

金枪鱼保鲜方法及其鲜度评价指标研究进展

徐慧文, 谢 晶*

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

摘 要: 金枪鱼肉鲜味美, 富含肌红蛋白, 易与氧结合发生变质, 因此研究金枪鱼的保鲜方法及其鲜度评价指标意义重大。本文主要介绍了冷藏、冰鲜、微冻、冻藏、气调等金枪鱼的保鲜方法, 综合了理化指标、感官指标和微生物指标等金枪鱼的不同鲜度评价指标, 并展望了金枪鱼保鲜及鲜度评价方法的研究热点, 同时也指出了目前金枪鱼保鲜需注意的一些问题。

关键词: 金枪鱼; 保鲜方法; 鲜度; 评价指标; 进展

Recent Progress in Preservation Methods and Freshness Evaluation Indexes for Tuna

XU Hui-wen, XIE Jing*

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

Abstract: Tuna has a delicious taste and is rich in myoglobin. However, it is easily deteriorated by the binding of oxygen to its myoglobin. Therefore, the research on preservation methods and freshness evaluation indexes for tuna is of great significance. This paper reviews several current preservation methods such as chilled storage, iced storage, superchilled storage, frozen storage and controlled atmosphere and summarize freshness evaluation indexes such as physicochemical indexes, sensory indexes and microbiological indexes. Some existing problems in the preservation of tuna are pointed out along with hot topics for future research.

Key words: tuna; preservation method; freshness; evaluation index; progress

中图分类号: TS205

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 07-0258-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201407051

金枪鱼大多栖息在大洋上层, 分布于太平洋、大西洋和印度洋的温带、热带和亚热带的广阔水域, 属大洋性高度洄游性鱼类^[1]。它是硬骨鱼纲 (Osteichthyes)、鲈形目 (Pereiformes)、鲭科 (Scombridae), 鱼类中某几个属金枪鱼属 (*Thunnus*)、舵鲳属 (*Auxis*)、鲐属 (*Euthynnus*)、狐鲳属 (*Sarda*)、鲣属 (*Katsuwonus*)、裸狐鲳属 (*Gymnosarda*) 的统称, 从渔业利用的角度可以将金枪鱼分为: 黄鳍金枪鱼、大眼金枪鱼、蓝鳍金枪鱼、长鳍金枪鱼、鲣鱼和马苏金枪鱼6种^[2]。

金枪鱼作为一种重要的大型商品食用鱼, 具有很高的营养价值, 其背部肌肉是典型的低脂肪、高蛋白食品^[3]。金枪鱼主要用于制作生鱼片, 生鱼片主要销往美国、日本等国。金枪鱼能够为人体提供生长发育所必需的氨基酸、不饱和脂肪酸二十二碳六烯酸 (docosahexaenoic acid, DHA) 和二十碳五烯酸 (eicosapentaenoic acid, EPA)^[4]。

虽然金枪鱼的营养价值非常可观, 但金枪鱼一般生活在深海中, 一般采取远洋深海捕捞, 所以建立一条超低温金枪鱼的冷链^[5]以及捕捞后金枪鱼的保鲜特别重要。本文概述了金枪鱼的保鲜方法, 介绍了金枪鱼的鲜度评价指标, 并对保鲜前景进行了分析, 指出了目前金枪鱼保鲜中存在的一些问题。

1 金枪鱼的保鲜方法

保鲜是指食品在生产、贮藏、运输以及销售过程中通过采取一定的手段保持原有的新鲜品质或尽量延长其货架期的一种方法。金枪鱼极易发生腐败变质的主要原因是鱼肉中含有大量的肌红蛋白和血红蛋白, 致使新鲜的金枪鱼肉呈现鲜红色, 然而肌红蛋白中二价铁易被空气中的氧化生成高铁, 使金枪鱼肉呈现不良的棕红色^[6], 让人产生肉质不新鲜的感觉。另一个重要原因是外界温

收稿日期: 2013-06-26

基金项目: “十二五” 国家科技支撑计划项目 (2012BAD38B09); 上海市科委工程中心建设项目 (11DZ2280300)

