

基于模糊数学综合评价法优化香菇油辣椒酱的制作配方

管庆林, 周笑犁, 王 瑞, 吴 静, 田其明, 钟定江

Optimization of Production Recipe of *Lentinus edodes* Oil Chili Sauce Based on Fuzzy Mathematics Comprehensive Evaluation Method

GUAN Qinglin, ZHOU Xiaoli, WANG Rui, WU Jing, TIAN Qiming, and ZHONG Dingjiang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021020077>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

模糊数学感官评价法优化三种干果复合固体饮料的配方

Optimization of the Formulation of Three Kinds of Dried Fruit Composite Solid Beverage by Fuzzy Mathematics Sensory Evaluation Method

食品工业科技. 2020, 41(9): 175-180

基于模糊数学综合评判法优化江州老坛酸菜复合牛肉酱配方

Optimization of Jiang-zhou Sauerkraut Compound Beef Sauce Formula Based on Fuzzy Mathematics Comprehensive Evaluation

食品工业科技. 2020, 41(22): 172-177,184

模糊数学结合响应面法优化番茄调味酱的配方

The Optimization of Tomato Sauce Recipe Based on Fuzzy Mathematics and Response Surface Method

食品工业科技. 2019, 40(11): 211-217

模糊数学感官评价法优化猕猴桃果糕制作配方

Optimization of Processing Formula of Kiwifruit Cake by Fuzzy Mathematical Sensory Evaluation

食品工业科技. 2020, 41(19): 212-218,351

基于模糊数学综合评价法优化水晶虾仁的浆液配方

Formular optimization of starch in crystal shrimps based on the fuzzy mathematics evaluation

食品工业科技. 2017(11): 209-213

基于模糊数学评价法优化蛋清糊配方设计

Optimization of Egg White Batter Formulation Design Based on Fuzzy Mathematics Evaluation Method

食品工业科技. 2021, 42(16): 147-153



关注微信公众号，获得更多资讯信息

管庆林, 周笑犁, 王瑞, 等. 基于模糊数学综合评价法优化香菇油辣椒酱的制作配方 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(21): 173-181. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021020077

GUAN Qinglin, ZHOU Xiaoli, WANG Rui, et al. Optimization of Production Recipe of *Lentinus edodes* Oil Chili Sauce Based on Fuzzy Mathematics Comprehensive Evaluation Method[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(21): 173-181. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021020077

基于模糊数学综合评价法优化香菇油辣椒酱的制作配方

管庆林¹, 周笑犁^{1,*}, 王 瑞¹, 吴 静¹, 田其明², 钟定江²

(1. 贵阳学院食品与制药工程学院, 贵州贵阳 550005;

2. 麻江县明洋食品有限公司, 贵州凯里 556000)

摘要: 为提高香菇资源的综合利用率, 在现有香菇酱制品的基础上探讨以香菇为主, 辅以糍粑辣椒制备感官品质优良调味产品的适宜工艺和配方。本文以黔产等外级香菇为主要原料, 辣椒、豆瓣酱等为辅料, 采用模糊数学感官综合评价法优化其制作配方, 并对其色泽、质构、理化及卫生指标进行分析。结果表明: 香菇油辣椒酱在基础配方(食用油 100 g、酒糟 8%、白芝麻 2%、干辣椒 3.3% 和花椒粉 1.3%)的基础上, 添加香菇丁 52%、辣椒 16.5%、豆瓣酱 13%、白糖 1.98%、食盐 1.32% 和呈味核苷酸二钠(I+G) 0.132%, 该配方下的产品感官评分达到(88.75±3.07)分, 且产品颜色红润有光泽, 香气协调, 菇味浓郁, 菇粒软硬适中, 口感层次分明、鲜美; 经测定产品的蛋白质为(5.58±0.47) g/100 g、水分(5.11±0.08) g/100 g, 氨基酸态氮为(4.87±0.06) g/100 g, 且微生物指标结果均合格。本研究可为香菇及其等外级菇品的精深加工提供理论依据, 也为实现香菇的综合利用奠定基础。

关键词: 香菇, 模糊数学法, 调味品, 配方优化

中图分类号: TS264.2⁺9

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2021)21-0173-09

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021020077

本文网刊:



Optimization of Production Recipe of *Lentinus edodes* Oil Chili Sauce Based on Fuzzy Mathematics Comprehensive Evaluation Method

GUAN Qinglin¹, ZHOU Xiaoli^{1,*}, WANG Rui¹, WU Jing¹, TIAN Qiming², ZHONG Dingjiang²

(1. College of Food and Pharmacy Engineering, Guiyang University, Guiyang 550005, China;

2. Majiang Mingyang, Food Co., Ltd., Kaili 556000, China)

Abstract: In order to improve the comprehensive utilization of *Lentinus edodes* resources, on the basis of the existing *Lentinus edodes* sauce products, the appropriate optimization and recipe for preparing seasoning products with good sensory quality by using *Lentinus edodes* as the main recipe were discussed. In this paper, *Lentinus edodes* as the main raw materials produced in Guizhou, pepper and bean paste as the secondary material, by combining fuzzy mathematics sensory evaluation method optimal recipe of *Lentinus edodes* oil chili sauce, and its color, texture, physical and chemical indicators were analyzed. The results showed that the optimal recipe were: 52% *Lentinus edodes*, 16.5% chili, broad bean paste 13%, sugar 1.98%, salt 1.32% and flavor nucleotide disodium (I+G) 0.132% based on the basic recipe (edible oil 100 g, vinasse 8%, white sesame 2%, dried chili 3.3% and pepper powder 1.3%). This product sensory evaluation score of the recipe reached (88.75±3.07), and the product color was ruddy and shiny, the aroma was coordinated, and had a strong aroma of *Lentinus edodes* flavor, the *Lentinus edodes* granules were moderate in hardness and softness, the taste was distinct and delicious. The determined protein of the product was (5.58±0.47) g/100 g, moisture was (5.11±0.08) g/100 g, amino nitrogen was (4.87±0.06) g/100 g, and the microbiological index results were all qualified. This study can provide a

收稿日期: 2021-02-09

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2020]1Y161号); 国家级大学生创新创业训练计划项目(202010976001); 2020年中央引导地方科技发展资金项目(黔科中引地[2020]4018号)。

作者简介: 管庆林(1996-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品工程, E-mail: 421855866@qq.com。

*** 通信作者:** 周笑犁(1985-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 食品营养学, E-mail: lizi008009@126.com。

theoretical basis for the deep processing of *Lentinus edodes* and other foreign grade products, and also lay the foundation for the comprehensive utilization of *Lentinus edodes*.

