

五香油鸽的炸制工艺优化

邓梦琦, 陈志奇, 冯雨, 玛合巴勒·库望努西, 巴吐尔·阿不力克木

(新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

摘要: 为了优化五香油鸽的炸制工艺参数, 本研究以新疆本地塔里木鸽为实验材料, 将油炸时间、油炸温度、油焖时间为影响因素, 以炸制后五香油鸽的出品率、油脂含量及感官评价为考察指标, 在单因素试验基础上筛选出较适宜的油炸条件与油焖时间, 进一步采用 Box-Behnken 试验设计构建多项式回归方程模型, 通过响应面分析确定五香油鸽的最佳炸制工艺参数。研究表明油炸时间为 28.68 s、油炸温度为 153.24 °C、油焖时间为 35 min 时模型预测出品率为 73.93%、油脂含量为 4.40%及感官评分为 9.37, 而实际出品率为 74.28%、油脂含量为 3.62%及感官评分为 9.54, 与预测结果的相对偏差仅为 1.81%、2.84%及 1.86%。此条件下, 炸制出的五香油鸽口感与品质最佳, 平衡了产品出品率与营养品质之间的关系。如何将五香油鸽的制作工艺更好地应用到鸽肉产品工业化生产中, 是今后所研究解决的重点问题。

关键词: 五香油鸽; 响应面; 炸制; 工艺优化

文章编号: 1673-9078(2020)08-225-233

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.8.0064

Optimization of the Frying Process for Five-Spice Oil Pigeon

DENG Meng-qi, CHEN Zhi-qi, FENG Yu, MAHEBALE Kuwangnuxi, BATUER Abulikemu

(College of Food Science and Pharmacy Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: In order to optimize the frying process parameters of five-spice oil pigeons, this study used the local Tarim pigeons of Xinjiang as the experimental materials, frying time, frying temperature and oil braising time as the influencing variables, and the yield, oil content and sensory quality of the resulting fried pigeons as the evaluation indices. Based on the results of the single-factor experiments, the most suitable frying conditions and oil braising time were determined. Box-Behnken experiment design was further used to construct a polynomial regression equation model, and response surface analysis was used to determine the optimal frying process parameters for the preparation of five-spice oil pigeons. The results showed that when the frying time was 28.68 s, frying temperature was 153.26 °C, and oil braising time was 35 min, the predicted yield was 73.93%, oil content was 4.40%, and sensory score was 9.37. The actual yield was 74.28%, oil content was 3.62%, and sensory score was 9.54, which led to corresponding relative deviations, 1.81%, 2.84%, and 1.86%, respectively, from the predicted results. Under these conditions, the fried pigeon had the best mouthfeel and quality, with a good balance between the product yield and nutritional quality. How to apply the production technology of five-spice oil pigeons to the industrial production of pigeon meat products is a key issue to be solved in the future.

Key words: five-spice oil pigeon; response surface; frying; process optimization

引文格式:

邓梦琦, 陈志奇, 冯雨, 等. 五香油鸽的炸制工艺优化[J]. 现代食品科技, 2020, 36(8): 225-233

DENG Meng-qi, CHEN Zhi-qi, FENG Yu, et al. Optimization of the frying process for five-spice oil pigeon [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(8): 225-233

肉鸽又名乳鸽, 是指 4 周龄内以食用为目的的幼鸽。鸽肉是高蛋白、低脂肪的理想食品, 营养保健价值较高, 素有“一鸽胜九鸡”之美称, 既是名贵美味佳肴, 又是高级滋补佳品。我国肉鸽养殖业虽然起步较

收稿日期: 2020-01-16

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目 (31260381)

作者简介: 邓梦琦 (1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 畜产品加工

通讯作者: 巴吐尔·阿不力克木 (1968-), 男, 教授, 研究方向: 肉品加工与质量控制

晚, 但发展速度很快, 尤其是近几年在贫困地区精准扶贫工作中, 已成为养禽业中的“热门”, 发展空间较大。但商品鸽的后续处理依旧是活鸽销售为主, 加上销售渠道不畅通, 经济效益不高, 利润低, 直接影响产业化发展。反而, 在国内市场对肉鸽需求量也不断增长, 如上海、珠三角、海南等地对乳鸽的需求量每年高达上亿只, 国内其他城市每年食用乳鸽超过 200 万羽以上^[1]。再长远考虑, 在市场上的肉鸽精深加工制品较少, 主要有鸽肉汤^[2]、鸽肉酱罐头^[3]和烤乳鸽

[4]等, 黄桂颖等研究了菊芋鸽子汤的加工工艺及成分分析, 从菊芋鸽子汤中分离了 70 种挥发性组分, 包括醛类物质 24 种、酮类 10 种、醇类 11 种、烃类 11 种、酸类 9 种、酯类 4 种、呋喃 1 种。其中, 菊芋和鸽肉的特征风味化合物共同构建了炖制菊芋鸽子汤的风味。但关于油炸鸽的工艺优化及成分分析的报道寥寥无几。

