

白鲢鱼片在冷藏和微冻条件下的鲜度和品质变化

陈思¹, 李婷婷^{2,3}, 李欢¹, 马艳¹, 熊善柏⁴, 李敏镇⁵, 励建荣^{1,*}

(1.渤海大学食品科学研究所, 辽宁省食品安全重点实验室, 辽宁 锦州 121013; 2.西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 3.大连民族大学生命科学学院, 辽宁 大连 116600; 4.华中农业大学食品科技学院, 湖北 武汉 430070; 5.鞍山嘉鲜农业发展有限公司, 辽宁 鞍山 114100)

摘要:以白鲢鱼为实验对象,通过测定菌落总数、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值、pH值、K值、三甲胺(trimethylamine, TMA)值、2-硫代巴比妥酸(2-thiobarbituric acid, TBA)值等鲜度指标,结合感官评价,以期探究冷藏以及微冻条件下鲢鱼片的品质变化规律。结果表明,在4℃冷藏和-2℃微冻条件下贮藏的鲢鱼片TVB-N值、TMA值、菌落总数均随贮藏时间的延长而呈增长趋势;pH值先降低后增高;感官分数值呈降低趋势。综合各项指标变化,4℃冷藏条件下鲢鱼片的货架期为6d, -2℃微冻条件下货架期为18d,与冷藏相比,微冻能明显延长白鲢鱼片的货架期。

关键词:鲢鱼片;理化指标值;品质变化;冷藏;微冻

Changes in Freshness and Quality of Silver Carp Fillets during Chilled and Partial Freezing Storage

CHEN Si¹, LI Tingting^{2,3}, LI Huan¹, MA Yan¹, XIONG Shanbai⁴, LI Minzhen⁵, LI Jianrong^{1,*}

(1. Food Safety Key Laboratory of Liaoning Province, College of Food Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China; 2. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 3. College of Life Science, Dalian Nationality University, Dalian 116600, China; 4. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 5. Anshan Jiaxian Agricultural Development Co. Ltd., Anshan 114100, China)

Abstract: In this research, we evaluated the changes in the freshness and quality of silver carp fillets during chilled storage and partial freezing storage as indicated by physicochemical and microbial indexes including total volatile basic nitrogen (TVB-N) value, pH value, trimethylamine (TMA) value, 2-thiobarbituric acid (TBA) value, K value, the total number of bacterial colonies and sensory evaluation. The results showed TVB-N value, TMA value and the total number of colonies of silver carp fillets stored at 4℃ and partially frozen at -2℃ increased with the extension of storage time while pH value increased after an initial decrease and the score of sensory evaluation showed a decreasing trend. Taking all these indicators into consideration, the shelf life was 6 days at chilled storage (4℃) and 18 days at partial freezing storage (-2℃). It could be concluded that partial freezing temperatures extended the shelf life of silver carp fillets obviously.

Key words: silver carp fillets; physical and chemical indexes; quality change; chilled storage; partial freezing

中图分类号: TS254.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)24-0297-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201524055

中国是世界淡水鱼产销大国,2013年我国淡水鱼类养殖量达2 802.4万 t^[1]。白鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)因生长快、疾病少、产量高,多与草鱼、鲤鱼混养,为我国主要的淡水养殖鱼类之一。其价格低廉,肉色白、质嫩、加工性能优良,是加工前景最为看好的淡水鱼种^[2]。目前市场上白鲢鱼销售通常以鲜活为主,而

且不容易保活,有很大的产地局限性;而加工的生鲜鱼片因去除头、骨、内脏、皮等,能降低微生物污染,延长货架期,且方便易于调理而备受消费者青睐。

水产品由于富含水分和蛋白质,在贮藏过程中极易发生腐败变质。低温贮藏能有效抑制多种微生物的生长和繁殖,同时能抑制鱼体自身酶的活性,是保鲜渔获物

收稿日期: 2015-04-30

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31301572);“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD29B06);中国博士后科学基金项目(2014M552302);高等学校博士学科点专项科研基金项目(优先发展领域)(20113326130001);重庆市项目博士后资助项目(Xm2014041)

