

文章编号: 1000-0615(2016)09-1505-07

DOI: 10.11964/jfc.20160310312

两种常见淡水鱼在高温储存过程中 挥发性盐基总氮和生物胺的含量变化

杨筱珍, 张金彪, 赵柳兰, 王春, 杨志刚, 洪宇航, 成永旭*

(上海海洋大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306)

摘要: 实验检测了鳌条和红鳍红鲂在30 °C下贮存48 h内每隔6 h的挥发性盐基总氮(TVBN)和9种生物胺(尸胺、腐胺、组胺、酪胺、5-羟色胺、亚精胺、精胺、多巴胺和章鱼胺)含量的变化, 并对TVBN和生物胺含量与时间的相关性进行分析, 以为淡水水产品类饵料安全投喂和人类食品安全提供基础资料。结果显示, 两种鱼在相同贮存条件下TVBN和生物胺含量均存在一定差异。其中, TVBN含量均随着贮存时间的延长而逐渐增加且与时间存在明显的相关性。红鳍红鲂除在42 h时TVBN含量低于鳌条外, 其他时间均高于鳌条。在30 °C贮存下, 鳌条和红鳍红鲂的TVBN含量均在12 h时超过30 mg/100 g, 因此, 这两种鱼在12 h后不推荐食用。尸胺、腐胺、酪胺和组胺是这两种鱼主要的生物胺类型, 且有随贮存时间延长含量显著增高的趋势, 并与时间呈显著性相关, 可推荐用于评价此两种水产品食用安全的生物胺类型。除此之外, 在可测到的生物胺中, 红鳍红鲂的尸胺和组胺含量明显高于鳌条, 且红鳍红鲂体内的5-羟色胺与时间也呈显著性相关。

关键词: 鳌条; 红鳍红鲂; 高温; 挥发性盐基总氮(TVBN); 生物胺; 新鲜度; 食品安全
中图分类号: TS 254.4 **文献标志码:** A

野杂鱼除可供人类食用外, 由于其产量较大、价格低廉又富含蛋白质, 还可作为许多名贵水产动物的饵料, 如蟹类、螯虾类、鲆鲽类和石斑鱼类等^[1]。这些杂鱼(无论是海水鱼还是淡水鱼)在高温下由于微生物的作用都会腐败变质, 这些变质饵料中往往会存在大量生物胺, 不同种类鱼的生物胺种类和含量均不相同^[2]。但目前有关这些饵料水产品生物胺的监测报道较少, 且主要集中于对海水鱼的研究, 有关淡水鱼的相关研究较为少见^[3]。鳌条(*Hemiculter leucisculus*)和红鳍红鲂(*Erythroculter erythropterus*)均属硬骨鱼纲(Osteichthyes)、鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)。它们广泛分布于江河湖泊的淡水中, 除供人类鲜食外, 还可以作为大型凶猛鱼类的饵料。近年来对它们研究价值的评价及资源保护已有一些报道^[4-5]。本实验着重记录并分

析了此二种常见淡水鱼, 在江浙一带夏季高温条件下(30 °C), 在48 h内挥发性盐基总氮(total volatile basic nitrogen, TVBN)和生物胺含量的动态变化。本实验将进一步完善淡水水产品新鲜度的评价方法, 并从生物胺种类及数量上提供较为详实的基础数据, 为淡水鱼新鲜度的评价及其作为饵料时的安全投喂, 以及人类食品安全提供理论资料。

1 材料与amp;方法

1.1 实验样品及处理

鳌条和红鳍红鲂捕捞于上海海洋大学校园湖内, 活体放入-80 °C冰箱保存2周后开始实验, 所有用鱼均新鲜、完整, 无异味, 无破肚, 色泽明亮, 鳞片有少许脱落, 个体大小均一。鳌

收稿日期: 2016-03-16 修回日期: 2016-06-13

资助项目: 国家自然科学基金(31272677; 31472287); 上海市科技兴农推广项目: [沪农科推字(2015)第1-7号]; 港澳台科技合作与交流专项项目(2014DFT30270); 上海市科委项目(16DZ2281200)

