

气调包装对酱卤鸭翅品质和保鲜效果的影响

李 雪, 王 丽, 刘光宪*, 程文龙, 张 耀

(江西省农业科学院农产品加工研究所, 南昌 330200)

摘 要: **目的** 研究酱卤鸭翅贮藏过程中不同气体比例气调包装对酱卤鸭翅品质和保鲜效果的影响, 并确定最佳气调包装条件。**方法** 将酱卤鸭翅置于3种不同气体比例气调包装中, 分别在13 °C贮藏1、3、5、7、10 d, 测量样品 pH、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值、菌落总数、嫩度和硬度。**结果** 30% N₂+70% CO₂气调包装组比其他2组的pH、TBA值、TVB-N值、菌落总数均低; 不同气调包装的酱卤鸭翅感官评分均随着贮藏时间的延长而下降; 30% N₂+70% CO₂气调组和50% N₂+50% CO₂气调组随着贮藏时间的延长酱卤鸭翅的嫩度和硬度均上升, 而70% N₂+30% CO₂气调组随着贮藏时间的延长酱卤鸭翅的嫩度和硬度呈先增高后降低的趋势。**结论** 酱卤鸭翅在气调包装气体比例为30% N₂+70% CO₂时保鲜效果最佳, 本研究可为延长熟肉制品货架期提供参考。

关键词: 酱卤鸭翅; 气调包装; 品质; 保鲜效果

Effects of modified atmosphere packaging on quality and preservation of sauced duck wings

LI Xue, WANG Li, LIU Guang-Xian*, CHENG Wen-Long, ZHANG Yao

(Institute of Agricultural Products Processing, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China)

ABSTRACT: Objective To study the effects of modified atmosphere packaging with different gas ratio on quality and preservation of sauced duck wings during storage, and determine the best modified atmosphere packaging conditions. **Methods** The sauced duck wings were stored in 3 kinds of modified atmosphere packaging with different gas ratio for 1, 3, 5, 7 and 10 days at 13 °C, respectively. The pH, thiobarbituric acid (TBA), total volatile basic nitrogen (TVB-N), aerobic plate count, tenderness and hardness were measured. **Results** The pH, TBA, TVB-N and aerobic plate count of 30% N₂+70% CO₂ were lower than those of the other 2 groups. The sensory scores of different modified atmospheric packaging decreased with the extension of storage time. The tenderness and hardness of sauced duck wings were increased with the extension of storage time in the 30% N₂+70% CO₂ and 50% N₂+50% CO₂, while increased first and then decreased of 70% N₂+30% CO₂ with the extension of storage time. **Conclusion** The best preservation effect of sauced duck wings is under 30% N₂+70% CO₂ modified atmosphere packaging gas ratio condition, and this study can provide reference for prolonging shelf life of cooked meat products.

基金项目: 江西现代农业科研协同创新专项项目(JXXTCX202003、JXXTCXNLTS202105、JXXTCXQN201905)、江西省重点研发计划项目(20202BBFL63037、20202BBFL63038)、江西省杰出青年人才资助计划(20192BCBL23026)

Fund: Supported by the Jiangxi Modern Agricultural Scientific Research Collaborative Innovation Special Project (JXXTCX202003, JXXTCXNLTS202105, JXXTCXQN201905), the Key Research and Development Program of Jiangxi Province (20202BBFL63037, 20202BBFL63038), and the Excellent Youth Foundation of Jiangxi Province (20192BCBL23026)

*通信作者: 刘光宪, 博士, 副研究员, 主要研究方向为畜禽加工。E-mail: liugx178@163.com

*Corresponding author: LIU Guang-Xian, Ph.D., Associate Professor, Institute of Food Science and Technology, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, No.265, Nanlian Road, Nanchang 330200, China. E-mail: liugx178@163.com

KEY WORDS: sauced duck wings; modified atmosphere packaging; quality; preservation effect

