



中国食品学报

Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology

ISSN 1009-7848, CN 11-4528/TS

《中国食品学报》网络首发论文

题目: 冷链物流中包装材料对黄鳍金枪鱼品质的影响
作者: 姜晓娜, 冯俊丽, 戴志远, 田小兰, 林亚楠
网络首发日期: 2019-08-12
引用格式: 姜晓娜, 冯俊丽, 戴志远, 田小兰, 林亚楠. 冷链物流中包装材料对黄鳍金枪鱼品质的影响. 中国食品学报.
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4528.ts.20190809.1733.010.html>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式 (包括网络呈现版式) 排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊 (光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊 (网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊 (网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物 (ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

冷链物流中包装材料对黄鳍金枪鱼品质的影响

姜晓娜¹ 冯俊丽^{1,2} 戴志远^{1,2} 田小兰¹ 林亚楠¹

(¹浙江工商大学 海洋食品研究院 杭州 310012)

(²浙江省水产品加工技术研究联合重点实验室 杭州 310012)

✉通信作者 冯俊丽, E-mail: fengjunli@zjgsu.edu.cn

摘要 为研究物流过程中包装材料对黄鳍金枪鱼品质的影响,模拟了4℃物流过程(120h)中对照组、PE包装组和纳米包装组的质构(硬度和弹性)、持水力、TBA、肉色【 a^* 和高铁肌红蛋白(MetMb)】以及组胺的变化情况。结果显示:随着贮藏时间的延长,3个试验组的硬度、弹性、持水力和 a^* 值均呈下降趋势;TBA值、MetMb和组胺均呈增加趋势;上述理化指标中黄鳍金枪鱼品质最好的是纳米包装组,其次是PE包装组,最后是对照组。在4℃冷链物流中PE包装材料和纳米包装材料对黄鳍金枪鱼品质的劣化均有缓冲作用,其中纳米包装材料的效果比PE包装材料好。

关键词 黄鳍金枪鱼;物流;PE包装材料;纳米包装材料;品质

Effect of Packing Materials on Quality of Yellowfin Tuna in Cold Chain Logistics

Jiang Xiaona¹ Feng Junli^{1,2} Dai Zhiyuan^{1,2} Tian Xiaolan¹ Lin Yanan¹

(¹ Institution of seafood, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310012)

(² State Key Laboratory of Aquatic Products Processing of Zhejiang Province, Hangzhou 310012)

Abstract The aim of this study is to investigate the effects of packaging materials on the quality of yellowfin tuna in the process of logistics. In this experiment, the changes of the texture (hardness and elasticity), water holding capacity, TBA, flesh color [a^* value and methemoglobin (MetMb)] and histamine content in the control group, PE packaging group and nano-packaging group during flow process (120 h) of the actual 4 °C were investigated. The results showed that the hardness, elasticity, water holding capacity, a^* and TBA values of the three test groups decreased with the prolongation of storage time, whereas the contents of MetMb and histamine were increased. The nano-packaging group preserved the best quality after 120 h storage, followed by the PE packaging group, and finally the control group. Therefore, PE packaging materials and nano-packaging materials could alleviate the deterioration of yellowfin tuna during the cold chain logistics, and the buffer effects of nano-packaging materials were better than PE packaging materials.

Key words yellowfin tuna; logistics; PE packaging materials; nano-packaging materials; quality

金枪鱼(tuna)类大多是栖息在大洋上层的大型鱼类,具有高度洄游的特性,是无国界的鱼类^[1]。金枪鱼富含蛋白质、脂肪、维生素A、维生素D和微量元素,尤其是DHA(二十二碳六烯酸)和EPA(二十碳五烯酸)等 $n-3$ PUFA(多不饱和脂肪酸),具有低脂肪、高蛋白等特点,其内含有的牛磺酸等功能性成分还具有抗肿瘤活性,预防脑血管疾病以及抗动脉硬化等作用,是国际营养学会推荐的健康美食^[2-4]。

