

不同致死方式对鳙鱼肌肉鲜度及生物胺含量的影响

周娇娇¹ 郭丹婧¹ 尤 娟¹ 励建荣² 熊善柏¹

1. 华中农业大学食品科学技术学院/国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉), 武汉 430070;

2. 渤海大学食品科学与工程学院/辽宁省食品安全重点实验室, 锦州 121013

摘要 以鳙鱼(*Monopterus albus*)为研究对象,测定直接宰杀组、电击致晕宰杀组、冰水搅拌宰杀组、高温致死宰杀组鳙鱼肌肉的菌落总数、酸度、氨基态氮、TBA、TVB-N、K 值和生物胺含量及其在冷藏过程中的变化,研究宰杀方式对鳙鱼肌肉鲜度和生物胺含量的影响。在4种宰杀方式中,冰水搅拌宰杀组鳙鱼肌肉除K 值、TVB-N 值高于直接宰杀组和电击致晕宰杀组外,其TBA 值、菌落总数以及腐胺、尸胺和生物胺总含量显著低于直接宰杀组和电击致晕宰杀组,而高温致死宰杀组鳙鱼肌肉在(4±0.5)℃冷藏过程中其K 值、TVB-N、菌落总数及腐胺、尸胺和生物胺总含量均显著高于其他3种宰杀方式。冷藏6 d 时,直接宰杀组、电击致晕宰杀组、冰水搅拌宰杀组、高温致死宰杀组鳙鱼肌肉中总生物胺含量分别为12.39、8.04、8.15 和17.23 mg/100 g。冰水搅拌宰杀组黄鳝肌肉中腐胺、尸胺及总生物胺含量显著低于其他3组。采用冰水搅拌致晕后宰杀鳙鱼,可在保证产品鲜度的同时有效抑制细菌生长、鳙鱼肌肉的脂肪氧化以及生物胺的产生和积累,确保产品使用安全。

关键词 鳙鱼; 宰杀方式; 贮藏时间; 菌落总数; 鲜度; 生物胺

中图分类号 TS 254.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2016)06-0129-07

鳙鱼(*Monopterus albus*)亦称黄鳝,是我国名优水产品,因其具有高蛋白、低脂肪、氨基酸和矿物元素种类丰富、营养价值高等特点而深受消费者喜爱。2014 年全国总产量达35.799 万 t,较2013 年增长了3.44%^[1]。然而,2013 年黄鳝首次出现供大于求,导致其售价下降近20%^[2],黄鳝养殖户虽丰产却未丰收。因此,黄鳝适宜的保鲜处理和进一步加工成为该产业可持续发展的重要支点。生物胺是一类含氮有机化合物,相对分子质量较小。在水产品等食品中生物胺主要通过氨基酸脱羧酶催化的脱羧反应产生,少部分由醛、酮的胺化和转胺作用形成^[3]。水产品含有丰富的蛋白质,在加工和贮藏过程中会因蛋白酶水解作用生成多肽和氨基酸,游离氨基酸受氨基酸脱羧酶催化进一步转化为生物胺。因此,当鱼体不新鲜或腐败时生物胺会积累,高浓度的生物胺不仅严重影响食品风味,还会对人体产生严重的毒害作用,导致人体神经系统和心血管系统损伤^[4]。目前,鳙鱼的销售方式以鲜活为主,消费结构较为单一。鳙鱼中组氨酸含量较高,不正确的宰杀方式导致鳙鱼因其自身所含水解酶类和微生物的

作用使组氨酸很快转化成组胺并且鱼肉变软、发粘,散发腐败臭味,影响食用安全性。赵莉君等^[5]研究了不同的包装方式对冰温贮藏过程中鲢鱼片品质变化有明显影响,发现包装方式对冰温贮藏过程中鲢鱼片品质变化有明显影响;以挥发性盐基氮为评价指标,采用100% CO₂ 包装方式和真空包装方式的鲢鱼片在冰温贮藏28 d 时,均保持1 级鲜度。张阳^[6]研究了鳙鱼在不同温度下贮藏时其肌肉中8 种生物胺含量的变化,发现新鲜的黄鳝肌肉只含有极少量的腐胺和亚精胺,新鲜和贮藏期间黄鳝肌肉组织中生物胺产生量大于团头鲂、中华绒螯蟹和甲鱼,黄鳝产胺氨基酸含量最多,新鲜的黄鳝肌肉组织中生物胺含量也最多,产胺氨基酸含量越高,新鲜肉组织中生物胺含量也较多。赖氨酸和精氨酸都是产胺氨基酸中含量最多的,因此,在贮藏过程中由它们产生的尸胺和腐胺也最多。此外Fu 等^[7]、方静等^[8]、施文正等^[9]分别研究了致死方式对凡纳滨对虾、罗非鱼、草鱼肌肉品质的影响,报道认为致死方式对水产品新鲜度、质构和挥发性成分有显著影响。目前,关于致死方式对鳙鱼体内其他生物胺种类及含量和