油炸是一种传统的肉品烹饪方式, 即将原料肉放在高温油锅中, 使其加热快速成熟的过程。在油炸过程中, 可以杀灭肉品中的微生物, 延长其货架期, 同时可以改善风味, 产生令人愉悦的色泽、气味和口感^[5,6]。对于确定的油料比、原料种类和形状, 油炸温度和时间则是影响产品质量的关键^[7]。油炸鸽是将整只鸽子放入热油中, 炸制深红色, 外脆里嫩, 有气血双补、补虚养身、益智补脑之功效。俗话说“千滚不如一焖”, 用文火焖制成熟, 保持了鸽体完整, 外酥里嫩, 且肉质软烂不腻。油炸食品主要分为果蔬制品、面制品以及肉制品, 常见的有薯片、方便面和炸鸡等^[8]。如鸡肉, 随油炸温度上升其剪切力呈先升高后降低的趋势, 鸡肉硬度随油炸时间延长明显增加, 水分含量减少^[9,10]。对于挂糊里脊肉的油炸工艺, 第一次油炸条件为油温 180 ℃、时间为 110 s, 第二次油炸温度为 195 ℃, 时间 115 s。在此条件下制作出的里脊肉颜色均匀金黄、香气浓郁、外皮酥焦、软硬适中^[11]。

响应面法 (response surface methodology, RSM) 是采用多元二次回归方程拟合各因素与响应值之间的函数关系, 通过对回归方程的分析来寻求最优工艺参数, 解决多变量问题的一种统计方法。在食品、医药、生物工程、天然产物提取等领域已广泛应用。本试验以新疆本地塔里木鸽为试验材料, 在单因素试验的基础上, 采用响应面优化法对五香油鸽的炸制工艺进行优化, 确定最佳工艺参数, 以出品率、油脂含量及感官评分为评价指标, 初步考察产品质量, 为鸽肉的精深加工提供理论依据及技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用在相同饲养条件下, 生长发育日龄为 28 d 的肉鸽, 宰后白条鸽胴体重为 250 g~350 g/只, 由新疆石河子长生鸟鸽业养殖场提供。

食盐、五香粉、料酒、植物油等, 市售食品级, 购于乌鲁木齐市青河路永盛生活超市。

1.2 仪器与设备

FSZF-06A 脂肪测定仪, 浙江托普仪器有限公司; SH-2A 可调高速匀浆机, 常州天瑞仪器有限公司; JA2003 电子天平, 上海浦春计量仪器有限公司; DHG-9123A 电热鼓风干燥箱, 上海一恒科技有限公司; 美的 fk2101 可控温式电磁炉, 广东美的生活电器制造有限公司; 82 电热双缸电炸锅, 广州翔马商用电器自营店; LE204E/02 电子天平, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司。

1.3 方法

1.3.1 五香油鸽的制作

活鸽→宰杀预处理→白条鸽→腌制 (湿腌法, 4 ℃腌制 6 h)→油炸定型→油焖→成品^[12]

预处理: 将活鸽去除表皮绒毛、头、尾、两脚及内脏, 清水冲洗腹腔内部及外部杂质和血渍, 沥水, 称重。

腌制: 采用湿腌法, 分别将食盐 5%、料酒 3%、五香粉 4%加水混匀溶解, 大火煮沸后小火熬煮 5 min, 待腌制液冷却至室温放入鸽肉, 腌制液与鸽体重量比为 1.5:1, 压上适当重物, 使鸽体完全浸入, 并在 4 ℃下腌制 6 h, 清洗残留的调料, 沥干。

油炸: 按照试验设计的油炸温度与油炸时间对鸽肉进行炸制, 油量以完全浸没鸽体为准。

油焖: 减小电炸锅火力, 油温下降至 85 ℃左右, 盖上锅盖, 按照试验设计的油焖时间将鸽肉焖制成熟。

1.3.2 单因素试验设计

对腌制处理后的鸽肉, 分别设计油炸温度为 140 ℃、150 ℃、160 ℃、170 ℃及 180 ℃, 油炸时间为 20、30、40、50、60 s, 油焖时间为 20、25、30、35、40 min 的单因素试验进行炸制熟化, 并冷却后进行相关指标的测定。当考察其中一个参数时, 其余参数分别为: 油炸温度 160 ℃、油炸时间为 40 s、油焖时间为 30 min。

1.3.3 响应面优化分析试验设计

表 1 响应面试验设计与水平

Table 1 Response surface test design and level

水平	因素		
	A: 油炸时间/s	B: 油炸温度/℃	C: 油焖时间/min
-1	20	150	25
0	30	160	30
1	40	170	35

在前期单因素试验的基础上, 取的油炸时间 (A)、油炸温度 (B)、油焖时间 (C) 三个因素为自变量, 选出品率 (R_1)、油脂含量 (R_2) 及感官评分 (R_3) 为响应值, 使用 Box-Behnken 设计 3 因素 3 水平的响

应面试验,考察油炸时间、油炸温度及油焖时间对五香油鸽出品率、油脂含量和感官指标的影响,确定最佳工艺参数,响应面优化试验设计如下表1所示。

1.3.4 感官评定

参考 GB/T 16291.1-2012《感官分析:选拔与培训 感官分析:优选评价员导则》^[13]挑选 10 位经过培训的评价员组成评价小组,对五香油鸽的色泽、气味、

口感、组织状态和总可接受性进行评价打分,评分标准见表 2。采用强制决定法^[14]确定五香油鸽各感官指标的权重,色泽的权重系数为 0.20、气味为 0.15、口感为 0.30、组织状态为 0.15、总可接受性为 0.20;各项指标的评分为 10 位评定员的平均分,感官评价总分为各项指标评分与权重乘积之和。评定时,评定员之间无接触交流,各样品评定之间用清水漱口^[15]。