作者简介: 陈思(1991—),男,硕士研究生,主要从事水产品贮藏加工与质量安全控制研究。E-mail: shiancs@163.com

*通信作者: 励建荣(1964—),男,教授,博士,主要从事水产品贮藏加工及质量安全控制研究。E-mail: lij6491@163.com

普遍采用的一种方法^[3]。冷藏是低温保鲜中应用最广泛的技术,但货架期过短难以满足大规模生产的需要。微冻保鲜是将渔获物贮藏在其冻结点的一种轻度冷冻保鲜方法。与冷藏相比较,微冻保鲜水产品的货架期能延长1.5~4倍,即20~27 d^[4-5]。近年来,我国白鲢鱼产量逐年增加,规模化鲢鱼的贮运、加工技术问题日益突出,国内外许多学者已对部分鱼在贮藏过程中品质变化进行研究^[6-8],但白鲢鱼鱼片在贮藏过程中的品质变化至今还鲜有报道。因此,对冷藏和微冻白鲢鱼鱼片进行新鲜度评价,研究其品质变化规律,可以为鲢鱼的贮藏、销售和加工以及提高其货架期提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

养殖鲜活白鲢鱼(20条)购自辽宁省锦州林西水产市场。平均质量(1.9 ± 0.1) kg,冰冻致死,去头、去内脏,沿脊椎剖为两半,剥皮后取脊背肉,切成4~6 cm的鱼片,随机装入已经灭菌的食品保鲜袋中,每袋封装150 g左右,分别置于4℃和-2℃冰箱中贮藏以备后续实验。

三氯乙酸、磷酸二氢钾、磷酸氢二钾、氢氧化钾,氢氧化钠、无水乙醇、盐酸(均为分析纯) 天津市化学试剂三厂;溴甲酚绿、甲基红、酚酞(均为分析纯) 天津光伏科技发展有限公司;硫代巴比妥酸、甲苯(均为分析纯) 天津市科密欧化学试剂有限公司;ATP、ADP、AMP、IMP、HxR、Hx单标样品 国家标准样品网;平板计数琼脂 青岛海博生物技术有限公司。

1.2 仪器与设备

AF-10制冰机 斯科茨曼制冰机系统(上海)有限公司;PL602-L电子天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;UV2550紫外-可见分光光度计 杭州惠尔仪器设备有限公司;Biofuge stratos台式高速离心机 美国Thermo Fisher公司;LRH系列生化培养箱 上海一恒科技有限公司;Agilent-1200高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)仪 美国安捷伦科技公司;MLS-3030CH立式高压灭菌锅 三洋电机(广州)有限公司。

1.3 方法

将贮藏于4℃和-2℃的白鲢鱼样品,每隔2 d测其理化指标,包括挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值、三甲胺(trimethylamine, TMA)值、细菌总数、pH值、K值。

1.3.1 菌落总数的测定

按照GB 4789.2—2010《食品微生物学检验:菌落总数测定》^[9]进行稀释平板计数法测定。

1.3.2 TVB-N值的测定

TVB-N值测定依照SC/T 3032—2007《水产品中挥发性盐基氮的测定》中的微量扩散法测定。

1.3.3 pH值的测定

参考Arashisar等^[10]的方法。取10 g绞碎样品于烧瓶中,加入煮沸冷却的蒸馏水90 mL,匀浆后静置30 min后过滤,用pH计测其pH值。

1.3.4 2-硫代巴比妥酸(2-thiobarbituric acid, TBA)值的测定

参考Siu等^[11]的TBA值测定方法略有修改。取10 g绞碎后的鱼肉,加入25 mL蒸馏水以及25 mL 10%的三氯乙酸溶液,均质过滤后取5 mL上清液,加入0.02 mol/L硫代巴比妥酸溶液5 mL,在80℃条件下水浴40 min,冷却后在532 nm波长处测吸光度。TBA值用丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量表示。

