

# 冷链物流中包装方式对金枪鱼品质的影响

汤元睿<sup>1,2</sup>, 谢晶<sup>1,2</sup>, 徐慧文<sup>1,2</sup>, 陈宇洲<sup>2</sup>, 张宁<sup>1,2</sup>

(1. 上海水产品加工与贮藏工程技术研究中心, 上海 201306) (2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

**摘要:** 为研究空气、气调和真空 3 种不同包装方式对存在温度变化的冷链物流过程中金枪鱼品质的影响, 本试验以大目金枪鱼为研究对象, 通过测定冷链物流贮藏 (-55 ℃)、运输 (-18 ℃)、销售 (2 ℃) 以及消费者家用冰箱贮藏 (4 ℃) 等过程中感官指标、菌落总数以及理化指标的变化情况, 分析空气、气调 (60% CO<sub>2</sub>, 15% O<sub>2</sub>, 25% N<sub>2</sub>) 和真空包装对金枪鱼肉品质的影响。结果表明, 气调和真空包装对冷链物流中温度变化导致的金枪鱼品质的劣化均具有缓冲作用, 其中气调包装的效果较好。气调包装能使鱼肉保持良好肉色、维持较低的 TVB-N 值, 同时抑制微生物的繁殖和组胺生成, 保证金枪鱼肉在贮藏末期仍处于可生食的安全范围。因此, 在我国超低温冷链物流尚不完善的情况下, 采用气调包装能够有效减缓鱼肉品质下降。

**关键词:** 金枪鱼; 冷链物流; 真空包装; 气调包装; 品质

文章编号: 1673-9078(2014)7-187-192

## Effect of Different Packaging on Quality of Tuna (*Thunnus obesus*) in Cold Chain Logistics

TANG Yuan-rui<sup>1,2</sup>, XIE Jing<sup>1,2</sup>, XU Hui-wen<sup>1,2</sup>, CHEN Yu-zhou<sup>2</sup>, ZHANG Ning<sup>1,2</sup>

(1. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China)

(2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The present study was undertaken to investigate the influences of air packaging, modified atmosphere packaging (MAP, 60%CO<sub>2</sub>+15%O<sub>2</sub>+25%N<sub>2</sub>) and vacuum packaging (VP) on the quality degradation of tuna (*Thunnus obesus*) in cold chain logistic process. Sensory evaluation, microbiological analysis, chemical and physical indices (*a*\* value, pH, TBA, TVB-N and histamine) were assayed periodically in simulated situation of logistics. The result showed that both MAP and VP had dampening effects on quality degradation of tuna caused by the temperature variation in inadequate cold chain logistics. However, MAP was better for maintaining the flesh color, inhibit microbial growth and histamine generation. Total viable count and histamine of MAP tuna were 3.68 lg(CFU/g) and 8.86×10<sup>2</sup> mg/g, respectively. All indices did not exceed the safety levels of tuna sashimi. The results suggested that MAP could reduce the quality degradation rate of tuna in inadequate cold chain logistics effectively.

**Key words:** tuna; cold chain logistics; vacuum packaging; modified atmosphere packaging; quality

我国市场上零售的大目金枪鱼多为超低温金枪鱼, 鱼肉在远洋超低温渔船直接速冻后再通过冷链物流进行贮运和销售<sup>[1]</sup>。国内现有的冷库及超低温冰箱能保证鱼肉贮藏的超低温环境, 然而公路运输是当前我国冷链运输的主要方式, 但国内暂无机超低温运输车辆, 运输过程多采用普通冷藏车<sup>[1]</sup>, 难以始终保

收稿日期: 2014-02-27

基金项目: 国家“十二五”支撑计划课题 (2012BAD38B09); 上海市科委工程中心建设 (11DZ2280300); 上海海洋大学研究生科研基金资助项目 (A1-0209-14-0900-13)

作者简介: 汤元睿 (1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 水产品低温物流

通讯作者: 谢晶 (1968-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 食品工程

持在规定的温度下; 零售业者和消费者也无法提供其需要的超低温贮藏条件, 通常采用解冻后冷藏销售以及家用冰箱冷藏室贮藏, 这些不达标的储运温度以及不同温度间的变动都可能缩短金枪鱼肉的货架期、影响其最终品质。李念文等<sup>[2]</sup>研究发现, 物流过程中不同程度的温度变化均会加速金枪鱼肉品质的劣化, 导致其红度值下降、脂肪氧化酸败及蛋白质变性加剧。汤元睿等<sup>[3]</sup>研究发现, 目前我国冷链物流中可能存在的超低温贮藏、非超低温冷藏车运输的情况会导致金枪鱼肉在储运末期组织松散、感官评分及肉色显著劣化。因此, 考虑经济成本和可操作性问题, 在现有的保鲜手段下, 如何减轻不完整的超低温冷链物流过程对鱼肉品质造成的影响值得进一步研究与探讨。

