

马铃薯饼干的工艺优化

买玉花,王彩霞,贺晓光*

(宁夏大学农学院,宁夏银川750021)

摘要:为得出最佳马铃薯饼干的工艺条件,试验选取低筋面粉与马铃薯全粉的质量比、黄油的添加量、白砂糖的添加量3个因素,先进行单因素试验确定优化区间,再通过主成分分析法对多个马铃薯饼干品质指标综合建立马铃薯饼干品质评价模型,再以规范化综合评分为评价标准进行响应面试验得出马铃薯饼干的最佳工艺条件。最终优化结果:低筋面粉与马铃薯全粉的质量比7:3,黄油35%,白砂糖35%;在此条件下获得马铃薯饼干的综合得分值为0.81,与理论综合评分值0.7875接近。建立的二次多项式回归模型效果显著且拟合度较好($p < 0.001$, $R^2 = 0.9872$)。说明响应面结合主成分分析法优化主成分分析法对马铃薯饼干的品质的综合优化具有较好的效果。

关键词:马铃薯全粉;响应面方法;主成分分析;饼干;工艺优化

Optimizing of Potato Biscuits Process

MAI Yu-hua, WANG Cai-xia, HE Xiao-guang*

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia, China)

Abstract: The optimal conditions for three-factor potato biscuits were established. The quality ratio of low gluten flour and potato flour, the amount of sugar, the amount of butter were selected as independent variables. In the first step, the ranges of the variables were determined by one-factor-at-a-time method for optimization. Subsequently, a mathematical model was developed for comprehensive evaluation of the using potato biscuits principal component analysis (PCA). Finally, optimization experiments were carried out based on the comprehensive evaluation using response surface methodology. As a result, the optimal drying conditions were determined as follows: the quality ratio of low gluten flour and potato flour was 7:3, butter 35%, white granulated sugar 35%. The actual measured value was 0.81 which was consistent with the model predicted value was 0.7875. The regression coefficient of the two polynomial regression model established was significant, and had better fit degree ($p < 0.0001$, $R^2 = 0.9872$). In conclusion, the application of principal component analysis combined with response surface method was effective in the optimization of potato.

作者简介:买玉花(1991—),女(回),在读硕士研究生,研究方向:农产品加工。

*通信作者:贺晓光(1963—),男,教授,主要从事食品加工与食品机械方面的教学和科研工作。

- 中国中医药现代远程教育,2012,10(22): 98-99
- [12] 王珊,李友连,苏靖,等.中国药用菊花品种及加工方法变迁的研究[J].中国药学杂志,2017,52(7): 539-542
- [13] 张明珠.一种混合植物饮料浸提工艺[J].食品研究与开发,2015,36(12): 76-78
- [14] 吕长鑫,纪秀凤,刘苏苏,等.响应面优化与粒径分析法复配南果梨乳饮料稳定剂[J].中国食品学报,2018,18(5): 159-166
- [15] 刘国荣,邱爽,王落琳.一种双歧杆菌发酵沙棘汁活菌饮料的研制[J].食品科技,2018,43(1): 8-14
- [16] 钱镭,任德财,姜涛,等.响应面法优化紫薯中花色苷的提取工艺[J].中国调味品,2018,43(10): 170-175
- [17] 尹琳琳,陈银玲,刘萍.苋菜红色素的超高压提取工艺及稳定性研究[J].食品科技,2018,43(9): 314-320
- [18] 覃珊.产后加工、采收期和花序不同部位对菊花质量影响的研究[D].济南:山东大学,2011
- [19] 刘剑,罗仓学,伍贤密,等.响应面法优化金花葵籽多糖提取工艺研究[J].食品研究与开发,2018,39(1): 25-29
- [20] 邱岚,梁琨,邱学云,等.响应面分析法优化槐米中芦丁提取工艺[J].食品研究与开发,2018,39(2): 97-102

收稿日期:2018-11-14

Key words: potato flour; response surface; principal component analysis; cookies; process optimization

引文格式:

买玉花,王彩霞,贺晓光. 马铃薯饼干的工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5):155-161

MAI Yuhua, WANG Caixia, HE Xiaoguang. Optimizing of Potato Biscuits Process[J]. Food Research and Development, 2019, 40(5):155-161