收稿日期: 2016-03-08

基金项目: 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-46-23);“十二五”国家科技支撑计划(2013BAD19B10)

周娇娇,硕士研究生。研究方向:水产品加工及贮藏工程。E-mail: 2236827292@qq.com

通信作者: 熊善柏,博士,教授。研究方向:水产品加工及贮藏工程。E-mail: xionsb@mail.hzau.edu.cn

产生机制等的影响还鲜见报道。鳙鱼体表富含粘液,浑身滑腻,无鳞无鳃,导致鳙鱼易携带微生物及宰杀不便。因此,有必要对鳙鱼肌肉中生物胺的产生与控制方面进行系统研究。本研究以鳙鱼为研究对象,研究直接宰杀、高温加热致死宰杀、电击致晕宰杀、冰温搅拌致晕宰杀等 4 种宰杀方式对鳙鱼肌肉品质及其在 4℃ 贮藏过程中肌肉品质的变化,旨在为选择适宜的宰杀方式以更好地控制生物胺产生、保障食品的安全提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

鲜活黄鳙,体质量 200 g/尾,采购于华中农业大学集贸市场。氢氧化钾、氢氧化钠、盐酸、甲醛、酚酞等试剂均为分析纯,购自国药集团化学试剂有限公司。组胺、尸胺、腐胺、酪胺、色胺、亚精胺和苯乙胺标准样品均为分析纯,购自上海源叶生物科技有限公司。ATP、ADP、AMP、IMP、H_x 和 H_xR 标品均为分析纯,购自武汉科瑞生物技术有限公司。

1.2 试验仪器

高效液相色谱仪: E2695, Waters; 分析天平: BS-210S 型,德国 Sartorius Instruments 公司;生化培养箱: LRH-150B 型,广东省医疗器械厂;超低温冰箱: DW-86W100 型,海尔集团;高速分散均质机: FJ-200 型,上海标本模型厂;高速冷冻离心机: J-26 XP, Beckman Counter 等。

1.3 试验方法

1) 宰杀与贮藏方式。直接宰杀(direct slaughter, 简记为 DS), 将鳙鱼在室温下宰杀; 高温致死(heat slaughter, 简记为 HS), 将鳙鱼放在 40℃ 的培养箱中, 至其死亡后宰杀; 冰温搅拌致晕(cold stunning, 简记为 CS), 将鳙鱼放入冰水中搅拌至其僵直, 再宰杀; 电击致晕(electricity stunning, 简记为 ES), 用 150 V 的电压电击鳙鱼使其僵直, 再进行宰杀。鳙鱼经上述 4 种方式宰杀后, 鳙鱼肌肉于 4℃ 冰箱中存放。取鳙鱼肌肉进行试验, 分别在第 0、1、2、4、6 天后测定鳙鱼肌肉的菌落总数、K 值、pH 值、酸度、氨基态氮含量、挥发性盐基氮含量、生物胺含量等指标, 所有分析均取 3 个平行样。

2) 指标测定。菌落总数的测定按照 GB 4789.2—2010 食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定方法测定。酸度的测定按照吕凯波^[10]方法测定。氨基态氮含量的测定按照吴燕燕等^[11]方法测定。

TBA 值的测定参照李婷婷等^[12]的方法。TVB-N 含量的测定按照 GB 5009.44—2003 中微量扩散法测定鳙鱼中 TVB-N 含量^[13]。K 值的测定参照 Kuda 等^[14]的方法。生物胺含量的测定参照刘寿春等^[15]、张月美等^[16]的方法。

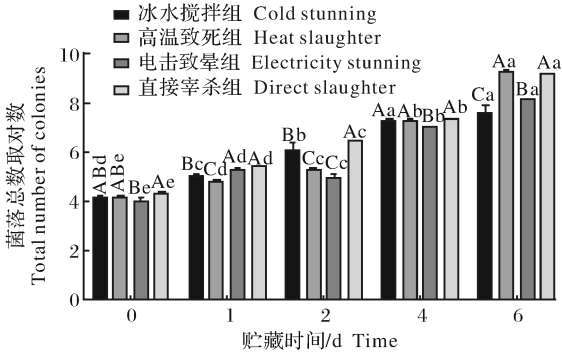
1.4 数据处理

采用 Excel 和 SPSS 软件进行数据处理, 所有数据均为 3 次重复试验的平均值。

2 结果与分析

2.1 宰杀方式对鳙鱼肌肉菌落总数的影响

由图 1 可知, 4 种致死方式的鳙鱼肌肉菌落总数的变化趋势相似, 都随着时间的延长而增加($P < 0.05$)。刚宰杀的鳙鱼肌肉的菌落总数在 1×10^4 cfu/g 左右, 其中电击致晕宰杀组肌肉的菌落总数最少, 但 4 种宰杀方式之间无明显差异($P > 0.05$)。在冷藏过程中, 4 种宰杀方式的鳙鱼肌肉的菌落总数变化趋势相似, 均随着时间延长而显著增加($P < 0.05$)。冷藏 2 d 后高温致死组鳙鱼肌肉的菌落总数迅速增加。冷藏 6 d 时, 高温致死组、直接宰杀组、电击致晕组、冰水搅拌组鳙鱼肌肉的菌落总数分别为 1.66×10^9 、 1.45×10^9 、 1.44×10^8 、 4.07×10^7 cfu/g, 冰水搅拌组鳙鱼的菌落总数显著低于其他 3 种方式($P < 0.05$)。



