

酱肉防腐工艺优化及其货架期预测

袁先铃, 陈崇艳*, 彭先杰, 袁玉梅, 张 婷

(四川轻化工大学生物工程学院, 四川 自贡 643000)

摘要:以菌落总数、挥发性盐基氮含量为防腐效果评价指标, 优化酱肉防腐工艺及确定其货架期。通过单因素试验确定各个防腐剂最佳添加范围, 结合正交试验确定最佳配方, 达到通过防腐剂复配降低亚硝酸盐使用量及残留量、延长货架期的目的。结果表明: 4种防腐剂防腐效果主次顺序为: 山梨酸钾>乳酸钠>Nisin>双乙酸钠; 最优组合为: 山梨酸钾 0.70 g/kg, Nisin 0.18 g/kg, 双乙酸钠 1.15 g/kg, 乳酸钠 20 g/kg, 该防腐剂最优复配组合下, 酱肉在常温(23℃)下储存货架期可达 35 d, 7℃低温下储存货架期可达 190 d。

关键词:酱肉; 防腐工艺; 优化; 货架期

Optimization of Preservative Process and Shelf Life Prediction of Sauced Meat

YUAN Xian-ling, CHEN Chong-yan*, PENG Xian-jie, YUAN Yu-mei, ZHANG Ting

(College of Bioengineering, Sichuan University of Science and Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: The preservative process of sauce meat was optimized and the shelf life was determined using total numbers of bacterial colonies and volatile basalt nitrogen contents as the evaluation indices of preservative effects. The optimal addition range of each preservative was determined by single factor experiments, and the optimal formula was confirmed using orthogonal experiment, so as to reduce the usage and residue of nitrite and prolong the shelf life through the preservatives combination. The results showed that the primary and secondary sequence of preservative effects in these four preservatives was potassium sorbate>sodium lactate>Nisin>sodium diacetate, and the optimal combinations were determined as follows: potassium sorbate of 0.70 g/kg, Nisin of 0.18 g/kg, sodium diacetate of 1.15 g/kg, and sodium lactate of 20 g/kg. Under these conditions, the shelf life of sauced meat reached to 35 days stored at room temperature of 23℃, which would be reached to 190 days when stored at lower temperature of 7℃.

Key words: sauced meat; anti-corrosion craft; optimization; shelf life

中图分类号: TS251.6⁺1

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2021.07.014

酱肉是将猪后腿肉用甜面酱、香辛调味料腌制后经自然风干而成的一类腌腊肉制品, 具有色泽美观、风味浓郁的特点, 因其独有的风味和口感受到越来越多消费者的青睐。酱肉生产加工过程中主要以添加亚

硝酸盐的方法对其进行护色和防腐。硝酸盐或亚硝酸盐是肉制品加工中应用历史最长、范围最广的食品添加剂之一。这类食品添加剂价格低廉, 不仅可通过发色作用赋予肉制品良好的外观色泽, 增强肉制品腌制

作者简介: 袁先铃(1979—), 女, 汉族, 硕士, 副教授, 研究方向: 食品安全工程。

*通信作者: 陈崇艳, 硕士研究生, 研究方向: 食品安全工程。

风味,延缓脂肪氧化酸败,还可抑制腐败菌生长繁殖,延长肉制品货架期,能有效防止致病菌(特别是肉毒杆菌、沙门氏菌)导致的食物中毒,受到生产者的欢迎。但是自上世纪 70 年代早期,人们认识到亚硝酸盐能与肉制品中的氨基酸反应生成亚硝胺类化合物(*N*-亚硝基吡咯烷、*N*-亚硝基二甲胺等),这类化合物是强致癌物。除此之外,亚硝酸盐被食用后在人体内胃中还可以形成亚硝胺^[1],这在一定程度上给消费者的身体健康埋下了隐患。控制食品中亚硝酸盐使用及残留量成为普遍关注的问题,因此酱肉制品低硝化或无硝化是实现酱肉健康持续发展的必然趋势^[2-6]。

针对肉类防腐,目前市场上已有较多的复配型肉制品保鲜剂,很多学者也在研究用几种天然或者非天然的食品防腐剂来完全或者部分替代亚硝酸盐^[7-8]。徐海祥等^[9]经试验发现,使用乳酸链球菌素部分替代亚硝酸盐,细菌生长繁殖得到显著抑制,可大幅延长产品的货架期。Thippareddi 等^[10]经试验发现,乳酸盐可控制火鸡肉中荚膜芽孢杆菌的数量。Zhang 等^[11]通过向牦牛肉糜中添加 3 种不同种类的乳酸盐替代亚硝酸盐,结果表明,乳酸盐可显著提高肉色的稳定性。Vareltzis 等^[12]测试结果显示,在 4 ℃和 20 ℃条件下,甜菜碱/山梨酸钾体系对芽孢杆菌的生长比传统亚硝酸盐体系有更好的抑制作用。本试验通过测定 Nisin、山梨酸钾、双乙酸钠、乳酸钠 4 种防腐剂对酱肉的菌落总数及挥发性盐基氮含量的影响,结合正交试验探究最佳防腐剂复配效果,从而达到降低亚硝酸盐使用量及残留量、延长货架期的目的。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

