

杀菌处理对植物基人造肉保鲜效果的影响

韩林娜¹, 戴增辉¹, 路飞¹, 王丹², 姜秀丽², 肖志刚¹

(1.沈阳师范大学 粮食学院, 沈阳 110034; 2.东方集团哈尔滨福肴食品有限公司, 哈尔滨 150000)

摘要: **目的** 为了延长植物基人造肉的货架期, 提高植物基人造肉贮藏期间的品质, 研究微波杀菌和高压杀菌这2种杀菌方式的保鲜效果。**方法** 对植物基人造肉进行真空包装后, 分别进行微波杀菌和高压杀菌处理, 并在4℃下进行贮藏, 对不同贮藏时间条件下的植物基人造肉的pH值、硫代巴比妥酸值、菌落总数、大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌进行测定, 与空白组做对照, 比较分析微波杀菌和高压杀菌的保鲜效果。**结果** 与空白对照组相比, 2种杀菌方式在贮存28 d时, 植物基人造肉的pH值和硫代巴比妥酸值变化缓慢, 菌落总数、大肠杆菌数、金黄色葡萄球菌数均未达到国家规定的超标值, 并且在人造肉中未检出沙门氏菌, 产品合格。**结论** 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉具有比较明显的保鲜作用, 能够有效延长植物基人造肉保鲜期, 为探究适合的植物基人造肉杀菌方式提供参考价值。

关键词: 植物基人造肉; 微波杀菌; 高压杀菌; 保鲜

中图分类号: TS205.9 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2021)13-0036-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.13.005

Effects of Germicidal Treatment on Fresh-Keeping of Plant-Based Meat

HAN Lin-na¹, DAI Zeng-hui¹, LU Fei¹, WANG Dan², JIANG Xiu-li², XIAO Zhi-gang¹

(1.College of Food Science and Technology, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China;

2.Dongfang Group Harbin Fuyao Food Co., Ltd., Harbin 150000, China)

ABSTRACT: The paper aims to research the effects of microwave sterilization and high pressure sterilization to prolong the shelf life of plant-based meat and improve the quality of plant-based meat during storage. The plant-based meat was packed in vacuum and treated with microwave sterilization and high pressure sterilization respectively. Then they were stored under 4 °C conditions. The pH values, thiobarbituric acid values, total bacterial count, *escherichia coli*, *salmonella*, *staphylococcus aureus* of plant-based meat were measured under different storage time conditions differently. The fresh-keeping effect of microwave sterilization and high pressure sterilization were compared and analyzed compared with the blank group. The results showed that when the two sterilization methods were stored for 28 d, the pH value and thiobarbituric acid value of plant-based meat changed slowly, total bacterial count, *escherichia coli*, *staphylococcus aureus* were lower than the national standard value, and no *salmonella* was detected in plant-based artificial meat, and the product was qualified. It was found that the microwave sterilization and high pressure sterilization have obvious fresh-keeping effect on plant-based meat, which can effectively prolong the fresh-keeping period of plant-based meat and provide reference value for plant-based meat to explore suitable sterilization methods.

KEY WORDS: plant-based meat; microwave sterilization; high pressure sterilization; fresh keeping

收稿日期: 2021-02-25

基金项目: 东方集团“高水分植物基人造肉开发”项目(054-92000232); 辽宁省高等学校基本科研项目(LFW201904)

作者简介: 韩林娜(1998—), 女, 沈阳师范大学硕士生, 主攻食品加工与储藏。

通信作者: 路飞(1978—), 男, 博士, 沈阳师范大学副教授, 主要研究方向为粮食深加工、食品流通与包装工学; 肖志刚(1972—), 男, 博士, 沈阳师范大学教授, 主要研究方向为粮油深加工。

人口学家指出, 到 21 世纪 50 年代, 全球总人口将要突破 90 亿大关^[1]。如果在确保 90 亿人都有食物, 并且能与环境和谐相处的前提下, 人造肉的研究和推广势在必行。英国牛津大学的研究发现, 人造肉可以减缓全球气候变暖, 其将比传统畜牧业减少 35%~60% 的能耗, 少占用 98% 的土地和少产生 80% 以上的温室气体^[2-3], 还能有效避免疯牛病和口蹄疫等动物性病毒感染。人造肉得到了现代国内外研究人员的重视, 成为开发新食品的热门问题。植物基人造肉, 又被称为素肉、模拟肉、植物肉, 主要以大豆、豌豆、小麦等作物中提取的植物蛋白、脂肪和植物性原料为主要成分, 经过挤压、静电纺丝、3D 打印等特定的加工工艺技术, 合成具有近似于动物肉制品的质地和口感的新产品^[4-8]。