0 引言

鸭肉富含蛋白质、铁、维生素、硒和烟酸等营养物质,且脂肪和胆固醇含量低,通常以鲜销或制作成相关熟食产品销售^[1-2]。其中酱卤鸭肉产品具有特殊酱香、肉质筋道和鲜嫩诱人等特点,深受消费者喜爱^[3]。但由于其含有丰富的蛋白质,且水分含量高,导致其在运输、贮藏、销售过程中容易腐败变质,货架期较短,严重影响产品的销售半径及企业市场拓展^[4]。

气调包装(modified atmosphere packaging, MAP)是将阻隔性包装材料内的食品周围气体进行更换或剔除的一种保藏方式,是一种绿色健康延长食品货架期的保鲜手段^[5-6]。CO₂和N₂是气调包装中最常用的2种气体,CO₂可以降低食品中微生物的呼吸速率,减少食品的腐败变质^[7-8],N₂不与食物发生化学反应,且不会被食物吸收。叶可萍等^[6]运用聚合酶链式反应-变性梯度凝胶电泳方法研究了气调包装酱卤鸭翅贮藏过程中菌群结构的变化。杨鸿博等^[9]研究了真空包装和气调包装对牛排贮藏期间品质的影响,研究发现气调包装比真空包装具有更好的护色效果,且具有更低的菌落总数、乳酸菌数和假单胞菌数。任思婕等^[10]研究了不同气体比例气调包装对辣子鸡丁过氧化值、菌落总数、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值、挥发性风味物质含量的影响。目前气调包装保鲜的应用和基础研究主要集中在新鲜果蔬和鲜禽肉^[9-11],关于气调包装在熟肉制品贮藏过程中品质和保鲜效果的研究较少。

因此,为了揭示气调包装对酱卤鸭翅产品贮藏过程中品质和保鲜效果的影响,本研究以熟肉制品酱卤鸭翅为研究对象,通过测定酱卤鸭翅在13℃贮藏过程中pH、TBA值、挥发性盐基氮值(total volatile basic nitrogen, TVB-N)、菌落总数、质构等指标,分析影响酱卤鸭翅品质和贮藏效果变化的内在机制,研究获得酱卤鸭翅最佳气调包装工艺,以期延长熟肉制品保质期提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

酱卤鸭翅的气调包装条件分别为:30% N₂+70% CO₂、50% N₂+50% CO₂、70% N₂+30% CO₂,其中酱卤鸭翅的制作与气调包装均由江西煌上煌集团食品股份有限公司提供(该产品经原料鸭翅解冻、盐腌、卤制、摊凉、气调包装等环节完成酱卤鸭翅的制作和包装)。

1,1,3,3-四乙氧基丙烷(分析纯,天津大茂化学试剂

有限公司);TBA、三氯乙酸、硼酸甲基红、溴甲酚绿、亚甲基蓝、盐酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);平板计数琼脂(plate count agar, PCA,北京路桥技术股份有限公司)。

1.2 仪器与设备

PHS-3C 雷磁 pH 计(上海仪电科学仪器股份有限公司);TA-XT plus 质构分析仪(英国 Stable Micro System 公司);UV-3100 分光光度计(上海美普达仪器有限公司);PR124ZH/E 电子天平(美国奥豪斯有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品前处理

将不同气调比例(30% N₂+70% CO₂、50% N₂+50% CO₂、70% N₂+30% CO₂)包装的酱卤鸭翅产品分别置于13℃恒温箱中贮藏1、3、5、7、10 d,用于测定下述指标。

1.3.2 pH的测定

准确称取20.00 g粉碎的酱卤鸭翅肉,置于100 mL煮沸且冷却的蒸馏水中,搅拌10 min,静置30 min后过滤,取酱卤鸭翅样品上清液测定其pH。

1.3.3 TBA值的测定

酱卤鸭翅中TBA值的测定参照GB 5009.181—2016《食品中丙二醛的测定》中的分光光度法。

1.3.4 TVB-N值的测定

酱卤鸭翅TVB-N值的测定参照GB 5009.228—2016《食品中挥发性盐基氮的测定》中的微量扩散法。

1.3.5 菌落总数的测定

菌落总数的测定参照GB 4789.2—2016《食品微生物学检验 菌落总数测定》。

1.3.6 质构的测定

使用TA-XT plus 质构分析仪测定酱卤鸭翅不同贮藏时间的质构特性。选择P/2N探头对酱卤鸭翅样品进行穿刺实验,以鸭翅根部3 cm为检测点,避开鸭翅骨头,测前、测中、测后探头移动速度均为1.0 mm/s,下压距离为1 cm,重复3次取平均值,测定不同气调包装贮藏过程中酱卤鸭翅的嫩度和硬度。设置参数:测试模式:compression,预测试速度:1.0 mm/sec,测试速度:0.5 mm/sec,距离:10 mm,触发力:5.0 g。

