

冷藏期间草鱼和鲢鱼鱼片特征生物胺变化差异

Study on the difference of Characteristic Biogenic Amines in Grass
and Silver Carp Fillets during cold Storage

王 秀 李宗权 刘永乐 王建辉

WANG Xiu LI Zong-quan LIU Yong-le WANG Jian-hui

陈 奇 李向红 王发祥 俞 健

CHEN Qi LI Xiang-hong WANG Fa-xiang YU Jian

(长沙理工大学湖南省水生食品加工工程技术研究中心, 湖南 长沙 410114)

(Hunan Provincial Engineering Research Center for Food Processing of Aquatic Biotic Resources,
Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410114, China)

摘要:旨在明确草鱼和鲢鱼鱼片冷藏过程中生物胺的动态变化规律以及其特征生物胺变化差异,测定分析了 4℃贮藏条件下草鱼和鲢鱼片 pH、挥发性盐基氮(TVB-N)、菌落总数(TVC)、感官评价以及生物胺含量的动态变化。结果表明,随着贮藏时间的延长,TVB-N、TVC 呈明显上升趋势;草鱼和鲢鱼鱼片冷藏过程中苯乙胺、腐胺、酪胺及 8 种生物胺总量变化明显,且草鱼和鲢鱼鱼片中各生物胺显著变化的时间点分别为第 10 天和第 8 天。草鱼和鲢鱼片生物胺含量的差异变化主要发生在腐败后期,在贮藏第 12 天,草鱼、鲢鱼片间腐胺和酪胺含量差异显著($P<0.05$),其含量分别为(23.39 ± 0.40), (44.46 ± 1.88) mg/kg 和 (25.01 ± 1.85), (50.84 ± 1.50) mg/kg。经相关性分析显示,苯乙胺、腐胺、酪胺与草鱼片品质指标间显著相关($P<0.05$),可作为草鱼品质的监测指标;苯乙胺、腐胺、酪胺、尸胺与鲢鱼片品质指标间显著相关($P<0.05$),可作为鲢鱼片品质的评价指标。且冷藏期间草鱼和鲢鱼鱼片关键腐败时间点的酪胺和 8 种总生物胺的含量分别相近,可作为草鱼和鲢鱼片品质评价的共同指标。

关键词:草鱼;鲢鱼;鱼片;冷藏;特征生物胺;相关性分析;变化差异

Abstract: In order to investigate the change of biogenic amines, and the correlation between quality indices and characteristics of biogenic

amines, the change of pH, TVB-N, TVC, sensory evaluation and biogenic amines of grass carp and silver carp fillets during cold storage at 4℃ were detected. The results showed that TVB-N and TVC increased with the cold storage time; phenethylamine, putrescine, tyramine and the total biogenic amines of grass carp and silver carp fillets changed obviously. All kinds of biogenic amines of grass carp and silver carp fillets significantly changed at the 10th and 8th day. Significant differences ($P<0.05$) existed in putrescine and tyramine of grass carp and silver carp fillets after corruption. The contents of putrescine and tyramine in grass carp fillets and silver carp fillets respectively were (23.39 ± 0.40) mg/kg and (44.46 ± 1.88) mg/kg, (25.01 ± 1.85) mg/kg and (50.84 ± 1.50) mg/kg at 12th day. Correlation analysis showed that there was significant correlation ($P<0.05$) between phenylethylamine, putrescine, tyramine and quality indices in grass carp fillets. Quality indices were significantly correlated ($P<0.05$) with phenylethylamine, putrescine, cadaverine, tyramine in silver carp fillets. Therefore, phenylethylamine, putrescine, and tyramine could be used as the quality evaluation indices of grass carp fillets. Moreover, the quality of silver carp fillets could be evaluated by phenylethylamine, putrescine, cadaverine, tyramine. In addition, the critical value of tyramine and total biogenic amines in grass carp fillets and silver carp fillets during the chilled storage respectively were similar, which could also be used as the quality evaluation indicators of grass carp and silver carp fillets.

Keywords: Grass and Silver carp fillets; Cold storage; Characteristics of biogenic amines; Correlation analysis; Difference

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(编号:31301564);
湖南省自然科学基金项目(编号:2015JJ2011);湖湘青年
英才支持计划项目(编号:2015RS4051)

作者简介:王秀,女,长沙理工大学在读硕士研究生。

通信作者:王建辉(1980—),男,长沙理工大学教授,博士。

E-mail: wangjh0909@163.com

收稿日期:2017-01-15

生物胺(BA s)是一类天然存在、碱性含氮的热稳定有机化合物,其形成主要源于氨基酸的脱羧或醛酮类化合物的氨基化和转氨基作用^[1]。在生物体内,所有生物胺均具有某些

