

哲罗鱼稚鱼氨基酸的需要量

杨俊玲^{1,2}, 王常安², 许红², 徐奇友^{2*}, 尹家胜²

(1. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;

2. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070)

摘要:采用高生物价的酪蛋白、明胶为蛋白源的蛋白饲料(PD)和无蛋白饲料(FPD)饲养哲罗鱼稚鱼(6.8~7.3 g),通过在实验开始和结束时测定鱼体氨基酸的组成,研究氨基酸的增重需要和维持需要,并计算哲罗鱼必需氨基酸的需求量。试验在室内玻璃钢水族箱中进行,分两个处理,每个处理3个重复,每个重复25尾鱼。试验期间水温23~25℃,溶氧为6.4~7.5 mg/L,试验共进行28 d。试验结果表明,与FPD组相比,PD组鱼成活率、饲料系数、增重率、粗脂肪的含量均显著升高($P < 0.05$),而FPD组的水分含量显著增加($P < 0.05$)。PD组和FPD组鱼体粗蛋白的末含量与初始值相比差异不显著($P > 0.05$)。鱼体必需氨基酸的维持量(除色氨酸外)均占鱼体必需氨基酸的增加量和维持量之和的20%~30%,色氨酸占54.52%,所以在估计鱼体必需氨基酸的需要量时,鱼体必需氨基酸的维持量是不能忽略的。哲罗鱼各种EAA需求量[g/(100 g 鱼体重)/d]为苏氨酸(Thr)0.040,缬氨酸(Val)0.041,蛋氨酸(Met)0.027,异亮氨酸(Ile)0.034,亮氨酸(Leu)0.067,苯丙氨酸(Phe)0.035,赖氨酸(Lys)0.068,组氨酸(His)0.110,精氨酸(Arg)0.050,色氨酸(Trp)0.007。如饲料蛋白质水平为42%,哲罗鱼对必需氨基酸的需要量(占饲料蛋白质%)为苏氨酸(Thr)4.17,缬氨酸(Val)4.24,蛋氨酸(Met)2.84,异亮氨酸(Ile)3.56,亮氨酸(Leu)6.99,苯丙氨酸(Phe)3.64,赖氨酸(Lys)7.18,组氨酸(His)11.53,精氨酸(Arg)5.19,色氨酸(Trp)0.76。

关键词:哲罗鱼;氨基酸;需要模型

中图分类号:S 963

文献标识码:A

鱼类对蛋白质的需要实际上是对必需氨基酸的需要,蛋白质营养平衡实际上是氨基酸平衡。现已确认鱼类存在10种必需氨基酸,饲料中一旦缺乏这些氨基酸,会使构成鱼类蛋白质的各种氨基酸比例失调,限制其它氨基酸的利用,多余的氨基酸则脱掉氨基作为能量消耗掉,从而造成蛋白质利用不合理^[1]。传统的测定必需氨基酸需要量的方法主要是生长试验和析因法^[2]。早期Ogino^[3]采用全卵蛋白为试验饲料进行鲤和虹鳟饲养试验,通过测定鱼体的含氮量变化和初始EAA含量,换算成EAA增加量而求得EAA需求量。黄凯等^[4]也采用高生物价的酪蛋白为蛋白

源的饲料和无蛋白饲料对南美白对虾进行饲养试验,测定试验初始和结束时的南美白对虾体EAA值,以EAA增加量和维持代谢量的两者之和确定为满足虾类生长所需的各EAA需求量^[5]。

哲罗鱼(*Hucho taimen*)是凶猛肉食性鱼类,生长速度快,易驯养,肉味鲜美,营养丰富,是较好的冷水性养殖对象。近年来由于生态环境遭到破坏,资源量下降,现已被列入《中国濒危动物红皮书》^[6]。目前,该鱼的驯化养殖已获成功^[7],并在全国十几个省市推广养殖。哲罗鱼对蛋白质的需求已有报道^[8-10],但是有关哲罗鱼的氨基酸需要却未见报道。本试验以哲罗鱼为研究对象,测定

