

二次正交旋转组合设计优化红烧肉酱汁加工工艺

石奇磊^{1,2},任红涛^{1,2},余秋颖^{1,2},崔晨旭^{1,2},张涛^{1,2},王娜^{1,2*}

(1.河南农业大学 食品科学技术学院,郑州 450002;2.郑州市营养与健康食品重点实验室,郑州 450002)

摘要:实验旨在通过采用单因素变量方法和二次正交旋转组合设计,研究红烧肉酱汁加工中各个变量的最佳值。通过二次多项式逐步回归方程确定各个变量的最佳配方(以肉重100 g计):姜0.4%、桂皮1%、八角0.4%、料酒17%、白糖24%。研究表明,姜对红烧肉酱汁的风味影响显著,八角对红烧肉酱汁的风味影响极显著。交互项八角和白糖对红烧肉酱汁的风味影响显著且呈正相关。该实验可为红烧肉酱汁的工业化生产提供有价值的参考。

关键词:红烧肉酱汁;回归方程;二次正交旋转组合;最佳值;工艺配方

中图分类号:TS251.61 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2020.08.019
文章编号:1000-9973(2020)08-0087-05

Optimization of Processing Technology of Braised Meat Sauce by Quadratic Orthogonal Rotation Combination Design

SHI Qi-lei^{1,2}, REN Hong-tao^{1,2}, YU Qiu-ying^{1,2}, CUI Chen-xu^{1,2},
ZHANG Tao^{1,2}, WANG Na^{1,2*}

(1. College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Key Laboratory of Nutritional and Healthy Food in Zhengzhou City, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The purpose of the experiment is to study the best value of each variable in the processing of braised pork sauce by using single variable method and quadratic orthogonal rotation combination design. The best formula (calculated by 100 g meat weight) of each variable is determined by quadratic polynomial stepwise regression equation: ginger is 0.4%, cinnamon is 1%, star anise is 0.4%, cooking wine is 17%, sugar is 24%. The results show that ginger has a significant effect on the flavor of braised pork sauce, and star anise has a very significant effect on the flavor of braised pork sauce. There's a significant and positive correlation between the interaction of star anise and sugar on the flavor of braised pork sauce. This experiment can provide valuable reference for the industrial production of braised pork sauce.

Key words: braised pork sauce; regression equation; quadratic orthogonal rotation combination; optimum value; process formula

红烧肉是我国经典传统肉类菜肴,其由于文化底蕴深厚、制作工艺考究和风味独特而深受人们喜爱^[1]。“酱”是起源于中国的一类调味品,最初出现的酱是以肉类为原料制成的,随着农业的发展,出现了植物性酱类。风味酱是我国传统的调味酱,各种风味酱由于原料和做法不同,色、香、味均有明显的差异^[2-4],其中红烧肉酱汁是深受人们喜爱的一种风味酱,并且随着人们生活水平的提高,对红烧肉酱汁品质的要求越来越高。因此,本实验以猪后腿肉为主要原料,以老抽、白糖、米醋、八

角、桂皮、姜、葱、味精、茴香等为调味料,研究红烧肉酱汁中各个变量的最佳值,以满足人们的需要。

1 材料与方法

1.1 实验材料

精致猪后腿肉(一级肉)、食用植物油、海天老抽王、老才臣料酒王、9°米醋、白糖、八角、桂皮、葱、姜、味精、盐等;均购自于郑州市金水区丰产路丹尼斯超市。

收稿日期:2020-02-11

* 通讯作者

基金项目:郑州市营养与健康食品重点实验室2019年项目(KF20190426)

作者简介:石奇磊(1996-),男,河南濮阳人,硕士研究生,研究方向:食品营养与安全;

王娜(1979-),女,河南南阳人,副教授,博士,研究方向:食品免疫与营养学。

1.2 实验仪器与设备

JA6102 型电子天平、FA2004A 型电子天平 上海精天电子仪器厂; MJ-250PP019 型美的榨汁搅拌机 广东美的生活电器制造有限公司; BCD-277 (KK28F76TI) 型冰箱 博西华家用电器有限公司; PEN3 电子鼻 德国 AIRSENSE 公司。

1.3 工艺流程与操作要点

1.3.1 配方与基本工艺流程

红烧肉酱汁配方见表 1。

表 1 红烧肉酱汁配方

Table 1 The formula of braised pork sauce

成分	用量	成分	用量
后腿肉	100	米醋	4
大豆油	30	料液比	1:7
葱	1.5	姜	0.3
小茴香	0.3	桂皮	0.8
老抽	30	八角	0.3
精制盐	0.5	料酒	15
味精	1	白糖	20