Key words: *Lentinus edodes*; fuzzy mathematics; condiment; formula optimization

香菇(*Lentinus edodes*)也称香菌、香信^[1],含有丰富的蛋白质、必需氨基酸、维生素 B 族、维生素 C、麦角固醇、矿物质和糖类,且脂肪含量较低^[2],是 21 世纪“一荤一素一菇”饮食结构的理想原料;具有抗肿瘤、降血糖、降血脂、抑菌抗病毒、抗氧化等多种功效^[3-6]。新鲜香菇代谢旺盛,在室温下 1~3 d 会出现开伞、失水、菌盖褐变、腐烂等现象,从而影响鲜菇的食用价值和商品价值。因此每年因外观品质差、采收不及时或鲜品滞销积累了大量的等外级香菇(GB/T 38581-2020),往往都被加工成饲料或丢弃处理,造成了资源浪费。目前香菇以鲜销、干制为主,对香菇的研究以其中多糖、多肽的提取工艺和功效研究为主^[7-8],但对其精深加工产品的研发力度不足。对香菇,尤其是以等外级香菇为主的精深加工产品的开发亟待研究,最终实现香菇加工产品的多元化,并拉长香菇产业链。

调味品作为改善食品色、香、味和增进人们食欲、有益人体健康的辅助食品,也是人们生产、生活中不可或缺的消耗品,拥有发展迅猛、种类多样、市场销售空间广等特点,是典型的“小产品,大市场”。随着我国整体经济水平的快速发展,传统调味品正向营养健康、口味独特、方便快捷的复合调味品转变。而复合调味料是指用两种或两种以上的调味料为原料,添加或不添加辅料,经相应工艺加工制成的可呈液态、半固态或固态的产品(GB 31644),现正以 20% 的年增速增长。对我国调味料产品来说,形式单一、风味欠缺且核心产品不足,而复合调味料在发展过程中对原料选择、营养健康、风味组成等方面亟需有新的突破。在调味品的研究中,国外学者更倾向研究调味品,尤其是发酵调味品的风味形成机理^[9]、营养成分及生物活性^[10],而国内学者则多集中在调味品的工艺优化及产品研发上,如,在传统辣椒酱中加入大蒜和香菇、黄豆酱等开发一款蒜菇辣酱^[11];在豆瓣酱的基础上加入茶树菇、酱卤牛肉、橄榄油等原料制作茶树菇牛肉酱^[12];或以四川省通江县特色资源香菇为原料,并辅以黄豆酱、小米辣等研制符合西南地区人群口味的香辣香菇风味酱^[13]。

因此,本文在贵州传统地方特色油辣椒酱的基础上,以黔产等外级香菇为主要原料,结合糍粑辣椒及其他辅料研发一款具有地方风味特色的香菇复合调味品。将模糊数学评定法与感官评价结合,能使感官评价过程中由主观性带来的误差减小,采用此法对香菇油辣椒酱的配方进行优化,并分析产品的色泽、质构及理化指标和卫生指标,以期对香菇及其等外级菇品的精深加工提供理论依据,也为实现香菇的综合利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

干香菇、干辣椒、郫县豆瓣酱、食用油、新鲜姜、蒜、芝麻、白糖、花椒、食盐、I+G(呈味核苷酸钠)、酒糟、香辛料(八角、桂皮、草果、砂仁、大葱、香叶)、市售产品 A(香菇油辣椒)、B(招牌香菇酱)、C(香辣香菇酱)等均购于沃尔玛超市;平板计数琼脂、结晶紫中性红胆盐琼脂、马铃薯葡萄糖琼脂培养基 上海博微生物科技有限公司;硫酸钾、硫酸铜分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;硫酸分析纯,重庆川东化工(集团)有限公司;无水乙醇分析纯,天津市富宇精细化工有限公司;酚酞 天津市致远化学试剂有限公司。

YXQ-LS-50SII 立式高压灭菌锅 上海博讯实业有限公司医疗设备厂;SW-CJ-1G 单人超净工作台

上海力辰邦西仪器科技有限公司;101-2 电热鼓风干燥箱、DH5000B II 电热恒温培养箱 天津市泰斯特仪器有限公司;AUW120D 电子分析天平、UV2700 紫外分光光度计 日本岛津仪器有限公司;SH420F 石墨消解仪 海能仪器股份有限公司;TA.XT.Plus 质构仪 英国 SMS 公司;CR400-色差仪 日本柯尼卡美能达。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程



1.2.2 操作要点

1.2.2.1 香辛料炸制 将食用油加热至 160 ℃ 以上,加入 0.3 g 桂皮、0.3 g 八角、0.3 g 香叶、0.2 g 草果、0.2 g 砂仁等炸制 20 s 后,加入 0.5 g 大葱,再炸制 20 s 后捞出,冷却油温降至 110 ℃ 左右。

1.2.2.2 香菇的预处理 选用大小相近、无蛀虫、无霉变的干香菇,复水后捞出清洗干净后切成 1 cm×1 cm×0.5 cm 的小丁,然后放入油温为 110 ℃ 炒 2 min^[14],沥干油后备用。

1.2.2.3 糍粑辣椒的制备 选用颜色鲜红、无霉变的干辣椒,剪断去籽,于温水中浸泡隔夜,沥干水分;将新鲜姜、蒜去皮洗净,切粒,以辣椒质量为基准各加入 10% 的姜和蒜,用组织搅碎机打碎^[15]。

1.2.2.4 煸炒 食用油中加入干辣椒炒出油辣椒香味,然后加入糍粑辣椒小火熬制,除去水分后再放入豆瓣酱、香菇丁煸炒,加入酒糟,快速搅拌均匀。

1.2.2.5 调味 花椒、芝麻、食盐、白糖等调味料加

入锅中,快速翻炒 1~2 min 后,冷却。

1.2.2.6 灌装、杀菌 待酱体冷却至室温后,选用玻璃罐和金属盖子并配用橡胶圈密封,趁热灌装,每瓶净重 220 g,然后在沸水中煮 15~30 min 杀菌^[13,15]。

1.2.3 单因素实验 不同物料的添加量对酱体的品质影响不同,在进行香菇油辣椒酱配方优化时,首先确定了食用油 100 g、酒糟 8%、白芝麻 2%、干辣椒粉 3.3% 和花椒粉 1.3% 等基础配方后,再对主要影响酱体品质的香菇丁、糍粑辣椒、豆瓣酱、食盐、白糖、呈味核苷酸二钠添加量进行单因素实验,然后建立模糊数学感官综合评价模型,从而获得各因素对香菇油辣酱模糊数学感官综合评价值的影响。

1.2.3.1 香菇丁添加量对酱体感官品质的影响 固定添加 16.5% 糍粑辣椒、13% 豆瓣酱、1.98% 食盐、1.98% 白糖和 0.132% 呈味核苷酸二钠,香菇丁添加量选择 40%、46%、52%、58%、64%,以感官评分为指标,考察香菇丁添加量对香菇油辣椒酱感官品质的影响。

1.2.3.2 糍粑辣椒添加量对酱体感官品质的影响 固定添加 52% 香菇丁、13% 豆瓣酱、1.98% 食盐、1.98% 白糖和 0.132% 呈味核苷酸二钠,糍粑辣椒添加量选择 10%、13%、16.5%、20%、23%,以感官评分为指标,考察糍粑辣椒添加量对香菇油辣椒酱感官品质的影响。

1.2.3.3 豆瓣酱添加量对酱体感官品质的影响 固定添加 52% 香菇丁、16.5% 糍粑辣椒、1.98% 食盐、1.98% 白糖和 0.132% 呈味核苷酸二钠,豆瓣酱添加量选择 7%、10%、13%、16.5%、20%,以感官评分为指标,考察豆瓣酱添加量对香菇油辣椒酱感官品质的影响。

