

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250321002

引用格式: 马丽娜, 樊艳凤, 周倩, 等. 不同包装方式对冷鲜鸡肉贮藏品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(10): 11–18.

MA LN, FAN YF, ZHOU Q, *et al.* Effects of different packaging ways on the storage quality of chilled chicken [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(10): 11–18. (in Chinese with English abstract).

## 不同包装方式对冷鲜鸡肉贮藏品质的影响

马丽娜<sup>1,2</sup>, 樊艳凤<sup>1,2</sup>, 周倩<sup>1,2</sup>, 张静<sup>1,2</sup>, 陈大伟<sup>1,2</sup>, 高玉时<sup>1,2</sup>, 唐修君<sup>1,2\*</sup>

[1. 江苏省家禽科学研究所, 扬州 225125; 2. 农业农村部家禽品质检验检测中心(扬州), 扬州 225125]

**摘要:** **目的** 研究不同包装方式对冷鲜鸡肉贮藏品质的影响, 并对冷鲜鸡肉的货架期进行预测。 **方法** 以 817 冷鲜鸡为研究对象, 采用保鲜膜包装(组 1)、普通聚乙烯食品袋空气包装(组 2)、尼龙加厚食品袋真空包装(组 3)和铝箔袋真空包装(组 4) 4 种包装方式, 研究对冷鲜鸡在 4 °C 冷藏条件下感官评价、色差、pH、肌苷酸(inosine monophosphate, IMP)、游离氨基酸(free amino acid, FAA)等贮藏品质的影响。 **结果** 真空组在维持亮度值( $L^*$ )、红度值( $a^*$ )、pH、IMP、FAA 方面优于非真空组, 且在抑制冷鲜鸡腐败菌的生长繁殖方面具有优势, 将普通包装的货架期 3~5 d 提升至 7 d。 **结论** 4 °C 冷藏的真空包装方式是 817 小型白羽冷鲜鸡较好的贮藏方法, 能最大限度地保留其品质和营养物质, 并将货架期延长到 7 d。

**关键词:** 包装方式; 冷鲜鸡; 贮藏品质; 货架期

### Effects of different packaging ways on the storage quality of chilled chicken

MA Li-Na<sup>1,2</sup>, FAN Yan-Feng<sup>1,2</sup>, ZHOU Qian<sup>1,2</sup>, ZHANG Jing<sup>1,2</sup>, CHEN Da-Wei<sup>1,2</sup>,  
GAO Yu-Shi<sup>1,2</sup>, TANG Xiu-Jun<sup>1,2\*</sup>

[1. Jiangsu Institute of Poultry Sciences, Yangzhou 225125, China; 2. Inspection & Testing Center for Poultry Quality, Ministry of Agriculture and Rural Affairs (Yangzhou), Yangzhou 225125, China]

**ABSTRACT: Objective** To study the effects of different packaging ways on the storage quality of chilled chicken, and to predict the shelf life of optimized chilled chicken. **Methods** The 817 chilled chicken were treated with different packaging ways such as oxygen permeable film packaging (group 1), air packaging of common polyethylene food bags (group 2), vacuum packaging of heavy-duty nylon food bags (group 3) and vacuum packaging of aluminum foil cooking bags (group 4). The effects of sensory evaluation, meat color, pH, inosine monophosphate (IMP) and free amino acids (FAA) on storage quality of chilled fresh chickens at 4 °C were studied. **Results** The vacuum group was superior to the non-vacuum group in maintaining brightness value ( $L^*$ ), redness value ( $a^*$ ), pH value, IMP and FAA, and had advantages in inhibiting the growth and reproduction of chilled chicken pustlessness bacteria, which increased the shelf life of ordinary packaging from 3–5 days to 7 days. **Conclusion** The vacuum packaging method of 4 °C refrigeration is a better storage method for 817 small white feathers chilled chicken, which can retain its

收稿日期: 2025-03-21

基金项目: 扬州市社会发展项目(YZ2023146, YZ2023078)

第一作者: 马丽娜(1986—), 女, 副研究员, 主要研究方向为禽产品质量安全研究。E-mail: marina1986tiger@163.com

\*通信作者: 唐修君(1981—), 女, 研究员, 主要研究方向为家禽育种与食品安全研究。E-mail: tangxj0918@126.com

quality and nutrients to the maximum extent, and extend the shelf life to 7 days.

**KEY WORDS:** packaging method; chilled chicken; storage quality; shelf-life

## 0 引言

鸡肉以肉质细腻、滋味鲜美和高蛋白、低脂肪等优点深受广大消费者的青睐<sup>[1]</sup>。据国家统计局数据显示, 整个 2023 年我国家禽累计出栏 168.2 亿只, 比上年增长 4.2%, 禽肉产量 2563 万 t, 增长 4.9%; 白羽肉鸡和黄羽肉鸡出栏量为 71.95 亿只和 35.95 亿只, 其中 817 小白鸡全年总屠宰量高达 22.69 亿只, 同比涨幅接近 10%<sup>[2]</sup>。近年来, 随着人民消费升级趋势、食品安全与卫生需求、餐饮及预制菜需求增长等市场需求驱动, 冷链技术的成熟, 以及“十四五”农产品仓储保鲜冷链物流建设规划的颁布实施, 冷鲜鸡市场在中国处于快速成长期<sup>[3]</sup>, 未来 5~10 年有望成为禽肉消费的主流形式。其中, 817 小型白羽肉鸡正是平衡了生长速度和风味等优点, 成为冷鲜鸡市场的主流品种。冷鲜鸡肉虽然温度较低, 但由于其富含蛋白质、脂肪等营养物质, 在屠宰、加工、运输、贮藏、销售等过程, 鸡肉品质依然会因受到内源酶作用或嗜冷微生物污染而劣化<sup>[4-6]</sup>, 从而限制了冷鲜鸡肉的货架期<sup>[7-8]</sup>。

冷鲜鸡肉的安全控制除了采用低温贮藏, 还可以借助包装技术来实现<sup>[9]</sup>。现阶段研究较多的包装方式有透氧托盘包装<sup>[10]</sup>、气调包装<sup>[11-12]</sup>、真空包装<sup>[13]</sup>、贴体包装<sup>[14]</sup>以及热收缩包装<sup>[15]</sup>等。通过对肉品进行包装, 不仅可以保持肉品原有外观特征, 而且可以减少营养流失, 抑制细菌繁殖, 保障食品安全<sup>[16]</sup>。由于冰鲜鸡外观体态不如无骨牛羊肉平整、大小统一, 不适用于贴体包装或热收缩包装, 导致市场上销售的冷鲜鸡大多无包装, 或采用简单的保鲜膜包装, 包装方式单一且保鲜效果不理想。目前, 已有一些关于不同包装方式对冷鲜鸡保鲜效果的文献, 但研究对象大多是鸡胸肉、腿肉或地方品种的黄羽肉鸡<sup>[17]</sup>, 没有小型白羽肉鸡全屠体在常规肉品质和营养品质等方面的综合报道。因此, 本研究以 817 小型白羽肉鸡为冷鲜鸡研究对象, 采用保鲜膜包装、普通聚乙烯食品袋空气包装、尼龙加厚食品袋真空包装和铝箔袋真空包装 4 种包装方式在相同的温湿度条件下进行实验, 研究不同包装方式对冷鲜鸡肉感官和营养品质的影响, 以期筛选出适宜 817 小型白羽冷鲜鸡肉贮藏的包装方式, 以延长其货架期, 为冷鲜鸡保鲜提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

