

大鳞鲃幼鱼氨基酸需要量

许 红¹ 王常安¹ 徐奇友¹ 畅雅萍² 徐 伟¹

1. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 哈尔滨 150070; 2. 黑龙江省八五——农场, 密山 158307

摘要 选择体质量为 (11.29 ± 0.07) g的健康大鳞鲃, 共分2个处理组(蛋白饲料组和无蛋白饲料组), 每个处理3个重复, 每重复20尾鱼。根据试验前后鱼体氨基酸变化分别得到大鳞鲃日增加氨基酸和日维持氨基酸需要量, 并根据两者之和得到氨基酸日需要量。结果表明: 1) 从大鳞鲃生长状况看, 与蛋白饲料组相比, 无蛋白饲料组鱼体末质量及特定生长率均显著降低($P < 0.05$)。2) 从体成分变化情况看, 与蛋白饲料组相比, 无蛋白饲料组鱼体水分含量显著升高($P < 0.05$)。3) 如大鳞鲃饲料蛋白水平为43%, 饲料利用率为90%, 日投饵率为3%, 大鳞鲃氨基酸日需要量为(mg/100 g): 苯丙氨酸25.54, 蛋氨酸15.80, 精氨酸36.08, 赖氨酸53.76, 亮氨酸49.95, 苏氨酸25.05, 缬氨酸25.99, 异亮氨酸25.33, 组氨酸19.94; 大鳞鲃饲料中氨基酸含量为(g/100 g): 苯丙氨酸0.85, 蛋氨酸0.53, 精氨酸1.20, 赖氨酸1.79, 亮氨酸1.67, 苏氨酸0.84, 缬氨酸0.87, 异亮氨酸0.84, 组氨酸0.66。

关键词 大鳞鲃; 幼鱼; 氨基酸需要量; 鱼饲料

中图分类号 S 963.73 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)06-0126-06

大鳞鲃(*Barbus capito*)属鲤科、鲃亚科、鲃属, 原产于乌兹别克斯坦的咸海, 属当地贵重的大型经济鱼类。2003年, 黑龙江水产研究所将该鱼种引入中国, 并对其生物学特性^[1]和人工繁育技术^[2]进行了研究。大鳞鲃具有食性广、生长速度快、肉质鲜美、耐盐碱、适应性强等特性, 对我国尤其是青海、新疆、内蒙古等盐碱水域丰富的地区资源利用和渔业发展具有重要意义, 但由于缺乏适宜的大鳞鲃饲料也限制了大鳞鲃的养殖规模。

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, 限制其他氨基酸的利用, 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^[3], 因此, 饲料必须保证氨基酸供给和需求平衡, 以最大限度发挥氨基酸营养作用。目前, 鱼类氨基酸需要量的研究已有大量的报道, 研究的方法一般是通过生长试验和同位素¹⁴C标记实验确定^[4]。笔者结合前人对其他鱼类的研究结果, 以必需氨基酸(EAA)增加量和维持代谢量的两者之和作为生长所需的各EAA需求量进行大鳞鲃幼鱼氨基酸需要量研究, 旨在为优化大鳞鲃幼鱼饲料配方提供基础

理论依据与试验数据。

1 材料与方法

1.1 试验鱼

大鳞鲃由黑龙江水产研究所松浦试验站提供, 试验选用同一批孵化的体质量为 (11.29 ± 0.07) g的健康大鳞鲃。

1.2 试验设计与日粮

试验设2个处理组, 分别为蛋白饲料(protein diet, PD)组和无蛋白饲料(protein-free diet, FPD)组, 每处理组3个重复, 每重复20尾鱼。蛋白饲料选用高生物价蛋白如酪蛋白、鱼粉和小麦水解蛋白作为蛋白源, 同时添加植物油、鱼肝油、羧甲基纤维素(CMC)、纤维素、糊精、磷脂、无机盐和维生素混合物制作而成; 无蛋白饲料中蛋白质空缺部分由糊精补充, 其余部分与蛋白饲料相同, 该饲料不含蛋白源, 其中的脂肪源和糊精可满足鱼类的能量需求。试验日粮组成见表1。饲料中预混剂的质量分数为1%, 包括: Vc, 0.1%; 胆碱, 0.2%; BHT, 0.025%; 丙酸钙, 0.05%; 甜菜碱, 0.1%; 维生素, 0.3%; 微量元素, 0.2%。维生素或微量元素成分有(mg/kg或

