



乙酸钠协同桂皮提取液对微冻猪肉保鲜效果的影响

王凯丽, 李向月, 陈锐颖, 党晓燕, 朱迎春*

(山西农业大学食品科学与工程学院, 山西 太谷 030801)

摘 要: 为延长猪肉货架期, 提高其食用安全品质, 将新鲜猪肉分别用2%乙酸钠和2%乙酸钠+5.6%桂皮提取液(均为质量分数)浸渍后托盘包装, 于-3℃的冷库中微冻贮存, 考察保鲜剂对微冻猪肉感官品质、微生物品质和理化品质的影响。结果表明: 猪肉经2%乙酸钠浸渍后可以延缓微生物的生长繁殖, 抑制蛋白质分解和脂肪氧化, 较好地维持猪肉的品质特性, 而乙酸钠与桂皮提取液协同作用的保鲜效果更佳。通过理化、微生物及感官品质指标的综合评价, 2种处理均能够在一定时间内较好地保持猪肉的新鲜度, 延缓腐败变质的发生, 猪肉样品的货架期分别为2%乙酸钠处理组28 d、乙酸钠+桂皮提取液处理组36 d(无菌蒸馏水处理的空白组小于20 d)。

关键词: 桂皮提取液; 微冻猪肉; 乙酸钠; 协同; 保鲜效果

Cooperative Effects of Sodium Acetate and Cinnamon Extract on the Quality Preservation of Pork during Super-Chilling Storage

WANG Kaili, LI Xiangyue, CHEN Ruiying, DANG Xiaoyan, ZHU Yingchun*

(College of Food Science and Engineering, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract: The purpose of the present research was to extend the shelf life and improve the quality and safety of pork. After dipping treatments with 2% sodium acetate alone or in conjunction with 5.6% cinnamon extract, fresh pork samples were tray packaged and then stored under superchilling conditions (at -3℃) with the aim of addressing the effect of preservatives on the sensory, microbiological and physicochemical qualities of partially frozen pork. The results showed that 2% sodium acetate could effectively delay the microbial growth, suppress protein breakdown and lipid oxidation and significantly retain the quality characteristics of pork. A better effect was observed when it was used in combination with cinnamon extract. Both treatments could better maintain the freshness of superchilled pork for a certain period and retard the quality deterioration as evaluated through measurement of sensory, microbiological and physicochemical qualities. The shelf life of pork samples was 28 and 36 days for the single and combined treatments, respectively compared to less than 20 days for the blank treatment with sterile distilled water.

Key words: cinnamon extract; pork under super-chilling storage; sodium acetate; coordination; preservation effect

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201705006

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123(2017)05-0027-06

引文格式:

王凯丽, 李向月, 陈锐颖, 等. 乙酸钠协同桂皮提取液对微冻猪肉保鲜效果的影响[J]. 肉类研究, 2017, 31(5): 27-32. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201705006. <http://www.rlyj.pub>

WANG Kaili, LI Xiangyue, CHEN Ruiying, et al. Cooperative effects of sodium acetate and cinnamon extract on the quality preservation of pork during super-chilling storage[J]. Meat Research, 2017, 31(5): 27-32. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201705006. <http://www.rlyj.pub>

微冻贮藏是指生物体在冻结点以下1~2℃内的轻度冷冻贮藏^[1-4]。在微冻条件下, 微生物细胞内的水分

会部分冻结, 影响其生物化学反应, 从而抑制微生物的生长繁殖, 因此微冻贮藏能够起到维持食品鲜度、

收稿日期: 2016-12-19

基金项目: 山西省科技攻关计划项目(20140311025-6); 山西农业大学博士科研启动基金项目(2015ZZ06)

作者简介: 王凯丽(1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。E-mail: 957953713@qq.com

*通信作者: 朱迎春(1970—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。E-mail: yingchun0417@163.com

