

鲭鱼品质评价及品质变化与组胺含量研究进展

孙项丽^{1,2}, 郭莹莹¹, 于秀娟³, 王静媛^{1,2}, 文艺晓^{1,2}, 王联珠^{1*}

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071; 2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306;
3 全国水产技术推广总站, 北京 100125)

摘 要: 海水鱼类的新鲜度体现了鱼肉的可食用价值, 海水鱼中的青皮红肉鱼类含有较高的组氨酸, 会因保存不当导致体内组胺含量升高, 对消费者健康产生危害。组胺是一种食源性化学危害, 易导致过敏人群产生中毒现象。组胺中毒又称为鲭鱼中毒, 是组胺引起毛细血管扩张和支气管收缩所致, 研究表明鲭科鱼类的组氨酸含量高, 组氨酸会在产组胺微生物的组氨酸脱羧酶的作用下产生组胺, 判定组胺中毒的最有效的方法是检测鲭鱼体内的组胺含量, 低水平的组胺并不会对人体产生危害, 组胺摄入量过多会对人体产生危害, 组胺已成为评价鲭鱼品质的标准之一。本文主要对鲭鱼品质的感官评定和理化评定(组胺、K 值、挥发性盐基氮等)方式进行综述, 并对组胺产生的影响因素如微生物、温度、鱼的种类等进行综述, 为鲭鱼品质鉴定和组胺含量的控制提供依据。

关键词: 鲭鱼; 品质; 组胺; 含量

Research progress in quality evaluation, quality changes and histamine content of mackerel

SUN Xiang-Li^{1,2}, GUO Ying-Ying¹, YU Xiu-Juan, WANG Jing-Yuan^{1,2}, WEN Yi-Xiao^{1,2}, WANG Lian-Zhu^{1*}

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Fisheries Technology Extension Center, Beijing 100125, China)

ABSTRACT: The freshness of seawater fish reflects the edible value of fish. The green-skinned and red-fleshed fish in seawater contain high histidine, which will lead to the increase of histamine content in the body due to improper preservation and harm the health of consumers. Histamine is a food-borne chemical hazard, which can easily lead to poisoning in allergic people. Histamine poisoning, also known as mackerel poisoning, is caused by capillary dilatation and bronchial contraction caused by histamine. Studies have shown that mackerel fish have high histidine content. Histidine can produce histamine under the action of histamine-producing microorganisms' histidine decarboxylase. The most effective method to determine histamine poisoning is to detect histamine content in mackerel. Low levels of histamine do not pose a threat to human body. Too much histamine intake will do harm to human body, and histamine has become one of the criteria for evaluating mackerel quality. In this paper, the methods of sensory and physicochemical evaluation of mackerel quality (histamine, K value, volatile base nitrogen, etc.) were reviewed, and the influencing factors of histamine production, such as microorganism, temperature, species of fish were summarized, which provided basis for mackerel quality identification and histamine content control.

*通讯作者: 王联珠, 研究员, 主要研究方向为水产品质量安全与标准研究。E-mail: wanglz@ysfri.ac.cn

*Corresponding author: WANG Lian-Zhu, Professor, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, No.106, Nanjing Road, Qingdao 266071, China. E-mail: wanglz@ysfri.ac.cn

KEY WORDS: mackerel; quality; histamine; content

1 引言

鲭鱼是常见的经济鱼类, 鲭鱼属于硬骨鱼纲 (Osteichthyes)、辐鳍亚纲 (Actinopterygii)、鲈形目 (Perciformes)、鲭亚目 (Scombroidei)、鲭科 (Scombridae)、鲈属 (*Scomber*) 是一类生活在海洋中上层洄游性鱼类, 每年的 4~8 月为主要的捕捞期, 体延长, 或呈纺锤形, 尾柄细瘦强而有力, 两侧有 2~3 个隆起之棱脊。鲭鱼活动能力强, 肌肉中血红蛋白含量高, 固有青皮红肉鱼之称^[1]。鲭鱼营养丰富, 价格低廉深受国内外消费者的喜爱, 同时鲭鱼鱼油中的不饱和脂肪酸对人的心脏非常有益^[2]。总而言之, 常吃鲭鱼, 可以降低血脂血压, 预防心脑血管疾病, 提高记忆力等。但是也有消费者食用鲭鱼产生皮疹、恶心、呕吐、腹泻等反应导致食物中毒, 这就是组胺中毒, 也称为鲭鱼中毒。