猪后腿肉、甜面酱、食盐、曲酒、白砂糖、花椒面,均购于四川省自贡市沃尔玛超市。

Nisin、山梨酸钾、双乙酸钠、乳酸钠、亚硝酸钠、*D*-异抗坏血酸钠,均为食品级,河南万邦实业有限公司生产。

1.1.2 仪器与设备

GZ-250-S 低温生化培养箱:上海 AL50 设备有限公司;BagMixer 均质机:法国 Interscience 公司;DZQ-5002SB 型真空包装机:上海圣松有限公司;WFJ7200 可见分光光度计:尤尼柯(上海)仪器有限公司;SKY-2102C 摇床:上海珂准仪器有限公司;JJ-CJ-1FD 洁净工作台:苏州市金净净化设备有限公司。

1.2 方法

1.2.1 川味酱肉配方

川味酱肉的工艺配方为(以鲜肉百分含量计):肥瘦质量比约为 3:7、食盐 4%、曲酒 0.5%、白砂糖 1%、花椒面 0.3%、甜面酱 9%。

1.2.2 工艺流程

添加辅料及防腐剂



原料选择→清洗→腌制→上酱→烘干→包装储藏(23 ℃)

1.2.3 操作要点

选择带皮猪后腿肉,切成厚度 2~3 cm,重约 300 g 小长条;用无菌水清洗肉块,去除肉表面淤血、猪毛等杂物,晾干;将配料及防腐剂均匀涂抹在肉的表面,保鲜袋封口放入 7 ℃冰箱中腌制 4 d,期间上下翻动 3 次,促使腌制均匀;将肉挂于温度 10 ℃、相对湿度 40%的恒温恒湿培养箱中,待表面微干,上面酱,当酱半干时,重复上述步骤两遍,待上酱完成后置于培养箱中 3 d。再经过常温风干 12 h,当酱肉表面不再出现大的水珠时 50 ℃干燥 11 h;将制作好的酱肉进行真空包装,23 ℃下保存待用。

1.2.4 测定项目与方法

挥发性盐基氮(TVB-N):采用 GB 5009.228—2016^[13]中的方法测定;菌落总数:按照 GB 4789.2—2016^[14]中的方法测定;亚硝酸盐残留量:按照 GB 5009.33—2016^[15]中的盐酸萘乙二胺法测定;货架期:结合 ALST 法^[16]预测。

1.2.5 试验方案设计

1.2.5.1 单因素试验设计

在酱肉腌制时期分别添加山梨酸钾、Nisin、乳酸钠、双乙酸钠等防腐剂,确定各个防腐剂单一浓度变量对酱肉防腐效果的影响,添加量均在食品添加剂使用标准(GB 2760—2014^[17])范围内,如表 1 所示。在每组酱肉中添加 0.04 g/kg 的亚硝酸盐作为护色剂,添加 0.7 g/kg 的 *D*-异抗坏血酸钠作为助色剂^[12]。在酱肉制作好开始计时,在添加不同防腐剂的情况下,以 0、3、6、13、20、27 d 为检测时间点测定菌落总数、挥发性盐基氮含量和亚硝酸盐含量等指标^[5,18-20]。

表 1 单因素试验设计

Table 1 Design of single factor experiments 单位:g/kg

山梨酸钾	Nisin	双乙酸钠	乳酸钠	亚硝酸盐(对照组)
0.35	0.09	0.55	5	0.15
0.70	0.18	1.10	10	
1.05	0.27	1.65	20	
1.40	0.35	2.20	30	

1.2.5.2 正交试验设计

根据单因素试验确定防腐剂最佳用量范围,设计四因素三水平正交试验,选取防腐剂最佳复配比。在酱肉制作好开始计时,分别测定0、3、6、13、20、27 d 菌落总数、挥发性盐基氮含量和亚硝酸盐含量等指标。

1.2.5.3 货架期预测方法

研究采用 Q_{10} 法进行预测,设置差值为 10°C 的两个温度进行储藏,则两个温度下的货架寿命比率 Q_{10} 的计算公式见式(1),再根据式(2)即可得到酱肉在 7°C 、 23°C 下储藏的货架期^[6]。

$$Q_{10} = \frac{t^{\circ}\text{C下产品的货架期}}{(t+10)^{\circ}\text{C下产品的货架期}} \quad (1)$$

$$Q_{S(t)} = Q_{S(t_0)} \times Q_{10}^{(t-t_0)/10} \quad (2)$$

式(2)中, $Q_{S(t)}$ 为 $t^{\circ}\text{C}$ 下的货架期, $Q_{S(t_0)}$ 为 $t_0^{\circ}\text{C}$ 下的货架期。

