

响应面法优化黑椒蜜汁鸡肉丸子配方

付双超, 吕常旭, 郭宗明, 桑文静, 陈娟*
(烟台南山学院 健康学院, 山东 烟台 265713)

摘要:为开发一款以甜辣为特色风味的鸡肉丸子,以感官评分为指标,选取黑椒粉、蜂蜜、玉米淀粉、大豆分离蛋白的添加量进行单因素试验,采用响应面法分析确定黑椒蜜汁鸡肉丸子最佳配方为黑椒粉添加量3.0%、蜂蜜添加量8%、玉米淀粉添加量6%、大豆分离蛋白添加量2.5%,此配方制得的鸡肉丸子色泽焦黄、甜辣滋味协调、弹性及硬度适中,感官评分最高。

关键词:鸡肉丸子;黑椒粉;玉米淀粉;大豆分离蛋白;响应面

Optimizing the Formulation of Black Pepper and Honey Chicken Meatballs by Response Surface Methodology

FU Shuang-chao, LÜ Chang-xu, GUO Zong-ming, SANG Wen-jing, CHEN Juan*
(College of Health, Yantai Nanshan University, Yantai 265713, Shandong, China)

Abstract: This paper intends to prepare a chicken meatball product with a new flavor, namely, the sweet and spicy chicken meatballs. Four factors in the formula including black pepper powder, honey, corn starch, and isolated soybean protein were selected for single-factor tests with sensory score as the indicator. Response surface methodology was employed to determine the optimal formula. The formula was optimized as 3.0% black pepper powder, 8% honey, 6% corn starch, and 2.5% isolated soybean protein. The chicken meatballs prepared with this formula had yellow color, harmonious sweet and spicy taste, and moderate elasticity and hardness, showing the highest sensory score.

Key words: chicken meatballs; black pepper powder; corn starch; isolated soybean protein; response surface

引文格式:

付双超, 吕常旭, 郭宗明, 等. 响应面法优化黑椒蜜汁鸡肉丸子配方[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(8): 140-145.

FU Shuangchao, LÜ Changxu, GUO Zongming, et al. Optimizing the Formulation of Black Pepper and Honey Chicken Meatballs by Response Surface Methodology[J]. Food Research and Development, 2022, 43(8): 140-145.

黑胡椒简称黑椒,烹饪所需的黑椒粉是将不脱壳的胡椒果进行干燥和粉碎而成。2002年,我国卫生部已经把黑椒列入了药食两用的中药目录。黑胡椒富含生物碱、挥发油、有机酸等营养物质,具有抗惊厥、抗肥胖、抗抑郁和抗焦虑的作用^[1-3]。因此,黑胡椒在食品和药品应用领域具有重要价值。蜂蜜的主要成分是葡萄糖与果糖^[4-5],不仅可作为甜味剂添加到鸡肉丸子中,且可与鸡肉中的蛋白质经加热后发生美拉德反应^[6-7],赋予鸡肉丸子特有的香气成分。肉丸作为一种传统的

手工制作食物,深受消费者喜爱。鸡肉丸子是肉丸工业生产中产量较大的一种,它是将鸡肉原本的组织结构进行破坏,并将多种材料打碎、混合、重组后加工制成^[8-9],加工后的鸡肉丸子口感嫩滑且食用方便。目前市场上的鸡肉丸子口味比较清淡且风味单一^[10-11],不能满足消费者的需求。

本研究以黑椒和蜜汁为主要辅料,探讨黑椒粉添加量、蜂蜜添加量、玉米淀粉添加量、大豆分离蛋白添加量4个单因素对鸡肉丸子品质的影响,并在此基础上

作者简介:付双超(1985—),男(汉),讲师,学士,研究方向:农产品加工。

*通信作者:陈娟(1989—),女(汉),讲师,硕士,研究方向:农产品加工。

上进行响应面分析,最终获得黑椒蜜汁鸡肉丸子的最佳配方,以期风味鸡肉丸子的研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