鲭科鱼类体内含有较多游离的组氨酸, 鲭鱼腐败后, 组氨酸会在微生物产生的组氨酸脱羧酶作用下生成组胺, 因此食用不新鲜的鲭鱼易产生组胺中毒, 这些症状的严重程度与个体对组胺的敏感性和摄取食物的组胺含量有关, 一般可在 24 h 内恢复正常, 部分严重患者会出现眼结膜充血、唇水肿、视力模糊、血压下降等^[3-5]。Parente 等查看相关资料发现口服 8~40 mg、40~100 mg 和超过 100 mg 组胺会产生轻微、中等和严重中毒症状^[6]。因此, 各国对水产品中组胺的限量有明确的规定, 例如美国 FDA 要求水产品中的组胺低于 50 mg/kg; 欧盟要求不超过 100 mg/kg; GB 2733-2015 规定我国鲭鱼等高组胺鱼类体内的组胺含量不得超过 400 mg/kg, 其他海水鱼类不超过 200 mg/kg^[7]。了解鲭鱼的腐败机制, 从而有针对性地开展水产品保鲜显得尤为重要。

本文主要对鲭鱼品质的感官评定和理化评定(组胺、K 值、挥发性盐基氮等)方式进行综述, 并对组胺产生的影响因素如微生物、温度、鱼的种类等进行综述, 为鲭鱼品质鉴定和组胺含量的控制提供依据, 同时回顾鲭鱼保鲜和组胺含量控制措施, 对未来鲭鱼品质和组胺含量的控制提供理论参考。

2 鲭鱼品质评价方式研究进展

鲭鱼品质体现了鲭鱼的可食性和安全性, 鲭鱼死后, 自身就会发生自溶反应, 分解蛋白质和脂肪, 同时微生物大量繁殖分泌各种酶类降解鱼肉组织^[8], 大分子物质在蛋白酶的作用下产生小分子呈味物质并使皮下色素分解, 而使不同品质的鱼类呈现不同的色泽和气味, 改变鱼体组织形态^[9]。Bartolomeu 等^[10]认为在鱼储存期间, PH、挥发性盐基氮、ATP 分解产物等指标可以评价其品质。郑振霄等^[11]采用感官、组胺、菌落总数等指标分析不同保鲜方法对鲈鱼贮藏期间品质的影响。一般而言, 品质评价方式主要集

中在感官评价和理化指标。

2.1 感官评价

感官评价是对鲭鱼食用品质最简单的评价方法^[12]。感官评价通过建立感官评价表, 并借助仪器检测, 对鲭鱼的鱼体硬度、肌肉组织弹性、眼球饱满度、鳃的清晰度、气味变化等品质进行打分。孟璐等^[13]借助 5 名感官评价员对鲈鱼在储藏过程中的品质进行评价, 发现最先腐败的是鱼鳃和体表。Leduc 等^[14]根据欧盟 0 级评价系统, 用区分度 E、A、B 对应不同的变质程度, 并结合气相色谱测定鱼类挥发性化合物, 感官分析表明 4 °C 冰藏保存 4 d 内的鱼是新鲜的, 15 d 后被认为是劣质的, 气相色谱表明在鱼类的储藏过程中硫酚、噻吩、辛醛壬烯醛等逐渐减少, 而己醛、1-辛烯-3-酮、二甲基二硫化物等逐渐增加。吴奇子等^[15]邀请了 12 名感官评价员评价储存在 -18 °C 条件下鲈鱼的感官, 并检测了持水力、Ca²⁺-ATPase 活性、巯基含量、组胺含量和硫代巴比妥酸值等, 结果显示 -18 °C 的储藏条件可以维持鲈鱼品质。

感官评价方法简单快速, 适合于鲭鱼品质鉴定, 但也存在局限性。Sawyer 等^[16]发现受过专业训练的人和普通消费者感官评价存在线性关系, 但还是有所差别, 而且感官评价员是否食用过实验鱼品也对评价结果产生影响, 鲭鱼感官评定标准如表 1。因此鲭鱼品质评价应结合感官评价和理化指标进行综合评价。

2.2 理化指标

鲭鱼品质变化时, 鱼体组织破裂为各种生物化学反应提供了有利的条件, 产生许多代谢产物, 包括氨和胺类、硫化氢、吲哚、低级脂肪酸等。

2.2.1 组胺

生物胺是一类含氮的有机化合物总称, 由氨基酸衍生而来, 其产生主要依赖于可用的氨基酸和氨基酸脱羧酶^[17], 鲭鱼品质变化时, 生物胺的含量也会变化。Smail 等^[18]研究了大西洋鲭鱼在储藏过程中组胺产生和质量变化, 在 26 °C 条件下鲭鱼感官的可接受性不超过 24 h, 24 h 组胺水平超过了阿尔及利亚贸易部推荐的可接受剂量(10 mg/100 g)。Zare 等^[19]研究了印度鲭鱼在储藏过程中变质程度, 发现新鲜的印度鲭鱼未检测到组胺, 在 0、3、10 °C 条件下储存到第 9、6、3 d 后出现了组胺, 随着印度鲭鱼腐败程度的增加, 组胺含量明显增加, 最高达到了 1683.35 mg/kg, 结论为在不同温度下, 马鲛鱼贮藏过程中会发生生物胺和顺势尿酸 (cis-urocanic acid) 的变化, 在 10 °C 和 23 °C 贮藏时, 组胺、尸胺和腐胺的含量普遍较高, 可作为鱼处理不当或变质的指标。丁海燕等^[20]探究了储藏温度对 3 种海水鱼产生生物胺的规律, 发现在 4 °C 储藏发生腐败后, 鲈鱼主要产生尸胺和酪胺, 蓝点马鲛产生组胺, 大黄鱼产生尸胺、

