



臭氧水喷淋对贮藏过程中冷鲜牛肉品质的影响

周玉春^{1,2}, 李海鹏¹, 孙宝忠^{1,*}, 张丽^{1,2}, 谢鹏¹, 刘菲¹, 张扬³, 张金山³

(1. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100193; 2. 甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃兰州 730070; 3. 新疆维吾尔自治区畜牧科学院畜牧研究所, 新疆乌鲁木齐 830000)

摘要: 为研究臭氧水喷淋对冷鲜牛肉品质的影响, 对臭氧水喷淋冷鲜牛肉贮藏过程中pH值、挥发性盐基氮、色度 (L^* 、 a^* 和 b^* 值)、感官品质变化规律进行研究。结果表明: 臭氧喷淋对冷鲜牛肉pH值影响不显著; 挥发性盐基氮显著降低 ($P < 0.05$); L^* 值在臭氧喷淋后4 d降低, 其余时间无显著差异 ($P > 0.05$); a^* 值从第8天开始高于对照组; b^* 值无明显影响; 延缓了不良感官品质出现时间。可见, 臭氧喷淋可延长冷鲜牛肉货架期。

关键词: 臭氧水; 冷鲜牛肉; 品质

Influence of Ozone Water Treatment on Beef Quality during Chilled Storage

ZHOU Yuchun^{1,2}, LI Haipeng¹, SUN Baozhong^{1,*}, ZHANG Li^{1,2}, XIE Peng¹, LIU Fei¹, ZHANG Yang³, ZHANG Jinshan³

(1. Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;
2. College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;
3. Institute of Animal Sciences, Animal Science Academy of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Ürümqi 830000, China)

Abstract: The objective of this study was to evaluate the influence of ozone water treatment on beef quality during chilled storage. The pH value, TVB-N, color (L^* , a^* and b^* values), sensory quality and spoilage bacterial population were investigated during a 28-day storage period after spraying using ozone water. Results showed that ozone water treatment had no significant effect on the pH value, but significantly influenced TVB-N ($P < 0.05$). L^* was reduced during the first 4 days after spraying using ozone water and then did not change significantly ($P > 0.05$). The a^* value was higher than that in the control group from the eighth day onwards, while b^* was not influenced significantly. In addition, the deterioration of beef sensory quality was delayed. These findings led us to conclude that the shelf life of chilled beef can be extended by spraying using ozone water, but the antiseptic mechanism remains to be researched deeply.

Key words: ozone water; chilled beef; quality

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2015) 03-0001-04

doi: 10.7506/rlyj1001-8123-201503001

臭氧 (O_3) 是氧气的同素异形体, 具有强氧化性, 大量研究证明臭氧对食品具有防腐保鲜作用, 其机理在于臭氧会产生单线态的氧, 它会作用于细胞中存在的双键, 对细胞结构的破坏也有一定影响等^[1]; 臭氧破坏了细胞壁和细胞膜的结构, 细胞膜的通透性增加, 细胞内物质外流, 使其失去活性^[2]; 臭氧进入细胞后, 作用于遗传物质DNA或RNA, 影响了蛋白质的转录和翻译, 合成新的物质被阻断^[3]。在欧盟、美国、意大利等国家, 臭氧已经大量用于水果和蔬菜等行业^[4-5], 但是并没有广泛拓展到肉类保鲜, 尤其是针对冷鲜肉。

冷鲜肉是指对严格执行检疫制度屠宰后的畜禽胴体迅速进行冷却处理, 使胴体温度 (以后腿为测量点) 在

24 h内降为0~4 °C, 并在后续的加工、流通和零售过程中始终保持在0~4 °C范围内的鲜肉^[6]。冷鲜肉具有安全性高、营养价值高、包装形式多样等特点, 广受消费者青睐^[7]。而如何延长冷鲜肉的货架期成为企业与研究者关注的问题。针对冷鲜肉防腐, 采用了多种方法, 如有机酸喷淋、热水喷淋、热蒸汽喷淋等, 但是防腐保鲜作用不明显。此时, 臭氧成为选择之一。臭氧已经被证明对微生物具有杀灭作用, 但是臭氧对于肌肉组织的影响也应该考虑。Kaess等^[8]发现臭氧对肌肉组织有一定的氧化作用, 并对肉色有影响; 臭氧还可能使肉冷收缩时间延长^[9], 肖岚等^[10]还发现气体臭氧对冷鲜猪肉具有防腐保鲜作用, 硫代巴比妥酸值却远远高于对照组, 原因可能是