表 2 感官评定标准

Table 2 Sensory evaluation criteria

感官指标	评分分值		
	8~10 分	4~7 分	0~3 分
色泽	呈金黄色,色泽透亮均匀,富有食欲	呈黄褐色,色泽比较均匀	呈褐色或黑褐色,色泽暗淡,分布不均匀
气味	有油炸鸽肉的特有香味,香气浓郁	有香味,但香气不足	无香味,有焦糊味或其他气味
口感	肉鲜嫩多汁,香润可口,无油腻	肉稍硬,香味不足,稍有油腻	肉口感较老,油腻感较强
组织状态	整体完整,表皮酥脆,外焦里嫩	无脆性,软硬适中,咀嚼性一般	太软或太硬,难以咀嚼
总可接受性	喜爱	一般	不喜爱

1.3.5 出品率的测定

参照 Gök^[16]及孙莹^[17]等方法略作修改,待油焖后的样品冷却后沥干油分称重,平行 3 次试验取平均值,出品率按下列公式进行计算。

$$\text{出品率}(\%) = \frac{\text{成品鸽肉重量}}{\text{白条鸽重量}} \times 100\%$$

1.3.6 油脂含量的测定

油脂含量的测定采取 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的索式提取法进行测定。

1.4 数据分析

采用 Excel 2007 对实验数据进行整理后,采用 SPSS 23.0 软件对单因素试验数据进行方差分析以及差异显著性分析, $p < 0.05$ 表示差异显著,结果数据均为平均值 $\pm$ 标准差。利用 Origin 9.0 软件及 Design-Expert 11 等软件对相关工艺参数优化及品质变化的数据进行图表绘制及响应面分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 油炸时间对五香油鸽出品率、油脂含量及感官评分的影响

由图 1 可以看出,随着油炸时间的延长,出品率逐渐降低,油炸时间对出品率的影响极显著($p < 0.01$),这是因为随着油炸时间的延长,鸽肉中的肌纤维蛋白质变性,肌肉的持水力下降,其中结合力较弱的水分逐渐失去,导致鸽肉重量下降,出品率降低^[16]。

随着油炸时间的延长,油脂含量呈整体上升趋势($p < 0.01$)。在油炸 20~40 s 之间,油脂含量的上升速度明显快于 40 s 之后;油炸中后期,油脂含量的上升速度有所下降,这可能是由于在油炸过程中,传质与传热过程同时进行;在油炸初期,高温会促进传质过程,随着油炸的进行,肉品中水分的蒸发导致组织中的气孔和毛细孔打开,扩散的水吸收了汽化潜热,在肉品的表面形成蒸汽,阻碍了肉品对油脂的吸入^[8,18,19]。随着消费者健康意识的提高,人们越来越倾向于低盐少油的食物,油炸时间对感官评分的影响极显著($p < 0.01$),油炸时间在 20 s~40 s 之间时感官评分最高。综合考虑,选取油炸时间为 20 s、30 s、40 s 作为响应面试验参数。

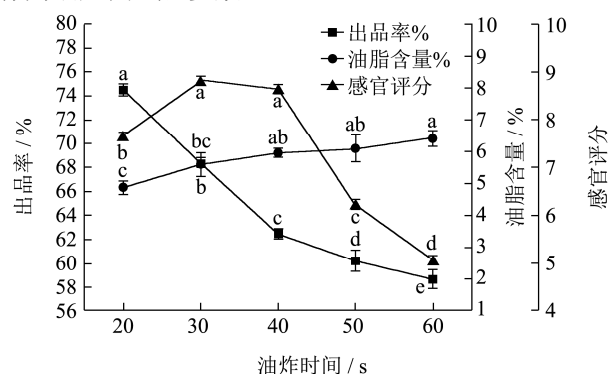


图 1 油炸时间对五香油鸽出品率、油脂含量及感官评分的影响
Fig.1 Effect of frying time on the yield, oil content and sensory score of Spiced oil pigeons

2.1.2 油炸温度对五香油鸽出品率、油脂含量及感官评分的影响

由图 2 可以看出,随着油炸温度的升高,五香油鸽的出品率逐渐降低($p < 0.01$)。出品率在油炸温度为

140℃~160℃之间相对较高;温度高于160℃时,其出品率急剧下降,油炸温度的高低对五香油鸽的出品率有明显影响。随着油炸温度的升高,鸽肉中的肌原纤维蛋白变性,发生聚集且缩短,肌肉的持水力下降,其内结合力较弱的水分排出,重量减小,导致出品率逐渐下降^[17,20]。

随着油炸温度的升高油脂含量逐渐增加($p<0.01$),油炸温度在150℃~170℃时,油脂含量在5.5%左右;但180℃油炸过程中油脂含量显著增加,这可能是因为180℃油炸过程中形成的孔径在腌制阶段发生很大变化,从而增加了鸽肉表皮和内部之间的压力差,从而增加了油脂吸入的驱动力^[21]。且油炸温度在150℃~170℃之间时,感官评分相对较高。综上所述,选取油炸温度为150℃、160℃、170℃为响应面试验参数。

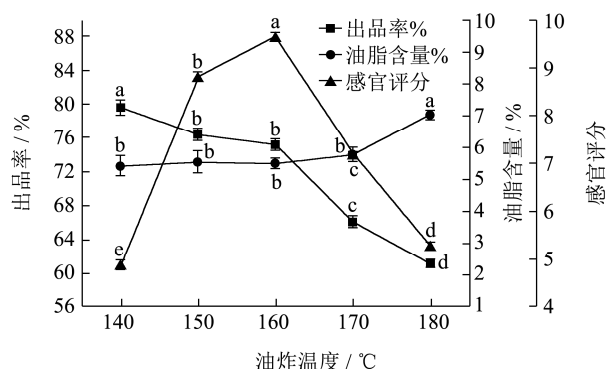


图2 油炸温度对五香油鸽出品率、油脂含量及感官评分的影响

Fig.2 Effect of frying temperature on the yield, oil content and sensory score of Spiced oil pigeons

