

响应面法优化秋葵马芬的制作工艺

唐英明¹, 徐丹², 辛松林^{2*}, 黄倩², 徐庆麟²

(1. 四川旅游学院 烹饪学院, 四川 成都 610100; 2. 四川旅游学院 食品学院, 四川 成都 610100)

摘要: 将川秋葵粉与马芬相结合, 以感官评分为评价指标, 通过单因素实验及响应面分析的方法确定秋葵马芬的最佳配方及制备工艺为: 川秋葵粉添加量 4.40% (m/m)、秋葵粉粒度 200 目、烘焙时间为 31.00min。该配方工艺保留了马芬特有的口感, 又赋予了秋葵的清香风味, 扩大了秋葵在食品加工领域的应用范围。

关键词: 川秋葵; 秋葵粉; 马芬; 感官评价; 工艺优化

中图分类号: TS 972.123.1

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2018)02-0039-05

秋葵 (*Abelmoschus manihot medic*) 又名羊角豆、羊角菜、毛茄, 为锦葵科秋葵属一年生草本植物。^[1]2006~2015年, 非洲黄秋葵成功引种四川省植物工程研究院, 并从中选育出适合四川省栽培的黄秋葵新品种——川秋葵1号,^[2]相比于其他秋葵, 川秋葵更容易适应四川潮湿的空气, 能够更加旺盛地生长。目前, 秋葵的主要食用部位是嫩荚, 主要用做烹饪原料且烹饪方法单一。秋葵的精深加工产品较少。秋葵嫩果富含蛋白质、游离氨基酸、维生素和磷、铁、钾、钙、锌、锰等矿物质元素。^[3]马芬英文翻译为 Muffin, 在西方烘焙品类中是指松饼。马芬是一款香气清新怡人、口感松软细腻的休闲烘焙小食品, 因此越来越受大众欢迎。^[4]目前已有不少研究学者将秋葵添加到酸奶^[5]、果冻^[6]、罐头^[7]中, 少有将其添加到西式烘焙产品中的研究。张伟君^[8]等人将紫马铃薯全粉加入到马芬中, 并对它的感官性能进行了研究; 西方学者将谷草添加到马芬中, 并研究其物理、结构和感官特性。^[9]现如今天然、绿色、健康蔬菜日渐成为人们饮食追求的目标, 秋葵的营养特性及保健功能越来越被广泛地关注和重视。本实验将秋葵粉用于马芬的制备, 既可丰富现有马芬类产品的花色品种, 又可满足现代人追求美味和营养健康的需求。同时, 为秋葵粉作为食品配料用于食品加工提供思路。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 实验材料

川秋葵粉: 自制; 美玫低筋面粉: 四川省大西南面粉有限责任公司; 黄油: 天然美琪凌油脂有限公司; 低脂高钙牛奶: 蒙牛乳业有限公司; 色拉油: 莘县马西色拉油有限公司; 糖、鸡蛋、苏打粉、泡打粉等其它材料均由四川省烹饪科学重点实验室物供部统一购买。

1.1.2 实验设备

5K5SSWH 搅拌机: 上海金淳酒店设备有限公司; CKF-52GS 烤箱: 伟士达电器实业有限公司; BS224S 型电子天平: 北京赛多利斯系统有限公司; HX-200 型高速中药粉碎机: 浙江省永康市溪岸五金药具厂; XDW-2C 小型低温微粉碎机: 济南达微机械有限公司。

1.2 制作方法

1.2.1 马芬基础原料配方

低精面粉 620g, 烘焙百分比设定为 100%。黄油、鸡蛋、苏打粉、泡打粉和色拉油的烘焙百分比分别为: 32.26%、40.32%、2.10%、2.74% 和 16.13%。^[10]

