

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00119

团头鲂对 7 种饲料的蛋白质、氨基酸及磷的表观消化率

姜雪姣, 梁丹妮, 刘文斌, 蒋广震, 王晶晶

南京农业大学 动物科技学院, 江苏省水产动物营养重点实验室, 江苏 南京 210095

摘要: 本实验以 0.5% 的三氧化二铬(Cr_2O_3)为指示剂, 研究分别以鱼粉、肉骨粉、豆粕、花生粕、棉粕、酒精糟及其残液干燥物(DDGS)和菜粕作为蛋白饲料, 将这 7 种饲料原料与基础日粮按照 3: 7 的比例组成实验日粮, 观测团头鲂(*Megalobrama amblycephala* Yih)对这 7 种饲料的干物质、粗蛋白、氨基酸及总磷的表观消化率。实验鱼初始体质量为 (296.54 ± 1.71) g, 分别投喂相应的实验饲料 5 周后采用自排法收集粪便。结果表明, 7 种饲料原料的干物质、蛋白质、总氨基酸以及总磷的表观消化率的范围分别为 53.65%~77.48%、78.66%~93.63%、80.12%~94.83%、3.21%~48.02%。其中粗蛋白及总氨基酸的表观消化率均以菜粕最高; 花生粕、豆粕与鱼粉相接近; 肉骨粉最低。磷的表观消化率以 DDGS 最高, 菜粕和肉骨粉最低, 其他 4 种原料的磷的表观消化率范围为 11.81%~29.10%。由此可见, 菜粕、豆粕、花生粕可作为团头鲂优质的植物蛋白源, 在实际生产配方中可部分替代鱼粉。DDGS 蛋白消化率高于肉骨粉, 且磷的表观消化率较高, 也可作为一种优质的鱼用饲料原料。[中国水产科学, 2011, 18(1): 119–126]

关键词: 团头鲂; 蛋白质; 氨基酸; 磷; 表观消化率

中图分类号: S963

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)01-0119-08

近年来, 随着水产养殖规模的不断扩大, 对饲料的需求也逐步增多。中国虽然饲料原料品种繁多, 但优质的蛋白原料较为缺乏, 以鱼粉为例, 中国的自产鱼粉不足 20 万 t, 严重依赖进口, 是世界上最大的鱼粉消费市场。因此, 寻找合适的饲料蛋白替代鱼粉已成为当务之急。同时由于各种原料的加工方式各异, 质量参差不齐, 严重影响了原料的利用率^[1], 不仅造成了饲料原料营养成分的浪费, 也为维持优良的生态环境带来沉重的压力。因此, 掌握饲料原料营养物质的消化率, 做到精准配方显得尤为必要。团头鲂(*Megalobrama amblycephala* Yih)俗称武昌鱼, 是中国主要的草食性淡水养殖鱼类。目前, 关于团头鲂对饲料原料消化率的研究还很少, 且多以幼鱼为研究对象。吴建开等^[2]研究了团头鲂幼鱼(35.0 g)对 12 种常用饲料原料的表观消化率, 并从可消化能方

面评定了饲料的营养价值; Zhou 等^[3]比较了团头鲂幼鱼(18~22 g)对动物性饲料原料和植物性饲料原料的表观消化率。但迄今为止, 团头鲂对饲料氨基酸消化率的研究仍属空白, 对饲料原料中磷的消化率数据报道也很少。本实验以 2 龄团头鲂为研究对象, 测定团头鲂成鱼对 7 种饲料原料中蛋白质、氨基酸及磷的表观消化率, 评定其营养价值, 为配制科学合理的环保型饲料提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验鱼与养殖条件

实验鱼购自中国水产科学研究院淡水养殖中心宜兴养殖实验基地, 平均体质量 (296.54 ± 1.71) g, 实验采用室内水族箱(3.0 m×0.8 m×0.8 m)养殖, 水深 0.30~0.35 m, 每箱放养实验鱼 10 尾, 实验开始前, 投喂商品饲料 7 d, 待鱼适应实验环境, 能

收稿日期: 2010-04-07; 修订日期: 2010-05-12.

基金项目: 农业部现代农业产业技术体系建设专项(nycytx-49-21).