通信作者: 成永旭, E-mail: yxcheng@shou.edu.cn

条平均体长(9.50±1.03) cm, 红鳍红鲂平均体长(8.50±0.81) cm。

分别取鲈条和红鳍红鲂135尾, 分9个组, 即分别为0 h(为不做任何处理的冰冻新鲜鱼)、6、12、18、24、30、36、42和48 h, 每组3个平行, 每个平行5尾鱼。将两种实验用鱼全鱼放入预设温度为30 °C的电热恒温培养箱中, 到达采样时间时, 将全鱼取出并迅速剪碎放入自封袋-80 °C冷冻, 待其完全冻结后, 用九阳粉碎机将其粉碎成鱼糜, 充分混合均匀后放入自封袋中, -20 °C保存待测。

1.2 TVBN含量测定

TVBN含量的测定采用半微量凯氏定氮法, 参照谢晶等^[6]的方法, 配制含溴甲酚绿-甲基红指示剂的1%硼酸吸收液和0.1 mol/L盐酸标准液并装入FOSS凯式定氮仪, 设定仪器操作条件: 硼酸吸收液加入量30 mL, 加水量50 mL, 加碱量0, 模式Safe, 时间2 s, 结果报告单位为mg N/100 g。准确称取5.0 g的鱼糜样品至FOSS消化管中, 并加入0.5 g的轻质氧化镁, 迅速放进凯式定氮仪蒸馏器, 关上安全门, 仪器自动蒸馏、吸收、滴定、计算, 同时添加同样氧化镁做空白实验, 重复3次, 取平均含量。

1.3 生物胺测定

生物胺的测定用高效液相色谱法, 提取、衍生、检测参照丁卓平等^[7]的方法。提取: 称取2.0 g样品于50 mL离心管中, 加入10 mL 0.4 mol/L高氯酸溶液均质, 于3000 r/min离心10 min, 上层清液移入25 mL棕色容量瓶中, 再重复提取1次, 上清液合并于容量瓶中, 用0.4 mol/L高氯酸溶液定容至刻度。衍生: 取1.0 mL某一适当中间浓度标准液, 加入300 μL饱和碳酸氢钠溶液和2 mL的丙酮配制的10 g/L丹酰氯溶液, 在40 °C的电热恒温培养箱中避光反应45 min, 反应完毕后, 加100 μL 25%的浓氨水, 静置30 min, 用乙腈定容到5 mL, 振荡混匀, 取1 mL过0.20 μm滤膜的有机相针式滤器后待测; 样品: 取1.0 mL提取液, 依次加入100 μL 2 mol/L氢氧化钠溶液、300 μL饱和碳酸氢钠溶液和2 mL 10 g/L丹酰氯溶液, 同标准品衍生后待测。液相色谱检测条件: 流动相A为乙腈; 流动相B为超纯水; 流动相C为0.1 mol/L乙酸铵。梯度淋洗: 0~7 min, 45%~50%流动相

C; 7~25 min, 50%~10%流动相C; 25~35 min, 10%~45%流动相C; 35~45 min, 45%流动相C; 柱温40 °C, 流速1.0 mL/min, 进样量10 μL, 检测波长254 nm。

1.4 数据分析

采用SPSSV 13.0软件, 对不同贮存时间下两种海水鱼的TVBN含量和生物胺含量进行统计分析比较, 采用ANOVA对实验结果进行方差分析, 采用Duncan氏法进行多重比较, 取 $P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著, 采用Kolmogorov-Smirnov法对将进行相关性分析的数据进行正态分布检验, 当满足正态度分布时, 采用Pearson法相关性检验进行相关性分析, 在EXCEL上绘制相关图表。

2 结果

2.1 TVBN含量的变化

冰冻新鲜鲈条和红鳍红鲂(0h)全鱼组织中TVBN的含量分别为(5.21±0.31)和(9.08±0.34) mg/100 g。在30 °C温度贮存下, 鲈条和红鳍红鲂的TVBN含量在6~48 h均有随着贮存时间的延长而呈不断增加的趋势(图1)。鲈条鱼体内TVBN含量从6 h的(15.47±0.35) mg/100 g增加到42 h的(696.51±10.66) mg/100 g, 且各组间存在差异显著($P<0.05$), 但48 h [664.84±12.8 mg/100 g]与42 h的TVBN含量相当,