作者简介: 徐慧文 (1990—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水产品保鲜。E-mail: xhw0610@163.com

*通信作者: 谢晶 (1968—), 女, 教授, 博士, 研究方向为食品工程。E-mail: jxie@shou.edu.cn

度的变化导致一些多不饱和脂肪酸氧化失活,使原本红艳的鱼肉发生褐变^[7]。除此之外,常温下金枪鱼肉中的脂肪发生自溶现象,以及捕杀过程中金枪鱼挣扎使肝糖转化为乳酸,产生酸臭味,也是导致金枪鱼品质发生变化的原因。常见的金枪鱼保鲜方法主要有冷藏保鲜、冰鲜、微冻保鲜、冻结保鲜、气调保鲜和保鲜剂保鲜等。

1.1 冷藏保鲜

冷藏保鲜是指通过一系列的手段降低食品自身的温度(并未发生冻结),并在该温度下进行贮藏,使其不变质的一种保鲜手段^[8]。冷藏保鲜的关键控制点是温度,在高于其冻结点时,温度越低,贮藏时间越长^[9]。酶处理会影响冷藏保鲜的效果,Wang Quanfu等^[10]研究表明,冷藏过程中用低温活性蛋白酶处理的大眼金枪鱼比未处理的8 d后挥发性盐基氮和三甲胺的增加量少,冷藏20 d后,处理样品的挥发性盐基氮的增加在25.1~25.2 mg/100 g的范围内,而对照组明显高于30 mg/100 g;处理样品的三甲胺增加在4.12~4.13 mg/100 g的范围内,而对照组高于5.32 mg/100 g。

1.2 冰鲜

冰鲜是在水产品表面铺上一层冰,降低鱼体体表温度,延长鱼体保鲜期的方法。这种方法的保鲜期一般为2 d,冰鲜后的金枪鱼肉发生腐败变质与其本身的性质、微生物的种类和数量以及所处的环境密切相关^[11]。刘源等^[12]研究表明,冰鲜法能在0~4 h保持黄鳍金枪鱼的良好品质,超过4 h金枪鱼失去固有的口感,不再新鲜。冰鲜法对水产品的保鲜效果还受冰形的影响,Campos等^[13]研究了泥浆冰对沙丁鱼的保鲜,结果表明泥浆冰保鲜后的沙丁鱼鱼肉和表皮的微生物数量均少于薄片冰保鲜的微生物数量。冰鲜保鲜因简单易行而应用广泛。

1.3 微冻保鲜

微冻保鲜是指将水产品保藏在其细胞汁液冻结温度以下(-1~-3℃)的一种轻度冷冻的保鲜方法,也称为过冷却或部分冷冻。微冻保鲜条件下3~5 cm厚的金枪鱼块可保鲜8~10 d^[14]。微冻条件下,鱼体内的部分水分发生冻结,同时微生物体内的部分水分也发生冻结,导致微生物的理化反应发生变化,一部分细菌死亡,一部分细菌生命活动受到抑制。Kaale等^[15]研究微冻条件下真空包装的鲑鱼片冰晶形状表明,鲑鱼中心的冰晶体积为表面的3倍,同时也表明微冻保鲜期间温度均衡后细胞内冰晶的生长并不明显。微冻保鲜的优点是:所需设备简单,费用低,解冻时汁液流失少,鱼体表面色泽好,所需降温耗能少等。缺点是:操作技术要求高,特别是对温度的控制要求严格,稍有不慎就会引起冰晶对细胞的损伤。