1.3.5 TMA值的测定

参照GB/T 5009.179—2003《火腿中三甲胺氮的测定》和许龙福等^[12]的修订方法,采用苦味酸法测定。

1.3.6 K值

参考Özogul等^[13]的方法,经修改后的草鱼的ATP及其关联物的实验方法为:用烧杯准确称取5 g碎鱼肉,加入0.6 mol/L的25 mL高氯酸,充分匀浆后,1 940×g离心10 min,取出上清液,再用1 mol/L的NaOH溶液将其pH值调节至6.5~6.8范围内。然后在1 940×g条件下再次离心10 min后,取上清液。使用前用0.45 μm的无机滤膜过滤。若长期不用,可于-80℃冻藏备用。

色谱条件:色谱柱BDS C₁₈(250 mm×4.6 mm),以0.04 mol/L KH₂PO₄和0.06 mol/L K₂HPO₄混和溶液作为流动相。进样量为20 μL,液相流速为1 mL/min,柱温为37℃,紫外检测器波长为254 nm。

ATP及其降解产物标准品HPLC图谱的测定:将ATP、ADP、AMP、IMP、HxR、Hx单标样品以及它们的混合标样在上述色谱条件下进行测定,以含量为横坐标,峰面积为纵坐标绘制标准曲线。

K值定义如下式所示:

$$K\% = \frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx} \times 100$$

式中:HxR为次黄嘌呤核苷含量;Hx为次黄嘌呤含量;ATP为三磷酸腺苷含量;ADP为二磷酸腺苷含量;AMP为腺苷酸含量;IMP为肌苷酸含量。单位均为μmol/g(湿基)。

1.3.7 感官评价

生鲜鱼片以色泽、气味、组织形态和肌肉弹性为检验项目,各项目分别为好、较好、一般、较差和差5个级别,分值分别为5、4、3、2、1分,满分20分。感官评分低于10分失去食用价值。由10名品评员组成固定的感

官评价小组,对白鲢鱼片的感官品质进行评定,具体评分标准见表1^[2]。

表1 白鲢鱼片的感官评价标准
Table 1 Criteria for sensory evaluation of silver carp fillets

评分	气味	色泽	组织状态	肌肉弹性
5	固有的香味,清新	色泽正常,肌肉切面富有光泽	肌肉组织致密完整,纹理很清晰	坚实有弹性,手压后凹陷立即消失
4	固有的香味,较清新	色泽正常,肌肉切面有光泽	肌肉组织紧密,纹理较清晰	坚实有弹性,手压后凹陷较快消失
3	略带异味	色泽稍暗淡,肌肉切面稍有光泽	肌肉组织不紧密,但不松散	较有弹性,手压后凹陷消失较慢
2	固有香味消失,有腥臭味或氨臭味	色泽较暗淡,肌肉切面无光泽	肌肉组织不紧密,局部松散	稍有弹性,手压后凹陷消失很慢
1	有强烈的腥臭味或氨臭味	色泽暗淡,肌肉切面无光泽	肌肉组织不紧密,松散	无弹性,手压后凹陷不消失

