维普资讯 http://www.cqvip.com

⑨ 37-42

第7卷 第2期
2000年6月

中国水产科学
JOURNAL OF FISHERY SCIENCES OF CHINA

Vol.7 No.2
Jun.2000

文章编号:1005-8737(2000)02-0037-06

13种饲料原料蛋白质对尼罗罗非鱼的营养价值

吴建开,雍文岳,游文章,文 华,廖朝兴
(中国水产科学研究院 长江水产研究所,湖北 荆州 434000)

S965.125
S963.162

摘 要:以Cr_2O_3为指示物,以70%基础饲料和30%的待测饲料原料组成试验饲料,测定尼罗罗非鱼对13种饲料原料的蛋白质和必需氨基酸的表观消化率。以有效必需氨基酸含量计算了饲料原料中蛋白质的必需氨基酸指数,并和鱼体必需氨基酸含量进行比较,评价了饲料原料蛋白质对尼罗罗非鱼的营养价值。结果表明,氨基酸总量消化率和蛋白质消化率接近;秘鲁鱼粉、大豆粕和玉米蛋白质的有效必需氨基酸指数均在70%以上,其营养价值分别是动物蛋白、植物蛋白和能量饲料原料中最高的;酵母饲料的营养价值在所有饲料原料中最低;血粉和羽毛粉的营养价值较低(只高于酵母饲料);其余饲料原料蛋白质营养价值都较高。

关键词:尼罗罗非鱼;饲料原料;蛋白质;有效必需氨基酸指数;营养价值
中图分类号:S965.125.316 **文献标识码**:A

饲料中的蛋白质是最重要的营养素,其营养价值取决于饲料中蛋白质的氨基酸组成、含量及其有效性[1]。因此,饲料中的蛋白质被鱼体消化和被利用的程度是饲料营养价值评定的核心。而蛋白质对鱼类的营养价值的评定目前大多采用生物评价法,即通过测定蛋白质效率、净蛋白质效率、生物价和净蛋白质利用率求得[2,3]。化学评价法在鱼类应用不多,但能势的试验表明虹鳟的生长与饲料蛋白质的必需氨基酸指数之间有明显的正相关[4]。

饲料原料蛋白质必需氨基酸对鱼虾的有效性已有一些报道[5,6]。为了查明尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)对饲料原料必需氨基酸的消化率,本试验测定了13种常用饲料蛋白质和氨基酸的消化率,计算常用饲料原料蛋白质对尼罗罗非鱼有效必需氨基酸指数,并通过比较饲料原料蛋白质中有效必需氨基酸和尼罗罗非鱼鱼体蛋白质中必需氨基酸的含量来评价饲料原料蛋白质的营养价值,为合理配制尼罗罗非鱼日粮配方提供科学依据。

收稿日期:1999-04-08
基金项目:国家科技攻关资助项目(85-16-02-03-05)
作者简介:吴建开(1969-),男,浙江省兰溪人,中国水产科学研究院长江水产研究所助理研究员,从事鱼类营养与饲料方面研究。

1 材料和方法

1.1 试验饲料

依Cho的方法[7],以基础饲料和待测饲料原料按70:30比例(血粉和羽毛粉组以85:15比例)组成试验饲料,添加0.5%Cr_2O_3混匀后制成粒径为2 mm的颗粒饲料(饲料原料均粉碎到46目以上)。基础饲料依尼罗罗非鱼营养需要设计,其组成见表1。

1.2 试验鱼

本所试验场繁育的当年尼罗罗非鱼鱼苗,体重(7.2±0.6) g。经不含Cr_2O_3的基础饲料饲喂14 d后随机分箱,每箱30尾,塑料水族箱规格60 cm×40 cm×50 cm。流水饲养,水源经活性碳过滤自来水,流量0.4~0.6 L/min,空压泵增氧,溶氧7.0 mg/L以上,pH 7.1~7.2,水温29.5~30.5℃,NH_4^+-N≤0.73 mg/L,NO_2^--N≤0.06 mg/L。

1.3 饲养管理

每天8:00和16:00各投1次试验饲料,日投喂5%~6%。投喂3 d后用虹吸法收集20 d的新鲜成形粪便,粪便经4 000 r/min离心弃水后在65℃烘干备用。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1 基础饲料的组成和必需氨基酸含量

