

冰藏和冷藏条件下金枪鱼品质变化的研究

徐慧文, 谢晶*, 汤元睿, 黎柳, 苏辉, 李念文

(上海海洋大学食品学院, 上海水产品加工与保藏工程中心, 上海 201306)

摘要:为了延长金枪鱼生鱼片的货架期, 本文将经过解冻处理的超低温金枪鱼分别进行0℃下的冰藏和冷藏, 通过测定感官指标、微生物指标和理化指标(色差、高铁肌红蛋白、TBA、质地、组胺、TVB-N、持水力), 评价两种贮藏方法对金枪鱼品质的影响。结果表明: 在0~5h内, 冰藏、冷藏后的金枪鱼的感官评分均在7分以上, 而冰藏和冷藏后的生鱼片分别在7h和6h后出现异味, 色泽变暗; 0~4h冰藏组与冷藏组的组胺含量不存在显著差异性($p > 0.05$), 而4~8h差异性显著($p < 0.05$); 在8h时, 冷藏组(0℃)较冰藏(0℃)组的高铁肌红蛋白相对百分含量、TVB-N值分别高2.54%和2.65mg/100g; 3h时, 冷藏组的菌落总数略高于冰藏组, 但整个过程均维持在4.0lg(CFU/g)以下。与冷藏相比, 冰藏更利于提高金枪鱼生鱼片的品质, 延长金枪鱼的货架期, 本研究为金枪鱼生食前的贮藏保鲜提供了理论依据。

关键词:金枪鱼, 冰藏, 冷藏, 品质, 变化

Study on the quality changes of tuna at ice and refrigerated storage

XU Hui-wen, XIE Jing*, TANG Yuan-rui, LI Liu, SU Hui, LI Nian-wen

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai Engineering Research Center of Aquatic Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China)

Abstract: Tuna has a delicious tasty, but it is easy to deteriorate. In order to extend the shelf life of tuna, the sensory, microorganism and chemical indicators (a* value, met-myoglobin, TBA, texture, histamine, TVB-N, water holding capacity) of pre-treated tuna under the ice storage (0℃) and refrigerated storage (0℃) were tested to evaluate the influence of two different storage methods on the quality of tuna. The results showed that the sensory scores of tuna within 0~5 hours treated by ice storage and refrigerated storage were up to 7, however, the muscle was found little peculiar smell and dim colour after 7h refrigerated storage and 6h ice storage respectively. The histamine content of tuna within 4~8h of ice storage and refrigerated storage were found significant difference compared with those treated in 0~4h; the content of met-myoglobin, TVB-N under refrigerated storage were higher 2.54% and 2.65mg/100g than those ice storage respectively. The aerobic plate count of refrigerated storage was higher than that of iced storage, but the content of entire process were always less than 4.0lg (CFU/g). Compared with refrigerated storage, iced storage was more conducive to improve the quality of tuna and extend the shelf life of tuna, thus the research was providing a theoretical basis for tuna Sashimi fresh-keeping.

Key words: tuna; ice storage; refrigerated storage; quality; changes

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)13-0321-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2014.13.061

金枪鱼, 英文名 tuna, 又名吐拿鱼, 分布于大西洋、太平洋和印度洋的热带、亚热带和温带广阔水域, 为高度跨洋性洄游鱼类^[1], 是硬骨鱼纲 (Osteichthyes), 鲈形目 (Perciformes), 鲭科 (Scombridae) 鱼类中某几个属 [金枪鱼属 (*Thunnus*)、狐鲣属 (*Sarda*)、舵鲣属 (*Auxis*)、裸狐鲣属 (*Gymnosarda*)、鲣属 (*Katsuwonus*) 和鲐属 (*Euthynnus*)] 的统称^[2]。金枪鱼肉是典型的高蛋白低脂肪食品, 富含二十碳五烯酸 (EPA)、二十二碳六烯酸 (DHA) 和维

生素^[3-4], 具有很高的营养价值。

冰藏保鲜是在水产品表面铺上一层冰, 降低鱼体体表温度接近冰点但不冻结, 延长鱼体保鲜期的方法^[5]。Campos^[6]等研究了不同冰 (泥浆冰、薄片冰) 对沙丁鱼的保鲜, 结果表明泥浆冰保藏后的沙丁鱼鱼肉和表皮的微生物数量均少于薄片冰保藏的微生物数量。刘源等^[7]研究冰鲜法对黄鳍金枪鱼片品质的影响, 表明冰鲜法能在0~4h保持黄鳍金枪鱼的良好品质, 超过4h金枪鱼失去固有口感, 不再新鲜。冷藏保鲜是指将食品在低于环境但又在其冰点以上温度下进行贮藏^[8]。周忠云等^[9]研究松浦镜鲤0℃条件下冰藏和冷藏的品质变化规律, 结果表明冷藏(0℃)和冰藏(0℃)条件下, 松浦镜鲤的保鲜期分别为12d和18d, 即0℃冰藏的贮藏效果优于0℃冷藏。包玉龙等^[10]研究鲫鱼冷藏(4℃)和冰藏(0℃)条件

