

一种零添加亚硝酸盐腌腊肉的加工工艺

黄 苓^{1,2}, 孙 震^{1,2}, 吴爱娟^{1,2}, 孙 洁^{1,2}, 曾志丹^{1,2}, 曾小群^{1,2*}, 潘道东^{1,2}

(1.浙江省动物蛋白食品精深加工技术重点实验室, 浙江 宁波 315832;

2.宁波大学 食品与药学院, 浙江 宁波 315832)

摘要: 本文研究了一种零添加亚硝酸盐腌腊肉的加工工艺. 以新鲜的猪后腿肉为原料, 以分离自新疆馕马奶的具有高效降解亚硝酸盐的发酵乳杆菌 RC4 和具有广谱抗菌效果的植物乳杆菌 B6 为复配发酵剂, 通过 2 次单因素实验和正交实验, 首先优化发酵剂菌种比例、红曲红的添加量、烘干时间及乳酸链球菌素的添加量, 再进一步优化白砂糖、黄酒、生抽和维生素 E 等风味影响因素, 即获得一种零添加亚硝酸盐腌腊肉制品的优化加工工艺. 试验结果表明, 优化的工艺为: 复配发酵剂发酵乳杆菌 RC4 与植物乳杆菌 B6 的体积比为 2:1、红曲红 $0.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、白砂糖 $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、黄酒 $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、生抽 $50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、维生素 E $0.03 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 19°C 发酵 25 h、 50°C 烘干 24 h、乳酸链球菌素 $0.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. 利用该优化工艺制出的腌腊肉制品亚硝酸盐质量分数仅为 $11.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 感官评分达到 93.8, 色泽鲜艳明亮, 滋味鲜咸可口且安全健康.

关键词: 腌制咸腊肉; 红曲红; 乳酸链球菌素; 加工工艺; 亚硝酸盐含量

中图分类号: TS201

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2019) 03-0021-07

腌腊肉是中国传统的一种肉类加工制品, 主要是以新鲜肉为原料, 加入食盐、酱料、亚硝酸盐、香辛料等辅料, 经原料挑选、处理、腌制、风干、烘烤等工序加工而成的一类肉制品^[1]. 因其具有加工方式简便、肉质细致、产品风味独特、便于贮藏等特点, 而深受中国家庭的喜爱. 腌腊肉也因加工方式和各种辅料的差别而种类繁多, 如湘西腊肉、广式腊肉、四川腊肉等等^[2].

虽然腌腊肉的风味独特, 但是亚硝酸盐残留量超标、脂肪酸败和霉变^[3]等已成为其加工过程中的技术瓶颈问题. 肉制品中的亚硝酸盐具有发色、抑制肉毒梭菌的作用, 但亚硝酸盐食用过量会导致急性中毒、致畸、致癌等威胁人类健康的安全问题^[4], 脂肪的酸败、霉变会严重影响腊肉的风味形成. 研究表明乳酸菌是一种可降解亚硝酸盐的益生菌, 除具有一般微生物所产生的有关酶系, 还有亚硝酸盐还原酶、降低亚硝胺、控制内毒素的特殊

酶系^[5], 亚硝酸还原酶能直接降解腌制食品中的亚硝酸盐, 尤其是在酸性条件下, 研究表明当 pH 小于 6 时, 亚硝酸盐能被大量降解^[6], 所以乳酸菌产生乳酸降低 pH 值对亚硝酸盐的降解具有促进作用. 在腌制食品中加入乳酸菌发酵, 可改善食品的色泽和风味, 同时可以降低亚硝酸盐残留, 减少亚硝胺的生成, 抑止细菌的生长和繁殖, 有效延长货架期^[7]. 红曲红和甜菜红都是肉制品中常见的天然发色剂, 安全性较高^[8]. 红曲红不仅具有着色性, 而且还有抗菌功能和保健功能^[9]; 甜菜红对食品的着色性好, 并且在食品加工和储存过程中性质稳定, 其着色在绝大多数食品的 pH(3.0~7.0)区间颜色不发生变化, 食品的色泽不会受 pH 值的影响^[10-11]. 使用红曲红和甜菜红对肉制品进行着色, 这与人们对食品添加剂的安全、天然、多功能的要求是十分一致的. 此外, 传统腌腊肉制作还存在盐含量高、水分含量低、脂肪氧化严重、毒素残留、生产

收稿日期: 2018-04-11.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金(41641052, 41406165); 浙江省公益技术研究计划(LGN19C200011).

