

孙金梦, 涂宗财, 王辉, 等. 鱼蛋白胶芒果糕的制备工艺优化及品质分析 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(20): 189–195. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021120183

SUN Jinmeng, TU Zongcai, WANG Hui, et al. Process Optimization and Quality Analysis of Mango Cake Prepared with Fish Protein Gelatin[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(20): 189–195. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021120183

· 工艺技术 ·

鱼蛋白胶芒果糕的制备工艺优化及品质分析

孙金梦¹, 涂宗财^{1,2,3}, 王 辉^{1,*}, 胡月明¹

(1.南昌大学, 食品科学与技术国家重点实验室, 江西南昌 330047;

2.江西师范大学, 国家淡水鱼加工技术研发分中心, 江西南昌 330022;

3.江西师范大学, 江西省淡水鱼高值化利用工程技术研究中心, 江西南昌 330022)

摘 要:为实现鱼蛋白胶的创新应用, 提高芒果产业附加值, 丰富果糕的营养价值, 以青芒为原料, 研发一款鱼蛋白胶芒果糕。在单因素实验基础上, 以感官评分为响应值, 通过响应面法结合质构分析对鱼蛋白胶芒果糕的工艺配方进行优化, 并对理化及微生物指标进行测定。结果表明, 鱼蛋白胶和果胶质量比选择 1:1.5 为佳, 最优配方为: 凝胶剂总添加量 2.5%、白砂糖添加量 40%、柠檬酸添加量 0.7%。由此工艺配方制备的鱼蛋白胶芒果糕口感及品质最优, 理化指标与微生物指标均合格, 且蛋白质含量达到 2.19 g/100 g, 是一款营养全面的新型果糕。本文为芒果及鱼蛋白胶的开发应用提供新思路和技术参考。

关键词:鱼蛋白胶, 芒果糕, 感官评价, 响应面优化, 质构分析

中图分类号: TS255.41

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2022)20-0189-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021120183

本文网刊:



Process Optimization and Quality Analysis of Mango Cake Prepared with Fish Protein Gelatin

SUN Jinmeng¹, TU Zongcai^{1,2,3}, WANG Hui^{1,*}, HU Yueying¹

(1.State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China;

2.National R&D Center for Freshwater Fish Processing, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China;

3.Engineering Research Center for Freshwater Fish High-value Utilization of Jiangxi Province, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

Abstract: In order to realize the innovative application of fish protein gelatin, increase the added value of the mango industry, and enrich the nutritional value of fruit cakes, green mango was used as raw material to make mango cakes with fish protein gelatin. On the basis of single factor experiments, taking sensory score as response value, the processing formula of fish protein gelatin mango cake was optimized by response surface method combined with texture analysis, and the physicochemical and microbiological indexes were determined. The results showed that the best quality ratio of fish protein gelatin to pectin was 1:1.5, and the optimal formula was 2.5% of the total amount of gelatine, 40% of sugar and 0.7% of citric acid. The fish protein gelatin mango cake made by this process formula had the best taste and quality, qualified physical and chemical indexes and microbial indexes, and the protein content reached 2.19 g/100 g. It was a new fruit cake with comprehensive nutrition, which would provide new ideas and technical reference for the development and application of mango and fish protein gelatin.

Key words: fish protein gelatin; mango cake; sensory evaluation; response surface optimization; texture analysis

近年来, 人们对鱼类食用和加工量迅速增加^[1], 在此中间产生了很多的废弃物, 例如鱼皮、鱼骨和鱼

鳞等, 这不仅对环境造成了污染, 也是一种资源浪费, 而使用这些含有大量胶原蛋白的废弃物来提取鱼蛋

收稿日期: 2021-12-20

基金项目: 国家大宗淡水鱼产业技术体系副产物综合利用岗位项目 (CARS-45)。

作者简介: 孙金梦 (1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食物资源开发与利用, E-mail: 1261590215@qq.com。

* 通信作者: 王辉 (1982-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 农副产品加工及高值化利用, E-mail: wanghui00072@aliyun.com。

白胶可以在一定程度上解决上述问题^[2-4]。同时,由于宗教信仰以及疯牛病等哺乳动物传染病的出现,鱼蛋白胶作为一种优良的哺乳动物明胶替代物,对其加工应用进行研究就变得尤为重要,而有关其应用于果糕的研究尚未见报道^[5-6]。

芒果(*Mangifera indica* Linn),又名檬果、潯果、望果等,是漆树科芒果属常绿乔木,在我国海南、云南、广西、广东、福建等地区有大面积种植且正在迅速发展^[7]。芒果因具有极高的营养价值^[8],受到很多消费者的喜爱,但其因采收期短、不耐久存、果体娇嫩,极易在运输和贮藏过程中造成机械伤损和腐烂^[9]。目前除少数用于加工成果汁、果肉、果脯外,我国的芒果市场仍然主要是从原产地新鲜出售^[7]。随着芒果种植面积的不断扩大,产量越来越高,促进芒果的商业化生产已成为当务之急^[10-11]。果糕作为一种较好的水果深加工方式,可以很好地解决芒果易腐败、难保存的问题,但是相比其他高果胶含量水果,芒果多汁、果胶含量较低且果肉色泽在加工过程中极易发生变化等原因都决定了高品质芒果糕的加工存在一定难度^[12-13]。

