

文章编号: 1674 - 5566(2012)02 - 0241 - 06

## 暗纹东方鲀对几种蛋白质原料表观消化率及酶制剂对其消化能力的影响

钟国防, 韩 斌, 华雪铭, 周洪琪

(上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

**摘要:** 以鱼粉、豆粕和玉米蛋白粉为待测原料, 分别与暗纹东方鲀基础饲料配制成3种试验饲料, 其中含有70%的基础饲料和30%待测原料, 研究暗纹东方鲀对3种蛋白质原料的消化率; 用豆粕、玉米蛋白粉替代部分鱼粉配制基础饲料, 分别在基础饲料中添加0.050%和0.075%的酶制剂, 研究酶制剂对暗纹东方鲀配合饲料表观消化率的影响。实验结果表明: 暗纹东方鲀对鱼粉、豆粕和玉米蛋白粉蛋白质和干物质的消化率都较高, 蛋白质的消化率分别为93.40%、91.83%和94.97%; 干物质的消化率分别为88.13%、85.73%和89.25%。饲料中添加酶制剂能显著提高暗纹东方鲀蛋白质和干物质的消化率, 但0.050%和0.075%的实验组之间没有显著性差异, 可通过添加0.050%的复合酶制剂来提高暗纹东方鲀对饲料的利用率。

**研究亮点:** 研究暗纹东方鲀对鱼粉、豆粕及玉米蛋白粉3种蛋白原料的消化率, 并结合肉食性鱼类的消化生理研究酶制剂对消化率的影响, 为开发暗纹东方鲀低鱼粉饲料提供重要的基础数据, 是开展渔业生态、低碳研究的一个关键步骤, 有前瞻性和创新性。

**关键词:** 暗纹东方鲀; 蛋白质原料; 表观消化率; 复合酶制剂

**中图分类号:** S 963.1

**文献标志码:** A

近年来, 鱼粉短缺, 各种替代鱼粉的动植物蛋白源的开发与应用成为研究热点。饲料原料蛋白质的消化率是研究开发鱼类配合饲料的主要参考指标之一, 鱼类对肉骨粉、鸡肉粉等动物蛋白源, 豆粕、玉米蛋白粉、花生粕等植物蛋白源的消化率研究已有报道<sup>[1-2]</sup>。研究表明, 植物蛋白源由于含有抗营养因子、氨基酸平衡性比鱼粉差、纤维素含量高等缺陷通常会影响到鱼类对植物蛋白的利用, 表现为消化率下降和生长受阻<sup>[3-6]</sup>。酶制剂能够通过去除饲料中抗营养因子<sup>[7]</sup>、促进鱼类内源消化酶分泌<sup>[8]</sup>和直接补充消化道营养水解所需的酶<sup>[9]</sup>3个途径提高鱼类对饲料营养的消化利用率, 是配合饲料开发时优先选用的绿色添加剂之一。因此, 在植物蛋白源替代鱼粉研究时, 常通过添加外源酶制剂<sup>[10-12]</sup>来优化饲料配方, 提高鱼类对植物蛋白的利用率。

我国有16种河鲀鱼, 其中主要养殖种类是红鳍东方鲀和暗纹东方鲀。由于暗纹东方鲀能

在淡水中养殖, 是主要的人工养殖河鲀鱼品种。20世纪90年代以来, 人工育苗和养殖技术的进步使得养殖产量相对稳定, 近10年来基本维持在年产量1万吨, 由于河鲀的市场价格高, 是继鳗鱼后具有开发前景的高档水产品。但目前没有成熟的人工饲料, 在养殖生产中使用鳗鱼饲料, 鱼粉用量大。开发暗纹东方鲀低鱼粉人工饲料具有市场前景。研究认为大豆蛋白(soybean meal, SMB)等植物蛋白能被河鲀利用, 虎斑河鲀饲料成分中大豆蛋白是主要的蛋白源<sup>[13-14]</sup>。饲料蛋白源的营养价值不仅取决于它的化学组成, 而且还取决于鱼类其吸收和利用率。本实验测定了暗纹东方鲀对鱼粉、大豆蛋白和玉米蛋白粉3种主要蛋白质原料的消化率以及酶制剂对暗纹东方鲀消化率的影响, 为开发低鱼粉暗纹东方鲀人工配合饲料提供基础数据。