作者简介: 姜雪姣(1984-), 女, 硕士研究生, 研究方向为水产动物营养与饲料. E-mail: 2008105047@njau.edu.cn

通讯作者: 刘文斌, 教授, 博士生导师. 研究方向为水产动物生理与营养学. Tel (Fax): 86-025-84395382; E-mail: wbliu@njau.edu.cn

正常采食后进入实验期。实验期间, 保证溶解氧在 5.0 mg/L 以上, 水温(27±0.6)℃, pH 为 6.8~7.8, $\text{NH}_4^+-\text{N} < 0.5 \text{ mg/L}$, $\text{NO}_2-\text{N} < 0.05 \text{ mg/L}$ 。

1.2 实验饲料与配制

为减少日粮配方的影响, 本实验分别设计了基础日粮 I (用于测定原料中蛋白质的消化率) 和基础日粮 II (用于测定原料中磷的消化率)(表 1), 以测定团头鲂对进口鱼粉(fish meal, FM)、肉骨粉

表 1 基础饲料 I、II 配方及营养组成
Tab.1 Formulation and nutrient composition of basal diet I and diet II

饲料原料 ingredient	% DW	
	基础日粮 I basal diet I	基础日粮 II basal diet II
鱼粉 fish meal	5.00	5.00
豆粕 soybean meal	49.26	48.98
次粉 wheat middling	20.35	20.48
面粉 wheat flour	15.00	15.00
米糠 rice bran	4.01	4.71
植物油 plant oil	3.32	3.23
磷酸二氢钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	1.76	1.31
预混料 premix*	1.00	1.00
食盐(饲料级)NaCl	0.30	0.30
三氧化二铬 Cr_2O_3	0.50	0.50
营养组成 nutrient composition		
干物质 dry matter	91.73	92.69
粗蛋白 crude protein	33.37	33.85
粗脂肪 ether extract	5.94	5.25
粗灰分 ash	7.94	7.68
总磷 total phosphorus	1.31	1.24
总能 $(\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1})$ gross energy	18.99	19.30

注: *每千克预混料中含矿物质: 硫酸铜 2.0 g, 硫酸铁 25 g, 硫酸锌 22 g, 硫酸镁 7 g, 亚硒酸钠 0.04 g, 碘化钾 0.026 g, 氯化钴 0.1 g。每千克预混料中含维生素: 维生素 A 900 000 IU, 维生素 D 200 000 IU, 维生素 E 4 500 mg, 维生素 K₃ 220 mg; 维生素 B₁ 320 mg, 维生素 B₂ 1 090 mg, 维生素 B₅ 2 000 mg, 维生素 B₆ 500 mg, 维生素 B₁₂ 1.6 mg, 维生素 C 5 000 mg, 泛酸 1 000 mg, 叶酸 165 mg, 胆碱 60 000 mg。

Note: *Premix supplied the following minerals (per kilogram diet): $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 2.0 g, $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 25 g, $\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 22 g, KI, 0.026 g, $\text{MnSO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 7 g, Na_2SeO_3 0.04 g, $\text{CoCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.1 g。Premix supplied the following vitamins (per kilogram diet): VA 900 000 IU, VD 200 000 IU, VE 4 500 mg, VK₃ 220 mg, VB₁ 320 mg, VB₂ 1 090 mg, VB₅ 2 000 mg, VB₆ 500 mg, VB₁₂ 1.6 mg, VC 5 000 mg, pantothenate 1 000 mg, folic acid 165 mg, choline 60 000 mg。

(meat and bone meal, MBM)、豆粕(soybean meal,

SBM)、酒精糟及其残液干燥物(distillers dried grains with solubles, DDGS)、花生粕(peanut meal, PNM)、棉粕(cottonseed meal, CSM)和菜粕(rapeseed meal, RSM) 7 种饲料原料中蛋白质和磷的表观消化率。待测原料的营养成分见表 2。实验饲料由 30% 的待测原料和 70% 的基础饲料组成^[4], 饲料原料粉碎过 60 目, 同时添加 0.5% 的 Cr_2O_3 作为外源指示剂, 均匀混合后制成颗粒饲料, 置于 4℃ 冰箱中保存备用。

1.3 饲养管理与样品采集

实验鱼先于水族缸中暂养, 暂养期间投喂商品料。驯化 7 d 后, 选取体格健康、大小均一、无畸形的团头鲂 240 尾, 平均体质量(296.54±1.07) g, 随机分成 8 组, 每组设 3 个重复, 每个重复 10 尾鱼, 投喂含有 0.5% Cr_2O_3 的基础饲料, 每天按照 2% 体质量投喂 2 次, 为期 7 d。进入正式实验期后, 随机选取 1 组作为对照组, 继续饲喂基础日粮, 另外 7 组为实验组, 分别饲喂相应的实验日粮, 投喂后 1 h 清除残饵, 观察记录摄食情况。7 d 后, 开始收集粪便, 在投喂后的 6~7 h 为团头鲂的排粪高峰期, 用渔捞直接捞取成形的粪便, 65℃ 烘干, -20℃ 冰箱保存备用。本研究共进行 2 个批次实验, 每个批次为期 5 周以上。

