

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240112005

酱大排杀菌条件及冷藏过程品质变化的研究

曹睿^{1,2}, 王辉³, 高沛^{1,2*}, 张希娟^{1,2}, 姜启兴^{1,2}, 于沛沛^{1,2}

(1. 江南大学食品学院, 无锡 214122; 2. 江南大学江苏省食品安全与质量控制协同创新中心, 无锡 214122;
3. 常熟市江南畜禽食品有限公司, 常熟 215500)

摘要: **目的** 研究酱大排的杀菌条件与冷藏过程中的品质变化, 解决酱大排保藏困难、容易变质的难题。**方法** 通过测定低温条件下的杀菌曲线及杀菌强度(F 值), 研究不同杀菌条件对酱大排微生物、质构、色泽、感官的影响, 为酱大排选择最合适的低强度灭菌方案并分析了冷藏过程中的品质变化。**结果** 依据 85、90、95、100℃下的灭菌曲线, 选择 F 值为 5、6、8 min, 保温实验表明 3 种 F 值的产品均未胀袋, 但 5 min、6 min 下的菌落总数超出安全范围, 货架期较短, 选择 $F=8$ min。对采用不同的杀菌时间温度组合进行灭菌的产品进行了色泽、质构及感官指标的分析, 发现色泽在 95℃的灭菌温度下指标较好, 而质构在 95~100℃的灭菌温度下均较好, 且消费者对于 95℃的灭菌温度下喜好度较高, 因此确定选择 95℃、23 min 的灭菌条件。在 4℃冷藏过程中, 相比于普通包装, 真空包装能够有效减缓品质劣化, 并且具有较高的感官评分。**结论** 选择 $F=8$ min, 95℃、23 min 杀菌条件结合真空包装, 可以延长酱大排的冷藏货架期并保持较好的品质。

关键词: 酱大排; 低温杀菌; 包装方式; 品质

Study on sterilization conditions and quality changes in refrigeration process of sauce pork ribs

CAO Rui^{1,2}, WANG Hui³, GAO Pei^{1,2*}, ZHANG Xi-Juan^{1,2}, JIANG Qi-Xing^{1,2}, YU Pei-Pei^{1,2}

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Synergetic Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;
3. Changshu Jiangnan Livestock and Poultry Food Co., Ltd., Changshu 215500, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the sterilization conditions and quality changes during refrigeration of sauce pork ribs, in order to solve the problems of difficult preservation and easy spoilage of sauce pork ribs. **Methods** Measured the sterilization curve and sterilization intensity (F -value) under low temperature conditions and studied the effects of different sterilization conditions on the microorganisms, texture, color, and sensory properties of sauce pork ribs. The most suitable low intensity sterilization plan for sauce pork ribs was selected and the quality changes during refrigeration were analyzed. **Results** Based on the sterilization curves at 85, 90, 95 and 100℃, select F values of 5, 6, and 8 min. The insulation experiment showed that all products did not expand the bag, but the total number of bacterial colonies at 5 min and 6 min exceeded the safe range, and the shelf life was relatively short. Therefore, $F=8$ min was chosen. Analyzed the color, texture, and sensory indicators of products with different

基金项目: 常熟市科技发展计划项目(CN202213)

Fund: Supported by the Changshu Science and Technology Development Plan Project (CN202213)

*通信作者: 高沛, 博士, 副研究员, 主要研究方向为食品加工与保藏。E-mail: g_pei1988@163.com

*Corresponding author: GAO Pei, Ph.D, Associate Professor, School of Food Science and Technology, Jiangnan University, No.1800, Lihu Avenue, Binhu District, Wuxi 214122, China. E-mail: g_pei1988@163.com

sterilization time and temperature, and founded that the color was better at a sterilization temperature of 95°C, while the texture was better at a sterilization temperature of 95–100°C. Moreover, consumers had a higher preference for sterilization at a temperature of 95°C. Therefore, the sterilization conditions of 95°C and 23 minutes were chosen. In the refrigeration process at 4°C, vacuum packaging could effectively slow down quality deterioration compared to ordinary packaging, and had a higher sensory score. **Conclusion** In summary, selecting sterilization conditions of $F=8$ minutes, 95°C, and 23 minutes combined with vacuum packaging can extend the refrigerated shelf life of sauce pork ribs and maintain good quality.

KEY WORDS: sauce pork ribs; low temperature sterilization; packaging method; quality

0 引言

酱卤肉制品作为我国的传统肉制品,因其风味鲜美、制作简单且营养丰富,深受我国国民的喜爱^[1-2]。酱卤肉在我国消费量大,有着广阔的市场发展空间。酱卤肉的加工主要通过将原料肉经过预煮、腌制等工艺后于添加各种香辛料及调味料的卤汤中煮制,从而形成酱卤肉独特的风味。我国幅员辽阔,形成了各地不同的饮食习惯,也产生了多种多样各具特色的酱卤肉产品,如南京盐水鸭、无锡糖醋排骨等^[3-5]。

然而,如今市面上的酱卤肉制品仍大多采用传统加工方法,缺乏安全卫生意识^[6],且酱卤肉加工过程中由于其中心温度低,一些耐热性高的腐败菌或是芽孢并不能完全杀死^[7-8],且酱卤肉制品水分活度较高,盐分含量低,容易发生腐败变质,货架期一般很短,仅能维持几天,不利于远距离输送和销售^[9-13],储存时残留的微生物如大肠杆菌、伤寒沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、单核细胞增生李斯特氏菌、弯曲杆菌、肉毒梭菌和志贺氏菌等病原微生物^[14-15]容易大量繁殖,导致一些食品安全问题的产生。如今人们食品安全的意识不断提高,如何延长酱大排的货架期并减少其品质的损失成为了目前酱卤肉制品加工过程中的关键难题。热杀菌因其操作简单、效果显著、经济实惠等优点在酱卤肉制品的杀菌中应用广泛。热杀菌可以分为低温杀菌和高温杀菌^[4]。采用高温高压杀菌虽然可以延长酱大排货架期,但高温高压会严重损坏酱大排的品质,降低酱大排的商业价值^[16-20]。而低温杀菌虽然难以杀灭一些具有芽孢的非致病菌,货架期短,但能减少杀菌过程中品质的流失,最大限度地保留食品原有的品质。低温杀菌一般采用冷藏保鲜的方式以延长货架期。宋盼等^[17]对盐水鸭采用 3 种热杀菌温度(85、95、121°C)进行灭菌,发现 85、95°C 灭菌可将货架期延长至 45 d,121°C 灭菌可延长至 2 个月以上,且低温灭菌的盐水鸭质构及风味较好,而高温灭菌的盐水鸭质构较差。葛鑫禹等^[18]比较了 3 种杀菌条件(80°C, 30 min、100°C, 30 min、121°C, 20 min)对炖羊肉的品质影响,发现较低温度时对炖羊肉的品质影响较小,且杀菌能够提高炖羊肉的感官评分。目前针对酱大排低温杀菌效果的研究较

