

大黄鱼冰藏期间ATP关联物含量变化及其鲜度评价

杨文鸽^{1,2}, 薛长湖^{1*}, 徐大伦², 竺巧玲², 楼乔明²

(1. 中国海洋大学食品科学与工程学院, 青岛 266003; 2. 宁波大学生命科学与生物工程学院, 宁波 315211)

摘要: 以养殖大黄鱼为对象, 利用高效液相色谱对冰藏期间鱼肉腺苷三磷酸(Adenosine Triphosphate, ATP)关联物含量进行分析, 同时结合鱼类鲜度指标(K 值)、总挥发性盐基氮(Total Volatile Base Nitrogen, T-VBN)和感官性状的变化对其鲜度进行评价, 旨在为大黄鱼冰藏保鲜提供指导。结果表明:冰藏1 d内大黄鱼ATP、腺苷二磷酸(Adenosine Diphosphate, ADP)含量快速下降, 此后变化平缓;腺苷酸(Adenosine Monophosphate, AMP)含量一直维持在一个低水平;肌苷酸(Inosinic acid, IMP)含量在冰藏1 d时达到最大值, 随后维持在一个较高水平, 直至8 d后下降速度加快;次黄嘌呤核苷(Inosine, HxR)含量在冰藏1 d内快速上升, 随后呈下降趋势;次黄嘌呤(Hypoxanthine, Hx)含量在冰藏前8 d内上升速度缓慢, 8 d后上升趋势加剧, 由8 d时的0.97 $\mu\text{mol/g}$ 上升到13 d时的3.10 $\mu\text{mol/g}$;冰藏期间大黄鱼鱼肉的鲜度指标(K 值)和T-VBN含量一直呈现上升趋势。结合感官评定结果, 在冰藏4 d内大黄鱼处于一级鲜度范围;冰藏11 d后鱼肉出现腐败。冰藏大黄鱼的贮藏期限为10~11 d。

关键词: 大黄鱼鱼肉; ATP关联物; 总挥发性盐基氮; 鲜度评价

中图分类号: S984.1; S985.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)6-0217-06

杨文鸽, 薛长湖, 徐大伦, 等. 大黄鱼冰藏期间ATP关联物含量变化及其鲜度评价[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 217-222.

Yang Wenge, Xue Changhu, Xu Dalun, et al. Changes of ATP-related compounds contents and freshness evaluation of *Pseudosciaena crocea* meat during iced storage[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(6): 217-222. (in Chinese with English abstract)

0 引言

大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)不仅肉质细嫩鲜美、蛋白质高、胆固醇低, 而且其耳石清热通淋, 鱼膘润肺健脾、补气活血, 因此深受海内外消费者青睐, 极具开发潜力^[1]。虽然野生大黄鱼资源锐减, 但随着网箱养殖的成功, 大黄鱼已成为中国重要的海水养殖鱼类, 产量不断上升, 延长新鲜大黄鱼的保质期显得十分重要。冰藏能有效地抑制多种微生物的生长和繁殖, 抑制鱼体自身酶的活性, 是行之有效的一种保鲜方法。然而冰藏期间鱼仍会发生一系列的变化, 包括腺苷三磷酸(Adenosine Triphosphate, ATP)降解、蛋白质变性、脂肪氧化等^[2], 影响鱼肉品质与风味。

ATP及其分解产物是水产动物肌肉核苷酸的主要成分, 一般认为鱼死后鱼肉内ATP依次降解为腺苷二磷酸(Adenosine Diphosphate, ADP)、腺苷酸(Adenosine Monophosphate, AMP)、肌苷酸(Inosinic acid,