随着时代发展和科技的进步, 国内外产生许多区别于传统高温热杀菌技术的热杀菌技术^[9-14]和非热杀菌技术^[15-26], 其被应用于肉制品和一些植物基食品保鲜中。朱嵩^[9]探究了企业常用的杀菌方式对花生蛋白素肉肠保鲜效果的影响, 经过 100 °C 水浴杀菌 20 min 的素肠在贮藏 60 d 时, 其大肠杆菌数仍符合国家标准; 空白对照组在贮藏 12 d 时, 已超出国家规定标准。Huang 等^[14]比较了高温杀菌 (105 °C, 20 min) 和过氧化氢浸泡 (在体积分数为 0.25% 的 H₂O₂ 溶液中浸泡 10 min) 对石膏豆干品质的影响时, 发现经浸泡后豆干的初始菌落总数为 2.6 lg CFU/g, 高温灭菌处理后的菌落总数降低到了 0.9 lg CFU/g。Chen 等^[23]研究了不同盐浓度和真空包装对俄罗斯鲟鱼片品质和微生物动态的影响, 最后得出质量分数为 6% 的盐渍样品和真空包装相结合可有效延缓贮藏末期鱼片上优势菌群的生长。Derakhshan 等^[24]探究了经电子束辐照后, 在 4 °C 下保存 15 d 鹌鹑肉微生物指标的变化, 研究发现, 经过 1.5~3 kGy 剂量电子束处理的鹌鹑肉样品微生物数明显减少, 鹌鹑的货架期明显延长。上述技术不仅能够有效抑制微生物的生长和繁殖, 延长肉制品的货架期, 还能最大程度地保证肉制品的风味和营养^[27]。目前, 国内外对于植物基人造肉的研究主要集中于原料配比、生产工艺和相关新产品的开发, 对于植物基人造肉保鲜的相关研究甚少。该实验主要探讨微波杀菌和高压杀菌这 2 种杀菌方式对植物基人造肉的保鲜效果, 通过分析植物基人造肉贮藏期间 pH 值、硫代巴比妥酸、菌落总数、大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌等指标的变化, 掌握适合植物基人造肉的杀菌方式和应用效果。

1 实验

1.1 材料和试剂

主要材料: 大豆分离蛋白, 山东禹王生态食品有

限公司; 豌豆蛋白, 烟台双塔食品股份有限公司; 谷朊粉, 范县黄河实业有限公司; L-半胱氨酸, 河南万邦实业有限公司。

主要试剂: 双蒸水, 上海源叶生物科技有限公司; 三氯乙酸, 天津市北联精细化学晶开发有限公司; 硫代巴比妥酸、乙二胺四乙酸二钠, 沈阳东兴试剂厂; 氯化钠, 天津市化工三厂有限公司; 葡萄糖, 天津市大茂化学试剂厂, 试剂均为分析纯; 胰蛋白胨、琼脂粉、酵母浸膏、结晶紫中性红胆盐琼脂、煌绿乳糖胆盐肉汤、MRS 肉汤, 北京奥博星生物技术有限责任公司; 金黄色葡萄球菌显色培养基, 广东环凯生物科技有限公司; 沙门氏菌显色培养基 (第 2 代), 青岛高科园海波生物技术有限公司。

1.2 实验仪器

主要仪器: 36-40 型双螺杆挤压膨化机, 湖南创享智能科技有限公司; DZQ-380B 型真空包装机, 上海泉州市安尔盛机械有限公司; ED-1 型 pH 计, 上海雷磁仪器有限公司; UV-8000A 型紫外可见分光光度计, 上海市仪器仪表有限公司; 贝克曼冷冻离心机, 贝克曼库尔特商贸有限公司; LDZX-50KBS 型立式压力蒸汽灭菌器, 上海申安医疗器械厂; JQ-1000-TF 型程式恒温恒湿试验箱, 东莞市庆声试验设备有限公司; FA2204 型电子分析天平, 力辰科技股份有限公司; Galanz/格兰仕微波炉, 广东格兰仕集团有限公司。

