

# 淡水养殖鱼类死后生化变化 及其对鲜度质量的影响

杨宏旭 衣庆斌 刘承初 王 慥 骆肇莛

(上海水产大学食品学院, 200090)

**提 要** 本文采用不同致死方法研究鲢死前不同生理状态对死后 ATP 及其相关物质的生化变化,并结合鲢、鲢、草鱼的部分 K 值测定结果,考察了鱼体在僵硬前期与全僵期的鲜度质量变化。测定结果表明:(1)活杀、挣扎死和半死的鲢,死后最初 ATP 和乳酸含量与达到全僵的时间直接相关,死前肌肉 ATP 和糖原消耗的有无和程度是决定其死后达到全僵时间长短与活杀效果大小的根本因素,因而对改进保鲜技术具有重要指导意义。(2)鲢死后达到全僵的时间与 IMP 达到最高值的时间一致,随后 IMP 缓慢下降,HxR 及 K 值缓慢上升,达到解僵前的 IMP 仍保持在较高的水平。(3)不同季节的鲢、鲢和草鱼死后达到全僵时的 K 值均基本保持在20%以内的高鲜度范围,但达到解僵时的 K 值,仅在解僵时间短的夏季和春季可能保持在20%以内,对在解僵时间长的秋季和冬季,均超过20%,甚至接近40%,表明鲜度质量逐渐下降。

**关键词** 鲢,鲢,草鱼,致死方法,死后僵硬,ATP,IMP,K 值

为了研究淡水养殖鱼类在流通过程中的死后生化变化与鲜度品质的关系,刘承初等[1994]对几种上海市销活鱼死后僵硬的季节变化进行了研究,阐明了一年中不同季节水温对鱼体死后达到全僵时间长短的影响及活杀、挣扎死和市场水槽中翻肚半死鱼三种致死方法与死前生理状况对鱼体死后僵硬长短的影响。现时已知鱼类和陆产动物死后僵硬的产生与以 ATP 为主的死前与死后生化变化有关。许多学者对与 ATP 生成与分解有关的糖原、肌酸磷酸(Cr-P)在生前、死后变化中的相互关系以及影响这些变化的各种因素、条件进行了大量的研究[尾藤通方等,1983、1983a;冈弘康等,1990;岩本宗昭等,1985、1990、1990a;Iwamoto,1987、1988]。本文测定了不同致死方法对上海市销活鱼鲢、鲢和草鱼死前、死后 ATP 及其相关物质的生化变化及其对鲜度质量的影响,为进一步了解鱼体死后僵硬与鲜度品质的关系提供了可资参考的结果。

## 1 材料与方法

实验用鱼。不同致死方法测定用鱼为鲢,1994年5月9日晨7时购自上海市杨浦区图门路菜市场。购鱼时气温为28℃,水槽水温23℃。样品体重为715—1105 g(平均916 g),体长340—385 mm(平均373.9 mm),共9条。其中6条,自室内蓄养水槽捞起后,各3条分别用于活杀(刀背击后脑延髓致死)和挣扎死(捞起后置水泥地任其蹦跳致死)。另3条半死鱼采自水槽中翻肚将死的

鱼,立刻杀死,与活鱼及挣扎死的鱼一起保藏在冰水中,于半小时内运回实验室保存在 $0^{\circ}\text{C}$ ,进行僵硬期、ATP及其降解产物和乳酸含量测定。鲢,鳊,草鱼的K值测定用鱼则与刘承初等[1994]僵硬期的测定用鱼相同。

僵硬期的测定采用尾藤等[1983]僵硬指数(RI)测定法。

ATP及其相关物质的测定。背部普通肉1g立即加入10%PCA冷却溶液进行3次反复抽提后,用KOH溶液中和至pH 6.5,保存在 $-20^{\circ}\text{C}$ ,供高效液相色谱分析。色谱仪为Water公司生产的高效液相色谱仪,分离柱为DEAE-2SW,流动相为磷酸缓冲液(pH 6.8),标准进样每次 $5\mu\text{l}$ ,样品 $10-20\mu\text{l}$ ,流速 $1-1.5\text{ml}/\text{分}$ ,检验波长 $254\mu\text{m}$ 。