收稿日期: 2014-12-23

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2011BAD47B00); 国家现代农业 (肉牛牦牛) 产业技术体系建设专项 (nycytx-38)

作者简介: 周玉春 (1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品工程。E-mail: 15002556420@163.com

*通信作者: 孙宝忠 (1964—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为畜产品加工与安全控制理论及技术。E-mail: baozhongsun@163.com

臭氧具有氧化性，氧化了肉中的脂肪。臭氧具有防腐保鲜作用，但是针对臭氧水喷淋对冷鲜牛肉品质的影响尚未有报道。

本研究使用臭氧水喷淋冷鲜牛肉，通过测定pH值、挥发性盐基氮（total volatile basic nitrogen, TVB-N）、色度（ L^* 、 a^* 和 b^* 值）和感官品质，分析臭氧喷淋对冷鲜牛肉贮藏过程中品质的影响，为臭氧进行针对性防腐提供支持，同时对提高冷鲜肉冷链管理，减少企业经济损失具有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

背最长肌来自北京某公司，按照冷鲜肉操作规程处理后，保温箱运回实验室。

氧化镁、硼酸、95%乙醇、氢氧化钠、盐酸等均为分析纯 天津市光复科技发展有限公司。

1.2 仪器与设备

SSGM-SH-025型臭氧水消毒机 北京商盛工贸有限公司；小型医用分子筛制氧机 杭州创威空分科技有限公司；HR1613飞利浦手持式搅拌机 飞利浦电子香港有限公司；TU-1901双光束紫外可见分光光度 北京普析通用有限责任公司；Kjeltec 8400型全自动定氮仪北京福斯华科贸有限公司；DZ-500/2S型真空包装机诸城市正泰机械有限责任公司；CR-400/410色彩色差计（D65光源）北京科美瑞达仪器设备有限公司；PHS-3C型数显酸度计 上海宇隆仪器有限公司；SHZ-82A气浴恒温振荡器 上海启前电子有限公司；BS200S-WEI分析天平 北京赛多利斯天平有限公司；DDL-4×1kW电子电炉 上海树立仪器仪表有限公司；TD2102B电子天平 天津天马衡基仪器有限公司；HYC-940海尔药品保存箱 青岛海尔特种电器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品制备

剔去背最长肌表面脂肪和筋膜，切为约200 g肉块，用9 mg/L、18 ℃的臭氧水喷淋35 s^[11]，真空包装，置于4 ℃待测。分别于0、2、4、8、12、16、20、24、28 d，测定肉样pH值、TVB-N和色度，并对感官指标进行评分。采用相同条件的自来水作对照组。

1.3.2 pH值测定

按照GB 9695.5—2008《肉与肉制品pH测定》中方法测定^[12]。

1.3.3 TVB-N测定

参考GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》中半微量滴定法测定^[13]。

1.3.4 色度

将样品肉横着肌纤维的方向切开，置于4 ℃环境使切面在空气中氧合30 min，用色差仪测定亮度（ L^* ）值、红度（ a^* ）值和黄度（ b^* ）值，色差仪使用前经校正板标准化，预热30 min，之后将镜头垂直置于肉面上，镜口紧扣肉样切面按下摄像按钮，色度参数即自动存入微机。由于肉面颜色随位置而异，故在肉面改变位置重复3次测量，取平均值。

1.3.5 感官指标

参考GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》^[13]和GB/T 16290—1996《感官分析方法学 使用标度评价食品》^[14]评价牛肉的色泽、气味、弹性、黏度和煮沸后肉汤状态，并打分。感官小组由6名经过专业训练的人员组成，采用5分制原则，评分标准见表1。

