

火锅用发酵肠工艺优化研究

邓楷¹, 黄静¹, 罗丹¹, 卢付青¹, 游敬刚¹, 张国豪²

(1. 四川省食品发酵工业研究设计院有限公司, 四川成都 611130; 2. 四川大学锦江学院, 四川彭山 620800)

摘要:为优化适用于火锅的发酵肠生产工艺, 本文选取发酵肠加工过程中的发酵温度、相对湿度、接种剂量三个因素进行单因素试验, 筛选出最佳范围。在此基础上以感官评价(配以火锅)为响应面, 对三个因素进行优化。结果表明: 最优加工工艺条件为发酵温度25.5℃、相对湿度90%、接种剂量0.03%。通过感官评定、色差测定、质构测定等试验, 表明在此条件下生产的发酵肠组织状态良好、色泽鲜亮, 搭配火锅口感良好, 风味独特, 具有良好的实用性和可行性。

关键词: 响应面优化; 发酵肠; 质构; 色差

中图分类号: TS251.5

文献标识码: A

文章编号: 1674-506X(2021)02-0119-0007

Study on Optimization of Fermented Sausage Process For Hot Pot

DENG Kai¹, HUANG Jing¹, LUO Dan¹, LU Fu-qing¹, YOU Jin-gang¹, ZHANG Guo-hao²

(Sichuan Food and Fermentation Industry Research & Design Institute Co., Ltd., Chengdu Sichuan 611130, China;

2. Jinjiang College, Sichuan University, Pengshan Sichuan 620800, China)

Abstract: In order to optimize the production process of fermented intestine suitable for hot pot, in this paper, three factors of fermentation temperature, relative humidity and inoculation dose in the process of fermentation intestine processing were selected for single-factor test to screen out the optimal range. On this basis, sensory evaluation (serve with hot pot) was taken as response surface to optimize the three factors. The results showed that the optimum processing conditions were fermentation temperature 25.5 °C, relative humidity 90% and inoculating dose 0.03%. Through the verification tests of sensory evaluation, color difference and texture determination, it is shown that the fermented intestine produced under this condition is in good condition, has bright color, and has good practicability and feasibility with the unique flavor of hot pot.

Key words: response surface optimization; fermented sausage; texture; color difference

doi: 10.3969/j.issn.1674-506X.2021.02-018

发酵香肠通常指将瘦肉和动物脂肪分别搅碎后, 再加入食盐、发酵剂、调味料等物质进行搅拌, 混合均匀后灌入肠衣, 经发酵、干燥等过程, 最后制成成熟的、具有独特发酵风味且可储藏较长时间的肉制品^[1]。西式发酵肠在许多中、西欧国家是一种传统特色的发酵美食, 由于具有色泽亮丽、滋味浓郁、风味独特、口感俱佳、营养好、易消化等优点, 在

欧美国家受到众多消费者的喜爱与青睐^[2]。火锅是中国人较喜爱的食物之一, 尤其在川渝地区最受欢迎。通常情况下, 用于火锅的肠类食材一般都有脆皮肠、火腿肠、川味传统香肠、广味传统香肠等, 但西式工艺生产的发酵肠相对较少。

目前, 我国中式香肠较西式发酵肠市场容量更大, 但前者在制作过程中容易受到杂菌污染^[3]。西

收稿日期: 2020-09-07

基金项目: 四川省科技计划重点研发项目(2018NZ0096)

作者简介: 邓楷(1986-), 男, 硕士, 高级工程师。研究方向: 农产品加工。

式发酵肠添加有益菌发酵剂且于低温下发酵成熟,与传统中式香肠相比,西式发酵肠品质更稳定、产品安全性更高^[4-5]。本文利用西式发酵肠的工艺优势,结合火锅食用和风味的特点,参考中式发酵肠相关配方,开发了适合火锅用食材的专用发酵肠,并对其工艺配方进行了优化,产品符合中国人口味、口感与营养要求,为火锅新菜品研发提供了参考和方向,具有良好的市场前景和实用意义。