第一作者: 黄苓(1994-), 女, 安徽广德人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 发酵食品加工. E-mail: huangling0707@126.com

*通信作者: 曾小群(1982-), 女, 四川仁寿人, 博士/副教授, 主要研究方向: 发酵食品加工. E-mail: zxqun3447@126.com

周期长、工艺落后、设备简陋、受气候和地区特殊条件制约等影响产品质量与品质的问题,因此开发生产符合现代健康需求的零添加亚硝酸盐腌腊肉制品势在必行^[12-13]。

目前国内外对零添加亚硝酸盐的腌制咸腊肉的研究甚少,对通过添加复配发酵剂、组合天然色素以及天然抑菌素的腌制咸腊肉的制作工艺的研究更少。本研究主要是通过添加发酵乳杆菌 RC4 和植物乳酸菌 B6 的复配发酵剂、红曲红和甜菜红组合的复配天然发色剂、乳酸链球菌素(nisin)、维生素 E 以及一系列的各种调味物质替代亚硝酸盐,制得一种风味独特且健康安全的腌腊肉制品。研究零添加亚硝酸盐腌腊肉制品的加工工艺,对传统腌腊肉制品突破技术瓶颈、促进消费者的健康具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 实验材料

植物乳杆菌 RC4: 分离自新疆酸马奶且能高效降解亚硝酸盐,以 0.2%的接种量接种在亚硝酸盐质量浓度为 $150\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 MRS 培养基中, $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 培养 24 h 后,亚硝酸盐的降解率达到 99.9%,其降解速率能达到 $13.88\text{ mg}\cdot\text{h}^{-1}$; 发酵乳杆菌 B6: 具有广谱抗菌效果; 本实验室分离保存。新鲜猪后腿肉: 购于宁波大学农贸加贝超市; 食盐: 浙江绿海制盐有限责任公司; 红曲红和甜菜红: 深圳洪湖食品配料市场; nisin: 上海富源生物有限公司; 白砂糖: 上海甘怡园食品有限公司; 生抽、黄酒: 广东厨邦食品有限公司; 维生素 E: 上海蓝平实业有限公司; 亚硝酸盐快速检测试剂盒: 上海标杆经贸有限公司; MRS 肉汤: 青岛高科园海博生物技术有限公司; 三氯乙酸: 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 硫代巴比妥酸: 国药集团化学试剂有限公司; 氯仿: 杭州高晶精细化工有限公司。

1.2 仪器与设备

XHF-D 高速分散器: 宁波新芝生物科技股份有限公司; 酶标仪: 上海继锦化学科技有限公司; HWS 智能型恒温恒湿培养箱: 宁波江南仪器厂; MB23 水分测定仪: 上海欧豪斯仪器有限公司; CT-C-O 型热风循环烘箱: 南京飞宇制药设备有限公司; pH 计: 上海梅特勒-托利多仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 工艺流程

原料挑选→清洗、修整(长、厚均为 3.33 cm)→制备腌制液→腌制($4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 12 h)→风干(室温, 12 h)→接菌发酵($19\text{ }^{\circ}\text{C}$, 25 h)→烘干($50\text{ }^{\circ}\text{C}$, 24 h)→喷洒抑菌素→真空包装→成品。

基础配料参照文献[14-15]略改: 食盐 3%、花椒 1%、大蒜 1%、柠檬汁 1%、茴香 0.75%、八角 0.6%、生姜 0.6%、桂皮 0.6%、甜菜红 $24\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.3.2 发酵剂的制备

分别将发酵乳杆菌 RC4 和植物乳酸菌 B6 无菌吸取 1 mL 至 MRS 液体培养基中,在 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温箱中培养 12 h,使其充分活化;将已活化的菌种再次接种至 MRS 液体培养基中,在 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温箱中培养 12 h。然后将培养好的菌液 $8000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 10 min,弃去上层液体后,在离心管中加入与一开始加入的菌液等体积的生理盐水,涡旋混匀,重复操作 3 次后,分别在发酵乳杆菌 RC4 和植物乳酸菌 B6 菌体沉淀中加入与原始菌液等体积的生理盐水,涡旋混匀后即为实验中所使用的发酵剂菌液。

1.3.3 加工工艺优化试验设计

首先通过 4 因素 3 水平正交实验优化出亚硝酸盐替代物及其加工工艺的方法,确定最佳条件后再次通过 4 因素 3 水平正交实验优化出风味因素的最优配方,以制得既安全又口感良好的零添加亚硝酸盐腌腊肉制品。

