

# 马铃薯鲜薯酥脆饼干的配方优化

高婧妍, 傅宝尚, 刘欣欣, 祁立波, 温成荣

(大连工业大学食品学院, 国家海洋食品工程技术研究中心, 海洋食品精深加工关键技术省部共建协同创新中心, 辽宁大连 116034)

**摘要:** 以马铃薯鲜薯为主要原料, 采用二步焙烤工艺制备马铃薯酥脆饼干, 研究马铃薯泥与低筋面粉比例、碳酸氢铵与小苏打比例、鸡蛋液与棕榈油比例等三个因素对饼干剪切力、色差和感官品质的影响。结果表明, 马铃薯泥与低筋面粉比例为 13:2、碳酸氢铵与小苏打比例为 5:2、鸡蛋液与棕榈油比例为 5:5 时, 马铃薯饼干的剪切力在 2000~2500 g、色泽适中、感官评分高于 80 分。在此基础上, 通过三因素三水平响应面优化试验得到饼干的最优配方为: 马铃薯泥 55.00%、低筋面粉 20.00%、碳酸氢铵 0.50%、小苏打 0.13%、鸡蛋液 6.86%、棕榈油 5.00%、糖霜 6.82%、淡奶油 5.69%。此配方下的马铃薯鲜薯酥脆饼干具有良好的马铃薯风味, 口感酥脆, 品质优良, 感官评分为 87.20, 与响应面模型预测值符合。本研究可为马铃薯烘焙产品的发展提供理论依据。

**关键词:** 马铃薯; 饼干; 配方; 感官评定; 响应面法

文章编号: 1673-9078(2021)08-200-207

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.8.1227

## Formulation Optimization of Fresh Potato Crisp Biscuit Using Response Surface Method

GAO Jing-yan, FU Bao-shang, LIU Xin-xin, QI Li-bo, WEN Cheng-rong

(School of Food Science and Technology, National Engineering Research Center of Seafood, Collaborative Innovation Center of Seafood Deep Processing, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

**Abstract:** Potato biscuit was prepared by two-step baking process with fresh potato as major raw material. The effects of the ratio of mashed potato to low-gluten flour, the ratio of ammonium bicarbonate to sodium bicarbonate, and the ratio of liquid whole egg to palm oil, on the shearing force, color difference and sensory score of biscuits were studied. The results showed that when the ratio of mashed potato to low-gluten flour was 13:2, the ratio of ammonium bicarbonate to sodium bicarbonate was 5:2, and the ratio of liquid whole egg to palm oil was 5:5, the shear forces of potato biscuits were in the range of 2000~2500 g, and the sensory scores of potato biscuits were higher than 80. Based on the results, through the three-factor and three-level response surface methodology optimization, the optimal formula of biscuit was obtained as follows: potato 55.00%, low-gluten flour 20.00%, ammonium bicarbonate 0.50%, sodium bicarbonate 0.13%, liquid whole egg 6.86%, palm oil 5.00%, sugar 6.82%, light cream 5.69%. The potato crisp biscuit under this formula had good potato flavor, crisp taste and good quality, with the sensory score of 87.20. It was consistent with the predicted value of the response surface model. The study could be used as theoretical basis for the development of potato baking product.

**Key words:** potato; biscuit; formula; sensory evaluation; response surface methodology

引文格式:

高婧妍,傅宝尚,刘欣欣,等.马铃薯鲜薯酥脆饼干的配方优化[J].现代食品科技,2021,37(8):200-207

GAO Jing-yan, FU Bao-shang, LIU Xin-xin, et al. Formulation optimization of fresh potato crisp biscuit using response surface method [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(8): 200-207

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 是茄科属木本类植物, 对生长环境要求低, 在全球种植范围广、面积大, 我国种植面积和产量位居世界第一<sup>[1,2]</sup>。马铃薯营养价值高, 脂肪含量低, 热量低, 可以提供大量的直连淀粉, 也是植物中完全蛋白质的重要来源, 还含有丰富的膳食纤维和维生素等, 可作为主食或蔬菜<sup>[3]</sup>。马铃薯中高含量的赖氨酸和色氨酸可以弥补传统谷物主食中的不足<sup>[4]</sup>, 其已成为继水稻、小麦、玉米之后的世界第四大粮食作物<sup>[5]</sup>。欧美国家将马铃薯作为主

收稿日期: 2020-12-31

基金项目: 国家重点研发计划重点专项 (2016YFD0401304)  
作者简介: 高婧妍 (1996-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学  
通讯作者: 温成荣 (1984-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 农产品加工与贮藏

食食用有着悠久历史,而我国大部分地区的饮食习惯是将马铃薯作为蔬菜食用,仅在西北、西南、东北等马铃薯主产区有将马铃薯蒸、煮、烤后作为主食食用的习惯,但食用的频率远低于水稻、小麦、玉米。我国启动马铃薯主食化战略以来,马铃薯产业快速发展,各类新型的马铃薯主食产品涌现,如以马铃薯泥、全粉、生粉等与面粉、米粉等混合制成的马铃薯面包、馒头、面条、米线等传统主食<sup>[6,7]</sup>,以及薯片、饼干、糕点等休闲食品<sup>[8]</sup>,这些产品更加符合目前消费者的需求。