1 试验材料

猪瘦肉、牛肉、猪脊膘、食盐、葡萄糖、香辛料均为市售;对照发酵肠,马鞍山百瑞食品有限公司。

2 主要设备及试剂

ESJ200-4A电子天平,沈阳龙腾电子有限公司;CS-200色差仪,杭州彩谱科技有限公司;Universal TA质构仪,上海腾拔仪器科技有限公司;ZB20肉制品斩拌机,诸城市海城机械有限公司;香肠灌装机,青州市同盛包装机械有限公司;JHY-HT-150L恒温恒湿试验箱,厦门金河源科技有限公司。

异抗坏血酸钠、亚硝酸钠,天津市福晨化学试剂厂食品添加剂分厂;木糖葡萄球菌、肉葡萄球菌、戊糖片球菌、乳酸片球菌、成熟剂SALAMIX P15 TOP,上海昊岳食品科技有限公司;上述添加剂均为食品级。

3 试验方法

3.1 工艺流程及操作要点

3.1.1 工艺流程

原辅料
↓
原料肉选择→冷冻→整理→配料→斩拌→灌装→滴水
→发酵→干燥→成熟

3.1.2 主要操作要点

(1)试验所需用具均需要提前清洗,保证生产加工过程中的安全和卫生。

(2)原料肉冷冻至 $-7\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$,斩拌前猪瘦肉和牛肉温度在 $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$,猪脊膘温度最好在 $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。色白而结实的猪脊膘是制作发酵香肠的最好原料^[6]。

(3)原料肉在进行整理时,需将筋、皮、损伤部位去除干净,以防影响后期的风味口感。

(4)斩拌速度开始为低速,依次按调味料、菌种、猪脊膘、食盐的顺序加入(菌种需提前溶解),然后加入猪脊膘,肉粒斩拌至4 mm左右。注意控制斩拌温度在 $-2\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(5)采用直径45-50 mm肠衣灌装,灌装过程的

温度控制在 $-1\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$,肠衣需每隔14 cm左右打结。采用天然肠衣生产的发酵肠品质较高^[7]。

(6)将灌好的香肠挂在洁净横杆上,彼此保持一定距离,避免出现肠体相互接触产生积水、相黏、发酸现象。静置数小时,去除香肠表面的部分水分,然后在 $20\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度75%-95%条件下发酵。

3.2 配方

猪瘦肉、牛肉、猪脊膘的质量比为2:1:1。调味料0.5%、食盐2.0%、亚硝酸盐0.01%、异抗坏血酸钠0.1%、成熟剂1.5%。

3.3 试验设计

3.3.1 单因素试验

通过预试验,确定各因素的试验范围,以感官评价为指标,探究发酵温度、相对湿度、接种剂量(为原料肉质量占比)对于发酵肠的品质影响,再结合单因素试验结果,明确各因素最佳作用范围,为后期试验提供基础。

3.3.1.1 发酵温度

不同的发酵温度环境下,微生物的代谢活性会有所不同。某些微生物在低温环境中生长,一定程度上会促进亚硝胺的形成。但低温却也可能有利于能分解亚硝酸盐微生物的生长,从而又会促进其残留量的下降^[8]。发酵肠在温度较高条件下产酸速度快,pH值低。试验控制相对湿度为90%,接种剂量为0.03%,探究发酵温度分别为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 对发酵肠制品品质的影响。

3.3.1.2 相对湿度

在一定范围内,相对湿度越大,发酵速度越快。刘战丽的研究表明在室内湿度较低的情况下,发酵肠由于失重过多,其剪切力会远远超过人们的可接受范围^[8]。试验控制发酵温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,接种剂量为0.03%,探究相对湿度分别为75%、80%、85%、90%、95%对发酵肠制品品质的影响。

