

响应面法优化板栗鸡的工艺参数

李 琴, 许小波, 向 丹, 林 伟, 连军强

(成都希望食品有限公司, 四川新津 611430)

摘 要:以鸡肉、板栗为主要原料, 色泽、香气、滋味、质地为感官考核指标, 通过响应面分析对比鸡肉煮制时间、勾芡汁中淀粉含量、炒香辛料的温度对工业化生产板栗鸡口感的影响, 确定工业化板栗鸡最优炒制参数。结果表明: 鸡肉煮制时间 5 min、勾芡汁淀粉含量 17.4 g/500 g 鸡肉、炒香辛料的温度 161 °C 是工业化自动炒制板栗鸡的最佳工艺参数, 感官评分最高。

关键词:板栗鸡; 工业化; 响应面; 感官评价

中图分类号: TS251.6

文献标识码: A

文章编号: 1674-506X(2020)03-0046-0007

Optimization of Process Parameters of Chestnut Chicken by Response Surface Methodology

LI Qin, XU Xiao-bo, XIANG Dan, LIN Wei, LIAN Jun-qiang

(Chengdu Xiwang Co., Ltd., Xinjin Sichuan 611430, China)

Abstract: Using chicken, Chinese chestnut as research raw material. Color, aroma, taste and texture were used as sensory evaluation indicators. Response surface analysis was used to analyze the effect of cooking time of chicken, stir-frying temperature of spices and starch content in water on the taste of Chinese chestnut-chicken. The results show that, cooking time of chicken is 5 min, stir-frying temperature of spices is 161 °C and starch content in water is 17.4 g/500 g chicken was the best process parameter of industrialization of Chinese chestnut-chicken, and this group of parameters had the highest sensory evaluation indicator.

Key words: chestnut chicken; industrialization; response surface; sensory evaluation

doi: 10.3969/j.issn.1674-506X.2020.03-008

鸡肉是人类肉食的非常重要组成部分, 具有高蛋白、低脂肪、低胆固醇的特点。鸡肉能提供人体所需的各种必需氨基酸、脂肪酸和无机盐, 它是人们膳食结构中脂肪和磷脂的重要来源^[1]。板栗在我国有两千多年的食用历史, 板栗果实富含淀粉、蛋白质、无机盐和多种维生素。中国传统医学认为, 板栗有补肾健脾、强身健体、益胃平肝等功效^[2]。板栗鸡是川菜传统菜式。板栗鸡色泽自然明亮、口感鲜美、

香味醇厚、营养丰富, 非常适合各类人群食用。

中式菜肴烹饪过程通常都比较复杂, 从古至今火候在烹调中都占有重要地位。火候都是靠烹调者自己的经验掌控, 普通人难以控制烹饪过程中的火候。川菜的风味特点是菜式的调味多变、菜品特色多样, 不单单以“麻辣”为大家熟知, 从而形成了独具四川特色风味饮食的“一菜一格、百菜百味”^[3]。所以, 目前传统菜肴工业化产品没有统一的标准,

收稿日期: 2020-03-12

作者简介: 李琴(1983-), 女, 硕士研究生, 工程师。研究方向: 肉制品精深加工。

不同的生产企业若只是加工方式不同,即使是同一家企业,若是无法按照相同的标准进行生产,同一个产品质量也会有所不同^[4]。

本文在川式菜肴板栗鸡传统工艺的基础上,为实现现代化加工工艺,使用全自动化机械炒菜机进行烹饪,研究煮制时间、炒制香辛料的温度、酱油添加量、勾芡汁中淀粉添加量4个因素对板栗鸡口感的影响,以色泽、香味、滋味和质地为感官评价指标,通过单因素试验和响应面优化试验得出全自动化机械炒菜机现代加工技术烹饪板栗鸡的最佳烹饪参数,以量化标准使得板栗鸡的品质能够得到稳定的保障,为标准化生产打下基础。