1.4 冻结保鲜

为了保持金枪鱼的肉色不发生褐变,延长金枪鱼的

保质期,一般将金枪鱼的冷藏温度控制在-55℃甚至更低,俗称超低温冻结。冻结速度应严格控制,若冻结速度慢,其中心达到冻结点所需的时间会比较长,形成的冰晶体积大,对组织的破坏大,若冻结速度太快,就会引起金枪鱼产生肚皮冻裂的现象,破坏了商品的外观。冻结的产品在贮藏的过程中应尽量保持温度稳定,否则不利于品质的保持。冻结的产品可以有较长的保质期,但食用或进一步加工前就得经过解冻环节,Imamura等^[16]研究解冻过程中大眼金枪鱼的劣变,在解冻前将冻结的鱼肉在-10℃贮藏6~8 d或-7℃贮藏1~1.5 d可以阻止解冻僵硬和减少高铁肌红蛋白的形成,而在-10℃贮藏超过6 d或-7℃贮藏超过2.5 d,还原性辅酶水平显著增加,高铁肌红蛋白含量也增加,金枪鱼肉会发生褐变,不利于保藏。叶伏林等^[17]研究表明,对金枪鱼(分别贮藏于-60℃和-18℃)反复冻结-解冻金枪鱼的次数越多,金枪鱼的汁液流失越多,品质破坏越大,-60℃反复冻结-解冻较-18℃菌落变化不明显,利于保藏。

1.4.1 盐水冻结保鲜

盐水冻结可以分为:CaCl₂盐水冻结和3组分盐水冻结。

1.4.1.1 CaCl₂盐水冻结

日本早在1977年就用CaCl₂盐水冻结法对金枪鱼及其他鱼类进行保鲜。与NaCl盐水相比具有水温低,冻结速度快,产生的冰晶体积小,对组织损伤少,产品质量较优,节省能源的特点。但是冻结过程中需要特别注意防止鱼体的冻裂,可以“均温处理”,即当鱼体在深7 cm处温度达-5℃时,将鱼体置于-5~-7℃的冷空气中静置4 h,或在-5℃的静止CaCl₂盐水中静置1 h进行“均温处理”,然后继续降温。

1.4.1.2 3组分盐水冻结

3组分盐水是指质量浓度为NaCl 7~10 g/100 mL、CaCl₂ 17~20 g/100 mL、海水或卤水70~76 g/100 mL。3组分盐水冻结保鲜后的金枪鱼组织损伤小,解冻时汁液流失少,产品质量安全无毒,盐分的渗入量少,对鱼的感官影响不大。

1.4.2 冰被膜冻结保鲜

反复急冻、慢冻形成冰被膜的冻结方法,其工艺流程为:急冻→慢冻→急冻→慢冻^[14]。具体操作步骤为:1)急冻,采用液氮或液CO₂喷射,使金枪鱼的体表温度快速降至-15℃以下,在金枪鱼的表面会形成薄薄的一层冰被膜。2)慢冻,当库温达到-45℃时停止喷液氮或液CO₂,冷冻机保冷库温-30~-25℃,确保金枪鱼中心和体表温度相近至0℃。3)急冻,待鱼体温度0℃时再用液氮或液CO₂喷射大约10 min,让鱼体快速通过最大冰晶生成带。4)慢冻,停喷液氮或液CO₂,保冷后放入-55℃以下温度的冷库冻藏。这一方法具有冻结速度快,冰晶小,对质量的破坏小,解冻后汁液流失少,商品美观等特点。

1.5 气调保鲜

气调保鲜是指在适当低温条件下,改善金枪鱼贮藏库或包装袋内的气体成分比例,抑制微生物生长,减缓化学反应,延长金枪鱼保鲜期的一种保鲜方法^[18]。通常情况下,金枪鱼保鲜所用的气体比例为 N_2 19%、 O_2 21%、 CO_2 60%^[14]。常用的气调保鲜有两种形式:一种是气调保鲜库,即将大量金枪鱼贮藏在保鲜库内,调节库内环境中的气体比例,另一种为气调包装保鲜,即将金枪鱼分成小块,袋装后充入一定比例的气体。Torrieri等^[19]将气调包装后的蓝鳍金枪鱼贮藏在3℃的低温环境中,其氧化活性降低,保鲜期从2 d增加到18 d。Capillas等^[20]研究表明,气调包装的金枪鱼肉中除了腐胺和亚精胺,其余胺的浓度颜色浅的肉中高于深颜色的肉中,在贮藏过程中生物胺的含量增加,气调包装的保鲜效果体现在生物胺的游离氨基酸的变化上,60% CO_2 的保鲜效果优于40% CO_2 的保鲜效果。气调包装具有高效益、高耗能的特点。

