

响应面法优化川明参香肠配料的工艺条件

熊昌定¹, 王 林^{2*}

(1. 岭南师范学院 生命科学与技术学院, 广东 湛江 524048; 2. 四川旅游学院 烹饪学院, 四川 成都 610100)

摘要: 在传统四川风味香肠的加工工艺基础上, 通过川明参粉添加量、淀粉添加量和水添加量为响应因素, 以香肠的质构性能和感官评价为响应值, 用 Box - Behnken 响应面法确定川明参香肠的最佳加工条件。结果表明: 在基础配方不变的情况下, 当川明参粉添加量为 9.2%、玉米淀粉添加量为 5.8%、水添加量为 5.8% 时, 川明参香肠的感官品质最高为 96.18 分。

关键词: 川明参; 响应面法; 香肠; 配料; 食品加工

中图分类号: TS 972.182.71

文献标识码: A

文章编号: 2095 - 8730(2019)03 - 0060 - 05

川明参在川内称作沙参, 是四川道地药材, 为伞形科川明参属植物 (*Chuanminshen Sheh - et Shan*) 其药用价值在《本草纲目》中有记载。^[1] 四川东北部的巴中市、苍溪县为川明参主要集中产区, 川明参系药食同源作物,^[2] 在食疗保健方面有清利肺热、润肠解毒、益肝明目、润肺化痰的功效,^[3] 此外还含有人体必需氨基酸、三萜酸、香豆素等生物活性物质,^[4-5] 其营养价值十分丰富。

本试验主要以猪前夹肉为主要原料, 在传统四川风味香肠加工工艺的基础之上, 分别对川明参添加量、淀粉添加量和水添加量进行优化, 研制出一种营养丰富, 药食风味的香肠以满足人们对休闲食品的需要。^[6] 若将其进行标准化生产, 餐饮市场前景广阔。^[7]

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜的猪前夹瘦肉、肥肉、川产道地药材川明参、玉米淀粉、食盐、白糖、白酒、酱油、味精、五香粉、辣椒粉、生姜、水、猪肠衣(食品级)等皆为市售。

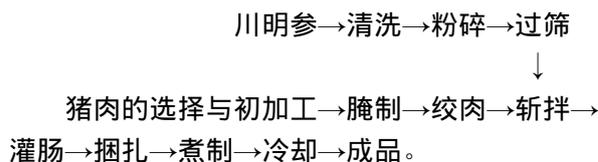
1.2 主要设备及器具

TMS - PRO 型食物物性分析仪: 美国食品技术有限公司; TC22 型绞肉机: 上海依兴酒店设备

有限公司; RHP - 400A 型中药粉碎机: 潍坊新亚能粉体设备有限公司; SF - 260 型灌肠机: 诸城市赫尔希机械科技有限公司; TC22 斩拌机: 邢台润联机械设备有限公司; IR - AE24 型蒸煮锅: 诸城市雅辰机械有限公司; XK3190 - A7 型电子台秤、JA21002 型电子天平: 江苏淮安翔宇电子天平。

1.3 工艺流程

川明参药膳香肠的工艺流程如下:^[8]



1.4 实验方法

1.4.1 操作过程

猪肉的选择与初加工: 挑选检验合格新鲜的猪前夹肉, 去腿骨、筋腱、肌膜组织后, 将肥肉与瘦肉分离, 切成 3 cm 见方的块备用。

腌制: 将经过初加工后的猪前夹肉, 添加基础调料配方(1.4.2 项所示), 在 5 °C 温度下腌制 12 h 备用。

绞肉: 调整好绞肉机孔径的大小, 将腌制好的猪肉从冰箱中取出后立即绞, 其肉馅中心温度应控制在 10 °C 以下进行。

川明参粉加工处理: 选用干净无虫害的干川

收稿日期: 2019 - 03 - 21 * 通信作者

基金项目: 四川省高等学校重点实验室项目 (PRKX2015Z09); 四川省教育厅自然科学基金项目 (18ZB0499); 四川省教育厅川菜发展研究中心项目 (CC17Z12)

作者简介: 熊昌定 (1979 -) 男, 湖北公安人, 岭南师范学院生命科学与技术学院经济师, 从事食品加工与安全研究;