1 材料与设备

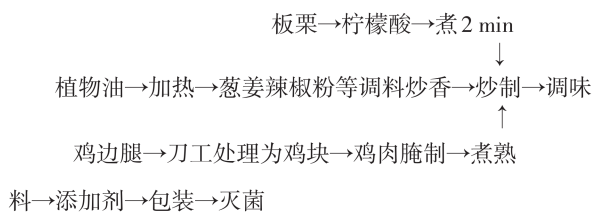
1.1 试验材料

鸡边腿、鲜板栗、大葱、姜、郫县豆瓣、料酒、生抽、白糖、花椒粉、辣椒粉、谷氨酸钠、柠檬酸、鸡肉膏、酵母抽提物,市售。

1.2 仪器与设备

DZ500/2SB II 真空包装机,浙江葆春包装机械有限公司;ESJ200-4A 电子天平,沈阳龙腾电子有限公司;BMJ-250C 恒温培养箱,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;RC-CCJ700 自动炒菜机,东莞市麦席森电子有限公司;TMS-PRO 质构仪,美国FTC公司;SW-CJ-2F 洁净工作台,苏州安泰空气技术有限公司。

1.3 工艺流程



2 试验设计

2.1 单因素试验

2.1.1 炒制调味料温度对板栗鸡品质的影响

按照2.3的试验工艺流程,炒香辛料温度选取140℃、150℃、160℃、170℃、180℃,鸡肉煮制时间为5 min,酱油添加量为6 g/500 g 鸡肉,勾芡汁中淀粉含量为15 g/500 g 鸡肉,对最终所得产品进行感官评价。

2.1.2 鸡块煮制时间对板栗鸡品质的影响。

按照2.3的试验工艺流程,炒香辛料的温度为

170℃,鸡肉煮制时间选取3 min、4 min、5 min、6 min、7 min,酱油添加量为6 g/500 g 鸡肉、勾芡汁中淀粉含量为15 g/500 g 鸡肉,对最终所得产品进行感官评价。

2.1.3 酱油添加量对板栗鸡的品质影响

按照2.3的试验工艺流程,炒香辛料的温度为170℃,鸡肉煮制时间为5 min,酱油的添加量选取4 g、5 g、6 g、7 g、8 g/500 g 鸡肉,勾芡汁中淀粉含量为15 g/500 g 鸡肉,对最终所得产品进行感官评价。

2.1.4 勾芡汁中淀粉添加量对板栗鸡品质的影响

按照2.3的试验流程,炒香辛料的温度为170℃,鸡肉煮制时间为5 min,酱油的添加量为6 g/500 g 鸡肉,勾芡汁中的淀粉含量选取11 g、13 g、15 g、17 g、19 g/500 g 鸡肉,对最终所得产品进行感官评价。

2.2 响应面优化试验

在单因素试验的基础上,进行进一步的响应面优化试验,以感官评价得分为响应值,设计三因素三水平响应面分析试验。试验因素水平如表1所示。

表1 响应面因素与水平

Tab.1 Factors and levels

因 素	水平		
	-1	0	1
A 煮制时间/min	4	5	6
B 炒料的温度/℃	150	160	170
C 淀粉含量/g/500 g 鸡肉	15	17	19

2.3 感官评价方法

感官评价是通过视觉、嗅觉、触觉、味觉和听觉所引起用于唤起、测量、分析和解释产品的一种科学方法^[5]。本试验邀请10名有过相关食品感官评定经验的评定人员进行感官评价打分,取其平均值作为评分结果。

2.4 验证试验

按照响应面优化后的最佳工艺参数进行三次水平实验,使用感官评定的方法与模型预测值作对比,验证响应面模型的准确性。

2.5 质构仪测定方法

测定参数的设置

TPA 参数指标:半径18 mm 的圆柱型探头;最大

表2 感官评分标准
Tab.2 Sensory scoring criteria

感官	标准	得分
色泽(20分)	色泽均匀,鸡肉棕红,板栗金黄	20-15
	色泽均匀,鸡肉和板栗颜色较深或较浅	15-10
	色泽不均匀,鸡肉和板栗颜色严重偏浅或严重偏深	10-5
香味(20分)	无异味,有浓郁的板栗鸡香味	20-15
	无异味,有一定的板栗鸡香味	15-10
	有异味,板栗鸡香味很淡或无任何香味	10-5
滋味(30分)	味道柔和鲜美	30-20
	味道不够柔和鲜美	20-10
	无任何突出味道	10-0
质地(30分)	鸡肉嫩滑,板栗软糯	30-20
	肉质嫩滑,板栗软糯感不突出	20-10
	鸡肉老韧,板栗硬脆	10-0

力量感应量程:400 N;最小起始力:5 N;鸡肉形变百分率:50%;板栗形变百分率:50%;测试后速回程高度:15 mm;测试速度:60 mm/min^[6]。