2 结果与分析

2.1 菌落总数分析

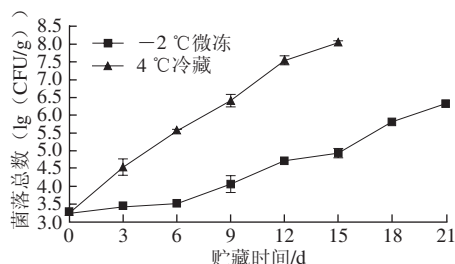


图1 白鲢鱼片菌落总数的变化趋势

Fig.1 Changes in total number of bacterial colonies in silver carp fillets

刚捕获鱼类微生物的多少主要取决于其生存环境下的微生物数量。鱼体死后,随着贮藏时间的延长,其体内微生物的增长和繁殖是导致鱼肉腐败变质的主要原因。由图1可知,菌落总数初始值为3.25 (lg (CFU/g)),随着贮藏时间的延长,菌落总数均呈上升趋势。其中菌落总数 $\leq 1.3 \times 10^5$ CFU/g为一级品,菌落总数 $\leq 1 \times 10^6$ CFU/g为二级品^[14]。冷藏条件下,白鲢鱼片菌落总数增长趋势明显,9 d达到6.41 (lg (CFU/g)),不可食用。微冻条件下,贮藏前6 d增长缓慢,第9天增长速率略有上升,21 d为6.33 (lg (CFU/g)),失去加工价值。在整个贮藏期内,微冻贮藏条件下白鲢鱼的有效货架期为18 d,冷藏为6 d,微冻保藏的白鲢鱼货架期比冷藏延长了2倍。这与张丽娜等^[15]研究的草鱼片在冷藏和微冻条件下品质变化规律基本相似,其研究的草鱼片4 °C冷藏条件下贮藏8 d菌落总数达到7.06 (lg (CFU/g)),超出食用限值,−3 °C微冻条件下的货架期为35 d,由于鱼种的个体差异,以及选用略有不同的微冻温度,所达到腐败变质的贮藏期限也有所差异。

2.2 TVB-N值分析

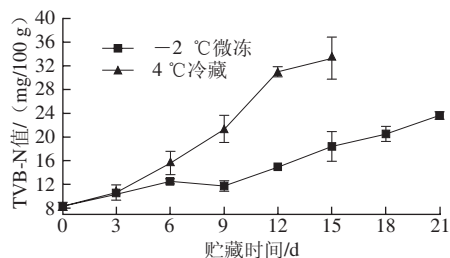


图2 白鲢鱼片TVB-N值的变化趋势

Fig.2 Changes in TVB-N value of silver carp fillets

TVB-N是动物性食品由于自身酶或腐败微生物所分解的胞外酶的作用,蛋白质被分解而产生氨以及胺类等碱性含氮物质,此类物质具有挥发性,它已经被世界上绝大多数国家认定为水产品腐败程度的指标^[16]。根据GB 2733—2005《鲜、冻动物性水产品卫生标准》的规定,淡水鱼的TVB-N值不得大于限量值20 mg/100 g,超出不可食用。由图2可知,冷藏保鲜在6 d的TVB-N值为15.6 mg/100 g,超过淡水产品一级新鲜度TVB-N限值(不大于13 mg/100 g^[17]),食用和加工品质降低,9 d的TVB-N值超出限量值,不可食用;微冻保鲜9 d内处于一级新鲜度,21 d失去食用价值。胡素梅等^[18]对鲤鱼在冷藏和微冻条件下品质变化进行了研究,鲤鱼TVB-N值初始值为8.72 mg/100 g,与鲢鱼相仿,其4 °C冷藏条件下第12天的TVB-N值为19.23 mg/100 g,处于二级鲜度以内;微冻条件下鲤鱼第30天的TVB-N值为18.85 mg/100 g,仍处于二级鲜度以内。由此可见,在微冻和冷藏条件下不同鱼种之间TVB-N值变化速率存在一定差异。

2.3 pH值分析

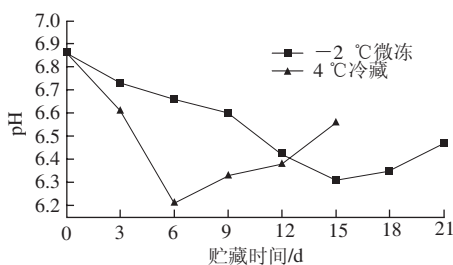


图3 白鲢鱼片pH值的变化趋势

Fig.3 Changes in pH value of silver carp fillets

如图3所示,贮藏初期pH值均呈下降趋势,4 °C和−2 °C条件下pH值分别在第6天和第15天达到最小值,分别为6.21和6.33,随着贮藏时间的延长,pH值呈升高趋势,整个贮藏期呈“V”字形。pH值的降低,与糖原的含量和肌肉的缓冲能力有关,鲜活鱼死后,ATP和磷酸肌酸等物质分解产生磷酸等酸性物质^[18],同时糖原分解产生乳酸,使pH值降低。贮藏中后期,pH值升高是由

