

# 不同方式二次杀菌的红烧卤牛肉 在贮藏期间的品质变化

李彦, 符慧靖, 吴雪萍, 罗巧枝, 梁丽雅, 马俐珍\*

(天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384)

**摘要:** 为延长红烧卤牛肉保质期, 但不影响产品感官品质。将红烧卤牛肉真空包装后, 采用三种杀菌方式: 沸水杀菌 1 (BWS1), 沸水杀菌 30 min; BWS2 为沸水杀菌 30 min, 室温放置 48 h 再沸水杀菌 30 min; 高温杀菌 (HTS), 杀菌公式为 15'-28'-15'/121 °C; 未杀菌组 (CK)。CK、BWS1 和 BWS2 组在 0~4 °C、HTS 组在常温下贮藏。4 组产品在 0 d 进行感官评定, 并测定其在贮藏过程中的微生物及理化指标变化。结果表明, CK 组在贮藏第 14d 时微生物数超标 (菌落总数、乳酸菌数、假单胞菌数、肠杆菌科数分别为 4.38 lg(CFU/g)、4.28 lg(CFU/g)、4.01 lg(CFU/g)、<1 lg(CFU/g)), TBARS 值升高至 0.18 mg/kg, pH、色差值和亚硝残留量显著降低。HTS 组贮藏过程中未检出微生物, BWS1 和 BWS2 组在贮藏第 180 d 时, 微生物数尚未超标, 尤其 BWS2 组显著低于 BWS1 组 ( $p<0.05$ )。随着贮藏时间的延长, BWS2 组亮度值最高, 亚硝残留量显著低于 BWS1 组 ( $p<0.05$ ), 脂肪氧化程度最低 (TBARS 值为 0.42 mg/kg), 感官品质良好。故此, 对红烧卤牛肉进行 2 次沸水杀菌是较好的杀菌方式, 可以较好地保持产品品质, 又能使冷藏期延长至 180 d。

**关键词:** 红烧卤牛肉; 杀菌; 微生物数量; 理化指标; 保质期

文章编号: 1673-9078(2022)12-255-263

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.12.0153

## Quality Changes of Braised Beef during Storage after Two Cycles of Sterilization with Different Methods

LI Yan, FU Huijing, WU Xueping, LUO Qiaozhi, LIANG Liya, MA Lizhen\*

(College of Food Science and Bioengineering, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

**Abstract:** In order to extend the shelf life of stewed beef without affecting its sensory quality, the braised beef after vacuum packaging was sterilized in three ways: boiling water sterilization 1 (BWS1; boiling water sterilization for 30 min); boiling water sterilization 2 (BWS2; boiling water sterilization for 30min, then standing at room temperature for 48h, and finally boiling water sterilization for 30 min); High temperature sterilization (HTS); sterilization formula was 15'-28'-15'/121 °C). A non sterilized group was set up as the CK group. The CK, BWS1 and BWS2 groups were stored at 0~4 °C, whilst the HTS group was stored at room temperature. Sensory evaluation was performed on the four groups of products on Day 0, and the changes in microbial and physico-chemical indexes during storage were measured. The results showed that the number of microorganisms in the CK group exceeded the standard on the 14th day of storage (total colony count, *Lactobacillus* count, *Pseudomonas* count, *Enterobacteriaceae* count were 4.38 lg (CFU/g), 4.28 lg(CFU/g), 4.01 lg(CFU/g) and < 1 lg (CFU/g), respectively), the TBARS value increased to 0.18 mg/kg, and the pH, color difference and nitrite residue decreased significantly. No microorganisms were detected in HTS group during the entire storage. The number of microorganisms in BWS1 and BWS2 groups did not exceed the standard limit on the 180th day of storage, especially the number of microorganisms in BWS2 group was significantly lower than that in BWS1 group ( $p<0.05$ ). With the extension of storage time, the BWS2 group had the highest luminance value, significantly lower content of nitrite residue than BWS1 group ( $p<0.05$ ), the lowest degree of lipid oxidation (TBARS 0.42 mg/kg), and good sensory quality. Therefore, two cycles of boiling

引文格式:

李彦,符慧靖,吴雪萍,等.不同方式二次杀菌的红烧卤牛肉在贮藏期间的品质变化[J].现代食品科技,2022,38(12):255-263

LI Yan, FU Huijing, WU Xueping, et al. Quality changes of braised beef during storage after two cycles of sterilization with different methods [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(12): 255-263

收稿日期: 2022-02-16

作者简介: 李彦 (1995-), 女, 硕士, 研究方向: 肉制品加工与安全, E-mail: 17835423748@163.com

通讯作者: 马俐珍 (1963-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 肉品科学与技术, E-mail: malizhen-6329@163.com

water sterilization of stewed beef is a better sterilization method, which can maintain better the product quality while prolonging the cold storage period to 180 days.

**Key words:** stewed beef in brown sauce; sterilization; number of microorganisms; physical and chemical indexes; quality guarantee period

红烧卤牛肉是一道传统的中式菜品,深受大众喜爱,牛肉中营养物质丰富,为微生物的生长繁殖提供了有利条件,而微生物的大量繁殖是导致肉制品腐败变质的主要原因<sup>[1]</sup>。红烧卤牛肉生产过程中加热温度不能杀死全部微生物,且在包装过程中由于环境和人为因素极易造成二次污染,在散装销售的过程中,由于产品水分含量高,残存的微生物繁殖生长会导致产品品质下降<sup>[2]</sup>,货架期短,不能做到远距离运输销售。常用的解决方法是将产品真空包装后进行二次杀菌,二次杀菌能控制产品中的微生物含量,有效延长产品的贮藏期。其中高温高压杀菌能极大的延长产品的保质期,但会造成产品组织软烂,营养流失,口感和品质都受到较大的影响<sup>[3]</sup>,且高温会分解热敏性香味成分,对红烧卤牛肉产生不良风味-蒸煮味<sup>[4]</sup>,高温还会导致蛋白质变性,脂肪氧化加剧,产品色泽变差<sup>[5]</sup>。低温杀菌方法使蛋白适度变性,肉质富有弹性和咀嚼感<sup>[6]</sup>,营养成分得以保留,并能保持较高的感官品质,但此方法杀菌不彻底,未能完全杀灭其中的细菌芽孢、真菌孢子和耐热菌等<sup>[7]</sup>,在适宜条件下这些残存的微生物会生长繁殖,从而导致产品贮存过程中迅速发生腐败变质<sup>[8]</sup>。研究表明,微生物在低温贮藏<sup>[9]</sup>与真空包装<sup>[10]</sup>条件下代谢能力低,脂肪氧化速率减慢,从而可有效延长肉制品货架期。Anna等<sup>[11]</sup>将熟水牛卷肚真空包装,并在(4±1)℃条件下贮藏,产品可保存28d。因此,为避免高温杀菌对产品品质带来的不良影响,可以将产品真空包装后,采用低温二次杀菌方式并在低温环境下贮藏。田昕<sup>[12]</sup>将盐焗鸡翅真空包装后采用95℃杀菌30min,结果表明,在常温贮藏条件下,产品货架期寿命为28d。张志刚等<sup>[13]</sup>将狮子头真空包装后,采用85℃水浴杀菌30min,并在4℃冷藏贮藏,利用高通量测序分析微生物变化,结果表明低温杀菌虽不能杀死菌的芽孢,但低温贮藏可以大大减缓芽孢的萌发。

