

文章编号:1000-0615(2009)03-0496-07

## 中华鲟幼鱼饵料生物及人工饲料的 蛋白质和脂肪酸营养价值评价

庄平<sup>1,2</sup>, 宋超<sup>1,2</sup>, 章龙珍<sup>1</sup>, 冯琳<sup>1,2</sup>

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;

2. 上海高校水产养殖学 E-研究院, 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

**摘要:**分析了中华鲟幼鱼 4 种饵料(3 种饵料生物:斑尾刺虾虎鱼、安氏白虾、河蚬和 1 种人工饲料)及 2 组中华鲟幼鱼(野生和人工养殖)肌肉的一般营养成分、氨基酸和脂肪酸组成。通过计算 4 种饵料分别相对 2 组中华鲟幼鱼肌肉的必需氨基酸比率比值(a/A)和必需氨基酸指数(EAAI),评价 4 种饵料的蛋白质营养价值;通过分析 4 种饵料和 2 组中华鲟幼鱼的脂肪酸组成和含量,评价 4 种饵料的脂肪酸营养价值。结果表明:斑尾刺虾虎鱼、安氏白虾、河蚬、人工饲料、野生和人工养殖中华鲟幼鱼肌肉的粗蛋白含量分别为 80.57%、67.84%、51.88%、54.20%、91.83%、83.40%。以野生中华鲟幼鱼蛋白为参比,斑尾刺虾虎鱼、安氏白虾、河蚬、人工饲料的 EAAI 分别为 0.938、0.913、0.918、0.956;以人工养殖中华鲟幼鱼肌肉蛋白为参比,EAAI 分别为 0.940、0.913、0.915、0.953,说明 4 种饵料相对 2 组中华鲟幼鱼而言均是优质蛋白源,基本能满足中华鲟幼鱼的蛋白需求。通过比较 4 种饵料的脂肪酸组成和含量发现,中华鲟幼鱼 3 种饵料生物中含 n-3 puFA 较多,能为中华鲟幼鱼的入海洄游提供丰富的 n-3 puFA 营养,而人工饲料中含 n-3 puFA 较少,不能满足用于放流的人工养殖中华鲟幼鱼对 n-3 puFA 的营养需求。综合来看,不同饵料的营养成分不同,天然饵料生物的粗蛋白、氨基酸和重要脂肪酸的含量较多,故在研制和开发中华鲟幼鱼的饵料时,应根据其天然饵料生物的营养组成情况,适当地添加其所需的氨基酸和脂肪酸来满足其生长、存活和洄游的营养需求。

**关键词:**中华鲟幼鱼;饵料生物;人工饲料;蛋白质;脂肪酸;营养价值

**中图分类号:**S 963

**文献标识码:**A

中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray)是中国特有大型洄游性名贵珍稀鱼类,由于环境污染和沿江修建水利工程等原因,使其栖息环境遭到破坏<sup>[1]</sup>,资源不断衰退,处于濒危状态<sup>[2]</sup>,故 1988 年中华鲟被列入国家一级保护动物。为了增加其资源量,近年来开展了大规模的人工增殖放流活动<sup>[3]</sup>。

中华鲟幼鱼的正常洄游、生长和存活与其饵料的营养成分密切相关。饵料中不仅总蛋白和总脂肪含量要满足中华鲟幼鱼的需求,饵料蛋白源的必需氨基酸和脂肪酸组成也很重要。根据对长

江口中华鲟幼鱼胃内含物的分析可知,斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)、安氏白虾(*Exopalaemon annandalei*)和河蚬(*Corbicula fluminea*)为长江口中华鲟幼鱼重要的饵料生物<sup>[4]</sup>,本文采用生化分析的手段,对以上 3 种饵料生物和人工饲料的一般营养成分、蛋白质和脂肪酸营养价值进行分析,评价这些饵料相对中华鲟幼鱼的营养状况、蛋白质优劣和脂肪酸品质,为中华鲟幼鱼人工饵料的研制提供理论依据。同时,本研究在人工增殖放流方面也具有一定的指导作用。