2.1.3 油焖时间对五香油鸽出品率、油脂含量及感官评分的影响

由图3知,随着油焖时间的延长,五香油鸽的出品率逐渐下降($p<0.01$),油焖时间的影响曲线与图1、图2出品率的曲线变化趋势相似,是由于肌原纤维蛋白加热变性发生凝固,将肉中的大量水分挤出,造成肌肉脱水,重量下降,出品率降低。当油焖时间为35 min~40 min时,出品率下降不明显,可能因为胶原蛋白变性转变成明胶要吸收水分,但转变速度受加热温度和时间的影响^[22]。

随油焖时间的延长油脂含量不断上升($p<0.05$),在焖制过程中,水分的大量蒸发导致鸽肉内部形成很多空隙,油脂则不断渗入到空隙中,因此,五香油鸽中油脂的含量与水分蒸发量密切相关^[23-25]。油炸食品内的含油量不仅影响感官品质,还会降低食品的营养价值。油焖时间对五香油鸽的感官评分影响较大($p<0.01$),随油焖时间的延长,感官评分先上升后下降,在25~35 min之间感官评分较高。根据五香油鸽

各品质指标结果综合衡量,选择油焖时间为25 min、30 min及35 min为响应面试验参数。

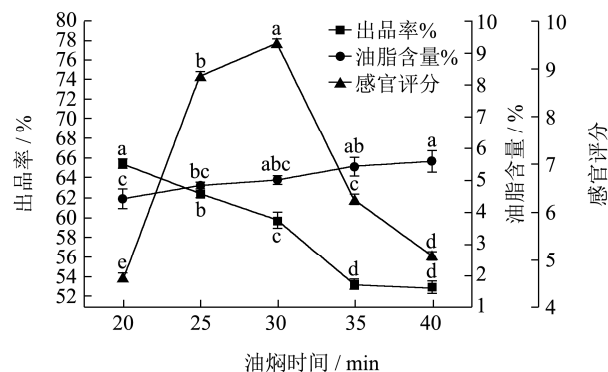


图3 油焖时间对五香油鸽出品率、油脂含量及感官评分的影响

Fig.3 Effect of oil time on the yield, oil content and sensory score of Spiced oil pigeons

2.2 模型的建立及参数分析结果

在单因素试验结果的基础上,通过响应面优化对五香油鸽的油炸时间(A)、油炸温度(B)、油焖时间(C)进行三因素三水平试验设计,以出品率(R_1)、油脂含量(R_2)及感官评分(R_3)为响应值,结果见表3。将试验结果运用Design Expert 11软件,对其进行回归分析,得到五香油鸽出品率、油脂含量和感官评分二次回归方程如下:

(1) 五香油鸽出品率回归方程:

$$R_1 = 73.744 - 1.645A - 2.5825B - 0.3C + 2.3725AB - 0.5025AC + 0.8875BC - 1.21572A^2 - 5.88575B^2 + 1.56425C^2$$

(2) 五香油鸽油脂含量回归方程:

$$R_2 = 5.278 - 0.21125A - 0.0125B + 0.15875C + 0.6725AB + 0.28AC + 0.5525BC - 0.394A^2 - 0.5915B^2 - 0.449C^2$$

(3) 五香油鸽感官评分回归方程:

$$R_3 = 9.09 - 0.1675A + 0.0312B + 0.2513C + 0.1075AB + 0.2925AC + 0.0500BC - 0.3920A^2 - 0.3145B^2 + 0.2355C^2$$

对此回归模型进行方差分析,并对模型系数进行显著性检验,如表4所示,出品率的二次响应模型: F 值为30.34, $p<0.0001$ 表明该方程模型极显著;失拟项检验 $p=0.2357>0.05$,模型失拟不显著,能较好地描述试验结果。油脂含量的二次响应模型: F 值为23.44, $p=0.0002$ 表明该方程模型显著;失拟项检验 $p=0.7068>0.05$,模型失拟不显著。感官评分的二次响应模型: F 值为57.66, $p<0.0001$ 表明该方程模型显著;失拟项检验 $p=0.1319>0.05$,模型失拟不显著。各模型的 R^2 均接近1,预测值与实测值间相关性较好,试验误差较小,表明实验数据与回归数学模型拟合性良好^[26]。因此,可用此模型比较准确的分析和预测不同油炸条件对五香油鸽各指标变化情况。

表 3 Box-Behnken 响应面设计结果

Table 3 Box-Behnken response surface test design results

序号	A 油炸时间/s	B 油炸温度/°C	C 油焖时间	R ₁ 出品率/%	R ₂ 油脂含量/%	R ₃ 感官评分
1	-1	1	0	64.26	3.93	8.43
2	-1	0	1	75.11	4.52	9.04
3	1	1	0	64.48	4.76	8.31
4	0	-1	1	71.34	3.88	9.16
5	0	0	0	73.39	5.63	9.17
6	1	0	1	72.05	4.75	9.29
7	1	-1	0	64.28	3.31	8.13
8	0	0	0	75.15	5.25	9.07
9	-1	-1	0	73.55	5.17	8.68
10	0	1	-1	65.73	3.49	8.77
11	0	0	0	73.53	5.11	9.11
12	0	0	0	73.53	5.13	9.07
13	0	1	1	67.33	4.83	9.42
14	1	0	-1	75.13	4.68	9.17
15	0	-1	-1	73.29	4.75	8.71
16	1	0	-1	74.08	3.79	8.25
17	0	0	0	73.12	5.27	9.05