冷鲜鸡(817 小型白羽肉鸡, 体质量约 1.5 kg)为实验当

天购买于江苏立华食品有限公司, 利用装有冰袋的保温箱贮藏, 1.5 h 内送到实验室待用; 聚氯乙烯保鲜膜、普通聚乙烯食品自封袋(当地超市); 24 丝尼龙加厚(聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚乙烯双层材质)食品真空保鲜袋(中国安盛科食品包装有限公司); 26 丝铝箔真空食品袋(中国喜之龙食品包装有限公司)。

高氯酸、盐酸、磺基水杨酸(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 甲醇、乙腈(色谱纯, 上海安谱实验科技股份有限公司)。

### 1.2 仪器与设备

CR-400 色彩色差仪(日本柯尼卡-美能达有限公司); PH-STAR 肌肉 pH 值直测仪(德国 Matthaus 有限公司); Kjeltec 8400 全自动凯氏定氮仪(丹麦福斯公司); XS105DU 电子天平(感量 0.01 mg)、AB104-L 电子天平(感量 0.1 mg)(瑞士梅特勒-托利多公司); MB550 组织匀浆机(瑞士 Kinematica 公司); Thermo TSQ MAX 质谱仪(配 Thermo UltiMate 3000 高效液相色谱仪, 美国赛默飞世尔科技公司); Sepx BR-C<sub>18</sub> 色谱柱(2.1 mm×150 mm, 3 μm)(美国赛分科技有限公司); L-8900 氨基酸自动分析仪[日立高新技术(上海)国际贸易有限公司]。

### 1.3 实验方法

将冷鲜鸡随机分成 4 组, 每组 48 只, 共 192 只。组 1(保鲜膜包装): 样品用聚氯乙烯生鲜保鲜膜包装。组 2(普通聚乙烯食品自封袋空气包装): 样品放入普通聚乙烯食品自封袋中, 不用刻意挤压出空气, 直接封口。组 3(尼龙加厚食品真空保鲜袋真空包装): 样品放入尼龙加厚食品真空保鲜袋中, 用包装机抽真空并塑封口。组 4(铝箔真空食品袋真空包装): 样品放入铝箔真空食品袋中, 用包装机抽真空并塑封口。所有冷鲜鸡包装后立即放入 4℃ 冰箱保存, 于不同时间点(0、1、3、5、7、9、11 和 13 d)随机抽取每组 6 只鸡, 并采集胸肌样品备用。

### 1.4 测定指标

#### 1.4.1 感官评价的测定

参考 GB 2707—2016《食品安全国家标准 鲜(冻)畜、禽产品》。由 6 名专业人员将样品拆包装后按表 1 评分标准从 4 个方面对冷鲜鸡进行感官评分, 将 6 人评判平均值作为最终实验结果。然后将色泽、气味、弹性和表面黏度这 4 项分值相加, 最终得分在 30 分以上为一级鲜度, 20 分以上为二级鲜度, 10 分以上为三级鲜度, 10 分以下表示已经完全腐败, 不宜食用<sup>[18]</sup>。

表 1 感官评分标准  
Table 1 Grade of sensory scores

评定指标	好(10分)	较好(8分)	一般(6分)	较差(4分)	极差(2分)
色泽	色泽淡黄, 有光泽	色泽略暗, 有光泽	色泽发暗, 无光泽	黄褐色, 无光泽	灰褐色, 无光泽
气味	固有鸡肉味浓郁	固有鸡肉味, 无异味	稍有异味	有异味	有强烈异臭味
弹性	坚实富有弹性, 手指压坚后凹陷立即消失	弹性较好, 手指压后凹陷较快消失	弹性一般, 手指压后凹陷消失较慢	无弹性, 手指压后凹陷不能恢复	弹性完全丧失, 手指压后凹陷明显存在
表面黏度	不黏手	不黏手	微黏手	黏手	较黏手

#### 1.4.2 色差的测定

使用校准过后的 CR-400 色彩色差仪分别对去皮鸡胸肉块内表面的  $L^*$ (白度)、 $a^*$ (红色)和  $b^*$ (黄色)进行测定。每个样品选取 3 个点, 每个点测定 2 次, 取 6 次的平均值为最终结果。

#### 1.4.3 pH 的测定

使用胴体肉质 pH 值直测仪, 将 pH 探针插入胸肌肉样品中进行测定。每个样品测定 3 次, 取平均值作为最终结果。

#### 1.4.4 肌苷酸的测定

参考 GB/T 19676—2005《黄羽肉鸡产品质量分级》中 6.4 肌苷酸(inosine monophosphate, IMP)含量测定方法测定。

#### 1.4.5 游离氨基酸的测定

参考樊艳凤等<sup>[19]</sup>的方法, 用氨基酸自动分析仪进行测定。

#### 1.4.6 挥发性盐基氮的测定

参考 GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》中第二法自动凯氏定氮仪法, 用全自动凯氏定氮仪进行测定。

#### 1.4.7 生物胺的测定

参考葛庆联等<sup>[20]</sup>的方法, 用高效液相色谱-串联质谱仪进行测定。

### 1.5 数据处理

实验数据采用 Excel 2019 软件计算平均值和标准偏差, SPSS 27.0 统计软件方差分析(analysis of variance, ANOVA)进行差异显著性检验进行处理和分析( $P < 0.05$  表示差异显著), 并采用 Origin 2018 对实验数据进行作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官评价分析

感官评价是评定冷鲜鸡品质的重要指标之一, 它直接影响产品的销售, 根据表 1 对整只冷鲜鸡进行感官评价, 结果见表 2。由表 2 可知, 冷鲜鸡在整个贮藏期间, 各组的感官评分值都随着贮藏时间的延长而呈下降趋势, 且组 1、组 2 的感官分值下降速率明显快于组 3、组 4。组 1、组 2 在贮藏 3~5 d 后, 感官评分从一级鲜度降为二级鲜度, 且 5 d 后色泽发暗、稍有异味、微黏手、弹性也一般, 两组之间差异不显著( $P > 0.05$ )。组 3、组 4 在贮藏 5~9 d 后从一级鲜度降为二级鲜度, 两组之间差异不显著( $P > 0.05$ ); 直至 11 d 后表皮呈现黄褐色且无光泽, 有明显异味等腐败现象。同时, 从贮藏 7 d 后开始, 真空组的感官评分值显著高于非真空组的感官评分值( $P < 0.05$ ), 但仍处于二级鲜度。由此可知, 真空包装的组 3、组 4 能有效减缓冷鲜鸡在贮藏期间综合感官品质的劣变, 将普通包装 3~5 d 的货架期延长至 7~9 d。