收稿日期:2009-08-08 修回日期:2009-11-25

资助项目:国家公益性行业科研专项(2008326001);黑龙江省自然科学基金项目(C2007-22);黑龙江水产研究所基本科研专项(2007HSYZX2YZ208)

通讯作者:徐奇友, Tel:13936137629, E-mail: xuqiyu@sina.com

的哲罗鱼对氨基酸的需求模型,为进一步开展哲罗鱼配合饲料研究提供基础资料和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计及饲养管理

选择体重为 6.8 ~ 7.3 g 规格整齐、体格健壮的哲罗鱼稚鱼 168 尾,用 3% 食盐消毒,然后放在水族箱(规格 100 cm × 50 cm × 50 cm, 220 L 水)中驯化,驯化阶段投喂商品饲料,每天投喂 5 次,时间分别为 8:00、11:00、14:00、17:00、20:00,投喂率为鱼体重的 6%,逐步驯化至鱼抢食。驯化两周后禁食暂养 24 h,使其消化道排空。随机抽取 18 尾鱼,测量体重和体长,储存于 -20 °C 用于以后的分析。试验分蛋白饲料组(PD)和无蛋白饲料(FPD)组,每组设有 3 个重复,每个重复随机放入 25 尾鱼。试验正式开始时称量每尾鱼的体长和体重。投喂的次数和时间以及投喂量与驯化阶段相同。实验期间水温为 23 ~ 25 °C,每天换水 1/3,溶氧为 6.4 ~ 7.5 mg/L,氨氮 0.02 ~ 0.025 mg/L。试验期间记录每天的投喂量、残饵量、水温以及鱼的采食情况。正式试验 28 d。试验结束时,每缸随机取 15 尾鱼进行氨基酸含量分析。

1.2 试验日粮

试验蛋白饲料(PD)采用高生物价的酪蛋白、蛋清粉、小麦面筋和白鱼粉为主要的蛋白源,并添加糊精、大豆磷脂、进口鱼油、复合维生素及无机盐制作而成,无蛋白饲料(FPD)未添加酪蛋白、蛋清粉、小麦面筋和白鱼粉,其他组分和 PD 的组分相同^[11-13]。准确称量各种原料,并将各种原料混合均匀后,加适量的水搅拌,用小型绞肉机挤成直径为 1.5 mm,长度约为 2 mm 的颗粒,自然晾干后置于 -20 °C 冰箱中备用。试验饲料配方及营养

价值见表 1,饲料中的必需氨基酸的组成见表 2^[14]。

表 1 试验饲料配方及营养成分含量
Tab.1 Formula and nutrient composition of the experiment diets %

成分 ingredient	组成 content	
	蛋白组 PD	无蛋白组 FPD
酪蛋白 casein	15	0
糊精 dextrin	14.5	66.5
蛋清粉 egg white	15.6	0
小麦面筋 wheat gluten	10	0
白鱼粉 white fish meal	23	0
大豆磷脂 soy lecithin	3	1
鱼油 fish oil	14.6	19
磷酸二氢钠 sodium biphosphate	1	4.6
维生素混合物 vitamin premix	0.1	0.1
复合微量元素 mineral premix	0.2	0.2
羧甲基纤维素 CMC	2	2
石粉 limestone	0	1.5
KCl	0	1
NaCl	0	0.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.3	0.5
纤维素 cellulose	0.16	2.56
添加剂 additive	0.54	0.54
合计 total	100.0	100.0
营养成分含量 nutrient composition		
粗蛋白 crude protein	52.70	0
粗脂肪 crude lipid	17.22	17.21