我国规定金枪鱼的冷链运输过程需保持在-55℃及以下^[5-6]。公路运输是当前我国冷链运输的主要方式,然而国内暂无机超低温运输车辆,运输过程多采用普通冷藏车^[7]。这种不达标的运输方法,可能影响黄鳍金枪鱼肉的品质及货架期。在考虑经济成本和可操作性以及现有的运输条件下,如何减少物流过程对鱼肉品质造成的影响,值得研究与探讨。

近年来食品保鲜包装材料在理论研究和生产技术上取得了较大的进展, Siragusa 等^[8]研究发现,

基金项目:浙江省教育厅科研项目(Y201534380);浙江省科技厅科技计划项目(2017C32072)

作者简介:姜晓娜,女,1990年出生,硕士

网络首发时间:2019-08-12 15:19:02 网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4528.ts.20190809.1733.010.html>

经过一段时间的贮藏,用包装袋包装的牛肉与没有包装的样品相比,能显著降低细菌的含量。商明慧等^[9]认为纳米复合材料以其抗菌效果好、机械强度高、阻隔能力强的特点在现代包装市场上取得快速发展。纳米技术使食品的保质期大大延长,解决了食品工业中的一系列难题。邢明等^[10]认为食品包装的纳米复合高分子材料的微观结构不同于一般材料,其微观结构排列紧密有序,优越的性能体现在它的低透氧率、低透湿率、阻隔二氧化碳和具有抗菌表面等特性,是一种新型的食品包装材料。

目前暂无不同包装材料对黄鳍金枪鱼冷链物流过程中鱼肉品质劣化的缓冲作用的研究。本试验从质构、持水力、TBA、肉色(a^* 和高铁肌红蛋白)以及组胺方面进行分析,探究不同的包装材料对冷链物流过程中黄鳍金枪鱼肉品质的影响,为物流过程中黄鳍金枪鱼的保鲜方式提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄鳍金枪鱼,冻藏温度 -60°C ,浙江大洋世家股份有限公司;食品级 PE 包装袋,生工生物工程股份有限公司;食品级含纳米 Ag 的纳米包装袋,安信纳米生物科技(珠海)有限公司;长 $\times$ 宽 $\times$ 高为 $223\text{ mm}\times 118\text{ mm}\times 145\text{ mm}$,壁厚 16 mm 食品保鲜箱,绿叶快递包装有限公司;磷酸氢二钾、磷酸二氢钾均为分析纯试剂,成都市科龙化工试剂厂;丹磺酰氯(纯度 $>95\%$),上海安谱试剂公司;硫酸、硼酸、磷酸、氢氧化钠等均为分析纯试剂,杭州汇普化工仪器有限公司;乙腈、甲醇均为色谱纯试剂,美国 TEDIA 公司。

1.2 仪器与设备

PB-10 pH 计,散多利斯科学仪器有限公司;695 高效液相色谱仪,2996 紫外检测器,Sunfire C18 柱,美国 Waters 公司;Ultra-Turrax T18 basic 均质机,德国 IKA 公司;UV-2100 紫外可见分光光度计,美国 UNICO 公司;TMS-Pro 质构仪,美国 FTC 公司。

1.3 试验方法

将金枪鱼在低温下快速切成 $5\text{ cm}\times 5\text{ cm}\times 3\text{ cm}$ 的鱼块,把切好的鱼块快速放入 -60°C 冰箱中备用。为了模拟 4°C 物流过程中运输的情况,根据 Davey 等^[11]对金枪鱼与耗冰量估算模型得到的公式,结合保鲜箱的体积,计算每 100 g 金枪鱼需要 500 g 冰,即在保鲜箱的5个内表面分别固定1包冰袋,每包冰袋的质量为 100 g ,取3份 100 g 的金枪鱼,第1份作为对照组,不用包装材料;第2份作为 PE 包装组,用食品级 PE 保鲜袋包装;第3份作为纳米包装组,用食品级纳米保鲜袋包装,分别放到固定冰袋的保鲜箱中,将保鲜箱放到 4°C 冰箱中,24 h 取1次样。每次做3次平行试验,取平均值。