IMP)、次黄嘌呤核苷(Inosine, HxR)和次黄嘌呤(Hypoxanthine, Hx), 其中HxR、Hx量之和对ATP关联物总量的比值即为 K 值^[3,4]。在贝类中ATP还可以按 $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} \rightarrow \text{AMP} \rightarrow \text{AdR}$ (Adenosine, 腺苷) $\rightarrow \text{HxR} \rightarrow \text{Hx}$ 和 $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} \rightarrow \text{AMP} \rightarrow \text{AdR} \rightarrow \text{Ad}$ (Adenine, 腺嘌呤)途径进行分解^[5]。国外学者^[6-8]对冰藏期间竹荚鱼、虹鳟、黄鳍金枪鱼等研究表明 K 值能作为评价鱼肉鲜度的一个重要化学指标, 但未对冰藏期间ATP及其关联物含量的变化趋势进行分析, 也没有对AdR和Ad进行检测。国内叶盛权^[9]以HxR、Hx量之和与IMP、HxR、Hx三者之和的比值即 K_i 值作为指标评价冰藏鲈鱼鲜度, 在ATP关联物中仅对IMP、HxR和Hx进行测定, 没有对ATP、ADP、AM、AdR、Ad进行测定和感官评分。作为重要的养殖鱼类, 大黄鱼的营养与保鲜、加工研究一直受到重视, 陈丽娇等^[10]曾利用海藻酸钠涂膜保鲜大黄鱼, 以感官指标、总挥发性盐基氮(T-VBN)值、细菌总数等指标研究鲜度变化, 吕峰等^[1]研究了气调脱水技术对脱水大黄鱼品质的影响, 但目前国内外对大黄鱼贮藏期间鱼肉ATP关联物含量的变化及 K 值的研究至今未见报道。本文以养殖大黄鱼为对象, 以生鱼片和水煮鱼片的色泽、风味、组织形态等作为指标进行感官评分, 研究冰藏期间鱼肉ATP降解产物、 K 值和T-VBN含量变化对其鲜度的影响, 旨在为养殖大黄鱼冰藏保鲜提供理论指导。

收稿日期: 2006-09-11 修订日期: 2007-03-12

基金项目: 国家“十五”863计划资助项目(2004AA625010)

作者简介: 杨文鸽(1966-), 女, 浙江诸暨人, 教授, 博士生, 主要从事水产品加工与贮藏研究。宁波 宁波大学生命科学与生物工程学院, 315211。Email: yangwenge@nbu.edu.cn

*通讯作者: 薛长湖(1964-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事水产品加工与高值化利用研究。青岛 中国海洋大学食品科学与工程学院, 266003

©1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1 材料和方法

1.1 原料及预处理

大黄鱼:由宁波象山某网箱养殖场提供,体重350~400 g,捕获后置装海水的袋中,充氧并迅速运回实验室。

样品处理:活鱼即杀后,沿脊椎剖为两半,取脊背肉,切成约5 mm厚鱼片,保鲜袋包装冰藏。层冰层鱼放置,并及时换冰。

1.2 主要试剂与设备

ATP 关联物 ATP、ADP、AMP、IMP、HxR、Hx、Xt (Xanthine, 黄嘌呤)、AdR、Ad 标准品均由 sigma 公司生产。甲醇、乙腈为色谱纯;其余试剂为分析纯。

SCL-10AVP 型高效液相色谱和 SPD-10A 型紫外检测器(日本 Shimadzu 公司), BP221S 型电子天平(德国 Sartorius 公司);Suprafuge 22 型超速冷冻离心机(德国 Heraeus 公司), XHF-1 型内切式匀浆机(宁波新芝公司)等。

1.3 试验方法

1.3.1 ATP 关联物含量的测定

参考 Yokoyama^[11]的方法,略有改动。
1) 大黄鱼 ATP 关联物的提取
分别取新鲜样品以及冰藏后 1、2、4、6、8、11、13 d 的样品,剪碎后取 1 g 放入离心管,加入 10% 的高氯酸 (PCA) 5 mL,匀浆后 10000 r/min 冷冻离心 15 min,取上清液。沉淀用 5% PCA 洗涤,离心取上清液,重复操作一次。合并上清液,用 KOH 溶液调 pH 值为 6.7,静置 0.5 h 后将上清液转移到 25 mL 容量瓶,沉淀用 5% 的 PCA-KOH 中性溶液洗涤,离心后将上清液转入对应的容量瓶中,并用双蒸水定容到 25 mL,摇匀,过 0.22 μm

膜后测定。整个过程均在 0~4℃ 下操作。
2) ATP 关联物的高效液相色谱 (HPLC) 检测
HPLC 条件:色谱柱 Capcellpak C18(4.6 mm×150 mm),用 pH 4.8 的 20 mmol/L 柠檬酸,20 mmol/L 醋酸,20 mmol/L 三乙胺混和液平衡、洗脱。上样量 10 μL,流速 0.8 mL/min,柱温 40℃,260 nm 检测。
ATP 关联物标准品 HPLC 图谱的测定:ATP、ADP、AMP、IMP、AdR、HxR、Hx、Xt、Ad 以及它们的混合物在相同的条件下进行测定,并绘制标准图谱。
样品 ATP 关联物 HPLC 图谱的测定:样品提取液过膜后注入 HPLC 仪测定。通过比较样品和标准化合物色谱图峰值的保留时间和峰高来确定 ATP 及其降解产物的种类和含量。