不同小写字母表示相同处理不同贮藏时间的样品之间有显著性差异, 不同大写字母表示同一时间不同处理有显著性差异 ($P < 0.05$), 下同。The different lowercase letters indicated that the difference between the samples through the same processing and different storage time is significant. The different capital letters indicated that the difference between the samples through the different processing at the same time is significant, $P < 0.05$, the same as below.

图 1 宰杀方式对 4℃ 贮藏鳙鱼肌肉菌落总数的影响
Fig.1 Effect of slaughter methods on total bacterial count of *Monopterus albus* muscle stored at 4℃

2.2 宰杀方式对鳙鱼肌肉鲜度的影响

1)对鳙鱼肌肉酸度的影响。宰杀方式对鳙鱼肌肉酸度的影响见图2A。由图2A可知,宰杀方式对新鲜鳙鱼肌肉的酸度无显著影响($P>0.05$),随着贮藏时间的延长,其酸度均呈现先上升后下降的趋势。直接宰杀的鳙鱼肌肉在贮藏第1天时酸度达到最大值,而其他3种方式在第2天达到最大值,其中冰水搅拌组的酸度最高,达到0.3%。采用不同的宰杀方式,鳙鱼挣扎程度不同,体内产生的乳酸也不同,导致酸度有差异^[17]。冷藏6 d后,电击致晕组鳙鱼肌肉的酸度显著低于其他3种致死方式($P<0.05$),可能原因是电击造成肌肉收缩,鱼死前挣扎最小,糖原分解最少。

2)对鳙鱼肌肉氨基态氮含量的影响。宰杀方式对鳙鱼肌肉氨基态氮含量的影响见图2B。由图2B可知,宰杀方式对新鲜鳙鱼肌肉的氨基态氮含量有显著影响($P<0.05$),高温加热致死组显著高于其他3组($P<0.05$),其中电击致晕组和直接宰杀组氨基态氮含量较低。4种致死方式的鳙鱼肌肉氨基态氮含量随贮藏时间的增加而明显增加($P<0.05$)。冰水搅拌组和高温加热致死组氨基态氮增速高于其他2组。贮藏6 d后,高温加热致死的鳙鱼肌肉中氨基态氮含量最高,其值达93.84 mg/100 g,比新鲜样品增加72%。电击致晕组和直接宰杀组黄鳙肌肉中氨基态氮含量显著低于其余2组($P<0.05$),直接宰杀组氨基态氮含量低,仅为63.28 mg/100 g。其原因可能是高温环境下鱼体应激反应强、蛋白酶活性高,导致肌肉中蛋白质分解活动加强^[18]。

3)对鳙鱼肌肉TBA值的影响。宰杀方式对鳙鱼肌肉TBA的影响见图2C。由图2C可知,宰杀方式对新鲜鳙鱼肌肉的TBA(2-thiobarbituric acid, β -硫代巴比妥酸)值有显著影响($P<0.05$),高温加热致死组较高,直接宰杀组TBA值最低,仅为15.75 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 。随着贮藏时间延长,冰水搅拌组TBA值逐渐下降,高温加热致死组TBA值则呈现先上升后下降的趋势,4种宰杀方式的鳙鱼肌肉TBA值出现波动。4℃贮藏6 d后高温加热致死组鳙鱼肌肉TBA值最高,为78.78 $\mu\text{g}/100\text{ g}$,显著高于其余3种致死方式($P<0.05$),其次是直接宰杀组,TBA值达到53.00 $\mu\text{g}/100\text{ g}$,冰水搅拌组的TBA值最低,其值为36.31 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 。说明鳙鱼经高温加热死后在4℃下贮藏,脂肪氧化程度最大,这是因为高温下

脂质易形成脂质过氧化代谢产物,不利于品质的保持^[19]。随着贮藏时间的延长,TBA含量呈现先上升后下降的趋势,说明贮藏一定时间后能够延缓脂肪氧化,其中冰水搅拌致晕后宰杀能有效控制鳙鱼肌肉的脂肪氧化。

