

# 西式火腿肠复配防腐剂的研制

徐 歆<sup>1</sup>, 黄 琴<sup>1</sup>, 阎永贞<sup>1</sup>, 周绪霞<sup>1</sup>, 陈有亮<sup>2</sup>, 李卫芬<sup>1,\*</sup>

(1. 浙江大学动物科学学院饲料科学研究所, 教育部动物分子营养学重点实验室, 浙江 杭州 310029;

2. 浙江大学动物科学学院动物产品加工实验室, 浙江 杭州 310029)

**摘 要:** 目的: 研究适用于西式火腿肠的安全、高效的复配防腐剂。方法: 通过针对 3 种稀释火腿肠主要腐败菌的抑菌实验和以 pH 值、挥发性盐基氮(TVB-N)及细菌菌落总数为指标的保鲜实验对 10 组复配防腐剂进行筛选。结果: 保鲜效果最好为 0.225% Nisin + 0.225% 柠檬酸 + 0.195% 溶菌酶, 其次为 0.375% Nisin + 0.375% 柠檬酸, 再次为 0.375% Nisin + 1.125% 山梨酸钾和 0.375% Nisin + 0.075% EDTA。结论: 复配防腐剂的最佳配方为 0.225% Nisin + 0.225% 柠檬酸 + 0.195% 溶菌酶。

**关键词:** 复配防腐剂; 西式火腿肠; 抑菌; 保鲜

## Development of Compound Preservatives for Western-style Ham-sausages

XU Xin<sup>1</sup>, HUANG Qin<sup>1</sup>, YAN Yong-zhen<sup>1</sup>, ZHOU Xu-xia<sup>1</sup>, CHEN You-liang<sup>2</sup>, LI Wei-fen<sup>1,\*</sup>

(1. Key Laboratory of Molecular Animal Nutrition, Ministry of Education, Institute of Feed Science, College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. Laboratory of Animal Product Processing, College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** Objective: To develop compound preservatives for western-style ham-sausages. Methods: A total of 10 kinds of compound preservatives were screened by bacteriostasis tests on three major spoilage bacteria in western-style ham-sausages based on pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N) and total bacteria number. Results: The formula of compound preservative with the best fresh-keeping capacity was 0.225% Nisin, 0.225% citric acid and 0.195% lysozyme, followed by 0.375% Nisin + 0.375% citric acid and 0.375% Nisin + 1.125% potassium sorbate or 0.375% Nisin + 0.075% EDTA. Conclusion: The optimal compound preservative formula was 0.225% Nisin, 0.225% citric acid and 0.195% lysozyme.

**Key words:** compound preservative; western-style ham-sausages; bacteriostasis; fresh-keeping

中图分类号: TS202.3

文献标识码: B

文章编号: 1002-6630(2011)14-0356-05

西式火腿肠是近年来发展迅速的一种肉制品, 具有肉质细腻、鲜嫩爽口、携带方便、食用简单、保质期长等特点。目前, 市场上以低温火腿肠为主, 通常储存在冷藏链中, 但其采用巴氏法灭菌, 肠体内部常常会残留部分腐败菌, 特别是嗜冷菌, 它们在保存过程中会大量繁殖, 使产品产生黏液、乳状渗出液及酸腐味, 货架期变短, 出现腐败、变质、涨袋等质量问题。肉制品的腐败变质主要由微生物的大量繁殖引起<sup>[1]</sup>, 通常有数种乃至数十种腐败菌共同参与。单一食品保鲜剂通常只能针对某一特定的腐败菌发挥杀灭或抑制效果, 而对其他菌无抑制作用或作用较弱, 也同时容易使微生物产生适应性。基于栅栏技术<sup>[2]</sup>, 将不同种