1.3.4 复配发酵剂菌种比例、红曲红添加量、烘干

时间和 nisin 添加量对腌制咸腊肉风味的影响以产品色泽和风味为评价指标,利用单因素实验分别优化复配发酵剂菌种比例、红曲红添加量、烘干时间和 nisin 添加量。根据单因素实验原理,优化某一因素时,该因素为变量,其余因素为固定值。本试验根据预实验结果和文献[16-18]选取混合发酵剂 RC4:B6 体积比为 1:1,以 1.7%的接种量,红曲红添加量 $0.1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,烘干时间 28 h 及 nisin 添加量 $0.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为固定值进行单因素试验。发酵剂菌种比例的优化: 将发酵乳杆菌 RC4 和植物乳杆菌 B6 按体积比 2:1, 1.5:1, 1:1, 1:1.5, 1:2 的比例混合,将混合发酵剂以 1.7%的接种量添加到切好的肉块中进行发酵,以确定最佳菌种体积比例,其余各因素固定为上述值。红曲红添加量的优化:

红曲红以 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 g·kg⁻¹ 的添加量与 24 mg·kg⁻¹ 的甜菜红组成复配色素添加到肉块中, 以确定红曲红的添加量. 烘干时间的优化: 将发酵后的肉块放置 55℃ 的烘箱中, 分别烘烤 20, 24, 28, 32, 36 h 后拿出, 测试不同烘干时间下肉的硬度和口感, 以确定烘烤时间. nisin 添加量的优化: 烘干冷却后的肉块分别以 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 g·kg⁻¹ 的量喷洒上 nisin, 放置一星期后, 通过肉块的外观、气味选取最适的 nisin 喷洒量.

在上述单因素试验的基础上, 选择复配发酵剂菌种比例、红曲红添加量、烘干时间、nisin 的添加量为自变量, 据正交实验的设计原理, 采用 4 因素 3 水平正交方法进行试验设计, 优化零添加亚硝酸盐腌制咸腊肉的加工工艺.

1.3.5 白砂糖、生抽、黄酒和维生素 E 的添加量对腌制咸腊肉风味的影响

根据本试验的预实验结果和参考文献的研究结果^[19-21], 选取 1.5% 的白砂糖、4% 的生抽、3% 的黄酒和 0.03% 的维生素 E 为固定值, 进行单因素试验, 优化某一因素时, 该因素为变量, 其余因素为固定值. 白砂糖添加量的优化: 在原料肉的腌制液中分别加入 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3% 的白砂糖, 确定成品最适甜度的加糖量. 生抽添加量的优化: 在腌制液中以 1%, 2%, 3%, 4%, 5% 的比例加入生抽, 根据产品的色泽及滋味等感官要求, 确定最适生抽添加量. 黄酒添加量的优化: 腌制液中分别加入 1%, 2%, 3%, 4%, 5% 的黄酒, 根据产品的气味与滋味确定最适黄酒添加量. 维生素 E 添加量的优化: 腌制液中分别加入 0.01%, 0.02%, 0.03%, 0.04% 和 0.05% 的维生素 E, 根据产品的感官评分确定最适的维生素 E 添加量.

进一步选取白砂糖、黄酒、老抽和维生素 E 作为单因素, 以感官评价为指标, 采用 4 因素 3 水平正交方法进行试验设计, 优化零添加亚硝酸盐腌制咸腊肉的加工工艺.

1.3.6 感官评价法

挑选 20 名食品专业的学生对腌制咸腊肉成品进行感官评价, 分别从外观、滋味、气味、口感 4 个方面进行打分, 每个感官评定人员在品尝咸腊肉前都要用温水漱口, 避免样品间的影响. 感官评定参考国家标准^[22]略有改动, 评分标准见表 1.

表 1 腌腊肉的感官评定标准

指标	评分标准	分值/分
外观	色泽鲜艳, 肉质紧密	>80~100
	色泽较鲜艳, 肉质较紧实结实	>60~80
	色泽较暗, 肉质不结实	10~60
滋味	咸淡适中, 具有咸肉特有的风味, 无酸味	>80~100
	较咸或较淡, 略有咸肉特有的风味, 稍有酸味	>60~80
	过咸或过淡, 无咸肉特有的风味, 酸味严重	10~60
气味	香味浓郁, 没有腐败、哈喇气味	>80~100
	香味较淡, 略有腐败、哈喇气味	>60~80
	香味很淡, 腐败、哈喇气味严重	10~60
口感	干硬程度适中、咀嚼性好	>80~100
	较硬或较软、咀嚼性一般	>60~80
	太硬或太软、咀嚼性差	10~60

1.3.7 基本理化指标测定样本制备

分别测定实验组、对照组、市售组腌腊肉的各项基本理化指标. 实验组为本试验制得的零添加亚硝酸盐腌腊肉, 对照组为仅使用食盐腌制的自然发酵的腌腊肉, 市售组为在宁波市超市购买的某一品牌的腌腊肉.