1.3.1 质构

采用 TMS-Pro 质构分析仪及其软件测定贮藏鱼肉质构性状变化规律。选用球形探头(直径 6.35 mm),对肌肉进行2次压缩质地剖面分析模式测试。质构参数包括硬度、弹性。每个样品平行取样3块,每块平行测量6次,并通过去最大值和最小值后取平均值,减少样品引入误差,提高检测数据的准确性。经优化后 TPA 模式的设定参数:测试速度: 1 mm/s ;变形程度: 50% ;最小压力: 0.1 N ;两次压缩时间间隔: 5 s 。数据采集速率: 200 pps 。

1.3.2 持水力

参考 Cheng^[12]的方法并作修改。取样鱼肉绞碎处理,称取鱼肉 5 g (记 M_0 ,g,精确至 0.001 g)置于底部有纱布的 50 mL 离心管中, 2000 r/min , 4°C 离心 20 min ,称重(M_1 ,g),而后将离心的样品置于烘箱中在 105°C 下测定除去水分的鱼肉质量(M_2 ,g)。持水力的计算公式为:

$$\text{WHC}(\%) = [1 - (M_0 - M_1) / (M_0 - M_2)] \times 100\%$$

1.3.3 TBA 值

参考 Salih^[13]方法并作修改。取 5 g 绞碎鱼肉加入20%的三氯乙酸(TCA)溶液 25 mL ,匀质后静置 1 h ,在 8000 r/min , 4°C 离心 10 min 。吸取 5 mL 滤液,加入 0.02 mol/L 硫代巴比妥水溶液 5 mL ,沸水浴反应 20 min 后用流动水冷却 5 min ,在 532 nm 处测吸光度 A 。根据吸光度值 A 和标准曲线计算 TBA 值。 $\text{TBA 值} = A \times 7.8\text{ mg}/100\text{ g}$ 。

1.3.4 肉色

1) 高铁肌红蛋白 (MetMb) 含量参照文献[14]方法测定并作修改。取 2 g 绞碎鱼肉于 50 mL 离心管中, 加入 20 mL 40 mmol/L 磷酸盐缓冲液 (pH 6.8), 均质 2 min, 在 4℃ 8 000 r/min 离心 20 min, 取上清液, 分别在波长 525, 545, 565, 572 nm 处测定吸光值。其计算公式:

高铁肌红蛋白 (%) = (- 2.541R₁+0.777R₂+0.800R₃+1.098) ×100

$R_1=A_{572}/A_{525}$, $R_2=A_{565}/A_{525}$, $R_3=A_{545}/A_{525}$

2) 根据 Mc Kenna^[15]的报道和金枪鱼为红肉鱼类的事实, 以色差仪为工具, 通 CIEL*A*B* 系统获得的 a^* 值来反映肉色的变化。肉块的测定规格为 3 cm × 1.5 cm × 1 cm。参照美国肉品学协会对于肉色测定的指导^[16], 每个样品测 9 个点, 取其平均值为该样品在该时间的色差值。

1.3.5 组胺

按照 SN/T 2209-2008 《进出口水产品中有毒生物胺的测定方法》中的反高效液相色谱法测定。

1.4 统计分析

通过 SPSS 16.0 for windows 统计软件对试验数据进行相关性分析。采用 Pearson 相关系数法, 双尾显著性检验。P<0.05 表示差异性显著。

