

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250226005

引用格式: 计晓曼, 刘静, 马全. 米糠-鸡排配方及炸制工艺的优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(15): 45–50.

Ji XM, Liu J, Ma Q. Formulation and frying process optimization of rice bran-enriched chicken cutlets [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(15): 45–50. (in Chinese with English abstract).

米糠-鸡排配方及炸制工艺的优化

计晓曼*, 刘静, 马全

(安徽粮食工程职业学院, 合肥 231635)

摘要: **目的** 优化米糠-鸡排炸制配方和工艺。**方法** 以感官为评价指标, 采用单因素试验考查米糠添加量、小麦粉和玉米淀粉配比、炸制温度、炸制时间对炸鸡排品质的影响, 通过正交试验优化添加量和工艺参数, 采用 IBM SPSS Statistics 20 统计软件对数据进行分析, $P < 0.05$ 表示具有统计学差异, 用 Origin 进行绘图。**结果** 各影响因素对炸鸡排感官品质的影响顺序为: 炸制温度 > 炸制时间 > 小麦粉和玉米淀粉配比 > 米糠添加量, 综合考虑确定炸制条件为: 米糠添加量 0.8% ($m:m$), 小麦粉和玉米淀粉配比为 1:1 ($m:m$), 炸制温度 180 °C, 炸制时间 2 min。在此条件下炸鸡排的感官评分为 90.1 分, 炸鸡排颜色均匀金黄、香气浓郁、软硬适中, 具有良好的脆性和感官品质。**结论** 在传统裹浆配方中添加米糠具有可行性, 可为量产工业化提供一定理论依据。

关键词: 炸鸡排; 工艺优化; 米糠添加量; 正交试验

Formulation and frying process optimization of rice bran-enriched chicken cutlets

Ji Xiao-Man*, Liu Jing, Ma Quan

(Anhui Vocational College of Grain Engineering, Hefei 231635, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the frying formulation and process of rice bran-enriched chicken cutlets. **Methods** Taking sensory evaluation as the assessment criteria, single-factor experiments were conducted to examine the effects of rice bran addition amount, wheat flour and corn starch ratio, frying temperature and frying time on the quality of fried chicken cutlets. Orthogonal experiments were employed to optimize the addition amounts and process parameters. Data analysis was performed using IBM SPSS Statistics 20, with $P < 0.05$ indicating statistically significant differences. Origin was used for graphical visualization. **Results** The order of influence of various factors on the sensory quality of fried chicken chops was: Frying temperature > frying time > wheat flour and corn starch ratio > rice bran addition. The frying conditions were determined by comprehensive consideration: Rice bran addition 0.8% ($m:m$), wheat flour and corn starch ratio 1:1 ($m:m$), frying temperature 180 °C, frying time 2 min. The sensory score of fried chicken chops under this condition was 90.1 points. The fried chicken chops had uniform golden color, rich aroma, moderate hardness, good brittleness and sensory quality. **Conclusion** It is feasible to add rice bran to the traditional coating formula, which can provide a theoretical basis for mass production industrialization.

KEY WORDS: fried chicken cutlets; process optimization; amount of rice bran added; orthogonal test

收稿日期: 2025-02-26

基金项目: 新型碾米加工技术的研究与开发项目; 安徽省高等学校科学研究项目(自然科学类)(2023AH053272)

第一作者/*通信作者: 计晓曼(1990—), 女, 硕士, 助教, 主要研究方向为食品科学与工程。E-mail: 986367870@qq.com

0 引言

在众多鸡肉制品中,鸡排属于预调制食品,因美味、营养和方便越来越受到消费者的喜爱^[1-2]。鸡排相关研究中,裹浆的配方很大程度影响炸制口感,因此国内外较多研究集中在裹浆配方的研究中,但较多研究集中在裹浆用粉种类方面,较少涉及兼顾裹浆口感和降低吸油量的研究上。近些年随着大众低脂健康意识的提升,更多研究关注炸制过程中吸油量的降低,主要从调整油炸工艺、替换油炸介质和创新油炸裹粉配方以上 3 个方面来降低油炸裹粉食品中油脂的含量^[3-5]。

