

酸性电解水结合冰温对冷却肉保鲜的影响

李建雄, 谢 晶, 潘迎捷, 刘丽媛, 杨胜平

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要:在冰温保鲜基础上,比较不同电解时间的酸性电解水对冷却肉保鲜的影响。通过测定 pH 值、菌落总数、挥发性盐基氮、汁液流失率和色差 a^* 值,同时进行感官评定得出:电解水会影响冷却肉 pH 变化,电解时间为 5, 10, 15 min 的电解水均能有效杀灭微生物,且三者杀菌效果并无显著差异,能有效维持挥发性盐基氮含量在较低水平,电解 5, 10 min 的电解水处理样品在 15 d 后比用电解 15 min 的水处理样品有更大的汁液流失率,电解水对冷却肉的颜色不会产生不良影响,且不会影响整体感官品质。

关键词:酸性电解水; 电解时间; 冰温; 冷却肉; 保鲜

中图分类号: TS251.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-2481(2011)07-0715-05

Effect of Acid Electrolyzed Oxidizing Water Combined with Controlled Freezing-point Storage on Chilled Meat

LI Jian-xiong, XIE Jing, PAN Ying-jie, LIU Li-yuan, YANG Sheng-ping

(College of Food Science & Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The effect of acid electrolyzed oxidizing waters (EOA) under different electrolyzed time combined with controlled freezing-point storage on chilled meat was studied. By determining physicochemical parameters such as, pH, total plate count, total volatile base nitrogen (TVB-N), drip loss, a^* value and sensory evaluation, the qualities of chilled meat under different treatments were compared. The results showed that pH was influenced by EOA, EOA 5 min, EOA 10 min and EOA 15 min all sterilized effectively and there was no significant difference among them, EOA kept TVB-N values at low level, samples processed by EOA 5 min and EOA 10 min had more drip loss than those processed by EOA 15 min after 15 days, the color of samples treated with EOA was impervious, and no effect on sensory significantly.

Key words: acid electrolyzed oxidizing water; electrolyzed time; controlled freezing-point storage; chilled meat; preservation

冷却肉在冷藏条件下货架期短,冰温冷却肉虽然能显著延长货架期^[1-2],但嗜温菌会被抑制,且嗜冷菌也会随时间增殖,因此,需要在冰温保鲜的基础上使用新的杀菌技术来减少微生物对货架期的影响。酸性电解水是一种较有效的杀菌剂^[3-4],其抑菌作用主要依靠次氯酸浓度及氧化还原电位(ORP)^[5-9]。酸性电解水具有快速、广谱杀灭细菌的作用,且无毒、无害、无腐蚀性,对于猪肉表面的细菌(单增李斯特杆菌、沙门氏杆菌、结肠弯曲菌等)具有较强的杀灭作用^[5-7]。

目前,对于酸性电解水在猪肉中的研究主要集中在其对表面微生物的杀灭作用^[6-7],而不同电解时间的酸性电解水对冷却肉的理化及感官品质的影响还未见报道,本研究就是在冰温保鲜基

础上比较不同电解时间的酸性电解水对冷却肉保鲜的影响。

1 材料和方法

1.1 材料与设备

1.1.1 原料肉 其为宰后 12 h 内冷却至中心温度 1℃排酸后的猪后腿肉。

1.1.2 试剂 氯化钠,硼酸,轻质氧化镁,甲基红(均为分析纯),溴甲酚绿,茛三酮,指示剂,营养琼脂等,均购于国药集团化学试剂有限公司。

1.1.3 包装材料 其为聚偏氯乙烯真空包装袋(15 cm×25 cm,氧气渗透率 40~50 mL/m²,二氧化碳渗透率 23~25 mL/m²)。

1.1.4 仪器 MIR-253 低温恒温箱(日本);Cy-

收稿日期:2011-03-05

基金项目:2010年度上海市政府国际科技合作计划项目(10390710500);上海市教育委员会重点学科建设项目(J50704)