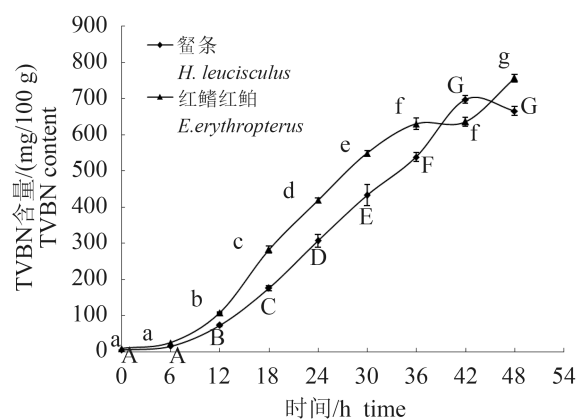


图1 鲈条和红鳍红鲂在30 °C下贮存不同时间下TVBN含量的变化

同线条上不同字母代表差异显著($P<0.05$), 下图注释同此

Fig. 1 Changes on the content of TVBN of *H. leucisculus* and *E. erythropterus* during storage at 30 °C

The different superscripts in the same line show significant difference ($P<0.05$), the same below

两组间差异不显著($P>0.05$); 而红鳍红鲃从6 h的(25.16±0.6) mg/100 g增加到48 h的(755.42±11.20) mg/100 g, 其中6~36 h各组间存在显著差异($P<0.05$), 而42 h和36 h与48 h间存在显著差异($P<0.05$)。鲎条和红鳍红鲃鱼体内TVBN含量均在12 h时超过30 mg/100 g, TVBN含量分别为(73.6±3.53)和(108.06±2.3) mg/100 g。

对两种鱼的TVBN含量进行比较发现, 在不同采样时间点下TVBN含量有明显不同, 红鳍红鲃除在42 h时TVBN含量低于鲎条外, 其他时间含量均高于鲎条($P<0.05$)(图1)。

2.2 生物胺含量变化

对鲎条和红鳍红鲃冰冻全鱼组织新鲜(0 h)和30 °C温度贮存6~48 h, 每隔6 h测量并分析9种生物胺的含量后发现。结果发现, 多巴胺、亚精胺和精胺在所测样品中均未检测出; 0 h时, 在两种鱼体内除尸胺、酪胺和组胺未检测到外其他6种生物胺均有检测到。自30 °C温度贮存6 h后, 共6种生物胺能在鱼体中检测到, 分别为腐胺、尸胺、组胺、5-羟色胺、酪胺和章鱼胺。两种鱼体内主要的生物胺依次为尸胺、腐胺、组胺、酪胺和5-羟色胺。除章鱼胺含量变化不大外(3.77~4.59 mg/kg), 其他各胺含量均有随时间延长而升高(图2和图3)。鲎条鱼体内尸胺、腐胺、组胺、酪胺和5-羟色胺分别在30 h或36 h含量出现最高值, 它们分别为(572.13±13.40)(30 h)、(220.09±28.54)(36 h)、(66.81±0.52)(36 h)、(36.62±6.66)(36 h)和(31.26±0.78) mg/kg(36 h); 而红鳍红鲃此5种胺分别在30、36、42或48 h时含量出现最高值, 分别为(729.28±47.97)(36 h)、(274.88±18.42)(30 h)、(158.86±7.48)(42 h)、(36.80±6.66)(36 h)和(36.19±2.12) mg/kg(48 h)。比较两种鱼上述5种胺的最高值, 除酪胺外, 均以红鳍红鲃为高。

在可测到的生物胺中, 红鳍红鲃的尸胺和组胺含量明显高于鲎条, 如红鳍红鲃的尸胺和组胺含量最低值和最高值分别为21.40(6 h)~729.28(36 h)和1.70(6 h)~158.86 mg/kg(42 h), 而鲎条相对应值分别为5.63(6 h)~572.13(30 h)和3.05(6 h)~66.81 mg/kg(36 h)。虽然红鳍红鲃12 h内组胺含量低于鲎条, 但18 h后明显高于鲎条, 如在18 h时红鳍红鲃组胺含量为(137.10±3.84) mg/kg, 而鲎条仅为(22.30±1.35) mg/kg ($P<0.05$)(图2和图3)。