收稿日期: 2013-02-19

基金项目: 国家公益性行业专项(农业)(201003055)和黑龙江水产研究所基本科研业务费专项(2009HSYZX-YY-09; 201007)

许 红, 副研究员。研究方向: 水产动物营养与饲料学。E-mail: xuhongtt@126.com

通讯作者: 徐奇友, 博士, 研究员。研究方向: 动物营养与饲料学。E-mail: xuqiyu@sina.com

IU/kg):DL- α -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; Mg 0.7 g/kg。

蛋白组饲料中必需氨基酸组成(g/100 g)为:苯丙氨酸 2.06,蛋氨酸 1.16,精氨酸 2.02,赖氨酸 3.11,亮氨酸 3.79,苏氨酸 1.81,缬氨酸 2.53,异亮氨酸 2.03,组氨酸 1.27。

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,用小型颗粒机制成直径为 1.5 mm、长度约为 1.5 mm 的颗粒,自然晾干后置于-20℃冰箱中备用。

表 1 试验日粮组成及营养水平(风干物质基础)

Table 1 Composition and nutrition levels of the trial diets (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content	
	PD	FPD
成分 Ingredients		
酪蛋白 Casein	25.88	0.00
次粉 Wheat middling	20.00	0.00
鱼粉 Fish meal	20.00	0.00
小麦水解蛋白 Wheat hydrolyzed protein	6.00	0.00
植物油 Plant oil	4.00	5.00
鱼油 Fish oil	4.00	2.00
羧甲基纤维素 CMC	1.00	5.00
糊精 Dextrin	16.12	74.00
磷脂 Soy lecithin	1.00	0.00
NaCl	0.00	0.17
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	0.00	1.10
NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	0.00	3.30
KH ₂ PO ₄	0.00	1.00
纤维素 Cellulose	1.00	6.43
预混剂 Premix	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrition level		
粗蛋白 CP	42.15	0.00
粗脂肪 EE	10.13	7.98

1.3 饲养管理及生长性能指标计算

试验在循环水养殖系统中进行,每水族箱装水量为 200 L,配备充气、控温装置。试验前驯化 7 d 饲喂商品饲料,驯化期结束禁食 24 h,选择大小均匀、健康的鱼 120 尾分 6 个水族箱,每箱 20 尾,分别测量体质量和体长。试验开始每组鱼投喂相应的饲

料。饲料投喂时间为 08:00、11:00、13:00 和 16:00,饱食投喂,投饲率为体质量的 2%~4%,按照投饲率,计算每周的饲料用量,每 14 d 调整投喂量。期间水温(25±0.5)℃,溶氧>6 mg/L,每天换水量为 1/5。试验共进行 4 周。试验结束,空腹 24 h,称质量,取样。特定生长率(specific growth rate,SGR),增重率(weight growth rate,WGR),摄食量(feed consumption,FC),饵料系数(feed conversion ratio,FCR)计算方法参照文献[5]。

1.4 样品采集与测定方法

试验开始时取试验鱼 9 尾,于-20℃冰箱中保存以测定其水分、粗蛋白(crude protein,CP)、粗脂肪(ether extracts,EE)、氨基酸含量。试验结束禁食 24 h,每组随机取 9 尾全鱼于-20℃冰箱中保存,以测定其氨基酸、水分、粗蛋白和粗脂肪含量。水分测定采用 105℃烘箱干燥恒质量法;粗蛋白的测定为凯氏定氮法(总氮×6.25);粗脂肪的测定为索氏乙醚抽提法;灰分的测定为茂福炉灼烧法(550℃)。