1.6 保鲜剂保鲜

保鲜剂保鲜是指用保鲜剂处理金枪鱼,延长金枪鱼保鲜期的一种保鲜方法。李双双等^[21]用6 g/L茶多酚保鲜液浸渍处理金枪鱼肌肉,金枪鱼的保鲜期在-18℃时可达30 d,比不用茶多酚的延长15 d。姜李雁等^[22]研究了抗氧化剂对金枪鱼肉冻藏过程中组胺的抑制作用,经3种抗氧化剂(0.3%异VC钠、0.3%柠檬酸钠、0.3%异VC钠和0.3%柠檬酸钠的混合液)处理的金枪鱼在-20℃冻藏后鱼肉中组胺含量明显低于未经抗氧化剂处理的鱼肉,0.3%异VC钠和0.3%柠檬酸钠的混合液处理的效果更好。Thiansilakul等^[23]研究表明,在金枪鱼片的冷冻贮藏过程中,丹宁酸结合气调包装的保鲜技术在抑制高铁肌红蛋白的形成,脂肪的氧化,微生物的形成和提高金枪鱼的可接受度方面有重要作用,并且保鲜效果优于咖啡酸。

1.7 其他保鲜方法

除了以上常用的保鲜方法,一些不常见的保鲜方法如高压保鲜法也被应用于金枪鱼保鲜中。Kamalakanth等^[24]研究高压对冷藏黄鳍金枪鱼品质的影响表明,高压可以减少在贮藏过程中增加的菌落总数,未经高压处理的金枪鱼在 (2 ± 1) ℃条件下可贮藏20 d,经100 MPa处理的可贮藏25 d,200 MPa处理可贮藏30 d,说明200 MPa高压对冷藏金枪鱼的保鲜效果最好。这是因为高压可以降低微生物和酶的活性,对于保持食品的感官品质非常重要^[25]。王璠等^[26]研究表明,高压能抑制在4℃条件下贮藏的生鲜金枪鱼片的菌落增殖,并且压力越高,抑菌效果越好,12 d内高压处理的样品在0~4℃条件下并未发生变质。

2 金枪鱼鲜度评价指标

随着对金枪鱼保鲜技术研究的不断深入,对其鲜度

评价方法的研究也有了较大进展,这方面的研究对金枪鱼质量的检测,确保金枪鱼的鲜度具有重要意义。目前金枪鱼的鲜度评价指标包括理化指标、感官指标和微生物指标,其中金枪鱼区别于其他水产品的鲜度评价指标包括组胺、色差、高铁肌红蛋白等。

2.1 理化指标

2.1.1 组胺

与传统指标硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)、三甲胺(trimethylamine, TMA)相比,组胺更能准确反映金枪鱼的品质和安全性,因为金枪鱼贮藏过程中易于产生组胺。在组胺酸脱羧酶的作用下,鱼体中的组氨酸发生脱羧反应产生组胺^[27]。姜李雁等^[28]研究表明,经抗氧化剂浸渍的金枪鱼在-20℃条件下冻藏比未经浸渍的组胺含量少,并且用0.3%异VC钠和0.3%柠檬酸钠混合液浸泡的效果最好,说明抗氧化剂可抑制组胺的产生。细菌和酶能将组胺分解^[29], Naila等^[30]研究表明用二元胺氧化酶分解组胺的最适条件出现在pH 6~7,盐度1%~3%之间,并且二元胺氧化酶的最优活性出现在pH 6.3。