1.3 植物基人造肉的制作

植物基人造肉由实验室自制, 具体配方: 豌豆蛋白 (质量分数为 45%)、大豆分离蛋白 (质量分数为 20%)、谷朊粉 (质量分数为 35%)、L-半胱氨酸 (质量分数为 5%)、米糠蛋白 (质量分数为 0.05%), 其余为蒸馏水。

工艺流程: 原料按比例称质量→混合→喂料→高湿挤压→磨口冷却→切割取样→自然冷却→装袋真空密封→冷藏保存。

挤压参数: 挤压温度为 160 °C, 螺杆转速为 280 r/min, 固体添加量为 8.5 kg/h, 水分添加量为 13.5 kg/h。

1.4 实验设计

1) 微波杀菌处理对植物基人造肉保鲜效果的研究。包装前对保鲜袋进行 121 °C, 20 min 的高压灭菌。制品在无菌间内进行切割, 待其冷却至常温。在无菌环境下称量后, 进行真空包装, 放入微波炉进行杀菌处理 (频率为 2450 MHz, 功率为 800 W, 时间为 60 s), 冷却后放入 4 °C 冰箱中贮藏, 备用。分别在贮藏前和贮藏 7, 14, 28, 56 d 测定植物基人造肉产品的指标

(pH 值、硫代巴比妥酸、菌落总数、大肠杆菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌)变化。

2) 高压杀菌处理对植物基人造肉保鲜效果的研究。包装前对保鲜袋进行 121 °C, 20 min 的高压灭菌。制品在无菌间内进行切割, 待其冷却至常温。在无菌环境下称量后, 进行真空包装, 然后高压灭菌 (121 °C, 20 min), 冷却后覆膜真空塑封包装, 放入 4 °C 冰箱中贮藏, 备用。分别在贮藏前和贮藏 7, 14, 28, 56 d 测定植物基人造肉产品的指标 (pH 值、硫代巴比妥酸、菌落总数、大肠杆菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌) 变化。

1.5 测定方法

1) pH 值测定。参照 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》对植物基人造肉产品的 pH 值进行测定^[28]。取被检人造肉样 5 g, 用均质机绞碎后, 再用煮沸过的 45 mL 双蒸水溶解, 中速振荡 30 min, 以 4000 r/min 离心 20 min, 测定上清液的 pH 值。

2) 硫代巴比妥酸值的测定。根据 GB 5009.181—2016《食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定》的分光光度法对植物基人造肉产品的硫代巴比妥酸值进行测定^[29]。

3) 菌落总数测定。参照 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物检验 菌落总数测定》对植物基人造肉产品的菌落总数进行测定^[30]。

4) 大肠杆菌数测定。参照 GB 4789.3—2016《食品安全国家标准 食品微生物检验 大肠杆菌计数》对植物基人造肉产品的大肠杆菌数进行测定^[31]。

5) 沙门氏菌的测定。参照 GB 4789.4—2016《食品安全国家标准 食品微生物检验 沙门氏菌检验》对植物基人造肉产品的沙门氏菌数进行测定^[32]。

6) 金黄色葡萄球菌的测定。参照 GB 4789.10—2016《食品安全国家标准 食品微生物检验 金黄色葡萄球菌检验》对植物基人造肉产品的金黄色葡萄球菌数进行测定^[33]。

1.6 数据分析

每组实验重复 3 次, 结果取平均值。采用 Origin 2019b 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉 pH 值的影响

微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉 pH 值的影响结果见表 1。由表 1 可知, 经过 2 种不同杀菌方式处理的植物基人造肉的 pH 值呈下降趋势。经过 56 d 的贮藏, 微波杀菌处理的人造肉的 pH 值从最开始的 7.30 下降至 7.24, 高压杀菌处理的人造肉的 pH 值从最开始的 7.20 下降至 7.11。由于 2 种杀菌方式对酵母类的微生物有明显的杀菌效果, 使得其产生的乳酸减少, 因此 2 种杀菌方式处理的人造肉 pH 值的变化趋势较为缓和。

