动物营养学报 2008,20(2):133-139
Chinese Journal of Animal Nutrition

烁生肽®替代鱼粉对黄颡鱼幼鱼生长及饲料利用的影响

唐武斌　朱邦科*
(华中农业大学水产学院,武汉 430070)

摘　要: 本研究旨在研究烁生肽®(source® peptide,SP)替代日粮中鱼粉对黄颡鱼幼鱼生长、饲料利用效率、体组成成分以及脂肪和蛋白质保留效率的影响。选取体况良好、体重 3～4 g 的黄颡鱼幼鱼随机分成 5 组,每组设 3 个重复,每个重复放养 20 尾。基础日粮中用烁生肽®等氮替代日粮中 0%(D0)、25%(D1)、50%(D2)、75%(D3)、100%(D4)的鱼粉,配制成 5 组等氮等能日粮。每组随机分配 1 种日粮,每天按体重的 3%～5%投饲率分别在 09:00 和 16:00 两次投喂,试验期为 42 d。结果表明,D1 组鱼体增重率、特定生长率、饲料效率、蛋白质效率显著高于其他各组($P<0.05$),D2、D0、D3、D4 组依次降低;脂肪保留效率以 D1、D2、D0、D3、D4 的顺序逐渐降低,其中 D3、D4 组显著低于 D1 组($P<0.05$);D1 组蛋白质保留效率显著高于其他各组($P<0.05$),D0、D2、D3、D4 组依次降低,D3、D4 组显著低于其他各组($P<0.05$);烁生肽®替代鱼粉对黄颡鱼内脏比、肝体比、体蛋白质含量、体灰分含量无显著影响($P>0.05$),各组鱼体粗脂肪含量差异显著性不同。由结果可知,烁生肽®替代适宜比例(25%、50%)鱼粉可以促进黄颡鱼幼鱼生长,并提高饲料、蛋白质效率,降低饲料成本。

关键词: 烁生肽®;鱼粉;黄颡鱼幼鱼;生长;饲料利用

近十几年来,随着水产养殖的不断发展,对鱼粉的需求越来越大,不少国家为获得鱼粉生产业的巨额利润而出现野生渔业资源衰退和捕鱼恶性竞争现象。为保护资源,鱼粉主产国秘鲁和智利均出台措施,加强对渔业资源的管理[1]。目前,世界鱼粉产量在总体上已满足不了饲料行业的生产需求。同时昂贵的价格也限制了鱼粉在饲料生产中的应用。寻找适宜的鱼粉替代物,已迫在眉睫。

研究发现,蛋白质在动物体内消化后,有很大一部分是以小肽形式被机体吸收,并不遵循传统的蛋白质理论[2-6]。目前有关小(寡)肽对鸡、猪、小鼠、山羊以及绵羊的生长性能、消化功能以及免疫等的影响方面已有较多报道[7-9]。烁生肽®是以啤酒生产的有机副产物为主要原料,添加多种益生菌和生物活性酶(酵母菌、乳酸杆菌、纤维素酶、半纤维素酶、果胶酶、β-葡聚糖酶),经一系列工艺处理而成,其氨基酸组成均衡,赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、胱氨酸含量高,益生菌含量达 2.4 亿/g。本研究以烁生肽®等氮替代日粮中 0%、25%、50%、75%、100%的鱼粉,观察各组日粮对黄颡鱼生长性能以及对饲料利用效率的影响,以期确定适宜替代比例,为实际生产提供参考依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

烁生肽®:武汉烁森生物科技有限公司提供,蛋白质含量约 45%,其中分子量在10 000 u 以下的小肽占 90%。

1.2　试验鱼与饲养条件

试验用黄颡鱼鱼苗由华中农业大学水产站提供。养殖缸为容积 0.33 m^3 圆形钢化玻璃缸,采用 24 h 循环水。24 h 充分曝气,投饲时停气。试验期间水温 28～31℃,溶氧 6.0～6.8 mg/L,pH 6.5～7.0。