类的防腐剂综合运用, 发挥其协同效应, 不仅可以增强抑菌效果, 而且可以降低单一防腐剂的使用量, 增加肉制品的安全性。

本实验室已用选择性培养基从腐败的西式火腿肠中分离出主要腐败菌, 并用 API 试剂盒鉴定出 9 株, 分别为雷氏普罗威登菌、鲍氏不动杆菌、普通变形杆菌、肺炎克雷伯菌、伤口埃希菌、河生肠杆菌、木糖葡萄球菌、浅金黄色单胞菌和地衣芽孢杆菌; 同时, 用微量稀释法测定了 20 种常用防腐剂对木糖葡萄球菌、地衣芽孢杆菌和雷氏普罗威登菌的最小抑菌浓度(minimal inhibition concentration, MIC)<sup>[3]</sup>。本实验在上述研究结果基础上, 结合前人研究成果<sup>[4-8]</sup>, 并从实用性和经济性

收稿日期: 2010-10-25

基金项目: 浙江省重大科研专项(2006C12066)

作者简介: 徐歆(1986—), 男, 博士研究生, 研究方向为微生物与基因工程。E-mail: kof0131028@163.com

\* 通信作者: 李卫芬(1965—), 女, 研究员, 博士, 研究方向为微生物、酶工程与基因工程。E-mail: wfli@zju.edu.cn

等方面对单一防腐剂进行复配, 获得了 10 组配方。随后通过针对主要腐败菌的抑菌实验以及对西式火腿肠的防腐实验, 确定最佳的复配防腐保鲜剂配方, 从而为西式火腿肠安全高效防腐保鲜技术研究提供科学数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 菌株及其培养基

本实验所用菌株均为本实验室自腐败变质的西式火腿肠中分离纯化所得, 分别代表  $G^+$  球菌、 $G^+$  杆菌和  $G^-$  杆菌, 具体菌株及其培养基见表 1。

表 1 微生物培养基及培养条件

Table 1 Culture media and culture conditions for *Staphylococcus xylosus*, *Bacillus licheniformis* and *Providencia rettgeri*

菌名	类型	培养基	温度/℃
木糖葡萄糖菌	$G^+$ 球菌	Baird-Parker 琼脂	37
地衣芽孢杆菌	$G^+$ 杆菌	甘露醇蛋白胨多粘菌素琼脂(MYP)	37
雷氏普罗威登菌	$G^-$ 杆菌	肠道菌计数琼脂(VRBDA)	37

### 1.2 试剂与仪器

乳酸链球菌素(Nisin)(食品级) 浙江银象生物工程有限公司(惠赠); 柠檬酸、山梨酸钾及双乙酸钠(食品级) 杭州大好家添加剂有限公司; 溶菌酶(食品级) 杭州中香化学有限公司; 茶多酚(食品级) 浙江省农业科学院食品加工研究所张俊博士馈赠; 氯化钠、硼酸、氧化镁、甲基红、无水乙醇、盐酸、次甲基蓝 国药集团化学试剂有限公司。

AB204-N 普及型分析天平 瑞士 Mettler Toledo 公司; 超净工作台 上海博迅实业有限公司; 电子数显恒温培养箱 上海新苗医疗器械制造有限公司; Multiscan MK3 酶标仪 芬兰 Thermo 公司; THZ-C-K 台式空气恒温振荡器 江苏海门麒麟医用仪器厂; LDZX-30KBS 立式压力蒸汽灭菌器 上海申安医疗器械厂; 微量凯氏定氮仪。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 西式火腿肠的制作

工艺流程: 原料肉整理→绞碎→搅拌→加入食盐(3%)进行腌制→斩拌→加入香辛料、冰片(或复配防腐剂)→灌肠→蒸煮杀菌(80℃, 30min)→冷却→成品→贴标签储存(4℃和 25℃)。工艺流程要给出每个步骤的工艺参数。