真空包装 (Vacuum Packaging, VP) 是通过将食

品包装袋内空气全部抽出以延长食品保存期限的技术；气调包装 (Modified Atmosphere Packaging, MAP) 是通过向食品包装袋内充入一定比例的气体以延长产品货架期的新型保鲜技术。目前国内水产品气调和真空包装仍处于研究阶段，国外对于水产品气调、真空包装的研究较多且已有部分水产品的商业应用。罗殷<sup>[4]</sup>研究发现气调包装能够抑制金枪鱼肉微生物的生长，减缓鱼肉腐败速率，较高浓度的 O<sub>2</sub> 还能够保持稳定的肉色。Thiansilakul 等<sup>[5]</sup>研究发现气调包装能够有效延长金枪鱼肉的货架期，抑制高铁肌红蛋白生成、脂肪氧化以及微生物繁殖。Alak 等<sup>[6]</sup>研究发现真空及气调包装对 4℃ 下鲑鱼中生物胺的形成均有一定程度的抑制作用。

目前暂无不同包装对冷链物流过程中鱼肉品质劣化的缓冲作用的研究，本试验从感官评分、肉色、pH、TBA、TVB-N、组胺以及菌落总数方面进行分析，探究不同的包装方式对物流过程中金枪鱼肉的品质影响，为金枪鱼冷链物流保鲜方式提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验采用大目金枪鱼背肉，捕捞后直接抽真空冻藏于 -55℃，购于浙江丰汇远洋渔业有限公司。

### 1.2 试验方法

将购得的金枪鱼块快速分割成大小约 5 cm×4 cm×3 cm 的鱼块并于中心处打孔，每块质量为 60 g±5 g，随机分成 3 组：空气包装组、真空包装组、气调包装组，其中气调包装参考 Ruiz-Capillas 等<sup>[7]</sup>的研究结

果，气体比例为 60% CO<sub>2</sub>+15% O<sub>2</sub>+25% N<sub>2</sub>，填充气体体积和鱼肉质量比为 2:1 (mL/g)。试验所用包装选用尼龙+聚乙烯 (PA+PE) 复合材质食品包装袋。试验模拟了物流过程中可能出现不完整超低温冷链的情况，即“超低温贮藏，非超低温运输、销售”的流通过程：批发市场或配售中心冷库超低温贮藏，模拟温度 -55℃；非超低温普通冷藏车运输，模拟温度 -18℃；冷藏陈列柜销售，温度模拟 2℃；消费者家用冰箱冷藏室储存，温度模拟 4℃。按图 1 模拟的物流过程，将包装好的鱼块分别置于相应温度冰箱中储藏，定期测定相关指标，其中贮藏过程每 5 d 测定一次指标，运输、销售及家庭暂存过程每 2 d 测定一次指标。

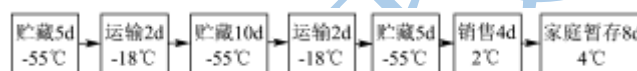


图 1 金枪鱼冷链物流过程中温度变化情况模拟

Fig.1 Simulated situations of temperature changes in cold chain logistics process of tuna

### 1.3 测定方法

#### 1.3.1 金枪鱼块解冻方法

冻藏期间鱼肉各项指标均在解冻后测定，将温度采集仪的热电偶探头插入鱼块中，于室温下空气解冻，以鱼块的中心温度达到 5℃ 为解冻终点。

#### 1.3.2 感官评定

参考 Kamalakanth 等<sup>[8]</sup>方法，由 6 名受专门培训的感官评定员首先对未拆封包装的外观进行评分，再将金枪鱼肉切成 5 cm×3 cm×1 cm 的生鱼片并对其进行外观、肉色、气味和弹性 4 个方面进行评分，取 5 项分数的平均分为感官评分，低于 5 分则视为不可接受，评定标准见表 1。