收稿日期: 2011-10-07 修回日期: 2011-12-06

基金项目: 上海市科学技术委员会重大科技攻关项目(073205111); 上海海洋大学博士启动基金(B-8812-10-0001-0190)

作者简介: 钟国防(1974—), 男, 博士研究生, 研究方向为鱼类生理学、动物营养与饲料科学。E-mail: gzhong@shou.edu.cn

通讯作者: 周洪琪, E-mail: hqzhou@shou.edu.cn

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 实验材料

实验鱼为暗纹东方鲀,取自上海市水产研究所。体重为(75.54 ± 3.34)g,体长为(13.12 ± 1.63)cm,实验所用的玉米蛋白粉由常州亚源生化科技有限公司提供(亚源金蛋白),复合酶制剂(主要成分为淀粉酶、纤维素分解酶和蛋白酶)由丹尼斯克(上海)有限公司提供。

### 1.2 实验设计

#### 1.2.1 暗纹东方鲀对玉米蛋白粉、鱼粉及豆粕的表观消化率

按照 CHO 和 SLINGER<sup>[15]</sup>的方法,配制 3 种试验饲料,试验饲料含有 70% 的基础饲料以及 30% 待测的饲料原料,基础饲料配方根据暗纹东方鲀的营养需求设计(表 1),并在饲料中加入 0.5% 的 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 作为指标物质,各饲料原料的营养成分见表 2。比较暗纹东方鲀对这 3 种饲料原料的表观消化率。

表 1 饲料组成和营养成分  
Tab.1 Formulation and proximate chemical composition of the tested diets

成分	基础饲料/%	试验饲料/%
鱼粉	54.00	-
a-淀粉	22.00	-
鸡肉粉	8.00	-
大豆粕	8.00	-
面粉	3.90	-
复合多维	0.30	-
复合矿物质	0.30	-
鱼油	2.50	-
氯化胆碱	0.50	-
参照饲料	-	69.65
实验饲料原料(鱼粉、豆粕、玉米蛋白粉)	-	29.85
三氧化二铬	0.50	0.5
合计	100	100
营养成分(%湿重)		
粗蛋白	45.52	
粗脂肪	7.54	
粗灰分	13.51	
水分	7.35	

注:“-”表示没有添加该成分。

#### 1.2.2 饲料中添加酶制剂对暗纹东方鲀表观消化率的影响

根据暗纹东方鲀的营养需求配制基础饲料(表 3),设计两组试验饲料,即分别在基础饲料中添加 0.050% 和 0.075% 的酶制剂,测定暗纹东方鲀对添加酶制剂饲料的表观消化率。

表 2 鱼粉、豆粕和玉米蛋白粉的营养组成

Tab.2 Nutrient composition in dry matter of fish meal, soybean meal, and corn gluten meal %