1.2.2 马芬制作工艺流程

称料→搅拌机和匀→入裱花袋→装模→装盘→入烤箱烘烤(面火 210℃, 底火 220℃)→出烤

收稿日期: 2017-12-18 * 通讯作者

基金项目: 四川省科技厅项目——黄秋葵采后品质控制及加工产物综合利用研究(2016JY0119); 四川旅游学院大学生科研项目——川秋葵超微粉在面点中的应用研究(2017XKZ56)

作者简介: 唐英明(1977-) 男, 浙江松阳人, 四川旅游学院烹饪学院讲师, 从事食品烹饪工艺及产品研究的研究;

辛松林(1981-) 男, 辽宁大连人, 四川旅游学院食品学院副研究员, 博士, 从事食品加工研究。

箱→冷却→成品。^[11]

川秋葵粉的制备:将新鲜秋葵切成2~3cm小段,50℃热风干燥,干燥时间9h,烘干后采用粉碎机粉碎,过相应目筛,用自封袋装好,备用。

搅拌机和匀:黄油和糖加入搅拌缸中高速搅打发泡并呈白色,将鸡蛋逐个加入搅拌缸(待上一个鸡蛋混匀后加入下一个鸡蛋),搅打至鸡蛋完全混合均匀、无分层,加入苏打粉、泡打粉、低筋粉、熟粉,混合均匀,缓慢加入牛奶,搅拌3min左右,最后加入色拉油,完全混匀即可。

装模:将面糊装入裱花袋中,大约为马芬杯体积的1/3为宜。

1.3 感官评价的方法

选取本校食品相关专业学生,男女各5名,组成感官评鉴小组。在排除相应干扰因素环境下从色泽、组织形态、外观形状、口感风味进行评分,^[12]取其平均分,满分为100分,确定最佳配方,感官评分标准见表1。

表1 秋葵马芬感官评价标准

项目	评价标准	得分
色泽	表皮金黄色,均匀一致,内部呈绿色	11~15
	表皮呈淡黄色或深棕色,内部呈淡绿色	6~10
	表皮颜色较淡或为焦黄色,内部呈微绿色	0~5
组织状态	芯部空泡细密,无大孔洞,弹性好,内部组织均匀,皮薄而脆	11~15
	芯部空泡较细密,有小部分大孔洞,弹性较好,内部组织较均匀,皮质较脆	6~10
	芯部空泡不细密,孔洞过小,弹性差,内部组织过于密实,皮质软	0~5
外观形状	形状完整规则,表皮光滑,无折皱、破裂现象,对称性好	11~15
	形状较为规则,表皮较光滑,稍有折皱、破裂现象,比较对称	6~10
	形状略为规则,表皮不光滑,破裂明显,较不对称	0~5
口感	柔软,富有弹性,咀嚼性好,无坚硬物	20~30
	较柔软,较有弹性,易于咀嚼,少量坚硬物	10~19
	较硬,基本无弹性,不易咀嚼,较多坚硬物	0~9
风味	甜味适口,具有正常面包的气味和特有的浓郁秋葵香味,无酸味	20~25
	甜味基本适口,具有较淡秋葵香味,稍有酸味,无明显异味	8~19
	甜味不适口,秋葵香味寡淡,有较重的酸味,或者其它异味	0~7

1.4 单因素实验设计

在制作秋葵马芬时,选择5个单因素(川秋葵粉添加量、川秋葵粉粒度、烘烤时间、牛奶添加量、糖添加量)设计5个水平进行实验研究,通过感官评鉴小组对不同因素的秋葵马芬进行感官评价,根据平均得分确定最佳水平,并在合理范围内确定各因素上下限。

1.5 响应面分析优化实验

利用中心组合设计的原理,在单因素实验结果的基础上,采用Design Expert 8.0.6,对马芬的配方及制作工艺进行优化,以川秋葵粉添加量、烘烤时间、川秋葵粉粒度为自变量,以感官评分为应变量,设计3因素3水平的响应面实验,响应面实验因素及水平见表2。