收稿日期: 2013-12-12 * 通讯联系人

作者简介: 徐慧文 (1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 水产品保鲜。

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)。

表1 金枪鱼感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standard of tuna

指标	好(10分)	较好(8分)	一般(6分)	较差(4分)	差(2分)
色泽	色泽正常,肌肉切面富有光泽	色泽正常,肌肉切面有光泽	色泽稍暗淡,肌肉切面稍有光泽	色泽较暗淡,肌肉切面无光泽	色泽暗淡,肌肉切面无光泽
气味	香味浓郁	香味较浓郁	香味清淡,略带异味	香味消失,有腥臭味或氨臭味	有强烈腥臭味或氨臭味
肌肉组织	肌肉组织紧密完整,纹理清晰	肌肉组织紧密,纹理较清晰	肌肉组织不紧密,但不松散	肌肉组织不紧密,局部松散	肌肉组织不紧密,松散
组织弹性	坚实有弹性,手指压后凹陷立即消失	坚实有弹性,手指压后凹陷较快消失	较有弹性,手指压后凹陷消失较慢	稍有弹性,手指压后凹陷消失很慢	无弹性,手指压后凹陷不消失

下的品质变化规律,结果表明冰藏鲫鱼和冷藏鲫鱼感官接受极限分别为10d和8d,冰藏较冷藏显著延长了鲫鱼的保鲜期。

本文拟通过感官评分、菌落总数和理化指标的综合分析,对金枪鱼冰藏(0℃)和冷藏(0℃)条件下的品质变化进行研究,为生食金枪鱼短时保鲜提供理论依据,对保障生食鱼片的安全和优质奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

选用捕捞后经宰杀分割后直接抽真空密封冻藏(-55℃)的大目金枪鱼肉。

UDK15 型全自动凯氏定氮仪 意大利VELP公司;UV-2100 紫外、可见分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司;ZE-2000 测色色差计 日本尼康公司;TA.XT Plus 质构仪 英国SMS公司;H-2050R 台式高速冷冻离心机 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;LC-2010C HT 型高效液相色谱仪和 UV-VIS 型检测器 岛津公司;Fluke-NetDAQ32 多点温度采集仪 美国Fluke公司;TDL-40B 低速台式大容量离心机 上海安亭科学仪器;DHG-9053A 型电热鼓风干燥箱 上海一恒科学仪器有限公司;FA25 高剪切分散乳化机(均质机) 上海FLUKO 弗鲁克流体机械制造有限公司;LDZX-50KBS 蒸汽灭菌锅 上海深谱医疗器械厂;IMS-50 制冰机 常熟市雪科电器有限公司。

1.2 样品预处理

用电锯将抽真空密封冻藏的金枪鱼块切成约5cm×6cm的小块,电钻打孔,用于测鱼块中心温度,分装于PE保鲜袋中,贮藏于-86℃的冰箱中待用。

经处理的金枪鱼块在NaCl盐水中解冻至中心温度-4℃附近(多点温度采集仪的热电偶探头测鱼体中心温度),取出用布片包住吸去多余水分,然后切成长6cm,宽2cm,厚0.7cm的薄片,冰藏组层冰层鱼放置于装有碎冰的泡沫箱中,鱼片直接与冰接触,不能触及箱底和箱壁,碎冰由制冰机制得,并在泡沫箱底部打孔,以便冰融化后多余的水分流出,冷藏组直接装入保鲜袋,将两组样品同时置于0℃的同一台冰箱中,以鱼块解冻后未经冰藏和冷藏处理作为起点(0h),鉴于金枪鱼生鱼片易于腐败变质,所以测定时间间隔设为1h,贮藏结束取出鱼片进行品质指标

测定。

1.3 测定方法

1.3.1 感官指标 感官评定由专门培训的感官评定小组(5人)组成,参照李双双等^[11]人的感官评定表对金枪鱼的色泽、气味、肌肉组织、组织弹性进行评定,结果取综合评分值。

1.3.2 色差 依据叶伏林等^[12]的方法。

1.3.3 质构 采用质地剖面分析模式测试,模拟人的两次咀嚼动作,检测质构特性参数^[13]。将鱼肉切成20mm×20mm×10mm的方块,使用平底柱形探头P/6(6mm直径)。测试条件:测试前速率3mm/s,测试速率1mm/s,测试后速率1mm/s,压缩程度50%,停留间隔5s;负重探头类型:Auto-5g;数据收集率:200;环境温度:12~16℃。样品按垂直于其厚度的方向平放,每次测5个样品,每个样品测1次,取平均值。分别测定其弹性、硬度、黏聚性以及咀嚼性。咀嚼性=硬度×黏聚性×弹性。

