

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2021.14.016

芋头粉面包配方优化的研究

柳富杰^{1,2}, 吴海铃¹, 盘艳梅¹, 黄远桃¹, 吴国勇^{1,2*}

(1. 广西科技师范学院 食品与生化工程学院, 广西 来宾 546199; 2. 广西科技师范学院 功能性食品配料工程技术研究中心, 广西 来宾 546199)

摘要: 选取芋头粉和小麦面粉为主要原料, 并添加大豆分离蛋白作为改良剂制作芋头粉面包。由单因素和响应面的优化试验结果可知, 对芋头粉面包的感官评价的影响因素显著性大小顺序为: 大豆分离蛋白添加量 > 黄油添加量 > 芋头粉添加量。通过响应面优化试验可知芋头粉面包最佳配方为: 大豆分离蛋白添加量 2.2%, 黄油添加量 11.7%, 芋头粉添加量 11.7%。在此条件下制得的芋头粉面包感官评分最高, 其外表呈金黄色, 组织结构蓬松有弹性, 口感柔软香甜, 具有芋头粉特有的风味。

关键词: 大豆分离蛋白; 芋头粉; 面包; 配方; 比容

Optimization of Taro Flour Bread Formulation

LIU Fu-jie^{1,2}, WU Hai-ling¹, PAN Yan-mei¹, HUANG Yuan-tao¹, WU Guo-yong^{1,2*}

(1. College of Food and Biochemical Engineering, Guangxi Science and Technology Normal University, Laibin 546199, Guangxi, China; 2. Functional Food Ingredients Engineering Research Center, Guangxi Science and Technology Normal University, Laibin 546199, Guangxi, China)

Abstract: With taro and wheat flours as the main raw materials, soybean protein isolate was added to improve the prepared taro flour bread. Single factor and response surface optimization analyses revealed that the order of significant factors for sensory evaluation of taro flour bread was as follows: soybean protein isolate > butter > taro flour. Response surface optimization analysis revealed that the best formulation for preparing taro flour bread was soybean protein isolate 2.2%, butter 11.7%, and taro flour 11.7%. Under these conditions, the sensory score of taro flour bread was the highest. The bread had a golden appearance, was fluffy and elastic in texture, tasted soft and sweet, and possessed the unique flavor of taro flour.

Key words: soybean protein isolate; taro powder; bread; formula; specific capacity

引文格式:

柳富杰, 吴海铃, 盘艳梅, 等. 芋头粉面包配方优化的研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(14): 99-105.

LIU Fujie, WU Hailing, PAN Yanmei, et al. Optimization of Taro Flour Bread Formulation[J]. Food Research and Development, 2021, 42(14): 99-105.

芋头又叫芋魁、毛芋、香芋、芋奶, 是天南星科多年生草本植物。芋头原产地为印度, 后经东南亚传入我国, 在我国有很长的种植历史^[1]。芋头块茎含有大量

的易消化淀粉(淀粉含量约为干重的 70%)、多糖、蛋白质、碱性物质以及人体需要的矿物质、微量元素等营养成分, 且口感清爽, 具有独特的芋头风味^[2]。虽然我国每年的芋头产量巨大, 具有良好的应用发展前景, 但是与芋头相关的食品开发利用相较于其它品种的杂粮较低, 芋头食品有待进一步开发^[3]。

面包是一种用五谷(一般是麦类)磨粉制作并加热而制成的食品, 面包具有美味可口、食用方便、营养价值高、风味多变等特点, 因此深受国内外消费者的青睐。面包是欧美国家的主食, 由于其适合工业生产、

基金项目: 广西糖资源工程技术研究中心培育建设(桂科AD16450040); 广西高校制糖工程综合技术重点实验室培育建设(桂教科研[2016]6号); 广西高校中青年教师基础能力提升项目(2021KY0863)