综上,本研究选取青芒为原料,将鱼蛋白胶作为凝胶剂加入果糕中,研发一款富含蛋白、营养全面的新型果糕。在实现鱼蛋白胶创新应用的同时,既可以丰富果糕的营养价值、有效解决芒果贮运问题,又能提高芒果产业的附加值,实现渔业副产物高值化利用,促进水产与芒果加工业的发展。本文基于响应面优化,在单因素实验基础上选取对鱼蛋白胶芒果糕感官品质影响较大的因素,探究和优化其制备工艺,以期为我国芒果及鱼蛋白胶的开发应用提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鱼蛋白胶 食品级,广东欧帝玛生物工程有限公司;果胶 高酯快凝,食品级,北京索莱宝科技有限公司;柠檬酸、D-异抗坏血酸钠、氯化钙 食品级,浙江一诺生物科技有限公司;青芒、白砂糖、糯米纸市售。

JYL-C16V 料理机 九阳股份有限公司;C21-RT2173 电磁炉 美的生活电器制造有限公司;DHG-9140A 电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;TA.XTplus 质构仪 英国 Stable Micro System;TVS-2018 多功能真空包装机 广州市新鲜世界电器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 鱼蛋白胶芒果糕制备工艺流程

溶胶
↓
芒果预处理 → 果浆 → 熬糖浓缩 → 倒模成形 → 烘制 → 包装成品

1.2.2 工艺操作要点

1.2.2.1 芒果预处理 将成熟(果胶含量相对较高)的青芒去皮去核,以果肉重量为 100% 计,溶解 0.5% CaCl_2 和 0.5% D-异抗坏血酸钠于 40% 水中,与果肉一起打浆(第一次护色),再用 120 目过滤袋进行过滤除去残渣^[14]。

1.2.2.2 溶胶 将鱼蛋白胶、果胶称量后加入适量温开水,80 ℃ 水浴加热使其溶胀化开,加入果浆中混匀。

1.2.2.3 熬糖浓缩 将白砂糖在 80~100 ℃ 范围内加热溶解于其重量一半的水中,浆液变粘稠后调低温度至 60 ℃,把果浆倒入糖液中不断搅拌,切忌搅拌剧烈,以免产生过多气泡影响产品质量^[14]。为防止褐变加速,浓缩温度不能高于 60 ℃,熬煮至浆液成蜂蜜状即为终点,在浓缩终点结束前加入柠檬酸(第二次护色)。

1.2.2.4 倒模成形 将浓缩浆体快速倒入模具中,控制厚度在 1 cm 左右,模具放平,切忌抖动,以防浆体表面出现褶皱。

1.2.2.5 烘制 将果糕放进烘箱中进行 60 ℃ 干燥,烘制 13 h 时将果糕脱模放在烤网上继续烘制,共烘制 22 h,产品的最终含水量为 15%~20%。

1.2.2.6 包装成品 果糕冷却后包裹上糯米纸,切分小块,无菌包装。

1.2.3 单因素实验 以果浆重量为 100% 计:固定鱼蛋白胶与果胶质量比为 1.5:1、白砂糖 40%、柠檬酸 0.7%,探究凝胶剂添加量分别为 1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5% 时对果糕感官评分的影响;固定凝胶剂 2.5%、白砂糖 40%、柠檬酸 0.7%,探究鱼蛋白胶与果胶质量比分别为 2:1、1.5:1、1:1、1:1.5、1:2 时对果糕感官评分的影响;固定凝胶剂 2.5%、鱼蛋白胶与果胶质量比为 1.5:1、柠檬酸 0.7%,探究白砂糖添加量分别为 30%、35%、40%、45%、50% 时对果糕感官评分的影响;固定凝胶剂 2.5%、鱼蛋白胶与果胶质量比为 1.5:1、白砂糖 40%,探究柠檬酸添加量为分别 0.3%、0.5%、0.7%、0.9%、1.1% 时对果糕感官评分的影响^[15]。

1.2.4 响应面试验 根据单因素实验的结果,将感官评分作为响应值,选择对果糕感官评分影响较大的凝胶剂、白砂糖和柠檬酸添加量 3 个因素为自变量,使用 Design-Expert 11 软件,进行三因素三水平试验设计,试验因素及水平见表 1^[16-18]。

表 1 响应面试验因素及水平
Table 1 Factors and levels of response surface method

水平	因素		
	A 凝胶剂总添加量(%)	B 白砂糖添加量(%)	C 柠檬酸添加量(%)
-1	2.0	35	0.5
0	2.5	40	0.7
1	3.0	45	0.9