1.3.4 持水力 依据Yesim Oezogul等^[14]和李念文等^[15]的测定持水力的方法,持水率(%)=1-(离心前鱼肉重-离心后鱼肉重)/离心前鱼肉重×100。

1.3.5 硫代巴比妥酸(Thiobarbituric acid value, TBA) 参考杨胜平等^[16]的测定方法。

1.3.6 挥发性盐基氮(Total volatile base-Nitrogen, TVB-N)值的测定 参考Goulas A.E等^[17]的方法。

1.3.7 高铁肌红蛋白 参考Karol Krzywicki等^[18]的方法。

1.3.8 组胺 参照姜李雁等^[19]的方法,经过提取,衍生,高效液相色谱法测定。

1.3.9 总菌 参考《GB 4789.2-2010 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数》进行测定^[20]。

1.4 数据处理方法

用SPSS 19.0进行实验数据处理,采用Duncans法进行多重比较。利用origin Pro V8.5软件绘制曲线。

2 结果与分析

2.1 感官评定结果

金枪鱼的感官评定表如表2所示。随着贮藏时间的延长,冰藏组和冷藏组的感官评分逐渐下降,其中冷藏组的下降速度明显比冰藏组快,冰藏组的感官值均高于冷藏组,冷藏组6h感官评分值为6.795,由表1感官分析表可知此时金枪鱼表面色泽略微出

现暗淡,略带异味,生食不可接受,而冰藏组可保藏至7h,显然冰藏组的保鲜效果优于冷藏组,这与包玉龙等^[10]研究的冷藏和冰藏条件下鲫鱼生物胺及相关品质变化的研究结果一致。在1、4、5、6、7、8h冰藏组与冷藏组存在显著差异性($p < 0.05$),并且冰藏组的感官值均高于冷藏组,这表明冰藏处理组的保鲜效果优于冷藏组。

表2 金枪鱼感官评定结果
Table 2 Sensory evaluation score of tuna

贮藏时间(h)	冷藏感官值	冰藏感官值
0	8.921 ± 0.001 ^a	8.921 ± 0.001 ^a
1	8.292 ± 0.004 ^a	8.392 ± 0.003 ^b
2	7.658 ± 0.004 ^a	7.683 ± 0.085 ^a
3	7.300 ± 0.001 ^a	7.315 ± 0.007 ^a
4	7.063 ± 0.089 ^a	7.270 ± 0.007 ^b
5	7.090 ± 0.014 ^a	7.260 ± 0.057 ^b
6	6.795 ± 0.004 ^a	7.010 ± 0.000 ^b
7	6.410 ± 0.007 ^a	6.920 ± 0.113 ^b
8	5.910 ± 0.014 ^a	6.019 ± 0.025 ^b

注:表中数据为样品的“感官平均分±标准差”;表中同一行的不同字母表示差异显著($p < 0.05$)。

2.2 菌落总数

金枪鱼菌落总数的变化情况如图1所示。由图1可知,在8h内两种贮藏条件下金枪鱼中菌落总数均随贮藏时间的延长而增大,但是都没有超过4.0lg(CFU/g)生食金枪鱼细菌总数限量标准^[21],说明两种贮藏方法均能有效抑制金枪鱼肉内微生物的生长,从菌落总数的角度分析,两种贮藏条件均能在8h内保证金枪鱼片的质量安全性。样品初始菌落总数为3.151lg(CFU/g),这与冻结鱼体本身带有的微生物及切片过程中与空气接触等有关,在1~7h内冷藏组的菌落总数始终高于冰藏组,这与冷藏过程中金枪鱼直接与空气接触,导致好氧菌生长加速以及空气中存在的微生物将鱼体污染有关,说明冰藏更利于金枪鱼生鱼片的保藏。1h和4h处冰藏组和冷藏组差异性显著($p < 0.05$),其余时间冷藏组较冰藏组的增长差异性不显著($p > 0.05$)。在8h时,冰藏组和冷藏组的菌落总数分别为3.833lg(CFU/g)和3.845lg(CFU/g),说明8h时的金枪鱼片仍然是可食的。

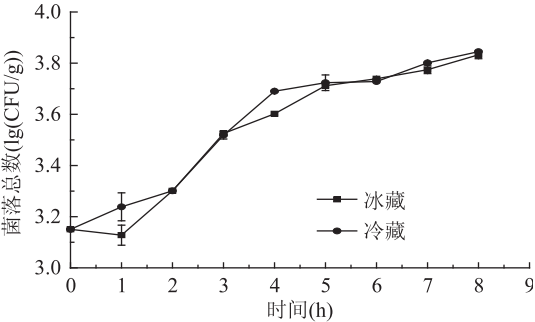


图1 冰藏和冷藏金枪鱼总菌数随时间的变化
Fig.1 Contrast curves of aerobic plate count of tuna with time under ice and refrigerated storage