李美莹等^[6]对用油量更少的香煎熟制、鼓风烤制、普通烤制 3 种不同熟制工艺进行研究,分析鸡排中蛋白质结构的改变情况,为低油烹饪方式下提升鸡排食用品质提供理论支撑。米糠的活性成分被不断开发,近些年有研究将其应用至鸡排裹浆配方中以期提升口感和吸油量。赵宇^[7]在传统淀粉裹浆基础上,将稻谷加工副产物——米糠添加到裹浆配方中制作调理鸡胸块,米糠富含谷维素等有益活性成分^[8],可以调节血脂、削弱炎症反应^[9],促进肠道有益菌生长和干预控制过度肥胖问题^[10],研究发现添加米糠后,炸制鸡块的油脂含量明显降低且富含汁水,在加入量为 1.2% 时,油脂含量达到最低为 16.96%,比对照组的 20.13% 低 3.17%。

本研究拟在传统裹浆配方中添加米糠,同时对鸡排裹浆配方中的小麦粉、玉米淀粉比例和炸制温度、炸制时间进行研究,从配方和工艺两类因素更全面地考察添加米糠后,各因素对炸制鸡排品质的影响,采用感官评价等方法对食用品质进行对比,以期获得更适宜口感的炸制鸡排提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鸡胸肉(正大食品有限公司);中筋小麦粉(滕州市辛银丰面粉厂);玉米淀粉(秦皇岛骊骅淀粉股份有限公司);食用米糠(聊城市东昌府区佳佳垚垚食品中心);羧甲基纤维素钠(上海申光食用化学品有限公司);棕榈油(益海粮油工业有限公司);奥尔良烤肉腌料(上海味好美食品有限公司);无水乙醚(分析纯,天津市富宇精细化工有限公司);脱脂棉(江西省华中纺化有限公司)。

1.2 仪器与设备

PTF-A300U 电子天平[精度 0.01 g, 华志(福建)电子科技有限公司];DHG-9000 干燥器(常德比克曼生物科技有限公司);HH-2 数显恒温水浴锅(常州朗博仪器制造有限公司);ZG-ASQ-81A 控温油炸锅(广州市白云区宝康西厨设备公司);SOX-06 索氏抽提器(江苏汇达有限公司);FA1204S 万分之一分析天平(上海佰博康有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

鸡胸肉解冻→切片→腌制(奥尔良烤肉腌料)→调糊(小麦粉、玉米淀粉、米糠加水充分混匀)→鸡排上浆(均匀裹满)→油炸→成品→室温冷却,进行分析。

操作要点:鸡排切片按照 100 g/片处理,将鸡排和腌料按照一定的比例混合腌制,本研究中腌料使用的是上海味好美食品有限公司生产的 35 g 袋装的奥尔良烤肉腌料,1 袋 35 g 的腌料,倒入 30 g 水,混合均匀后将鸡排放入,水位线要没过鸡排,静置 30 min 进行腌制。

1.3.2 单因素试验设计

(1) 米糠添加量对炸制鸡排品质影响

以 100 g 粉质量作为计算基准,小麦粉和玉米淀粉的配比为 1:1 (*m:m*),水粉比为 1:1 (*m:m*),羧甲基纤维素钠 0.3% (*m:m*),设置米糠的添加梯度分别为 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% (*m:m*),炸制温度 180 °C,炸制 2 min;按照上述工艺进行鸡排炸制,冷却至室温后进行感官评价。

(2) 小麦粉和玉米淀粉对比对炸制鸡排品质的影响

以 100 g 粉质量作为计算基准,小麦粉和玉米淀粉的配比为 3:1、2:1、1:1、1:2、1:3 (*m:m*),水粉比为 1:1 (*m:m*),羧甲基纤维素添加量为 0.3%,米糠的添加量为 0.4%,炸制温度 180 °C,炸制 2 min;按照上述工艺进行鸡排炸制,冷却至室温后进行感官评价。