1.2.5 感官评价 参考郑毅等^[19]的方法,略作修改,

对鱼蛋白胶芒果糕进行感官评价, 由 10 位经过专业训练的评定人(男女各半)对果糕样品进行评分, 详细评定标准示于表 2。

1.2.6 质构测定 质构测定指标包括: 硬度、弹性、内聚性、咀嚼性、回复性^[20]。测试类型 T.P.A, 测试探头 P/50, 测定前、测定时及测定后探头速度均为 1.0 mm/s, 压缩比 20%, 触发力 5.0 g^[21]。测定时, 将果糕样品切成 3 cm×2 cm×0.4 cm 的长方体, 置于探头正下方, 连续压缩 2 次, 间隔时间 2 s, 每组样品平行测定 3 次^[22]。

1.2.7 产品品质指标测定

1.2.7.1 理化指标检测 根据标准 GB/T 10782-2006《蜜饯通则》^[23], 检测蛋白质、总糖、水分、总砷、汞、铅等指标。

1.2.7.2 微生物指标检测 根据标准 GB 14884-2016《食品安全国家标准 蜜饯》^[24], 检测菌落总数、大肠菌群、致病菌等指标。

1.3 数据处理

本文实验均进行 3 次平行, 结果取平均值, 同时使用 SPSS 25 对实验结果进行单因素方差分析, a~d 表示不同样品之间存在差异($P<0.05$), 相同字母则表示无显著性差异($P>0.05$), 采用 Origin 2017 作图, 使用 Design-Expert 11 软件进行响应面试验设计及分析。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

各个单因素对于鱼蛋白胶芒果糕感官评分的影响如图 1 所示。由图 1A 可以看出, 随着凝胶剂总添加量的增加, 感官评分在 2.5% 时达到最大值, 随后开始呈下降趋势, 这是因为凝胶剂添加过多会导致果糕硬度增大, 进而影响口感, 因此确定凝胶剂总添加量的最佳取值范围在 2%~3%; 由图 1B 可以看出, 鱼蛋白胶与果胶质量比为 1:1.5 时, 凝胶效果最好, 感官评分最佳, 这是由于此比例下果胶对鱼蛋白胶起到了良好的修饰作用, 因此鱼蛋白胶与果胶质量比选择为 1:1.5; 由图 1C 和图 1D 可以看出, 白砂糖和柠檬

酸添加量的感官评分都呈先上升后下降的趋势, 这是因为白砂糖添加量太少会导致果糕甜度不够, 而太多则口感偏甜; 同样, 柠檬酸添加量太少会导致果糕酸度不够, 而太多也会使口感过酸, 进而使感官评分降低, 因此确定白砂糖添加量的最佳取值范围在 35%~45%, 柠檬酸添加量的最佳取值范围为 0.5%~0.9%。

2.2 响应面优化试验

2.2.1 响应面试验设计及结果 根据以上单因素实验结果, 选取对果糕感官品质影响最大的 3 个单因素(凝胶剂总添加量、白砂糖添加量、柠檬酸添加量)进行响应面设计^[25-26], 结果如表 3。

2.2.2 模型建立及显著性分析 运用 Design-Expert 11 软件对鱼蛋白胶芒果糕感官评分试验结果进行方差分析, 得到的二次多项式回归方程为: $Y=83.60+0.375A-0.0875B-0.8625C+1.85AB-0.7AC-0.475BC-5.19A^2-2.66B^2-6.56C^2$ 。回归模型方差分析结果见表 4。

由表 4 可以看出, 模型的 $P<0.0001$, 表明模型极其显著。失拟项不显著($P=0.6356>0.05$), 表明方程拟合程度比较好。决定系数 $R^2=0.9923$, 则说明实际值和预测值相关性较高。因此, 该模型可以较好地反映鱼蛋白胶芒果糕制备过程中各因素与响应值的关系并预测最佳工艺条件。由 P 值得, 柠檬酸 C 、交互项 AB 以及所有二次项对鱼蛋白胶芒果糕感官评分的影响均为极显著($P<0.01$), 其余均不显著($P>0.05$)。由 F 值可知, 三个因素对鱼蛋白胶芒果糕感官评分的影响顺序为: $C>A>B$, 即柠檬酸添加量>凝胶剂总添加量>白砂糖添加量。

2.2.3 响应面分析 运用 Design-Expert 11 软件做出各因素之间交互作用对果糕感官评分影响的等高线及响应曲面图, 见图 2。响应曲面图在水平方向落下的投影是等高线, 等高线若呈椭圆形, 表示这两因素有极为显著的交互作用, 呈圆形则表示不显著^[27]。并且各因素响应曲面坡度的陡峭程度反映该因素对鱼蛋白胶芒果糕感官评分的影响程度, 越陡峭, 说明影响越大^[28]。因此, 综合以上对等高线和响应曲面图