作者简介:李建雄(1985-),男,浙江建德人,在读硕士,研究方向:食品保鲜。谢晶为通讯作者。

berscan 500pH ORP 计 (新加坡); Super oxseed Labo 强电解水生成器 FW2000(日本); 高浓度有效氯测定计 BHX1-RC-2Z(北京); Minolta CR-200 色差仪 (日本); Hp Hewlett34970A 多点温度记录仪 (美国); FOSS Kjelttec 2300 自动凯氏定氮仪 (瑞士); Precisa AG8953 电子分析天平 (瑞士); DH5000A 电热恒温培养箱 (日本); DQB-360W 型气调包装机 (上海)。

1.2 试验方法

1.2.1 样品处理 将使用的刀具和案板经 75%

表 1 含 0.1% NaCl 去离子水溶液电解不同时间的 pH 值、氧化还原电位 (ORP) 和有效氯质量浓度

电解时间 /min	pH 值	氧化还原电位 (ORP)/mV	有效氯浓度 / (mg/L)
5	2.90	1 150	7.02
10	2.63	1 161	9.81
15	2.52	1 173	10.49

1.2.3 酸性电解水对冷却肉的杀菌处理 先将分割好的样品用自来水清洗, 分成 5 组进行处理 (表 2)。样品浸泡后在无菌环境下沥干, 真空包装。其中, 冰温温度设置为 -1°C , 并在试验过程中用多点温度测定仪监测温度变化, 在恒温箱内设置隔间及使用蓄冷剂维持温度波动在 $(-1 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 范围内。

表 2 试验样品处理

序号	处理	浸泡杀菌时间 /min
	冰温	5
	冷藏+EOA 15 min	5
1	冰温+EOA 15 min	5
2	冰温+EOA 10 min	5
3	冰温+EOA 5 min	5

注: EOA 5 min/10 min/15 min 分别表示电解 5 min/10 min/15 min 的酸性电解水。

1.2.4 检样 在第 0, 5, 10, 15 天, 1, 2 和 3 在第 0, 5, 10, 15, 20, 25 天测定 pH 值、菌落总数、挥发性盐基氮、汁液流失率和色差, 同时进行感官评定。和 10 d 的样品都是用 EOA 15 min 处理, 所以各指标数据相同。

1.2.5 pH 值 按文献[10]测定 pH 值, 即取肉样 10 g 切碎, 加入 90 mL 蒸馏水, 混匀振荡 30 min, 测其 pH 值。重复 3 次, 取平均值。

1.2.6 菌落总数 按文献[11]测定菌落总数, 计

的酒精擦拭消毒, 并在紫外灯下杀菌 20 min。在无菌操作条件下切除多余的脂肪, 沿最长肌纤维方向切成质量 $(100 \pm 15)\text{g}$ 、厚度 1 cm 左右的长条形样品。

1.2.2 酸性电解水的制备 将配制好的 3 份 4 000 mL 0.1% NaCl 去离子水溶液装入电解装置的电解槽中, 分别电解 15, 10, 5 min, 测定 pH 值、氧化还原电位 (ORP) 和有效氯 (HClO) 浓度 (表 1), 装入具塞试剂瓶中备用。

数 3 个平板, 取平均值。

1.2.7 挥发性盐基氮 (TVB-N) 结合 Aubourg 等^[12]的方法, 使用自动凯氏定氮仪, 应用半微量凯氏定氮原理测定挥发性盐基氮含量。准确称取 5 g 的捣碎样品至 FOSS 消化管中, 加入 0.5 g 的轻质氧化镁, 上机测定。重复 3 次, 取平均值。