2.1.2 色差

金枪鱼发生褐变的主要原因是鱼肉中特有的肌红蛋白和血红蛋白容易与空气中的氧结合发生高铁氧化。杨金生等^[7]研究不同冻藏温度对金枪鱼肌肉颜色(a^* 值)的影响,结果表明冻藏温度越低, a^* 值变化越小,肌红蛋白氧化成高铁肌红蛋白的量越少,-55℃冻藏可以最大限度的保持金枪鱼的颜色。尚艳丽等^[31]研究表明,运输时间越短,温度越低,越有利于保持金枪鱼的肉质,特别在运输时间少于3 h,运输温度低于4℃时,贮藏效果越好。Thiansilakul等^[32]研究表明,在pH 3和60℃时肌红蛋白容易氧化,温和条件下金枪鱼的处理可以减缓颜色的改变和氧化活性。李念文等^[33]研究物流过程中大眼金枪鱼的品质变化实验研究表明,贮藏过程中温度的波动使 a^* 值发生了不同程度的下降,加速金枪鱼褐变,并且温度波动越大,褐变越严重。

2.1.3 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,使金枪鱼产生棕红色,因此,高铁肌红蛋白的含量是判断金枪鱼鲜度的另一个重要指标。高铁肌红蛋白的生成速度受温度、pH值、盐等因素的影响^[34]。杨金生等^[7]研究表明,随着冻藏时间的延长,金枪鱼的高铁肌红蛋白含量逐渐上升,不同冻藏温度对金枪鱼高铁肌红蛋白含量的增加有影响。纪春涛等^[35]研究金枪鱼肌红蛋白的稳定性表明在25℃时金枪鱼的特征吸收峰明显,肌红蛋白的稳定性随温度的升高而下降,说明冷藏温度越低,越有利于金枪鱼肌红蛋白的保存。

2.1.4 挥发性盐基氮 (total volatile base - nitrogen, TVB-N)

挥发性盐基氮是常见的鉴定水产品腐败程度的标准, 其值与鱼体的鲜度有很高的相关性^[36]。挥发性盐基氮是指金枪鱼肉在腐败过程中, 由于细菌和酶的作用, 使蛋白质分解而产生具有挥发性的氨以及胺类等碱性含氮物质, 并且该类物质的含量越高, 表明氨基酸被分解的越多, 鱼肉变质的程度越深^[37-38]。李双双等^[21]研究茶多酚对金枪鱼中TVB-N的影响, 结果表明茶多酚处理的金枪鱼比对照组TVB-N的含量低, 且用6 g/L的茶多酚保鲜液处理的金枪鱼在第30天其TVB-N值为12.60 mg/100 g。在食品鲜度检验中常用的挥发性盐基氮含量测定方法有微量扩散法和半微量定氮法(半微量蒸馏法), 另外反射光谱法也被应用于测定食品中挥发性盐基氮, 这种方法灵敏度高, 方便快捷。

2.1.5 三甲胺(trimethylamine, TMA)

三甲胺为最简单的叔胺类化合物, 低浓度的三甲胺气体具有强烈的鱼腥气味, 高浓度时具有类似于氨的气味。三甲胺是由鱼体内存在的氧化三甲胺经兼性厌氧菌的还原作用而产生的, 是水产品腥臭代表性成分之一, 经常用于判定海水鱼的鲜度程度, 三甲胺含量随鱼体鲜度的降低而逐渐增加^[39-40]。测量方法有气相色谱法和二氯乙烯抽取法两种。通常情况下, 新鲜的金枪鱼中三甲胺含量为零, 但随着腐败的进行其体内的三甲胺含量在初期就可达到4~6 mg/100 g。

2.1.6 巴比妥酸值(thiobarbituric acid value, TBA)

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, TBA值通常用于测定脂质含量高的食品^[41], 因为TBA能与不饱和脂肪酸的氧化产物丙二醛聚合产生一种红色化合物, 反映油脂氧化酸败的程度。冷藏条件下, 水产品的TBA值随着贮藏时间的延长而增加, 这可能与鱼肉冷藏中脱水、不饱和脂肪酸氧化的增加有关^[10]。李念文等^[33]等模拟物流过程中温度波动对金枪鱼品质的影响表明, 冻藏时间越长, 冻藏温度越高, TBA值越大。