Table 1 Composition and essential amino acids content of reference diet %

饲料原料 Ingredients	组成 Composition	蛋白质和氨基酸 Protein and amino acids	含量 Content
秘鲁鱼粉 Fish meal, Peru	10.0	粗蛋白质 C.p	36.25
大豆粕 Soybean meal	20.0	赖氨酸 Lys	1.61
棉仁粕 Cottonseed meal	20.0	蛋氨酸 Met	0.65
菜籽粕 Rapeseed meal	10.0	苏氨酸 Thr	1.55
小麦次粉 Inferior wheat flour	29.5	异亮氨酸 Ile	1.53
精制菜油 Purified rapeseed oil	5.0	亮氨酸 Leu	2.76
混合无机盐* Mineral mixture	3.0	组氨酸 His	0.98
混合维生素** Vitamin mixture	1.5	缬氨酸 Val	1.85
氯化胆碱(50%) Choline chloride	0.5	精氨酸 Arg	2.98
三氧化二铬 Chromic oxide	0.5	苯丙氨酸 Phe	1.80

* 依据荻野(1979)配方。According to Ogino formula (1979).

** 依 Halver(1969)配方。According to Halver formula (1969)

1.4 分析测试

样品中 Cr 的测定用二苯碳酰二肼分光光度法测定;粗蛋白质测定依 GB6432-86;氨基酸用日立 835-50 型自动氨基酸分析仪测定。试验饲料和基础饲料蛋白质氨基酸表观消化率的计算公式[1]为:

$$\text{消化率}(\%) = 100 - 100 \cdot \left(\frac{\text{饲料中 Cr 含量}}{\text{粪便中 Cr 含量}} \times \frac{\text{粪便中营养成分含量}}{\text{饲料中营养成分含量}}\right)$$

饲料原料蛋白质和氨基酸表观消化率的计算公式[5]为:

$$\text{消化率}/\% = \frac{DT - rDR}{1 - r}$$

式中:DT 和 DR 分别为试验饲料和基础饲料营养成分的消化率;

$$r = \frac{\text{试验饲料中基础饲料重量}}{\text{试验饲料重量}} \cdot \frac{\text{基础饲料中某营养成分含量}}{\text{试验饲料中某营养成分含量}}$$

饲料原料蛋白质必需氨基酸的计算公式[2]为:

$$\text{必需氨基酸指数} = \sqrt[n]{\frac{100a}{ae} \cdot \frac{100b}{be} \cdot \frac{100c}{ce} \cdot \cdots \cdot \frac{100j}{je}}$$

式中:a、b、c……j—试验蛋白质的各种必需氨基酸含量/%;

ae、be、ce……je—全卵蛋白质的各种必需氨基酸含量/%;

n—必需氨基酸数。

2 结果与讨论

2.1 饲料原料蛋白质和氨基酸的表观消化率

尼罗罗非鱼对 13 种饲料原料蛋白质和氨基酸的表观消化率见表 2。由表 2 可知,尼罗罗非鱼对饲料原料蛋白质的消化率除大米糠(60.48%)外,均在 85% 以上。氨基酸总量消化率与蛋白质消化率基本一致。饲料原料中大豆粕蛋白质消化率为最高,高于动物蛋白质饲料原料。这与其它鱼类研究结果一致[2,8~11]。喷雾干燥血粉和水解羽毛粉蛋白质消化率也非常高,与秘鲁鱼粉相近。Cho 等报道虹鳟对喷雾干燥血粉的消化率为 99%,而烘干血粉仅为 16%[12]。同样,未经加工的羽毛粉蛋白也不易被消化利用[2,5]。可见,畜禽加工副产品的蛋白质消化率与其加工工艺密切相关。大米糠蛋白质的消化率同其它饲料相比显著低,且低于其它鱼类的研究结果[9~11]。