1.3.7 感官评定

感官评定小组由固定10位经过专业培训的食品评定员组成,针对酱卤鸭翅的外观形态、色泽、气味进行打分。最终评分为各感官指标的平均得分。参照标准如表1所示。

1.3.8 数据分析

实验数据采用SPSS 17.0和Origin 2021软件进行分析,P<0.05为差异显著。

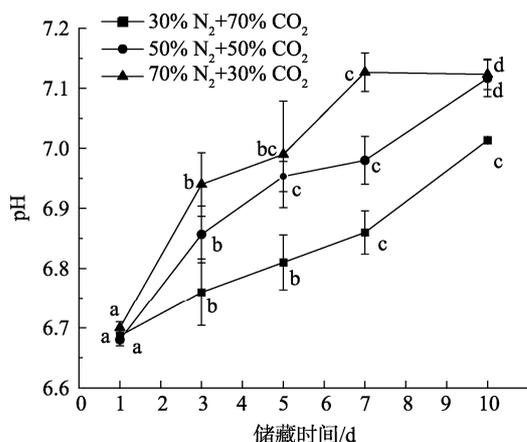
表 1 酱卤鸭翅感官评定标准
Table 1 Sensory test criterion of sauced duck wings

感官指标	评分标准				
	1~2	3~4	5~6	7~8	9~10
外观形态	外观不整齐, 结构很松散	外观不整齐, 结构较完整	外观较整齐, 结构较紧密	外形整齐, 组织紧密	外形很整齐, 组织很紧密
色泽	色泽呈暗灰色, 无光泽	色泽偏淡, 几乎无光泽	色泽一般, 光泽度较弱	外观呈酱红色, 色泽较均匀, 较有光泽	外观呈酱红色, 色泽均匀, 有光泽, 诱人
气味	酱卤香味很淡, 具有酸臭味	酱卤香味淡, 香味残留时间短	酱卤香味较明显, 香味残留时间短	酱卤香味明显, 香味残留时间较短	酱卤香味明显, 香味残留时间长

2 结果与分析

2.1 不同气体比例气调包装对 pH 的影响

酱卤鸭翅贮藏过程中 pH 的变化主要是由于微生物生命活动引起的, 它是衡量酱卤鸭翅品质的一个重要指标。由图 1 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 不同气体比例气调包装的酱卤鸭翅 pH 均呈升高趋势, 这主要由于大量微生物利用酱卤鸭翅中的蛋白质, 产生一些氮、胺类化合物, 使得酱卤鸭翅中的 pH 升高^[12]。此外, 由图 1 还可看出, 在相同贮藏时间的条件下, 30% N₂+70% CO₂ 气调包装的酱卤鸭翅 pH 相对较低, 主要是由于高浓度的 CO₂ 逐渐溶解至酱卤鸭翅肉中, 中和了部分蛋白质降解产生的碱性化合物, 使得酱卤鸭翅 pH 上升较慢。



注: 同类不同小写字母具有显著性差异($P < 0.05$), 下同。

图 1 不同气体比例气调包装对 pH 的影响($n=3$)

Fig.1 Effects of modified atmosphere packaging with different gas ratio on pH ($n=3$)

2.2 不同气体比例气调包装对酱鸭 TBA 的影响

酱卤鸭翅中的脂肪氧化是影响酱鸭口感和营养价值的关键因素, 目前 TBA 值的测定已作为评价肉制品氧化的一个重要指标^[13], 本研究中的 TBA 值以丙二醛的含量为指标, 丙二醛为脂肪氧化的二级产物。鸭翅在货柜温度 13 °C 贮藏