2.3 色差

金枪鱼肉中特有的肌红蛋白和血红蛋白使新鲜的金枪鱼肉呈现鲜红色,然而肌红蛋白和血红蛋白易与空气中的氧结合发生高铁氧化^[22],产生不良的棕红色,使鱼肉发生褐变,所以红度值是评价金枪鱼感官品质的重要指标。金枪鱼红度值的变化如图2所示。由图2可知,贮藏过程中,冰藏组和冷藏组的红度值均有不同程度下降,表现为鲜红色变淡,失去原有光泽,产生褐变。整个过程中冷藏组红度值的下降趋势比冰藏组大,说明冰藏能延缓金枪鱼的褐变,较好地保持金枪鱼的色泽。金枪鱼初始红度值为16.60,此时金枪鱼为鲜红色,随着时间的延长冰藏组的红度值逐渐下降,这与刘源等^[7]研究的冰鲜法对黄鳍金枪鱼片品质的影响一致。而冷藏组在2h时,红度值为11.27,在3h后,冷藏组始终保持着下降的趋势。在8h处时,冰藏组和冷藏组的红度值分别为6.56和6.54,明显低于初始值,这说明鱼体颜色已经发生变化。

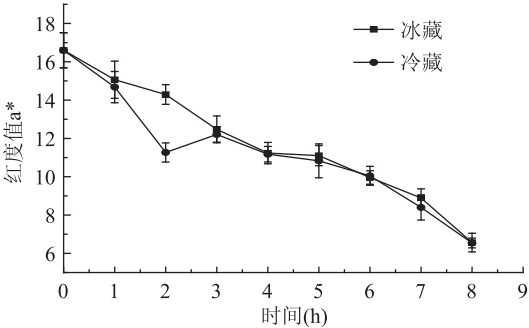


图2 冰藏和冷藏金枪鱼红度值随时间的变化
Fig.2 Contrast curves of a* value of tuna with time under ice and refrigerated storage

2.4 质地

图3~图5分别为冷藏和冰藏过程中,金枪鱼的硬度、弹性和咀嚼性的变化曲线。由图可知,随着时间的延长,冰藏组和冷藏组金枪鱼的硬度、弹性和咀嚼性都呈下降趋势,这与杨金生^[23]研究的金枪鱼肌肉冷藏工艺一致,主要是因为随着贮藏时间的延长,金枪鱼体内的蛋白质发生降解,鱼肉的物理结构发生变化,汁液流失增加,肌纤维逐渐破坏,导致质构下降。从三幅图可以明显看出,冷藏组的硬度、弹性

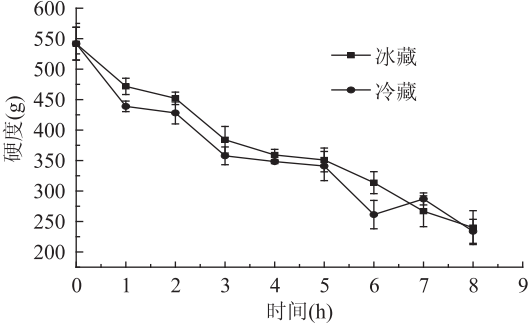


图3 冰藏和冷藏金枪鱼硬度的变化
Fig.3 Contrast curves of hardness of tuna with time under ice and refrigerated storage

和咀嚼性的下降趋势与冰藏组存在显著的差异性 ($p < 0.05$), 并且整个过程都低于冰藏组, 说明在贮藏过程中冰藏更利于维持金枪鱼的质构。金枪鱼初始硬度为 541.797g, 8h 时冷藏组和冰藏组金枪鱼的硬度分别为 233.797g 和 239.921g, 硬度分别较贮藏开始时下降了 56.85% 和 55.72%。0~8h 内冰藏组和冷藏组弹性从 0.911 分别下降到 0.731 和 0.712, 咀嚼性从 254.156 分别下降到 31.238 和 29.572。

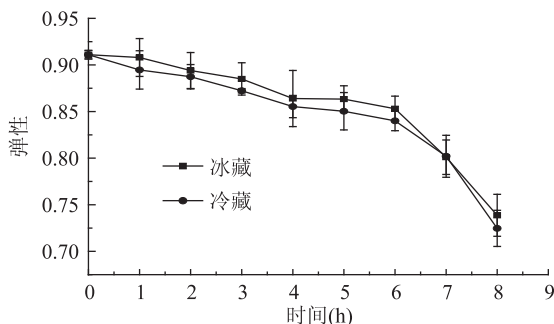


图4 冰藏和冷藏金枪鱼弹性的变化

Fig.4 Contrast curves of springiness of tuna with time under ice and refrigerated storage