3.3.1.3 接种剂量

接种量的多少会直接影响发酵产酸速度。接种量越大,产酸速度越快;接种量过大会导致发酵肠酸度过高,影响口感与风味^[9]。试验控制发酵温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为90%,探究接种剂量分别为0.01%、0.02%、0.03%、0.04%、0.05%对发酵肠制品品质的影响。

3.3.2 响应面法优化试验

在单因素试验的基础上,以感官评价得分为响应值,进行三因素三水平响应面试验,探究发酵肠

表1 响应面试验因素水平表
Tab.1 Factors and levels of response surface design

因素	水 平		
	-1	0	1
发酵温度(℃)	20	25	30
相对湿度(%)	85	90	95
接种剂量(%)	0.02	0.03	0.04

的最佳工艺参数。

3.4 指标测定

3.4.1 感官评定

本试验感官评定标准参考了GB 2730-2015《食品安全国家标准 腌腊肉制品》中对感官要求的规定^[10]。邀请20名从事食品专业或者有相关感官评定经验的人员,男女比例为1:1,以同样配方火锅料和蘸料条件下,对火锅烫煮后的发酵肠成品进行感官评定(色泽、香味、状态、咀嚼性四个方面),得到感官评定结果。评分标准见表2。

3.4.2 色差值测定

利用色差仪测定香肠的亮度值(L*)、红度值(a*)和黄度值(b*)。切5g发酵肠样品,将其放置在空气中5min后进行色度的检测。在测量时每个样品随机读取5个点,平行测定3次,取各指标的平均值^[11]。

3.4.3 TPA质构测定

制备大小为2 cm×2 cm×1 cm的发酵肠样品,用质构仪进行全质构(TPA)分析测定,测定项目为硬度、粘性、弹性、咀嚼性、黏聚性。将测试条件设置为:采用直径5 mm的球形探头;下压形变百分率50%;返回高度30 mm;测试速度1.00 mm/s;压缩次数2次;测定6个样品^[12]。取各项目数据的平均值作为参考依据。

4 结果与分析

4.1 单因素试验结果分析

4.1.1 发酵温度对发酵肠品质的影响

由图1所示,在温度范围为20-25℃时,发酵肠的感官评分随着温度的升高而升高。发酵温度在25℃左右时,发酵肠的感官评分最高,达到94.6分;高于25℃的温度范围,其感官评分随着温度的升高而降低。可能是由于相关发酵微生物在25℃左右的环境中最为适宜生长,其产生的发酵肠风味最佳,口感较好。当发酵温度过高时,产品感官评分逐渐降低,可能是由于发酵过度或内部脂肪氧化影响了最终产品口感。

4.1.2 相对湿度对发酵肠品质的影响

由图2可知,随着相对湿度的升高,发酵肠的感官评分也会随之升高,在相对湿度90%时评分最高,达到了95.6分;之后感官评分随着相对湿度的增加而逐渐降低。在低相对湿度的情况下,发酵肠

表2 发酵肠感官评分表
Tab.2 Table of sensory evaluation of fermented sausage

项目(评分)	评分标准	分值(分)
色泽(25分)	色泽均匀、火锅烫煮后瘦肉呈红色、脂肪呈黄色	20-25
	色泽均匀、火锅烫煮后瘦肉呈浅红色、脂肪呈浅黄色	15-20
	色泽不均、火锅烫煮后瘦肉呈红黑色、脂肪呈浅黄色	10-15
香味(25分)	无异味、火锅烫煮后有发酵肠的独特风味	20-25
	无异味、火锅烫煮后发酵肠独特风味很淡	15-20
	有异味、火锅烫煮后无发酵肠独特风味	10-15
状态(20分)	香肠外衣完整、瘦肉与脂肪分布均匀,表面收缩正常	15-20
	香肠外衣完整、瘦肉与脂肪分布均匀,表面收缩过度或不足	10-15
	香肠外衣轻微破裂、瘦肉与脂肪分布不均,表面收缩过度或不足	5-10
滋味(30分)	烫煮后与火锅风味搭配好,咀嚼性好,富有弹性	20-30
	烫煮后与火锅风味搭配较好,咀嚼性一般,有一定弹性	15-20
	烫煮后与火锅风味搭配差,咀嚼性差,过软或过硬	10-15