1.2.8 汁液流失率 根据 Matthew 等^[13]的方法, 取出带包装的样品称量 (w'_1), 打开包装, 立即将包装内和样品表面的汁液用滤纸吸干, 包装和样品一起称量 (w'_2), 包装单独称量 (w'_3)。重复 3 次, 取平均值。

$$\text{汁液流失率} = \frac{w'_1 - w'_2}{w'_1 - w'_3} \times 100\%$$

1.2.9 色差值 在打开包装后, 立即从样品中切割下规格为 10 mm × 10 mm × 10 mm 的 3 块肉, 在 8 mm 光圈下直接读取色差值 (a^*)。 a^* 值的变化能较好地反映猪肉的红色变化^[14], $+a^*$ 表示红色增加, $-a^*$ 表示绿色增加。重复 3 次, 取平均值。

1.2.10 感官评定 根据文献[15]的感官指标, 由 3 位感官评定员组成评定小组, 分别对肉色、气味和组织状态情况进行评分, 按 10 分制评分, 取平均值, 每 2 分为 1 个档次。具体评分标准如表 3 所示。

表 3 感官评分标准

评分	感官指标		
	色泽	气味	组织状态
10	肌肉色泽鲜红, 有光泽	具有鲜猪肉特有的气味, 无任何异味	弹性好, 指压后凹陷立即恢复
8	色泽较鲜红, 有光泽	具有猪肉气味, 无异味	弹性较好, 指压后凹陷可恢复
6	色泽暗红, 无光泽	猪肉气味较淡或无味	弹性一般, 指压后凹陷缓慢恢复
4	色泽灰暗或苍白, 无光泽	稍有异味	无弹性, 指压后凹陷不能恢复
2	色泽暗褐色, 不能接受	有异味, 不可接受	弹性完全丧失, 指压后凹陷明显存在

1.2.11 数据处理及分析 数据用 Excel 处理, 数据间差异比较通过统计软件 SAS 8.2 进行分析, 试验因素采用单向变异分析, 均值采用 LSD0.05 检验比较。

2 结果与分析

2.1 酸性电解水处理后的 pH 值变化

从图 1 可以看出, I, II, 2 和 3 的 pH 值从 0 d 开始升高, 并在 15 d 达到最高值, 之后 I, II, 2 和 3 开始下降, 从 0 d 开始升高, 10 d 达到一最高值后下降, 并从 20 d 后又开始升高, 表明电解水处理对样品的 pH 值具有明显的影响。有研究发现, 低温条件下真空包装肌肉在尸僵后的一段时间内, pH 值将会上升, 随后又会下降^[16]; 并有分析认为, 这很可能是由于假单胞菌和乳酸菌先后成为优势菌所至^[17]。宰后肌肉 pH 值的变化是复杂的生理生化过程, 要弄清其变化规律应同步测定肌肉乳酸和糖原含量等生化指标, 从多个方面进行研究加以说明^[18]。