表 4 回归模型的方差分析

Table 4 Analysis of Variance of Regression Models

指标	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
出品率	模型	263.88	9	29.32	30.34	<0.0001
	剩余	6.76	7	0.9662		
	失拟项	4.18	3	1.39	2.16	0.2357
	误差	2.58	4	0.6458		
	总差	270.64	16			
		$R^2=0.9750$		$R^2_{adj}=0.9429$		
油脂含量	模型	7.12	9	0.8016	23.44	0.0002
	剩余	0.2394	7	0.0342		
	失拟项	0.0645	3	0.0215	0.4920	0.7068
	误差	0.1794	4	0.0437		
	总差	7.45	16			
		$R^2=0.9679$		$R^2_{adj}=0.9266$		
感官评分	模型	2.42	9	0.2689	57.66	<0.0001
	剩余	0.0326	7	0.0047		
	失拟项	0.0235	3	0.0078	3.44	0.1319
	误差	0.0091	4	0.0023		
	总差	2.45	16			
		$R^2=0.9867$		$R^2_{adj}=0.9696$		

各模型回归系数显著性检验结果见表5, F 值和 p 值能够体现每一项的显著性, F 值越大, p 越小则说明该项在方程中越显著^[27]。由表5可知, 油炸时间和油炸温度对五香油鸽的出品率影响极显著($p<0.01$);

油炸时间和油焖时间对五香油鸽的油脂含量影响显著($p<0.05$); 油炸时间与油焖时间对感官评分影响极显著($p<0.01$)。三个因素对五香油鸽出品率的影响排序为 $B>A>C$; 三个因素对五香油鸽油脂含量的影

响排序为 A>C>B; 三个因素对五香油鸽感官评分的影响排序为 C>A>B。

表 5 不同试验因素回归系数的检验

Table 5 Test of regression coefficients of different test factors

模型项	出品率			油脂含量			感官评分		
	回归系数	F 值	p 值	回归系数	F 值	p 值	回归系数	F 值	p 值
常数项	73.744	30.34	<0.0001	5.278	23.44	0.0002	9.09	57.66	<0.0001
A 油炸时间	1.645	22.4	0.0021	-0.21125	10.44	0.0144	-0.1675	48.13	0.0002
B 油炸温度	-2.5825	55.22	0.0001	-0.0125	0.0365	0.8538	0.0312	1.68	0.2366
C 油焖时间	-0.3	0.7452	0.4166	0.15875	5.89	0.0456	0.2513	108.29	<0.0001
AB	2.3725	23.3	0.0019	0.6725	52.89	0.0002	0.1075	9.91	0.0162
AC	-0.5025	1.05	0.3406	0.28	9.17	0.0192	0.2925	73.38	<0.0001
BC	0.8875	3.26	0.1139	0.5525	35.7	0.0006	0.0500	2.14	0.1865
A ²	-1.21572	6.44	0.0388	-0.394	19.11	0.0033	-0.3920	138.74	<0.0001
B ²	-5.88575	150.96	<0.0001	-0.5915	43.07	0.0003	-0.3145	89.30	<0.0001
C ²	1.56425	10.66	0.0138	-0.449	24.82	0.0016	0.2355	50.07	0.0002

2.3 响应面交互作用分析

响应面图是响应值在各试验因素交互作用下得到的结果构成的一个三维空间曲面，可直观地反映因素间交互作用对响应值的影响规律^[16]。根据各模型分析三个因素之间的交互作用对响应值的显著性，分别对回归方程绘制对应的响应面分析图，探究三个因素对五香油鸽出品率、油脂含量及感官评分的交互作用。

2.3.1 五香油鸽出品率响应面分析

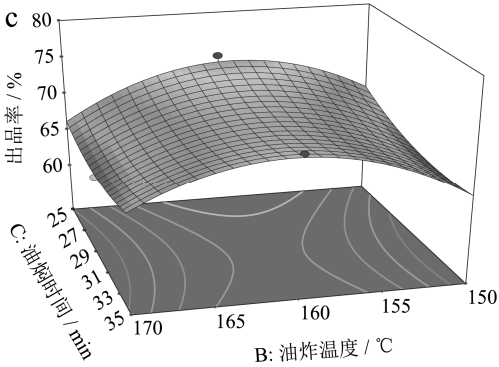
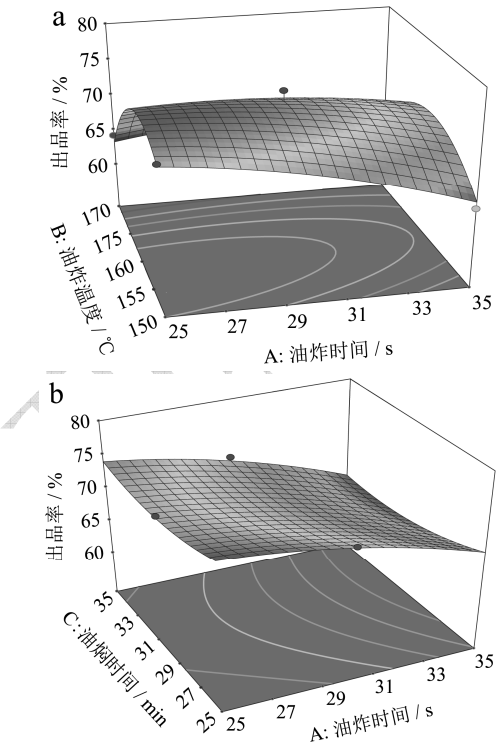