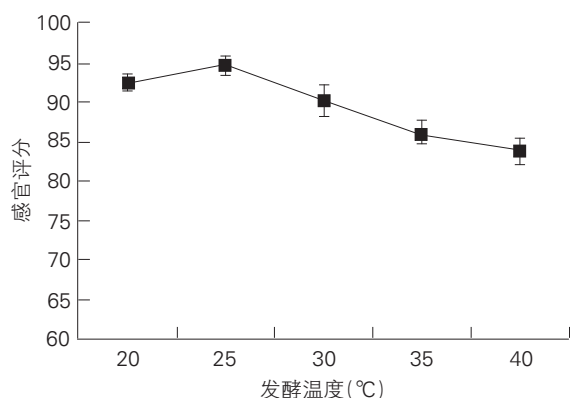


图1 不同发酵温度对发酵肠感官评定的影响

Fig.1 The effects of different fermentation temperatures on sensory evaluation of fermented sausage

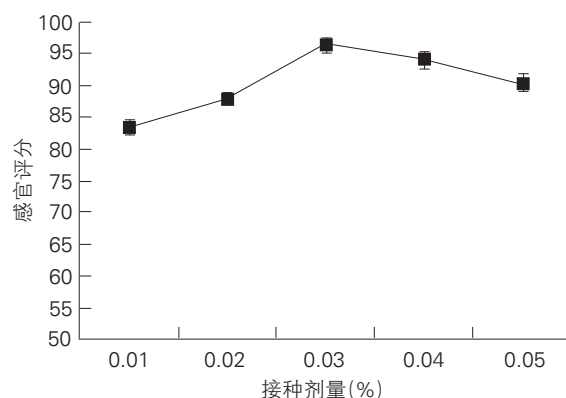


图3 不同接种剂量对发酵肠感官评定的影响

Fig.3 Effects of different inoculation doses on sensory evaluation of fermented sausage

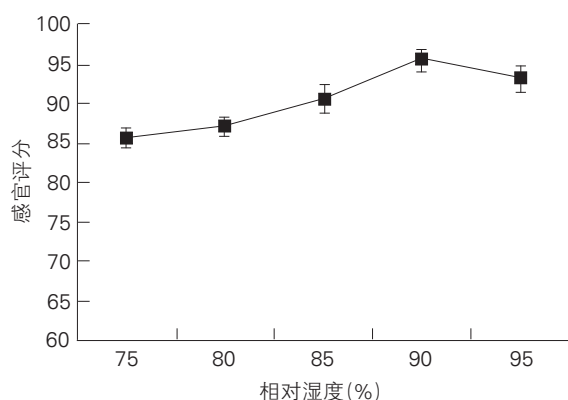


图2 不同相对湿度对发酵肠感官评定的影响

Fig.2 Effects of different relative humidity on sensory evaluation of fermented sausage

在发酵过程中失水过多,产品口感较硬,且微生物发酵较慢,直接影响发酵效果。发酵相对湿度过高时,影响微生物生长且表面肠衣不收缩,可能影响最终产品口感与风味。

4.1.3 接种剂量对发酵肠的感官评定的影响

由图3可知,接种剂量为原料肉质量0.01%~0.03%时,发酵肠的感官评分逐渐增高,在接种剂量0.03%最高,评分为96.3分;接种量大于0.03%时,评分略有下降。可能是因为接种剂量与发酵肠的发酵程度直接相关,剂量小不足以形成发酵肠的独特发酵乳酸风味,剂量大时影响产品产酸、产香气物质,影响产品整体风味。