表2 响应面实验因素及水平

水平	自变量		
	A 川秋葵粉添加量 [%/(m/m)]	B 烘烤时间 (min)	川秋葵粉粒度(目)
-1	2	25	150
0	4	30	200
1	6	35	250

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果及分析

单因素实验结果见下文表3。

2.1.1 川秋葵粉添加量对马芬品质的影响

在川秋葵粉粒度为200目、烘烤时间30min、牛奶添加量70%(m/m)、糖添加量54%(m/m)的条件下,研究秋葵粉添加量对马芬品质的影响。如表3所示,秋葵马芬感官评分随着秋葵粉的添加量先增大后减小。秋葵粉为深绿色粉末状,同时秋葵粉有一股清香的气味,说明在一定范围内,秋葵粉添加量会影响马芬的颜色以及风味,当添加量超过4.0%(m/m)时,马芬的感官品质降低。因此,川秋葵粉添加量应控制在2%~6%,选取2%、4%、6%的秋葵粉添加量进行响应面实验。

2.1.2 川秋葵粉粒度对马芬品质的影响

在川秋葵粉添加量为4.0%(m/m)、烘烤时间30min、牛奶添加量70%(m/m)、糖添加量54%(m/m)的条件下,研究秋葵粉粒度对马芬品质的影响。结果表明,秋葵马芬的感官评分随着秋葵粉粒度的增加呈现出先增加后减小的趋势,

川秋葵粉粒度为 200 目时马芬的感官品质最好, 口感细腻、组织均匀; 粒度过低时, 马芬口感粗糙, 表面出现绿色带, 色泽不均匀; 粒度过高, 马芬弹性差, 内部组织过于密实。因此, 150 ~ 250 目范围内, 马芬具有较好的感官评分, 选取 150 目、200 目、250 目进行响应面实验。

表 3 单因素水平试验结果

因素	水平				
川秋葵粉添加量 [% (m/m)]	2	4	6	8	10
感官评分 (分)	73.33 ± 1.53	88.33 ± 0.58	72.67 ± 0.58	69.33 ± 3.06	65.33 ± 2.08
川秋葵粉粒度 (目)	50	100	150	200	250
感官评分 (分)	60.00 ± 0.82	68.75 ± 0.96	74.75 ± 0.50	86.00 ± 2.12	73.75 ± 0.96
烘烤时间 (min)	20	25	30	35	40
感官评分 (分)	59.25 ± 0.96	69.25 ± 2.06	89.00 ± 1.83	75.50 ± 2.65	65.00 ± 0.82
牛奶添加量 [% (m/m)]	60	65	70	75	80
感官评分 (分)	60.00 ± 1.83	66.75 ± 1.50	70.25 ± 2.63	65.00 ± 0.81	60.50 ± 1.29
糖的添加量 [% (m/m)]	48	51	54	57	60
感官评分 (分)	58.75 ± 1.26	62.75 ± 1.71	70.25 ± 0.96	64.50 ± 1.73	62.50 ± 1.00

2.1.3 烘烤时间对马芬品质的影响

在川秋葵粉添加量为 4.0% (m/m)、秋葵粉粒度 200 目、牛奶添加量为 70% (m/m)、糖添加量 54% (m/m) 的条件下, 研究烘烤时间对马芬品质的影响。表 3 显示, 烘烤时间对秋葵马芬感官品质的影响极为显著, 感官评分呈现先上升再下降的变化趋势。烘烤时间过短时, 马芬形态略塌、粘边, 内部稀软, 不仅影响口感且影响外观; 随着时间增长, 其形态趋向完整, 绿色均匀, 口感细腻软嫩, 当时间为 30min 时, 马芬口感最佳; 然而, 当时间进一步增加时, 马芬组织变得粗糙, 无弹性, 内部孔洞较大, 颜色越来越深, 表面渐渐出现裂痕, 甚至会有焦糊味的出现, 因此烘烤时间对马芬品质影响较大。选取 25min、30min、35min 进行后续响应面实验。