黑椒粉、蜂蜜、玉米淀粉、鸡胸肉:市售;大豆分离蛋白:河南华驰生物科技公司。

SW-CJ-ID 单人净化工作台:苏州净化设备有限公司;LDZX-50KBS 立式压力蒸汽灭菌器:上海申安医疗器械厂;DNP-9082 电热恒温培养箱:上海精宏实验设备有限公司;ZBS-SMKX 烤箱:上海双立人亨克斯有限公司;FA1004 电子分析天平:上海舜宇科学仪器有限公司。

1.2 工艺流程及操作要点

1.2.1 工艺流程

速冻鸡肉→解冻→清洗→沥水→剁碎至肉糜状→加入腌制液→搅拌→腌制→调味→搅拌→制作→烘烤→冷却→成品。

1.2.2 操作要点

(1)原料:选择无污染的纯净鸡胸肉,去骨、去皮、去脂肪、剔筋去膜,在凉水中解冻,清洗干净,沥水。

(2)剁碎:将鸡肉不断进行切分,进一步剁碎至肉糜状。

(3)腌制:按一定比例称取水、料酒、食盐和复合磷酸盐,混合为腌制液,搅拌均匀倒入肉糜中,顺时针搅拌均匀,保鲜膜覆盖,腌制 2 h。

(4)调味:腌制完成后,按一定比例称取酱油、食用油、水、香辛料、辣椒油,加入肉糜中搅拌均匀。

(5)制丸:取约 5 g 肉糜,用丸子制作器制成直径约 30 mm 的圆形丸子。

(6)烘烤:烤箱预热 30 min,上盘温度 200 ℃,下盘温度 180 ℃,烤盘提前预热 10 min,刷少许油,将鸡肉丸子置于烤盘中摆放整齐,烘烤 12 min。

1.2.3 单因素试验

1.2.3.1 黑椒粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

称取处理好的鸡胸肉糜 100 g,腌制和调味后,固定玉米淀粉添加量为 8%、大豆分离蛋白添加量为 2%、蜂蜜添加量为 7%,分别加入 1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%的黑椒粉,搅拌均匀制丸,烘烤 12 min,取出冷却,进行感官评价,考察黑椒粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响。

1.2.3.2 蜂蜜添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

称取处理好的鸡胸肉糜 100 g,腌制和调味后,固定黑椒粉添加量为 3.0%、玉米淀粉添加量为 8%、大

豆分离蛋白添加量为 2%,分别加入 5%、6%、7%、8%、9%的蜂蜜,搅拌均匀制丸,烘烤 12 min,取出冷却,进行感官评价,考察蜂蜜添加量对鸡肉丸子感官评分的影响。

1.2.3.3 玉米淀粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

称取处理好的鸡胸肉糜 100 g,腌制和调味后,固定黑椒粉添加量为 3.0%、蜂蜜添加量为 7%、大豆分离蛋白添加量为 2%,分别加入 2%、4%、6%、8%、10%的玉米淀粉,搅拌均匀制丸,烘烤 12 min,取出冷却,进行感官评价,考察玉米淀粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响。

1.2.3.4 大豆分离蛋白添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

称取处理好的鸡胸肉糜 100 g,腌制和调味后,固定黑椒粉添加量为 3.0%、玉米淀粉添加量为 8%、蜂蜜添加量为 7%,分别加入 1%、2%、3%、4%、5%的大豆分离蛋白,搅拌均匀制丸,烘烤 12 min,取出冷却,进行感官评价,考察大豆分离蛋白添加量对鸡肉丸子感官评分的影响。

1.2.4 响应面试验设计

利用 Design-Expert 8.0 软件中的 Box-Behnken 试验设计原理,结合单因素试验结果,以黑椒粉添加量、玉米淀粉添加量和大豆分离蛋白添加量为 3 个考察因素,以感官评分为指标,设计三因素三水平响应面试验,Box-Behnken 试验设计因素和水平见表 1。

表 1 Box-Behnken 试验因素和水平

Table 1 Factors and levels of Box-Behnken experiment

水平	因素		
	A 黑椒粉 添加量/%	B 玉米淀粉 添加量/%	C 大豆分离蛋白 添加量/%
-1	2.5	4.0	1.0
0	3.0	6.0	2.0
1	3.5	8.0	3.0

1.2.5 感官评定方法

由食品专业的 10 名学生对样品进行感官评定。评分内容包括 5 个方面:弹性、组织状态、风味、口感、色泽,满分为 10 分,收集所有评分数据进行计算,最后的感官评分取各评分的平均值^[12-13]。感官评分标准见表 2。