少,也很少比较相同杀菌强度(F 值)下不同杀菌温度的杀菌效果。因此,本研究采用低温杀菌的方式,探究了不同 F 值以及不同杀菌温度时间下酱大排的品质差异,并分析了其在保藏期间的品质变化,保留酱大排品质的同时尽可能延长产品的保存期,为延长酱大排的冷链运输及其销售提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜猪大排购于无锡滨湖区蚂蚱农场 87 号店,生姜、大蒜、辣椒、绵白糖、食盐、料酒、酱油、味精、豆瓣酱、胡椒粉购于叮咚买菜雪新苑站;铝箔高温蒸煮袋购于河北网世包装有限公司,材质为聚对苯二甲酸乙二醇酯(polyethylene terephthalate, PET)+铝箔(aluminum foil, AL)+聚乙烯(polyethylene, PE),氧气透过率为 $46.0 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$,水蒸气透过率为 $3.12 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$,尺寸为 $150 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 。

三氯乙酸、2-硫代巴比妥酸、氯化钾、乙二胺四乙酸、丙二醛、氧化镁、硼酸、氢氧化钠、无水乙醇(分析纯)、平板计数琼脂(国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

DZ-280/2SE 型真空封口机(东莞市金桥科技电器制造有限公司);TA-XT2i 型质构仪(英国 Stable Micro System 公司);GHP-9050 型恒温培养箱、DK-8AXX 型恒温水浴锅(上海一恒科技有限公司);UV-1000 型紫外分光光度计(上海天美科学仪器有限公司);KDN-103F 型自动凯氏定氮仪(上海纤检仪器有限公司);UltraScan Pro1166 型高精度分光色差仪(美国 Hunterlab 公司);AX223ZH 型精密天平(精度 0.001 g , 美国 OHAUS 公司);C21-Simple101 型电磁炉(广东美的生活电器制造有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 酱大排产品加工工艺

工艺流程:原料酱大排→切片→清洗→腌制→卤煮→冷却→包装→灭菌→冷却→成品。

选用新鲜猪大排,切成 1 cm 左右厚度的片状;清洗;

剔除多余筋膜后,加入 3%食盐、1%白砂糖、0.5%味精和 40%水进行腌制 1.5 h;腌制后将肉放入煮锅中,加入 5%食盐、5%酱油、3.5%白砂糖、4%料酒、2%豆瓣酱、0.8%辣椒、5%姜、6%大蒜、0.8%味精、0.4%胡椒粉和 8%香辛料,然后按照肉水质量比 1:8 进行煮制 1.5 h;煮制结束后取出,置于无菌室内冷却。

1.3.2 杀菌条件的确定

根据 1.3.1 制备产品,采用真空包装(真空时间 22 s,热封时间 5 s,冷却时间 5 s)的方式,在 80、85、90、95、100℃下进行灭菌,测定灭菌过程的杀菌曲线,确定 F 值。采用 150 mm×200 mm×10 mm 的制品尺寸在 80℃下灭菌,根据灭菌效果确定合适的制品尺寸。在确定的 F 值下采用不同的杀菌温度时间组合进行灭菌,对灭菌后的产品进行质构、色泽、感官评定,选择最优的杀菌温度与时间组合。

1.3.3 包装方式对酱大排保藏的影响研究

根据 1.3.1 制备产品,分别采用真空包装、普通包装对酱大排进行包装,按照 1.3.2 确定的杀菌条件进行杀菌,冷却后置于 4℃冰箱内贮藏,在第 0、1、3、5、7 d 取样进行酱大排理化指标、微生物和感官测定。

1.3.4 指标测定方法

1) pH 的测定

参照张路遥^[21]的方法进行测定并稍作修改。称取 2 g 绞碎后的大排肉,加入 18 mL 去离子水,均质 1 min 后用 pH 计测定 pH。

2)水分含量的测定

按照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》,采用直接干燥法进行测定。

3)挥发性盐基氮的测定

按照 GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》,采用自动凯氏定氮法测定挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)含量。

4)硫代巴比妥酸值的测定

参照赵越^[22]的方法对硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid, TBA)进行测定。

5)质构的测定

参照赵越^[22]的方法采用质构仪进行测定并稍作修改。将肉块切成 20 mm×20 mm×10 mm 的小块于质构仪上进行

测定。采用探头 P/35,各项参数为:测前探头下降速度为 2.0 mm/s,测试速度为 1.0 mm/s,测后探头回复速度为 2.0 mm/s,压缩形变量 50%,间隔时间 5 s,触发力 5 g。每份样品测定 6 组平行,取其中接近的 3 组计算平均值。

6)色泽的测定

使用色差仪对肉品的 L^* 、 a^* 和 b^* 进行测定。首先用标准白板与黑板对色差仪进行校正,然后在样品大排表面选择 4 个测定点,其中正面 2 个反面 2 个。将色差仪的镜头紧贴肉表面进行测定,测定结果取平均值。

7)菌落总数的测定

按照 GB 4789.2—2022《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》进行测定。

8)感官评定

邀请 10 名学生(其中男生 5 名,女生 5 名)按照 GB/T 16860—1997《感官分析方法 质地剖面检验》对产品色泽、风味、质构进行感官评分,评分标准见表 1。