延长食品保质期的作用。微冻贮藏既在一定程度上避免了冷冻对细胞组织结构的过分破坏,减少了汁液和风味物质的损失,又克服了冷藏保鲜期短的缺点^[5]。目前,微冻技术所涉及的畜禽产品种类主要有猪肉、牛肉、鸡肉及鸭肉等。Duun等^[6]将真空包装的猪排分别贮藏在-2℃微冻和3.5℃冷藏条件下,并对它们的货架期进行了比较。结果表明,微冻贮藏的猪排能够在16周内保持良好的感官性状和较低的细菌总数。Liu Qian等^[7]比较了微冻、冷冻和冷藏对牛肉品质的影响,发现微冻技术可以将牛肉的保质期由原来的10 d延长至20 d左右,并且能够保持牛肉最初的可食品质。彭涛^[8]对猪肉微冻技术进行了细致研究,认为-2℃是猪肉的最佳贮藏温度,贮藏温度波动在1℃范围内对猪肉品质的影响较小,通过-25℃浸液降温再贮藏在-2℃温度下,猪肉品质相对较好。

肉类经保鲜剂作用后再进行贮藏是一种新型保鲜方法,其具有操作简便、效果良好且成本低廉等优点。从香辛料中提取有效成分用于肉类防腐保鲜的研究也越来越广泛。Mansour等^[9]发现添加了生姜和葫芦巴籽提取物的牛肉饼能有效控制脂肪的氧化并改善肉饼的色泽。国内利用香辛料提取液^[10]、壳聚糖^[11]、茶多酚和蜂胶等配制成复合保鲜液^[11-12]处理冷却猪肉,获得了明显的效果,能较好地维持猪肉的品质并延长其保质期。

通过前期实验已经获知,猪肉微冻贮藏(-3℃)比常规低温贮藏(4℃)更有利于其食用及理化品质的保持。为进一步延长猪肉的货架期,提高其食用安全性,本研究采用2种保鲜液对猪肉进行处理,通过测定感官品质、微生物指标和理化指标,了解保鲜剂在微冻贮藏过程中对猪肉品质的影响,为复合保鲜技术的开发及其在肉制品加工中的应用提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜猪肉购于山西农业大学家属院双汇冷鲜肉专卖店。

乙酸钠、盐酸、浓硫酸、氯化钾、磷酸二氢钾、尿素、乙醇、磷酸、三氯乙酸、石油醚、硼酸、氯仿、乙酸乙酯、氧化镁、甲醛、CuSO₄ (均为化学纯) 国药集团化学试剂有限公司;营养琼脂 青岛海博生物技术有限公司;桂皮 山西农业大学农贸市场。

1.2 仪器与设备

WHY-2水浴恒温振荡器 上海沪西仪器有限公司;PB-10 pH计 瑞典Sartorius公司;CM-5色差计 日本Konica Minolta公司;UV-180紫外-可见分光光度计 日本岛津公司;IMS-50全自动雪花制冰机 河南兄弟仪

器设备有限公司;HH数显恒温水浴锅 江苏金坛市金城国胜实验仪器厂;ST-40R冷冻离心机 德国Thermo-Fisher公司;18 Basic内切式匀浆机 德国IKA公司;UDK159半微量凯式定氮仪 意大利Velp公司。

1.3 方法

1.3.1 保鲜液的制备

2%乙酸钠溶液(质量分数,下同):2 g乙酸钠+98 g蒸馏水配制。

5.6%桂皮提取液(质量分数,下同):称取适量的桂皮,洗净后在45℃的干燥箱中烘干,之后将其粉碎,然后以桂皮:蒸馏水=5.6:94.4(m/m)混合,70℃水浴提取7 h,最后过滤得上清液,备用。

1.3.2 贮藏实验

将新鲜猪肉去除筋膜及脂肪,切30 g左右备用。将猪肉样品随机分为3组:空白组在无菌蒸馏水中浸泡5 min后沥干;乙酸钠组于2%乙酸钠中浸泡5 min后沥干;乙酸钠+桂皮提取液组在2%乙酸钠溶液中浸泡5 min后沥干,再于5.6%桂皮提取液中浸泡1 min,沥干。然后将用保鲜液处理后的猪肉样品置于托盘中,用保鲜膜包好,于-3℃贮藏,分别于0、4、8、12、20、28、36、44 d测定各项指标。

1.3.3 指标测定

1.3.3.1 感官评定

感官评定由10名专业人员组成的感官评定小组进行,针对猪肉样品的气味、色泽、组织状态和弹性4个方面分别进行评分。总分为10分,低于6分视为产品不可食用。具体评分标准见表1。