尼罗罗非鱼对每种饲料原料中单个必需氨基酸的消化率大多数同蛋白质和氨基酸总量的消化率相近。鱼粉、大豆粕和炒大豆蛋白质中各种必需氨基酸消化率均在 85% 以上,但一些饲料原料中赖氨酸或含硫氨基酸消化率明显较低。羽毛粉赖氨酸消化率最低;大米糠、酵母饲料和棉仁粕的赖氨酸消化率也较低;此外棉仁粕蛋氨酸消化率和羽毛粉组氨酸消化率都很低。饲料原料在加工时,赖氨酸的 ε-氨基同饲料原料中非蛋白质分子如转化糖、脂肪醛和游离棉酚等反应,蛋氨酸可形成亚砜类化合物,变成在生物学上不能被利用的加成化合物[6]。

2.2 饲料原料中蛋白质有效必需氨基酸组成

表 3 为尼罗罗非鱼饲料原料蛋白质可消化的必需氨基酸和鱼体必需氨基酸含量。比较结果表明,除秘鲁鱼粉外,蛋氨酸和赖氨酸(血粉除外)都显著低于鱼体,是 12 种饲料原料的限制性氨基酸。血粉的限制性氨基酸第 1 为异亮氨酸,第 2 为蛋氨酸;羽毛粉限制性氨基酸第 1 为组氨酸,第 2 为赖氨酸和蛋氨酸。10 种植物性饲料原料蛋氨酸为第 1 限制性氨基酸(玉米除外),第 2 限制性氨基酸为赖氨酸。此外,每 100 g 蛋白质中,大豆的苏氨酸低于鱼体苏

维普资讯 http://www.cqvip.com

氨酸,其它7种必需氨基酸都高于鱼体;棉仁粕和花生粕有效精氨酸含量很高、分别达9.41%和9.74%;玉米含硫氨基酸有效值达4.90%、有效亮氨酸高达11.53%。

表2　尼罗罗非鱼饲料原料粗蛋白质和氨基酸表观消化率

Table 2　Apparent digestibility of crude protein and amino acids in feed for *O. niloticus*

饲料原料 Ingredients	粗蛋白质 Pro	氨基酸总量 ΣAA	赖氨酸 Lys	蛋氨酸 Met	苏氨酸 Thr	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Lue	组氨酸 His	缬氨酸 Val	精氨酸 Arg	苯丙氨酸 Phe	胱氨酸 Cys	酪氨酸 Tyr
血粉* Blood meal	91 58	91 81	90.4	78 1	87.2		91.9	95.5	90.6	93 9	92 3	70.1	89 2
羽毛粉# Feather meal	93.36	93 60	56.5	89 9	92.5	96 2	94.2	59 3	95.8	94.5	93 6	90 8	91 5
秘鲁鱼粉 Fish meal, Peru	92 21	91 92	93.2	94.6	92 3	92 1	91.3	93 6	90 8	94 9	90 5	85 9	92 7
大豆粕 Soybean meal	99 26	97.13	96 3	94.9	96 9	94.2	96 4	98.2	94.2	99.4	96 4	86 8	94 0
酵母饲料 Yeast food	91.69	89 92	76 2	92.4	85 9	82.4	89 3	88.9	86 4	93 3	90.3	81 9	86 6
棉仁粕 Cottonseed meal	88 40	88 59	75.2	59 9	85.4	80 2	82.9	89.9	87.2	94 7	89.9	81 6	84 1
炒大豆 Soybean cooked	92 93	92 90	89.0	92 9	92.0	93 1	90.2	95 4	88 6	95.9	91 8	79 2	92 0
菜籽粕 Rapeseed meal	86 57	86 77	78.8	89 3	80.2	86 9	83.9	93.7	81 8	94.9	86 4	67 4	81 5
花生粕(带壳) Peanut meal(hull)	89 87	93 68	95 2	85 7	83.2	80 1	86 2	87 2	84.7	97.0	87 8	78.2	92 1
小麦麸 Wheat bran	91 54	91 72	93.5	88 2	94 2	94 1	92 7	97.4	87 1	97 8	91 1	72 4	77 7
小麦次粉 Inferior wheat flour	89.03	95 50	96.1	88 2	95 1	92 5	94.9	101	91 8	99.1	95 6	84 7	86.0
大米糠 Rice bran	60 48	65 84	60 4	72.9	62 5	89 0	63.6	84 8	67.3	74 2	76 6	62 7	52 8
玉米 Corn, yellow	88 68	89 30	93 7	80.8	81 5	88 8	91.6	95 2	86.5	89 9	93 3	77.7	81 7

* 喷雾干燥 Spray dry; # 水解 Hydrolyzed.