1.3　试验日粮的配制

用烁生肽®替代基础日粮中不同比例鱼粉,配制成 5 组等氮等能日粮,各组日粮配方及营养水平见表 1。在进行饲料配方设计时,各种饲料原料的化学组分参考中国饲料数据库(1999),但实际使用的原料的化学组分与数据库数据存在差异,导致制成饲料的蛋白质与总能含量的实测值与设计值存在偏差。

收稿日期: 2007-11-22
作者简介: 唐武斌(1982-),男,湖南永州人,硕士研究生,研究方向为水产动物营养与饲料。E-mail:tangwubin1982@webmail.hzau.edu.cn
* **通讯作者:** 朱邦科,教授,E-mail: zhubk@mail.hzau.edu.cn

表 1 试验日粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the experimental diets (air-dry basis, %)

项目 Items	D0	D1	D2	D3	D4
原料 Ingredients					
鱼粉 Fish meal	30.00	22.00	15.00	8.00	0.00
豆粕 Soybean meal	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
菜子粕 Rapeseed meal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
烁生肽® Source® peptide	0.00	11.50	21.50	31.50	43.00
次粉 Wheat middings	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
米糠 Rice bran	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
大豆油 Soybean oil	4.00	3.00	2.00	0.40	0.00
鱼用维生素 Vitamin premix[1)]	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
鱼用矿物质 Mineral premix[2)]	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
晶体纤维素 Crystal fiber	14.10	11.60	9.60	8.20	5.10
α-淀粉 α-starch	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels					
水分 Moisture	4.97	6.17	6.97	5.68	7.03
粗蛋白质 CP	41.01	41.05	42.20	42.22	42.49
粗脂肪 EE	4.48	4.72	3.15	3.61	3.57
粗灰分 Ash	7.52	7.66	6.33	6.09	6.55
粗纤维 CF	16.63	14.78	13.35	12.51	10.06
无氮浸出物 NFE	25.39	25.62	28.00	29.89	30.30
总能 GE[3)] (MJ/kg)	15.83	15.96	16.02	16.52	16.65

[1)] 碧德鱼用维生素® Per kilogram of Bide® vitamin premix provides: VA 6 500 IU; VD_3 450 IU; VE 25 g; VK_3 5 g; VB_1 12.5 g; VB_2 12.5 g; VB_6 15 g; VB_{12} 25 mg; 烟酸 Niacin 50 g; VC 120 g; 叶酸 folic acid 2.5 g; 肌醇 inositol 75 g; 泛酸钙 Calcium pantothenate 40 g; 生物素 biotin 80 mg。

[2)] 碧德鱼用矿物质® Per kilogram of Bide® mineral premix provides: Zn 8 g, Fe 32 g, Cu 1 g, Mn 5 g, I 0.06 g, Se 0.02 g, Mg 22 g, Co 0.06 g。

[3)] 总能 = 23.640 (kJ) × 粗蛋白质 (g) + 39.539 (kJ) × 粗脂肪 (g) + 17.154 (kJ) × 无氮浸出物 (g)。GE = 23.640 (kJ) × CP (g) + 39.539 (kJ) × EE (g) + 17.154 (kJ) × NFE (g)

1.4 试验设计与饲养管理

试验鱼苗先于室内暂养,用商品甲鱼料饲喂,待体重增至 3～4 g 后每天改投试验用基础日粮进行驯化,并进行常规鱼病的防治。15 d 后,选取体格健壮的鱼种随机分成 5 组,每组设 3 个重复,每个重复 20 尾。每组随机分配 1 组试验日粮。试验期 42 d,试验期间,按日投饲率 3%～5%饱食投喂,每天 09:00 和 16:00 各投喂 1 次,1 h 后利用虹吸管收集残饵,70℃下烘干称重。每 15 d 称重 1 次,矫正投饲率。试验结束后,在所有试验鱼缸中分别投放对应的已称重饲料,1 h 后回收饲料,70℃烘干后称重,计算饲料的溶失率,用来校正摄食量。

