

蘑菇酱加工条件及其风味

孟敏¹, 张慇^{*1}, 翟广华²

(1. 食品科学与工程国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 莘县奥瑞菌业有限公司, 山东 莘县 252400)

摘要: 以干杏鲍菇和黄豆酱为主要原料, 并对干杏鲍菇复水条件进行研究。采用模糊感官评定和响应面实验设计对配方进行优化, 研制出风味独特的蘑菇酱, 最后运用 GC-MS 对其最优配方酱进行风味分析。结果表明, 蘑菇酱制作的工艺为: 酱与蘑菇的比例为 2 : 1, 盐添加质量分数为 7.50%, 糖添加质量分数 6.66%; 蘑菇酱中风味物质主要由酮类、醛类、醇类、酯类、酸类、含硫化物组成, 其中蘑菇风味的主要挥发性成分 1-辛烯-3-醇的质量分数达 11.26%。

关键词: 干杏鲍菇; 黄豆酱; 复水条件; 配方优化; 风味分析

中图分类号: TS 201.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)03-0326-10

Study on the Making and Flavor of Mushroom Sauce

MENG Min¹, ZHANG Min^{*1}, ZHAI Guang-hua²

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Ao Rui Mushroom Co., Ltd., Shexian 252400)

Abstract: Mushroom sauce was made from the dried *Pleurotus eryngii* and soy sauce. Rehydration conditions of dried *pleurotus eryngii* have been studied. Fuzzy sensory evaluation and the response surface method were used to optimize the formula of mushroom sauce with unique flavor. Finally, the odor components of mushroom sauce were analyzed by GC-MS. The results showed that the optimum conditions for mushroom sauce listed as follows: mushrooms : sauce = 2 : 1, salt 7.50%, sugar 6.66%. Flavor of mushroom sauce is composed of ketones, aldehydes, alcohols, esters, acids, sulfur compounds. The main volatile component in mushroom is 1-octene-3-alcohol which account for 11.26%.

Key words: dried mushroom, soy sauce, rehydration conditions, optimization of formulation, flavored analysis

杏鲍菇又名刺芹侧耳, 是近年来开发栽培成功的集食用、药用、食疗于一体的珍稀食用菌新品种^[1]。菇体具有杏仁香味, 肉质肥厚, 口感鲜嫩, 味道清香, 营养丰富, 富含寡聚糖、蛋白质、碳水化合物、维生素及钙、镁、铜、锌等矿物质, 还具有降血脂、降胆固醇、促进胃肠消化、增强机体免疫能力、

防止心血管病等功效, 极受人们喜爱^[2]。

黄豆酱是选用蛋白质丰富的黄豆发酵而成, 并且在发酵的过程中分解了人体较难消化吸收的酶, 因此, 黄豆酱不仅有丰富的黄豆营养, 而且更容易消化和吸收。杏鲍菇和黄豆酱搭配可以使彼此的风味和营养特性相得益彰。

收稿日期: 2010-12-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(21176104)。

作者简介: 张慇(1962-), 男, 浙江平湖, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农产品加工方面的研究。

E-mail: min@jiangnan.edu.cn

为了满足市场上对方便调味品的需要,通过对产品配方及加工方法进行研究,开发了一种风味浓郁、营养丰富、食用方便的蘑菇酱产品。作者以杏鲍菇和黄豆酱为主要原料,添加了葱、蒜、姜等辅助原料,重点探索了产品的加工工艺。

1 材料与方法

1.1 材料

杏鲍菇:干制品由莘县奥瑞菌业有限公司提供;蘑菇香精:购于惠州市百利兰生物技术有限公司;海天黄豆酱、朝天椒、生姜、葱、蒜、洋葱、盐、味精、I+G、酱油、白醋、料酒、白砂糖、五香粉、花椒、花柳、大豆油、香叶等:均购于江苏无锡大润发超市。

1.2 主要设备

炒锅:购于江苏无锡大润发超市;ZDX-35B1型坐式自动压力蒸汽灭菌机:上海申安医疗器械厂生产;PL203电子天平:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;气相色谱质谱联用仪 Trace MS:美国 Finigon 质谱公司制造;SPME 萃取装置;HH-S型水浴锅:郑州长城科工贸有限公司;CHROMA ME-TER CR-400 彩色色差计、实验室 pH 计 FE20:梅特勒-托利多仪器有限公司;物性测试仪:江南大学食品发酵实验室。

1.3 实验方法

1.3.1 理化成分 水分质量分数:105℃常压干燥法,按照 GB 5009.3-2010 规定进行测定,取 3 次测量的平均值;氯化钠质量分数:硝酸银滴定法,按照 GB 5009.51-2003 规定进行测定,取 3 次测量的平均值。

1.3.2 色泽分析色度仪比色法 用测色色差计测定样品的色泽特征值,取 3 次测量的平均值。

1.3.3 质构分析 将杏鲍菇切成均匀的小块,进行质构测定。测试条件:P5 探头,探头下降速度 2.0 m/s,测试速度 1.0 m/s,返回速度 5.0 m/s,压缩距离 60%,返回距离 10 mm。

1.3.4 干杏鲍菇复水研究 干杏鲍菇的复水是加工过程中的重要环节,直接影响到终产品风味和口感。若复水不足,会使杏鲍菇皱缩干硬,杏鲍菇的风味不能很好的体现出来。若复水过度,会造成产品软烂,口感差,汤汁易混浊。复水程度以复水比表示,即:复水比 $R_f = m_f / m_g$