乳酸测定采用ATP测定的10%PCA背部肉抽提液供作试样,用Backer-Summerson测定法进行测定[霍克等,1961年汉译本]。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同致死方法对僵硬期的影响

图1是鳊经不同方法致死后保藏在 $0^{\circ}\text{C}$ 僵硬指数(RI)的测定结果,3种不同致死方法达到初僵、全僵和解僵的时间如表1。活杀鳊达到初僵和全僵的时间,分别为6小时和27小时,而挣扎死的分别为1小时和3小时,半死的分别为1.5小时和6小时。活杀鱼达到初僵和全僵的时间明显长于挣扎死和半死鱼的6倍和4倍,而挣扎死与半死之间有相差,但不大。而活杀、挣扎死和半死

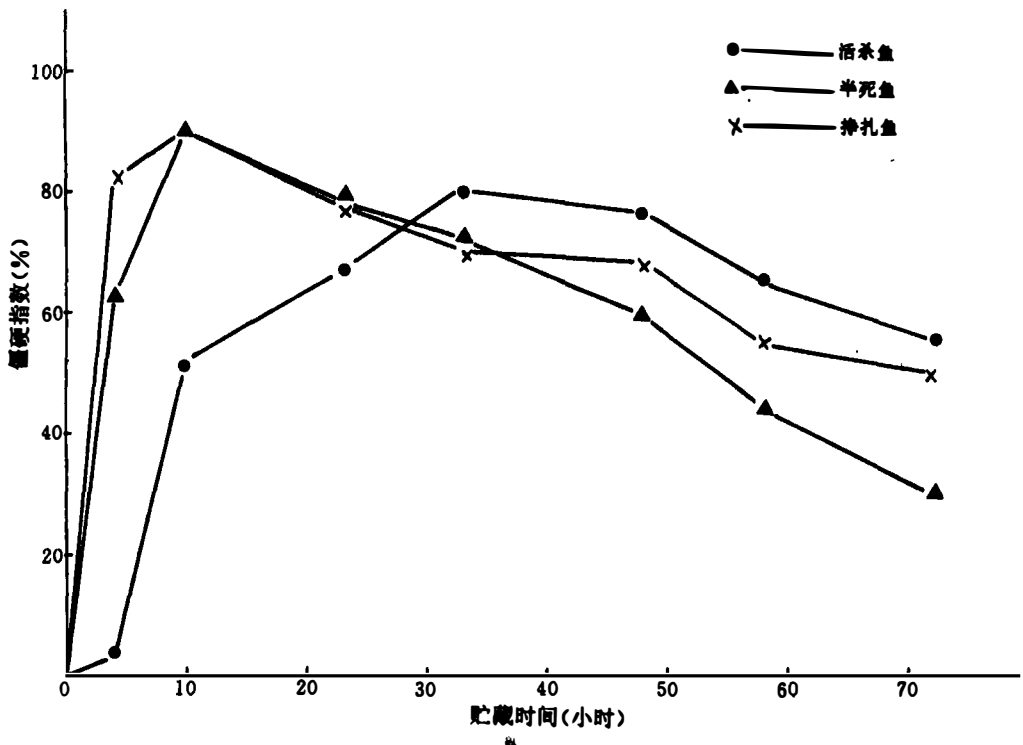


图1 不同致死方法对鳊死后僵硬指数(RI)变化的影响

Fig. 1 Effect of killing methods on the changes in rigor index of bighead during storage at  $0^{\circ}\text{C}$

达到解僵的时间分别为53小时、45小时和39小时,即3种致死方法之间达到解僵的时间不存在类似达到初僵、全僵的那种有规律性的差别,这些与刘承初等[1994]测定的情况一致。