2.2 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉硫代巴比妥酸值的影响

微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉硫代巴比妥酸值的影响结果见表 2。硫代巴比妥酸值表示食品中不饱和脂肪酸被氧化的程度, 通常用丙二醛含量来表示。由表 2 可知, 随着贮存时间的延长, 丙二醛含量的变化趋势为先上升后下降。这是因为包装中残存的空气将人造肉中的不饱和脂肪酸氧化, 导致处理样品呈现上升的趋势; 之后下降的原因是生成的次级代谢产物与肉制品中的氨基成分发生化学反应, 生成了聚合物, 抑制了自由基的产生, 阻断了过氧化物的形成, 使得样品的硫代巴比妥酸值下降^[34]。2 种杀菌方式相比较, 高压杀菌对于植物基人造肉脂肪氧化的抑制程度更好。

2.3 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉菌落总数的影响

微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉菌落总数的影响结果见表 3。由表 3 可知, 植物基人造肉菌落

表 1 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉 pH 值的影响

Tab.1 Effects of microwave sterilization and high-pressure sterilization on pH values of plant-based meat

杀菌方式	贮藏时间/d				
	0	7	14	28	56
空白对照	7.27±0.01 ^a	6.30±0.00 ^b	5.88±0.03 ^c		
微波杀菌	7.30±0.00 ^a	7.28±0.01 ^a	7.27±0.00 ^{abc}	7.24±0.00 ^{bc}	7.24±0.03 ^c
高压杀菌	7.20±0.01 ^a	7.16±0.01 ^b	7.15±0.00 ^{bc}	7.11±0.01 ^d	7.11±0.00 ^d

注: 数据均为平均值±标准差; 不同小写字母表示每行数据差异显著 ($P<0.05$)

表 2 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉硫代巴比妥酸值的影响
Tab.2 Effects of microwave sterilization and high-pressure sterilization on thiobarbituric acid value of plant-based mea

杀菌方式	贮藏时间/d				
	0	7	14	28	56
空白对照	0.022±0.000 ^c	0.324±0.004 ^b	0.587±0.007 ^a		
微波杀菌	0	0.044±0.000 ^d	0.132±0.000 ^b	0.236±0.002 ^a	0.098±0.001 ^c
高压杀菌	0	0.006±0.001 ^d	0.078±0.000 ^b	0.160±0.000 ^a	0.060±0.004 ^c

注：数据均为平均值±标准差；不同小写字母表示每行数据差异显著（*P*<0.05）

表 3 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉菌落总数的影响
Tab.3 Effects of microwave sterilization and high-pressure sterilization on the total bacterial count of plant-based meat
CFU/g

杀菌方式	贮藏时间/d				
	0	7	14	28	56
空白对照	625±15 ^c	9600±71 ^b	104 500±5 ^a		
微波杀菌	0	0	505±13 ^b	5350±6 ^a	多不可计
高压杀菌	0	140±3 ^c	605±11 ^b	12 150±16 ^a	多不可计

注：数据均为平均值±标准差；不同小写字母表示每行数据差异显著（*P*<0.05）

总数的变化趋势呈现逐步上升的趋势。在贮藏 28 d 时，高压杀菌处理的人造肉高于国家规定的菌落总数检出值（10⁴ CFU/g）^[35]。空白对照组在贮藏 14 d 左右时，菌落总数已经超过国家规定的超标值。经过 56 d 的贮藏，2 种杀菌方式处理的人造肉菌落总数均超出国家规定的超标值（10⁵ CFU/g^[35]）。2 种杀菌方式相比，微波杀菌的效果比高压杀菌的效果更好。

2.4 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉大肠杆菌的影响

微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉大肠杆菌的影响结果见表 4。国家规定大肠杆菌的检出值为 10 CFU/g，超标值为 100 CFU /g^[35]。由表 4 可知，经过 2 种杀菌方式处理的人造肉的大肠杆菌数均从 0 开始逐渐增加，直至超过国家规定的超标标准。空白对照组在贮藏 7 d 时，大肠杆菌已经超出国家规定超标值。2 种处理方式在贮藏 28 d 时，还未达到国家规定超标值；在贮存 56 d 时，已经远超国家规定。2 种杀菌方式相比，高压处理对大肠杆菌的杀灭作用更加显著。

2.5 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉沙门氏菌的影响

空白对照组、微波杀菌处理组和高压杀菌处理组的人造肉样品在贮藏前和贮藏 7，14，28，56 d 时均未检出沙门氏菌。根据国家标准食品中致病菌限量规

表 4 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉大肠杆菌的影响

Tab.4 Effects of microwave sterilization and high-pressure sterilization on <i>Escherichia coli</i> in plant-based meat CFU/g					
杀菌方式	贮藏时间/d				
	0	7	14	28	56
空白对照	83	2460	14 200		
微波杀菌	0	0	16	87	3120
高压杀菌	0	0	36	69	2680