### 2.2 色差分析

$L^*$ 代表亮度, 它是一个重要的食品鲜度指标, 影响消费者对食品在接受程度,  $L^*$ 越大说明鸡肉的色泽越鲜亮。由表 3 可知, 不同包装方式下冷鲜鸡肉  $L^*$ 均呈现一个先上升后下降的趋势, 且真空组的  $L^*$ 大多显著大于非真空组( $P < 0.05$ ), 这是由于真空状态能延缓肉中肌红蛋白的氧化<sup>[21]</sup>。各组在贮藏 1 d 后  $L^*$ 上升的原因可能是鸡肉内部的

表 2 不同包装方式的冷鲜鸡贮藏过程中感官评分变化  
Table 2 Sensory index of chilled chicken with different packing methods during storage

组别	保存时间							
	0 d	1 d	3 d	5 d	7 d	9 d	11 d	13 d
组 1	40.00±0.00 <sup>A</sup>	36.33±1.97 <sup>B</sup>	32.83±1.94 <sup>C</sup>	24.50±1.38 <sup>Dc</sup>	16.17±1.33 <sup>Eb</sup>	/	/	/
组 2	40.00±0.00 <sup>A</sup>	37.33±1.03 <sup>B</sup>	34.00±1.67 <sup>C</sup>	26.83±1.72 <sup>Dbc</sup>	16.50±1.52 <sup>Eb</sup>	14.50±2.07 <sup>Fb</sup>	/	/
组 3	40.00±0.00 <sup>A</sup>	37.83±1.47 <sup>A</sup>	34.67±2.07 <sup>B</sup>	29.00±3.03 <sup>Cab</sup>	21.67±2.07 <sup>Da</sup>	19.33±1.75 <sup>Ea</sup>	14.50±1.52 <sup>Fb</sup>	8.33±1.86 <sup>Gb</sup>
组 4	40.00±0.00 <sup>A</sup>	38.17±1.47 <sup>A</sup>	35.00±1.55 <sup>B</sup>	30.00±2.28 <sup>Ca</sup>	22.17±2.71 <sup>Da</sup>	20.00±1.79 <sup>Ea</sup>	17.33±1.37 <sup>Fa</sup>	10.67±1.51 <sup>Ga</sup>

注: 相同字母或无字母表示差异不显著( $P > 0.05$ ); 同行数据不同大写字母表示同一指标差异显著( $P < 0.05$ ); 同列数据不同小写字母表示同一指标差异显著( $P < 0.05$ ); /表示未测定, 下同。

表 3 不同包装方式对肉色的变化规律  
Table 3 Variation law of muscle color at different package methods

指标	组别	保存时间							
		0 d	1 d	3 d	5 d	7 d	9 d	11 d	13 d
$L^*$	组 1	42.85±0.47 <sup>E</sup>	50.43±0.52 <sup>Ab</sup>	49.76±0.38 <sup>Bb</sup>	47.56±0.59 <sup>Cb</sup>	45.65±0.71 <sup>Db</sup>	/	/	/
	组 2	42.85±0.47 <sup>D</sup>	50.98±0.36 <sup>Ab</sup>	50.67±0.56 <sup>Aa</sup>	47.64±0.52 <sup>Bb</sup>	46.58±0.91 <sup>Cb</sup>	46.31±0.47 <sup>Cb</sup>	/	/
	组 3	42.85±0.47 <sup>E</sup>	51.81±0.75 <sup>Aa</sup>	51.04±0.76 <sup>Aa</sup>	49.32±0.92 <sup>Ba</sup>	48.69±0.85 <sup>Ba</sup>	47.73±0.89 <sup>Ca</sup>	47.68±0.80 <sup>C</sup>	45.46±0.73 <sup>D</sup>
	组 4	42.85±0.47 <sup>E</sup>	51.83±0.33 <sup>Aa</sup>	51.26±0.63 <sup>Aa</sup>	49.03±1.06 <sup>Ba</sup>	48.23±0.91 <sup>Ba</sup>	47.82±0.97 <sup>Ca</sup>	47.77±0.40 <sup>C</sup>	46.02±0.38 <sup>D</sup>
$a^*$	组 1	4.67±0.10 <sup>B</sup>	5.01±0.11 <sup>Aab</sup>	4.90±0.18 <sup>Abc</sup>	4.87±0.11 <sup>Ac</sup>	4.57±0.13 <sup>Bc</sup>	/	/	/
	组 2	4.67±0.10 <sup>C</sup>	4.96±0.11 <sup>Aab</sup>	4.88±0.11 <sup>ABc</sup>	4.81±0.09 <sup>Bc</sup>	4.45±0.11 <sup>Dc</sup>	4.31±0.10 <sup>Ec</sup>	/	/
	组 3	4.67±0.10 <sup>D</sup>	5.07±0.12 <sup>Ca</sup>	5.18±0.10 <sup>Ca</sup>	5.35±0.09 <sup>Ba</sup>	5.39±0.11 <sup>ABa</sup>	5.43±0.09 <sup>ABa</sup>	5.48±0.11 <sup>ABa</sup>	5.52±0.21 <sup>A</sup>
	组 4	4.67±0.10 <sup>F</sup>	4.93±0.07 <sup>Eb</sup>	5.06±0.13 <sup>CDEab</sup>	5.01±0.14 <sup>DEb</sup>	5.10±0.15 <sup>BCDb</sup>	5.22±0.11 <sup>ABb</sup>	5.19±0.08 <sup>ABCb</sup>	5.33±0.16 <sup>A</sup>
$b^*$	组 1	5.96±0.11 <sup>C</sup>	6.31±0.07 <sup>B</sup>	6.74±0.24 <sup>A</sup>	6.68±0.26 <sup>A</sup>	6.29±0.16 <sup>Bb</sup>	/	/	/
	组 2	5.96±0.11 <sup>C</sup>	6.36±0.21 <sup>B</sup>	6.79±0.19 <sup>A</sup>	6.64±0.53 <sup>AB</sup>	6.57±0.30 <sup>ABa</sup>	6.68±0.31 <sup>AB</sup>	/	/
	组 3	5.96±0.11 <sup>D</sup>	6.38±0.14 <sup>C</sup>	6.63±0.34 <sup>BC</sup>	6.70±0.33 <sup>ABC</sup>	6.37±0.29 <sup>Ca</sup>	6.85±0.35 <sup>AB</sup>	6.61±0.23 <sup>BCa</sup>	6.99±0.22 <sup>A</sup>
	组 4	5.96±0.11 <sup>D</sup>	6.32±0.24 <sup>C</sup>	6.88±0.12 <sup>AB</sup>	6.80±0.38 <sup>B</sup>	6.70±0.30 <sup>Ba</sup>	6.78±0.31 <sup>B</sup>	6.24±0.18 <sup>CDB</sup>	7.17±0.44 <sup>A</sup>