饲料原料	蛋白质	脂肪	灰分
鱼粉	67.41	6.36	18.96
豆粕	48.79	0.87	6.44
玉米蛋白粉	52.62	2.31	8.41

表 3 饲料的组成和营养成分

Tab.3 Formulation and proximate chemical composition of the tested diets %

饲料组成	基础饲料	0.05%组	0.075%组
鱼粉	50.000	50.000	50.000
a-淀粉	22.000	22.000	22.000
鸡肉粉	8.000	8.000	8.000
大豆粕	8.000	8.000	8.000
玉米蛋白粉	5.000	5.000	5.000
复合多维	0.300	0.300	0.300
复合矿物	0.300	0.300	0.300
鱼油	2.700	2.700	2.700
氯化胆碱	0.500	0.500	0.500
MHA-Ca	0.500	0.500	0.500
酶制剂	0.000	0.050	0.075
赖氨酸	0.180	0.180	0.180
蛋氨酸	0.080	0.080	0.080
三氧化二铬	0.500	0.500	0.500
面粉	1.890	1.890	1.865
合计	100	100	100
营养成分(%湿重)			
粗蛋白	45.40	45.45	45.44
粗脂肪	7.51	7.53	7.52
粗灰分	13.12	13.16	13.20
水分	7.35	7.42	7.39

### 1.3 实验饲料及养殖管理

饲料原料粉碎后过 80 目筛,按配方准确称量饲料原料,微量组分采用逐级扩大法混合,混合均匀后置于 -4 °C 冰柜保存、备用。投饵时将称量好的粉状饲料与水按重量比为 1.3 : 1.0 充分混合,同时加入鱼油捏成有弹性的面团状,撕成小块饱食投喂。

实验开始前,用含有 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的基础饲料驯养暗纹东方鲀 1 周,待暗纹东方鲀摄食正常后开始表观消化率实验,实验鱼随机分到 12 个 30 cm × 40 cm × 50 cm 控温、24 h 充气的水族箱。试验用水为经过充分暴气除尽余氯后的自来水,每个实验组设置 3 个重复,每个重复放养 5 尾鱼。每天分两次(9:00 和 17:00)投喂,投喂量为体重的

5%。每天用虹吸法排污并换水 1/4 ~ 1/5,保持溶解氧大于 5 mg/L,氨氮小于 0.3 mg/L,各组水质基本上保持一致,实验期间水温控制在(25 ± 1)℃。

#### 1.4 粪便收集

每天在投饲 1 h 后清除残饵,4 ~ 5 h 后开始用虹吸法收集新鲜、成型、饱满的粪便条。收集到的粪便样品迅速移入干燥滤纸上,在 70 ℃ 条件下烘干放置于干燥器中以备分析,连续收集粪便 30 d。

#### 1.5 消化率测定

采用 GB 6435—86 烘干法测定饲料、肌肉及粪便样品的水分,采用 GB 6432—86 凯氏微量定氮法测定饲料、肌肉及粪便样品的粗蛋白质,粗脂肪含量采用索氏抽提法,粗灰分含量采用高温(550 ℃)灰化法测定,采用湿式灰化定量法测定饲料和粪便中 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量<sup>[16-17]</sup>。粗蛋白、干物质表观消化率计算公式如下:

$$D_d(\%) = (1 - S_{cr}/F_{cr}) \times 100 \quad (1)$$

$$D_p(\%) = [1 - (F_p/S_p) \times (S_{cr}/F_{cr})] \times 100 \quad (2)$$

根据基础饲料和试验饲料的表观消化率计算饲料原料的表观消化率:

$$D_y(\%) = 100/30 \times (D_T - 0.7 \times D_b) \quad (3)$$

式中:  $D_d$  为饲料干物质消化率;  $D_p$  为饲料粗蛋白消化率;  $S_{cr}$  为饲料中 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量(%);  $F_{cr}$  为粪便中 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量(%);  $S_p$  为饲料中粗蛋白含量(%);  $F_p$  为粪便中粗蛋白含量(%);  $D_y$  为饲料原料表观消化率;  $D_T$  为试验饲料的表观消化率;  $D_b$  为基础饲料的表观消化率。

#### 1.6 数据统计

试验结果用平均值 ± 标准差(  $\bar{x} \pm SD$  )表示。所有数据用 SPSS 11.5 软件进行方差分析(One-way-ANOVA),采用 Duncan's procedure 比较组间差异,  $P < 0.05$  时差异显著。