(3) 炸制温度对炸制鸡排品质影响

以 100 g 粉质量作为计算基准,小麦粉和玉米淀粉的配比为 1:1 (*m:m*),水粉比为 1:1 (*m:m*),羧甲基纤维素添加量为 0.3%,米糠添加量为 0.4%,炸制温度 160、170、180、190、200 °C,炸制时间 2 min;按照上述工艺进行鸡排炸制,冷却至室温后进行感官评价。

(4) 炸制时间对炸制鸡排品质的影响

以 100 g 粉质量作为计算基准,小麦粉和玉米淀粉的配比为 1:1 (*m:m*),水粉比为 1:1 (*m:m*),羧甲基纤维素添加量为 0.3%,米糠添加量为 0.4%,炸制温度 180 °C,炸制时间 2、3、4、5、6 min;按照上述工艺进行鸡排炸制,冷却至室温后进行感官评价。

1.3.3 炸制配方和工艺优化

以感官指标为评价指标,米糠添加量(*A*)、小麦粉和玉米淀粉配比(*B*)、炸制温度(*C*)、炸制时间(*D*)为自变量,进行 $L_9(3^4)$ 正交试验和极差分析,因素水平详见表 1。

表 1 试验因素水平表
Table 1 Test factor level table

试验水平	<i>A</i> (米糠添加量)/%	<i>B</i> (小麦粉和玉米淀粉配比)(<i>m:m</i>)	<i>C</i> (炸制温度)/°C	<i>D</i> (炸制时间)/min
1	0.6	2:1	170	2
2	0.8	1:1	180	3
3	1.0	1:2	190	4

1.3.4 指标测定

(1) 感官评定

感官评价表参照黄文权等^[11]和王敬涵等^[12]的方法进行设计, 并适当调整, 从炸鸡排的色泽、气味、口感及外形方面进行感官评定, 评分标准见表 2。感官评定小组由 10 人组成, 年龄范围在 20~35 岁之间, 男女比例 1:1, 评分前统一讲解评分标准, 严禁互相交流, 完成一个样品的评定后进行评分, 清水漱口, 间隔一定时间开始评价下一样品。各组样品随机编号, 并按照随机顺序提供给每位评分人员。评定结果取 10 人的平均值。

表 2 感官评分标准
Table 2 Criteria of sensory evaluation

项目	评分标准	得分/分
色泽 (20 分)	表面呈诱人金黄色泛微红	15~20
	肉片收缩, 表面呈浅黄色	8~14
	肉片卷缩, 表面呈黄褐色	0~7
气味 (20 分)	具有鸡排特有香气, 无异味	15~20
	有鸡排特有香气, 不够浓郁, 无异味	8~14
	味道不香, 有焦糊味等异味	0~7
口感 (20 分)	外壳酥脆, 肉质软嫩, 容易咀嚼	15~20
	外壳口感较酥脆, 肉质软嫩	8~14
	外壳干硬, 肉质较老, 咀嚼困难	0~7
膨胀度 (20 分)	表面适度膨胀, 形状规则, 肉片平整	15~20
	表面有所膨胀, 形状较规则	8~14
	不膨胀或过度膨胀, 表面形状不规则	0~7
整体喜好程度 (20 分)	整体感觉很好, 无不良感官体验	15~20
	整体感觉较好, 略有不良感官体验	8~14
	整体感觉一般, 不良感官体验较多	0~7

(2) 水分测定

参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》测定水分含量。

(3) 含油量测定

参照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》测定含油量。

(4) 裹浆率的测定

鸡排裹浆率的测定参照董行等^[13]的方法稍作修改。鸡排冷冻后进行称重, 然后将其均匀裹上裹粉浆后再称质量, 计算裹浆率, 见公式(1)^[14]。

$$\text{裹浆率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% \quad (1)$$

式中: m_1 为均匀裹上裹粉浆后鸡排的总质量, g; m_2 为冷冻好的片状鸡块排质量, g。

1.4 数据处理

本研究数据采用 IBM SPSS Statistics 20 统计软件, $P < 0.05$ 表示具有统计学差异, 用 Origin 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 米糠添加量对鸡排感官品质的影响分析