表 1 鲭鱼感官评定表
Table 1 Mackerel sensory evaluation table

指标	好品质（1）	一般品质（2）	货架品质（3）	差品质（4）
鱼体	鱼体硬直、完整，具有鲜鱼固有色泽，色泽明亮，花纹清晰	鱼体微软、完整，鱼体色泽微暗，花纹清晰	鱼体较软，基本完整，鱼体色泽较暗，花纹较清晰	鱼体软塌，显现不完整，色泽暗淡，纹路不清晰
肌肉	肌肉组织紧密，有弹性，切面有光泽，肌纤维清晰	肌肉组织紧密，有弹性，切面光泽微暗，肌纤维相对清晰	肌肉组织尚紧密，有弹性，肌纤维较清晰	肌肉组织松弛，弹性小时，肌纤维不清晰
眼球	眼球饱满，角膜清晰明亮	眼球局部不饱满，角膜暗淡，不明亮	眼球平坦或微陷，角膜稍混浊	眼球塌陷，角膜浑浊
鳃	鳃丝清晰，色鲜红，有少量粘液，粘液透明	鳃丝微浊，失去鲜色，有粘液覆盖，粘液微透明	鳃丝稍浊，色粉红到褐色，有粘液覆盖，粘液略浑浊	鳃丝浑浊，呈现褐色，有浑浊的粘液覆盖
气味	具海水鱼固有气味	轻微的海鲜味	允许鳃丝有轻微异味但无臭味、无氨味	较重的腐臭味

组胺和酪胺；20℃时，随着腐败的加剧，鲈鱼和蓝点马鲛主要产生尸胺和组胺，大黄鱼产生尸胺。因此认为鲭鱼中毒不能仅仅视为组胺引起的中毒，而应该是多种生物胺共同引起的中毒。Kim等^[21]在新鲜的鱼鳃和皮中仅检测出微弱的组胺形成物，在常温条件下放置一段时间后，微生物水平达到了10⁷CFU/g，这时从鱼的肌肉中分离出了组胺形成物，因此Kim等认为在处理和加工鱼过程中应控制组胺产生，尽量避免鲭鱼中毒。

2.2.2 挥发性盐基氮

挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)是判定鱼类品质的一个重要指标，TVB-N是鱼体蛋白质和非蛋白的含氮化合物降解产生的胺^[22]，二甲胺、三甲胺等的总称，且都具有挥发性，通常是由鱼体内酶和微生物分解鱼类蛋白质产生的，是鱼肉腐败臭味的主要来源。顾捷等^[23]对水产品的感官和挥发性盐基氮进行了检测，结果显示TVB-N含量的变化幅度和水产品的腐败程度存在着对应关系。张金彪等^[24]将新鲜打捞的棘头梅童鱼冷藏运回实验室后立即开始实验，在24℃条件下处理，0h时TVB-N含量为8.19mg/100g，10h后TVB-N含量超过了国家限量(30mg/100g)，品质差，不推荐食用，48h达到568.05mg/100g。Shakila等^[25]检测了6种海水鱼品质变化过程中TVB-N含量，发现新鲜鲭鱼的TVB-N含量最高，相比梭鱼和黄鲷，鲭鱼的TVB-N形成速度较慢，虽然鱼腐败过程中TVB-N含量增加，但并没有发现TVB-N含量与鱼的感官变化有明显的相关性。

2.2.3 K值

K值是腺苷三磷酸(adenosine triphosphate, ATP)降解产物次黄嘌呤核苷、次黄嘌呤之和与腺苷三磷酸代谢产物总和的百分比，是最能反映鲭鱼鲜度变化的一个指标。付奥等^[26]认为鱼肉K值与ATP关联物息息相关，可作为评价鱼肉鲜度的一个重要指标，K值越大，鲜度越差。刘书臣等^[27]研究了金枪鱼在不同储藏温度下的鲜度变化，通过感官评价和K值测定显示，随着鱼类感官品质的下降，K值在逐渐增加，

两者线性关系较好。吴奇子等^[28]研究了冰藏处理对海上运输鲈鱼品质的影响，结果表明，随着储藏的进行，鲈鱼的感官指标呈现下降趋势，K值逐渐上升，储存到84h时，鲈鱼的感官评分仍可以达到“好”，K值小于20%，与感官评价相对应。

综上所述，鲭鱼品质的理化评价也应结合多种评价方式，以避免单一评价方式的偶然性。刘欢等^[29]通过检测TVB-N值、组胺含量等评价不同解冻方式对鲈鱼品质的影响。雷志方等^[30]采用K值、TVB-N、菌落总数和硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid, TBA)等评价金枪鱼品质，从而评价不同包装的保鲜效果。