2.1.7 pH值

pH值是判断鱼肉品质好坏的关键指标之一。鱼体死后体内先后出现僵硬、自溶和腐败变质3个时期, 在僵硬期其pH值持续下降, 在自溶和腐败期其pH值出现逐渐上升^[42], 原因是随着贮藏时间的延长鱼类中的蛋白质被分解成碱性的胺及氨类物质^[43]。Capillas等^[44]研究表明, 两组气调包装(60% CO₂+15% O₂+25% N₂, 40% CO₂+40% O₂+20% N₂)和未用任何处理的暴漏在空气中的金枪鱼肉样品贮藏于1~3 °C的环境中, 0~30 d内观察其pH值的变化, 结果显示3组样品的pH值都小于5.4, 随着时间的延长其pH值出现上升趋势, 但不超过6。用pH值衡

量金枪鱼的鲜度并不完全准确, 因为pH值通常会随着鱼体自身的变化(脂肪氧化酸败)而发生变化。

2.1.8 K值

K值作为评定鱼类鲜度的一个重要指标是指次黄嘌呤(hypoxanthine, Hx)和肌苷(hypoxanthine riboside, HxR)的和对三磷酸腺苷(adenosine triphosphate, ATP)级降解物ATP+二磷酸腺苷(Adenosine diphosphate, ADP)+一磷酸腺苷(adenosine monophosphate, AMP)+肌苷酸二钠(disodium inosinate, IMP)+Hx+HxR的比值, 所以K值是以核苷酸的分解产物作为鲜度评定的一种方法^[37]。K值越小表明产品越新鲜, 当K值达到20%以下时, 金枪鱼的品质达到生鱼片的优良等级, 50%时达到保鲜的最大上限^[6]。K值常用的测定方法有高效液相色谱法、极谱法和柱层析3种方法^[45]。K值的变化主要和温度有关, 另外鱼的种类和鱼肉的类型也会影响K值的变化。Kamalakanth等^[24]研究高压对冷藏黄鳍金枪鱼品质的影响表明经高压100、200、300 MPa分别处理的金枪鱼在(2±1) °C贮藏, 样品的K值均逐渐增加, 并且压力越大, 在贮藏过程中K值增加的越少。

2.2 感官指标

通常食品的感官指标包括质地、色泽和风味3种指标。用这种方法判断食品鲜度具有清晰可见、方便快捷的特点, 但也有一定的局限性, 由于人为判断, 增加了一定的主观性。鱼体在活着时色泽鲜艳、质感紧密、风味清新, 当鱼体死后发生腐败变质, 会产生腥臭味, 鱼肉变得松软, 表面产生黏液。表1为金枪鱼生鱼片的感官分析评价表^[46]。

表1 金枪鱼生鱼片的食用感官鉴定评分表
Table 1 Sensory evaluation criteria for raw yellowfin tuna fillets

感官描述	很不好(—3分)	不太好(—1分)	较好(1分)	很好(3分)
颜色	暗褐色	红褐色	微红色	鲜红色
外观	无光泽, 干耗严重	表面无油感	表面有油感	有光泽, 无干耗
气味	腐败臭	腥臭	无异味	鱼香味
滋味	酸味、鱼腥味重	有酸味和轻微鱼腥味	无异味	鱼香味
口感	松软	有松软感	无弹性	有弹性

2.3 微生物指标

微生物的活动是限制鱼货架期的一个主要因素^[47]。金枪鱼中微生物的生长繁殖会分解鱼肉中蛋白质和产生氨类物质, 导致pH值升高, 影响金枪鱼肉中肌红蛋白的稳定性, 进而影响金枪鱼鱼肉的色泽, 因此微生物的数量是影响金枪鱼生鱼片色泽的一个重要指标^[30]。传统的检验方法主要包括生化方法和形态检查^[48]。近年来一些微生物检测新技术不断出现, 例如: 基于聚合酶链式反应(PCR)的微生物快速检测技术; 利用培养基电化性质变化检测微生物; 传统生化反应及微生物检测技术与现代计算机技术相结合的集成化商品化快速分析系