1.2.6 黑椒蜜汁鸡肉丸子微生物指标的检测

按照 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》和 GB 4789.3—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》,测定黑椒蜜汁鸡肉丸子的微生物指标。

表2 黑椒蜜汁鸡肉丸子的感官评分标准

Table 2 Sensory scoring criteria of black pepper and honey chicken meatball

项目	标准及分值		
	0~0.8分	0.9分~1.5分	1.6分~2.0分
弹性	指压破裂	指压不破裂,弹性较小,较慢恢原状	指压不破裂,弹性较大,较快恢原状
组织状态	切面气孔大而不均匀	切面紧实均匀,气孔稍大	切面紧实均匀,气孔细小
风味	肉香味偏淡,甜辣风味不明显	有肉香味,甜辣风味不协调	有肉香味,甜辣风味协调
口感	无肉感,口感偏粉	肉感较弱,相对松软	有肉感,相对紧实
色泽	颜色发暗,色泽过重	颜色淡黄,色泽过轻	颜色焦黄,色泽协调

1.3 数据处理

单因素试验数据采用 SPSS17.0 软件进行统计分析, 响应面数据处理采用 Design- Expert8.0 进行统计分析, 每个试验均做 3 个平行。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 黑椒粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

黑椒粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响见图1。

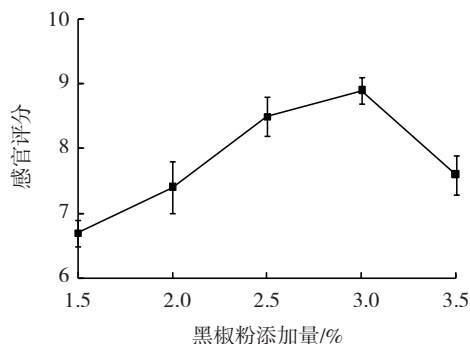


图1 黑椒粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

Fig.1 Effect of the addition of black pepper powder on the sensory score of chicken meatball

如图1所示, 当黑椒粉的添加量增加时鸡肉丸子的感官评分也随之增加。当黑椒粉添加量为3.0%时, 鸡肉丸子的感官评分最高, 其色泽和风味适中。当黑椒粉添加量大于3.0%时, 鸡肉丸子的颜色发暗, 偏黑。而当黑椒粉的添加量低于3.0%时, 鸡肉丸子中黑椒的辛辣风味不够突出, 因此选取黑椒粉添加量2.5%、3.0%、3.5%进行后续试验。

2.1.2 蜂蜜添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

蜂蜜添加量对鸡肉丸子感官评分的影响见图2。

由图2可知, 随着蜂蜜的添加量不断增加, 鸡肉丸子的感官评分先缓慢增大后降低, 确定蜂蜜添加量为8%。整体而言, 蜂蜜添加量对鸡肉丸子的品质影响不是很明显。因此, 在进行响应面分析时, 蜂蜜的添加量不作为关键性因素进行试验。

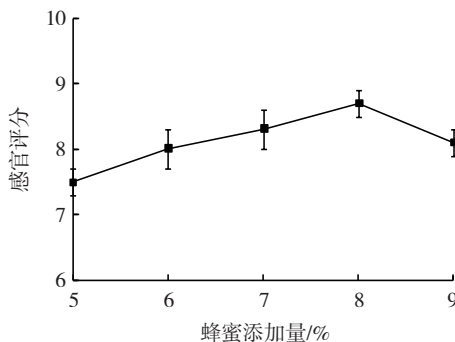


图2 蜂蜜添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

Fig.2 Effect of the addition of honey on the sensory score of chicken meatball

2.1.3 玉米淀粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

玉米淀粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响见图3。

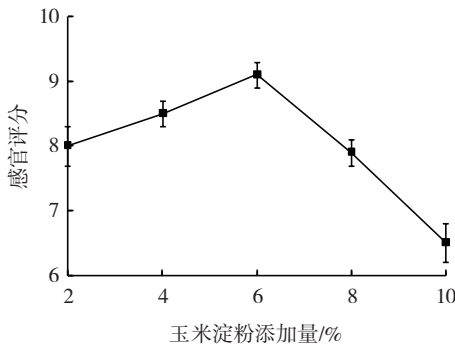


图3 玉米淀粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

Fig.3 Effect of the addition of corn starch on the sensory score of chicken meatball

