

低钠盐火腿肠保质期预测及产品致病菌的聚合酶链式反应检测

黄梅香¹, 王海滨^{1*}, 李睿², 王宏勋¹, 丛浩¹

(1. 武汉工业学院食品科学与工程学院, 湖北 武汉 430023; 2. 武汉工业学院生物与制药工程学院, 湖北 武汉 430023)

摘要: 采用加速破坏性试验模型预测低钠盐火腿肠的保质期, 并采用聚合酶链式反应对产品致病菌进行快速检测, 同时对贮藏期间火腿肠的质构(嫩度)变化进行分析。结果表明: 对照组(3% 普通碘盐+0.3% 磷酸盐)、2.5% 市售低钠盐+0.35% TG组、2.0% 市售低钠盐+0.3% 磷酸盐组、3% 多组分替代盐(NaCl 40%、KCl 35%、CaCl₂ 15% 和甘氨酸 10%)+0.35% TG组火腿肠在室温(25℃)和低温(4℃)条件下的保质期分别为 17.5、17.6、16.9、15.7d 和 189、208、142、146d; 产品在低温(4℃)条件下放置 1 个月后, 各组均无致病菌检出; 火腿肠在低温贮藏 90d 期间, 其嫩度变化趋势是先增大后减小。综合比较而言, 添加 2.5% 市售低钠盐+0.35% TG 组火腿肠的贮藏稳定性最好。

关键词: 火腿肠; 低钠盐; 谷氨酰胺转氨酶; 加速破坏性试验模型; 保质期; 聚合酶链式反应

Shelf-Life Prediction and Pathogenic Bacterial Detection of Low-Sodium Salt Pork Sausages by Polymerase Chain Reaction

HUANG Mei-xiang¹, WANG Hai-bin^{1*}, LI Rui², WANG Hong-xun¹, CONG Hao¹

(1. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

2. College of Biological and Pharmaceutical Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

Abstract: The shelf-life of low-sodium pork sausages was predicted with accelerated shelf-life test model and pathogenic bacteria were detected by polymerase chain reaction (PCR) in this study. Meanwhile, the change trends of texture (tenderness) were also explored during storage. The results showed that the shelf-life of four kinds of pork sausages with the addition of 3% common iodine salt and 0.3% sodium tripolyphosphate (control group), the addition of 2.5% low-sodium salt and 0.35% TG, the addition of 2.0% low-sodium salt and 0.3% sodium tripolyphosphate, and the addition of 3% multi-component salt substitute (consisting of 40% NaCl, 35% KCl, 15% CaCl₂, and 10% aminoacetic acid) and 0.35% TG were 17.5, 17.6, 16.9 days and 15.7 days at room temperature (25 °C), and 189, 208, 142 days and 146 days at 4 °C, respectively. No pathogenic bacteria were detected after 1 month of storage at 4 °C. The tenderness of all groups exhibited an initial increase and final decrease during 90 days storage at 4 °C. Moreover, pork sausages with the addition of 2.5% low-sodium salt and 0.35% TG had the best storage stability.

Key words: pork ham sausages; low-sodium salt; transglutaminase (TG); accelerated shelf-life test model; shelf-life; polymerase chain reaction (PCR)

中图分类号: TS251.65

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)12-0276-05

食盐和磷酸盐是肉制品常用的辅料和添加剂, 它们对保持产品正常的风味口感、提高渗透压和保水性、降低水分活度、延长产品保质期方面具有重要作用^[1-2], 但它们同时也是肉制品钠的主要来源。人们摄食钠太多是导致高血压的重要诱因, 磷酸盐摄食过多也会对健康不利, 因此, 国内外开展了降低肉制品食盐(或钠)和磷酸

盐的研究, 主要途径有单纯降低产品食盐含量, 或使用食盐替代物(例如 KCl、CaCl₂、MgCl₂ 和甘氨酸)。谷氨酰胺转氨酶(transglutaminase, TG)是一种能催化食品蛋白质发生交联、增强其凝胶保水性的食品酶制剂, 使用安全, 可作为磷酸盐(水分保持剂)的替代物^[3-5], 以火腿肠为试材, 通过从感官评分、保水性及质构分析可