将包装好的酱肉分别置于 27°C 和 37°C 温度下的恒温箱内。每天取 37°C 恒温箱内的酱肉测其菌落总数;每3 d取 27°C 恒温箱中酱肉测其菌落总数。根据GB 2730—2015^[21]菌落总数为 $80\,000\text{ CFU/g}$ 作为酱肉变质的终点,测得酱肉在两种情况下的货架期。

1.2.6 数据处理

使用Excel 2013对数据进行统计分析,将各个指标用SPSS进行方差分析(ANOVA),用多重比较法分析差异显著性,其中 $P<0.05$ 表示差异显著。使用Origin 2018软件作图。

2 结果与分析

2.1 山梨酸钾对酱肉的防腐效果

山梨酸钾对肉制品有较明显的防腐作用^[20],由图1可知,随着储藏时间的增加,菌落总数总体呈现上升的趋势,在0~6 d时菌落总数增加明显,之后菌落总数的增加趋势变缓,在27 d时,山梨酸钾添加量为0.70、1.05、1.40 g/kg的菌落总数水平在 $10^4\sim 10^5\text{ CFU/g}$,添加量为0.35、0.70 g/kg两组的菌落总数差值最大,说明在此浓度范围的山梨酸钾对菌落总数的影响最大。由图2可知,随着储藏时间的增加,挥发性盐基氮含量总体呈现上升的趋势,0 d时挥发性盐基氮含量约 $13\text{ mg}/100\text{ g}$,在储藏后期(20~27 d)时,山梨酸钾添加量为0.70 g/kg时挥发性盐基氮增长较其他组缓慢,且最终挥发性盐基氮与添加量0.35 g/kg的含量相差很小。选取0.35~0.70 g/kg浓度范围的山梨酸钾进行正交试验。

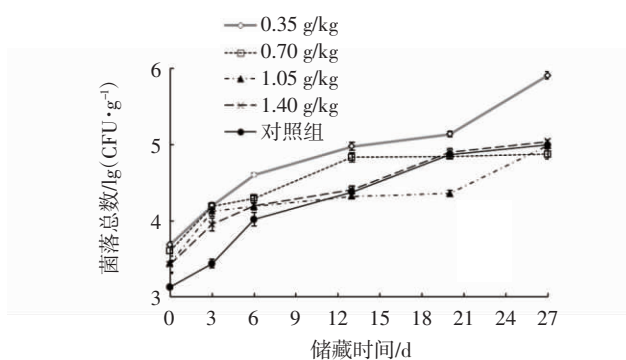


图1 山梨酸钾添加量对酱肉菌落总数的影响

Fig.1 Effects of potassium sorbate additions on the total numbers of colonies in sauced meat

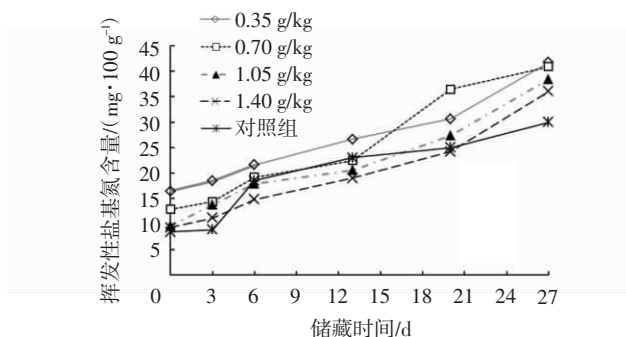


图2 山梨酸钾添加量对酱肉挥发性盐基氮含量的影响

Fig.2 Effects of potassium sorbate additions on TVB-N contents in sauced meat

2.2 Nisin 对酱肉防腐效果的影响

Nisin对肉制品有较明显的防腐作用^[22-24],由图3可知,随储藏时间的增加,菌落总数总体呈上升趋势,在0~6 d时菌落总数增加很明显,之后菌落总数的增加趋势减缓。在27 d时,Nisin添加量为0.09 g/kg组菌落总数最多,超过了 10^6 CFU/g ,说明在此浓度下Nisin对酱肉的防腐效果不理想,其余几组菌落总数相对较少(10^5 CFU/g 左右)。添加量为0.35 g/kg时菌