本试验以加工好的真空包装红烧卤牛肉为研究对象,对其进行三种不同的杀菌方式处理,研究其在贮藏过程中的品质变化,旨在为尽可能不破坏产品感官品质的前提下,延长红烧卤牛肉的货架期提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

牛肋腹部肉,天津锦宜丰食品有限公司;食盐、

白糖、白酒、味精、八角、花椒、丁香、小茴香、草果、桂皮、豆蔻、葱、豆瓣酱,王顶堤商贸城世纪华联超市;葡萄糖、复合磷酸盐、大豆蛋白粉、亚硝酸钠、抗坏血酸钠,河南万邦化工科技有限公司;三氯甲烷、三氯乙酸、2-硫代巴比妥酸、丁基羟基茴香醚、乙二胺四乙酸、氯化钾、亚铁氰化钾、乙酸锌、冰乙酸,天津市风船化学试剂科技有限公司;营养琼脂、MRS培养基、CFC选择培养基、结晶紫中性红胆盐葡萄糖琼脂,青岛高科技工业园海博生物科技有限公司;配制试剂所用的水为超纯水。

### 1.2 仪器与设备

WGL-230B 电热鼓风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;ME203 电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;CM-5 色差仪,日本Konica Minolta公司;STARTER3100 pH计,美国Ohaus公司;GS0610 超声波清洗机,深圳博冠科技有限公司;SX-500 多功能高压蒸汽灭菌锅,日本Tomy公司;SPX-150C CLIMACELL 恒温恒湿箱,艾力特国际贸易有限公司;T6 紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;JS39D-250 多功能食品加工机(搅拌机),浙江苏泊尔股份有限公司;拍打式JZ-4 无菌均质机,天津歆毅翎科技有限公司。

### 1.3 方 法

#### 1.3.1 工 艺 流 程

原料肉→切分→真空滚揉→静腌→煮制→冷却→真空包装→杀菌→贮藏

#### 1.3.2 操 作 要 点

##### 1.3.2.1 原料肉的切分

将牛肉切分成70~80g左右的小方块。

##### 1.3.2.2 真空滚揉

按肉质量的20%(m/m)配好腌制液(腌制液的配方见表1),将肉块和腌制液倒入真空滚揉机中,转速为5~6r/min,时间为1h,中间停5min。

##### 1.3.2.3 静 腌

从真空滚揉机取出后,肉表面用保鲜膜包裹好,放入1~4℃冷库中腌制12h。

##### 1.3.2.4 煮 制

在煮锅中放入香辛料(配料表见表2),水沸后放入牛肉块,大火煮制30min,小火焖制1h,出锅前加

入味精和曲酒。

表1 腌渍液配方 (以 100 kg 牛肉计)

Table 1 Formula of pickling solution (based on 100 kg beef)

原辅料	数量/g	原辅料	数量/g
食盐	2 000	八角	60
白糖	800	花椒	40
葡萄糖	400	丁香	20
复合磷酸盐	400	小茴香	60
大豆分离蛋白	120	草果	20
亚硝酸钠	10	桂皮	20
味精	200	水	20 000
白酒	200		

表2 煮制香辛料配方 (以 100 kg 牛肉计)

Table 2 Formula of cooking spices (based on 100 kg beef)

原辅料	数量/g	原辅料	数量/g
八角	240	葱	3 600
花椒	120	姜	1 000
丁香	60	豆瓣酱	600
桂皮	240	食盐	1 400
小茴香	360	味精	1 200
草果	60	白酒	600

### 1.3.2.5 真空包装

采用耐高温的蒸煮袋进行真空包装, 封装完成后检查真空状态和封口密封的完整性。

### 1.3.3 试验设计

按照 1.3.2 的加工方法, 生产出红烧卤牛肉产品, 冷却后进行真空包装 (每袋质量 200 g), 以不杀菌组为对照组 (Control Check, CK), 试验组采用三种不同的杀菌方式: 分别是沸水杀菌组 1 (Boiling Water Sterilization, BWS1), 沸水 30 min; BWS2 为沸水杀菌 30 min 两次 (一次杀菌完成后在常温下放置 48 h 后进行第二次杀菌); 高温杀菌组 (High Temperature Sterilization, HTS), 杀菌公式为 15'-28'-15'/121 °C。

处理完成后将 CK 组、BWS1 组、BWS2 组放置于 0~4 °C 冷藏, HTS 组放置于室温 (25±2) °C 贮藏, 在贮藏的第 0 天进行感官评定, CK 组每隔 1 周, 其余组在贮藏的 0、14、30、60、90、120、150、180 d, 分别测定菌落总数、乳酸菌数、假单胞菌数、肠杆菌科数、pH、色差、TBARS 和亚硝酸盐残留量的变化。

### 1.3.4 感官评定

根据 GB/T 23586-2009 《中华人民共和国国家标准 酱卤肉制品》对酱卤肉制品感官要求, 红烧卤牛肉的质地、滋气味、外观形态、色泽进行评分 (评分表见表 3), 对不同处理的红烧卤牛肉编号, 选取 10 名学习过感官评定课程、且经过测试合格的本校大学生做为