1.3.8 亚硝酸盐含量

分别称取 1 g 切碎的腌腊肉样, 置于锥形瓶中, 加 20 mL 蒸馏水, 在冰水浴中以 10 000 r·min⁻¹ 转速匀浆 20 s 后用亚硝酸盐快速检测试剂盒进行测定.

1.3.9 pH

分别称取 2 g 的腌腊肉样, 加入 20 mL 的蒸馏水, 匀浆 30 s 后过滤, 用 pH 计测定滤液的 pH^[23].

1.3.10 水分含量

分别称取 5 g 切碎的腌腊肉样品放在 MB23 水分测定仪托盘上, 铺平后启动仪器测定水分含量.

1.3.11 TBA

参照 Yang 等^[24]的方法进行检测. 分别称取 2 g 研细的腊肉样品, 加入 10 mL 7.5% 的三氯乙酸溶液(含 0.1% 的 EDTA)后, 在冰水浴中以 25 000 r·min⁻¹ 的转速匀浆 20 s, 过滤后取 1 mL 滤液加入 0.02 mol·L⁻¹ 的硫代巴比妥酸溶液, 于沸水浴中保温 40 min, 取出冷却后以 1 600 r·min⁻¹ 的转速离心 5 min, 取 1 mL 上清液加入 1 mL 氯仿摇匀, 静置分层后取上清液分别在 532 nm 和 600 nm 处比色, 记录吸光值. 用以下公式计算: TBAS/(10 mg·kg⁻¹)=(A532-A600)/155×1/2×72.6×100.

1.3.12 数据分析

试验中所测定的数据每组重复 3 次, 使用 IBM SPSS Statistics 21 统计软件对实验中所获得的数据进行单因素方差分析(One-Way ANOVA).

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果与分析

2.1.1 RC4:B6 的比例、红曲红添加量、烘干时间、nisin 添加量对腌腊肉感官评分的影响

RC4:B6 不同比例的添加量、红曲红添加量、烘干时间以及 nisin 添加量对发酵腌腊肉制品的感官评分影响结果如图 1 所示.

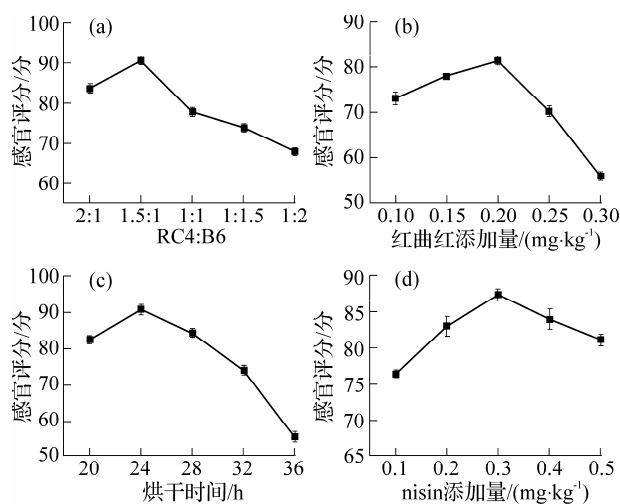


图 1 复配发酵剂菌种比例、红曲红添加量、烘干时间、nisin 添加量对腌腊肉感官评分的影响

当 RC4:B6 体积比为 1.5:1, 其感官评分达到峰值, 此时腊肉滋味适宜, 没有产生过酸味. 之后感官评分随着 B6 的比例增加而逐渐减小; 红曲红添加量在 $0.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之前感官评定得分随着添加量的增加而增加, 当红曲红添加量大于 $0.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 感官评定得分却随着添加量的增加而减小, 且减小的幅度也越来越大; 样品在烘干时间为 24 h 时, 感官评定得分最高, 之后感官评定得分随烘干时间的增加而减小, 烘干时间越长腊肉越硬; 当 nisin 的添加量为 $0.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 同时放置 20 d 的腊肉制品感官评分最高, 此时的腊肉无腐败、酸败的气味. 由此确定复合发酵剂 RC4:B6 的体积比为 2:1, 1.5:1, 1:1, 红曲红的添加量为 0.15, 0.20, 0.25 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 烘干时间是 20, 24, 28 h, nisin 的添加量为 0.2, 0.3, 0.4 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 作为最优的水平来进行正交实验.