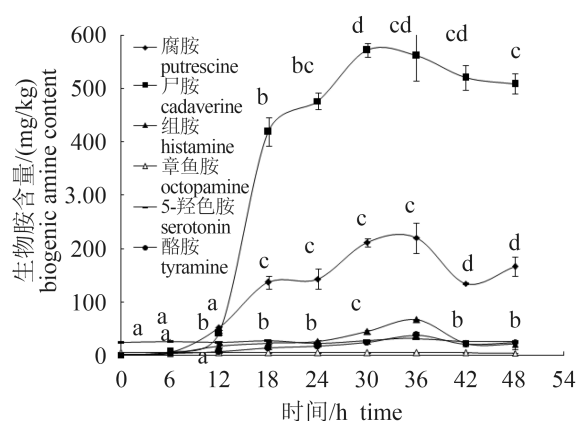


图2 鲎条在30 °C下贮存不同时间下生物胺含量的变化

Fig. 2 Changes on biogenic amines of *H. leucisculus* during storage at 30 °C

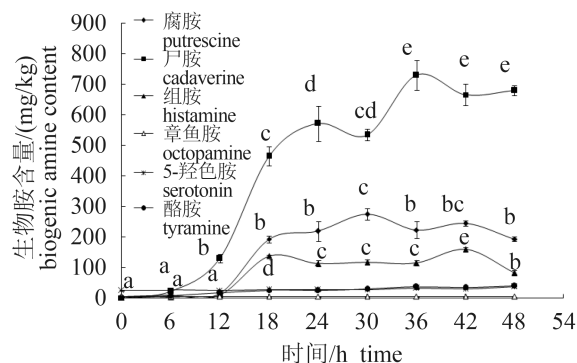


图3 红鳍红鲃在30 °C下贮存不同时间下生物胺含量的变化

Fig. 3 Changes on biogenic amines of *E. erythropterus* during storage at 30 °C

2.3 TVBN含量和生物胺含量与时间的相关性

在30 °C贮存过程中, 鲎条和红鳍红鲃的TVBN含量和主要生物胺含量与时间均有很高的相关性, 但是不同鱼种, TVBN和不同类型生物胺与时间相关性的程度略有差异。在鲎条中, 与时间相关性极显著($P<0.01$)的依次是TVBN、尸胺、酪胺、腐胺和组胺; 而在红鳍红鲃中, 依次是TVBN、酪胺、尸胺、腐胺、组胺和5-羟色胺。

3 讨论

3.1 TVBN值可作为淡水鱼新鲜度的评价指标

TVBN是蛋白质丰富的食品(肉、鱼、豆类)在特定条件下所产生的挥发性盐基总氮, 其含量是海水鱼类新鲜度和食用安全评价的重要指

表1 鲮条和红鳍红鲷的TVBN和生物胺含量与时间的相关性

		TVBN	腐胺 putrescine	尸胺 cadaverine	组胺 histamine	酪胺 putrescine	5-羟色胺 serotonin	章鱼胺 octopamine
鲮条 <i>H. leuciscus</i>	r	0.980	0.790	0.860	0.563	0.800	0.327	0.415
	p	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.096	0.032
红鳍红鲷 <i>C. erythropterus</i>	r	0.980	0.790	0.914	0.721	0.927	0.752	0.460
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016

标^[8-9]，但针对淡水鱼的研究较少。这主要与人们的饮食习惯有关，因为淡水鱼活体较易运输和保存，活体中TVBN的含量很低，而且人们一般不食用死后太久的淡水鱼，但是死亡的淡水鱼在水产上应用却依旧很广泛，经冰冻保存后，直接投喂给其他水产动物。本实验发现在水产养殖中广泛被使用的两种淡水鱼鲮条和红鳍红鲷，在高温贮存过程中TVBN含量和时间的相关性极其显著，因此，TVBN含量也可以作为两种鱼的新鲜度评价指标。