式中 m_f 复水后的质量, m_g 复水前干制品的质量

干杏鲍菇复水工艺流程:称取 10 g 干杏鲍菇→恒温复水→隔 0.5 h 沥干称重。

1.3.5 工艺流程 辣椒油烧开→加葱姜蒜末炒制→加黄豆酱,炒出酱香→加杏鲍菇→10 min 左右停止加热→加盐、味精、I+G、酱油、白醋、料酒、白砂糖、五香粉、蘑菇香精、辣椒红色素→装罐→排气→密封→杀菌→冷却→成品。

1.3.6 操作要点

1)原料处理:干杏鲍菇加入适量的 50℃ 水恒温浸泡 1.5 h 后捞出洗净,切成黄豆大小的杏鲍菇丁备用;生姜、葱、洋葱、大蒜的处理:剥去外衣,洗净后剁碎备用。

2)辣椒油升温至 130℃ 左右加入切碎的葱、姜、蒜末炸出微香;再加入一定量的黄豆酱滑炒保持酱受热均匀,待炒出酱香后,加入杏鲍菇丁一起炒制 7 min 后,停止加热,随即加入盐、味精、I+G、酱油、白醋、料酒、白砂糖、五香粉、蘑菇香精、辣椒红色素、防腐剂、抗氧化剂等。

3)装瓶后,经 90℃ 水浴加热,保持中心温度 85℃ 以上排气 8 min,然后旋紧瓶盖。

4)高温杀菌,冷却至瓶内中心温度在 45℃ 以下即可。

1.3.7 模糊数学评价 确定评定论域 $X = (\text{色泽、香味、滋味、体态})$;评语论域 $V = \{\text{优}(V_1)、\text{良}(V_2)、\text{中}(V_3)、\text{差}(V_4)\}$ 。采用“0、4”评分法确定各质量因素的权重分别为色泽 0.25,滋味 0.25,滋味 0.30,体态 0.20,记为 $A = (0.25, 0.25, 0.30, 0.20)$ 。

1) 评定标准

从食品专业教师和同学代表中选出 10 人组成评委小组^[4],感官评定标准见表 1。

2) 模糊综合评判数学模型

模糊评价集有 $Y = (y_1 y_2 y_3 \cdots y_n)$,由模糊矩阵 R 与权重分配集 A 经模糊变换 $Y = A \cdot R$ 得到^[5]

$$Y = (y_1 y_2 y_3 \cdots y_n) = (x_1 x_2 x_3 \cdots x_n) \cdot \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ r_{31} & r_{32} & \cdots & r_{3m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{pmatrix}$$

式中, $Y_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} y_{ij}$ 。

规定一个分值区域: $H = (95, 85, 75, 65)$, 将所得的模糊评判结果量化为具体的分值^[6-7]。

表 1 蘑菇酱的感官评定标准

Tab. 1 Sensory evaluation standards of mushroom sauce

项目	色泽	香味	滋味	体态
优(100-90)	油润红亮有光泽, 菇体颜色适中	菇香清爽鲜美, 酱味适中, 整体气味协调	有杏鲍菇特有的清香, 口感甘滑醇厚, 味道鲜美, 咸鲜甜适中, 蘑菇有咬劲	粘稠适中, 料质均匀, 油量适中均匀分布
良(89-80)	色泽油润, 但红亮度不够, 菇色稍暗	酱味稍重, 菇香不突出, 整体气味协调性差	口感甘滑较醇厚, 口味基本调和	较稠, 油较少整体效果稍差
中(79-70)	不够油润, 不红亮, 菇色较暗	酱味、葱姜味较中, 整体气味不协调	口味较不调和, 鲜咸味不够或较鲜、咸、甜	稀稠不适中, 油分布不均匀, 流动性差
差(69-60)	无光泽, 颜色发黑	几乎没有菇味, 有焦糊等异味	口味不调和, 过辣、太鲜、太咸、太甜或基本没味道	很稀或很稠, 油少, 表面干

1.3.8 单因素实验 在初步实验的基础上, 作者以干杏鲍菇的质量为基准, 固定了大蒜用量为 16%、葱 50%、姜 10%、醋 2 mL、酱油 1 mL、料酒 3 mL、辣椒油 30 mL。同时对酱与蘑菇的比例(1, 1.5, 2, 2.5, 3), 占干菇重盐的添加量(5%, 6%, 7%, 8%, 9%), 白砂糖的添加量(0%, 2%, 4%, 6%, 8%)进行单因素实验, 为响应面实验确定适宜的因素水平范围。

1.3.9 响应面实验 在单因素的基础上, 采用 Box-Behnken 中心组合^[8-10]进行三因素三水平实验设计, 实验因素水平见表 2。以模糊感官评价结果做响应值, 进行响应面分析, 优化五香蘑菇酱的配方。

表 2 实验因素水平表

Tab. 2 Experimental factors and levels

因素	代表符号	水平		
		-1	0	1
酱:干菇	X ₁	1.5	2.0	2.5
盐(g/dL)	X ₂	6	7	8
糖(g/dL)	X ₃	4	6	8

1.3.10 风味分析比较 采用顶空固相微萃取与 GC-MS 联用分析最优配方的蘑菇酱和市场上家常野菌菇酱的挥发性组分。取 7 g 样品, 装入 15 mL 萃取瓶中混匀, 将样品瓶置于 50 °C 的水溶液中保温 15 min, 萃取头 50 °C 顶空吸附 40 min, 气相进样口 25 °C 下解析 2 min。

色谱条件: OV1701 柱(柱长 30 m, 液膜厚度 0.25 μm), 起始温度 32 °C, 保持 3 min, 然后以 4 °C/min 的升温速度升温到 60 °C, 再以 18 °C/min 的速度升温到 240 °C, 汽化室温度 25 °C, 进样量 1 L, 载气为 He, 体积流速 0.8 mL/min。

