

# 响应面法优化青稞桃酥配方工艺

卢芸<sup>1</sup>, 周莹<sup>1</sup>, 施淑文<sup>2</sup>, 戴阳军<sup>2</sup>, 许莲<sup>3\*</sup>

(1. 扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127; 2. 常熟理工学院 生物与食品工程学院, 江苏 常熟 215500;

3. 苏州经贸职业技术学院 人文社科与旅游管理学院, 江苏 苏州 215009)

**摘要:** 通过单因素实验与响应面实验相结合的方法, 确定青稞桃酥的最佳配方为: 以青稞粉和低筋粉(青稞粉 63.5%、低筋粉 36.5%) 总重不变计, 色拉油 60%、鸡蛋 15%、糖粉 58.7%、海藻糖 12%、酥油 16.5%、吉士粉 18%、臭粉 2%、小苏打 0.1%、泡打粉 1.5%。该法制成的青稞桃酥具有独特的浓郁青稞香气、酥脆可口、感官品质与质构特性优良。

**关键词:** 青稞; 桃酥; 响应面实验; 感官评分; 加工工艺

中图分类号: TS 972.132

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2019)01-0058-05

青稞(*Hordeum vulgare* Linn.) 是一种禾谷类作物, 主要分布在西藏、青海等高寒地区。<sup>[1]</sup> 青稞营养价值和药用价值很高, 含有高于其他谷类的 $\beta$ -葡聚糖、黄酮、膳食纤维和人体所需微量元素, 具有提高人体的免疫力、预防心血管疾病、促进胃肠道消化等功效。<sup>[2-3]</sup> 桃酥是一种民间传统糕点, 因其甘香酥脆的口感颇受广大人民的喜爱。<sup>[4]</sup> 在桃酥中添加青稞不仅能提高传统桃酥的营养价值, 更能缓和传统桃酥的甜腻味, 使口感更加符合现代人的需求。目前青稞桃酥在西藏、青海等地已有销售, 但仍缺少对青稞桃酥标准化生产工艺的研究, 本实验通过单因素与响应面实验, 对青稞桃酥的配方工艺进行优化, 使其酥性与风味得以提高, 以期对青稞桃酥的工业化生产提供参考, 推动青稞的深加工发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

低筋粉(美玫牌)、青稞粉、色拉油、鸡蛋、糖粉、海藻糖、吉士粉、臭粉(食用碳酸氢铵)、小苏打、泡打粉、杏仁、白芝麻等均为市售。

SM5L 多功能搅拌机: 北京富伟吉祥厨房设备有限公司; SM-523 电烤箱: 北京富伟吉祥厨房设备有限公司; AWH 计重桌称: 上海实干实业有

限公司; TA-XT Plus 质构仪: 英国 Stable Micro System 公司; 面筛(孔径 0.18 mm)、刮板、烤盘等: 市售

### 1.2 制作工艺

#### 1.2.1 基础配方

经预实验, 初步确定青稞桃酥配方工艺。以青稞粉与低筋粉(7:3) 总重不变计: 色拉油 60%、酥油 16%、鸡蛋 15%、糖粉 60%、海藻糖 12%、吉士粉 18%、臭粉(食用碳酸氢铵) 1.5%、小苏打 0.1%、泡打粉 1.5%。

#### 1.2.2 工艺流程

##### 1.2.2.1 青稞的预处理

青稞→除杂→烘干→粉碎→过筛→备用。

##### 1.2.2.2 青稞桃酥生产工艺流程

配料→原辅料预混乳化→面团调制→分剂→制坯成形→烘烤→冷却→包装→成品。

#### 1.2.3 操作要点

原料预处理: 挑选浅棕色、无霉变的青稞粒。粉碎后, 将其过筛并储存在干燥的环境中备用。

制浆: 将糖粉、海藻糖、鸡蛋、酥油、色拉油加入搅拌机混合, 用球形钢丝搅拌桨中速搅拌 5 min 至均匀乳白色, 体积膨大为原来的 1.5 倍为止。

面团调制: 将青稞粉、低筋粉、吉士粉、泡打粉、臭粉、小苏打混匀过 0.178 mm 筛孔后加入搅

收稿日期: 2018-12-10 \* 通信作者

作者简介: 卢芸(1995-), 女, 江苏南通人, 扬州大学旅游烹饪学院硕士研究生, 从事食品加工与卫生研究;