表1 感官评分标准
Table 1 Criteria for sensory evaluation of chilled beef

评分	感官指标				
	色泽	气味	弹性	黏度	煮沸后肉汤状态
5分	血红色，脂肪雪白色	鲜牛肉特有气味，无异味	弹性好，指压后凹陷自动恢复	外表微湿，不黏手	肉汤澄清透明，无絮状沉淀
4分	红褐色，脂肪呈白色	牛肉气味，无异味	弹性较好，指压后凹陷可恢复	外表发干，不黏手	肉汤透明，无絮状沉淀
3分	浅红褐色，脂肪黄白色	牛肉气味较淡或无味	弹性一般，指压后凹陷缓慢恢复	微黏手	肉汤不透明，少许絮状沉淀
2分	绿褐色	稍有异味	无弹性，指压后凹陷不能恢复	黏手	肉汤不透明，有絮状沉淀
1分	灰褐色	有异味，不可接受	弹性完全丧失，指压后凹陷明显存在	黏手，不能接受	肉汤浑浊不透明

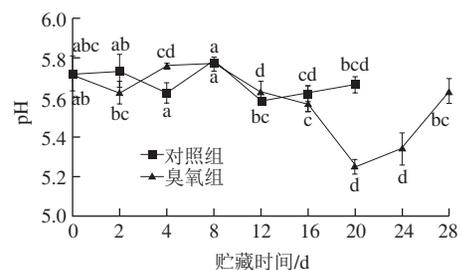
1.4 数据分析

采用Excel及SPSS 17.0数据统计分析软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 臭氧喷淋对贮藏过程中冷鲜牛肉pH值的影响

pH值是判断肉制品品质的主要指标，pH值反映了肉制品内部环境的酸碱度，通过pH值变化可以反映肉的新鲜度变化。在冷鲜牛肉贮藏过程中，臭氧喷淋对pH值影响如图1所示。



实验只研究臭氧组和对照组腐败前的品质变化，对照组肉样在第20天已经腐败变质，所以第24、28天品质变化不作研究。下同。

图1 臭氧喷淋和对照组腐败过程中pH值的变化
Fig.1 Changes in pH during chilled storage of beef

由图1可知，对照组pH值大致趋势是先上升后下降，从第12天开始显著低于第8天（ $P < 0.05$ ）；而臭氧组的

大致趋势也是先上升后下降,在第24天又略有上升,但显著低于0~16 d ($P < 0.05$)。臭氧组在4~12 d pH值高于对照组,可能是因为臭氧使微生物的停滞期延长,使得乳酸菌产酸较少^[15]。对照组和臭氧组初期pH值下降的主要原因在于动物被屠宰以后,由于氧气供应被中断,肌糖原开始酵解产生大量乳酸,同时,二磷酸腺苷也会发生分解产生磷酸,乳酸和磷酸的共同作用导致了肉初期pH值的下降^[16]。但是随着贮藏时间的延长,糖原含量减少,酶作用钝化,肉中蛋白质开始分解产生多肽和氨基酸,乳酸菌代谢产酸等,pH值又开始回升。

2.2 臭氧喷淋对贮藏过程中冷鲜牛肉TVB-N的影响

TVB-N指动物性食品由于酶和细菌的作用,在腐败过程中,使蛋白质分解而产生氨以及胺类等碱性含氮物质^[17]。它是评价肉制品鲜度的主要指标,国家标准规定一级鲜度TVB-N ≤ 15.0 mg/100 g; 15.0 mg/100 g \leq 二级鲜度 ≤ 25.0 mg/100 g; 变质肉 > 25.0 mg/100 g。在冷鲜牛肉贮藏过程中,臭氧喷淋对TVB-N影响如图2所示。