4.2 响应面试验结果分析

4.2.1 回归模型建立与分析

在单因素试验基础上利用 design-Expert8.0.6 软件的 Box-Behnken 中心组合试验设计进行响应面

表3 响应面分析试验结果

Tab.3 Results of response surface analysis

编号	A 发酵温度 (°C)	B 相对湿度 (%)	C 接种剂量 (%)	感官得分
1	-1	-1	0	75.4
2	1	-1	0	85.9
3	-1	1	0	80.3
4	1	1	0	85.4
5	-1	0	-1	74.2
6	1	0	-1	85.1
7	-1	0	1	94.2
8	1	0	1	83.3
9	0	-1	-1	95.7
10	0	1	-1	97.3
11	0	-1	1	72.9
12	0	1	1	81.5
13	0	0	0	95.6
14	0	0	0	81.3
15	0	0	0	74.6
16	-1	-1	0	74.8
17	0	0	0	96.8

试验。选取发酵温度(A)、相对湿度(B)、接种剂量(C)三个因素作为自变量,以感官评分(Y)为响应值,响应面试验结果与设计见表3。

对表3中的试验数据进行回归拟合,得到感官评价对发酵温度、相对湿度、接种剂量的二次多项

表4 回归方差分析表

Tab.4 Results of regression equation analysis of variance

方差来源	自由度	平方和	均方	P值	显著性
模型	9	1 198.2	133.13	< 0.000 1	**
A	1	62.72	62.72	0.001 3	**
B	1	5.00E-03	5.00E-03	0.964 4	
C	1	17.4	17.4	0.029 5	*
A ²	1	716.7	716.79	< 0.000 1	**
B ²	1	127.25	127.25	0.000 2	**
C ²	1	151.45	151.45	< 0.000 1	**
AB	1	0.12	0.12	0.825 6	
AC	1	24.5	24.5	0.014 4	*
BC	1	6	6	0.153 4	
残差	7	16.39	2.34		
失拟项	3	10.6	3.53	0.204 1	
纯误差	4	5.79	1.45		
总和	16	1 214.6			

$R^2 = 0.986 5$

注:“*”为差异显著($P < 0.05$),“**”为差异极显著($P < 0.01$)。

回归方程模型: $Y = 95.62 + 2.80A + 0.025B + 1.48C - 13.05A^2 - 5.50B^2 - 6.00C^2 + 0.18AB + 2.48AC - 1.23BC$
对该模型进行方差分析,得到如表4的结果。

由表4可知,回归模型的P值<0.000 1,表明模型达到了极显著水平;失拟项是用来评估方程可靠性的一个重要数据,代表着模型中数据的变异,表4中失拟项的P值为0.204 1>0.05,说明失拟项差异不显著,无失拟因素存在,表明方程模拟较好;试验模型的决定系数 $R^2 = 0.986 5$,校正系数 $R_{Adj}^2 = 0.969 2$,

说明该方程模型与实际情况拟合度良好,试验误差小,能够较为正确地反映出发酵温度、相对湿度及接种剂量之间的关系和响应值的变化,可以利用此方程模型对发酵肠的相关工艺参数进行预测、分析和优化。回归方程各项方差分析中F检验可以判断自变量对因变量的影响,由此得到各因素对感官评分影响的主次顺序为 $A > C > B$,即发酵温度对感官评分的影响最大,其次是接种剂量,最后是相对湿度。由回归方程和方差分析可知,模型中A、A²、B²、C²对感官评分的影响极显著($P < 0.01$),C、AC对感官评分的影响显著($P < 0.05$),其他则不显著。

4.2.2 响应面优化

根据回归方程得出不同因素的响应面和等高线图,见图4-图6。通过观察响应面变化和等高线的形状可直观地反应发酵温度(A)、相对湿度(B)、接种剂量(C)之间的交互作用对发酵肠感官评分的影响。从响应面等高线图和3D图可以较明显地分析出多个因素对响应值的影响,而且还可以分析出响应值对不同因素变化的敏感程度。响应面等高线图可以直观地反映各因素对响应值的影响,以便找出最佳工艺参数以及各参数之间的相互作用。此外,等高线的形状可以反映各因素交互效应,椭圆形表示两因素交互作用显著,而圆形则与之相反。在3D图中,观察曲面的倾斜程度则可以确定两因素对响应值的影响程度,倾斜度越高,即坡度越陡,说明两者交互作用越显著。