条件下 TBA 值变化如图 2 所示, 从图 2 可以看出, 3 种不同气体比例的气调包装酱卤鸭翅的 TBA 值均随着时间的推移而增加, 且贮藏期的前 7 d, 酱卤鸭翅的 TBA 值缓慢上升, 可能是由于前 7 d 酱卤鸭翅的脂肪氧化主要以一级氧化为主^[14]; 也可能是由于酱卤鸭翅采用气调无氧包装, 与空气中的氧气隔绝, 减缓了酱卤鸭翅中的脂肪氧化^[15]。贮藏 7 d 后, 酱卤鸭翅的 TBA 值迅速上升, 不饱和脂肪酸的降解产物丙二醛的生成速度加快, 且 70% N₂+30% CO₂ 组的 TBA 值最高, 为 1.19 mg MDA/kg, 说明高浓度的 CO₂ 可以在一定程度上抑制有毒物质丙二醛的生成^[16]。

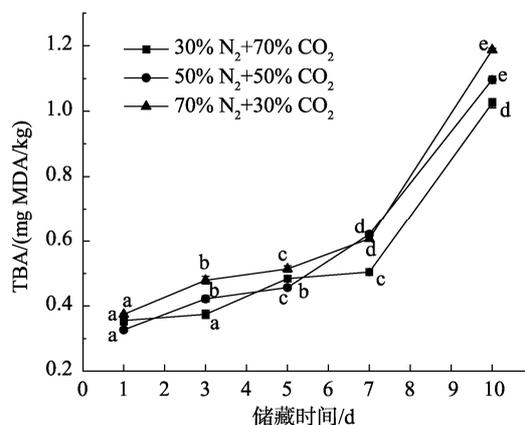


图 2 不同气体比例气调包装对 TBA 值的影响($n=3$)

Fig.2 Effects of modified atmosphere packaging with different gas ratio on TBA ($n=3$)

2.3 不同气体比例气调包装对 TVB-N 的影响

TVB-N 是衡量肉制品腐败变质和蛋白质降解的一个重要指标, 它是由鸭翅中的内源性酶和腐败细菌的活动产生^[17-18]。由图 3 可知, 酱卤鸭翅的 TVB-N 含量随着贮藏时间的延长而增加, 这与 pH 的测定结果一致。由于酱卤鸭翅是经过高温煮制而成的卤肉制品, 其中的内源酶已被钝化灭活, 因此, 导致酱卤鸭翅贮藏过程中 TVB-N 含量增加的主要原因是酱卤鸭翅中的腐败微生物大量繁殖, 降解鸭翅中的蛋白质, 产生氨、甲胺、二甲胺和三甲胺物质^[19-21]。由图 3 还可知, 酱卤鸭翅在贮

藏前 5 d 的 TVB-N 含量增长缓慢, 贮藏后期快速增长, 可能是随着贮藏时间的增加, 酱卤鸭翅中的腐败细菌成为优势菌群, 导致其繁殖速度加快, 分解蛋白质为氨和胺化合物的速度加快。此外, 70% N₂+30% CO₂ 气调包装的酱卤鸭翅 TVB-N 含量在第 10 d 时达到 25.90 mg/100 g, 比贮藏相同时间 30% N₂+70% CO₂ 气调包装的酱卤鸭翅高 25.17%, 说明高 CO₂ 的气调包装可以在一定程度上抑制腐败微生物的生长与繁殖, 减缓了酱卤鸭翅腐败变质的速度^[22]。

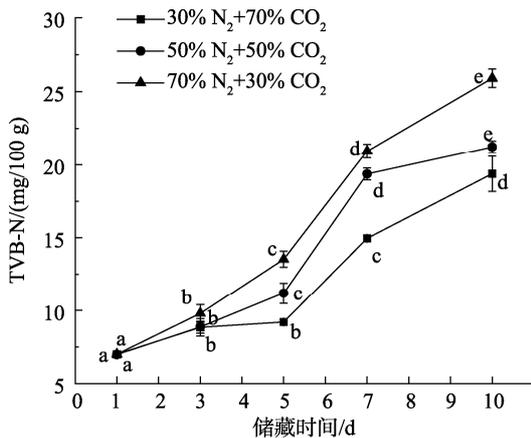


图3 不同气体比例气调包装对 TVB-N 的影响($n=3$)