饼干是消费者喜爱的烘焙食品之一,多以小麦粉为主要原料,加入糖类、油脂、膨松剂等原料烘焙而成。随着人们对健康需求的增强,薯类、果蔬、花卉、坚果等被广泛应用于饼干。马铃薯饼干主要是将马铃薯全粉或马铃薯泥替代部分的面粉<sup>[4,9]</sup>,而马铃薯全粉的生产会造成环境污染、营养损失和成本增加等问题,因此,采用马铃薯泥生产马铃薯饼干是重要发展方向。为此,本文在传统饼干制备的基础上,以马铃薯泥占总量 50%以上为基本配方,采用单因素结合响应面优化方法,探索马铃薯泥与低筋面粉比例、碳酸氢铵与小苏打比例、鸡蛋液与棕榈油比例对马铃薯饼干的质构、色差及感官的影响,确定其最佳配方。本文研究可为马铃薯鲜薯在休闲食品中的应用提供理论依据和实际参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

马铃薯(大西洋),甘肃薯香园农业科技有限公司;低筋面粉,新良粮油加工有限责任公司;糖霜,佛山市层层高食品有限公司;淡奶油,青岛雀巢有限公司;棕榈油,天津市聚龙粮油有限公司;小苏打,安琪酵

母股份有限公司;碳酸氢铵,四川省高宇化工有限公司;鸡蛋市售。

### 1.2 设备及仪器

SCC-WE101 型万能蒸烤箱,德国 Rational 公司;KVL40 厨师机,东莞德龙健伍电器有限公司;W-053498 压面机,华联盛通贸易有限公司;DDQ-A30D2 打蛋器,广东小熊电器有限公司;TA.XT.Plus 物性测试仪,英国 SMS 公司。

### 1.3 饼干制备

将马铃薯在相对湿度 0%、温度 200 °C 条件下烘烤 1 h,冷却至室温后去皮切块,捣泥备用。将棕榈油、鸡蛋液和淡奶油混合,用打蛋器搅打 2 min 至均匀,得到乳化浆。将马铃薯泥、乳化浆、低筋面粉、糖霜、小苏打、碳酸氢铵加入和面机中,用 0.5 档搅打 2 min 至均匀,得到面团。并将面团擀制成厚度为 1.0 mm,大小为 2.80×2.80 cm 的饼干生胚。采用两段式烘烤工艺,第一段 140 °C 烘烤 10 min,第二段 120 °C 烘烤 15 min。

### 1.4 单因素试验

以马铃薯泥 60%、低筋面粉 15%、小苏打 0.45%、碳酸氢铵 0.18%、鸡蛋液 5.93%、棕榈油 5.93%、糖霜 6.82%、淡奶油 5.69% 为基本配方,分别研究不同的马铃薯泥与低筋面粉比例:A1 (10:5)、A2 (11:4)、A3 (13:2)、A4 (12:3)、A5 (14:1),碳酸氢铵与小苏打比例:B1 (6.5:0.5)、B2 (5:2)、B3 (3.5:3.5)、B4 (2:5)、B5 (0.5:6.5),以及鸡蛋液与棕榈油比例:C1 (1:9)、C2 (3:7)、C3 (5:5)、C4 (7:3)、C5 (9:1) 对饼干剪切力、色差和感官评分的影响。

### 1.5 响应面试验设计

表 1 响应面实验因素水平表

Table 1 Design level table of response surface methodology

水平	A (马铃薯泥:低筋面粉)	B (碳酸氢铵:小苏打)	C (鸡蛋液:棕榈油)
-1	11:4	6.5:0.5	3:7
0	12:3	5:2	5:5
1	13:2	3.5:3.5	7:3

在单因素试验基础上,选取马铃薯泥与低筋面粉比例、鸡蛋液与棕榈油比例、碳酸氢铵与小苏打比例为因素,进行三因素三水平试验设计,确定饼干的最佳配方。表 1 为响应面试验设计因素水平表。

### 1.6 指标测定

#### 1.6.1 剪切力

采用 TA.XT.Plus 物性测试仪对饼干进行剪切力测试。选择 HDP/BS 探头,测前速度 1.0 mm/s,测试速度 1.0 mm/s,测后速度 10.0 mm/s,压缩距离 20 mm。

#### 1.6.2 色差

采用 Hunter Lab Pro 测色仪进行三点测试,用 L\*、a\*、b\* 三个值标定颜色,L\* 值代表明亮度,a\* 值和 b\* 值代表色度,a\* 值越大越偏红,越小越偏绿;b\*

值越大越黄红, 越小越偏蓝。每组样品测 3 次取平均值<sup>[10]</sup>。

### 1.6.3 感官评价

选择 10 名感官评价员依据感官评分标准<sup>[4]</sup>, 对样品进行评价。主要评价指标为形态、色泽、口感、回味, 满分为 100 分<sup>[11,12]</sup>, 评价标准见表 2。