2 结果与分析

2.1 包装材料对黄鳍金枪鱼质构的影响

质构是食品的物理性质, 是食品重要的品质特性之一, 是评价食品的重要依据, 包括硬度、弹性、咀嚼性、胶粘性等。

测得金枪鱼肉的硬度及弹性的变化情况如图 1、2 所示。在贮藏期间, 各组的硬度均有所下降, 其中对照组硬度相对于 PE 包装组和纳米包装组下降最为显著 (P<0.05), 对照组硬度从初始的 9.43 N 降到 4.53 N, PE 包装组硬度降到 4.96 N, 纳米包装组硬度降到 6.53 N。推测硬度下降原因是鱼肉组织在酶和微生物作用下, 细胞骨架蛋白或细胞外基质结构不断降解, 细胞结构趋于不规则状态, 间隙增加, 使得肌原纤维之间结构变得疏松, 从而导致肌肉质地软化^[17]。纳米包装组的硬度下降较缓慢, 可能是由于能在较大程度上抑制微生物的酶的作用。各组弹性的变化情况显示: 在贮藏期间, PE 包装组和纳米包装组的金枪鱼肉弹性均比对照组的高, 说明包装材料影响鱼肉的弹性, 这可能与不同组间鱼肉水分含量不同有关。

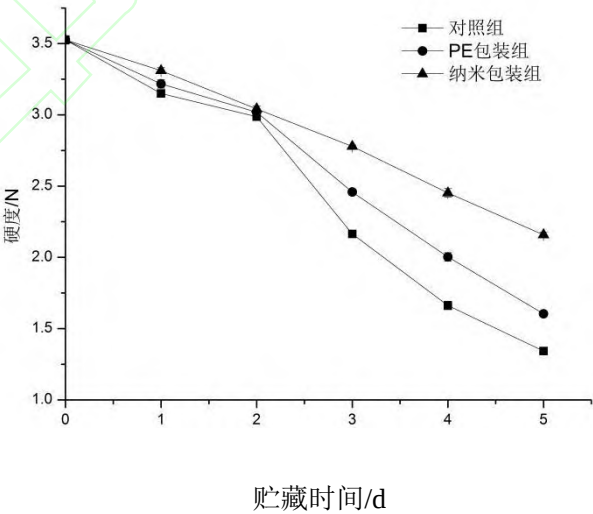


图 1 黄鳍金枪鱼不同包装组硬度的变化
Fig.1 Change of hardness of yellowfin tune samples by different packing groups

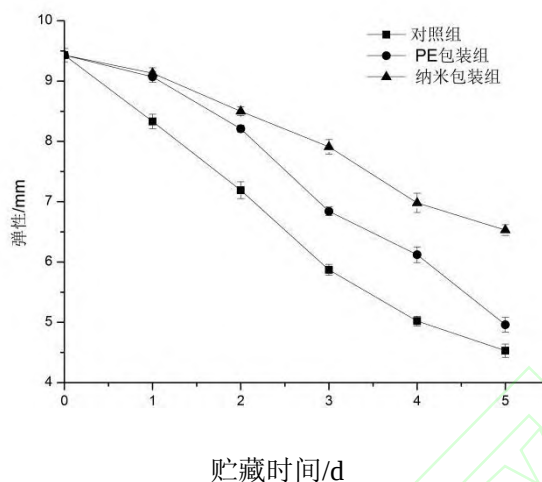


图2 黄鳍金枪鱼不同包装组弹性的变化

Fig.2 Change of resilience of yellowfin tuna samples by different packing groups

2.2 包装材料对黄鳍金枪鱼持水力的影响

水是鱼肉组织中最重要成分之一，扮演着多种不可缺少的角色。鱼肉组织结构中水是肌肉蛋白质的增稠剂，维持肌肉结构完整性。在贮藏过程中鱼肉中水从肌肉纤维组织结构中流失，促进蛋白质降解，最终引起肌肉纤维容量减少。

本文测得持水力变化情况见表1。持水力在贮藏过程中先呈下降趋势，之后趋于平衡。对照组中金枪鱼组织中持水力从初始 79.99%降至 57.7%，PE 包装组降至 59.41%，纳米包装组降至 61.12%，各组间呈显著性差异 ($P < 0.05$)。本试验表明金枪鱼样品用包装袋包装贮藏，能更好地减少鱼肉中水分的流失。本试验结果与 Ocaño-Higuera V M^[18]研究结果一致。Flores J^[19]曾报道持水力下降的原因可归于肌原纤维蛋白的功能特性消失，在贮藏期间肌原纤维蛋白与水分分离，导致鱼肉组织中水分流失；纳米包装组较 PE 包装组具有较好的阻隔性，且能抑制中水分的散失。