表 2 鱼蛋白胶芒果糕感官评定标准
Table 2 Sensory assessment criteria of fish gelatin mango cake

指标	分值(分)	I 级 8~10分	II 级 5~7分	III 级 2~4分
色泽与透明度	10	芒果金黄色、半透明	淡黄色、透明度差	褐变明显、不透明
厚度	10	厚薄适中	较厚或较薄	太厚或太薄
弹性	10	弹性好	弹性一般	无弹性
韧性	10	劲道	劲道感一般	无劲道感
硬度	10	软硬适中	较软或较硬	太软或太硬
粘牙程度	10	不粘牙	有点粘牙	咀嚼时有粘牙感
表面光滑度	10	表面光滑	不太光滑	较粗糙
风味	10	芒果风味较浓	芒果风味较淡	无芒果风味或有异味
酸甜度	10	酸甜适中	微酸或微甜	有明显的酸甜刺激感
杂质含量	10	无肉眼可见杂质	有细微杂质	有明显杂质

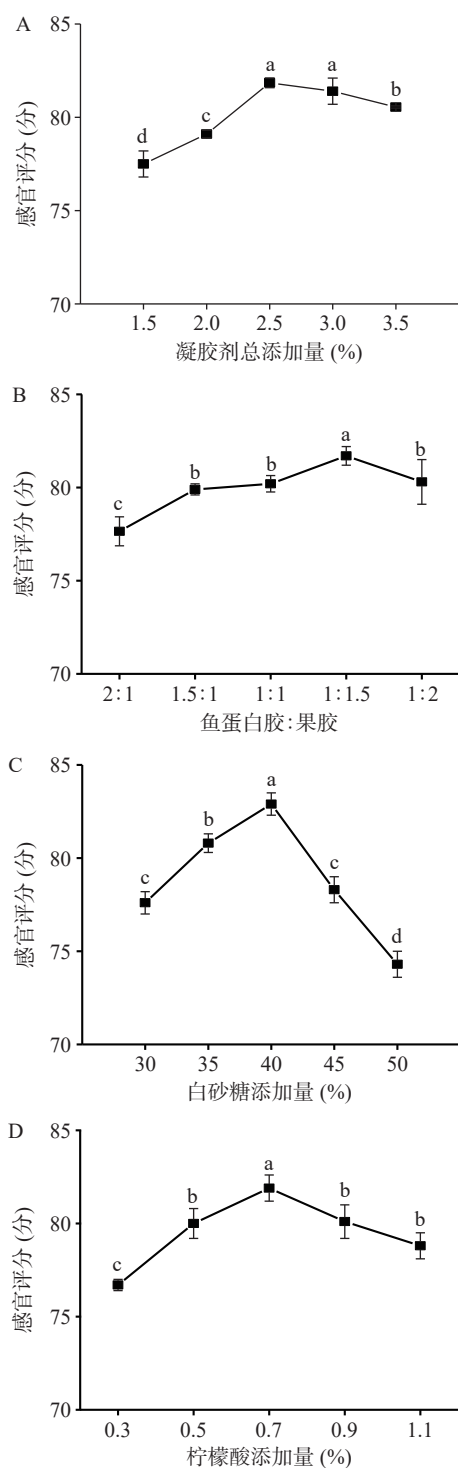


图1 各单因素对果糕感官评分的影响

Fig.1 Effects of each single factor on the sensory score of fruit cake

进行分析可以得出:凝胶剂总添加量和白砂糖添加量之间交互作用极为显著($P<0.01$),其他因素的交互作用均不显著。单因素柠檬酸添加量对鱼蛋白胶芒果糕的感官评分影响最明显,其次是凝胶剂总添加量,影响最小的是白砂糖添加量。

2.2.4 最优工艺条件预测及验证 通过 Design-Expert 11 软件对实验数据进行优化预测,得到鱼蛋白胶制备芒果糕的最佳工艺配方为凝胶剂总添加量 2.52%,白砂糖添加量 40.02%,柠檬酸添加量 0.69%,

表3 响应面试验设计及结果

Table 3 Experimental design and results for response surface analysis

实验号	A	B	C	Y感官评分(分)
1	-1	0	1	71.3
2	1	-1	0	74.2
3	0	0	0	83.5
4	0	-1	-1	75.0
5	0	0	0	83.1
6	0	0	0	82.9
7	0	0	0	83.8
8	1	0	1	70.4
9	-1	-1	0	76.9
10	0	1	1	72.8
11	1	0	-1	73.8
12	-1	0	-1	71.9
13	0	0	0	84.7
14	1	1	0	78.3
15	-1	1	0	73.6
16	0	1	-1	75.2
17	0	-1	1	74.5

表4 回归模型方差分析

Table 4 Analysis of variance of regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	380.83	9	42.31	100.83	<0.0001	**
A	1.13	1	1.13	2.68	0.1456	
B	0.0612	1	0.0612	0.1460	0.7138	
C	5.95	1	5.95	14.18	0.0070	**
AB	13.69	1	13.69	32.62	0.0007	**
AC	1.96	1	1.96	4.67	0.0675	
BC	0.9025	1	0.9025	2.15	0.1859	
A ²	113.31	1	113.31	270.01	<0.0001	**
B ²	29.85	1	29.85	71.13	<0.0001	**
C ²	181.33	1	181.33	432.11	<0.0001	**
残差	2.94	7	0.4196			
失拟项	0.9375	3	0.3125	0.6250	0.6356	
纯误差	2.00	4	0.5000			
总和	383.76	16				
R ²	0.9923					
R ² _{Adj}	0.9825					