4)对鳙鱼肌肉TVB-N含量的影响。不同致死方式对鳙鱼肌肉挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量的影响见图2D。由图2D可知,宰杀方式对新鲜鳙鱼肌肉TVB-N有显著影响($P<0.05$)。电击致晕组和直接宰杀组TVB-N含量较高。随着贮藏时间延长,TVB-N值增长呈现先慢后快趋势,冷藏第4天其TVB-N值开始迅速增加,新鲜度显著下降。这是因为挥发性盐基氮含量主要受微生物的影响,微生物前期增长缓慢,进入自溶阶段则开始迅速生长繁殖^[20-21]。在4种宰杀方式中,高温致死组的鳙鱼肌肉在贮藏中TVB-N含量增速最快,而直接宰杀组的增加最慢,冷藏6 d后高温致死组、直接宰杀组TVB-N含量分别为25.13、14.43 mg/100 g,与新鲜样品相比,其TVB-N含量分别增加了15.2、4.5 mg/100 g。高温致死的黄鳙肌肉组织中水解酶活性高,加速了蛋白质的分解,说明即杀方式能较好地保持冷藏中黄鳙肌肉的鲜度,高温致死则不利于黄鳙品质的保持。

5)对鳙鱼肌肉K值的影响。致死方式对鳙鱼肌肉K值的影响见图2E。由图2E可知,致死方式对新鲜鳙鱼肌肉K值有显著影响($P<0.05$),新鲜鳙鱼肌肉K值均小于10%,直接宰杀组的K值显著低于其他3种宰杀方式。黄鳙肌肉K值随贮藏时间延长而显著增加,在贮藏前期尤为明显,后期K值增长较慢。在4种宰杀方式中,高温致死组的K值增加最快,冰水搅拌组、电击致晕组、直接宰杀组的K值增加较慢,其K值分别在冷藏第4天和第6天达到最高,冷藏6 d时4组样品的K值分别为49.95%、44.80%、42.32%和42.20%,高温致死组的K值显著高于冰水搅拌组的,而冰水搅拌组的K值显著高于电击致晕组和直接宰杀组,说明直接宰杀和电击致晕能较好地保持鳙鱼肌肉的鲜度。其原因是电击致晕和直接宰杀能使黄鳙迅速致死,死前挣扎少则鱼体内ATP、糖原消耗最少,而冰水搅拌和高温致死组的黄鳙在死前有剧烈挣扎。有研究表明,鱼死前剧烈挣扎会导致体内ATP和糖原的大量消耗,各种物质加速水解,鲜度下降快^[22]。