特定的生理功能,但产生或摄入过量会引起不良反应,如苯乙胺和酪胺可引起头痛与偏头痛,组胺可引发心血管和神经系统毒性,腐胺和尸胺可导致破伤风、四肢痉挛等,同时可增加其他生物胺的毒性效应^[2]。如 Taylor S L 等^[3]研究发现腐胺可抑制组胺甲基转移酶(HMT)活性,尸胺可抑制二胺氧化酶(DAO)和组胺甲基转移酶(HMT)的作用,从而阻碍组胺在肠道内的降解。目前,水产制品中生物胺的产生机理及其防控已成为该领域的研究热点问题之一,且研究主要集中在海产品,如 Chen Hwi-Chang 等^[4]研究尖吻四鳍旗鱼(*Rastrelliger kanagurta*)中组胺及其它生物胺可能引发食源性疾病的含量时发现,当组胺含量>40 mg/100 g 可能导致潜在中毒;Zare D 等^[5]研究表明,不同贮藏温度下羽鳃鲐(*Rastrelliger kanagurta*)中组胺、腐胺、尸胺含量随着贮藏时间延长不断增加,且温度越高,生物胺的含量越高,增长速度越快;Rossi S 等^[6]研究表明,腐胺、尸胺和组胺可以作为监测大眼金枪鱼(*Bigeye Tuna*)和鲣鱼(*Skipjack Tuna*)腐败的指标。此外,色胺、精胺、亚精胺、酪胺和胍基丁胺在海鲜食品中均有发现,当生物胺指数[(腐胺+尸胺+组胺)÷(腐胺+尸胺+组胺+酪胺+色胺+甲胺+精胺+亚精胺)]×100<25 时被建议作为质量指标参数,而化学指数[(腐胺+尸胺+组胺)÷(1+亚精胺+精胺)]<1 时被建议作为罐装金枪鱼的质量指标参数^[7]。但淡水鱼中生物胺的研究相对甚少。当生物胺指数(腐胺+尸胺)<20 mg/kg 或腐胺<10 mg/kg 时可作为评价冷藏鲤鱼的品质指标^[8];4℃贮藏下青鱼腐胺和尸胺与感官指标显著相关(P<0.01)^[9];而冷藏过程中鲫鱼色胺和腐胺随贮藏时间变化明显,其可作为鲫鱼品质评价的参考指标^[10]。

草鱼和鲢鱼是中国重要的经济淡水鱼类,均属鲤科,肌肉中粗蛋白、水分含量基本相似,但氨基酸含量和脂肪组成及含量差异较大^[11]^[41]。迄今,对草鱼和鲢鱼贮藏过程中的品质变化研究较多,其主要评价指标多集中于菌落总数(TVC)、挥发性盐基氮(TVB-N)、三甲胺、K 值、感官评价等^[12-13],但有关生物胺变化规律及特征生物胺与品质指标间相关性的研究却鲜有报道。Wang Hang 等^[14]研究了冷藏条件下草鱼生物胺的变化规律及微生物对生物胺形成的影响,张月美等^[15]研究了草鱼冷藏过程鱼肉品质与生物胺的变化及热处理对生物胺的影响;Shi C 等^[16]对鲢鱼生物胺与 TVB-N、TVC、感官评分间的相关性进行了研究,且发现腐胺可作为鲢鱼的重要质量评价指标,然而迄今尚无对比研究草鱼和鲢鱼贮藏过程中特征生物胺变化规律及构建以特征生物胺为指标的草鱼和鲢鱼鲜度评价体系的相关报道。本研究拟通过探究低温贮藏过程中草鱼和鲢鱼生物胺的差异性变化规律,进而探寻特征生物胺与品质间的相关性,以期特征生物胺作为草鱼和鲢鱼品质监测指标提供理论依据,最终构建以生物胺为指标的草鱼和鲢鱼鲜度评价体系。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

8 种生物胺标准品:色胺(Tryptamine)、苯乙胺(Phen-

ethylamine)、腐胺(Putrescine)、尸胺(Cadaverine)、组胺(Histamine)、酪胺(Tyramine)、亚精胺(Spermidine)、精胺(Spermine);纯度≥99%,美国 Sigma-aldrich 公司;
丹磺酰氯:纯度≥99%,美国 Sigma 公司;
氮气:纯度≥99.99%,长沙日臻气体有限公司;
高效液相色谱—紫外检测器(HPLC—UV):2695-2998 PDA 型,日本岛津公司;
氮吹仪:DCY-24B 型,山东安博仪器股份有限公司。

1.2 样品前处理

鲜活的草鱼和鲢鱼购自湖南长沙高云小区新旺佳超市,低温活体运至实验室后宰杀,去头、去鳞、去尾、去内脏、去皮,去骨,清洗干净,切成重约为 30 g 的鱼片(2.0 cm×3.0 cm×2.5 cm),沥干后装入聚乙烯自封袋中,于(4±0.2)℃下贮藏,并于相应时间点(0,2,4,6,8,10,12 d)随机取样进行 pH、TVB-N、TVC、感官评价以及生物胺含量的测定,每个指标平行 3 次。

1.3 测定方法

1.3.1 pH 测定 参考张钦发等^[17]的方法进行。
1.3.2 TVB-N 测定 按 GB 5009.228—2016 执行。
1.3.3 菌落总数测定 参考 Chang Shu-chen 等^[18]的方法进行。
1.3.4 感官评价 参考侯温甫等^[19]的生鱼片感官评定方法,以鱼肌肉色泽、气味、组织形态、组织弹性作为评价指标,由 10 名经过专门培训的评定人员逐项打分,各项最高分为 5 分,最低分为 1 分,以总得分评价鱼体的总体可接受性。18 分以上为新鲜,10~18 分为次新鲜,低于 10 分为腐败阶段。具体感官评分标准见表 1。
1.3.5 生物胺含量测定

(1) 生物胺标准液的制备:参照胡超等^[20]的方法,以 0.4 mol/L 的高氯酸为溶剂配制系列浓度(0.5,1.0,2.0,5.0,10.0,20.0 μg/mL)的混合标准液。