表 1 金枪鱼生鱼片感官评价标准

Table 1 Scale for sensory evaluation of tuna

感官描述	很不好 (0分)	不太好 (3分)	较好 (6分)	很好 (9分)
包装	不能清楚看见包装内肉品，鱼块变形，大量汁液流失	不能清楚看见包装内肉品，鱼块少量变形，较多汁液流失	较清楚看见包装内肉品，鱼块较规整，少量汁液流失	能清楚看见包装内肉品，鱼块规整，无汁液流失
外观	表面发暗，很黏	表面无油感，略有黏性	表面有油感	无黏性，无干耗
肉色	无光泽，暗褐色	光泽度一般，红褐色	光泽度一般，微红色	表面有光泽，鲜红色
气味	腐败臭	有腥臭味	无异味	鱼香味
弹性	松软，受压后变形无法恢复	有松软感，受压后恢复程度大于 3/4	无弹性，受压后恢复为原先的 1/4	有弹性，指压后痕迹立即消失

#### 1.3.3 肉色的测定

色差及高铁肌红蛋白百分含量的测定均参考 Thiansilakul 等<sup>[9]</sup>方法。

#### 1.3.4 pH 值的测定

参考 Ruiz-Capillas 等<sup>[7]</sup>方法。

#### 1.3.5 硫代巴比妥酸 (Thiobarbituric acid, TBA) 值的测定

参考 Kilincceker 等<sup>[10]</sup>方法，并略加修改。用分光

光度计在 532 nm 波长处测定吸光值, 结果以每千克鱼肉中丙二醛 (Malonaldehyde, MDA) 的含量表示。

### 1.3.6 挥发性盐基氮 (Total volatile bases nitrogen, TVB-N) 值的测定

参考李念文等<sup>[2]</sup>方法。

### 1.3.7 组胺的测定

参考金高娃等<sup>[11]</sup>方法。

### 1.3.8 菌落总数的测定

参照 GB 4789.2-2010 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数的方法。

## 1.4 数据统计

试验数据采用 SPSS 19.0 处理, Duncan's multiple range test 进行方差分析, Origin Pro V8.6 绘制曲线。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同包装对感官评定的影响

表 2 金枪鱼感官评价结果

Table 2 Sensory evaluation score of tuna

贮藏时间/d	模拟过程	空气包装组	真空包装组	气调包装组
0		8.63±0.10 <sup>a</sup>	8.63±0.10 <sup>a</sup>	8.63±0.10 <sup>a</sup>
5	贮藏	8.18±0.21 <sup>ab</sup>	7.97±0.23 <sup>a</sup>	8.30±0.14 <sup>b</sup>
7	运输	7.82±0.23 <sup>a</sup>	7.97±0.10 <sup>a</sup>	8.22±0.21 <sup>b</sup>
12	贮藏	7.75±0.38 <sup>a</sup>	7.77±0.27 <sup>a</sup>	7.85±0.32 <sup>a</sup>
17	贮藏	7.43±0.12 <sup>a</sup>	7.48±0.12 <sup>ab</sup>	7.63±0.16 <sup>b</sup>
19	运输	7.55±0.28 <sup>a</sup>	7.67±0.37 <sup>a</sup>	7.68±0.33 <sup>a</sup>
24	贮藏	7.23±0.15 <sup>a</sup>	7.32±0.15 <sup>a</sup>	7.52±0.15 <sup>b</sup>
26	销售	6.48±0.08 <sup>a</sup>	6.38±0.21 <sup>a</sup>	6.80±0.14 <sup>b</sup>
28	销售	5.98±0.19 <sup>a</sup>	5.55±0.16 <sup>b</sup>	6.33±0.33 <sup>c</sup>
30	家庭暂存	4.75±0.31 <sup>a</sup>	5.08±0.13 <sup>b</sup>	5.75±0.19 <sup>c</sup>
32	家庭暂存	4.52±0.20 <sup>a</sup>	4.95±0.15 <sup>b</sup>	5.43±0.14 <sup>c</sup>
34	家庭暂存	4.27±0.12 <sup>a</sup>	4.73±0.16 <sup>b</sup>	5.23±0.30 <sup>c</sup>
36	家庭暂存	3.98±0.15 <sup>a</sup>	4.50±0.24 <sup>b</sup>	5.13±0.21 <sup>c</sup>