品评员, 对不同编号的样品感官评定, 每项指标 9 分, 结果取平均值。

表3 红烧卤牛肉感官评分表

Table 3 Sensory evaluation table of braised beef

项目	评分标准	分值
质地	组织疏松, 切片不完整	1~3
	组织较疏松, 切片较完整	4~6
	组织紧密, 切片完整	7~9
滋气味	滋味淡或咸, 没有红烧牛肉特有的风味	1~3
	滋味偏淡或偏咸, 香味不浓郁	4~6
外观形态	咸淡适中, 香气浓郁, 无异味	7~9
	肉块不完整, 纹理不均匀	1~3
	肉块较完整, 纹理较均匀	4~6
色泽	肉块完整, 纹理均匀	7~9
	色泽暗淡, 无光泽	1~3
	色泽较暗, 略有光泽	4~6
	色泽红亮, 有金属光泽	7~9

### 1.3.5 指标测定

#### 1.3.5.1 菌落总数测定

按 GB 4789.2-2016 《食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定》方法进行检测。

#### 1.3.5.2 乳酸菌数

按 GB 4789.35-2016 《食品安全国家标准 食品微生物学检验乳酸菌检验》6.2.3.4 乳杆菌计数方法执行。

#### 1.3.5.3 假单胞菌数

按 SN/T 4044-2014 《出口肉及肉制品中假单胞菌属的计数方法》执行。

#### 1.3.5.3 肠杆菌科总数

按 GB 4789.41-2016 《食品安全国家标准 食品微生物学检验肠杆菌科检验》进行检验。

#### 1.3.5.4 pH 值

按照 GB 5009.237-2016 《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》中肉及肉制品 pH 值测定方法。每个处理包含 3 个平行试样, 结果取平均值。

#### 1.3.5.5 亮度值与红度值

将搅碎的碎肉样平铺在石英皿中, 保证底部被铺满, 没有缝隙, 采用色差仪进行测定, 测定前使用标准白板校正色差仪。

#### 1.3.5.6 TBARS 值

参照 Witte 等<sup>[14]</sup>的方法, 称取 5 g 碎肉样于 100 mL 离心管中, 加入 15 mL  $\rho=7.5\%$  三氯乙酸 (TCA) 混悬液 (含  $\rho=0.1\%$  丁基羟基茴香醚,  $m=0.1\%$  乙二胺四乙酸), 以 13 000 r/min 匀浆 30 s, 过滤, 收集 2.5 mL 滤液 (另取 2.5 mL 蒸馏水作为空白对照) 于 10 mL 离心管, 加入 2.5 mL 0.02 mol/L 的 2-硫代巴比妥酸, 摇

匀。沸水浴 40 min 后冷却到室温, 加入 3 mL 氯仿(三氯甲烷), 混匀。在 2 ℃、2000 g 下离心 10 min, 取上层液, 在 532 nm 下测量吸光度。

$$T = \frac{A \times V \times M}{\xi \times L \times m} \times 1000 \quad (1)$$

式中:

$T$ ——TBARS 值, mg/kg;

$A$ ——测定的吸光度值;

$V$ ——样品体积 20 mL;

$M$ ——丙二醛摩尔质量 72.063 g/mol;

$\xi$ ——摩尔吸光系数  $1.56 \times 10^5$  L/(mol·cm);

$L$ ——光学路径长度 1 cm;

$m$ ——样品的质量。

### 1.3.5.7 亚硝酸盐含量

根据参照 GB 5009.33-2016《食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》执行。

### 1.3.6 数据处理

试验结果以平均值±标准误表示, 采用 SPSS 21.0 软件的 ANOVA 对数据进行方差分析, 差异显著性用邓肯多重比较进行实验判定; 采用 Origin 9.0 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同杀菌方式对红烧卤牛肉感官品质影响

表 4 不同杀菌方式对红烧卤牛肉感官品质影响

Table 4 Effects of different sterilization methods on sensory quality of stewed beef

评定项目	CK	BWS1	BWS2	HST
质地	8.1±0.28 <sup>a</sup>	6.6±0.37 <sup>b</sup>	5.9±0.23 <sup>b</sup>	4.2±0.29 <sup>c</sup>
滋气味	7.2±0.36 <sup>a</sup>	7.4±0.56 <sup>ab</sup>	6.5±0.45 <sup>ab</sup>	5.8±0.61 <sup>b</sup>
外观形态	7.4±0.34 <sup>a</sup>	6.5±0.64 <sup>ab</sup>	6.5±0.58 <sup>ab</sup>	5.7±0.50 <sup>b</sup>
色泽	6.4±0.45 <sup>a</sup>	6.6±0.54 <sup>a</sup>	6.2±0.47 <sup>a</sup>	6.1±0.59 <sup>a</sup>
总体接受	29±1.03 <sup>a</sup>	27.1±1.80 <sup>a</sup>	25.1±0.91 <sup>ab</sup>	21.8±1.56 <sup>b</sup>

注: 同行不同的小写字母表示具有显著差异 ( $p < 0.05$ )。表 5、7 同。

感官评分结果表见表 4 所示, 由表 4 可以看出, 经过不同方式杀菌处理之后, BWS1、BWS2 与 HST 组的质地评分要显著低于 CK 组 ( $p < 0.05$ ), 这是因为红烧卤牛肉经加热杀菌后肌肉蛋白再次发生热收缩, 导致水分流失, 组织结构破坏而变得粗糙, 产品变得软烂疏松<sup>[15]</sup>; 从滋气味变化来看, BWS1 与 BWS2 与 CK 组无显著性差异 ( $p > 0.05$ ), 而 HST 组要显著低于 CK 组 ( $p < 0.05$ ), 有研究表明高温会使产品中热敏性的香气成分分解, 产生其他不良风味<sup>[16]</sup>, 评价员也表示经高温杀菌后的牛肉有明显的蒸煮味, 而付丽等<sup>[17]</sup>