许莲(1976-), 女, 江苏泗阳人, 苏州经贸职业技术学院人文社科与旅游管理学院副教授, 从事酒店管理研究。

拌机,使用钩状搅拌桨低速搅拌 1 min 至形成均匀面团,注意时间不可过长,以免面团生筋。

分剂:将打好的面团搓条,分摘成 40 g 大小均匀面坯,搓圆。

制坯:用手指在每个面坯中央压一小孔,撒少量白芝麻、杏仁,轻压后摆盘。

烘烤:将面坯放入上火 170℃、下火 160℃ 的烤箱中烤制 25 min,使产品上色均匀后出炉。

冷却:刚出炉的产品易碎裂,应充分冷却 2 h 后进行包装。

### 1.3 实验设计与方法

#### 1.3.1 单因素实验

以预实验为基础工艺操作,分别对青稞粉添加量(50%、60%、70%、80%、90%)、糖粉添加量(12%、14%、16%、18%、20%)、海藻糖添加量(4%、8%、12%、16%、20%)、酥油添加量(50%、55%、60%、65%、70%)、臭粉添加量(0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%) 5 个因素进行单因素实验设计。

#### 1.3.2 响应面优化实验

基于单因素实验结果,采用 Box - Behnken 法设计 3 因素 3 水平实验。

### 1.4 测定方法

#### 1.4.1 青稞桃酥感官评定标准

感官评价在食品评估室内完成,评估小组由 10 名经验丰富的食品行业专业人士组成,对色、香、味分辨力高,其中男、女各 5 名,小组成员身体健康,12 h 前禁止吸烟、酗酒或吃刺激性食物。<sup>[5]</sup> 品评时评价员单独完成评价,每份样品在评价前用清水漱口,每间隔 5 min 评定下一样品。<sup>[6]</sup> 感官评定人员从糕点的外观、结构、色泽、口感 4 个方面,对青稞桃酥样品进行感官评价,将各总评分的平均值作为产品评价指标的结果。感官评分标准如表 1 所示。

#### 1.4.2 质构特性

采用 TA.XT plus 质构仪对青稞桃酥与普通桃酥的硬度和咀嚼性进行比较分析。测试配件:2 mm 柱形探头;测前速度:1 mm/s;测后速度:10.0 mm/s;测试速度:0.5 mm/s;测定间隔时间:5 s;压缩距离:2 mm。

#### 1.4.3 数据处理

实验数据使用软件 Origin 7.5 及 Design - Expert 8.0 进行制图和方差分析。

表 1 感官评定标准

指标	标准	评分(分)
外观 (30分)	厚薄均匀,形状整齐,表面龟裂纹均匀,底部平整,无歪斜塌陷	20~30
	厚薄一致,形状基本整齐,表面龟裂不均匀,底部不平整,稍有歪斜塌陷	10~19
	形状、厚薄不整齐一致,表面基本无龟裂,底部破碎,严重塌陷歪斜	0~9
结构 (20分)	断面孔洞均匀,无硬块	14~20
	断面孔洞较为均匀,有颗粒硬块	8~13
	断面孔洞不均匀,有硬块	0~7
色泽 (20分)	表面灰棕色,底部棕黄色,龟裂处色泽均匀一致	14~20
	表面与底部呈灰棕色,龟裂处色泽不均一	7~13
口感 (30分)	表面、底部、龟裂处发白或焦黑	0~6
	酥脆,口感细腻,不油腻,有青稞香味,甜度适中	21~30
	酥脆度低,口感细腻,稍油腻,青稞香味较淡,甜度不适中	11~20
	无酥脆感,僵硬,粗糙,过油腻,无青稞香味或异味,甜度不适中	0~10

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素实验结果分析

#### 2.1.1 青稞粉添加量对产品的影响

由图 1 可知,青稞桃酥的感官评分随青稞粉量的增加呈现先增高后降低的变化趋势。经综合分析,过高的面筋会使桃酥的酥脆性降低,青稞粉的添加可以对面筋起到一定的稀释作用。<sup>[7]</sup> 当青稞粉添加量较少时,青稞风味较淡、口感较硬、产品色泽较浅。青稞粉添加量过多会造成产品颜色偏深、苦涩味加重、龟裂减少、口感粗糙。因此根据感官评定结果,拟定青稞粉添加量 60%~80% 间进行进一步试验分析。