以新鲜猪后腿肉和肥膘为原料, 按瘦肉 80%、肥肉丁 20% 的比例制作西式火腿肠, 其配方见表 2。

#### 1.3.2 复配防腐剂的配制

在常用防腐剂对西式火腿肠主要腐败菌抑菌效果的研究结果<sup>[3]</sup>基础上, 参考前人研究结果<sup>[4-8]</sup>、国家标准<sup>[9]</sup>、防腐剂添加成本等因素, 同时根据栅栏理论, 将上述单一防腐剂中对  $G^+$  菌抑菌效果较好的与对  $G^-$  菌抑菌效果较好的进行复配组合, 最终确定 10 组复配型防腐剂(表 3)。根据配方逐一配制各复配防腐剂母液, 4℃保存。

#### 1.3.3 菌液培养

本实验采用细菌生长法。将 3 种主要腐败菌接种于各自的培养基, 培养 24h, 用接种环挑取典型形态的供试菌落, 接种于 5mL LB 液体培养基中, 37℃、200r/min, 培养 2~6h 至对数生长期。对数生长期及具体培养时间根据由比浊法测定的生长曲线确定。取适量菌液, 测定吸光度, 根据标准曲线和菌液体积计算菌液浓度, 用 LB 液体培养基调整浓度至 10<sup>6</sup>CFU/mL。标准曲线以吸光度为纵坐标、细菌数量为横坐标, 采用比浊法和平板计数法测定。

#### 1.3.4 抑菌效果检测

在无菌超净台中, 将稀释 5 倍的复配防腐液和菌液按体积比 1:1 加入 96 孔板中, 每孔终体积 200 μL, 密封混匀。用酶标仪测定 0h 的 OD<sub>630</sub> 值, 然后将 96 孔板置于 30℃培养箱中培养 24h, 再次测定 OD<sub>630</sub> 值。通过对比 0h 与 24h 时菌液的 OD<sub>630</sub> 值, 确定复配防腐剂能否

表 2 西式火腿肠的配方

Table 2 Ingredients of western-style ham-sausages

名称	猪肉	白糖	胡椒粉	味精	精盐	淀粉	冰片	复合磷酸盐	茴香粉	曲酒	胡椒粉	丁香	肉桂	亚硝酸钠	异 VC 钠	香辛料(五香粉)
用量/kg	100	2	0.2	0.2	3	12.5	10	0.15	0.05	0.4	0.15	0.035	0.014	0.015	0.02	0.75(0.055)

注: 实验组按 1kg 猪肉中添加 100mL 的比例添加复配防腐液, 替换表 2 中的冰片。

表 3 复配防腐剂配方表

Table 3 Composition of compound preservatives

配方	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
组成成分	0.375% N+1.125% P	0.375% N+0.075% E	0.375% N+0.225% T	0.375% N+0.225% S	0.375% N+0.375% C
配方	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
组成成分	0.225% N+0.225% C+0.195% L	0.375% C+0.225% T	0.225% T+0.225% S	0.225% S+1.125% P	1.125% P+0.375% C

注: N、P、E、S、T、L 和 C 分别代表 Nisin、山梨酸钾、EDTA、双乙酸钠、茶多酚、溶菌酶和柠檬酸。

抑制各主要腐败菌的生长繁殖, 决定是否有必要进一步研究其应用效果。

### 1.3.5 复配防腐剂的 application 效果评估

将制备好的西式火腿肠分别置于 4℃ 和 25℃ 贮存, 并在第 1、21、28、35、42 天和第 49 天取样测定西式火腿肠中的 pH 值、TVB-N 值及细菌菌落总数, 并以上述指标衡量复配防腐剂的防腐效果。方法如下: pH 值: 采用电极法<sup>[10]</sup>测定火腿肠内部的 pH 值, 每个样品测 3 次, 极差不超过 0.03, 取平均值; 挥发性盐基氮 (TVB-N): 采用半微量定氮法<sup>[11]</sup>进行测定, 每个样测两次, 取平均值; 细菌菌落总数测定: 将参考文献[12]中的实验方法稍作修改, 无菌条件下从西式火腿肠内部取 5g 样品, 剪碎, 移入装有 45mL 无菌生理盐水的锥形瓶中, 封口后于摇床 200r/min 振摇 30min, 静置, 取 1mL 上清液进行 10 倍递增稀释, 选择 3 个合适的稀释度接种培养, 每个稀释度做 3 个重复, 用平板菌落计数法测定细菌菌落总数。