马铃薯属茄科植物,别名又称土豆、山药蛋、地蛋等,是仅次于水稻、小麦、玉米的第四大经济作物。马铃薯不仅富含优质蛋白质特性^[1-2]、淀粉、矿物质、无机盐、膳食纤维等营养^[3]成分,还具有缓急止痛、和胃健脾、强生益体等功效,更可预防胆固醇、慢性胃炎、糖尿病等疾病^[4],并且马铃薯中含有的膳食纤维能够促进肠道蠕动,更可参与和影响脂类和碳水化合物的代谢^[5],这些优点使其在食品行业具有更广泛的用途^[6-8]。目前,随着餐桌、小食品、西餐行业的兴起,对马铃薯加工产品的需求量也越来越大。我国是马铃薯种植大国,近年来在调整种植业的种植结构中,马铃薯的播种量持续增加。据有关统计,马铃薯的总产量在 2014 年约为 1 910 万吨,仅有 14% 用于加工。一方面,马铃薯全粉中不含有面筋蛋白,使其不具有面团所特有的黏弹性从而导致马铃薯加工性能差。另一方面,在我国马铃薯以鲜食为主,种类单一,缺乏适合我国居民饮食习惯的主食产品。2015 年马铃薯主粮化战略的启动,以求达到马铃薯由副食消费转向主食消费、原料产品转向产业化成品、温饱消费转向健康消费^[9-10],使其逐渐成为即玉米、小麦、稻米外的又一大主粮^[11]。

饼干是一种以小麦粉为原料,加入油脂、糖等其他辅料经烘烤而形成的食品,因其口感酥脆,被广大消费者所喜爱^[12]。由于油脂和糖的含量较高,极大的限制了其在食品行业的销售。因此,对低热量、高营养的饼干的工艺优化及其配方的改良是合乎当今食品消费领域的重要举措。随着消费者健康理念的提高,使其对日常食品也提出了更高的营养要求。为此,本试验采用黄油代替动物油脂,在传统饼干的工艺基础上,采用主成分结合响应面的优化方法,探索马铃薯全粉与低筋面粉的质量比、黄油的添加量、白砂糖的添加量对马铃薯饼干的感官及质构特性的影响,并采用感官及质构的规范化综合评分为评价指标,确定其最佳工艺参数,为马铃薯休闲类食品的开发提供实际参考。

1 材料与方 法

1.1 材料

马铃薯全粉:宁夏法福来食品股份有限公司;低

筋面粉:潍坊风筝面粉有限责任公司;白砂糖、小苏打、盐、鸡蛋等辅料:市售。

1.2 仪器与设备

ACS-30 电子秤:武义县金宇恒器有限公司;SQP 电子天平:多利斯科学仪器北京有限公司;HM315 打蛋器、HO-405 电烘箱:青岛汉尚电器有限公司;TA-XT plus 质构分析仪:英国 Stable Micro Systems 有限公司;MUMX25TLCN 多功能食物料理机:斯洛文尼亚公司。

1.3 方法

1.3.1 原料配方

原料配比(马铃薯全粉+低筋面粉=100 g),黄油 45 g,白砂糖 35 g,鸡蛋 20 g,全脂奶粉 10 g,碳酸氢钠 0.5 g,食盐 1.0 g,水适量。

1.3.2 马铃薯饼干的制作

原料→乳化→面团调制→静置→成型→烘烤→冷却→成品

1.3.3 操作要点

原料预处理:马铃薯全粉与低筋面粉分别过 60 目筛备用。乳化:将黄油在室温下软化后用打蛋器打发,按比例加入白砂糖并加入全蛋液,分 3 次加入,颜色打发至发白即可。面团调制:先将马铃薯全粉与低筋面粉均匀混合后加入其它辅料,倒入多功能厨师机进行快速搅拌调粉,在面团调制时,调制温度控制在 22℃~26℃,先慢后快,减少面团捏合时间,将面团调制的具有一定的塑性及韧性且不黏手可停止调制。静置:将面团调制结束后置于常温下醒发 15 min,使面团的性能保持一定的稳定性以促进非面筋蛋白的延展性。烘烤:将辊扎成型的饼干放入烘箱,上火温度为 180℃,下火温度为 150℃,共烤制 15 min。