### 1.7 数据分析

试验数据采用平均值±标准偏差形式表示, 运用软件 Design-Expert 8.0.6 处理响应面试验结果, Excel 软件处理其余数据, 且用 SPSS22.0 软件进行单因素显著性分析<sup>[13]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 马铃薯泥与低筋面粉比例对饼干品质的影响

影响

由图 1a 可知, 随着马铃薯泥与低筋面粉比例的增大, 饼干的剪切力从 3000 g 左右逐渐降低到 1000 g 左右。A2 和 A3 没有显著性差异, 饼干的品质比较稳定, 剪切力在 2000~2500 g 之间。面团中的面筋蛋白吸收润胀形成弹性和延展性的面筋网状结构, 马铃薯泥的添加会破坏这种面筋结构, 导致饼干剪切力降低<sup>[14]</sup>。

由图 1b 可知, 随马铃薯泥与低筋面粉比例的增大, 饼干的亮度 L\*值逐渐减小, 各组之间皆存在显著性差异, 饼干的亮度降低; 对于红色度 a\*值, A1、A2、A3、A4 各组没有显著性差异, 而 A5 显著升高, 说明高含量马铃薯泥使饼干红色度增强; 而 A1、A2、A5 的 b\*值有显著性差异 ( $p<0.05$ ), A1、A3、A4 之间以及 A2、A3、A4、A5 之间差异不显著。色差的变化主要是因为糖霜等在高温烘烤过程中发生焦糖化反应以及氨基酸和还原糖发生美拉德反应<sup>[15]</sup>。

由图 1c 可知, 随着马铃薯泥与低筋面粉比例的增大, 饼干的感官评分呈先增大后减小的趋势, A3 的感官评分最高且超过 80 分。A1、A2 之间没有显著性差异, A4、A5 之间没有显著性差异, A1、A2、A4、A5 之间以及 A1、A2、A3 之间差异不显著。当马铃薯泥与低筋面粉比例小时, 面团太硬, 不利于饼干压制成型, 易皱缩导致饼干太硬, 马铃薯的滋味弱。当马铃薯泥与低筋面粉比例大于 12:3 时, 饼干的色泽太暗, 马铃薯泥水分过多, 导致面团太黏, 压制饼干时不易成型, 饼干表面不光滑, 有较多孔隙。李瑜等研究也表明马铃薯泥添加量较少时, 制成的饼干几乎没有马铃薯特有的芳香味; 添加量过高时, 面团较软, 难成型, 不易制作, 饼干外形不规整<sup>[16]</sup>。根据色差、剪切力和感官评分的综合分析, A3 的色泽呈金黄色, 具有马铃薯特有的香味, 饼干品质最佳。

表 2 饼干感官评价标准与细则

Table 2 Standard and rules of sensory evaluation of biscuits

项目	特征	标准/分
形态	外型完整、不收缩、不变形、不起泡	13~16
	外型较完整、收缩和变形少、起泡少	9~12
	外型不太完整、收缩和变形多、起泡多	5~8
	外型不完整、收缩和变形多、起泡非常多	1~4
色泽	色泽非常均匀、呈金黄色、无过焦的现象	22~28
	色泽较均匀、略呈金黄色、有轻微过焦的现象	15~21
	色泽不太均匀、不太呈金黄色、有过焦的现象	8~14
	色泽不均匀、不呈金黄色、过焦现象严重	1~7
口感	口感酥脆、不粘牙	31~40
	口感较酥脆、不太粘牙	21~30
	口感不太酥脆、较粘牙	11~20
	口感不酥脆、粘牙	1~10
回味	马铃薯香味和滋味强	13~16
	马铃薯香味和滋味较强	9~12
	马铃薯香味和滋味较弱	5~8
	马铃薯香味和滋味弱	1~4