收稿日期: 2011-08-05

作者简介: 黄梅香(1985—), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉禽深加工机理与技术。E-mail: hmx107418@163.com

* 通信作者: 王海滨(1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为营养与功能食品。E-mail: whb6412@163.com

得到降低火腿肠食盐含量的几个适宜配方^[6-7]。但降低食盐添加量或使用食盐替代物对火腿肠类产品的保质期产生的影响及这些火腿肠在贮藏过程中的质构(嫩度)变化是低钠盐火腿肠产品研发中必需考虑的问题。鉴于微生物指标是食品安全最重要的考核指标,本实验通过研究低钠盐火腿肠在贮藏过程中微生物的变化来进行保质期预测,采用聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)技术快速检测产品的主要致病菌,并研究产品贮藏过程中质构(嫩度)的变化等,为低钠盐火腿肠新产品研发中的质量安全评价提供重要方法和依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

胰蛋白胨、酵母浸膏、琼脂、葡萄糖 天津市科密欧化学试剂有限公司;大肠杆菌 O157:H7 标准菌、沙门氏菌标准菌、单核细胞增生李斯特氏菌标准菌 武汉市疾病预防控制中心;LB 培养基、Taq mix、TAE 电泳缓冲液(tris-acetate-EDTA Buffer) 广州东盛生物科技有限公司;AxyPrep 细菌基因组 DNA 试剂盒 美国 Axygen 生物公司;GoldViewna I 型核酸电泳染色剂、琼脂糖、点样液、DNA Marker 博大泰克生物基因技术有限责任公司。

前期研究^[6-7]表明,食用盐的添加量在 2.0%~3.0% (占原料肉的百分数)制作的火腿肠产品感官评分较高,本实验用火腿肠有 A、B、C、D 四种样品,主要考察使用市售低钠盐和 TG 替代普通碘盐及磷酸盐的效果(B 组和 C 组,低钠盐添加水平不同),也对多组分组合的替代盐进行了比较探讨(D 组)。具体设计见表 1。

表 1 试制火腿肠所用盐或替代物的类型及其配方
Table 1 Salts at different levels added to four sausage groups

样品 分组	普通 碘盐	市售 低钠盐	多组分 替代盐	磷酸盐 (三聚磷酸钠)	TG(谷氨酰 胺转氨酶)
A(对照组)	3	0	0	0.3	0
B	0	2.5	0	0	0.35
C	0	2.0	0	0.3	0
D	0	0	3	0	0.35

注:不同配料添加量按原料猪肉 100g 计,其中肥膘与瘦肉质量比为 1:9;市售低钠盐配方标准为 70% NaCl + 30% KCl;多组分替代盐配方:NaCl 40%、KCl 35%、CaCl₂ 15%、甘氨酸 10%;B 组和 D 组分别是在试验基础上通过感官评分、保水性和质构测定确定的最佳配方;试制火腿肠的原辅材料、食品添加剂(含 KCl、CaCl₂、甘氨酸、TG 等)、制作工艺等要求参见文献^[6-7]。

1.2 仪器与设备

SW-CJ-IBC 洁净工作台 苏净集团安泰公司;THZ-22 摇床培养箱 江苏太仓市实验设备厂;PYX-150S-B 生化培养箱 广东韶关科力仪器设备有限公司;TG16-

WS 台式高速离心机 长沙平凡仪器仪表有限公司;78-1 磁力加热搅拌器 国华电器有限公司;SL 型电子天平 上海民桥精密科学仪器有限公司;Tgradient PCR 仪 德国 Whatman Biometra 公司;YX280B 型手提式不锈钢蒸汽消毒器 上海三申医疗器械有限公司;DYY-2C 型电泳仪 北京六一仪器厂;GBOX-HR-E-M 型全自动凝胶成像分析系统 英国 Syngene 公司;C-LM3 型数显式肌肉嫩度仪 东北农业大学工程学院。

1.3 方 法

1.3.1 低钠盐火腿肠保质期的预测

测定保质期的方法为加速破坏性试验(accelerated shelf life testing, ASLT)模型^[8-11]。此方法是利用化学动力学原理,通过改变食品的贮藏环境,使其有利于食品内细菌的生长繁殖,以缩短测定食品保质期的时间,从而在短期内就可预测长时间贮存类食品的保质期。