水分渗透至表面, 鸡肉对光的反射增强所导致。 $a^*$ 代表红度,  $a^*$ 越大, 说明鸡肉的颜色越鲜艳。非真空组的  $a^*$ 在贮藏 1 d 后达到最大值后就呈现下降的趋势, 且随着贮藏时间的增加  $a^*$ 整体上变化趋势显著 ( $P<0.05$ ), 但组 1 和组 2 之间差异不显著 ( $P>0.05$ ); 真空组的  $a^*$ 整体上却呈现缓慢上升的趋势, 在贮藏 3 d 后  $a^*$ 变化较小, 说明真空状态能很好的维持冷鲜鸡的鲜红度。 $b^*$ 代表黄度, 黄度越低, 通常代表冰鲜鸡越新鲜。由表 3 可知, 各组间  $b^*$ 无明显变化趋势, 这一结果与高磊等<sup>[17]</sup>的研究结果一致。综上所述, 真空包装方式使得鸡肉的  $L^*$ 和  $a^*$ 显著优于非真空包装。

### 2.3 pH 分析

pH 的变化可以在一定程度上反映鸡肉的新鲜程度。不同包装方式对冷鲜鸡肉 pH 影响如表 4 所示。各组样品的 pH 均呈现先下降后上升的趋势, 与 SOYSAL 等<sup>[22]</sup>的研究结果一致。在贮藏前期, 正处肌肉的成熟排酸阶段, 会使酸度有所增加, pH 降低。在贮藏后期, 蛋白质会加速降解产生氨基酸、吡啶、氨和胺类等碱性物质, 使 pH 上升<sup>[23-24]</sup>。各组 pH 变化均显著 ( $P<0.05$ ), 但组 3 与组 4 之间的 pH 却

差异不显著 ( $P>0.05$ )。参照 GB 2707—2016 和杜鹃等<sup>[25]</sup>的研究, 一般将冷鲜鸡肉的新鲜度按 pH 分为如下 3 类: 一级鲜肉 pH 为 5.6~6.3, 二级鲜肉 pH 为 6.3~6.6, 变质肉 pH>6.7。由表 4 可知, 组 1 在 3 d 后 pH 为 6.22 属于一级鲜肉, 在 7 d 后 pH 为 6.55 属于二级鲜肉; 组 2 在 5 d 后 pH 为 6.21 属于一级鲜肉, 在 9 d 后 pH 为 6.44 属于二级鲜肉, 但显著高于真空组 ( $P<0.05$ ); 组 3 和组 4 在 7 d 后 pH 分别为 6.17 和 6.21 属于一级鲜肉, 在 13 d 后 pH 为 6.40 仍未变质。因此, 真空包装组在一定程度上能缓解 pH 的上升, 表明真空包装能延长冷鲜鸡的货架期。

### 2.4 肌苷酸分析

IMP 作为畜禽肉中的关键风味前体物质, 对鸡肉品质影响至关重要, 是衡量肉质鲜味的重要指标之一<sup>[26]</sup>。冷鲜鸡屠宰当天胸肌 IMP 含量为 3.66 mg/g, 连续考察到 13 d 后的 IMP 含量测定结果见表 5。贮藏 1 d 后 4 组胸肌 IMP 含量分别为屠宰当天的 85.79%、91.53%、95.08%、96.17%, 除组 4 差异不显著外, 其余 3 组均差异显著 ( $P<0.05$ )。7 d 后 4 组胸肌 IMP 含量分别为屠宰当天的

表 4 不同包装方式对 pH 的变化规律  
Table 4 Variation law of pH at different package methods

组别	保存时间							
	0 d	1 d	3 d	5 d	7 d	9 d	11 d	13 d
组 1	5.93±0.04 <sup>D</sup>	5.80±0.05 <sup>E</sup>	6.22±0.06 <sup>Ca</sup>	6.41±0.07 <sup>Ba</sup>	6.55±0.05 <sup>Aa</sup>	/	/	/
组 2	5.93±0.05 <sup>E</sup>	5.79±0.04 <sup>F</sup>	6.10±0.05 <sup>Db</sup>	6.21±0.04 <sup>Cb</sup>	6.35±0.05 <sup>Bb</sup>	6.44±0.06 <sup>Aa</sup>	/	/
组 3	5.93±0.05 <sup>G</sup>	5.75±0.05 <sup>H</sup>	6.03±0.04 <sup>Fc</sup>	6.10±0.05 <sup>Ec</sup>	6.17±0.04 <sup>Dc</sup>	6.23±0.04 <sup>Cb</sup>	6.31±0.03 <sup>B</sup>	6.40±0.06 <sup>A</sup>
组 4	5.93±0.05 <sup>F</sup>	5.74±0.05 <sup>G</sup>	5.99±0.02 <sup>Ec</sup>	6.07±0.06 <sup>Dc</sup>	6.21±0.03 <sup>Cc</sup>	6.26±0.03 <sup>BCb</sup>	6.30±0.03 <sup>B</sup>	6.40±0.02 <sup>A</sup>

表 5 不同包装方式对 IMP 的变化规律(mg/g)  
Table 5 Variation law of IMP at different package methods (mg/g)

组别	保存时间							
	0 d	1 d	3 d	5 d	7 d	9 d	11 d	13 d
组 1	3.66±0.16 <sup>A</sup>	3.14±0.11 <sup>Bb</sup>	2.45±0.21 <sup>Cc</sup>	2.43±0.21 <sup>Cb</sup>	1.47±0.14 <sup>Dc</sup>	/	/	/
组 2	3.66±0.16 <sup>A</sup>	3.35±0.20 <sup>Bab</sup>	2.67±0.23 <sup>Cb</sup>	2.64±0.16 <sup>Ca</sup>	1.25±0.10 <sup>Dd</sup>	0.65±0.04 <sup>Eb</sup>	/	/
组 3	3.66±0.16 <sup>A</sup>	3.48±0.18 <sup>Ba</sup>	2.90±0.13 <sup>Ca</sup>	2.69±0.15 <sup>Da</sup>	1.71±0.22 <sup>Eb</sup>	0.87±0.07 <sup>Fa</sup>	0.80±0.07 <sup>F</sup>	0.53±0.05 <sup>G</sup>
组 4	3.66±0.16 <sup>A</sup>	3.52±0.23 <sup>Aa</sup>	2.77±0.10 <sup>Bab</sup>	2.77±0.16 <sup>Ba</sup>	2.14±0.12 <sup>Ca</sup>	0.89±0.03 <sup>Da</sup>	0.74±0.05 <sup>D</sup>	0.73±0.06 <sup>D</sup>