米糠添加量对鸡排感官品质的影响结果见图 1A。根据试验结果得到, 米糠添加量在 0.2%~0.8% 时, 感官评分随之增加, 这可能是因为米糠添加量影响鸡排油脂含量和色泽的结果, 添加量的增加会使色泽明显加深同时口感粗糙, 影响感官评分, 这与赵宇^[7]的实验结果一致, 米糠添加量为 0.8% 时能提升鸡排的成色, 综合评分较高。综上, 不同米糠添加量的鸡排感官品质存在差异, 随着添加量增加感官评分先增加后降低, 添加量为 0.8% 时评分较高。因此最终确定米糠添加量为 0.8%。

2.1.2 小麦粉和玉米淀粉配比对鸡排感官品质的影响分析

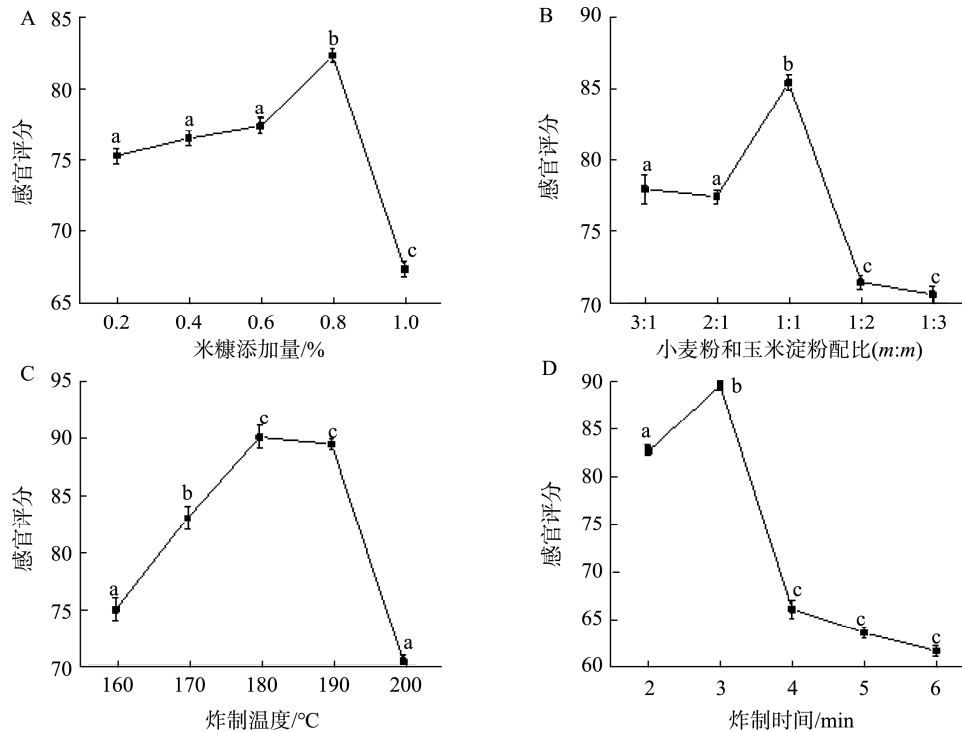
小麦粉和玉米淀粉配比对鸡排感官品质的影响结果见图 1B。根据试验数据, 在两者比例 1:1 ($m:m$) 时, 评分值最高。传热介质和挂糊成分间的相互作用是油脂食品品质的关键因素, 传统裹浆使用小麦粉, 增强了糊层的黏性, 但酥脆感较差, 本研究中添加玉米淀粉可以形成致密的外壳, 提高食品持水力, 改善感官品质^[15-16]。除了常规的小麦粉和玉米淀粉, 相关研究中, 添加的天然淀粉还有绿豆淀粉、红薯淀粉、豌豆淀粉、马铃薯淀粉^[17-19], 改性淀粉在稳定性、溶解性方面更佳^[20], 可在后续试验中进一步探讨。综上, 小麦粉和玉米淀粉的配比影响炸鸡排感官品质, 在 1:1 ($m:m$) 比例时整体感官较佳。