样品前处理:采用盐酸水解法。将风干样粉碎至过 0.125 mm 网筛,称取试样 50~100 mg,置于安瓿管中,加盐酸水解,抽真空,用喷灯封口,放入(110±1)℃的恒温箱中水解 22 h,将水解液转入 100 mL 容量瓶,用 NaOH 溶液中和,并定容至 100 mL,溶液过滤后用日立 L-8900 型氨基酸自动分析仪测定。由于酸水解破坏了样品中色氨酸,故色氨酸未测定。AA 日增加量、EAA 日维持量,EAA 日需要量和饲料中 EAA 含量计算方法参照文献[6]。

1.5 统计分析方法

试验结果采用 SPSS 13.0 统计软件进行单因素方差分析,并对组间差异采用独立样本 t 检验。数据用平均数±标准误表示,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 大鳞鲂生长状况

从生长结果(表 2)可以看出,蛋白饲料(protein diet,PD)组大鳞鲂经过 4 周饲喂,体质量增至(20.98±0.23) g,增加率为 86.78%,无蛋白饲料(protein-free diet,FPD)组增加率为 6.43%,质量增加不明显。试验结束,FPD 组与 PD 组相比,特定生长率显著降低(P<0.05),摄食量显著降低(P<0.05),成活率均为 100%。

表 2 蛋白和无蛋白饲料对大鳞鲃生长性能的影响¹⁾

Table 2 Growth performances of *Barbus capito* in protein diets and protein-free diets

项目 Items	PD	FPD
初质量/g Initial weight	11.32±0.07	11.33±0.16
末质量/g Final weight	20.98±0.23 b	12.05±0.18 a
特定生长率/% SGR	2.08±0.02 b	0.20±0.04 a
增重率/% WGR	86.78±0.87	6.43±1.35
成活率/% SR	100.00	100.00
摄食量/(%/d) FC	5.65±0.14 b	4.31±0.08 a
饵料系数/% FCR	1.82±0.03 b	20.74±4.05 a

1)同行中数据后不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Different letters are significant difference within the same row ($P<0.05$). The same as below.

2.2 大鳞鲃鱼体营养成分含量

体成分变化情况见表 3,与初始相比,PD 组与 FPD 组鱼体水分均显著降低($P<0.05$)。PD 组与 FPD 组粗蛋白和粗脂肪均无显著差异($P>0.05$)。

表 3 蛋白饲料和无蛋白饲料对大鳞鲃鱼体营养成分的影响

Table 3 Body composition of *Barbus capito* in protein diets and protein-free diets %

项目 Items	初始值 Initial	结束值 Final	
		PD	FPD
水分 Moisture	70.52±0.33 c	67.27±0.14 a	68.51±0.51 b
粗蛋白 CP	16.74±0.16	17.97±0.02	16.26±1.00
粗脂肪 EE	8.29±0.24	11.19±0.13	10.46±1.09

2.3 大鳞鲃鱼体氨基酸组成

由表 4 可以看出,PD 组鱼体氨基酸总量为

23.32%,FPD 组鱼体氨基酸总量为 17.43%,换算成干物质总量,PD 组和 FPD 组鱼体氨基酸含量分别为 71.24%和 55.32%。

表 4 大鳞鲃鱼体氨基酸组成

Table 4 Whole body amino acids profile of *Barbus capito* fed PD and FPD for 28 days g/100 g

项目 Items	初始值 Initial	结束值 Final	
		PD	FPD
苯丙氨酸 Phe	8.00±0.15	9.89±0.16	7.18±0.30
蛋氨酸 Met	5.11±0.13	6.00±0.25	4.34±0.16
精氨酸 Arg	11.63±0.17	14.45±0.38	10.83±0.34
赖氨酸 Lys	15.89±0.45	19.45±0.33	12.55±0.54
亮氨酸 Ieu	15.37±0.20	18.51±0.58	12.91±0.60
苏氨酸 Thr	8.68±0.09	10.44±0.11	7.70±0.36
缬氨酸 Val	9.36±0.09	10.77±0.10	8.07±0.40
异亮氨酸 Ile	8.24±0.06	9.64±0.13	6.99±0.37
组氨酸 His	4.36±0.13	6.37±0.05	3.39±0.14
必需氨基酸总量 TEAA	86.64±1.11	104.77±0.81	73.97±3.19
氨基酸总量 TAA	193.14±2.35	233.16±2.02	174.30±6.78