1.3.4 单因素试验

参照预试验,选取对马铃薯饼干品质影响较大的 3 个因素,即马铃薯全粉和低筋面粉的质量比、白砂糖添加量、黄油添加量对马铃薯饼干的质构特性和感官品质的影响,具体方案见表 1。

1.3.5 马铃薯饼干品质的测定

1.3.5.1 质构品质的测定

用质构分析仪对样品的黏附性、硬度、回复性、弹

表 1 饼干配方单因素试验设计方案

Table 1 Single factor experiment design for biscuit processing technology

加工因素	因素水平	控制条件
低筋面粉:马铃薯全粉	9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5(质量比)	黄油 35 %、白砂糖 35 %、全脂奶粉 4 %、鸡蛋 10 %、碳酸氢钠 0.25 %、食盐 0.5 %
黄油	15 %、25 %、35 %、45 %、55 %	低筋面粉:马铃薯全粉(7:3 质量比)、白砂糖 35 %、全脂奶粉 4 %、鸡蛋 10 %、碳酸氢钠 0.25 %、食盐 0.5 %
白砂糖	5 %、15 %、25 %、35 %、45 %	黄油 35 %、低筋面粉:马铃薯全粉(7:3 质量比)、全脂奶粉 4 %、鸡蛋 10 %、碳酸氢钠 0.25 %、食盐 0.5 %

性、咀嚼度进行测试,评价饼干的品质。测定条件:选择质构剖面分析法(texture profile analysis, TPA)测试程序,选用 P/36R 探头,测前速度 1.0 mm/s,测中速度 1.0 mm/s,测后速度 1.0 mm/s,应变位移为 3 mm,触发力为 5 g,每块饼干选取 3 个点测试,剔除测试的最大值和最小值,结果取其平均值,每个样品重复测试 4 次。

1.3.5.2 马铃薯饼干的感官评价

将制成的马铃薯饼干按照杂质、组织结构、口感和色泽为感官指标进行感官评分,选取 10 名食品专业通过专业培训并且有经验的的学生组成感官评价小组,对马铃薯饼干进行感官评价,每组样品测 3 次,结果取其平均值^[13],感官评定见表 2^[14]。

表 2 感官评定标准

Table 2 Standard of comprehensive quality grading of biscuits

感官项目	要求	分值
口感	食之爽口,酥脆,味道纯正,无明显粗糙感,不黏牙。	16~20
	口感较酥脆,有粗糙感,略微黏牙。	8~15
	口感硬且粗糙,黏牙。	0~7
色泽	表面及底部色泽均匀呈现浅黄色及金黄色,有光泽,无焦面。	11~15
	表面及底部色泽基本均匀,稍有异常颜色,有光泽,边缘有焦灼现象。	6~10
	表面及底部色泽不均匀,有不良色泽发花,色泽暗淡,有过焦现象。	0~5
形体	外形完整,薄厚均匀,不变形,不起泡,无较大或较多的凹底。	21~25
	外形不完整,薄厚基本均匀,有轻微变形,有少量气泡,有凹底。	11~20
	外形不完整,薄厚不均匀,有气泡,变形严重。	0~10
组织结构	组织细腻,内部结构均匀,用手掰易断裂。	11~15
	组织粗糙,断面层结构基本均匀。	6~10
	组织较差,断面层结构不均匀,质地僵硬不疏松。	0~5
杂质	无异物,无油污	16~20
	无异物,有少量油污	8~15
	有异物,有大量油污	0~7

1.3.6 响应面试验设计

在单因素试验的基础上,确定优化区间,如表 3 所示,根据 Box-Behnken 原理设计三因素三水平的试验并且以主成分建立的规范化综合评价模型为最终的马铃薯饼干的评价指标。

表 3 响应面试验因素水平表

Table 3 Design level table of response surface methodology

因素与水平	A 低筋面粉和马铃薯全粉的质量比	B 黄油添加量/%	C 白砂糖添加量/%
-1	6:4	25	25
0	7:3	35	35
1	8:2	45	45

1.3.7 主成分分析

主成分分析是通过降维将多个指标进行重新组合,形成几个互相之间没有关联性的综合指标间接的反应原始数据评价指标,应用广泛^[15-16],可以较大程度的简化样品的评价过程。