本实验发现鲮条和红鳍红鲷在冰鲜状态下(0h)的TVBN含量分别为(5.21±0.31)和(9.08±0.34) mg/100 g，均略低于新鲜的棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)和龙头鱼(*Harpadon nehereus*)(8~13 mg/100 g)^[2]。除了鱼种差异外，也可能与它们的收集方式不同有关，淡水鱼是活体直接运至实验室，而海水鱼是冰藏运回实验室。对几种从市场上购买的冰藏鱼TVBN含量测定后也发现此值较高，如欧洲无须鳕(*Merluccius merluccius*)(11.05 mg/100 g)、鲭(*Scomber scombrus*)(22.2 mg/100 g)、沙丁鱼(*Sardina pilchardus*)(40.50 mg/100 g)和羊鱼(*Mullus barbatus*)(58.20 mg/100 g)^[8]。因此，冰藏鱼TVBN值的高低与鱼种、采集或保存方式应该有着密切的关系。

30 mg/100 g的TVBN含量是鉴定海水鱼新鲜与腐败的界限^[10]，不同鱼种在相似条件下达到此值的时间亦不相同。本实验中鲮条和红鳍红鲷的TVBN含量达到这一含量约需要12 h，这与相似贮存条件下的棘头梅童鱼10 h、龙头鱼12 h和大鲟(*Sphyraena barracuda*)等相似，而短于羽鳃鲐(*Rastrelliger kanagurta*)和长吻裸颊鲷(*Lethrinus miniatus*)的15 h、沙丁鱼18 h和日本金线鱼(*Nemipterus japonicus*)的21 h^[2, 11]。

3.2 生物胺含量变化也可作为淡水鱼新鲜度的评价指标

本实验在新鲜状态下鲮条和红鳍红鲷的鱼体内，均未检测到尸胺、组胺和酪胺，而随着在高温贮存条件下，贮存时间的延长，此3种胺含量不断增加，除此之外，腐胺也由最初(0 h)较低值[鲮条(1.85±0.37) mg/100 g；红鳍红鲷(3.48±0.59) mg/100 g]不断攀升。经分析，这4种胺不但是高温贮存下鲮条和红鳍红鲷的鱼体内主要的生物胺类型，也与贮存时间有极显著相关性。因此，可初步推荐将此4种生物胺作为鲮条和红鳍红鲷的新鲜度评价的生物胺指标，这与对龙头鱼和棘头梅童鱼研究结果相似^[2]，也与小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)等^[12]其他鱼类生物胺评价新鲜度的研究结果相近。但郭慧等^[3]发现带鱼(*Trichiurus haumela*)特征生物胺为腐胺、尸胺和酪胺，而米鱼(*Oryzias curvinotus*)的特征生物胺为腐胺和尸胺。

本实验还发现红鳍红鲷的尸胺和组胺含量均要高于鲮条，这可能与不同鱼种有关，也可能与它们的食性不同有关，鲮条是杂食偏植物食性的，而红鳍红鲷是动物食性的，动物食性的由于富含多种游离氨基酸，而氨基酸是生物胺合成的前体^[13]。从人体食用安全角度考虑，适量地摄入生物胺能够有效调节机体内的生理活动，但过度摄入会使人体产生不良副反应。在众多的生物胺中，组胺是评价食品安全的重要指标。参照组胺的最高安全浓度界限(50 mg/kg)^[14]，食用红鳍红鲷可能引起组胺中毒的时间也明显早于鲮条，因为它们达到此界限的时间分别为18和36 h。除此之外，本实验仅发现红鳍红鲷体内的5-羟色胺含量与贮藏时间呈显著相关性，因此，5-羟色胺含量也可作为红鳍红鲷新鲜程度生物胺的评价指标。有研究者提出，酪胺的安全含量为低于100 mg/kg^[15]，

本实验发现, 在整个实验过程中, 鲞条和红鳍红鲂酪胺的含量均低于此值, 所以不存在酪胺中毒的危险。鉴于TVBN值的测定, 这两种鱼分别在12 h后不建议被人类食用, 而在此范围内, 其生物胺的含量也仍属于安全值。

生物胺尤其是组胺可作为鱼粉新鲜度的评价指标^[16-20], 而它对于养殖水产动物的食用安全仍说法不一。关于生物胺是否直接影响水产动物的生长, 常由于添加生物胺的浓度、种类和研究对象不同而结果不同。如2000 mg/kg的组胺会损害虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)胃和肠的结构^[17], 降低糠虾的存活率并延长其性成熟时间^[1], 但会提高细纹对虾(*Litopenaeus stylirostris*)增重率^[18]。本实验两种鱼的组胺最高含量远远低于2000 mg/kg。因此, 有关此两种鱼在水产动物食用安全方面的研究, 还有待于进一步开展。