研究中 121 ℃ 的牛肉经高温杀菌后检测到 2-辛烯-1-醇, 被认为是高温杀菌后的蒸煮味来源之一, 同时检测到 N-甲基乙酰胺等物质, 具有氨味等不愉快的气味, 因此导致高温杀菌的卤牛肉气味变差。色泽与外观的变化各组之间差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 说明杀菌对红烧卤牛肉色泽、外观没有显著影响 ( $p > 0.05$ )。总体评分 HST 组最低 (22.4 分), 且显著低于 CK 组 ( $p < 0.05$ ), BWS1 与 BWS2 组总体评分与 CK 组差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 说明 121 ℃ 杀菌温度对红烧卤牛肉的感官品质影响较大, 但沸水杀菌可以较好地保持产品的感官品质。

### 2.2 不同杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间微生物变化的影响

导致牛肉腐败变质的主要因素是微生物的生长繁殖<sup>[18]</sup>, 杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间微生物变化的影响见表 5、表 6 所示。菌落总数是衡量产品卫生情况的重要指标, 表 5 可见, 未杀菌的红烧卤牛肉初始菌落总数为 2.93 lg(CFU/g), 在贮藏期间, 微生物数量迅速增长, 并在贮藏的第 14 天, 菌落总数达到 4.38 lg(CFU/g), 超过了国家限量标准值 4.0 lg(CFU/g)。由表 6 可见, BWS1 组与 BWS2 组在 0~120 d 的冷藏期间, 菌落总数一直保持在  $< 1$  lg(CFU/g) 水平, 这表明 100 ℃ 的杀菌温度杀死了红烧卤牛肉绝大部分微生物, 真空包装和低温贮藏能很好地控制微生物的生长繁殖。在冷藏到 150 d 时, 开始有少量的微生物生长, 180 d 时, BWS1 组菌落总数为 3.46 lg(CFU/g), BWS2 组菌落总数为 1.9 lg(CFU/g), 说明在贮藏后期, 由于微生物适应了生长环境, 可以利用牛肉中的营养成分进行生长繁殖, 但菌落总数均在国家限量标准值内。

表 5 未杀菌红烧卤牛肉贮藏期间微生物变化的影响

Table 5 Effect of non sterilized braised beef on microbial changes during storage [lg(CFU/g)]

指标	组别	贮藏时间/d		
		0	7	14
菌落总数	CK	2.93±0.02 <sup>c</sup>	3.28±0.03 <sup>b</sup>	4.38±0.03 <sup>a</sup>
乳酸菌数		2.88±0.02 <sup>c</sup>	3.14±0.02 <sup>b</sup>	4.28±0.03 <sup>a</sup>
假单胞菌数		2.51±0.08 <sup>c</sup>	2.89±0.02 <sup>b</sup>	4.01±0.03 <sup>a</sup>
肠杆菌数		<1 <sup>a</sup>	<1 <sup>a</sup>	<1 <sup>a</sup>

乳酸菌和假单胞菌属于嗜冷性微生物, 乳酸菌常常是低温真空包装牛肉的优势腐败菌, 能够利用葡萄糖产生乳酸和乙酸, 导致牛肉制品产生酸败气味和酸性口感<sup>[19]</sup>, 且乳酸代谢产生的甲基丁醛和乙偶姻会导致牛肉有腐败异味<sup>[20]</sup>。由表 5 可见, CK 组乳酸菌数为 2.88 lg(CFU/g), 假单胞菌数为 2.51 lg(CFU/g), 在贮藏

第 14 天时, 乳酸菌数和假单胞菌数分别达到了 4.28 lg(CFU/g)与 4.01 lg(CFU/g)。由表 6 可见, BWS1 组与 BWS2 组在贮藏前期, 均未检出乳酸菌与假单胞菌, 在贮藏的第 180 d, BWS1 组的乳酸菌数和假单胞菌数分别为 3.3 lg(CFU/g)与 2.0 lg(CFU/g), 乳酸菌成为优势菌; BWS2 组的乳酸菌数为 1.8 lg(CFU/g), 未检测到假单胞菌数。这是因为乳酸菌为兼性厌氧菌, 真空无氧环境促进了乳酸菌的生长, 而假单胞菌为好氧菌, 真空包装抑制了假单胞菌的生长繁殖。且 BWS2 组的

微生物数量要显著低于 BWS1 组, 说明沸水杀菌两次能更好的杀灭微生物残存的芽孢, 控制微生物的活性, 有效延长产品的贮藏期。

而整个贮藏期间 (180 d) HTS 组的菌落总数、乳酸菌、假单胞菌的微生物数量均处于 <1 lg(CFU/g)水平, 可见红烧卤牛肉经高温 (121 °C) 杀菌彻底, 且高温会钝化肉的酶活, 抑制微生物芽孢萌芽, 从而大大延长了产品的货架期。

所有组别在整个贮藏期间均未检测到肠杆菌科。

表 6 杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间微生物变化的影响

Table 6 Effect of sterilization methods on microbial changes of stewed beef during storage [lg(CFU/g)]

指标	组别	贮藏时间/d							
		0	14	30	60	90	120	150	180
菌落总数	BWS1	<1 <sup>cA</sup>	<1 <sup>cA</sup>	<1 <sup>cA</sup>	<1 <sup>cA</sup>	<1 <sup>cA</sup>	<1 <sup>cA</sup>	1.08±0.09 <sup>bA</sup>	3.46±0.02 <sup>aA</sup>
	BWS2	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	0.5±0.5 <sup>bB</sup>	1.9±0.04 <sup>aB</sup>
	HTS	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aC</sup>	<1 <sup>aC</sup>
乳酸菌数	BWS1	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	3.35±0.02 <sup>aA</sup>
	BWS2	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	1.8±0.06 <sup>aB</sup>
	HTS	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aC</sup>
假单胞菌数	BWS1	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	<1 <sup>bA</sup>	2.05±0.15 <sup>aA</sup>
	BWS2	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aB</sup>
	HTS	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aB</sup>
肠杆菌数	BWS1	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>
	BWS2	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>
	HTS	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>	<1 <sup>aA</sup>