## 2 结果与分析

### 2.1 复配防腐剂的抑菌效果

表 4 复配防腐剂对主要腐败菌的抑制效果

Table 4 Inhibitory effect of compound preservatives against *Staphylococcus xylosum*, *Bacillus licheniformis* and *Providencia rettgeri*

组别	抑制效果		
	木糖葡萄糖菌( $G^+$ 球菌)	地衣芽孢杆菌( $G^+$ 杆菌)	雷氏普罗威登菌( $G^-$ 杆菌)
CP1	+	+	+
CP2	+	+	+
CP3	+	+	-
CP4	+	+	+
CP5	+	+	+
CP6	+	+	+
CP7	+	+	+
CP8	+	+	-
CP9	-	+	+
CP10	+	+	+

注: + 表示抑制; - 表示未抑制。

本实验中, 木糖葡萄糖菌、地衣芽孢杆菌和雷氏普罗威登菌分别代表  $G^+$  球菌、 $G^+$  杆菌和  $G^-$  杆菌, 通过对它们的抑菌实验, 检验单一防腐剂在复配后的协同作用及抑菌效果。由表 4 可见, 复配防腐剂 CP1、CP2、CP4、CP5、CP6、CP7 和 CP10 对 3 种西式火腿肠主要腐败菌均有抑制效果, 从而表现出广谱抑菌作用; 同时, 上述复配防腐剂的前 5 组均含有 Nisin, 表明 Nisin 与山梨酸钾、EDTA、柠檬酸及溶菌酶联合使用, 获得了良好的抑菌效果。这 7 组复配型防腐剂对西式火腿肠的保鲜效果还将在后续实验中进行检验。

### 2.2 复配防腐剂的保鲜效果

#### 2.2.1 西式火腿肠在保存过程中的 pH 值变化

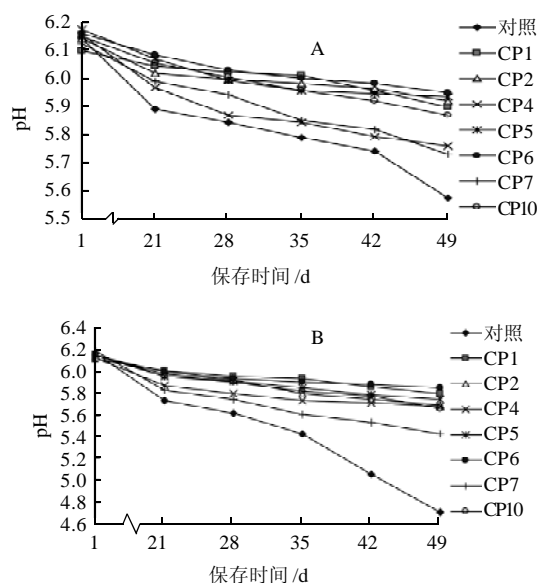


图 1 西式火腿肠在 4℃(A)和 25℃(B)条件下保存的 pH 值变化  
Fig.1 pH change of western-style ham-sausages preserved at 4 °C (A) and 25 °C (B)

由图 1 可知: 在 4℃ 和 25℃ 保存条件下, 西式火腿肠的 pH 值均随着保存时间增加而不断下降; 25℃ 条件下, pH 值下降较快; 除第 1 天外, 各实验组的 pH 值均高于对照组。结果表明, 7 种复配防腐剂均能显著减缓 pH 值下降, 延缓西式火腿肠的酸败。根据 pH 值的下降幅度与终值, 4℃ 条件下, 复配防腐剂 CP1、CP2、CP5 和 CP6 表现较好, CP10 中等, CP4 和 CP7 较差; 25℃ 条件下, CP1 和 CP6 表现较好, CP2、CP4、CP5 和 CP10 中等, CP7 较差。