注: 表中数据为各组样品“感官评分平均值±标准差”(n=6); 同行的不同字母表示差异性显著 (p<0.05)。

贮藏期间金枪鱼肉的感官评价结果如表 2 所示, 随着贮藏时间延长, 冷链过程中的温度变化导致各组鱼肉感官评价均呈下降趋势。空气组在 4 °C 下家用冰箱贮藏 2 d 后感官评分仅为 4.75, 已低于可接受值, 6 d 后鱼块的棱角处已产生明显褐变, 鱼肉表面无光泽且略有黏性。真空组在 4 °C 下贮藏 4 d 后虽然鱼块表面有光泽且较有弹性, 但已略有腥臭味, 而气调包装组直至试验末期仍有 5.13, 显著高于其他两组

(p<0.05)。所有样品在解冻后均出现不同程度汁液流失, 其中真空组最多, 大量汁液留在袋内可能是导致其在冷藏期间感官评分迅速下降的原因, 真空包装组的鱼肉在解冻后由于包装袋受到大气压力的挤压, 取出后鱼块外形不规则也影响了其感官评分; 2 °C 销售期间气调组和空气组包装袋内的水蒸气凝结在内表面发生结露现象, 阻碍了消费者对包装内肉品的判断, 降低了销售者对商品的好感。

### 2.2 不同包装对肉色的影响

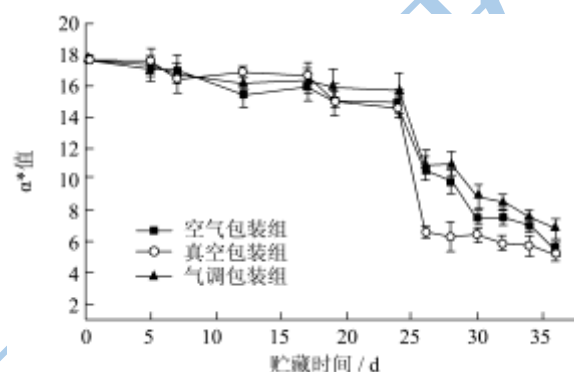


图 2 冷链物流过程中金枪鱼红度值 (a\*) 的变化

Fig.2 Changes of a\* value of tuna under cold chain logistic processes

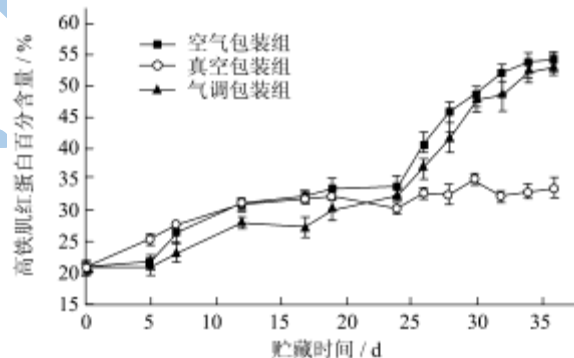


图 3 冷链物流过程中金枪鱼高铁肌红蛋白百分含量的变化

Fig.3 Change of metmyoglobin content in tuna under cold chain logistic processes

贮藏期间金枪鱼的红度值及高铁肌红蛋白相对百分含量变化分别如图 2、3 所示。冻藏期间各组红度值及高铁肌红蛋白含量均无显著变化, 冷链过程中的温度变化导致各组鱼肉在移至 2 °C 销售后红度值均显著下降 (p<0.05), 其中真空包装组下降最为显著, 红度值仅为 6.62, 显著低于其他两组。冷藏贮藏期间空气和气调包装组红度值缓慢下降, 真空包装组红度值并无显著变化, 这可能是由于真空包装缺少 O<sub>2</sub>, 无法与还原态的肌红蛋白结合生产氧合肌红蛋白, 还原态肌红蛋白呈紫色, 使肉色较为暗淡因而红度值始终较低。图 3 中真空包装组具有较低的高铁肌红蛋白含量,

与上述推论相符。贮藏末期空气包装组的红度值下降至 5.55, 已接近真空包装组, 但高铁肌红蛋白已经高达 55.62%, 说明空气包装组红度值下降的原因是高铁肌红蛋白的不断累积, 而气调包装组始终具有较高红度值, 高铁肌红蛋白含量低于空气包装组, 可见该气体组成的气调包装有利于保持肉色。