2.6 数据处理

每组试验重复检测3次,使用SPSS 24.0和Excel软件对试验数据进行方差、单因素显著性和Duncan处理分析。

3 结果与分析

3.1 单因素实验结果

3.1.1 炒香辛料的温度对板栗鸡成品的品质影响

由图1炒香料的温度对感官评分的影响可知,随着炒香辛料的温度增加,板栗鸡的感官评分先上升,后降低,在170℃时评分达到最高,为83.7分。

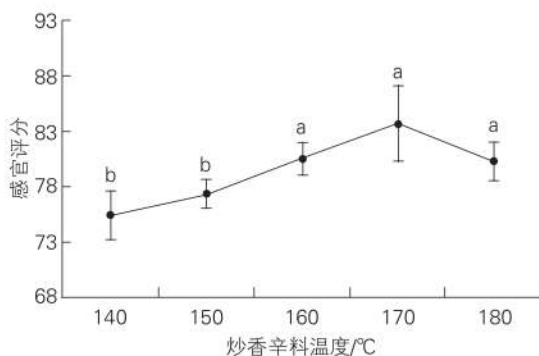


图1 炒香料的温度对感官评分的影响

Fig.1 Effect of temperature of fried spices on sensory score

当炒料温度在140–150℃时,无麻辣味溢出且颜色变化较浅;炒料温度为180℃时,容易结成团造成少量糊锅;在160–180℃时,板栗鸡的感官评分差异不显著($P > 0.05$)。所以响应面优化分析的炒香辛料温度设为160℃、170℃、180℃。

3.1.2 鸡肉煮制时间对板栗鸡成品的品质影响

从图2鸡肉煮制时间对感官评分的影响可知,鸡肉煮制时间为5 min时,感官评分最高,因为在加热5 min后,鸡肉自身的腥味被全部去除,盐味被鸡肉吸收进去,品质最好;煮制时间4–6 min的板栗鸡感官评价指标差异不显著($P > 0.05$),煮制时间过短,鸡肉腥味没去除干净且盐味没完全进入鸡肉,鸡肉自身香味物质没出来,色泽较浅,后期难以入味;煮制时间太长则会使鸡肉老韧,影响鸡肉品

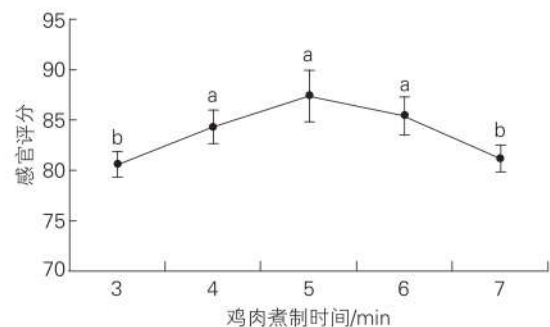


图2 鸡肉煮制时间对感官评分的影响

Fig.2 Effect of chicken cooking time on sensory score

质。所以响应面优化分析选用鸡肉煮制时间为4 min、5 min、6 min。

3.1.3 酱油添加量对板栗鸡成品的品质影响

酱油在煮制板栗鸡中的主要作用是增鲜添色,增加咸味。从图3酱油添加量对感官评分的影响可知,感官评分随着酱油添加量的增加,先上升,后降低;当酱油添加量为6 g/500 g鸡肉时,感官评分达到最高值88.3,且差异显著($P < 0.05$)。酱油在添加量为4~5 g时,鲜味和色泽都不足;当添加量为7~8 g时,色泽较深,咸味重,因此板栗鸡煮制中酱油的最适添加量为6 g/500 g鸡肉,因此不再对板栗鸡的酱油添加量进一步优化。