注:(1)添加剂(饲料中%)。大蒜素,0.01;胆碱,0.2;抗氧化剂,0.03;甜菜碱,0.3;(2)复合维生素和微量元素提供(每千克饲料)。DL-a-生育酚 60 mg,维生素 K 5 mg,维生素 A 15 000 IU,维生素 D₃ 3 000 IU,VB₁ 15 mg,VB₂ 30 mg,VB₆ 15 mg,VB₁₂ 0.5 mg,烟酸 175 mg,叶酸 5 mg,肌醇 1 000 mg,生物素 2.5 mg,泛酸钙 50 mg,Fe 25 mg,Cu 3 mg,Mn 15 mg,I 0.6 mg 和 Mg 0.7 g。
Notes:(1) Additive provides the following (of the diet %). allicin 0.01; choline 0.2; antioxidant 0.03; betain, 0.3. (2) Vitamin and mineral mixture provides the following (of the diet per kg). DL-a-VE 60 mg, VK 5 mg, VA 15 000 IU, VD₃ 3 000 IU, VB₁ 15 mg, VB₂ 30 mg, VB₆ 15 mg, VB₁₂ 0.5 mg, niacin acid 175 mg, folic acid 5 mg, inositol 1 000 mg, biotin 2.5 mg, pantothenic acid 50 mg, Fe 25 mg, Cu 3 mg, Mn 15 mg, I 0.6 mg and Mg 0.7 g.

表 2 蛋白饲料必需氨基酸组成

Tab.2 Contents of essential amino acids in PD diets %

必需氨基酸 EAA	苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	蛋氨酸 Met	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	苯丙氨酸 Phe	赖氨酸 Lys	组氨酸 His	精氨酸 Arg	色氨酸 Trp
含量 content	2.02	2.51	1.41	1.98	3.99	2.18	2.87	7.71	2.12	0.31

1.3 分析测定方法

粗蛋白质采用凯氏定氮法测定。粗脂肪采用索氏提取法测定。氨基酸的测定采用 GB/T 5009.124 - 2003,样品经 6 mol/L 盐酸水解后,

用日立 L-8900 全自动氨基酸分析仪测定。色氨酸在酸水解中被破坏,用分光光度计进行测定,检验依据为 GB/T 15400 - 1994。

1.4 计算方法

$$\text{EAA 日增加量} = \frac{\text{PD 组鱼末重} \times \text{末 EAA 含量} - \text{PD 组鱼初重} \times \text{初始 EAA 含量}}{(\text{PD 组鱼末重} + \text{PD 组鱼初重})/2} \div \text{天数(d)}$$

$$\text{EAA 日维持量} = \frac{\text{FPD 组鱼初重} \times \text{初始 EAA 含量} - \text{FPD 组鱼末重} \times \text{末 EAA 含量}}{(\text{FPD 组鱼初重} + \text{FPD 组鱼末重})/2} \div \text{天数(d)}$$

$$\text{EAA 日需要量} = \text{体组织 EAA 日增加量} + \text{体组织 EAA 日维持量}$$

$$\text{饲料 EAA 最低需求量} = \frac{\text{体组织 EAA 日需要量}}{\text{饲料粗蛋白含量} \times \text{蛋白质利用率} \times \text{日投喂率}}$$

$$\text{增重率}(\%) (\text{weight gain ratio, WGR}) = (W_t - W_0) / W_0 \times 100;$$

$$\text{成活率}(\%) (\text{survival rate, SR}) = 100 \times \text{实验结束尾数} / \text{实验初始尾数}$$

$$\text{特定生长率}(\%/d) (\text{specific growth rate, SGR}) = (\text{Ln}W_t - \text{Ln}W_0) / t \times 100;$$

$$\text{饵料系数} (\text{feed conversion ratio, FCR}) = W_f / (W_t - W_0);$$

式中, W_t : 终末体质量(g), W_0 : 初始体质量(g), W_f : 饲料投喂总量(g), t : 饲养天数。

详细计算方法参考文献[15-20]。

1.5 数据处理与统计分析

原始数据经 Excel 2003 初步整理后,用 SAS 8.2 统计软件对数据进行单因素方差分析(One-Way ANOVY),并对组间差异用 Duncan 氏进行多重比较,采用平均数 \pm 标准差($\bar{X} \pm \text{SE}$)表示, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 不同饲料对哲罗鱼生长性能和体成分的影响