#### 2.2.2 西式火腿肠在保存过程中的 TVB-N 变化

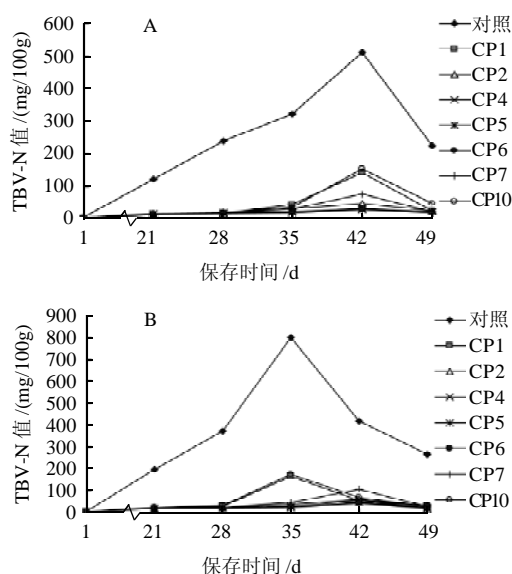


图 2 西式火腿肠在 4℃(A)和 25℃(B)条件下保存的 TVB-N 变化  
Fig.2 TVB-N change of western-style ham-sausages preserved at 4 °C (A) and 25 °C (B)

由图2可见:在4℃和25℃保存条件下,各组TVB-N均经历了先上升,后下降的变化;除第1天外,对照组TVB-N均远高于实验组;实验组TVB-N开始上升较慢,后迅速上升至最大值;25℃条件下,TVB-N上升较快,较早达到最大值,而大部分实验组比对照组晚7d达到最大值。结果表明,7种复配防腐剂均能显著减缓TVB-N的产生,延缓西式火腿肠的变质。根据保存期间TVB-N的最大值及其出现时间,4℃条件下,复配防腐剂CP4、CP5和CP6表现较好,CP2和CP7中等,CP1和CP10较差;25℃条件下,CP5和CP6表现较好,CP2和CP4中等,CP1、CP7和CP10较差。

### 2.2.3 西式火腿肠在保存期间的细菌菌落总数变化

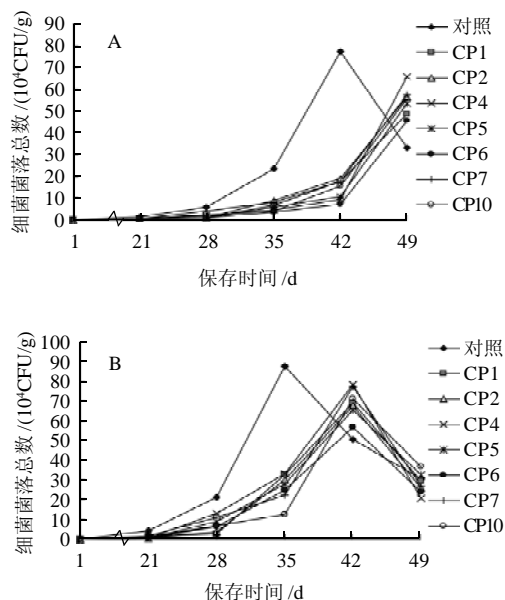


图3 西式火腿肠在4℃(A)和25℃条件下保存的细菌菌落总数变化  
Fig.3 Change of total bacteria number in western-style ham-sausages preserved at 4 °C (A) and 25 °C (B)