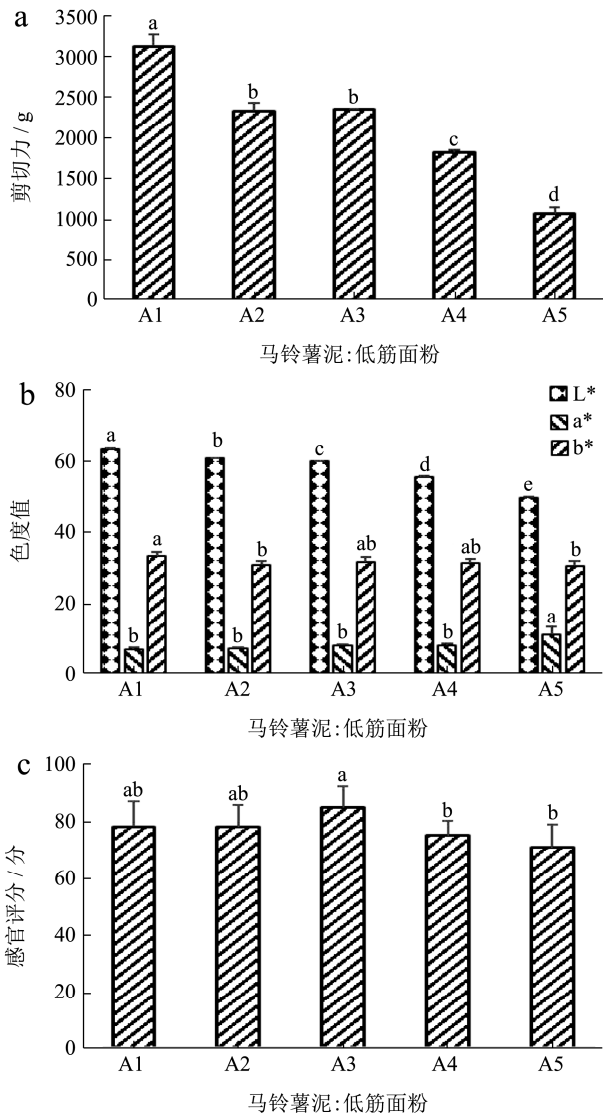


图1 马铃薯泥与低筋面粉比例对饼干剪切力 (a)、色差 (b) 和感官评分 (c) 的影响

Fig.1 Effect of the ratio of mashed potato to low-gluten flour on the shear force (a), color difference (b) and sensory score (c) of biscuits

注: 不同的字母表示有显著性差异 ( $p < 0.05$ )。图2、3同。

### 2.2 碳酸氢铵与小苏打比例对饼干品质的影响

由图 2a 可以知道, 随碳酸氢铵与小苏打比例的增加, 饼干的剪切力从 2500 g 以上显著降低到低于 1000 g ( $p < 0.05$ )。由图 2b 可知, 碳酸氢铵添加量增加使饼干的 L\* 值显著增大 ( $p < 0.05$ ), 饼干的色泽变亮; a\* 值先减小后趋于平稳, B1、B2、B3 之间有显著性差异 ( $p < 0.05$ ), B3、B4、B5 之间没有显著性差异, 说明饼干的红色度变弱至平稳; b\* 值各组之间没有显著性差异, 说明饼干的黄色度没有明显变化。由图 2c 可知, 随着碳酸氢铵与小苏打比例的不断增大, 饼干的感官评分先增大后缓慢减小, B2 和 B3

的感官评分都大于 80 分。牛希跃等<sup>[17]</sup>研究表明, 碳酸氢铵分解后产生的气体比小苏打多, 制品更酥松, 但添加过多使产品表面产生气泡并且内部孔洞过大, 过于蓬松, 质构下降, 导致色泽不佳, 氨味太重。综合剪切力、色差、感官评分结果, B2 饼干的质量较好。

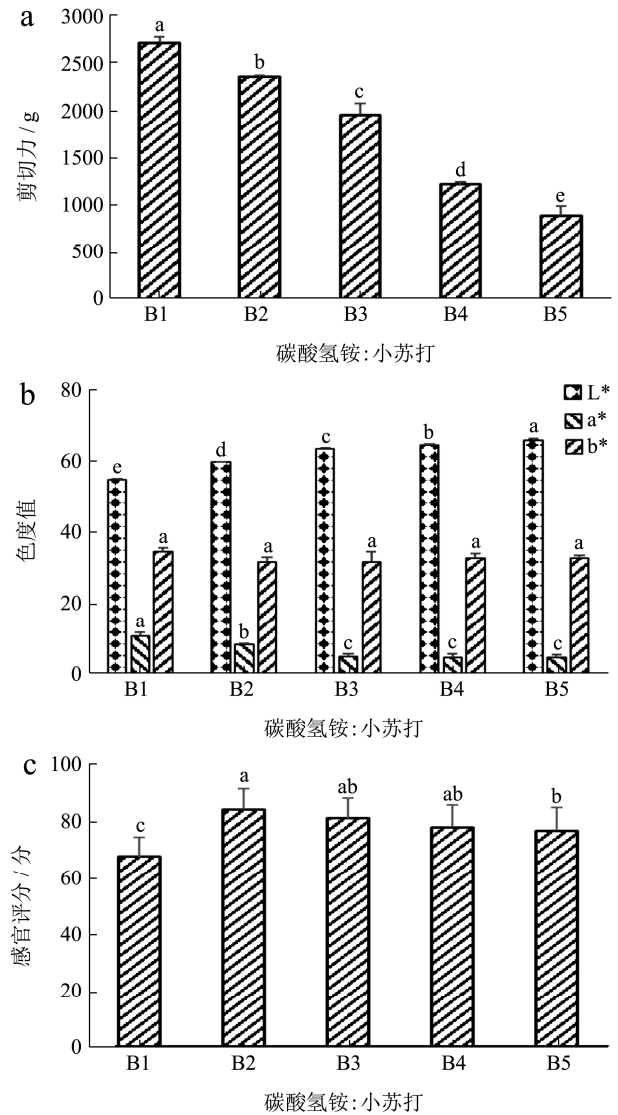


图2 碳酸氢铵与小苏打比例对饼干剪切力 (a)、色差 (b) 和感官评分 (c) 的影响

Fig.2 Effect of the ratio of ammonium bicarbonate to sodium bicarbonate on the shear force (a), color difference (b) and sensory score (c) of biscuits