#### 2.1.2 酥油添加量对产品的影响

由图 2 可知,青稞桃酥的感官评分随酥油量的增加呈现先增高后降低的变化趋势。经综合分析,适当的酥油有助于软化桃酥中的面筋蛋白,使成品口感更加细腻酥松。<sup>[8]</sup> 当酥油量过少时,产品口感偏硬脆、组织粗糙、不够酥松。当酥油量过多时,产品组织松散易塌陷。因此根据感官评定结果,拟定酥油添加量 14%~18% 间进行进一步

试验分析。

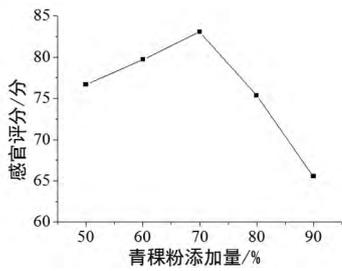


图1 青稞粉添加量对产品品质的影响

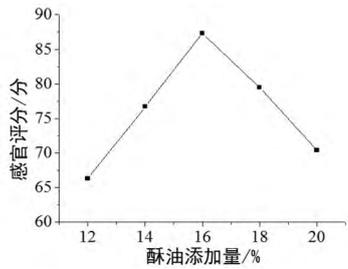


图2 酥油添加量对产品品质的影响

2.1.3 海藻糖添加量对产品的影响

由图3可知,产品感官评分随海藻糖的增加呈现先升高后趋于平缓的变化趋势。经综合分析,海藻糖作为还原性双糖,能够保持面制品的持水性,减缓淀粉的老化进程,减少异味,赋予面制品更加醇和的口感。<sup>[9]</sup>综合考虑成本因素,选取海藻糖添加量为12%。

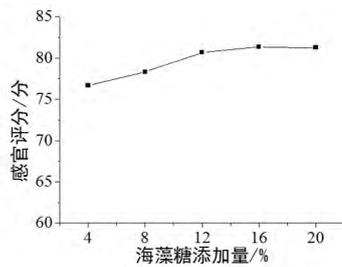


图3 海藻糖添加量对产品品质的影响

2.1.4 糖粉添加量对产品的影响

由图4可知,青稞桃酥的感官评分随糖量的增加呈现先增高后降低的趋势。经综合分析,糖粉对桃酥的感官品质影响较大,除了增加甜味外,糖在加热过程中易产生美拉德反应,从而赋予桃酥特殊的色泽与风味,同时能提高桃酥烘烤时表面的张力,使产品不易塌陷。<sup>[10]</sup>因此根据感官评定结果,拟定糖粉添加量55%~65%间进行进一步试验分析。

2.1.5 臭粉添加量对产品的影响

由图5可知,随着臭粉添加量的增加,产品呈

现出较平缓上升和下降趋势。经综合分析,臭粉加热时能使桃酥表面形成自然的龟裂纹,在桃酥制品中作为膨松剂使用。经实验,确定臭粉添加量为2%。

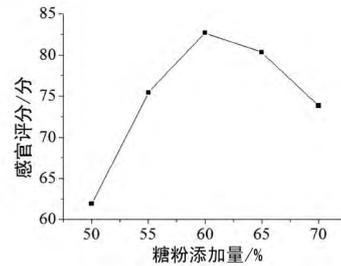


图4 糖粉添加量对产品品质的影响

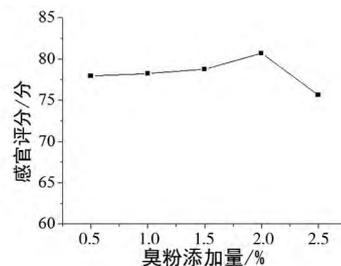


图5 臭粉添加量对产品品质的影响

2.2 响应面实验结果分析

以粉总重计,选择青稞粉添加量(A)、酥油添加量(B)、糖添加量(C)3因素为自变量进行响应面实验,以表1感官评价(Y)为指标,筛选青稞桃酥最佳配方工艺条件,试验设计见表2。用Box- Behnken 响应面分析法对实验结果模型进行方差分析,结果见表3。

表2 Box- Behnken 设计因素水平

因素	名称	水平		
		-1	0	1
A	青稞粉添加量/%	60	70	80
B	酥油添加量/%	14	16	18
C	糖添加量/%	55	60	65

利用 Design Expert 软件对表3中响应值进行二元回归拟合,确定回归方程预测模型如下:  $Y = 90.50 - 6.22A + 1.39B - 2.75C - 2.34AB + 0.20AC - 2.19BC - 5.24A^2 - 6.98B^2 - 6.69C^2$ 。