1.4 分析测定与计算方法

本实验中, 干物质、粗灰分根据 AOAC^[5] 方法测得; 粗蛋白采用凯氏定氮法; 粗脂肪采用索氏提取法; 总能利用氧弹测热仪直接测定; 实验饲料及粪便中的磷采用钼黄分光光度比色法测定; Cr_2O_3 的含量采用高频感应耦合等离子体发光光谱法(ICP)测定; 氨基酸的含量通过日立 L-8900 氨基酸分析仪直接测定。消化率的计算公式:

$$\text{饲料干物质的表观消化率}(\%) = (1 - S_{\text{cr}}/F_{\text{cr}}) \times 100$$

$$\text{饲料中各营养成分的表观消化率} = [1 - (F_i/S_i) \times (S_{\text{cr}}/F_{\text{cr}})] \times 100$$

待测原料中干物质、蛋白质、氨基酸及磷的表观消化率计算公式:

$$D_i = (D_T - rD_R) / (1 - r)$$

$$r = (W_R X_R) / W_T X_T$$

表 2 饲料原料营养成分及氨基酸含量

Tab.2 Nutrient composition and amino acid content of test ingredients

	%DW						
项目 item	鱼粉 fish meal	肉骨粉 meat and bone meal	豆粕 soybean meal	花生粕 peanut meal	棉粕 cottonseed meal	菜粕 rapeseed meal	DDGS distillers dried grains with solubles
营养成分 nutrient composition							
干物质 dry matter	92.98	92.40	93.56	93.31	93.21	93.15	93.36
粗蛋白 crude protein	65.90	54.78	51.19	53.54	52.49	42.83	29.79
粗脂肪 ether extract	7.84	9.36	1.11	0.58	1.51	3.13	12.58
粗纤维 crude fibre	0.74	2.78	5.10	4.73	9.57	10.12	10.76
粗灰分 ash	20.57	27.71	7.38	8.77	8.53	7.78	2.00
总磷 total phosphorus	2.98	4.43	0.80	0.88	1.65	1.28	0.19
总能/(MJ·kg ⁻¹) gross energy	20.62	17.41	20.67	19.46	20.29	20.42	23.49
氨基酸 amino acid							
天冬酰胺 Asp	5.47	3.63	5.49	5.53	4.25	2.75	1.61
苏氨酸 Thr	2.53	1.63	1.85	1.19	1.41	1.66	1.04
丝氨酸 Ser	2.34	2.12	2.49	2.34	2.02	1.70	1.40
谷氨酰胺 Glu	8.71	6.36	10.08	10.80	10.84	8.13	5.97
甘氨酸 Gly	4.44	6.58	2.16	2.87	2.02	2.09	1.01
丙氨酸 Ala	4.31	3.94	2.28	2.11	2.05	1.95	2.24
半胱氨酸 Cys	0.47	0.39	0.54	0.51	0.58	0.51	0.42
缬氨酸 Val	3.07	2.31	2.34	2.05	2.21	2.16	1.53
蛋氨酸 Met	1.93	0.80	0.66	0.41	0.61	0.65	0.69
异亮氨酸 Ile	2.71	1.50	2.30	1.67	1.64	1.73	1.19
亮氨酸 Leu	4.61	3.42	3.92	3.32	2.97	3.05	4.00
酪氨酸 Tyr	2.03	1.26	1.72	1.91	1.42	1.19	1.28
苯丙氨酸 Phe	2.61	1.98	2.55	2.63	2.71	1.78	1.62
赖氨酸 Lys	4.87	2.85	3.21	1.81	2.25	2.54	0.87
组氨酸 His	1.73	1.12	1.33	1.28	1.47	1.26	0.96
精氨酸 Arg	3.70	3.43	3.63	5.72	5.74	2.52	1.06
脯氨酸 Pro	2.59	3.63	2.30	1.91	1.63	2.75	2.54

注: 色氨酸由于在水解过程中被破坏, 因此未被检出。
Note: Tryptophan was destroyed during the hydrolysis process, so it had not been detected.