1.5 样品收集

在试验开始前及结束前,对试验鱼禁饲 24 h,然后称量每缸鱼体湿重。试验开始前于暂养缸随机取鱼 30 尾,冷冻干燥后保存备用。试验结束后,每缸随机取鱼 6 尾,解剖后小心分离内脏、肝胰脏以及肠道脂肪,称量空体重、肝胰脏重和肠脂重。然后每

缸随机取鱼 6 尾，冷冻干燥后保存备用。

1.6　鱼体常规成分的测定

取冷冻干燥后的样品测定鱼体粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分含量。其中粗蛋白质测定采用凯氏定氮法，粗脂肪测定采用索氏抽提法，粗灰分测定采用马弗炉灼烧法。

1.7　测定指标

增重率（weight gain ratio，WGR）、特定生长率（specific growth ratio，SGR）、摄食率（feed intake ratio，FIR）、饲料效率（feed efficiency，FE）、蛋白质效率（protein efficiency，PE）、内脏比（viscera/body ratio，VBR）、肝体比（liver/body ratio，LBR）、肠脂比（mesenteric lipid - somatic Index，MSI）、蛋白质保留效率（protein retention efficiency，PRE）、脂肪保留效率（lipid retention efficiency，LRE）分别按以下公式计算：

$$WGR = W_t - W_0 / W_0$$

$$FIR = (100 \times W_F)/[t \times (W_0 + W_t)/2]$$

$$FE = 100 \times (W_t - W_0)/W_F$$

$$PE = 100 \times (W_t - W_0)/W_p$$

$$SGR = 100 \times [\ln(W_t) - \ln(W_0)]/t$$

$$VBR = [(W_z - W_k) \times 100]/W_z$$

$$LBR = (W_h \times 100)/W_z$$

$$MSI = (W_m \times 100)/W_z$$

$$PRE = (W_{pf} - W_{pk})/W_p$$

$$LRE = (W_{lf} - W_{lk})/W_l$$

其中：W_t、W_0 分别为试验结束时和试验开始时鱼体重量；W_F 为干物质摄食量；W_P 为蛋白质摄入总量；W_z 为单个鱼体总重；W_k 为单个鱼体空壳重；W_h 为鱼体肝胰脏湿重；W_m 为鱼体肠系膜脂肪湿重；W_{pk}、W_{pf} 分别为试验开始和结束时鱼体蛋白质总量；W_{lk}、W_{lf} 分别为试验开始和结束时鱼体脂肪总量；W_l 为脂肪摄入总量。

1.8　数据处理

结果以平均值 ± 标准差表示。采用 SPSS 10.0 对所有数据进行单因素方差分析，如各组间差异显著（$P<0.05$），采用 Duncan 氏多重比较。

2　结　果

2.1　黄颡鱼生长性能

试验期间各试验组鱼成活率为 100%。各试验组鱼体初、末均重及 WGR、SGR 见表 2。D1 组生长性能最好，WGR、SGR 显著高于其他各组（$P<0.05$），D2 组 WGR 和 SGR 高于对照组，但两组之间无显著差异。随着替代水平进一步上升，WGR 和 SGR 迅速下降。

表 2　各试验组生长性能

Table 2　The growth performance of the juvenile yellow catfish fed on the experimental diets

组别 Groups	初始均重 Average initial weight (g)	结束均重 Average final weight (g)	增重率 WGR (%)	特定生长率 SGR (%)
D0	3.60 ± 0.03	8.47 ± 0.95^{b}	135 ± 24^{bc}	1.92 ± 0.22^{bc}
D1	3.50 ± 0.05	11.17 ± 0.34^{a}	220 ± 13^{a}	2.64 ± 0.09^{a}
D2	3.57 ± 0.09	8.76 ± 0.77^{b}	146 ± 21^{b}	2.03 ± 0.19^{b}
D3	3.77 ± 0.09	7.21 ± 0.10^{bc}	92 ± 7^{cd}	1.48 ± 0.09^{cd}
D4	3.59 ± 0.04	6.39 ± 0.15^{c}	78 ± 3^{d}	1.31 ± 0.04^{d}