3 鲭鱼中毒与组胺

鲭鱼中毒是鲭鱼腐败变质产生的组胺，对人胃肠道和支气管的平滑肌的兴奋作用，通常伴随神经性或皮肤症状等。尽管其它生物胺，如尸胺和腐胺，被报道与组胺起着共同的作用，但组胺是引起鲭鱼中毒的主要原因^[31,32]。新鲜鱼体内的组胺含量可以忽略不计^[33]，鱼类捕获后由于剧烈挣扎等活动体内的糖原消耗迅速，微生物侵蚀鱼体导致鱼腐败变质，同时微生物代谢产生组氨酸脱羧酶，将鱼体内的组氨酸转化为组胺，从而对产品的持水性以及感官品质等方面产生影响。谢超等^[34]认为水产品中游离氨基酸的种类和其它胺类的存在会影响组胺酸脱羧酶的活力，从而影响组胺产生。鲍建民^[35]认为鲈鱼死后，机体组织呈弱酸性，渗透压不高，组织中的组氨酸在这种条件下易被脱羧作用很强的摩尔根氏变形杆菌、组胺无色菌产生的组胺酸脱羧酶脱羧形成组胺。

4 组胺含量的影响因素

鱼体组胺产生的两个必要条件是：①组胺的前体物质组氨酸，②微生物产生的组氨酸脱羧酶。郑振霄等^[36]认为鲭鱼所处的环境温度对组胺含量有影响。陶志华等^[37]探究发现影响鲭鱼肉组胺含量的主要因素是温度和嗜温微

生物。雷志方等^[38]认为组胺产生受其它生物胺的影响。

4.1 微生物

当鱼体变质或新鲜度下降时, 鱼体会因自溶使组织破裂, 微生物进入到鱼体内大量繁殖。微生物的存在不仅会加速鱼类的腐败变质, 而且会导致鱼类产生组胺等有毒物质。产组胺菌是组胺产生的必要条件, 并且种类繁多^[39,40], 主要是一些肠杆菌、耐盐菌、假单胞菌、弧菌。Lin 等^[41]为了分离出产组胺菌, 选取台湾在售的 57 种咸味海鲜样品, 粉碎后, 测定其产生组胺的能力, 结果显示从最常见的凤尾鱼罐头中检测到的芽孢杆菌能产生少量的组胺, 其它咸鱼产品中分离出的菌种产生较少的组胺, 当把菌株转移到盐度为 10% 的培养基时, 组胺的含量明显升高。周卫枫等^[42]对鲭鱼鱼肉中产组胺菌进行了筛选, 筛选的 5 株产组胺菌中, 3 株为革兰氏阳性菌, 2 株为革兰氏阴性菌, 根据其生理特性和 16S rRNA 序列同源性分析分别鉴定为蒙氏假单胞菌(*Pseudomonas monteilii*)、弗氏柠檬酸杆菌(*Citrobacter freundii*)、球形芽孢杆菌(*Bacillus sphaericus*)、溶酪大球菌(*Macroccoccus caseolyticus*)与松鼠葡萄球菌(*Staphylococcus sciuri*)。

4.2 温度

温度对组胺产生的影响最大, 温度的升高不仅加快了微生物的生长速度, 而且加强了酶的活性。Nejib 等^[43]研究了金枪鱼在 0、8、20 °C 储藏过程中组胺含量的变化, 0 °C 保藏 17 d, 组胺的起始含量为 2.87 mg/100 g, 在第 17 d 组胺含量降至 0.61 mg/100 g, 低于 FDA 标准; 8 °C 时, 第 4 d 组胺含量开始明显上升; 20 °C 条件下, 组胺含量成指数上升, 第 1 d 就超过了安全值。王充等^[44-46]研究了不同温度条件下鲭鱼、三文鱼中的组胺变化, 结果显示组胺的含量均随着温度和储藏时间的增加而升高。Jose 等^[47]在 0、2、10 °C 贮藏期间, 测定了鲭鱼肉和肝中组氨酸和组胺的浓度。在 0 °C 下贮藏 18 d 后, 肌肉也很少产生组胺。在 10 °C 储存 5 d 后, 肝脏和肌肉组织组胺水平超过了 100 mg/100 g。

4.3 海水鱼种类

陶志华等^[48]对市售鱼类及其加工制品中组胺含量进行了调查, 在所选的样品中发现有一组鲭鱼组胺含量较高为 20 mg/kg; 秋刀鱼中有一尾组胺含量为 16 mg/kg, 另一尾为 10 mg/kg; 金枪鱼未检测到组胺, 发现不同鱼类产生的组胺含量不同。闵娟等^[49]对比了不同贮藏温度下马鲛鱼和秋刀鱼中生物胺含量变化, 发现在 4、25 °C 条件下秋刀鱼比马鲛鱼更容易产生组胺。Kim 等^[50]将相同浓度的摩根氏菌接种到鲭鱼、长鳍金枪鱼、马哈鱼、鲑鱼的肌肉中, 结果显示鲭鱼的组胺含量最高。