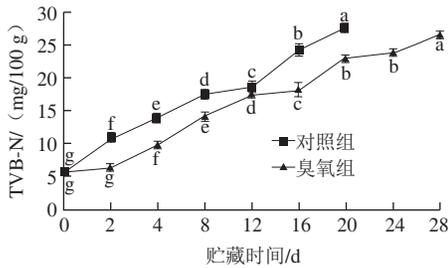


图2 臭氧喷淋和对照组腐败过程中TVB-N的变化

Fig.2 Changes in TVB-N value during chilled storage of beef

由图2可知,随着贮藏时间的延长,臭氧组和对照组的TVB-N均呈现逐渐上升的趋势。对照组在第8天TVB-N达到17.58 mg/100 g,第16天达到24.24 mg/100 g,第20天为27.53 mg/100 g,超过了25 mg/100 g,说明肉已经变质。而臭氧组第12天为17.50 mg/100 g,变成2级鲜肉,第28天为26.50 mg/100 g,可见肉已腐败变质。对照组的TVB-N在每一个测量点变化均显著 ($P < 0.05$); 臭氧组除了第0和2天、第20和24天无显著差异外 ($P > 0.05$),其余时间点变化均显著 ($P < 0.05$)。与对照组相比,臭氧喷淋有效地延缓了冷鲜牛肉的腐败。本研究中,臭氧组的TVB-N在每个测量点均低于对照组,且增长速率低于对照组。说明臭氧喷淋延缓了冷鲜牛肉的腐败,原因可能是因为臭氧喷淋破坏了微生物的细胞结构^[18],使微生物正常生长繁殖受到影响,数量增长缓慢,分解物质速率降低,产生的胺类物质较少,使得TVB-N较低^[19]。

2.3 臭氧喷淋对贮藏过程中冷鲜牛肉色度的影响

肉色是影响消费者购买欲的重要指标,是评价肉

品质量好坏的一个很重要的指标。在冷鲜牛肉贮藏过程中,臭氧喷淋对 L^* 、 a^* 和 b^* 值影响分别如图3~5所示。

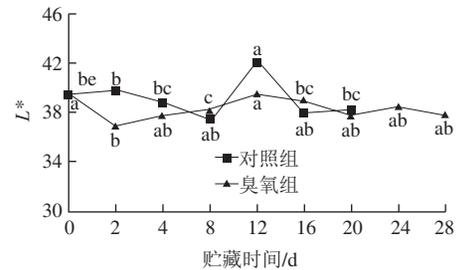


图3 臭氧喷淋和对照组腐败过程中L*值的变化

Fig.3 Changes in L^* value during chilled storage of beef

L^* 值表示亮度, L^* 值越大,肉的光泽越亮。由图3可知,臭氧组在第2天 L^* 值下降,可能是因为臭氧影响了脂肪的氧化,进而影响了 L^* 值^[9]。但是臭氧组在贮藏4~28 d时 L^* 值变化不显著 ($P > 0.05$),并且除第12天对照组 L^* 值高于臭氧组外,其他测定点均无明显差异。此结果与Kim等^[20]研究结果一致。

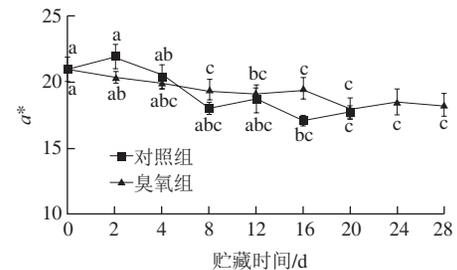


图4 臭氧喷淋和对照组腐败过程中a*值的变化

Fig.4 Changes in a^* value during chilled storage of beef

a^* 值表示肉红色程度, a^* 值越高,肉色越红。由图4可知,臭氧组和对照组 a^* 值变化规律基本一致,整体均呈现逐渐下降的趋势。对照组第0、2、4天的 a^* 值显著高于第8、16、20天 ($P < 0.05$); 臭氧组第20、24、28天 a^* 值显著低于第0、2天 ($P < 0.05$),并且4~28 d时,各值差异均不显著 ($P > 0.05$)。肉色泽变化主要与肌红蛋白有关,鲜肉初期肌红蛋白以氧合肌红蛋白的形式存在,肉色鲜红,此时 a^* 值较高^[21],随着贮藏时间延长,逐渐氧化成高铁肌红蛋白,肉色变暗,接近棕褐色,此时, a^* 值逐渐下降^[22]。但是在贮藏第2天和4天,臭氧组 a^* 值低于对照组,原因可能是臭氧喷淋短时间内加快了肌红蛋白的氧化。Stivarius等^[23]研究也发现,1%臭氧喷淋冷冻碎牛肉后, a^* 值有所降低。从第8天开始,臭氧组 a^* 值一直高于对照组,说明之前的臭氧水处理在贮藏后期延缓了 a^* 值的降低。

b^* 值为黄色值, $b^* > 0$ 表示黄色程度, $b^* < 0$ 表示蓝色程度。由图5可知,臭氧组和对照组的 b^* 值没有明显变化规律。关于臭氧对 b^* 值影响,不少学者做过研究,