在肉制品加工中, 肉制品组织结构的改善很关键, 所以在加工肉制品时会选择一些肉制品黏结剂来改善碎肉重组后的组织结构和肉质的咀嚼感。在鸡肉丸子中加入玉米淀粉, 可有效地改善鸡肉丸子的组织结构^[14-16]。由图3可知, 玉米淀粉添加量为6%时鸡肉丸子的感官评分最高。由于玉米淀粉主要影响鸡肉丸子的组织结构和口感, 所以当玉米淀粉添加量大于6%时, 熟制后的鸡肉丸子的口感会发硬, 组织形态一

般,鸡肉丸子的肉质感减弱。当玉米淀粉的添加量低于 6%时,鸡肉丸子的口感松散,即玉米淀粉的黏结性降低。所以选取玉米淀粉添加量 4%、6%、8%进行后续试验。

2.1.4 大豆分离蛋白添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

大豆分离蛋白添加量对鸡肉丸子感官评分的影响见图 4。

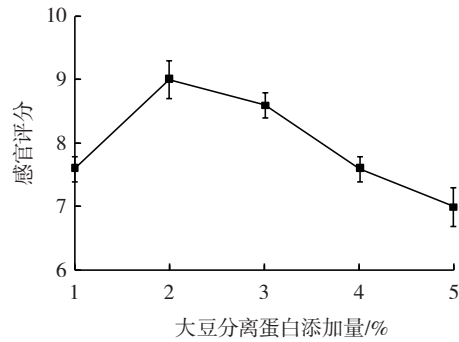


图 4 大豆分离蛋白添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

Fig.4 Effect of the addition of isolated soybean protein on the sensory score of chicken meatball

大豆分离蛋白的特性之一是凝胶性^[17]。大豆分离蛋白添加在肉制品中可以提高肉制品的弹性。在鸡肉丸子中加入大豆分离蛋白,烘烤加热后大豆分离蛋白中的蛋白质分子伸展,其内部的功能基团在加热后开始暴露出来,然后通过二硫键、氢键、疏水作用等作用力交联形成网络状三维空间结构,将水和其他成分包埋起来形成凝胶,从而改善肉制品的风味口感^[18-20]。如图 4 所示,大豆分离蛋白添加量为 2%时鸡肉丸子的感官评分最高。当添加过多的大豆分离蛋白时,鸡肉丸子由于受其凝胶性的影响而弹性降低,从而影响鸡肉丸子的口感。所以选取大豆分离蛋白添加量 1%、2%、3%进行后续试验。

2.2 响应面分析

2.2.1 响应面试验结果

响应面试验设计方案和结果如表 3 所示。

2.2.2 模型建立及方差分析

利用 Design-Expert8.0 软件进行多元回归方程拟合,建立感官评分对黑胡椒粉添加量、玉米淀粉添加量、大豆分离蛋白添加量的二元多项回归方程: $Y=9.06-0.175\ 0A+0.087\ 5B+0.3125C-0.225\ 0AB-0.070\ 5AC-0.150\ 0BC-0.380\ 0A^2-0.505\ 0B^2-0.355\ 0C^2$ 。

方差分析结果见表 4。

由表 4 可知,模型 $P=0.015\ 6<0.05$,说明模型是显著的。失拟项 $P=0.054\ 2>0.05$,说明模型失拟项不显著,表明回归方程与实际情况拟合程度较好,试验误

表 3 响应面优化试验设计与结果

Table 3 Design and result of response surface optimal experiment

试验号	A	B	C	感官评分
1	1	0	1	8.2
2	1	-1	0	8.0
3	0	0	0	9.3
4	-1	0	-1	8.3
5	0	0	0	9.0
6	1	0	-1	8.1
7	-1	-1	0	7.9
8	1	1	0	8.0
9	0	1	-1	7.8
10	0	-1	-1	7.6
11	0	0	0	9.1
12	0	1	1	8.5
13	-1	0	1	8.7
14	0	-1	1	8.9
15	0	0	0	9.0
16	-1	1	0	8.8
17	0	0	0	8.9