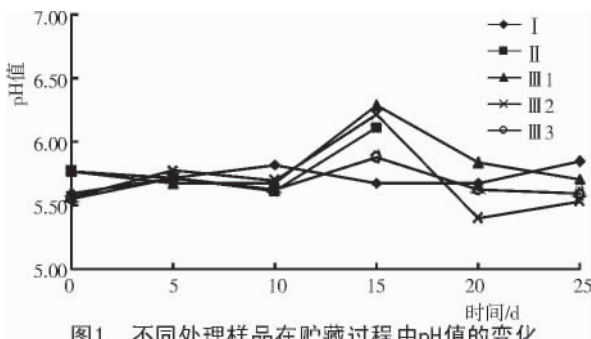


图1 不同处理样品在贮藏过程中pH值的变化

2.2 酸性电解水处理后的菌落总数变化

不同处理在整个贮藏过程中的菌落总数变化如图 2 所示。

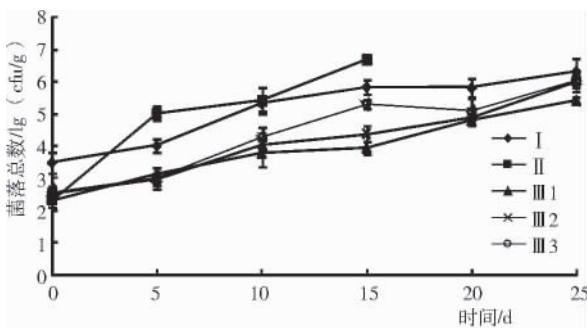


图2 不同处理样品在贮藏过程中的菌落总数变化

经酸性电解水处理后的样品菌落总数显著小于未处理的样品 ($P < 0.05$), 相互间差值为 $1.0 \lg(\text{cfu/g})$, 而 3 种电解水(电解时间分别为 5, 10, 15 min) 在整个贮藏过程中菌落总数的变化没有显著性差异 ($P > 0.05$), 均到 25 d 才超过

$6.0 \lg(\text{cfu/g})$ 的冷却肉可食用微生物界限^[19], 这表明酸性电解水的抑菌效果较明显, 同时 0.1% NaCl 经 5, 10, 15 min 电解产生的酸性电解水的抑菌效果没有明显区别, 即经 pH 值 2.90, 氧化还原电位 (ORP) 150 mV, 有效氯质量浓度 7.02 mg/L 的电解水浸泡 5 min 已能达到较好的杀菌效果。

2.3 酸性电解水处理后的挥发性盐基氮变化

从图 3 和图 2 可以发现, 挥发性盐基氮的处理间高低比较和各处理的菌落总数多少比较相似, 说明挥发性盐基氮和菌落总数存在相关性, 与马美湖等^[20]报道相似。在 10 d 后挥发性盐基氮显著高于其他各组 ($P < 0.05$), 这说明温度是影响挥发性盐基氮含量的最重要因素, 而样品 TVB-N 含量的高低不仅与微生物污染和生长繁殖的程度有关, 而且主要取决于微生物种类^[21]。当各组的菌落总数超过 2 级鲜度时 ($\geq 5.0 \lg(\text{cfu/g})$), 各组的 TVB-N 值还未超过 1 级鲜度 ($\leq 15 \text{ mg}/100 \text{ g}$) 这与张嫚等^[22]报道相似。因此, 以挥发性盐基氮作为真空包装冷却肉重要的新鲜度判断指标值得进一步探究。

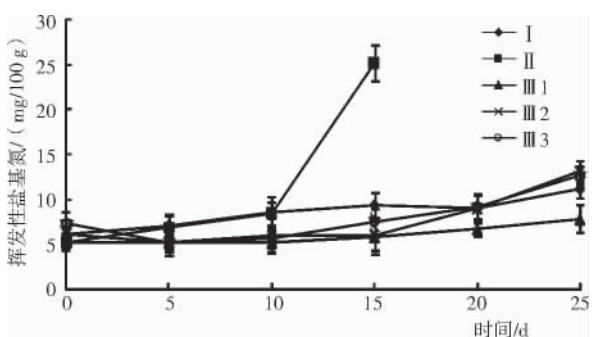


图3 不同处理样品在贮藏过程中挥发性盐基氮的变化

2.4 酸性电解水处理后样品的汁液流失率变化

从图 4 可以看出, 在整个贮藏过程中, 各处理样品的汁液流失率都呈上升趋势, 这说明汁液流失率和贮藏时间有极大的相关性。各处理间差异不明显, 表明 3 种电解水对样品汁液流失率的影响没有显著性差异。结合图 2 可以发现, 汁液流失率的增加趋势和微生物的生长趋势相似。Olsson 等^[23]也解释了高汁液流失率是因为蛋白质水解造成细胞结构松散, 使细胞内水分向细胞外扩散, 同时细菌产生的酶能加大蛋白质水解的程度, 这说明汁液流失和微生物有关。从 15 d 开始, 2 和 3 的增加速率明显比 1 快, 并在 20, 25 d 显著高于 1 ($P < 0.05$)。分析原因, 可能是贮藏后期 2 和 3 的微生物总数比 1 多,