定^[36]，食品中不能检出沙门氏菌。说明实验室制作的以豌豆为主的植物基人造肉符合国家标准。

2.6 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉金黄色葡萄球菌的影响

微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉金黄色葡萄球菌的影响结果见表 5。由表 5 可知，2 种杀菌方式在贮藏第 7 天时，金黄色葡萄球菌仍未检出。随着贮藏时间的延长，金黄色葡萄球菌逐渐增多，直到超出国家标准食品中致病菌限量超标值（1000 CFU/g^[36]）。2 种杀菌方式在贮藏 28 d 时，已经超出国家规定标准。空白对照组在贮藏 7 d 时就已超标。2 种杀菌方式相比，微波处理的样品对金黄色葡萄球菌的杀灭作用更加彻底。

表 5 微波杀菌和高压杀菌对植物基人造肉金黄色葡萄球菌的影响

Tab.5 Effects of microwave sterilization and high-pressure sterilization on *Staphylococcus aureus* in plant-based meat CFU/g

杀菌方式	贮藏时间/d				
	0	7	14	28	56
空白对照	13±4 ^c	660±34 ^b	3200±47 ^a		
微波杀菌	0	0	10±9 ^c	660±25 ^b	1110±43 ^a
高压杀菌	0	0	30±5 ^c	820±12 ^b	2330±29 ^a

注：数据均为平均值±标准差；不同小写字母表示每行数据差异显著（ $P<0.05$ ）

3 结语

研究了微波杀菌和高压杀菌这 2 种不同的杀菌方式对实验室自制的以豌豆蛋白为主的植物基人造肉保鲜效果的影响。在不同的贮藏时间下，对植物基人造肉的 pH 值、硫代巴比妥酸值、菌落总数、大肠杆菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌进行了测定，同时做空白对照实验。实验结果表明，空白对照组在贮藏 14 d 时，腐败严重；大肠杆菌和金黄色葡萄球菌在贮藏 7 d 时，均已超出国家规定超标值；pH 值和硫代巴比妥酸值的变化趋势大，植物基人造肉的品质损坏严重。微波杀菌和高压杀菌这 2 种杀菌方式在贮藏 56 d 时，微生物指标均超过国家规定超标值。比较前 28 d 的实验数据，微波杀菌所得到的数据指标均优于高压杀菌，微波杀菌更适合以豌豆蛋白为主的植物基人造肉的保鲜。该实验为探究植物基人造肉适合的杀菌方式提供了参考价值。