2.1.3 炸制温度对鸡排感官品质的影响分析

炸制温度对鸡排感官品质的影响结果见图 1C。根据试验结果, 炸制温度在 180 °C 时感官评分最高。感官评分呈现先增加后降低的趋势, 这是因为在一定范围内随着温度增加, 风味物质(如醇类、醛类和酮类)含量与种类增加^[21], 香气浓郁性、外皮酥脆感增加, 温度超过一定值后, 炸鸡排的水分含量将迅速降低, 肉质变老, 咀嚼难度增加, 甚至过高温度的炸制会影响鸡排内外熟度, 外糊内硬, 影响感官评价者的接受度^[22]。综上, 炸制温度通过影响风味物质释放、水分蒸发、成熟度对炸鸡排的气味、脆度、口感有明显影响, 在 180~190 °C 整体较好。

2.1.4 炸制时间对鸡排感官品质的影响分析

炸制时间对鸡排感官品质的影响结果见图 1D, 结果显示油炸时间对感官评分呈现先增加后降低的影响, 这是因为随着炸制时间延长, 鸡排熟化程度、水分含量和脆度口感增加, 而延长炸制时间, 鸡排颜色深化, 炸制 3 min 时整体呈现较佳。这与陈日新^[23]研究中炸制时间对鸡排感官影响结论趋势一致。综上, 不同炸制时间对鸡排品质有影响, 随着炸制时间延长感官评分呈现先增加后降低趋势, 综合 2~3 min 整体较好。



注: 不同小写字母表示组间具有显著性差异($P < 0.05$)。

图 1 不同因素对鸡排感官品质的影响

Fig.1 Effects of various factors on the sensory quality of chicken cutlets

2.2 正交试验结果与极差分析

由表 3 可知, 正交试验所涉及的米糠添加量、小麦粉和玉米淀粉配比、炸制温度和炸制时间 4 个因素中, 对炸鸡排感官品质影响大小排序为: 炸制温度>炸制时间>小麦粉和玉米淀粉配比>米糠添加量, 通过极差 R 值看出, 其中炸制温度对其影响最大。

表 3 感官评分正交实验结果

Table 3 Results of orthogonal experimental design for sensory evaluation scores

试验号	A(米糠添加量)/%	B(小麦粉和玉米淀粉配比)(m:m)	C(炸制温度)/°C	D(炸制时间)/min	(感官评分)/分
1	3	2	3	1	80.1
2	3	3	1	2	70.1
3	2	1	3	2	70.2
4	2	3	2	1	88.3
5	2	2	1	3	79.1
6	1	3	3	3	65.4
7	1	1	1	1	75.3
8	3	1	2	3	78.6
9	1	2	2	2	85.4
K_1	75.200	77.033	75.20	82.33	
K_2	77.733	80.567	84.27	76.97	
K_3	72.500	72.833	71.40	71.57	
R	5.233	7.734	12.87	10.77	

因此以正交试验为基础, 综合考虑确定炸制条件为: 米糠添加量 0.8%、小麦粉和玉米淀粉配比为 1:1 ($m:m$)、炸制温度 180 °C, 炸制时间 2 min。在此条件下炸鸡排的感官评分为 90.1 分。