## 2.2 不同致死方法对鱼体死后 ATP 及其相关物质变化的影响

### 2.2.1 ATP 的变化

首先反映在死前鱼体肌肉运动的有无和强烈程度对鱼体死后最初 ATP 含量(即死前的最后含量)的影响。表1中死前无运动的活杀鱼死后最初 ATP 含量为2.6  $\mu\text{mol/g}$ ,而经过激烈挣扎致死以及慢性的疲劳窒息临近死亡的半死鱼死后 ATP 最初含量分别为0.5  $\mu\text{mol/g}$  和1.6  $\mu\text{mol/g}$ ,反映了不同致死方法与死前对 ATP 消耗程度的差异。其次鱼体死后达到全僵时的 ATP 含量;三者均无区别地低于1  $\mu\text{mol}$ ,显示出 ATP 的消失与肌肉出现僵硬在时间上的一致性。第三,三种不同方法致死鱼体的 ATP 消失与达到初僵和全僵的时间长短不同(表1和图2、3、4)。这种时间上的差异显然直接与三种方法致死鱼体 ATP 最初含量的高低有关。

表1 不同致死方法对鲢死后达到初僵、全僵、解僵时 ATP、乳酸、IMP、K 值变化的影响

Tab. 1 Effect of killing methods on the changes in ATP, LA, IMP and K value at the time of rigor onset, full rigor and rigor resolution of bighead during storage at 0°C

鱼体死后变化	单 位	活 杀	挣 扎	半 死
达到初僵时间	小时	6	1	1.5
ATP	$\mu\text{mol/g}$	2.7	0.5	1.8
乳酸	$\mu\text{mol/g}$	13.6	23.3	11.9
IMP	$\mu\text{mol/g}$	0.9	4.0	1.9
HxR+Hx	$\mu\text{mol/g}$	0.2	0.7	0.2
K 值	%	5.5	12.0	5.2
达到全僵时间	小时	21	3	6
ATP	$\mu\text{mol/g}$	0.6	0.3	1.5
乳酸	$\mu\text{mol/g}$	21.5	26.3	13.2
IMP	$\mu\text{mol/g}$	3.8	4.6	2.4
HxR+Hx	$\mu\text{mol/g}$	0.7	1.0	0.4
K 值	%	10.5	17.5	7.0
达到解冻时间	小时	53	45	39
ATP	$\mu\text{mol/g}$	0.0	0.0	0.0
乳酸	$\mu\text{mol/g}$	26.5	28.0	20.5
IMP	$\mu\text{mol/g}$	2.9	4.1	3.2
HxR+Hx	$\mu\text{mol/g}$	1.5	2.1	1.2
K 值	%	19.0	38.0	27.5

### 2.2.2 乳酸的变化

从图2、3、4和表1中可以看到肌乳酸的死后变化与 ATP 和 RI 的变化之间是互相对应的。活杀与挣扎死鱼体的乳酸最初含量分别为13  $\mu\text{mol/g}$  和24  $\mu\text{mol/g}$ ,清楚地显示了后者由于死前挣扎中糖原酵解生成乳酸量的积累,因而比无挣扎运动的活杀鱼乳酸量高出11  $\mu\text{mol/g}$ 。达

到全僵时,活杀鱼的乳酸最初含量由 $13 \mu\text{mol/g}$ 上升到 $21.5 \mu\text{mol/g}$ 。而挣扎死的仅由 $24 \mu\text{mol/g}$ 上升到 $26.3 \mu\text{mol/g}$ 。可看成是挣扎死的含糖原量在死前消耗多因而导致死后可分解数量减少的结果。酵解中糖原的分解,每生成2分子乳酸,可转换成3分子的ATP。按此计算,挣扎死鱼与活杀鱼相比,前者死后可能比糖酵解得到的ATP再生量少 $9.3 \mu\text{mol/g}$ ,因而成为死前挣扎加速死后ATP消失和缩短到达僵硬时间的又一因素。

### 2.2.3 IMP、HxR 和 Hx 的变化

IMP是ATP分解中间产物,测定结果表明,死后最初IMP含量,活杀鱼的低,挣扎死的高;而达到接近最高值的时间,大体与ATP消失的时间相同(图2、3、4)。显示了死前与死后IMP的生成过程与ATP的消失过程之间的对应一致。但达到高峰以后的IMP开始缓慢下降,到解僵为止,3种致死方法的IMP测定值仍保持在 $2.9 \mu\text{mol/g}$ (活杀鱼)到 $4.1 \mu\text{mol/g}$ (挣扎死)的较高水平。这相当于每100g肌肉中含有100—140mg的IMP,可认为对于保持鱼肉良好风味具有重要意义。