王 林 (1983 -) 男, 四川苍溪人, 四川旅游学院烹饪学院副教授, 从事烹饪科学与食品加工研究。

明参,用中药粉碎机粉碎后,经 0.18 mm 过滤网筛选后备用。

斩拌:把猪肉馅、淀粉和川明参浆进行混合,在 10 ℃ 以下的环境下斩拌 5 min 备用。

灌肠:将清洗好的肠衣套在灌肠机上,待肉馅斩拌结束后进行均匀灌制,防止肠体外皮破裂和小气泡产生。

捆扎:灌肠结束后按 10 cm 左右的长度用细绳捆扎打结,若肠中有小气泡及时排除并用清水冲洗后挂在通风处晾干表面水分。

煮制:将晾干的产品放入 98 ℃ 的蒸煮锅内加热 45 min,出锅后迅速用冷水进行喷淋冷却降至室温备用。^[8-9]

1.4.2 单因素实验设计

为了使川明参猪肉药膳香肠各配料之间更加融合,让消费者获得最佳食用口感,本研究在基础配方(以猪前夹肉即猪前腿肉总重 100% 为单位,肥瘦比 2:8、食盐 2.000%、辣椒粉 2.000%、酱油 1.300%、五香粉 1.300%、胡椒粉 0.325%、白糖 0.650%、白酒 0.325%、生姜 0.325%、味精 0.325%) 不变的情况下,分析川明参粉添加量(6%、8%、10%、12%、14%)、玉米淀粉添加量(0%、2%、4%、6%、8%) 和水的添加量(2%、4%、6%、8%、10%) 等关键因素对成品的影响。

1.4.3 响应面实验优化

根据单因素试验结果及 Box - Behnken 的中心组合设计原理,^[3] 选取有显著影响的川明参粉、水、玉米淀粉的添加量 3 个因素,并以感官监评员监评的综合评分为响应变量 Y,设计 3 因素 3 水平响应面表(见表 1)。

表 1 试验因素水平及编码

试验因素	编码	水 平		
		-1	0	1
川明参粉添加量/%	A	8	10	12
玉米淀粉添加量/%	B	4	6	8
水添加量/%	C	4	6	8

1.5 指标测定

1.5.1 质构检测

采用多面剖析法(TPA)对香肠进行质量评价,检测的指标包括硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性等。质构仪工作参数为:探头型号为 P50、力量感应元 250 N、最小感应力为 0.375 N、测试速度为

1.00 mm/s、回程速度为 1.00 mm/s、形变量为 50%、间隔时间为 5 s,每组样品进行 3 次重复,取平均值。^[10]

1.5.2 感官评定

本试验选 10 名专业感官评定从业人员对成品的色泽、滋味、风味、体态等 4 个方面进行评定,评定标准见表 2。^[6] 在评定时,样本由代码标注并按乱序重复 3 次取平均值,不同处理组间进行感官评定时用水漱口以保持评价的准确性。

表 2 川明参香肠的感官评价标准

指标	评 分 标 准	得 分
色泽	香肠呈红褐色,颜色鲜亮,油润有光泽	16~20
	香肠呈暗红色,颜色稍暗淡,油润略有光泽	10~15
	香肠呈黑褐色,色泽异常,光泽度较差	<10
滋味	川明参味浓郁,咀嚼感良好,口感细腻,香辣味适中,无异味	21~30
	川明参味一般,咀嚼感较好,口感较细腻,五香味较浓,咸味一般	10~20
	无川明参香味,口感较差,香辣味很刺鼻,咸味重	<10
风味	香气浓郁,具有川明参特有的风味,有猪肉的香味,气味协调,无异味	16~20
	香气一般,辣椒粉味浓,有猪肉的香味,气味较协调,稍有异味	10~15
	香气较差,无川明参的风味,猪肉腥味较重,有异味	<10
体态	香肠外观完整,肉丁不分离,肌肉纹理明显,肥瘦均匀,无杂质	21~30
	香肠外观较完整,肉丁可分离,肌肉纹理较明显,肥瘦较均匀	15~20
	香肠外观不完整,肉丁自然分离,肌肉纹理较不明显,肥瘦不均匀	<15

1.6 数据分析

数据采用 EXCEL 2010,IBM.SPSS 22.0 进行单因素方差分析^[11] 和 Turkey 检验分析,并利用 Design Expert 8.0.5 自带软件进行响应面数据分析处理。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 川明参粉添加量对产品质构和感官指标的影响