猪后腿肉→清洗→绞碎→油炸→放入八角、桂皮、葱、姜、味精、盐→加老抽、米醋、料酒、白糖进行着色→大火烧开→小火熬干→破碎→装袋。

1.3.2 操作要点

首先挑选精致猪后腿肉,清洗,静置;然后将挑选的肉放入绞肉杯中绞碎,成碎块状;将准备好的大豆油放入平底锅中加热,然后将备好的肉放在锅内油炸约 20 s,炸制有肉香味、颜色变色且无血色即可;随后将八角、桂皮、姜、盐、味精、葱等配料放入锅中,搅拌均匀;再加入老抽、料酒、米醋、白糖进行着色,然后加入准备好的热水,大火烧开约 30 min,再改小火加热约 1 h,熬成浓稠状且无糊状,然后破碎、装袋。

1.4 实验设计

1.4.1 单因素实验

在预实验研究的基础上,对影响红烧肉酱汁风味因素突出的原辅料姜、桂皮、八角、料酒、白糖进行单因素实验^[5,6],变化量见表 2。

表 2 5 个因素的变化量

Table 2 The changes of five factors

水平	因素				
	姜	桂皮	八角	料酒	白糖
1	0.1	0.6	0.1	13.0	16.0
2	0.2	0.7	0.2	14.0	18.0
3	0.3	0.8	0.3	15.0	20.0
4	0.4	0.9	0.4	16.0	22.0
5	0.5	1.0	0.5	17.0	24.0

1.4.2 二次正交旋转组合设计

由预实验可知,对红烧肉风味影响较大的因素有姜、桂皮、八角、料酒、白糖。以姜(X_1)、桂皮(X_2)、八角(X_3)、料酒(X_4)、白糖(X_5)为考察因素,进行二次正

交旋转组合设计^[7],见表 3。

表 3 二次正交旋转组合实验因素水平表

Table 3 The factors and levels of quadratic orthogonal rotation combination test

水平编码值	因素				
	X_1 姜	X_2 桂皮	X_3 八角	X_4 料酒	X_5 白糖
-2	0.15	0.50	0.15	12.00	14.00
-1	0.20	0.60	0.20	13.00	16.00
0	0.25	0.70	0.25	14.00	18.00
1	0.30	0.80	0.30	15.00	20.00
+2	0.35	0.90	0.35	16.00	22.00

1.5 感官评定

1.5.1 感官评定的方法

选定 10 名食品感官评价人员,对照感官评价表进行评测^[8],评价标准见表 4。

表 4 红烧肉酱汁感官评价标准

Table 4 Sensory evaluation standard of braised pork sauce

项目	评分标准	评分
色泽	呈酱褐色	21~30
	酱色过重或过浅	11~20
香气	红烧肉有香气,但色泽偏暗	1~10
	醇厚鲜美,滋味丰满,余味缭绕	21~30
	有红烧肉香气但不够浓郁,无异味	11~20
滋味	味道不好,没有肉香气,有异味	1~10
	有红烧肉味,很浓郁	21~30
	有红烧肉香气,但不够浓郁	11~20
	有红烧风味,单薄,有异味	1~10

1.5.2 电子鼻测定

实验选用 PEN3 型便携式电子鼻,包含 10 个金属氧化物传感器阵列,其敏感性和选择性达 $10^6 \sim 10^9$ 级,性能描述见表 5。

表 5 PEN3 型便携式电子鼻传感器性能描述

Table 5 Performance description of PEN3 portable electronic nose sensors

编号	传感器	性能描述
S1	W1C	芳香族类
S2	W5S	灵敏度大,对氮氧化物敏感
S3	W3C	对氨类敏感
S4	W6S	对氢气有选择性
S5	W5C	烷烃
S6	W1S	对甲基类敏感
S7	W1W	对硫化物敏感
S8	W2S	对乙醇敏感
S9	W2W	芳香成分,对有机硫化物敏感
S10	W3S	对烷烃敏感

根据气味标识并利用化学计量学软件对不同气味进行快速鉴别,对每个样品进行数据计算和识别,可得到样品的气味指纹图和气味标记^[9,10]。

电子鼻测定风味步骤:连接好电子鼻,打开电源预热 30 min,取酱汁样品 5 g,放入 50 mL 锥形瓶中,瓶口用 3 层保鲜膜密封,并用橡胶皮筋固定,45 °C 水浴