### 2.3 不同包装对 pH 值的影响

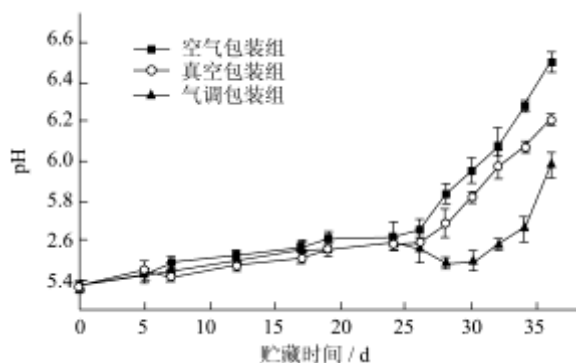


图 4 冷链物流过程中金枪鱼 pH 值的变化

Fig.4 Change of pH in tuna under cold chain logistic processes

贮藏期间金枪鱼肉的 pH 值变化如图 4 所示, 随着贮藏时间延长, 各组 pH 值均有所升高。气调包装组移至 2 °C 贮藏后 pH 值呈先降后升趋势, 且始终低于空气和真空包装组, 4 °C 家用冰箱贮藏 6 d 内升高较为缓慢, 这可能是由于 CO<sub>2</sub> 易溶解在鱼肉组织中且其溶解度在低温下显著升高<sup>[21]</sup>, 同时, CO<sub>2</sub> 的溶解抑制了微生物生长, 减少其分解蛋白质产生的碱性物质<sup>[22]</sup>, 造成肉品的 pH 值较低。空气和真空包装组在冷藏后 pH 值开始显著升高, 其中空气包装组升高最为显著, pH 值的升高可能与贮藏过程中微生物产生的氨等碱性物质的累积有关, 通常认为 pH 值的可接受限值为 7<sup>[7]</sup>, 所有包装组 pH 值均在可接受范围内。

### 2.4 不同包装对 TBA 值的影响

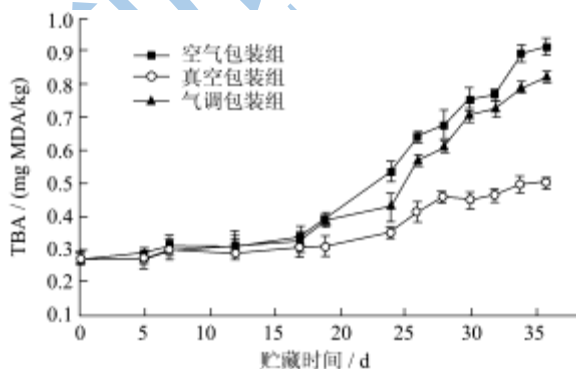


图 5 冷链物流过程中金枪鱼 TBA 值的变化

Fig.5 Change of TBA in tuna under cold chain logistic processes

贮藏期间金枪鱼 TBA 值变化如图 5 所示, 随着

贮藏时间延长, 各组 TBA 均呈上升趋势。整个物流过程中真空包装组的 TBA 值始终低于空气和气调包装组, 2 °C 销售 2 d 后 TBA 值升高趋于平缓, 贮藏末期仅为 0.50 mg MDA/kg, 这可能是由于真空包装中的无氧环境抑制了脂肪的氧化。空气和气调包装的鱼肉 TBA 值在冷藏期间急剧升高, 贮藏末期分别达到 0.91 mg MDA/kg 和 0.82 mg MDA/kg, 气调包装组的 TBA 值相对较低, 这与 Thiansilakul 等<sup>[5]</sup>研究气调包装中高浓度的 CO<sub>2</sub> 和较低浓度的 O<sub>2</sub> 能够降低金枪鱼肉中 TBA 值的结论相符。通常认为鱼肉中 TBA 值达到 1~2 mg MDA/kg 会开始产生腐败性酸臭味<sup>[31]</sup>, 因此二者均在可接受范围内。图中结果表明, 气调包装和真空包装都能够有效抑制鱼肉的氧化酸败, 其中真空包装的效果较好。