1.3.2 鲜度指标 K 值计算

鱼肌肉中 ATP 按 ATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hx 途径降解,其 K 值计算公式如下:
$$K(\%) = 100(HxR + Hx) / (ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx)$$

式中 ATP、ADP、AMP、IMP、HxR、Hx 分别代表腺苷三磷酸、腺苷二磷酸、腺苷酸、肌苷酸、次黄嘌呤核苷、次黄嘌呤的浓度(μmol/g,湿基)。

1.3.3 T-VBN 值的测定

按 GB/T 5009.44^[12]规定的方法测定。每个样品至少做 3 个平行,取平均值计算。

1.3.4 感官评定

按宋智等^[13]的方法略作修改进行。以养殖大黄鱼生鱼片的色泽、气味、组织形态和弹性,水煮鱼片的气味、滋味和汤汁形态作为指标进行感官评定,评定人员由经过专门培训的 8 名人员组成,具体评分标准见表 1。水煮鱼片是将 200 mL 纯净水煮沸后,加入 20 g

表 1 养殖大黄鱼鱼片感观评定表
Table 1 Sensory evaluation of *Pseudosciaena crocea* fillet

描述		好(5分)	较好(4分)	一般(3分)	较差(2分)	差(1分)
生鱼片	色泽	色泽正常,肌肉切面富有光泽	色泽正常,肌肉切面有光泽	色泽稍暗淡,肌肉切面稍有光泽	色泽较暗淡,肌肉切面无光泽	色泽暗淡,肌肉切面无光泽
	气味	固有香味浓郁	固有香味较浓郁	固有香味清淡,略带异味	固有香味消失,有腥臭味或氨臭味	有强烈腥臭味或氨味
	组织形态	肌肉组织致密完整,纹理很清晰	肌肉组织紧密,纹理较清晰	肌肉组织不紧密,但不松散	肌肉组织不紧密,局部松散	肌肉组织不紧密,松散
	组织弹性	坚实富有弹性,手指压后凹陷立即消失	坚实有弹性,手指压后凹陷较快消失	较有弹性,手指压后凹陷消失较慢	稍有弹性,手指压后凹陷消失很慢	无弹性,手指压后凹陷不消失
水煮鱼片	气味	本种类固有的香味,清新	固有香味,较清新	固有香味清淡,略带异味	固有香味消失,有腥臭味或氨臭味	有强烈腥臭味或氨味
	滋味	固有鲜味浓郁,肉质弹性好	固有鲜味较浓郁,肉质较有弹性	固有鲜味平淡,肉质弹性一般	无鲜味,无异味,肉质弹性差	无鲜味,肉质发糜,无弹性,有氨臭味
	汤汁形态	很清晰,汤内无碎肉	清晰,汤内无碎肉	较清晰,汤内有少量碎肉	肉质悬浮于汤内,汤汁较混浊	肉质腐败,悬浮于汤内,汤汁混浊

左右鱼片,加盖后煮沸,开盖评定。各指标权重设置为:生鱼片的色泽、气味、组织形态和弹性分别为0.1、0.1、0.15和0.1,水煮鱼片的气味、滋味和汤汁形态分别为0.2、0.25和0.1。数据采用模糊数学法^[14]统计,每一指标的平均分乘以其权重即为该指标分值,以生鱼片和水煮鱼片共七个指标得分的总和为感官评定分。

2 结果和分析

2.1 ATP 关联物标准品的HPLC 图谱

图1为含有9种标准化合物ATP、ADP、AMP、IMP、AdR、HxR、Hx、Xt、Ad的高效液相色谱图。ATP及其关联物在本色谱条件下35 min内得到有效分离,且重现性好。