统;基于抗原抗体免疫学技术的快速检测技术;基于流式细胞仪和固相细胞计数仪的细菌直接计数法等^[49]。按照SC/T3117—2006《生食金枪鱼》安全卫生指标,当金枪鱼的菌落总数超过 10^4 CFU/g时不能生食^[50]。叶伏林等^[17]研究表明金枪鱼在4℃的冷藏库内解冻2.5 h后,微生物生长繁殖量都在安全范围内,并且随着解冻次数的增加,微生物变化不明显。

3 结 语

不同的保鲜方法均能不同程度地延长金枪鱼的保鲜期,冻结保鲜是金枪鱼常用的保鲜方法。为了提高保鲜效率,延长金枪鱼的货架期,可以将不同保鲜方法相结合,如气调保鲜与冷藏保鲜、保鲜剂保鲜相结合等。在鲜度评价指标中,为了保证准确性,常将不同指标相结合判断鱼体的鲜度。感官指标最直观,但该指标带有一定的主观性,理化指标能准确反映鱼体的鲜度。金枪鱼区别于其他水产品的鲜度指标为组胺和色差,这与鱼体含有的肌红蛋白和血红蛋白有关。

目前,金枪鱼已广泛用于生鱼片和灌装食品的生产,采取高效、安全的金枪鱼保鲜技术来保证其品质与安全具有广泛的应用前景。然而,目前金枪鱼保鲜中也有一些问题需要注意,如:1)气调保鲜中一些不法商家利用CO进行金枪鱼肉保鲜,用CO处理解冻后的金枪鱼肉,会呈现出漂亮的鲜红色,即便是腐败的鱼肉仍能保持鲜艳色泽,食用这种鱼肉会危害人体健康。因此,需要建立标准的质量监督体系严控CO的使用,同时也应研发安全实用的保鲜方法,既保证鱼体的鲜度又保证鱼肉的食用安全。2)金枪鱼进入我国水产市场的时间短,我国目前适合保藏金枪鱼的超低温冷库布局还不合理,因此,尽快完善我国的超低温物流体系的建设也势在必行。这其中包括船用金枪鱼冻结设备的国产化研发、船用超低温冻结工艺的优化等。3)金枪鱼生食为主,金枪鱼肉的安全性非常重要。保鲜剂保鲜已经成为金枪鱼的一项重要保鲜技术,因此,开发出更多天然、无毒无害的保鲜剂,结合新型的灭菌处理技术及包装技术具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 苗振清, 黄锡昌. 远洋金枪鱼渔业[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2003.
- [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] 洪鹏志, 杨萍, 曾少葵, 等. 黄鳍金枪鱼背部肌肉的营养成分及评价[J]. 福建水产, 2006, 25(2): 44-47.
- [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] 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.
- [6] 刘燕, 王锡昌, 刘源. 金枪鱼解冻方法及其品质评价的研究进展[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 476-480.
- [7] 杨金生, 尚艳丽, 夏松养. 不同冻藏温度对金枪鱼肉肉色变化的影响[J]. 食品工业, 2012, 33(1): 39-41.
- [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] 陈坚, 朱富强, 吴稼乐, 等. 金枪鱼低温冷藏技术[J]. 制冷, 2004, 23(1): 53-57.
- [10] WANG Quanfu, HOU Yanhua, YAN Peisheng. 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.
- [11] 曾晓房, 林惠珍, 邝智祥, 等. 冰鲜肉中腐败菌的研究现状[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(34): 19550-19552.
- [12] 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, 31(2): 273-276.
- [13] 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.
- [14] 罗殷, 王锡昌, 刘源. 金枪鱼保鲜方法及其对品质影响的研究进展[J]. 水产科技情报, 2008, 35(3): 116-119.
- [15] KAALE L D, EIKEVIK T M, BARDAL T, et al. A study of the ice crystals in vacuum-packed salmon fillets (*Salmon salar*) during superchilling process and following storage[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 115(1): 20-25.
- [16] IMAMURA S, SUZUKI M, OKAZAKI E, et al. Prevention of thaw-rigor during frozen storage of bigeye tuna *Thunnus obesus* and meat quality evaluation[J]. Fisheries Science, 2012, 78(1): 177-185.
- [17] 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.
- [18] 潘凤莲, 黎海彬. 水产品保鲜技术研究进展[J]. 水产科技情报, 2008, 35(4): 206-208.
- [19] TORRIERI E, CARLINO P A, CAVELLA S, et al. Effect of modified atmosphere and active packaging on the shelf-life of fresh bluefin tuna fillets [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105(3): 429-435.
- [20] CAPILLAS C R, MORAL A. Free amino acids and biogenic amines in red and white muscle of tuna stored in controlled atmospheres[J]. Amino Acids, 2004, 26(2): 125-132.
- [21] 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(12): 126-129.
- [22] 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.
- [23] 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, 50(1): 146-152.
- [24] KAMALAKANTH C K, GINSON J, VENKATESWARLU R, 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 and Emerging Technologies, 2011, 12(4): 451-455.
- [25] WIMALARATNE S K, FARID M M. Pressure assisted thermal sterilization[J]. Food and Bio Products Processing, 2008, 86(4): 312-316.