表1 感官评价标准
Table 1 Criteria for sensory evaluation of pork

分值	色泽	气味	组织状态	弹性
10~9	肌肉正常,内切面有光泽	具有固有香味,很清新	纹理很清晰,肌肉组织紧密完整	坚实而富有弹性,手压后凹陷会马上消失
8~7	肌肉正常,内切面稍有光泽	具有固有香味,较清新	纹理较清晰,肌肉组织紧密	坚实而有弹性,手压后凹陷会较快消失
6~5	肌肉较暗淡,内切面有光泽	固有香味较淡,略有臭味	肌肉组织不紧密,但不松散	较有弹性,手压后凹陷消失地比较慢
4~3	肌肉较暗淡,内切面稍有光泽	固有香味消失,有腥臭味或氨味	肌肉组织不紧密,局部比较松散	较有弹性,手压过后凹陷消失地很慢
2~1	肌肉暗淡,内切面无光泽	有强烈的腥臭味或氨味	肌肉组织不紧密,松散	没有弹性,手压过后凹陷不消失

1.3.3.2 菌落总数

按GB/T 47892—2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》^[13]规定的方法进行平板计数。

1.3.3.3 pH值

pH值的测定按GB/T 9695.5—2008《肉与肉制品 pH测定》^[14]规定的方法进行。

1.3.3.4 挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)

TVB-N的测定参照GB/T 5009.44—2003《食品中挥

发性盐基氮的测定》^[15]中的规定,采用半微量凯式定氮法进行。

1.3.3.5 硫代巴比妥酸反应物质 (thiobarbituric acid reactive substances, TBARs) 值

TBARs值的测定参考Liza等^[16]的方法。取5.0 g切碎的样品,加15 mL储备液(包括7.5%的三氯乙酸(trichloroacetic acid, TCA)、0.1%的丁基羟基茴香醚(butyl hydroxy anisole, BHA)和0.1%的乙二胺四乙酸(ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA)),冰浴中用组织捣碎机低速匀浆30 s,过滤(滤纸孔径为50 μm),取滤液2.5 mL,加入等体积的0.02 mol/L 2-硫代巴比妥酸溶液,沸水浴40 min,取出后迅速冷却,加入3 mL氯仿,混匀,2 ℃、2 000×g条件下离心10 min,取上清液,在532 nm波长处测定其吸光度 $A_{532\text{ nm}}$ 。TBARs值按照式(1)计算。

$$\text{TBARs}/(\text{mg/kg}) = \frac{A_{532\text{ nm}} \times V \times M}{\varepsilon \times L \times m} \times 1\,000 \quad (1)$$

式中: V 为样品体积/mL; M 为丙二醛的相对分子质量(72.063); ε 为摩尔吸光系数(156 000); L 为光程(1 cm); m 为肉样质量/g。

1.3.3.6 汁液流失率

汁液流失率是在不同贮藏期间内汁液流失量与原料肉质量的比值。原料肉在包装前称其质量,记为 m_1 ,将不同贮藏期间内肉样的表面水分拭去,然后称其质量,记为 m_2 。汁液流失率按照式(2)计算。

$$\text{汁液流失率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

1.3.3.7 色差值

参照迟雅宁等^[17]的方法,将不同贮藏期的猪肉取样填充于比色皿内,压实,保证测定时样品表面无气泡。用CM-5色差计测定样品的亮度值(L^*)、红度值(a^*)和黄度值(b^*)。表色系统能全面客观地反应出样品的色泽和色差。

1.4 数据处理

实验均重复3次,结果用平均值±标准差表示。数据统计分析采用Statistix 8.1软件包中线性模型程序进行方差分析,采用Tukey HSD程序进行差异显著性分析($P < 0.05$),采用SigmaPlot 10.0绘图软件作图。

2 结果与分析

2.1 保鲜剂对微冻贮藏猪肉感官品质的影响

随着贮藏时间的延长,在自身内源酶及外源微生物的作用下,猪肉中的蛋白质、氨基酸和其他含氮物质会被分解为氨、三甲胺、硫化氢及吲哚等低级产物,产生具有腐败特征的臭味,从而使猪肉失去食用价值^[18-19]。不同保鲜剂对微冻猪肉感官品质的影响如图1所示。