收稿日期:2008-05-07 修回日期:2009-02-18

资助项目:国家自然科学基金项目(30490234);上海市教委 E-研究院建设项目(E03009);科技部科技基础性工作和社会公益研究专项(2003DIB4J129);长江口中华鲟自然保护区专项和上海市基础重大专项(06DJ14003)

通讯作者:庄平, Tel: 021-65807868, E-mail: pzhuang@online.sh.cn

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料

野生中华鲟幼鱼为长江口误捕致死,及其饵料生物采自长江口及邻近水域,野生中华鲟幼鱼体重( $114.44 \pm 13.68$ ) g,体长( $24.24 \pm 1.21$ ) cm;斑尾刺虾虎鱼体重( $11.42 \pm 5.25$ ) g,体长( $8.86 \pm 1.45$ ) cm;安氏白虾体重( $0.99 \pm 0.19$ ) g,体长( $3.47 \pm 0.18$ ) cm;河蚬体重( $9.74 \pm 2.88$ ) g,壳宽( $3.36 \pm 0.46$ ) cm;人工养殖中华鲟幼鱼饲养在东海水产研究所养殖室,其体重( $136.40 \pm 8.14$ ) g,体长( $26.06 \pm 0.89$ ) cm,饲养期间投喂鲟鱼专用配合饲料(山东升索渔用饲料研究中心)。

### 1.2 样品处理

野生及人工养殖中华鲟幼鱼各取5尾,每尾鱼作为一个样本,解剖取新鲜肌肉作为分析材料;3种饵料生物样品各分成5组,每组取整体鲜样100 g;人工饲料选取新鲜干燥未变质的用于分析;所有分析材料在60℃烘干,磨碎,混合均匀。样本分成两份,一份作一般营养成分测定,另一份作氨基酸和脂肪酸测定。

### 1.3 样品测定方法

按GB 5009-85提供的方法分别测定粗蛋白、粗脂肪和粗灰分;按GB/T5009.168-2003提供的方法使用Agilent 6890型气相色谱仪测定脂

肪酸;按GB/T 14965-1994提供的方法使用Biochrom 20型氨基酸自动分析仪测定除色氨酸外的17种氨基酸,色氨酸使用荧光分光光度法测定。

### 1.4 氨基酸数据分析

必需氨基酸比率(A/E)以及必需氨基酸指数(EAAI)的计算参照Arai<sup>[5]</sup>、Murai等<sup>[6]</sup>和Penaforida<sup>[7]</sup>的方法,具体公式如下

$$A/E(\text{必需氨基酸比率}) = \frac{\text{每种必需氨基酸含量}}{\text{总的必需氨基酸含量}} \times 100\%$$

$$EAAI(\text{必需氨基酸指数}) = \sqrt[n]{\frac{a_1}{A_1} \times \frac{a_2}{A_2} \times \frac{a_3}{A_3} \times \dots \times \frac{a_n}{A_n}}$$

其中, $a$ 表示饵料的某种必需氨基酸比率, $A$ 表示中华鲟幼鱼肌肉的某种必需氨基酸比率, $n$ 表示必需氨基酸个数( $n=10$ )。

## 2 结果

### 2.1 4种饵料及2组中华鲟幼鱼肌肉的一般营养成分

3种饵料生物中斑尾刺虾虎鱼的粗蛋白含量最高,河蚬的粗脂肪含量最高,安氏白虾的粗灰分含量最高;人工饲料的粗脂肪和粗灰分含量均较高;2组中华鲟幼鱼比较,野生组的粗蛋白和粗灰分含量较高,人工养殖组的粗脂肪含量较高(表1)。

表1 4种饵料和2组中华鲟幼鱼肌肉的一般营养成分

Tab.1 Nutritional composition of 4 diets and the muscle of 2 groups of juvenile *A. sinensis* %