图 4 三个因素间交互作用对出品率影响的响应曲面

Fig.4 Response surface of the interaction between three factors on the yield

由图 4 显示，三个因素对五香油鸽出品率的影响较为明显，油炸时间与油炸温度的坡度比油炸时间与油焖时间陡峭，说明油炸时间与油炸温度交互作用对出品率影响较为显著，这与表 5 中出品率回归方程的方差分析结果一致。当固定其中一个影响因素水平的情况下，五香油鸽的出品率随着另外两个因素水平的升高而降低。持续升高油炸温度，延长油炸时间与油焖时间都不利于保持五香油鸽的出品率。

2.3.2 五香油鸽油脂含量响应面分析

由图 5 显示，三种因素对五香油鸽油脂含量的影响较为明显，油炸时间与油焖时间的坡度比油炸温度陡峭，说明油炸时间与油焖时间对油脂含量影响较为显著。当固定其中一个影响因素水平的情况下，五香油鸽的油脂含量随着另外两个因素水平的升高而升高。持续升高油炸温度，延长油炸时间与油焖时间都

可明显增加鸽肉油脂含量，影响产品质量。

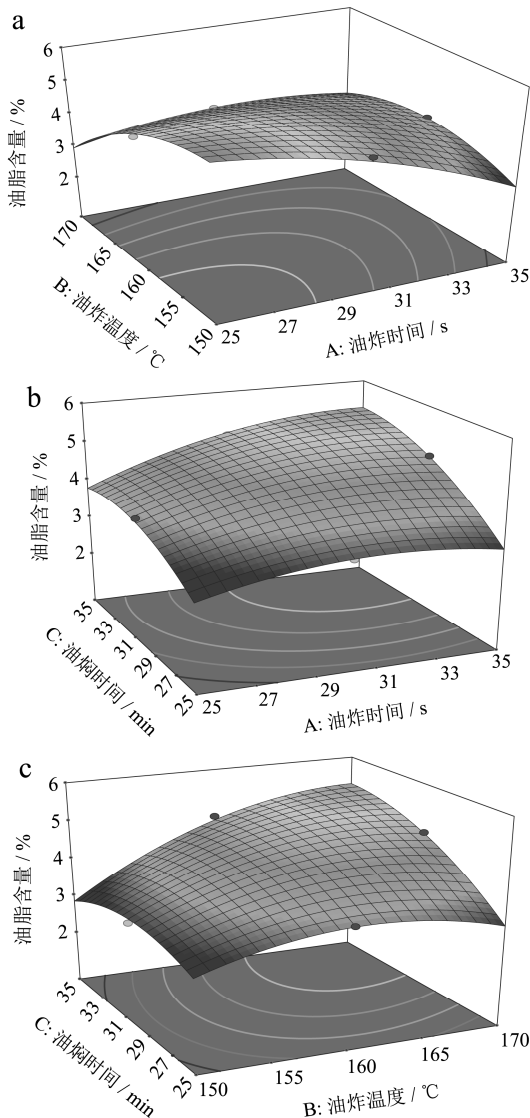


图5 三个因素间交互作用对油脂含量影响的响应曲面

Fig.5 Response surface of the interaction between three factors on oil content

2.3.3 五香油鸽感官评分响应面分析

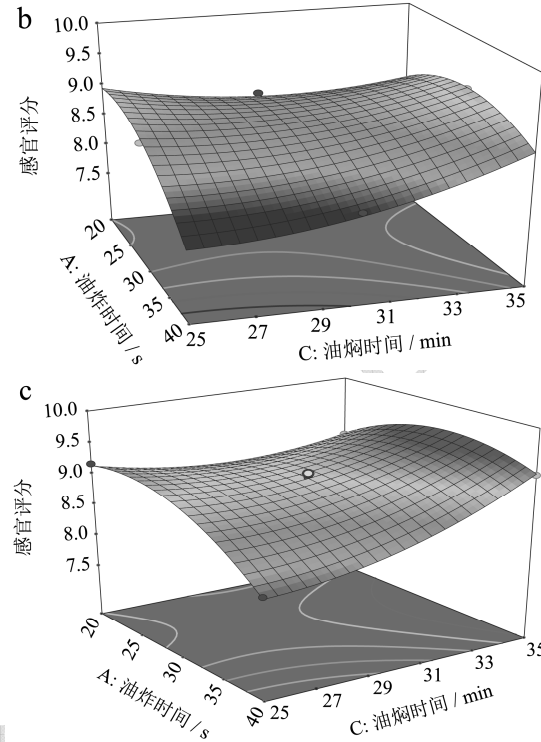
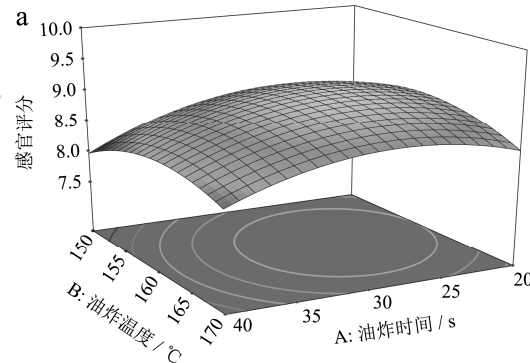