对模型进行回归分析,结果见表4。

由表4可知,该模型的P值 $< 0.0001$  ( $P < 0.01$ ),表示回归模型效应极显著。模型的 $R^2 = 94.93$ ,说明模型对青稞桃酥试验情况拟合度较好,试验误差小,可以用该方程对青稞桃酥的最佳

工艺参数进行预测和分析。失拟项  $P$  值为 0.132 1

表 3 Box - Behnken 设计方案与结果

试验编号	A	B	C	Y(分)
1	1	1	0	71.16
2	0	0	0	91.13
3	0	0	0	88.26
4	0	-1	1	72.23
5	-1	1	0	86.35
6	0	1	-1	85.81
7	1	-1	0	74.89
8	0	1	1	72.47
9	0	0	0	93.37
10	0	-1	-1	76.82
11	0	0	0	90.33
12	-1	0	1	84.54
13	0	0	0	89.42
14	-1	-1	0	80.73
15	1	0	-1	72.19
16	1	0	1	70.56
17	-1	0	-1	86.97

表 4 回归方程显著性检验与方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	994.95	9	110.55	14.57	0.000 9	**
A	309.88	1	309.88	40.85	0.000 4	**
B	15.46	1	15.46	2.04	0.196 5	
C	60.45	1	60.45	7.97	0.025 7	*
AB	21.86	1	21.86	2.88	0.133 4	
AC	0.16	1	0.16	0.021	0.888 6	
BC	19.14	1	19.14	2.52	0.156 2	
A <sup>2</sup>	115.77	1	115.77	15.26	0.005 8	**
B <sup>2</sup>	204.90	1	204.90	27.01	0.001 3	**
C <sup>2</sup>	188.64	1	188.64	24.87	0.001 6	**
残差	53.10	7	7.59			
失拟项	38.25	3	12.75	3.44	0.132 1	
纯误差	14.85	4	3.71			
总变异	1 048.05	16				

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

( $P > 0.05$ ) 不显著,说明实验模型的失拟度好,该回归模型合理。由  $F$  值大小可知,影响青稞桃酥

感官评价因素的主次顺序为青稞粉添加量(A) > 糖粉添加量(C) > 酥油添加量(B)。其中一次项 A 极显著 ( $P < 0.01$ ),说明青稞粉添加量对感官评分影响极显著; C 显著 ( $P < 0.05$ ),说明糖粉添加量对感官评分影响较显著。交互项 AC 显著 ( $P < 0.05$ ),说明青稞粉添加量和糖粉添加量相互作用显著。 $A^2$ 、 $B^2$ 、 $C^2$  在评分中极显著 ( $P < 0.01$ ) 表明响应值变化复杂。

### 2.3 响应面交互作用分析

通过 Box - Behnken 试验对模型进行响应面图分析,以观察 A、B、C3 个因素之间的交互作用对感官评分的影响,响应曲面效果和对应等高线图见图 6。图像呈开口朝下的伞状曲面,说明感官评分存在极值。图中的响应曲面陡峭,等高线呈密集椭圆形,表明青稞粉和糖的添加量之间的交互作用对青稞桃酥的感官评价影响最显著。与表 4 中的方差分析结果一致。

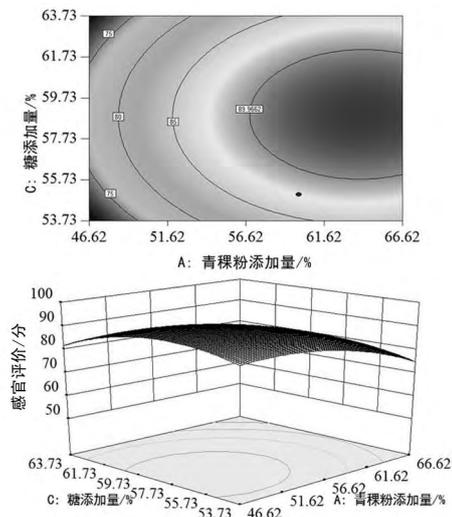


图 6 各因素交互作用对产品品质的响应曲面

### 2.4 最佳工艺与验证实验

根据所建立模型进行参数最优分析,得青稞桃酥最佳预测工艺条件为:以青稞粉和低筋粉(青稞粉占 63.46%)总重计,酥油添加量 16.50%、糖粉添加量 58.72%。根据实际生产情况将工艺修正为青稞粉添加量 63.5%、酥油添加量 16.5%、糖粉添加量 58.7%。为确保试验结果准确,进行了三次验证,实验结果显示,青稞桃酥的感官评分为 92.33 分,接近预测值 93.41 分,相对误差仅为 1.16%。对比产品与普通桃酥的全质构数据,实验结果见表 5。由表 5 可知,添加青稞粉的桃酥硬度小于普通桃酥,咀嚼性大于普通