于微生物作用使鱼体蛋白质分解产生碱性物质所致。与朱广文等^[19]研究的草鱼在微冻和冷藏条件下pH值的变化规律相似,其认为微冻保鲜可以有效减缓pH值的变化速率。但由于鱼体pH值与鱼种有关,还可能与生长环境、捕捞方式及后期处理有关,故pH值仅可作为鲜度的参考指标。

2.4 TBA值分析

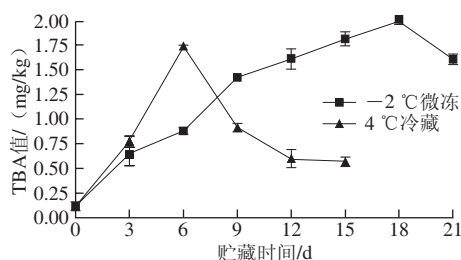


图4 白鲢鱼片TBA值的变化趋势

Fig.4 Changes in TBA value of silver carp fillets

TBA值广泛应用于测定食品脂类氧化酸败程度,特别是肉类和水产品脂肪的氧化酸败程度,是较好的脂肪氧化评价指标^[18]。它主要是依据脂类食品中不饱和脂肪酸氧化降解产物MDA与TBA反应生成稳定的红色化合物。如图4所示,TBA值在贮藏0 d时含量很小,为0.112 mg/kg,微冻和冷藏条件下的TBA值都有一个先升高后降低的过程,冷藏条件下6 d时TBA值达到最高为1.732 mg/kg,微冻条件下18 d时达到最高值为1.989 mg/kg,说明微冻贮藏可以有效减缓脂肪的氧化速率。Auburg^[20]认为TBA值并不能很好地反映脂肪的氧化情况,主要是因为MDA可能和鱼体的其他成分如胺类、核苷和核苷酸、蛋白质、磷脂类氨基酸以及醛类化合物发生反应,这些物质的产生终止了脂肪氧化的进程。虽然微冻贮藏可以有效减缓脂肪的氧化速率,但是TBA值由于上述原因并不适合作为白鲢鱼品质变化的评价指标。

2.5 TMA值分析

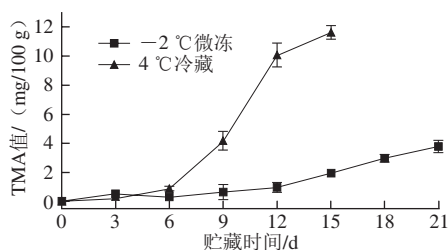


图5 白鲢鱼片TMA值的变化趋势

Fig.5 Changes in TMA value of silver carp fillets

氧化三甲胺广泛分布于猪肉、鱼和虾中,氧化三甲胺会在微生物和酶的作用下降解生成TMA和二甲胺,随着

鲜度下降,TMA的体积分数会越来越高^[21]。马成林等^[22]认为,尽管新鲜淡水鱼体内氧化TMA含量很少,但在鲜度发生变化的过程中,TMA含量亦有一个由零至迅速增加的过程,可以作为淡水鱼的指标。从图5可以看出,新鲜的鲢鱼片中的TMA含量很低,冷藏条件下TMA值在6 d开始迅速增加,9 d达到4.195 mg/100 g,而微冻贮藏TMA值保持缓慢增长,21 d达到3.794 mg/100 g,微冻可以明显减缓TMA值的增长速率,变化趋势与细菌总数和TVB-N值的变化趋势基本一致,与姚燕佳等^[23]的研究结果相似,说明TMA值适合作为评价白鲢鱼新鲜度的指标。