1.2.3.4 食盐添加量对酱体感官品质的影响 固定添加 52% 香菇丁、16.5% 糍粑辣椒、13% 豆瓣酱、1.98% 白糖和 0.132% 呈味核苷酸二钠,食盐添加量选择 0.66%、1.32%、1.98%、2.64%、3.31%,以感官评分为指标,考察食盐添加量对香菇油辣椒酱感官品质的影响。

1.2.3.5 白糖添加量对酱体感官品质的影响 固定添加 52% 香菇丁、16.5% 糍粑辣椒、13% 豆瓣酱、1.98% 食盐和 0.132 呈味核苷酸二钠,白糖添加量选择 0.66%、1.32%、1.98%、2.64%、3.31%,以感官评分为指标,考察白糖添加量对香菇油辣椒酱感官品质的影响。

1.2.3.6 呈味核苷酸二钠对酱体感官品质的影响 固定添加 52% 香菇丁、16.5% 糍粑辣椒、13% 豆瓣酱、1.98% 食盐和 1.98% 白糖,呈味核苷酸二钠(I+G)添加量选择 0%、0.066%、0.132%、0.198%、0.265%,以感官评分为指标,考察呈味核苷酸二钠添加量对香菇油辣椒酱感官品质的影响。

1.2.4 正交试验 根据单因素实验结果,对主要影响

酱体品质的 6 个因素进行正交试验,选用 $L_{18}(3^7)$ 设计表格进行香菇油辣椒酱的配方优化,并对最优配方进行验证实验,因素水平见表 1。

表 1 正交试验因素水平表
Table 1 Factors and levels table of orthogonal experiment

水平	因素					
	香菇丁(%)	糍粑辣椒(%)	豆瓣酱(%)	食盐(%)	白糖(%)	I+G(%)
1	46	13	10	1.32	1.32	0.066
2	52	16.5	13	1.98	1.98	0.132
3	58	20	16.5	2.64	2.64	0.198

1.2.5 香菇油辣椒酱感官评价模糊数学法模型的建立

1.2.5.1 香菇油辣椒酱感官指标权重集的确定 选择 20 名长期从事食品行业的人员(男女各 10 名)对香菇油辣椒酱的色泽、香味、滋味、组织状态四个因素采用德尔菲法^[16]进行两两比较打分,统计获得各评定因素的权重集 A_U 。

1.2.5.2 香菇油辣椒酱因素集、评语集、模糊综合评定集的建立 根据胡梁斌、高子武等^[11-12]的试验方法,香菇油辣椒酱感官评价因素集 $U=\{\text{色泽, 香味, 滋味, 组织状态}\}$;评语集 $=\{\text{优, 良, 中, 差}\}$ 。香菇油辣椒酱综合评定集(隶属度)用 Y 表示,即 $Y=A \times R$,其中, A 表示色泽、香味、滋味、组织状态的权重集, R 表示感官评定人员对样品进行感官评价后的模糊矩阵。

1.2.6 感官评分标准 选择 10 名长期从事食品行业的人员(男女各 5 名)组成评定小组,要求他们健康良好、感知灵敏且感官前未食用或接触刺激性物品;酱体整体感官评价等级分为优((90-100]分)、良((80-90]分)、中((60-80]分)、差([0-60]分),感官评价时具体的评分标准见表 2。

1.2.7 理化及微生物指标检测 蛋白质的测定:参考 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》^[17];水分的测定:参考 GB 5009.3-2010《食品安全国家标准食品中水分的测定》^[18];氨基酸态氮的测定:参考 GB 5009.235-2016《食品安全国家标准食品中氨基酸态氮的测定》^[19]。

菌落总数的测定:参考 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》^[20];霉菌的测定:参考 GB 4789.15-2016《食品安全国家标准食品微生物学检验霉菌和酵母计数》^[21];大肠菌群的测定:参考 GB 4789.3-2016《食品安全国家标准食品微生物学检验大肠杆菌测定》^[22]。

1.2.8 色泽及质构特性分析 对最终产品和三款市售产品的色泽、香菇丁质构特性进行分析,色泽测定参考高雅文、王念等^[23-24]的实验方法;质构参考王莹钰、翟众贵等^[14,25]的实验方法。

1.3 数据处理

以上实验色泽、质构特性平行 5 次,理化及微生物指标平行 3 次,数据用平均值±标准差表示。采用

表2 香菇油辣椒酱感官评分标准表

Table 2 Sensory evaluation standard of mushroom oil chili sauce

因素	等级			
	优	良	中	差
色泽(20分)	酱体颜色油亮且有光泽,香菇丁呈黑褐色((18~20]分)	酱体颜色稍暗,在红色与褐色之间,无光泽,香菇丁颜色不均匀((16~18]分)	酱体油亮度不够饱满,香菇丁颜色较差((12~16]分)	酱体颜色暗淡、无光泽,香菇丁颜色焦黑([0~12]分)
香味(25分)	菇香浓郁,有油辣椒的清香和豆瓣酱的酱香,整体香气调和,无异味((22~25]分)	菇香一般,油辣椒的清香和豆瓣酱的酱香较协调,整体香气较为协调((20~22]分)	菇香一般,油辣椒的清香和豆瓣酱的酱香较重,整体风味不协调((15~20]分)	没有香气且异味较重([0~15]分)
滋味(35分)	香菇丁质地柔软,口感细腻,味道鲜美,咀嚼性好;辣度、盐度适中,无焦糊、苦涩及其他异味((32~35]分)	香菇丁质地较好,口感细腻,味道鲜美,咀嚼性较好;辣度、盐度适中,无焦糊、苦涩及其他异味((28~32]分)	香菇丁质地不好,味道、咀嚼性较差;辣度、盐度不适口,稍有焦糊、苦涩及其他异味((21~28]分)	香菇丁咀嚼性较差;辣度、盐度不适口,有焦糊、苦涩及其他异味([0~21]分)
组织状态(20分)	香菇丁大小较均匀,酱体浓稠适中,具有一定的体态,无分层,无杂质((18~20]分)	香菇丁大小较均匀,酱体稍稠或稍稀,组织流动性较好,稍有分层,无杂质((16~18]分)	香菇丁大小不均匀,酱体过稠或过稀,组织流动性较差,稍有分层,无杂质((12~16]分)	香菇丁大小不均匀,酱体过稠或过稀,油料分布不均,有分层且有肉眼可见杂质([0~12]分)

注: (表示>,[表示≤。

IBM SPSS 22.0 进行统计分析和方差分析,以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 单因素实验

各物料添加量对香菇油辣椒酱感官评分影响的单因素实验结果见图1,随着各物料添加量的不断增加,香菇油辣椒酱的感官评分呈现先增加后减小的趋势。

香菇丁作为本产品的主要原料,影响着酱体滋味、色泽与组织状态。如图1(A)所示,香菇丁添加量在52%时,评分达到最大,酱体滋味浓郁,色泽、组织状态较好,但与46%组的评分差异不显著($P>0.05$);当高于或低于该添加量时,酱体组织状态及菇味欠缺,因此,香菇丁添加量范围选择46%~58%,在高子武等^[12]和赵瑞华等^[26]的研究中,茶树菇和蟹味菇在配方中的添加量分别为12%、35%,而本