由图3可以看出:在4℃和25℃保存条件下,各组细菌总数均经历了先上升,后下降的变化,但受实验时间所限,4℃下未能记录到下降变化;对照组细菌总数上升快于实验组,比实验组提前7d达到最大值;25℃条件下,细菌总数上升较快,也较早达到最大值。结果表明,7种复配防腐剂均能有效减缓西式火腿肠中微生物的生长繁殖,延缓西式火腿肠的腐败。根据细菌菌落总数在保存期间的最大值及其出现时间,4℃条件下,复配防腐剂CP1和CP6表现较好,CP2、CP5、CP7和CP10中等,CP4较差;25℃条件下,CP6表现较好,CP1、CP2、CP5和CP10中等,CP4和CP7较差。

### 2.3 复配防腐剂应用效果的综合评价

复配防腐剂CP6,即0.225% Nisin + 0.225% 柠檬酸+

0.195% 溶菌酶,在各方面均表现优异,保鲜效果最佳。其次为CP5,即0.375% Nisin + 0.375% 柠檬酸,其在TVB-N上同样表现出色,而其他两方面稍逊于CP6。再次为CP2,即0.375% Nisin + 0.075% EDTA,其仅在TVB-N上稍逊于CP5。至于CP1,即0.375% Nisin + 1.125% 山梨酸钾,虽然在pH值和细菌菌落总数上优于CP2与CP5,但在TVB-N值上表现较差,所以将其与CP2并列。

## 3 讨论

### 3.1 复配防腐剂的抑菌效果

实验结果中,有5组包含Nisin的复配防腐剂(CP1、CP2、CP4、CP5、CP6)对3种主要腐败菌均表现出了抑制作用,表明Nisin与山梨酸钾、EDTA、柠檬酸及溶菌酶联合使用,获得了良好的抑菌效果,这与赵晔<sup>[13]</sup>所述一致。Nisin为窄谱抗菌素,只能杀死或抑制G<sup>+</sup>菌,但对G<sup>-</sup>菌、酵母菌和霉菌均无作用<sup>[14-15]</sup>。溶菌酶能加强Nisin的抑菌作用<sup>[16]</sup>,但同样只对G<sup>+</sup>菌有较强的溶菌作用,而对G<sup>-</sup>菌多不起作用<sup>[17]</sup>。可见,山梨酸钾及柠檬酸对G<sup>-</sup>菌具有良好的抑制作用,正好弥补Nisin在抑菌谱上的缺陷。而EDTA作为螯合剂,并无抑菌作用,但其能部分除去G<sup>-</sup>菌含脂多糖的外壁层,起到外膜渗透剂的作用,从而增加了G<sup>-</sup>菌对Nisin的敏感性<sup>[18]</sup>。

茶多酚对细菌具有广谱抑制作用和较好的抑制能力,对食品中常见的几种微生物(如金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、沙门氏菌和志贺氏痢疾杆菌等)的MIC均不超过1000mg/kg<sup>[19]</sup>。研究表明,1%的山梨酸钾能够有效抑制10<sup>5</sup>CFU/mL G<sup>+</sup>短芽孢杆菌和G<sup>-</sup>杆菌的生长,对G<sup>+</sup>球菌和肠杆菌也有一定的抑制作用<sup>[20]</sup>。同时山梨酸钾在酸性介质中对微生物有良好的抑制作用,其防腐效果随pH值减小而增大<sup>[21]</sup>。柠檬酸不但对G<sup>-</sup>菌具有良好的抑菌作用<sup>[22]</sup>,而且作为有机酸,能增强茶多酚的抗氧化活性<sup>[23]</sup>和山梨酸钾的防腐作用。因此,柠檬酸+茶多酚和柠檬酸+山梨酸钾的组合在抑菌实验中均表现出了良好的广谱抑菌活性。

本实验中,复配防腐剂CP3和CP8未能对雷氏普罗威登菌表现出抑制作用,而CP8同样未能抑制木糖葡萄球菌的生长繁殖。主要原因可能是:单一防腐剂间存在拮抗作用,导致复配防腐剂的抑菌能力下降;复配防腐剂未能达到某种主要腐败菌的MIC;复配防腐剂的抑菌谱存在缺陷,并非广谱性的。本实验室之前测定了双乙酸钠与山梨酸钾对雷氏普罗威登菌(10<sup>5</sup>CFU/mL)的MIC,分别为200μg/mL与400μg/mL。而本抑菌试验所用菌液浓度为10<sup>6</sup>CFU/mL,CP9各单一防腐剂浓度在