2.1.2 复配发酵剂菌种比例、红曲红添加量、烘干时间、nisin 添加量的正交结果分析

从表 2 中可以看出复配发酵剂的菌种比例(A)、红曲红添加量(B)、烘干时间(C)和 nisin 添加量(D)这 4 个因素对应的感官得分之极差(R)由大到小的顺序为 $B > C > A > D$, 即这 4 种因素对腌腊肉产品的影响顺序为红曲红添加量>烘干时间>复配发酵剂比例>nisin 添加量. 根据感官评分得出最优的工艺条件是 $A_1B_2C_2D_3$, 即 RC4:B6 为 2:1, 红曲红添加量为 $0.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 烘干时间为 24 h, nisin 添加量为 $0.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

表 2 正交试验结果

试验号	A	B/(mg·kg ⁻¹)	C/h	D/(mg·kg ⁻¹)	感官评分/分
1	2:1	0.15	20	0.2	83
2	2:1	0.20	24	0.3	98
3	2:1	0.25	28	0.4	84
4	1.5:1	0.15	24	0.4	85
5	1.5:1	0.20	28	0.2	87
6	1.5:1	0.25	20	0.3	65
7	1:1	0.15	28	0.3	68
8	1:1	0.20	20	0.4	88
9	1:1	0.25	24	0.2	84
k_1	88.33	78.67	78.67	84.67	
k_2	79.00	91.00	89.00	77.00	
k_3	80.00	77.67	79.67	85.67	
R	9.33	13.33	10.33	8.67	

2.1.3 白砂糖、生抽、黄酒和维生素 E 对腌腊肉风味的影响

白砂糖添加量、生抽添加量、黄酒添加量以及维生素 E 添加量对腌腊肉风味形成的影响结果如图 2 所示. 从图中可以看出, 白砂糖添加量为 1.5% 时感官评分最高, 当添加量低于 1.5% 时肉味太涩, 而超过 1.5% 时滋味过甜, 影响口感; 当生抽添加量小于 4% 时, 感官评分是逐渐上升的, 滋味也越来越鲜美, 当添加量大于 4% 时, 其感官评分呈现下降趋势, 此时的酱油味太重, 且滋味欠佳, 肉色偏深; 黄酒添加量从 1% 增加到 2% 时, 其感官评分是逐渐上升的, 并在 2% 时达到最高, 肉腥味刚好被掩盖, 黄酒味适中, 此后感官评分呈下降趋势; 当维生素 E 的添加量为 0.02% 时, 其感官评分达到最高值. 由此可以确定各因素最优的水平分别为

白砂糖添加量 1.0%, 1.5%, 2.0%; 生抽的添加量为 3%, 4%, 5%; 黄酒添加量为 1%, 2%, 3%; 维生素 E 的添加量为 0.01%, 0.02%, 0.03%。

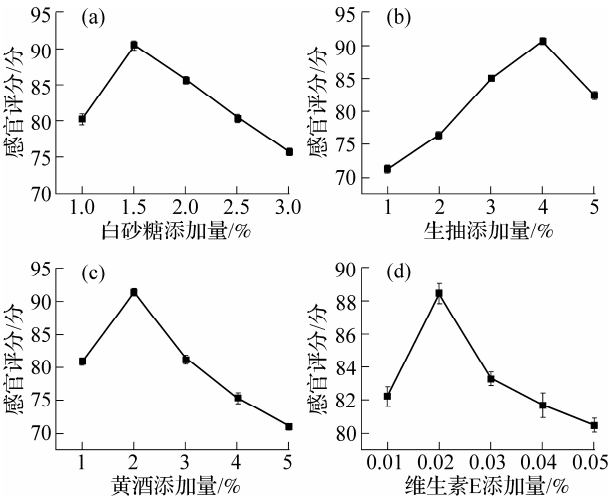


图 2 白砂糖、生抽、黄酒、维生素 E 添加量对腌腊肉风味的影响

2.1.4 白砂糖、老抽、黄酒和维生素 E 正交结果分析
腌腊肉的正交试验结果见表 3。白砂糖、生抽、黄酒以及维生素 E 的添加量(分别记为 E、F、G、H)这 4 个因素对应的感官得分之极差由大到小的顺序为 $F>E>G>H$, 说明这 4 个因素对腌腊肉风味的影响由大到小依次为生抽、白砂糖、黄酒和维生素 E。最佳组合是 $E_3F_3G_2H_3$, 得出腌腊肉的工艺参数为: 白砂糖添加量为 2%, 生抽添加量为 5%, 黄酒添加量为 2%, 维生素 E 添加量为 0.03%。