营养成分 nutritional composition	粗蛋白 crude protein	粗脂肪 crude fat	粗灰分 crude ash
斑尾刺虾虎鱼 <i>A. ommaturus</i>	80.57 ± 1.26	5.15 ± 0.24	8.60 ± 0.29
安氏白虾 <i>E. annandalei</i>	67.84 ± 0.18	11.37 ± 0.31	15.78 ± 0.16
河蚬 <i>C. fluminea</i>	51.88 ± 0.58	21.15 ± 0.87	7.77 ± 0.16
人工饲料 artificial feed	54.20 ± 1.02	17.30 ± 0.14	16.59 ± 0.20
野生组 wild group	91.83 ± 1.13	1.84 ± 0.05	6.31 ± 0.16
人工养殖组 farmed group	83.40 ± 0.82	5.64 ± 0.36	5.69 ± 0.05

### 2.2 4种饵料及2组中华鲟幼鱼肌肉的氨基酸组成及含量

4种饵料及2组中华鲟幼鱼肌肉中均含有18种参与蛋白质合成的氨基酸,包括10种必需氨基酸(EAA): Thr、Val、Met、Phe、Ile、Leu、Lys、Trp、His和Arg;2种半必需氨基酸(HEAA): Tyr和Cys;6种非必需氨基酸(NEAA): Asp、Glu、Ser、

Gly、Ala和Pro。4种饵料和2组中华鲟幼鱼肌肉的氨基酸组成具有相似性,Glu的含量均最高,Cys的含量均最低。4种饵料中必需氨基酸含量( $W_{EAA}$ )和氨基酸总量( $W_{TAA}$ )最高的为斑尾刺虾虎鱼,其次为安氏白虾和河蚬,最低的人工饲料;2组中华鲟幼鱼中野生组的 $W_{EAA}$ 和 $W_{TAA}$ 均高于人工养殖组(表2)。

表 2 4 种饵料与 2 组中华鲟幼鱼的氨基酸组成及含量

Tab. 2 Amino acid compositions of 4 diets and the muscle of 2 groups of juvenile *A. sinensis*

氨基酸 amino	斑尾刺虾虎鱼 <i>A. ommaturus</i>	安氏白虾 <i>E. annandalei</i>	河蚬 <i>C. fluminea</i>	人工饲料 artificial feed	野生组 wild group	人工养殖组 farmed group
Ser	3.17	2.38	2.17	2.29	3.91	3.65
Pro	3.59	2.53	3.65	1.65	1.41	1.67
Asp	8.14	7.12	4.82	4.16	8.46	7.64
Glu	10.49	9.35	5.75	8.19	13.53	12.68
Gly	3.80	3.65	2.50	3.33	4.58	4.63
Ala	4.71	3.93	2.59	2.93	5.57	5.47
Tyr	3.23	2.91	2.08	1.80	3.00	2.69
Cys	0.75	0.45	0.36	0.22	0.57	0.53
His	2.00	1.89	0.99	0.95	1.90	1.86
Arg	5.34	5.15	4.09	3.62	6.22	5.64
Ile	2.83	2.32	1.86	1.93	3.95	3.62
Leu	4.88	4.06	2.87	3.34	7.59	7.00
Lys	7.68	7.63	3.28	3.31	9.15	8.20
Thr	3.56	2.48	3.00	2.04	3.68	3.35
Val	4.70	3.60	3.36	2.96	6.18	5.77
Trp	0.80	0.82	0.48	0.38	0.69	0.57
Met	2.28	1.59	1.14	1.05	1.47	1.56
Phe	3.85	3.20	2.15	2.29	4.16	3.91
$W_{EAA}^*$	41.89	36.10	25.66	23.89	48.56	44.70
$W_{TAA}$	75.80	65.06	47.14	46.44	86.02	80.44

注: \* 总的必需氨基酸含量包括 10 种必需氨基酸和 2 种半必需氨基酸的含量

Notes: \* The total essential amino acids contents ( $W_{EAA}$ ) including the content of 10 kinds of essential amino acids (EAA) and 2 kinds of half-essential amino acids (HEAA)