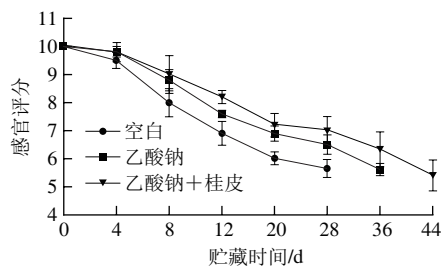


图1 不同保鲜剂处理微冻猪肉感官品质的变化

Fig. 1 Changes in sensory quality of partially frozen pork treated with different preservatives

由图1可知,3组样品的感官评分均随贮藏时间的延长呈下降趋势,空白组样品贮藏至20 d时肉色良好,弹性尚佳,无不良气味,但是贮藏至28 d时已经发现色泽浑浊,有明显的腥臭味,不可食用;而2组保鲜剂处理组能较长时间维持猪肉的感官品质,乙酸钠组及乙酸钠+桂皮提取液组分别在贮藏28 d和36 d时仍无腐败迹象出现,感官评分均高于6分,由此得知,添加乙酸钠及桂皮提取液可以延长猪肉的感官货架期。

2.2 保鲜剂对微冻贮藏猪肉微生物数量的影响

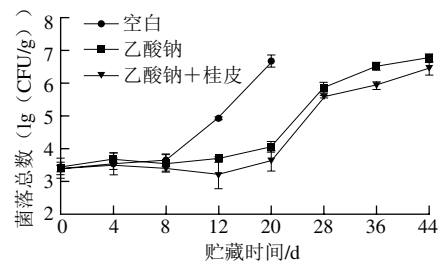


图2 不同保鲜剂处理微冻猪肉菌落总数的变化

Fig. 2 Changes in total number of colonies in partially frozen pork treated with different preservatives

猪肉的变质程度可以由菌落总数(total viable counts, TVC)的多少直接体现。由图2可知,猪肉的TVC随着贮藏时间的延长呈现明显递增的趋势。新鲜猪肉的TVC为3.40 (lg (CFU/g)),由此说明猪肉的质量较好。在贮藏期间的0~8 d,各组之间TVC的差异不显著($P > 0.05$),但贮藏8 d之后各组猪肉样品之间TVC的差异显著($P < 0.05$),TVC的增加速率依次为空白组>乙酸钠组>乙酸钠+桂皮组。根据国标一级鲜度TVC为0~4 (lg (CFU/g))、二级鲜度TVC为4~6 (lg (CFU/g))、变质肉TVC为>6 (lg (CFU/g))的规定^[20],贮藏至36 d时,乙酸钠组、乙酸钠+桂皮提取液组猪肉样品的TVC分别为6.51、5.92 (lg (CFU/g)),而空白组在贮藏20 d时TVC为6.67 (lg (CFU/g)),已经达到了腐败的标准。这充分说明保鲜剂能在一定程度上抑制微生物的增长,延长猪肉的保质期,提高猪肉的品质,并且复合保鲜剂要比单一保鲜剂的抑菌效果好。

2.3 保鲜剂对微冻贮藏猪肉pH值的影响

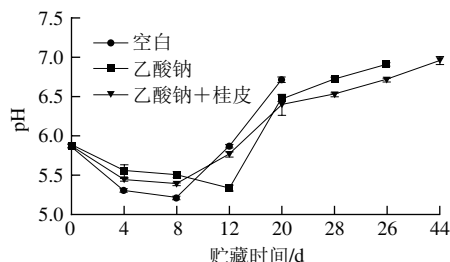


图3 不同保鲜剂处理微冻猪肉pH值的变化

Fig. 3 pH changes of partially frozen pork treated with different preservatives

pH值是检测猪肉新鲜与否的重要指标。由图3可知, pH值呈现先下降再升高的趋势。在贮藏前期(0~8 d) pH值呈下降趋势, 可能是以乳酸菌为代表的产酸微生物大量繁殖所致。贮藏8 d之后, 随着微生物的生长繁殖, 猪肉中的蛋白质分解产生一些碱性物质, 使得pH值上升。贮藏至20 d时, 空白组样品的pH值为6.72, 而乙酸钠组和乙酸钠+桂皮提取液组样品的pH值分别为6.47和6.39, 显著低于空白组($P<0.05$), 由此可知乙酸钠及桂皮提取液可以降低肉品的pH值从而延缓腐败。