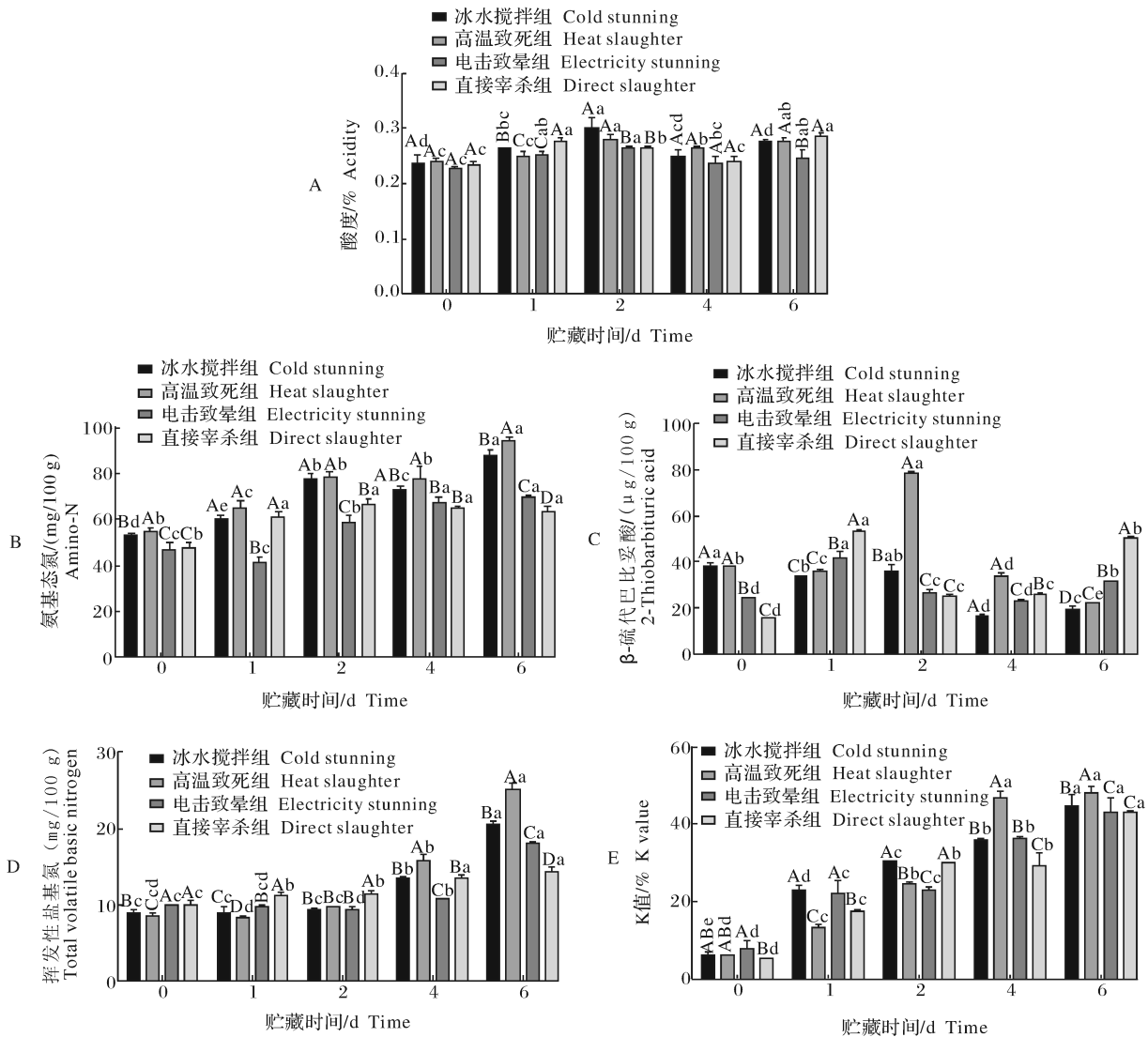


图 2 宰杀方式对鳝鱼肌肉鲜度的影响

Fig.2 Effect of slaughter methods on freshness of *Monopterus albus* muscle

2.3 宰杀方式对鳝鱼肌肉中生物胺含量的影响

采用 4 种不同方式宰杀的鳝鱼及其在 4 °C 贮藏过程中其肌肉中色胺、苯乙胺、腐胺、尸胺、组胺、酪胺、亚精胺以及总生物胺含量见表 1。从表 1 可知,新鲜鳝鱼肌肉中所含生物胺种类少、含量低,主要含有苯乙胺和腐胺,其他生物胺未检出,这与 Zare 等^[23]对新鲜印度鳝鱼肌肉中生物胺测定结果类似。在检测的 7 种生物胺中,亚精胺在冷藏中期产生,尸胺、组胺、酪胺则在贮藏后期产生,而在所有样品中

均未检出色胺。随着冷藏时间延长,鳝鱼肌肉中生物胺总量显著增加($P<0.05$)。冷藏 6 d 时,高温致死组、直接宰杀组、冰水搅拌组和电击致晕组黄鳝肌肉中生物胺总量分别为 17.23 ± 0.01 、 12.39 ± 0.02 、 8.15 ± 0.03 、 8.04 ± 0.02 mg/100 g,说明不同宰杀方式之间存在显著差异($P<0.05$),不同宰杀方式对鳝鱼肌肉生物胺影响表现为苯乙胺、亚精胺含量在冷藏过程中减少,尸胺在冷藏 4~6 d 时开始检出,且腐胺和尸胺含量在冷藏后期快速增加。

表 1 4 种不同宰杀方式对 4 ℃ 贮藏鳙鱼肌肉中生物胺含量的影响

Table 1 Effect of four different slaughter methods on biogenic amine of <i>Monopterus albus</i> muscle stored at 4 ℃ mg/100 g									
致死方式 Slaughter method	贮藏时间/d Storage time	色胺 Tryptamine	苯乙胺 Phentermine	腐胺 Putrescine	尸胺 Cadaverine	组胺 Histamine	酪胺 Tyramine	亚精胺 Spermidine	总量 Total
直接宰杀组 Direct slaughter	0	—	2.13±0.18a	0.62±0.05c	—	—	—	—	2.78±0.23c
	1	—	1.94±0.12ab	0.76±0.08c	—	—	—	—	2.70±0.09c
	2	—	2.23±0.21a	0.81±0.03c	—	—	—	—	2.77±0.56c
	4	—	1.79±0.15b	1.65±0.21b	2.33±0.06b	—	—	—	5.77±0.39b
	6	—	0.62±0.05c	5.45±0.31a	4.17±0.35a	—	2.14±0.04	—	12.39±0.05a
冰水搅拌组 Cold stunning	0	—	1.99±0.14a	0.58±0.16d	—	—	—	—	2.57±0.24c
	1	—	1.70±0.20ab	0.86±0.09c	—	—	—	—	2.56±0.28c
	2	—	1.24±0.20c	0.56±0.04d	—	—	—	—	1.80±0.21d
	4	—	1.90±0.23bc	1.99±0.12a	2.28±0.03b	—	—	—	5.70±0.27b
	6	—	0.55±0.15d	1.77±0.14b	2.41±0.09a	1.61±0.09	1.61±0.09	—	8.15±0.07a
高温致死组 Heat slaughter	0	—	2.40±0.05a	0.96±0.08a	—	—	—	—	3.35±0.13c
	1	—	2.44±0.96a	1.24±0.20b	—	—	—	2.61±0.07	6.28±0.79b
	2	—	1.73±0.13a	0.94±0.08b	—	—	—	—	2.67±0.49c
	4	—	1.90±0.10a	1.29±0.30b	—	—	2.06±0.16a	—	5.17±0.26b
	6	—	0.55±0.55b	8.19±0.76b	4.56±0.20	1.94±0.13	1.97±0.22a	—	17.23±0.95a
电击致晕组 Electricity stunning	0	—	0.84±0.07a	1.02±0.10b	—	—	—	—	1.86±0.12d
	1	—	0.97±0.09a	1.05±0.08b	—	—	—	2.47±0.09a	4.47±0.46b
	2	—	0.33±0.05b	0.99±0.16b	—	—	—	2.35±0.13a	3.65±0.11c
	4	—	0.30±0.01b	0.85±0.09b	—	—	—	—	1.15±0.19e
	6	—	0.14±0.01b	2.96±0.17a	4.94±0.14	—	2.14±0.04	—	8.04±0.24a