## 2 结果

### 2.1 暗纹东方鲀对玉米蛋白粉、鱼粉及豆粕表观消化率

由表 4 可以看出暗纹东方鲀对玉米蛋白粉、鱼粉及豆粕这 3 种饲料原料的干物质和粗蛋白的表观消化率都比较高,其中以玉米蛋白粉最高,干物质和粗蛋白表观消化率分别为 89.25%

和 94.97%。与鱼粉组没有显著差异( $P > 0.05$ ),但要显著高于豆粕组( $P < 0.05$ )。

表 4 暗纹东方鲀对饲料原料的干物质和蛋白质表观消化率

Tab.4 Apparent digestibility coefficient for dry matter and crude protein in feedstuffs consumed by *Takifugu obscurus* %

待测饲料名称	干物质消化率	蛋白质消化率
鱼粉	88.13 ± 0.96 <sup>a</sup>	93.40 ± 0.8 <sup>ab</sup>
豆粕	85.73 ± 1.31 <sup>b</sup>	91.83 ± 2.11 <sup>b</sup>
玉米蛋白粉	89.25 ± 0.61 <sup>a</sup>	94.97 ± 0.62 <sup>a</sup>

注:表中同行不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

### 2.2 暗纹东方鲀对添加酶制剂的实验饲料的表观消化率

由表 5 可知,在基础饲料中加入酶制剂能提高暗纹东方鲀对饲料的表观消化率。0.050% 酶制剂组干物质和蛋白质表观消化率分别为 85.72% 和 94.57%, 0.075% 酶制剂组与 0.050% 酶制剂组没有显著差异( $P > 0.05$ ),两个添加酶制剂组干物质和蛋白质表观消化率均显著高于对照组( $P < 0.05$ )。干物质表观消化率分别增加了 2.35% 和 3.53%;蛋白质表观消化率分别增加了 1.9% 和 1.94%。

表 5 酶制剂对暗纹东方鲀实验饲料干物质和蛋白质表观消化率

Tab.5 Apparent digestibility coefficient for dry matter and crude protein in test feed with enzymes consumed by *Takifugu obscurus* %

待测饲料名称	干物质消化率	蛋白质消化率
0.050% 酶制剂组	85.72 ± 0.66 <sup>a</sup>	94.57 ± 0.23 <sup>a</sup>
0.075% 酶制剂组	86.90 ± 1.58 <sup>a</sup>	94.61 ± 0.40 <sup>a</sup>
对照组	83.37 ± 0.96 <sup>b</sup>	92.67 ± 0.37 <sup>b</sup>

注:表中同行不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 暗纹东方鲀对鱼粉、豆粕和玉米蛋白粉的消化吸收率

鱼类对蛋白质的消化吸收率较高,一般在 75% ~ 95%<sup>[18]</sup>。暗纹东方鲀对配合饲料蛋白质的表观消化率高达 90%<sup>[19]</sup>。饲料原料蛋白质质量是影响鱼类营养的首要因子,消化率是评定饲料原料营养成分可利用性的重要指标。本实验暗纹东方鲀对鱼粉、豆粕及玉米蛋白粉的消化率

均大于 90%,说明暗纹东方鲀能很好的利用这 3 种蛋白源。鱼粉的蛋白质含量较高,必需氨基酸平衡,且富含鱼类所需的必需脂肪酸及其它营养物质,是鱼类利用较好的蛋白源,不论是杂食性还是草食性鱼类对鱼粉蛋白质的消化率都较高,异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)对鱼粉的蛋白质消化率为 88.3%<sup>[20]</sup>,草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)对进口鱼粉的蛋白质消化率为 87.54%<sup>[21]</sup>。通常肉食性鱼类对它的消化吸收更为显著,花鲈对鱼粉的蛋白质消化率为 92.30%<sup>[22]</sup>,黑鲷对进口白鱼粉的消化率为 91.35%<sup>[23]</sup>,本实验中暗纹东方鲀对鱼粉蛋白质的消化率达 93.40%,这与暗纹东方鲀为肉食性鱼类的生活习性相一致。