图6 三个因素间交互作用对感官评分影响的响应曲面

Fig.6 Response surface of the interaction between three factors on sensory scores

由图6显示，三种因素对五香油鸽感官评分的影响明显，油炸时间曲面变化和油焖时间曲面变化较油炸温度曲面变化更陡，说明油炸时间与油焖时间对感官评分影响较为显著，这与方差分析结果保持一致。当固定其中一个影响因素水平的情况下，五香油鸽的感官评分随着另外两个因素水平的先上升后下降。

2.4 最佳工艺参数的确定

在实际生产当中，五香油鸽的出品率和油脂含量是评价其品质的参考指标，由单因素试验和Design-Expert 11 响应面法分析得到五香油鸽的最佳工艺参数：油炸时间为28.68 s、油炸温度为153.23 ℃、油焖时间为35 min，此条件模型预测出品率为73.93%，油脂含量为4.40%及感官评分为9.37。

2.5 实验验证结果

为了验证模型预测的可靠性，以2.4确定的最佳工艺参数进行验证实验，制作3份平行样品。

根据实际情况进行修正后：油炸时间为29 s、油炸温度为154 ℃、油焖时间为35 min时，结果取3次

平行试验平均值,得到五香油鸽出品率为75.27%、油脂含量为4.52%、感官评分为9.54。同模型所预测值相近,相对误差分别为1.81%和2.84%及1.86%。由此证明,通过该响应面设计出来的五香油鸽的最佳炸制工艺参数准确可行,具有一定的实践指导意义。

3 结论

3.1 选用相同饲养条件下的生长发育日龄为28 d宰后胴体重为250 g~350 g/只的肉鸽为试验材料,通过单因素试验,结果表明,油炸时间、油炸温度与油焖时间对五香油鸽的品质均有显著影响。在单因素试验基础上筛选出较适宜的油炸条件与油焖时间,为响应面试验设计提供依据。

3.2 响应面优化试验得出最佳工艺参数为:油炸时间为28.68 s、油炸温度为153.24 °C、油焖时间为35 min,此条件模型预测出品率为73.93%,油脂含量为4.40%及感官评分为9.37。考虑实际操作,对个参数稍作调整,油炸时间为29 s,油炸温度为154 °C,油焖时间为35 min时,经过3次平行实验,得到五香油鸽出品率为75.27%,油脂含量为4.52%,感官评分为9.54,与模型所预测值相近,说明经响应面优化得到的五香油鸽炸制工艺参数具有一定的可行性。

3.3 本文开发出较完善的五香油鸽炸制工艺参数,提升了产品的感官得分,平衡了产品出品率与营养品质之间的关系;为进一步实现五香油鸽的工业化生产提供了一定的数据支持和理论基础;为后期鸽肉产品的品质及风味分析奠定基础。

参考文献

- [1] 李柳冰,刘巧瑜,郑家汝.乳鸽冰鲜保藏过程中的品质变化[J].农产品加工,2018,11:5-8
LI Liu-bing, LIU Qiao-yu, ZHENG Jia-ru. Quality changes during the cold storage of milk pigeon [J]. Agricultural Products Processing, 2018, 11: 5-8
- [2] 黄桂颖,黄晓莹,陈俊文,等.菊芋鸽子汤的炖制工艺优化及其成分分析[J].中国调味品,2018,43(11):98-102,112
HUANG Gui-ying, HUANG Xiao-ying, CHEN Jun-wen, et al. Optimization of stewing process of Jerusalem artichoke pigeon soup and analysis of its components [J]. China Condiment, 2018, 43(11): 98-102, 112
- [3] 姚宏亮,李婉如,刘智超,等.食品安全管理体系在鸽肉酱罐头生产中的应用[J].金陵科技学院学报,2014,30(3):85-88
YAO Hong-liang, LI Wan-ru, LIU Zhi-chao, et al. Application of food safety management system in the production of canned pigeon meat sauce [J]. Journal of Jinling Institute of Science and Technology, 2014, 30(3): 85-88
- [4] 韦荣玉.麻辣电烤乳鸽的加工工艺[J].农产品加工,2007,2:26-27
WEI Rong-yu. Processing technology of spicy electric roasted pigeon [J]. Agricultural Products Processing, 2007, 2: 26-27
- [5] Evanthia Choulitoudi, Aglaia Velliopoulou, Dimitrios Tsimogiannis, et al. Effect of active packaging with *Satureja thymbra* extracts on the oxidative stability of fried potato chips [J]. Food Packaging and Shelf Life, 2020, 23
- [6] Carla S P Santos, Sara C Cunha, Susana Casal. Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils [J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2017, 119: 2-14
- [7] Dada D, Saguy S. Frying of nutritious foods: obstacles and feasibility [J]. Food Sci Technol Res, 2001, 7(4): 265-279
- [8] 张亚楠.不同油炸技术对猪肉制品品质特性影响的研究[D].上海:上海海洋大学,2018
ZHANG Ya-nan. Study on the influence of different frying techniques on the quality characteristics of pork products [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2018
- [9] Patchimapon, Udomkun, Porntip, et al. Impact of novel far-infrared frying technique on quality aspects of chicken nuggets and frying medium [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2019, DOI: 10.1111/jfpp.13931
- [10] Arfaeina Hossein, Cheshmazar Elhameh, Karimyan Kamaladdin, et al. Data on concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in roasted and fried chicken-A case study: Bushehr, Iran [J]. Data in Brief, 2018,21
- [11] 刘树萍,邱雅楠,张宇晴,等.油炸对挂糊里脊肉品质影响的研究[J].肉类工业,2017,8:27-32
LIU Shu-ping, QIU Ya-nan, ZHANG Yu-qing, et al. Study on the effect of fried on the quality of loin tenderloin [J]. Meat Industry, 2017, 8: 27-32
- [12] 巴吐尔.五香油鸽软罐头的研制[J].食品工业科技,2001,4:64-65
Batuer. Development of soft canned spiced oil pigeon [J]. Science and Technology of Food Industry, 2001, 4: 64-65
- [13] GB/T 16291.1-2012《感官分析:选拔与培训感官分析;优选评价员导则》[S]
GB/T 16291.1-2012 Sensory Analysis: Sensory Analysis of Selection and Training; Guidelines for Selecting Evaluators [S]
- [14] 姬长英.感官模糊综合评价中权重分配的正确制定[J].食品科学,1991,3:9-11