### 2.3 4 种饵料及 2 组中华鲟幼鱼肌肉的必需氨基酸比率(A/E)

分析了 4 种饵料及 2 组中华鲟幼鱼肌肉的 10 种必需氨基酸比率(A/E), 其中, 除了河蚬和

人工饲料的 Lys 值较低, 河蚬的 Thr 值较高外, 4 种饵料与 2 组中华鲟幼鱼 10 种必需氨基酸比率(A/E)间差别不大(表 3)。

表 3 4 种饵料与 2 组中华鲟幼鱼的必需氨基酸比率(A/E)

Tab. 3 EAA ratio (A/E) of 4 diets and the muscle of 2 groups of juvenile *A. sinensis*

必需氨基酸 EAA	斑尾刺虾虎鱼 <i>A. ommaturus</i>	安氏白虾 <i>E. annandalei</i>	河蚬 <i>C. fluminea</i>	人工饲料 artificial feed	野生组 wild group	人工养殖组 farmed group	%
His	4.77	5.24	3.86	3.98	3.91	4.16	
Arg	12.75	14.27	15.94	15.15	12.81	12.62	
Ile	6.76	6.43	7.25	8.08	8.13	8.10	
Leu	11.65	11.25	11.18	13.98	15.63	15.66	
Lys	18.33	21.14	12.78	13.86	18.84	18.34	
Thr	8.50	6.87	11.69	8.54	7.58	7.49	
Val	11.22	9.97	13.09	12.39	12.73	12.91	
Trp	1.91	2.27	1.87	1.59	1.42	1.28	
Met + Cys	7.23	5.65	5.85	5.32	4.20	4.68	
Phe + Tyr	16.90	16.93	16.48	17.12	14.74	14.77	

### 2.4 4 种饵料相对 2 组中华鲟幼鱼肌肉的必需氨基酸比率比值(a/A)和 EAAI

4 种饵料分别相对于野生和人工养殖中华鲟幼鱼的必需氨基酸比率比值(a/A)中, 斑尾刺虾

虎鱼和安氏白虾的亮氨酸(Leu), 河蚬和人工饲料的赖氨酸(Lys)的 a/A 值较低; 4 种饵料分别相对野生和人工养殖中华鲟幼鱼的 EAAI 均大于 0.9(表 4 和表 5)。

表 4 4 种饵料相对野生中华鲟幼鱼肌肉的必需氨基酸比率比值( $a/A$ )和 EAAITab.4 Ratio of EAA ratio of 4 diets to that of the muscle of wild juvenile *A. sinensis* and EAAI

必需氨基酸 EAA	斑尾刺虾虎鱼 <i>A. ommaturus</i>	安氏白虾 <i>E. annandalei</i>	河鲷 <i>C. fluminea</i>	人工饲料 artificial feed
His	1	1	0.987	1
Arg	0.995	1	1	1
Ile	0.831	0.791	0.892	0.994
Leu	0.745	0.720	0.715	0.894
Lys	0.973	1	0.678	0.736
Thr	1	0.906	1	1
Val	0.881	0.783	1	0.973
Trp	1	1	1	1
Met + Cys	1	1	1	1
Phe + Tyr	1	1	1	1
EAAI	0.938	0.913	0.918	0.956

表 5 4 种饵料相对人工养殖中华鲟幼鱼肌肉的必需氨基酸比率比值( $a/A$ )和 EAAITab.5 Ratio of EAA ratio of 4 diets to that of the muscle of farmed juvenile *A. sinensis* and EAAI

必需氨基酸 EAA	斑尾刺虾虎鱼 <i>A. ommaturus</i>	安氏白虾 <i>E. annandalei</i>	河鲷 <i>C. fluminea</i>	人工饲料 artificial feed
His	1	1	0.928	0.957
Arg	1	1	1	1
Ile	0.835	0.794	0.895	0.998
Leu	0.744	0.718	0.714	0.893
Lys	0.999	1	0.697	0.756
Thr	1	0.917	1	1
Val	0.869	0.772	1	0.960
Trp	1	1	1	1
Met + Cys	1	1	1	1
Phe + Tyr	1	1	1	1
EAAI	0.940	0.913	0.915	0.953