作者简介: 柳富杰(1990—), 男(汉), 讲师, 硕士研究生, 研究方向: 糖资源综合利用。

* 通信作者: 吴国勇(1967—), 男(汉), 高级工程师, 本科, 研究方向: 食品配料。

可储存和易于食用等特点,国内越来越多的人开始把面包作为早餐、下午茶和旅游食品^[4]。研究表明通过在面包中加入一些粗纤维、维生素、矿物质等营养强化剂可以达到强化面包营养的目的^[5],或者添加各种食物和食品添加剂可以改善面包的风味与品质。面包不再是为了改善生活而存在,它已经变成了人们生活的一部分^[6]。目前我国面包行业也长期处于上升期,持续保持高景气度。但是芋头粉面包的相关研究不多,本研究拟将芋头粉与面包结合在一起,希望研制一种新型的营养美味的芋头粉面包。芋头粉面包充分将芋头与面包完美地融合,克服了传统中芋头食品不易深加工,无法开发新产品的缺点。通过芋头粉面包的制作,既解决了人们日常生活所需,又满足了人们对丰富营养价值的追求,符合年轻人所崇尚的便捷、美味、健康、绿色的饮食理念^[7]。

本文以芋头粉和小麦粉为原料制作芋头粉面包,通过对比添加酵母和大豆分离蛋白两种不同面粉改良剂、黄油和白砂糖添加量对芋头粉面包比容和感官评分的影响,优化芋头粉面包的配方,从而为芋头粉面包的生产、芋头的深加工等方面提供一定的理论依据,为功能性烘焙产品的开发利用奠定基础。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

1.1.1 试验材料

面粉:肇庆市福加德面粉有限公司;大豆分离蛋白:临沂山松生物制品有限公司;高活性干酵母:安琪酵母股份有限公司;黄油:浙江金澳艺发食品科技有限公司;一级白砂糖:广西东亚扶南精糖有限公司;食盐:市售。芋头粉:广西来宾兴宾区菜市场购买的新鲜芋头,切片后于烘箱在60℃条件下烘干,经过粉碎机粉碎后过60目筛备用。

1.1.2 试验仪器

FW177型中草药粉碎机:天津市泰斯特仪器有限公司;JA12002型精密电子天平:上海舜宇恒平科学仪器有限公司;C21-ST2125型电磁炉:广东美的生活电器制造有限公司;HTD-60型电热烘炉:广州市白云区宏泰烘焙设备厂;DHP-9082型电热恒温培养箱:上海一恒科技有限公司;TS-100B型台式恒温振荡器:常州光启实验仪器有限公司。

1.2 芋头粉面包的制作

1.2.1 芋头粉面包的制作工艺流程

原料混匀→和面→静置切块→发酵(温度28℃,相对湿度80%,时间120min)→排气→醒发(温度

35℃,相对湿度80%,时间60min)→烘烤(烘烤温度180℃,烘烤时间18min)→冷却→成品^[8]。

1.2.2 芋头粉面包基础配方

以高筋面粉质量为基准(100%),添加纯净水(65%)、白砂糖(15%)和食盐(1%),其余添加辅料的比例按高筋面粉的质量为100%进行计算。

1.3 面包品质的测定

1.3.1 面包失重率的测定

芋头粉面包冷却2h后,取适量面包测定初始的质量,放在空气相对湿度75%,温度25℃的恒温恒湿箱内,每隔24h测定其质量^[9]。失重率按式(1)计算。

$$\text{失重率}/\%=(m_0-m_1)/m_0\times 100 \quad (1)$$

式中: m_0 为面包初始质量,g; m_1 为面包存放72h后质量,g。

1.3.2 面包比容的测定

取一个待测面包样品,称量后放入一定容积的容器中,将小颗粒填充剂(小米或油菜籽)加入容器中,完全覆盖面包样品并摇实填满,用直尺将填充剂刮平,取出面包,将填充剂倒入量筒中测量体积,容积体积减去填充剂体积得到面包体积^[10]。面包比容按式(2)计算。

$$P=V/M \quad (2)$$

式中: P 为面包比容,mL/g; V 为面包体积,mL; M 为面包质量,g。

1.3.3 面包老化度的测定

将芋头粉面包放置72h后取面包瓢10g,放入孔径为100目的标准筛中,并放入10个直径5mm不锈钢球,以120r/min频率振荡5min,称取筛下物质量,以单位时间内筛下面包屑质量作为衡量面包老化度的标准^[10]。面包老化度按式(3)计算。

$$Y=m_0/t \quad (3)$$

式中: Y 为面包老化度,g/min; m_0 为筛下面包屑的质量,g; t 为振荡时间,min。

1.4 面包感官评价的测定

感官评定参照GB/T 20981—2007《面包》和白健^[6]的方法并进行适当的修改,具体参见表1。评定小组由15名经过专业训练的食品专业技术人员组成,专业人员分别按外观形态、表面色泽、组织、滋味与口感和弹性等指标进行评分,满分为100分,最后结果取所有人评分的平均值。