表1 不同包装组持水力的变化

Table 1 Change of water holding capacity of different packing groups

贮藏时间/d	1	2	3	4	5
对照组	70.3 ± 0.43 ^a	61.46 ± 0.22 ^a	58.15 ± 0.37 ^a	57.98 ± 0.64 ^a	57.7 ± 0.25 ^a
PE 包装材料	71.08 ± 0.25 ^b	63.43 ± 0.28 ^b	60.97 ± 0.35 ^b	59.77 ± 0.26 ^b	59.41 ± 0.18 ^b
纳米包装材料	71.09 ± 0.4 ^c	65.89 ± 0.21 ^{bc}	63.52 ± 0.44 ^{bc}	61.5 ± 0.28 ^{bc}	61.12 ± 0.32 ^{bc}

注：表中数据为各组样品“持水力平均值±标准差”；同列的不同字母表示差异性显著 ($P < 0.05$)。

2.3 包装材料对黄鳍金枪鱼 TBA 值的影响

金枪鱼中的 EPA 和 DHA 等高不饱和脂肪酸含量丰富，会发生脂肪氧化，氧化导致风味和营养价值（主要是脂肪酸和脂溶性维生素）严重损失。TBA 值主要反映水产品脂肪的氧化情况，通常通过测定样品中丙二醛的含量来确定^[20]。

本文采用硫代巴比妥酸 (TBA) 法测定，原理是脂肪氧化产物 1 分子丙二醛 (MDA) 与 2 分子 TBA 反应生成 MDA-TBA 复合物（粉红色物质），此复合物在波长 532 nm 处有最大吸收峰。吸收强度和丙二醛的浓度在一定范围呈线性关系，由此确定脂肪氧化程度。不同包装材料 TBA 值的变化如图表 2 所示。随着贮藏时间的延长，各组的 TBA 值均有不同程度增加，各组间有显著性差异 ($P < 0.05$)。对照组 TBA 值由初始的 1.80 mg/100 g 增加到 9.73 mg/100 g，PE 包装组增加到 7.41 mg/100 g，纳米包装组增加到 5.68 mg/100 g。各组在前 3 天没有大变化，第 3 天后呈明显增加趋势。纳米包装组 TBA 值在各时间点始终比对照组和 PE 包装组低，推测可能与不同包装材料的透氧率相关。有研究显示，与普通包装材料相比，纳米包装材料透氧量低，能对肉类取得较好的保鲜效果。PE 包装材

料和纳米包装材料能够有效抑制鱼肉的氧化酸败，其中纳米包装的效果更明显。

表2 不同包装组TBA值的变化
Table 2 Change of TBA values of different packing groups

运输时间/d	1	2	3	4	5
对照组	13.40±0.20 ^a	15.85±0.16 ^a	17.99±0.11 ^a	19.80±0.12 ^a	21.70±0.15 ^a
PE 包装材料	12.78±0.14 ^b	15.17±0.13 ^b	16.99±0.11 ^b	17.59±0.13 ^b	21.01±0.20 ^b
纳米包装材料	12.47±0.18 ^{bc}	14.50±0.15 ^{bc}	16.09±0.08 ^{bc}	18.22±0.19 ^c	20.36±0.09 ^c