## 2.5 4 种饵料及 2 组中华鲟幼鱼的重要脂肪酸比较

4 种饵料中安氏白虾的 EPA 含量最高,人工饲料的最低;斑尾刺虾虎鱼的 DHA 含量最高,河鲷的最低;斑尾刺虾虎鱼的  $n-3$  PUFA 含量最高,人工饲料的最低;人工饲料的  $n-6$  PUFA 含量最高,安氏白虾的最低。2 组中华鲟幼鱼比较,野生组肌肉的 EPA、DHA 和  $n-3$  PUFA 的含量较多,而人工养殖组肌肉的  $n-6$  PUFA 含量较多(表 6)。

由  $\Sigma n-3$  PUFA/ $\Sigma n-6$  PUFA 的值可见,在中华鲟幼鱼的 3 种饵料生物中该比值均大于 5,即  $n-3$  PUFA 的含量明显高于  $n-6$  PUFA;在野生中华鲟幼鱼肌肉中该比值为 2.08,即  $n-3$  PUFA 为  $n-6$  PUFA 的 2 倍多;在人工饲料中该比值略小于 1,即  $n-3$  PUFA 的含量略低于  $n-6$  PUFA;在人工养殖中华鲟幼鱼肌肉中该比值仅为 0.35,即  $n-3$  PUFA 的含量明显的低于  $n-6$  PUFA。

表 6 4 种饵料及 2 组中华鲟幼鱼肌肉的重要脂肪酸比较

Tab.6 Comparison of important fatty acids of 4 diets and the muscle of 2 groups of juvenile *A. sinensis*

脂肪酸 fatty acids	斑尾刺虾虎鱼 <i>A. ommaturus</i>	安氏白虾 <i>E. annandalei</i>	河鲷 <i>C. fluminea</i>	人工饲料 artificial feed	野生组 wild group	人工养殖组 farmed group
EPA	12.61	14.41	8.81	7.82	9.24	2.76
DHA	21.25	13.91	6.49	9.02	13.74	4.39
$\Sigma n-3$ PUFA	34.19	30.05	28.41	22.26	23.67	9.81
$\Sigma n-6$ PUFA	6.48	4.77	5.35	23.26	11.39	27.92
$\Sigma n-3$ PUFA/ $\Sigma n-6$ PUFA	5.27	6.30	5.31	0.96	2.08	0.35

### 3 讨论

#### 3.1 为中华鲟幼鱼人工饲料研制提供理论依据

中华鲟幼鱼的3种饵料生物的一般营养成分优势互补,共同搭配来满足中华鲟幼鱼对不同营养的需要;人工饲料的粗脂肪含量较高,使人工养殖中华鲟幼鱼肌肉中粗脂肪含量较高。

斑尾刺虾虎鱼的蛋白质和氨基酸营养较好,而河鲢和人工饲料的较差。评价饵料蛋白质优劣的指标,不仅与饵料蛋白质的含量相关,还与饵料必需氨基酸的组成是否符合养殖对象的需求相关<sup>[8]</sup>。Wilson等<sup>[9]</sup>研究表明,养殖动物对饲料中氨基酸的需求与自身的氨基酸组成有显著相关性。一般来说,可以利用动物整个身体组织或肌肉蛋白氨基酸组成,来评价其饲料蛋白源质量以及氨基酸平衡。中华鲟为一种洄游性鱼类,其饵料不仅要满足其生长需求,还要满足其入海洄游的营养需求。

1959年,Oser<sup>[10]</sup>提出利用EAAI评价饲料蛋白的标准是:EAAI值大于0.9的为优质蛋白源,0.9~0.8的为良好蛋白源,0.8~0.7的为可用蛋白源,小于0.7的为不适宜蛋白源。可见,4种饵料相对2组中华鲟幼鱼来说,均是优质蛋白源;但从4种饵料分别相对2组中华鲟幼鱼的氨基酸比率比值( $a/A$ )来看,斑尾刺虾虎鱼和安氏白虾的亮氨酸及河鲢和人工饲料的赖氨酸的 $a/A$ 值较低,对于中华鲟幼鱼的营养需求来说,是限制性必需氨基酸。