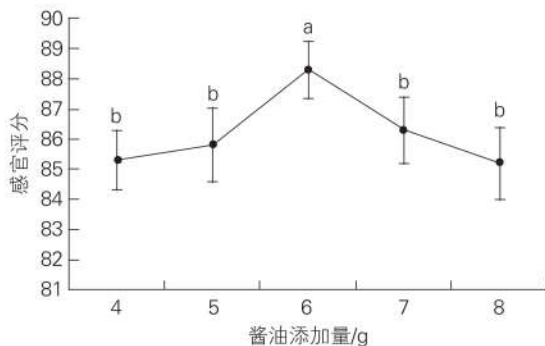


图3 酱油添加量对感官评分的影响

Fig.3 Effect of soy sauce addition on sensory score

3.1.4 勾芡汁中淀粉含量对板栗鸡成品的品质影响

勾芡的作用是让鸡肉润滑,与板栗软糯的品质相结合,形成特殊的口感。从图4勾芡汁中淀粉含量对感官评分的影响可知,板栗鸡的感官评分随着勾芡汁中淀粉含量的增加,先上升后下降;在淀粉含量为15 g/500 g鸡肉时感官评分最高值93.3;在淀

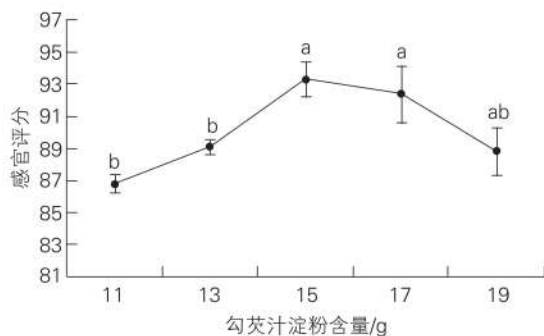


图4 勾芡汁中淀粉含量对感官评分的影响

Fig.4 Effect of starch content in goose juice on sensory score

粉含量为17 g/500 g鸡肉时,感官评分为92.4,两组差异不显著($P > 0.05$);当淀粉含量为11 g、13 g、15 g/500 g鸡肉时,各组的感官评价差异也不显著($P > 0.05$)。因此选用淀粉含量为15 g、17 g、19 g/500 g鸡肉作响应面优化分析。

3.2 响应面设计试验结果与分析

3.2.1 模型的建立与分析

利用Design-Expert 8.0.6软件的Box-Behnken设计三因素三水平共17组试验,以鸡肉的煮制时间(A)、炒制香辛料的温度(B)、勾芡汁中淀粉含量为相应变量(C),感官评分为响应值(R_1),进行响应面试验,结果如表3所示。对表3试验数据进行多元回归拟合,得到感官评分对鸡肉的煮制时间(A)、炒制香辛料的温度(B)、勾芡汁中淀粉含量(C)的二次多项回归方程模型:

$$R_1 = 91.60 + 0.38A + 0.13B + 0.25C + 0.5AB - 0.75AC - 1.75BC - 12.8A^2 - 5.30B^2 - 5.55C^2$$

由表4回归方程模型方差分析表可知,回归方程模型极显著($P < 0.01$),表明模型达到了极显著水

表3 响应面分析方案及试验结果

Tab.3 Response surface analysis scheme and test results

试验号	A 鸡肉煮制 时间/min	B 炒香辛料 的温度/℃	C 芡汁中淀粉 含量/g	感官评分
1	0	0	0	83
2	0	1	1	72
3	0	1	-1	74
4	0	-1	-1	72
5	0	0	0	90
6	0	0	0	80
7	0	-1	1	91
8	0	0	0	92
9	1	-1	0	78
10	1	1	0	93
11	-1	1	0	76
12	-1	0	1	82
13	1	0	1	72
14	1	0	-1	73
15	-1	0	-1	72
16	-1	-1	0	92
17	0	0	0	76

表4 回归方程方差分析
Tab.4 Analysis of variance of regression equation

差异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	1 039.79	9	155.53	33.08	<0.000 1	显著
A	1.12	1	1.12	0.32	0.588 1	
B	0.12	1	0.12	0.036	0.855 3	
C	0.50	1	0.50	0.14	0.716 4	
AB	1.00	1	1.00	0.29	0.609 2	
AC	2.25	1	2.25	0.64	0.448 6	
BC	12.25	1	12.25	3.51	0.103 3	
A ²	689.85	1	689.85	197.50	<0.000 1	**
B ²	118.27	1	118.27	33.86	0.000 7	**
C ²	129.69	1	129.69	37.13	0.000 5	**
残差	24.45	7	3.49			
失拟项	19.25	3	6.42	4.94	0.078 5	不显著
误差	5.20	4	1.30			
总和	1 064.24	16				