- Ji Chang-ying. Correct formulation of weight allocation in sensory fuzzy comprehensive evaluation [J]. Food Science, 1991, 3: 9-11
- [15] 马瑞雪,高天,宋蕾,等.响应面法优化调理鸡排水油混合油炸工艺[J].食品与发酵工业,2016,42(8):128-134
- MA Rui-xue, GAO Tian, SONG Lei, et al. Response surface methodology to optimize mixed frying process of conditioned chicken drain oil [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(8): 128-134
- [16] Gök Veli, Akkaya Levent, Obuz Ersel, et al. Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers [J]. Meat Science, 2011, 89(4): 400-404
- [17] 孙莹,孟宁,江连洲.油炸工艺对牛肉丝品质的影响[J].食品工业科技,2018,39(19):188-193
- SUN Ying, MENG Ning, JIANG Lian-zhou. The effect of frying technology on the quality of beef shreds [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(19): 188-193
- [18] Paul S, Mittal G S. Regulating the use of degraded oil/fat in deep-fat/oil food frying [J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 1997, 37(7): 635-662
- [19] 张亚楠,包香香,樊玉霞,等.油炸温度和时间对猪肉块品质的影响[J].食品工业科技,2018,39(13):19-24
- ZHANG Ya-nan, BAO Xiang-xiang, FAN Yu-xia, et al. Effect of frying temperature and time on the quality of pork pieces [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(13): 19-24
- [20] Christensen M, Purslow P P, Larsen L M. The effect of coking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibres and perimysial connective tissue [J]. Meat Science, 2000, 55(3): 301-307
- [21] Yagua C V, Moreira R G. Physical and thermal properties of potato chips during vacuum frying [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 104(2): 272-283
- [22] Destefanis G, Brugiapaglia A, Barge M T, et al. Effect of castration on meat quality in Piemontese cattle [J]. Meat Science, 2003, 64(2): 215-218
- [23] Dana D, Saguy I S. Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth [J]. Advances in Colloid and Interface Science, 2006, 128-130: 267-272
- [24] PAN Guang-kun, Ji Hong-wu, LIU Shu-cheng, et al. Vacuum frying of breaded shrimps [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(1): 734-739
- [25] Michael Ngadi, Yunsheng Li, Sylvester Oluka. Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(10): 1784-1791
- [26] Wu Y, Cui S W, Tanga H, et al. Optimization of extraction process of crude polysaccharides from boat-fruited sterculia seeds by response surface methodology [J]. Journal of Food Chemistry, 2007, 105(4): 1599-1605
- [27] 周春丽,米力,胡雪雁,等.响应面法优化南瓜红枣复合运动饮料工艺研究[J].食品工业,2017,38(7):124-127
- ZHOU Chun-li, MI Li, HU Xue-yan, et al. Research on optimization of pumpkin and jujube compound sports drink by response surface method [J]. Food Industry, 2017, 38(7): 124-127

(上接第 378 页)

- [11] 梁婕,施伟庆,俞萍,等.食用小龙虾对大鼠急性毒性作用研究[J].毒理学杂志,2015,29(5):393-396
- LIANG Jie, SHI Wei-qing, YU Ping, et al. Study about acute toxicity of crayfish to rats [J]. J Toxicol, 2015, 29(5): 393-396
- [12] 黄琼,赵敏,王凤岩,等.小龙虾相关横纹肌溶解综合征的人群流行病学调查和小鼠体内触发试验研究[J].中国食品卫生杂志,2017,29(3):269-275
- HUANG Qiong, ZHAO Min, WANG Feng-yan et al. Epidemiology investigation of rhabdomyolysis and *in vivo* trigger in mice associated with crayfish [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2017, 29(3): 269-275
- [13] 孙桂菊.哈夫病与食品安全[J].东南大学学报(医学版), 2010,29(6):699-701
- SUN Gui-ju. Haff disease and food safety [J]. J Southeast Univ (Med Sci Ed), 2010, 29(6): 699-701
- [14] 任孟山.有必要修改刑法保障食品安全[J].中国卫生人才,2010,10:12
- REN Meng-shan. It is necessary to amend the criminal law to ensure food safety [J]. China Health Human Resources, 2010, 10: 12