1.4 数据处理

实验重复 3 次测定,采用 IBM SPSS Statistics 19 进行显著性分析,采用 Origin Lab Origin 2022 进行绘图。

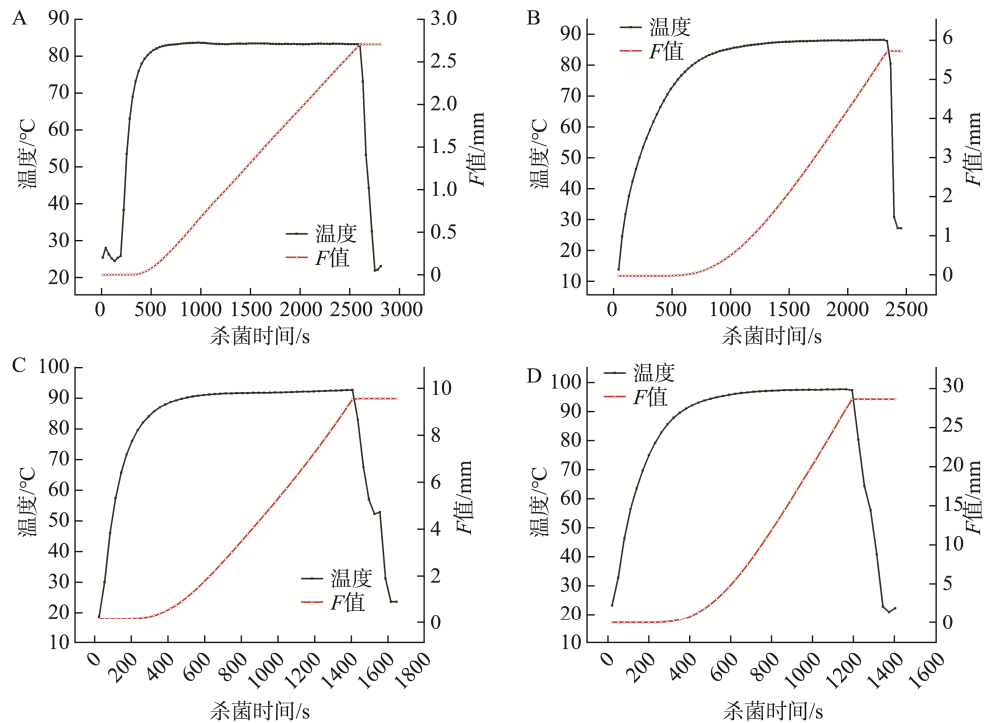
2 结果与分析

2.1 杀菌强度 F 值的确定

杀菌强度 F 值代表了一定温度下将环境中一定量的微生物全部杀死所需要的时间。通过测定计算 F 值,可以将不同的杀菌温度、时间组合换算成同一温度下的 F 值,从而比较不同杀菌温度、时间组合的效果。张培旗等^[23]采用 90℃、15 min 的杀菌条件制作酱猪蹄,发现酱猪蹄在 4℃、真空包装下货架期能够达到 30 d。现有研究表明^[24-29],低温灭菌能够很好地保留产品的品质。因此,本研究将真空包装后的酱大排放入 85、90、95、100℃的水浴锅中灭菌,测定产品中心温度的变化,并将其转化为 93.3℃下的 F 值。图 1 显示了这 4 种温度下的灭菌曲线。曲线充分反映了杀菌过程中产品中心温度的变化,可以用于计算 F 值,评价杀菌效果。通过该曲线可计算出相同 F 值下的不同杀菌温度和时间组合,从而比较相同 F 值下不同杀菌条件的杀菌效果。

表 1 感官评分指标及标准
Table 1 Sensory scoring indicators and standards

项目	7~8 分	5~6 分	3~4 分	1~2 分
色泽	色泽诱人,无褪色现象	色泽尚可,略有褪色	色泽暗淡,有斑纹	色泽变化严重伴有腐烂
气味	肉香浓郁,香气诱人	肉香较淡,无异味	无特殊香味,略有异味	异味严重
组织状态	肉块完整而致密,富有弹性	肉块较为致密,略有弹性	肉块略有破碎,质地松散	肉块破碎严重
口感滋味	滋味丰富,口感滑嫩细腻	味道较好,口感适中	味道口感较差	味道糟糕,口感难以接受



注: A、B、C、D 分别为 85、90、95、100℃ 的杀菌曲线。

图1 不同温度下的杀菌曲线

Fig.1 Sterilization curves at different temperatures

参照张培旗等^[23]的杀菌条件(90℃, 15 min), 杀菌曲线显示, $F=5$ min 时, 90℃下的恒温时间约为 16 min, 因此, 为使得灭菌效果尽可能好, 并最大程度减少灭菌对产品品质的影响, 选择 F 值为 5 min, 并在此之上添加 0%、20%、60%的安全系数, 使 F 值分别达到 5、6、8 min, 根据图 1 计算升温与恒温阶段 F 值的积累, 得到相应的杀菌时间, 如表 2 所示。计算过程扣除了降温阶段的 F 值, 因此最终实际的 F 值略大于设定值。

表 2 相同 F 值下不同杀菌温度的杀菌时间组合
Table 2 Combination of sterilization time at different sterilization temperatures under the same F -value

F 值/min	杀菌温度/℃	杀菌时间/min
5	85	72
5	90	36
5	95	16
5	100	8
6	85	85
6	90	42
6	95	18
6	100	8.5
8	85	112
8	90	53
8	95	23
8	100	11.5

将采用不同 F 值进行杀菌后的样品与(37±1)℃的恒温培养箱内保存 10 d, 观察产品是否发生胀袋现象, 以此确定该 F 值下产品是否安全。最终发现在 3 种 F 值下 37℃保藏后均未发生胀袋。对保藏 10 d 后的产品进行菌落总数测定, 测定结果如表 3 所示。

表 3 F 值对产品安全度的影响
Table 3 Influences of F -value on product safety

F 值/min	保藏条件	胀袋情况	菌落总数/(CFU/g)
5	37℃/10 d	未胀袋	6.1×10^5
5	4℃/10 d	未胀袋	3.2×10^4
6	37℃/10 d	未胀袋	2.5×10^5
6	4℃/10 d	未胀袋	2.2×10^4
8	37℃/10 d	未胀袋	4.4×10^4
8	4℃/10 d	未胀袋	2.7×10^3