2.4 保鲜剂对微冻贮藏猪肉TVB-N值的影响

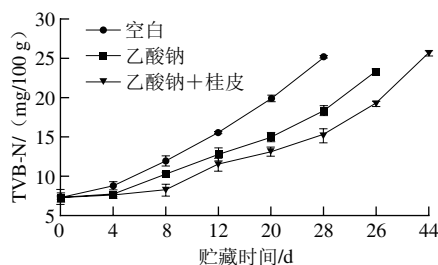


图4 不同保鲜剂处理微冻猪肉TVB-N值的变化

Fig. 4 TVB-N changes of partially frozen pork treated with different preservatives

肉中的TVB-N主要是由于微生物的作用使得肉中的蛋白质分解为氨基酸, 并进一步通过脱羧基作用与脱氨基作用分解生成胺或氨。由图4可知, 新鲜猪肉的TVB-N值小于15 mg/100 g, 根据国标可判断为一级鲜肉, 说明猪肉的质量很好。随着贮藏时间的延长, 蛋白质的分解程度逐渐加大, 猪肉样品中蛋白质的分解速率由高到低依次为空白组>乙酸钠组>乙酸钠+桂皮提取液组。贮藏28 d时, 空白组样品的TVB-N值为25.13 mg/100 g, 超过国标规定的20 mg/100 g的临界值; 第36天时, 乙酸钠组样品的TVB-N值为23.25 mg/100 g, 而乙酸钠+桂皮提取液处理组为19.27 mg/100 g。

2.5 保鲜剂对微冻贮藏猪肉TBARS值的影响

TBARS值是评价脂肪氧化程度的一个重要指标^[21]。

由图5可知, 在贮藏期间的0~4 d, 3组样品的TBARS值差异不显著($P>0.05$)。但从第4天开始空白组分别与乙酸钠组和乙酸钠+桂皮提取液组差异显著($P<0.05$), 可推断保鲜剂充分起到了抑制脂肪氧化的作用。从第8天开始, 乙酸钠组和乙酸钠+桂皮提取液组样品的TBARS值随着贮藏时间的增加差异显著($P<0.05$), 乙酸钠+桂皮提取液组的TBARS值低于乙酸钠组。由此可知, 添加保鲜剂能够有效抑制猪肉的脂肪氧化, 并且乙酸钠+桂皮提取液作为保鲜剂的效果更佳。

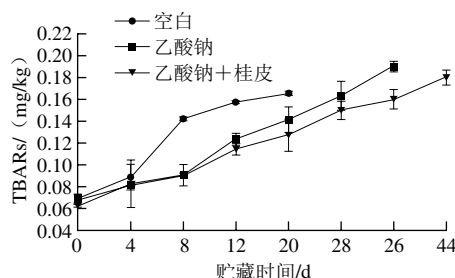


图5 不同保鲜剂处理微冻猪肉TBARS值的变化

Fig. 5 TBARS changes of partially frozen pork treated with different preservatives

2.6 保鲜剂对微冻贮藏猪肉汁液流失率的影响

肌肉汁液流失越多表明肉的保水性越差, 肉的感官可接受程度也会越低, 这是因为伴随着水分的损失一些风味成分和营养物质也会流失, 如各种氨基酸和核苷酸等。不同保鲜剂对微冻猪肉贮藏过程中汁液流失率的影响如图6所示。

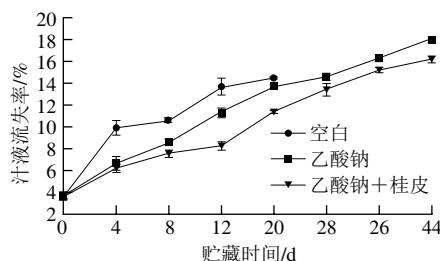


图6 不同保鲜剂处理微冻猪肉汁液流失率的变化

Fig. 6 Changes in dripping loss of partially frozen pork treated with different preservatives