同一列中肩标不同字母表示差异显著（$P<0.05$）。下表同。

Values with different letter superscripts in the same column mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2　黄颡鱼内脏比、肝体比、肠脂比

各试验组鱼体内脏比、肝体比、肠脂比见表 3。由表 3 可知，烁生肽® 替代鱼粉后对黄颡鱼内脏比、肝体比无明显影响。替代后肠道脂肪比重有降低趋势，在 D0 组最高，D1 组次之，D3 组最低，与 D0、D1 差异显著（$P<0.05$）。

2.3　各试验组饲料利用状况

各试验组摄食率、饲料效率、蛋白质效率见表 4。除 D2 组外，其他各替代组 FIR 都高于对照组，表明烁生肽® 替代鱼粉后能提高黄颡鱼的摄食率。D1 组的 FE、PE 最高，显著高于 D0 组（$P<0.05$）。D2 组次之，仍高于 D0 组，但两组间差异不明显。高水平替代的 D3、D4 组 FE、PE 显著低于其他各组（$P<0.05$）。

表 3 各试验组内脏比、肝体比、肠脂比

Table 3 VBR, HIS and MSI of the different groups (%)

组别 Groups	内脏比 VBR	肝体比 LBR	肠脂比 MSI
D0	12.68±0.52	1.32±0.08	1.69±0.32[a]
D1	13.50±0.35	1.30±0.05	1.64±0.21[a]
D2	13.79±0.42	1.27±0.09	1.31±0.24[ab]
D3	13.29±0.72	1.19±0.09	0.80±0.21[b]
D4	12.92±0.41	1.27±0.11	1.38±0.25[ab]

表 4 各试验组摄食率、饲料效率及蛋白质效率

Table 4 FIR, FE and PE of the groups (%)

组别 Groups	摄食率 FIR	饲料效率 FE	蛋白质效率 PE
D0	2.93±0.10[ab]	61.52±5.25[b]	150.00±12.79[b]
D1	3.09±0.08[ab]	77.08±3.32[a]	187.76±8.07[a]
D2	2.84±0.07[b]	66.55±4.35[ab]	162.38±10.61[ab]
D3	2.94±0.11[ab]	48.42±1.95[c]	114.69±4.61[c]
D4	3.26±0.20[a]	39.49±3.13[c]	92.95±7.36[c]

2.4 鱼体组成成分及脂肪、蛋白质保留效率

由表 5 可知，各试验组间鱼体粗灰分、粗蛋白质含量差异不大，但粗脂肪含量存在显著差异（$P<0.05$）。D1 组 FRE 最高，D2 组次之，均高于 D0 组 FRE，但无显著差异。高水平替代组 FRE 较低，其中 D4 组 FRE 显著低于其他各组（$P<0.05$）。D1 组 PRE 显著高于其他各组（$P<0.05$）。D0、D2 组依次次之，二组无显著差异。高水平替代的 D3、D4 组 PRE 显著低于其他各组（$P<0.05$）。

表 5 试验黄颡鱼体组成成分及脂肪、蛋白质保留效率

Table 5 Body composition, fat and protien retention efficiency of the experimented yellow catfish (%)

组别 Groups	粗灰分比 CA/BW	粗脂肪比 CF/BW	粗蛋白质比 CP/BW	脂肪保留效率 FRE	蛋白质保留效率 PRE
Initial value	12.39±0.19	21.31±0.12[c]	65.31±0.44		
D0	12.00±0.87	22.30±0.28[b]	64.51±0.37	83.73±5.87[ab]	26.77±1.94[b]
D1	11.76±0.14	23.33±0.08[a]	64.34±0.11	96.12±0.63[a]	31.54±1.29[a]
D2	12.39±0.20	20.09±0.43[d]	64.75±0.15	89.77±5.11[ab]	24.03±1.54[b]
D3	12.53±0.36	22.49±0.30[ab]	64.52±0.10	78.24±2.71[b]	17.02±0.67[c]
D4	11.07±0.12	21.73±0.11[bc]	64.77±0.11	52.72±4.16[c]	14.01±1.10[c]