表 4 响应面试验方差分析

Table 4 Analysis of variance of response surface experiment

方差来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
模型	3.87	9	0.429 6	5.73	0.015 6	*
A	0.245 0	1	0.245 0	7.42	0.113 5	
B	0.061 3	1	0.061 3	11.59	0.396 0	
C	0.781 2	1	0.781 2	14.02	0.014 5	*
AB	0.202 5	1	0.202 5	7.01	0.144 2	
AC	0.022 5	1	0.022 5	9.79	0.600 7	
BC	0.090 0	1	0.090 0	20.92	0.309 4	
A ²	0.608 0	1	0.608 0	1.71	0.024 7	*
B ²	1.07	1	1.07	18.26	0.006 8	**
C ²	0.530 6	1	0.530 6	5.28	0.032 4	*
残差	0.524 5	7	0.074 9			
失拟项	0.432 5	3	0.144 2	6.27	0.054 2	
纯误差	0.092 0	4	0.023 0			
总和	4.39	16				

注: $P<0.01$,为差异极显著,用 ** 表示; $P<0.05$,为差异显著,用 * 表示; $P>0.05$,为差异不显著。

差小。一次项 C 对感官评分的影响显著($P<0.05$),A 和 B 对感官评分的影响不显著($P>0.05$);二次项中, A^2 和 C^2 影响均显著($P<0.05$), B^2 影响为极显著($P<0.01$)。由 F 值可知,各因素对鸡肉丸子感官评分的影响顺序为 $C>B>A$,即大豆分离蛋白添加量影响最大,其次是玉米淀粉添加量,黑胡椒粉添加量影响最小。

2.2.3 交互作用分析

各因素交互作用对黑椒蜜汁鸡肉丸子感官评分影响的响应面图见图5~图7。

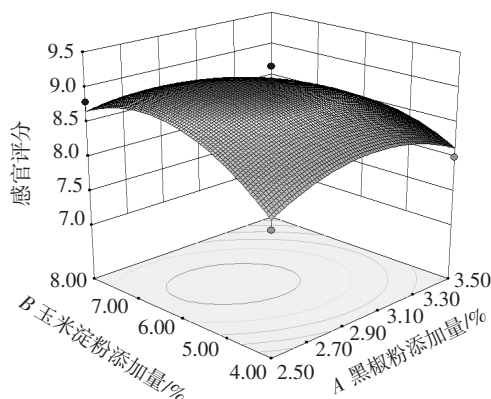


图5 黑椒粉添加量和玉米淀粉添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

Fig.5 Effect of black pepper and corn starch addition on the sensory score of chicken meatball

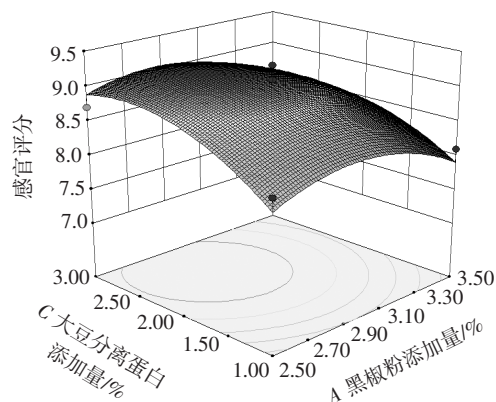


图6 黑椒粉添加量和大豆分离蛋白添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

Fig.6 Effect of black pepper and isolated soybean protein addition on the sensory score of chicken meatball

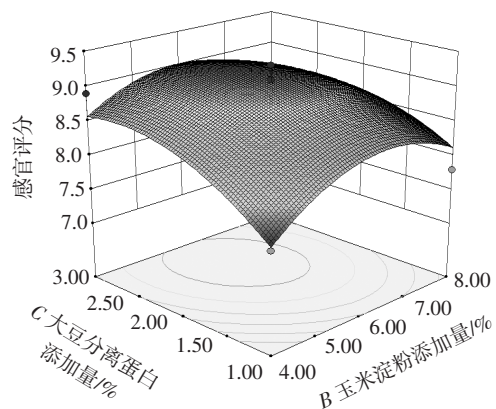


图7 玉米淀粉添加量和大豆分离蛋白添加量对鸡肉丸子感官评分的影响

Fig.7 Effect of corn starch and isolated soybean protein addition on the sensory score of chicken meatball