取试验测定的单一指标黏附性、硬度、回复性、弹性、咀嚼度及感官评价作为分析变量,采用 SPSS17.0 软件对分析变量进行主成分的因子分析^[17-19],将大于 1 的特征值的因子进行主成分提取。饼干的综合评分^[20]按以下公式计算,再将得到的综合评分处理得到规范化综合得分。

$$F=(F_1Y_1+F_2Y_2+F_3Y_3)/C \quad \text{式(1)}$$

$$Z=(F-F_{\min})/(F_{\max}-F_{\min}) \quad \text{式(2)}$$

式中:F 为综合评分;F₁、F₂、F₃ 为主成分 1、2、3 的得分;Y₁、Y₂、Y₃ 为主成分特征值;C 为累积贡献率;Z 为规范化综合得分;F_{max} 为综合评分中最大值;F_{min} 为综合评分中最小值。

2 结果与分析

2.1 相关性分析

运用 SPSS17.0 软件分别对马铃薯饼干中低筋面粉与马铃薯全粉的质量比、黄油、白砂糖的不同的添加比例下测试的硬度、黏附性、咀嚼度、回复性、弹性以及感官评价指标,再对其进行相关性分析。结果显示,不同的添加比例对马铃薯饼干的影响较大,其中硬度与马铃薯全粉与低筋面粉的质量比极显著相关,其相关系数为-0.924;咀嚼度与弹性分别与黄油的添加量、白砂糖的添加量显著相关,相关系数分别为 0.485、0.613。因此,选取硬度、弹性、咀嚼度这 3 个指标受不同添加比例因素的影响进行具体分析。

2.2 单因素试验结果

2.2.1 低筋面粉和马铃薯全粉质量比对马铃薯饼干品质的影响

低筋面粉和马铃薯全粉质量比对马铃薯饼干品质的影响见表4。

表4 低筋面粉与马铃薯的质量比对饼干质构特性和感官的影响
Table 4 The quality ratio of low gluten flour and potato flour and textural properties of biscuit

低筋面粉:马铃薯全粉(质量比)	硬度/g	弹性/%	咀嚼度/g
9:1	77.97	45.79	1.116
8:2	71.97	40.18	1.175
7:3	64.49	27.59	1.288
6:4	71.82	33.44	1.437
5:5	111.9	42.09	2.058

由表4可以看出,随着马铃薯全粉添加量的增加,咀嚼度呈增强趋势,硬度和弹性呈现先下降后上升的趋势;当低筋面粉和马铃薯全粉的质量比为7:3时,饼干的硬度和弹性都呈现最低值,分别为64.49 g和27.59%。随着马铃薯全粉添加量的增加,在饼干的制作过程中面团变软,不易成型。其原因可解释为:因是随着马铃薯添加量的增加,破坏了面团中面筋网络的形成,起到稀释了面筋的作用,使面筋的延展性和弹性变差,从而削弱了面团的强度,使马铃薯饼干产生酥脆感。在饼干的制作过程中,没有充分的膨胀,从而导致马铃薯饼干的咀嚼度增加。当马铃薯全粉添加量超过一限度时,会降低低筋面粉蛋白与油脂的结合力,进而促进水化作用,使饼干硬度增加。因此,适宜的马铃薯全粉与低筋面粉质量比为3:7。

2.2.2 黄油添加量对马铃薯饼干品质的影响

黄油添加量对饼干质构特性和感官的影响见表5。

表5 黄油添加量对饼干质构特性和感官的影响
Table 5 Effect of butter addition amount on sensory and textural properties of biscuit

黄油添加量/%	硬度/g	弹性/%	咀嚼度/g
15	137.7	44.50	2.218
25	129.9	45.92	3.623
35	115.0	49.50	1.951
45	75.04	34.02	2.898
55	69.22	31.28	2.190

当黄油的添加量超过35%时,饼干的品质逐渐下降,尤其表现在饼干的色泽加重,黄油气味较浓。当黄油的添加量为35%,饼干具有最大的弹性和最低的咀

嚼度,分别为49.50%、1.951 g。随着黄油添加量的增加,饼干的硬度呈现下降的趋势,弹性先上升后下降。原因是黄油不仅赋予食物能量,还能起到蓬松的效果。油脂分布在淀粉微粒和面筋蛋白周围,会形成一层薄的油膜,限制面团的吸水从而控制面筋的胀润性,油膜的隔离使面筋微粒相互黏合形成面筋网络,从而降低了饼干的抗裂能力,使面团黏性差,不容易成型。当黄油的添加量大于35%时,烘烤后的饼干表面出现裂纹,口感粗糙。黄油的适宜添加量为35%。