本实验通过提高火腿肠的贮存温度、加速产品变质来快速测定火腿肠的保质期,其模型公式如下:

$$Q_5^{(T_1-T_2)5} = \frac{f_2}{f_1} \quad (1)$$

式中: Q_5 为温度相差 5℃ 时货架寿命的比值; T_1 为确定货架寿命的已知温度点; T_2 为所求货架寿命的温度点; f_1 、 f_2 为分别为在温度 T_1 、 T_2 条件下的货架寿命。

同时,在低于最高试验温度的任何温度下,两次测试的时间间隔不应超过 t_2 ^[10]:

$$t_2 = t_1 Q_5^{\Delta T/5} \quad (2)$$

式中: t_1 为最高试验温度 T_1 时每次测试之间的时间间隔/d; t_2 为较低试验温度 T_2 时每次测试之间的时间间隔/d; Q_5 为温度相差 5℃ 时货架寿命的比值; ΔT 为 $(T_1 - T_2)$ ℃。

操作要点: 1) 样品准备: 按照 1.1 节的配方要求、参照文献^[6-7]的方法制作 A、B、C、D 四种样品,每个样品做 3 个批次,将这 3 个批次的产品分别置于 37、32℃ 和 27℃ 条件下贮藏,并于制作当天测定 4 种样品的初始菌落总数; 2) 菌落总数测定: 置于 37℃ 的产品每天测定菌落总数,置于 32℃ 的产品每隔 2d 取出测定菌落总数,置于 27℃ 的产品每隔 3d 取出测定菌落总数;当菌落总数超标时(参见 GB 2726—2005《熟肉制品卫生标准》)停止测定,并记录保藏时间; 3) 在每个温度条件下,以保存时间为横坐标、菌落总数为纵坐标绘制曲线; 4) 根据每个产品在特定温度下的保存时间计算 Q_5 , 计算式(3)为: $Q_5' = f_{32℃}/f_{37℃}$, $Q_5'' = f_{27℃}/f_{32℃}$, Q_5 取 Q_5' 与 Q_5'' 的平均值; 5) 推算产品在室温 25℃ 和低温 4℃ 条件下

的保质期, 具体计算式(4)为: $f_{25^{\circ}\text{C}}=f_{37^{\circ}\text{C}}Q_5^{2.4}$, $f_{4^{\circ}\text{C}}=f_{37^{\circ}\text{C}}Q_5^{6.6}$ 。

1.3.2 低钠盐火腿肠致病菌的检测

产品在低温(4℃)环境下经过1个月保存后, 采用PCR法检测4种火腿肠有无大肠杆菌O157:H7、沙门氏菌和单核细胞增生李斯特氏菌致病菌。

1.3.2.1 引物合成

大肠杆菌O157:H7 *eaeA* 为靶基因, 沙门氏菌 *hilA* 基因为靶基因, 单核细胞增生李斯特氏菌 *PrfA* 基因为靶基因。这3种引物均采用文献[12-14]报道方法, 均由武汉鼎国生物科技有限公司合成, 其序列见表2。

表2 引物序列及大小
Table 2 Primer sequences and their size

菌名	扩增基因	引物名称	引物序列	产物大小 /bp
大肠杆菌 O157:H7	<i>eae</i> 基因	<i>eae</i> -F	5'-ATGCTTAGTGCTGGTTTAGG-3'	248
		<i>eae</i> -R	5'-GCCTTCATCATTCGCTTTC-3'	
沙门氏菌	<i>hilA</i> 基因	<i>hilA</i> -F	5'-CTGCCGAGTTAAGGATA-3'	490
		<i>hilA</i> -R	5'-CTGTCCGCTTAATCGCATGT-3'	
单核细胞增生李斯特氏菌	<i>prfA</i> 基因	<i>prfA</i> -F	5'-AGTCCACGAGTATTAGCGAG-3'	563
		<i>prfA</i> -R	5'-TCCCAAGTAGCAGGACATG-3'	