Fig.3 Effects of modified atmosphere packaging with different gas ratio on TVB-N ($n=3$)

2.4 不同气体比例气调包装对菌落总数的影响

图 4 是不同气体比例气调包装对酱卤鸭翅中菌落总数的影响。从图 4 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 3 种不同气体比例气调包装的酱卤鸭翅菌落总数均不同程度增加; 在贮藏前 3 d, 酱卤鸭翅的菌落总数增长速率较慢, 但后期呈现快速增长, 进入细菌繁殖的对数期, 利用酱卤鸭翅中的营养物质进行自我生长与繁殖。根据 GB 2726—2016《食品安全国家标准 熟肉制品》中规定酱卤鸭翅中的菌落总数限量为: $n=5$, $c=2$, $m \leq 4$ lg CFU/g, $M \leq 5$ lg CFU/g (n : 同一批次产品应采集的样品件数; c : 最大可允许超出 m 值的样品数; m : 微生物指标可接受水平限量值; M : 微生物指标的最高安全限量值), 酱卤鸭翅贮藏至第 7 d 时, 只有 70% N₂+30% CO₂ 气调包装中的酱卤鸭翅的菌落总数超过 5 lg CFU/g, 已经不能食用。其他 2 组酱鸭的菌落总数均在 4 lg CFU/g 和 5 lg CFU/g 之间, 且 c 值均小于 2, 因此, 50% N₂+50% CO₂ 和 30% N₂+70% CO₂ 的菌落总数均在可接范围内。从图 4 还可看出, 30% N₂+70% CO₂ 气调包装的酱鸭菌落总数低于其他 2 组, 这可能是高浓度的 CO₂ 在一定程度上可以抑制微生物的生长与繁殖, 延长了酱卤鸭翅的保质期^[17]。

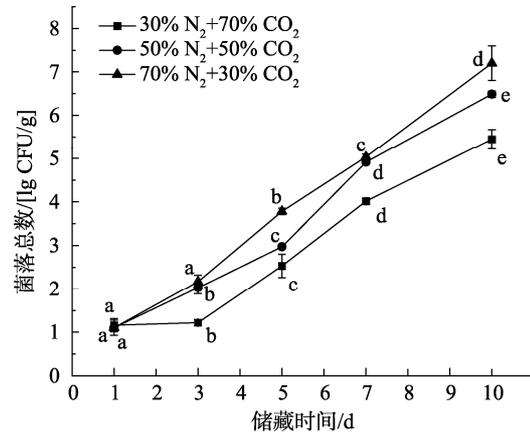


图4 不同气体比例气调包装对菌落总数的影响($n=3$)

Fig.4 Effects of modified atmosphere packaging with different gas ratio on aerobic plate count ($n=3$)

2.5 不同气体比例气调包装对质构的影响

嫩度和硬度是评价酱卤鸭翅肉质品质的重要指标, 且一定程度上影响着消费者对酱卤鸭翅的接受程度^[23]。图 5、6 分别是不同气体比例气调包装对酱卤鸭翅嫩度和硬度的影响。从图 5、6 可以看出, 不同气体比例的气调包装对酱卤鸭翅嫩度和硬度的变化趋势相同, 气调组 30% N₂+70% CO₂ 和气调组 50% N₂+50% CO₂ 随着贮藏时间的延长, 酱卤鸭翅的嫩度和硬度均上升, 这可能是由于在贮藏过程中酱卤鸭翅中的水分逐渐流失, 在酱卤鸭翅表面形成坚硬的外壳^[24]; 气调组 70% N₂+30% CO₂ 随着贮藏时间的延长, 酱卤鸭翅的嫩度和硬度呈先增高后降低的趋势, 这可能是 70% N₂+30% CO₂ 气调组变质较快, 当此组酱卤鸭翅贮藏至第 10 d 时, 鸭肉中的微生物大量生长繁殖, 分解酱卤鸭翅中的蛋白质, 使鸭肉组织松散, 酱卤鸭翅嫩度和硬度下降^[25]。