注：“—”表示未检出，不同小写字母表示相同处理不同贮藏时间下有显著性差异($P<0.05$)。Note:— meant no biogenic amines were detected.The different lowercase letters indicated that the difference between the samples through the same processing and different storage time is significant, $P<0.05$.

3 讨 论

菌落总数不仅能判断食品被微生物污染的程度,还可以用来预测食品的货架期^[24]。菌落总数是评价鱼肉鲜度的一个重要指标,也与生物胺的生成有着一定的相关性^[25]。4 种致死方式的鳙鱼肌肉菌落总数的变化趋势相似,都随着时间的增加而增加。在 4 种致死方式中,高温致死组和直接宰杀组的鳙鱼肌肉中菌落总数显著高于电击致晕组和冰水搅拌组($P<0.05$),其中冰水搅拌组最低。采用冰水搅拌致晕宰杀方式可有效延缓冷藏黄鳙肌肉中细菌增长,这与 Fu 等^[7]研究冰激致死和打头致死对凡纳滨对虾的总活菌数的影响一致。致死方式对鳙鱼肌肉鲜度和生物胺含量有显著影响($P<0.05$)。酸度是食品中酸性成分的总含量^[26]。生鲜水产品贮藏过程中,由于自身所含水解酶和细菌的作用,会引起水产品组织酸度的变化。宰杀方式会影响鱼肉中糖原、乳酸和 ATP 含量,采用不同方式宰杀的黄鳙肌肉的酸度及其在贮藏中的变化也会不同。游离氨基态氮含量的变化,一定程度反映了贮藏鱼肉中蛋白质水解及新鲜度的变化^[16]。TBA 值与肉类食品脂肪氧化有关,脂肪氧化越严重,产生的醛酮类化合物越多,TBA 值就越大。因此,常用 TBA 值来判定

水产品贮藏早期脂肪氧化程度^[27]。在水产品解僵、自溶、腐败过程中,由于内源酶和微生物的作用,会产生大量的胺和胺类化合物,这些化合物统称为挥发性盐基氮^[3],是判断鱼肉新鲜程度的重要指标之一^[28-30]。鱼宰杀后其肌肉中的 ATP 逐步降解为 ADP、AMP、IMP、HxR、Hx,ATP 的降解与鲜度的丧失之间存在线性关系,目前常用 K 值来评价鱼肉僵直期至自溶阶段的鲜度^[31]。K 值越小表示鲜度越好,反之则鲜度越差^[32]。直接宰杀组和电击致晕组鳙鱼肌肉的 K 值、TVB-N、氨基态氮显著低于高温致死组和冰水搅拌组($P<0.05$),其中直接宰杀法最优。冰水搅拌致晕组能有效控制鳙鱼肌肉的脂肪氧化。随着贮藏时间的延长,鳙鱼肌肉酸度、TBA 含量先上升后下降,K 值、TVB-N、氨基态氮则逐渐上升。

鳙鱼肌肉在贮藏过程中产生了一定量的生物胺,其中腐胺和尸胺是主要组成成分。鳙鱼在不良环境(高温)下死亡后,产生的生物胺含量最高。而冰水搅拌致晕组与其他 3 种致死方式相比,腐胺和尸胺生成量最少,所以生物胺产生量也最少。Hu 等^[33]和徐杰等^[34]分别在研究乌贼、章鱼和凡纳滨对虾在不同贮藏温度和贮藏时间下的生物胺种类和含量的变化时,发现腐胺和尸胺,在贮藏后期快速增