3 讨 论

3.1 烁生肽®替代鱼粉对黄颡鱼幼鱼生长性能的影响

肽营养理论自上世纪初被提出来以后，经大量试验研究证实，现已逐步得到认可并日趋完善。目前已有大量研究将肽营养运用到水产动物上。Berge 等[10]用鱼肉蛋白水解物按 5.8%的比例等氮替代日粮中的鱼粉，饲喂均重为 1.5 g 的大西洋鲑（*Salmo salar*），结果替代组平均鱼体末重显著大于鱼粉对照组（$P<0.05$）。在乌贼粉和水解蛋白对初始均重 2.5 g 的南美白对虾（*Penaeus vannamei*）的营养价值试验中，观察到饲料蛋白源中含低水平水解蛋白时，对虾能获得较高的生长速度[11]。Zambonino Infante 等[12]研究发现，用鱼粉水解物替代鱼粉饲喂欧洲鲈（*Dicentrarchus labrax*）仔鱼，结果鱼粉水解物组鱼体生长率和成活率显著高于鱼粉组（$P<0.05$），在 20%替代水平时得到最佳效果。Kotzamanis 等[13]也观察到在日粮中添加适宜比例的蛋白水解物能促进欧洲鲈早期仔鱼的生长发育。同样，日粮中含适宜比例的蛋白水解物能够促进鲤（Cyprinus carpio）[14-15]、大西洋鲽（*Hippoglossus hippoglossus*）[16]仔鱼的生长并提高日粮蛋白质的利用率。本试验中，D1 组和 D2 组增重率和特定生长率均高于 D0 组，而较高替代水平的 D3、D4 组此 2 项指标均低于 D0 组。原因可能是幼鱼消化道及酶系统发育很不完善，对完整蛋白质消化利用程度差，一定比例的小肽能有效被机体吸收，从而弥补了消化能力不足[17]。而当替代水平升高时，日粮蛋白质中游离氨基酸和小肽数量增加，使鱼体肠道消化吸收过快，加速了氮代谢速率，部分氮可能经能量代谢途径和尿排泄途径而散失，导致氮利用率低下[18-20]。或者是替代水平升高，植物性蛋白比例随

之升高，导致鱼体生长性能下降。已有大量研究证实，当日粮中植物性蛋白比例较高时，即使氨基酸配比均衡，鱼体也不能获得最佳生产性能[21-25]。原因除了植物性蛋白中可能含有抑营养因子外，动植物蛋白之间小分子物质如牛磺酸、鹅肌肽、肌肽以及核苷酸的含量差别也可能是原因之一，在寻找鱼粉替代物时，应考虑这些物质对鱼体生长和行为的影响[25]。

3.2　烁生肽®替代鱼粉对黄颡鱼幼鱼饲料利用的影响

由于鱼粉价格昂贵，寻找适宜的鱼粉替代物越来越受到研究者的关注。在这些试验中，许多研究者认为试验鱼生长好坏与饲料的适口性及摄食率有关：摄食率低，降低了必需营养物质及可消化能的摄入量，从而降低了鱼体的生长性能[21,26-27]。在本试验中，虽然 D4 组摄食率最大，但增重率和特定生长率最低，而 D2 组摄食率虽低，但却获得较好的生长性能（表 2）。说明试验中鱼体生长好坏并不仅仅归结于摄食率的高低，摄食率不是影响鱼体生长的主要原因。结合表 2、表 4 可知，D1 组鱼体的生长速度最快，饲料及蛋白质效率最高，D2、D0 组依次次之，高水平替代的 D3、D4 组鱼体生长慢，饲料及蛋白质效率也最低。事实上，已有研究证实了一些小分子肽能够刺激刷状缘膜细胞酶活性[28-30]，并且由于小分子肽在吸收机制上的优势[31]，从而保证了日粮营养物质的利用效率。

