,115
CHEN Lu, WANG Xingna, LI Wenfang, et al. Study on rheological properties of the κ -carrageenan gum and locust bean gum complex [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(22): 108-111, 115
- [20] 裴晶莹,赵佳慧,李晓磊,等.刺槐豆胶与玉米淀粉混合流变性分析[J].食品研究与开发,2018,39(1):1-4
PEI Jingying, ZHAO Jiahui, LI Xiaolei, et al. Rheological analysis of corn starch and locust bean gum mixture [J]. Food Research and Development, 2018, 39(1): 1-4
- [21] 毕崇浩.大豆分离蛋白酸诱导凝胶的流变学特性和分形分析[D].北京:中国农业大学,2015
BI Chonghao. The rheological properties and fractal analysis of acid-induced soy protein isolate gel [D]. Beijing: China Agricultural University, 2015
- [22] 郭肖.刺槐豆胶及其复配胶流变学性质的研究[D].兰州:西北师范大学,2013
GUO Xiao. Study on rheological properties of locust bean gum and its complex gums [D]. Lanzhou: Northwest Normal University, 2013
- [23] 刘凌,薛毅,王亚楠,等. κ -卡拉胶凝胶特性的研究[J].郑州轻工业学院学报,1999,14(1):64-68
LIU Ling, XUE Yi, WANG Yanan, et al. Study on the characters of gelatinization for κ -carrageenan [J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry, 1999, 14(1): 64-68
- [24] Chen Yu, Liao Malong, Dunstan Dave E. The rheology of K^+ - κ -carrageenan as a weak gel [J]. Carbohydrate Polymers, 2002, 50: 109-116
- [25] 刘亚丽.两种海藻胶的特性及应用研究[D].上海:上海师范大学,2014
LIU Yali. Study on the characteristics and application of two species of alga cross [D]. Shanghai: Shanghai Normal University, 2014
- [26] 马亮,王腊梅,李琼,等.刺槐花复合果糕的研制[J].食品工业,2013,6:1-4
MA Liang, WANG Lamei, LI Qiong, et al. Development of the compound fruit paste produced by *Robinia pseudoacacia* [J]. The Food Industry, 2013, 6: 1-4
- [27] Birle S, Hussein M A, Becker T. Fuzzy logic control and soft sensing applications in food and beverage processes [J]. Food Control, 2013, 29(1): 254-269
- [28] 谢秀玲,田孟蝶,曾雅倩,等.基于模糊感官评价菊花馅饼的配方优化[J].农产品加工,2018,10:39-42
XIE Xiuling, TIAN Mengdie, ZENG Yaqian, et al. Optimization of chrysanthemum pie formula based on fuzzy sensory evaluation [J]. Farm Products Processing, 2018, 10: 39-42