一般认为鱼类对植物蛋白的消化率低于鱼粉蛋白,主要是因为植物蛋白源中的抗营养因子降低消化酶的活性从而会降低消化率,同时鱼类缺乏消化纤维素的酶类,难以消化植物蛋白中较高水平的纤维素,对碳水化合物的利用能力较低,所以造成水生动物对植物蛋白较低的消化率。在植物蛋白源中,豆粕蛋白氨基酸组成较好,大多数水生动物对豆粕蛋白都有一定的适应能力,是替代鱼粉较好的植物蛋白源,广泛应用于养殖生产中。草鱼对豆粕蛋白质消化率为 87.53%<sup>[21]</sup>,异育银鲫对豆粕的消化率为 84.8%<sup>[20]</sup>,黑鲷对豆粕蛋白的消化率为 89.64%<sup>[23]</sup>,本实验暗纹东方鲀对豆粕的消化率为 91.83%,说明暗纹东方鲀对豆粕蛋白有较强的利用能力,配合饲料中能用豆粕替代部分鱼粉。

玉米蛋白粉不同于豆粕、菜粕等植物蛋白,它不含有抗营养因子,纤维素的含量也很低,暗纹东方鲀对它的消化率高达 94.97%,与对尼罗罗非鱼(89.0%)<sup>[24]</sup>、鲤鱼(95%)<sup>[25]</sup>的研究结果相近。但也有研究结果认为黑鲷等对玉米蛋白粉的蛋白质消化率相对较低,只有 76.83%<sup>[23]</sup>、鲤鱼对玉米蛋白粉的蛋白质表现消化率为 76%<sup>[26]</sup>,草鱼对玉米蛋白粉蛋白质消化率为 68.91%<sup>[21]</sup>,这可能是由于鱼的种类不同、玉米蛋白粉的加工工艺等不同所致。

### 3.2 复合酶制剂对暗纹东方鲀配合饲料消化能力的影响

饲料在鱼体消化道中的消化程度取决于消

化酶的种类以及消化酶的活性,不同的蛋白源的结构、化学组成和性质不同,使其被酶解的速度和程度不同,最终鱼类对其消化吸收率产生差异。在饲料中添加分解抗营养因子的酶类和帮助消化碳水化合物酶类,可以提高鱼类对植物蛋白的利用能力。宁桂玲<sup>[27]</sup>研究认为罗非鱼饲料中添加 0.075% 的木聚糖酶能提高试验组鱼干物质、粗蛋白质表观消化率。钟国防和周洪琪<sup>[10]</sup>的研究表明,饲料中添加复合酶制剂(主要包含淀粉酶、纤维素分解酶和蛋白酶)后,提高了尼罗罗非鱼对饲料中干物质、粗蛋白质的表观消化率。周小秋<sup>[28]</sup>、王爱民和刘文斌<sup>[29]</sup>对异育银鲫的研究中也有类似报道。本实验结果表明添加外源酶后能提高暗纹东方鲀蛋白质和干物质表观消化率,分析其原因,主要是因为添加的复合酶制剂能破坏豆粕、玉米蛋白粉等植物性饲料的细胞壁,充分释放存在于细胞内的大分子营养源<sup>[30]</sup>,复合酶制剂中的纤维素分解酶能降解纤维素,降低饲料中的抗营养因子。此外,外源酶的添加能促进暗纹东方鲀本身内源酶的分泌,与外源酶协同作用,从而加强对饲料营养成分的消化与吸收,提高暗纹东方鲀对营养物质的转化率。尼罗罗非鱼<sup>[10]</sup>、异育银鲫<sup>[31]</sup>的消化率均随着酶制剂添加量的变化有显著差异,本实验中 2 个酶制剂组之间的消化率差异不显著,说明配合饲料中添加 0.050% 的酶制剂就能起到优化配方的作用,提高暗纹东方鲀对配合饲料利用率。