2.3　饲料原料蛋白质的营养价值

饲料蛋白质的必需氨基酸指数是评价饲料蛋白质营养价值的指标之一,与饲料蛋白质的生物价极为有关。而以饲料蛋白质必需氨基酸指数评价饲料蛋白质的营养价值存在着没有考虑饲料蛋白质必需氨基酸消化率及与被饲养动物体必需氨基酸相互比率的缺陷[4]。因此,以饲料原料蛋白质对尼罗罗非鱼有效的必需氨基酸计算的必需氨基酸指数,并和鱼体中必需氨基酸含量进行比较,以弥补必需氨基酸指数评价蛋白质营养价值的不足。

2.3.1　动物蛋白饲料原料　由图1可见,秘鲁鱼粉的有效必需氨基酸指数最高、达74.58,蛋白质消化率在90%以上(表2)、有效必需氨基酸含量均与鱼体接近(表3)。可见其蛋白质的营养价值是13种饲料原料中最高的。血粉和羽毛粉的有效必需氨基酸指数较低,分别为44.46和46.37,仅高于酵母饲料;尽管蛋白质消化率皆超过90%、但血粉异亮氨酸未检测到,蛋氨酸也很低。羽毛粉的组氨酸、赖氨酸和蛋氨酸都很低。因此,血粉和羽毛粉蛋白质的营养价值较低。然而血粉蛋白质的有效赖氨酸很高,与鱼体的赖氨酸接近,适当添加血粉可提高尼罗罗非鱼饲料的有效赖氨酸的含量。

2.3.2　植物蛋白饲料原料　由表3和图1可见,大豆粕蛋白质和蛋氨酸含量虽然较低,赖氨酸也不足,但其必需氨基酸指数较高,略低于秘鲁鱼粉和玉米、为70.29。本试验测得尼罗罗非鱼对大豆粕蛋白质的消化率高达99.2%,同其它鱼类一样能很好地消化吸收大豆粕蛋白质[2,9~12],因而大豆粕有较高的营养价值。证实了目前一些研究者用大豆粕替代鱼粉作为尼罗罗非鱼饲料为主要蛋白源的可行性[14][1]。炒大豆蛋白质消化率略低于大豆粕,但有效必需氨基酸指数相近、分别为69.82和70.29。证明炒大豆蛋白质几乎与大豆粕具有相同的营养价值。此外,炒大豆还富含尼罗罗非鱼所需必需脂肪酸。

棉仁粕、菜籽粕和花生粕有效必需氨基酸指数高于血粉和羽毛粉,营养价值也较高。棉仁粕的有效必需氨基酸指数在这3种植物蛋白源中最低,含硫氨基酸也低。但Jackson[4]的试验结果表明棉仁粕是莫桑比克罗非鱼的最佳试验蛋白源之一,即使100%使用棉仁粕蛋白质,生长率仍不是很低。每100 g菜籽粕蛋白质中有效蛋氨酸含量在蛋白饲料原料中仅低于秘鲁鱼粉,其含硫氨基酸高于鱼粉

1)蔡　鹰,翁文海　大豆饼替代部分鱼粉饲养罗非鱼可行性的试验报告[A]　饲料科技发展新途径—全国畜牧水产饲料开发利用技术交流会论文集[C],1988　30－32

维普资讯 http://www.cqvip.com

(2.71%)为2.82%。因此,菜籽粕是这3种蛋白饲料原料中营养价值最高的。花生粕蛋白质对尼罗罗非鱼的营养价值与棉仁粕基本一致,但其有效赖氨酸含量高于棉仁粕。

酵母饲料粗蛋白质含量高达48.47%,但氨基酸总量仅29.30%,其中非蛋白氮含量高达2.91%,有效必需氨基酸指数仅35.17,营养价值非常低。

表3 尼罗罗非鱼饲料原料必需氨基酸的组成和有效含量

Table 3 Composition and available essential amino acid content in common feed for *O. niloticus* g/100g 蛋白质