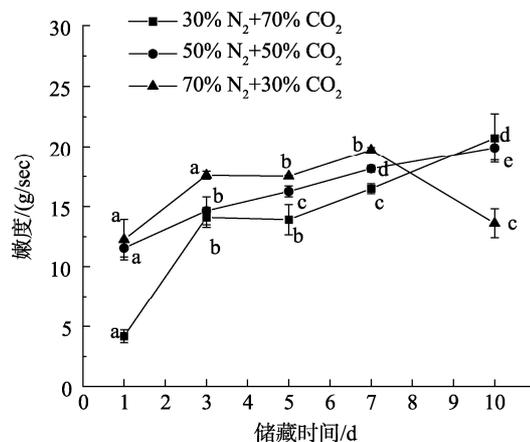
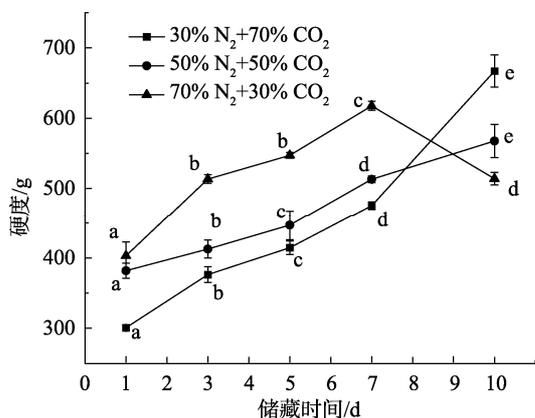


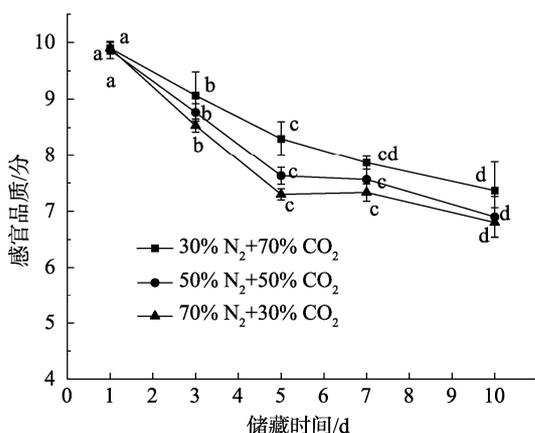
图5 不同气体比例气调包装对嫩度的影响($n=3$)

Fig.5 Effects of modified atmosphere packaging with different gas ratio on tenderness ($n=3$)

图 6 不同气体比例气调包装对硬度的影响($n=3$)Fig.6 Effects of modified atmosphere packaging with different gas ratio on hardness ($n=3$)

2.7 不同气体比例气调包装对感官品质的影响

感官评价是消费者对酱卤鸭翅品质评判最直观的方法。从图 7 可以看出,随着贮藏时间的延长,酱卤鸭翅的感官品质均下降,且在贮藏第 10 d 时,感官评分均在 6 分以上,属于可接受范围。在酱卤鸭翅贮藏 1~10 d 过程中,从感官评分角度分析均未发现酱卤鸭翅有变质的现象,但从菌落总数角度分析,酱卤鸭翅在气调比例为 70% N₂+30% CO₂ 贮藏第 5 d 时就已不能食用。因此,评价一种食物能否食用,应从多角度分析。

图 7 不同气体比例气调包装对感官品质的影响($n=3$)Fig.7 Effects of different modified atmospheric conditions on sensory evaluation ($n=3$)

3 结论与讨论

本研究将酱卤鸭翅置于 3 种不同气体比例气调包装盒中,研究不同 N₂和 CO₂比例的气调包装对酱卤鸭翅品质和保鲜效果的影响。实验结果表明:随着贮藏时间的延长,酱卤鸭翅的 pH、TBA、TVB-N、菌落总数均逐渐上升,感官评分逐渐下降,但最低得分仍在 6 分以上。气调组 30%