参考文献:

- [1] Yang X Z, Wang J F, Fan P, *et al.* Survival, growth, sexual maturity and tissue histamine accumulation of the mysids, *Neomysis awatschensis* and *N. japonica* Nakazawa, fed histamine supplemented diets[J]. *Aquaculture*, 2010, 302(3): 256-260.
- [2] 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 J B, Yang X Z, Fan P, *et al.* Changes in total volatile basic nitrogen and biogenic amines in two common species of marine fish at high temperature[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, 36(2): 284-290(in Chinese).
- [3] 郭慧. 不同贮藏温度条件下海洋鱼类生物胺变化规律研究及特征生物胺分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- Guo H. Biogenic amines profile and characteristic amines analysis at different storage temperature in marine fishes[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015(in Chinese).
- [4] 曾国权, 吕耀平, 黄佩佩, 等. 鲞条、大眼华鳊含肉率和肌肉营养成分分析[J]. *温州大学学报(自然科学版)*, 2012, 33(5): 1-7.
- Zeng G Q, Lü Y P, Huang P P, *et al.* Analysis of flesh content and nutritional component in the muscle of *Hemiculter leucisculus* Basilewsky and *Sinibrama macrops* Gunther[J]. *Journal of Wenzhou University*: (Natural sciences), 2012, 33(5): 1-7.
- [5] 姜巨峰, 韩现芹, 傅志茹, 等. 雌雄红鳍红鲂可食部分主要营养成分比较分析[J]. *南方水产科学*, 2012, 8(1): 83-89.
- Jiang J F, Han X Q, Fu Z R, *et al.* Comparative analysis of main nutritive components in edible tissues of male and female *Culter erythropterus*[J]. *South China Fisheries Science*, 2012, 8(1): 83-89 (in Chinese).
- [6] 谢晶, 李建雄, 潘迎捷. 冰温结合不同比例氧气调对冷却肉的保鲜效果[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(10): 307-311.
- Xie J, Li J X, Pan Y J. Effect of modified atmosphere package with varying oxygen concentrations combined with controlled freezing-point storage on pork fresh-keeping[J]. *Transactions of the CSAE*, 2009, 25(10): 307-311 (in Chinese).
- [7] 丁卓平, 刘辰麒, 陈迪, 等. 高效液相色谱法同时测定水产品中10种生物胺的研究[J]. *分析测试学报*, 2006, 25(4): 59-62.
- Ding Z P, Liu C Q, Chen D, *et al.* Determination of ten biogenic amines in fishery products by high performance liquid chromatography[J]. *Journal of Instrumental Analysis*, 2006, 25(4): 59-62 (in Chinese).
- [8] Dhaouadi A, Monser L, Sadok S, *et al.* Validation of a flow-injection-gas diffusion method for total volatile basic nitrogen determination in seafood products[J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(3): 1049-1053.
- [9] 戚晓玉, 李燕, 周培根. 日本沼虾冰藏期间ATP降解产物变化及鲜度评价[J]. *水产学报*, 2001, 25(5): 482-484.
- Qi X Y, Li Y, Zhou P G. Changes in content of ATP related compounds in the muscle of *Macrobrachium nipponense* during ice storage and evaluation of the freshness[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2001, 25(5): 482-484 (in Chinese).
- [10] Connell J J. Control of fish quality: Fishing news books[M]. 4th ed. England: Wiley-Blackwell, 1995.
- [11] Shakila R J, 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 Chemistry*, 2003, 82(3): 347-352.
- [12] Dawood A A, Karkalas J, Roy R N, *et al.* The occurrence of non-volatile amines in chilled-stored rainbow trout (*Salmo irideus*)[J]. *Food Chemistry*, 1988,