质谱条件: 电离方式为 EI, 电子能量 70 eV, 离子源温度为 200 °C, 接口温度为 250 °C。

数据处理: 数据由 Xcalibur 软件系统完成, 未知化合物经计算机检索同时与 NTST 谱库和 wiley 谱库匹配, 仅采用正反匹配度大于 800(最大值为 1000)的鉴定结果。

2 结果与分析

2.1 干杏鲍菇复水研究

2.1.1 浸温与浸时对干杏鲍菇复水性的影响 浸泡干杏鲍菇 10 g 用水量 200 mL 时, 浸温与浸时对干杏鲍菇复水性的影响见图 1。浸温高(50 °C 和 60 °C)的复水比大于温度较低的复水比(30 °C 和 40 °C), 在同一温度下, 复水速度由快到慢, 即在 1.5 h 前复水快, 在此后复水速度很慢, 3 h 后 4 种处理方式中复水比相差不大。随着时间的延长, 干杏鲍菇复水已达到了饱和。由以上分析, 考虑到浸泡温度过高会使杏鲍菇中的营养成分和风味物质溶出, 这样就会对后期蘑菇酱的制作过程中造成不利, 使蘑菇风味不能充分体现, 因此综合考虑选择了复水温度是 50 °C 对干杏鲍菇进行前期处理。

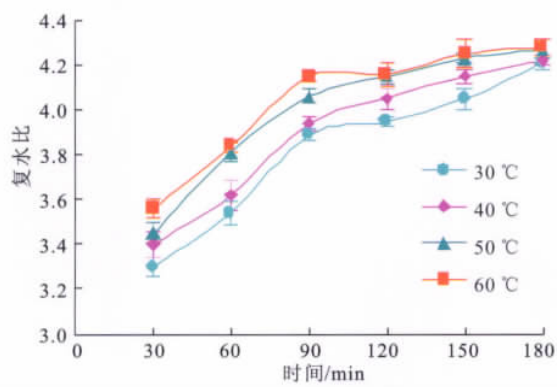


图 1 浸温与浸时对干杏鲍菇复水性的影响

Fig. 1 Effect of temperature and time on the rehydration of dried mushroom

2. 1. 2 不同用水量对干杏鲍菇复水性的影响 如图 2, 浸泡干杏鲍菇 10 g 时用水量 250 mL 和 200 mL 时复水比较高, 而用水 150 mL 时复水比较低。但是用水量过高会使杏鲍菇中的营养物质容易溶出, 而且水多会造成浪费。综合考虑, 选择 200 mL 的水对干杏鲍菇进行处理。因此确定了干杏鲍菇前期复水处理的时间为 1.5 h, 因为时间大于 1.5 h 时复水效果不明显, 而且会使杏鲍菇浸泡的过于烂, 口感不好, 没有咀嚼性。最终确定了干杏鲍菇复水处理的工艺为: 时间 1.5 h, 温度 50 °C, 用水量 200 mL。

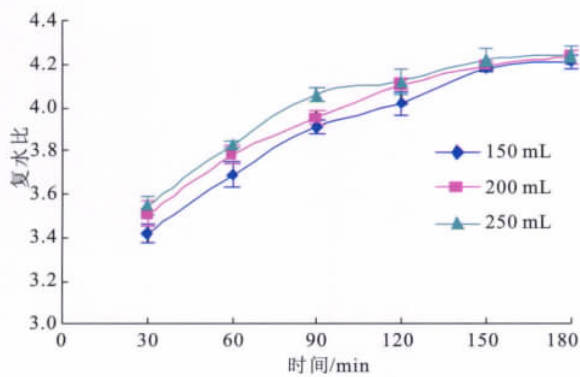


图 2 不同用水量对干杏鲍菇复水性的影响

Fig. 2 Effect of water on the rehydration of dried mushroom

2. 2 单因素实验

2. 2. 1 黄豆酱的添加量对产品品质的影响 由表 3 可以看出, 随着黄豆酱添加量的增大, 色泽的亮度指数 L 逐渐减小, 红度指数 a 逐渐增大, 黄度指数 b 逐渐增大。这是因为随着黄豆酱的添加比例增加, 其成品酱的颜色越来越深。从成品酱中蘑菇丁质

构分析中可见, 随着黄豆酱的添加量增大, 咀嚼性和硬度均有降低的趋势, 这是因为黄豆酱含有一定量的盐和水, 会降低蘑菇丁的咀嚼性和硬度。结合模糊数学感官评分可知, 刚开始感官分数是逐渐增高的, 因为酱的加入会使产品体态较好, 当黄豆酱: 蘑菇 = 2 倍时感官分数最高, 随后随着酱的增加蘑菇味到越来越淡, 酱会很咸, 而且色泽变暗, 感官分数逐渐降低, 故确定黄豆酱: 蘑菇为 2 时的水平进行响应面设计。

表 3 不同黄豆酱的添加量对产品品质的影响

Tab. 3 Effect of soy sauce on the product quality

黄豆酱 : 蘑菇	色 泽			蘑菇丁质构特性		感官 总分
	L	a	b	咀嚼性	硬度 / g	
1. 0 : 1	7. 86	0. 07	1. 95	142. 221	261. 923	78. 60
1. 5 : 1	7. 67	0. 18	2. 06	107. 686	248. 534	82. 30
2. 0 : 1	7. 52	0. 35	2. 21	94. 231	217. 247	85. 95
2. 5 : 1	7. 43	0. 45	2. 31	80. 353	184. 199	85. 00
3. 0 : 1	7. 30	0. 68	2. 48	62. 541	95. 764	81. 15