2.4 大鳞鲃氨基酸需要量

氨基酸需要量是根据饲料喂一段时间含蛋白饲料后鱼体氨基酸增加量和饲养一段时间无蛋白饲料鱼体氨基酸损失量之和来估计的,由表 5 可以看出,大鳞鲃在饲料含蛋白饲料 4 周后 10 种必需氨基酸有不同程度的增加,而饲料无蛋白饲料鱼体必需氨基酸含量有不同程度的降低。根据试验前后鱼体氨基酸变化,得出大鳞鲃 EAA 增加量和 EAA 维持量,并由此估计出大鳞鲃 EAA 需要量(表 5)。

表 5 大鳞鲃氨基酸日均需要量

Table 5 Requirements of EAA for *Barbus capito* mg/100 g

氨基酸 AA	EAA 增加量(A) Increase of EAA	EAA 维持量(B) Retention of EAA	EAA 需要量(A+B) Requirements of EAA	B/(A+B)
苯丙氨酸 Phe	24.34	1.20	25.54	4.70
蛋氨酸 Met	14.17	1.63	15.80	10.32
精氨酸 Arg	35.71	0.37	36.08	1.03
赖氨酸 Lys	45.51	8.25	53.76	15.35
亮氨酸 Ieu	44.65	5.30	49.95	10.61
苏氨酸 Thr	23.42	1.63	25.05	6.51
缬氨酸 Val	23.48	2.51	25.99	9.66
异亮氨酸 Ile	22.71	2.62	25.33	10.34
组氨酸 His	17.50	2.44	19.94	12.24
合计 Total	253.48	25.93	279.41	9.28

2.5 大鳞鲂饲料中氨基酸含量及与其他鱼类的比较

如大鳞鲂饲料蛋白水平为 43.0%，饲料利用率为 90.0%，日投喂率为 3.0%，即可满足大鳞鲂正常生长，则大鳞鲂最低饲料中氨基酸含量分别为 (g/100 g)：苯丙氨酸 0.85，蛋氨酸 0.53，精氨酸 1.20，赖氨酸 1.79，亮氨酸 1.67，苏氨酸 0.84，缬氨酸 0.87，异亮氨酸 0.84，组氨酸 0.66；大鳞鲂饲料蛋白中的氨基酸含量分别为 (g/100 g)：苯丙氨酸 2.20，蛋氨酸 1.36，精氨酸 3.11，赖氨酸 4.63，亮氨

酸 4.30，苏氨酸 2.16，缬氨酸 2.24，异亮氨酸 2.18，组氨酸 1.72。与其他鱼类氨基酸需要量的比较结果见表 6。大鳞鲂日需要量最高的为赖氨酸，其次为亮氨酸，最低的为蛋氨酸，这与 Ogino^[7]对鲤和虹鳟的研究结果一致。由表 6 可以看出，大鳞鲂除了赖氨酸、亮氨酸、精氨酸和缬氨酸需要量高于鲤^[7]需要量以外，其余值都相对偏低，特别是蛋氨酸、异亮氨酸差异较大。与虹鳟^[7]相比，苯丙氨酸和蛋氨酸较接近，其余值偏高；与大西洋鲑^[8]相比，蛋氨酸较接近，其余值均偏高；与哲罗鱼^[6]相比，各氨基酸值均偏低。

表 6 不同鱼种氨基酸需要量(占饲料蛋白比例)