N₂+70% CO₂和 50% N₂+50% CO₂随着贮藏时间的延长,酱卤鸭翅的嫩度和硬度均上升,这主要与酱卤鸭翅中的水分流失有关。气调组 70% N₂+30% CO₂的酱卤鸭翅随着贮藏时间的延长,嫩度和硬度呈先升高后下降的趋势,这与微生物分解鸭翅中的蛋白质有关。在相同贮藏条件下,30% N₂+70% CO₂气调组变质速度较其他 2 组更慢,这对于保障酱鸭产品食用安全性及感官品质具有较好的效果。气调包装作为一种绿色保鲜、防腐技术,在酱卤肉制品延长货架期、保障食品感官品质方面具有广阔的应用前景,但对于气调包装贮藏过程中优势菌群的鉴定、有害物质的绿色防控等还需进一步研究。

参考文献

- [1] ADZITEY F. Production potentials and the physicochemical composition of selected duck strains: A mini review [J]. Online J Anim Feed Res, 2012, 2(1): 89-94.
- [2] CAI Z, RUAN Y, HE J, *et al.* Effects of microbial fermentation on the flavor of cured duck legs [J]. Poul Sci, 2020, 99(9): 4642-4652.
- [3] XIA C, HE Y, CHENG S, *et al.* Free fatty acids responsible for characteristic aroma in various sauced-ducks [J]. Food Chem, 2021, 343: 128493.
- [4] 陈文文, 张一敏, 毛衍伟, 等. 含牛至精油的壳聚糖涂层对烤鸭保鲜效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(22): 17-24.
CHEN WW, ZHANG YM, MAO YW, *et al.* Effect of chitosan coating containing oregano essential oil on preservation of roast duck [J]. Food Res Dev, 2020, 41(22): 17-24.
- [5] SANDHY A. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs [J]. LWT-Food Sci Technol, 2010, 43(3): 381-392.
- [6] 叶可萍, 刘佳, 刘梅, 等. 气调包装酱卤鸭翅贮藏过程中菌群结构分析 [J]. 食品科学, 2015, 36(14): 201-205.
YE KP, LIU J, LIU M, *et al.* Analysis of microbial communities of pot-stewed duck wings packaged in modified atmosphere during storage [J]. Food Sci, 2015, 36(14): 201-205.
- [7] JIA F, YAN WJ, YUAN XL, *et al.* Modified atmosphere packaging of eggs: Effects on the functional properties of albumen [J]. Food Packag Shelf, 2019, 22: 100377.
- [8] AGGARWAL D, MANN KK, HARTMEISTER F. Egg quality and *Salmonella* spp. growth in shell eggs packaged in modified atmosphere packaging [J]. Alvarado Christine, 2008. DOI: <http://hdl.handle.net/2346/22471>
- [9] 杨鸿博, 杨啸吟, 张一敏, 等. 包装方式对牛排贮藏期间微生物数量和演替的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(13): 166-173.
YANG HB, YANG XY, ZHANG YM, *et al.* Effects of packaging on microbial counts and succession of beef steaks during storage time [J]. Food Sci, 2021, 42(13): 166-173.
- [10] 任思婕, 胡吕霖, 沈清, 等. 不同气体比例气调包装对冷藏微波辣子鸡丁品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(21): 245-252.
REN SJ, HU LL, SHEN Q, *et al.* Effect of different modified atmospheric conditions on physicochemical properties and volatile flavor compounds of microwaved spicy diced chicken during refrigerated storage [J]. Food Sci, 2018, 39(21): 245-252.