2. 2. 2 盐的添加量对产品品质的影响 由表 4 可以看出, 随着盐的添加量增大, 色泽的亮度指数 L 逐渐减小, 红度指数 a 逐渐增大, 黄度指数 b 逐渐增大。这是因为随着盐的添加比例增加, 其成品酱的颜色会越来越深, 但是从以上数据可以看出, 色泽指标相差不大。从成品酱中蘑菇丁质构分析中可见, 随着盐的添加量增大, 咀嚼性和硬度均有降低的趋势, 这是因为盐会使蘑菇块变软。结合模糊数学感官评分可知, 随着盐添加量的增加, 感官分数逐渐增加, 这是因为盐有一定的增味作用, 也能帮助味精增鲜。当盐的添加量为 7 g/dL 时感官分数最高, 随着盐的过多加入, 产品会很咸, 不适合吃。故确定盐的添加量 7 g/dL 时的水平进行响应面设计。

表 4 不同盐的添加量对产品品质的影响

Tab. 4 Effect of salt on the product quality

盐的 添加量/ (g/dL)	色 泽			蘑菇丁质构特性		感官 总分
	L	a	b	咀嚼性	硬度 / g	
5	8. 26	0. 19	2. 14	132. 065	258. 259	83. 90
6	8. 09	0. 24	2. 19	105. 421	246. 138	84. 50
7	7. 84	0. 36	2. 22	95. 324	215. 310	86. 10
8	7. 23	0. 37	2. 35	81. 445	181. 521	85. 58
9	7. 10	0. 42	2. 38	63. 772	118. 313	84. 40

2.2.3 糖的添加量对产品品质的影响 由表 5 可以看出随着糖的添加量增大,色泽的亮度指数 L 逐渐减小,红度指数 a 逐渐增大,黄度指数 b 逐渐增大。因为糖的加入在加热过程中会发生焦糖化反应,会使酱的颜色变深,糖越多颜色越深。从成品酱中蘑菇丁质构分析中可见,随着糖的添加量的增大,咀嚼性和硬度均有降低的趋势,这是因为糖会使蘑菇块失水变软。结合模糊数学感官评分可知,随着糖的添加量增加,感官评价分数会增加,因为糖能增鲜,还能调和咸味,当糖的添加量为 6 g/dL 时感官分数最高,而后随着糖的添加量增加,产品会越来越甜,影响口感,故确定糖的添加量 6 g/dL 时的水平进行响应面设计。

表 5 不同糖的添加量对产品品质的影响
Tab.5 Effect of sugar on the product quality

糖的添加量/ (g/dL)	色 泽			蘑菇丁质构特性		感官总分
	L	a	b	咀嚼性	硬度/g	
0	8.04	0.04	2.06	135.862	267.496	82.40
2	7.78	0.25	2.37	103.381	241.981	84.75
4	7.66	0.32	2.58	94.587	212.435	85.20
6	7.55	0.47	2.73	80.374	188.990	86.45
8	7.24	0.62	2.9	64.323	102.951	85.95

表 6 感官评定结果

Tab.6 Results of sensory evaluation

序号	色 泽				香 味				滋 味				体 态			
	V_1	V_2	V_3	V_4	V_1	V_2	V_3	V_4	V_1	V_2	V_3	V_4	V_1	V_2	V_3	V_4
1	1	7	2	0	1	7	2	0	0	6	2	2	5	5	0	0
2	1	6	3	0	1	5	3	1	2	6	2	0	3	6	1	0
3	1	5	4	0	2	3	5	0	2	3	4	1	0	4	5	1
4	1	9	0	0	0	4	5	1	3	5	2	0	0	6	3	1
5	1	5	3	1	0	5	3	2	0	4	3	3	0	5	2	3
6	1	6	3	0	2	4	4	0	2	3	4	1	0	5	4	1
7	3	1	4	2	0	4	5	1	1	5	1	3	1	3	4	2
8	1	7	2	0	4	5	1	0	3	3	3	1	3	5	2	0
9	0	3	6	1	0	4	4	2	0	2	4	4	0	2	6	2
10	0	3	6	1	1	3	3	3	0	4	3	3	1	5	3	1
11	0	6	4	0	2	4	3	1	1	4	4	1	3	5	2	0
12	2	5	3	0	1	4	4	1	2	3	5	0	2	5	3	0
13	0	10	0	0	1	8	1	0	3	6	1	0	2	7	1	0
14	2	7	1	0	7	3	0	0	2	8	0	0	3	4	3	0
15	0	8	2	0	4	6	0	0	4	6	0	0	0	7	3	0

2.3 模糊数学评价

根据试验方案设计的配方,按工艺要点制作出相应的 15 组产品,分别对 15 组产品的色泽、香味、体态、滋味等 4 个方面按照表 1 的评定标准进行评定。将评定人员的评定结果收集起来进行统计分析,统计结果见表 6。为了避免出现双峰值,均衡兼顾所有因素的影响,体现出整体特性,选用加权平均型的数学模型 $M(\cdot +)$, $Y=\sum X_iY_j \quad i=1,2\cdots n$; $j=1,2\cdots m$,这里 $n=4$, $m=15$,和表 6 数据经归一化后可得 1~15 号产品权重 Y 。 Y 分别为:

$Y_1=(0.15,0.63,0.16,0.16),Y_2=(0.17,0.575,0.23,0.025)\cdots Y_{15}=(0.22,0.67,0.11,0)$ 。

为了将最终评判结果量化为分数,进行正确排序,通过表 2 定出的分值区域,从而求出 S 值。 $S=\sum Y_jC_i,i=1,2\cdots n;j=1,2\cdots m$,这里 $n=4$, $m=15$ 。因而算出 S_1-S_{15} 列于表 7。