换算后仍高于前文的 MIC。可知, 双乙酸钠与山梨酸钾存在拮抗作用, 从而导致 CP9 未能对雷氏普罗威登菌表现抑制作用。

综上所述, 单一防腐剂的抑菌效果以及不同防腐剂之间的协同作用, 直接影响了复配型防腐表现出的抑菌效果。同时本实验结果很好地支持了前言中提及的栅栏理论。

### 3.2 复配防腐剂的防腐效果

GB/T 2726—2005《熟肉制品卫生标准》规定, 肉灌肠类的菌落总数不得高于  $5 \times 10^4$  CFU/g。GB/T 2707—2005《鲜(冻)畜肉卫生标准》规定, TVB-N  $\leq 15$  mg/100g。而 pH 值指标, 国家标准尚未作出相关规定。细菌菌落总数的变化直接反映了微生物的生长繁殖情况。pH 值反映的是酸败情况, 其下降是由腐败菌分解淀粉、糖等碳水化合物生成乳酸、醋酸等有机酸造成的, 且随腐败菌数量的增加而不断加快。TVB-N, 包括氨和胺类物质, 是由西式火腿肠中的肉类蛋白质被主要腐败菌分解而产生, 能较为直观地反映腐败程度。西式火腿肠为肉制品, 其蛋白质含量远高于碳水化合物。因此, 就敏感程度而言, 细菌菌落总数  $> \text{TVB-N} > \text{pH}$  值。同时, 指标的变化越敏感, 其越能准确地反映西式火腿肠新鲜度的变化。可见, 在衡量保鲜效果时, 细菌菌落总数最重要, 其次为 TVB-N, 最后为 pH 值。综合这 3 个指标的实验结果, 最终确定各组复配防腐剂的优劣。

目前, Nisin 因其安全性好而已成为研制复配防腐保鲜剂的主要成分。而本实验中防腐效果较好的复配防腐剂均以 Nisin 为主, 且能有效减缓西式火腿肠的腐败, 延长保质期, 这与前人的研究成果<sup>[24-25]</sup>一致。宁喜斌<sup>[24]</sup>等发现, 以 Nisin 为主的复合防腐保鲜剂可以延缓低温火腿肠中的微生物引起的腐败, 使低温火腿肠的保质期可达 3 个月。刘丽莉等<sup>[25]</sup>报道, 以 Nisin 为主的复合防腐保鲜剂(配比为 Nisin 0.5g, 乳酸钠 40mL, 柠檬酸钠 3.0g, EDTA 0.5g)不仅延长了低温灌肠肉制品保质期, 而且对其风味和品质均无任何影响。可见, 以 Nisin 为主的复配防腐剂对西式火腿肠确实具有良好的实际应用效果, 应大力推广。

此外, 本实验采用聚乙烯肠衣包装西式火腿肠, 而未采用真空包装。因此, 微生物数量比部分前人的实验结果高。但本实验设置了对照组, 所得的实验数据依然能客观反映出各组复配防腐剂的优劣。

## 4 结 论

本实验以针对木糖葡萄球菌、地衣芽孢杆菌和雷氏普罗威登菌 3 种西式火腿肠的抑菌实验进行复配防腐剂的初步筛选, 其中抑菌谱全面的 7 组配方再通过以 pH 值、挥发性盐基氮(TVB-N)及细菌菌落总数为指标的保鲜实验, 最终确定一种安全、高效的西式火腿肠复配型防腐剂, 其最佳配方为 0.225% Nisin + 0.225% 柠檬酸 + 0.195% 溶菌酶。