### 2.3 鸡蛋液与棕榈油比例对饼干品质的影响

由图 3a 可知, 随鸡蛋液与棕榈油比例的增加, 饼干的剪切力从 1700 g 左右逐渐增大到 4000 g 以上, 其中 C2 和 C3 没有显著性差异, 且剪切力在 2000~2500 g 之间。由图 3b 可知, 随鸡蛋液与棕榈油比例的增加, L\* 值呈显著增大 ( $p < 0.05$ ), 饼干的色泽变亮; 饼干的

a\*值呈逐渐减小的趋势,除 C3、C4 之间无显著性差异 ( $p>0.05$ ),其他各组都有显著性差异 ( $p<0.05$ ),说明饼干的红色度降低;饼干的 b\*值变化没有明显规律,C1、C3 之间无显著性差异,C2、C4 之间无显著性差异,C5 与 C2、C4 之间有显著性差异 ( $p<0.05$ )。由图 3c 可知,随鸡蛋液与棕榈油比例的增加,饼干的感官评分先增大后减小。C2、C5 之间无显著性差异,C3 具有最高的感官评分值且高于 80 分,但其与 C4 之间无显著性差异。冯彩丽等研究也表明,一定量的鸡蛋液可以改善饼干剪切力、色泽和感官评分,过量会稀释棕榈油导致面团过黏,难成型,且产生腥味<sup>[18]</sup>。而棕榈油添加量高,饼干走油,颜色暗,口感粗糙<sup>[19]</sup>。综合剪切力、色差、感官评分结果,C3 饼干的质量较好。

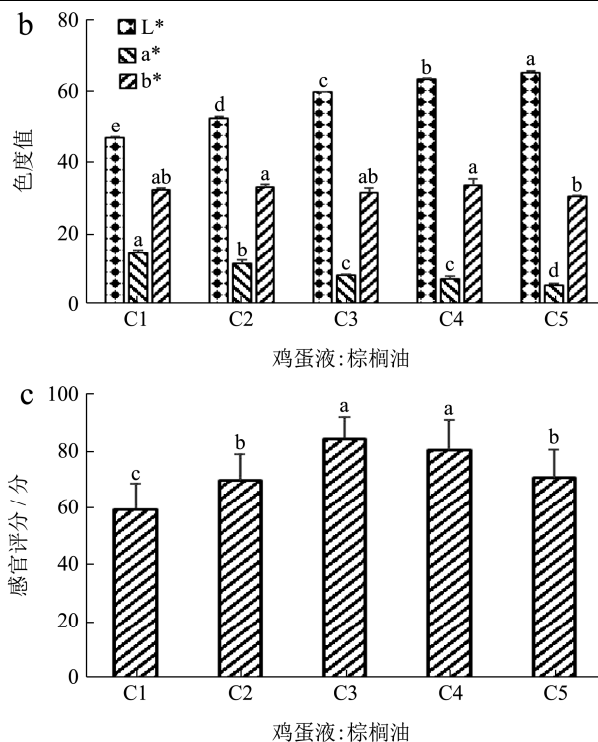
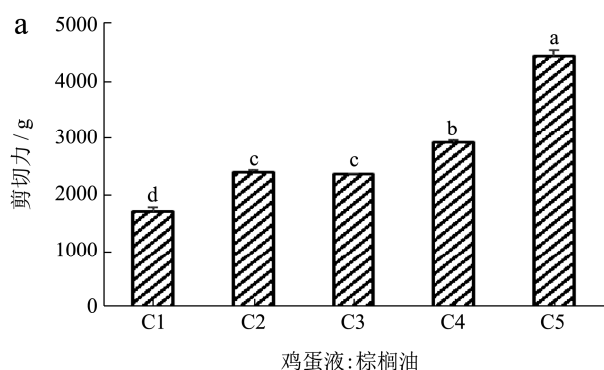


图3 鸡蛋液与棕榈油比例对饼干剪切力(a)、色差(b)和感官评分(c)的影响

Fig.3 Effect of the ratio of liquid whole egg to palm oil on the shear force (a), color difference (b) and sensory score (c) of biscuits

表3 Box-Behnken 试验设计与结果

Table 3 The experimental design and results of Box-Behnken

试验号	A 马铃薯泥:低筋面粉	B 碳酸氢铵:小苏打	C 鸡蛋液:棕榈油	感官评分/分
1	-1	1	0	77.63
2	0	0	0	82.75
3	1	0	1	74.75
4	0	-1	-1	77.25
5	1	-1	0	77.40
6	0	0	0	87.75
7	0	0	0	83.13
8	0	1	-1	69.63
9	-1	0	1	82.75
10	-1	-1	0	84.50
11	-1	0	-1	79.50
12	1	0	-1	79.63
13	1	1	0	70.13
14	0	1	1	72.88
15	0	-1	1	81.63