2.4 响应面分析

采用 SAS 软件对优化实验进行响应面分析,回归方程以及回归方程各项方差分析结果见表 8 和表 9,回归系数显著性检验和结果见表 10。

表 7 响应面实验方案及实验结果
Tab.7 Experiment design and result of RSM

序号	因 素			评定 结果 Y(分)
	X_1	X_2	X_3	
1	-1	-1	0	83.70
2	-1	1	0	83.90
3	1	-1	0	80.90
4	1	1	0	82.80
5	0	-1	-1	77.95
6	0	-1	1	81.80
7	0	1	-1	78.80
8	0	1	1	85.10
9	-1	0	-1	75.40
10	1	0	-1	77.50
11	-1	0	1	81.95
12	1	0	1	82.40
13	0	0	0	85.80
14	0	0	0	87.60
15	0	0	0	86.10

表 8 回归方程方差分析
Tab.8 Variance analysis of regression equation

方差来源	自由度 DF	平方和	均方和	F 值	$Pr>F$
回归模型	9	163.235458	18.137273	11.63	0.0074
误差	5	7.796875	1.559375		
总误差	14	171.03233			
$R^2=$ 0.9544					

表 10 回归系数显著性分析
Tab.10 Coefficient and significance of regression models

模型参数	DF	估计值	标准误差	非标准化系数	t 值	$Pr> t $	显著性
截距	1	-40.568750	41.898286	86.500000	-0.97	0.3774	—
X_1	1	38.387500	14.118786	-0.168750	2.72	0.0418	*
X_2	1	11.768750	9.629010	0.781250	1.22	0.2761	—
X_3	1	13.681250	3.191343	2.700000	4.29	0.0078	**
X_1^2	1	-10.550000	2.599479	-2.637500	-4.06	0.0097	**
X_1X_2	1	0.850000	1.248749	0.425000	0.68	0.5263	—
X_2^2	1	-1.037500	0.649870	-1.037500	-1.60	0.1713	—
X_1X_3	1	-0.412500	0.624375	-0.412500	-0.66	0.5380	—
X_2X_3	1	0.306250	0.312187	0.612500	0.98	0.3717	—
X_3^2	1	-1.137500	0.162467	-4.550000	-7.00	0.0009	**

注: * 表示显著($P<0.05$), ** 表示极显著($P<0.01$), — 表示不显著($P>0.05$)

表 9 回归方程各项方差分析
Tab.9 Variance analysis of regression equations items

回归方差来源	自由度 DF	平方和	均方和	F 值	$Pr>F$
一次项	3	63.430625	21.143542	13.56	0.0078
二次项	3	96.901083	32.300361	20.71	0.0030
交互项	3	2.903750	0.967917	0.62	0.6314
失拟项	3	5.936875	1.978958	2.13	0.3356
纯误差	2	0.930000			1.860000

可以看出,此模型的 F 值 11.63, P 值为 $0.0074<0.001$,响应面回归模型达到高度显著水平,而失拟项 F 值为 2.13,小于 0.05 水平上的 F 值, $P=0.3356>0.05$ 不显著,回归模型决定系数 $R^2=0.9544$,说明该模型拟合程度良好,因而可用此模型对试验数据进行分析和预测。一次项、二次项的 F 值大于 0.05 水平上的 F 值,说明影响因素与响应值(评定结果)之间的回归关系显著,能够明显地提高蘑菇酱的感官评定结果。

由表 10 的分析结果可以看出,所考察因素的显著性排序为 $X_3>X_1>X_2$,以感官评定结果为 Y 值得出 X_1 、 X_2 、 X_3 的编码值为自变量的三元二次回归方程。

$$Y=86.5-0.16875X_1+0.78125X_2+2.7X_3-0.6375X_1^2+0.425X_1X_2-0.4125X_1X_3-1.0375X_2^2+0.6125X_2X_3-4.55X_3^2$$

2.5 响应面交互作用分析与优化

为了进一步研究相关变量之间的交互作用,通过 SAS 统计软件绘制响应曲面线图来进行直观分析,结果见图 3~5。显示 3 组试验参数以感官评定为响应值的趋势图。等高线图可以直观地反映两变量交互作用的显著程度^[11]。圆形表示两因素交互作用不显著,而椭圆形与之相反。可以看出,等高线均呈椭圆形,表明各图中两因素交互作用显著。同时可以看出,各交互因素的最佳作用点基本都落在试验范围之内。从图 3 可以看出,黄豆酱和盐的添加量的交互作用对感官评定结果影响较大,表现为曲线较陡。从图 4、图 5 可以看出,黄豆酱和糖、糖和盐的交互作用较次之,表现为曲线较为平滑,且随其数值的变化,响应值变化较小。