参考文献：

- [1] 何君林, 杨骏. 2050 年全球人口将近百亿[J]. 建筑工人, 2006(5): 52.
HE Qun-lin, YANG Jun. The Global Population is Close to 10 Billion in 2050[J]. Builders' Monthly, 2006(5): 52.
- [2] 冯志华. 人造肉取代畜牧业?[J]. 环球科学, 2011(7): 64—69.
FENG Zhi-hua. Artificial Meat Instead of Animal Husbandry?[J]. Global Science, 2011(7): 64—69.
- [3] 赖太平. 比真肉更安全的“人造肉”[J]. 大众科学, 2017(10): 44—45.
LAI Tai-ping. Safer Than Real "Artificial Meat"[J]. China Public Science, 2017(10): 44—45.
- [4] MALAV O P, TALUKDER S, GOKULAKRISHNAN P, et al. Meat Analog: A Review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2015, 55: 1241—1245.
- [5] ISMAIL I, HWANG Y H, JOO S T. Meat Analog as Future Food: A Review[J]. Journal of Animal Science and Technology, 2020, 62(2): 111—120.
- [6] JIE H C, SIMON M L, ALLAN K H, et al. Effects of Soy Protein to Wheat Gluten Ratio on the Physico-chemical Properties of Extruded Meat Analogues[J]. Food Structure, 2019, 19: 100—102.
- [7] 王守伟, 李石磊, 李莹莹, 等. 人造肉分类与命名分析及规范建议[J]. 食品科学, 2020, 41(11): 310—316.
WANG Shou-wei, LI Shi-lei, LI Ying-ying, et al. Classification and Nomenclature of Artificial Meat[J]. Food Science, 2020, 41(11): 310—316.
- [8] 张斌, 屠康. 传统肉类替代品——人造肉的研究进展[J]. 食品工业科技, 2020, 41(9): 327—333.
ZHANG Bin, TU Kang. The Research Advance of Traditional Meat Substitutes—Artificial Meat[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(9): 327—333.
- [9] 朱嵩. 基于高水分挤压技术的花生蛋白素肠制备及其贮藏特性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2019: 13—17.
ZHU Song. A Study on the Preparation and Storage Characteristics of Peanut Protein Bowel Based on High Water Extrusion Technology[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2019: 13—17.
- [10] 王金玲. 畜禽肉及制品的保鲜技术[J]. 现代畜牧科技, 2020(12): 56.
WANG Jin-ling. Fresh-Keeping Techniques for Livestock and Poultry Meat and Products[J]. Modern Livestock Technology, 2020(12): 56.
- [11] GUSTAVO V, BARBOSA C, AILCE M M. Advanced Retorting, Microwave Assisted Thermal Sterilization(MATS), and Pressure Assisted Thermal Sterilization (PATS) to Process Meat Products[J]. Meat Science, 2014(3): 420—434.
- [12] 唐锐, 刘学军, 靖玉林, 等. 微波-高压蒸汽复合杀菌对鸡骨泥肝酱品质的影响及营养分析[J/OL]. 吉林农业大学学报: 1—7[2021-03-08]. <https://doi.org/10.13327/j.jjlau.2020.4839>.
TANG Rui, LIU Xue-jun, JING Yu-lin, et al. Effect of Microwave and High Pressure Steam Combined Sterilization on the Quality of Bone Liver Paste and the Detection of Nutritional Composition[J/OL]. Journal of Jilin Agricultural University: 1—7[2021-03-08]. <https://doi.org/10.13327/j.jjlau.2020.4839>.
- [13] 叶韬, 陈志娜, 叶倩文, 等. 不同杀菌方式对即食豆干大豆异黄酮及品质特性的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(7): 124—130.
YE Tao, CHEN Zhi-na, YE Qian-wen, et al. Effect of Different Sterilization Methods on Isoflavone Profile and Quality Characteristics of Ready-to-Eat Dried Soybean Curd(Tofu)[J]. Food Science, 2020, 41(7): 124—130.
- [14] HUANG Tou-chi, FU Hui-yin, HOU Chi-tang, et al. Comparative Studies on Some Quality Attributes of Firm Tofu Sterilize with Traditional and Autoclaving Methods[J]. Journal of Agricultural and Food Chemi-