在添加玉米淀粉 6%、水 6% 的条件下,分别添加川明参粉 6%、8%、10%、12%、14% 制备香肠,筛选适宜的川明参粉添加量,结果见表 3。

表3 川明参粉添加量对产品质构和感官指标的影响

川明参粉添加量/%	硬度 /N	弹性 /mm	咀嚼性 /mJ	感官评分
6	28.85 ± 2.12 ^a	3.34 ± 0.91 ^d	51.45 ± 4.57 ^a	77.86 ± 1.03 ^e
	24.87 ± 3.05 ^b	4.80 ± 1.02 ^c	47.70 ± 1.91 ^b	81.78 ± 2.13 ^e
8	21.35 ± 1.32 ^c	5.42 ± 0.03 ^b	45.17 ± 3.72 ^b	89.27 ± 1.83 ^a
	20.49 ± 4.35 ^d	5.83 ± 0.67 ^b	37.88 ± 4.17 ^c	84.18 ± 2.23 ^b
10	16.93 ± 2.46 ^e	6.43 ± 0.35 ^a	32.32 ± 4.52 ^d	79.77 ± 1.37 ^d

注: 同列不同字母数值间差异显著 ($P < 0.05$)

从表3质构指标可知,随着川明参粉添加量的增加,产品的弹性呈增加趋势;硬度和咀嚼性都呈下降趋势。其中硬度以及咀嚼性的大小代表着香肠的软硬程度,通常硬度以及咀嚼程度越小越好,而弹性越大越好,且弹性为3个因素中主要参考因素。同时得出产品的感官评定分数呈现由低到高再回落的趋势。且当添加量为10%时,香肠的口感和猪肉纹理明显,川明参风味较好;而当添加量超过12%时,川明参药材味较重,产品可接受性差。感官是优选此实验因素主要的参考值,综合质构检测品质可确定川明参粉的添加量为8%~12%。

2.1.2 玉米淀粉添加量对产品质构和感官指标的影响

在添加川明参粉10%、水6%的条件下,分别添加玉米淀粉0%、2%、4%、6%、8%制备香肠,筛选适宜的玉米淀粉添加量,结果见表4。

表4 玉米淀粉添加量对产品质构和感官指标的影响

玉米淀粉添加量/%	硬度 /N	弹性 /mm	咀嚼性 /mJ	感官评分
0	25.85 ± 2.12 ^e	8.37 ± 1.13 ^e	91.45 ± 3.23 ^e	76.76 ± 0.93 ^d
	30.51 ± 2.12 ^d	11.80 ± 1.82 ^d	97.50 ± 1.38 ^d	77.17 ± 0.37 ^d
2	37.13 ± 2.23 ^b	15.42 ± 1.27 ^c	115.26 ± 1.22 ^c	83.15 ± 1.72 ^b
	40.21 ± 3.13 ^a	18.38 ± 0.33 ^a	127.75 ± 3.12 ^a	88.18 ± 1.13 ^a
6	34.23 ± 2.46 ^c	16.11 ± 1.12 ^b	120.24 ± 2.25 ^b	80.18 ± 1.31 ^c

注: 同列不同相同字母数值间差异显著 ($P < 0.05$)

从表4质构指标可知,当不断增加玉米淀粉的添加量时,其质构指标硬度和弹性值显著增加 ($P < 0.05$),但添加量为8%时弹性呈下降的趋势,因为香肠加热时淀粉糊化产生的胶体增加产品的硬度和弹性。^[12]当添加量为6%时,产品口感和组织结构较好,弹性值较高,感官评分最高,可接受性好。当玉米淀粉添加量为0%,产品的硬度、咀嚼性以及弹性都较小,2%玉米淀粉添加量与对照度的样品质构品质相差不大,且其弹性值较低,感官评分值与对照组相差不大。因此可确定淀粉的添加量为4%~8%。

2.1.3 水分的添加量对产品质构和感官指标的影响

在添加川明参粉10%、淀粉6%的条件下,分别添加水2%、4%、6%、8%、10%制备香肠,筛选适宜的水分添加量,结果见表5。

表5 水添加量对产品质构和感官指标的影响

水添加量/%	硬度 /N	弹性 /mm	咀嚼性 /mJ	感官评分
2	65.85 ± 2.12 ^a	28.37 ± 1.13 ^a	191.35 ± 2.23 ^a	77.96 ± 0.23 ^c
	55.51 ± 1.13 ^b	25.80 ± 1.82 ^b	176.45 ± 2.37 ^b	80.22 ± 1.01 ^b
4	46.31 ± 2.73 ^c	23.42 ± 1.27 ^c	168.17 ± 1.92 ^c	88.75 ± 0.82 ^a
	42.21 ± 3.13 ^d	21.85 ± 0.85 ^d	157.75 ± 2.21 ^d	78.18 ± 1.23 ^c
8	39.77 ± 2.46 ^e	20.21 ± 1.72 ^e	150.53 ± 3.15 ^e	74.13 ± 0.37 ^d

注: 同列不同字母数值间差异显著 ($P < 0.05$)