从饲养试验结果(表 3 和表 4)可以看出,经过 28 d 的饲养,PD 组相对增重率为 112.10%, FPD 组相对增重率为 -17.08%,PD 组鱼体氨基酸总量为 21.16%,增加了 6.79%,脂肪含量为 21.63%,增加了 9.81%,水分由 72.42% 增加到

77.86%,增加了 5.44%; FPD 组鱼体氨基酸含量由 14.37% 下降到 11.41%,下降了 2.96%,粗脂肪也有所下降,从初始的 11.82% 下降到 9.85%,下降了 1.97%,而水分含量有所升高,结束时为 82.40%,上升了 9.98%,增加量明显高于 PD 组,对 FPD 组的水分含量具有显著的影响($P < 0.05$)。实验结束时 PD 组和 FPD 组鱼体粗蛋白的含量与初始值相比无明显变化。

蛋白饲料和无蛋白饲料对鱼的成活率产生了显著的影响,实验结束时 PD 组鱼的成活率为 90.67%,而 FPD 组鱼的成活率却只有 61.33%,比 PD 组的成活率低 29.34%。PD 组鱼经 28 d 的饲养,增重率达到了 112.20%,日增重率为 4.00%,与哲罗鱼的其他研究结果基本一致,经 56 d 的饲养增重率分别为 192.73%、177.82%;日增重率为 3.44% 和 3.17%^[3],就生长而言,已经达到了理想的生长状态。PD 组的饲料系数为 0.95。

无蛋白饲料(FPD)虽然蛋白质的含量为零,但是富含丰富的糊精和鱼油等能源物质,所以 FPD 组的鱼能正常摄食,而且活动正常,用肉眼看不出消瘦,至实验结束时,体重略有减少。由于 FPD 组的鱼无外源蛋白质提供给鱼体,所以 FPD 组鱼体内蛋白质分解,氨基酸降解,使 FPD 组鱼体氨基酸总量降低,由初始的 14.37% 下降到结束的 11.41%。

表 3 蛋白和无蛋白饵料对哲罗鱼生产性能的影响

Tab. 3 Effects of PD and FPD on growth performance of *H. taimen*

$n = 3, \bar{X} \pm \text{SD}$

组别 groups	初始体重(g) initial weight	末体重(g) final weight	增重率(%) weight gain	特定生长率(%/d) specific growth rate	成活率(%) survival rate	饲料系数 FCR
PD	6.83 \pm 0.12	14.50 \pm 0.90 ^b	112.10 \pm 10.66 ^b	2.68 \pm 0.18 ^b	90.67 \pm 1.33 ^b	0.95 \pm 0.08 ^b
FPD	7.31 \pm 0.38	6.08 \pm 0.55 ^a	-17.08 \pm 4.89 ^a	-0.68 \pm 0.21 ^a	61.33 \pm 12.72 ^a	-3.38 \pm 0.79 ^a

注: 同列中不具有相同字母的项间差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Means within a column without common superscripts differ significantly($P < 0.05$).

表 4 蛋白和无蛋白饵料对哲罗鱼体成分含量的影响

Tab.4 Effects of PD and FPD on body composition of *H. taimen* $n=3, \bar{X} \pm SD$

	初始值(a) initial			结束值(b) final		
	粗蛋白 crude protein	粗脂肪 crude lipid	水分 moisture	粗蛋白 crude protein	粗脂肪 crude lipid	水分 moisture
PD	23.94 ± 0.18 ^a	2.02 ± 0.11 ^a	72.42 ± 1.53 ^a	17.29 ± 0.18 ^b	4.79 ± 0.11 ^b	77.86 ± 0.22 ^b
FPD	23.94 ± 0.18 ^a	2.02 ± 0.11 ^b	72.42 ± 1.53 ^a	14.78 ± 0.18 ^b	1.73 ± 0.11 ^a	82.40 ± 0.14 ^b

注:同列中不具有相同字母的项间差异显著($P < 0.05$)。Notes: Means within a column without common superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