4.4 其他

鲭鱼体内的组胺含量与多种因素有关。赵庆志等^[45]采

用不同的前处理方式处理样品鲱鱼, 发现去内脏鲱鱼体内组胺的累积量明显少于不去内脏的鲱鱼。Baranowski 等^[52]发现, 从金枪鱼体内分离出的菌株在 pH=4 的时候将组氨酸转化为组胺的能力最强, 当 pH=6 的时候它的活力减少了 30%。曾萍等^[53]测定了干燥制品、油炸制品、烘烤制品、发酵制品、混揉制品以及萃取制品 6 类鱼干中的生物胺含量, 显示组胺含量依次为发酵制品(73.42~70.59 mg/kg)、混揉制品(55.48~49.88 mg/kg)、油炸制品(17.72~14.32 mg/kg)、干燥制品(5.28~5.17 mg/kg)、烘烤制品(4.75~4.69 mg/kg), 萃取制品中未检测出组胺。

5 小 结

鲭鱼作为营养价值高、经济的鱼类深受消费者的喜爱, 目前鲭鱼的生产消费方式主要集中在生鲜、冷冻、也有烧烤及罐头制品, 都无法避免鲭鱼腐败产生组胺等毒素, 鲭鱼品质变化和组胺产生等虽无法完全控制, 但通过控制储藏加工过程中的环境条件和温度, 可以有效地控制组胺在安全范围内。近年来大量的文献报道主要集中在温度变化、不同种类的微生物对组胺产生的影响等, 对鲭鱼品质鉴定和组胺含量控制的文献资料相对较少, 主要有以下问题: ①人们的食品安全意识薄弱, 通常将组胺中毒等同于过敏反应, 影响了组胺中毒的临床研究, 误导了病人对自身疾病的认识和医生的诊断。②鲭鱼加工储藏过程中, 由于解冻、加工等操作规范和温度的不恰当, 导致组胺的产生, 并且组胺含量变化快, 无法做到实时监控。③鲭鱼加工制品的储藏环境满足微生物生长条件, 如冷冻、冷藏条件下嗜冷微生物、罐头制品的嗜盐微生物等。针对这些缺点, 我们应注意以下方面: ①多宣传青皮红肉鱼的品质变化, 大学生和医院工作人员应多组织社区食品安全宣讲, 多宣传组胺中毒的危害和其简单的作用机理, 将组胺中毒和过敏反应分开。②制定合理规范的鲭鱼加工处理规范, 保证工作人员和生产器械合理按照生产质量管理规范(good manufacturing practices, GMP)要求工作; 在 GMP 和 SSOP 的基础上建立适合鲭鱼及其制品的 HACCP, 确定生产过程中鲭鱼组胺产生的关键控制点, 重点控制。③建立简单、准确、快速的组胺检测方法, 如目前美国和澳大利亚在售的酶联免疫试剂盒等; 同时丰富鲭鱼制品种类, 尽可能有效地避免组胺产生菌。

参考文献

- [1] 程三红, 汤海青, 欧昌荣, 等. 鲱鱼和大黄鱼冷藏期间体表细菌群落组成和代谢功能的比较分析[J]. 食品科学, 2018, 39(19): 218-225.
Cheng SH, Tang HQ, Ou CR, et al. Comparative analysis of compositions and metabolic functions of bacterial communities on the surface of mackerel and large yellow croaker during refrigerated storage [J]. Food Sci, 2018, 39(19): 218-225.
- [2] Janna C, Revilijia M, Inger BS, et al. A non-invasive approach to assess