40.16%、34.15%、46.72%、58.47%，下降显著( $P<0.05$ )。但 9 d 后组 3、组 4 的降解趋势变平缓，且组 4 从 9 d 后差异不显著。综上可知，随着贮藏时间的增加，各组的 IMP 含量呈持续下降趋势，且组 3、组 4 的 IMP 降解速率要小于组 1、组 2。这一变化趋势与唐修君等<sup>[27]</sup>的研究内容一致，说明鸡肉中的 IMP 随货架期的延长而降解。因此，2 种真空包装在抑制鸡肉鲜味成分 IMP 降解速率上均具有优势，组 2 的袋装包装也优于组 1 的薄膜包装。

### 2.5 游离氨基酸分析

呈味核苷酸等风味前体物质和游离氨基酸(free amino acid, FAA)等经过一系列化学变化就形成了鸡肉风味，而 FAA 更是其中重要的滋味物质<sup>[28-29]</sup>。本研究测定了 7 种必需 FAA(苏氨酸、缬氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸)、6 种呈味 FAA(天冬氨酸、

谷氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸)和 4 种其他 FAA(半胱氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸)，共计 17 种 FAA。由表 6 可知，冷鲜鸡肌肉中总 FAA 和必需 FAA 的含量均随着贮藏天数的增加呈现先增加后下降的趋势且差异显著( $P<0.05$ )，这与樊艳凤等<sup>[19]</sup>和叶藻等<sup>[30]</sup>的研究结果一致。各组的总 FAA 含量和必需 FAA 含量分别在 5、7 (5)、9 和 9 d 达到最大值，但必需 FAA 占总 FAA 比例却呈现显著下降趋势；在贮藏 3 d 后，真空组的总 FAA 含量开始显著大于非真空组( $P<0.05$ )。同时，各组的呈味 FAA 含量呈现逐步上升趋势，仅真空组在 11 d 后呈味 FAA 含量开始下降；各组呈味 FAA 占总 FAA 比例也基本呈现逐步上升趋势，但组 1~组 3 的 5 d 和组 4 的 7 d 除外。由此可见，真空组在维持高 FAA 含量方面显著优于非真空组。

表 6 不同包装方式对 FAA 的变化规律  
Table 6 Variation law of FAA content at different package methods

指标	组别	保存时间							
		0 d	1 d	3 d	5 d	7 d	9 d	11 d	13 d
总 FAA (g/kg)	组 1	2.31±0.19 <sup>C</sup>	2.42±0.17 <sup>C</sup>	3.12±0.24 <sup>Bb</sup>	3.47±0.33 <sup>Ab</sup>	3.26±0.29 <sup>ABc</sup>	/	/	/
	组 2	2.31±0.19 <sup>C</sup>	2.48±0.21 <sup>C</sup>	3.06±0.26 <sup>Bb</sup>	3.42±0.30 <sup>Ab</sup>	3.75±0.37 <sup>Ab</sup>	3.71±0.32 <sup>Ab</sup>	/	/
	组 3	2.31±0.19 <sup>E</sup>	2.54±0.13 <sup>E</sup>	3.59±0.36 <sup>Da</sup>	3.88±0.14 <sup>Da</sup>	4.48±0.35 <sup>BCa</sup>	5.22±0.42 <sup>Aa</sup>	4.78±0.46 <sup>B</sup>	4.28±0.41 <sup>C</sup>
	组 4	2.31±0.19 <sup>E</sup>	2.57±0.15 <sup>E</sup>	3.66±0.31 <sup>Da</sup>	3.88±0.14 <sup>Da</sup>	4.63±0.34 <sup>BCa</sup>	5.52±0.15 <sup>Aa</sup>	4.91±0.32 <sup>B</sup>	4.52±0.28 <sup>C</sup>
必需 FAA (g/kg)	组 1	1.65±0.09 <sup>C</sup>	1.71±0.08 <sup>C</sup>	1.90±0.13 <sup>Bb</sup>	2.07±0.16 <sup>A</sup>	1.75±0.16 <sup>BCc</sup>	/	/	/
	组 2	1.65±0.09 <sup>B</sup>	1.71±0.10 <sup>B</sup>	1.93±0.17 <sup>Ab</sup>	2.11±0.20 <sup>A</sup>	2.09±0.18 <sup>Ab</sup>	2.03±0.15 <sup>Ab</sup>	/	/
	组 3	1.65±0.09 <sup>D</sup>	1.75±0.08 <sup>D</sup>	2.07±0.09 <sup>Cab</sup>	2.21±0.16 <sup>BC</sup>	2.36±0.23 <sup>Ba</sup>	2.68±0.17 <sup>Aa</sup>	2.34±0.21 <sup>B</sup>	2.05±0.20 <sup>C</sup>
	组 4	1.65±0.09 <sup>E</sup>	1.77±0.05 <sup>E</sup>	2.15±0.21 <sup>Da</sup>	2.26±0.21 <sup>CD</sup>	2.50±0.23 <sup>Ba</sup>	2.90±0.27 <sup>Aa</sup>	2.44±0.22 <sup>BC</sup>	2.15±0.11 <sup>D</sup>
呈味 FAA (g/kg)	组 1	0.37±0.02 <sup>D</sup>	0.40±0.01 <sup>Dc</sup>	0.76±0.07 <sup>C</sup>	0.85±0.08 <sup>Bb</sup>	1.00±0.09 <sup>A</sup>	/	/	/
	组 2	0.37±0.02 <sup>D</sup>	0.44±0.02 <sup>Dbc</sup>	0.79±0.06 <sup>C</sup>	0.86±0.07 <sup>Cb</sup>	1.03±0.09 <sup>B</sup>	1.17±0.11 <sup>Ab</sup>	/	/
	组 3	0.37±0.02 <sup>E</sup>	0.46±0.04 <sup>Eb</sup>	0.82±0.06 <sup>D</sup>	0.89±0.07 <sup>Db</sup>	1.04±0.09 <sup>C</sup>	1.58±0.14 <sup>Ba</sup>	2.00±0.15 <sup>A</sup>	1.69±0.15 <sup>Bb</sup>
	组 4	0.37±0.02 <sup>G</sup>	0.54±0.05 <sup>Fa</sup>	0.84±0.04 <sup>E</sup>	1.01±0.07 <sup>Da</sup>	1.06±0.10 <sup>D</sup>	1.47±0.10 <sup>Ca</sup>	2.04±0.15 <sup>A</sup>	1.89±0.15 <sup>Ba</sup>
必需 FAA 占总 FAA 比例/%	组 1	71.49±4.91 <sup>A</sup>	70.87±7.60 <sup>A</sup>	61.35±6.47 <sup>B</sup>	60.25±8.24 <sup>B</sup>	54.16±6.96 <sup>B</sup>	/	/	/
	组 2	71.49±4.91 <sup>A</sup>	69.61±8.78 <sup>AB</sup>	63.37±6.92 <sup>ABC</sup>	62.02±6.07 <sup>BC</sup>	56.52±9.63 <sup>C</sup>	54.92±6.33 <sup>C</sup>	/	/
	组 3	71.49±4.91 <sup>A</sup>	69.04±5.78 <sup>A</sup>	58.38±7.09 <sup>B</sup>	56.94±4.42 <sup>BC</sup>	53.00±7.06 <sup>BCD</sup>	51.42±4.32 <sup>BCD</sup>	49.55±7.96 <sup>CD</sup>	48.10±4.21 <sup>D</sup>
	组 4	71.49±4.91 <sup>A</sup>	69.34±4.94 <sup>A</sup>	59.32±9.61 <sup>B</sup>	58.35±6.84 <sup>B</sup>	54.29±7.20 <sup>BC</sup>	52.59±5.30 <sup>BC</sup>	49.75±2.92 <sup>C</sup>	47.66±4.67 <sup>C</sup>
呈味 FAA 占总 FAA 比例/%	组 1	15.91±0.57 <sup>C</sup>	16.69±1.28 <sup>Cb</sup>	24.50±1.68 <sup>B</sup>	24.49±1.97 <sup>B</sup>	30.60±2.44 <sup>Aa</sup>	/	/	/
	组 2	15.91±0.57 <sup>C</sup>	17.73±2.22 <sup>Cb</sup>	25.84±2.14 <sup>B</sup>	25.20±3.05 <sup>B</sup>	27.75±4.44 <sup>Ba</sup>	31.73±3.73 <sup>Aa</sup>	/	/
	组 3	15.91±0.57 <sup>D</sup>	18.09±1.35 <sup>Db</sup>	23.08±2.21 <sup>C</sup>	22.92±1.74 <sup>C</sup>	23.35±2.56 <sup>Cb</sup>	30.41±3.75 <sup>Bab</sup>	42.20±5.31 <sup>A</sup>	39.49±2.73 <sup>A</sup>
	组 4	15.91±0.57 <sup>D</sup>	21.18±2.60 <sup>Ca</sup>	23.05±2.67 <sup>BC</sup>	26.08±2.59 <sup>B</sup>	23.21±3.79 <sup>BCb</sup>	26.60±1.80 <sup>Bb</sup>	41.79±5.33 <sup>A</sup>	42.07±5.10 <sup>A</sup>