1.3.2.2 细菌培养

分别剪碎4种火腿肠样于LB培养基中, 37℃摇床培养16h。

1.3.2.3 DNA的提取

用AxyPrep细菌基因组DNA试剂盒按照说明书提取基因组DNA。

1.3.2.4 PCR扩增

1) 大肠杆菌O157:H7 PCR体系: 上游引物 *eae*-F 0.25 μL, 下游引物 *eae*-R 0.25 μL, *Taq* mix 12.5 μL, 模板DNA 1 μL, 双蒸水 1 μL。PCR反应条件: 94℃预变性5min; 94℃变性30s, 55℃退火45s, 72℃延伸1min, 30个循环; 72℃延伸10min。

2) 沙门氏菌PCR体系: 上下游引物 *hilA*-F和 *hilA*-R各0.5 μL, *Taq* mix 12.5 μL, 模板DNA 1 μL, 双蒸水 10.5 μL。PCR反应条件: 94℃预变性5min; 94℃变性1min, 60℃退火40s, 72℃延伸1min, 35个循环; 72℃延伸5min。

3) 单核细胞增生李斯特氏菌PCR体系: 上下游引物 *prfA*-F和 *prfA*-R各0.5 μL, *Taq* mix 25 μL, 模板DNA 10 μL, 双蒸水 14 μL。PCR反应条件: 94℃预变性3min; 94℃变性1min, 51℃退火1min, 72℃延伸1min, 30个循环; 72℃总延伸10min。

1.3.2.5 凝胶电泳检测

取25mL TAE电泳缓冲液于锥形瓶, 加0.25g琼脂糖, 微波炉加热沸腾溶解, 取出摇匀, 如此反复3次, 加3 μL染色剂, 倒胶, 冷却凝固。取5 μL PCR反应物, 点样, 电泳30min后置于凝胶系统中拍照。

1.3.3 低钠盐火腿肠在贮藏过程中的指标测定

质构(嫩度)稳定性: 将4种火腿肠放置冰箱中冷藏90d, 在此贮藏期内分别在1、20、40、60、90d测定其嫩度; 菌落总数: 按GB 4789.2—2010《食品卫生微生物学检验: 菌落总数测定》测定; 蛋白质含量: 按GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》中的“凯氏定氮法”测定; 水分含量: 参照GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》测定; 灰分: 参照GB 5009.4—2003《食品中灰分的测定》测定; 脂肪含量: 参照GB/T 9695.1—2008《肉与肉制品: 游离脂肪含量的测定》测定; 钠含量: 采用IRIS Advantage ICP仪器、用电感耦合等离子体发射光谱法(inductively coupled plasma optical spectrometry, ICP)测定。

1.3.4 数据分析

用SPSS 16.0统计软件对测定结果进行单因素方差分析。以 $P < 0.05$ 判断差异有显著性, 以 $P < 0.01$ 判断差异极显著。结果以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 4种火腿肠理化指标的检测

表3 4种火腿肠理化指标测定结果
Table 3 Physico-chemical properties of sausages

指标	A组(对照组)	B组	C组	D组	某品牌火腿肠
蛋白质含量/(湿基)	21.8	20.9	21.4	21.7	20.2
脂肪含量/(湿基)	9.5	9.0	9.3	9.3	10.2
水分含量/(湿基)	65.6	67.3	65.0	66.2	67.5
灰分含量/(湿基)	2.1	2.5	2.4	2.7	1.9
Na含量/(湿基)	0.78	0.56	0.57	—	0.71
Na含量/(干基)	2.27	1.71	1.63	—	2.18

注: “—”表示未进行测定。

从表3可见, 对照组A火腿肠按常规配方, 添加的是普通碘盐、并且添加了磷酸盐, 产品钠的含量最高, 某品牌火腿肠配料显示使用的是普通食盐、也用了磷酸盐(水分保持剂), 钠含量也较高, 而使用了市售低钠盐的B组和C组火腿肠的钠含量明显降低, 从干基比较更能看出其差异。

2.2 低钠盐火腿肠保质期的预测

由图1可得, A、B、C、D四种火腿肠在37℃条件下的保质期分别为4.5、4.3、5.0、4.4d; 在32℃条件下的保质期分别为7.8、7.5、7.3、7.6d; 在27℃条件下的保质期分别为13.9、14.0、13.6、12.7d。