式中, S_{Cr} 为饲料中 Cr_2O_3 含量(%); F_{Cr} 为粪便中 Cr_2O_3 含量(%); S_i 为饲料中某营养成分含量(%); F_i 为粪便中某营养成分含量(%); D_i 为待测饲料原料中某营养成分表观消化率(%); D_T 为实验饲料中某营养成分的表观消化率(%); D_R 为基础饲料中某营养成分的表观消化率(%); W_R 为摄取的实验饲料中基础饲料的质量(g); W_T 为摄取的实验饲料的质量(g); X_R 为基础饲料中某营养成分的含量(%); X_T 为实验饲料中某营养成分的含量(%)。

1.5 数据分析与处理

实验数据采用 SPSS16.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA), 若差异显著($P < 0.05$),

则进行 Duncan 多重比较, 结果用平均值±标准误($\bar{x} \pm SE$)表示。

2 结果与分析

实验对 7 种待测饲料原料的干物质、蛋白质及磷的表观消化率进行了测定。由表 3 可见, 团头鲂对各种饲料原料干物质的表观消化率为 53.65%~77.48%, 且差异显著($P < 0.05$)。其中, 以菜粕的干物质的表观消化率最高, DDGS 最低。团头鲂对菜粕的蛋白质表观消化率也最高, 达到 93.63%, 显著高于其他实验原料($P < 0.05$); 其次是花生粕、鱼粉、豆粕, 其蛋白质表观消化率也均达到 90%以上,

但三者之间差异不显著($P>0.05$); 团头鲂对棉粕、DDGS 中的蛋白也具有较好的消化率, 达到 80% 以上, 但与鱼粉、豆粕、花生粕相比, 具有显著性的差异($P<0.05$)。团头鲂对原料中磷的利用能力较差, 表现为对原料中磷的消化率均较低, 且各原料间差异较大。其中, DDGS 的磷的表现消化率显著高于其他实验原料($P<0.05$); 4 种饼粕中以豆粕中磷的表现消化率最高, 为 29.10%, 显著高于除 DDGS 外的其他各组原料($P<0.05$); 团头鲂对菜粕与肉骨粉中磷的表现消化率较差, 显著低于其他各组实验原料($P<0.05$)。

实验测定了团头鲂对原料中各种氨基酸的表现消化率。由表 4 可见, 在各种待测原料中, 团头鲂对含硫氨基酸的表现消化率均较高; 菜粕的必需氨基酸及总氨基酸的表现消化率也是最高的, 但与鱼粉、花生粕之间无显著性差异($P>0.05$); 豆粕、DDGS 及棉粕必需氨基酸及总氨基酸的表现消化率也较高, 且三者之间差异不显著($P>0.05$)。肉骨粉的总氨基酸表现消化率显著低于其他各组饲料原料($P<0.05$); 但其必需氨基酸的表现消化率与 DDGS 及棉粕相近。

3 讨论

3.1 饲料配制与计算方法对消化率测定的影响

在饲料配制方面, 实验中采用 Cho 等^[4]提出的套算法, 即用被测饲料原料取代一部分基础饲

料配制成实验饲料, 取代比例为 7:3, 可保证营养物质的均衡, 有利于鱼体的消化吸收, 使所测得结果更接近实验鱼的营养消化生理要求, 但 Cho 等^[4]的计算方法并没有考虑到摄取的待测饲料原料中营养成分对实验饲料营养成分消化率的影响。因此, 本实验采用游文章等^[6]在 Cho 等^[4]的基础上改进的计算方法(具体公式见 1.4), 进一步减少了基准饲料和实验饲料因所含营养成分含量不同对被测饲料原料营养成分消化率的影响, 提高了测定结果的准确度, 使测定结果更可靠。

3.2 团头鲂对饲料原料中干物质的表现消化率

干物质的消化率反映了鱼类对饲料原料总体的消化率水平, 其高低与饲料中纤维素含量以及蛋白质、脂肪等营养物质的吸收程度有关。实验中测得 7 种饲料原料干物质的表现消化率差异较大, 在 53.65%~77.48% 之间。其中以菜粕的干物质消化率最高; 其次是鱼粉; 而肉骨粉的干物质的消化率也普遍高于除花生粕之外的其他植物性饲料原料。这可能是由于植物性原料中纤维素含量较高, 而高含量的纤维素可能会加快食糜在肠道内的移动速度, 降低鱼类对饲料中干物质和能量的消化率^[7]。同时, 水生动物体内缺乏相应的纤维素酶, 影响了对纤维素的消化吸收, 从而降低了鱼类对植物性原料中干物质的消化率^[8]。但实验测得的菜粕干物质的消化率高于鱼粉, 分析原因可能是与鱼粉组实验饲料配方中蛋白含量较高,