## 2.6 挥发性盐基氮分析

挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)常被作为肉类新鲜度判定的化学指标,根据 GB 2707—2016 规定鲜(冻)畜禽产品的 TVB-N 值不得大于 15 mg/100 g。由表 7 结果显示,新鲜鸡肉 TVB-N 初始值为(7.52±0.08) mg/100 g,其随着贮藏时间推移而显著增加( $P<0.05$ )。5 d 后组 1 达到(18.8±0.82) mg/100 g,7 d 后组 2 达到(24.60±1.18) mg/100 g,9 d 后组 3 为(24.89±1.29) mg/100 g,组 4 为(23.39±0.91) mg/100 g。因此,以理化指标结果表示,组 1 保鲜至 3 d 后不能食用,同理,组 2、组 3 和组 4 分别冷藏

保鲜至 5、7 和 7 d 后不能食用。

## 2.7 生物胺分析

生物胺是含蛋白质食品中常见的化学毒素,需特别注意其在食品中的含量。由于冷鲜鸡没有低温保存,腐败菌更易生长,给生物胺的生成提供了条件其中腐胺和尸胺的含量与生鲜畜禽肉新鲜度密切相关<sup>[31-32]</sup>。由表 8 可知,随着贮藏时间的延长,各组中腐胺含量显著升高,且从贮藏 1 d 后,非真空组的上升趋势显著大于真空组( $P<0.05$ )。贮藏 13 d 后,组 3、组 4 的腐胺含量仍然低于 6.5 mg/kg。在贮藏前期,尸胺含量的上升趋势较平缓,但贮藏 7 d 后,

表 7 不同包装方式对 TVB-N 的变化规律(mg/100 g)  
Table 7 Variation law of TVB-N at different package methods (mg/100 g)

组别	保存时间							
	0 d	1 d	3 d	5 d	7 d	9 d	11 d	13 d
组 1	7.52±0.08 <sup>E</sup>	9.05±0.16 <sup>Db</sup>	12.10±0.23 <sup>Ca</sup>	18.80±0.82 <sup>Ba</sup>	25.25±1.04 <sup>Aa</sup>	/	/	/
组 2	7.52±0.08 <sup>F</sup>	10.11±0.36 <sup>Ea</sup>	11.10±0.27 <sup>Dab</sup>	13.80±0.19 <sup>Cb</sup>	24.60±1.18 <sup>Ba</sup>	34.64±1.57 <sup>Aa</sup>	/	/
组 3	7.52±0.08 <sup>G</sup>	8.31±0.18 <sup>Gc</sup>	10.26±0.20 <sup>Fb</sup>	12.27±0.38 <sup>Ec</sup>	14.87±0.77 <sup>Db</sup>	24.89±1.29 <sup>Cb</sup>	59.11±2.77 <sup>Ba</sup>	88.93±3.26 <sup>A</sup>
组 4	7.52±0.08 <sup>E</sup>	7.88±0.16 <sup>Ed</sup>	8.32±0.24 <sup>Ec</sup>	11.92±0.22 <sup>Dc</sup>	13.43±0.71 <sup>Dc</sup>	23.39±0.91 <sup>Cb</sup>	53.71±2.37 <sup>Bb</sup>	88.70±3.67 <sup>A</sup>

表 8 不同包装方式对生物胺的变化规律(mg/kg)  
Table 8 Variation law of biogenic amines content at different package methods (mg/kg)