(2) 生物胺提取:参考张阳^[21]的方法,并稍作修改。准确称取 5.00 g 绞碎的肉样品于 50 mL 离心管中共加入 0.4 mol/L 的高氯酸 10 mL,均质 1 min,8 000 r/min 离心 15 min,收集上清液于 25 mL 棕色瓶中,沉淀按同样的方式重复提取一次,合并上清液,并用 0.4 mol/L 的高氯酸定容至 25 mL。移取上述提取液 5.00 mL 于 25 mL 的具塞试管中,加入等体积的正己烷,漩涡振荡 5 min,弃去上层有机相,重复进行两次以除去脂肪。将脱脂后的样品于-20℃保存,待测。

(3) 生物胺衍生化:参考 Nie Xiao-hua 等^[22]的方法,并稍作修改。移取上述提取液和混合标准液各 1.0 mL 于 5 mL 的棕色容量瓶中,依次加入 2 mol/L NaOH 溶液 100 μL、饱和碳酸氢钠溶液 300 μL 和丹磺酰氯(10 mg/mL 丙酮)1 mL,盖塞封口,于 50℃避光反应 45 min,期间每隔 10 min 超声波振荡一次,反应完毕后加入 25%氨水 100 μL,终止反应,静置 30 min,然后氮吹去除丙酮,并用乙腈定容至 5 mL,于 4 000 r/min 离心 10 min,取适量的上清液过 0.22 μm 滤膜于 2 mL 棕色瓶中,4℃避光保存,供液相使用。

表 1 草鱼和鲢鱼鱼片感官评分表

品质	色泽	气味	组织形态	组织弹性
好(5分)	正常,有光泽	固有香味浓郁	肌肉组织紧密,纹理很清晰	坚实富有弹性,手指压后凹陷立即消失
较好(4分)	正常,稍有光泽	固有香味较为浓郁	肌肉组织紧密,纹理较清晰	坚实富有弹性,手指压后凹陷很快消失
一般(3分)	正常,稍有光泽	固有香味较为清淡,略带异味	肌肉组织紧密,但不松散	较有弹性,手指压后凹陷消失较慢
差(2分)	正常,稍有光泽	固有香味消失,有腥臭味或氨臭味	肌肉组织不紧密,局部松散	稍有弹性,手指压后凹陷消很慢
很差(1分)	正常,稍有光泽	有强烈的腥臭味或氨臭味	肌肉组织不紧密,松散	无弹性,手指压后凹陷不消失

(4) 生物胺 HPLC 分析^[23-24]:色谱柱:ODS-SP C₁₈ 柱(250 mm×4.6 mm,5 μm);柱温:35 ℃;流动相:水+乙腈(A+B),梯度洗脱:B:40%~80%(0~25 min),80%~100%(25~30 min),100%~40%(30~35 min);流速:1 mL/min,进样量:10 μL。

1.3.6 数据分析 采用 Excel 2003 绘图,用 SPSS 17.0 进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 品质指标的变化

由图 1(a)可知,草鱼和鲢鱼肌肉在 4 ℃ 冷藏过程中 pH 值变化规律相似,贮藏前期由于鱼类宰杀死后,随着糖原酵解产生的乳酸及 ATP 分解产生的焦磷酸含量的增加,肌

肉的 pH 逐渐下降,但随着贮藏时间的延长,蛋白质不断降解成胺类等碱性含氮物,肌肉 pH 升高^{[11]42}。由图 1(b)可知,草鱼和鲢鱼初始菌落数存在一定差异,但在贮藏 2 d 内菌落总数均有所下降,分别为 3.45,3.74 lg CFU/g,其缘由可能是微生物从常温进入新的冷藏环境,处于适应及延滞期,甚至部分微生物被冻死,这与齐凤生等^[25]的研究结果相似。而后,微生物增长较快,究其原因是鱼体蛋白质不断分解,为微生物的生长繁殖提供了良好的生长环境。挥发性盐基氮(TVB-N)是肌肉在腐败过程中酶和微生物的作用,使蛋白质分解成盐基氮类物质,如尸胺、腐胺、酪胺、氨等^[26]。由图 1(c)可知,TVB-N 随着贮藏时间的延长不断增加,草鱼在贮藏第 10 天时达 24.27 mg/100 g,鲢鱼在贮藏第 8 天时达