- texture changes in sous-vide cooked Atlantic mackerel during chilled storage by fluorescence imaging [J]. Food Control, 2018, (92): 216–224.
- [3] Lee YC, Kung HF, Wu CH, *et al.* Determination of histamine in milkfish stick implicated in food-borne poisoning [J]. J Food Drug Anal, 2016, 24(1): 63–71.
- [4] 陶志华, 佐藤实. 秋刀鱼中组胺菌的分离与鉴定[J]. 现代农业科技, 2012, 41(16): 287–288.
- Tao ZH, Zuo TS. Isolation and identification of histamine bacteria from saury fish [J]. Mod Agric Sci Technol, 2012, 41(16): 287–288.
- [5] Biji KB, Ravishankar CN, Venkateswarlu R, *et al.* Biogenic amines in seafood: A review [J]. J Food Sci Technol, 2016, 53(5): 2210–2218.
- [6] Parente E, Martuscelli M, Gardini F, *et al.* Biogenic amines in seafood populations and biogenic amine production in dry sausages produced in southern Italy [J]. J Appl Microbiol, 2001, 90(6): 882–891.
- [7] GB 2733-2015. 食品安全国家标准 鲜、冻动物性水产品[S].
- GB 2763-2015 National food safety standard-Maximum fresh and frozen animal aquatic products [S].
- [8] 赵永强, 李娜, 李来好, 等. 鱼类鲜度评价指标及测定方法的研究进展[J]. 大连海洋大学学报, 2016, 28(4): 256–262.
- Zhao YQ, Li N, Li LH, *et al.* Research advancements in assessment indicators and measurement methods of fish freshness: A review [J]. J Dalian Ocean Univ, 2016, 28(4): 256–262.
- [9] 张文兵, 马睿, 孙瑞健, 等. 养殖鱼类品质评价指标体系的研究进展[J]. 饲料工业, 2017, 38(24): 1–10.
- Zhang WB, Ma R, Sun RJ, *et al.* Research advance in evaluation indexes for fish quality [J]. Feed Ind, 2017, 38(24): 1–10.
- [10] Bartolomeu WS, Miguel A, Hector A, *et al.* Effect of chitosan-based coatings on the shelf life of salmon (*salmo salar*) [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(21): 11456–11462.
- [11] 郑振霄, 周聃, 冯俊丽, 等. 3种保鲜方法对鲈鱼贮藏期间鲜度的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(1): 181–187.
- Zheng ZX, Zhou D, Feng JL, *et al.* The effect of three preservation methods on the freshness changes of mackerel (*pneumatophorus japonicus*) during storage [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2016, 16(1): 181–187.
- [12] 王亚会, 王锡昌, 王帅, 等. 水产品新鲜及腐败程度的评价指标[J]. 食品与发酵工业, 2015, 36(5): 240–246.
- Wang YH, Wang XC, Wang S, *et al.* Evaluation index of freshness and corruption degree of aquatic products [J]. Food Ferment Ind, 2015, 36(5): 240–246.
- [13] 孟璐, 冯俊丽, 周聃, 等. 荧光 PCR 定量检测鲈鱼贮藏过程中微生物及品质变化[J]. 中国食品学报, 2018, 18(2): 230–237.
- Meng L, Feng JL, Zhou D, *et al.* Changes in quality and shelf life of *pneumatophorus japonicus* detected by fluorescence quantitative PCR during storage [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2018, 18(2): 230–237.
- [14] Leduc F, Tournayre P, Kondjoyan N, *et al.* Evolution of volatile odorous compounds during the storage of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) (article) [J]. Food Chem, 2012, 131(4): 1304–1311.
- [15] 吴奇子, 陈雪, 刘欢, 等. 船冻和岸冻对鲈鱼贮藏鲜度的影响[J]. 食品科技, 2015, 40(2): 169–173, 180.
- Wu QZ, Chen X, Liu H, *et al.* Freshness changes of on-board and shore frozen *pneumatophorus japonicus* in the preservation process [J]. Food Sci Technol, 2015, 40(2): 169–173, 180.
- [16] Sawyer FM, Cardello AV, Prell PA. Consumer evaluation of the sensory properties of fish [J]. J Food Sci, 1988, 53(1): 12–18.