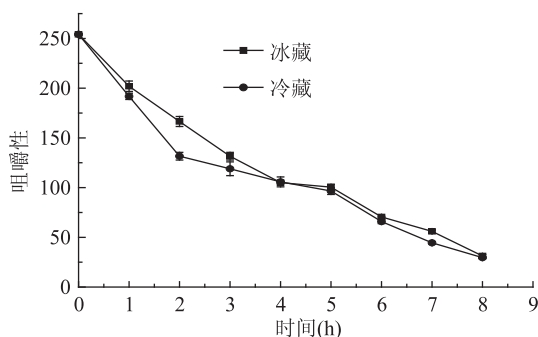


图5 冰藏和冷藏金枪鱼咀嚼性的变化

Fig.5 Contrast curves of chewiness of tuna with time under ice and refrigerated storage

2.5 持水力

持水力用来描述分子构成的基体通过物理方式截留大量水而阻止水渗出的能力。图6为金枪鱼冰藏和冷藏条件下持水力的变化。由图可知, 在冰藏和冷藏过程中金枪鱼的持水力呈下降趋势, 因为水产品低温贮藏过程中会发生一系列的与活体自身不同的生化反应, 特别是肌肉组织的分解反应引起蛋白质结构的变化和分解反应, 而持水力与蛋白质的特性紧密相关, 导致肌肉持水力的下降^[24]。在整个变化过程中冰藏组的持水力始终高于冷藏组, 说明冷藏更容易使持水力下降, 这与冰藏的生鱼片直接与冰接触, 水分流失少有关。整个过程中, 冰藏组和冷藏组的持水力分别下降了 17.82% 和 18.37%, 并且在 0~3h 内, 两组的下降趋势基本为直线下降。4~5h 时, 两组持水力不存在显著差异性 ($p > 0.05$), 4h 处冰藏组和冷藏组的持水力分别为 39.86% 和 39.52%, 5h 处分别为 38.32% 和 37.75%, 8h 时分别为 32.63% 和 32.08%。总体上, 冰藏更有利于保持鱼肉中的水分, 保证鱼肉的口感。

2.6 TBA

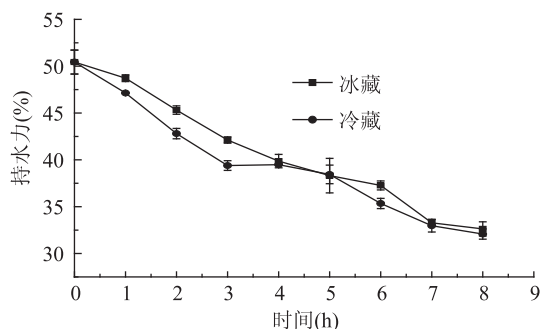


图6 冰藏和冷藏金枪鱼持水力的变化

Fig.6 Contrast curves of water holding capacity of tuna with time under ice and refrigerated storage

硫代巴比妥酸值指每千克样品中所含的丙二醛的毫克数, 简称 TBA 值。在整个过程中, 冰藏组和冷藏组 TBA 都呈上升趋势, 这与低温贮藏过程中, 鱼肉逐渐脱水, 不饱和脂肪酸氧化增加有关^[25]。冷藏组 TBA 增长明显高于冰藏组, 这是因为冷藏组直接与空气接触, 使冷藏组的不饱和脂肪酸更容易发生氧化, 鱼体更容易腐败变质。在 0~5h 内, 冰藏组从 1.268mg/100g 上升到 2.516mg/100g, 冷藏组从 1.268mg/100g 上升到 2.625mg/100g, 两者的 TBA 变化趋势差异性不显著 ($p > 0.05$)。在 6h 时, 冷藏组的增长明显, 而冰藏组几乎没有发生变化。在 8h 时, 冷藏组和冰藏组的 TBA 分别为 3.463mg/100g 和 3.592mg/100g。

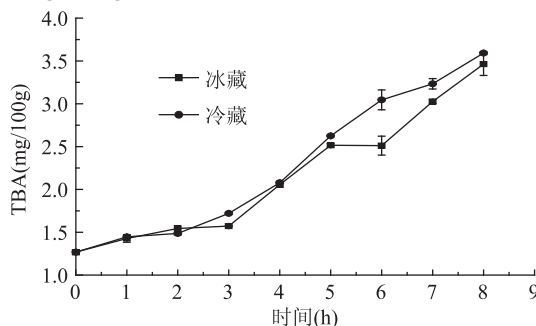


图7 冰藏和冷藏金枪鱼 TBA 的变化

Fig.7 Contrast curves of TBA of tuna with time under ice and refrigerated storage