### 参考文献:

- [1] 姜瑞丽,王岩,谢宁峡,等. 尼罗罗非鱼对豆粕、菜粕、肉骨粉和羽毛粉的表现消化率[J]. 上海海洋大学学报, 2010,19(3):339-343.
- [2] 刘勇,冷向军,李小勤,等. 混合发酵蛋白替代鱼粉对奥尼罗非鱼幼鱼生长、营养物质消化率及血清非特异性免疫的影响[J]. 上海海洋大学学报,2009,18(2):160-166.
- [3] 潘勇,王福强,刘焕亮. 花鲈配合饲料中鱼粉与豆粕适宜比例的研究[J]. 大连水产学院学报,2000,15(3):157-163.
- [4] VIOLA S, MOKADY S, RAPPAPORT U, et al. Partial and complete replacement of fish meal by soybean meal feeds for intensive culture of carp[J]. Aquaculture, 1982, 26(3/4): 223-236.
- [5] SHIAU S Y, CHUANG G J L, SUN C L. Inclusion of soybean meal in tilapia diets at two protein levels[J]. Aquaculture, 1987, 65(3/4): 251-261.

- [6] DABROWSKI K,POCZYCZYNSKI P,KOCK G. Effect of partially or totally replacing fishmeal protein by soybean meal protein on growth, food utilization and proteolytic enzyme activities in rainbow trout. New in vivo test for exocrine pancreatic secretion [J]. *Aquaculture*, 1989, 77(1):29-49.
- [7] 占海红,高春生,齐子鑫,等. 植酸酶对黄河鲤鱼生长性能及植酸磷代谢的影响[J]. *饲料广角*, 2004(13):43-44.
- [8] 黎军胜,李建林,吴婷婷. 外源酶和柠檬酸对奥尼罗非鱼内源消化酶活性的影响[J]. *南京农业大学学报*, 2005, 28(3):97-101.
- [9] 王纪亭,万文菊,康明江,等. 复合酶制剂对草鱼生长性能、饲料养分消化率及免疫力的影响[J]. *大连水产学院学报*, 2009, 24(5):417-422.
- [10] 钟国防,周洪琪. 木聚糖酶和复合酶制剂 PS 对尼罗罗非鱼生长性能、消化率以及肌肉营养成分的影响[J]. *浙江海洋学院学报:自然科学版*, 2005, 24(4):324-329.
- [11] 谷金皇,杨毅,冷向军,等. 添加外源脂肪酶对瓦氏黄颡鱼的生长、消化酶及血清生化指标的影响[J]. *上海海洋大学学报*, 2010, 19(6):798-804.
- [12] 林建斌,朱庆国,梁萍. 不同添加剂与组合对欧洲鳗生长和免疫力的影响[J]. *上海海洋大学学报*, 2010, 19(6):772-777.
- [13] UKAWA M, TAKII K, NAKAMURA M, et al. Utilization of some protein sources in single moist pellets for tiger puffer [J]. *Suisanzoshoku*, 1996, 44: 511-516.
- [14] KIKUCHI K, FURUTA T. Use of Defatted soybean meal and blue mussel meat as substitute for fishmeal in the diet of Tiger Puffer, *Takifugu rubripes* [J]. *Journal of the world aquaculture society*, 2009, 40(4):472-482.
- [15] CHO C Y, SLINGER S J. Apparent digestibility measurements in feed stuffs for rainbow trout [J]. *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, 1979, 2:239-247.
- [16] AOAC. Official methods of analysis of official analytical chemists international [M]. 16th ed. Arlington VA: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [17] BOLIN D W, KING R P, KLOSTERMAN E W. A simplified method for the determination of chromic oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) when used as an index substance [J]. *Science*, 1952, 116:634-635.
- [18] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirement of fish [M]. Washington DC: National Academy Press, 1993.
- [19] 吴蓓琦,沈美芳,殷悦,等. 暗纹东方鲀对配合饲料表观消化率的初步研究[J]. *水产养殖*, 2000(1):22-23.
- [20] 姜光明,蔡春芳,钱彩源,等. 异育银鲫对十种蛋白质饲料原料的消化率[J]. *饲料工业*, 2009, 30(20):21-24.
- [21] 林仕梅,罗莉,叶元土,等. 草鱼对 17 种饲料原料粗蛋白和粗脂肪的表观消化率[J]. *中国水产科学*, 2001, 8(3):59-64.
- [22] 常青,梁萌青,王家林,等. 花鲈对不同饲料原料的表观消化率[J]. *水生生物学报*, 2005, 29(2):172-176.
- [23] 陈建明,王友慧,叶金云,等. 黑鲟对 10 种饲料原料的表观消化率[J]. *饲料博览*, 2004(11):44-46.
- [24] KOPRUCU K, OZDEMIR Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. *Aquaculture*, 2005, 250(1/2):308-316.
- [25] PONGMANEERAT J, WATANABE T. Nutritive value of protein of feed ingredients for carp *Cyprinus carpio* [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1991, 57(3):503-510.
- [26] YAMAMOTO T, AKIMOTO A, KISHI S, et al. Apparent and true availabilities of amino acids from several protein sources for fingerling rainbow trout, common carp, and sea bream. [J]. *Fisheries Science* 1998, 64(3):448-458.
- [27] 宁桂玲. 纤维素酶和木聚糖酶解饲料及其在罗非鱼上应用效果的研究[D]. 北京:中国农业大学, 2001.
- [28] 周小秋. 几种酶制剂对鲤鱼生产性能的影响[J]. *饲料广角*, 2001(15):22-23.
- [29] 王爱民,刘文斌. 外源酶对异育银鲫鱼种生长及表观消化率的影响研究[J]. *饲料工业*, 2006, 27(2):26-29.
- [30] 赵林果,王传愧. 复合酶制剂降解植物性饲料的研究[J]. *饲料研究*, 2001(1):2-3.
- [31] 刘文斌. 饲用酶制剂对异育银鲫生产性能的影响及适宜添加量的筛选研究[J]. *饲料与畜牧*, 1999(6):11-13.