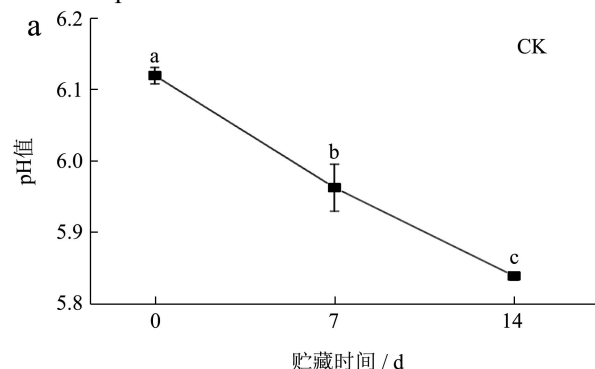
注: 同行不同的小写字母表示具有显著差异 ( $p<0.05$ ); 同列不同的大写字母表示具有显著差异 ( $p<0.05$ )。表 8 同。

### 2.3 不同杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间 pH 值变化影响

不同杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间 pH 值变化的影响见图 1 所示。由图 1a 可知, CK 组在贮藏期间 pH 值呈显著下降趋势 ( $p<0.05$ ), 这是因为真空包装的红烧卤牛肉贮藏过程中, 乳酸菌会成为优势菌而大量繁殖, 利用牛肉中糖类营养物质生成乳酸、醋酸等, 这些有机酸类的积累而导致产品 pH 迅速下降<sup>[21]</sup>, 这与表 5 的乳酸菌数变化相一致。由图 1b 可知, 在整个贮藏期间所有组的 pH 值整体呈下降趋势, BWS1 与 BWS2 组在贮藏前期 (0~120 d) 变化趋势不明显, 这是因为杀菌处理并结合低温冷藏 (0~4 °C) 能够很好地控制微生物的生长, 使乳酸菌贮藏前期数量少, 分解糖类营养物质能力较弱; 而贮藏后期 (150~180 d), BWS1 与 BWS2 组 pH 显著降低 ( $p<0.05$ ), 这与乳酸菌的繁殖、乳酸积累有关, 且 BWS1 组在贮藏后期 pH 值要显著低于 BWS2 组 ( $p<0.05$ ), 这是因为低温二次

杀菌能更好的控制微生物的生长繁殖, BWS1 组的乳酸菌积累要多于 BWS2 组。

HTS 组 pH 值在整个贮藏期间显著下降 ( $p<0.05$ ), 且显著低于 BWS1 与 BWS2 组 ( $p<0.05$ ), 这是因为产品经 121 °C 的高温杀菌后, 会促进脂肪氧化酸败<sup>[22]</sup>, 且付丽等<sup>[17]</sup>研究中表明, 高温杀菌后的酱牛肉会产生乙酸等酸类物质, 同时肉经高温加工后, 碱性基团与高温的氧化产物进一步反应<sup>[23]</sup>导致 pH 降低。因此, HTS 组的 pH 一直低于其他试验组。



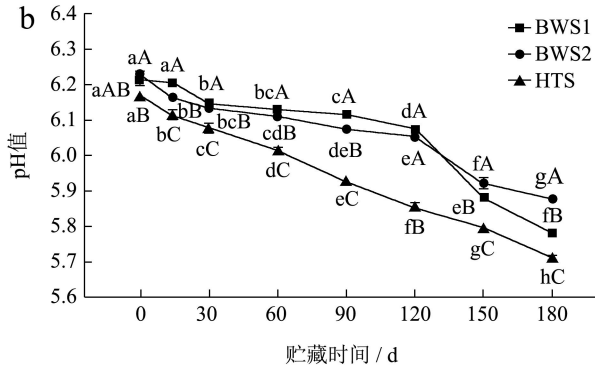


图1 杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间 pH 值变化的影响

Fig.1 Effect of sterilization methods on pH value change of braised beef during storage

注：不同小写字母表示同一组别组内存在显著差异，不同大写字母表示不同组别组间存在显著差异，下同。

### 2.4 不同杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间亮度值、红度值的影响

不同杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间亮度值、红度值的影响分别见表7和表8所示。由表7可知，CK组在贮藏期间  $L^*$  值与  $a^*$  值均显著下降 ( $p < 0.05$ )，这是因为在微生物的作用下，产品开始腐败发粘，袋内汤汁变得浑浊，对光的反射减弱，导致  $L^*$  下降；同样在微生物的作用下，产品的新鲜程度下降，色泽变暗，

$a^*$  下降<sup>[24]</sup>。

由表8可知，BWS1组与BWS2组在贮藏期间  $L^*$  值的变化趋势一致，均表现为在贮藏前期 (0~60 d)， $L^*$  值无显著差异 ( $p > 0.05$ )，在贮藏后期 (90~180 d)  $L^*$  值显著降低 ( $p < 0.05$ )，本试验与李大宇<sup>[25]</sup>的结果一致，这是因为随着贮藏时间的延长，红烧卤牛肉的保水性降低，汁液外渗<sup>[26]</sup>、肌肉收缩，导致肉色颜色加深，这一结果与贮藏后期微生物的繁殖有关；HTS组的  $L^*$  值在贮藏期间显著下降 ( $p < 0.05$ )，且在每个测量点都显著低于BWS1与BWS2组 ( $p < 0.05$ )，这是因为高温高压导致肌肉变性而疏水基团外漏，牛肉保水性下降，表现为失油失水现象<sup>[27]</sup>，且高温导致肉发生美拉德反应生成黑色物质，导致  $L^*$  降低<sup>[28]</sup>，且在贮藏期间，保水性逐渐降低，因此， $L^*$  也呈下降趋势。在贮藏后期 (120~180 d) BWS2组的  $L^*$  值要显著高于BWS1组与HTS组，说明该杀菌方式能更好的维持牛肉的亮度。

表7 未杀菌红烧卤牛肉在贮藏期间色度值变化

Table 7 Changes of chromaticity value of non sterilized braised beef during storage

指标	组别	贮藏时间/d		
		0	7	14
$L^*$	CK	53.63±0.06 <sup>a</sup>	51.02±0.01 <sup>b</sup>	50.41±0.01 <sup>c</sup>
$a^*$		12.21±0.03 <sup>a</sup>	11.37±0.04 <sup>b</sup>	10.99±0.00 <sup>c</sup>