$R^2 = 0.9770$ $A_{\text{adj}} - R^2 = 0.9475$

平, $P = 0.0785$; $R^2 = 0.9770$, 预测值与实际值之间有良好的相关性, $R^2_{\text{Adj}} = 0.9475$, 说明该模型能解释 94.75% 的响应值变化, 所以全自动炒制板栗鸡的响应面回归曲线模型拟合度高, 可以用于全自动炒制板栗鸡参数因子响应值的预测。

由回归方程和方差分析可知, 一次项各因素对板栗鸡感官评分的影响顺序为鸡肉煮制时间(A) > 勾芡汁中的淀粉含量(C) > 炒香料的温度(B)。模型中 A²、B²、C² 对板栗鸡的感官评分的影响均极显著 ($P < 0.01$), 说明板栗鸡的感官评分变化较为复杂^[7], 其他影响不显著。

3.2.2 响应面优化

响应面图是响应值对应各因素鸡肉煮制时间(A)、炒香辛料的温度(B)、勾芡汁中淀粉含量(C)所成的三维空间曲面, 可比较直观反映各种因素的交互作用。从响应面图可以较清楚的分析出两个自变量对响应值的影响, 而且还可以分析出响应值对不同自变量变化的敏感程度。在响应面图中, 曲面越陡峭, 则该因素对响应值的影响越显著^[7]。二维等高线图能够较直观地反映出各个因素交互作用对响应值的影响。二维等高线图上的椭圆形表示两因素的交互作用显著, 而圆形则表示两个因

素的交互作用不显著^[8]。

图5中三维图表示勾芡汁中淀粉含量和鸡肉煮制时间对板栗鸡感官评分的影响。因为交互响应面图, 曲面比较陡峭, 所以它们两个因素对板栗鸡感官评分的影响都是非常显著的。但是从等高线图来看, 鸡肉煮制时间和勾芡汁中淀粉含量的交互作用不显著, 因为等高线图接近圆形。图6表示炒香辛料的温度和鸡肉煮制时间对板栗鸡感官评分的影响和他们之间的交互作用。从绘制出的三维图中可以看出, 炒料温度和鸡肉煮制时间对感官评分影响显著, 因为交互响应面图的曲面陡峭, 而他们的交互作用却比较轻微, 等高线图接近圆形。图7中勾芡汁中淀粉含量和炒香辛料的温度对板栗鸡的感官评定影响显著, 勾芡汁中淀粉含量和炒香辛料的温度交互作用较显著, 具体表现是等高线图呈椭圆状。所以可以得出鸡肉煮制时间(A)、炒香辛料的温度(B)、勾芡汁中淀粉含量(C)对板栗鸡感官评定的影响都是显著的, 勾芡汁中淀粉含量和炒香辛料的温度两个因素的交互作用明显。

通过 Box-Behnken 响应面分析全自动机械炒菜机炒制板栗鸡的回归曲线模型, 得出的全自动机械

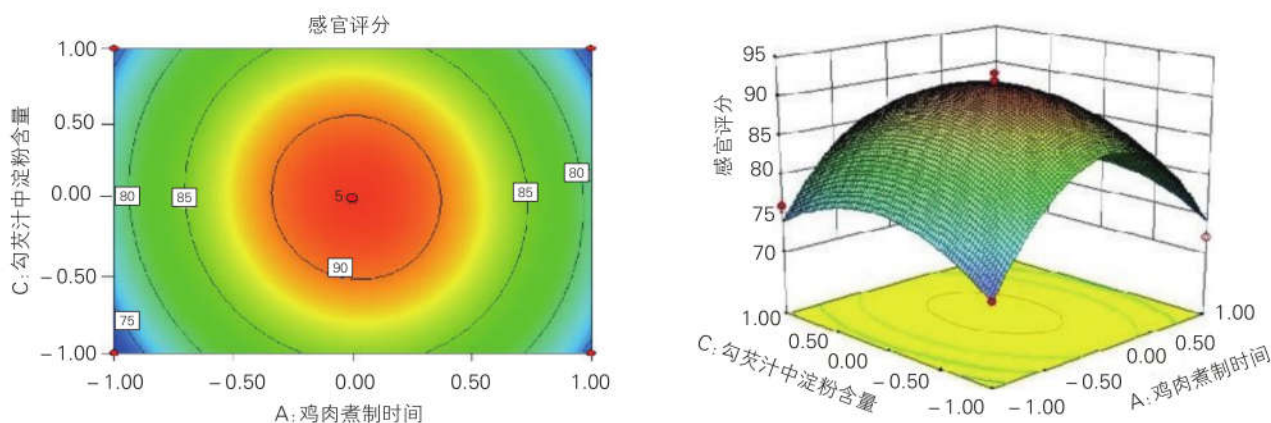


图5 勾芡汁中淀粉含量和鸡肉煮制时间的交互项响应面图及等高线图

Fig.5 Response surface plots and contour plots of the interactive terms of starch content in thickened juice and chicken cooking time