注: *为差异显著($P<0.05$); **为差异极显著($P<0.01$)。

该工艺条件下鱼蛋白胶芒果糕的感官评分预测值为 83.64 分。结合实际操作,选取凝胶剂总添加量为 2.5%,白砂糖添加量 40%,柠檬酸添加量 0.7%,测得鱼蛋白胶芒果糕感官评分为 83.8 ± 0.2 分,与模型预测值较为接近,说明该模型可用于鱼蛋白胶制备芒果糕的工艺优化。

2.3 质构特性分析

为了更全面地探究各因素的添加量对鱼蛋白胶芒果糕品质的影响,同时使用质构仪对响应面试验设计(表3)里的 17 组样品进行了质构特性分析^[29],结果见表5。

从表5可以看出,17 组果糕样品的各项质构指标均存在不同程度的差别,这与各因素添加量的不同有关。在所有样品中,感官评分最高的 13 号样品其

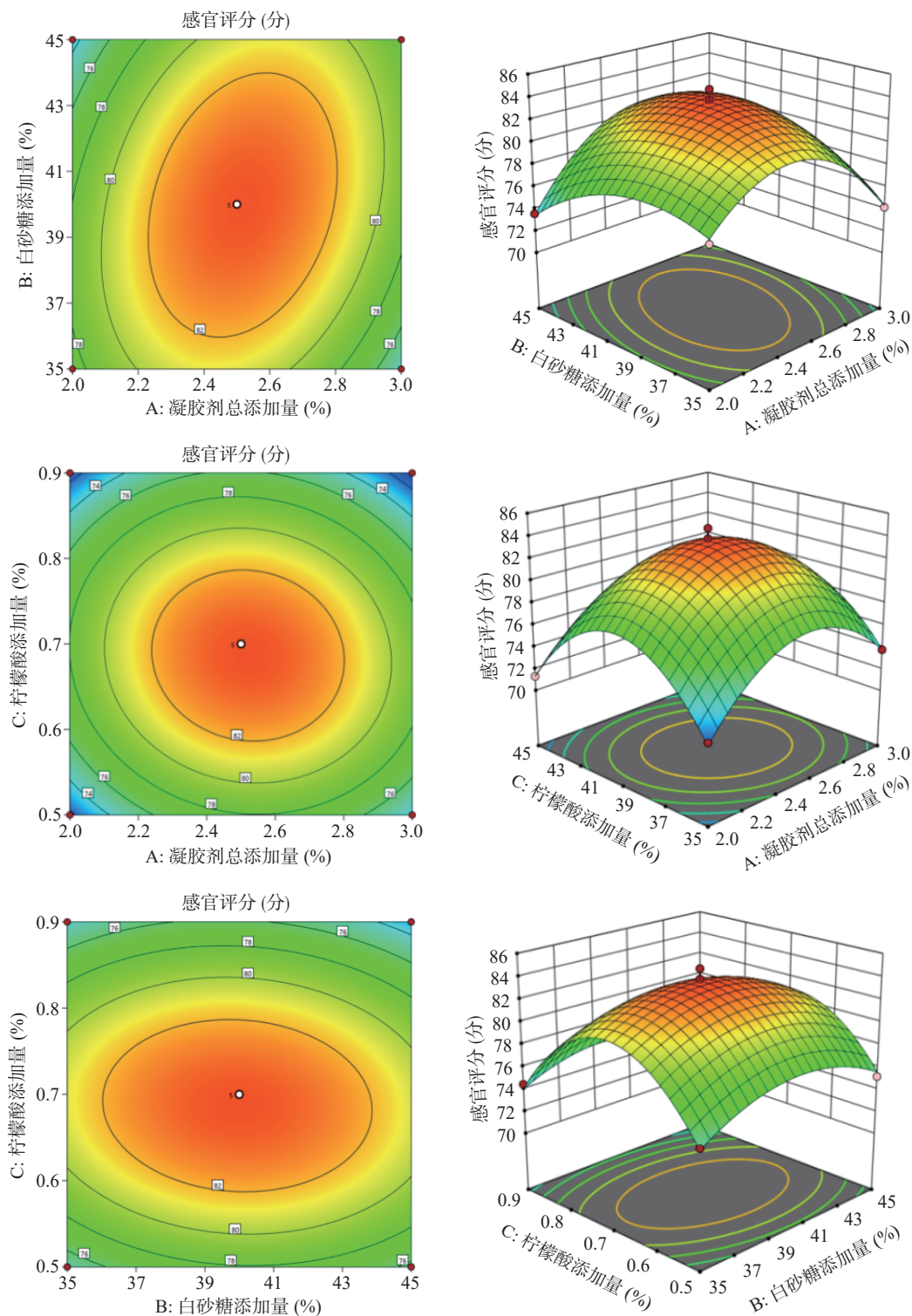


图 2 三个因素之间交互作用对果糕感官评分影响的等高线图及响应面图

Fig.2 Contour map and response surface graph of the interaction among three factors on the sensory score of fruit cake