从表5质构指标可知,随着水分添加量的递增,质构指标硬度、咀嚼性值下降较快,而弹性下降趋势较缓慢。当添加量为6%时,香肠的感官综合评分最好,且此时的弹性值较好,硬度以及咀嚼性都较低,易于接受;而当添加量超过8%时,虽然硬度以及咀嚼性最低,但弹性最差,基本失去了香肠特有的弹嫩感,产品感官得分较低。可确定水的添加量为4%~8%。

2.2 响应面试验设计结果

在优选出最佳单因素的基础上,依据表1进行响应面实验设计。响应面的结果由感官监评的实际分值作为响应值Y,并由Design Expert 8.0.5自带软件对感官监评的结果进行预测得出预测值Y₁。具体的响应面结果如表6所示。响应面二次

回归方程模型的方差分析见表 7 所示。^[13]

表 6 Box - Behnken 设计矩阵响应数据结果

组别	编 码			响 应 值	
	A/%	B/%	C/%	软件预测值/ Y_1	感官评价得分/ Y
1	-1	-1	0	85.79	85.62
2	1	-1	0	70.65	71.19
3	-1	1	0	76.69	76.15
4	1	1	0	72.26	72.43
5	-1	0	-1	86.18	86.47
6	1	0	-1	72.27	71.85
7	-1	0	1	79.7	80.12
8	1	0	1	74.04	73.75
9	0	-1	-1	76.11	75.99
10	0	1	-1	72.07	72.32
11	0	-1	1	73.46	73.21
12	0	1	1	70.03	70.15
13	0	0	0	95.76	95.12
14	0	0	0	95.76	96.25
15	0	0	0	95.76	95.42
16	-1	-1	0	95.76	96.12
17	1	-1	0	95.76	95.87

表 7 响应面二次回归方程模型方差分析表

变异源	平方和	自由度	均方	F 值	Prob > F	显著性
Model	1740.60	9	193.40	607.73	<0.0001	***
A	191.49	1	191.49	601.74	<0.0001	***
B	27.98	1	27.98	87.91	<0.0001	***
C	11.04	1	11.04	34.71	0.0006	**
AB	28.68	1	28.68	90.11	<0.0001	***
AC	17.02	1	17.02	53.47	0.0002	**
BC	0.093	1	0.093	0.29	0.6055	
A ²	214.61	1	214.61	674.37	<0.0001	***
B ²	633.83	1	633.83	1991.72	<0.0001	***
C ²	470.35	1	470.35	1478.02	<0.0001	***
残差误差	2.23	7	0.32			
失拟项	11.32	3	0.44	1.94	0.2647	不显著
纯误差	0.91	4	0.23			
所有项	1742.83	16				

注: 确定系数 $R^2 = 0.9987$; 校正确定系数 $R^2_{Adj} = 0.9971$; 变异系数 $CV = 0.69\%$; *** 表示差异极显著 ($P < 0.01$); ** 表示差异显著 ($0.01 < P < 0.05$)

对表 6 试验数据进行二次多项回归拟合,^[6] 获得了产品感官实际综合感官评分 Y 对自变量川明参粉添加量 (A)、玉米淀粉添加量 (B) 和水添加量 (C) 的多元回归模型为:

$$Y = 95.76 - 4.89A - 1.87B - 1.17C + 2.68AB + 2.06AC + 0.15BC - 7.14A^2 - 12.27B^2 - 10.57C^2$$

从表 7 可知: 该模型具有高度显著性 ($P < 0.001$), 失拟项 P 值为 0.2647 ($P > 0.05$) 不显著, 校正确定系数 $R^2_{Adj} = 0.9971$ 表明回归方程与实际情况拟合良好; 本试验的变异系数 CV 值为 0.69%, 说明试验可靠性良好; F 值可以反映各因素对考察指标的影响重要性, 3 个因素对香肠感官品质影响的先后顺序为: $A > B > C$, 即川明参粉添加量 > 玉米淀粉添加量 > 水添加量, 且各因子系数均有意义, 试验的 3 个因素对感官评分皆显著, 对各因素综合评分的交互影响中, AB 、 AC 交互作用极显著, BC 交互作用不显著, 即在试验设定的水平范围内, 响应面对应值随因素取值增大而增大, 但当超过响应面极值后, 响应值随因素取值增大而减小。