3.3　烁生肽®替代鱼粉对黄颡鱼幼鱼体组成成分及体脂肪、体蛋白质沉积率的影响

Kaushik 等[32]用植物性蛋白混合物替代鱼粉饲喂欧洲鲈，结果发现随着替代水平升高，体脂肪沉积逐渐加大，并且替代组体脂肪沉积均显著高于鱼粉日粮组（$P<0.05$），说明随着替代水平增加，脂肪形成速度加快。Adelizi 等[33]也发现饲喂无鱼粉日粮组虹鳟（*Oncorhynchus mykiss*）体脂肪含量较高。但 Dias 等[27]发现饲喂鱼粉日粮组欧洲鲈体脂肪含量要高于豆粕和麦麸组。同样，鱼粉日粮组大西洋鲑体脂肪含量要高于无鱼粉日粮组[34]。事实上，日粮蛋白质来源、氨基酸组成、日粮脂肪含量以及蛋白质含量都可能影响脂肪在体内的代谢利用及积聚[34]。另外，日粮的蛋白来源不仅影响机体的体脂肪沉积，还可能对脂肪酸在体内的转化、血清成分产生影响[27]。本试验中，不同试验组鱼体灰分含量和蛋白质含量变化较小。粗脂肪含量差别较大（表 5），但体脂肪含量的差别还不足以说明各组间脂肪保留效率的差异。许多研究成果表明，用不同植物性蛋白源替代鱼粉后，鱼体营养物质的沉积率主要与鱼体的生长速度有关[27,35-37]，本试验结果与上述结论一致。

4　结　论

① 烁生肽®替代日粮中 25% 和 50% 的鱼粉时可以提高黄颡鱼幼鱼的生长速度，其中以 25% 水平替代时效果显著。高替代水平（75%、100%）下幼鱼生长速度降低。

② 烁生肽®替代黄颡鱼幼鱼日粮中 25% 和 50% 的鱼粉用量时可以提高饲料和蛋白质效率，其中以 25% 水平替代时效果显著。

③ 烁生肽®替代鱼粉后对黄颡鱼幼鱼内脏比、肝体比、体灰分含量和蛋白质含量无明显影响。25% 替代水平下可提高体脂肪含量。

④ 体脂肪和体蛋白质沉积率与生长速度相关。

参考文献：

[1] 杨志敏. 秘鲁和智利的鱼粉供给状况对中国鱼粉产业的影响. 拉丁美洲研究，2000，3：30-33.

[2] Agar W T，Hird F J R，Sidhu G S. The active absorption of amino-acids by the intestine. *Journal of Physiology*，1953，121：255-263.

[3] Newey H，Smyth D H. Intracellular hydrolysis of dipeptides during intestinal absorption. *Journal of Physiology*，1960，152：367-380.

[4] Addison J M，Burston D，Pavne J W，Wilkinson S，Matthews D M. Evidence for active transport of tripeptides by hamster jejunum *in vitro*. *Clinical Science and Molecular Medicine*，1975，49（4）：305-312.

[5] Adibi S A，Morse E L，Masilamani S S，Amin P M. Evidence for two different modes of tripeptide disappearance in human intestine：uptake by peptide carrier systems and hydrolysis by peptide hydrolases. *The Journal of Clinical Investigation*，1975，56：1355-1363.

[6] Minami H，Morse E L，Adibi S A. Characteristics and mechanism of glutamine-dipeptide absorption in human intestine. *Gastroenterology*，1992，103（1）：3-11.

[7] 冯　健，刘栋辉. 草鱼日粮中小肽对幼龄草鱼生长性能的影响. 水生生物学报，2005，29（1）：20-25.

[8] 于　辉，冯　健，刘栋辉，梁桂英. 酪蛋白小肽对幼龄草鱼生长和饲料利用的影响. 水生生物学报，2004，28（5）：526-530.

[9] 李　清. 小肽对鲤鱼生产性能、肉质及血液理化指标的影响. 硕士学位论文. 长沙：湖南农业大学，2004.

[10] Berge G M，Storebakken T. Fish protein hydrolyzate in

starter diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. *Aquaculture*, 1996, 145: 205-212.

[11] Córdova-Murueta J H, García-Carreno F L. Nutritive value of squid and hydrolyzed protein supplement in shrimp feed. *Aquaculture*, 2002, 210: 371-384.