饲料原料 Ingredients	粗蛋白质[1] Pro	氨基酸总量[1] ΣAA	赖氨酸 Lys	蛋氨酸 Met	苏氨酸 Thr	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Lue	组氨酸 His	缬氨酸 Val	精氨酸 Arg	苯丙氨酸 Phe	胱氨酸[2] Cys	酪氨酸[3] Tyr
血粉 Blood meal	94 75	86.16	7.67 (6.93)	0.51 (0 40)	3 43 (2 99)		13 50 (12 4)	6.10 (5.83)	7.52 (6 82)	4.30 (4 04)	5 72 (5 28)	0.91 (0.64)	2 38 (2 13)
羽毛粉 Feather meal	94 58	84 19	0 83 (0.47)	0 52 (0 47)	3.83 (3 54)	4 00 (3 85)	8.88 (8.36)	0 44 (0.27)	6.51 (6.24)	5 96 (5.63)	4.21 (3 95)	2.43 (2 21)	2 40 (2 20)
秘鲁鱼粉 Fish meal, Peru	68 75	66 57	6 98 (6 51)	2.12 (2.00)	4 31 (3 98)	4.00 (3.68)	7 42 (3 77)	2 47 (2.31)	4.58 (4 16)	5 85 (5 55)	3.81 (3 47)	0 83 (0 71)	3.04 (2.82)
大豆粕 Soybean meal	50 94	50 15	4.99 (4.80)	0.82 (0 76)	3 77 (3.65)	4 22 (3 98)	7 16 (6 91)	2 14 (2.10)	4 36 (4 11)	6 63 (6.60)	4 61 (4 44)	1 18 (1.02)	2 91 (2 74)
酵母饲料 Yeast food	48 47	29 30	1 32 (1 01)	0 72 (0 67)	2 00 (1 72)	2 08 (1 71)	6 17 (5 51)	0.99 (0.88)	2.58 (2 23)	3 55 (3.31)	3 03 (2 74)	0.95 (0.78)	1.92 (1 66)
棉仁粕 Cottonseed meal	45 08	40 25	3 55 (2 67)	0.69 (0.41)	2 95 (2.52)	2 73 (2.19)	7 30 (6 05)	2.17 (1 95)	3.88 (3 38)	9 94 (9 41)	4.48 (4.03)	1 35 (1 10)	2.39 (2.02)
炒大豆 Soybean cooked	43 13	42 08	5 35 (4.77)	0 63 (0 59)	3 85 (3 54)	4 22 (3 93)	7 21 (6 50)	2.30 (2 19)	4 57 (4 05)	7.28 (6.98)	4 78 (4 39)	1 46 (1 16)	3 36 (3 09)
菜籽粕 Rapeseed meal	41 87	36.27	3 87 (3 05)	1 22 (1 09)	3 70 (2 97)	3 41 (2 97)	6.21 (5 21)	2 13 (2 00)	4.35 (3.56)	5 78 (5 49)	3.61 (3 12)	2 56 (1.73)	5 09 (4 15)
花生粕(带壳) Peanut meal(hull)	38.43	35 66	3 33 (3 17)	0 70 (0 60)	2 55 (2 12)	3 15 (2.52)	5 98 (5.15)	1 82 (1.59)	3.67 (3.11)	10 04 (9 74)	4.37 (3.84)	2 50 (1 98)	3 64 (3.35)
小麦麸 Wheat bran	20 77	19 56	3 71 (3 47)	0 96 (0.85)	3 13 (2.95)	2 84 (2 67)	5 68 (5 27)	2.36 (2 30)	4 28 (3 73)	6.64 (6.49)	3 75 (3 43)	2 21 (1.53)	5.87 (4 56)
小麦次粉 Inferior wheat flour	16.43	15 84	2 62 (2 52)	0 73 (0.64)	2.74 (2 61)	3 29 (3 04)	6.02 (5 72)	1 83 (1.85)	4.32 (3.97)	3 53 (3 50)	4 32 (4.13)	2.86 (2 42)	7 73 (6 65)
大米糠 Rice bran	11 09	10 94	4 33 (2 62)	1.71 (1.25)	3 97 (2.48)	3.79 (3 37)	6 94 (4 41)	2.43 (2.06)	5 77 (3 88)	7 48 (5 55)	4.87 (3 73)	3 61 (2.26)	4.42 (2 33)
玉米 Corn, yellow	10 64	10.89	3.38 (3 17)	2.26 (1 83)	3 95 (3.22)	3 95 (3 51)	12.59 (11 5)	2 63 (2 50)	5.45 (4 71)	4.04 (3.63)	6.11 (5 70)	3 95 (3.07)	8 08 (6 57)
全卵[3] Whole egg	47.8		6 9	3 4	5 2	5 5	9 1	2.6	6.7	6 5	5.8	0 5	4 6
全鱼 Whole fish	59.60	53.85	7 10	2.47	4 03	3 84	6 57	2 29	4.62	5 86	3 78	0 85	2 99