### 2.4 响应面试验结果与分析

在单因素实验结果的基础上,以饼干感官评分为指标,根据 Box-Behnken 设计方案<sup>[20]</sup>,对饼干进行三

因素三水平响应面分析试验,结果见表3。

以马铃薯酥脆饼干感官评分(Y)为响应值,通过回归拟合,可以用公式1的回归方程表示各实验因素对响应值的影响:

$$Y=84.54-2.81A-3.81B+0.75C-0.1AB-2.03AC-0.28BC-1.66A^2-5.47B^2-3.73C^2 \quad (1)$$

由表 4 可知, 响应面回归模型具有显著性 ( $p<0.05$ ), 失拟项无显著性差异 ( $p=0.6216$ ), 说明该模型能充分拟合, 可以用此回归方程来确定马铃薯饼干的最佳配方。因素 B 马铃薯饼干品质的影响达到极显著性水平 ( $p<0.01$ ), 因素 A 的影响达到显著性水平 ( $p<0.05$ )。二次项  $B^2$  对马铃薯酥脆饼干综合品质的影响达到极显著水平 ( $p<0.01$ ), 二次项  $C^2$  的影响达到显著性水平 ( $p<0.05$ )。各因素的效应关系为:  $B>A>C$ 。

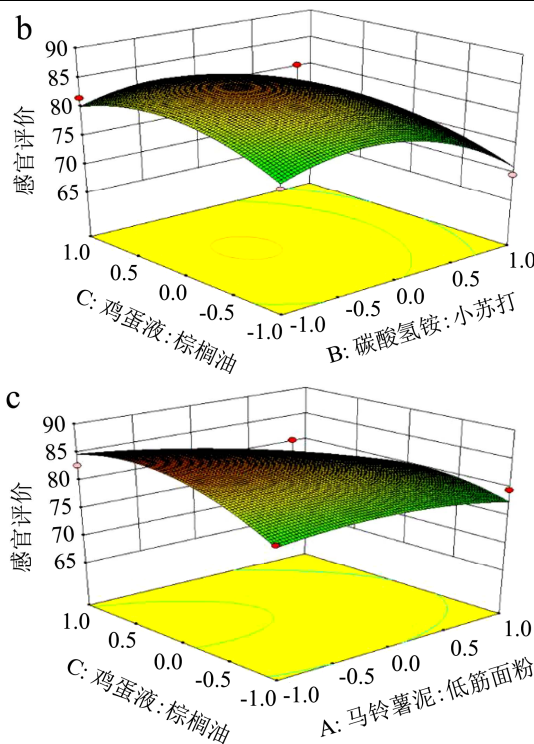
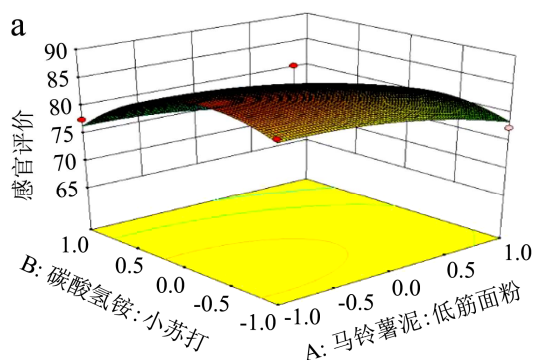


图 4 各反应因素之间的交互作用

Fig.4 Interactions between the reaction factors

表 4 回归模型方差分析

Table 4 Regression model analysis of variance

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	Pr>F	显著性
模型	355.64	9	39.52	6.08	0.0305	*
A-A 马铃薯泥: 低筋面粉	63.11	1	63.11	9.71	0.0264	*
B-B 碳酸氢铵: 小苏打	116.36	1	116.36	17.90	0.0082	**
C-C 鸡蛋液: 棕榈油	4.50	1	4.50	0.69	0.4433	
AB	0.04	1	0.04	6.154E-003	0.9405	
AC	16.52	1	16.52	2.54	0.1717	
BC	0.32	1	0.32	0.049	0.8334	
A <sup>2</sup>	10.16	1	10.16	1.56	0.2664	
B <sup>2</sup>	110.44	1	110.44	16.99	0.0092	**
C <sup>2</sup>	51.28	1	51.28	7.89	0.0376	*
R	32.50	5	6.50			
失拟	17.00	3	5.67	0.73	0.6216	
纯误差	15.50	2	7.75			
合计	388.14	14				

注: \*表示  $p<0.05$  显著, \*\*表示  $p<0.01$  极显著。

由图 4 可知, 碳酸氢铵与小苏打比例、马铃薯泥与低筋面粉比例的响应曲面坡度较陡峭, 其等高线呈椭圆形, 表明两者交互作用变化明显。鸡蛋液与棕榈油比例的响应曲面坡度和碳酸氢铵与小苏打比例的响应曲面坡度较明显, 其等高线是椭圆状, 表明两者交互作用变化非常明显。鸡蛋液: 棕榈油的响应曲面坡度和马铃薯泥: 低筋面粉的响应曲面坡度较明显, 其

等高线是椭圆状, 表明鸡蛋液: 棕榈油与马铃薯泥: 低筋面粉两者交互作用显著<sup>[21]</sup>。

### 2.5 验证试验

应用 Design-Expert 8.0.6 软件对二次多项式回归方程进行计算, 确定最佳配方参数为马铃薯泥与低筋面粉比例为 11:4, 碳酸氢铵与小苏打比例为 5.53:1.47,