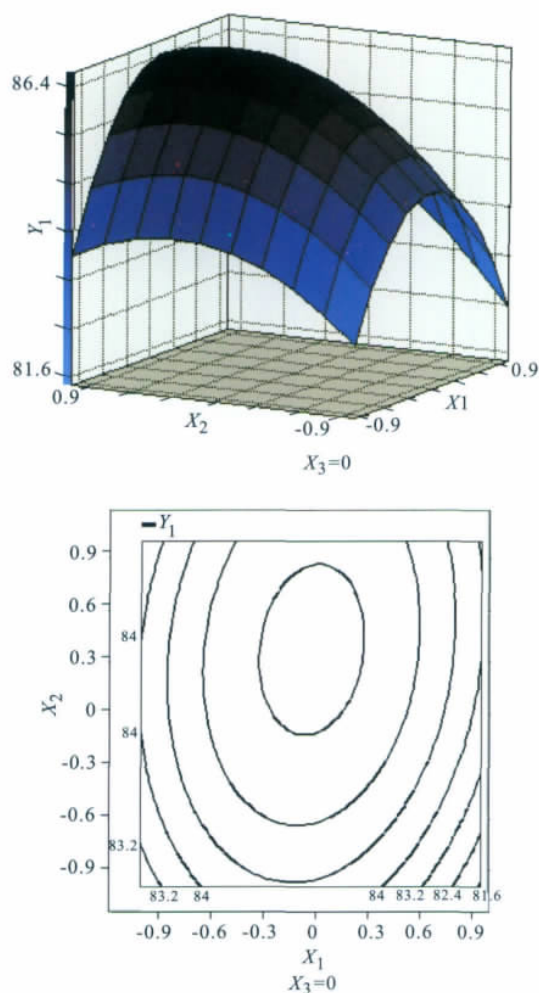


图 3 黄豆酱和盐的添加量对感官评定结果的影响

Fig. 3 Effect of soy sauce and sugar on sensory evaluation

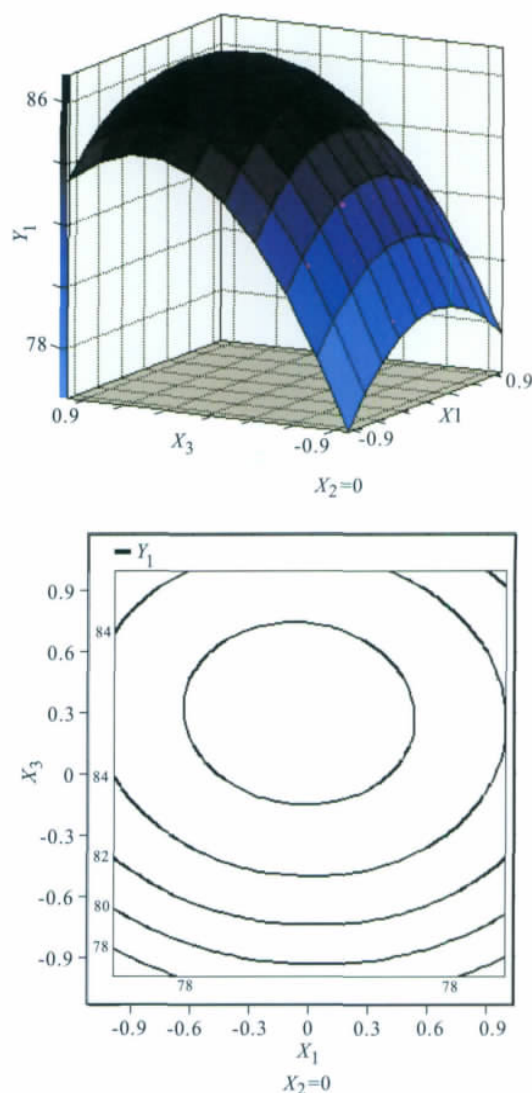
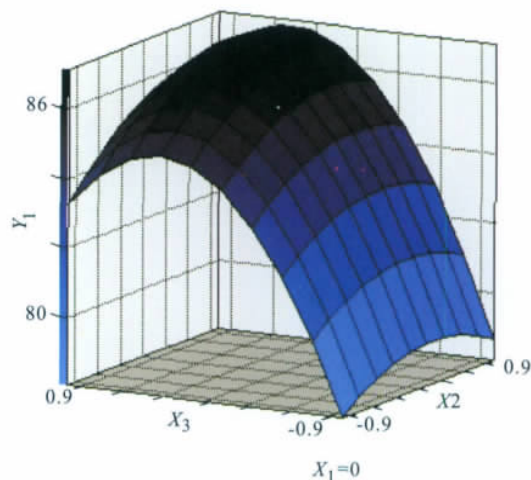


图 4 黄豆酱和糖的添加量对感官评定结果的影响

Fig. 4 Effect of soy sauce and sugar on sensory evaluation



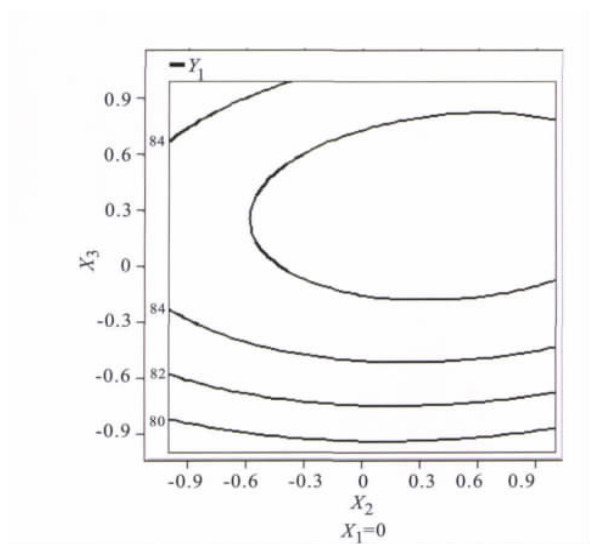


图 5 糖和盐的添加量对感官评定结果的影响
Fig. 5 Effect of sugar and salt on sensory evaluation
经 SAS 典型性分析得出最优配方及评定结果见表 11。

表 11 最优配方及结果

Tab. 11 Optimization formulation and results

因素	标准化	非标准化	感官评定结果(分)
X_1	-0.019 899	1.990 050	
X_2	0.469 608	7.469 608	87.129 558
X_3	0.329 214	6.658427	

由上表可以看出在酱:蘑菇=2,盐 7.50%,糖 6.66%的最优条件下,蘑菇酱的最优感官评定结果为 87.13。

2.6 验证实验

按响应面最佳条件下,对蘑菇酱进行 3 次平行

验证实验,结果见表 12,可知按照响应面预测的最优实验条件进行验证实验的平均值为 87.14,而预测的最大值为 87.13,二者吻合得很好。

表 12 验证实验结果

Tab. 12 Results of validation experiments

实验号	感官评定结果
1	87.18
2	87.15
3	87.08
平均值	87.14

2.7 风味分析比较

由风味分析可知,蘑菇酱中主要含有醛、醇、酯、酮、酸、醚、含硫化合物等风味物质。含硫化合物能产生浓郁香味,通常能影响菇体的整体香味,在食用菌风味中起着调和与互补的作用;而醇类则产生较为柔和的醇清香;酮醛类则伴有果香风味。蘑菇酱的香味不是单一化合物所体现出来的结果,而是由众多组分相互作用、相互平衡的效果。