表 3 正交试验结果

试验号	E/%	F/%	G/%	H/%	感官评分/分
1	1.0	3	1	0.01	70
2	1.0	4	2	0.02	76
3	1.0	5	3	0.03	83
4	1.5	3	2	0.03	73
5	1.5	4	3	0.01	70
6	1.5	5	1	0.02	82
7	2.0	3	3	0.02	80
8	2.0	4	1	0.03	85
9	2.0	5	2	0.01	93
k_1	76.33	74.33	79.00	77.67	
k_2	75.00	77.00	80.67	79.33	
k_3	86.00	86.00	77.67	80.33	
R	11.00	11.67	3.00	2.67	

2.2 基本理化指标结果与分析

上述优化工艺配方所制得的腌腊肉制品与仅用食盐腌制的自然发酵腌腊肉以及市售的某品牌腊肉制品基本指标对比结果见表 4。结果表明优化生产的腌腊肉制品的亚硝酸盐质量分数只有 $11.39\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 显著低于市售腊肉 ($p\leq 0.05$), 同时也低于对照组。产品的 pH 和 TBA 分别为 5.74 和 $0.13\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 都显著低于对照组同时显著高于市售组 ($p\leq 0.05$)。产品的水分含量和感官评分显著高于另 2 组 ($p\leq 0.05$)。实验组、对照组、市售组腌腊肉产品如图 3 所示。

表 4 基本理化指标的结果

组别	亚硝酸盐/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	水分质量比/%	pH
实验组	11.39 ± 0.63^a	52.42 ± 0.83^b	5.74 ± 0.03^b
对照组	18.45 ± 1.56^a	50.07 ± 0.29^a	5.94 ± 0.01^c
市售组	82.00 ± 3.37^b	49.09 ± 0.09^a	5.41 ± 0.04^a

组别	TBA/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	感官评分/分
实验组	0.13 ± 0.01^b	93.80 ± 0.59^c
对照组	0.21 ± 0.01^c	78.40 ± 3.42^a
市售组	0.03 ± 0.01^a	86.60 ± 1.37^b

注: 在 Duncan 分析下各指标标注不同上标字母(a, b, c)表示样品间存在显著差异 ($p\leq 0.05$)。



(a)实验组 (b)对照组 (c)市售组

图 3 不同腌腊肉产品对比图

3 结论与讨论

本试验利用具有降解亚硝酸盐的发酵乳杆菌 RC4 与具有广谱抗菌效果的植物乳杆菌 B6 复配发酵剂, 天然色素红曲红与甜菜红复配发色剂, 并加入 nisin、维生素 E 以及一系列调味物质生产零添加亚硝酸盐腌腊肉制品。其优化的最佳加工工艺具体如下: 以体积比 2:1 的 RC4:B6 为发酵剂, 添加 $0.2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 红曲红, 5%生抽, 2%黄酒, 2%白砂糖, $0.03\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 维生素 E 为部分腌制液成分, 腌制猪后腿肉 12 h 后风干 24 h, 然后在 $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下发酵

25 h, 之后在 50 °C 下烘干 24 h, 冷却, 将 $0.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 nisin 溶解后喷洒产品. 优化后的零添加亚硝酸盐腌腊肉制品, 亚硝酸盐质量分数仅为 $11.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 明显低于国家规定的标准($30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 仅为市售腌腊肉亚硝酸盐质量分数($82.00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)的 13.9%, 并且色泽风味口感良好.