2.1.4 牛奶添加量对马芬品质的影响

在川秋葵粉添加量为 4.0% (m/m)、秋葵粉粒度 200 目、烘烤时间 30min、糖添加量 54% (m/m) 的条件下, 研究马芬品质与牛奶添加量之间的相应关系。如表 3 所示, 牛奶添加量的增加会使秋葵马芬感官评分呈现出先增大后减小的变化关系, 牛奶添加量为 70% (m/m) 时, 秋葵马芬的感官品质最佳。牛奶添加量主要影响马芬的蓬松度和奶香气, 但 60% ~ 80% 范围内的牛奶添加量对马芬感官评分的影响不太显著, 因此, 牛奶添加量不作为响应面实验考虑的影响因素。

2.1.5 糖的添加量对马芬品质的影响

在川秋葵粉添加量为 4.0% (m/m)、秋葵粉

粒度 200 目、烘烤时间 30min、牛奶添加量为 70% (m/m) 的条件下, 研究糖添加量对秋葵马芬感官评分的影响。如表 3, 糖添加量为 54% (m/m) 时, 马芬感官品质最佳。糖添加量过少会使马芬内部紧密, 缺乏蓬松细腻的口感, 糖添加量过多会使马芬内部孔洞不均匀, 且口感过于甜腻。考虑到 48% ~ 60% 范围内的糖添加量对秋葵马芬感官评分的影响不太显著, 因此, 糖添加量不作为响应面实验考虑的影响因素。

2.2 响应面分析优化

2.2.1 模型的建立及显著性检验

在单因素实验结果基础上, 选取川秋葵粉添加量、川秋葵粉粒度、烘烤时间为自变量, 以感官评分为应变变量, 进行 3 因素 3 水平的响应面分析。实验结果如下文表 4 所示。

感官评分与川秋葵粉添加量 (A)、烘烤时间 (B)、川秋葵粉粒度 (C) 的 3 元多次回归方程: $Y = 93.00 + 3.62A + 2.62B + 0.75C + 1.25AB + 0.000AC - 0.50BC - 9.87A^2 - 9.37B^2 - 15.13C^2$ 。对以上回归模型进行方差分析, 结果见下文表 5。

回归方程中由 F 分布来检验对响应值的显著性, 概率 P 值越小, 则对应自变量显著性越高。由下文表 5 得出, 所选感官评分模型回归项极显著 ($P < 0.01$), 即为不同处理组间差异极显著, 失拟值不显著 ($P > 0.05$), 即为失拟项差异不显著, 说明实验误差小, 能够准确表明川秋葵粉添加量、秋葵粉粒度、烘烤时间对秋葵马芬感官评分的影响。

表4 响应面实验结果

试验号	A	B	C	感官评分
1	-1	-1	0	66
2	0	0	0	90
3	0	-1	-1	66
4	0	0	0	92
5	1	0	-1	69
6	-1	0	1	67
7	0	0	0	93
8	-1	1	0	71
9	0	1	1	70
10	0	0	0	96
11	1	0	1	71
12	1	-1	0	74
13	1	1	0	84
14	0	-1	1	68
15	0	0	0	94
16	-1	0	-1	65
17	0	1	-1	70

表5 感官评分方差分析结果

编号	自由度 DF	平方和	均方	F 值	P 值	显著性
模型	9	2106.72	234.08	31.66	<0.0001	**
A	1	105.13	105.13	14.22	0.0070	**
B	1	55.13	55.13	7.46	0.0293	*
C	1	4.50	4.50	0.61	0.4608	
AB	1	6.25	6.25	0.85	0.3884	
AC	1	0.000	0.000	0.000	1.0000	
BC	1	1.00	1.00	0.14	0.7239	
A ²	1	410.59	410.59	55.54	0.0001	**
B ²	1	370.07	370.07	50.06	0.0002	**
C ²	1	963.22	963.22	130.29	<0.0001	**
失拟	3	31.75	10.58	2.12	0.2409	
残差	7	51.75	7.39			
纯误差	4	20.00	5.00			
总和	16	2158.47				
R ² = 0.9760		Adj. R ² = 0.9452		Pred. R ² = 0.7502		
Adep. Precision = 14.086						