产品的香菇添加量较高,可能使产品具有较浓郁的香菇风味及其营养作用具有更高的贡献,还能缓解等外级菇的产量过剩并提高其附加值。

辣椒用量对酱体的风味、口感、色泽具有重要作用^[26],如图1(B)所示,糍粑辣椒添加量在16.5%时,感官评分达到最大,酱体辣度适中、油辣椒味浓郁且红润有光泽,与13%添加量差异不显著($P>0.05$)。当辣椒用量较少时酱体的风味、滋味不足、色泽暗淡,不能激发消费者的食欲;反之,辣椒用量过多,辣椒的辣掩盖了香菇及其他物料的风味,赋予消费者只有辣椒的灼痛感,因此,糍粑辣椒添加量选择13%~20%。

如图1(C)所示,豆瓣酱对酱体的香味、色泽起着关键作用^[13],评分在13%添加量时较高,酱体香味协调、颜色红润有光泽,与7%、10%、16.5%添加量差异不显著($P>0.05$);用量较少时,酱体香味不协调,

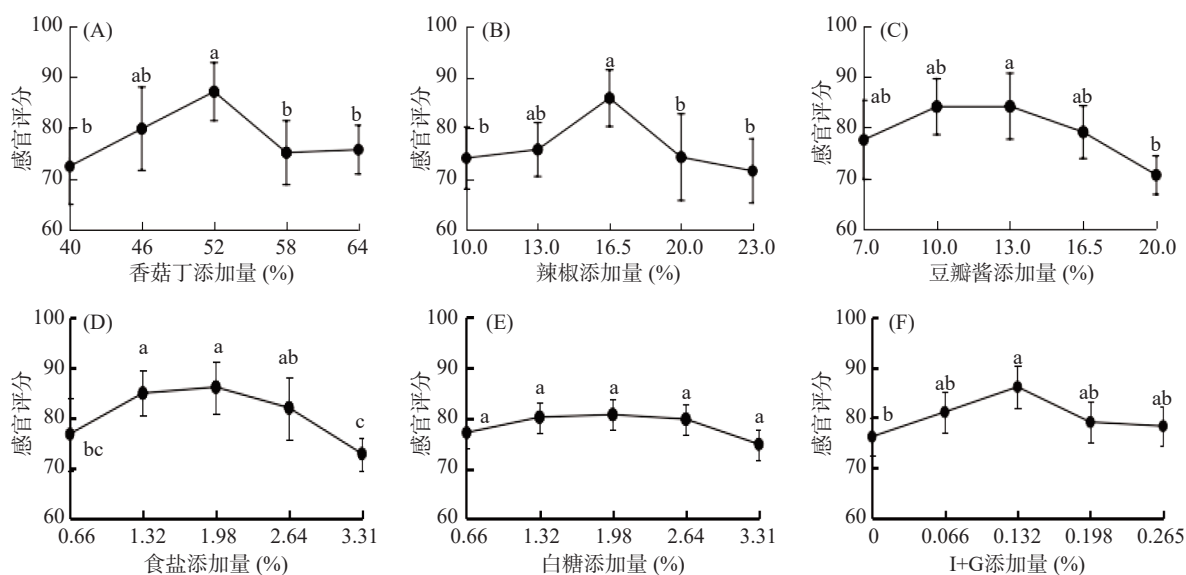


图1 单因素实验结果

Fig.1 Results of single factor experiments

注: 图中小写字母不同表示差异显著, $P<0.05$ 。

用量过多时,酱香味较重,酱体颜色过深。高子武等^[12]在茶树菇牛肉酱制作工艺优化单因素实验中,豆瓣酱添加量在 30%~40% 时,酱体口味鲜美、粘稠适中,而本实验豆瓣酱添加量较低,由于过高豆瓣酱添加量阻碍了酱体的流动性,且掩盖了香菇的滋味;并且本实验主要以糍粑辣椒进行熬制制酱,为产品提供主要的油辣酱风味,替代传统以豆瓣酱^[11-12,27]或黄豆酱^[13,28-29]为主的风味调料品;因此,豆瓣酱添加量选择 10%~16.5%。

咸、甜、鲜味作为组成酱体滋味重要的组成成分,可以很好的改善产品风味^[27]。如图 1(D)~(F)所示,当盐、糖添加量为 1.98% 时,评分达到最大,酱体咸、甜味适中、滋味协调、且色泽红润,但与盐添加量为 1.32%、2.64% 的评分差异不显著($P>0.05$),白糖的各添加量之间评分差异不显著($P>0.05$)。赵瑞华等^[26]和王腾飞等^[28]在蟹味菇辣椒酱和猴头菇调味酱工艺优化中,添加 3% 食盐,酱体品质最好,略高于本试验的范围,可能是本实验添加的豆瓣酱也具有一定的食盐含量,并且随着消费者对于健康的重视,相对低盐的产品更符合这一需求;而添加 2% 和 1% 白糖酱体品质最好,与本实验结果相似。因此,盐和白糖添加量分别选择 1.32%~2.64%;I+G 添加量为 0.132% 时,评分较高,酱体鲜味适中,滋味丰富,与未加鲜味剂的评分差异显著($P<0.05$),与孟敏^[29]添加 0.1% 的 I+G 结果相近,因此, I+G 添加量选择 0.066%~0.198%。

2.2 香菇油辣椒酱感官评价模糊数学法模型的建立

2.2.1 感官评分权重统计结果 感官评分的指标的标准是评定员判定的权重系数得分统计结果,20 名评定者对香菇油辣椒酱的感官指标进行统计,确定色泽、香味、滋味、组织状态的权重系数分别为 0.20、0.25、0.35、0.20,即权重集 $A_U=[A_{U1}, A_{U2}, A_{U3}, A_{U4}]=[0.20, 0.25, 0.35, 0.20]$ 。