本试验首次将亚硝酸盐替代物完全代替亚硝酸盐应用于腌腊肉制品, 功能性乳酸菌、红曲红、甜菜红、维生素 E、nisin 均在替代亚硝酸盐中发挥了作用. 试验中所用到具有高效降解亚硝酸盐的发酵乳杆菌 RC4 及具有广谱抑菌效果的植物乳杆菌 B6, 有利于降低腌腊肉中亚硝酸盐含量并抑制腐败菌生长, 同时将腌腊肉的蛋白质、脂肪充分分解, 增加腌腊肉的风味. Esmailzadeh 等^[25]将植物乳杆菌 PTCC 1058, 发酵乳杆菌 PTTC 1638 及 2 株菌组成混合发酵剂接种到发酵香肠上, 结果发现发酵剂将香肠中的亚硝酸盐残留量分别降低至 86.6%, 76.1%, 81.9%, 本试验中接种的复合菌株对腌腊肉中亚硝酸盐残留量也降低至 87.1%. 乳酸菌对肉制品风味的形成也起到很大的作用, 潘晓倩等^[26]将植物乳杆菌 10M-7 添加到风干香肠中, 发现能够显著改善和提高风干肠的风味, 表明乳酸菌对腌腊肉风味具有显著的贡献. 红曲红色素用于发酵肉制品具有良好的抗菌抑菌作用^[27]; 而甜菜红性质相对稳定, 对产品外观色泽的保持具有明显的作用, 有研究表明添加了 $32 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 甜菜红的香肠与添加 $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 亚硝酸盐发色的香肠色泽相似^[28], 本试验采用天然色素红曲红与甜菜红的复配不仅色泽明艳, 而且食用安全、成本较低. 维生素 E 是一种脂溶性抗氧化剂, 其主要功能之一是维持和保护生物膜免于脂质过氧化, 其作用机理是它的氧杂萜满环上第 6 位羟基能释放出活泼氢, 清除与细胞膜上的多不饱和脂肪酸发生过氧化反应的自由基, 从而中断反应的进行, 保护了生物膜的完整性^[29]. 在肉制品中添加维生素 E 能够有效地抑制肉制品中脂质产生氧化反应, 延长肉制品的贮藏日期^[30-31]. nisin 对革兰氏阳性菌有广谱抑制作用, 尤其是可形成芽孢的细菌, Ruiz 等^[32]将不同质量分数的 nisin(0.2%, 0.3%, 0.4%和 0.5%)添加到土耳其火腿中, 发现 nisin 的抑菌效果随着其质量分数的增加而增加. 本试验添加的 nisin 替代亚硝

酸盐发挥抑菌作用, 进一步减少产品中的微生物污染现象从而延长食物的贮存期, 同时 nisin 的使用杜绝了因微生物污染而出现的食物腐败、酸败等不悦的感官体验, 对肉制品起到了保鲜的作用. 通过本试验的加工工艺制得的零添加亚硝酸盐腌腊肉色泽鲜艳、香味浓郁、肉质紧密、咸淡适中、咀嚼性好, 不仅满足了人们喜欢腌腊肉特色风味的需要, 而且保证了其品质安全可靠, 为进一步开发零添加亚硝酸盐腌腊制品提供了研究基础.

参考文献:

- [1] 周明月, 陈韬. 低盐川味腊肉的研制与加工[J]. 肉类研究, 2012(2):17-22.
- [2] 郭昕, 张春江, 胡宏海, 等. 不同类型腊肉挥发性风味成分的比较研究[J]. 现代食品科技, 2014(12):247-254.
- [3] 贺稚非, 薛山, 李洪军, 等. 川味腊肉货架期中品质变化研究[J]. 农业科学, 2013, 3(1):9-15.
- [4] 樊永华. 天然色素和香料替代肉制品中的亚硝酸盐研究[J]. 中国调味品, 2016, 41(9):145-148.
- [5] 张素燕, 高爱武. 肉制品中亚硝酸盐替代物应用研究进展[J]. 肉类研究, 2016, 30(10):45-48.
- [6] 李春, 王宝才, 刘丽波. 亚硝酸盐降解影响因素的研究[J]. 食品工业, 2010(4):7-9.
- [7] 沈娟, 于中玉, 仇建飞. 乳酸菌在食品发酵中的应用[J]. 食品安全导刊, 2017(33):125.
- [8] 陈瑶, 刘成国, 罗扬, 等. 亚硝酸盐在腊肉加工中的作用及其替代物的研究进展[J]. 肉类研究, 2010(5):32-36.
- [9] Sun J, Dong S. Use of nitrite in cured meats and consideration of nitrite substitutes[J]. Meat Research, 2009(7):79-90.
- [10] 杨祖英, 高鹤娟. 食品中合成色素(胭脂红、柠檬黄等)与天然色素(红曲、甜菜红等)的测定[J]. 食品与发酵工业, 1985(4):12-17.
- [11] 王春丽. 红甜菜甜菜红素的稳定性及降血脂作用研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2011.
- [12] 汤定明. 低盐腌腊瘦肉条生产技术[J]. 肉类工业, 2015(7):12-14.
- [13] 周光宏, 赵改名, 彭增起. 我国传统腌腊肉制品存在的问题及对策[J]. 肉类研究, 2003(1):3-7.
- [14] 石佳. 特色腊肉制作方法[J]. 致富天地, 2011(12):50-51.
- [15] 李彬彬. 传统腌腊肉品加工新工艺及其安全控制研究[D]. 成都: 西华大学, 2015.
- [16] 张兴松. 正交试验优化无亚硝午餐肉工业化生产工艺[J]. 肉类工业, 2015(8):25-29.
- [17] 李念念. 市售腊肉的质量调查及腊肉工艺优化研究[D].