八碳挥发性化合物是由亚油酸经脂肪氧化酶催化转变而成的,是食用菌中重要的风味物,如 1-辛烯-3 醇,3-辛烯-2-酮,辛烯醛等,尤其是 1-辛烯-3-醇具有浓郁的蘑菇风味,几乎存在于所有的食用菌中。由图 6 分析可知,最优配方蘑菇酱的 1-辛烯-3-醇含量相当丰富,达 11.26%,且辛烯醛 0.95%、3-辛烯-2-酮 1.28%。而图 7 中家常野菌菇酱几乎没有蘑菇的风味物质,1-辛烯-3 醇、3-辛烯-2-酮、辛烯醛均未检测出来。

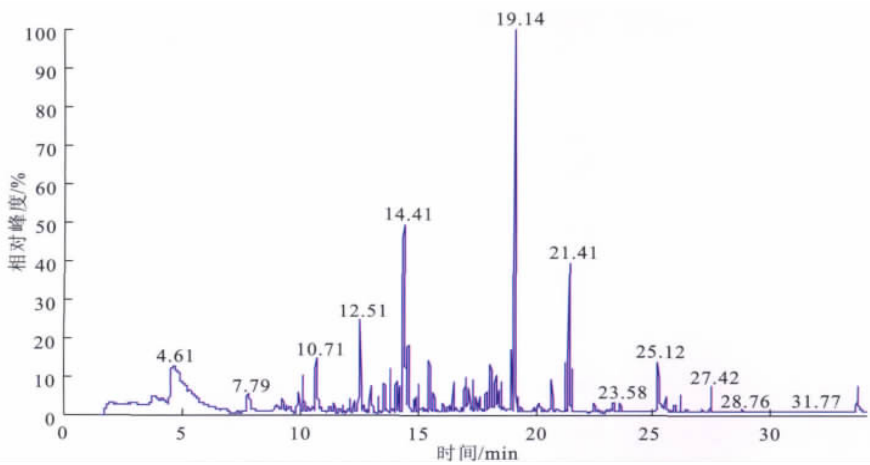


图 6 蘑菇酱的挥发性风味成分 GC-MS 总离子峰图

Fig. 6 Total ion count chromatogram of volatile compounds derived from mushroom sauce

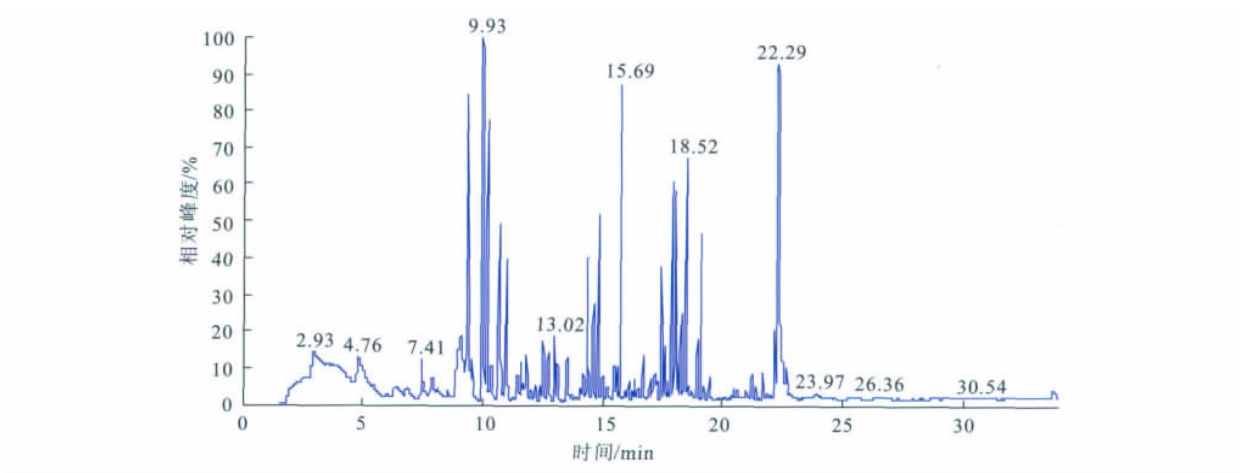


图 7 家常野菌菇酱的挥发性风味成分 GC-MS 总离子峰图

Fig. 7 Total ion count chromatogram of volatile compounds derived from homemade wild mushroom sauce

在总离子图谱中,峰面积用来定量,有效总峰面积大小与挥发性风味物质的总量呈正相关。由表 13 中两种酱比较可得,最优配方蘑菇酱的风味物质峰面积大于家常野菌菇酱,说明了最优配方蘑菇酱的具有浓郁的蘑菇味,整体品质明显高于市场上销售的家常野菌菇酱。

表 13 两种样品中风味成分种类及数目的比较

Tab. 13 Comparison of odor components in two samples

化合物种类	种类个数		相对百分含量/%	
	蘑菇酱	家常野菌菇酱	蘑菇酱	家常野菌菇酱
醛	15	12	21.01	12.15
醇	7	3	23.86	4.96
酯	3	3	2.41	1.54
酮	4	2	3.43	0.75
酸	5	7	7.58	13.07
醚	6	1	18.83	0.38
含硫化合物	4	4	2.60	6.50
其它	17	27	15.42	49.29
总和	61	59	95.14	88.64