HxR和Hx是IMP的分解产物,分析结果表明,鳊的IMP分解产物主要是HxR,Hx很少。而HxR的生成与IMP的减少过程基本一致。

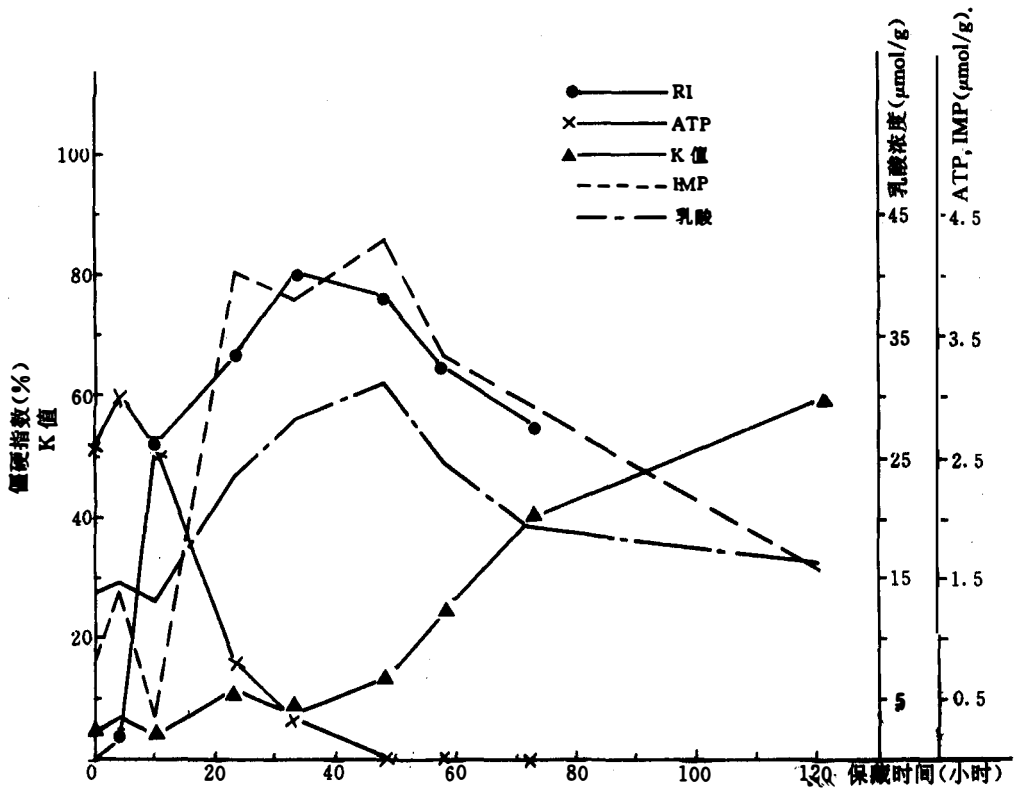


图2 活杀鱼死后ATP、IMP、乳酸、K值及RI的变化(0°C贮藏)

Fig. 2 Changes of ATP, IMP, LA, K value and rigor index of spiked bighead during storage at 0°C