注:每栏中第1行数据代表总量,括号中数据代表有效量。First number in each column represents total content. Numbers in parentheses represent available content.

1 以干重计。By dry weight;2 蛋氨酸或含硫氨基酸需要以蛋氨酸和胱氨酸总量满足。The methionine or total sulfuramino acid requirement can be met by the sum of methionine and cytine content;3 苯丙氨酸或芳香族氨基酸需要以苯丙氨酸和酪氨酸总量满足。The phenylalanine or total aromatic amino acid requirement can be met by the sum of phenylalanine and tyrosine content.

2.3.3 能量饲料原料 玉米蛋白质对尼罗罗非鱼的有效必需氨基酸指数与秘鲁鱼粉几乎相同,为74.24,且每100 g玉米蛋白质中有效蛋氨酸仅低于秘鲁鱼粉,有效含硫氨基酸总量、亮氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸和芳香族氨基酸总量在本试验的饲料原料中最高,分别为4.90%、11.53%、4.70%、5.70%和12.27%。因此,玉米蛋白质具有很高的营养价值,是一种优良的能量饲料原料,但蛋白质和氨基酸总量皆较低,对提高饲料的蛋白质和氨基酸含量意义不大。

小麦麸和小麦次粉蛋白质有效必需氨基酸指数分别为64.14和60.78,但蛋氨酸含量低于其它能量饲料原料。大米糠蛋白质有效必需氨基酸指数与小麦次粉也几乎相同,为60.61,有效蛋氨酸含量仅低

维普资讯 http://www.cqvip.com

于秘鲁鱼粉和玉米,为 1.25%。可见,小麦麸、小麦次粉和大米糠蛋白质对尼罗罗非鱼也有较高的营养价值。

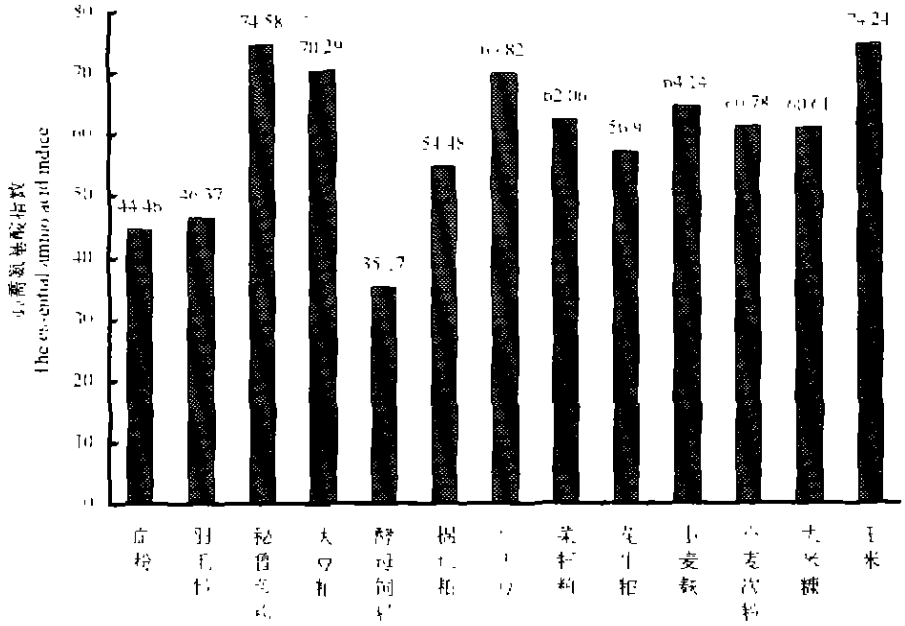

图 1　尼罗罗非鱼饲料原料有效必需氨基酸指数

Fig. 1　Available essential amino acid indices of feed ingredients for *O. niloticus*