3种饵料生物中含n-3 PUFA较多,人工饲料中含n-6 PUFA较多;野生中华鲟幼鱼较缺乏n-6 PUFA营养,而人工养殖中华鲟幼鱼较缺乏n-3 PUFA营养。

可见,不同饵料的营养成分不同,不同中华鲟幼鱼的营养需求也不同,中华鲟幼鱼的天然饵料生物中粗蛋白、 $W_{EAA}$ 、 $W_{TAA}$ 和n-3 PUFA的含量较高,人工养殖中华鲟幼鱼较缺乏以上营养成分,故在选择和研制中华鲟幼鱼人工饲料时,不同饵料之间合理搭配使用是必要的,同时,还要参照其天然饵料生物的营养组成情况,适当的补充一些限制性必需氨基酸和脂肪酸,既要保证其营养充分和平衡,又要适合不同养殖对象的营养需要。

#### 3.2 在人工增养殖放流方面的指导作用

近年来,开展了大规模的中华鲟人工增养殖

放流活动,但是对于放流的人工养殖中华鲟幼鱼的营养状况如何以及放流入海后能否适应海洋环境等均未知。中华鲟幼鱼的饵料生物与人工饲料间,野生与人工养殖中华鲟幼鱼间重要脂肪酸的含量均有明显的差异。

脂类是海水鱼类必需的营养要素,尤其是n-3 PUFA为海水仔、稚、幼鱼的必需脂肪酸<sup>[11]</sup>。根据对海淡水鱼类脂肪酸的组成和营养需求的研究可知,淡水鱼类n-6 PUFA的含量比海水鱼类的高,海水鱼类对n-3 PUFA的需求多于淡水鱼类<sup>[12-13]</sup>。野生和人工养殖中华鲟幼鱼间脂肪酸最主要的差别是n-3 PUFA和n-6 PUFA含量和比例的差别,人工养殖中华鲟幼鱼肌肉中n-3 PUFA和n-6 PUFA的含量和比例更接近淡水鱼类,而野生中华鲟幼鱼肌肉中n-3 PUFA和n-6 PUFA的含量和比例更接近海水鱼类<sup>[14]</sup>。

鱼类肌肉中PUFA含量的差异与其摄取的饵料及对环境的适应相关,3种饵料生物中EPA,DHA,n-3 PUFA的含量较高,饵料生物中丰富的EPA,DHA和n-3 PUFA通过食物链的富集作用,在中华鲟幼鱼体内积累,使其肌肉中n-3 PUFA的含量较高。n-3 PUFA是海水鱼类的必需脂肪酸。野生中华鲟幼鱼即将洄游入海面临海水环境,其含有丰富的n-3 PUFA是与其洄游规律相适应的,有利于其入海后更好的适应海洋环境。但人工饲料中n-3 PUFA的含量相对较少,使人工养殖中华鲟幼鱼肌肉中n-3 PUFA的含量也较低,不利于其放流入海对海洋环境的适应。为了使养殖中华鲟幼鱼更好地适应海洋环境,应在其饵料中适当补充n-3 PUFA等重要脂肪酸,为其提供充足的n-3 PUFA来源。

#### 参考文献

- [1] Zhuang P, Kynard B, Zhang L Z, et al. Ontogenetic behavior and migration of Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis* [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2002, 65:83-97.
- [2] 常剑波,曹文宣. 中华鲟物种保护的历史与前景 [J]. *水生生物学报*, 1999, 23(6): 712-720.
- [3] 庄平,王幼槐,李圣法,等. 长江口鱼类 [M]. 上海:上海科学与技术出版社, 2006: 145.
- [4] 罗刚,庄平,章龙珍,等. 长江口中华鲟幼鱼的食物组成及摄食习性 [J]. *应用生态学报*, 2008, 19(1): 144-150.