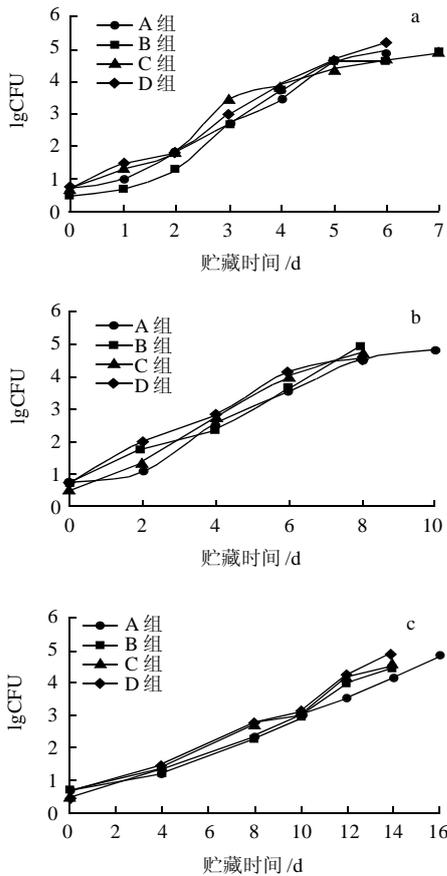


图1 37(a)、32℃(b)和27℃(c)条件下4种火腿肠的菌落生长曲线
 Fig.1 Bacterial growth curves of sausages stored at 37 (a), 32 °C(b) and 27 °C(c)

根据式(3)得到 $Q_A = 1.76$ 、 $Q_B = 1.8$ 、 $Q_C = 1.66$ 、 $Q_D = 1.7$ 。根据式(4)(5)得到 A、B、C、D 四种产品在室温(25℃)条件下的保质期分别为 17.5、17.6、16.9、15.7d；低温(4℃)条件下的保质期分别为 189、208、142、146d。

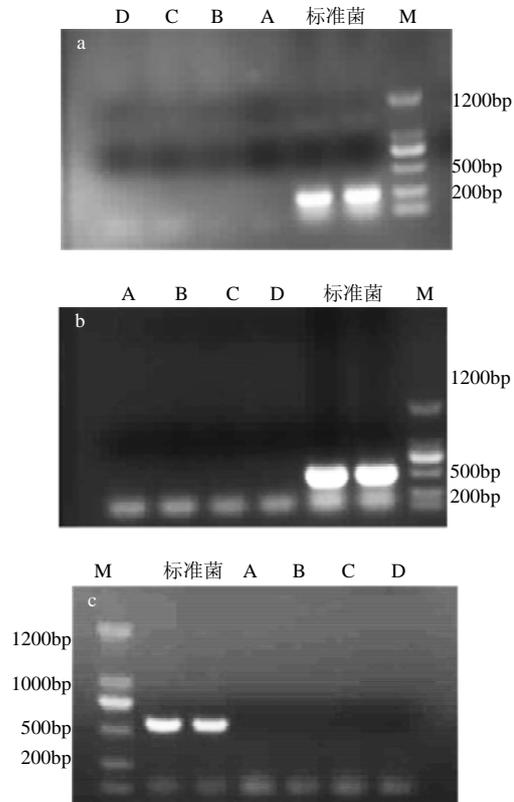
可以看到，室温条件下，4种火腿肠的保质期相差不多，D组(3%多组分替代盐+0.35% TG组)火腿肠保质期最短，主要是因为水分活度稍高的原因导致的，虽然甘氨酸能起到一定的降低水分活度和防腐的作用，但因添加比例较小而效果较差。而B组(2.5%市售低钠盐+0.35% TG组)比A组(3%普通碘盐+0.3%磷酸盐)的保质期稍长，且B组添加的市售低钠盐绝对量低于A组的普通碘盐添加量，说明添加TG有利于延长产品保质期。

在4℃低温贮藏时，产品的保质期都明显延长，C组(2.0%市售低钠盐+0.3%磷酸盐组)和D组的保质期较接近，且明显低于B组和A组，可能原因是C组添加的市售低钠盐水平过低(2.0%)、D组多组分替代盐中氯化钠占的比重偏低，虽然C组另添加了磷酸盐、D组另添加了TG，但仍然未有效延长火腿肠的保质期，说