2.2 必需氨基酸需要量

蛋白饲料组(PD)和无蛋白饲料组(FPD)的鱼体氨基酸含量变化结果见表5。通过计算,可得PD组鱼的氨基酸的日增加量和FPD组鱼的氨基酸的日维持量,从表5可以看出,每日鱼体不同必需氨基酸EAA的维持代谢量与EAA增加量并不一致,维持代谢量占EAA增加量的27.63%,其中比例较高的是亮氨酸(Leu),异亮氨酸(Ile)和赖氨酸(Lys),分别为30.58%,30.89%和30.72%,最低的是精氨酸(Arg),为23.36%。每天鱼体必需氨基酸增加量最大的是组氨酸,其次是赖氨酸;而每天损失量最大的是组氨酸。日增加量与日维持量的和即为鱼对氨基酸的日需要量。

2.3 饲料中必需氨基酸需求量

在日投喂率为6%左右,哲罗鱼饲料粗蛋白质为42%,假定蛋白质利用率为90%,则满足哲罗鱼正常生长,哲罗鱼对必需氨基酸的需要量(g/kg饲料):苏氨酸(Thr)17.52,缬氨酸(Val)17.82,蛋氨酸(Met)11.93,异亮氨酸(Ile)14.94,亮氨酸(Leu)29.34,苯丙氨酸(Phe)15.29,赖氨酸(Lys)30.16,组氨酸(His)48.44,精氨酸(Arg)21.81,色氨酸(Trp)3.21;(占饲料蛋白质%):苏氨酸(Thr)4.17,缬氨酸(Val)4.24,蛋氨酸(Met)2.84,异亮氨酸(Ile)3.56,亮氨酸(Leu)6.99,苯丙氨酸(Phe)3.64,赖氨酸(Lys)7.18,组氨酸(His)11.53,精氨酸(Arg)5.19,色氨酸(Trp)0.76。

表 5 哲罗鱼体必需氨基酸含量及其对必需氨基酸的需求量

Tab.5 Composition of essential amino acids and the requirement of EAA for *H. taimen*

必需氨基酸 EAA	初始含量 initial content	结束含量 final content		EAA 增加量 (A) increase of EAA	EAA 维持量 (B) retaine of EAA	B/(A+B) (%)	EAA 需求量 (A+B) requirements of EAA
		蛋白组 PD	无蛋白组 FPD				
		g/kg per fresh body		mg/100 g body weight per day			
苏氨酸 Thr	6.36 ± 0.25	9.33 ± 0.06	4.89 ± 0.13	30.78	8.96	22.55	39.74
缬氨酸 Val	6.48 ± 0.23	9.47 ± 0.09	4.96 ± 0.14	31.17	9.26	22.90	40.43
蛋氨酸 Met	4.27 ± 0.16	6.45 ± 0.07	3.44 ± 0.08	21.56	5.50	20.33	27.06
异亮氨酸 Ile	5.33 ± 0.18	7.84 ± 0.02	3.95 ± 0.11	25.89	8.00	23.61	33.89
亮氨酸 Leu	10.40 ± 0.36	15.39 ± 0.03	7.71 ± 0.22	50.96	15.58	23.41	66.54
苯丙氨酸 Phe	5.50 ± 0.18	8.20 ± 0.06	4.33 ± 0.01	27.24	7.43	21.43	34.67
赖氨酸 Lys	10.58 ± 0.34	15.76 ± 0.06	7.77 ± 0.24	52.32	16.08	23.51	68.40
组氨酸 His	17.86 ± 0.73	26.60 ± 0.48	14.86 ± 0.36	88.34	21.52	19.59	109.86
精氨酸 Arg	7.94 ± 0.24	12.00 ± 0.08	6.67 ± 0.13	40.11	9.37	18.94	49.48
色氨酸 Trp	0.89 ± 0.03	1.39 ± 0.28	0.71 ± 0.01	4.72	2.57	35.25	7.29
合计 Total	74.72 ± 2.67	111.04 ± 0.95	58.58 ± 1.51	373.09	104.27	21.84	477.36