2.2.2 模糊数学感官评价统计结果 10 名(男女各 5 名)评定员对正交试验的 18 组样品进行品尝,评价结果见表 3。

2.2.3 模糊矩阵的建立 如表 3 所示,将香菇油辣椒酱感官评分中的色泽、香味、滋味及组织状态分为四个等级(优、良、中、差),统计感官评定人员在相应等级下得到 $r_1 \sim r_{18}$ 模糊数学矩阵,如下:

$$\begin{aligned} r_1 &= \begin{bmatrix} 2,4,4,0 \\ 1,5,4,0 \\ 1,3,5,1 \\ 1,5,3,1 \end{bmatrix} r_2 = \begin{bmatrix} 0,8,2,0 \\ 0,4,6,0 \\ 1,3,5,1 \\ 1,5,3,1 \end{bmatrix} r_3 = \begin{bmatrix} 1,5,2,2 \\ 1,4,4,1 \\ 0,2,5,3 \\ 2,1,4,3 \end{bmatrix} \\ r_4 &= \begin{bmatrix} 2,5,3,0 \\ 1,7,2,0 \\ 1,5,4,0 \\ 3,4,3,0 \end{bmatrix} r_5 = \begin{bmatrix} 1,5,4,0 \\ 4,3,3,0 \\ 2,2,3,3 \\ 1,5,4,0 \end{bmatrix} r_6 = \begin{bmatrix} 2,2,6,0 \\ 3,4,3,0 \\ 1,2,5,2 \\ 1,4,5,0 \end{bmatrix} \\ r_7 &= \begin{bmatrix} 3,5,2,0 \\ 0,7,3,0 \\ 0,4,6,0 \\ 0,7,3,0 \end{bmatrix} r_8 = \begin{bmatrix} 4,6,0,0 \\ 3,3,4,0 \\ 2,2,4,2 \\ 3,4,2,1 \end{bmatrix} r_9 = \begin{bmatrix} 2,3,5,0 \\ 1,5,4,0 \\ 1,2,6,1 \\ 1,3,5,1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{10} &= \begin{bmatrix} 1,4,4,1 \\ 0,7,3,0 \\ 0,1,7,2 \\ 0,7,3,0 \end{bmatrix} r_{11} = \begin{bmatrix} 2,3,5,0 \\ 1,3,6,0 \\ 1,4,4,1 \\ 1,5,4,0 \end{bmatrix} r_{12} = \begin{bmatrix} 1,5,4,0 \\ 1,5,3,1 \\ 0,2,7,1 \\ 0,5,5,0 \end{bmatrix} \\ r_{13} &= \begin{bmatrix} 3,5,2,0 \\ 3,5,2,0 \\ 2,5,3,0 \\ 2,6,2,0 \end{bmatrix} r_{14} = \begin{bmatrix} 2,4,4,0 \\ 2,3,5,0 \\ 1,4,4,1 \\ 1,5,4,0 \end{bmatrix} r_{15} = \begin{bmatrix} 2,4,4,0 \\ 2,2,6,0 \\ 0,4,4,2 \\ 0,5,5,0 \end{bmatrix} \\ r_{16} &= \begin{bmatrix} 1,4,5,0 \\ 2,6,2,0 \\ 1,3,5,1 \\ 1,3,5,1 \end{bmatrix} r_{17} = \begin{bmatrix} 5,3,1,1 \\ 1,6,2,1 \\ 2,4,2,2 \\ 0,5,3,2 \end{bmatrix} r_{18} = \begin{bmatrix} 1,5,3,1 \\ 3,3,4,0 \\ 1,6,3,0 \\ 0,6,4,0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

将 $r_1 \sim r_{18}$ 进行归一化处理得到模糊矩阵 $R_1 \sim R_{18}$,

$$\begin{aligned} R_1 &= \begin{bmatrix} 0.2,0.4,0.4,0.0 \\ 0.1,0.5,0.4,0.0 \\ 0.1,0.3,0.5,0.1 \\ 0.1,0.5,0.3,0.1 \end{bmatrix} R_2 = \begin{bmatrix} 0.0,0.8,0.2,0.0 \\ 0.0,0.4,0.6,0.0 \\ 0.1,0.3,0.5,0.1 \\ 0.1,0.5,0.3,0.1 \end{bmatrix} \\ R_3 &= \begin{bmatrix} 0.1,0.5,0.2,0.2 \\ 0.1,0.4,0.4,0.1 \\ 0.0,0.2,0.5,0.3 \\ 0.2,0.1,0.4,0.3 \end{bmatrix} R_4 = \begin{bmatrix} 0.2,0.5,0.3,0.0 \\ 0.1,0.7,0.2,0.0 \\ 0.1,0.5,0.4,0.0 \\ 0.3,0.4,0.3,0.0 \end{bmatrix} \\ R_5 &= \begin{bmatrix} 0.1,0.5,0.4,0.0 \\ 0.4,0.3,0.3,0.0 \\ 0.2,0.2,0.3,0.3 \\ 0.1,0.5,0.4,0.0 \end{bmatrix} R_6 = \begin{bmatrix} 0.2,0.2,0.6,0.0 \\ 0.3,0.4,0.3,0.0 \\ 0.1,0.2,0.5,0.2 \\ 0.1,0.4,0.5,0.0 \end{bmatrix} \\ R_7 &= \begin{bmatrix} 0.3,0.5,0.2,0.0 \\ 0.0,0.7,0.3,0.0 \\ 0.0,0.4,0.6,0.0 \\ 0.0,0.7,0.3,0.0 \end{bmatrix} R_8 = \begin{bmatrix} 0.4,0.6,0.0,0.0 \\ 0.3,0.3,0.4,0.0 \\ 0.2,0.2,0.4,0.2 \\ 0.3,0.4,0.2,0.1 \end{bmatrix} \\ R_9 &= \begin{bmatrix} 0.2,0.3,0.5,0.0 \\ 0.1,0.5,0.4,0.0 \\ 0.1,0.2,0.6,0.1 \\ 0.1,0.3,0.5,0.1 \end{bmatrix} R_{10} = \begin{bmatrix} 0.1,0.4,0.4,0.1 \\ 0.0,0.7,0.3,0.0 \\ 0.0,0.1,0.7,0.2 \\ 0.0,0.7,0.3,0.0 \end{bmatrix} \\ R_{11} &= \begin{bmatrix} 0.2,0.3,0.5,0.0 \\ 0.1,0.3,0.6,0.0 \\ 0.1,0.4,0.4,0.1 \\ 0.1,0.5,0.4,0.0 \end{bmatrix} R_{12} = \begin{bmatrix} 0.1,0.5,0.4,0.0 \\ 0.1,0.5,0.3,0.1 \\ 0.0,0.2,0.7,0.1 \\ 0.0,0.5,0.5,0.0 \end{bmatrix} \\ R_{13} &= \begin{bmatrix} 0.3,0.5,0.2,0.0 \\ 0.3,0.5,0.2,0.0 \\ 0.2,0.5,0.3,0.0 \\ 0.2,0.6,0.2,0.0 \end{bmatrix} R_{14} = \begin{bmatrix} 0.2,0.4,0.4,0.0 \\ 0.2,0.3,0.5,0.0 \\ 0.1,0.4,0.4,0.1 \\ 0.1,0.5,0.4,0.0 \end{bmatrix} \\ R_{15} &= \begin{bmatrix} 0.2,0.4,0.4,0.0 \\ 0.2,0.2,0.6,0.0 \\ 0.0,0.4,0.4,0.2 \\ 0.0,0.5,0.5,0.0 \end{bmatrix} R_{16} = \begin{bmatrix} 0.1,0.4,0.5,0.0 \\ 0.2,0.6,0.2,0.0 \\ 0.1,0.3,0.5,0.1 \\ 0.1,0.3,0.5,0.1 \end{bmatrix} \\ R_{17} &= \begin{bmatrix} 0.5,0.3,0.1,0.1 \\ 0.1,0.6,0.2,0.1 \\ 0.2,0.4,0.2,0.2 \\ 0.0,0.5,0.3,0.2 \end{bmatrix} R_{18} = \begin{bmatrix} 0.1,0.5,0.3,0.1 \\ 0.3,0.3,0.4,0.0 \\ 0.1,0.6,0.3,0.0 \\ 0.0,0.6,0.4,0.0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