[12] Zambonino Infante J L, Cahu C L, Peres A. Partial substitution of di- and tripeptides for native proteins in sea bass diet improves *Dicentrarchus labrax* larval development. *The Journal of Nutrition*, 1997, 127: 608-614.

[13] Kotzamanis Y P, Gisbert E, Gatesoupe F J, Zambonino Infante J L, Cahu C L. Effects of different dietary levels of fish protein hydrolysates on growth, digestive enzymes, gut microbiota and resistance to *Vibrio anguillarum* in european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2007, 147: 205-214.

[14] Carvalho A P, Escaffre A M, Teles A O, Bergot P. First feeding of common carp larvae on diets with high levels of protein hydrolysates. *Aquaculture International*, 1997, 5: 361-367.

[15] Carvalho A P, Sá R, Teles A O, Bergot P. Solubility and peptide profile affect the utilization of dietary protein by common carp (*Cyprinus carpio*) during early larval stages. *Aquaculture*, 2004, 234: 319-333.

[16] Tonheim S K, Espe M, Hamre K, Rønnestad I. Pre-hydrolysis improves utilization of dietary protein in the larval teleost Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2005, 321:19-34.

[17] Govoni J J, Boehlert G W, Watanabe Y. The physiology of digestion in fish larvae. *Environmental Biology of Fishes*, 1986, 16: 59-77.

[18] Teles A O, Cerqueira A L, Gonçalves P. The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot *Scophthalmus maximus* juveniles. *Aquaculture*, 1999, 179: 195-201.

[19] Li D F, Zhao X H, Yang T. A comparison of the intestinal absorption of amino acids in piglets when provided in free form or as a dipeptide. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 1999, 12: 939-943.

[20] Rønnestad I, Tonheim S K, Fyhn H J, Rojas-García C R, Kamisaka Y, Koven W, Finn R N, Terjesen B F, Barr Y, Conceiçao L E C. The supply of amino acids during early feeding stages of marine fish larvae: a review of recent findings. *Aquaculture*, 2003, 227: 147-164.

[21] Gomes E F, Rema P, Kaushik S J. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. *Aquaculture*, 1995, 130: 177-186.

[22] Sveier H, Nordas H, Berge G E, Lied E. Dietary inclusion of crystalline D-and L-methionine: effects on growth, feed and protein utilization, and digestibility in small and large Atlantic salmon. *Aquaculture Nutrition*, 2001, 7: 169-181.

[23] Fournier V, Huelvan C, Desbruyeres E. Incorporation of a mixture of plant feedstuffs as substitute for fish meal in diets of juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 2004, 236: 451-465.

[24] Morris P C, Gallimore P, Handley J, Hide G, Haughton P, Black A. Full-fat soya for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in fresh water: effects on performance, composition and flesh fatty acid profile in absence of hind-gut enteritis. *Aquaculture*, 2005, 248: 147-161.

[25] Aksnes A, Hope B, Jönsson E, Björnsson B T, Albrektsen S. Size-fractionated fish hydrolysate as feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high plant protein diets. I: Growth, growth regulation and feed utilization. *Aquaculture*, 2006, 261 (1): 305-317.

[26] Refstie S, Olli J J, Standal H. Feed intake, growth, and protein utilisation by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. *Aquaculture*, 2004, 239: 331-349.

[27] Dias J, Alvarez M J, Arzel J, Corraze G, Diez A, Bautista J M, Kaushik S J. Dietary protein source affects lipid metabolism in the European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2005(part A), 142: 19-31.

[28] Sasaki M, Bamba T, Hosoda S. Intestinal brush border membrane enzyme activities of rats fed chemically defined diets containing oligopeptides or amino acids as nitrogen source. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 1989, 7: 231-241.

[29] Scheppach W, Loges C, Bartram P, Christl S U, Richter F, Dusel G, Stehle P, Fuerst P, Kasper H. Effect of free glutamine and alanyl-glutamine dipeptide on mucosal proliferation of the human ileum and colon. *Gastroenterology*, 1994, 107: 429-434.