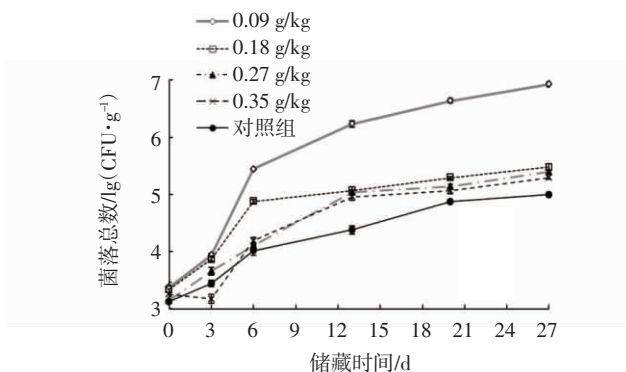


图3 Nisin添加量对酱肉菌落总数的影响

Fig.3 Effects of Nisin additions on the total numbers of colonies in sauced meat

落总数与添加量为 0.18、0.27 g/kg 相差较小,按照添加剂最小原则,选取 Nisin 添加量范围为 0.18~0.27 g/kg 进行正交试验。由图 4 可知,挥发性盐基氮含量总体呈现上升的趋势,但是与对照组相比,不同的 Nisin 添加量对挥发性盐基氮含量影响不大。0 d 时的挥发性盐基氮含量在 13 mg/100 g 左右,27 d 时挥发性盐基氮含量上升到 31 mg/100 g。因此,依照菌落总数指标,选取 Nisin 添加量范围为 0.18~0.27 g/kg 进行正交试验。

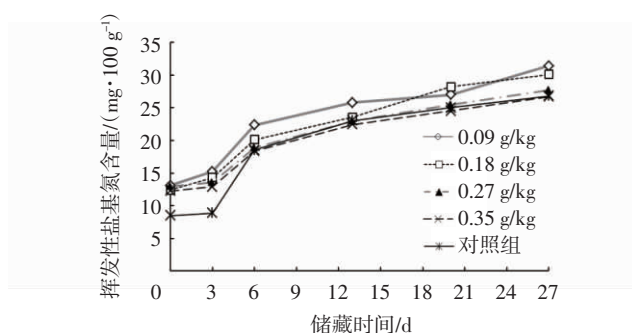


图 4 Nisin 添加量对酱肉挥发性盐基氮含量的影响

Fig.4 Effects of Nisin additions on TVB-N contents in sauced meat

2.3 双乙酸钠对酱肉防腐效果的影响

双乙酸钠对肉制品有较明显的防腐作用^[20,25],由图 5 可知,双乙酸钠添加量 1.10 g/kg 与 1.65 g/kg 组酱肉菌落总数相差较大,说明此浓度范围对菌落总数影响最大。由图 6 可知,试验组挥发性盐基氮的含量均高于对照组,双乙酸钠添加量对挥发性盐基氮含量影响不明显,其添加量在 1.65 g/kg 时挥发性盐基氮含量最低,因此将此添加量作为最适添加量的参考。综合分析,选取 1.10~1.65 g/kg 浓度范围的双乙酸钠进行正交试验。

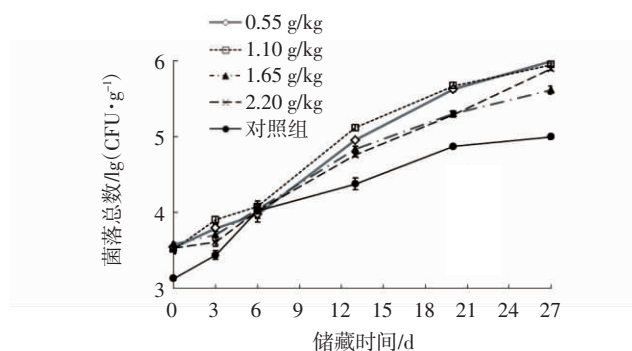


图 5 双乙酸钠添加量对酱肉菌落总数的影响

Fig.5 Effects of sodium diacetate additions on the total numbers of colonies in sauced meat

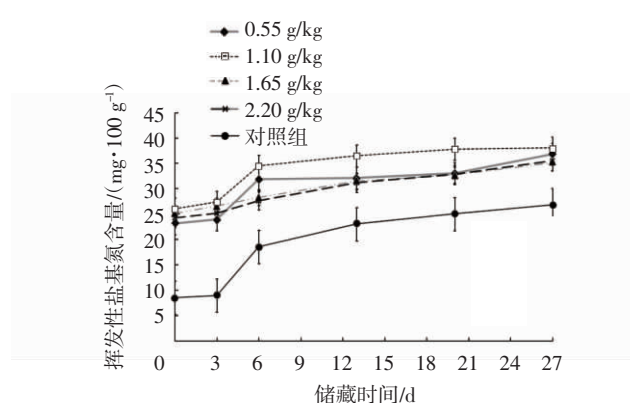


图 6 双乙酸钠添加量对酱肉挥发性盐基氮含量的影响

Fig.6 Effects of sodium diacetate additions on TVB-N contents in sauced meat

2.4 乳酸钠对酱肉防腐效果的影响

乳酸钠对肉制品有较明显的防腐作用^[26],由图 7 可知,在乳酸钠添加量为 10~20 g/kg 时,菌落总数的差值最大,说明乳酸钠在此浓度范围对酱肉的菌落总数影响最大。由图 8 可知,27 d 时乳酸钠添加量为 30 g/kg 和 20 g/kg 的酱肉挥发性盐基氮含量接