1.5 试验内容

1.5.1 芋头粉添加量对面包品质的影响

取高筋面粉100g,固定酵母添加量1.0%和黄油添加量10.0%,将芋头粉按面粉质量的8.0%、10.0%、12.0%、14.0%、16.0%比例分别添加,其他辅料按照芋

表1 感官评价

Table 1 sensory evaluation table

感官指标	评判标准
外观形态	表面光滑完整,无塌陷,无明显焦斑和裂纹,16分~20分。中等,11分~15分。有裂纹,粗糙,5分~10分
表面色泽	金黄色,色泽均匀正常,16分~20分。中等,11分~15分。色泽不均匀,发暗,5分~10分
组织	气孔均匀,纹理清晰,呈海绵状,16分~20分。中等,11分~15分。结构粗糙,有大孔洞,5分~10分
滋味与口感	具有强烈的面包香味,淡淡的芋头香味,松软适中,不粘牙,16分~20分。中等,11分~15分。面包香味与芋头香味不足,有异味,粘牙,5分~10分
弹性	柔软而富有弹性,按下很快复原,16分~20分。中等,11分~15分。复原性差,5分~10分

头粉面包基础配方添加,添加完成后按照芋头粉面包制作工艺进行试验。对制作完成的面包进行感官评价,并测定老化度、失重率、比容。

1.5.2 黄油添加量对面包感官品质的影响

取高筋面粉 100 g,固定酵母添加量 1.0%,芋头粉按照试验最优添加量添加,黄油按面包粉质量的 8.0%、10.0%、12.0%、14.0%、16.0%比例分别添加,其他辅料按照芋头粉面包基础配方添加,添加完成后按照芋头粉面包制作工艺进行试验。对制作完成的面包进行感官评价,并测定老化度、失重率、比容。

1.5.3 酵母添加量对面包感官品质的影响

取高筋面粉 100 g,固定酵母添加量 1.0%,黄油添加量和芋头粉添加量均按照试验最优添加量添加,将酵母按面包粉质量的 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%比例分别添加,其他辅料按照芋头粉面包基础配方添加,添加完成后按照芋头粉面包制作工艺进行试验。对制作完成的面包进行感官评价,并测定老化度、失重率、比容。

1.5.4 大豆分离蛋白对芋头粉面包品质的影响

取高筋面粉 100 g,黄油添加量和芋头粉添加量均按照试验最优添加量添加,大豆分离蛋白添加量按照面包粉质量的 0%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%和 3.0%比例分别添加,其他辅料按照芋头粉面包基础配方添加,添加完成后按照芋头粉面包制作工艺进行试验。对制作完成的面包进行感官评价,并测定老化度,失重率,比容。

1.6 响应面试验

根据 Box-Behnken 中心组合试验设计原理,在单因素的基础上,选取对感官评分有较大影响的因素: X_1 大豆分离蛋白、 X_2 黄油、 X_3 芋头粉,以-1、0、1分别代表自变量的低、中、高水平,以感官评分为(Y)试验考察指标(即响应值),设计因素及水平编码见表2。

表2 因素水平
Table 2 Factor level

水平	因素		
	X_1 大豆分离蛋白添加量/%	X_2 黄油添加量/%	X_3 芋头粉添加量/%
-1	1.5	10.0	10.0
0	2.0	12.0	12.0
1	2.5	14.0	14.0