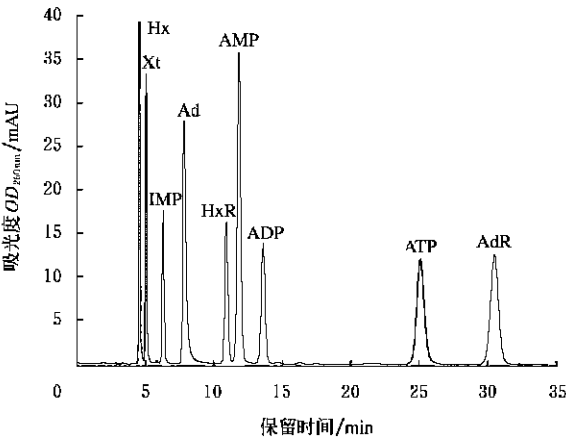


图1 ATP 关联物标准品的HPLC 图谱
Fig.1 High Performance Liquid Chromatogram (HPLC) of the standard ATP-related compounds

2.2 大黄鱼冰藏期间ATP 关联物含量的变化

提取大黄鱼的ATP 关联物,通过HPLC 分析,各成分含量的变化如图2、3所示。

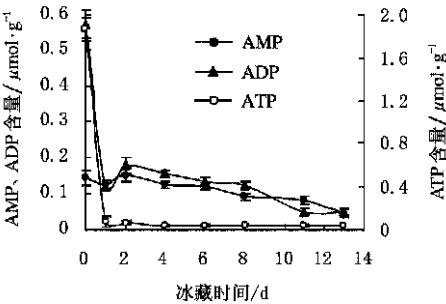


图2 大黄鱼冰藏期间ATP、ADP 和AMP 含量的变化
Fig.2 Changes of ATP, ADP and AMP contents in *Pseudosciaena crocea* meat during iced storage

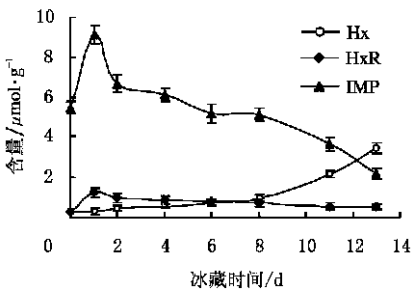


图3 大黄鱼冰藏期间IMP、Hx 和HxR 含量的变化
Fig.3 Changes of IMP, Hx and HxR contents in *Pseudosciaena crocea* meat during iced storage

从图2可以看出,ATP、ADP 含量在冰藏第1 d 就呈快速下降趋势,ATP 含量从1.87 $\mu\text{mol/g}$ 下降到0.08 $\mu\text{mol/g}$,下降幅度达95.72%,至冰藏第4 d 大黄鱼ATP 含量几乎消失。冰藏第1 d 大黄鱼ADP 含量下降幅度达78.98%,第1 d 到第2 d 略有上升,此后一直呈下降趋势,至第11 d 后ADP 含量甚微;而大黄鱼AMP 的含量始终保持在一个较低水平,新鲜鱼也只有0.15 $\mu\text{mol/g}$,8 d 后AMP 含量已降低到0.10 $\mu\text{mol/g}$ 以下。ATP 的快速下降与高活性的ATP 酶有关,Watabe^[15]认为,在低温下鱼肉肌浆网状结构的钙吸收能力下降,肌浆纤维内钙浓度增加,而钙离子具有激活 Mg^{2+} -ATP 酶的作用,使ATP 快速降解。本试验也观察到在冰藏期间大黄鱼 Mg^{2+} -ATP 酶活性总体呈下降趋势,但冰藏1 d 后 Mg^{2+} -ATP 酶活性比新鲜鱼有所增加(另文报道),恰好说明了这一点。

相比之下,养殖大黄鱼的IMP 含量较其它关联物高(图3),在冰藏后1 d 内达到最大值9.12 $\mu\text{mol/g}$,随后一直维持在一个较高水平,冰藏4 d 后IMP 含量(6.11 $\mu\text{mol/g}$)仍高于大黄鱼刚死时的IMP 含量(5.46 $\mu\text{mol/g}$),直至第8 d 后下降速度加快,从5.12 $\mu\text{mol/g}$ 下降到第11 d 的3.63 $\mu\text{mol/g}$,第13 d 的2.22 $\mu\text{mol/g}$ 。IMP 是具有强烈鲜味的呈味物质,大黄鱼肉质鲜美,这与其高含量的IMP 密切相关。

冰藏期间,HxR 的含量在第1 d 呈上升趋势(图3),由新鲜鱼的0.30 $\mu\text{mol/g}$ 上升到1.25 $\mu\text{mol/g}$,随后缓慢下降。Hx 含量一直呈上升趋势,尤其在冰藏第8 d 后上升速度加快,从0.97 $\mu\text{mol/g}$ 上升到第11 d 的2.15 $\mu\text{mol/g}$,第13 d 的3.40 $\mu\text{mol/g}$ 。Hx 被认为是导致异味的物质,随着冰藏时间的延长,Hx 快速上升,最终导致鱼体腐败味的产生。