根据 GB 2726—2016《食品安全国家标准 熟肉制品》要求, 酱卤肉制品菌落总数不得超过 10^5 CFU/g, 保温实验结果表明, F 值为 5 min 时在 37℃下保藏 10 d 后的产品中菌落总数远远超过了 GB 2726—2016 的要求, 而在 4℃保藏条件下菌落总数较少, 但也接近 GB 2726—2016 规定的限量要求。 F 值为 6 min 时在 37℃保藏下 10 d 也超过 GB 2726—2016 的要求, 而采用 8 min 的 F 值时两种保藏条件下菌落总数均显著降低, 有着较好的灭菌效果。因此从安全

性的角度考虑, 应至少采用 6 min 以上的灭菌强度, 且 8 min 的灭菌效果远好于 5 min 和 6 min, 从延长产品货架期的角度来看应当优先考虑。

2.2 杀菌温度与时间的确定

在相同的 F 值下, 不同的温度与时间的组合也会显著影响产品的质构、色泽、风味等属性。提高杀菌温度能够减少杀菌时间, 从而减少产品品质变化的时间, 但温度的升高也会加快品质变化的速度。

色泽代表了消费者对产品的第一印象, 对消费者的购买欲望起着重要的作用。酱大排色泽测定结果如表 4 所

示。对于肉制品而言, a^* 的高低对肉制品的色泽是否诱人起着十分重要的作用, 因此 95℃下杀菌下的产品色泽最好, 且 L^* 较高, 说明产品的褐变情况较少。

不同杀菌条件对酱大排产品质构的影响如表 5 所示。当 F 值较低时, 产品的硬度、咀嚼性均较高, 随着 F 值的提升, 产品的硬度、咀嚼性均有下降, 内聚性, 回复性也略有下降, 但下降并不明显, 而弹性则变化不明显。这说明 F 值的提高会损坏酱大排的质构。在相同的杀菌条件下, 不同的温度、时间组合下对产品质构的影响并不明显。总体来说, 采用 95~100℃的温度进行灭菌时所得的产品质构最佳。

表 4 杀菌条件对色泽的影响
Table 4 Effects of sterilization conditions on color

F 值/min	杀菌条件	L^*	a^*	b^*
5	85℃/72 min	50.25±0.73 ^{bc}	11.30±1.64 ^a	23.71±1.10 ^{abc}
6	85℃/85 min	48.78±3.39 ^{bc}	7.95±0.15 ^b	20.75±0.53 ^{cd}
8	85℃/112 min	48.71±1.24 ^{bc}	9.63±0.40 ^{ab}	21.11±1.20 ^{cd}
5	90℃/36 min	50.93±1.74 ^{ab}	10.07±0.18 ^{ab}	24.71±0.29 ^{ab}
6	90℃/42 min	50.50±0.23 ^{ab}	10.04±0.09 ^{ab}	23.07±0.60 ^{abcd}
8	90℃/53 min	50.12±1.57 ^{bc}	9.26±0.74 ^{ab}	22.62±0.94 ^{abcd}
5	95℃/16 min	55.14±0.85 ^a	10.59±1.48 ^a	25.38±1.44 ^a
6	95℃/18 min	45.45±1.03 ^c	10.53±0.32 ^a	23.37±1.53 ^{abc}
8	95℃/23 min	50.35±0.79 ^{ab}	10.32±1.00 ^{ab}	22.89±1.59 ^{abcd}
5	100℃/8 min	51.91±0.35 ^{ab}	9.05±0.15 ^{ab}	22.05±0.47 ^{bcd}
6	100℃/8.5 min	49.38±2.95 ^{bc}	9.00±0.83 ^{ab}	20.02±1.57 ^d
8	100℃/11.5 min	51.93±0.04 ^{ab}	9.57±0.10 ^{ab}	23.49±0.06 ^{abc}

注: 各组间不同字母代表差异显著($P<0.05$), 下同。

表 5 杀菌条件对产品质构的影响
Table 5 Effects of sterilization conditions on product texture

F 值/min	杀菌条件	硬度/g	弹性	内聚性	咀嚼性/g	回复性
5	85℃/72 min	5215.27±239.22 ^{ab}	0.55±0.05 ^d	0.42±0.05 ^{bcd}	1217.77±298.13 ^b	0.138±0.02 ^d
6	85℃/85 min	4095.02±160.48 ^{ef}	0.62±0.04 ^{bc}	0.41±0.01 ^{cd}	1158.17±273.32 ^b	0.134±0.00 ^d
8	85℃/112 min	3560.87±150.31 ^f	0.60±0.02 ^{cd}	0.42±0.05 ^{bcd}	915.84±97.52 ^b	0.143±0.02 ^{cd}
5	90℃/36 min	4948.05±95.05 ^{abc}	0.62±0.06 ^{bc}	0.41±0.03 ^{cd}	1309.99±217.12 ^b	0.133±0.01 ^d
6	90℃/42 min	4372.12±246.82 ^{cde}	0.64±0.01 ^{bcd}	0.41±0.01 ^d	1251.45±102.46 ^b	0.133±0.00 ^d
8	90℃/53 min	4267.47±180.76 ^{de}	0.62±0.04 ^{bcd}	0.41±0.04 ^{cd}	1095.20±153.64 ^b	0.132±0.01 ^d
5	95℃/16 min	4952.81±169.68 ^{ab}	0.65±0.02 ^{ab}	0.50±0.03 ^a	1373.03±205.07 ^b	0.177±0.01 ^a
6	95℃/18 min	5455.79±151.03 ^a	0.72±0.03 ^a	0.48±0.01 ^{ab}	1884.76±49.24 ^a	0.169±0.00 ^{ab}
8	95℃/23 min	4467.30±102.64 ^{cde}	0.63±0.06 ^{bcd}	0.47±0.02 ^{abc}	1251.06±242.18 ^b	0.151±0.01 ^{abc}
5	100℃/8 min	4526.89±241.25 ^{cde}	0.66±0.01 ^{bc}	0.43±0.03 ^{abcd}	1300.51±296.07 ^b	0.148±0.02 ^{abc}
6	100℃/8.5 min	4653.92±157.42 ^{bcd}	0.68±0.03 ^{ab}	0.41±0.02 ^{bcd}	1313.12±40.32 ^b	0.147±0.01 ^{abc}
8	100℃/11.5 min	4427.21±201.01 ^{cde}	0.67±0.04 ^{abc}	0.41±0.05 ^{cd}	1313.69±55.68 ^b	0.149±0.03 ^{abc}