如图5~图7所示,响应面坡度均较平缓,等高线椭圆形也不明显,说明两因素的交互作用均不明显,与方差分析结果一致。

通过 Design-Expert8.0 软件对建立的回归方程进行参数优化分析,可得黑椒蜜汁鸡肉丸子的最佳工艺配方:黑椒粉添加量 2.850%、玉米淀粉添加量 6.173%、大豆分离蛋白添加量 2.453%,此时鸡肉丸子感官评分预测值为 9.161。

2.2.4 验证试验

为了检验建立的回归模型预测的可靠性,同时考虑到实际生产操作,将最佳工艺条件调整为黑椒粉添加量 3.0%、玉米淀粉添加量 6%、大豆分离蛋白添加量 2.5%。选择调整后的工艺条件进行 3 次平行验证试验,得到产品的平均感官评分 9.0,此结果与预测值相近,说明该模型拟合度较好,可以用于预测黑椒蜜汁鸡肉丸子的加工工艺,具有一定的实践指导意义。

2.3 微生物指标检测结果

微生物指标检测结果见表5。

表5 微生物指标检测结果

Table 5 Test results of microbial indexes

项目	菌落总数/(CFU/g)	大肠菌群/(CFU/g)
标准	≤10 000	≤10
检测结果	9	未检出

由表5可知,黑椒蜜汁鸡肉丸子的菌落总数、大肠菌群的指标均符合国家标准。

3 结论

通过单因素试验和响应面试验优化得出黑椒蜜汁鸡肉丸子的最佳生产配方:黑椒粉添加量 3.0%、蜂蜜添加量 8%、玉米淀粉添加量 6%、大豆分离蛋白添加量 2.5%,利用此配方制作的黑椒蜜汁鸡肉丸子色泽焦黄、甜辣滋味协调、肉质鲜嫩、余味香甜、弹性及硬度适中。本研究对风味鸡肉丸子的制作具有一定的参考意义。

参考文献:

- [1] 葛畅,李明福,张园,等. 胡椒鲜果皮化学成分定性分析[J]. 中国调味品, 2015, 40(6): 109-110, 114.
GE Chang, LI Mingfu, ZHANG Yuan, et al. Qualitative analysis of chemical constituents from *Piper nigrum* L. peel[J]. China Condiment, 2015, 40(6): 109-110, 114.
- [2] 姜太玲,沈绍斌,张林辉,等. 胡椒的化学成分 生理功能及应用研究进展[J]. 农产品加工, 2018(2): 48-51.
JIANG Tailing, SHEN Shaobin, ZHANG Linhui, et al. Research