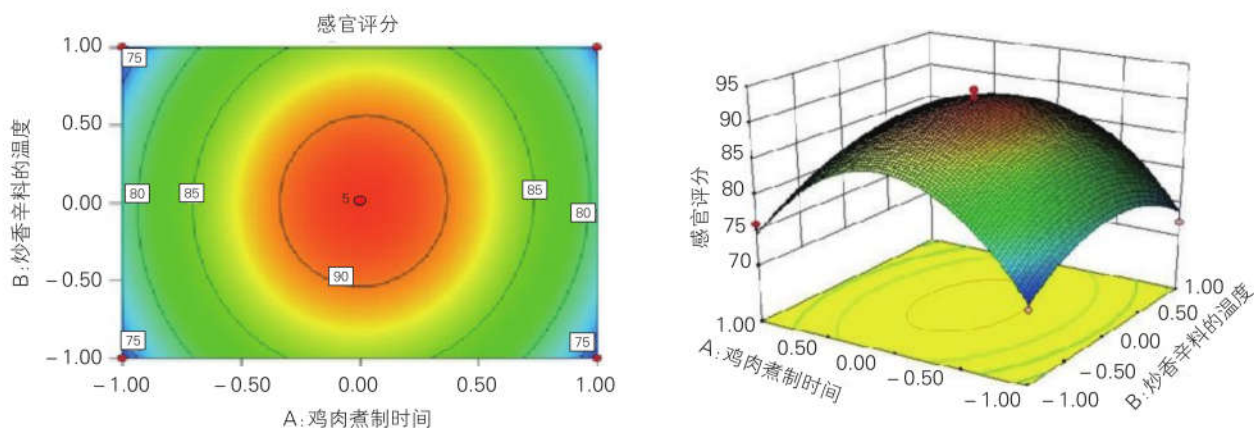


图6 炒香辛料的温度和鸡肉煮制时间的交互项响应面图及等高线图

Fig.6 Response surface plot and contour plot of the interactive term of the temperature of fried spices and chicken cooking time

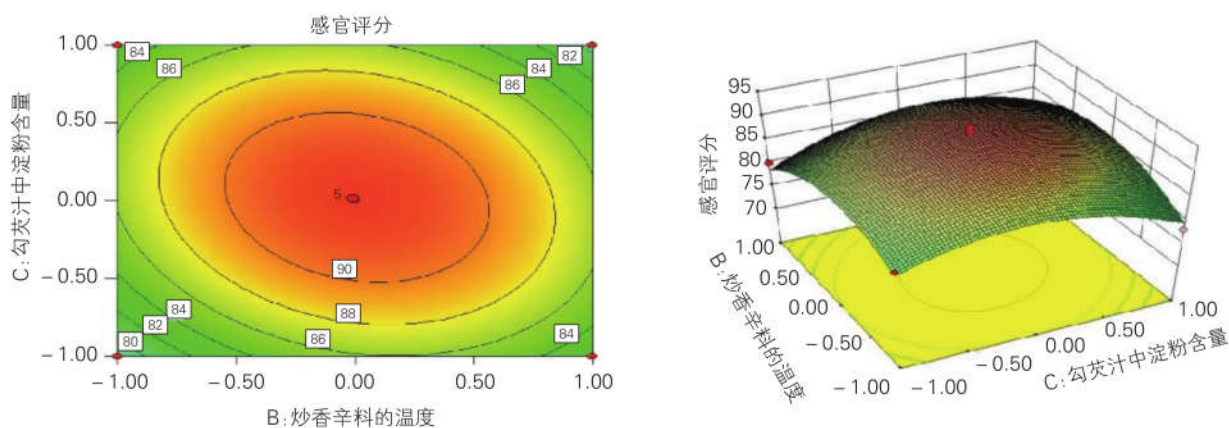


图7 炒香辛料的温度和勾芡汁中淀粉含量交互项响应面图及等高线图

Fig.7 Response surface plots and contour plots of interaction terms of temperature and starch content in thickened juice of fried spices