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 芋头粉添加量对面包感官品质的影响

芋头粉添加量对芋头粉面包感官得分、比容的影响见图1,芋头粉添加量对芋头粉面包失重率、老化度的影响见图2。

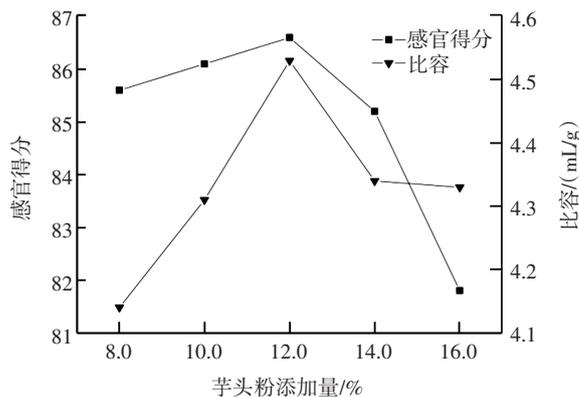


图1 芋头粉添加量对芋头粉面包感官得分和比容的影响
Fig. 1 Effect of taro flour addition on sensory score and specific volume of taro flour bread

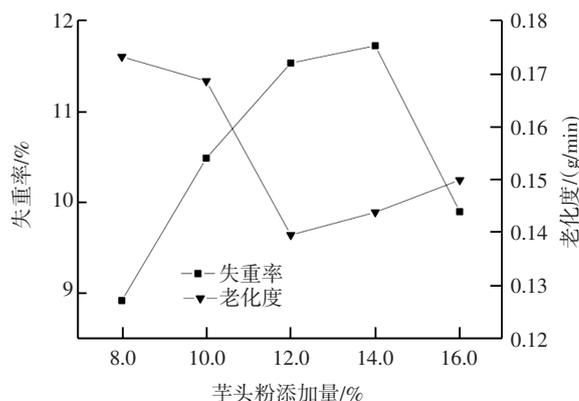


图2 芋头粉添加量对芋头粉面包老化度和失重率的影响
Fig. 2 Effect of taro flour addition on aging degree and water holding capacity of taro flour bread

由图1和图2可知随着芋头粉添加量的增加,芋头粉面包的比容、感官评价和失重率呈现先升高再降低的趋势;老化度呈现先降低后升高的趋势。这是因为芋头粉中缺乏面筋蛋白,当添加量过多时会导致面粉中面筋蛋白含量相对减少,会导致面包面筋网形成

不完全^[11],持气性差。所以当芋头粉添加量为12%时继续增加芋头粉添加量,芋头粉面包比容下降。当芋头粉添加量为12.0%时,此时芋头粉面包的感官评分最好,当芋头粉添加量不足12.0%时,芋头粉面包风味过淡,影响面包的口感;当芋头粉添加量大于12.0%时,芋头粉中不含面筋蛋白,影响面包发酵,面包的组织变差,比容下降,感官得分也开始下降。芋头粉的添加量影响着面包的失重率和老化度。芋头粉添加量为12.0%时,此时面包老化度最低,面包品质最好。综合考虑以上试验结果,认为12.0%的芋头粉添加量为芋头粉面包的最适添加量。

2.1.2 黄油添加量对面包感官品质的影响

黄油添加量对芋头粉面包感官得分、比容的影响见图3,黄油添加量对芋头粉面包老化度、失重率的影响见图4。

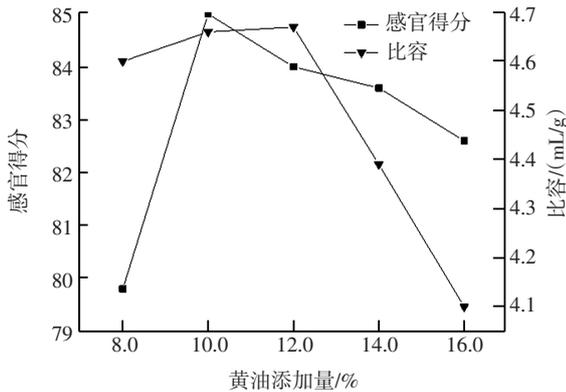


图3 黄油添加量对芋头粉面包感官得分和比容的影响
Fig. 3 Effect of butter addition on sensory score and specific volume of taro flour bread