从而产生更多的酶,加深了蛋白质水解程度。结合图 1 可以发现,20、25 d pH 值较低的 2 和 3 处理样液流失率也较高。这与 Knox 等^[24]报道的 pH<5.70 真空包装猪肉比 pH>5.70 样品在 20 d 后的汁液流失率要高的结果相符。表明贮藏后期的汁液流失也受 pH 值的影响。

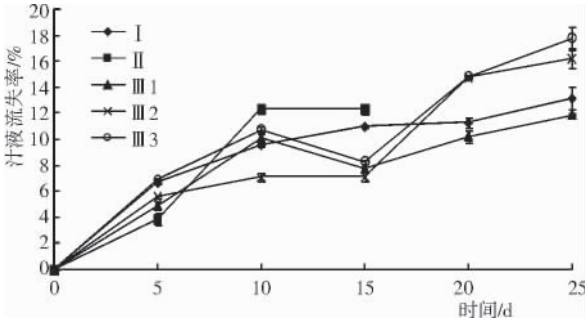


图 4 不同处理样品在贮藏过程中汁液流失率的变化

2.5 酸性电解水处理后样品的红度值 a* 的变化

从图 5 可以发现,各组的 a* 值都有先下降后升高再下降的趋势,这是因为在肉色泽变化过程中脱氧肌红蛋白(Fe²⁺)、氧合肌红蛋白(Fe²⁺)、氧化肌红蛋白(Fe³⁺)会相互转化^[25]。对于 1, 2 在 15 d 出现 a* 最高值这种现象, Martinez 等^[26]也曾发现 a* 最高值就出现在 3 种肌红蛋白的转化过程中。电解水处理组 1, 2 和 3 的 a* 值从 10 d 开始显著高于电解水未处理组 (P<0.05), 说明经电解水浸泡 5 min 的样品的色泽更红了,可能是受真空包装的影响。Holmer 等^[27]也发现,真空包装猪肉的颜色会随时间延长而变红。结合图 1 发现 pH 值的变化趋势与 a* 值变化趋势相似。Mancini 等^[28]对于猪肉颜色变化内部动力学的解释是氧合肌红蛋白的生成量受氧

分压、温度和 pH 值等的影响,本研究中电解水处理后肉表面 pH 值的变化影响了色泽的变化。虽然有学者得出 a* 值的变化趋势和 pH 值变化趋势相反的结论^[27],但 pH 值对猪肉颜色有影响是可以肯定的。

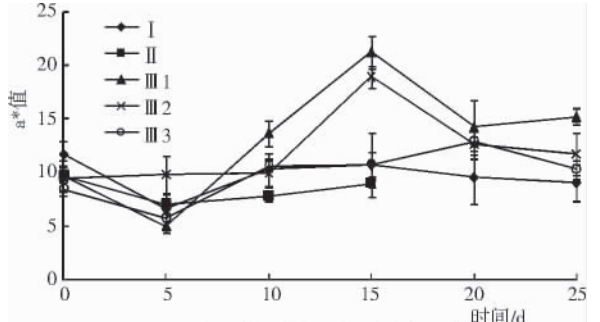


图 5 不同处理样品在贮藏过程中 a* 值的变化

2.6 感官评价

由表 4 可知,不同处理感官品质随时间的变化,各组的色泽并无明显差异,这与仪器测定结果之间可能存在一定误差。气味主要考察酸性电解水处理后会不会产生异味及整个过程中气味变化,本研究发现,电解水处理后 0 d 各组气味均无显著性差异(P>0.05),且整个贮藏过程中也未出现明显差异,这说明电解水对样品的气味不会产生不良影响。组织状态主要考察样品的弹性,发现在 0 d,电解水处理组的弹性显著差于对照组(P<0.05),5~20 d 各组的组织状态并无明显差异,25 d 时, 和 1 组织状态显著好于 2 和 3,可能是由于较严重的微生物增殖和较高的汁液流失率导致 2 和 3 组织状态较差。由此可得出,电解水对冷却肉的感官不会产生不良影响。