由图6可知, 在整个贮藏期内, 所有处理组样品的汁液流失率均显著提高($P<0.05$), 由新鲜肉的3.60%~3.76%增加至最高值17.99% (乙酸钠处理组贮藏44 d)。这是因为在贮藏过程中, 肌肉蛋白质发生一定程度变性, 促进了肌球蛋白与肌动蛋白的结合, 使肌原纤维收缩, 引起可存储水分的网格空间结构变小。保鲜液有利于提高猪肉的保水性, 贮藏至20 d时, 乙酸钠组和乙酸钠+桂皮提取液组样品的汁液流失率分别为13.71%和11.47%, 显著小于空白组($P<0.05$)。

2.7 保鲜剂对微冻贮藏猪肉色差值的影响

肉色是反映肉品质的一类重要指标,在贮藏过程中,脂肪氧化和色素蛋白氧化与降解等反应会导致肉的颜色发生变化^[22]。猪肉微冻贮藏过程中色差值 L^* 、 a^* 和 b^* 的变化如图7所示。

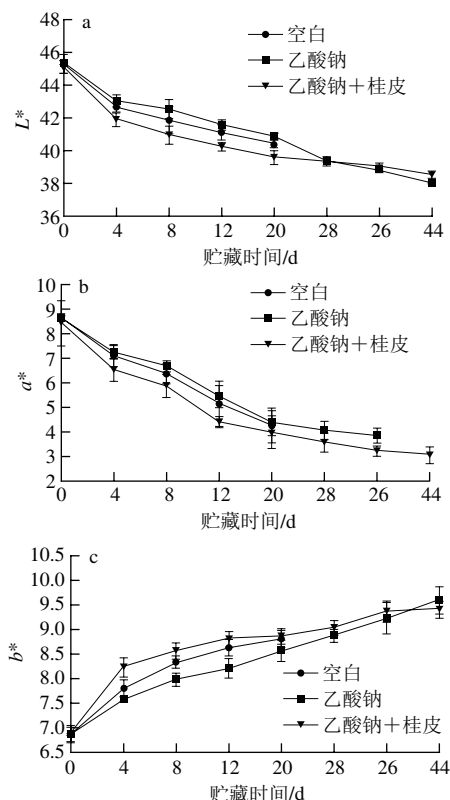


图7 不同保鲜剂处理微冻猪肉色泽的变化

Fig. 7 Changes in color parameters of partially frozen pork treated with different preservatives

由图7可知,猪肉样品的 L^* 随着贮藏时间的增加逐渐降低,这主要是由于猪肉在贮藏期间发生了褐变。而 a^* 随着贮藏时间的增加呈下降的趋势,这是因为猪肉中的氧合肌红蛋白与空气中的氧气发生反应而生成高铁肌红蛋白。 b^* 随着贮藏时间的增加呈增加的趋势,这主要是由于猪肉中的脂肪组织发生氧化而导致颜色变黄。乙酸钠组比空白组样品的 L^* 和 a^* 高而 b^* 低,说明乙酸钠可以在一定程度上抑制高铁肌红蛋白的形成和脂质氧化,具有保护猪肉色泽的效果。而乙酸钠+桂皮提取液组与空白组相比,贮藏前期 L^* 和 a^* 均较低,桂皮提取液本身为褐色,影响猪肉表面的颜色,但是桂皮中含有酮类、醇类、酚类及醛类等化合物,具有抗氧化功能,能较好地抑制蛋白及脂质氧化,故在后期该处理组样品的色泽参数与其他2组差异不显著($P>0.05$)。Valencia等^[23]的研究也表明,添加了从绿茶中提取的儿茶素和从绿咖啡中提取的抗氧化物的猪肉香肠的 L^* 显著高于对照组($P<0.05$)。

3 讨论

防腐剂能较好地抑制微生物的生长繁殖,而且显示出较强的抗氧化功能。乙酸钠是被美国食品药品监督管理局(U.S. Food and Drug Administration, USFDA)认可的食品添加剂,Zhuang Rongyu等^[24]通过实验证实2%乙酸钠可有效控制鲢鱼片微生物的生长,Manju等^[25]用2%乙酸钠作用于印度腹丽鱼体表后将其真空包装,于0~2℃低温贮藏,在贮藏过程中乙酸钠可以有效抑制微生物的生长、脂肪的氧化和质构劣变,并将印度腹丽鱼的货架期延长至15 d。