Table 6 Essential amino acids requirements for different fish (g/100 g crude protein)											%
种类 Species	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	饲料蛋白含量 Protein content
大鳞鲂 <i>Barbus capito</i>	2.16	2.24	1.36	2.18	4.30	2.20	4.63	1.72	3.11	—	43.0
鲤 ^[7] <i>C. carpio</i>	3.4	2.1	4.3	5.7	3.3	3.9	3.6	2.5	2.1	0.8	30.9
虹鳟 ^[7] <i>S. gairdneri</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	40.0
大西洋鲑 ^[8] <i>A. salmo</i>	0.8	1.1	1.4	0.8	1.3	1.7	2.7	0.6	2.0	0.2	38.0
哲罗鱼 ^[6] <i>H. taimen</i>	4.17	4.24	2.84	3.56	6.99	3.64	7.18	11.53	5.19	0.76	42.0

3 讨 论

3.1 蛋白饲料和无蛋白饲料对大鳞鲂生长和体成分的影响

大鳞鲂水分含量与禾花鲤^[9]、德国镜鲤^[10]、吉富罗非鱼^[11]、中华倒刺鲃^[12]、点篮子鱼^[13]、大黄鱼^[14]、大菱鲆^[15]、美洲黑石斑鱼^[16]相比较低；粗蛋白含量与中华倒刺鲃^[12]、点篮子鱼^[13]、美洲黑石斑鱼^[16]相比较低，但与吉富罗非鱼^[11]、大黄鱼^[14]、大菱鲆^[15]相比较高；粗脂肪含量与以上 8 种鱼相比较高。由此可见大鳞鲂粗蛋白与粗脂肪含量相对较高。PD 组干物质中氨基酸总量与蔺玉华等^[17]研究结果较接近。大鳞鲂必需氨基酸总量占氨基酸总量的 42.42%~44.96%，符合 WHO/FAO^[18]评分模式中必需氨基总量与氨基酸总量之比为 40%左右的理想模式，这与蔺玉华等^[17]的研究结果也较一致，说明大鳞鲂是一种值得推广的养殖鱼类。

试验中蛋白饲料(PD)主要采用高生物价的酪蛋白、鱼粉为蛋白源，经 28 d 的试验，PD 组的成活率较高，为 100%，增重率为 86.78%。与耿龙武等^[2]在池塘大鳞鲂饲养试验结果基本一致，体质量

(3.40±0.12) g，投喂量为鱼体质量的 5%~8%，每公顷放养 45 000 尾，饲养 90 d 体长达(14.34±0.15) cm，体质量(40.06±1.19) g。就生长而言，达到了理想的生长状态。无蛋白饲料(FPD)蛋白质含量为零，但含有丰富糊精和鱼油等能源物质，就试验观察结果来看，FPD 组大鳞鲂初期摄食正常，后期摄食欲不强，但能正常摄食，活动正常，肉眼看不出其体型消瘦，说明提供的能量物质能充分满足其需要。至试验结束，体质量未减少，相对增重率为 6.43%。因为糊精和油脂可短时期满足鱼类的需要，使得鱼体质量有小幅度的增加。与蛋白饲料组相比，特定生长率显著降低，饵料系数显著升高，说明日粮中蛋白是鱼类生长必不可少的部分，日粮蛋白质缺乏会影响动物对营养物质的吸收，从而抑制生长。无蛋白饲料组鱼体蛋白质有降低趋势，这是因为鱼体所需要的蛋白质除了用于生长还要用于维持需要，无蛋白饲料中不含蛋白，鱼类无法从中获取蛋白质，必须通过体蛋白分解代谢来获取氨基酸以维持基本需要。

3.2 大鳞鲂与其他鱼类氨基酸需要量的比较

由 EAA 需要量结果(表 6)可以看出，大鳞鲂与

鲤、虹鳟、大西洋鲑等对氨基酸的需要量存在一定的差异,原因是鱼品种不同,其肌肉氨基酸组成不同,不同品种的生长速度差异较大,其氨基酸需要量便存在较大差异。大鳞鲃日 EAA 维持代谢量与 EAA 增加量的比例不一致,总 EAA 维持代谢量占总 EAA 增加量的 9.28%,比例较高的是赖氨酸(占 15.35%),比例较低的是精氨酸(为 1.03%),可见氨基酸用于维持的部分不容忽视。