注：表中数据为各组样品“TBA 平均值±标准差”；同列的不同字母表示差异性显著（ $P < 0.05$ ）。

2.4 包装材料对黄鳍金枪鱼肉色的影响

金枪鱼贮藏期间，肉色的变化主要是由肌红蛋白含量决定。肌红蛋白的存在形式有 3 种，分别是肌红蛋白（Mb）、氧合肌红蛋白（MbO₂）、高铁肌红蛋白（MetMb），鱼肉中的 Mb 与氧气接触结合后形成 MbO₂，MbO₂ 中的铁离子依然是二价铁离子（Fe²⁺），表现为鲜红色。随着贮藏时间的延长，Mb 和 MbO₂ 中的 Fe²⁺被氧化成 Fe³⁺，Mb 和 MbO₂ 转变成 MetMb，鱼肉表现为褐色，红度值（ a^* ）降低。在一般情况下，金枪鱼 MetMb 的生成率在 20% 以下呈现鲜红色，30%呈现暗红色，50%呈现褐红色，70%以上呈现褐色^[21-22]。

贮藏期间金枪鱼的红度值（ a^* ）和高铁肌红蛋白（MetMb）相对百分含量变化如图 3、4 所示。贮藏期间各组的 a^* 均下降，且各组间有显著性差异（ $P < 0.05$ ），对照组 a^* 从初始的 5.55 降到 1.94，PE 包装组 a^* 降到 2.34，纳米包装组 a^* 降到 2.96。纳米包装组和 PE 包装组的红度值相对于对照度来说较低的原因，可能是包装组阻止氧气与鱼肉中的接触，较少的 Fe²⁺被氧化成 Fe³⁺。纳米包装组和 PE 包装组的高铁肌红蛋白含量增长较缓慢，对照组高铁肌红蛋白含量从初始的 23.61%增加到 42.92，而 PE 包装组和纳米包装组高铁肌红蛋白含量均在 40%以下，与对 a^* 和 TBA 值的推论是一致的。试验结果表明，对金枪鱼来说，用包装材料可有效保持肉色，其中纳米包装材料的效果较好。

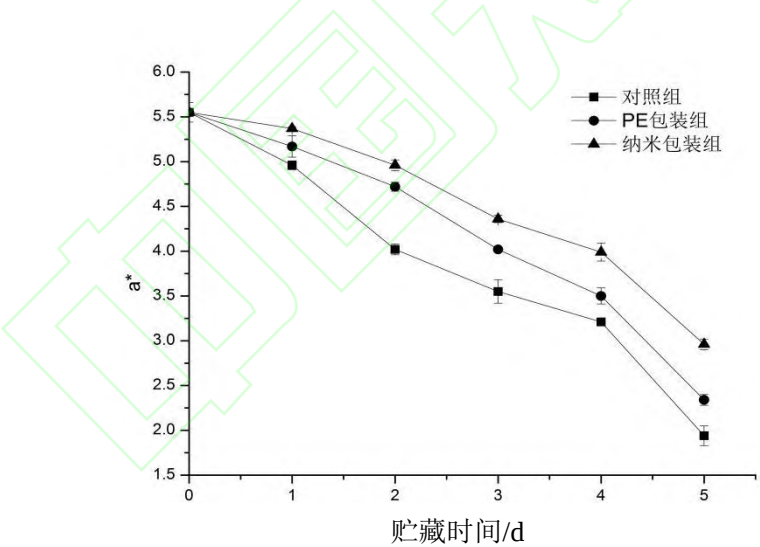


图3 黄鳍金枪鱼不同包装组 a^* 的变化
Fig.3 Change of a^* of yellowfin tune samples by different packing groups

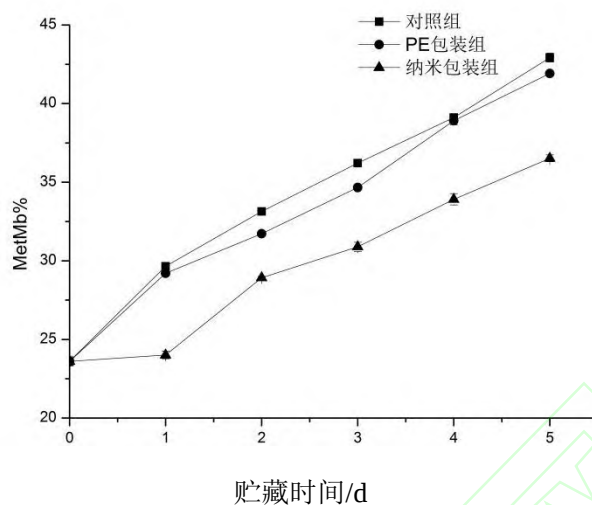


图4 黄鳍金枪鱼不同包装组 MetMb%的变化
Fig.4 Change of MetMb of yellowfin tuna samples by different packing groups