各项质构指标也排在前列。其中,弹性、内聚性、咀嚼性和回复性这四个与果糕口感显著相关的指标都是最大值,分别达到了 0.124、0.176、59.919 和 0.113,硬度也适中,因而 13 号样品在口感方面达到了最优。鲁丹游等^[22]研究表明果糕口感与弹性、内聚性、咀嚼性呈显著相关,并且随着弹性、咀嚼性和内聚性的增加,果糕口感更好,本文与之研究结果是一致的。质构特性分析也表明 13 号样品的品质最佳,与前面最优工艺条件预测的结果一致,因此可以得

出:在凝胶剂总添加量为 2.5%,白砂糖添加量为 40%,柠檬酸添加量为 0.7% 时,鱼蛋白胶芒果糕的品质确为最佳。

2.4 理化及微生物指标检测结果

根据上述优化得到的工艺配方制备的鱼蛋白胶芒果糕产品,其各项理化及微生物指标经检测均符合国家标准的要求,不含重金属且微生物数量在国家允许安全范围之内,说明所制备的鱼蛋白胶芒果糕产品可以进行商品化生产^[30]。目前,市售果糕营养成分表

表 5 凝胶剂、白砂糖和柠檬酸添加量对产品质量及感官评分的影响

Table 5 Effects of gel, white sugar and citric acid additions on texture of products and sensory score

实验号	硬度(g)	弹性	内聚性	咀嚼性	回复性	感官评分(分)
1	1786.664±414.199	0.096±0.025	0.124±0.033	21.875±10.050	0.072±0.019	71.3
2	2552.436±142.122	0.076±0.023	0.117±0.041	23.834±14.255	0.072±0.030	74.2
3	2376.733±550.872	0.088±0.005	0.136±0.008	28.017±3.931	0.083±0.004	83.5
4	2879.553±345.376	0.098±0.007	0.153±0.001	42.914±3.029	0.097±0.008	75.0
5	2656.883±156.181	0.112±0.008	0.161±0.008	48.000±6.326	0.100±0.007	83.1
6	2348.254±43.301	0.108±0.006	0.154±0.008	39.364±4.022	0.088±0.009	82.9
7	2826.595±411.388	0.087±0.002	0.138±0.001	33.743±4.166	0.090±0.007	83.8
8	3095.932±569.001	0.115±0.008	0.168±0.008	59.317±6.957	0.103±0.004	70.4
9	2373.291±126.213	0.099±0.011	0.146±0.008	34.666±6.332	0.088±0.006	76.9
10	2814.502±583.658	0.109±0.023	0.163±0.024	48.594±5.967	0.104±0.008	72.8
11	3253.355±614.529	0.104±0.009	0.167±0.006	57.601±16.404	0.110±0.007	73.8
12	2894.724±386.800	0.083±0.047	0.127±0.067	33.785±25.078	0.082±0.043	71.9
13	2748.437±700.402	0.124±0.010	0.176±0.013	59.919±16.783	0.113±0.006	84.7
14	3283.516±441.233	0.108±0.009	0.169±0.008	59.350±7.036	0.109±0.011	78.3
15	2452.707±243.641	0.111±0.009	0.164±0.005	44.784±6.588	0.106±0.007	73.6
16	2465.971±1338.702	0.094±0.024	0.166±0.018	43.719±30.606	0.111±0.003	75.2
17	3557.711±430.749	0.095±0.003	0.148±0.007	50.027±9.175	0.097±0.007	74.5

上蛋白质含量不超过 1 g/100 g, 甚至大多不含蛋白质, 而经上述工艺制备的鱼蛋白胶芒果糕的蛋白质含量达到 2.19 g/100 g, 高于市售普通果糕的蛋白质含量, 因此本文研发的鱼蛋白胶芒果糕在一定程度上提高了果糕的蛋白质含量, 实现了果糕作为休闲零食的同时还可以补充各种营养的目的。检测结果见表 6。

表 6 理化及微生物指标检测结果

Table 6 Test results of physical, chemical and microbial indicators

检测指标	检测依据	单位	检测结果
蛋白质	GB 5009.5-2016	g/100 g	2.19
总糖	GB/T 10782-2006	g/100 g(以葡萄糖计)	51.8
水分	GB 5009.3-2016	g/100 g	15.6
总砷	GB 5009.11-2014	mg/kg	未检出
甲基汞	GB 5009.17-2014	mg/kg(以汞计)	未检出
铅	GB 5009.12-2017	mg/kg	未检出
大肠菌群	GB 4789.3-2016	MPN/g	<3.0
金黄色葡萄球菌	GB 4789.10-2016	CFU/g	<10
志贺氏菌	GB 4789.5-2012	每25 g样品	未检出
沙门氏菌	GB 4789.4-2016	每25 g样品	未检出
菌落总数	GB 4789.2-2016	CFU/g	<10