2.3 最佳工艺炸鸡排质量指标检测

对最佳组合条件下炸制鸡排的质量指标进行检测, 考查添加米糠对水分流失和含油量的影响。米糠添加量 0.8%、小麦粉和玉米淀粉配比为 1:1 ($m:m$)、炸制温度 180 °C, 炸制时间 2 min 时, 炸鸡排水分含量为 61.62 g/100 g, 这与马瑞雪^[24]在不同油炸次数中测得的水分含量接近, 李美莹等^[6]通过扫描电镜和傅里叶红外光谱分析研究鸡肉组织, 发现熟化后蛋白质结构变化使结合水发生流失, 外裹层材料有效地阻止了肉质水分的流失, 添加米糠后水分流失程度比未添加降低。粉糠层的含油量为 15.30 g/100 g, 这与赵宇^[7]的研究结果一致: 不添加米糠时油脂含量在 20%左右, 在裹粉加入米糠后油脂含量变低。此配方的裹浆率为 35.2%。该配方下鸡排水分含量高、粉糠层含油量低和裹浆率高, 能够有效地保护内陷不会因失水变干瘪而容易散碎、断裂, 并避免了原料直接与高温介质直接接触而造成营养成分的流失。因此, 这个油炸鸡排的裹粉配方相较于市场上普通面粉制成的面糊配方得到优化, 并且也很符合现代人们对于油炸食品口感、外观、营养价值更高的需求^[25]。

3 结 论

通过单因素试验和正交设计, 以感官评评分为考查指标, 最终确定配方为: 米糠添加量 0.8%、小麦粉和玉米淀粉配比为 1:1 (*m:m*)、炸制温度 180 °C、炸制时间 2 min, 在此条件下炸鸡排的感官评分为 90.1 分, 具有较好口感和色泽。结合质量检测指标和相关研究, 添加米糠后, 对炸鸡排的水分保持和含油量有改善效果。

研究中尚缺乏对米糠裹浆鸡排解冻方式^[26-27]和成品鸡排保质期和储藏稳定性的研究, 以及裹粉配方中其他物质的添加, 如不同保水剂增稠剂的添加对鸡排品质的影响, 有研究发现对稳定性和吸油量方面影响较大^[18,28]; 本研究中含水量、含油量、裹浆率和感官评分之间的相关性, 正负比例关系^[29]、主成分分析^[30], 均可做进一步探讨研究。