2.5 包装材料黄鳍金枪鱼组胺的影响

金枪鱼中含有较高的组氨酸，其经脱羧酶作用强的细菌，如摩氏摩根菌或无色菌等作用下，脱去羧基产生组胺。当组胺积蓄到一定量时就可引起心血管及神经系统毒性。1998年美国食品药品监督管理局（FDA）要求水产品中组胺含量要少于 5 mg/100 g；而欧盟要求鱼产品中组胺含量要少于 10 mg/100 g，且食用样品不可超过 20 mg/100 g；我国规定海水鱼组胺含量要少于 30 mg/100 g。

本试验采用反相高效液相色谱法，测定黄鳍金枪鱼在贮藏期间组胺含量的变化。如图 5 所示：在贮藏期间各个包装的鱼肉中组胺含量均有所增加，都在我国规定的限量范围内。对照组组胺含量从初始的 2.25 mg/100 g 增加到 2.85 mg/100 g，PE 包装组增加到 2.73 mg/100 g，纳米包装组增加到 2.54 mg/100 g，在第 5 天时纳米包装组与其它两组呈显著性差异（ $P < 0.05$ ）。试验表明使用包装材料能减少金枪鱼肉组胺的产生，这可能是包装材料减少了鱼肉与外部环境的接触，有效阻止了产组胺菌类的产生，与 RAWLES D D^[23]的研究结果一致。组氨酸脱羧酶有内源性脱羧酶和微生物分泌的外源性脱羧酶两种形式，其中细菌分泌的外源性脱羧酶起主要作用，而内源性脱羧酶的作用不明显。贮藏期间，用纳米包装袋组包装的金枪鱼组胺的含量基本没有变化，可能与它具有抗菌表面的特性有关。PE 包装材料和纳米包装材料均能减缓组胺含量上升，其中纳米包装材料的效果较好。

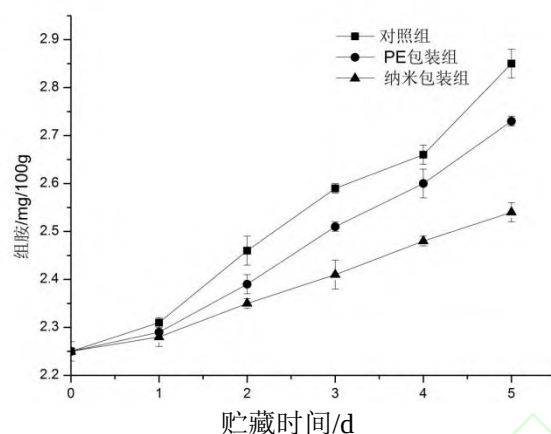


图5 黄鳍金枪鱼不同包装组组胺的变化
Fig.5 Change of histamine of yellowfin tuna samples by different packing groups

3 结论

对不同包装材料条件下黄鳍金枪鱼的质构、持水力、TBA、MetMb、 a^* 和组胺的分析表明,包装组保鲜效果明显优于对照组,能延长鱼肉的保鲜期。包装组金枪鱼肉的硬度、弹性、持水力下降较缓慢,使肉色维持在一个较理想的状态,产生组胺较少。在物流过程中,为了更好地维持金枪鱼肉的品质,用食品级包装材料进行包装,可以延长鱼肉的保鲜期。