Benli等^[24]认为臭氧不会影响产品的 b^* 值, 与本研究结果相似。但也有研究发现, 臭氧喷淋可使生鱼片的 b^* 值降低^[20], 原因可能与样品自身特性有关。Stivarius等^[23]研究发现, 1%臭氧喷淋冷冻碎牛肉后, b^* 值却有所降低, 可能是因为样品形态、臭氧浓度、处理时间等原因造成的。

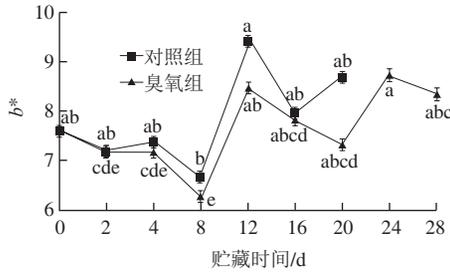


图5 臭氧喷淋和对照组贮藏过程中 b^* 值的变化
Fig.5 Changes in b^* value during chilled storage of beef

2.4 臭氧喷淋对冷鲜牛肉贮藏过程中感官指标的影响

表2 臭氧喷淋和对照组感官评分结果 ($\bar{x} \pm s, n=6$)

指标	组别	贮藏时间/d								
		0	2	4	8	12	16	20	24	28
色泽	对照组	4.67±0.52	4.33±0.52	3.50±0.55	3.83±0.75	4.00±0.89	4.00±0.63	3.67±0.52	3.50±0.55	3.00±0.89
	臭氧组	4.67±0.52	3.83±0.41	4.67±0.52	3.67±0.82	4.00±0.63	3.67±0.82	3.67±0.52	3.50±0.55	3.00±0.89
气味	对照组	4.50±0.55	4.00±0.63	3.33±0.52	4.00±0.89	3.33±0.82	3.33±0.82	2.50±0.84		
	臭氧组	4.50±0.55	4.17±0.41	3.83±0.75	3.67±0.82	3.17±0.75	3.00±0.63	3.00±0.89	2.83±0.98	1.83±0.75
弹性	对照组	4.83±0.41	4.17±0.75	3.17±0.41	3.83±0.98	2.83±0.75	3.50±0.84	3.17±0.41		
	臭氧组	4.83±0.41	4.33±0.82	3.83±0.75	3.83±0.98	3.50±0.84	3.33±0.52	2.83±0.41	3.17±0.98	3.17±0.41
黏度	对照组	4.17±0.75	3.33±0.52	2.83±0.41	2.67±0.52	3.00±0.63	2.50±0.55	3.00±0.63		
	臭氧组	4.17±0.75	3.50±0.55	3.67±0.82	2.67±0.52	3.33±0.82	3.33±0.52	2.83±0.41	3.17±0.41	2.83±0.75
煮沸后肉汤状态	对照组	4.67±0.52	3.67±0.52	2.67±0.82	2.50±0.55	3.00±0.63	3.83±0.41	2.83±0.75		
	臭氧组	4.67±0.52	3.33±0.52	3.83±0.98	2.33±0.52	3.33±0.52	2.67±0.52	2.83±0.75	2.50±0.84	2.33±0.52

由表2可知, 随着贮藏时间的延长, 冷鲜牛肉的感官指标的分值整体均是呈下降趋势, 但是臭氧组比对照组下降趋势缓慢。本研究对臭氧组和对照组气味评分, 发现在贮藏8、12、16 d时对照组评分高于臭氧组, 可能是因为臭氧促进了蛋白分解, 产生了劣质气味的氨基酸等, 增加了肉的腐臭味^[9]。但是整体来讲, 臭氧喷淋延长了冷鲜牛肉感官评分的降低, 这可能跟臭氧喷淋杀灭部分细菌有关, 使得细菌增长速度减慢, 感官指标优于对照组。

3 结论

本研究表明臭氧喷淋对冷鲜牛肉pH值影响不显著, TVB-N显著降低, 延长了不良感官品质出现时间。可见, 臭氧喷淋对冷鲜牛肉具有防腐保鲜作用, 显著延缓

了冷鲜牛肉的腐败, 延长了冷鲜牛肉的保质期。本研究为臭氧对冷鲜牛肉防腐保鲜提供了参考, 但是缺少臭氧喷淋对冷鲜牛肉中微生物的影响, 需要深入研究, 验证臭氧防腐机理。