2.4 氨基酸需要量的研究方法

氨基酸需要量的研究方法包括生长试验、血清或组织氨基酸试验、氨基酸氧化试验、理想蛋白质模式和析因法。如一些研究者用饲喂一段时间饲料的鱼体蛋白中的氨基酸增加量来确定每种必需氨基酸的需要量^[21-22]。Ogino^[3]测定了鲤和虹

鳟体蛋白中必需氨基酸的保留量,并应用饲养28d后鱼体必需氨基酸的增加量来估计鱼必需氨基酸的需要量。这种方法假定生长幼鱼的维持需要量最低(虽然这种假设很难圆满解释只有30%~40%的饲料氮被保留在体内这一事实),所以鱼体增重部分的氨基酸模式是鱼氨基酸需求的主要

决定因素。本试验的方法虽然也同样采用了高生物价的酪蛋白为蛋白源饲料,但与 Ogino^[3]方法不同之处是考虑了氨基酸用于鱼体维持生长需要量,直接测定试验初始和结束时的哲罗鱼体的 EAA 值,以 EAA 增加量和维持代谢量的两者之和确定为满足哲罗鱼体生长所需的 EAA 的需求量。由表 5 可以看出鱼体必需氨基酸的维持量(除色氨酸外)均占鱼体必需氨基酸的增加量和维持量之和的 20%~30%,色氨酸占 54.52%,所以在估计鱼体必需氨基酸的需要量时,鱼体必需氨基酸的维持量是不能忽略的,也说明 Ogino^[3]测定的鱼的氨基酸需要量值偏低,并不能很好地满足鱼体生长所需的氨基酸需要量。

2.5 与几种鱼的氨基酸需要量的比较

哲罗鱼对必需氨基酸需要量与大鳞大麻哈

鱼、大西洋鲑、遮目鱼、鳗鲡和虹鳟必需氨基酸需要量比较结果见表 6。哲罗鱼对必需氨基酸的需要量与大鳞大麻哈鱼相比,组氨酸、亮氨酸偏高,精氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸和色氨酸基本相似;与鳗鲡相比,亮氨酸、赖氨酸和组氨酸偏高,色氨酸稍低,其它几种氨基酸基本相近;与大西洋鲑相比,几种必需氨基酸均有些差异;与遮目鱼相比,赖氨酸和组氨酸偏高,其余几种必需氨基酸基本相似;与虹鳟相比,几种必需氨基酸均显著大于其需要值。造成上述这些现象的原因主要有以下几个方面:1. 与鱼类种类、食性、年龄和发育阶段不同有关;2. 因为不同的研究者所采用的试验方法和设定的试验条件不同,如试验日粮的参比蛋白和蛋白源不同、试验鱼的体重不同、水温、水质不同等都可能影响结果的可比性。

表 6 哲罗鱼及其它几种鱼类对必需氨基酸的需要量(占饲料蛋白质的含量%)

Tab. 6 The EAAs requirements(g/100 g protein) for the *H. taimen* and some other fishes

种类 specieae	苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	蛋氨酸 Met	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	苯丙氨酸 Phe	赖氨酸 Lys	组氨酸 His	精氨酸 Arg	色氨酸 Trp	蛋白质含量 (%) protein
大鳞大麻哈鱼 <i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	2.2	3.2	4.0	2.2	3.9	5.1	5.0	1.8	6.0	0.5	40
大西洋鲑 <i>Salmo salar</i>	0.8	1.1	1.4	0.8	1.3	1.7	2.7	0.6	2.0	0.2	38
遮目鱼 <i>Chanos chanos</i>	4.5	3.6	2.5	4.0	5.1	4.2	4.0	2.0	5.2	0.6	40
鳗鲡 <i>Anguilla</i>	4.0	4.0	3.2	4.0	5.3	5.8	5.3	2.1	4.5	1.1	38
虹鳟 <i>Oncorhynchus mykiss</i>	0.8~1.4	1.2	1.0~1.5	1.0	1.8	2.0~2.7	2.0~2.9	0.6	2.0~2.8	0.2~0.4	40
哲罗鱼 <i>Hucho taimen</i>	4.17	4.24	2.84	3.56	6.99	3.64	7.18	11.53	5.19	0.76	42