保温 5 min 测定,每个样品制备重复 3 次,设定传感器清洗时间为 120 s,测定时间为 60 s。

1.6 数据处理

实验数据采用 Microsoft Office Excel 2013 和 DPS 数学统计分析软件和 WinMuster 软件中的主要成分分析(PCA)和线性判别分析(LDA)进行分析^[11]。

2 结果与分析

2.1 单因素感官评价分析

2.1.1 姜对红烧肉酱汁风味的影响

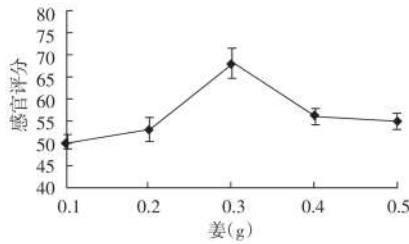


图 1 姜对红烧肉酱汁风味的影响

Fig. 1 The effect of ginger on the flavor of braised pork sauce

由图 1 可知,姜有穿透性辛辣气味和温和的芳香,姜用量较少时无法达到除腥祛味的目的,过量时产生辛辣味而影响感官,所以姜的添加量为 0.3 g 时最佳,感官评分最高。

2.1.2 桂皮对红烧肉酱汁风味的影响

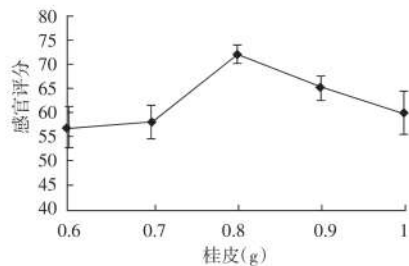


图 2 桂皮对红烧肉酱汁风味的影响

Fig. 2 The effect of cinnamon on the flavor of braised pork sauce

由图 2 可知,桂皮香气馥郁,可使肉类菜肴去腥解腻,令人食欲大增。桂皮用量过多会掩盖住其他香辛料风味,过少会影响红烧肉酱汁的品质,所以桂皮的添加量为 0.8 g 最佳,感官评分最高。

2.1.3 八角对红烧肉酱汁风味的影响

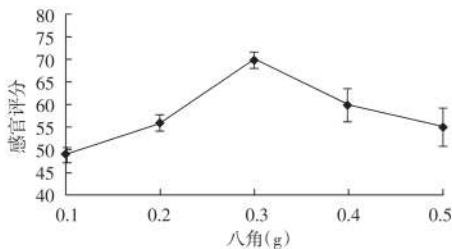


图 3 八角对红烧肉酱汁风味的影响

Fig. 3 The effect of star anise on the flavor of braised pork sauce

由图 3 可知,八角可除腥膻等异味,使肉味更加醇香,增进食欲。添加量较少时影响红烧肉酱汁的醇香风味,过量时会掩盖其他香辛料风味,所以八角的添加量为 0.3 g 时最佳,感官评分最高。

2.1.4 料酒对红烧肉酱汁风味的影响

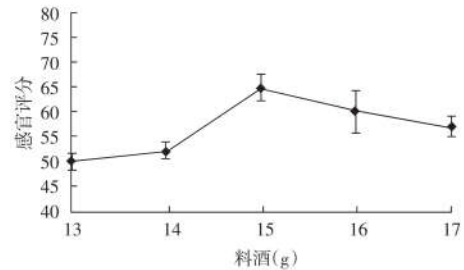


图 4 料酒对红烧肉酱汁风味的影响

Fig. 4 The effect of cooking wine on the flavor of braised pork sauce

由图 4 可知,料酒的主要功能在于去腥增鲜,加入过多时会因料酒味太重而影响酱汁本身的滋味,添加过少时无法发挥去腥增鲜的目的,所以料酒的用量为 15 g 时最佳,感官评分最高。

2.1.5 白糖对红烧肉酱汁风味的影响

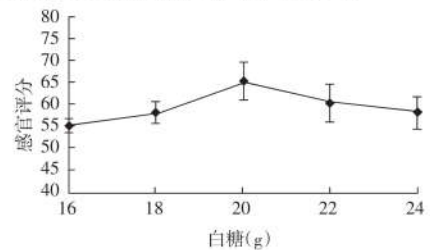


图 5 白糖对红烧肉酱汁风味的影响

Fig. 5 The effect of sugar on the flavor of braised pork sauce

由图 5 可知,白糖能改善酱汁色泽,提升鲜味。白糖添加过多会导致酱汁偏甜而影响口感,添加量过少时不能提鲜和改善色泽,所以白糖的添加量为 20 g 时最佳,感官评分最高。