隶属度(Y)是食品感官评价指标综合评判的结论^[30],是模糊评判矩阵 R 与权重向量 A 的乘积,即: $Y=A \times R$,以正交试验结果 1 为例, $Y_1=A \times R_1$,即

$$Y_1=(0.2, 0.25, 0.35, 0.2) \times \begin{bmatrix} 0.2,0.4,0.4,0.0 \\ 0.1,0.5,0.4,0.0 \\ 0.1,0.3,0.5,0.1 \\ 0.1,0.5,0.3,0.1 \end{bmatrix}=(0.120, 0.410, 0.415, 0.020), Y_1 \sim Y_{18} \text{ 的综合评定集见表 4。}$$

表 3 模糊数学感官评价统计结果

Table 3 Statistical results of fuzzy mathematics sensory evaluation

试验号	色泽				香味				滋味				组织状态			
	优	良	中	差	优	良	中	差	优	良	中	差	优	良	中	差
1	2	4	4	0	1	5	4	0	1	3	5	1	1	5	3	1
2	0	8	2	0	0	4	6	0	0	2	6	2	2	4	4	0
3	1	5	2	2	1	4	4	1	0	2	5	3	2	1	4	3
4	2	5	3	0	1	7	2	0	1	5	4	0	3	4	3	0
5	1	5	4	0	4	3	3	0	2	2	3	3	1	5	4	0
6	2	2	6	0	3	4	3	0	1	2	5	2	1	4	5	0
7	3	5	2	0	0	7	3	0	0	4	6	0	0	7	3	0
8	4	6	0	0	3	3	4	0	2	2	4	2	3	4	2	1
9	2	3	5	0	1	5	4	0	1	2	6	1	1	3	5	1
10	1	4	4	1	0	7	3	0	0	1	7	2	0	7	3	0
11	2	3	5	0	1	3	6	0	1	4	4	1	1	5	4	0
12	1	5	4	0	1	5	3	1	0	2	7	1	0	5	5	0
13	3	5	2	0	3	5	2	0	2	5	3	0	2	6	2	0
14	2	4	4	0	2	3	5	0	1	4	4	1	1	5	4	0
15	2	4	4	0	2	2	6	0	0	4	4	2	0	5	5	0
16	1	4	5	0	2	6	2	0	1	3	5	1	1	3	5	1
17	5	3	1	1	1	6	2	1	2	4	2	2	0	5	3	2
18	1	5	3	1	3	3	4	0	1	6	3	0	0	6	4	0

表 4 香菇油辣椒酱综合评定集结果表

Table 4 Results of comprehensive evaluation set of mushroom oil chili sauce

Y_j	评价结果集	Y_j	评价结果集
Y_1	(0.120,0.410,0.415,0.020)	Y_{10}	(0.020,0.430,0.460,0.090)
Y_2	(0.055,0.465,0.425,0.055)	Y_{11}	(0.120,0.375,0.470,0.035)
Y_3	(0.085,0.290,0.395,0.230)	Y_{12}	(0.045,0.395,0.500,0.060)
Y_4	(0.160,0.530,0.310,0.000)	Y_{13}	(0.245,0.520,0.235,0.000)
Y_5	(0.210,0.345,0.340,0.105)	Y_{14}	(0.145,0.395,0.425,0.035)
Y_6	(0.170,0.290,0.470,0.070)	Y_{15}	(0.090,0.370,0.470,0.070)
Y_7	(0.060,0.555,0.385,0.000)	Y_{16}	(0.125,0.395,0.425,0.055)
Y_8	(0.285,0.345,0.280,0.090)	Y_{17}	(0.195,0.450,0.200,0.155)
Y_9	(0.120,0.315,0.510,0.055)	Y_{18}	(0.130,0.505,0.345,0.020)

2.3 正交试验

将表 4 中各量的综合评分结果(隶属度)与优、良、中、差赋予的分值 90、80、70、60 相乘,得到正交试验各组的感官评分,将分值填入正交试验表格进行直观分析和方差分析,结果见表 5。

由表 5 可知,影响酱体感官评分的主次因素依次为 A(香菇丁)>F(I+G)>B(糍粑辣椒)>C(豆瓣酱)>E(食盐)>D(白糖),由表 6 可知,香菇丁、糍粑辣椒、豆瓣酱和 I+G 显著地影响着香菇油辣椒酱产品的感官品质($P<0.05$)。因此,在基础配方(食用油 100 g、酒糟 8%、白芝麻 2%、干辣椒粉 3.3%、花椒粉 1.3%)的基础上,经模糊数学综合评价法优化后,香菇油辣椒酱的最优配方为 $A_2B_2C_2D_2E_1F_2$,即香菇丁 52%、糍粑辣椒 16.5%、豆瓣酱 13%、白糖 1.98%、食盐 1.32% 和 I+G 0.132%。

2.4 验证实验及理化、微生物指标

对最优配方 $A_2B_2C_2D_2E_1F_2$ 进行验证,最终产品的感官评分为 88.75 ± 3.07 ,高于正交试验中的 18 次实验评分,酱体颜色红润且有光泽,香气协调,菇味浓

郁,还具有油辣椒的风味和豆瓣酱的酱香,口感层次分明且鲜美,组织流动性好,是制作菜肴以及粉面伴侣的理想材料。优化配方后制备的香菇油辣椒酱产品,对其水分、蛋白质及氨基酸态氮、微生物指标进行测定,如表 7 所示,本产品含有适量的蛋白质和氨基酸态氮,说明食用该产品具有一定的营养价值。本产品中较高的香菇添加量使产品可能具有调节机体免疫力、抗氧化的作用,适合各类人群的食用,尤其在现有产品的基础上丰富了以糍粑辣椒为酱体的香菇调味产品。而较低的水分含量,为产品的贮藏期奠定基础;菌落总数符合要求,霉菌和大肠菌群未检出,表明此配方的香菇油辣椒酱产品符合商业化生产要求,同时也说明模糊数学感官评价结合正交试验优化香菇油辣椒酱制作配方的实验条件和结果可靠,可运用该方法指导具体实践。