- progress on chemical constituents, physiological function and application of pepper[J]. *Farm Products Processing*, 2018(2): 48–51.
- [3] ASHOKKUMAR K, MURUGAN M, DHANYA M K, et al. Phyto-chemistry and therapeutic potential of black pepper [*Piper nigrum* (L.)] essential oil and piperine: A review[J]. *Clinical Phytoscience*, 2021, 7: 52.
- [4] 董彩文, 王明雷, 白少怡, 等. 蜂蜜酒发酵工艺条件的优化研究[J]. *粮油食品科技*, 2021, 29(5): 191–196.
- DONG Caiwen, WANG Minglei, BAI Shaoyi, et al. Research on the optimization of mead fermentation technology[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2021, 29(5): 191–196.
- [5] BALKANSKA R, STEFANOVA K, STOIKOVA – GRIGOROVA R. Main honey botanical components and techniques for identification: A review[J]. *Journal of Apicultural Research*, 2020, 59(5): 852–861.
- [6] ESCRICHE I, KADAR M, JUAN-BORRÁS M, et al. Suitability of antioxidant capacity, flavonoids and phenolic acids for floral authentication of honey. Impact of industrial thermal treatment[J]. *Food Chemistry*, 2014, 142: 135–143.
- [7] 应剑, 郝彬秀, 王黎明, 等. 加工过程对蜂蜜品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2014, 40(10): 175–179.
- YING Jian, HAO Binxiu, WANG Liming, et al. Effect of honey processing toward its quality[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2014, 40(10): 175–179.
- [8] 刘锋, 芮汉明. 鸡肉丸配方组成对其质量影响的研究[J]. *食品科学*, 2006, 27(12): 534–537.
- LIU Feng, RUI Hanming. Study on the ingredients of chicken meatball[J]. *Food Science*, 2006, 27(12): 534–537.
- [9] 姜莉莉. 猴头菇鸡肉丸配方研究[J]. *湖北农业科学*, 2019, 58(10): 139–141, 149.
- JIANG Lili. Study on the recipe of *Hericium erinaceus* chicken meatball[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2019, 58(10): 139–141, 149.
- [10] 邓梁虹, 张方, 王晗, 等. 我国即食食品的开发现状与市场前景展望[J]. *保鲜与加工*, 2017, 17(6): 112–121.
- DENG Lianghong, ZHANG Fang, WANG Han, et al. Development status and market prospect of instant food in China[J]. *Storage and Process*, 2017, 17(6): 112–121.
- [11] 周莹. 鸡肉重组工艺研究[J]. *中国调味品*, 2018, 43(7): 84–90.
- ZHOU Ying. Study on the recombinant process of chicken[J]. *China Condiment*, 2018, 43(7): 84–90.
- [12] NISAR M F, ARSHAD M S, YASIN M, et al. Evaluation of gamma irradiation and *Moringa* leaf powder on quality characteristics of meat balls under different packaging materials [J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2020, 44(10): 14748.
- [13] 李云波, 杜素娟, 李明雨, 等. 蛙肉丸子调味配方优化研究[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(9): 71–75.
- LI Yunbo, DU Sujuan, LI Mingyu, et al. Research on the seasoning formula optimization of bullfrog meatball[J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(9): 71–75.
- [14] 赵全. 肉制品成分对玉米淀粉糊化黏度的影响[J]. *食品工业科技*, 2006, 27(7): 52–54.
- ZHAO Quan. The effect of meat product composition on maize starch gelatinization viscosity[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2006, 27(7): 52–54.
- [15] SANTHI D, KALAIKANNAN A, NATARAJAN A. Characteristics and composition of emulsion-based functional low-fat chicken meat balls fortified with dietary fiber sources[J]. *Journal of Food Process Engineering*, 2020, 43(3): 13333.
- [16] 康壮丽, 朱东阳, 祝超智, 等. 玉米淀粉对油炸鸡肉块保水性和感官品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2017, 43(6): 198–202.
- KANG Zhuangli, ZHU Dongyang, ZHU Chaozhi, et al. Effect of corn starch on water holding capacity and sensory properties of fried chicken nuggets[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2017, 43(6): 198–202.
- [17] 王丽, 张英华. 大豆分离蛋白的凝胶性及其应用的研究进展[J]. *中国粮油学报*, 2010, 25(4): 96–99.
- WANG Li, ZHANG Yinghua. Research progress on gel forming property and application of soybean protein isolate[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2010, 25(4): 96–99.
- [18] 熊柳, 刘砚, 孙庆杰. 蛋白质和淀粉对肉制品品质影响的研究[J]. *粮油食品科技*, 2011, 19(2): 26–28.
- XIONG Liu, LIU Yan, SUN Qingjie. Effect of protein and starch on meat products[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2011, 19(2): 26–28.
- [19] 臧学丽. 大豆分离蛋白在食品加工中的应用[J]. *食品安全导刊*, 2019(32): 31.
- ZANG Xueli. Application of isolated soybean protein in food industry[J]. *China Food Safety Magazine*, 2019(32): 31.
- [20] 朱佳倩, 张顺亮, 赵冰, 等. 大豆分离蛋白对肌原纤维蛋白加热过程中结构及流变特性的影响[J]. *肉类研究*, 2019, 33(9): 1–7.
- ZHU Jiaqian, ZHANG Shunliang, ZHAO Bing, et al. Influence of soybean protein isolate on structure and rheological properties of myofibrillar protein during heat-induced gelation[J]. *Meat Research*, 2019, 33(9): 1–7.

加工编辑:王艳

收稿日期:2021-04-26