- [17] Heerthana VR, Preeha R. Biosensors: A potential tool for quality assurance and food safety pertaining to biogenic amines/volatile amines formation in aquaculture systems/products [J]. Rev Aquacult, 2019, 11(1): 220–233.
- [18] Smail HO, Ehidi AM, Mohamed S, *et al.* Lipid oxidation and histamine production in atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) versus time and mode of conservation [J]. J Life Sci, 2012, (6): 713–720.
- [19] Zare D, Muhammad K, Bejo MH, *et al.* Changes in urocanic acid, histamine, putrescine and cadaverine levels in Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) during storage at different temperatures [J]. Food Chem, 2013, 139(1–4): 320–325.
- [20] 丁海燕, 孙晓杰, 宁劲松, 等. 储藏温度对3种海水鱼产生生物胺的规律影响研究[J]. 食品科技, 2018, 43(9): 172–177.
- Ding HY, Sun XJ, Ning JS, *et al.* Study on the regular of biogenic amines from three marine fish stored at different temperature [J]. Food Sci Technol, 2018, 43(9): 172–177.
- [21] Kim SH, Price RJ, Morrissey MT, *et al.* Occurrence of histamine-forming bacteria in albacore and histamine accumulation in muscle at ambient temperature [J]. J Food Sci, 2002, 67(4): 1515–1521.
- [22] Li Y, Huang JQ, Yuan CH, *et al.* Developing a new spoilage potential algorithm and identifying spoilage volatiles in small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) under vacuum packaging condition [J]. Food Sci Technol, 2019, 106: 209–217.
- [23] 顾捷, 刘琴, 姜利豪, 等. 水产品中挥发性盐基氮的变化趋势研究[J]. 广州化工, 2013, 41(22): 133–134, 157.
- Gu J, Liu Q, Jiang LH, *et al.* The trend of total volatile basic nitrogen (TVBN) for aquatic products [J]. Guangzhou Chem Ind, 2013, 41(22): 133–134, 157.
- [24] 张金彪, 杨筱珍, 范朋, 等. 两种常见海水鱼高温贮存过程中挥发性盐基氮和生物胺含量变化[J]. 水生生物学报, 2012, 36(2): 284–290.
- Zhang JB, Yang SZ, Fan P, *et al.* Changes in total volatile basic nitrogen and biogenic amines in two common species of marine fish at high temperature [J]. J Aquat Biol, 2012, 36(2): 284–290.
- [25] Shakila RJ, Vijayalakshmi K, Jeyasekaran G. Changes in histamine and volatile amines in six commercially important species of fish of the Thoothukkudi coast of Tamil Nadu, India stored at ambient temperature [J]. Food Chem, 2003, 82(3): 347–352.
- [26] 付奥, 张云云, 高燕, 等. 冷藏草鱼K值测定方法的优化及其含量变化[J]. 食品科技, 2017, 42(12): 142–146.
- Fu A, Zhang YY, Gao Y, *et al.* Optimization method of K-Value and discussion its change about grass carp under cold storage condition [J]. Food Technol, 2017, 42(12): 142–146.
- [27] 刘书臣, 廖明涛, 赵巧灵, 等. 不同贮藏温度下大目金枪鱼鲜度及组胺变化[J]. 食品与发酵工业, 2013, (5): 213–218.
- Liu SC, Liao MT, Zhao QL, *et al.* Study on the freshness and histamine variation of big eye tuna during storage temperatures [J]. Food Ferment Ind, 2013, (5): 213–218.
- [28] 吴奇子, 陈雪, 刘欢, 等. 不同贮藏温度条件下鲈鱼货架期预测模型的构建[J]. 食品科学, 2015, 36(22): 232–236.
- Wu QZ, Chen X, Liu H, *et al.* Predictive modelling of shelf life for *scomber japonicus* stored at different temperatures [J]. Food Sci, 2015, 36(22): 232–236.
- [29] 刘欢, 陈雪, 宋立玲, 等. 不同解冻方式对鲈鱼鲜度及品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 259–265.
- Liu H, Chen X, Song LL, *et al.* Effect of different thawing methods on freshness and quality of *Scomber japonicus* [J]. Food Sci, 2016, 37(10): 259–265.
- [30] 雷志方, 谢晶, 李彦妮, 等. 不同包装方式对金枪鱼保鲜效果的分析比较[J]. 现代食品科技, 2016, 32(8): 233–239.