2.5 色泽、质构特性分析

色泽、质构特性是用于科学描述、评价产品组织形态、品相及口感的重要指标;基于前期模糊数学法感官评价结合正交试验优化确定的香菇油辣椒酱制

表 5 正交试验结果
Table 5 Results of orthogonal test

试验号	因素						感官评分
	A香菇丁(%)	B糍粑辣椒(%)	C豆瓣酱(%)	D白糖(%)	E食盐(%)	F I+G(%)	
1	1(46)	1(13)	1(10)	1(1.32)	1(1.32)	1(0.066)	73.85
2	1	2(16.5)	2(13)	2(1.98)	2(1.98)	2(0.132)	75.20
3	1	3(20)	3(16.5)	3(2.64)	3(2.64)	3(0.198)	72.30
4	2(52)	1	1	2	2	3	78.50
5	2	2	2	3	3	1	76.60
6	2	3	3	1	1	2	75.60
7	3(58)	1	2	1	3	2	76.75
8	3	2	3	2	1	3	78.25
9	3	3	1	3	2	1	75.00
10	1	1	3	3	2	2	73.80
11	1	2	1	1	3	3	75.80
12	1	3	2	2	1	1	74.25
13	2	1	2	3	1	3	80.10
14	2	2	3	1	2	1	76.50
15	2	3	1	2	3	2	74.80
16	3	1	3	2	3	1	75.90
17	3	2	1	3	1	2	76.85
18	3	3	2	1	2	3	77.45
K ₁	445.20	458.90	454.80	456.00	458.90	452.10	
K ₂	462.10	459.20	460.35	456.90	456.45	453.00	
K ₃	460.20	449.40	452.35	454.65	452.15	462.40	
k ₁	74.20	76.48	75.80	75.99	76.48	75.35	
k ₂	77.02	76.53	76.73	76.15	76.08	75.50	
k ₃	76.70	74.90	75.39	75.78	75.36	77.07	
R	2.817	1.633	1.333	0.375	1.125	1.717	

表 6 方差分析表
Table 6 Variance analysis

因素	偏差平方和	自由度	F比	显著性
A	28.568	2	46.871	*
B	10.354	2	16.988	*
C	5.600	2	9.188	*
D	0.425	2	0.697	
E	3.892	2	6.386	
F	10.848	2	17.798	*

注: *: 表示显著性, $P<0.05$ 。

作配方,再利用质构仪、色差仪测定具有准确、灵敏度高的特点^[23-24],本文对市售的 3 种知名香菇辣酱的质构特性和色泽进行测定,并将其结果区间定义为受消费者喜欢的质构区间。如表 8 所示,测定结果均在消费者喜爱的质构特性区间内,其中香菇丁的硬度低于市售产品 C($P<0.05$),但和市售产品 A、B 差

表 7 理化及微生物指标分析结果
Table 7 Analysis of physicochemical and microbiological indexes

检测指标	测定值
蛋白质(g/100 g)	5.58±0.47
水分(g/100 g)	5.11±0.08
氨基酸态氮(g/100 g)	4.87±0.06
菌落总数(CFU/g)	≤50
霉菌总数(CFU/g)	未检出
大肠菌群(MPN/g)	未检出

异不显著($P>0.05$);挤压恢复力显著高于产品 B、C($P<0.05$),与产品 A 不显著($P>0.05$);而产品的弹性和咀嚼性与市售三种产品均不显著($P>0.05$);说明在贵州传统地方特色油辣椒酱的基础上,以黔产等外级香菇为主要原料研发的香菇油辣酱具有良好的质

表 8 产品的质构特性、色泽测定结果
Table 8 Texture and color properties results of samples

产品	质构特性				色泽		
	硬度(g)	弹性(g)	咀嚼性(g)	挤压恢复力(g)	L*	a*	b*
市售A(香菇油辣椒)	1142.23±95.47 ^b	0.89±0.07 ^a	701.26±161.97 ^a	0.29±0.03 ^{ab}	27.93±0.87 ^c	8.81±1.37 ^b	5.91±1.19 ^c
市售B(招牌香菇酱)	921.83±84.00 ^c	0.86±0.08 ^a	621.59±68.30 ^a	0.26±0.03 ^b	30.94±0.90 ^b	12.04±0.95 ^a	10.43±1.38 ^a
市售C(香辣香菇酱)	1544.06±170.54 ^a	0.85±0.04 ^a	687.54±145.02 ^a	0.27±0.02 ^b	29.98±2.08 ^b	7.41±0.82 ^c	7.98±0.64 ^b
优化后的产品	992.86±50.55 ^{bc}	0.91±0.07 ^a	674.58±112.63 ^a	0.32±0.05 ^a	33.68±2.24 ^a	13.26±1.43 ^a	12.15±2.03 ^a

注: 同列不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

构特性,其香菇丁硬度适中,弹性、咀嚼性较好。如表8所示, L^* 、 a^* 和 b^* 均较高,其中 L^* 值显著高于其他三组市售产品($P<0.05$), a^* 和 b^* 值显著高于市售产品A和C($P<0.05$),和市售产品B差异不显著($P>0.05$),这可能由于本产品中未添加黄豆酱,主要以地方特色的糍粑辣椒进行熬制酱体,使得产品的酱体颜色红润光泽。

3 结论

采用模糊数学综合评价法进行香菇油辣椒酱制作配方的优化相对减少了感官评价的人为主观评判误差,使评价结果具有一定科学性。结果表明,在食用油100 g、酒糟8%、白芝麻2%、干辣椒粉3.3%、花椒粉1.3%的基础上,采用模糊数学综合评价法优化香菇油辣椒酱产品的最优配方为:香菇丁52%,糍粑辣椒16.5%,豆瓣酱13%,白糖1.98%,食盐1.32%和I+G 0.132%;由此制得香菇油辣椒酱产品颜色红润有光泽,香气协调,菇味浓郁,菇粒软硬适中,弹性、咀嚼性良好,口感层次分明且鲜美;其中香菇丁、糍粑辣椒、豆瓣酱和I+G的添加对产品的感官影响最为显著。经测定,该产品的蛋白质含量为 (5.58 ± 0.47) g/100 g、水分为 (5.11 ± 0.08) g/100 g,氨基酸态氮为 (4.87 ± 0.06) g/100 g,菌落总数 ≤ 50 CFU/g、大肠菌群和霉菌未检出;质构仪测定的优化后产品的质构特性,硬度、弹性、咀嚼性和挤压恢复力分别为 992.86 ± 50.55 、 0.91 ± 0.07 、 674.58 ± 112.63 和 0.32 ± 0.05 g。本研究结果可为香菇油辣椒酱的生产、品质控制提供参考依据,也能对等外级香菇的综合利用提供一定的理论支撑。