表 3 团头鲂对 7 种饲料原料营养成分的表现消化率
Tab.3 Apparent digestibility of nutrients in seven test ingredients for *Megalobrama amblycephala*

营养成分 nutrient	饲料原料 test ingredient						
	鱼粉 fish meal	肉骨粉 meat and bone meal	豆粕 soybean meal	花生粕 peanut meal	棉粕 cottonseed meal	菜粕 rapeseed meal	DDGS distillers dried grains with solubles
干物质 dry matter	70.54±0.67 ^b	65.75±0.90 ^d	63.35±3.11 ^e	68.67±0.87 ^c	59.68±0.31 ^f	77.48±1.05 ^a	53.65±1.05 ^g
粗蛋白 crude protein	90.54±0.16 ^b	78.66±1.00 ^e	90.48±0.80 ^b	91.33±0.49 ^b	87.79±0.59 ^c	93.63±0.32 ^a	82.72±0.58 ^d
总磷 total phosphorus	16.49±0.32 ^c	5.60±0.92 ^e	29.10±0.01 ^b	11.81±1.17 ^d	17.72±0.63 ^c	3.21±0.99 ^e	48.02±0.78 ^a

注: 同行肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 相同小写字母表示差异不显著($P>0.05$).
Note: In the same row, values with different superscripts mean significant differences($P<0.05$), and the same superscripts mean no significant differences($P>0.05$).

表 4 团头鲂对 7 种饲料原料氨基酸的表现消化率

Tab.4 Apparent digestibility of amino acids in seven test ingredients for *Megalobrama amblycephala*

$n=3$; $\bar{x} \pm SE$; %

氨基酸 amino acid	饲料原料 test ingredient						
	鱼粉 fish meal	肉骨粉 meat and bone meal	豆粕 soybean meal	花生粕 peanut meal	棉粕 cottonseed meal	菜粕 rapeseed meal	DDGS distillers dried grains with solubles
苏氨酸 Thr	91.73±0.25	83.45±0.85	82.82±0.09	85.52±0.03	78.40±1.74	92.63±0.02	77.67±1.22
缬氨酸 Val	91.68±0.99	82.78±0.24	82.25±0.27	91.05±0.14	83.68±0.21	91.90±0.53	80.09±0.19
蛋氨酸+胱氨酸(Met+Cys)	96.27±0.87	87.40±0.76	96.57±0.47	95.70±3.56	83.64±1.23	97.57±0.32	91.24±1.89
异亮氨酸 Ile	95.65±0.21	83.93±0.94	87.17±0.28	93.30±0.60	89.20±1.12	95.57±0.22	86.84±0.80
亮氨酸 Leu	95.09±0.90	83.19±0.36	90.65±0.07	90.87±0.75	86.54±1.19	93.96±0.35	87.83±0.99
苯丙氨酸 Phe	91.47±0.62	86.56±0.66	87.31±0.32	90.24±1.07	85.51±1.26	93.50±0.92	80.45±1.41
赖氨酸 Lys	94.34±0.34	86.22±0.04	84.89±0.52	79.83±0.81	70.67±1.87	96.54±0.47	79.44±4.93
组氨酸 His	94.04±0.81	88.43±1.01	91.47±0.99	87.14±0.17	88.22±0.17	97.19±0.46	88.27±1.07
精氨酸 Arg	94.13±0.70	75.05±0.26	93.57±0.39	97.23±0.41	94.32±0.38	97.03±0.37	85.29±1.22
必需氨基酸 EAA	93.20±0.83 ^a	83.97±0.54 ^c	87.36±0.38 ^b	92.04±0.59 ^a	86.58±0.43 ^{bc}	94.88±0.35 ^a	85.94±1.31 ^{bc}
非必须氨基酸 NEAA	91.90±0.27 ^a	76.38±1.19 ^d	88.53±0.45 ^b	93.40±0.72 ^a	88.72±0.59 ^b	94.80±0.48 ^a	85.90±1.03 ^{bc}
总氨基酸 TAA	92.53±0.54 ^a	80.12±0.69 ^c	89.19±1.05 ^b	92.84±0.66 ^a	87.75±0.45 ^b	94.83±0.42 ^a	86.40±1.18 ^b

注: 同行肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 相同小写字母表示差异不显著($P>0.05$).
Note: In the same row, values with different superscripts mean significant differences($P<0.05$),with the same superscripts mean no significant differences($P>0.05$).