2.2.3 白砂糖添加量对马铃薯饼干品质的影响

白砂糖添加量对马铃薯饼干品质的影响见表6。

表6 白砂糖添加量对饼干质构特性和感官的影响
Table 6 Effect of white granulated sugar addition amount on sensory and textural properties of biscuit

白砂糖添加量/%	硬度/g	弹性/%	咀嚼度/g
5	115.2	54.59	1.960
15	111.2	42.89	2.180
25	91.58	41.54	1.811
35	120.59	45.41	2.231
45	130.63	54.09	3.234

随着白砂糖添加量的增加,饼干的硬度、弹性、咀嚼度都是呈现先下降后上升的趋势。当白砂糖的添加量为35%时,饼干的硬度、弹性、咀嚼度分别为91.58 g、41.54%、1.881 g。在饼干的制作过程中要有足够的糖,不仅是增加了饼干的甜度,而且糖具有美拉德与焦糖化反应,使饼干的表面呈现金黄色,增加了饼干的风味,使其色泽更加诱人。当白砂糖的添加量超过25%,会使饼干的硬度增加,口感变差。因此,白糖的适宜添加量为35%。

2.3 响应面试验设计及结果

响应面试验设计及结果见表7。

2.4 主成分分析

对试验响应面中的测定的指标黏附性、硬度、回复性、弹性、咀嚼度及感官评价进行主成分分析,得出特征值、贡献率及累计贡献率。结果见表8、表9。

根据贡献率大于85%的原则,从表8中可看出,马铃薯饼干的前3个主成分的累计贡献率达到了86.454%,基本可以保持原始数据的变量信息^[2]。根据饼干的特征向量可知,第1主成分的主要决定指标是感官评分、回复性;第2主成分的主要决定指标是硬度、弹性;第3主成分的主要决定指标是黏附性、咀嚼度。进一步计算出主成分的主成分数及规范化综合得分,以规范化综合得分值为响应值做响应面分析。

表 7 响应面试验设计及结果

Table 7 Box-Behnken experimental design and results

序列号	A 低筋面粉和马铃薯全粉的质量比	B 黄油添加量	C 白砂糖添加量	感官评价综合得分	硬度/g	黏附性/g	回复性/%	弹性/%	咀嚼度/g
1	-1	0	-1	74.00	62.41	-1.79	1.24	39.62	1.07
2	1	0	-1	59.00	71.97	-3.81	1.50	40.18	1.44
3	0	0	0	65.00	71.82	-2.49	1.13	33.44	1.18
4	0	0	0	86.00	91.58	-3.49	1.54	41.54	1.81
5	0	-1	1	65.00	71.39	-3.29	1.21	35.61	1.27
6	-1	-1	0	86.00	72.19	-4.35	1.47	48.00	2.99
7	0	-1	-1	64.00	100.40	-4.79	1.12	43.48	2.08
8	0	0	0	68.00	71.73	-2.82	1.28	32.35	1.36
9	0	1	-1	85.00	75.04	-2.94	1.34	49.50	1.02
10	0	0	0	67.00	71.39	-3.29	1.21	35.61	1.27
11	1	0	1	86.00	75.82	-4.99	1.46	23.96	2.93
12	-1	0	1	85.00	85.04	-4.94	1.34	39.50	2.62
13	1	1	0	46.00	100.90	-4.65	1.23	44.68	2.12
14	0	1	1	59.00	71.32	-2.63	1.02	32.24	1.14
15	1	-1	0	72.00	71.73	-2.82	1.28	32.35	1.36
16	0	0	0	59.00	69.22	-3.63	1.38	31.28	2.19
17	-1	1	0	73.00	64.5	-2.08	1.25	47.59	1.29

表 8 相关矩阵特征值

Table 8 Eigenvalues of correlation matrix

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	2.587	43.114	43.114
2	1.501	25.009	68.123
3	1.100	18.331	86.454
4	0.432	7.199	93.653
5	0.305	5.075	98.728
6	0.076	1.272	100.000