桂皮为一种常用香辛料,含有9,12-十八烷二烯酸甲酯、9-十八烯酸甲酯、十六酸甲酯和茴香丙酮等物质,对一些肉品中常见的致病菌和腐败菌(包括大肠杆菌、荧光假单胞菌、单增李斯特菌及清酒乳杆菌)具有显著的抑制和灭活作用^[26-28]。

根据栅栏技术原理^[29-31],将不同种类的抑菌剂联合作用,能够弥补各自的不足,发挥多种抑菌剂的互补作用,在增强抑菌效果的同时还能降低单一防腐剂的使用量。Kanatt等^[32]将壳聚糖-葡萄糖复合物(compound of glucose and chitosan, CGC)添加到羊肉中并进行低温贮藏,发现CGC可以有效清除羟自由基和超氧阴离子自由基,抑制大肠杆菌、假单胞菌、金黄色葡萄球菌及芽孢杆菌等腐败菌和病原菌的生长。李苗苗等^[33]将新鲜金枪鱼片分别进行托盘、真空、气调(100% CO₂)和壳聚糖涂膜包装,在-1℃微冻贮藏。研究结果表明,壳聚糖涂膜处理对金枪鱼片生物胺的抑制效果最佳,尸胺被完全抑制,组胺含量小于50 mg/kg。在抑制菌和三甲胺方面,壳聚糖涂膜包装处理也比其他处理组效果好。本研究所用的乙酸钠和桂皮提取液科学组合搭配,优势互补,在增强肉类抑菌保鲜效果的同时也提高了其食用安全性。

4 结论

通过本实验的研究,可以得出如下结论:猪肉浸渍于2%乙酸钠溶液后微冻贮藏,能较好地延缓其感官品质的变化,有效抑制微生物的生长繁殖、蛋白质的分解和脂肪的氧化,并减少汁液流失,具有较为明显的保鲜效果,而乙酸钠与桂皮提取液协同作用能进一步提高保鲜效果,延长猪肉的保质期。通过理化、微生物及感官等指标的综合评价,乙酸钠组和乙酸钠+桂皮提取液组猪肉样品的货架期分别为28 d和36 d(空白组<20 d)。

参考文献:

- [1] 蔡青文,谢晶.微冻保鲜技术研究进展[J].食品与机械,2013,29(6):248-252.