注: P < 0.01 为极显著 ** P < 0.05 为显著*

该模型的决定系数 R² = 0.9760(拟合度)表示本实验所选取的变量引起响应值的变化有 97.60% 是可以此模型解释的,因而充分证明该模型适合于研究自变量三个因素的变化对马芬的品质感官评分的影响以及得出最佳的工艺条件,仅有 4% 不能用该模型来解释,也能合理说明。调整决定系数 Adj. R² = 0.9452 的变化。Adep. Precision = 14.086, 大于 4 可见,回归方程的可信度具有一定的说服力。

回归方程一次项中,因素 A 的 P 值小于 0.01,说明秋葵粉添加量对马芬感官评分的影响极显著; B 的 P 值小于 0.05,说明烘烤时间对秋葵马芬的品质影响相对显著;而 C 的 P 值大于 0.05,说明川秋葵粉粒度对于秋葵马芬感官评分不具有显著影响。P(A) < P(B) < P(C),说明在秋葵马芬感官评分的因素中,秋葵粉添加量最敏感,其次是烘烤时间,最后是秋葵粉粒度。二次项中 A²B²C² 对感官评分的影响极显著,交互项 AB、AC、BC 的 P 值均大于 0.05,说明这三种因素的两两交互作用不显著。

2.2.2 响应面分析及优化

根据回归方程得出各因素(A、B、C)所构成三维空间的响应曲面分析图,固定其中一个因素,考察另两个因素的交互作用。结果如图 1~3。

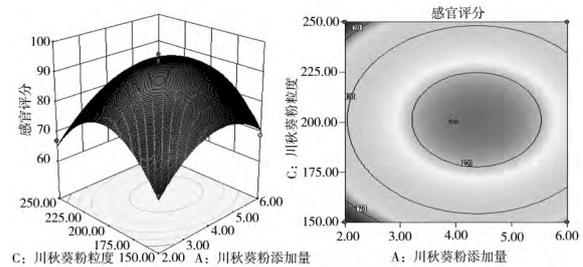


图1 川秋葵粉添加量与川秋葵粉粒度对马芬感官品质的三维图和等高线

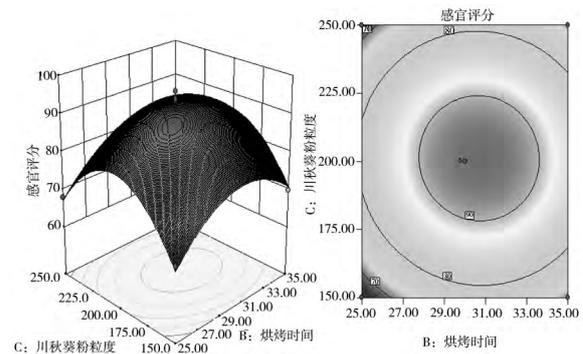


图2 川秋葵粉粒度与烘烤时间对马芬感官品质的三维图和等高线

由图 1~3 可知,各自变量对感官评分的响应面均向上凸起,即响应值随着川秋葵粉添加量、秋葵粉粒度以及烘烤时间的增加而呈现出先增加后减小的趋势,响应面的最高点表示秋葵马芬感官评分的最大值。对模型的方差分析表明,交互作用并不明显,但是等高线的形状可以反映交互作用的强弱,图 1、图 2 的等高线近似于圆形,可知秋葵粉添加量与秋葵粉粒度交互作用及秋葵粉粒