明氯化钠可能在延长火腿肠保质期中起关键作用；而B组是添加较高用量市售低钠盐(2.5%)的，且与TG共同作用，即使不使用磷酸盐，也能达到较长的保质期，本实验预测B组产品在4℃低温条件下可保质208d，接近7个月，达到了产品研发预设保质期6个月(半年)的要求，从A组的数据看，按本工艺制作的普通低温火腿肠在4℃低温下的保质期也可达到6个月。

综上所述，可以得到TG酶对延长保质期方面有一定的效果，但不如NaCl效果好；在室温和低温条件下添加磷酸盐和TG酶的火腿肠的保质期均可达到6个月，推测用TG酶部分替代磷酸盐是可行和有效的。

2.3 低钠盐火腿肠致病菌的检测



A~D为火腿肠样品中提取的菌株PCR扩增产物；a~c的标准菌分别为 *Escherichia coli* O157:H7、*Salmonella*、*Listeria monocytogenes* 的PCR扩增产物；M为DNA Ladder分子质量标准。
 图2 低温(4℃)条件下放置1个月后的火腿肠采用PCR检测大肠杆菌O157:H7(a)、沙门氏菌(b)和单核细胞增生李斯特氏菌(c)的电泳结果

Fig.2 Gel electrophoresis of PCR amplification products from *Escherichia coli* O157:H7 (a), *Salmonella* (b) and *Listeria monocytogenes* (c) in sausages stored for 1 month at 4 °C

将试验的低钠盐火腿肠在低温(4℃)条件下贮藏1个月，采用PCR快速检测技术检测产品中的致病菌，结果见图2。此为探索性实验，因为食品微生物致病菌的

检测工作量大、耗时,特别是采用常规方法检测大肠杆菌、沙门氏菌、单核细胞增生李斯特氏菌等重要的致病菌,费时费力,不便于及时对在线的、流通和贮藏中的产品进行跟踪检测,而近年来发展的PCR快速检测技术就能有效克服这些缺点。从图2可见,A、B、C、D四种火腿肠在低温条件下贮藏1个月后均没有检测到相应的致病菌,说明产品在一定期限内是安全的,采用本技术对低钠盐火腿肠进行致病菌的快速检测可行。

2.4 低钠盐火腿肠在贮藏过程中质构(嫩度)稳定性

表4 火腿肠在贮藏期间嫩度的变化($n=3$)

Table 4 Tenderness change of sausages during storage ($n=3$)

时间/d	A组	B组	C组	D组
1	5.23 ± 0.34	4.08 ± 0.45	3.82 ± 0.21	4.10 ± 0.74
20	5.79 ± 0.28 ^a	4.12 ± 0.38	3.98 ± 0.40	4.78 ± 0.41 ^b
40	6.58 ± 0.79 ^b	4.34 ± 0.94 ^a	4.37 ± 0.56 ^a	6.06 ± 0.95 ^b
60	7.41 ± 1.08 ^b	4.80 ± 0.32 ^b	4.66 ± 0.74 ^b	5.25 ± 0.79 ^b
90	6.18 ± 0.83 ^b	4.25 ± 0.37 ^a	3.89 ± 0.87	3.78 ± 0.58 ^a

注:各列数值与该列的第1天的数值比较,肩标a表示差异显著($P < 0.05$),肩标b表示差异极显著($P < 0.01$)。

嫩度反应了肉制品中各蛋白质的结构特性、脂肪的分布状态等,是评价肉制品食用物理特性的重要指标^[1]。本实验用嫩度仪测定火腿肠的嫩度,它模拟人牙齿咀嚼食物的过程,仪器数值反映的是咬断样品所需的剪切力值,该数值大小与产品嫩度的感官评价是负相关的^[15]。

由表4可见,4种火腿肠的嫩度值(剪切力值)随贮藏时间延长,有先增大后减小的趋势,A、B、C组样品在60d时达到最大值,D组样品在40d时达到最大值,D组样品在40d以后剪切力值减小趋势明显。这可能是因为贮藏前期,由于淀粉出现不同程度的老化等原因影响了产品的质构^[16-17],使得剪切力值变大,产品嫩度变差;同时也可能是因为贮藏前期,产品内的凝胶体系日趋稳定,从而表现出咀嚼时食物抵抗受损并紧密连接的能力日趋增强。后期剪切力值减小可能是因为贮藏过程中蛋白质逐渐降解,凝胶强度逐渐减弱。