- 27(1): 33-45.
- [13] Santos M H S. Biogenic amines: Their importance in foods[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 1996, 29(2-3): 213-231.
- [14] FDA (Food and Drug Administration, USA). Decomposition and histamine-raw frozen tuna and mahi-mahi; Canned tuna; and related species; availability of revised compliance policy guide[J]. *Federal Registration*, 1995, 60(149): 39754-39756.
- [15] Brink B, Damink C, Joosten H M L J, *et al.* Occurrence and formation of biologically active amines in foods[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 1990, 11(1): 73-84.
- [16] Tapia-Salazar M, Cruz-Suárez L E, Ricque-Marie D, *et al.* Effect of fishmeal made from stale versus fresh herring and of added crystalline biogenic amines on growth and survival of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* fed practical diets[J]. *Aquaculture*, 2004, 242(1-4): 437-453.
- [17] Fairgrieve W T, Myers M S, Hardy R W, *et al.* Gastric abnormalities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed amine-supplemented diets or chicken gizzard-erosion-positive fish meal[J]. *Aquaculture*, 1994, 127(2-3): 219-232.
- [18] Tapia-Salazar M, Smith T K, Harris A, *et al.* Effect of dietary histamine supplementation on growth and tissue amine concentrations in blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*[J]. *Aquaculture*, 2001, 193(3-4): 281-289.
- [19] Ricque-Marie D, Abdo-de La Parra M I, Cruz-Suarez L E, *et al.* Raw material freshness, a quality criterion for fish meal fed to shrimp[J]. *Aquaculture*, 1998, 165(1-2): 95-109.
- [20] Opstvedt J, Mundheim H, Nygård E, *et al.* Reduced growth and feed consumption of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed fish meal made from stale fish is not due to increased content of biogenic amines[J]. *Aquaculture*, 2000, 188(3-4): 323-337.

Changes on the contents of total volatile basic nitrogen and biogenic amines in two common species of freshwater fish, *Hemiculter leucisculus* and *Erythroculter erythropterus*, at high temperature storage

YANG Xiaozhen, ZHANG Jinbiao, ZHAO Liulan, WANG Chun,
YANG Zhigang, HONG Yuhang, CHENG Yongxu *

(Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Shanghai Ocean University,
Ministry of Education, Shanghai 201306, China)

Abstract: *Hemiculter leucisculus* and *Erythroculter erythropterus* are small fishes which are common freshwater species in China. They are often fed to aquatic animals, and are also food for humans. In this study, the total volatile basic nitrogen (TVBN) and nine biogenic amines (cadaverine, putrescine, histamine, tyramine, serotonin, spermidine, spermine, dopamine and octopamine) of *H.leuciclus* and *E.erythropterus* at 30 °C storage were examined in every 6h for 48h. The correlation analysis of the contents of TVBN or biogenic amines with the storage time was also evaluated for these two species. The results showed that there were differences in the contents of biogenic amines and TVBN in *H.leucisculus* and *E.erythropterus*. The TVBN contents of *H.leuciclus* and *E.erythropterus* obviously increased with the storage time increasing. The TVBN content of *E.erythropterus* was significantly higher than that in *H. Leucisculus* at all time except at 42 h ($P<0.05$). The TVBN contents of *H. leucisculus* and *E.erythropterus* exceeded the national edible standard of 30 mg/100 g after 12h. Therefore these two species were not suitable to eat after 12 h. The four main biogenic amines detected in these two species were cadaverine, putrescine, tyramine and histamine. The contents of these four biogenic amines increased significantly with the extension of storage time ($P<0.05$). The contents of cadaverine and histamine in *E.erythropterus* were significantly higher than those in *H.leuciclus* ($P<0.05$). The contents of TVBN, cadaverine, putrescine, histamine and tyramine were found to correlate closely ($P<0.01$) with the storage time in these two species, and the same situation was also found for serotonin from *E.erythropterus*

Key words: *Hemiculter leucisculus*; *Erythroculter erythropterus*; high temperature; total volatile basic nitrogen; biogenic amines; freshness; food safety

Corresponding author: CHENG Yongxu. E-mail: yxcheng@shou.edu.cn

Funding projects: National Nature Sciences Foundation of China (31272677; 31472287); Key Extension Project (2015-1-7) from Shanghai Agriculture Committee; Ministry of Science and Technology of China On Science and Technology Cooperation and Exchange Projects among Hongkong, Macao and Taiwan (2014DFT30270); Shanghai Municipal Science and Technology Commission (16DZ2281200)