2.2 二次正交旋转组合实验结果与分析

表 6 二次正交旋转组合设计方案与结果

Table 6 Quadratic orthogonal rotation combination design scheme and the results

序号	X ₁ 姜	X ₂ 桂皮	X ₃ 八角	X ₄ 料酒	X ₅ 白糖	感官评分(平均值)
1	1	1	1	1	1	67
2	1	1	1	-1	-1	59
3	1	1	-1	1	-1	57
4	1	1	-1	-1	1	56
5	1	-1	1	1	-1	54
6	1	-1	1	-1	1	55
7	1	-1	-1	1	1	53
8	1	-1	-1	-1	-1	56

续 表

序号	X ₁ 姜	X ₂ 桂皮	X ₃ 八角	X ₄ 料酒	X ₅ 白糖	感官评分(平均值)
9	-1	1	1	1	-1	54
10	-1	1	1	-1	1	55
11	-1	1	-1	1	1	53
12	-1	1	-1	-1	-1	55
13	-1	-1	1	1	1	56
14	-1	-1	1	-1	-1	55
15	-1	-1	-1	1	-1	54
16	-1	-1	-1	-1	1	49
17	-2.0000	0	0	0	0	53
18	2.0000	0	0	0	0	53
19	0	-2.0000	0	0	0	58
20	0	2.0000	0	0	0	57
21	0	0	-2.0000	0	0	55
22	0	0	2.0000	0	0	59
23	0	0	0	-2.0000	0	56
24	0	0	0	2.0000	0	56
25	0	0	0	0	-2.0000	51
26	0	0	0	0	2.0000	59
27	0	0	0	0	0	56
28	0	0	0	0	0	56
29	0	0	0	0	0	53
30	0	0	0	0	0	58
31	0	0	0	0	0	55
32	0	0	0	0	0	59
33	0	0	0	0	0	58
34	0	0	0	0	0	51
35	0	0	0	0	0	54
36	0	0	0	0	0	56

将表 6 中数据通过计算机软件 DPS 7.05 进行分析,建立数学回归模型,得到二次多项式逐步回归方程:
 $Y=55.66667+1.08333X_1+0.91667X_2+1.25000X_3+0.33333X_4+0.66667X_5-0.68750X_1^2+0.43750X_2^2+0.31250X_3^2-0.18750X_5^2+1.12500X_1X_2+0.62500X_1X_5+0.37500X_2X_3+0.75000X_2X_5+0.37500X_3X_4+1.37500X_3X_5+1.25000X_4X_5$ 。

表 7 偏回归系数显著性检测结果

Table 7 Significance test of partial regression coefficients

	偏相关	t 检验值	P 值
X ₁	0.4502	2.1974	0.0399 *
X ₂	0.3924	1.8593	0.0778
X ₃	0.5028	2.5355	0.0197 **
X ₄	0.1533	0.6761	0.5067
X ₅	0.2963	1.3522	0.1914
X ₁ ²	-0.3465	1.6102	0.1230
X ₂ ²	0.2288	1.0247	0.3177
X ₃ ²	0.1656	0.7319	0.4727
X ₅ ²	-0.1002	0.4392	0.6653

表 7 偏回归系数显著性检测结果

Table 7 Significance test of partial regression coefficients

	偏相关	t 检验值	P 值
X ₁ X ₂	0.393	1.8632	0.0772
X ₁ X ₅	0.231	1.0351	0.3130
X ₂ X ₃	0.1411	0.6211	0.5416
X ₂ X ₅	0.2741	1.2421	0.2286
X ₃ X ₄	0.1411	0.6211	0.5416
X ₃ X ₅	0.463	2.2772	0.0339 *
X ₄ X ₅	0.429	2.0702	0.0516

注:“*”表示显著,“**”表示极显著。

方差分析结果显示:二次多项式逐步回归线性方程相关系数 R=0.8154,体现出二次多项式逐步回归方程与全部实验值在整体上的符合程度较高。显著水平 P=0.0384<0.05,所以回归方程显著,即实验数据与所采用的二次数学模型基本符合。

每个因素的 t 值可以反映出各个因素对实验指标的重要性,t 值越大,表明对实验指标的影响越大^[12]。由表 7 可知,八角对红烧肉酱汁风味影响极显著,姜的影响显著,桂皮、白糖、料酒的影响不显著。各因素间的交互作用中,八角和白糖对红烧肉酱汁风味的影响显著且呈正相关。5 个因素的影响大小顺序为八角>姜>桂皮>白糖>料酒。