同时由表4可见,B组样品嫩度值适中,在贮藏期嫩度值变化相对平稳,可能与TG能增强低温火腿肠的凝胶强度、提高其稳定性有关。

3 结论

3.1 通过保质期预测试验得知,对照组(3%普通碘盐+0.3%磷酸盐)、2.5%市售低钠盐+0.35%TG组、2.0%市售低钠盐+0.3%磷酸盐组、3%多组替代盐+0.35%

TG组这4种火腿肠在室温条件下的保质期分别为17.5、17.6、16.9、15.7d;在4℃条件下的保质期分别为189、208、142、146d。通过PCR快速检测技术表明,4组实验产品在低温(4℃)条件下放置1个月均未造成致病菌的生长繁殖。4种火腿肠在低温(4℃)条件下随贮藏时间的延长,其嫩度值(剪切力值)先增大后减小。

3.2 从结果可以看出,多组替代盐在延长火腿肠的保质期方面不如普通碘盐效果好,在贮藏过程中质构变化大,不利于产品保藏;而2.5%市售低钠盐+0.35%TG组火腿肠保质期最长,推测添加TG对延长火腿肠的保质期有帮助,用TG部分替代磷酸盐是可行的。

参考文献:

- [1] 周光宏. 畜产品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 32-168.
- [2] SOFOS J N. Antimicrobial effects of sodium and other ions in foods: a review[J]. Journal of Food Safety, 1984, 6(1): 45-78.
- [3] WIRTH F. Reducing the common salt content of meat products: possible methods and their limitations[J]. Fleischwirtschaft, 1991, 69(4): 589-593.
- [4] GOU P, GUERRERO L, GELABERT J. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin[J]. Meat Science, 1996, 42(1): 37-48.
- [5] COLMENERO F J, AYO M J, CARBALLO J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers[J]. Meat Science, 2005, 69(4): 781-788.
- [6] 黄梅香, 张建林, 王海滨. 降低食盐添加量对火腿肠的感官、质构及保水特性的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(7): 125-128.
- [7] 黄梅香, 从浩, 王海滨. CaCl₂部分替代NaCl对低温火腿肠品质的影响[C]//第九届中国肉类科技大会论文集. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2011: 60-65.
- [8] FENNEMA O R. 食品化学[M]. 3版. 王璋, 许时婴, 江波, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 849-875.
- [9] 郑立. 微生物方法快速测定食品保质期的研究[J]. 中国卫生检验, 2008, 18(3): 566-567.
- [10] 余亚英, 袁唯. 食品货架期概述及其预测[J]. 中国食品添加剂, 2007(5): 76-80.
- [11] 吴春燕, 龚淑英, 顾志雷. 充氮小包装茶货架保鲜期研究[J]. 茶叶, 2009, 35(3): 157-161.
- [12] VLADIMIR C, AVRAHAM R, KONSTANTIN C, et al. Microarray analysis of microbial virulence factors[J]. Appl Environ Microbiol, 2001, 67(7): 3258-3263.
- [13] 邵碧英, 陈彬, 唐敏英, 等. 沙门氏菌DNA提取及PCR反应条件的优化[J]. 食品科学, 2007, 28(7): 331-334.
- [14] 李晟峰, 赵娇, 钟名华, 等. 单增李斯特菌不同PCR快速检测方法比较[J]. 中国公共卫生, 2008, 24(8): 1021-1023.
- [15] CAINE W R, AALHUS J L, BEST D R, et al. Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks[J]. Meat Science, 2003, 64(4): 333-339.
- [16] 郭世良, 赵改名, 王玉芬, 等. 离子强度和pH值对肌原纤维蛋白热诱导凝胶特性的影响[J]. 食品科技, 2008, 33(1): 84-87.
- [17] VANDEPUTTE G E, VERMEYLEN R, GEEROMS J, et al. Rice starches. III. Structural aspects provide insight in amylopectin retrogradation properties and gel texture[J]. Journal of Cereal Science, 2003, 38(1): 61-68.