2.8 产品质量指标

2.8.1 理化指标 水分 50.17%; 食盐 3.02%; pH 4~5。

2.8.2 微生物指标 大肠杆菌<30 MPN/100 g; 细菌总数<5 000 cfu/g;致病菌不得检出。

3 结 语

通过单因素试验确定了蘑菇酱中黄豆酱、白砂糖、盐的添加量 3 个试验因素的取值范围。在单因素试验的基础上,以感官评定结果为指标,通过 3 因素 3 水平的响应面分析对蘑菇酱制作工艺条件进行了优化。得出二次回归模型的 F 值 11.63, P 值为 $0.0074<0.001$,而失拟项 F 值为 2.13,小于 0.05 水平上的 F 值,该试验模型的 $R^2=0.9544$,说明该试验模型拟合结果好,自变量与响应值之间线性关系显著,可以用于该试验的理论预测。响应面试验最终确定了蘑菇酱制作的最佳工艺参数:酱:蘑菇=2,盐的添加量 7.50%,糖的添加量 6.66%。在此工艺条件下制得蘑菇酱的感官评定结果达到 87.14,与理论值基本相符。验证试验结果证明,该方法用于优化蘑菇酱的制作工艺切实可行。经过两种酱的风味分析比较可得,最优配方蘑菇酱的具有浓郁的蘑菇味,且蘑菇风味的主要挥发性成分 1-辛烯-3-醇含量 11.26%,蘑菇酱整体品质明显高于市场上销售的家常野菌菇酱。

参考文献(References):

- [1] 谷延泽. 白灵菇和杏鲍菇的营养分析与比较[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(21): 9931—9932.
GU Yan-ze. Analysis and comparison on the nutrients in *Pleurotus nebrodensis* and *Pleurotus eryngii*[J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2009, 37(21): 9931—9932. (in Chinese)
- [2] 姚自奇, 兰进. 杏鲍菇研究进展[J]. 食用菌学报, 2004, 11(1): 52—58.
YAO Zi-qi, LAN Jin. Overview of *Pleurotus eryngii*[J]. *Actua Edulis Fungi*, 2004, 11(1): 52—58. (in Chinese)
- [3] Perez F J. Food quality certification; An approach for the development of accredited sensory evaluation method [J]. *Food Quality and Preference*, 2007(18): 425—439.
- [4] 刘安军, 刘有志, 史建超. 模糊数学评价法在鹅肝酱研制中的应用[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(11): 82—83.
LIU Anoun, LIU You-zhi, SHI Jian-chao. Application of the method of fuzzy math evaluation in the manufacture of goose liver catsup[J]. *Food Research and Development*, 2007(18): 425—439. (in Chinese)
- [5] Meilgaard M, Civille G V, Carr B T. Sensory evaluation techniques[M]. CRC Press, 1999: 6—10.
- [6] 张钟, 高雷. 仙人掌饼干的配方优化[J]. 粮油食品科技, 2007, 15(5): 49—51.
ZHANG Zhong, GAO Lei. Optimization recipe of the cactus(*Opuntia dillenii haw*)biscuit[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2007, 15(5): 49—51. (in Chinese)
- [7] 刘军波, 张慧, 任志灿. 莲藕汁防褐变预处理工艺的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(6): 829—835.
LIU Jun-bo, ZHANG Min, REN Zhi-can. Study of pretreatment technology against browning in lotus root juice[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2010, 29(6): 829—835. (in Chinese)
- [8] Li Quanhong, Fu Caili. Application of response surface methodology for extraction optimization of genninant pumpkin seeds protein[J]. *Food Chemistry*, 2005(2): 701—706.
- [9] Serap Ozcan, etl. A response surface analysis of commercial Corn starch annealing[J]. *Cereal Chemistry*, 2003, 80: 241—243.
- [10] 吴肖, 赵谋明. 响应面分析法在清炖牛肉烹饪中的应用[J]. 食品科学, 2007, 28(4): 171—174.
WU Xiao, ZHAO Mou-ming. Application of response surface methodology in stewed beef cooking[J]. *Food Science*, 2007, 28(4): 171—174. (in Chinese)
- [11] 杨文鸽, 谢果凰, 颜伟华. 响应面分析法优化海鳗的湿腌工艺[J]. 中国食品学报, 2010, 10(1): 133—139.
YANG Wen-ge, XIE Guo-huang, YAN Wei-hua. Optimization of the wet-salting eel using response surface methodology [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2010, 10(1): 133—139. (in Chinese)

美国研究称核桃是最有效的抗氧化坚果

美国研究人员日前发现,核桃比起其他坚果含有更多的抗氧化物及多酚。抗氧化物可以保护细胞免受自由基的伤害,避免心脏疾病和其他健康问题。

美国 Scranton 大学的研究人员在英国皇家化学学会的《Journal Food and Function》杂志上发表了该发现。Joe Vinson 教授分析了 9 种生的、烘焙过的坚果和 2 种花生酱来评估各种坚果中的多酚总量,以及多酚抑制低密度脂蛋白氧化的预期能力。他指出,与其他坚果相比,核桃拥有最高的抗氧化物,无论是抗氧化物的品质或者效力都高过其它核果。Joe Vinson 还指出,此种抗氧化物在核桃里的含量比任何其它研究试验过的坚果(如巴西胡桃、开心果、夏威夷豆、杏仁、美洲薄壳胡桃(peccans)、腰果以及榛果等)还要高很多。研究发现,烘焙过花生比花生酱的多酚总量相对要高。

[消息来源] Royal Society of Chemistry. Walnuts pack the biggest punch when it comes to healthy nuts [EB/OL]. (2012—1—11). <http://www.rsc.org/AboutUs/News/PressReleases/2012/Walnuts.asp>.