桃酥均优于对照组。成品色泽呈淡棕色,口感细腻酥松,散发出淡淡的青稞香味。可见此模型能较好地优化青稞桃酥工艺。

表5 质构特性比较分析

品种	硬度/N	咀嚼性/N
普通桃酥	1 567.95	1 098.26
青稞桃酥	1 236.17	1 367.31

### 3 结论

通过 Box - Behnken 设计探讨了青稞粉添加量、酥油添加量和糖添加量对青稞桃酥品质的影响,确定青稞桃酥的最佳配方为:以青稞粉和低筋粉(其中青稞粉占63.5%)总重计,色拉油 60%、鸡蛋 15%、糖粉 58.7%、海藻糖 12%、酥油 16.5%、吉士粉 18%、食用碳酸氢铵(臭粉) 2%、小苏打 0.1%、泡打粉 1.5%。所得青稞桃酥青稞香气浓郁、甜度适中、口感细腻酥脆,感官与质构品质优良。青稞营养丰富,以部分青稞粉替代面粉制成青稞桃酥,既增加了传统桃酥的营养价值,也为青稞的深加工提供支持。

#### 参考文献:

[1] 马超, 普布多吉, 蒋思萍. 青稞麸皮油 GC - MS 分析

及青稞麸皮  $\beta$  - 葡聚糖含量测定[J]. 西藏科技 2017 (5): 70 - 72.

[2] 王婷, 李文钊, 张强. 青稞粉主要成分及其面团质构特性的研究[J]. 粮食与饲料工业 2012(7): 41 - 43.

[3] CARDONA F, ANDRÉS-LACUEVA C, TULIPANI S, et al. Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health[J]. Journal of Nutritional Biochemistry 2013 24(8): 1415 - 1422.

[4] 朱新鹏, 刘姣, 郭皓月, 等. 模糊数学在马铃薯桃酥配方优化中的应用[J]. 食品与发酵科技 2014 50(6): 58 - 60 + 63.

[5] 吴鹏, 王恒鹏, 王苏月, 等. 不同蒸制时间条件下鲈鱼片预制品品质比较[J]. 美食研究 2017 34(2): 57 - 60.

[6] 戴阳军, 胡舰, 周莹, 等. 响应面法优化鱼糜肉纸制作工艺[J]. 美食研究 2018 35(3): 48 - 53.

[7] 李伟岸. 薏苡仁桃酥的加工工艺及功能评价研究[D]. 贵阳: 贵州大学 2018.

[8] 张莘莘, 商金颖, 李喜宏, 等. 灵武长枣桃酥的研制[J]. 食品研究与开发 2018 39(10): 67 - 71.

[9] 马雪连. 海藻糖在食品加工中的应用[J]. 福建农业, 2014(8): 163.

[10] 胡峰. 茶桃酥的生产工艺及其品质研究[D]. 合肥: 安徽农业大学 2012.

## Optimization of highland barley cake formula by response surface methodology

LU Yun<sup>1</sup>, ZHOU Ying<sup>1</sup>, SHI Shuwen<sup>2</sup>, DAI Yangjun<sup>2</sup>, XU Lian<sup>3\*</sup>

(1. School of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China;

2. School of Biotechnology and Food Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu, Jiangsu 215500, China;

3. School of Humanities and Social Science and Tourism Management, Suzhou Institute of Trade and Commerce, Suzhou, Jiangsu 215009, China)

**Abstract:** The formula of highland barley walnut cake was optimized using response surface methodology based on single factor experiments which on basis of the wheat flour, composed of 63.5% of highland barley power, 36.5% of low-gluten flour, 60% of salad oil, 15% of egg, 58.7% of sugar, 12% of trehalose, 16.5% of butter, 18% of custard powder, 2% of ammonia powder, 0.1% of baking soda, and 1.5% of baking powder and gave the product unique aroma, good sensory quality and texture characteristics.

**Key words:** barley; cake; response surface methodology; sensory score; processing technology

(责任编辑: 赵勇)