感官评定直接显示了产品的风味、色泽、质构等指标对于消费者接受程度的影响,是对酱大排产品品质的综合评估,对于确定最佳的灭菌条件,选择对产品品质影响最小的杀菌温度与时间的组合有着重要的意义。表 6 显示了不同杀菌条件对酱大排产品感官品质的影响。从表 6 中可以看出,不同杀菌条件下的酱大排的色泽变化不大,消费者难以用肉眼看出差别,色泽评分大致都相同。随着温度及 F 值的提升,产品的气味评分提升,这可能是由于温度的提高导致酱大排中香气挥发加快,使消费者更容易闻到肉香味。组织状态的评分随着温度及 F 值的提升呈现下降的趋势,这与之前对酱大排质构的检测基本一致。口感滋味的评分则随着温度提升呈升高趋势,这可能是因为软烂的口感比柴干的口感更符合消费者的喜好,且会使得产品的滋味更加丰富,但在高温高 F 值下口感滋味的评分略有降低,最高评分出现于 100°C 、8 min 的杀菌组合,其次是 95°C 、23 min, 100°C 、8.5 min。总体来看,温度过低或过高、 F 值过低或过高都会导致感官指标下降,在 95°C 、23 min, 100°C 、8 min, 100°C 、8.5 min 的杀菌组合时产品的感官指标均较好。

因此,选择 95°C 的灭菌条件,产品的色泽、质构及感官指标均较好。安全性是食品保藏中最重要的指标,在首先保证产品的安全货架期的前提下,选择 F 值为 8 min, 95°C 、23 min 的杀菌条件最佳,既能保证产品的安全又能保证产品的质量不会下降很多,同时对消费者的接受程度较好。

2.3 不同包装方式对酱大排贮藏过程中 pH 的影响

贮藏过程中 pH 的变化受到多种因素的作用。由图 2 可知,不同包装方式的酱大排贮藏期间的 pH 在 5.0~5.3 附

近,且呈现下降趋势。真空包装组 pH 下降更为明显,下降幅度更大,而空气包装组变化较小。整个贮藏期间真空包装组的 pH 均小于空气包装。这主要是由于在无氧环境下一些微生物如乳酸菌无氧呼吸产生乳酸导致 pH 的下降^[4]。而空气包装组虽然并未进行真空处理,但与外界空气隔离,在贮藏早期由于有氧气的存在,微生物增殖,分解蛋白质并产生含氮化合物导致 pH 略有升高,后期随着氧气耗尽,微生物无氧呼吸产酸导致 pH 下降。

2.4 不同包装方式对酱大排贮藏过程中水分含量的影响

由图 3 可知,酱大排的水分含量约为 55%。且两种包装方式下随着贮藏时间延长均呈现下降趋势。其中空气包装下降幅度较大,且全过程中水分含量均低于真空包装组。这可能是由于产品在贮藏一段时间后微生物增殖导致蛋白质降解,持水力下降所致^[22]。空气包装组因空气存在微生物增殖较多,因而水分含量下降较多。水分含量对于维持酱大排的口感具有重要的作用,结果显示,真空包装保藏有利于维持酱大排的水分含量,减少水分散失,从而维持酱大排的口感。李大宇^[13]对酱牛肉贮藏期间水分含量的变化研究也得到了类似的结果。

2.5 不同包装方式对酱大排贮藏过程中 TVB-N 的影响

挥发性盐基氮是指动物源性食品在贮藏过程中,由于肌肉中的内源酶和微生物的共同作用,使蛋白质分解产生一些挥发性的氨及胺类碱性含氮物质,其含量越高,表明肉制品的新鲜度越差^[22]。

表 6 杀菌条件对产品感官品质的影响
Table 6 Influences of sterilization conditions on the sensory quality of products

杀菌条件	感官指标				
	色泽	气味	组织状态	口感滋味	总分
$85^{\circ}\text{C}/72\text{ min}$	6.2	4.2	6.7	4.2	5.3
$85^{\circ}\text{C}/85\text{ min}$	6.6	4.8	6.8	4.8	5.7
$85^{\circ}\text{C}/112\text{ min}$	6.8	6.2	6.6	4.8	6.1
$90^{\circ}\text{C}/36\text{ min}$	6.6	6.0	6.6	4.8	6.0
$90^{\circ}\text{C}/42\text{ min}$	6.6	5.6	6.6	5.8	6.1
$90^{\circ}\text{C}/53\text{ min}$	6.8	5.0	6.0	5.0	5.8
$95^{\circ}\text{C}/16\text{ min}$	6.6	5.2	5.8	5.6	5.8
$95^{\circ}\text{C}/18\text{ min}$	6.6	6.0	6.6	5.4	6.1
$95^{\circ}\text{C}/23\text{ min}$	6.6	7.0	6.0	6.0	6.4
$100^{\circ}\text{C}/8\text{ min}$	6.6	7.0	6.2	6.0	6.5
$100^{\circ}\text{C}/8.5\text{ min}$	6.6	7.0	6.0	5.6	6.3
$100^{\circ}\text{C}/11.5\text{ min}$	6.6	6.0	6.2	5.8	6.1

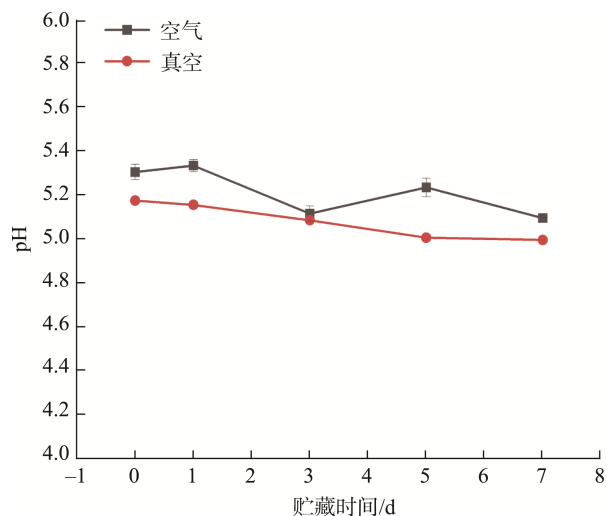


图2 不同包装方式酱大排贮藏过程中pH的变化

Fig.2 Changes in pH of sauce pork ribs during storage with different packaging methods