参考文献:

- SCOTT D B M. The effect of ozone on nucleic acids and their derivatives[C]//BLOGOSLAWSKI W J, RICE R G. Aquatic applications of ozone. Syracuse: International Ozone Institute, 1975: 226-240.
- GÜZEL-SEYDIM Z, BEVER P I, GREENE A K. Efficacy of ozone to reduce bacterial populations in the presence of food components[J]. Food Microbiology, 2004, 21(4): 475-479.
- KOMANAPALLI I R, LAU B H S. Ozone-induced damage of *Escherichia coli* K-12[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 1996, 46(5/6): 610-614.
- SEGAT A, BIASUTTI M, IACUMINI L, et al. Use of ozone in production chain of high moisture Mozzarella cheese[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 55(2): 513-520.
- TRINETTA V, VAIDYA N, LINTON R, et al. A comparative study on the effectiveness of chlorine dioxide gas, ozone gas and e-beam irradiation treatments for inactivation of pathogens inoculated onto tomato, cantaloupe and lettuce seeds[J]. International Journal of Food Microbiology, 2011, 146(2): 203-206.
- 周光宏. 肉品学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 204.
- CASABURI A, PIOMBINO P, NYCHAS G J, et al. Bacterial populations and the volatile associated to meat spoilage[J]. Food Microbiology, 2015, 45: 83-102.
- KAESS G, WEIDEMANN J F. Ozone treatment of chilled beef[J]. International Journal of Food Science & Technology, 1968, 3(4): 325-334.
- GREER G G, JONES S D M. Effects of ozone on beef carcass shrinkage, muscle quality and bacterial spoilage[J]. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 1989, 22(2): 156-160.
- 肖岚, 李诚, 辛松林. 臭氧对冷却肉的保鲜效果[J]. 肉类工业, 2007(3): 3-5.
- 刘菲. 一种利用臭氧水对畜禽胴体和/或肉块进行清洗杀菌的方法: 中国, 201410165726.0[P]. 2014-07-23.
- 中国商业联合会商业标准中心、国家加工食品质量监督检验中心(广州)和广州市产品质量监督检验所. GB/T9695.5—2008 肉与肉制品pH测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- 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.
- 中国标准化与信息分类编码研究所, 中国肉类食品综合研究中心和全国供销合作社. GB/T 16290—1996 感官分析方法学 使用标准评价食品[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- LABADIE J. Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche[J]. Meat Science, 1999, 52(3): 299-305.
- 于英杰. 牛肉新鲜度检验指标的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2006.
- 王志琴, 孙磊, 姚刚, 等. 不同保存温度下牛肉新鲜度变化规律的研究[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(6): 1120-1124.
- 孙晓敏, 赵改名, 李苗云, 等. 真空包装冷鲜牛肉中腐败菌与腐败品质相关性分析[J]. 河南农业大学学报, 2012, 46(3): 328-331.
- 羿庆燕, 华晶忠, 李官浩, 等. 不同质量等级延边黄牛肉成熟期间新鲜度的变化[J]. 肉类研究, 2013, 27(3): 13-16.
- KIM T J, SILVA J L, CHAMUL R S, et al. Influence of ozone, hydrogen peroxide, or salt on microbial profile, TBARS and color of channel catfish fillets[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(7): 1210-1213.
- 霍晓娜, 李兴民. 光对冷却肉脂肪氧化和色泽变化的影响[J]. 肉类研究, 2008, 22(2): 3-10.
- 陈景宜. 冷却牛肉褪色的生化因素分析及肉色稳定性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- STIVARIUS M R, POHLMAN F W, McELYEA K S, et al. Microbial, instrumental color and sensory color and odor characteristics of ground beef produced from beef trimmings treated with ozone or chlorine dioxide[J]. Meat Science, 2002, 60(3): 299-305.
- BENLI H, HAFLEY B S, KEETON J T, et al. Biomechanical and microbiological changes in natural hog casings treated with ozone[J]. Meat Science, 2008, 79(1): 155-162.