表8 不同杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间色度值变化

Table 8 Effects of different sterilization methods on chromaticity value of braised beef during storage

指标	组别	贮藏时间/d					
		0	14	30	60		
$L^*$	BWS1	51.36±0.05 <sup>aA</sup>	51.37±0.03 <sup>aA</sup>	51.65±0.02 <sup>aA</sup>	51.24±0.03 <sup>aA</sup>		
		BWS2	51.35±0.03 <sup>aA</sup>	51.33±0.01 <sup>aA</sup>	51.37±0.12 <sup>aB</sup>	51.22±0.03 <sup>aA</sup>	
			HTS	49.85±0.06 <sup>aB</sup>	49.53±0.05 <sup>bB</sup>	47.85±0.05 <sup>cC</sup>	47.71±0.04 <sup>bB</sup>
				BWS1	47.37±0.10 <sup>bB</sup>	46.21±0.01 <sup>bcB</sup>	44.19±0.02 <sup>cB</sup>
	BWS2				49.4±0.02 <sup>bA</sup>	48.29±0.04 <sup>cA</sup>	47.13±0.01 <sup>dA</sup>
		HTS			46.24±0.01 <sup>cC</sup>	45.18±0.02 <sup>fC</sup>	44.13±0.01 <sup>gC</sup>
			BWS1		12.13±0.02 <sup>aA</sup>	12.28±0.01 <sup>bB</sup>	11.68±0.03 <sup>cB</sup>
				BWS2	11.76±0.02 <sup>aB</sup>	12.51±0.01 <sup>bA</sup>	12.17±0.03 <sup>cA</sup>
	HTS				11.28±0.10 <sup>cC</sup>	11.86±0.02 <sup>aC</sup>	11.65±0.09 <sup>bC</sup>
		BWS1			11.29±0.01 <sup>dB</sup>	10.10±0.01 <sup>eB</sup>	9.89±0.01 <sup>fB</sup>
			BWS2		10.95±0.02 <sup>eB</sup>	10.94±0.03 <sup>fB</sup>	9.67±0.01 <sup>gC</sup>
				HTS	11.34±0.03 <sup>cA</sup>	11.12±0.02 <sup>dA</sup>	10.83±0.10 <sup>eA</sup>

BWS1、BWS2与HTS组在贮藏期间的  $a^*$  值表现为，随着贮藏时间的延长， $a^*$  值显著降低 ( $p < 0.05$ )，

这是因为加热导致一氧化氮肌红蛋白变性，同时在真空包装的条件下，氧分压低导致肉色变差， $a^*$  降低<sup>[29]</sup>，

在贮藏后期, 由于脂质氧化, 氧化产物诱导亚铁肌红蛋白氧化而导致肉变色<sup>[30]</sup>, 微生物的作用也会导致肉色变差。在贮藏前期 (0~60 d) HTS 组的  $a^*$  值要显著低于其他两组 ( $p < 0.05$ ), 说明 121 °C 会造成肌红蛋白过度变性, 但贮藏后期 (90~180 d) HTS 组  $a^*$  值显著高于其他两组 ( $p > 0.05$ ), 说明 121 °C 能更好的控制微生物的生长繁殖。

## 2.5 不同杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间 TBARS 值影响

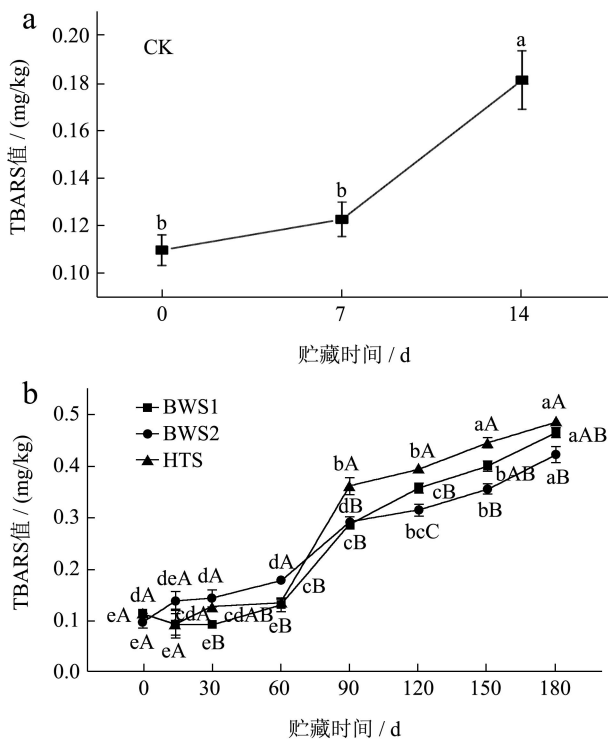


图2 杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间 TBARS 值变化的影响

Fig.2 Effect of sterilization methods on TBARS value of braised beef during storage

TBARS 值的大小反应了红烧卤牛肉脂肪氧化的程度。不同杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间 TBARS 值的影响见图 2 所示。由图 2a 可以看出, CK 组在贮藏期间 TBARS 值逐渐增大, 尤其是 7~14 d 期间直线上升, 最高值为 0.18 mg/kg, 但小于国标中的限量值<sup>[31]</sup> (0.5 mg/kg), 这说明 CK 组红烧卤牛肉的脂肪氧化程度较小, 脂质氧化不是导致其腐败变质的主要原因。由图 2b 可知, BWS1、BWS2、HTS 组在贮藏期间 TBARS 值整体呈上升趋势, 在贮藏前期 BWS2 组 TBARS 变化不显著 ( $p > 0.05$ ), 而 BWS1 与 HTS 组 TBARS 值出现轻微上下波动, 可能是因为脂肪氧化的次级产物丙二醛会与牛肉中氨基酸相互作用生成 1-氨基-3-氨基丙烯, 导致丙二醛的含量下降<sup>[32]</sup>。在贮藏后