## 参考文献:

- [1] KOSTRZYNSKA M, BACHAND A. Use of microbial antagonism to reduce pathogen levels on produce and meat products: a review[J]. Can J Microbiol, 2006, 52(11): 1017-1126.
- [2] LEISTNER L. Hurdle technology applied to meat products of the shelf stable product and intermediate moisture food types[M]//SIMATOS D, MULTON J L. Properties of water in foods in relation to quality and stability. Dordrecht, Netherlands: Martinus Nijhoff Publishers, 1985: 309-329.
- [3] 陈南南, 徐歆, 阎永贞, 等. 常用防腐剂对西式火腿肠主要腐败菌抑菌作用的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(3): 343-346.
- [4] 李爱江, 刘丽莉, 杨协立. 低温灌肠肉制品中复合防腐剂的研究[J]. 肉类工业, 2006(1): 20-23.
- [5] 林春来, 朱蓓薇. 肉制品防腐剂在熏煮香肠中的应用[J]. 肉类研究, 2007, 22(7): 46-47.
- [6] 王经纬, 张坤生, 任云霞. 复合防腐剂延长乳化型香肠货架期研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 624-627.
- [7] 李铁欣, 丁楠, 王玉田. 复合防腐剂对低硝灌肠制品抑菌效果的研究[J]. 肉类工业, 2009(9): 40-41.
- [8] 李冬冬, 马宗欣, 于庆海. 高贵平复合防腐剂延长包装腊肠货架期的研究[J]. 肉类工业, 2009(12): 16-19.
- [9] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 2670—2007 食品添加剂使用卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [10] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 9695.5—2008 肉与肉制品 pH 测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [11] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.44—2003 肉与肉制品卫生标准的分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [12] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 4789.2—2008 食品卫生微生物学检测: 菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [13] 赵晔, 汪敏. Nisin 复合防腐剂对低温肉制品保鲜效果的研究进展[J]. 肉类研究, 2009(8): 76-78.
- [14] HARRIS L J, FLEMING H P, KLAENHAMMER T R. Characterization of two nisin-producing *Lactococcus lactis* Subsp. *lactis* strain isolated from a commercial sauerkraut fermentation[J]. Appl Environ Microbiol, 1992, 58(5): 1477-1483.
- [15] 宋连花, 王彦文. 乳链菌肽(Nisin)研究进展[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(5): 18-20.
- [16] CHUANG W, HANCOCK R E W. Action of lysozyme and Nisin mixtures against lactic acid bacteria[J]. Int J Food Microbiol, 2000, 60(1): 25-32.
- [17] 王隼, 郭淑珍, 张淑芹. 溶菌酶及其在肉制品保鲜中的应用[J]. 肉类研究, 2007(6): 44-46.
- [18] DELVES-BROUGHTON J. Nisin as a food preservative[J]. Food Australia, 2005, 57(12): 525-527.
- [19] 姚开, 何强, 石碧. 茶多酚的生理活性及其在食品中的应用[J]. 四川省食品与发酵, 2001(3): 6-10.
- [20] 裴家伟, 王敏, 吴凤亮, 等. 羊肉微生物相调查及山梨酸钾的防腐作用[J]. 肉类研究, 2007(8): 30-34.
- [21] 生命经纬知识库. 防腐剂(添加剂)[EB/OL]. (2009-04-10). <http://refer.biox.cn/doc-view-427.html>.
- [22] 石玉新, 马艳丽, 齐树亭. 柠檬酸对三种常见水产病原菌的抑菌作用[J]. 饲料工业, 2005, 26(6): 57-59.
- [23] 王莹. 茶多酚的抗氧化和抑菌活性及其增效剂[J]. 生物学杂志, 2007, 24(5): 55-56.
- [24] 宁喜斌, 许时婴. 延长低温火腿肠保质期的 Nisin 复合防腐剂[J]. 食品工业, 2001(3): 22-23.
- [25] 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(2): 24-25.