- [11] 周中英, 王丽, 祝水兰, 等. 气调包装对花生原料品质的影响[J]. 江西农业学报, 2019, 31(11): 72–76.
ZHOU JY, WANG L, ZHU SL, *et al.* Effect of modified atmosphere packaging technology on quality of peanut [J]. Acta Agric Jiangxi, 2019, 31(11): 72–76.
- [12] HUANG WD, SANCHALI D, SEO YS, *et al.* A passive radio-frequency pH-sensing tag for wireless food-quality monitoring [J]. Ieee Sens J, 2012, 12(3): 487.
- [13] DURAN A, KAHVE HI. The effect of chitosan coating and vacuum packaging on the microbiological and chemical properties of beef [J]. Meat Sci, 2020, 162(4): 1–5.
- [14] 郭向莹. 超高压处理对低温鸡肉早餐肠脂肪氧化及挥发性醛类风味物质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
GUO XY. Effect of ultra high pressure treatment on lipid oxidation and volatile aldehydes of chicken breakfast sausage [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2013.
- [15] 张建友, 赵瑜亮, 张梦雨, 等. 不同贮藏温度酱鸭品质变化及其货架期预测[J]. 食品科学, 2019, 40(5): 250–257.
ZHANG JY, ZHAO YL, ZHANG MY, *et al.* Quality changes and predictive modeling of shelf life of sauced duck stored at different temperatures [J]. Food Sci, 2019, 40(5): 250–257.
- [16] 芮怀瑾, 孙婷婷, 吴昊, 等. 玉米须黄酮对冷藏猪肉糜脂质氧化的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(14): 62–68.
RUI HJ, SUN TT, WU H, *et al.* Effect on corn silk flavonoids on lipid oxidation of minced pork during refrigerated storage [J]. Food Res Dev, 2019, 40(14): 62–68.
- [17] KYRANA VR, LOUGOVOIS VP, VALSAMIS DS. Assessment of shelf life of maricultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice [J]. Int J Food Sci Technol, 1997, 32: 339–347.
- [18] WANG JJ, SUN WS, JIN MT, *et al.* Fate of vibrio parahaemolyticus on shrimp after acidic electrolyzed water treatment [J]. Int J Food Microbiol, 2014, 179(22): 50–56.
- [19] LIU D, LIANG L, XIA W, *et al.* Biochemical and physical changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillets stored at -3 and 0 °C [J]. Food Chem, 2013, 140(1): 105–114.
- [20] MARIEL GK, MONTERRAT TP, ELMA C, *et al.* Effect of frozen storage on protein denaturation and fatty acids profile of the red octopus (*Octopus maya*) [J]. J Food Process Pres, 2017, 41(4): 1–11.
- [21] 陈伟玲, 周乐丹, 龙姣丽, 等. 4 °C贮藏下黄田扣肉品质变化及贮藏期的研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(20): 78–83.
CHEN WL, ZHOU LD, LONG JL, *et al.* Study on the quality changes and storage period of Huangtian braised pork at 4 °C [J]. Food Res Dev, 2020, 41(20): 78–83.
- [22] 岑剑伟, 于福田, 杨贤庆, 等. 微酸性电解水冰对罗非鱼片的保鲜效果[J]. 食品科学, 2019, 40(19): 288–293.
CEN JW, YU FT, YANG XQ, *et al.* Quality preservation of tilapia fillets using slightly acidic electrolyzed water ice [J]. Food Sci, 2019, 40(19): 288–293.
- [23] 钟萍, 陈鲜丽, 罗威, 等. 不同贮藏温度对鱼肉嫩度和菌落总数的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(7): 45–49.
ZHONG P, CHEN XL, LUO W, *et al.* Effects of different storage temperature on tenderness and total number of bacterial colonies of fish [J]. Food Res Dev, 2021, 42(7): 45–49.
- [24] 郭强, 王卫, 张佳敏, 等. 加工工艺对手撕牛肉产品特性的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(7): 98–104.
GUO Q, WANG W, ZHANG JM, *et al.* Study on the effects of processing technology on the properties of shredded beef [J]. Food Res Dev, 2021, 42(7): 98–104.
- [25] 曲文娟, 宋雅婷, 张欣欣, 等. 胶原蛋白-壳聚糖膜的制备及其对猪肉的保鲜作用[J]. 现代食品科技, 2020, 36(3): 89–98.
QU WJ, SONG YT, ZHANG XX, *et al.* Preparation of collagen-chitosan film and its preservation of pork [J]. Mod Food Sci Technol, 2020, 36(3): 89–98.

(责任编辑: 于梦娇 郑 丽)

作者简介



李 雪, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为畜禽加工。

E-mail: 1151433352@qq.com



刘光宪, 博士, 副研究员, 主要研究方向为畜禽品加工。

E-mail: liugx178@163.com