[30] Cahu C L, Zambonino Infante J L. Effect of the molecular form of dietary nitrogen supply in sea bass larvae: response of pancreatic enzymes and intestinal peptidases. *Fish Physiology and Biochemistry*,

1995，14：209-214.

[31] Hara H，Funabiki R，Iwata M，Yamazaki K. Portal absorption of small peptides in rats under unrestrained conditions. *The Journal of Nutrition*，1984，114 (6)：1122-1129.

[32] Kaushik S J，Covès D，Dutto G，Blanc D. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost，the European sea bass，*Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*，2004，230：391-404.

[33] Adelizi P D，Rosati R R，Warner K，Wu Y V，Muench T R，White M R，Brown P B. Evaluation of fishmeal free diets for rainbow trout，*Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*，1998，4：255-262.

[34] Espe M，Lemme A，Petri A，El-Mowafi A. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fish meal? *Aquaculture*，2006，255：255-262.

[35] Oliva-Teles A，Gouveia A J，Gomes E，Rema P. The effect of different processing treatments on soybean meal utilization by rainbow trout，*Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*，1994，124：343-349.

[36] Kaushik S J，Cravedi J P，Lalles J P，Sumpter J，Fauconneau B，Laroche M. Partial or total replacement of fishmeal by soybean protein on growth，protein utilisation，potential estrogenic or antigenic effects，cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout. *Aquaculture*，1995，133：257-274.

[37] Nengas I，Alexis M N，Davies S J. Partial substitution of fishmeal with soybean meal products and derivatives in diets for the gilthead sea bream (*Sparus aurat a* L.). *Aquaculture research*，1996，27：147-156.

Effects of Source® Peptide Replacing Fish Meal on Growth and Feed Utilization of Juvenile Yellow Catfish (*Pelteobagrus fulvidrac*)

TANG Wu-bin　ZHU Bang-ke*

(*College of Fisheries*，*Huazhong Agricultural University*，*Wuhan* 430070，*China*)

Abstract：This experiment was carried out to evaluate the effects of a commercial protein material-source® peptide (SP) replacing fish meal on the growth，feed utilization，body composition，fat and protein retention efficiency of juvenile yellow catfish，*Pelteobagrus fulvidrac*. Five experimental diets were formulated isonitrogenously and isoenergeticly with source® peptide replacing equal nitrogenous fish meal by 0% (D0)，25% (D1)，50% (D2)，75% (D3)，100% (D4) level. Twenty yellow catfish (initial body weight 3～4 g/fish) were randomly stocked in triplicate fiberglass tanks(20 fish per tank n = 60 treatment^{-1}) and fed one of the 5 diets at the level of 3%～5% of total tank biomass at 09：00 and 16：00 every day. The feeding trial lasted for 42 days. The results showed that 1) The weight gain (WGR)，specific growth ratio (SGR)，feed efficiency (FE) and protein efficiency (PE) of group D1 was significantly higher than those of the other groups ($P<0.05$)，with group D2，D0，D3，D4 following in sequence；2) The fat retention efficiency (FRE) gradually lowered down in sequence of D1，D2，D0，D3，D4 and the value of D3，D4 were significantly lower than that of group D1 ($P<0.05$)；3) The protein retention efficiency (PRE) of D1 was significantly higher than other groups ($P<0.05$)，followed by D0，D2，D3，D4 in sequence and the value of D3，D4 were significantly lower than other groups ($P<0.05$)；4) The viscera/body ratio (VBR)，liver/body ratio (LBR)，crude protein content (CPC)，crude ash content (CAC) were not effected by the substitution level ($P<0.05$). The results indicated that proper substitution levels (25%，50%) can promote growth of juvenile yellow catfish，improve FE and PE and thus reduce the feed cost. [***Chinese Journal of Animal Nutrition*，2008，20(2)：133-139**]

Key words：Source® peptide；Fish meal；Juvenile yellow catfish；Growth；Feed utilization

* Corresponding author，professor，E-mail：zhubk@mail.hzau.edu.cn

(编辑　纪　鹏)