2.6 K值分析

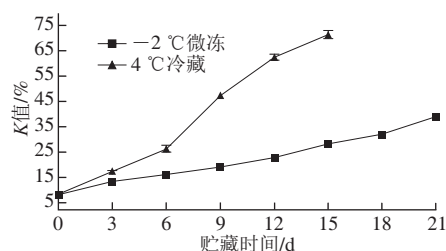


图6 白鲢鱼片K值的变化趋势

Fig.6 Changes in K value of silver carp fillets

K值是一种广泛用于评价鱼类新鲜度的指标,被定义为HxR和Hx所占ATP降解物的比重,一般认为即杀鱼的K值是低于10%的,为一级鲜度,K值在20%~40%的鱼属于二级鲜度,K值在60%~80%的鱼已经初期腐败,不可接受^[24]。如图6所示,白鲢鱼片初始K值为8.22%,为一级鲜度,微冻条件下贮藏的白鲢鱼片K值呈平稳上升趋势,21 d的K值为38.7%,仍处于二级鲜度范围内。冷藏条件下白鲢鱼片K值呈快速上升趋势,9 d的K值为47.1%,超出二级鲜度,12 d为62.3%,初期腐败,不可加工和食用。由此可知,低温可以明显抑制ATP的分解,延缓K值的生长。

2.7 感官分析

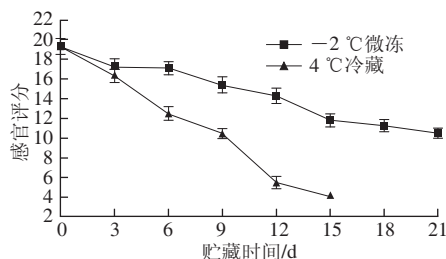


图7 白鲢鱼片感官评价值的变化趋势

Fig.7 Changes in sensory evaluation value of silver carp fillets

感官分析被广泛应用于鱼类的新鲜度评价^[25]。感官评价快速、简便,是消费者判断水产品新鲜度的主要

式,虽然存在一些主观因素,但对于鱼类的品质变化评价具有一定的参考价值。从图7可以看出,微冻和冷藏条件下感官综合评价均随着时间的延长而降低,新鲜鲢鱼片评分接近满分,没有获得满分的主要原因可能是刚刚宰杀的鲢鱼有较明显的腥味。第3天微冻贮藏感官评分有较明显下降,可能是由于微冻条件下,肉质偏硬,弹性略显不足,第15天感官评分也出现了较明显的下降趋势,是由于鱼肉出现了轻度冻结现象。在整个微冻贮藏期内,感官评分并未降到不可接受限值10分以下。而冷藏条件下的白鲢鱼片感官评分下降趋势较为明显,9 d感官评分为10.4,接近感官极限值,15 d感官评分为4,为感官评价最低分,鱼肉腐败,不可食用。

-5~-1℃是最大冰晶生成带,食品在此温度区间内会产生严重的汁液流失现象,导致其更易发生腐败变质,而所采用的微冻温度-2℃正处于该温度区间,在实验过程中虽对微冻和冷藏条件下的白鲢鱼片进行了感官评价,汁液流失问题并未在评价中有所体现,微冻贮藏后期出现的轻度冻结现象也未能量化。

3 结 论

与4℃冷藏相比,-2℃微冻能明显延缓白鲢鱼在贮藏过程中菌落总数、TVB-N值、TMA值和K值的生长,降低白鲢鱼感官品质的下降速率,延迟贮藏初期pH值下降的时间,延长货架期。pH值在整个贮藏期呈“V”字形,TBA值先升高后降低,不适合单独作为白鲢鱼的鲜度评价指标。根据TVB-N值、TBA值、K值及感官品质指标预测冷藏和微冻白鲢鱼的货架期分别为6 d和18 d。

参考文献:

- [1] 农业部渔业局. 中国渔业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014: 45.
- [2] 胡永金, 刘晓勇, 朱俊仁. 不通气调包装对冷藏白鲢鱼片质量的影响[J]. 食品工业科技, 2007, 28(5): 185-189.
- [3] 黄晓春, 候温甫, 杨文鸽, 等. 冰藏过程中美国红鱼生化特性的变化[J]. 食品科学, 2007, 28(1): 337-340.
- [4] 龚婷. 生鲜草鱼片冰温气调保鲜的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [5] DUUN A S, RUSTAD T. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets[J]. Food Chemistry, 2007, 105(3): 1067-1075.
- [6] 王彩霞, 熊善柏, 赵思明, 等. 鲜鱼肉贮藏品质与保鲜方法的研究进展[J]. 肉类工业, 2008(11): 50-54.
- [7] 曾名勇, 黄海. 鲈鱼在微冻保鲜过程中的质量变化[J]. 中国水产科学, 2001, 8(4): 67-69.
- [8] 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.
- [9] 卫生部. GB 4789.2—2010 食品微生物学检验: 菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [10] ARASHISAR S, HISAR O, KAYB M, et al. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets[J]. Food Microbiology, 2004, 97(2): 209-214.
- [11] SIU G M, DRAPER H. A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish[J]. Journal of Food Science, 1978, 43(4): 1147-1149.
- [12] 许龙福, 俞飞兰, 胡振友, 等. 火腿中三甲胺氮测定方法的修订及验证[J]. 预防医学论坛, 2001, 11(6): 641-643.
- [13] ÖZOGUL F, ÖZDEN Ö, ÖZOGUL Y, et al. The effects of gamma-irradiation on the nucleotide degradation compounds in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice[J]. Food Chemistry, 2010, 122(3): 789-794.
- [14] 俞静芬, 赵培城, 丁玉庭. 鲮鱼近微冻保鲜过程中的品质变化特征[J]. 食品工业科技, 2007, 28(7): 186-188.
- [15] 张丽娜, 胡素梅, 王瑞环, 等. 草鱼片在冷藏和微冻条件下品质变化的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(8): 175-179.
- [16] RUIZ-CAPILLAS C, MORAL A. Changes in free amino acids during chilled storage of hake (*Merluccius* L.) in controlled atmospheres and their use as a quality control index[J]. European Food Research and Technology, 2001, 212(3): 302-307.
- [17] 成媛媛, 刘永乐, 王建辉, 等. 普鲁兰多糖在草鱼鱼肉保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2012, 33(2): 272-275.
- [18] 胡素梅, 张丽娜, 罗永康, 等. 冷藏和微冻条件下鲤鱼品质变化的研究[J]. 渔业现代化, 2010, 37(5): 38-42.
- [19] 朱广文, 曹川, 郭云霞, 等. 草鱼微冻保鲜和冷却保鲜的比较研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(11): 267-269.
- [20] AUBURG S P. Review: interaction of malondialdehyde with biological molecules-new trends about reactivity and significance[J]. International Journal of Food Science and Technology, 1993, 28(4): 323-335.
- [21] 胡彩虹, 许梓荣. 气相色谱法测定猪肉、鱼和虾中三甲胺的含量[J]. 食品科学, 2001, 22(5): 62-64.
- [22] 马成林, 陈琦昌, 李力权, 等. 应用三甲胺评价淡水鱼新鲜度的研究[J]. 兽医大学学报, 1992, 12(4): 398-399.
- [23] 姚燕佳, 张进杰, 顾伟钢, 等. 不同贮藏温度对鲢鱼鲜度品质的影响[J]. 浙江大学学报, 2011, 37(2): 212-218.
- [24] 高志立, 谢晶, 施建兵, 等. 不同贮藏条件下带鱼品质的变化[J]. 食品科学, 2013, 34(16): 311-315. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201316064.
- [25] CALANCHE J, SAMAYOA S, ALONSO V, et al. Assessing the effectiveness of a cold chain for fresh fish salmon (*Salmo salar*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in a food processing plant[J]. Food Control, 2013, 33(1): 126-135.