加,变化最显著。其中亚精胺含量随着贮藏天数的增加而降低,其他胺类都呈现增加趋势,色胺贮藏后期显著增加($P<0.05$)。直接宰杀组、冰水搅拌组、高温加热致死组的苯乙胺含量在第 6 天显著降低至 $0.5\sim 0.6\text{ mg}/100\text{ g}$ 。电击致晕和直接宰杀的鳙鱼肌肉在贮藏期内未检测到组胺。在 4 种致死方式中,腐胺的含量在贮藏前 2 d 均没有显著变化($P>0.05$),从第 4 天开始显著增加($P<0.05$),冰水搅拌组的产生量最少。直接宰杀和高温加热致死下的鳙鱼肌肉产生腐胺的速度快于其他 2 种方式。此外,冰水搅拌致晕组尸胺产生量也少于其他 3 种致死方式。腐胺和尸胺是鳙鱼在贮藏期中主要的生物胺组成成分,从生物胺前体氨基酸的角度分析,黄鳝肌肉组织中赖氨酸(Lys)和精氨酸(Arg)含量最丰富,而赖氨酸可通过微生物脱羧生成尸胺,精氨酸通过代谢可直接产生腐胺和亚精胺,所以黄鳝新鲜肌肉组织中含有了少量的腐胺^[35]。鳙鱼体内含有组氨酸和色氨酸,但是直接宰杀组和电击致晕组在贮藏 6 d 内均未检测到组胺,4 种致死方式中都没有检测出色胺,这可能是致死方式的不同导致前体氨基酸转化为对应生物胺的条件不满足,或者贮藏期间水产品的肉质影响着微生物对氨基酸产胺的转化及贮藏时间相对较短。直接宰杀组、高温加热致死组和电击致晕组中腐胺和尸胺含量均超过了生物胺总量的 70%,而冰水搅拌组也达到了 51%。贮藏 6 d 后,高温加热致死的鳙鱼肌肉生物胺含量高于其他方式,冰水搅拌致晕组最低。电击致晕组鳙鱼肌肉中苯乙胺含量低于其他 3 种致死方式。冰水搅拌致晕能有效控制生物胺的生成,电击致晕次之。综上所述,虽然直接宰杀能较好控制鳙鱼肌肉鲜度,但从安全的角度考虑,冰水搅拌致晕后宰杀能减少鳙鱼肌肉生物胺的产生量及控制微生物的数量,所以冰水搅拌致晕后宰杀为鳙鱼较好的致死方式。

参 考 文 献

- [1] 农业部渔业局.中国渔业年鉴 2015 [M].北京:中国农业出版社,2015.
- [2] 李燕,汪亮,雷晓中,等.即食鲜香鳙条的加工工艺[J].科学养鱼,2014(12):75.
- [3] SHALAB A R. Significance of biogenic amines to food safety and human health[J]. Food research international, 1996, 29(7): 675-690.
- [4] ÖNAL A. A review: current analytical methods for the determination of biogenic amines in foods[J]. Food chemistry, 2007, 103(4): 1475-1486.
- [5] 赵莉君,顾卫瑞,赵思明,等.包装处理方式对冰温贮藏鳊鱼片品质的影响[J].华中农业大学学报,2010,29(5):639-643.
- [6] 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.
- [7] FU L L, CHEN X, WANG Y. Quality evaluation of farmed white leg shrimp, *litopenaeus vannamei*, treated with different slaughter processing by infrared spectroscopy[J]. Food chemistry, 2014, 151(4): 306-310.
- [8] 方静,黄卉,李来好,等.不同致死方式对罗非鱼鱼片品质的影响[J].南方水产科学,2013(5):13-18.
- [9] 施文正,王锡昌,陶宁津,等.致死方式对养殖草鱼肉挥发性成分的影响[J].水产学报,2011,35(3):456-465.
- [10] 吕凯波.冰温气调保鲜对黄鳝片品质及其菌相的影响[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [11] 吴燕燕,李冰,杨贤庆.腌制水产品货架期的研究进展[J].食品工业科技,2015,36(13):388-392.
- [12] 李婷婷.大黄鱼生物保鲜技术及新鲜度指示蛋白研究[D].杭州:浙江工商大学,2013.
- [13] ZHANG L, LI X, LU W, et al. Quality predictive models of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) at different temperatures during storage[J]. Food control, 2011, 22(8): 1197-1202.
- [14] KUDA T, FUJITA M, GOTO H, et al. Effects of retort conditions on ATP-related compounds in pouched fish muscle[J]. LWT-food science and technology, 2008, 41(3): 469-473.
- [15] 刘寿春,钟赛意,马长伟,等.以生物胺变化评价冷藏罗非鱼片腐败进程[J].农业工程学报,2012,28(14):277-282.
- [16] 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.
- [17] 刘寿春,钟赛意,李平兰,等.蛋白质降解指示冷藏罗非鱼片品质劣变研究[J].食品科学,2013,34(2):241-245.
- [18] 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.
- [19] SAMANTA P, PAL S, MUKHERJEE A K, et al. Biochemical effects of glyphosate based herbicide, excel mera 71 on enzyme activities of acetylcholinesterase (AChE), lipid peroxidation (LPO), catalase (CAT), glutathione-S-transferase (GST) and protein content on teleostean fishes[J]. Ecotoxicology & environmental safety, 2014, 35(9): 117-136.
- [20] 洪惠,朱思潮,罗永康,等.鲮在冷藏和微冻贮藏下品质变化规律的研究[J].南方水产科学,2011,7(6):7-12.
- [21] KENAR M, ÖZOGUL F, KULEY E. Effects of rosemary and sage tea extracts on the sensory, chemical and microbiological changes of vacuum - packed and refrigerated sardine (*Sardina pilchardus*) fillets[J]. International journal of food science & technology, 2010, 45(11): 2366-2372.
- [22] MARTINE M, CHRISTOPHE C, FLORENCE L, et al. Modifications of trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle proteins by preslaughter activity[J]. Journal of agricultural & food chemistry, 2006, 54(8): 2997-3001.
- [23] ZARE D, MUHAMMAD K, BEJO M H, et al. Changes in urocanic acid, histamine, putrescine and cadaverine levels in Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) during storage at different

temperatures[J]. Food chemistry, 2013, 139 (1/2/3/4): 320-325.