- stry, 2003, 51(1): 254—259.
- [15] 洪奇华, 王梁燕, 孙志明, 等. 辐照技术在肉制品加工保鲜中的应用[J]. 核农学报, 2021, 35(3): 667—673.
HONG Qi-hua, WANG Liang-yan, SUN Zhi-ming, et al. Application of Irradiation Technology in Processing and Preservation of Meat Products[J]. Journal of Nuclear Agriculture, 2021, 35(3): 667—673.
- [16] 雷英杰, 王卫, 刘文龙, 等. 调理肉制品防腐保鲜技术研究进展[J]. 农产品加工, 2020(22): 98—102.
LEI Ying-jie, WANG Wei, LIU Wen-long, et al. Advances in Anti-Corrosion and Fresh-Keeping Technology of Recuperating Meat Products[J]. Processing of Agricultural Products, 2020(22): 98—102.
- [17] 邢智彬, 娜音图, 吴晓彤. 驴肉品质及低温保鲜技术研究进展[J]. 食品科技, 2020, 45(1): 174—177.
XING Zhi-bin, NA Yin-tu, WU Xiao-tong. Advances in Research on Quality and Low Temperature Preservation of Donkey Meat[J]. Food Technology, 2020, 45(1): 174—177.
- [18] 李睿, 钟正泽. 肉制品非热力保鲜技术研究进展[J]. 畜禽业, 2020, 31(1): 8—10.
LI Rui, ZHONG Zheng-ze. Advances in Non-Thermal Preservation Technology of Meat Products[J]. Livestock and Poultry Industry, 2020, 31(1): 8—10.
- [19] 刘悦, 贺稚非, 李洪军, 等. 非热杀菌技术在肉及肉制品中的应用研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(10): 88—95.
LIU Yue, HE Zhi-fei, LI Hong-jun, et al. Advances in the Application of Non-Thermal Bactericidal Techniques in Meat and Meat Products[J]. Meat Research, 2020, 34(10): 88—95.
- [20] 张根生, 丁一丹, 郑野, 等. 预调理肉制品防腐保鲜技术的研究进展[J]. 中国调味品, 2020, 45(6): 185—190.
Zhang Gen-sheng, Ding Yi-dan, Zheng Ye, et al. Advances in Anti-Corrosion and Fresh-Keeping Technology of Pretreatment Meat Products[J]. Chinese Condiments, 2020, 45(6): 185—190.
- [21] 周亚军, 方辉, 李圣桡, 等. 肉制品保鲜技术研究进展[J]. 农产品加工, 2019(20): 67—71.
ZHOU Ya-jun, FANG Hui, LI Sheng-di, et al. Advances in Meat Preservation Technology[J]. Processing of Agricultural Products, 2019(20): 67—71.
- [22] 陈雪, 罗欣, 朱立贤, 等. 牛羊肉冰温保鲜技术研究进展[J]. 食品科学, 2019, 40(7): 314—319.
Chen Xue, Luo Xin, Zhu Li-xian, et al. A Review of the Application of Superchilling on Beef and Mutton[J]. Food Science, 2019, 40(7): 314—319.
- [23] CHEN Yue-wen, CAI Wen-qiang, SHI Yu-gang, et al. Effects of Different Salt Concentrations and Vacuum Packaging on the Shelf-Stability of Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedti*) Stored at 4 °C[J]. Food Control, 2020(2): 106—109.
- [24] DERA KHSHAN Z, OLIVERI C G, HEYDARI A, et al. Survey on the Effects of Electron Beam Irradiation on Chemical Quality and Sensory properties on Quail Meat[J]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 112: 416—420.
- [25] ROSSOW M, LUDEWIG M, BRAUN P G, et al. Effect of Cold Atmospheric Pressure Plasma Treatment on Inactivation of *Campylobacter jejuni* on Chicken Skin and Breast Fillet[J]. LWT -Food Science and Technology, 2018(5): 265—270.
- [26] FENG X, MOON S, LEE H, et al. Effect of Irradiation on the Parameters that Influence Quality Characteristics of Uncured and Cured Cooked Turkey Meat Products[J]. Poultry Science, 2016, 95(12): 2986—2992.
- [27] MISRA N N, KOU BAA M, ROOHINEJAD S, et al. Landmarks in the Historical Development of Twenty First Century Food Processing Technologies[J]. Food Research International, 2017, 97: 318—339.
- [28] GB 5009.237—2016, 食品安全国家标准 食品 pH 值的测定[S].
GB 5009.237—2016, Determination of Food pH Values of National Food Safety Standard[S].
- [29] GB 5009.181—2016, 食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定[S].
GB 5009.181—2016, Determination of Malondialdehyde in National Food Safety Standard[S].
- [30] 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[S].
GB 4789.2—2016, Determination of Total Bacterial Count in Food Microbiological Test of National Food Safety Standard[S].
- [31] GB 4789.3—2016, 食品安全国家标准 食品微生物学检验大肠杆菌计数[S].
GB 4789.3—2016, Determination of *E. coli* in Food Microbiological Test of Food Safety National Standard[S].
- [32] GB 4789.4—2016, 食品安全国家标准 食品微生物学检验沙门氏菌检验[S].
GB 4789.4—2016, Determination of *Salmonella* in Food Microbiological Test of Food Safety National Standard[S].
- [33] GB 4789.10—2016, 食品安全国家标准 食品微生物学检验金黄色葡萄球菌检验[S].
GB 4789.10—2016, Determination of *Staphylococcus aureus* in Food Microbiological Test of Food Safety National Standard[S].
- [34] 牛佳, 陈辉, 罗瑞明. 不同减菌方式对滩羊肉制品货架期的影响[J]. 肉类研究, 2017, 31(7): 34—43.
NIU Jia, CHEN Hui, LUO Rui-ming. Effects of Different Ways of Reducing Bacteria on Shelf Life of Tan Mutton Products[J]. Meat Research, 2017, 31(7): 34—43.
- [35] GB 2726—2016, 食品安全国家标准 熟肉制品[S].
GB 2726—2016, National Food Safety Standard Cooked Meat Products[S].
- [36] GB 29921—2013, 食品安全国家标准 食品中致病菌限量[S].
GB 29921—2013, Limit of pathogenic bacteria in food of Food Safety National Standard[S].