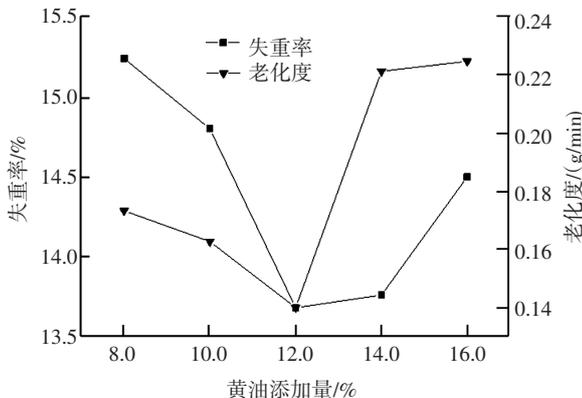


图4 黄油添加量对芋头粉面包老化度和失重率的影响
Fig. 4 Effect of butter addition on aging degree and water holding capacity of taro flour bread

由试验结果可知,改变黄油的添加量对面包的品质指标影响较大,这是因为添加的黄油可以在制作过程给面包提供大量的能量,增加面包的蓬松性;另一方

面黄油的乳化性较强,将其揉入面团中可以有效地保持面团的水分,改善湿黏性,增加延伸度^[12]。由图3和图4可知,随着黄油添加量的增加,芋头粉面包的比容和感官评分呈现先升高再降低的趋势;老化度和失重率呈现先降低后升高的趋势。其中在黄油添加量为12%时面包老化度最低,该条件下失重率和比容较好,面包具有最好组织结构和柔软度。综合以上结果,认为12%的黄油为在芋头面包的最适添加量。

2.1.3 酵母添加量对面包感官品质的影响

酵母添加量对芋头粉面包感官得分、比容的影响见图5,酵母添加量对芋头粉面包老化度、失重率的影响见图6。

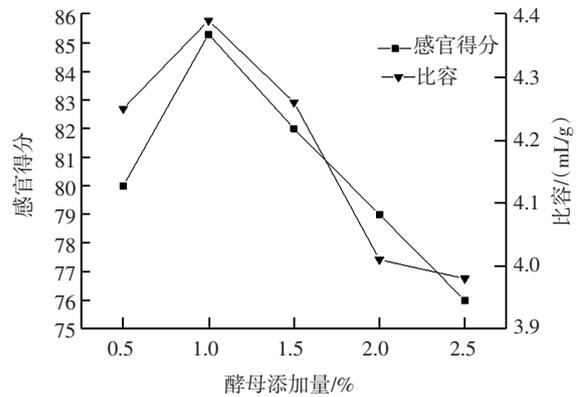


图5 酵母添加量对芋头粉面包感官得分和比容的影响
Fig. 5 Effect of yeast addition on sensory score and specific volume of taro flour bread

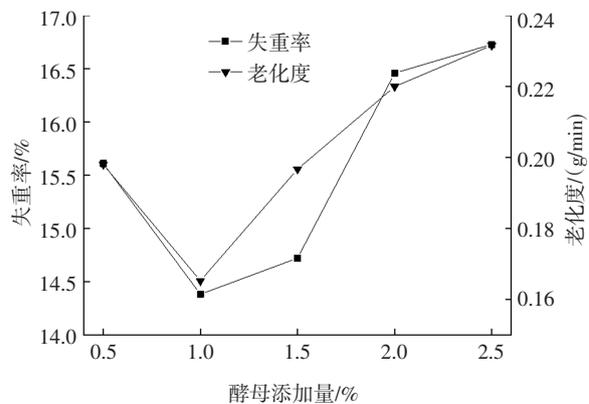


图6 酵母添加量对芋头粉面包老化度和失重率的影响
Fig. 6 Effect of yeast addition on aging degree and water holding capacity of taro flour bread

酵母是制作面包过程中常用的添加剂之一。酵母在面包发酵过程中会发酵产生大量的CO₂,这些气体留在网状组织内,使面包内部结构呈疏松多孔状,体积增大,赋予面包制品特有的香味^[10]。由图5和图6可知,当酵母添加量为1.0%时,面包的感官评分最高,此时的面包组织均匀,弹性好,松软香甜,比容最大;当酵