## Apparent digestibility coefficients(ADC) of selected protein feed ingredients and the effect of dietary multi-enzyme on ADC of *Takifugu obscurus*

ZHONG Guo-fang, HAN Bin, HUA Xue-ming, ZHOU Hong-qi

(College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China )

**Abstract:** Apparent digestibility coefficients (ADC) of three selected feed ingredients fishmeal, soybean meal and corn gluten meal of *Takifugu obscurus* were measured. A basal diet was formulated to contain 45.52% crude protein, and three kinds of test diets were formulated by combining the basal diet and each of the tested ingredients at a ratio of 70:30. Chromic oxide was added at 0.5% in the basal diet and test diets as inert-marker. A basal diet was formulated to contain 45.40% crude protein, two experiments diets were prepared by adding 0.050% and 0.075% multi-enzyme, respectively, the apparent digestibility of above three diets were measured. The results showed that the protein apparent digestibility of fish meal, soybean meal and corn gluten meal were higher, 93.40%, 91.83% and 94.97%, respectively. Feed dry matter apparent digestibility of fish meal, soybean meal and corn gluten were 88.13%, 85.73% and 89.25%, respectively. Multi-enzyme supplemented could significantly improve the apparent digestibility of protein and dry matter of *Takifugu obscurus*. However, apparent digestibility has no significant difference between the 0.050% and 0.075% experimental groups.

**Key words:** *Takifugu obscurus*; protein feed ingredients; apparent digestibility coefficients (ADC); multi-enzyme