鱼类ATP 分解一般是按 $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} \rightarrow \text{AMP} \rightarrow \text{IMP} \rightarrow \text{HxR} \rightarrow \text{Hx}$ 途径进行的,贝类ATP 可能还存在另外两条代谢途径^[5]。在大黄鱼贮藏13 d 内始终未检测

到AdR和Ad,进一步证实大黄鱼中ATP按 $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} \rightarrow \text{AMP} \rightarrow \text{IMP} \rightarrow \text{HxR} \rightarrow \text{Hx}$ 途径代谢。从图2和图3看到:冰藏期间大黄鱼虽然ATP和ADP快速下降,但并没有AMP蓄积,期间IMP有积累趋势。这与戚晓玉等^[16]对日本沼虾的研究不同,日本沼虾冰藏期间AMP和IMP均有蓄积。此外依HxR和Hx蓄积量之不同可以将鱼类分为:1) HxR生成型鱼种,如鲭鱼、鲱鱼;2) Hx生成型鱼种,如鲷鱼类;3) 中间型鱼种,如鲈鱼、鲑鱼等三大类。大黄鱼ATP相关化合物以Hx为主要蓄积物,因此属于Hx生成型鱼种。

2.3 大黄鱼冰藏条件下鲜度指标(K值)的变化

ATP分解过程中,以 $\text{HxR} + \text{Hx}$ 的量对ATP关联物总量的比值,即为K值。K值越小表示鲜度越好,K值越大则鲜度越差。通过计算,养殖大黄鱼在冰藏条件下K值的变化如图4。

可以看出,随着冰藏天数的增加K值呈上升趋势。新鲜鱼K值为6.26%,冰藏4d后达到18.07%,至第8d达到27.98%,第11d达到41.61%,第13d达到62.56%,K值增加幅度以第8~13d最明显。许多学者对K值与鱼鲜度的关系进行过研究^[6-8,17],利用K值评价大多数鱼种的鲜度是比较适宜的,一般认为即杀鱼的K值在10%以下,作为生鱼片的新鲜鱼K值大约在20%以下,20%~40%为二级鲜度,60%~80%为初期腐败鱼^[4]。

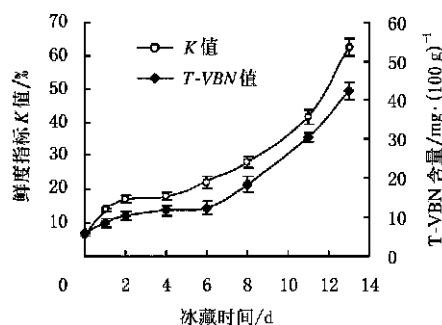


图4 大黄鱼冰藏期间K值和T-VBN含量的变化
Fig. 4 Changes of K value and T-VBN contents in *Pseudosciaena crocea* meat during iced storage

2.4 大黄鱼冰藏条件下T-VBN含量的变化

大黄鱼在冰藏过程中T-VBN的变化如图4所示。冰藏过程中大黄鱼T-VBN呈现明显的上升趋势,冰藏4d时T-VBN含量为11.84 mg/(100 g),6d时T-VBN含量为12.52 mg/(100 g),第11d为30.29 mg/(100 g),13d后达到42.29 mg/(100 g)。

T-VBN值与细菌繁殖和蛋白质分解相关,低温能有效抑制细菌的繁殖,但鱼死后肌肉组织细胞呼吸停止,糖原无氧分解和ATP降解分别产生酸性物质(乳

酸、磷酸等),酸性内环境使肉呈现僵直收缩,释放肌浆中的蛋白酶,从而使鱼肉蛋白质分解产生一些胺类等含氮物质,使T-VBN含量增加,但上升速度缓慢;但冰藏并不能完全抑制微生物生长,加上随贮藏时间的延长,肉已处于自溶后阶段,此时蛋白酶促使蛋白质水解,其产物又成为微生物生长的天然培养基,细菌大量繁殖并产生胞外蛋白酶,还可以使氨基酸脱氨或脱羧生成氨气、胺类,使T-VBN含量快速增加。因此冰藏后期,在内外环境因素共同作用下,鱼肉产生大量T-VBN。中国农牧渔业部标准SC/T 3101-1984^[18]规定新鲜大黄鱼一级品T-VBN小于13 mg/(100 g),T-VBN大于30 mg/(100 g)时超出了二级品范围。