度与烘烤时间的交互作用对感官评分的影响较小。图3的等高线扁平,表明川秋葵粉的添加量与烘烤时间间的相互影响较大。

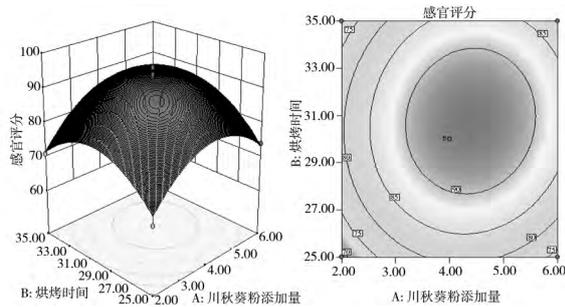


图3 川秋葵粉添加量与烘烤时间对马芬感官品质的三维图和等高线

通过 Design Expert 8.0.6 软件对实验结果进行响应面优化,得出当川秋葵粉的添加量为 4.39%、烘烤时间 30.76min 以及秋葵粉粒度为 201.11 目时,马芬的感官评分最高。实际应用中,将川秋葵粉添加量调整为 4.40%、秋葵粉粒度为 200 目、烘烤时间为 31.00min,且按上述条件重复三次验证实验,得到的平均值与预测值相对偏差小于 1%,因此说明该实验得到的回归方程具有较高的准确性。

3 结论

通过单因素以及响应面实验分析,得出秋葵马芬的最佳制作工艺及配方为:秋葵粉添加量 4.00% (m/m)、烘烤时间为 31.00min、秋葵粉粒度为 200 目。在此条件下制备的秋葵马芬具有马芬固有的

松软甜香,并赋予了秋葵特有的清香及色泽。

参考文献:

- [1] 曾沂辉,金玮玲. 名优特菜黄秋葵[J]. 西北园艺, 2003(1): 12.
- [2] 叶昌华,卓明,韩菊兰,等. 黄秋葵新品种“川秋葵1号”选育及栽培技术要点[J]. 南方农业, 2015, 34(2): 44-45.
- [3] I L Novosel'skaya, N L Voropaeva, L N Semenova, et al. Trends in the science and applications of pectins[J]. Chemistry of Natural Compounds, 2000, 36(1): 1-10.
- [4] 杨芳,马林云. 马芬预拌粉的研究[J]. 中国食品添加剂 2010(9): 191-192.
- [5] 李益恩,何林富,游敬刚,等. 黄秋葵酸奶的研制[J]. 食品与发酵科技 2012, 48(2): 82-85.
- [6] 谭韩英,韦丽芳. 黄秋葵保健果冻的研制[J]. 轻工科技 2015, 31(1): 22-24.
- [7] 冯尚坤. 黄秋葵罐头开发及最佳护色工艺研究[J]. 现代食品 2017, (2): 59-62.
- [8] 张伟君,钟耀广. 紫马铃薯全粉对马芬质构性能和感官品质的影响[J]. 食品工业科技. 2017, 38(3): 211-214.
- [9] D Goswami, R K Gupta, D Mridula, et al. Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties[J]. LWT - Food Science and Technology, 2015, 64(1): 374-380.
- [10] 钟志惠. 西点制作工艺[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 120-122.
- [11] 刘汉江. 焙烤工业使用手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2006: 137.
- [12] 繁萍,张瑞强,姚志旺,等. 混合粉对蛋糕感官品质影响的研究[J]. 应用科技 2013(28): 299-301.

Optimizeing production technology of okra muffin with response surface methodology

TANG Yingmin¹, XU Dan², XIN Songlin^{2*}, HUANG Qian², XU Qinglin²

(1. Sichuan Tourism University Culinary Institute, Chengdu, Sichuan, 610100 China;

2. Sichuan Tourism University Food Institute, Chengdu, Sichuan, 610100 China)

Abstract: Muffin was made using Sichuan okra powder. Factorial experiments and response surface methodology were used to investigate the effect of factors influencing sensory quality of the product. 4.40% (m/m) and 200 mesh of Sichuan okra powder and 31.00 min of baking time gave the product the best flavor.

Key words: Sichuan okra; powder; muffin; sensory evaluation; response surface methodology

(责任编辑:赵勇)