图4中的等高线呈现圆形,说明发酵温度和相对湿度的交互作用不显著,等高线距离一定,没有非常密集或者非常稀疏的变化。图5中的等高线图和图4相比较,可以看出图5的等高线呈现椭圆形,说明发酵温度和接种剂量对于发酵肠的感官评分

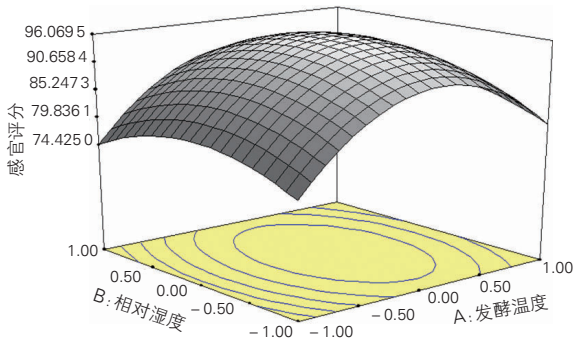
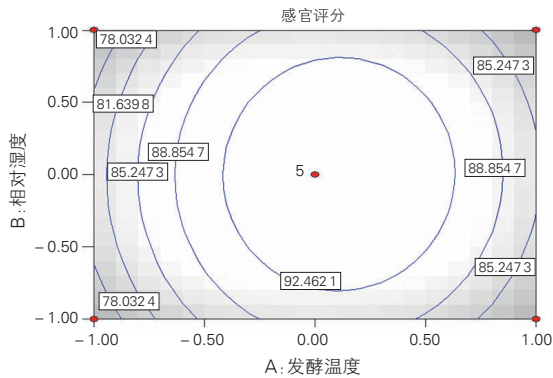


图4 发酵温度和相对湿度对感官评分的影响

Fig.4 Effects of fermentation temperature and relative humidity on sensory score

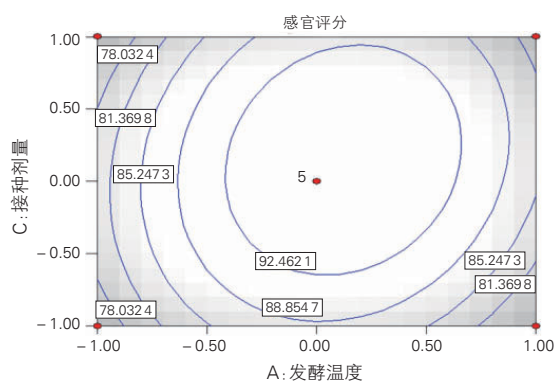


图5 发酵温度和接种剂量对感官评分的影响

Fig.5 Effects of fermentation temperature and inoculation dose on sensory score

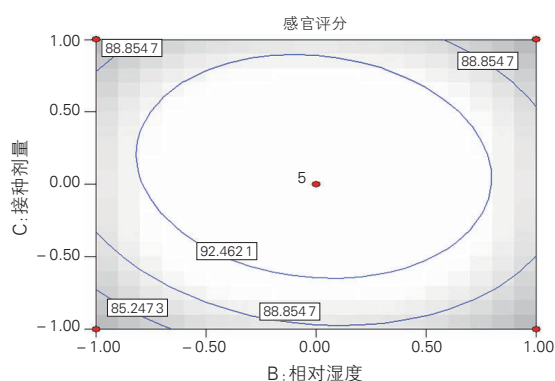
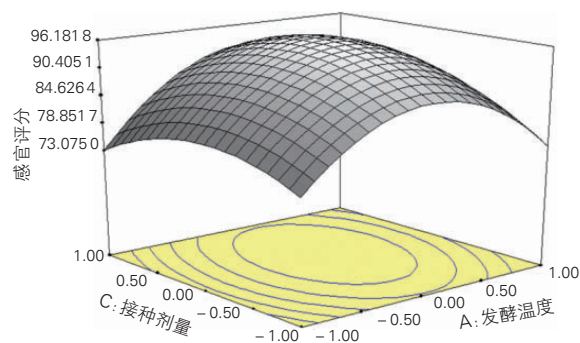
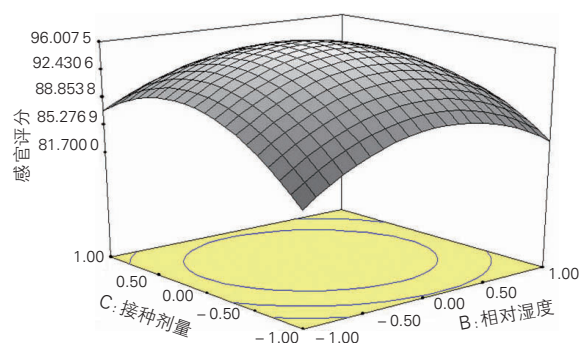