表 9 主成分得分值与规范化综合评分

Table 9 Principal component scores and standardized score

序列号	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	综合得分	规范化综合得分
1	-2.02	1.07	0.41	-0.62	0.28
2	0.19	0.23	0.12	0.19	0.12
3	-1.79	-0.40	-0.48	-1.11	0.13
4	1.64	0.94	0.93	1.28	0.86
5	-1.03	-0.32	-0.35	-0.68	0.26
6	2.37	1.38	0.80	1.75	1.00
7	1.33	-2.43	0.72	0.11	0.51
8	-0.91	0.42	-0.63	-0.47	0.33
9	-0.37	1.08	1.94	0.54	0.84
10	-1.03	-0.32	-0.35	-0.68	0.23
11	2.45	1.08	-2.36	1.03	0.80
12	2.33	0.15	-0.05	1.19	0.84
13	1.26	-3.02	0.72	-0.09	0.45
14	-2.20	-1.11	-0.75	-1.57	0.00
15	-0.91	0.42	-0.63	-0.47	0.91
16	0.17	-0.02	-1.37	-0.21	0.41
17	-1.49	0.85	1.36	-0.21	0.41

2.5 马铃薯饼干的响应面分析

2.5.1 马铃薯饼干的工艺优化

经回归拟合, 得低筋面粉与马铃薯的质量比、黄油的添加量、白砂糖的添加量的二元回归方程为:

$$Y=0.89-0.11A+0.13B+0.051C-0.03AB-0.030AC-0.11BC-0.45A^2-0.19B^2-0.20C^2$$

方差分析如表 10 所示, 对回归模型与试验指标的

表 10 回归模型方差分析表

Table 10 Analysis of variance of regression model

方差来源	自由度	平方和	均方	F 值	p 值	显著性
模型	9	1.61	0.18	59.95	<0.000 1	**
A 低筋面粉和马铃薯全粉的质量比	1	0.11	0.11	35.56	0.008 6	**
B 黄油的添加量	1	0.14	0.14	46.32	0.003 1	**
C 白砂糖的添加量	1	0.021	0.021	7.06	0.006 2	**
AB	1	0.032	0.032	0.034	0.011 6	*
AC	1	0.036	0.036	1.21	0.005 6	**
BC	1	0.046	0.046	15.54	0.000 3	**
A ²	1	0.86	0.86	288.19	<0.000 1	**
B ²	1	0.15	0.15	50.42	0.000 2	**
C ²	1	0.17	0.17	58.75	0.000 1	**
残差	7	0.021	0.008			
失拟项	3	0.013	0.011	0.18	0.907 6	
纯误差	4	0.018	0.006			
总变异	16	1.63				
R ²		0.987 2				
R _{adj} ²		0.970 7				

注 * 表示差异显著(p<0.05); ** 表示差异极显著(p<0.01)。

各个因素进行了方差分析,模型极显著 $p < 0.0001$,失拟项不显著 $p = 0.9076$,说明拟合效果较好,模型的决定系数 $R^2 = 0.9872$,因此可用此回归方程来确定马铃薯饼干的最佳配方。 A 、 B 、 C 3个因素的 p 值均小于0.01,二次项 BC 、 AC 、 A^2 、 B^2 、 C^2 极显著($p < 0.01$), AB 对马铃薯饼干品质的影响达到显著水平,因素间的效应关系: $A > C > B$ 。