母添加量为少于 1.0% 时,面包醒发时间长,比容小,品质差;当酵母添加量超过 1.0% 时,面包醒发时间明显缩短,但失重率和老化度过高,且面包中有浓烈的酸味,影响面包口感;综合以上试验结果,认为 1.0% 的酵母为在芋头面包的最适添加量。

2.1.4 大豆分离蛋白添加量对芋头粉面包的影响

大豆分离蛋白添加量对芋头粉面包感官评价、比容的影响见图 7,对芋头粉面包老化度、失重率的影响见图 8。

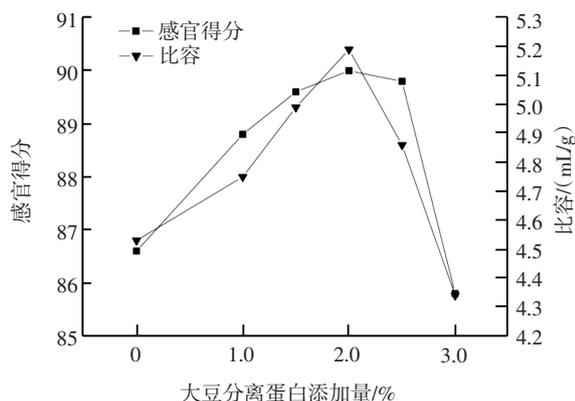


图7 大豆分离蛋白添加量对芋头粉面包感官评价和比容的影响

Fig.7 Effect of soybean protein isolate addition on sensory and specific volume of taro flour bread

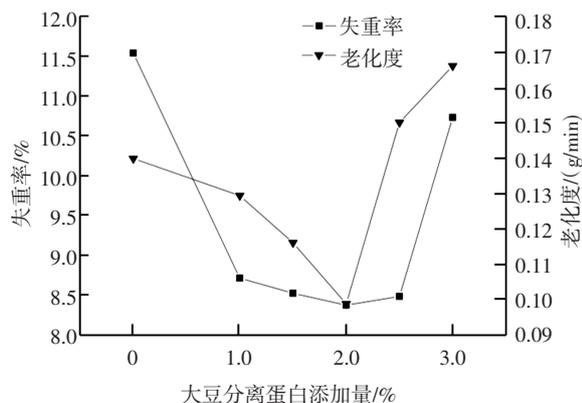


图8 大豆分离蛋白添加量对芋头粉面包老化度和失重率的影响

Fig.8 Effect of soybean protein isolate addition on aging degree and water holding capacity of taro flour bread

大豆分离蛋白由氨基酸组成,具有亲水、持湿和增稠的特性。因此,大豆分离蛋白可以增强面团的流变特性,从而起到改善面包体积和质地的效果^[13]。有研究表明高筋小麦粉中加入适量的大豆分离蛋白后,面团中的蛋白质含量增加,面包体积增大,表皮色泽得到明显改善^[14]。由图 7 和图 8 可知,芋头粉面包的比容和感官评价指标随着大豆分离蛋白的添加量增加呈现先升高再降低的趋势。当大豆分离蛋白添加量为 2.0% 时比容和感官评价指标达到最高。面包的老化度

随着大豆分离蛋白添加量的增加呈现先降低后增大的趋势。在添加量为 2.0% 时达到最低,这是因为加入的大豆分离蛋白与水具有较强的结合能力,具有保水的作用。当大豆分离蛋白添加量为 2.0% 时所制得的面包表面光滑,色泽一致,内部组织均匀,口感细腻,与王燕^[10]的研究结果一致。此时面包的感官评价、比容达到最高,失重率、老化度达到最低,说明此时的面包品质最好,口味最佳。通过对比分别添加酵母和大豆分离蛋白的试验结果,决定选择添加大豆分离蛋白作为芋头粉面包的改良剂,且 2.0% 的大豆分离蛋白为最适添加量。