参考文献

- [1] 黄雯. 香菇风味物质研究及酶解香菇技术探索[D]. 杭州: 浙江大学, 2012. [Huang W. Studies on the flavor compounds and the technology of enzymolysis of *Lentinula edodes*[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012.]
- [2] Bisen P S, Baghel R K, Sanodiya B S, et al. *Lentinus edodes*: A macrofungus with pharmacological activities[J]. *Current Medicinal Chemistry*, 2010, 17(22): 2419–2430.
- [3] 张淇淇, 周良, 朱俊豪, 等. 香菇的药用价值及其产品开发前景[J]. 长江蔬菜, 2020(2): 38–43. [Zhang Q Q, Zhou L, Zhu J H, et al. Medicinal value and product development prospects of *Lentinus edodes*[J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2020(2): 38–43.]
- [4] Matsuhisa K, Yamane S, Okamoto T, et al. Anti-HCV effect of *Lentinula edodes* mycelia solid culture extracts and low-molecular weight lignin[J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2015, 462(1): 52–57.
- [5] Wang D. Effects of sulfated lentinan on cellular infectivity of avian infectious bronchitis virus[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2010, 79(2): 461–465.
- [6] Wang J L, Li W Y, Huang X, et al. A polysaccharide from *Lentinus edodes* inhibits human colon cancer cell proliferation and suppresses tumor growth in athymic nude mice[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(1): 610–623.
- [7] 李钦艳, 钟莹莹, 钟冬晖, 等. 香菇多糖的研究进展[J]. 食用菌, 2020, 42(5): 5–8. [Li Q Y, Zhong Y Y, Zhong D H, et al. Research progress on lentinan polysaccharide[J]. *Edible Fungi*, 2020, 42(5): 5–8.]
- [8] Wang M X, Chen Y X, Wang Y Y, et al. The effect of probiotics and polysaccharides on the gut microbiota composition and function of weaned rats[J]. *Food & Function*, 2018, 9(3): 1864–1877.
- [9] Liu L, Chen X Q, Hao L L, et al. Traditional fermented soybean products: Processing, flavor formation, nutritional and biological activities[J]. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 2020, 6(11): 11–19.
- [10] Sęczyk L, Swieca M, Gawlik-Dziki U. Nutritional and health-promoting properties of bean paste fortified with onion skin in the light of phenolic-food matrix interactions[J]. *Food & Function*, 2015, 6(11): 3560–3566.
- [11] 胡梁斌, 黎家奇, 朱琳, 等. 基于模糊数学综合评价法研制鮰鱼辣椒酱配方的研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(10): 26–29. [Hu L B, Li J Q, Zhu L, et al. Optimization of formula of longsnout catfish chili sauce based on fuzzy mathematics evaluation[J]. *China Condiment*, 2018, 43(10): 26–29.]
- [12] 高子武, 王恒鹏, 吴鹏, 等. 模糊数学感官评价法优化茶树菇牛肉酱制作工艺[J]. 中国调味品, 2020, 45(4): 115–119. [Gao Z W, Wang H P, Wu P, et al. Optimization of production process of agrocybe aegirit beef sauce by fuzzy mathematics sensory evaluation method[J]. *China Condiment*, 2020, 45(4): 115–119.]
- [13] 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. [Liu X M, Liu J R, Liu Y S, et al. Study on the production process and quality inspection of spicy *Lentinus edodes* sauce[J]. *China Condiment*, 2018, 43(12): 116–120, 125.]
- [14] 王莹钰, 王雨生, 陈海华, 等. 预处理工艺对香菇酱制作中香菇丁质构参数和感官评价的影响[J]. 中国食品学报, 2014, 14(4): 145–155. [Wang Y Y, Wang Y S, Chen H H, et al. Effect of pretreatment on texture parameters and sensory evaluation of mushroom stem prepared for mushroom sauce[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2014, 14(4): 145–155.]
- [15] 吴昭庆, 黄秋红, 杨欣, 等. 贵州糍粑辣椒的制作工艺[J]. 现代食品科技, 2020, 36(1): 235–241, 149. [Wu, Z Q, Huang Q H, Yang X, et al. Optimization of the processing technology of Guizhou Ciba chili[J]. *China Condiment*, 2020, 36(1): 235–241, 149.]
- [16] 徐树来, 张水华主编. 食品感官分析与实验[M]. 第2版. 化学工业出版社, 2010. [Xu S L, Zhang S H. Sensory analysis and experiment of foods[M]. 2th ed. Chemical Industry Press, 2010.]
- [17] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.5-2016 食品中蛋白质的测定[S]. [China Food and Drug Administration, National Health and Family Planning Commission of PRC. GB 5009.5-2016 Determination of protein content in

foods[S].]

[18] 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3-2016 食品中水分的测定 [S]. [National Health and Family Planning Commission of PRC. GB 5009.3-2016 Determination of water content in foods[S].]

[19] 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.235-2016 食品中氨基酸态氮的测定 [S]. [National Health and Family Planning Commission of PRC. GB 5009.235-2016 Determination of amino acid nitrogen content in foods[S].]

[20] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. GB 4789.2-2016 食品微生物学检验菌落总数测定 [S]. [China Food and Drug Administration, National Health and Family Planning Commission of PRC. GB 4789.2-2016 Determination of aerobic plate count in foods[S].]

[21] 国家卫生和计划生育委员会. GB 4789.15-2016 食品微生物学检验霉菌和酵母计数 [S]. [National Health and Family Planning Commission of PRC. GB 4789.15-2016 Determination of moulds and yeasts in foods[S].]

[22] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 4789.3-2016 食品微生物学检验大肠菌群计数 [S]. [National Health and Family Planning Commission of PRC, China Food and Drug Administration. GB 4789.3-2016 Determination of Coliforms in foods[S].]

[23] 高雅文, 方丽, 邹什, 等. 黄豆酱杀菌工艺条件优化及其对质构色泽的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(16): 162-170. [Gao Y W, Fang L, Zou S, et al. Optimized soybean paste sterilization process and its influences on texture and color[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(16): 162-170.]

[24] 王念, 刘梦婷, 张润杰, 等. 市售番茄调味酱色泽和质构特

性的评价分析 [J]. 食品工业, 2017, 38(3): 156-159. [Wang N, Liu M T, Zhang R J, et al. A comparative study on the color and texture profile characterization of commercial ketchup samples[J]. The Food Industry, 2017, 38(3): 156-159.]

[25] 翟众贵. 不同风味香菇酱加工技术的研究 [D]. 西安: 陕西科技大学, 2014. [Zhuo Z G. Processing technology of different flavor *Lentinus edodes* root sauces[D]. Xi'an: Shanxi University of Science & Technology, 2014.]

[26] 赵瑞华, 贺晓龙, 吉志洁. 蟹味菇辣椒酱的研制 [J]. 中国调味品, 2020, 45(6): 116-119, 126. [Zhao R H, He X L, Ji Z J. Preparation of *hypsizygus marmoreus* chili sauce[J]. China Condiment, 2020, 45(6): 116-119, 126.]

[27] 孙丰婷, 张琛, 胡乔迁. 蛤蚧杏鲍菇香辣酱的研发 [J]. 中国调味品, 2018, 43(4): 134-136, 147. [Sun F T, Zhang G C, Hu Q Q. Development and research on clam and *pleurotus eryngii* spicy sauce[J]. China Condiment, 2018, 43(4): 134-136, 147.]

[28] 王腾飞, 王吉, 王志华, 等. 猴头菇调味酱加工工艺的研究 [J]. 中国调味品, 2020, 45(8): 83-86, 91. [Wang T F, Wang J, Wang Z H, et al. Study on the processing technology of *Hericium erinaceus* sauce[J]. China Condiment, 2020, 45(8): 83-86, 91.]

[29] 孟敏. 杏鲍菇酱加工及其保藏的研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2012. [Meng M. Study on the processing and preservation of *Pleurotus eryngii* sauce[D]. Wuxi: Jangnan University, 2012.]

[30] 代文婷, 吴宏, 邢丽杰, 等. 模糊数学结合响应面法优化番茄调味酱的配方 [J]. 食品工业科技, 2019, 40(11): 211-217. [Dai W T, Wu H, Xing L J, et al. The optimization of tomato sauce recipe based on fuzzy mathematics and response surface method[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(11): 211-217.]