参考文献

- [1] KONG DW, QUAN CL, XI Q, *et al.* Study on the quality and myofibrillar protein structure of chicken breasts during thawing of ultrasound-assisted slightly acidic electrolyzed water (SAEW) [J]. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2022, 88: 106105.
- [2] 朱志远, 彭文强, 杨宜融. 预制菜产品购买意愿的影响因素分析[J]. *潍坊学院学报*, 2024, 24(5): 87-96.
ZHU ZY, PENG WQ, YANG YR. Analysis of the influencing factors of purchase intention of prefabricated vegetable products [J]. *Journal of Weifang University*, 2024, 24(5): 87-96.
- [3] 李其轩, 扈莹莹, 孔保华. 动物蛋白质可食性涂膜降低深度油炸食品油脂含量的研究进展[J]. *中国食品学报*, 2021, 21(4): 384-393.
LI QX, HU YY, KONG BH. Research progress on edible coating of animal protein to reduce the oil content of deep fried foods [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2021, 21(4): 384-393.
- [4] 高桂梅, 王悦, 富林, 等. 不同食品类型油炸油酸价及总极性组分变化规律研究[J]. *食品安全导刊*, 2024(30): 87-90.
GAO GM, WANG Y, FU L, *et al.* Study on the changes of oleic acid value and total polar components in different types of fried foods [J]. *China Food Safety Magazine*, 2024(30): 87-90.
- [5] 周凯, 周干, 谢勇, 等. 不同温度对调理鸡排低温贮藏品质特性的影响(英文)[J]. *食品科学*, 2021, 42(17): 210-217.
ZHOU K, ZHOU G, XIE Y, *et al.* Effects of different temperatures on the low temperature storage quality characteristics of prepared chicken chops [J]. *Food Science*, 2021, 42(17): 210-217.
- [6] 李美莹, 高慎阳, 李琳, 等. 不同熟制方式下调理鸡排蛋白质结构及水相分布的变化[J]. *现代食品科技*, 2022, 38(11): 234-239.
LI MY, GAO SY, LI L, *et al.* Changes in protein structure and water phase distribution of prepared chicken chops under different cooking methods [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2022, 38(11): 234-239.
- [7] 赵宇. 白糠与改性淀粉复配对油炸裹粉食品的品质影响[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2023.
ZHAO Y. Effect of white bran combined with modified starch on the quality of fried powdered food [D]. Wuhan: Wuhan University of Light Industry, 2023.
- [8] 熊晓宝, 陈方奇, 陈玉新. 关于米糠油产业高质量发展的思考[J]. *中国粮食经济*, 2024(12): 36-38.
XIONG XB, CHEN FQ, CHEN YX. Reflections on the high-quality development of rice bran oil industry [J]. *China's Grain Economy*, 2024(12): 36-38.
- [9] 温柔, 鲁航, 解江琳, 等. 小米糠多酚体外降血脂活性的试验研究[J]. *食品科技*, 2024, 49(8): 247-254.
WEN R, LU H, XIE JL, *et al.* Experimental study on the hypolipidemic activity of millet bran polyphenols *in vitro* [J]. *Food Science and Technology*, 2024, 49(8): 247-254.
- [10] 陈简, 颜明丽, 谭晓玉, 等. 基于米糠脂肪烷醇的中药复方对高脂血症大鼠肝脏胆固醇代谢的影响[J]. *云南中医药大学学报*, 2024, 47(4): 66-74.
CHEN J, YAN ML, TAN XY, *et al.* Effect of Chinese herbal compound based on rice bran fatty alkanols on liver cholesterol metabolism in hyperlipidemia rats [J]. *Yunnan Chinese medicine University Journal*, 2024, 47(4): 66-74.
- [11] 黄文权, 阚启鑫, 黄丰景, 等. 不同液氮速冻温度下预制鸡排的品质变化[J]. *现代食品科技*, 2024, 40(1): 149-157.
HUANG WQ, KAN QX, HUANG FJ, *et al.* Quality changes of prefabricated chicken steaks at different liquid nitrogen quick-frozen temperatures [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2024, 40(1): 149-157.
- [12] 王敬涵, 邱万发, 滕浩, 等. 响应面法优化锅包肉炸制工艺[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(19): 7744-7751.
WANG JH, QIU WF, TENG H, *et al.* Optimization of frying process of pot-wrapped meat by response surface methodology [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2021, 12(19): 7744-7751.
- [13] 董行, 吉宏武, 许佳音, 等. 芒果粉对真空油炸面包虾裹浆特性及其品质的影响[J]. *广东海洋大学学报*, 2021, 41(1): 81-89.
DONG H, JI HW, XU JY, *et al.* Effects of mango powder on the properties and quality of vacuum fried breaded shrimp paste [J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2021, 41(1): 81-89.
- [14] 冯红, 贾晓丽, 吕庆云, 等. 燕麦 β -葡聚糖对油炸外裹糊及鸡块含油量的影响[J]. *食品研究与开发*, 2023, 44(24): 54-62.
FENG H, JIA XL, LV QY, *et al.* Effect of oat β -glucan on the oil content of fried batter and chicken nuggets [J]. *Food Research and Development*, 2023, 44(24): 54-62.
- [15] ZHANG LW, JI HF, YANG MD, *et al.* Effects of high hydrostatic pressure treated mung bean starch on characteristics of batters and crusts from deep-fried pork nuggets [J]. *International Journal of Food Engineering*, 2014, 10(2): 261-268.
- [16] PRIMO-MARTÍN C. Cross-linking of wheat starch improves the crispness of deep-fried battered food [J]. *Food Hydrocolloids*, 2012, 28(1): 53-58.
- [17] 计红芳, 张令文, 王方, 等. 糊的组成成分对挂糊油炸肉制品品质影响的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(4): 384-389.
JI HF, ZHANG LW, WANG F, *et al.* Research progress of effects of batter composition on edible quality of deep-fat-fried battered meat product [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(4): 384-389.
- [18] 张宇, 陆宁, 蒲顺昌. 不同类型淀粉对油炸挂糊猪肉品质的影响[J]. *安徽农业大学学报*, 2022, 49(4): 675-680.
ZHANG Y, LU N, PU SC. Effects of different starches on the quality of