综上所述,每种饲料原料蛋白质的营养价值都不尽相同。所以,在进行尼罗罗非鱼饲料配制时,应充分考虑饲料原料的营养价值和有效氨基酸含量,使各种饲料原料合理搭配,发挥蛋白质的互补作用,达到有效必需氨基酸平衡,以保证尼罗罗非鱼配合饲料蛋白质具有较高的营养价值。

参考文献:

[1] Wilson R P. Amino acid and protein requirements of fish[A]. Cowey C B, ed. Nutrition and Feeding in Fish[C]. London: Academic Press, 1985.

[2] 荻野珍吉. 鱼类营养和饲料[M]. 陈国铨, 黄小秋译. 北京: 海洋出版社, 1987.

[3] Hastings W H, Dorkin L M. Feed formulation and evaluation[A]. Fish Nutrition[C]. London: Academic Press, 1972. 341 - 370.

[4] 桥本芳郎. 养鱼饲料学[M]. 蔡完其译. 北京: 农业出版社, 1978.

[5] 荣长宽, 等. 中国对虾 16 种饲料蛋白质和氨基酸的消化率[J]. 水产学报, 1994, 18(2): 131 - 137.

[6] Wilson R P, Robinson E H, Poe W E. Apparent and true availabilities of amino acids from common feed ingredients for channel catfish[J]. J Nutr, 1981, 111: 923 - 929.

[7] Cho C Y, Slinger S J. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout[A]. J E Halver, K Tiews ed. Finfish Nutrition and Fishfeed Technology[M]. 1979, 2.

[8] 游文章, 等. 测定鱼类饲料原料营养成分消化率的计算方法[J]. 水产学报, 1993, 17(2): 167 - 171.

[9] 文　华, 等. 草鱼对 11 种饲料原料营养成分和总能的表观消化率[M]. 广州: 中山大学出版社, 1995. 211 - 220.

[10] 吴建开, 等. 团头鲂(*Megalobrama amblycephala* Yih)对 12 种饲料原料消化率和可消化能的测定[J]. 中国水产科学, 1995, 2(3): 55 - 62.

[11] 游文章, 等. 十一种青鱼饲料原料营养价值的评定[J]. 淡水渔业, 1993, 23(1): 8 - 12.

[12] Cho C Y, et al. Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity[J]. Comp Biochem Physiol, 1982, 73B(1): 25 - 41.

[13] National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfish[M]. Washington, D C: National Academy Press, 1983. 2 - 6.

[14] Jackson A J, et al. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*[J]. Aquaculture, 1982, 27: 97 - 109.

维普资讯 http://www.cqvip.com

Nutritional value of proteins in 13 feed ingredients for *Oreochromis niloticus*

WU Jian-kai, YONG Wen-yue, YOU Wen-zhang, WEN Hua, LIAO Chao-xing
(Changjiang Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Jingzhou 434000, China)

Abstract: The apparent digestibility of proteins and essential amino acids of 13 ingredients in test diets, consisting of 70% reference diet and 30% test ingredients, were determined for *O. niloticus* with body weight of (7.2±0.6)g, using Cr_2O_3 as indicator. The nutritional value of protein in these ingredients were evaluated by taking the available essential amino acid indices calculated from available essential amino acids as standard and comparing the contents of the available essential amino acid in the ingredients with those in the fish body. The results show that digestibility of total amino acid content approach protein digestibility in each ingredient. The available essential amino acid indices of protein in fish meal (Peru), soybean meal and corn exceed 70% and its nutritional values are the highest among animal protein, plant protein and energy feed ingredients respectively. And the nutritional value of yeast is the lowest of all and those of blood meal and feather meal are only higher than that of yeast. Although the nutritional values of other feed ingredients are different, they are all rather high.

Key words: *Oreochromis niloticus*; feed ingredient; protein; available essential amino acid index; nutritional value