2.5.2 各个因素交互分析

各个因素交互分析见图1。

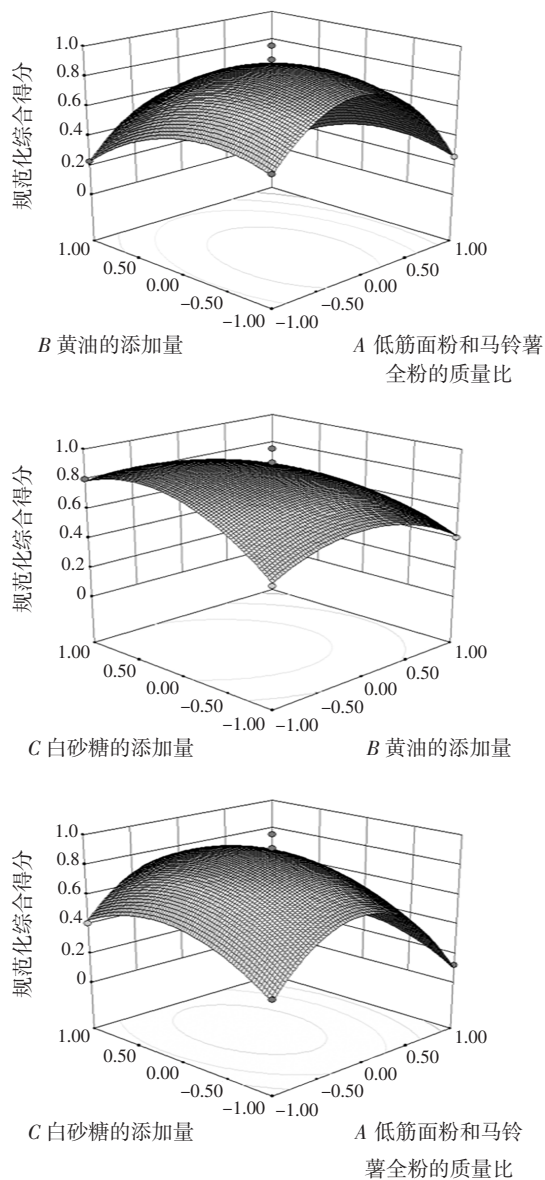


图1 各因素间交互作用

Fig.1 Interactions between the reaction factors

由图1可知,黄油的添加量和马铃薯与低筋面粉的质量比的响应曲面的坡度较陡峭,等高线也呈椭圆形,表明低筋面粉与马铃薯全粉的质量比与黄油添加量两者的交互作用变化作用较明显。由低筋面粉与马

铃薯全粉的质量比与白砂糖的添加量的响应面坡度可知,其响应曲面的坡度较明显,等高线是椭圆形,则表明低筋面粉与马铃薯全粉和白砂糖的交互作用极显著。由白砂糖与黄油的添加量的响应曲面的坡度可知,其坡度陡峭程度较大,等高线为椭圆形,表明白砂糖与黄油的添加量的交互作用极显著。

2.5.3 验证试验

用软件 Design-Expert 8.0.6 对二次回归方程进行计算,得出马铃薯饼干的最佳配方,低筋面粉与马铃薯全粉的质量比为 7:3,黄油的添加量为 35.24%,白砂糖的添加量为 35.49%,此条件下马铃薯饼干规范化综合得分为 0.81,考虑其操作的实际性,修正后的参数为低筋面粉与马铃薯的质量比为 7:3,黄油的添加量 35%,白砂糖的添加量 35%,得到的规范化综合得分为 0.7875,与预测值接近。表明该回归模型具有准确性,主成分结合响应面分析法对马铃薯饼干评价方法可行。

3 结论

对单因素试验的 17 项指标对其进行主成分分析从而确定了马铃薯饼干品质的评价模型,极大程度的简化了分析过程并且更全面的体现马铃薯全粉与低筋面粉的质量比、黄油的添加量、白砂糖的添加量对马铃薯饼干品质的影响。

主成分中质构参数与感官评分均对马铃薯饼干的品质有影响。从响应面得出的数据可以看出,对马铃薯饼干品质影响较大的是低筋面粉与马铃薯全粉的质量比,再者是黄油的添加量,最后是白砂糖的添加量。在响应面的优化试验分析中,采用规范化综合评价指标对马铃薯饼干的工艺参数进行优化。优化结果为低筋面粉与马铃薯全粉的质量比为 7:3,黄油的添加量 35%,白砂糖的添加量 35%,在此条件下得到的马铃薯饼干的品质较好。本研究为马铃薯类休闲食品提供了一种可行的方法,为具有功能性的健康饼干的加工与提升马铃薯的附加值提供一定的理论基础。

参考文献:

- [1] 何贤用,杨松. 马铃薯主粮化与马铃薯全粉及其生产线[J]. 食品工业科技, 2015(24): 378-379, 384
- [2] 徐海泉,王秀丽,马冠生. 马铃薯及其主食产品开发的营养可行性分析[J]. 中国食物与营养, 2015(7): 10-13
- [3] 曾凡逵,许丹,刘刚. 马铃薯营养综述[J]. 中国马铃薯, 2015, 29(4): 233-243
- [4] 赵煜,彭涛,张小燕,等. 马铃薯主食化面条新产品的研究[J]. 食品工业科技, 2016(7): 232-236, 242