### 2.5 不同包装对 TVB-N 值的影响

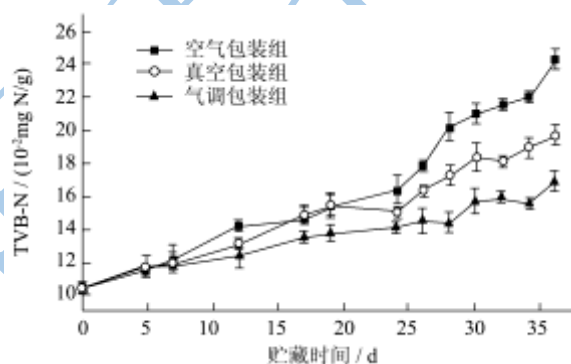


图 6 冷链物流过程中金枪鱼 TVB-N 值的变化

Fig.6 Change of TVB-N in tuna under cold chain logistic processes

贮藏期间金枪鱼肉的 TVB-N 值的变化如图 6 所示, 由于冷链过程中温度频繁变化, 随着贮藏时间延长, 所有试验组 TVB-N 值均呈上升趋势。其中, 空气包装组 TVB-N 值升高最快, 移至 2 °C 销售后显著上升, 贮藏末期达 0.24 mg N/g, 高于其他两组, 但未超过 0.30 mg N/g 的上限<sup>[7]</sup>。Hozbor 等<sup>[4]</sup>研究发现 TVB-N 与细菌性腐败有关, 真空和气调包装可能抑制细菌的繁殖, 降低其分解蛋白质的速率, 从而减少氨及胺类等碱性挥发性物质的产生。气调包装组的 TVB-N 值在试验期间始终较低, 2 °C 销售期间 TVB-N 几乎不变, 随后缓慢上升, 贮藏末期仅为 0.17 mg N/g, 低于真空包装组, TVB-N 值升高说明在贮藏过程中碱性物质不断累积, 上文气调包装组的 pH 值在移至 2 °C 销售后先降后升, 溶于肌肉组织中的 CO<sub>2</sub> 可能与贮藏过程中产生的碱性物质中和, 导致冷藏期间检测到的 TVB-N 值较低。实验结果表明, 真空包装对降低鱼肉 TVB-N 值效果不佳, 而气调包装能有效降低鱼肉的 TVB-N

值。

## 2.6 不同包装对组胺含量的影响

表 3 冷链物流过程中金枪鱼组胺的变化

Table 3 Change of histamine in tuna under cold chain logistic processes

贮藏时间/d	模拟过程	空气包装组	真空包装组	气调包装组
0		8.63±0.06 <sup>a</sup>	8.63±0.06 <sup>a</sup>	8.63±0.06 <sup>a</sup>
5	贮藏	8.67±0.09 <sup>a</sup>	8.71±0.05 <sup>a</sup>	8.74±0.01 <sup>a</sup>
7	运输	8.73±0.06 <sup>a</sup>	8.78±0.02 <sup>a</sup>	8.71±0.04 <sup>a</sup>
12	贮藏	8.67±0.03 <sup>a</sup>	8.71±0.10 <sup>a</sup>	8.67±0.06 <sup>a</sup>
17	贮藏	8.68±0.02 <sup>a</sup>	8.69±0.09 <sup>a</sup>	8.73±0.02 <sup>a</sup>
19	运输	8.67±0.06 <sup>a</sup>	8.75±0.03 <sup>a</sup>	8.71±0.03 <sup>a</sup>
24	贮藏	8.69±0.09 <sup>a</sup>	8.69±0.03 <sup>a</sup>	8.72±0.03 <sup>a</sup>
26	销售	8.75±0.14 <sup>a</sup>	8.74±0.01 <sup>a</sup>	8.70±0.01 <sup>a</sup>
28	销售	8.89±0.03 <sup>a</sup>	8.70±0.06 <sup>b</sup>	8.71±0.03 <sup>b</sup>
30	家庭暂存	9.12±0.01 <sup>a</sup>	8.73±0.02 <sup>b</sup>	8.69±0.04 <sup>b</sup>
32	家庭暂存	9.79±0.11 <sup>a</sup>	9.09±0.00 <sup>b</sup>	8.80±0.08 <sup>c</sup>
34	家庭暂存	11.30±0.11 <sup>a</sup>	9.27±0.01 <sup>b</sup>	8.81±0.04 <sup>c</sup>
36	家庭暂存	12.69±0.13 <sup>a</sup>	9.53±0.05 <sup>b</sup>	8.86±0.05 <sup>c</sup>