3 结论

通过单因素和响应面优化试验, 结合感官评定和质构特性分析, 得到鱼蛋白胶制备芒果糕的最佳工艺配方为: 凝胶剂总添加量 2.5%, 鱼蛋白胶和果胶质量比 1:1.5, 白砂糖添加量 40%, 柠檬酸添加量 0.7%。经该工艺配方制得的鱼蛋白胶芒果糕弹性良好, 硬度适中, 感官品质最佳, 且各项指标均符合国家标准, 其中蛋白质含量达到 2.19 g/100 g, 丰富了果糕的营养价值, 实现了渔业副产物利用的高值化, 提高了芒果产业的附加值, 是一款老少皆宜的新型营养果糕, 具有极大的开发前景, 同时研究结果也可为我国芒果及鱼蛋白胶的开发应用提供理论依据。但是, 本产品在研发过程中发现, 鱼蛋白胶芒果糕在熬糖浓缩这一工

序上不可避免要进行搅拌, 导致成品存在少量气泡问题, 还有待后续进一步研究解决。

参考文献

- [1] 李双, 涂宗财, 陈雪岚. 鱼明胶提取及其品质影响因素[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(2): 252-259. [LI Shuang, TU Zongcai, CHEN Xuelan. Factors affecting fish gelatin extraction and its quality[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(2): 252-259.]
- [2] AHMAD T, ISMAIL A, AHMAD S A, et al. Recent advances on the role of process variables affecting gelatin yield and characteristics with special reference to enzymatic extraction: A review[J]. Food Hydrocolloids, 2017, 63(2): 85-96.
- [3] YU Zhilong, ZENG Weicai, ZHANG Wenhua, et al. Effect of ultrasonic pretreatment on kinetics of gelatin hydrolysis by collagenase and its mechanism[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2016, 29: 495-501.
- [4] YUE Jianying, WANG Jinzhi, ZHANG Chunhui, et al. Effects of hot-pressure extraction time on composition and gelatin properties of chicken bone extracts[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(5): 1066-1075.
- [5] WILESMITH J W, WELLS G, CRANWELL M P, et al. Bovine spongiform encephalopathy: Epidemiological studies on the origin[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 1994, 724(25): 210-220.
- [6] KAEWRUANG P, BENJAKUL S, PRODPRAN T. Molecular and functional properties of gelatin from the skin of unicorn leatherjacket as affected by extracting temperatures[J]. Food Chemistry, 2013, 138(2-3): 1431-1437.
- [7] 丁莉, 张益. 我国芒果发展现状分析及发展对策研究[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2021, 15(5): 65-69. [DING Li, ZHANG Yi. China's mango industry development situation and countermeasures[J]. Journal of Yunnan Agricultural University(Social Science), 2021, 15(5): 65-69.]
- [8] 李靓, 朱涵彬. 芒果营养成分及保健功效研究进展[J]. 江苏调味副食品, 2021(3): 10-12, 16. [LI Jing, ZHU Hanbin. Research progress of nutritional composition and healthy function of