2.7 TVB-N

挥发性盐基氮 (TVB-N) 是水产品在贮藏过程中, 在细菌及内源酶的共同作用下, 蛋白质分解产生挥发性氨、三甲胺和二甲胺等低级胺类化合物, 通过测定挥发性总氮量判断水产品腐败变质的程度^[26]。在整个贮藏过程中, 冰藏组和冷藏组的 TVB-N 都呈上升趋势, 这与周忠云等^[9]研究的松浦镜鲤 0℃ 条件下冰藏和冷藏的品质变化规律一致。整个过程中冷藏组 TVB-N 值高于冰藏组, 这与冷藏组细菌总数在 0~8h 内均高于冰藏组有关。在 0~6h 内冰藏组和冷藏组 TVB-N 值无显著性差异 ($p > 0.05$), 在 6h 后, 冰藏组基本没有发生变化, 而冷藏组在两小时内增长迅速, 从 13.17mg/100g 上升到 15.36mg/100g, 但都没超过 25mg/100g^[21]。结果表明, 受微生物增长趋势的影响, 相比冰藏组, 冷藏组的鱼体内蛋白质更容易被

分解成三甲胺,二甲胺等低级胺类化合物,鱼体更容易发生腐败变质。

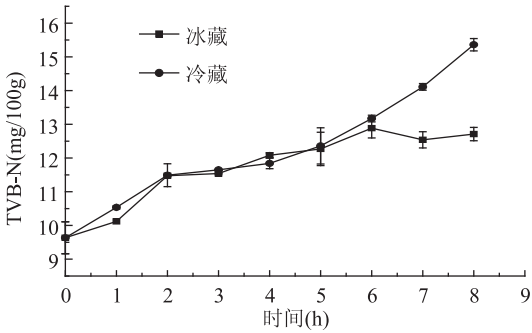


图8 冰藏和冷藏金枪鱼 TVB-N 的变化
Fig.8 Contrast curves of TVB-N of tuna with time under ice and refrigerated storage

2.8 高铁肌红蛋白

新鲜的金枪鱼肉因含有大量的肌红蛋白和血红蛋白而呈现鲜红色,而肌红蛋白和血红蛋白极易与空气中的氧结合产生高铁氧化,产生高铁肌红蛋白,使金枪鱼产生棕红色,高铁肌红蛋白的生成量与温度、pH、盐等因素有关^[27]。由图 9 可知,高铁肌红蛋白的含量随着贮藏时间的延长而增加,不同的贮藏方式(冰藏、冷藏)对高铁肌红蛋白含量的增加有影响,当金枪鱼肉内高铁肌红蛋白数量占优势时,肌肉便呈现为褐色。整个过程两条曲线的走势非常相似,但冷藏组的变化曲线始终在冰藏组之上。0~8h 内冷藏组和冰藏组的高铁肌红蛋白含量从 19.52% 分别上升到 60.90% 和 58.45%,上升趋势非常明显,这是由于在整个贮藏过程中,金枪鱼中肌红蛋白和血红蛋白逐渐发生氧化,生成高铁肌红蛋白,进一步氧化生成不良的棕红色,这与前面 a* 值的变化趋势相符。

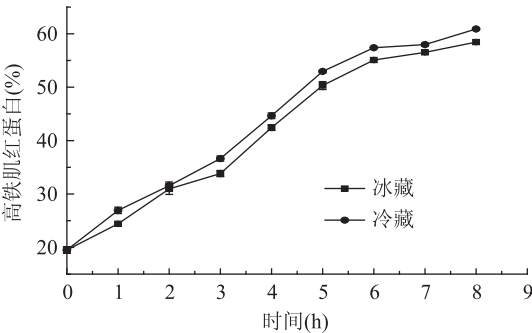


图9 冰藏和冷藏金枪鱼高铁肌红蛋白含量的变化
Fig.9 Contrast curves of met-myoglobin of tuna with time under ice and refrigerated storage

2.9 组胺

在组胺脱羧酶的作用下,鱼体中组氨酸发生脱羧反应产生组胺^[28]。金枪鱼中组胺的变化如表 3 所示,不同处理(冰藏、冷藏)条件下,组胺含量随着贮藏时间的增加而增加。经过比较,整个过程中,冷藏组的组胺含量均高于冰藏组,说明与冷藏相比,冰藏更有利于抑制某些组胺脱羧酶的活性,抑制鱼肉中部分含高活性组氨酸脱羧酶的细菌生长^[18],从而有效抑制组胺的产生,这是因为组胺是由微生物产生的脱羧