绝大多数学者都是在 Halve 等^[19]方法基础上通过投喂某种氨基酸含量呈梯度变化的饲料来测定鱼类氨基酸需要量,但 Wilson^[20]认为蛋白质的消化率与结晶氨基酸不同,这种试验日粮不适用于所有鱼类。此类方法还必须考虑氨基酸的非蛋白质功能和氨基酸的相互作用,并对试验条件、方式和结果的处理有较高的要求,工作量也较大。本试验采用的方法与黄凯等^[21]的研究方法相同,以 EAA 增加量和维持代谢量的两者之和确定为生长所需的各 EAA 需求量。此方法避免了使用晶体氨基酸,同时又考虑了鱼类维持代谢量,与 Nose^[22]和 Ogino^[7]的研究方法相比,考虑了机体内源损失的氨基酸需要。

一些学者用饲喂鱼一段时间的鱼体氨基酸增加量来测定鱼体每种必需氨基酸需要量,也叫 Ogino 法^[7]。这种方法假定所有食入的氨基酸都用来蛋白质沉积,但这种方法测定的必需氨基酸沉积量不能保证鱼类的最大生长。为得到这种水平的必需氨基酸沉积,实际上要饲喂很高水平的必需氨基酸,因为只有大约 30%~40%的日粮氮被生长鱼沉积(NRC,1993)^[18]。这些数据提供蛋白质沉积的日粮中理想的必需氨基酸模式,但可能不是需要量的数据^[23]。这就是为什么采用 Ogino 法测定的鲤 10 种必需氨基酸需要量多数低于 NRC 推荐的采用剂量法测定的需要量。Wilson 等^[24]强调这种低估表明大量的一些必需氨基酸可能用于维持代谢需要。本研究表明,一些氨基酸维持代谢需要量占总需要量的 10%以上,如赖氨酸占 15.35%,蛋氨酸占 10.32%。可见,采用生长和维持氨基酸需要量之和才能准确测定氨基酸的需要量。除此之外,鱼体规格、水温、养殖密度、生活环境、测定方法等因素也会影响鱼类氨基酸需要量的测定结果。

参 考 文 献

- [1] 蔺玉华,耿龙武,王信海,等.池塘驯养大鳞鲃某些生物学特性研究[J].天津师范大学学报,2009,29(4):72-75.
- [2] 耿龙武,徐伟,蔺玉华,等.大鳞鲃人工繁育技术初报[J].吉林农业大学学报,2010,32(2):218-220.
- [3] KAUSHIK S J, BREQUE J, BLANC D. Requirements for protein and essential amino acids and their utilization by Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) [C]// WILLIOT P. Proceedings of the First International Symposium on the Sturgeon. Bordeaux: CEMAGREF-DICOVA, 1991: 25-39.
- [4] 杨俊玲,徐奇友.鱼类氨基酸需要研究进展[J].饲料工业,2009(24):51-54.
- [5] 赵巧娥,朱邦科,沈凡,等.饲料脂肪水平对鳊幼鱼生长、体成分及血清生化指标的影响[J].华中农业大学学报,2012,31(3):357-363.
- [6] 杨俊玲,王常安,许红,等.哲罗鲑鱼氨基酸的需要量[J].水产学报,2010,34(4):565-571.
- [7] OGINO C. Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids[J]. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1980, 46(2): 171-174.
- [8] ROLLIN X. Critical study of indispensable amino acids requirements of Atlantic salmon fry [D]. Belgium: Universite Catholique de Louvain, 1999.
- [9] 杨思秀,蒋艾青.禾花鲤含肉率与肌肉营养成分分析[J].水生生态学杂志,2009,2(2):154-157.
- [10] 畅雅萍,白东伟,徐奇友,等.镜鲤肌肉营养成分分析及价值评定[J].2010,23(2):37-41.
- [11] 郝淑贤,李来好,杨贤庆,等.5种罗非鱼营养成分分析及评价[J].营养学报,2007,29(6):614-618.
- [12] 祁旭文,蔡宝玉,王利平.中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J].中国水产科学,2005,12(2):211-215.
- [13] 赵峰,章龙珍,宋超,等.点篮子鱼肌肉的营养成分分析与评价[J].上海海洋大学学报,2009,18(3):308-313.
- [14] 林利民,王秋荣,王志勇,等.不同家系大黄鱼肌肉营养成分的比较[J].中国水产科学,2006,13(2):286-291.
- [15] 王远红,吕志华,郑桂香,等.大菱鲆的营养成分分析[J].营养学报,2003,25(4):438-440.
- [16] 党冉,竺俊全,邱心志.美洲黑石斑鱼含肉率及肌肉营养成分分析[J].海洋学研究,2010,28(2):60-66.
- [17] 蔺玉华,王信海,耿龙武,等.大鳞鲃的含肉率及肌肉营养成分分析[J].天津师范大学学报,2008,28(3):1-4.
- [18] LOVELL R T, CHO C Y, COWEY C B, et al. Nutrient requirements of fish [M]. National Research Council, Washington, D C: US National Academy Press, 1993.
- [19] HALVER J E, DELONG D G, MERTZ E T. Threonine and lysine requirements of Chinook salmon [J]. Fed Proc Am Soc Exp Biol, 1958, 17: 478.
- [20] WILSON R P. Amino acids and protein requirements of fish [M]// COWEY C B. Nutrition and feeding in fish. London: Academic Press Harcourt Brae Jovanovich, 1985: 1-16.