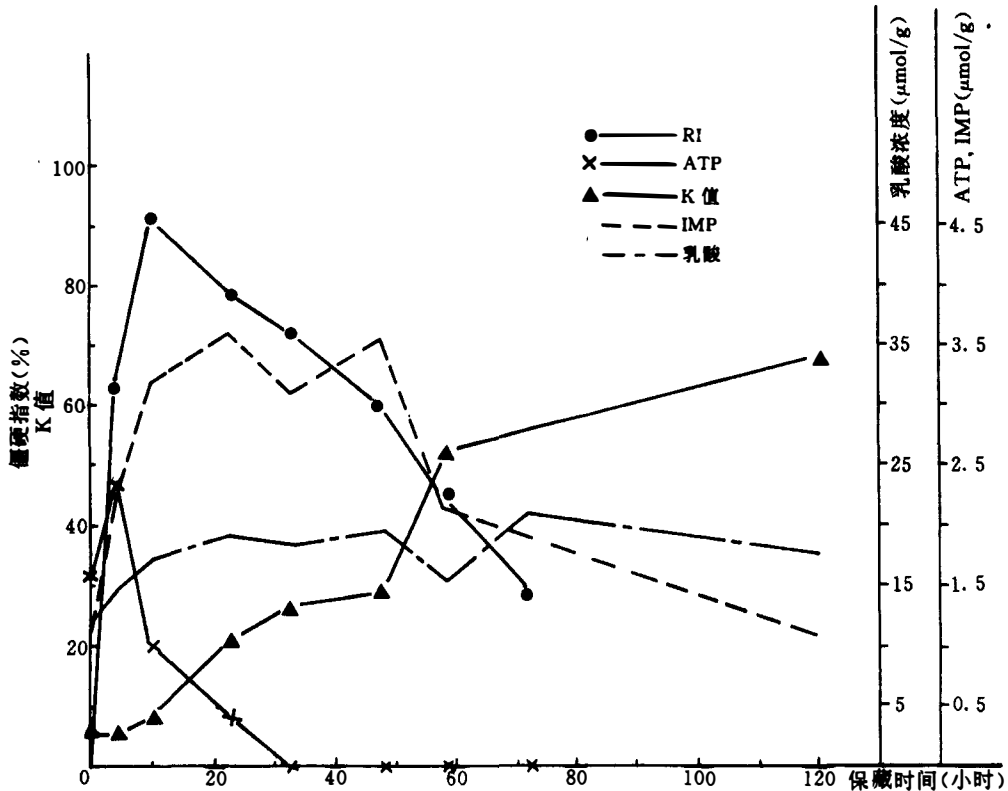


图3 半死鱼死后 ATP、IMP、乳酸、K 值及 RI 的变化(°C)

Fig. 3 Changes of ATP, IMP, LA, K value and rigor index of killed "semi-dying" bighead during storage at 0°C

#### 2.2.4 K 值的变化

作为鱼类死后初期的生化鲜度指标的 K 值,它的变化决定于鱼体死后 IMP 生成、分解和  $H_xR + H_x$  数量增加的速度。在表1中可以看到采取不同方法致死的鳊的 K 值变化是与  $H_xR + H_x$  并行的,从死后到全僵以至接近解僵的阶段为止上升缓慢(图2、图3、图4),以后随着 IMP 数量的迅速下降,K 值也迅速上升。

表2是表1和1992—1993年测定的部分鳊、鲢、草鱼在不同季节的 K 值变化情况,其中除1992年3月(也包括1994年5月)测定的鳊是采用不同致死方法之外,其余均为活杀鱼的 K 值变化。死后保藏条件同为 0°C。从表中可以看到 K 值在鱼体死后到达全僵和解僵为止的变化过程。首先是达到全僵时的 K 值除个别情况外,均在 20% 的高鲜度质量范围。第二,达到解僵时的 K 值高低,依达到解僵时间的长短而有所不同。即1992年7月夏季的鳊(活杀、挣扎死与半死)和鲢(活杀),达到解僵的时间短(10—16小时),所有的 K 值均保持在 20% 以下。1992年11月和1993年2月秋、冬季的活杀鳊、鲢、草鱼达到解僵的时间长(90—131小时),所有的 K 值均超过 20%,达到 20.3—36.1% 范围。1993年3月活杀的鳊和鲢,到达解僵的时间介于以上夏季与秋冬之间(39—66小时),而它的 K 值,是活杀鱼在 20% 前后,挣扎死和半死的分别为 38% 和 27%。因此按 K 值  $\leq 20\%$  作为高鲜度质量标准,可以认为从死后到达全僵阶段的鱼体鲜度都