- mango[J]. *Jiangsu Condiment and Subsidiary Food*, 2021(3): 10–12,16.]
- [9] 谢辉, 刘宁彰, 段宙位, 等. 芒果最少加工保鲜工艺优化[J]. *食品科技*, 2015, 40(2): 44–48. [XIE Hui, LIU Ningzhang, DU-AN Zhouwei, et al. Preservation technology of minimally processed mango[J]. *Food Technology*, 2015, 40(2): 44–48.]
- [10] 钟丽琪, 王晓雯, 郑云芳. 芒果加工的综合利用综述[J]. *现代食品*, 2017(12): 65–66. [ZHONG Liqi, WANG Xiaowen, ZHENG Yunfang. A summary of comprehensive utilization of mango processing[J]. *Modern Food*, 2017(12): 65–66.]
- [11] 白大娟, 严海, 周开兵, 等. 三亚芒果产业现状、存在问题及其发展对策[J]. *热带农业科学*, 2017, 37(9): 94–97. [BAI Da-juan, YAN Hai, ZHOU Kaibing, et al. Present situation, existing problems and development countermeasures of mango industry in Sanya[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2017, 37(9): 94–97.]
- [12] MARAL S, PINTADO M. Mango peels as food ingredient/additive: Nutritional value, processing, safety and applications[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, 114(3): 472–489.
- [13] 冯卫华, 丁度高, 李小妮, 等. 果糕行业发展现状及建议[J]. *现代农业科技*, 2019(21): 221–222. [FENG Weihua, DING Dugao, LI Xiaoni, et al. Development status and suggestions of fruit cake industry[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2019(21): 221–222.]
- [14] 张晓荣. 猕猴桃全果利用研究及工厂设计[D]. 南昌: 南昌大学, 2016. [ZHANG Xiaorong. Study on utilization of the whole kiwi fruit and plant design[D]. Nanchang: Nanchang University, 2016.]
- [15] 张雅娜, 刘东琦, 柴云雷, 等. 山里红桂圆红枣复合果糕的研制[J]. *农产品加工*, 2018(14): 9–12,15. [ZHANG Yana, LIU Dongqi, CHAI Yunlei, et al. Development of the compound fruit cake produced by *Crataegus pinnatifida*-longan-red dates[J]. *Agricultural Products Processing*, 2018(14): 9–12,15.]
- [16] 李翔, 邓杰, 徐宏, 等. 响应面法优化羊肚菌红枣复合营养粉的加工工艺[J]. *食品研究与开发*, 2019, 49(17): 58–63. [LI Xi-ang, DENG Jie, XU Hong, et al. Optimization of the processing technology of compound nutrition powder of morcella and red jujube by response surface method[J]. *Food Research and Development*, 2019, 49(17): 58–63.]
- [17] WU Shaozhen, HE Zhiping, WANG Qingqing, et al. Response surface optimization of enzymatic hydrolysis of peptides of Chinese pecan(*Carya cathayensis*) and analysis of their antioxidant capacities and structures[J]. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 2021, 27(2): 1239–1251.
- [18] BOONSOM T, DUMKLIANG E. Response surface optimization on microencapsulation of lemongrass essential oil using spray drying[J]. *Key Engineering Materials*, 2020, 859: 271–276.
- [19] 郑毅, 伍斌, 邓建梅, 等. 芒果果糕配方及生产工艺研究[J]. *广东农业科学*, 2011, 38(6): 107–109. [ZHENG Yi, WU Bin, DENG Jianmei, et al. Study on optimal formula and production process of mango cake[J]. *Guangdong Agricultural Science*, 2011, 38(6): 107–109.]
- [20] 石芳, 廖霞, 李福香, 等. 基于低场核磁共振技术研究冻融过程中松茸品质的变化[J]. *食品与发酵工业*, 2018, 44(7): 89–95. [SHI Fang, LIAO Xia, LI Fuxiang, et al. Quality changes of *Tricholoma matsutake* during freeze-thaw cycles by low-field nuclear magnetic resonance[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2018, 44(7): 89–95.]
- [21] 汪莉莉, 付冰, 李小凤, 等. 无花果果糕的研制及其质构特性[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(22): 163–168. [WANG Lili, FU Bing, LI Xiaofeng, et al. Development of fig pastilles and its texture characteristics[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(22): 163–168.]
- [22] 鲁丹游, 马忠梅, 张怀予, 等. 复合型枸杞果糕配方优化与抗氧化能力的评价[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(14): 140–147. [LU Danyou, MA Zhongmei, ZHANG Huaiyu, et al. Formula optimization and antioxidant ability of *Lycium barbarum* composite fruit cake[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(14): 140–147.]
- [23] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 10782-2006 蜜饯通则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006. [China National Standardization Management Committee. GB/T 10782-2006 General rule for preserved fruits[S]. Beijing: China Standards Press, 2006.]
- [24] 国家食品药品监督管理总局. GB 14884-2016 食品安全国家标准 蜜饯[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006. [State Food and Drug Administration. GB 14884-2016 Food safety national standard. Preserved fruits[S]. Beijing: China Standards Press, 2006.]
- [25] 曲敏, 赵思岑, 朱秀清, 等. 响应面法优化微波-热风脱水冻豆腐干燥工艺及其品质评价[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(23): 158–166. [QU Min, ZHAO Sichen, ZHU Xiuqing, et al. Optimization of microwave-hot air dehydration process and quality evaluation of frozen tofu by response surface methodology[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(23): 158–166.]
- [26] SUN Qian, CHENG Yimei, YANG Gang, et al. Stability and sensory analysis of walnut polypeptide liquid: Response surface optimization[J]. *International Journal of Food Properties*, 2019, 22(1): 853–862.
- [27] 李云嵌, 杨曦, 刘江, 等. 超声波辅助碱法提取美藤果分离蛋白及其加工性质研究[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(9): 128–135. [LI Yunqian, YANG Xi, LIU Jiang, et al. Ultrasonic-assisted alkaline extraction of *Plukenetia volubilis* protein isolate and its processing properties[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2021, 47(9): 128–135.]
- [28] 叶学林, 程水明, 温露文, 等. 响应面法优化桑葚果酒发酵工艺[J]. *中国酿造*, 2017, 36(12): 105–109. [YE Xuelin, CHENG Shuiming, WEN Luwen, et al. Optimization of fermentation technology for mulberry wine by response surface methodology[J]. *China Brewing*, 2017, 36(12): 105–109.]
- [29] 杨森, 涂宗财, 王辉, 等. 超微细化草鱼制备高钙午餐鱼肉罐头及工艺优化[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(18): 202–208. [YANG Sen, TU Zongcai, WANG Hui, et al. Processing technology and optimization of canned luncheon fish meat with high calcium from ultra-fine grass carp[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(18): 202–208.]
- [30] 肖嘉琪, 黄桂涛, 顾采琴, 等. 桑葚果糕配方及加工工艺优化[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(20): 154–159,166. [XIAO Jiaqi, HUANG Guitao, GU Caiqin, et al. Formulation and processing technology optimization of mulberry cake[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(20): 154–159,166.]