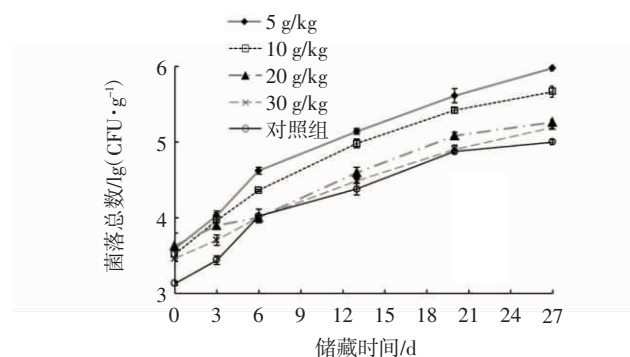


图 7 乳酸钠添加量对酱肉菌落总数的影响

Fig.7 Effects of sodium diacetate additions on the total numbers of colonies in sauced meat

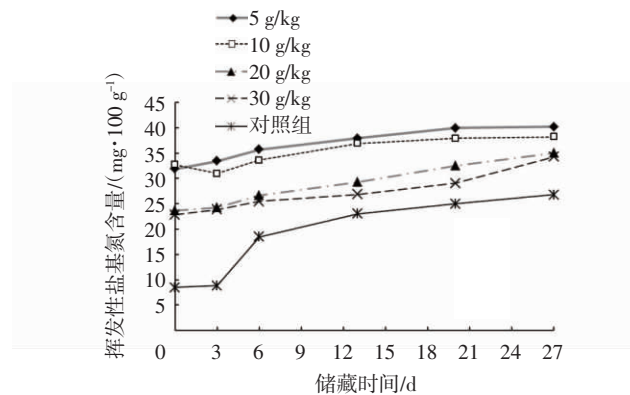


图 8 乳酸钠添加量对酱肉挥发性盐基氮含量的影响

Fig.8 Effects of sodium lactate additions on TVB-N contents in sauced meat

近,故可选择 20 g/kg 乳酸钠作为最佳添加量。综合分析,选取 10~20 g/kg 浓度范围的乳酸钠进行正交试验。

2.5 正交试验结果

复合防腐剂对肉类防腐有显著优势^[27-29],根据正交试验设计表,测定不同处理组的菌落总数及挥发性盐基氮含量,计算各组指标及平均值,结果见表 2。

根据表 2 可知,就菌落总数而言,根据极差分析,各防腐剂对酱肉防腐效果影响次序为:山梨酸钾>乳酸钠>Nisin>双乙酸钠,最优复配组合为 $A_3B_3C_2D_3$,

即各个防腐剂添加量为:山梨酸钾 0.70 g/kg、Nisin 0.22 g/kg、双乙酸钠 1.40 g/kg、乳酸钠 20 g/kg。各防腐剂对酱肉挥发性盐基氮生成影响次序为:山梨酸钾>双乙酸钠>Nisin>乳酸钠,最优复配组合为 $A_3B_3C_3D_3$,即各个防腐剂添加量为:山梨酸钾 0.70 g/kg、Nisin 0.22 g/kg、双乙酸钠 1.65 g/kg、乳酸钠 20 g/kg。

综上所述,这几种防腐剂对菌落总数的影响较大,对挥发性盐基氮的影响较小,最优配比可以依照菌落总数的最优配比来选择,但是在 GB 2760—2014^[17]添加剂使用原则中提及各防腐剂的用量占其最大用