注：表中数据为各组样品“组胺含量±标准差” (n=6)；同行的不同字母表示差异性显著 (p<0.05)。

贮藏期间金枪鱼肉的组胺含量如表 3 所示。冻藏期间各组组胺含量几乎不变，随着冷藏时间延长，气调包装组的组胺含量并无明显变化，2℃下销售 2 d 后空气包装组组胺含量升高，显著高于真空和气调包装组 (p<0.05)，4℃贮藏下真空包装组组胺含量也有所升高，但升高较为缓慢，4 d 后开始显著高于气调包装组，贮藏末期各组的组胺含量均低于 FDA 规定的安全限量 50 mg/kg。赵中辉等<sup>[5]</sup>在对鲑鱼中组胺菌的研究中发现分离出的菌株均为严格好氧菌和兼性好氧菌，因此空气包装并不能抑制组胺菌繁殖并生产组胺；真空包装能够抑制严格好氧菌的繁殖但对兼性好氧菌并无明显抑制作用，因而抑制组胺增长效果较差。贮藏末期气调包装组的组胺含量最低，这可能是由于气调包装中较高浓度的 CO<sub>2</sub> 对组胺菌的繁殖具有明显的抑制作用<sup>[7]</sup>，能有效减少组胺生成。因此，真空和气调包装均能减缓组胺含量升高，其中气调包装的效果较好。

## 2.7 不同包装对菌落总数的影响

贮藏过程中金枪鱼的菌落总数变化如图 7 所示。随着贮藏时间延长，空气包装组的菌落总数呈现由慢到快的趋势，2℃销售和 4℃家用冰箱贮藏过程中升

高迅速。2℃销售 2 d 内真空包装组菌落总数升高不显著 (p>0.05)，可能是由于无氧环境抑制了部分需氧菌的生长，随后菌落总数显著上升。气调包装组中菌落总数相对较低，2℃贮藏 2 d 还出现了先下降后上升的趋势，这可能是由于高浓度的 CO<sub>2</sub> 抑制了部分细菌的繁殖，降低了相关微生物的增长速率<sup>[16]</sup>。4℃家用冰箱贮藏期间气调包装组菌落总数升高，可能由于包装中水蒸气的存在加速了微生物的繁殖，但总体增长速率较低。菌落总数的变化情况与上文 TVB-N 值的变化相符。根据行业标准《SC/T 3117-2006 生食金枪鱼》，用于生食的金枪鱼肉菌落总数不得高于 10<sup>4</sup> CFU/g，贮藏末期气调包装金枪鱼肉的菌落总数仅为 3.68 lg(CFU/g)，仍处于可生食范围，空气包装组和真空包装组分别在 26 d 和 30 d 超过生食上限。试验结果表明，气调包装能有效抑制金枪鱼肉中微生物的繁殖。

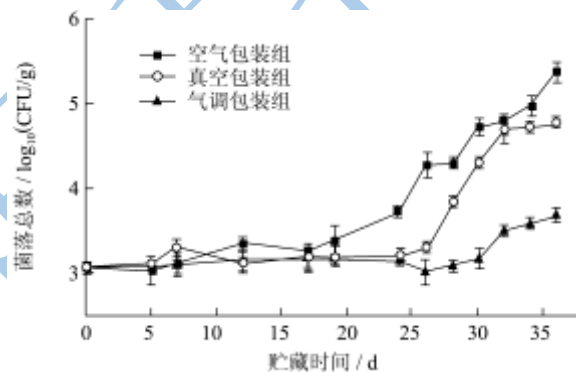


图 7 冷链物流过程中金枪鱼菌落总数的变化

Fig.7 Change of TVC in tuna under cold chain logistic processes

## 3 结论

3.1 在温度频繁变化的物流过程中，真空包装及 60% CO<sub>2</sub>，15% O<sub>2</sub>，25% N<sub>2</sub> 的气调包装都有利于减缓金枪鱼肉品质的下降。其中，真空包装的无氧环境在抑制高铁肌红蛋白的生成、脂肪的氧化酸败方面具有优势，但在移至冷藏贮藏后产生大量的汁液流失导致感官评分降低；而气调包装能够使鱼肉保持良好肉色和较高的感官评分、减缓 pH 和 TVB-N 的上升、将 TBA 值保持在较低水平，同时抑制微生物繁殖和组胺生成，从而保证金枪鱼肉在贮藏末期仍处于可生食的安全范围。

3.2 因此，在我国超低温冷链物流尚不完善的情况下，采用气调包装能够有效减缓鱼肉品质下降，且所用气体易获得、成本低，值得推广。然而本试验未对其他气体比例的气调包装进行研究，如何有效减少鱼肉解冻后的汁液流失以及包装内表面的水蒸气仍值得