- deep-fried battered pork slices [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2022, 49(4): 675–680.
- [19] 黄红瑞, 程文瑾, 廖树强, 等. 油莎豆淀粉在小酥肉制作中的应用研究[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(7): 181–187.
HUANG HR, CHENG WJ, LIAO SQ, *et al.* Application of tiger nut starch in the production of fried crispy pork [J]. China Food Additives, 2023, 34(7): 181–187.
- [20] WANG QL, YANG Q, KONG XP, *et al.* The addition of resistant starch and protein to the batter reduces oil uptake and improves the quality of the fried batter-coated nuts [J]. Food Chemistry, 2024, 438: 137992.
- [21] 吴坤龙, 李彦坡, 刘标, 等. 干燥方式对大球盖菇品质及挥发性风味成分的影响[J]. 食品与机械, 2024, 40(2): 168–176.
WU KL, LI YP, LIU B, *et al.* Effects of drying methods on the quality and volatile flavor components of *Stropharia rugosoannulata* [J]. Food and Machinery, 2024, 40(2): 168–176.
- [22] 王纯, 郑钧, 林以琳, 等. 油炸条件对小酥肉食用品质的影响及工艺优化[J/OL]. 现代食品科技, 1–14. [2025-02-21]. <https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.5.0530>
WANG C, ZHENG J, LIN YL, *et al.* Effect of frying conditions on the quality of crispy meat and process optimization [J/OL]. Modern Food Science and Technology, 1–14. [2025-02-21]. <https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.5.0530>
- [23] 陈日新. 抗性淀粉和氯化钙在调理鸡排中的应用研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2019.
CHEN RX. Application of resistant starch and calcium chloride in conditioning chicken steak [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2019.
- [24] 马瑞雪. 水油混合油炸工艺对调理鸡肉制品和油炸用油品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2016.
MA RX. Effect of water-oil mixed frying process on the quality of prepared chicken products and frying oil [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2016.
- [25] 郑向阳. 油炸食品烹饪工艺的优化分析[J]. 食品科技, 2023(31): 159–161.
ZHENG XY. Optimization analysis of cooking process for fried food [J]. Food Science and Technology, 2023(31): 159–161.
- [26] 吕义忠, 黄文权, 阚启鑫, 等. 不同解冻方式下速冻调理鸡排品质的比较分析[J]. 现代食品科技, 2024, 40(9): 278–287.
LV YZ, HUANG WQ, KAN QX, *et al.* Comparative analysis of the quality of quick-frozen prepared chicken chops under different thawing methods [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(9): 278–287.
- [27] 胡郁汉, 蔡伟业, 陈建平, 等. 液氮速冻对调理鸡排冻藏期间品质特性的影响[J]. 食品工业科技, 2024, 45(17): 363–371.
HU YH, CAI WY, CHEN JP, *et al.* Effect of liquid nitrogen quick-freezing on the quality characteristics of prepared chicken chops during frozen storage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(17): 363–371.
- [28] 王赛. 阴离子多糖和中性多糖对调理鸡排品质的影响[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2021.
WANG S. Effects of anionic polysaccharides and neutral polysaccharides on the quality of prepared chicken chops [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2021.
- [29] 罗婧文, 陈超, 王辉, 等. 不同品种甘薯真空油炸加工适宜性评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(1): 216–222.
LUO JW, CHEN C, WANG H, *et al.* Suitability evaluation of different sweet potato varieties for vacuum frying processing [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(1): 216–222.
- [30] 王会来, 马嘉伟, 柳丹, 等. 基于主成分-聚类分析的山区果园土壤肥力评价[J/OL]. 果树学报, 1–20. [2025-03-02]. <https://doi.org/10.13925/j.cnki.gsx.20240599>
WANG HL, MA JW, LIU D, *et al.* Evaluation of soil fertility in mountainous orchard based on principal component-cluster analysis [J/OL]. Journal of Fruit Science, 1–20. [2025-03-02]. <https://doi.org/10.13925/j.cnki.gsx.20240599>

(责任编辑: 于梦娇 安香玉)