- 南京: 南京农业大学, 2012.
- [18] 于见亮, 李开雄, 卢士玲. Nisin、茶多酚、壳聚糖复合保鲜冷却羊肉的配比优化研究[J]. 肉类工业, 2007, 29(12):27-30.
- [19] 童光森. 青城山腊肉制作工艺研究[J]. 中国调味品, 2014(6):98-101.
- [20] 孙钦秀, 董福家, 孔保华. 添加亚硝酸钠和维生素E对哈尔滨风干肠中亚硝胺的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12):296-301.
- [21] 赵敏. 一种腊肉的制作方法: CN104247951A[P]. 2014-12-31.
- [22] GB 2730-2015, 食品安全国家标准: 腌腊肉制品[S].
- [23] Choi Y S, Jeong T J, Hwang K E, et al. Effects of various salts on physicochemical properties and sensory characteristics of cured meat[J]. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2016, 36(2):152-158.
- [24] Yang Y, Zhang X, Wang Y, et al. Study on the volatile compounds generated from lipid oxidation of Chinese bacon (unsmoked) during processing[J/OL]. European Journal of Lipid Science & Technology, 2017, 119(10): 1600512 [2018-01-14]. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600512>.
- [25] Esmailzadeh P, Darvishi S, Assadi M M, et al. Effect of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus fermentum* on nitrite concentration and bacterial load in fermented sausage during fermentation[J]. World Applied Sciences Journal, 2013, 18(4):493-501.
- [26] 潘晓倩, 成晓瑜, 张顺亮, 等. 乳酸菌发酵剂对风干肠风味品质的影响[J]. 肉类研究, 2017(12):50-55.
- [27] 董庆利, 郭黎洋, 屠康, 等. 不同亚硝酸盐添加量的低温蒸煮香肠的风味研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 366-371.
- [28] 樊娟, 张丽萌, 王玉娇, 等. 发酵香肠中亚硝酸盐替代品研究综述[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(3):177-179.
- [29] 刘成梅, 冯妹元, 刘伟, 等. 天然维生素E及其抗氧化机理[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(6):205-208.
- [30] 刘云泉, 陈中和. 维生素E在肉类加工中的应用[J]. 中国食品工业, 1998(2):30.
- [31] Buckley D J, Morrissey P A, Gray J I. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat[J]. Journal of Animal Science, 1995, 73(10): 3122-3130.
- [32] Ruiz A, Williams S K, Hinton A, et al. Evaluation of the anti-Listeria properties of nisin on ready-to-eat turkey ham[J]. Poultry Science, 2008, 87:39.

Optimization of processing technology for no-nitrite-added cured meat

HUANG Ling^{1,2}, SUN Zhen^{1,2}, WU Ai-juan^{1,2}, SUN Jie^{1,2}, ZENG Zhi-dan^{1,2},
ZENG Xiao-qun^{1,2*}, PAN Dao-dong^{1,2}

(1.Key Laboratory of Animal Protein Food Processing Technology of Zhejiang Province, Ningbo 315832, China;

2.College of Food and Pharmaceutical Sciences, Ningbo University, Ningbo 315832, China)

Abstract: The study was aimed to develop the processing technique for no-nitrite-added cured meat. Fresh hindquarter pork was used as raw material, and *Lactobacillus fermentum* RC4 for efficient nitrite degradation and *Lactobacillus plantarum* B6 with broad-spectrum antibacterial ability isolated from Xinjiang traditional koumiss were used as starter. The processing technologies including the addition of monascorubin, drying time, the addition amount of nisin, flavor factors such as white sugar, rice wine, soy sauce and vitamin E were optimized by orthogonal tests. The results showed that the optimal processing technology was as follows: the volume ratio for *Lactobacillus fermentum* RC4: *Lactobacillus plantarum* B6 as 2:1, 0.2 g·kg⁻¹ monascorubin, 20 g·kg⁻¹ white sugar, 20 g·kg⁻¹ rice wine, 50 g·kg⁻¹ soy sauce, and 0.3 g·kg⁻¹ vitamin E, fermenting at 19 °C for 25 h, drying at 55 °C for 24 h, then adding 0.4 g·kg⁻¹ nisin. The cured meat products prepared by the optimized processing technique were safe, with good taste and bright color. The nitrite content was only 11.39 mg·kg⁻¹. The sensory score was 93.8. The color was bright and captivating, and the taste was fresh and salty.

Key words: cured meat; monascorubin; nisin; processing technology; nitrite concentration

(责任编辑 韩超)