进一步研究。

### 参考文献

- [1] 吴稼乐,陈坚,朱富强,等.发展中的水产品冷藏链技术-金枪鱼冷链物流体系和配送系统[J].制冷,2007,26(4):33-37  
WU Jia-le, CHEN Jian, ZHU Fu-qiang, et al. Development of aquatic products cold chain technology-tuna cold chain logistics system-tuna cold chain logistics system and distributionsystem [J]. Refrigeration, 2007, 26(4): 33-37
- [2] 李念文,汤元睿,谢晶,等.物流过程中大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)的品质变化[J].食品科学,2013,34(14):319-323  
LI Nian-wen, TANG Yuan-rui, XIE Jing, et al. Physicochemical quality properties of *Thunnus obesus* during logistical process [J]. Food Science, 2013, 34(14): 319-323
- [3] 汤元睿,谢晶,李念文,等.不同冷链物流过程对金枪鱼品质及组织形态的影响[J].农业工程学报,2014, 30(5): 285-292  
TANG Yuan-rui, XIE Jing, LI Nian-wen, et al. Effects of different cold chain logistics situations on quality and microstructure of tuna (*Thunnus obesus*) fillets[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(5): 285-292.
- [4] 罗殷.金枪鱼肉食用品质变化的研究[D].上海:上海海洋大学,2009  
LUO Yin. Study on the changes of edible quality of tuna meat [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2009
- [5] Thiansilakul Y, Benjakul S, Richards M P. Effect of phenolic compounds in combination with modified atmospheric packaging on inhibition of quality losses of refrigerated Eastern little tuna slices [J]. LWT - Food Science and Technology, 2013, 5: 146-152
- [6] Alak G, Hisar S A, Hisar O, et al. Biogenic amines formation in Atlantic bonito (*Sarda sarda*) fillets packaged with modified atmosphere and vacuum, wrapped in chitosan and cling film at 4 °C [J]. European Food Research and Technology, 2011, 232(1): 23-28
- [7] Ruiz-Capillas C, Moral A. Sensory and biochemical aspects of quality of whole bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during bulk storage in controlled atmospheres [J]. Food Chemistry, 2005, 89(3): 347-354
- [8] Kamalakanth C K, Ginson J, Bindu J, et al. Effect of high pressure on K-value, microbial and sensory characteristics of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) chunks in EVOH films during chill storage [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2011, 12(4): 451-455
- [9] Thiansilakul Y, Benjakul S, Richards M P. The effect of different atmospheric condition on the changes in myoglobin and colour of refrigerated Eastern little tuna muscle [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(6): 1103-1110
- [10] Kilincceker O, Dogan İ S, Kucukoner E. Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets [J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(4): 868-873
- [11] 金高娃,蔡友琼,于慧娟等.柱前衍生高效液相色谱法测定鱼罐头中的组胺[J].色谱,2010,28(11):1099-1102  
JIN Gao-wa, CAI You-qiong, YU Hui-juan, et al. Determination of histamine in canned fish by high performance liquid chromatography with pre-column derivatization [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2010, 28(11): 1099-1102
- [12] Sivertsvik M, Jeksrud W K, Rosnes J T. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products - significance of microbial growth, activities and safety [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2002, 37: 107-127
- [13] 宣伟,励建荣,李学鹏,等.真空包装青石斑鱼片在 0°C 贮藏时的品质变化特性[J].水产学报,2010,8:1285-1293  
XUAN Wei, LI Jian-rong, LI Xue-peng, et al. Quality changes of yellow grouper (*Epinephelus awoara*) fillets stored under vacuum packaging at 0 °C [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 8: 1285-1293
- [14] Hozbor M C, Saiz A I, Yeannes M I, et al. Microbiological changes and its correlation with quality indices during aerobic iced storage of sea salmon (*Pseudoperca semifasciata*) [J]. LWT-Food Science and Technology, 2006, 39(2): 99-104
- [15] 赵中辉,林洪,李振兴.鲮鱼鱼肉中组胺菌的分离与鉴定[J].食品科学,2011,32(7):194-197  
ZHAO Zhong-hui, LIN Hong, LI Zhen-xing. Isolation and identification of histamine-forming bacteria from *spanish mackerel* meat [J]. Food Science, 2011, 32(7): 194-197
- [16] Sivertsvik M. The optimized modified atmosphere for packaging of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua*) is 63ml/100ml oxygen and 37ml/100ml carbon dioxide [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(3): 430-438