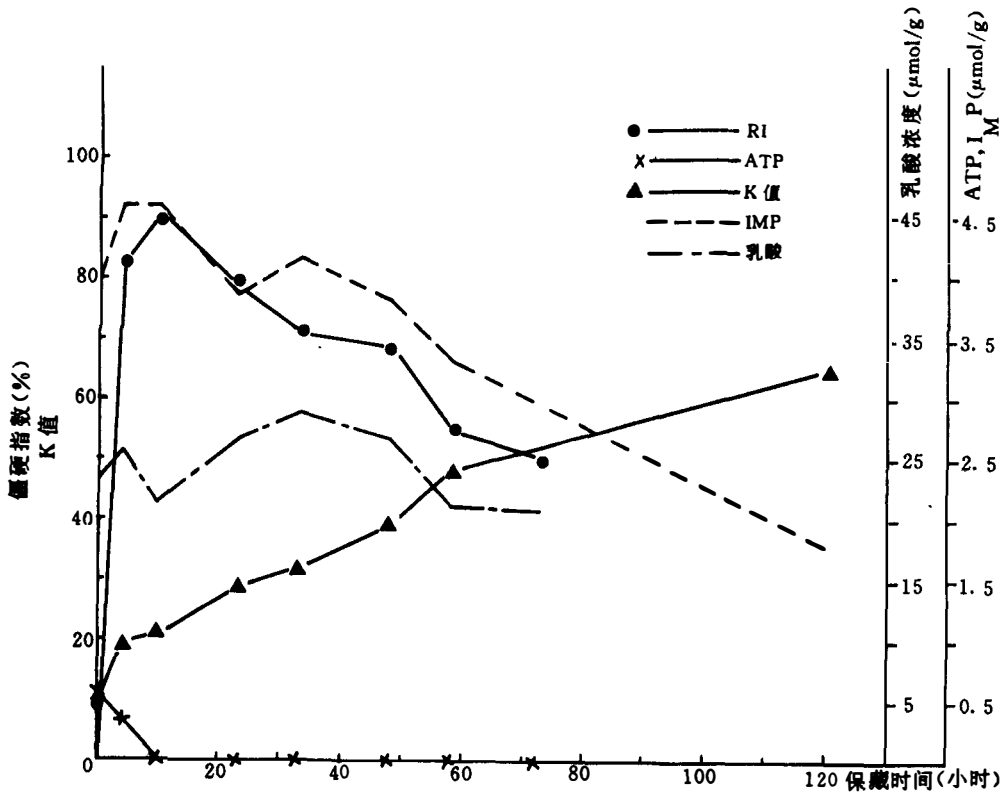


图4 挣扎鱼死后 ATP、IMP、乳酸、K 值和僵硬指数的变化

Fig. 4 Changes of ATP, TMP, LA, K value and rigor index of struggled killing bighead during storage at 0 C

表2 鱼体死后达到各僵硬期的时间及与之相对应的 K 值

Tab. 2 The time and its correspondence K value of different stage of rigor mortis of the fishes

日期 (年.月)	水温 (C)	鱼种	致死方法	达到初僵 (h)	K 值 (%)	达到全僵 (h)	K 值 (%)	达到解僵 (h)	K 值 (%)
1994.5	23	鳊	活杀	6	5.5	21	10.5	53	19.0
			半死	1.5	5.2	6	7.0	39	27.5
			挣扎	1.0	12.0	3	17.0	45	38.0
1993.3	19-23	鳊	活杀	13	6.5	36	17.5	60	25.2
			活杀	25	7.1	58	18.2	66	20.0
1993.3	7	鳊	活杀	79	11.9	97	13.0	127	20.3
			活杀	37	12.5	103	22.3	131	31.2
			草鱼	40	14.5	71	23.0	102	36.1
1992.11	12	鳊	活杀	32	14.0	60	20.0	105	30.4
			活杀	18	8.0	51	15.5	90	26.3
			草鱼	7	5.5	20	7.8	100	33.1
1992.7	29	鳊	活杀	6	3.1	7	3.5	16	7
			半死	4	7.6	6	7.9	10	10.2
			挣扎	1.5	—	3	6.3	14	12.2
		鳊	活杀	3	4.8	6	5.6	13	9.0