2.2 响应面试验结果

试验方案及结果见表 3。

表 3 响应面试验方案及试验结果

Table 3 Response surface experimental scheme and experimental results

试验号	X ₁ 大豆分离蛋白添加量/%	X ₂ 黄油添加量/%	X ₃ 芋头粉添加量/%	Y 感官评分试验值
1	2.0	12	12	91.3
2	2.5	12	14	84.1
3	2.5	14	12	86.9
4	1.5	10	12	84.3
5	2.0	12	12	90.8
6	2.0	10	10	86.3
7	2.0	12	12	88.1
8	2.0	14	8	82.9
9	1.5	14	12	78.6
10	2.0	14	14	81.1
11	2.5	10	14	82.3
12	2.5	12	10	87.2
13	2.0	12	12	90.8
14	1.5	12	14	76.9
15	1.5	12	10	81.1
16	2.0	12	12	91
17	2.5	10	12	87.2

试验结果经过 Design Expert 软件处理,得到感官评价指标 Y 对自变量 X₁、X₂ 和 X₃ 的响应面二次回归方程: $Y = -162.075 + 42.425X_1 + 10.963X_2 + 24.506X_3 + 1.350X_1X_2 + 0.275X_1X_3 + 0.1375X_2X_3 - 13.950X_1^2 - 0.6656X_2^2 - 1.1469X_3^2$ 。

响应面试验中,大豆分离蛋白添加量、黄油添加量、芋头粉添加量对感官评价影响的方差分析见表 4。

回归方程方差分析结果表明响应面试验中复合相关系数 $R^2 = 0.9751$, $R_{adj}^2 = 0.9431$,说明该模型与试验数据拟合程度高。在 $P < 0.05$ 为差异性显著的条件下,回归方程 P 值 < 0.0001 ,方程显著,失拟项 P 值为

表4 回归模型方差分析表

Table 4 Analysis of variance of regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
模型	307.64	9	34.18	30.45	< 0.000 1
X_1	75.03	1	75.03	66.84	< 0.000 1
X_2	14.04	1	14.04	12.51	0.009 5
X_3	21.45	1	21.45	19.11	0.003 3
X_1X_2	7.29	1	7.29	6.49	0.038 2
X_1X_3	0.3	1	0.3	0.27	0.619 7
X_2X_3	1.21	1	1.21	1.08	0.333 7
X_1^2	51.21	1	51.21	45.62	0.000 3
X_2^2	29.85	1	29.85	26.59	0.001 3
X_3^2	88.61	1	88.61	78.94	< 0.000 1
剩余	7.86	7	1.12		
失拟项	1.08	3	0.36	0.21	0.883 5
误差	6.78	4	1.70		
总变异	315.50	16			

0.883 5,表示失拟项不显著,回归方程显著。证明建立的回归方程模型符合实际情况,回归方程有效。

表4中直观地反映出这3个因素对感官评价的显著性,各因素的F值表示各因素对响应值的影响程度,F值越大表示该因素对响应值的影响越大^[15]。从表4可以看出3个因素对感官评价的影响均为显著,且大小排列依次为大豆分离蛋白添加量>芋头粉添加量>黄油添加量。

经过 Design Expert 8.0.6 对数据处理得出的最优条件是:大豆分离蛋白添加量为2.2%,黄油添加量为11.7%,芋头粉添加量为11.7%,响应面模型预测的感官得分为91.3分。采用上述优化条件进行验证试验,测得的感官评价为91.8分,与理论预测值91.3分相差不大,因此,基于响应曲面法所得的工艺条件参数较合理准确。

3 结论

本文选取芋头粉和小麦面粉为主要原料,并添加大豆分离蛋白作为改良剂制作芋头粉面包。由单因素及响应面的优化试验可知,对芋头粉面包的感官评价的影响因素显著性顺序为:大豆分离蛋白添加量>黄油添加量>芋头粉添加量。通过响应面优化试验可知芋头粉面包最佳配方为:大豆分离蛋白添加量为2.2%,黄油添加量为11.7%,芋头粉添加量为11.7%,在此条件下制得的芋头粉面包感官评分最高,其外表呈金黄色,组织结构蓬松有弹性,口感柔软香甜,具有芋头粉特有的风味,色泽,口感俱佳,符合现代人的健康需求。

参考文献:

- [1] 刘楠楠. 芋头多糖提取、纯化与抗氧化活性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2019.
LIU Nannan. Study on extraction, purification and antioxidant activity of polysaccharides from taro[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2019.
- [2] 余振宇. 芋头浊汁饮料的加工工艺及贮藏稳定性研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2015.
YU Zhenyu. Research on the processing technology and storage stability of cloudy taro beverage[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2015.
- [3] 彭晔. 芋头淀粉纳米颗粒的制备、酯化改性及其在润肤霜中的应用[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018.
PENG Ye. The preparation esterification modification of taro starch nanoparticles and its application in moisturizer[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2018.
- [4] ZHAO B B, DENG J W, LI M Y, et al. Effects of gluten on rheological properties of dough and qualities of noodles with potato-wheat flour blends[J]. Cereal Chemistry, 2020, 97(3): 601-611.
- [5] 刘婷婷, 刘健影, 徐玉娟, 等. 膨化玉米粉在面包生产中的应用[J]. 食品工业, 2014, 35(1): 98-101.
LIU Tingting, LIU Jianying, XU Yujuan, et al. The application of puffed corn flour in bread production[J]. The Food Industry, 2014, 35(1): 98-101.
- [6] 白健. 天然纯鸡肉粉在牛角面包中的应用研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(4): 65-68.
BAI Jian. Application of pure chicken powder in croissant[J]. China Condiment, 2015, 40(4): 65-68.
- [7] 刘力源, 刘双奇, 李良. 韭菜面包的制作与工艺研究[J]. 食品工业, 2015, 36(10): 109-111.
LIU Liyuan, LIU Shuangqi, LI Liang. The study and production on leek bread[J]. The Food Industry, 2015, 36(10): 109-111.
- [8] 尤香玲, 徐向波. 面包制作中关键技术的要点分析[J]. 农产品加工, 2018(24): 50-52.
YOU Xiangling, XU Xiangbo. On the learning of the technical course of bread making[J]. Farm Products Processing, 2018(24): 50-52.
- [9] 张冬梅, 何忠宝, 刘淑英. 添加谷朊粉的紫薯吐司面包配方优化及品质分析[J]. 食品科技, 2019, 44(4): 172-177.
ZHANG Dongmei, HE Zhongbao, LIU Shuying. Formulation optimization and quality analysis of purple potato toast with gluten powder[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(4): 172-177.
- [10] 王燕. 大豆蛋白面包工艺优化及其品质特性研究[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(8): 55-59.
WANG Yan. Process optimization and quality characteristics of soybean protein bread[J]. Cereals & Oils, 2018, 31(8): 55-59.
- [11] 宣以锋. 羟丙基甲基纤维素(HPMC)对冷冻面团加工性质的影响及相关机制研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016.
XUAN Yifeng. Studies of evaluation and mechanism of hydroxypropylmethylcellulose addition affecting performance of frozen

- dough[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2016.
- [12] 赵晶, 郝金伟, 时东杰, 等. 马铃薯全粉面包加工工艺的研究[J]. 中国食品添加剂, 2019, 30(1): 126-134.
ZHAO Jing, HAO Jinwei, SHI Dongjie, et al. Study on the processing of potato bread[J]. China Food Additives, 2019, 30(1): 126-134.
- [13] SRIKANLAYA C, THERDTHAI N, RITTHIRUANGDEJ P, et al. Effect of hydroxypropyl methylcellulose, whey protein concentrate and soy protein isolate enrichment on characteristics of gluten-free rice dough and bread [J]. International Journal of Food Science and Technology. 2018, 53(7):1760-1770.
- [14] 邵颖, 魏宗烽. 影响面包老化因素研究进展[J]. 粮食与油脂, 2009, 22(7): 9-10.
SHAO Ying, WEI Zongfeng. Research progress on bread staling[J]. Cereals & Oils, 2009, 22(7): 9-10.
- [15] 李次力, 卢雨菲, 遇世友, 等. 复合杂粮面包配方优化的研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(11): 148-152.
LI Cili, LU Yufei, YU Shiyu, et al. Study on the formula optimization of compound grain bread[J]. Food Research and Development, 2019, 40(11): 148-152.

加工编辑:张弘

收稿日期:2020-08-25