- [5] Arai S. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry [J]. Bull Jan Soc Sci Fish, 1981, 47:547-550.
- [6] Murai T, Akiyama T, Nose T. Effect of amino acid balance on efficiency in utilization of diet by fingerling carp [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1984, 50:893-897.
- [7] Penafiorida V D. An evaluation of indigenous protein sources as potential component in the diet formulation for tiger prawn, *Peneaeus monodon*, using essential amino acid index (EAAI) [J]. Aquaculture, 1989, 83:319-330.
- [8] 周发林, 马之明, 黄建华, 等. 4 种斑节对虾亲虾饵料蛋白质的营养价值评价 [J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25(4): 9-13.
- [9] Wilson R P, Poe W E. Relationship of whole body and egg essential amino acid pattern to amino acid requirement patterns in channel catfish, *Ictalurus punctatus* [J]. Comp Biochem Physiol, 1985, 80: 385-388.
- [10] Oser B L. Protein and amino acid nutrition [M]. New York: Academic Press, 1959: 281-295.
- [11] 王丹丽, 徐善良, 严小军, 等. 大黄鱼仔、稚、幼鱼发育阶段的脂肪酸组成及其变化 [J]. 水产学报, 2006, 30(2): 241-245.
- [12] 赵振山, 高贵琴. 鱼类必需脂肪酸研究进展 [J]. 饲料研究, 1996, 19(12): 12-15.
- [13] 母昌考, 王春琳. 鱼类必需脂肪酸营养研究现状 [J]. 饲料工业, 2003, 24(6): 44-46.
- [14] 宋 超, 庄 平, 章龙珍, 等. 野生及人工养殖中华鲟幼鱼肌肉营养成分的比较 [J]. 动物学报, 2007, 53(3): 502-510.

## Evaluation of protein and fatty acid nutritive value in 3 preys and artificial feed of juvenile *Acipenser sinensis*

ZHUANG Ping<sup>1,2</sup>, SONG Chao<sup>1,2</sup>, ZHANG Long-zhen<sup>1</sup>, FENG Lin<sup>1,2</sup>

(1. Key Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. Aquaculture Division, E-institute of Shanghai Universities, College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** We analyzed the nutritive compositions of 3 preys (*Acanthogobius ommaturus*, *Exopalaemon annandalei*, *Corbicula fluminea*), artificial feed, wild and farmed juvenile *Acipenser sinensis*. By calculating the ratio of essential amino acids in the 3 preys and artificial feed to that of wild and farmed juvenile *A. sinensis* ( $a/A$ ) and essential amino acid index (EAAI), we evaluated the protein nutritive value of the 3 preys and artificial feed. By analyzing the fatty acid contents of 3 preys, artificial feed, wild and farmed juvenile *A. sinensis*, we evaluated the fatty acid nutritive value of the 3 preys and artificial feed. The results showed that the content of crude protein was 80.57%, 67.84%, 51.88%, 54.20%, 91.83%, and 83.40% respectively. Using the muscle of wild juvenile *A. sinensis* as the reference protein, EAAI of 3 preys and artificial feed was 0.938, 0.913, 0.918, and 0.956 respectively. And using the muscle of farmed juvenile *A. sinensis* as the reference protein, EAAI were 0.940, 0.913, 0.915, and 0.953 respectively. Protein analysis of 3 preys and artificial feed showed that they are all high-quality protein material for the wild and farmed juvenile *A. sinensis*. By analyzing the fatty acid contents of 3 preys and artificial feed, we found that the contents of n-3 PUFA were rich in *A. ommaturus*, *E. annandalei* and *C. fluminea*, but were poor in artificial feed. n-3 PUFA in artificial feed could not meet the needs for the migration of juvenile *A. sinensis*. As the nutritive compositions of 3 preys and artificial feed are different, the selection and development of artificial feed for juvenile *A. sinensis* according to the natural nutritive compositions characteristics of their preys are quite necessary and we should supplement the needed nutritive components to the artificial feed in order to meet the different needs of their survival, growth and migration.

**Key words:** juvenile *Acipenser sinensis*; preys; artificial feed; protein; fatty acids; nutritive value