酶催化氨基酸而形成的,由图 1 可知,冰藏组的细菌总数在 0~8h 内均低于冷藏组,所以冰藏更能有效抑制组胺的产生。0~4h 冰藏组与冷藏组不存在显著差异性 ($p > 0.05$),而 4~8h 差异性显著 ($p < 0.05$)。

表3 金枪鱼组胺含量变化表
Table 3 Histamine content of tuna

贮藏时间 (h)	冷藏组胺含量 (mg/kg)	冰藏组胺含量 (mg/kg)
0	7.178 ± 0.128 ^a	7.178 ± 0.128 ^a
1	7.197 ± 0.004 ^a	7.222 ± 0.022 ^a
2	7.222 ± 0.004 ^a	7.244 ± 0.009 ^a
3	7.306 ± 0.044 ^a	7.322 ± 0.004 ^a
4	7.347 ± 0.022 ^a	7.331 ± 0.053 ^a
5	7.481 ± 0.009 ^a	7.947 ± 0.013 ^b
6	7.994 ± 0.035 ^a	8.148 ± 0.013 ^b
7	8.084 ± 0.004 ^a	8.375 ± 0.009 ^b
8	8.281 ± 0.018 ^a	8.725 ± 0.088 ^b

注:表中数据为样品的“组胺含量平均分 ± 标准差”;表中同一行的不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

3 结论

解冻后的金枪鱼分别进行冰藏和冷藏处理,两种贮藏条件下均表现出红度值下降,质地劣化,高铁肌红蛋白、TBA、TVB-N 和菌落总数上升的现象。与冷藏(0℃)相比,冰藏(0℃)能显著抑制金枪鱼中微生物的生长,延缓 TVB-N、TBA、高铁肌红蛋白的增加,降低金枪鱼感官品质、红度值、质构和持水力的下降,延长金枪鱼的贮藏期,所以在实际应用中可以选用冰藏对金枪鱼生鱼片进行短时间保藏,提高保藏的效率,降低资源的浪费。另外,冰藏保鲜具有操作简单、投资少、污染少的特点,所以在实际应用中建议使用冰藏的方法对金枪鱼生鱼片进行短期贮藏。

金枪鱼生鱼片通常用于生食,所以其色泽和口感非常重要,在 0~8h 内,冰藏组和冷藏组虽然都没超过国家限定的卫生安全标准,但色泽变暗、汁液流失严重等导致鱼片口感等食用品质下降。冰藏(0℃)条件下,0~1h 色泽正常,香味浓郁,组织紧密,为最佳食用期,1~7h 逐渐出现色泽变暗,略带异味,切面稍有光泽;冷藏(0℃)条件下,1h 内色泽正常,香味浓郁,1~6h 逐渐出现汁液流失,色泽变暗。所以在实际应用中建议冷藏的金枪鱼超过 6h 不可食用,冰藏的金枪鱼生鱼片在 1h 内食用口感最佳,在 1~7h 内仍可食用,超过 7h 金枪鱼的商业价值就会降低。

参考文献

[1] 纪春涛,汪之和.金枪鱼肌红蛋白稳定性和贮藏条件的研究[J].安徽农业科学,2008,36(10):4244-4245.
[2] 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,2009,15(1):68-74.
[3] 路吴,包建强.在不同冻藏温度下黄鳍金枪鱼腹部肌肉的脂质氧化和肌红蛋白氧化的动力学研究[J].食品科学,2007,28(11):63-65.
[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] 徐宗平, 张英. 冰鲜海产品的加工工艺 [J]. *科学养鱼*, 2004 (10): 65-66.

[6] Campos C A, Rodriguez O, Losada V, *et al.* Effects of storage in ozonised slurry ice on the sensory and microbial quality of sardine (*Sardina pilchardus*) [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2005, 103 (2): 121-130.

[7] 刘源, 王锡昌, 罗殷. 冰鲜法对黄鳍金枪鱼片品质的影响 [J]. *食品科学*, 2010 (2): 273-276.

[8] 高志立, 谢晶. 水产品低温保鲜技术的研究进展 [J]. *广东农业科学*, 2012 (14): 98-101.

[9] 周忠云, 罗永康, 卢涵, 等. 松浦镜鲤 0℃ 条件下冰藏和冷藏的品质变化规律 [J]. *中国农业大学学报*, 2012, 17 (4): 135-139.

[10] 包玉龙, 汪之颖, 李凯凤, 等. 冷藏和冰藏条件下鲫鱼生物胺及相关品质变化的研究 [J]. *中国农业大学学报*, 2013, 18 (3): 157-162.

[11] 李双双, 夏松养, 李仁伟. 茶多酚对冻藏金枪鱼的保鲜效果研究 [J]. *食品科技*, 2012, 37 (12): 126-129.