[21] 黄凯,王武,李春华. 南美白对虾必需氨基酸的需要量[J]. 水产学报,2003,27(5):456-461.

[22] NOSE T. Summary report on the requirements of essential amino acids for carp[C]//HALVER J E, TIEWS K. Finfish nutrition and fishfeed technology. Berlin:Heenemann GmbH and Co.,1979:145-156.

[23] NG W K, HUNG S S O. Estimating the ideal dietary essential amino acid pattern for growth of white sturgeon, *Acipenser transmontanus* (Richardson) [J]. Aquac Nutr,1995,1(2):85-94.

[24] WILSON R P, GATLIN D M III, POE W E. Postprandial changes in serum amino acids of channel catfish fed diets containing different levels of protein and energy[J]. Aquaculture, 1985, 49:101-110.

Requirements for essential amino acids of *Barbus capito*

XU Hong¹ WANG Chang-an¹ XU Qi-you¹ CHANG Ya-ping² XU Wei¹

1. Heilongjiang River Fisheries Research Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences ,
Harbin 150070, China;
2. Livestock Division of 8511 Farm of Heilongjiang Province ,Mishan 158307,China

Abstract This study was conducted to estimate essential amino acids (EAA) requirements of juvenile *Barbus capito*. Feeding experiments of *B. capito* ((11.29±0.07)g) were conducted with the protein diets (PD) and protein-free diets (FPD) and each diet was randomly assigned in triplicate. The EAA requirements of *B. capito* were determined based on the daily increment and daily maintenance requirement of each EAA in fish body. Compared with the PD group, the final weight and specific growth rate decreased significantly ($P < 0.05$) and the whole body moisture content increased significantly ($P < 0.05$) in the FPD group. When dietary protein level was 43%, feed utilization rate was 90% and feeding rate was 3%, the daily EAA requirements of juvenile *B. capito* (mg/100 g body weight) were as follows:phenylalanine 25.54, methionine 15.80, arginine 36.08, lysine 53.76, leucine 49.95, threonine 25.05, valine 25.99, isoleuline 25.33 and histidine 19.94. The requirements of EAA for *B. capito* feed (g/100 g) were as follows: phenylalanine 0.85, methionine 0.53, arginine 1.20, lysine 1.79, leucine 1.67, threonine 0.84, valine 0.87, isoleuline 0.84 and histidine 0.66.

Key words *Barbus capito*; juvenile; amino acids requirements; fish food

(责任编辑:边书京)