2.5 大黄鱼冰藏条件下的感官评定

感官评定是所有因素的综合指标,是鱼肉鲜度检测中非常必要的环节,对冰藏条件下养殖大黄鱼进行感官分析,评分结果见图5。

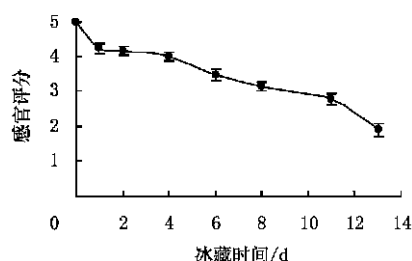


图5 大黄鱼冰藏期间的感官评定

Fig. 5 Sensory evaluation of *Pseudosciaena crocea* meat during iced storage

可以看出,大黄鱼在冰藏1~4d感官变化不太明显,4d后鱼肉仍处于新鲜阶段,此时生鱼肉色泽正常,肌肉切面有光泽,具有浓郁的大黄鱼固有香味,气味较清新,肌肉组织紧密,纹理清晰,坚实有弹性;水煮后具有大黄鱼固有香味,气味较清新,鲜味浓郁,肉质有弹性,汤汁清晰,汤内无碎肉。至第4~8d,鱼的感官质量有所下降,但尚可接受。至第11d时,大黄鱼鱼肉色泽暗淡,缺乏弹性,并具有较明显异味,第13d时肉质腐败味明显。

结合K值、T-VBN含量的变化和感官评定,可以看出在冰藏4d内,大黄鱼处于一级鲜度范围,此时K值<20%,T-VBN<13 mg/(100 g);第11d时鱼肉出现腐败,此时K值>40%,T-VBN>30 mg/(100 g);第13d时鱼肉腐败味严重,已超出可以接受的极限。由此认为,冰藏大黄鱼的贮藏期限为10~11d。

T-VBN含量是鱼类鲜度评定的重要化学指标,目前中国对水产品鲜度评价的化学指标采用T-VBN。但研究表明在评价鱼类死亡后的早期鲜度时,T-VBN并

不适合所有的鱼类, Pedro 等^[19]研究发现, 随冰藏时间的延长, 欧鳎 T-VBN 含量呈现先降后升。因在死亡早期, 细菌数量较少, 但鱼体自身酶仍有活性, 鱼的早期鲜度取决于自身的生物化学反应。K 值能反映鱼体死后 ATP 降解反应进行的程度, 适合对鱼类早期鲜度的评定^[4]。中国国家标准中虽然尚未采用 K 值作为鲜度指标, 但在一些研究部门和水产品出口的鲜度检测中已开始利用 K 值评价鱼肉鲜度。从本试验结果可以看出, 在冰藏的第 4 d 至第 6 d 感官评分下降明显, 由 4.01 下降到 3.48, K 值由 18.07% 上升到 22.12%, 而 T-VBN 含量仅从 11.84 mg/(100 g) 上升到 12.52 mg/(100 g)。作为评价冰藏早期大黄鱼鲜度的指标, K 值似乎比 T-VBN 指标更加合适。

3 结 论

养殖大黄鱼冰藏 1 d 内 ATP、ADP 含量快速下降, 冰藏期间虽然 ATP 和 ADP 快速下降, 但并没有 AMP 蓄积, 期间 IMP 有积累趋势。大黄鱼 ATP 相关化合物以 Hx 为主要蓄积物, 属于 Hx 生成型鱼种; 养殖大黄鱼冰藏期内 K 值和 T-VBN 含量一直呈现上升趋势。结合感官评定结果, 在冰藏 4 d 内大黄鱼处于一级鲜度范围, K 值 < 20%, T-VBN < 13 mg/(100 g); 11 d 后鱼肉出现腐败, 此时 K 值 > 40%, T-VBN > 30 mg/(100 g)。冰藏大黄鱼的贮藏期限为 10~11 d。作为评价大黄鱼冰藏早期鲜度的指标, K 值比 T-VBN 指标更加合适。

[参 考 文 献]