2.3 验证试验

由回归模型可以预测, 当自变量 A 为 9.24%、自变量 B 为 5.76%、自变量 C 为 5.81% 时, 感官评价分数为最高 96.85 分。为方便实际操作对响应因素值进行修正, 自变量 A 为 9.2%、自变量 B 为 5.8%、自变量 C 为 5.8%, 经过 3 组平行试验, 感官评价分数为 (96.18 ± 0.35) 分, 与预测结果相对误差仅为 0.69%, 因此, 模型所得的最佳工艺条件参数可靠, 具有实际意义。^[14]

3 结论

在传统四川风味香肠的加工工艺基础上, 通过 Box - Behnken 响应面法优化川明参药膳香肠的最佳配方条件,^[15] 拟合出以川明参粉 (A)、玉米淀粉 (B) 和水 (C) 的添加量为自变量, 综合评分为因变量的回归模型及回归方程: $Y = 95.76 - 4.89A - 1.87B - 1.17C + 2.68AB + 2.06AC + 0.15BC - 7.14A^2 - 12.27B^2 - 10.57C^2$, 同时也验证了该模型的可靠性, 由模型得出川明参粉添加量为 9.2%、玉米淀粉添加量为 5.8%、水添加量 5.8%, 在此条件下香肠试验拟合度较好, 感官评价分数为 (96.18 ± 0.35) 分, 结果可为传统同类

产品工业化生产提供参数借鉴。^[16]

参考文献:

- [1] 陈玺廷. 大力发展药食两用作物——川明参[J]. 四川农业科技, 2009(1): 46-48.
- [2] 苏筱琳, 张梅, 雨田, 等. 川明参对小鼠 T 淋巴细胞增殖反应的影响[J]. 中药药理与临床, 2008(3): 78-79.
- [3] 王林, 李想, 罗文, 等. 利用 Box - Behnken 响应面法优化川明参药膳风味沙拉酱的配方工艺[J]. 中国调味品, 2014(10): 76-80.
- [4] 李帮经, 彭树林, 梁健, 等. 川明参须根中的化学成分[J]. 中草药, 2004(6): 616-618.
- [5] 王明安, 彭树林, 王明奎, 等. 川明参茎叶中的化学成分[J]. 高等学校化学学报, 2002, 23(8): 1539-1541.
- [6] 王林, 李想, 卢雪松. 响应面法优化川明参药膳鸡肉丸烹饪工艺的研究[J]. 食品工业, 2014(11): 167-171.
- [7] 王林, 马迪, 乔学彬, 等. 香辣鸡枞菌牛肉酱的研制[J]. 中国调味品, 2019(1): 129-131.
- [8] 唐长波, 李邦玉. 芡实保健香肠的研制[J]. 食品研究与开发, 2009(1): 60-62.
- [9] 陈宇航, 邵建雯, 岳凤丽, 等. 超细虾壳粉高钙肉肠加工工艺研究[J]. 食品工业, 2016(1): 67-71.
- [10] 黄智, 郭善广, 陈明造, 等. 添加蒜泥对广式腊肠品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018(10): 12-16.
- [11] 周瑞铮, 周惠健, 葛庆丰, 等. 添加白芝麻粉对中式香肠品质特性的影响[J]. 肉类研究, 2017(11): 26-31.
- [12] 栾金水. 肉质结构和变性淀粉[J]. 肉类研究, 2005(8): 35-37.
- [13] 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(3): 48-53.
- [14] 丁捷, 卢雪松, 何江红, 等. 四川糊辣壳加工工艺优化[J]. 食品工业科技, 2016(20): 274-279.
- [15] 何江红, 丁捷, 黄益前, 等. 响应面法优化速冻青稞鱼面鱼糜加工工艺[J]. 美食研究, 2017(4): 42-47.
- [16] 许莲, 戴阳军. 响应面法优化鱼香茄子酱加工工艺[J]. 美食研究, 2018(4): 26-30.

Optimizing processing technology of Chuanminshen sausage with response surface methodology

XIONG Changding¹, WANG Lin²

(1. Life Science and Technology College of Lingnan Normal University, Zhanjiang, Guangdong 524048, China;

2. College of Cuisine, Sichuan Tourism University, Chengdu, Sichuan 610100, China)

Abstract: Based on the processing technology of traditional Sichuan-style sausage, taking amount of Chuanmingshen powder, starch and water as the variables and the texture and sensory scores of the sausage as the response values, the response surface methodology with the Box-Behnken design was used to optimize the processing conditions for Chuanmingsheng sausage. The results showed that the combination of 9.2% of Chuanmingshens, 5.8% of starch, and 5.8% of water with a fixed basic formula gave the product the highest sensory score of 96.18.

Key words: Chuanmingshen; response surface methodology; sausage; ingredients; food processing

(责任编辑: 赵 勇)