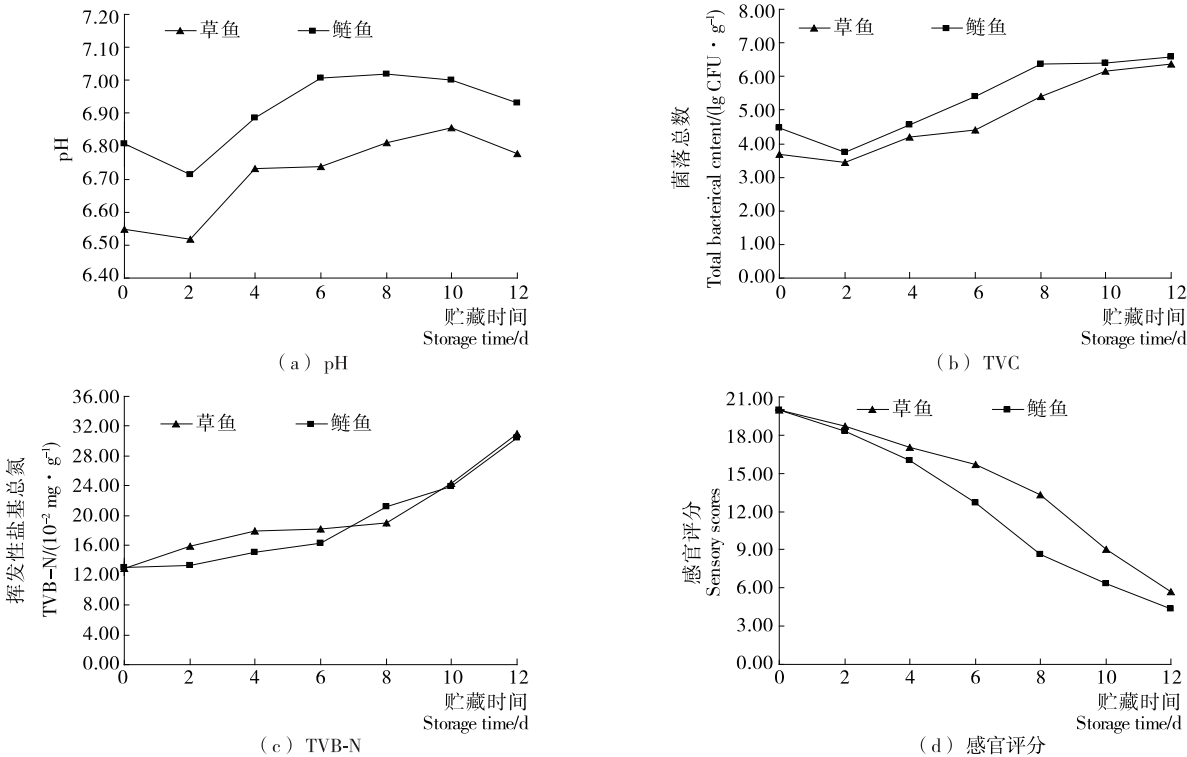


图 1 草鱼和鲢鱼鱼片冷藏过程中品质指标的变化

Figure 1 Changes in quality indices of grass carp and silver carp fillets during chilled storage

21.17 mg/100 g,均高于《食品安全国家标准 鲜、冻动物性水产品》(GB 2733—2015)中对淡水鱼 TVB-N 的二级鲜度限 20 mg/100 g,鱼肉均发生腐败且不再可食。在贮藏前期草鱼与鲢鱼肌肉中 TVB-N 产生的速度和量存在一定的差异,可能是其肌肉中氨基酸组成和含量差异所致^[27]。草鱼和鲢鱼肌肉冷藏期间感官分值随着贮藏时间的延长不断下降,见图 1(d)。在贮藏前 4 d,草鱼和鲢鱼感官分值无明显差异($P>0.05$),且感官分值均在 16 分以上。第 4 天后,感官分值下降迅速,贮藏第 10 天时草鱼肌肉评分低于 10 分,由图 2 可知,此时草鱼肌肉发黄,肌肉组织局部松散,弹性下降;鲢鱼在贮藏第 8 天时评分低于 10 分,此时鲢鱼肌肉色泽暗淡,肌肉组织不紧密,弹性小。由此可知,草鱼、鲢鱼分别在第 10、8 天时肌肉发生腐败,食用价值丧失。

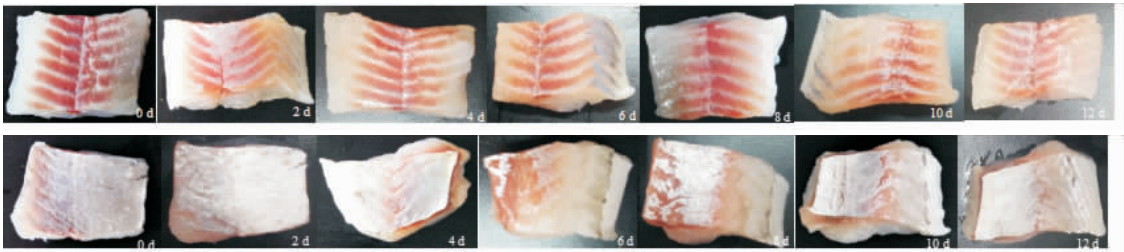


图 2 冷藏过程中不同时间点草(上)、鲢(下)鱼肌肉的变化

Figure 2 Changes of grass carp (upper) and silver carp (below) fillets during chilled storage

表 2 草鱼和鲢鱼鱼片冷藏期间生物胺含量变化[†]

Table 2 Changes in biogenic amines of grass carp and silver carp fillets during chilled storage mg/kg