参考文献

- [1] 张青, 王锡昌, 刘源. 中国金枪鱼渔业现状及发展趋势[J]. 南方水产科学, 2009, 5(1): 68-74.
- [2] 杨少玲, 于刚, 戚勃, 等. 3种保鲜剂对金枪鱼冻藏品质的影响[J]. 广东农业科学, 2015, 42(6): 91-96.
- [3] 方健民, 黄富雄, 郑钟新, 等. 金枪鱼的营养价值和加工利用[J]. 水产科技, 2006, 2: 8-13.
- [4] NAKAMURA Y N, ANDO M, SEOKA M, et al. Changes of proximate and fatty acid compositions of the dorsal and ventral ordinary muscles of the full-cycle cultured Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* with the growth[J]. Food Chemistry, 2007, 103(1): 234-241.
- [5] 中华人民共和国水产行业标准 SC/T 9020-2006: 水产品低温冷藏设备和低温运输设备技术条件[S]. 北京: 中国农业部, 2006.
- [6] 上海市地方标准 DB31/T388-2007: 食品冷链物流技术与管理规范[S]. 上海: 上海市质量技术监督局, 2007.
- [7] 吴稼乐, 陈坚, 朱富强, 等. 发展中的水产品冷链技术——金枪鱼冷链物流体系和配送系统[J]. 制冷, 2007, 26(4): 33-37.
- [8] SIRAGUSA G R, CUTTER C N, WILLETT J L. Incorporation of bacteriocin in plastic retains activity and inhibits surface growth of bacteria on meat[J]. Food Microbiology, 1999, 16(3): 229-235.
- [9] 商明慧, 陈强, 陈春英. 包装材料及食品中纳米材料的检测与表征技术[J]. 生态毒理学报, 2013, 8(6): 824-838.
- [10] 邢明, 罗亚明. 食品纳米包装与防伪技术综合应用的探究[J]. 包装工程, 2007, 28(5): 182-184.
- [11] DAVEY K R. Calculating quantities of ice for cooling and maintenance of freshly harvested fish at sea[J]. Journal of food science, 2012, 77(11) E335-341.
- [12] CHENG C S, HAMANN D D, WEBB N B. Effect of thermal processing on minced fish gel texture[J]. Journal of Food Science, 1979, 44(4): 1080-1086.
- [13] SALIH A M, SMITH D M, PRICE J F, et al. Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry[J]. Poultry Science, 1987, 66(9): 1483-1488.
- [14] 杨金生, 尚艳丽, 夏松养. 不同冻藏温度对金枪鱼肉质变化的影响[J]. 食品工业, 2012, (1): 39-41.
- [15] MCKENNA D R, MIES P D, BAIRD B E, et al. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles[J]. Meat Science, 2005, 70(4): 665-682.
- [16] HUNT M C, ACTON J C, BENEDICT R C, et al. Guidelines for meat color evaluation[C]. Chicago, IL, USA: 44th Annual Reciprocal Meat Conference, 1991: 9-12.
- [17] 赵巧灵. 金枪鱼在冷藏过程中鲜度变化及差异蛋白质组学研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2015.
- [18] OCAÑO-HIGUERA V M, MAEDA-MARTÍNEZ A N. Freshness assessment of ray fish stored in ice by biochemical, chemical and physical methods[J]. Food Chemistry, 2011, 125(1): 49-54.
- [19] FLORES J, BERMELL S. Propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares: Capacidad de retención de agua[J]. Revista De Agroquímica Y Tecnología De Alimentos, 1984, 24(2): 151-158.
- [20] SRIKAR L N, HIREMATH J G. Fish preservation I. Studies on changes during frozen storage of Oil sardine[J]. Journal of Food Science and Technology, 1972, 9: 191-193.
- [21] 应丽莎, 刘星, 周晓庆, 等. 肉类产品护色技术研究进展[J]. 食品科学, 2010, 32(3): 291-294.
- [22] 冯志哲, 沈月新. 食品冷藏学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [23] RAWLES D D, FLICK G J, MARTIN R E. Biogenic amines in fish and shellfish[J]. Advances in Food and Nutrition Research, 1996, 39: 329-365.