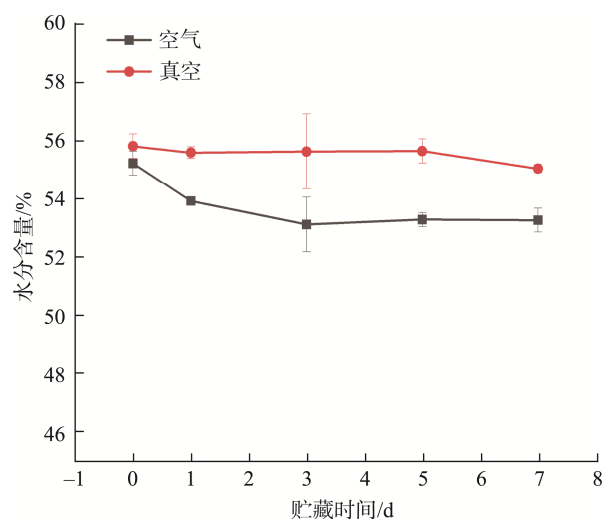


图3 不同包装方式酱大排贮藏过程中水分含量的变化

Fig.3 Changes in moisture content of sauce pork ribs during storage with different packaging methods

两种包装方式下 TVB-N 随着时间的变化趋势如图 4 所示。对于采用真空包装及普通空气包装的酱大排 TVB-N 均随着贮藏时间的延长不断上升。但真空包装组上升速度较慢, 而普通空气包装组上升速度较快, 在保藏期间其 TVB-N 含量始终高于真空包装, 在保藏第 7 d 已经超过 13 mg/100 g。TVB-N 的大小与微生物息息相关。真空包装下微生物主要以乳酸菌等兼性厌氧的菌组成, 这些菌分解蛋白质的能力较弱, 因此 TVB-N 的上升速度更为缓慢。从实验结果来看, 采用真空包装能够延缓 TVB-N 的积累, 从而延长货架期。该结果也与赵越等^[24]、高磊等^[26]、刘丹飞等^[30]的研究结果一致。

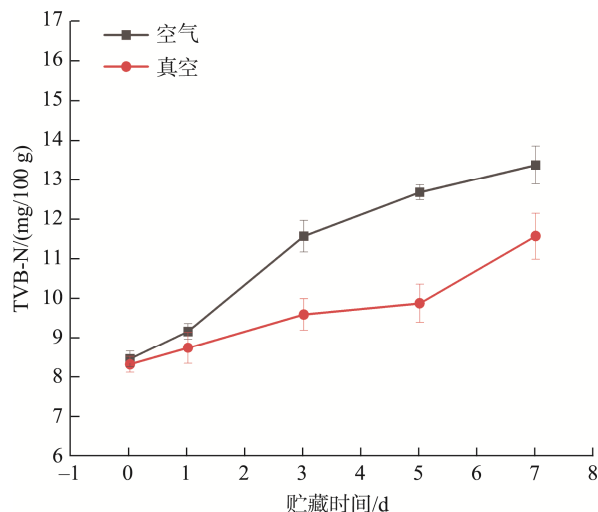


图4 不同包装方式酱大排贮藏过程中TVB-N的变化

Fig.4 Changes in TVB-N during the storage of sauce pork ribs with different packaging methods

2.6 不同包装方式对酱大排贮藏过程中 TBA 值的影响

TBA 值的高低代表了脂肪氧化的严重程度。图 5 显示了不同包装方式下酱大排 TBA 值随着储藏时间变化的趋势。可以看出真空包装及空气包装随着贮藏时间的延长均上升, 但真空包装上升缓慢, 而空气包装则有显著上升, 在第 7 d 已经达到 2.6 mg MDA/kg, 而真空包装在第 7 d 仍低于 1.0 mg MDA/kg。空气包装组由于有氧气的存在, 加速了脂肪的氧化, 且氧气有利于微生物的生长, 更加剧了脂肪氧化的程度。结果显示, 对酱大排采用真空包装能够显著延缓脂肪的氧化速度, 保持产品的品质, 延长货架期。该结果与赵越^[22]对红烧肉贮藏过程中 TBA 值测定的结果基本一致。

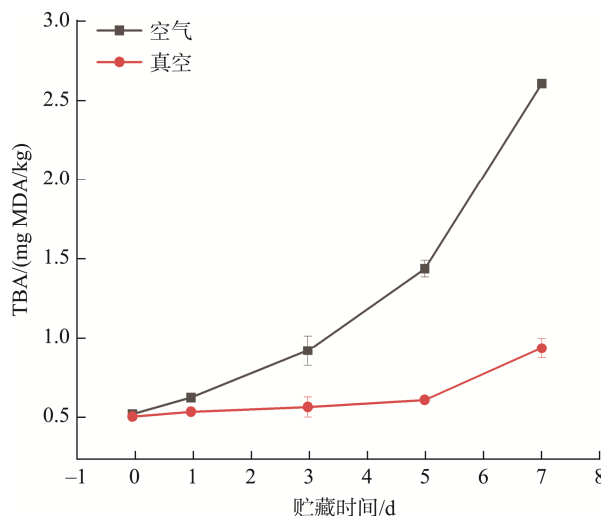


图5 不同包装方式酱大排贮藏过程中TBA的变化

Fig.5 Changes in TBA during the storage of sauce pork ribs with different packaging methods

2.7 不同包装方式对酱大排贮藏过程中菌落总数的影响

不同包装方式下酱大排贮藏过程中菌落总数的变化如图 6 所示,两种包装下菌落总数均随着贮藏时间延长有着显著上升。其中空气包装上升速度较快,在第 7 d 达到了 3.82×10^3 CFU/g,而真空包装上升速度较慢,在第 7 d 为 1.30×10^3 CFU/g。两种贮藏方式均远低于 GB 2726—2016 规定的 10^5 CFU/g 的临界值。结果表明,对酱大排采用真空包装能够有效延缓其贮藏过程中微生物的增殖,且包装对酱大排和外界环境具有阻隔的作用,能够避免产品在后续运输销售过程中带来的二次污染,保障产品的品质,延长货架期。