- Lei ZF, Xie J, Li YN, *et al.* Fresh-keeping effects of different packaging treatment on tuna (*Thunnus thynnus*) [J]. *Mod Food Technol*, 2016, 32(8): 233–239.
- [31] Huang YR, Liu KJ, Hsieh HS, *et al.* Histamine level and histamine-forming bacteria in dried fish products sold in Penghu island of Taiwan [J]. *Food Control*, 2010, 21(9): 1234–1239.
- [32] 刘光明, 刘红, 闵娟, 等. 海产食品中生物胺的分析评价及控制策略[J]. *中国食品学报*, 2017, 17(8): 1–11.
- Liu GM, Liu H, Min J, *et al.* Analysis, evaluation and control strategy of biogenic amines in seafood [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2017, 17(8): 1–11.
- [33] Jang QQ, Dai AY, Zhou T, *et al.* Histamine production and bacterial growth in mackerel (*Pneumatophorus japonicus*) during storage [J]. *J Food Biochem*, 2013, (37): 246–253.
- [34] 谢超, 王阳光, 邓尚贵. 水产品中组胺产生机制及影响因素研究概述[J]. *肉类研究*, 2009, 33(4): 74–78.
- Xie C, Wang YG, Deng SG. Summarization of histamine of aquatic product bringing mechanism and effect factors research [J]. *Meat Res*, 2009, 33(4): 74–78.
- [35] 鲍建民. 鲈鱼的营养价值及组胺中毒的预防[J]. *中国食物与营养*, 2006, 12(3): 55–56.
- Bao JM. The nutritional value of mackerel and the prevention of histamine poisoning in mackerel [J]. *Food Nutr China*, 2006, 12(3): 55–56.
- [36] 郑振霄. 不同贮藏方法对鲈鱼品质变化影响的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2016.
- Zheng ZX. Study on quickly change of mackerel under different storage methods [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshan University, 2016.
- [37] 陶志华, 张宏梅, 佐藤实. 鲭鱼肉中组胺菌的分离及其理化性质分析[J]. *现代农业科技*, 2009, (19): 331–332.
- Tao ZH, Zhang HM, Zuo TS. Isolation of histamine forming bacteria from mackerel fish and analysis of the physiological and biochemical characteristics [J]. *Mod Agric Technol*, 2009, (19): 331–332.
- [38] 雷志方, 谢晶, 尹乐, 等. 温度和姜精油对金枪鱼品质影响及生物胺相关性[J]. *食品科学*, 2017, 38(3): 45–52.
- Lei ZF, Xie J, Yin L, *et al.* Effect of storage temperature and ginger essential oil on quality indicators and the formation of biogenic amines in tuna as well as correlation between quality indicators and biogenic amine content [J]. *Food Sci*, 2017, 38(3): 45–52.
- [39] 杨健. 水产品中组胺产生的微生物机制[D]. 宁波: 宁波大学, 2012.
- Yang J. Mechanism of microorganism histamine formation in aquatic production [D]. Ningbo: Ningbo University, 2012.
- [40] Lee Y, Kung H, Lin CS, *et al.* Histamine production by enterobacter aerogenes in tuna dumpling stuffing at various storage temperatures [J]. *Food Chem*, 2012, 131(2): 405–412.
- [41] Lin CS, Liu FL, Lee YC, *et al.* Histamine contents of salted seafood products in Taiwan and isolation of halotolerant histamine-forming bacteria [J]. *Food Chem*, 2012, 131(2): 574–579.
- [42] 周卫枫, 汤海青, 贺林娟, 等. 鲭鱼肉中组胺产生菌的筛选与鉴定[J]. *食品科学*, 2012, 33(13): 225–229.
- Zhou WF, Tang HQ, He LJ, *et al.* Screening and identification of histamine-producing bacteria from chub mackerel meat [J]. *Food Sci*, 2012, 33(13): 225–229.
- [43] Nejib G, Moza A, Ismail M, *et al.* The effect of storage temperature on histamine production and the freshness of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) [J]. *Food Res Int*, 2005, 38(2): 215–222.
- [44] 王充, 易少凌. 储存温度及时间对三文鱼中组胺和色胺含量的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2012, 13(5): 519–523.
- Wang C, Yi SL. Effects of storage temperature and time on tryptamine and histamine content in salmon [J]. *J Food Saf Qual*, 2012, 13(5): 519–523.
- [45] 赵庆志, 邓建朝, 杨贤庆, 等. 不同贮藏温度下鲈鱼生物胺变化的研究[J]. *食品工业科技*, 2018, 41(4): 260–267, 279.
- Zhao ZQ, Deng JZ, Yang XQ, *et al.* Study on the changes of biogenic amines in mackerel under different temperatures during the storage [J]. *Food Technology*, 2018, 41(4): 260–267, 279.
- [46] 胡月. 水产品中生物胺的测定及产组胺菌的分离与鉴定[D]. 厦门: 集美大学, 2013.
- Hu Y. Determination of biogenic amines and isolation of histamine-producing bacteria in aquatic foods [D]. Xiamen: Jimei University, 2013.
- [47] Jose M. Histidine metabolism in mackerel (*Scomber scombrus*), Studies on histidine decarboxylase activity and histamine formation during storage of flesh and liver under sterile and non-sterile conditions [J]. *Int J Food Sci Technol*, 1979, 14(2): 131–139.
- [48] 陶志华, 佐藤实. 市售鱼类及其加工品中组胺含量的调查[J]. *现代农业科技*, 2009, 38(19): 334–336.
- Tao ZH, Zuo TS. Survey of histamine content in fish and seafood on market [J]. *Mod Agric Technol*, 2009, 38(19): 334–336.
- [49] 闵娟, 刘红, 田鑫, 等. 不同贮藏温度下马鲛鱼和秋刀鱼中生物胺含量变化[J]. *中国渔业质量与标准*, 2017, (5): 1–10.
- Min J, Liu H, Tian X, *et al.* Changes of the content of biogenic amines in mackerel and swordfish at different storage temperatures [J]. *Chin Fish Qual Stand*, 2017, 7(5): 1–10.
- [50] Kim SH, Price RJ, Morrissey MT, *et al.* Histamine production by morganella morganii in mackerel, albacore, mahi-mahi, and salmon at various storage temperatures [J]. *J Food Sci*, 2002, 67(4): 1522–1528.
- [51] 蒋倩倩, 戴志远, 赵巧灵, 等. 冰藏鲈鱼中组胺的产生及腐败微生物的变化[J]. *中国食品学报*, 2013, 13(8): 219–224.
- Jiang QQ, Dai ZY, Zhao QL, *et al.* Histamine production and spoilage microorganisms variation of the ice-stored mackerel [J]. *J Chin Instit Food Sci Technol*, 2013, 13(8): 219–224.
- [52] Baranowski JD, Brust PA, Frank HA, *et al.* Growth of klebsiella pneumoniae uh-2 and properties of its histidine decarboxylase system in resting cells [J]. *J Food Biochem*, 1985, (4): 349–360.
- [53] 曾萍, 黄文玲, 张友胜, 等. 六类鱼制品中生物胺的 HPLC 法测定[J]. *现代食品科技*, 2018, 34(6): 237–243.
- Zeng P, Huang WL, Zhang YS, *et al.* Determination of biogenic amines in six fish products by high performance liquid chromatography [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2018, 34(6): 237–243.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



孙项丽, 硕士, 主要研究方向为水产品
质量安全与标准研究。
E-mail: hwsunxiangli@163.com



王联珠, 研究员, 主要研究方向为水产品
质量安全与标准研究。
E-mail: wanglzl@ysfri.ac.cn