可以保持在20%高鲜度质量范围；而进入全僵期以后，到达解僵为止，时间短的K值可以在20%以内，时间长的可能超过20%，鲜度有所下降。

### 3 对有关鲜度质量的两点考察

结合前述有关ATP及其相关物质生化变化测定结果，对鱼体死后僵硬前期和全僵期鲜度质量问题进行一些可能的考察如下。

#### 3.1 僵硬前期长短的问题

日本近时采用活杀保鲜，是为了延长鱼体死后达到全僵前为止的僵硬前期以收到较长时间保持所谓活鲜质量的效果。本实验中三种不同方法致死鱼体的ATP和乳酸最初含量测定结果表明，鱼体死后达到全僵为止的时间长短，主要取决于死前肌肉运动中ATP和糖原消耗的有无和程度大小；并具体反映在死后ATP和乳酸最初含量的高低。活鱼一般处于静止休息状态时的ATP含量在 $5-10 \mu\text{mol/g}$ 范围[渡部, 1991]，因鱼种和生理状态而异。捕起经过蓄养使鱼体充分休息后杀死的海水鱼和淡水鱼的鲤等，其杀死后ATP最初含量在 $3-10 \mu\text{mol/g}$ 之间[渡部, 1991; 岩本, 1990a]。本实验中鳙的所有ATP及其相关物质总量的测定值为 $4-6.5 \mu\text{mol/g}$ ，数量水平较低。在市场购进未经蓄养立即活杀的鳙ATP最初含量为 $2.7 \mu\text{mol/g}$ ，相当于ATP及其相关物质总量的57%。这种情况可以看作是约40%以上的ATP在活鱼运输上市过程中被消耗的结果。市场水槽中翻肚半死鱼经杀死后的ATP最初含量低到 $1.6 \mu\text{mol/g}$ 的情况更是如此。因此可以认为，第一，实验中采用市场活鱼立即进行活杀的ATP最初含量测定值，可能较正常情况偏低，达到全僵的时间也偏短。刘承初等[1994]测定的各个季节的活杀鱼，都是市场购进和未经蓄养立即活杀的，因此它达到全僵时间的测定值(ATP未测)都可能较正常情况偏低(特别是高温季节活鱼运销过程中ATP和糖原等消耗可能较多的情况)。如果采取蓄养后进行活杀，其达到全僵(僵硬前期)的时间可能比刘承初等的测定值更长。对此有待作进一步的研究。

活杀保鲜的目的是为了延长僵硬前期，但以上事实说明活杀的效果不在于活杀本身，而在于活杀前鱼体运动及其对ATP、糖原(也包括Cr-p)消耗的有无和程度大小。一般刚从池塘捕起有过激烈挣扎运动的活鱼，即使活杀也不可能收到延长僵硬前期的效果，必须经过蓄养恢复体力后再行活杀，而且还应避免活杀时的鱼体挣扎。这两点是采用活杀保鲜技术上必须重视解决的关键问题。日本养殖鲈鱼的活杀保鲜，是在运输上市前大量采用 $19^\circ\text{C}$ 蓄养后，迅速投入 $-1^\circ\text{C}$ 冷却海水中放置致死的所谓“温度休克法”[冈弘康等, 1990]，可供参考。

#### 3.2 全僵期的鲜度质量问题

鱼体死后从进入全僵到解僵前为止的全僵期，和IMP的积蓄分解以及HxR、Hx的生成，是两个无直接关系的平行过程，因此全僵期的长短与IMP分解、HxR和Hx生成的快慢之间互不存在联系，并因鱼的种类和死后保藏条件而异。但由于IMP的分解和HxR、Hx的生成速度比较慢，一般认为在达到解僵前为止的全僵期间，鱼体鲜度仍然是良好的。这和本实验中鳙在全僵期的IMP含量虽然缓慢下降，但仍保持在一定数量水平的测定结果大体一致。但按K值 $\leq 20\%$ 的高鲜度标准衡量，包括鳙和鲢、草鱼在内，全僵期长的鱼体K值有的超过20%，显示了一定程度的鲜度下降。刘承初等[1994]曾提出设想，即把活杀鱼的高鲜度保持期，由达到僵硬前为止的僵硬前期推迟到解僵前为止的全僵期，并把检查鱼体僵硬作为鲜度指标。这种设

想似值得作进一步的探讨。如果把僵硬前期和全僵期分作两个不同鲜度阶段,可能较为切合实际。即把前者作为鱼体保持与活鱼相同鲜度的活鲜质量阶段,后者作为保持一般良好鲜度阶段;并研究按鱼体不同僵硬状态作为判断两种不同鲜度指标的可能性。当然这仍只是一种初步的设想,有待作更深入的研究。