参考文献:

- [1] Kaushik S J, Breque J, Blanc D. Requirements for protein and essential amino acids and their utilization by Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) [C]//Williot P, ed. Proceedings of the First International Symposium on the Sturgeon. CEMAGREF, France, 1991;25-39.
- [2] Wilson R P. Amino acid and protein requirements of fish[M]//Halver J E. Fish Nutrition. San Diego, CA Academic press, 2002, 3:143-179.
- [3] Ogino C. Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1980, 46:171-174.
- [4] 黄凯, 王武, 李春华. 南美白对虾必需氨基酸的需要量[J]. 中国水产科学, 2003, 27(5):456-461.
- [5] Brown P B. Using whole-body amino acid patterns and quantitative requirements to rapidly develop diets for new species such as striped bass (*Morone saxatilis*) [J]. Appl Ichthyol, 1995, 11:342-346.
- [6] 乐佩琦, 陈宜瑜. 中国濒危动物(鱼类)红皮书[M]. 北京:科学出版社, 1998:29-31.
- [7] 姜作发, 尹家胜, 徐伟, 等. 人工养殖条件下哲罗鱼生长的初步研究[J]. 水产学报, 2003, 27(6):590-594.
- [8] 徐奇友, 王炳谦, 尹家胜, 等. 哲罗鱼稚鱼的蛋白质和脂肪的需求量[J]. 中国水产科学, 2007, 14(3):498-503.
- [9] 徐奇友, 王常安, 尹家胜, 等. 大豆分离蛋白代替鱼粉对哲罗鱼稚鱼生长、体成分和血液生化指标的影响[J]. 水生生物学报, 2008, 32(6):941-946.
- [10] 徐奇友, 王常安, 许红, 等. 丙氨酰-谷氨酰胺对哲罗鱼仔鱼生长和抗氧化能力的影响[J]. 动物营养学报, 2009, 21(6):1012-1017.
- [11] Santiago C B, Lovell R T. Amino acid requirements