表 4 不同处理样品在贮藏过程中感官品质的变化

感官指标	处理	贮藏时间 /d					
		0	5	10	15	10	25
色泽		10.00± 0.00	9.33± 0.44	7.67± 0.67	7.67± 0.00	6.67± 0.89	4.00± 0.67
		7.33± 0.44	7.67± 0.44	6.00± 0.44	6.67± 0.67	—	—
	1	7.33± 0.44	8.33± 0.67	8.33± 0.67	7.00± 0.44	6.00± 0.89	5.33± 0.67
	2	7.00± 0.67	8.33± 0.67	8.00± 0.89	7.67± 0.44	5.33± 0.44	4.00± 0.00
	3	7.33± 0.89	8.33± 0.44	8.33± 0.44	7.33± 0.67	5.00± 0.44	3.33± 0.44
气味		10.00± 0.00	8.33± 0.44	7.00± 0.00	7.00± 0.44	5.33± 0.67	3.33± 0.67
		9.00± 0.44	7.67± 0.67	5.00± 0.67	2.67± 0.44	—	—
	1	9.00± 0.44	7.67± 0.89	8.00± 0.44	6.67± 0.67	5.33± 0.67	4.67± 0.67
	2	9.67± 0.67	7.67± 0.89	7.67± 0.44	5.67± 0.67	4.33± 0.89	2.67± 0.44
	3	9.67± 0.67	7.67± 0.44	7.33± 0.44	5.00± 0.00	5.00± 0.00	3.00± 0.44
组织状态		10.00± 0.00	9.00± 0.00	6.67± 0.44	5.67± 0.44	5.67± 0.67	4.67± 0.44
		8.33± 0.44	7.33± 0.89	5.67± 0.44	3.67± 0.44	—	—
	1	8.33± 0.44	7.67± 0.44	7.00± 0.00	5.67± 0.67	5.33± 0.44	5.00± 0.67
	2	7.67± 0.44	7.67± 0.67	6.67± 0.89	5.00± 0.44	5.00± 0.67	2.67± 0.89
	3	8.00± 0.00	7.67± 0.67	7.67± 0.44	5.33± 0.44	4.33± 0.67	2.33± 0.89

3 结论

电解水会影响冷却肉的 pH 值,经电解水处理的冷却肉菌落总数明显降低,3 种电解水的抑菌效果没有显著差异,经 pH 值 2.90、氧化还原电位(ORP)1 150 mV、有效氯质量浓度为 7.02 mg/L 的电解水浸泡 5 min 已经有较好的抑菌效果,EOA 5 min 和 EOA 10 min 在 15 d 后比 EOA 15 min 有更大的汁液流失率,电解水对冷却肉的颜色并未产生不良影响,且基本不会影响整体感官品质。

参考文献:

- [1] Anders H, Vidar H, Anne K. Advances in Superchilling- process characteristics and product quality[J]. Trends in Food Science & Technology, 2008, 19 :418- 424.
- [2] Duun A S, Rustad T. Quality changes during superchilled storage of cod (Gadus morhua) fillets [J]. Food Chemistry, 2007, 105 : 1067- 1075.
- [3] Shimizu Y, Hirusawa T. Antiviral, antibacterial and antifungal actions of electrolyzed oxidizing water through electrolysis [J]. Dental Journal, 1992, 37 :1055- 1062.
- [4] Hsu S Y. Effects of flow rate, temperature and salt concentration on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 66 :171- 176.
- [5] Huang Y R, Hsieh H S, Lin S Y, et al. Application of electrolyzed oxidizing water on the reduction of bacterial contamination for seafood[J]. Food Control, 2006, 17 :987- 993.
- [6] Fabrizio K A, Cutter C N. Application of electrolyzed oxidizing water to reduce Listeria monocytogenes on ready- to- eat meats[J]. Meat Science, 2005, 71 :327- 333.
- [7] Fabrizio K A, Cutter C N. Comparison of electrolyzed oxidizing water with other antimicrobial interventions to reduce pathogens on fresh pork[J]. Meat Science, 2004, 68 :463- 468.
- [8] 堀田国元. 酸性电解水的基础、应用及发展动向[J]. 郭永明, 译. 中国护理管理, 2008, 8(4) :7- 10.
- [9] 章恩明, 杜林, 黄鸿志. 电解水杀菌技术及其应用[J]. 水处理技术, 1999(3) :30- 31.
- [10] 中华人民共和国商业部食品局, 中国国家标准管理委员会. GB/T 9695.5—1988 中华人民共和国国家标准: 肉与肉制品 pH 测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
- [11] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准管理委员会. GB 4789.2—2003 中华人民共和国国家标准: 食品卫生微生物学检验——菌落总数测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [12] Aubourg S, Sotelo C, Gallardo J. Quality assessment of sardines during storage by measurement of fluorescent compounds [J]. Journal of Food Science, 1997, 62 :295- 299.
- [13] Matthew L, Brewer M S, John K, et al. Shelf life characteristics of enhanced modified atmosphere packaged pork [J]. Meat Science, 2004, 68 :115- 122.
- [14] Martinez L, Djenane D, et al. Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf- life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere[J]. Meat Science, 2005, 71 :563- 570.
- [15] 中华人民共和国商务部. GB 9959.1—2001 中华人民共和国国家标准: 鲜、冻片猪肉[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [16] 马佃珍. 冷却猪肉生物和物理综合保鲜技术及保鲜效果的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [17] 王永辉, 马佃珍, 张建荣, 等. 特种野猪和普通家猪屠宰后的 pH 值变化分析[J]. 肉类研究, 2006(4) :40- 43.
- [18] 郭建凤, 武英, 呼红梅, 等. 不同储存温度、时间对长白猪肌肉 pH 及失水率的影响 [J]. 西北农业学报, 2009, 18(1) : 33- 36.
- [19] 中华人民共和国农业部. NY/T 632—2002 中华人民共和国农业行业标准: 冷却猪肉 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [20] 马美湖, 葛长荣, 王进, 等. 冷却肉生产中保鲜技术的研究——溶菌酶, Nisin, GNa 液复合性保鲜试验 [J]. 食品科学, 2003, 24(4) :72- 80.
- [21] 海铮. 基于电子鼻的牛肉新鲜度检测[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [22] 张嫫, 周光宏, 徐幸莲. 冷却牛肉的气调保鲜研究[J]. 食品科学, 2004, 25(4) :179- 183.
- [23] Olsson G B, Ofstad R, Lodemel J B, et al. Changes in water- holding capacity of halibut muscle during cold storage[J]. LWT- Food Science and Technology, 2003, 36 :771- 778.
- [24] Knox B L, Van Laack R L J M, Davidson P M. Relationships between ultimate pH and microbial, chemical and physical characteristics of vacuum- packaged pork loins [J]. Journal of Food Science, 2008, 73(3) :104- 110.
- [25] Mancini R A, Hunt M C. Current research in meat color [J]. Meat Science, 2005, 71 :100- 121.
- [26] Martinez L, Djenane D, Cilla I, et al. Effect of varying oxygen concentrations on the shelf- life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere [J]. Food Chemistry, 2006, 94 : 219- 225.
- [27] Holmer S F, McKeith R O, Boler D D, et al. The effect of pH on shelf- life of pork during aging and simulated retail display[J]. Meat Science, 2009, 82 :86- 93.
- [28] Mancini R A, Kropf D H, Hunt M C, et al. Effects of endpoint temperature, pH, and storage time on cooked internal color reversion of pork longissimus chops[J]. Journal of Muscle Foods, 2005, 16(1) :16- 26.