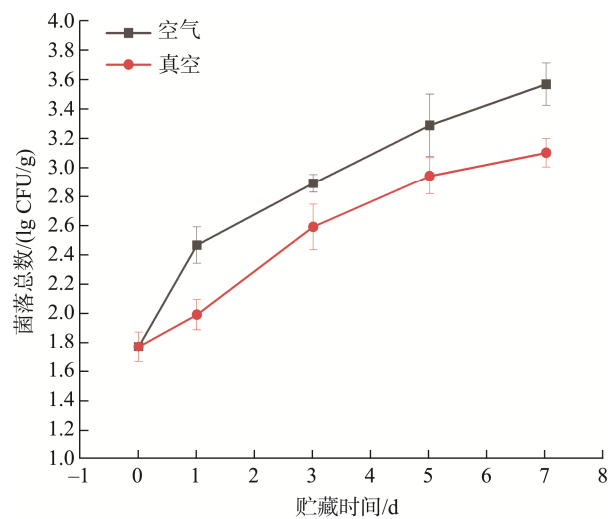


图6 不同包装方式酱大排贮藏过程中菌落总数的变化
Fig.6 Changes in the total number of bacterial colonies during the storage of sauce pork ribs with different packaging methods

2.8 不同包装方式对酱大排贮藏过程中感官品质的影响

感官评分代表了产品对于消费者的接受程度,直接反映了产品对消费者吸引力的高低,是对产品品质直接的、综合性的评价。贮藏结束时第 7 d 酱大排的感官评分如表 7 所示,并于新鲜样品进行比较。

表 7 不同包装方式酱大排的感官评分					
Table 7 Sensory evaluation of sauce pork ribs with different packaging methods					
包装方式	感官指标				总分
	色泽	气味	组织状态	口感滋味	
新鲜样品	6.6	7.0	6.0	6.0	6.4
真空包装	6.0	6.3	5.0	6.0	5.8
空气包装	4.3	4.7	3.7	4.0	4.2

由表 7 可知,相比起新鲜样品,贮藏一段时间后的酱大排各项感官指标均有降低,其中真空包装降低幅度较小,

而空气包装则下降明显。空气包装的酱大排色泽明显暗淡,且失去了原有的肉香味,质构松散,味道令消费者略难以接受,品质下降严重。而真空包装的样品色泽仅有细微差别,且肉香味保留较好,相较于新鲜样品其质构略变松散,味道与新鲜样品相差不大。结果显示,真空包装相比于空气包装能够有效保留产品在贮藏过程中的品质,减少品质损失,形成更受消费者欢迎的产品。

3 结 论

对酱大排杀菌条件的确定中,产品的色泽、质构均会随着灭菌强度的提高而降低。采用 95℃、23 min 的杀菌条件能够有效抑制酱大排保藏过程的腐败变质,延长货架期,且对产品的色泽、质构影响较小,对产品感官指标的评价较好,因此对于低温冷藏酱大排选择 95℃、23 min 作为灭菌条件。对酱大排包装方式的确定中,采用真空包装能有效抑制微生物的增殖及理化性质的改变,改善冷藏酱大排制品的贮藏稳定性,延长产品的货架期。在贮藏过程中,随着贮藏时间的延长,产品的菌落总数、TVB-N 值、TBA 值均有显著上升,而 pH、水分含量均略有下降,普通包装的酱大排感官品质显著下降,而真空包装的样品仅略有下降。本研究可以为酱大排的生产销售、冷链运输提供参考,也可以为其他肉制品的杀菌、保鲜研究提供借鉴。以此为基础可以开展对其他新型包装保藏方式的研究。

参考文献

[1] 曹伟峰, 贾青, 许伟芳. 酱卤肉制品保鲜技术研究进展[J]. 肉类工业, 2021, 488(12): 8–16.
CAO WF, JIA Q, XU WF. Research progress on preservation technology of sauce braised meat products [J]. Meat Ind, 2021, 488(12): 8–16.

[2] 赵嘉越, 罗欣, 杨啸吟, 等. 气调包装对烤鸭腿货架期及微生物多样性的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(19): 272–280.
ZHAO JY, LUO X, YANG XY, et al. The effect of modified atmosphere packaging on the shelf life and microbial diversity of roasted duck legs [J]. Food Sci, 2019, 40(19): 272–280.

[3] 王浩明, 郑海波, 李景军, 等. 酱卤肉制品关键加工技术研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(8): 102–107.
WANG HM, ZHENG HB, LI JJ, et al. Research progress on key processing technologies of soy sauce braised meat products [J]. Meat Res, 2020, 34(8): 102–107.

[4] 吴晓丽, 张相生, 蒋爱民, 等. 酱卤肉制品保鲜技术研究进展[J]. 肉类工业, 2014, (7): 46–50.
WU XL, ZHANG XS, JIANG AIM, et al. Research progress on preservation technology of sauce braised meat products [J]. Meat Ind, 2014, (7): 46–50.

[5] 黄艳梅. 酱卤肉制品的工艺改进及综合保鲜技术的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016.