生物胺	组别	保存时间							
		0 d	1 d	3 d	5 d	7 d	9 d	11 d	13 d
腐胺	组 1	1.52±0.08 <sup>E</sup>	2.06±0.17 <sup>Dab</sup>	3.01±0.22 <sup>Ca</sup>	5.01±0.45 <sup>Ba</sup>	7.31±0.38 <sup>Aa</sup>	/	/	/
	组 2	1.52±0.08 <sup>F</sup>	2.14±0.18 <sup>Ea</sup>	3.03±0.16 <sup>Da</sup>	4.93±0.15 <sup>Ca</sup>	5.52±0.34 <sup>Bb</sup>	10.33±0.39 <sup>Aa</sup>	/	/
	组 3	1.52±0.08 <sup>F</sup>	1.91±0.16 <sup>Eb</sup>	2.01±0.11 <sup>Eb</sup>	2.11±0.17 <sup>DEb</sup>	2.35±0.19 <sup>Dc</sup>	3.46±0.28 <sup>Cb</sup>	4.14±0.40 <sup>Ba</sup>	6.22±0.28 <sup>Aa</sup>
	组 4	1.52±0.08 <sup>E</sup>	1.91±0.09 <sup>Db</sup>	2.08±0.2 <sup>CDb</sup>	2.11±0.20 <sup>CDb</sup>	2.20±0.17 <sup>Cc</sup>	3.21±0.32 <sup>Bb</sup>	3.44±0.33 <sup>Bb</sup>	5.45±0.26 <sup>Ab</sup>
尸胺	组 1	1.33±0.08 <sup>E</sup>	1.99±0.11 <sup>Da</sup>	2.79±0.24 <sup>Ca</sup>	4.07±0.30 <sup>Ba</sup>	9.81±0.37 <sup>Aa</sup>	/	/	/
	组 2	1.33±0.08 <sup>F</sup>	1.96±0.13 <sup>Ea</sup>	2.85±0.20 <sup>Da</sup>	4.02±0.16 <sup>Ca</sup>	9.38±0.16 <sup>Bb</sup>	18.62±0.83 <sup>Aa</sup>	/	/
	组 3	1.33±0.08 <sup>F</sup>	1.47±0.09 <sup>Fb</sup>	2.61±0.13 <sup>Eb</sup>	3.03±0.13 <sup>Eb</sup>	6.46±0.25 <sup>Dc</sup>	14.29±0.93 <sup>Cb</sup>	20.57±1.45 <sup>Ba</sup>	28.68±1.29 <sup>Aa</sup>
	组 4	1.33±0.08 <sup>F</sup>	1.42±0.08 <sup>Fb</sup>	2.27±0.12 <sup>Ec</sup>	3.02±0.17 <sup>Eb</sup>	4.38±0.38 <sup>Dd</sup>	8.73±0.72 <sup>Cc</sup>	14.20±1.42 <sup>Bb</sup>	17.00±0.90 <sup>Ab</sup>

组 4 中尸胺的含量显著低于其他 3 组。由此可知,表明真空包装方式能有效阻止大多微生物的生长繁殖,对冷鲜鸡中生物胺含量的增加具有一定的抑制作用,且对腐胺的抑制作用强于尸胺。

## 3 结论

目前,超市或农贸市场大多售卖是无包装的冷鲜鸡,基本当日售罄,且保质期较短。本研究主要探究了 817 冷鲜鸡在 4 °C 贮藏条件下普通包装和真空包装对鸡肉常规肉品质和营养品质的影响,从而甄选出能提高冷鲜鸡货架期的包装方式。研究发现随着贮藏时间的延长,尼龙加厚

食品袋真空包装(组 3)和铝箔袋真空包装(组 4)在维持亮度值( $L^*$ )、红度值( $a^*$ )、pH、IMP 含量方面优于保鲜膜包装(组 1)和普通聚乙烯食品袋空气包装(组 2),且真空组在维持高 FAA 含量方面也显著优于非真空组。同时,由于真空组的无氧环境抑制了肉品脂肪或蛋白质的氧化,也利于抑制冷鲜鸡腐败菌的生长繁殖,说明真空组能够延长冷鲜鸡的货架期,并将普通包装的货架期 3~5 d 提升至 7 d。综合各指标的变化规律,4 °C 冷藏的真空包装方式能使冷鲜鸡的货架期延长为 7 d,此研究结果对消费者选购冷鲜鸡肉提供一些参考,也为后期新型包装材料的开发提供一些理论依据。

## 参考文献

- [1] 陈家华, 方晓明, 朱坚, 等. 畜禽及其产品质量和安全分析技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- CHEN JH, FANG XM, ZHU J, *et al.* Quality and safety analysis technology of livestock and poultry product [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
- [2] 国际畜牧网. 产能统计/2023 年中国 817 小白鸡屠宰量超 22 亿只 [EB/OL]. (2024-04-26) [2025-03-21]. <http://www.guojixumu.com/newsall.aspx?cid=1&id=20855>
- International Livestock Network. Capacity statistics/in 2023, the slaughter volume of 817 white leghorn chickens in China exceeded 2.2 billion [EB/OL]. (2024-04-26) [2025-03-21]. <http://www.guojixumu.com/newsall.aspx?cid=1&id=20855>
- [3] 赵精品. 冰鲜鸡肉中奇异变形杆菌生长预测模型的建立[D]. 北京: 中国农业大学, 2013.
- ZHAO JJ. Development of models to predict growth of proteus mirabilis isolated from chilling chicken [D]. Beijing: China Agricultural University, 2013.
- [4] LI HH, CHEN QS, ZHAO JW, *et al.* Nondestructive detection of total volatile basic nitrogen (TVB-N) content in pork meat by integrating hyperspectral imaging and colorimetric sensor combined with a nonlinear data fusion [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 63(1): 268–274.
- [5] XIE Y, ZHANG M, GAO X, *et al.* Development and antimicrobial application of plantaricin BM-1 incorporating a PVDC film on fresh pork meat during cold storage [J]. Journal of Applied Microbiology, 2018, 125(4): 1108–1116.
- [6] WEN D, LIU Y, YU Q. Metabolomic approach to measuring quality of chilled chicken meat during storage [J]. Poultry Science, 2020, 99(5): 2543–2554.
- [7] LU W, WU Y, GUO QX, *et al.* Establishment of a freshness-evaluating standard for chilled yellow chicken meat [J]. Food Analytical Methods, 2017, 10(8): 2629–2635.
- [8] 张德权, 侯成立. 热鲜肉与冷却肉品质差异之管见[J]. 肉类研究, 2020, 34(5): 83–90.
- ZHANG DQ, HOU CL. Humble opinion on the quality difference between hot meat and chilled meat [J]. Meat Research, 2020, 34(5): 83–90.
- [9] 唐修君, 樊艳凤, 贾晓旭, 等. 不同包装方式对畜禽肉保鲜效果影响的研究进展[J]. 食品科技, 2024, 49(1): 103–107.
- TANG XJ, FAN YF, JIA XX, *et al.* Research progress of effect on preservation of livestock and poultry meat with different packaging methods [J]. Food Science and Technology, 2024, 49(1): 103–107.
- [10] 胡云峰, 王雅迪, 王奎超. 指示吸水垫托盘包装冷鲜猪肉的品质变化动力学模型及其货架期预测[J]. 食品工业科技, 2019, 40(9): 275–280.
- HU YF, WANG YD, WANG KC. Dynamic model of quality change and shelf-life prediction of cold fresh meat packaged with indicator water absorbing pad [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(9): 275–280.
- [11] SANTOS-DONADO PRD, DONADO-PESTANA CM, TANAKA FAO, *et al.* Effects of high-oxygen, carbon monoxide modified atmospheres and vacuum packaging on quality of longissimus thoracis et lumborum steaks from nellore cows during ageing [J]. Food Research International, 2021, 143: 110226–110235.
- [12] SAMARAKOON DP, SINGH RN. Thickness dependent dielectric properties of calcium copper titanate ceramics measured in a controlled atmosphere [J]. Ceramics International, 2019, 45(13): 16554–16563.
- [13] MILLS J, DONNISON A, BRIGHTWELL G. Factors affecting microbial spoilage and shelf-life of chilled vacuum-packed lamb transported to distant markets: A review [J]. Meat Science, 2014, 98(1): 71–80.
- [14] 马雪飞, 杜志龙, 马季威, 等. 食品用贴体包装技术及设备研究进展[J]. 中国农机化学报, 2018, 39(5): 102–107, 115.
- MA XF, DU ZL, MA JW, *et al.* Research progress of skin packaging technology and equipment for food [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2018, 39(5): 102–107, 115.
- [15] MOSCHONAS G, BOLTON DJ, SHERIDAN JJ, *et al.* The effect of heat shrink treatment and storage temperature on the time of onset of ‘blown pack’ spoilage [J]. Meat Science, 2011, 87(2): 115–118.
- [16] 赵红波, 叶磊海, 杨黎耀, 等. 冷鲜猪肉在贮藏过程中生物胺含量变化及不同包装方式对生物胺含量变化的影响研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(12): 126–135.
- ZHAO HB, YE LH, YANG LY, *et al.* Study on the change of biogenic amine content of chilled pork during storage and the effect of different packaging methods on the change of biogenic amine content [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(12): 126–135.
- [17] 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.* Effects of different modified atmosphere packaging on preservation of chilled chicken [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(3): 217–223.
- [18] 赵镭, 刘文, 汪厚银. 食品感官评价指标体系建立的一般原则与方法[J]. 中国食品学报, 2008, 8(3): 121–124.
- ZHAO L, LIU W, WANG HY. General guidance and method for establishing index system of food sensory evaluation [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2008, 8(3): 121–124.
- [19] 樊艳凤, 唐修君, 葛庆联, 等. 冷藏与反复冻融条件下黄羽肉鸡肌肉游离氨基酸含量的变化[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2018, 39(1): 42–47.
- FAN YF, TANG XJ, GE QL, *et al.* Study on change regularity of free amino acid contents in chilled chicken and freeze-thaw chicken meat under different storage time [J]. Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition), 2018, 39(1): 42–47.
- [20] 葛庆联, 高玉时, 唐修君, 等. 一种冷鲜鸡中生物胺的液相色谱-三重四级杆质谱检测方法: 中国, CN108414643B [P]. 2021-07-09.