期 (90~180 d), TBARS 值均显著上升, 表明丙二醛累积量增加, HTS 组的 TBARS 值要高于其他两组, 可能是高温高压导致蛋白质变性释放铁离子加速了脂肪的氧化<sup>[33]</sup>。值得注意的是, 虽然贮藏期间各组的 TBARS 值均有所增加, 但都维持在低于 0.5 mg/kg 的水平, 说明红烧卤牛肉并未发生氧化酸败, 杀菌处理、低温贮藏和真空包装能抑制酶的活性, 延缓牛肉的脂肪氧化。在贮藏后期 BWS2 组的 TBARS 值最低, 说明低温二次杀菌处理, 真空包装结合低温贮藏能更好的抑制脂肪氧化, 延长红烧卤牛肉的保质期。

## 2.6 不同杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间亚硝酸盐残留量的影响

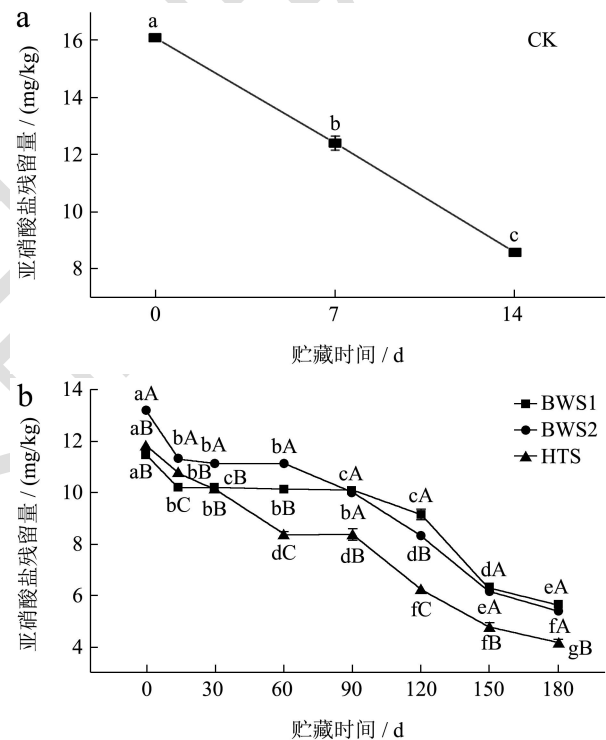


图3 杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间亚硝酸盐残留量变化的影响

Fig.3 Effect of sterilization methods on the change of nitrite residue in braised beef during storage

亚硝酸盐作为肉制品中常用的食品添加剂, 不仅有发色作用, 同时还具有防腐和抗氧化作用<sup>[34]</sup>, 然而过量的亚硝酸盐会引起食物中毒, 且亚硝酸盐与二级胺在酸性条件下会生成 N-亚硝胺, 是国际公认的致癌物之一, 因此, 控制肉制品中亚硝酸盐残留量是确保肉制品安全的重要问题。不同杀菌方式对红烧卤牛肉贮藏期间亚硝酸盐残留量的影响见图 3 所示。由图 3 可知, 在整个贮藏期间, CK 组和三个试验组的亚硝酸盐残留量整体均呈下降趋势, 这是因为红烧卤牛肉的 pH 值在贮藏期间从最高 6.22 下降最低到 5.70, 微酸性

条件下,亚硝酸盐会与含巯基的化合物发生反应而被分解<sup>[35]</sup>。且随着贮藏时间的延长,乳酸菌数不断增加,乳酸菌代谢产生亚硝酸盐还原酶,能高效的降解亚硝酸盐<sup>[36]</sup>;此外,肉制品中的微生物也会分解部分亚硝酸盐生成NO,NO与肌红蛋白反应生成呈色络合物<sup>[37]</sup>。由图3b可知,BWS1组与BWS2组的亚硝酸盐残留量在贮藏前期(30~60 d)下降趋势不明显( $p>0.05$ ),贮藏后期(90~180 d)显著下降( $p>0.05$ );HTS组的亚硝酸盐残留量在贮藏过程中显著降低( $p<0.05$ ),且在贮藏的(60~180 d),亚硝残留量显著低于BWS1组与BWS2组( $p<0.05$ ),这可能是由于HTS的贮藏温度为室温(20℃左右),其余两组的贮藏温度为0~4℃,帅瑾等<sup>[38]</sup>的研究表明,肉制品中亚硝酸盐残留量随贮藏时间的延长呈下降趋势,且下降的速率表现为室温>冷藏>冷冻,亚硝酸盐在常温下更容易分解,孙敬等<sup>[39]</sup>亦得出了相同的结论。

### 3 结论

采用3种不同杀菌方式处理真空包装的烧卤牛肉,通过对其感官品质、微生物指标、理化指标的测定,研究不同杀菌方式对烧卤牛肉贮藏期间品质变化规律。结果表明:HTS(121℃高温杀菌)组感官品质要显著低于CK组( $p<0.05$ ),BWS1和BWS2组的感官品质与CK组差异不显著( $p>0.05$ ),对感官品质没有负面影响。在贮藏过程中,CK组、BWS1组、BWS2组的优势菌为乳酸菌,CK组在14 d微生物超标,HTS组一直未检测到微生物,BWS1、BWS2在180 d微生物指标菌合格,且在贮藏后期WBS2的微生物含量要显著低于WBS1组( $p<0.05$ ),具有明显延长贮藏期的优势;整个贮藏期间所有组别样品整体呈现pH值下降、亮度值与红度值下降、TBARS值波动上升、亚硝酸盐残留量下降。综合来看,随着贮藏时间的延长,BWS2组控制微生物的效果显著高于BWS1组,亮度值最高,亚硝残留量低于BWS1组,脂肪氧化程度最低,感官品质保持良好。因此,选择沸水杀菌两次作为烧卤牛肉的二次杀菌方式。

### 参考文献

- [1] Chen X, Zhang Y M, Yang X Y, et al. Shelf-life and microbial community dynamics of super-chilled beef imported from Australia to China [J]. Food Research International, 2019, 120: 784-792
- [2] 汤敏,黄俊逸,李聪,等.冷藏过程中不同包装德州扒鸡的微生物及理化特性[J].食品科技,2020,45(6):122-129
- [3] 王明,李铁志,雷激.杀菌方式对熟肉制品品质的影响[J].食品