本文为国家自然科学基金资助项目“淡水养殖鱼类生化特性和细菌污染及其对鲜度品质的影响”的子课题。杨宏旭、衣庆斌现在大连经济开发区大连三岛食品有限公司工作。

### 参 考 文 献

- [1] 刘承初等,1994.几种淡水养殖鱼死后僵硬的季节变化.水产学报,18(1):1-7.
- [2] 霍 克等, P. B. (中山医学院生物化学教研组译),1961.实用生物化学,407.人民出版社(京).
- [3] 冈弘康ら,1990.养殖ハマチの致死条件と冷蔵中における鱼肉の硬さとの关系.日本水产学会志,56(10):1673-1678.
- [4] 尾藤通方ら,1983.魚の死后硬直に関する研究-Ⅰ.改良Cutting法による魚体の死后硬直による观察,东海区水产研究所研究报告,(109):89-96.
- [5] ——,1983a.魚の死后硬直に関する研究-Ⅰ.死后硬直の進行および消失と筋肉中の $\Delta 7P$ ,グリゲン量との关系,东海区水产研究所研究报告(110):27-37.
- [6] 岩本宗昭ら,1985.マガイの死后硬直と貯蔵温度との关系,日本水产学会志,51:443-446.
- [7] ——,1990.二、三海産魚における死后硬直の進行と貯蔵温度の影響,日本水产学会志,56:93-99.
- [8] ——,1990a.天然および养殖ヒメの死后硬直の進行の比較.日本水产学会志,56:101-104.
- [9] 渡部終五,1991.Ⅰ.死后硬直と解硬の生化学,Ⅰ.硬直に伴う筋肉の生化学的变化,魚類の死后硬直,13-15.恒星社厚生阁(東京).
- [10] Iwamoto, M.,1987. Effect of storage on rigor-mortis and ATP degradation in plaice muscle. *J. Food Sci.*, 52:1514-1517.
- [11] ——, 1988. ATP and creatine phosphate breakdown in spiked plaice muscle during storage along with activities of some enzymes involved. *ditto*, 53:1662-1665.

## POST-MORTEM BIOCHEMICAL CHANGES AND THEIR EFFECT ON FRESHNESS OF CULTURED FRESHWATER FISH

Yang Hong-xu, Yi Qin-bing, Liu Cheng-chu,  
Wang Zao and Luo Zhao-yao  
(Shanghai Fisheries University, 200090)

**ABSTRACT** Effect of different physiological states of cultured bighead carp before death on its post-mortem changes of ATP and its related compounds in the duration of rigor mortis was studied in this paper in association with its change of freshness measured by K value during this period. The results were summarized as follows:

(1)The time from death to full rigor ( $T_r$ ) was directly dependent on the initial content of ATP and lactic acid (la) after death. The degree of depletion of ATP and glycogen before death was the decisive factor for the  $T_r$ , so it is important for the improvement of freshness



keeping technique.

(2) Along with the fish muscle reached full-rigor state, the IMP concentration (IMP) increased to the highest level, then decreased slowly, and kept at a higher level before the resolution of rigor mortis beginning. On the other hand, K value ascended accompanying with HxR and Hx accumulation.

(3) For bighead, silver carp and grass carp in different seasons, when the muscle reached full-rigor state, the K value was less than 20% which means high freshness of fish. But when it reached rigor-resolution, the K value that showed a degradation of freshness of fish might be kept within 20% only in the spring or summer season, when the time reaching rigor-resolution was much shorter. As in autumn or winter, the K value would be more than 20% even 40% when the time reaching rigor-resolution became longer.

**KEYWORDS** rigor mortis of fish, killing method, K value, ATP, bighead, silver carp, grass carp

## J of SFU, Vol. 3, Nos. 1—4, 1994

### 勘 误 表

期	页	行	误	正
1—2	3	倒7	(拖网9 min 11s)	(拖网9 min 11s)
3	封二	5	鉴	茎
4	189	倒5	弱化了对学生整体、素质的培养	弱化了对学生整体素质的培养
4	191	2	奢谈	侈谈
4	191	倒3	内含	内涵
4	205	19	鞭帖	鞭挞
4	222	7	5 对于速度与稳定协调、治理整顿的关系	5 关于速度与稳定协调、治理整顿的关系