表 2 正交试验设计及结果
Table 2 Orthogonal experimental design and results

试验号	因素				菌落总数/ lg(CFU·g ⁻¹)	TVB-N 含量/ (mg·100 g ⁻¹)
	A 山梨酸钾/ (g·kg ⁻¹)	B Nisin/ (g·kg ⁻¹)	C 双乙酸钠/ (g·kg ⁻¹)	D 乳酸钠/ (g·kg ⁻¹)		
1	1(0.30)	1(0.18)	1(1.15)	1(10)	4.52	38.52
2	1	2(0.20)	2(1.40)	2(15)	4.51	37.33
3	1	3(0.22)	3(1.65)	3(20)	4.36	35.64
4	2(0.50)	1	2	3	4.45	35.65
5	2	2	3	1	4.65	34.78
6	2	3	1	2	4.56	36.39
7	3(0.70)	1	3	2	4.35	34.97
8	3	2	1	3	4.34	35.26
9	3	3	2	1	4.30	36.09
菌落总数	K_1	13.39	13.32	13.42	13.47	
	K_2	13.65	13.50	13.26	13.42	
	K_3	13.00	13.22	13.36	13.15	
	k_1	4.46	4.44	4.47	4.49	
	k_2	4.55	4.50	4.42	4.47	
	k_3	4.33	4.41	4.45	4.38	
	极差	0.22	0.09	0.05	0.11	
主次顺序		$A > D > B > C$				
优水平		3	3	2	3	
优组合		$A_3B_3C_2D_3$				
挥发性盐基氮含量	K_1	111.49	109.14	110.17	108.17	
	K_2	106.82	107.37	107.85	108.69	
	K_3	105.10	106.90	105.39	106.55	
	k_1	37.16	36.38	36.72	36.06	
	k_2	35.61	35.79	35.95	36.23	
	k_3	35.03	35.63	35.13	35.52	
	极差	2.13	0.75	1.59	0.71	
主次顺序		$A > C > B > D$				
优水平		3	3	3	3	
优组合		$A_3B_3C_3D_3$				
综合分析优水平		$A_3B_1C_1D_3$				

量的比列和不应超过 1,而以上两个最优复配组合比例和都大于 1,就实际生产而言是无意义的。根据主次影响因素,主要因素是山梨酸钾,次要因素是乳酸钠,然后才是 Nisin 和双乙酸钠,可将主要因素和次要因素选择为 A_3D_3 ,另外两个添加剂选定为 B_1C_1 ,即最优组合为 $A_3B_1C_1D_3$,此时各个防腐剂添加量为:山梨酸钾 0.70 g/kg、Nisin 0.18 g/kg、双乙酸钠 1.15 g/kg、乳酸钠 20 g/kg。

根据正交试验结果,按照 $A_3B_1C_1D_3$ 最优复配添加量制作酱肉并测其挥发性盐基氮和菌落总数,27 d 时菌落总数为 2.37×10^4 CFU/g,与正交试验第 7 组的菌落总数相近;27 d 时挥发性盐基氮含量为 34.88 mg/100 g,比正交试验第 8 组减小了 0.38 mg/100 g,防腐效果较好。此时亚硝酸盐残留量为 3.15 mg/kg,与对照组相比降低了 6.55 mg/kg,达到了降低亚硝酸盐残留量的目的。

2.6 亚硝酸盐残留量分析

选取单因素中最优添加量测定亚硝酸盐残留量,结果如图 9 所示。

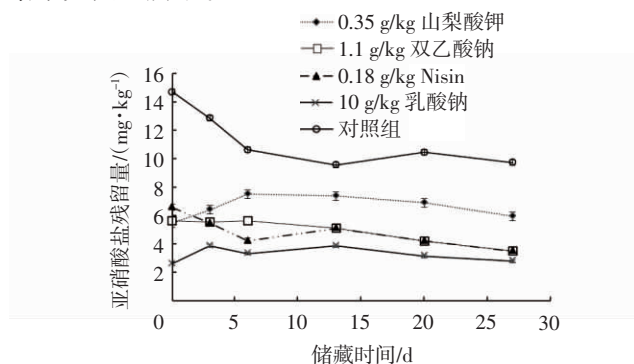


图 9 亚硝酸盐残留量的测定

Fig.9 Determination of nitrite residue

由图 9 可知,在不影响对酱肉的防腐情况下,4 种防腐剂按最优添加量加入,能明显降低亚硝酸盐的残留量,达到预期的试验目的。

2.7 最优组货架期的确定

2.7.1 酱肉在 37 °C 下菌落总数的变化趋势

由图 10 可知,在 37 °C 的条件下,随着时间的增加,酱肉菌落总数增加趋势较为明显,在第 8 天时达到 80 000 CFU/g,参考腌腊肉制品标准 GB 2730—2015^[21],酱肉已腐败,可确定酱肉在 37 °C 下货架期为 8 d。

2.7.2 酱肉在 27 °C 下菌落总数的变化趋势

由图 11 可知,在 27 °C 下,随着时间的增加,在第 23 天菌落总数达到 80 000 CFU/g,根据 GB 2730—2015^[21],酱肉已腐败,可确定酱肉在 27 °C 下货架期为 23 d。