[12] 叶伏林, 顾赛麒, 刘源, 等. 反复冻结-解冻对黄鳍金枪鱼肉品质的影响 [J]. *食品与发酵工业*, 2012 (1): 172-177.

[13] 刘书成主编. 水产食品加工学 [M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2011 (2): 243-245.

[14] Yesim O, Gulsun O, Fatih O, *et al.* Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods [J]. *Food Chemistry*, 2005, 92 (4): 745-751.

[15] 李念文, 汤元睿, 谢晶, 等. 物流过程中大眼金枪鱼 (*Thunnus Obesus*) 的品质变化实验研究 [J]. *食品科学*, 2013.

(上接第 320 页)

nitrate and abscisic acid [J]. *Plant Physiology*, 1976, 58: 468-472.

[21] Morrison I M. A semi-micro method from the determination of lignin and its use in predicting the digestibility of forage crops [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1972, 23: 455-463.

[22] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Analytical Biochemistry*, 1976, 72: 248-254.

[23] Cao J K, Zeng K F, Jiang W B. Enhancement of postharvest disease resistance in Yali pear (*Pyrus bretschneideri*) fruit by salicylic acid sprays on the trees during fruit growth [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2006, 114: 363-370.

[24] Zeng K F, Cao J K, Jiang W B. Enhancing disease resistance in harvested mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Matisu') fruit by salicylic acid [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 86: 694-698.

[25] Mandal S, Mitra A, Mallick N. Biochemical characterization of oxidative burst during interaction between *Solanum lycopersicum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* [J]. *Physiological and*

[16] 杨胜平, 谢晶. 不同体积分数 CO₂ 对气调冷藏带鱼品质的影响 [J]. *食品科学*, 2011, 32 (4): 275-279.

[17] Goulas A E, Kontominas M G. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and sensory attributes [J]. *Food Chemistry*, 2005, 93 (3): 511-520.

[18] Karol K. The determination of haem pigments in meats [J]. *Meat Science*, 1982, 7 (1): 29-36.

[19] 姜李雁, 王霞, 王佩, 等. 抗氧化剂对金枪鱼肉冻藏过程中组胺的抑制作用 [J]. *食品科学*, 2011, 32 (4): 255-257.

[20] 《GB 4789.2-2010 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数》.

[21] SC/T 3117-2006 生食金枪鱼 [S].

[22] Thiansil Y, Benjakul S, Richards M P. Characterisation and stability of myoglobin from Eastern little tuna (*Euthynnus affinis*) dark muscle [J]. *Food Chemistry*, 2011, 124 (1): 254-261.

[23] 杨金生. 金枪鱼肌肉冷藏工艺的研究 [D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2012.

[24] 陈丽娇, 王则金. 凡纳滨对虾真空冷藏保鲜技术研究 [J]. *海洋水产研究*, 2004, 25 (5): 65-69.

[25] Wang Q F, Hou Y H, Yan P S. Effect of Cold-Active Protease Treatments on Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) Meat during Chilled Storage [J]. *Information Technology and Agricultural Engineering*, 2012, 134 (10): 895-902.

[26] 潘迎捷主编. 水产辞典 [M]. 上海: 上海辞书出版社, 2007, 7: 521-526.

[27] Chow C J, Ochiai Y, Watabe S, *et al.* Effect of freezing and thawing on the discoloration of tuna meat [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1988, 54 (4): 639-648.

[28] Tao Z, Nakano T, Yamaguchi T, *et al.* Production and diffusion of histamine in the muscle of scombroid fishes [J]. *Fisheries Science*, 2002, 68 (2): 1394-1397.

Molecular Plant Pathology, 2008, 72: 56-61.

[26] Torres M A, Jones J D G, Dangl J L. Reactive oxygen species signaling in response to pathogens [J]. *Plant Physiology*, 2006, 141: 373-378.

[27] Vogt T. Phenylpropanoid biosynthesis [J]. *Molecular Plant*, 2010, 3: 2-20.

[28] Stadnik M J, Buchenauer H. Inhibition of phenylalanine ammonia-lyase suppresses the resistance induced by benzothiadiazole in wheat to *Blumeria graminis* f. sp. *Tritici* [J]. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 2000, 57: 25-34.

[29] Qin G Z, Tian S P. Enhancement of biocontrol activity of *Cryptococcus laurentii* by silicon and the possible mechanisms involved [J]. *Phytopathology*, 2005, 95: 69-75.

[30] Tesfay S Z, Bertling I, Bower J P. Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2012, 60: 92-99.

[31] Deepak S A, Ishii H, Park P. Acibenzolar-S-methyl primes cell wall strengthening genes and reactive oxygen species forming/scavenging enzymes in cucumber after fungal pathogen attack [J]. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 2006, 69: 52-61.