- HUANG YM. Research on process improvement and comprehensive preservation technology of sauce stewed meat products [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016.
- [6] 刘雪, 闫晓明. 酱卤肉制品研究进展[J]. 现代食品, 2022, 28(23): 10–15.
- LIU X, YAN XM. Research progress in soy sauce braised meat products [J]. Mod Food, 2022, 28(23): 10–15.
- [7] 赵子瑞. 低钠酱牛肉制备配方优化与品质改良及贮藏特性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
- ZHAO ZR. Optimization of preparation formula, quality improvement, and storage characteristics of low sodium sauce beef [D]. Changchun: Jilin University, 2019.
- [8] O'NEILL MC, CRUZ-ROMERO CM, DUFFY G, *et al.* Improving marinade absorption and shelf life of vacuum packed marinated pork chops through the application of high pressure processing as a hurdle [J]. Food Packag Shelf, 2019, 21: 100350.
- [9] HUANG M, WANG J, ZHUANG H, *et al.* Effect of in-package high voltage dielectric barrier discharge on microbiological, color and oxidation properties of pork in modified atmosphere packaging during storage [J]. Meat Sci, 2018, 149: 107–113.
- [10] NOVICKIJ V, STANEVIČIENĖ R, STAIGVILA G, *et al.* Effects of pulsed electric fields and mild thermal treatment on antimicrobial efficacy of nisin-loaded pectin nanoparticles for food preservation [J]. LWT, 2020, 120: 108915.
- [11] RAIMONDI S, LUCIANI R, SIRANGELO MT, *et al.* Microbiota of sliced cooked ham packaged in modified atmosphere throughout the shelf life [J]. Int J Food Microbiol, 2018, 289: 200–208.
- [12] 宋大巍, 刘松昱, 金宝麟, 等. 传统酱卤肉制品杀菌防腐技术研究进展[J]. 科学技术创新, 2018, (11): 45–46.
- SONG DW, LIU SY, JIN BL, *et al.* Research progress on sterilization and anti-corrosion technology of traditional soy sauce braised meat products [J]. Sci Technol Innov, 2018, (11): 45–46.
- [13] 李天宇. 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.
- LI DY. Experimental study on the effects of different sterilization processes and packaging techniques on the storage quality of sauce beef [D]. Changchun: Jilin University, 2020.
- [14] EVELY N, SILVA FV. Use of power ultrasound to enhance the thermal inactivation of *Clostridium perfringens* spores in beef slurry [J]. Int J Food Microbiol, 2015, 206: 17–23.
- [15] WANG SK, FU LM, CHEN GW, *et al.* Multisite survey of bacterial contamination in ready to eat meat products throughout the cooking and selling processes in urban supermarket, Nanjing, China [J]. Food Sci Nutr, 2020, 8(5): 2427–2435.
- [16] 宋恭师, 陈康, 俞喜娜, 等. 热杀菌对即食鲟鱼鱼糜制品品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(24): 153–160, 167.
- SONG GS, CHEN K, YU XN, *et al.* The effect of thermal sterilization on the quality of instant sturgeon mince products [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(24): 153–160, 167.
- [17] 宋盼, 刘战民, 李聪, 等. 二次杀菌对盐水鸭品质和微生物的影响[J]. 食品科技, 2019, 44(7): 140–145.
- SONG P, LIU ZM, LI C, *et al.* The effect of secondary sterilization on the quality and microorganisms of salted duck [J]. Food Sci Technol, 2019, 44(7): 140–145.
- [18] 葛鑫禹, 刘永峰, 杨广东, 等. 陕北炖羊肉杀菌方式的比较及产品货架期预测[J]. 中国食品学报, 2022, 22(7): 214–225.
- GE XY, LIU YF, YANG GD, *et al.* Comparison of sterilization methods and product shelf life prediction for stewed lamb in northern Shaanxi [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2022, 22(7): 214–225.
- [19] 贾青, 曹伟峰, 许伟芳. 酱卤肉制品冷杀菌技术应用研究进展[J]. 肉类工业, 2020, (12): 44–50.
- JIA Q, CAO WF, XU WF. Research progress on the application of cold sterilization technology in soy sauce braised meat products [J]. Meat Ind, 2020, (12): 44–50.
- [20] 施佩影, 李仁伟, 刘文营. 不同贮藏温度对南美白对虾黑变的影响[J]. 湖州师范学院学报, 2014, 36(8): 35–39.
- SHI PY, LI RW, LIU WY. The effect of different storage temperatures on the black transformation of South American white shrimp [J]. J Huzhou Univ, 2014, 36(8): 35–39.
- [21] 张路遥. 淡水鱼罐头低热强度杀菌技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
- ZHANG LY. Research on low heat intensity sterilization technology for canned freshwater fish [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [22] 赵越. 红烧肉在加工和储藏过程中的品质变化研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017.
- ZHAO Y. Study on the quality change of Braised pork belly during processing and storage [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017.
- [23] 张培旗, 赵光远, 宋志强. 真空包装对低温杀菌酱猪蹄的保鲜效果研究[J]. 食品科技, 2009, 34(2): 121–123.
- ZHANG PQ, ZHAO GY, SONG ZQ. Study on the preservation effect of vacuum packaging on low-temperature sterilized sauce pig trotters [J]. Food Sci Technol, 2009, 34(2): 121–123.
- [24] 赵越, 姜启兴, 许艳顺, 等. 包装方式对红烧肉方便菜肴制品保鲜品质的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(6): 47–53.
- ZHAO Y, JIANG QX, XU YS, *et al.* The impact of packaging methods on the fresh-keeping quality of Braised pork belly convenient dishes [J]. Food Sci Technol, 2017, 42(6): 47–53.
- [25] 柳杨, 樊晶, 夏骏. 非热杀菌技术在肉制品灭菌保鲜方面的应用[J]. 江西农业, 2012, 46(5): 35–36.
- LIU Y, FAN J, XIA J. Application of non thermal sterilization technology in the sterilization and preservation of meat products [J]. Jiangxi Agric, 2012, 46(5): 35–36

- [26] 高磊, 谢晶, 叶藻, 等. 不同包装方式对冷鲜鸡的保鲜效果[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(3): 217–223.
GAO L, XIE J, YE Z, *et al.* The preservation effect of different packaging methods on cold fresh chicken [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(3): 217–223
- [27] ZHANG QQ, HAN YQ, CAO JX, *et al.* The spoilage of air-packaged broiler meat during storage at normal and fluctuating storage temperatures [J]. Poultry Sci, 2012, 91(1): 208–214.
- [28] MADONNA M, PRAMOD VM, DHARINI S. Influence of different types of modified atmosphere packaging films and storage time on quality and bioactive compounds in fresh cut cauliflower [J]. Food Packag Shelf, 2019, 22: 100374.
- [29] PEREIRA JA, DIONÍSIO L, PATARATA L, *et al.* Effect of packaging technology on microbiological and sensory quality of a cooked blood sausage, Morcela de Arroz, from Monchique region of Portugal [J]. Meat Sci, 2015, 101(101): 33–41.
- [30] 刘丹飞, 李晓璇, 蒲玉梅, 等. 冷藏条件下鸡胸肉品质变化及新鲜度评

价模型的构建[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(16): 152–159.

LIU DF, LI XX, PU YM, *et al.* Construction of a quality change and freshness evaluation model for chicken breast under refrigeration conditions [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(16): 152–159.

(责任编辑: 韩晓红 张晓寒)

作者简介



曹 睿, 硕士研究生, 主要研究方向为食品加工与保藏。

E-mail: 6230111168@stu.jiangnan.edu.cn



高 沛, 博士, 副研究员, 主要研究方向为食品加工与保藏。

E-mail: g_pei1988@163.com