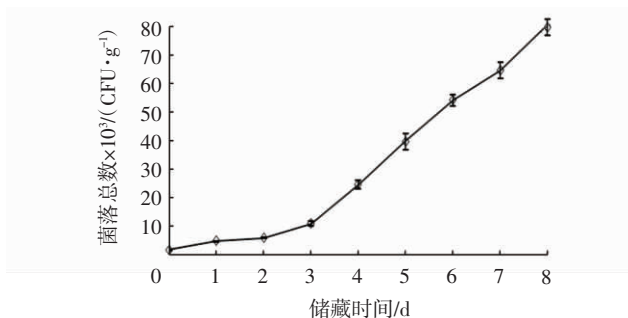


图 10 酱肉在 37 °C 下菌落总数的变化趋势

Fig.10 Variation trends of the total numbers of colonies in sauced meat at 37 °C

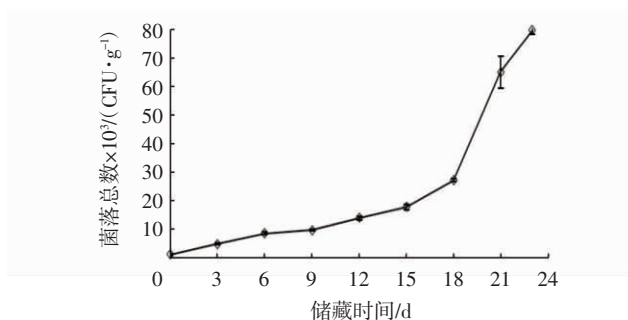


图 11 酱肉在 27 °C 下菌落总数的变化趋势

Fig.11 Variation trends of the total numbers of colonies in sauced meat at 27 °C

2.7.3 酱肉货架期的预测结果

本研究采用 Q_{10} 货架期预测模型对酱肉的货架期进行预测^[16,30-32]。综合图 10 和图 11 得出 27 °C 储藏条件下的货架期为 23 d,37 °C 储藏条件下的货架期为 8 d,带入式(1)求出 Q_{10} ,即 $Q_{10}=t$ °C 下的货架期/($t+10$) °C 下的货架期=23/8=2.875; 预测得到常温 23 °C 下酱肉货架期为 $Q_{s(23)}=Q_{s(t_0)} \times Q_{10}^{(t_0-t)/10}=23 \times 2.875^{(27-23)/10}=35$ d,低温 7 °C 下酱肉货架期为 $Q_{s(7)}=Q_{s(t_0)} \times Q_{10}^{(t_0-t)/10}=23 \times 2.875^{(27-7)/10}=190$ d。可见低温储藏可大大延长酱肉货架期,应用 Arrhenius 关系式建立货架期预测模型可以在较高温度下收集数据,然后用外推方法求得在较低温度下的货架寿命,大大缩减了货架期试验时间。

3 结论

通过单因素试验确定了山梨酸钾、Nisin、双乙酸钠和乳酸钠有效达到酱肉防腐目的的同时降低了亚硝酸盐的残留量。通过正交试验及综合分析,确定最优复配组合为 $A_3B_1C_1D_3$,各个防腐剂添加量为:山梨酸钾 0.70 g/kg、Nisin 0.18 g/kg、双乙酸钠 1.15 g/kg、乳酸钠 20 g/kg。并且进行验证试验,试验结果与预期相符,菌落总数为 2.37×10^4 CFU/g,挥发性盐基氮含量

为 34.88 mg/100 g, 亚硝酸盐残留量为 3.15 mg/kg, 与对照组相比降低了 6.55 mg/kg, 达到了降低亚硝酸盐残留量的目的。利用 ASLT 法测得酱肉在 7℃ 货架期为 190 d, 23℃ 常温下可储藏 35 d 左右, 低温储藏更有利于酱肉的保存。

参考文献:

- [1] 李玲, 夏天兰, 徐幸莲, 等. 肉制品和胃酸条件下亚硝胺合成阻断作用的研究进展[J]. 食品科学, 2013(5):284-288.
- [2] 张毅峰. 亚硝酸盐在肉制品中的应用及趋势[J]. 肉类工业, 2015(10):54-57.
- [3] 叶阳, 王洋, 袁先铃, 等. 低硝中式香肠中复合抗氧化剂的配方优化[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(3):54-59. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2018.03.010.
- [4] BRANISLAV S A, BRANIMIR P A, VLADIMIR T A, et al. Tomato pomace extract and organic peppermint essential oil as effective sodium nitrite replacement in cooked pork sausages[J]. Food Chemistry, 2020, 330:127202. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127202.
- [5] 史诗尊, 黄裕平, 王刚. 肉制品亚硝酸盐含量的检测方法[J]. 食品安全导刊, 2017(21):94.
- [6] 刘彩红, 樊晓盼, 王思雨, 等. 替代亚硝酸盐生产安全腌肉制品的研究现状[J]. 食品安全质量检测学报, 2015(2):534-539.
- [7] 王春晓. 肉制品中如何正确使用防腐剂[J]. 肉类工业, 2016(10):40-41.
- [8] 张琦. 天然防腐剂在肉制品保鲜中的应用研究[J]. 现代食品, 2019(2):71-73.
- [9] 徐海洋, 谢淑娟, 施帅, 等. 异 Vc 钠、红曲色素及 Nisin 替代部分亚硝酸钠对腊肠品质的影响[J]. 现代食品科技, 2012, 28(12):1677-1681.
- [10] THIPPAREDDI H, JUNEJA V K, PHEBUS R K, et al. Control of clostridium perfringens germination and outgrowth by buffered sodium citrate during chilling of roast beef and injected pork[J]. Journal of Food Protection, 2003, 66(3):376-381. DOI:10.4315/0362-028X-66.3.376.
- [11] ZHANG Y B, ZHANG J H, YU Q L, et al. Effect of lactic acid salts on minced yak meat colour stability and metmyoglobin-reducing activity[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(9):281-286.
- [12] VARELTZIS K, BUCK E M, LABBE R G. Effectiveness of a Betalains/Potassium Sorbate System versus Sodium Nitrite for Color Development and Control of Total Aerobes, *Clostridium perfringens* and *Clostridium sporogenes* in Chicken Frankfurters[J]. Journal of Food Protection, 1984, 47(7):532-536.
- [13] 食品安全国家标准 挥发性盐基氮测定:GB 5009.228—2016[S]. 北京:中国标准出版社, 2016.
- [14] 食品安全国家标准 菌落总数测定:GB 4789.2—2016[S]. 北京:中国标准出版社, 2016.
- [15] 食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定:GB 5009.33—2016[S]. 北京:中国标准出版社, 2016.
- [16] 杜鹏, 罗丽华, 杨昌林. 特种发酵肉制品加速货架寿命试验研究[J]. 食品科技, 2014(1):127-130.
- [17] 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准:GB 2760—2014[S]. 北京:中国标准出版社, 2014.
- [18] 彭杨思, 刘培, 章骅. 肉与肉制品中挥发性盐基氮测定方法的比较[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(4):152-154. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6521.2016.04.037.
- [19] 魏永义, 张臻, 张莉. 火腿肠中菌落总数的测定[J]. 肉类工业, 2012(5):27-28. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2012.05.016.
- [20] 任杰, 邱春强, 朱伟, 等. 几种主要防腐剂抑菌性和肉品保鲜的作用研究[J]. 肉类工业, 2016(7):52-56. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2016.07.012.
- [21] 食品安全国家标准 腌腊肉制品标准:GB 2730—2015[S]. 北京:中国标准出版社, 2015.
- [22] 刘欣, 王文艳, 王娟, 等. 乳酸链球菌素对桶子鸡的保鲜效果[J]. 食品工业, 2019(7):6-10.
- [23] UCAR Y, OZOGUL F, MUSTAFA DURMU S, et al. The effects of nisin used at different concentrations on fatty acids profile of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets under chilled (4±2℃) and vacuum-packed conditions[J]. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2020, 37(1):24-27. DOI:10.12714/egejfas.37.1.06.
- [24] 刘丽莉, 夏延斌, 杨协立. Nisin 复合防腐剂在低温灌肠肉制品中的应用[J]. 保鲜与加工, 2004, 4(2):24-25.
- [25] 闫国胜, 薛向阳, 李彦军. 双乙酸钠的特性及其在肉制品中的应用[J]. 肉类工业, 2006(1):1-2. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2006.01.001.
- [26] 瞿朝霞, 何伶俐, 陈湘湘, 等. 乳酸钠对冷鲜肉保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2017(9):107-111.
- [27] 张立峰, 宁海凤, 刘玉栋, 等. 复配防腐剂在熏煮香肠中的应用[J]. 肉类工业, 2017(9):43-45. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2017.09.010.
- [28] 李欣蔚, 迟原龙, 贾冬英, 等. 复合防腐剂对发酵火腿抑菌效果的研究[J]. 中国酿造, 2012, 31(12):102-104. DOI:10.3969/j.issn.0254-5071.2012.12.027.
- [29] 吴丹枫, 周晓燕, 李旭, 等. 响应面法优化冷鲜驴肉复合天然防腐剂配方[J]. 现代食品科技, 2019, 35(5):244-252. DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.5.034.
- [30] LI D Y, XIE H K, LIU Z Y, et al. Shelf life prediction and changes in lipid profiles of dried shrimp (*Penaeus vannamei*) during accelerated storage[J]. Food Chemistry, 2019, 297:124951. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.124951.
- [31] 陈晓宇, 朱志强, 张小栓, 等. 食品货架期预测研究进展与趋势[J]. 农业机械学报, 2015, 46(8):192-199. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.08.026.
- [32] 史波林, 赵镭, 支瑞聪. 食品感官货架期确定的一般原则与方法[J]. 食品科技, 2012, 37(10):296-300.

收稿日期:2020-09-07