- [2] 马海霞, 李来好, 杨贤庆, 等. 水产品微冻保鲜技术的研究进展[J]. 食品工业科技, 2009, 30(4): 340-344.
- [3] 张强, 李媛媛, 林向东, 罗非鱼片真空微冻保鲜研究[J]. 食品科学, 2011, 32(4): 232-236.
- [4] 李卫东, 陶妍, 袁骥, 等. 南美白对虾在微冻保藏期间的鲜度变化[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(11): 48-52.
- [5] 彭涛, 邓洁红, 谭兴和, 等. 微冻贮藏对猪肉品质的影响研究[J]. 制冷学报, 2012, 33(3): 74-78. DOI:10.3969/j.issn.0253-4339.2012.03.074.
- [6] DUUN A S, HEMMINGSEN A K T, HAUGLAND A, et al. Quality changes during superchilled storage of pork roast[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 2008, 41(10): 2136-2143. DOI:10.3969/j.issn.0253-4339.2012.03.074.
- [7] LIU Qian, WANG Rui, KONG Baohua, et al. Effect of superchilling storage on quality characterizes of beef as compared with chilled and frozen preservation[J]. Advanced Materials Research, 2012, 554-556: 1195-1201. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.554-556.1195.
- [8] 彭涛. 猪肉微冻保鲜技术研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
- [9] MANSOUR E H, KHALIL A H. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties[J]. Food Chemistry, 2000, 69(2): 135-141. DOI:10.1016/S0308-8146(99)00234-4.
- [10] 夏秀芳, 孔保华. 香辛料保鲜液与壳聚糖淀粉复合膜在冷却肉保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 590-595. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2007.11.144.
- [11] 孙卫青, 马佃珍, 南庆贤. 天然保鲜液对冷却猪肉保鲜效果的研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(8): 1835-1842. DOI:10.3321/j.issn:0578-1752.2007.08.034.
- [12] 马丽珍, 南庆贤. 两种保鲜液处理冷却猪肉后的微生物、理化以及生物胺含量的变化[J]. 食品工业科技, 2003, 24(5): 31-33.
- [13] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. GB 4789.2—2010 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S]. 北京: 国家质检总局, 2010.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 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.
- [15] 上海市食品卫生监督检验所. 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.
- [16] LIZA J, DAREN C, CHARLES E, et al. Color and thiobarbituric acid values of cooked top sirloin steaks packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0.4% carbon monoxide, or vacuum[J]. Meat Science, 2005, 69(3): 441-449. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.08.013.
- [17] 迟雅宁, 戴瑞彤, 陈霞, 等. 不同包装冷却肉在贮藏过程中高铁肌红蛋白还原系统活性变化[J]. 食品科技, 2006, 31(11): 130-133.
- [18] 雷志方, 谢晶, 高磊, 等. 不同冷藏温度条件下金枪鱼保鲜效果的分析比较[J]. 食品工业科技, 2015, 36(19): 312-317. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.19.055.
- [19] 包建强, 路昊. 不同冻藏温度下黄鳍金枪鱼背部肌肉实用冷藏期的研究[C]//中国水产学会渔业制冷专业委员会2007年学术年会, 2007.
- [20] 刘娟. 肉品新鲜度检测方法研究进展[J]. 农家科技旬刊, 2012(5).
- [21] 高鹏, 王艳, 黄敏, 等. ^{60}Co - γ 射线辐照对凤爪软罐头的灭菌作用和品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 36-38.
- [22] SHI Ce, CUI Jianyun, YIN Xiaofei, et al. Grape seed and clove bud extracts as natural antioxidants in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during chilled storage: effect on lipid and protein oxidation[J]. Food Control, 2014, 40(1): 134-139. DOI:10.1016/j.foodcont.2013.12.001.
- [23] VALENCIA I, O'GRADY M N, ANSORENA D, et al. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants[J]. Meat Science, 2008, 80(4): 1046-1054. DOI:10.1016/j.meatsci.2008.04.024.
- [24] ZHUANG Rongyu, HUANG Yaowen, BEUCHAT L R. Quality changes during refrigerated storage of packaged shrimp and catfish fillets treated with sodium acetate, sodium lactate or propyl gallate[J]. Journal of Food Science, 1996, 61(1): 241-244.
- [25] MANJU S, JOSE L, GOPAL T K S, et al. Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of pearlspot (*Etroplus suratensis*) during chill storage[J]. Food Chemistry, 2007, 102(1): 27-35.
- [26] 张慧芸, 孔保华, 李鑫玲. 桂皮提取物成分分析及抗菌活性的研究[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(3): 147-150.
- [27] 陈俊, 韦立秀, 韦娜, 等. 肉桂、八角提取物抑菌活性研究[J]. 林业科技开发, 2008, 22(2): 38-39.
- [28] 南洋, 徐鹏, 高宁, 等. 肉桂的化学成分及抑菌作用探索[J]. 中国调味品, 2016, 41(3): 158-160. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2016.03.038.
- [29] 郭燕茹, 顾赛麒, 王帅, 等. 栅栏技术在水产品加工与贮藏中应用的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 339-342. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201411065.
- [30] 郭燕茹. 基于抗菌包装和冷杀菌工艺的栅栏技术在鱼糜制品品质控制中的应用研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
- [31] 雷珺, 谢超, 袁晓华, 等. 栅栏保鲜技术对脊腹褐虾虾仁制品品质变化的影响[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2015, 34(2): 158-161. DOI:10.3969/j.issn.1008-830X.2015.02.010.
- [32] KANATT S R, CHANDER R, SHARMA A. Chitosan glucose complex: a novel food preservative[J]. Food Chemistry, 2008, 106(2): 521-528. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.06.036.
- [33] 李苗苗, 王江峰, 徐大伦, 等. 四种保鲜处理对冰温贮藏金枪鱼片生物胺的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(2): 111-119. DOI:10.16429/j.1009-7848.2015.02.017.