- [5] 程力,张献梅,顾正彪,等.纤维素酶法制备马铃薯渣可溶性膳食纤维的理化及功能性质[J].食品与发酵工业,2015,11(41):41-46
- [6] 柳俊.我国马铃薯产业技术研究现状及展望[J].中国农业科技导报,2011,13(5):13-18
- [7] 赵玉娟,郝博为.马铃薯加工利用及其产业市场特点[J].现代农业科技,2014(22):269-277
- [8] 王春香,姚忠臣,张林鹤.实验室制作马铃薯方便面的研究[J].粮食与饲料工业,2005(3):23-24
- [9] 王小平,雷激,孙曼兮.麸皮酥性饼干制备的工艺优化[J].食品工业科技,2015,36(22):2-3
- [10] 白人朴.关于我国马铃薯产业发展振兴的思考[J].农业技术与装备,2017,326(2):4-7
- [11] 卢肖平.马铃薯主粮化战略的意义、瓶颈与政策建议[J].华中农业大学学报(社会科学版),2015,117(3):1-7
- [12] 李殿鑫,戴远威,姜文联,等.香椿韧性饼干的研制[J].安徽农业科学,2012,40(34):16795-16798
- [13] 白建民,刘长虹,马喆.和面条件对馒头品质的影响[J].食品工业科技,2010,35(7):117-118
- [14] 胡亚云.质构仪在食品研究中的应用现状[J].食品研究与开发,2013,34(11):101-104
- [15] 张洪霞,马小愚.稻米食用品质的力学指标主成分分析[J].农业机械学报,2008,39(7):90-94
- [16] 张洪霞.基于稻米力学指标主成分分析的质量评价模型[J].农业工程学报,2009,25(2):259-263
- [17] Guillen-Casla V, Rosales-Conrado N, Leon-Gonzalez M E, et al. Principal component analysis (PCA) and multiple linear regression (MLR) statistical tools to evaluate the effect of E-beam irradiation on ready-to-eat food[J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2011, 24(3): 456-464
- [18] Chun M H, Kim E K, Kang R L, et al. Quality control of Schizonepeta tenuifolia Briq by solid-phase microextraction gas chromatography/mass spectrometry and principal component analysis[J]. Microchemical Journal, 2010, 95(1): 25-31
- [19] Beatriz S, Siqueira, Priscila Z, et al. Analyses of technological and biochemical parameters related to the HTC phenomenon in carioca bean genotypes by the use of PCA[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 65(1): 939-945
- [20] 蒋旖旋,龚超,侯莉莉.响应面-主成分分析法研制莲房膳食纤维曲奇[J].食品研究与开发,2016,37(1):100-106

收稿日期:2018-07-16

欢迎订阅 2019 年《食品研究与开发》

《食品研究与开发》是由天津市食品研究所有限公司和天津市食品工业生产力促进中心主办,国内外公开发行的食品专业科技期刊,1980年创刊,半月刊,采用国际流行开本大16开。其专业突出,内容丰富,印刷精美,是一本既有基础理论研究,又包括实用技术的刊物。本刊已被“万方数据库”、“中文科技期刊数据库”、《乌利希期刊指南》、美国《化学文摘》、英国国际农业与生物科学研究中心(CABI)、英国《食品科技文摘》(FSTA)等知名媒体收录,并被列入“中文核心期刊”、“中国科技核心期刊”、RCCSE中国核心学术期刊(A)。主要栏目有:基础研究、应用技术、检测分析、生物工程、专题论述、食品机械等。

本刊国内统一刊号 CN 12-1231/TS;国际刊号 ISSN 1005-6521;邮发代号:6-197。全国各地邮局及本编辑部均可订阅。从本编辑部订阅全年刊物享八折优惠。2019年定价:30元/册,全年720元。

本编辑部常年办理邮购,订阅办法如下:

(1)邮局汇款。地址:天津市静海县静海经济开发区南区科技路9号;收款人:《食品研究与开发》编辑部;邮政编码:301600。

(2)银行汇款。开户银行:工商银行静海支行

账号:0302095119300204171;单位:天津市食品研究所有限公司。

《食品研究与开发》编辑部

www.tjfrad.com.cn

E-mail:tjfood@vip.163.com

电话(传真):022-59525671