炒菜机炒制板栗鸡的最佳工艺参数:鸡肉煮制时间为5.01 min、炒香辛料的温度为161 ℃,勾芡汁中的淀粉含量为17.4 g/500 g 鸡肉,预测的感官评分是

91.62。根据实际调整最佳工艺参数为,鸡肉煮制时间5 min、炒香辛料的温度为161 ℃、勾芡汁中淀粉含量是17.4 g/500 g 鸡肉。

表5 质构特性结果
Tab.5 Results of texture characteristics

样品	硬度/N	咀嚼性/MJ	内聚性/Rito	弹性/Mm	粘附性/N
优质成品鸡肉	5.37	0.92	0.33	0.39	0.0185
炒制成品鸡肉	4.15	1.31	0.37	0.84	0.0433
优质成品板栗	4.72	4.01	0.68	1.20	0.0295
炒制成品板栗	11.64	5.53	0.57	0.81	0.0125

3.3 回归模型验证

3.3.1 验证实验

为了验证模型预测的可靠,在调整的最佳工艺条件下进行验证试验,并重复3次,得到的感官评价平均值为89.5,与预测值91.62分之间差异不显著,说明该模型可以用于试验结果的预测,证实了该模型的有效性。

3.3.2 质构仪测定

用TMS-PRO质构仪测定外购优质川菜馆成品与自动炒菜机炒制的成品的质构特性进行对比,得出结果如表5所示。

从表5中可知,与自动炒菜机炒制的板栗鸡中的鸡肉相比,购买成品板栗鸡的鸡肉的咀嚼性、内聚性、弹性、粘附性都小,而炒制成品的板栗硬度远大于购买成品的板栗,此外,炒制成品板栗的咀嚼性要高于购买成品板栗。这是由于目标产品是保质期为3个月以上的方便川菜食品,必须在货架期内保持其特性和滋味,而购买的成品是即食产品,所以鸡肉的各项指标都要低于炒制的成品。综上,响应面优化试验参数相对合理,可作后续研究的基础数据。从表5中可知,自动炒菜机炒制的川味板栗鸡成品的质构特性与川菜饭馆中手工制作的成品差异较小,所以,响应面试验优化得出的自动化炒菜机炒制参数相对合理,可作后续研究的基础数据。

4 结论

本文以川式板栗鸡为研究对象,通过单因素试

验和响应面优化试验,设计优化板栗鸡的工艺参数,确定了鸡肉煮制时间5 min、勾芡汁中淀粉含量17.4 g/500 g鸡肉、炒香辛料的温度161℃是工业化炒菜机炒制板栗鸡的最佳工艺参数。该工艺参数制得的板栗鸡产品口感鲜美、质地润滑、营养丰富,感官评分较高,可以利用该最佳参数为工业化生产方便川菜产品板栗鸡提供数据支持。

参考文献

- [1] 赵宇鹏,卜坚珍,于立梅,等.鸡肉的营养成分和质构特性研究[J].食品安全质量检测学报,2016,10(7):4096-4100.
- [2] 高荣海,阮树安,李冬生,等.栗子的营养药用价值及加工制品的研究进展[J].北方园艺,2008,12:184-186.
- [3] 何星,张艳萍,何攀.旅游发展背景下传统川菜饮食文化资源开发现状研究[J].阿坝师范学院学报,2018,35(3):89-93.
- [4] 胡茂岑,吴华昌,王卫,等.烹饪菜肴工业化加工现状及其安全性控制分析[J].中国调味品,2019,44(12):176-180.
- [5] 李莉,张赛,何强,等.响应面法在试验设计与优化中的应用[J].实验室研究与探索,2015,34(8):41-45.
- [6] 邓楷,黄静,罗丹,等.回锅肉工业化生产参数优化研究[J].中国调味品,2019,44(10):63-67,72.
- [7] 李珈琪.响应面法优化沙棘枸杞复合运动饮料配方[J].食品安全质量检测学报,2019,10(7):1994-2000.
- [8] 曹舒,何利,刘付玉,等.响应面法优化柠檬芦荟果肉果冻配方的研究[J].安徽农业科学,2019,47(3):133-136,153.

欢迎订阅《食品与发酵科技》 邮发代号:62-247