[24] BAIXAS S, BOVER S, VECIANA M T, et al. Effect of gutting on microbial loads, sensory properties, and volatile and biogenic amine contents of European hake (*Merluccius merluccius* var. mediterraneus) stored in ice[J]. Journal of food protection, 2009, 72(8): 1671-1676.

[25] HOUICHER A, KULEY E, BENDEDDOUCHE B, et al. Effect of *Mentha spicata* L. and *Artemisia campestris* extracts on the shelf life and quality of vacuum-packed refrigerated sardine (*Sardina pilchardus*) fillets[J]. Journal of food protection, 2013, 76(10): 1719-1725.

[26] 张钦发, 许霞, 何淑华. 包装鲜鱼肉贮存期间品质参数关系研究[J]. 食品研究与开发, 2013(11): 94-96.

[27] 范文教, 孙俊秀, 陈云川, 等. 茶多酚对鲮鱼微冻冷藏保鲜的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 294-297.

[28] KODOGIANNIS V S, KONTOGIANNI E, LYGOURAS J N. Neural network based identification of meat spoilage using Fourier-transform infrared spectra[J]. Journal of food engineering, 2014, 142(6): 118-131.

[29] 尹涛, 刘敬科, 赵思明, 等. 冷藏和热加工对鲮肌肉主要滋味活性物质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2015, 34(1): 108-114.

[30] 尹涛, 刘敬科, 赵思明, 等. 冷藏和加热对鲮肌肉挥发性成分的影响[J]. 华中农业大学学报, 2014, 33(3): 97-102.

[31] AUBOURG S P, PINEIRO C, GALLARDO J M, et al. Biochemical changes and quality loss during chilled storage of farmed turbot (*Psetta maxima*) [J]. Food chemistry, 2005, 90(3): 445-452.

[32] 汤水粉, 罗方方, 钱卓真, 等. 鱼类贮藏期间鲜度指标 K 值变化及鲜度评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2014(12): 4107-4114.

[33] HU Y, HUANG Z Y, LI J, et al. Concentrations of biogenic amines in fish, squid and octopus and their changes during storage[J]. Food chemistry, 2012, 135(4): 2604-2611.

[34] 徐杰, 薛长湖, 赵庆喜, 等. 贮藏过程中凡纳滨对虾生物胺的变化[J]. 渔业科学进展, 2007, 28(4): 104-109.

[35] RUIZ-CAPILLAS C, JIMENEZ -COLMENERO F. Biogenic amines in meat and meat products[J]. Critical reviews in food science & nutrition, 2004, 44(7/8): 489-499.

Effects of different slaughter methods on freshness and biogenic amines of *Monopterus albus* muscle

ZHOU Jiaojiao¹ GUO Danjing¹ YOU Juan¹ LI Jianrong² XIONG Shanbai¹

1.College of Food Science and Technology/National R&D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing (Wuhan), Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2.College of Food Science and Engineering, Bohai University/ Liaoning Province Key Lab for Food Safety, Jinzhou 121013, China

Abstract The changes in freshness and biogenic amines content of *Monopterus albus* during storage were studied. Through direct slaughter, electricity stunning, cold stunning and heat slaughter, the total number of colonies, acidity, amino-N, TBA, TVB-N, K value and biogenic amines content and its changes under cold storage were investigated. The results showed that the amino-N, TVB-N, K value of *Monopterus albus* muscle under direct slaughter and electricity stunning were significantly lower than that of the other two methods ($P<0.05$). The TVB-N of *Monopterus albus* muscle under direct slaughter, electricity stunning, cold stunning, heat slaughter were 9.92, 9.94, 8.99, and 8.58 mg/100 g, respectively. After 6 days storage at 4 °C, the increases of TVB-N were 4.48, 8.06, 11.66, 16.55 mg/100 g. Cold stunning effectively controlled the lipid oxidation of muscle and weakened the increase of total bacterial count. When *Monopterus albus* died in high temperature, biogenic amine accumulated maximum to 17.23 mg/100 g. *Monopterus albus* killed by cold stunning produced lowest biogenic amine, 8.15 mg/100 g. Cold stunning effectively controlled the content of total biogenic amines, cadaverine and putrescine of *Monopterus albus* muscle.

Keywords *Monopterus albus*; slaughter method; storage time; total number of colonies; freshness; biogenic amines

(责任编辑: 陆文昌)