生物胺	种类	冷藏时间/d						
		0	2	4	6	8	10	12
色胺	G	1.81±1.34 ^{aY}	3.78±1.06 ^{abY}	3.61±1.11 ^{abY}	5.71±0.38 ^{bY}	5.32±0.50 ^{bY}	3.01±2.16 ^{abY}	3.87±1.15 ^{abY}
	S	1.29±0.88 ^{aY}	4.88±1.04 ^{bY}	5.06±0.44 ^{bY}	4.93±0.97 ^{bY}	6.36±0.37 ^{bY}	2.34±0.40 ^{aY}	3.31±0.05 ^{abY}
苯乙胺	G	0.48±0.56 ^{aY}	0.61±0.74 ^{aY}	2.33±0.54 ^{bY}	2.20±0.44 ^{bY}	3.29±0.68 ^{bY}	7.38±1.04 ^{cY}	8.55±0.38 ^{cY}
	S	1.05±0.71 ^{aY}	2.93±0.57 ^{abZ}	2.90±0.66 ^{aY}	2.53±0.43 ^{aY}	3.67±0.37 ^{abY}	6.70±1.65 ^{bY}	11.88±0.46 ^{cZ}
腐胺	G	—	—	—	0.38±0.14 ^a	2.86±0.36 ^{aY}	10.15±5.37 ^{bY}	23.39±0.40 ^{cY}
	S	—	—	—	—	14.07±0.80 ^{aZ}	29.02±1.80 ^{bZ}	44.46±1.88 ^{cZ}
尸胺	G	—	—	—	—	—	—	—
	S	—	—	—	—	—	—	3.12±0.30
组胺	G	—	—	—	—	—	2.84±1.27 ^{aY}	1.07±0.16 ^{bY}
	S	1.31±0.04 ^{aY}	4.73±0.77 ^c	—	—	—	2.77±1.56 ^{bY}	1.60±1.13 ^{bY}
酪胺	G	2.17±0.46 ^{aY}	2.33±0.48 ^{aY}	2.53±0.18 ^{aY}	3.17±0.23 ^{aY}	3.24±0.89 ^{aY}	9.50±1.96 ^{bY}	25.01±1.85 ^{cY}
	S	1.46±0.60 ^{aY}	4.01±0.26 ^{aZ}	3.75±0.59 ^{aZ}	5.54±2.31 ^{aY}	9.40±0.21 ^{bZ}	25.24±0.96 ^{cZ}	50.84±1.50 ^{dZ}
亚精胺	G	3.21±0.49 ^{aY}	3.98±0.48 ^{aY}	4.49±0.58 ^{aY}	3.45±0.14 ^{aY}	3.23±0.29 ^{abY}	3.92±0.39 ^{abY}	3.68±0.21 ^{bY}
	S	3.44±1.87 ^{aY}	2.71±0.34 ^{aZ}	3.50±0.09 ^{aY}	2.93±0.35 ^{aY}	2.16±0.31 ^{aZ}	2.21±0.35 ^{aZ}	3.34±0.31 ^{aY}
精胺	G	4.62±1.02 ^{aY}	6.27±0.94 ^{aY}	6.47±1.80 ^{aY}	5.52±0.27 ^{aY}	5.49±0.65 ^{aY}	6.20±2.11 ^{aY}	6.83±0.60 ^{aY}
	S	6.96±2.59 ^{aY}	4.98±0.28 ^{aY}	6.69±0.60 ^{aY}	6.35±0.22 ^{aZ}	5.54±0.17 ^{aY}	7.33±0.65 ^{aY}	7.55±0.60 ^{aY}
8 种生物胺	G	15.43±4.13 ^{aY}	14.33±3.63 ^{aY}	18.67±3.86 ^{aY}	20.75±0.84 ^{abY}	22.41±1.07 ^{bY}	42.43±1.03 ^{cY}	71.79±1.81 ^{dY}
总和	S	12.93±6.58 ^{aY}	26.80±2.67 ^{bY}	22.73±0.73 ^{bY}	21.79±3.73 ^{bY}	42.22±0.98 ^{cZ}	71.20±5.62 ^{dZ}	125.72±3.33 ^{cZ}

[†] G、S 分别代表草鱼与鲢鱼;“—”表示未检出;同一行中拥有不同小写字母的表示有显著性差异;同一列中拥有不同大写字母“Y”“Z”表示草(鲢)鱼片生物胺质量具有显著差异性, $P<0.05$ 。

含量分别达 (7.38 ± 1.04) , (10.15 ± 5.37) , (2.84 ± 1.27) , (9.50 ± 1.96) , (42.43 ± 1.03) mg/kg。新鲜鲢鱼中各生物胺含量与草鱼基本相似,无显著差异,随着贮藏时间的延长,色胺、组胺在贮藏过程中有所波动,但变化不明显,苯乙胺、腐胺、尸胺、酪胺变化显著($P < 0.05$),腐胺、酪胺均在第 8 天时发生显著变化($P < 0.05$),含量分别达 (14.07 ± 0.80) , (9.40 ± 0.21) mg/kg,尸胺在贮藏第 12 天开始产生,含量为 (3.12 ± 0.30) mg/kg,8 种生物胺总含量在第 8 天时开始发生显著变化($P < 0.05$),含量达 (42.22 ± 0.98) mg/kg,与草鱼贮藏第 8 天时的生物胺总含量 (42.43 ± 1.03) mg/kg 相近。由此可推测得知,草鱼和鲢鱼片发生腐败变质时 8 种生物胺总量基本一致。