根据回归方程换算各个因素组合得出理论指标 F_{max}=87.1663。二次正交旋转组合实验得出的最佳配方(以肉重 100 g 计):姜 0.4%、桂皮 1%、八角 0.4%、料酒 17%、白糖 24%,按照组合方案做 3 次验证,可知实测感官评分为 85.1254,与理论值(87.1663)相接近,相对误差为 2.3%,验证了数学回归模型的适合性^[13]。

2.3 电子鼻测定

2.3.1 主成分分析

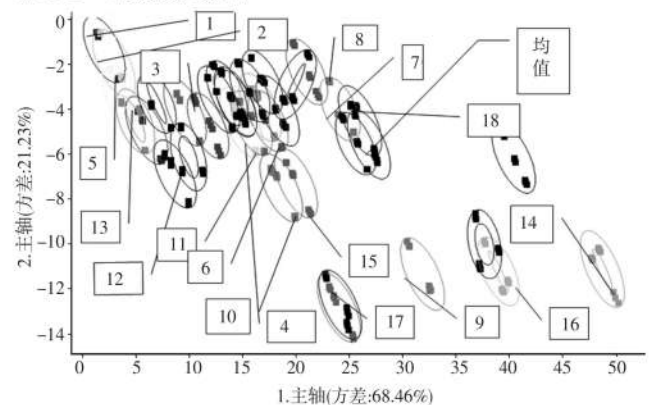


图 6 红烧肉酱汁电子鼻 PCA 分析图

Fig. 6 PCA analysis chart of braised pork sauce by electronic nose

由图 6 可知,第一主成分和第二主成分的总贡献率为 89.69%,可较好地反映不同因素添加量的样品

信息^[14]。图 6 中每个椭圆代表同一处理方式下红烧肉酱汁的数据采集点,且同一样品的数据点聚集程度均较高,说明稳定性和重复性较好。从主成分 PC1(贡献率 21.23%)和 PC2(贡献率 68.46%)两个主轴上看,呈较好的单项趋势,从第一组定量组的位置来看,只有第 9,14,16 等个别组离得较远,说明差异比较大,滋味香气、色泽差异大,其余均和第一组很接近,说明差异不大,风味很好。

2.3.2 线性判别法分析

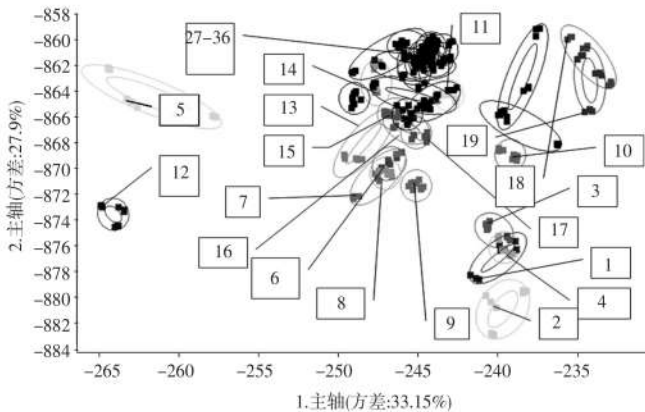


图 7 红烧肉酱汁电子鼻 LDA 分析图

Fig. 7 LDA analysis chart of braised pork sauce by electronic nose

由图 7 可知,两个判别式的总贡献率为 60.74%,判别式 LD1 和 LD2 的贡献率分别为 33.15%和 27.59%,整体聚集程度集中。第 1,2,3,4,17,18,19 组通过判别式 LD2 分布较集中,其余组通过横纵坐标相互交替区分 LD1 和 LD2,最佳变量与主成分分析相一致,并且无重要信息遗漏,可认定分析的有效性^[15]。

3 结论

通过二次正交旋转组合实验和电子鼻分析,对红烧肉酱汁工艺进行优化,确定最佳工艺配方为(以肉重 100 g 计):姜 0.4%、桂皮 1%、八角 0.4%、料酒 17%、

白糖 24%。其中姜对红烧肉酱汁风味的影响显著,八角对红烧肉酱汁风味的影响极显著。交互项八角和白糖对红烧肉酱汁的风味影响显著且呈正相关。本文可为企业规模化生产红烧肉酱汁提供依据和参考信息。

参考文献:

- [1]焦慎江,赵志磊,张良,等.腌制预处理对红烧肉品质的影响[J].食品科学,2018,39(15):72-79.
- [2]袁益欢,陈祖明,周占富,等.江湖风味泡椒香辣酱制作工艺研究[J].中国调味品,2019,44(4):152-155,158.
- [3]郝志阔,叶小文,钟晓霞,等.广式糖醋酱制作工艺研究[J].中国调味品,2018,43(10):126-129.
- [4]张元嵩,周帆,蒋云升.黔北风味辣子鸡酱制作工艺优化[J].中国调味品,2018,43(7):99-101.
- [5]张郁松.风味麻辣香菇酱工艺的研制[J].中国调味品,2019,44(9):138-140.
- [6]顾思远,刘达玉,杨长平,等.松茸牛肉调味酱加工工艺研究[J].中国调味品,2019,44(12):108-110,116.
- [7]陈海燕,刘青娥,钟仙龙,等.二次正交旋转组合设计优化香菇废菌棒蛋白质的提取工艺[J].食品工业科技,2013,34(1):247-250.
- [8]谢善慈.海鲜菇酱加工工艺的研究[J].中国调味品,2019,44(3):131-135.
- [9]杨鑫,郑雨敏,杨璐.基于电子鼻的红肠风味评价[J].食品科学,2019,40(16):177-184.
- [10]陈静,孙宇,沈丽.电子鼻在农产品品质检测中的应用进展[J].安徽农业科学,2015,43(3):364-366.
- [11]徐伟,季索菲.DPS 数据处理系统在生物统计分析中的应用[J].榆林学院学报,2014,24(4):24-27.
- [12]张梅.二次回归正交旋转组合设计优选灵芝孢子粉多糖的提取工艺[J].闽江学院学报,2017,38(2):79-84.
- [13]李加兴,肖秀凤,陈选,等.二次正交旋转组合设计优化水酶法提取牡丹籽油工艺[J].中国油脂,2014,39(12):1-5.
- [14]夏成凯,宋芊芊,方成武.基于电子鼻技术区分不同产地的牡丹皮药材[J].中国现代应用药学,2019,36(21):2633-2637.
- [15]张虹艳,丁武.基于 fisher 线性判别和 BP 神经网络的电子鼻羊奶贮藏时间预测[J].中国食品学报,2012,12(6):166-173.

(上接第 86 页)

- [4]Wu Fangfang, Zhou Chunhui, Zhou Dandan, et al. Structure characterization of a novel polysaccharide from *Hericium erinaceus* fruiting bodies and its immunomodulatory activities[J]. Food & Function, 2018, 9(1):294-306.
- [5]Chang H C, Yang H L, Pan J H, et al. *Hericium erinaceus* inhibits TNF- α -induced angiogenesis and ROS generation through suppression of MMP-9/NF- κ B signaling and activation of Nrf2-mediated antioxidant genes in human EA. hy926 endothelial cells[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2016(10):60-63.
- [6]刘晓燕.猴头菇运动饮料研制分析及其抗疲劳功能探讨[J].中国食用菌,2019,38(7):64-66.
- [7]肖玉娟,傅奇,何少贵,等.猴头菇多糖果醋饮料的研制[J].食品工业,2018,39(12):104-108.

- [8]贺莹,冯彩平,李彩林.猴头菇益生菌奶片的研制[J].食品工业,2018,39(4):150-154.
- [9]丁建军,郭舒.鲜辣杏鲍菇酱的研制[J].中国调味品,2019,44(9):153-156,160.
- [10]QB 1007-1990.罐头食品净重和固形物含量的测定[S].
- [11]刘晓梅,刘娟汝,刘雨诗,等.香辣香菇风味酱的研制与质量检查[J].中国调味品,2018,43(12):116-120,125.
- [12]赵山山,杨晓艳,杨园园,等.红薯全粉无蛋低脂沙拉酱的研制及货架期的研究[J].中国调味品,2019,44(3):107-112.
- [13]邸一桓,赵山山,郝光飞,等.不同贮藏温度下沙拉酱货架期总菌落数和品质变化规律研究[J].中国调味品,2019,44(1):36-39,57.
- [14]裴晓燕,曹长会,闫琳,等.2017 年中国市售酱油微生物污染状况分析[J].中国调味品,2018,43(12):191-195.
- [15]边昊,雷镇欧.不同发酵温度模式对辣椒酱品质影响研究[J].中国调味品,2019,44(5):119-123.