- for growth of Nile tilapia [J]. *J Nutr*, 1988, 118: 1540 - 1546.
- [12] Hung N. Estimating the ideal dietary indispensable amino acid pattern for growth of white sturgeon, *Acipenser transmontanus* [J]. *Aquaculture Nutrition*, 1995, 11(1): 85 - 94.
- [13] Ravi J, Devaraj K V. Quantitative essential amino acid requirements for growth of catla, *Catla catla* (Hamilton) [J]. *Aquaculture*, 1991, 96: 281 - 291.
- [14] Shanks W E, Gahimer G D, Halver J E. The indispensable amino acids for rainbow trout [J]. *Prog Fish-cult*, 1962, 24: 68 - 73.
- [15] Green J A, Hardy R W. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion [J]. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2002, 27: 97 - 108.
- [16] Fagbenro O A. Validation of the essential amino acid requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, assessed by the ideal protein concept [C]. *Tilapia aquaculture in the 21st century. From the 5th Intl Symp on Tilapia in Aquaculture*, 2000: 154 - 156.
- [17] Nose T. Summary report on the requirements for essential amino acids for carp [M]. Halver J E, Tiews K, eds. *Finfish nutrition and fishfeed Technology*, 1979: 145 - 156.
- [18] Cowey C B. Nutrition: estimating requirements of rainbow trout [J]. *Aquaculture*, 1992, 100: 177 - 189.
- [19] Akiyama T, Oohara T, Yamamoto T. Comparison of essential amino acid requirements with A/E ratio among fish species [J]. *Fish Sci*, 1997, 63: 963 - 970.
- [20] Rodehutsord M, Becker A, Pack M. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids [J]. *Nutr*, 1997, 126: 1166 - 1175.
- [21] Cowey C B. Intermediary metabolism in fish with reference to output of end products of nitrogen and phosphorus [J]. *Water Sci Technol*, 1995, 31: 21 - 28.
- [22] Brosnan J T. Glutamate at the interface between amino acid and carbohydrate metabolism [J]. *Nutr*, 2000, 130: 988 - 990.
- [23] Peres H, Oliva-Teles A. Effect of the dietary essential to non-essential amino acid ratio on growth, feed utilization and nitrogen metabolism of European sea bass [J]. *Aquaculture*, 2006, 256: 395 - 402.
- [24] Wilson R P, Poe W E. Relationship of whole body and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish, *Ictalurus punctatus* [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1985, 80: 385 - 388.
- [25] Cowey C B. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values [J]. *Aquaculture*, 1994, 124: 1 - 11.
- [26] Yamamoto T, Shima T, Tabata M. Self-selection of diets with different amino acid profiles by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Aquaculture*, 2000, 187: 375 - 386.
- [27] Nose T. Determination of nutritive value of food protein in fish. III. Nutritive value of casein, white fish meal and soybean meal in rainbow trout fingerlings [J]. *Bull Freshw Fish Res Lab*, 1971, 21: 85 - 98.
- [28] Wilson R P, Cowey C B. Amino acid composition of whole body tissue of rainbow trout and Atlantic salmon [J]. *Aquaculture*, 1985, 48: 373 - 376.
- [29] Rollin X. *Critical Study of Indispensable Amino Acids Requirements of Atlantic Salmon Fry* [D]. Belgium: Universite Catholique de Louvain, 1999, 260.
- [30] Borlongan I G, Relicardo M, Coloso. Requirements of juvenile milkfish for essential amino acids [J]. *J Nutr*, 1993, 123: 125 - 132.

Requirement of essential amino acids for *Hucho taimen* juvenile

YANG Jun-ling^{1,2}, WANG Chang-an², XU Hong², XU Qi-you^{2*}, YIN Jia-sheng²

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China)

Abstract: Feeding experiments were conducted with protein diets (PD) and protein-free diets (FPD) for *Hucho taimen* (6.8–7.3 g), the diets (PD) was prepared by casein and gelatin as protein source with high biological values. The whole body amino acid composition was determined at the beginning and the end of the study. The requirements of *Hucho taimen* for essential amino acids (EAA) were determined based on the daily increment and daily maintenance requirement of each EAA in fish body. Fish were raised in tanks. There were 2 diets, each diet was randomly assigned to triplicate groups of 25 fish. During the experiment, the water temperature fluctuated from 23 °C to 25 °C, and the dissolved oxygen was 6.4 mg/L to 7.5 mg/L. The experiment was conducted for 28 days. Compared with the FPD fish, the survival rate, the feed coefficient rate, the weight gain and crude lipid were increased significantly ($P < 0.05$). The daily maintenance requirement of EAA (except tryptophan) accounted for 20% to 30% of the sum of daily increment and daily maintenance requirement, and accounting for 54.52% of tryptophan. So the daily maintenance requirement of EAA can not be ignored. The minimum requirements of EAA needed to satisfy the requirements of *Hucho taimen* [$\text{g}/(100 \text{ g body weight})/\text{d}$] were: Threonine 0.040, Valine 0.041, Methionine 0.027, Isoleucine 0.034, Leucine 0.067, Phenylalanine 0.035, Lysine 0.068, Histidine 0.110, Arginine 0.050. When dietary protein level was 42%, the minimum contents of EAA in the dietary ($\text{g}/\text{kg diet}$) were as follows: Threonine 4.17, Valine 4.24, Methionine 2.84, Isoleucine 3.56, Leucine 6.99, Phenylalanine 3.64, Lysine 7.18, Histidine 11.53, Arginine 5.19 and Tryptophan 0.76.

Key words: *Hucho taimen*; essential amino acids; requirement model

Corresponding author: XU Qi-you. E-mail: xuqiyou@sina.com