- 工业,2016,37(2):54-58
- [4] 唐忠盛.荔枝酒加工过程中香气成分变化规律及特征香气研究[D].广州:华南理工大学,2019
- [5] 侯宝睿,孟静南,海丹,等.六种气调条件包装处理的酱牛肉在不同储藏温度下保鲜效果的研究[J].肉类工业,2017,9:19-30
- [6] 陈康,王国泽.低温肉制品中特定腐败微生物的危害及控制[J].食品安全导刊,2017,30:134-135
- [7] 孙然然.乳酸菌及其代谢产物对低温切片火腿生物防腐作用的研究[D].石河子:石河子大学,2013
- [8] 杨丽.低温肉制品研发生产现状及发展分析[J].食品安全导刊,2020,36:7
- [9] 段红敏.不同包装材料对酱卤类低温肉制品品质变化影响的研究[D].长春:吉林农业大学,2014
- [10] Carmine S, Francese C, Vito M P, et al. Vacuum-packed ripened sausages: Evolution of oxidative and hydrolytic degradation of lipid fraction during long-term storage and influence on the sensory properties [J]. Meat Science, 2010, 84(1): 147-151
- [11] Anna A M, Venkatachalapathy R T, Radha K, et al. Quality and shelf life of cooked buffalo tripe rolls at refrigerated storage under vacuum packaging condition [J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 51(7): 1370-1376
- [12] 田昕.不同杀菌方式对真空包装盐焗鸡翅保藏品质的影响[D].北京:中国农业科学院,2013
- [13] 张志刚,林祥木,胡涛,等.低温狮子头冷藏过程品质变化规律[J].肉类研究,2020,34(2):73-79
- [14] Witte V C, Krause G F, Bailey M E. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage [J]. Journal of Food Science, 1970, 35(5): 582-585
- [15] Barbosa-Canovas G V, Medina-Meza I G, Candogan K, et al. Advanced retorting, microwave assisted thermal sterilization (MATS), and pressure assisted thermal sterilization (PATS) to process meat products [J]. Meat Science, 2014, 98(3): 420-434
- [16] 杨爽,杨萍,徐琳,等.超高压处理协同低温贮藏对卤牛肉品质的影响[J].食品工业科技,2021,42(21):334-343
- [17] 付丽,刘旖旎,高雪琴,等.HS-SPME与GC-MS协同法分析不同杀菌条件下酱牛肉中的挥发性风味物质[J].现代牧业,2020,4(2):18-23
- [18] 谢海军,田晋梅,彭晓光.牛肉贮藏中微生物数量与生物胺生成的相关性研究[J].食品研究与开发,2017,38(10):182-187
- [19] Hernandez-Macedom L, Contreras-Castillo C J, Tsais M, et al. Gases and volatile compounds associated with micro-organisms in blown pack spoilage of Brazilian vacuum-packed beef [J]. Letters in Applied Microbiology,



- 2012, 55(6): 467-475
- [20] Reism M, Reism G, Mills J, et al. Characterization of volatile metabolites associated with confinement odour during the shelf-life of vacuum packed lamb meat under different storage conditions [J]. *Meat Science*, 2016, 113(3): 80-91
- [21] Wimpennyj W T, Leistner L, Thomasl V, et al. Submerged bacterial colonies within food and model systems: their growth, distribution and interactions [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 1995, 28(2): 299-315
- [22] 郭晓峰,王子荣,郭守立,等.高温杀菌时间对烤全羊肉贮藏期品质的影响[J].*肉类研究*,2016,30(7):6-10
- [23] 李锐.不同热加工方式对罗非鱼片品质变化影响作用研究[D].烟台:烟台大学,2021
- [24] Lebert I, Robles-Oliverav, Leberta. Application of polynomial models to predict growth of mixed cultures of *Pseudomonas* spp. and *Listeria* in meat [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2000, 61(1): 27-39
- [25] 李大宇.不同杀菌工艺和包装技术对酱牛肉贮藏品质的影响试验研究[D].长春:吉林大学,2020
- [26] 刘珊,吴香,黄俊逸,等.杀菌和贮藏方式对酱牛肉的微生物和品质的影响[J].*食品科技*,2020,45(3):151-158
- [27] 毕姗姗.煮制条件对卤鸡腿品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2014
- [28] Suman S P, Nairm N, Joseph P, et al. Factors influencing internal color of cooked meats [J]. *Meat Science*, 2016, 120(10): 133-144
- [29] 付丽,刘旖旎,高雪琴,等.不同杀菌条件对酱牛肉品质的影响[J].*肉类研究*,2019,33(1):7-13
- [30] 孙金,陈坤朋,夏强,等.食用菌对鸭肉乳化肠冷藏过程中理化品质与安全特性的影响[J].*食品工业科技*,2021,42(22):329-335
- [31] GB 5009.181-2016,中华人民共和国国家标准食品安全国家标准食品中丙二醛的测定[S]
- [32] Cho C Y. Fish nutrition, feed, and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture [J]. *Food Reviews International*, 1990, 6(3): 333-357
- [33] 马海建,施文正,宋洁,等.超高压处理对草鱼鱼肉品质的影响[J].*现代食品科技*,2015,31(12):283-290
- [34] Sullivang A, Jackson-Davisa L, Niebuhrs E, et al. Inhibition of *Listeria monocytogenes* using natural antimicrobials in no-nitrate-or-nitrite-added ham [J]. *Journal of Food Protection*, 2012, 75(6): 1071
- [35] 周熙,宋忠祥,李宏武,等.新型湘式腊肉在不同包装贮藏条件下理化指标的变化研究[J].*肉类工业*,2021,12:17-21
- [36] 柳念,陈佩,高冰,等.乳酸菌降解亚硝酸盐的研究进展[J].*食品科学*,2017,38(7):290-295
- [37] 陈洪生,国慧,刁静静,等.复合抗氧化剂处理对五香牛肉低温贮藏品质的影响[J].*食品工业科技*,2021,42(11):204-210
- [38] 帅瑾,吕晓飞,刘胜男,等.不同贮藏温度对肉制品中亚硝酸盐含量的影响[J].*食品研究与开发*,2017,38(1):139-141
- [39] 孙敬,郇延军,詹文圆,等.蒸煮火腿储藏期间亚硝酸胺、亚硝酸钠和抗坏血酸钠含量的变化及机理研究[J].*现代食品科技*, 2008,10:981-986