对比发现,贮藏前期,草鱼和鲢鱼片中存在差异的生物胺主要是苯乙胺和酪胺,其中苯乙胺在第 2 天时呈显著变化($P < 0.05$),而酪胺在第 2、4 天时均呈显著变化($P < 0.05$)。贮藏后期,草鱼和鲢鱼片中 8 种生物胺总量快速增加,究其原因可能是微生物大量繁殖,氨基酸脱羧酶生成速度加快,使氨基酸发生脱羧作用生成生物胺^[28],且腐胺、酪胺为草鱼和鲢鱼片存在差异的主要生物胺。草鱼和鲢鱼片分别于第 10 天和第 8 天时开始发生腐败,此时,腐胺、酪胺含量基本相近,其中腐胺含量分别达 (10.15 ± 5.37) , (14.07 ± 0.80) mg/kg,酪胺含量分别为 (9.50 ± 1.96) , (9.40 ± 0.21) mg/kg。而腐败后期草鱼和鲢鱼片贮藏第 12 天时腐胺含量分别达 (23.39 ± 0.40) , (44.46 ± 1.88) mg/kg,酪胺含量分别达 (25.01 ± 1.85) , (50.84 ± 1.50) mg/kg,不同鱼肉类腐胺和酪胺含量差异显著($P < 0.05$)。此外,尸胺在草鱼片贮藏过程中未有检出,在鲢鱼片贮藏 12 d 后产生,这与包玉龙等^[12]研究冷藏条件下鲫鱼尸胺含量变化时仅在个别样品中被检出的结果相似。由此可知,草鱼和鲢鱼片贮藏过程中苯乙胺、腐胺、酪胺、8 种生物胺总含量发生显著变化的时间点分别为 10,8 d,与 TVB-N、感官指标变化时间点一致,由此推断生物胺与其它品质指标间存在一定相关性。

2.3 生物胺与品质指标相关性分析

由表 3 可知,草鱼和鲢鱼中色胺、亚精胺、精胺与其它品质指标的相关性极低($P > 0.05$),且贮藏过程中其含量在生物胺总含量中所占的比例相对较低,变化比较平缓,故不宜作为草鱼和鲢鱼质量监控指标。草鱼和鲢鱼中苯乙胺、腐胺、酪胺、8 种总生物胺与 pH 相关性较差(除草鱼中苯乙胺 $R^2 = 0.558$ 外, R^2 均小于 0.500),而与 TVC、TVB-N、感官评分显著相关($P < 0.01$)(除鲢鱼中酪胺 $R^2 = 0.471$ 外, R^2 均大于 0.500),且与 TVB-N 相关性最强(R^2 均大于 0.700),相关性方程分别为 $Y(\text{苯乙胺}) = 13.870 + 1.715X(R^2 = 0.856)$ [$Y(\text{苯乙胺}) = 11.722 + 1.619X(R^2 = 0.856)$]、 $Y(\text{腐胺}) = 16.804 + 0.592X(R^2 = 0.774)$ [$Y(\text{腐胺}) = 14.650 + 0.351X(R^2 = 0.856)$]、 $Y(\text{酪胺}) = 14.374 + 0.343X(R^2 = 0.832)$ [$Y(\text{酪胺}) = 15.320 + 0.685X(R^2 = 0.839)$]、 $Y(\text{总生物胺}) = 12.003 + 0.269X(R^2 = 0.867)$ [$Y(\text{总生物胺}) = 11.891 + 0.155X(R^2 = 0.887)$],由此可知,苯乙胺、腐胺、酪胺为草鱼和鲢鱼片冷藏过程中的主要特征生物胺。此外,鲢鱼中尸胺与 TVC、TVB-N、感官评分相关性较好($P < 0.05$),线性关系见表 4。因此,苯乙胺、腐胺、酪胺可作为评价草鱼冷藏过程中质量鲜度评价的指标,苯乙胺、腐胺、尸胺、酪胺可作为鲢鱼品质评价的指标。

3 结论

本研究结果表明,新鲜草鱼和鲢鱼中生物胺的含量较低,随着贮藏时间的延长,苯乙胺、腐胺、酪胺、8 种总生物胺均呈上升趋势,草鱼和鲢鱼片品质变化的关键时间点分别为第 10,8 天,其生物胺含量差异变化主要发生在腐败后期,在贮藏第 12 天,草鱼和鲢鱼鱼片间腐胺和酪胺含量差异显著($P < 0.05$)。经相关性分析显示,苯乙胺、腐胺、酪胺、8 种总生物胺均可作为两种鱼鱼片品质的监测指标,酪胺和 8 种总生物胺的含量可作为两种鱼鱼片品质评价的共同参考指标。此外,鲢鱼中尸胺与菌落总数、TVB-N、感官评分相关性较强,可作为鲢鱼片新鲜度评价的参考指标。当前研究,明确

表 3 草鱼和鲢鱼鱼片冷藏期间生物胺含量与其他品质指标的相关性[†]

Table 3 Correlation between biogenic amines and other indicators of grass carp and silver carp fillets during chilled storage

生物胺	pH		TVC		TVB-N		感官评分	
	G	S	G	S	G	S	G	S
色胺	0.257	0.203	0.133	—	0.079	0.066	−0.117	−0.063
苯乙胺	0.747**	0.296	0.937**	0.676**	0.925**	0.925**	−0.952**	−0.801**
腐胺	0.464*	0.402	0.806**	0.809**	0.880**	0.954**	−0.871**	−0.884**
尸胺	—	0.077	—	0.475*	—	0.753**	—	−0.572*
组胺	0.399	−0.532*	0.531*	−0.300	0.419	−0.015	−0.515*	0.135
酪胺	0.408	0.278	0.759**	0.686**	0.912**	0.916**	−0.866**	−0.791**
亚精胺	−0.329	−0.082	−0.284	−0.128	−0.630	−0.250	0.175	0.035
精胺	0.275	0.030	0.315	0.112	0.354	0.334	−0.353	−0.268
8 种生物胺总和	0.529*	0.314	0.842**	0.725**	0.931**	0.942**	−0.918**	−0.838**