- GE QL, GAO YS, TANG XJ, *et al.* A method for the determination of biogenic amines in chilled chicken by liquid chromatography-triple quadrupole mass spectrometry: China, CN108414643B [P]. 2021-07-09.
- [21] MEXIS SF, CHOULIARA E, KONTOMINAS MG. Shelf life extension of ground chicken meat using an oxygen absorber and a citrus extract [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2012, 49(1): 21–27.
- [22] SOYSAL C, BOZKURT H, DIRICAN E, *et al.* Effect of antimicrobial packaging on physicochemical and microbial quality of chicken drumsticks [J]. *Food Control*, 2015, 54: 294–299.
- [23] 朱学伸. 动物宰后肌肉成熟期间乳酸含量与 pH 的变化[D]. 南京: 南京农业大学, 2007.
- ZHU XS. Changes of pH value and lactic acid content in muscle during aging after postmortem [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2007.
- [24] 隋岩. 冷却鹿肉绿色保鲜试验研究[D]. 长春: 吉林大学, 2006.
- SUI Y. Study on the green preservation of chilled meat [D]. Changchun: Jilin University, 2006.
- [25] 杜娟, 刘利强, 黄小龙, 等. 冰鲜鸡肉贮藏过程中品质变化研究[J]. *农产品加工*, 2018(1): 6–17.
- DU J, LIU LQ, HUANG XL, *et al.* Study on quality changes of chilled chicken during storage [J]. *Agricultural Products Processing*, 2018(1): 6–17.
- [26] 张瑶, 朱礼阳, 杨莹, 等. 畜禽肌肉肌苷酸研究进展[J]. *中国畜牧兽医*, 2025, 52(2): 686–697.
- ZHANG Y, ZHU LY, YANG Y, *et al.* Research progress on inosine monophosphate in livestock and poultry muscle [J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2025, 52(2): 686–697.
- [27] 唐修君, 樊艳凤, 葛庆联, 等. 贮藏温度和时间对鸡肉肌苷酸含量的影响[J]. *家畜生态学报*, 2021, 42(10): 51–55.
- TANG XJ, FAN YF, GE QL, *et al.* Effects of storage time and temperature on the content of chicken inosine acid [J]. *Journal of Domestic Animal Ecology*, 2021, 42(10): 51–55.
- [28] PEREIRA-LIMA CI, ORDONEZ JA, GARCIA-DE-FERNANDO GD, *et al.* Influence of heat treatment on carnosine, anserine and free amino acid composition of beef broth and its role in flavour development [J]. *European Food Research & Technology*, 2000, 210(3): 165–172.
- [29] ARDO Y. Flavour formation by amino acid catabolism [J]. *Biotechnology Advances*, 2006, 24(2): 238–242.
- [30] 叶藻, 谢晶, 邱伟强, 等. 常温与冷藏条件下不同阶段鸡肉呈味核苷酸及游离氨基酸含量的变化[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(24): 301–305.
- YE Z, XIE J, QIU WQ, *et al.* Changes of flavor nucleotides and free amino acid content in chicken muscle under room temperature and cold storage [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(24): 301–305.
- [31] PARCHAMI R, KAMALABADI M, ALIZADEH N. Determination of biogenic amines in canned fish samples using head-space solid phase microextraction based on nanostructured polypyrrole fiber coupled to modified ionization region ion mobility spectrometry [J]. *Journal of Chromatography A*, 2017, 1481: 37–43.
- [32] 王璐, 孙小杰, 耿岳, 等. 非衍生化-QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱法快速测定鱼肉中 9 种生物胺[J]. *食品安全质量检测学报*, 2023, 14(3): 269–276.
- WANG L, SUN XJ, GENG Y, *et al.* Rapid determination of 9 kinds of biogenic amines in fish by non-derivatization-QuEChERS-ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2023, 14(3): 269–276.

(责任编辑: 安香玉 蔡世佳)