- [26] 王璉.超高压处理生鲜金枪鱼片保鲜研究[D].广州:华南理工大学,2011.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] NAILA A, FLINT S, FLETCHER G C, et al. Control of biogenic amines in food: existing and emerging approaches[J]. Food Science, 2010, 75(7): 139-150.
- [30] NAILA A, FLINT S, FLETCHER G C, et al. Prediction of the amount and rate of histamine degradation by diamine oxidase (DAO)[J]. Food Chemistry, 2012, 135(4): 2650-2660.
- [31] 尚艳丽, 杨金生, 霍健聪, 等. 运输过程中金枪鱼生鱼片色泽变化的模拟[J]. 食品工业, 2012, 33(11): 60-62.
- [32] THIANASILAKUL 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.
- [33] 李念文, 汤元睿, 谢晶, 等. 物流过程中大眼金枪鱼 (*Thunnus Obesus*) 的品质变化试验研究[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 319-323.
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] 杨文鸽, 薛长湖, 徐大伦, 等. 大黄鱼冰藏期间ATP关联物含量变化及其鲜度评价[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 217-222.
- [37] 周德庆, 马敬军, 徐晶晶. 水产品鲜度评价方法研究进展[J]. 莱阳农学院学报, 2004, 21(4): 312-315.
- [38] 郭亚萍, 张永春, 陈宇. 鲜肉中挥发性盐基氮含量测定的不确定度评定[J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2011, 29(2): 37-40.
- [39] 励建荣, 李婷婷, 李学鹏. 水产品鲜度品质评价方法研究进展[J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2010, 28(6): 1-8.
- [40] 过世东, 王四维. 虾类产品鲜度评价方法研究进展[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(2): 161-164.
- [41] 范文教, 孙俊秀, 陈云川, 等. 壳聚糖可食性涂膜冷藏保鲜鲢鱼的研究[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(4): 314-316.
- [42] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 120-121.
- [43] 蓝蔚青, 谢晶, 杨胜平, 等. Nisin生物保鲜剂对冷藏带鱼的保鲜效果研究[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(4): 683-686.
- [44] CAPILLAS C R, 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.
- [45] 王四维. 虾类产品鲜度判定方法[J]. 保鲜与加工, 2005(5): 42-44.
- [46] 刘燕, 王锡昌, 刘源. 黄鳍金枪鱼块常用解冻方法的比较[J]. 食品科学, 2010, 31(15): 8-12.
- [47] 董彩文. 鱼肉鲜度测定方法研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(4): 99-104.
- [48] 杨小龙, 陈朝琼. 食品微生物快速检测技术研究进展[J]. 河北农业科学, 2008, 12(12): 51-53.
- [49] 邹小龙, 姜川, 郝大伟. 食品微生物快速检测技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(8): 226-229.
- [50] SC/T 3117—2006 生食金枪鱼[S].