† G、S 分别代表草鱼与鲢鱼;表中数据代表相关系数 R;“—”表示不具相关性,* 表示在 0.05 水平上显著相关,** 在 0.01 水平上显著相关。

表 4 草鱼和鲢鱼鱼片冷藏期间特征生物胺与其他品质指标的回归线性方程[†]

Table 4 Regression linear equation between biogenic amines and other indicators of grass carp and silver carp fillets during chilled storage

种类	特征生物胺	品质指标	回归线性方程	R ²	sig.
草鱼	苯乙胺	pH	$Y = -123.053 + 18.862X$	0.558	0.000
		TVC	$Y = -9.118 + 2.625X$	0.876	0.000
		TVB-N	$Y = 13.870 + 1.715X$	0.856	0.000
		感官评分	$Y = 19.553 - 1.521X$	0.907	0.000
	腐胺	pH	$Y = -211.227 + 32.258X$	0.215	0.038
		TVC	$Y = -24.625 + 6.204X$	0.645	0.000
		TVB-N	$Y = 16.804 + 0.592X$	0.774	0.000
		感官评分	$Y = 16.847 - 0.505X$	0.759	0.000
	酪胺	pH	$Y = -162.818 + 25.261X$	0.165	0.079
		TVC	$Y = -18.629 + 5.261X$	0.578	0.002
		TVB-N	$Y = 14.374 + 0.343X$	0.832	0.000
		感官评分	$Y = 17.949 - 0.560X$	0.705	0.000
	8 种生物胺总和	pH	$Y = -544.448 + 85.509X$	0.280	0.019
		TVC	$Y = -43.555 + 15.147X$	0.711	0.001
		TVB-N	$Y = 12.003 + 0.269X$	0.867	0.000
		感官评分	$Y = 20.920 - 0.229X$	0.843	0.000
鲢鱼	苯乙胺	pH	—	—	—
		TVC	$Y = -7.431 + 2.233X$	0.457	0.025
		TVB-N	$Y = 11.722 + 1.619X$	0.856	0.000
		感官评分	$Y = 18.206 - 1.298X$	0.642	0.000
	腐胺	pH	$Y = -413.663 + 61.687X$	0.162	0.079
		TVC	$Y = -55.525 + 12.710X$	0.654	0.000
		TVB-N	$Y = 14.650 + 0.351X$	0.910	0.000
		感官评分	$Y = 16.107 - 0.302X$	0.782	0.000
	尸胺	pH	—	—	—
		TVC	$Y = -2.192 + 0.493X$	0.226	0.070
		TVB-N	$Y = 17.178 + 4.196X$	0.567	0.000
		感官评分	$Y = 13.648 - 2.955X$	0.327	0.007
	酪胺	pH	—	—	—
		TVC	$Y = -43.024 + 10.579X$	0.471	0.006
		TVB-N	$Y = 15.320 + 0.685X$	0.839	0.000
		感官评分	$Y = 16.070 - 0.275X$	0.626	0.000
	8 种生物胺总和	pH	—	—	—
		TVC	$Y = -90.437 + 25.531X$	0.711	0.008
		TVB-N	$Y = 11.891 + 0.155X$	0.887	0.000
		感官评分	$Y = 18.222 - 0.127X$	0.701	0.000

† X 表示品质指标值,Y 表示生物胺质量分数;“—”表示不具相关性。

了冷藏过程中草鱼和鲢鱼生物胺含量变化的差异,且分析了特征生物胺作为草鱼和鲢鱼鱼片鲜度评价的可行性。然而,特征生物胺产生的机理尚需进一步深入探讨,之后将对草鱼和鲢鱼鱼片特征生物胺产生菌株进行分离与鉴定,并明确特征生物产生菌株的产胺特性,为降低淡水鱼及其制品中生物胺的含量,确保其安全提供新的理论依据。

参考文献

[1] TOFALO R, PERPETUINI G, SCHIRONE M,et al. Biogenic amines: Toxicology and health effect[J]. Encyclopedia of Food & Health, 2016; 424-429.

[2] BOVER-CID S, LATORRE-MORATALLA M L, VECIANA-NOGUÉS M T,et al. Processing contaminants: Biogenic amines [J]. Encyclopedia of Food Safety, 2014, 4: 381-391.

[3] TAYLOR S L, LIEBER E R. In vitro inhibition of rat intestinal histamine-metabolizing enzymes[J]. Food & Cosmetics Toxicology, 1979, 17(3): 237-240.

[4] CHEN Hwi-chang, HUANG Yu-ru, HSU H H, et al. Determination of histamine and biogenic amines in fish cubes (*Tetrapturus angustirostris*) implicated in a food-borne poisoning[J]. Food Control, 2010, 21(1): 13-18.

[5] ZARE D, MUHAMMAD K, BEJO M H, et al. Changes in uronic acid, histamine, putrescine and cadaverine levels in Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) during storage at different temperatures[J]. Food Chemistry, 2013, 139(1/4): 320-325.