- [1] 吕 峰, 郑明锋, 陆则坚. 气调脱水技术对脱水大黄鱼品质影响的研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 190-193.
- [2] 沈月新, 章超桦, 薛长湖, 等. 水产食品学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 159-194.
- [3] 董彩文. 鱼肉鲜度测定方法研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(4): 99-103.
- [4] Saito T, Arai K, Matsugoshi M. A new method for estimating the freshness of fish[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1959, 24: 749-750.
- [5] Iwamoto M, Yamanaka H, Watabe S, et al. Change in ATP and related breakdown compounds in the adductor muscle of "itayagai" scallop *Pecten ablicans* during storage at various temperatures [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1970, 36: 977-992.
- [6] Vanesa L, Carmen P, Jorge B V, et al. Inhibition of chemical changes related to freshness loss during storage of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in slurry ice[J]. Food Chemistry, 2005, 93: 629-625.
- [7] Santiago P A, Carmen P, Jos   M G, et al. Biochemical changes and quality loss during chilled storage of farmed turbot (*Psetta maxima*) [J]. Food Chemistry, 2005, 90: 445-452.
- [8] Nejib G, Moza A A, Ismail M A, et al. The effect of storage temperature on histamine production and the freshness of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) [J]. Food Research International, 2005, 38: 215-222.
- [9] 叶盛权. 冰藏贮藏中鲈鱼鲜度的化学指标分析[J]. 食品研究与开发, 2003, 24(2): 111-112.
- [10] 陈丽娇, 郑明锋. 大黄鱼海藻酸钠涂膜保鲜效果研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 209-211.
- [11] Yokoyama Y, Sakaguchi M, Kawai F, et al. Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice storage[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1992, 58(11): 2125-2136.
- [12] GB/T 5009.44. 挥发性盐基氮测定标准[S].
- [13] 宋 智, 孟凤英. 鲤鱼保鲜技术的研究[J]. 食品科学, 1995, 16(6): 45-48.
- [14] 王振斌, 王世清, 马晓柯. 模糊综合评判在食品感官评定中的应用[J]. 莱阳农学报, 2002, 19(1): 41-43.
- [15] Watabe S, Ushio H, Iwamoto M, et al. Temperature-dependency of rigor-mortis of fish muscle: myofibrillar Mg^{2+} -ATPase activity and Ca^{2+} uptake by sarcoplasmic reticulum[J]. J Food Sci, 1989, 54: 1107-1115.
- [16] 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.
- [17]   zogul Y,   zogul F, G  kbulut C. Quality assessment of wild European eel (*anguilla anguilla*) stored in ice [J]. Food Chemistry, 2006, 95: 458-465.
- [18] 中国标准出版社第一编辑室. 中国农业标准汇编: 水产加工品卷[M]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 57-59.
- [19] Pedro C, Juan C P P, Ma J C C, et al. Total volatile base nitrogen and its use to assess freshness in European sea bass stored in ice[J]. Food Control, 2006, 17: 245-248.

Changes of ATP-related compounds contents and freshness evaluation of *Pseudosciaena crocea* meat during iced storage

Yang Wenge^{1,2}, Xue Changhu^{1*}, Xu Dalun², Zhu Qiaoling², Lou Qiaoming²

(1. College of Food Science and Technology, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Faculty of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The contents of ATP-related compounds in *Pseudosciaena crocea* meat were analyzed by HPLC, and the freshness of *Pseudosciaena crocea* meat during iced storage were assessed using freshness quality index (K value), total volatile base nitrogen (T-VBN) level and sensory scores. Results show that the contents of ATP and ADP decline rapidly on the first day of storage and thereafter change slowly. AMP doesn't accumulate and its content is low during storage. On the other hand, IMP content is present at high level. After the first day of storage, IMP content reaches a maximum value of $9.12\ \mu\text{mol/g}$ and remains at higher level until the 8th day, and then it decreases. The content of HxR increases fastly on the first day of storage, then it decreases as storage progressed. Hx content increases slightly until the 8th day and then increases fastly from $0.97\ \mu\text{mol/g}$ on the 8th day to $3.10\ \mu\text{mol/g}$ on the 13th day. Both K and T-VBN values increase during iced storage. Combined with the sensory scores, *Pseudosciaena crocea* meat is in the first grade of freshness until the 4th day of storage, and it reaches the initial decomposition stage after 11 days of storage. The maximum iced storage period for sensory acceptability of *Pseudosciaena crocea* meat is 10 or 11 days.

Key words: *Pseudosciaena crocea* meat; ATP-related compounds; T-VBN; freshness evaluation