鸡蛋液与棕榈油比例为 5.78:4.22, 即马铃薯泥 55%, 低筋面粉 20%, 碳酸氢铵 0.50%, 小苏打 0.13%, 鸡蛋液 6.86%, 棕榈油 5.00%, 此条件下马铃薯鲜薯酥脆饼干预测感官得分为 86.88。对以上得到的马铃薯鲜薯酥脆饼干的最佳配方进行验证试验, 设置 4 次平行试验, 如表 5 所示, 得到马铃薯鲜薯酥脆饼干平均感官评分为 87.20, 与理论预测值较为接近, 偏差为 0.37%, 说明模型拟合程度较好, 具有实用价值。

表 5 饼干感官评分

Table 5 The sensory score of biscuits

次数	1	2	3	4	平均值	偏差
感官评分/分	87.60	86.40	87.40	87.40	87.20	0.54

### 3 结论

本文以马铃薯鲜薯为原料, 制备了马铃薯泥添加量为 50% 以上的马铃薯鲜薯酥脆饼干。研究了马铃薯泥与低筋面粉比例、碳酸氢铵与小苏打比例、鸡蛋液与棕榈油比例对饼干的剪切力、色差和感官评分等的影响, 并在单因素试验的基础上, 按 Box-Behnken 设计试验, 运用响应面分析法建立二阶多项式非线性回归方程和数值模型, 优化马铃薯鲜薯酥脆饼干配方。结果表明, 马铃薯鲜薯酥脆饼干的最佳配方为马铃薯泥 55%、低筋面粉 20%、碳酸氢铵 0.50%、小苏打 0.13%、鸡蛋液 6.86%、棕榈油 5.00%、糖霜 6.82%、淡奶油 5.69%。制得的饼干色泽金黄, 马铃薯香味和滋味浓郁, 口感酥脆, 风味独特。

### 参考文献

- [1] Ezekiel R, Singh N, Sharma S, et al. Beneficial phytochemicals in potato—a review [J]. *Food Research International*, 2013, 50(2): 487-496
- [2] 姚春光, 隋启君, 白建明, 等. 美国马铃薯产业发展现状与启示[J]. *中国马铃薯*, 2019, 33(2): 119-128  
YAO Chun-guang, SUI Qi-jun, BAI Jian-ming, et al. Current situation and enlightenment from development of American potato industry [J]. *Chinese Potato Journal*, 2019, 33(2): 119-128
- [3] Abbasi K S, Masud T, Gulfranz M, et al. Physico-chemical, functional and processing attributes of some potato varieties grown in Pakistan [J]. *African Journal of Biotechnology*, 2011, 10(84): 19570-19579
- [4] 张入玉, 彭凌, 文瑜. 低糖型马铃薯饼干的研制[J]. *食品工业*, 2020, 287(8): 119-122  
ZHANG Ru-yu, PENG Ling, WEN Yu. Development of low sugar potato biscuit [J]. *The Food Industry*, 2020, 287(8):

- 119-122
- [5] Burlingame B, Mouille B, Charrondiere R. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2009, 22(6): 494-450
- [6] 钟雪婷, 华苗苗, 任元元, 等. 马铃薯全粉对小麦面团及其馒头质构、品质影响的研究[J]. *食品与发酵科技*, 2018, 54(5): 32-35  
ZHONG Xue-ting, HUA Miao-miao, REN Yuan-yuan, et al. Effect of whole potato powder on sensory evaluation of Chinese steamed bread (CSB) and textural properties of wheat dough and CSB [J]. *Food and Fermentation Sciences & Technology*, 2018, 54(5): 32-35
- [7] Zhou L, Mu T, Ma M, et al. Staling of potato and wheat steamed breads: physicochemical characterisation and molecular mobility [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2019, 54(10): 2880-2886
- [8] 曾凡逵, 刘刚. 中国马铃薯主食化面临的问题及解决方法(英文)[J]. *现代食品科技*, 2017, 33(9): 293-298, 90  
ZENG Fan-kui, LIU Gang. Potato as a staple food in China: issues and solutions [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2017, 33(9): 293-298, 90
- [9] 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 Yu-hua, WANG Cai-xia, HE Xiao-guang. Optimizing of potato biscuits process [J]. *Food Research and Development*, 2019, 40(5): 155-161
- [10] 夏克鑫. 大菱鲆肌肉不同热加工方式和冻融过程中品质监测及其相关性研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2017  
XIA Ke-xin. Quality monitoring and correlation studies of turbot flesh during different cooking methods and freezing-thawing process [D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2017
- [11] 陶虹伶, 王丹, 马宁, 等. 松茸粉对面团流变特性及饼干品质的影响[J]. *食品科学*, 2019, 40(5): 51-56  
TAO Hong-ling, WANG Dan, MA Ning, et al. Effect of *Tricholoma matsutake* powder on rheological properties of dough and quality characteristics of biscuits [J]. *Food Science*, 2019, 40(5): 51-56
- [12] 高爽, 焦文雅, 焦英帅, 等. 发芽糙米饼干质构与感官品质研究[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(23): 99-105  
GAO Shuang, JIAO Wen-ya, JIAO Ying-shuai, et al. Study on the texture and sensory quality of germinated brown rice biscuits [J]. *Food Research And Development*, 2020, 41(23): 99-105