图6 相对湿度和接种剂量对感官评分的影响

Fig.6 Effects of relative humidity and inoculation dose on sensory scores



起着显著交互作用。当发酵温度为20–22.5℃时,等高线较密集,说明发酵温度对发酵肠感官评分的影响极显著($P < 0.01$)。图6中的3D图曲面不如图5陡峭,表明相对湿度和接种剂量的交互影响不如发酵温度与接种剂量的交互影响,在发酵肠的感官评分中发酵温度与接种剂量的交互影响作用更大。

通过响应面的参数优化可以得到发酵肠最佳工艺参数:发酵温度25.6℃、相对湿度89.95%、接种剂量0.0315%,感官评分预测值为96.1999。结合实际操作,将工艺参数调整为发酵温度25.5℃、相对湿度90%、接种剂量为0.03%。

4.3 验证试验

4.3.1 感官评定

按照感官评定方法和感官评分表对对照发酵肠产品与试验发酵肠成品进行比较,两者的感官评分结果见表5。

按照响应面优化工艺参数制作的发酵肠成品与对照发酵肠进行感官评定,得到两者的感官评分。从表5可知,试验发酵肠成品综合得分高于对

表5 感官评价验证试验

Tab.5 Results of sensory verification

样品	感官评分
对照发酵肠	90.2
试验发酵肠	95.9

照发酵肠,表明试验得到的工艺参数合理,具有一定的可操作性和可信性。

4.3.2 色差测定

将对照发酵肠产品和试验发酵肠成品进行色差测定,得到两者的色差值(见图7)。试验发酵肠的色泽、明亮度高于对照发酵肠,而红度值和黄度值略低于对照发酵肠,总体色度相近,外观差别较小。

4.3.3 质构测定

用质构仪测定对照发酵肠和试验发酵肠的质构特性,测定结果见表6。

由上表可知,对照发酵肠在硬度、弹性、咀嚼

(下转第170页)

- [3] DIANA HJMD. How theory and design-based research can mature PBL practice and research[J]. *Advances in health sciences education*, 2019, 24(1): 879-891.
- [4] 潘蕾, 魏欣, 张野, 等. 军医大学八年制临床医学学生传染病PBL式教学改革研究[J]. *华南国防医学杂志*, 2016, 30(8): 515-516.
- [5] 吴乃菊, 雷菊琴, 郭舜萍. 案例结合任务驱动教学法在产科护理教学中的应用[J]. *按摩与康复医学*, 2019, 10(22): 102-103.
- [6] 于忠娜, 管小庆, 孙海峰, 等. 家畜传染病实习中PBL法的应用探讨[J]. *山东畜牧兽医*, 2017(6): 73-74.
- [7] DA SILVA AL, DENNICK R. Corpus analysis of problem-based learning transcripts: an exploratory study[J]. *Med Educ*, 2010, 44(3): 280-288.
- [8] 刘浩, 孙晓风, 张丽娟, 等. PBL教学法在传染病学临床见习教学中的应用体会[J]. *继续医学教育*, 2013, 27(5): 25-26.