[6] ROSSI S, LEE C, ELLIS P C, et al. Biogenic amines formation in bigeye tuna steaks and whole skipjack tuna[J]. Journal of Food Science, 2002, 67(6): 2 056-2 060.

[7] ERCAN SS, BOZKURT H, SOYSAL C. Significance of biogenic amines in foods and their reduction methods[J]. Journal of Food Science and Engineering, 2003, 3: 395-410.

[8] HONDA A, KOBAYASHI M, SASAKI R, et al. Formation of selected biogenic amines in carp meat[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2002, 82(9): 1 088-1 093.

[9] FAN Hong-bing, LUO Yong-kang, YIN Xiao-fei, et al. Biogenic amine and quality changes in lightly salt- and sugar-salted black carp (*Mylopharyngodon piceus*) fillets stored at 4 °C [J]. Food Chemistry, 2014, 159: 20-28.

[10] 包玉龙, 汪之颖, 李凯风, 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] 夏文水, 罗永康, 熊善柏, 等. 大宗淡水鱼贮运保鲜与加工技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.

[12] 许澄. 草鱼冻藏品质变化及草鱼新鲜度快速检测方法探究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015: 21-37.

[13] 姚燕佳, 张进杰, 顾伟钢, 等. 不同储藏温度对鲢鱼鲜度品质的影响[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2011, 37(2): 212-218.

[14] WANG Hang, LUO Yong-kang, HUANG He-ping, et al. Microbial succession of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during storage at 4 °C and its contribution to biogenic amines' formation [J]. International Journal of Food Microbiology, 2014, 190: 66-71.

[15] 张月美, 包玉龙, 罗永康, 等. 草鱼冷藏过程鱼肉品质与生物胺的变化及热处理对生物胺的影响[J]. 南方水产科学, 2013, 9(4): 56-61.

[16] SHI C, CUI J, LU H, et al. Changes in biogenic amines of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at different temperatures and their relation to total volatile base nitrogen, microbiological and sensory score[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2012, 92(15): 3 079.

[17] 张钦发, 许霞, 刘显威, 等. 光照对包装鲜鱼肉质动态变化的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 155-157.

[18] CHANG Shu-chen, KUNG H F, CHEN H C, et al. Determination of histamine and bacterial isolation in swordfish fillets (*Xiphias gladius*) implicated in a food borne poisoning[J]. Food Control, 2008, 19(1): 16-21.

[19] 侯温甫, 文丽, 王亚楠, 等. 鲜切草鱼片的鲜度变化及微生物生长规律研究[J]. 肉类研究, 2013, 27(3): 5-8.

[20] 胡超, 程丽林, 张长峰, 等. 柱前衍生-反相高效液相色谱法测定草鱼肌肉中生物胺[J]. 食品科技, 2013(5): 330-334.

[21] 张阳. 水产品中生物胺含量 UPLC 检测方法的建立及其变化规律的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012: 24-26.

[22] NIE Xiao-hua, ZHANG Qi-lin, LIN Sheng-li. Biogenic amine accumulation in silver carp sausage inoculated with *Lactobacillus plantarum*, plus *Saccharomyces cerevisiae* [J]. Food Chemistry, 2014, 153(9): 432-436.

[23] LOUKOU Z, ZOTOU A. Determination of biogenic amines as dansyl derivatives in alcoholic beverages by high-performance liquid chromatography with fluorimetric detection and characterization of the dansylated amines by liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionize[J]. Journal of Chromatography A, 2003, 996(1/2): 103-113.

[24] FIGUEIREDO T C D, ASSIS D C S D, MENEZES L D M, et al. HPLC-UV method validation for the identification and quantification of bioactive amines in commercial eggs[J]. Talanta, 2015, 142: 240-245.

[25] 齐凤生, 张浩杰, 刘红英, 等. 生物保鲜剂对冷藏条件下海湾扇贝品质变化与生物胺相关性的研究[J]. 现代食品科技, 2015(7): 167-172.

[26] 徐振. 冷却猪肉贮藏过程中生物胺种类及含量变化的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008: 38-39.

[27] 车文毅, 蔡宝亮. 水产品质量检验[M]. 北京: 中国计量出版社, 2006: 193-194.

[28] 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: 37-40.

(上接第 2 页)

在本次大会上,欧洲卫生工程与设计组织(EHEDG)创始人与领导者召集全球专家,将食品企业卫生设计的先进理念以及实际案例同与会者分享,直面工厂卫生设计安全问题,为提升中国本土食品加工企业工厂卫生设计水平出谋划策。

2.8 全供应链的食品安全保障

供应链囊括了企业从原材料的采购、运输、加工制造、分销直至最终送达消费者手中的业务流程。一个供应链能否构成或能否有效运作,取决于供应链上的各个参与者能否建立起稳定的战略伙伴关系。食品生产经营者要做全供应链

的食品安全保障,需要做到协同联动,龙头企业有责任带动上下游中小企业,做到上下游联动,不出现漏洞。然而,目前我国还是一个发展中国家,农业和食品工业的产业结构还处于比较落后和分散的状况,要达到规模化和规范化以及全供应链的食品安全保障还要走一段相当长的路。

面对目前这一矛盾现状,本次会议将邀请到全球范围内的知名企业分享全供应链食品安全保障体系建立与维护模式,探讨如何通过全供应链的协作配合提升食品安全管理水平。为我国的食品企业提供更多的创新思路。

(中国食品科学技术学会秘书处 供稿)