- [13] 吴泽河. 菊芋饼干加工工艺及品质分析[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2018  
WU Ze-he. Processing technology and quality analysis of *Jerusalem artichoke* biscuit [D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2018
- [14] 付丽红, 唐琳清. 紫薯藜麦饼干配方的研制[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(9): 57-61  
FU Li-hong, TANG Lin-qing. Study on the formulation of purple potato-quinoa biscuits [J]. Food Research and Development, 2018, 39(9): 57-61
- [15] 刘莉, 黄华, 朱思洁, 等. 添加紫色马铃薯全粉的韧性饼干制作工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(20): 92-95  
LIU Li, HUANG Hua, ZHU Si-jie, et al. Study on the processing technology of tough biscuits with purple potato powder [J]. Food Research and Development, 2019, 40(20): 92-95
- [16] 李瑜, 张笑笑, 黄旭阳. 马铃薯泥韧性饼干的研制[J]. 粮食加工, 2016, 41(5): 30-33  
LI Yu, ZHANG Xiao-xiao, HUANG Xu-yang. Development of ductile biscuit made by mashed potato [J]. Grain Processing, 2016, 41(5): 30-33
- [17] 牛希跃, 许倩. 红枣桃酥的加工工艺研究[J]. 食品工程, 2011, 1: 26-29  
NIU Xi-yue, XU Qian. Research on jujube walnut cookie processing [J]. Food Engineering, 2011, 1: 26-29
- [18] 冯彩丽, 郭婷, 段振华, 等. 艾叶饼干加工工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 49(17): 110-115  
FENG Cai-li, GUO Ting, DUAN Zhen-hua, et al. *Artemisia argyi* biscuit processing technology [J]. Food Research and Development, 2019, 49(17): 110-115
- [19] 郭意明, 丛爽, 邓惠馨, 等. 鱼糜和马铃薯粉对饼干质构和风味的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(20): 96-102  
GUO Yi-ming, CONG Shuang, DENG Hui-xin, et al. Effects of surimi and potato flour on texture and flavor properties of biscuits [J]. Food Science, 2017, 38(20): 96-102
- [20] Gu X, Pu L, Lei P, et al. Optimization of formula of matsutake highland barley biscuit by response surface methodology [J]. Asian Agricultural Research, 2017, 9(11): 48-53
- [21] 吴丹枫, 周晓燕, 李旭, 等. 响应面法优化冷鲜驴肉复合天然防腐剂配方[J]. 现代食品科技, 2019, 35(5): 244-252, 227  
WU Dan-feng, ZHOU Xiao-yan, LI Xu, et al. Response surface optimization cold fresh donkey meat compound natural preservative formula [J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(5): 244-252, 227

---

(上接第 52 页)

- [27] 杨志荣, 恒泰, 莎丽娜. 羊软骨中 II 型胶原蛋白肽的制备和抑菌活性[J]. 食品科技, 2016, 3: 134-138  
YANG Zhi-rong, HENG Tai, SHA Li-na. Preparation and bacteriostatic activity of type II collagen peptide in sheep cartilage [J]. Food Technology, 2016, 3: 134-138
- [28] Dhakal D, Koomsap P, Lamichane A, et al. Optimization of collagen extraction from chicken feet by papain hydrolysis and synthesis of chicken feet collagen based biopolymeric fibres [J]. Food Bioence, 2018, 23: 23-30
- [29] Mihara M, Hashizume M. The effect of high molecular hyaluronic acid on the induction of matrix degradation enzymes by IL-6, IL-1 $\beta$  and TNF- $\alpha$  [J]. Osteoarthritis and Cartilage, 2012, 20(19): S134-S135
- [30] Chen Q, Mei X, Han G, et al. Xanthan gum protects rabbit articular chondrocytes against sodium nitroprusside-induced apoptosis *in vitro* [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 131: 363-369
- [31] Wojdasiewicz P, Poniatowski A, Szukiewicz D. The role of inflammatory and anti-inflammatory cytokines in the pathogenesis of osteoarthritis [J]. Mediators of Inflammation, 2014, 561
- [32] 曹慧, 张忠慧, 许时婴. 鸡胸软骨酶解产物的表征及对类风湿关节炎大鼠的免疫调节作用[J]. 食品科学, 2012, 3: 243-247  
CAO Hui, ZHANG Zhong-hui, XU Shi-ying. Characterization of enzymatic products of chicken chest cartilage and its immune regulation on rheumatoid arthritis rats [J]. Food Science, 2012, 3: 243-247
- [33] Sun Y, Zhang G, Liu Q, et al. Chondroitin sulfate from sturgeon bone ameliorates pain of osteoarthritis induced by monosodium iodoacetate in rats [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 117(1): 95-101