(上接第124页)

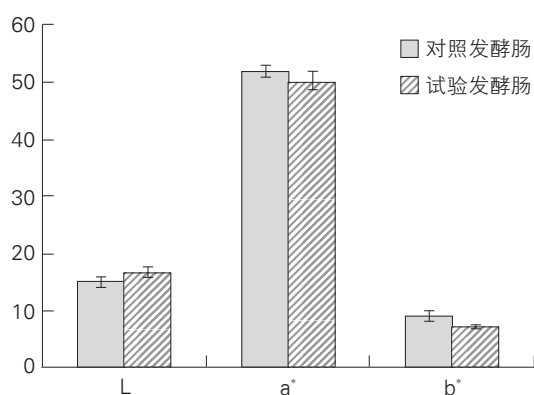


图7 色差值测定对比图

Fig.7 Contrast diagram of chromatic aberration determination

表6 质构特性测定结果表

Fig.6 Results of qualitative properties

样品	硬度	粘性	弹性	咀嚼性	黏聚性
对照发酵肠	641.5	1.35	0.78	202.67	0.725
试验发酵肠	624.9	1.41	0.69	198.45	0.653

性、黏聚性方面略高于试验发酵肠,而在粘性方面小于试验发酵肠,表明试验发酵肠相对较软,口感细腻。综上所述,试验得出的工艺参数合理,可以作为生产后续研究的基础数据。

5 结论

本文研究了适用于火锅的发酵肠工艺及配方,通过单因素试验确定了发酵肠加工过程中对成品感官评价影响较大的三个因素(发酵温度、相对湿度、接种剂量)的最佳作用范围,然后在此范围进行响应面优化分析。得出各因素对试验发酵肠成品感官评分的影响依次为发酵温度>接种剂量>相对湿度,最佳工艺参数为发酵温度25.5℃、相对湿度90%,接种剂量

0.03%。在此条件下生产的发酵肠口感风味最佳,产品搭配火锅食用口感独特,营养丰富,品质高端,适合大众消费,为开发火锅新型食材提供了方向。

参考文献

- [1] 马长伟. 发酵香肠及产品开发[J]. *中国食品工业*, 2000(9): 30-32.
- [2] CORNU MBARS. Effect of temperature, water-phase salt and phenolic contents on *Listeria monocytogenes* growth rates on cold-smoked salmon and evaluation of secondary models[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2006(106): 159-168.
- [3] 张志伟. 休闲色拉米发酵工艺优化及风味物质分析[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [4] 潘润淑. 发酵对中式香肠保藏性能的影响[J]. *河南职业技术学院学报*, 1998(1): 47-49.
- [5] 王晓政, 刘春晓, 王燕荣. 猪肉发酵肠与市售肉制品品质及安全性比较分析[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(4): 196-200.
- [6] 杜智慧. 不同发酵剂对发酵香肠品质影响的研究[D]. 晋中: 山西农业大学, 2014.
- [7] RONCALES P, AGUILERA M, BELTRAN JA, et al. The effect of natural or artificial casing on the ripening and sensory quality of a mould-covered dry sausage[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2007, 26(1): 83-89.
- [8] 许伟, 徐为民, 郇延军. 发酵条件对香肠中亚硝酸盐和亚硝酸胺的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2012, 38(7): 181-185.
- [9] 杨华, 张亚杰, 张浩, 等. 鲢鱼发酵香肠的研制[J]. *肉类工业*, 2010(3): 25-28.
- [10] 国家卫生和计划生育委员会. GB 2730-2015《食品安全国家标准 腌腊肉制品》[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [11] 方静. 光度、色度多参数测量校准装置关键技术的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2015.
- [12] 张婷, 吴燕燕, 李来好, 等. 咸鱼品质的质构与感官相关性分析[J]. *水产学报*, 2013, 37(2): 303-310.