从而降低了蛋白质的消化率有关, 另外, 鱼粉中的灰分含量较高, 也可能会影响被测饲料中干物质的消化率。此外, 本实验中花生粕的干物质消化率也较高, 为 68.67%, 远高于吴建开等^[2]测得的带壳花生粕的消化率(29.5%), 这主要是因为本实验所用花生粕经过去壳处理后纤维素含量已显著降低, 因而干物质消化率较高。实验所得豆粕和棉粕的干物质消化率分别为 63.35%和 59.68%, 与林仕海等^[9]在草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)上得到的结果基本一致, 但与吴建开等^[2](所用团头鲂平均体质量 35.5 g)得到的结果相比, 豆粕的干物质的消化率低 了 14%, 棉粕则高出了 16%; 与 Zhou等^[3] (所用团头鲂平均体质量 18~22 g)得到的结果相比, 花生粕的干物质的消化率低 了 12%, 但菜粕的干物质消化率则高 了 21%, 这可能与选用的实验方法及饲料原料加工差异等因素有关, 也说明了在鱼类生长的不同阶段, 其对各种营养物质的需要量及消化能力也会不同, 因此在对同种营养物质的消化率方面也会存在差异。

3.3 团头鲂对饲料原料中蛋白质及氨基酸的表观消化率

实验测得的团头鲂对鱼粉、豆粕、花生粕及菜粕的蛋白质表观消化率较高, 均达到 90%以上, 其中菜粕的蛋白质消化率为 93.63%, 与 Zhou等^[3]测得的结果(92.5%)相近, 但团头鲂对鱼粉的蛋白消化率并不是最高, 而是与饼粕相近, 甚至低于饼粕, 分析原因可能是鱼粉组的实验饲料配方中蛋白含量较高, 从而抑制了鱼粉中蛋白质的消化率。该现象与有些报道是相符的, 如 Zhou等^[3]比较团头鲂对动物性蛋白原料和非动物性蛋白原料的表观消化率时发现, 团头鲂对非动物性蛋白原料的表观消化率(85.9%)要显著的高于动物性蛋白原料(76.9%); 吴建开等^[2]测得豆粕的蛋白消化率为 95.7%, 鱼粉为 89.8%; Law^[10]报道草鱼对豆粕和鱼粉的蛋白质消化率分别为 96%和 90%; 虹鳟(*Salmo gairdneri*)对豆粕和鱼粉的蛋白质消化率为 96%和 92%^[4]; 而周兴华等^[11]测得银鲈(*Lateolabrax japonicus*)对豆粕的蛋白消化率为 76%, 鱼粉为 86.2%, 造成这一差异的另一个原因

可能与鱼类的食性有关。由于团头鲂是一种植食性鱼类,而植食性鱼类自身摄食的蛋白中主要以植物蛋白为主^[12],因此对植物性原料中蛋白的利用率较高。

氨基酸是组成蛋白质的基本单位,对蛋白质的需要其本质上就是对氨基酸的需要。由表 4 可见,不同的饲料原料中同一种氨基酸的表观消化率有很大的差异,同种原料的不同种氨基酸的表观消化率也存在很大的差异,叶元土等^[13]在草鱼上也得到相同的结论。但总的来说,饲料中氨基酸的表观消化率的变化趋势与蛋白质消化率的变化趋势相一致。本实验中,以菜粕中蛋白的表观消化率最高,达到 93.63%;而团头鲂对肉骨粉中蛋白质的消化率则相对较低,只有 78%左右。结合氨基酸的表观消化率可看出,菜粕的总氨基酸及必须氨基酸的表观消化率均是最高,平衡性也较好,因此其对应的蛋白质的表观消化率最高;相反,肉骨粉的氨基酸的消化率较低且平衡性也较差,蛋白的表观消化率就比较低,且肉骨粉中精氨酸的消化率较低,这可能是由于提取过程中高温对精氨酸的破坏或骨中蛋白质的消化率低等原因造成的。DDGS作为一种加工发酵饲料,蛋白质的表观消化率为 82.72%,其氨基酸品质较差,各种氨基酸的消化率普遍低于其他各组原料,这可能与DDGS原料中纤维素含量高有关。在各种原料中,菜粕、花生粕、棉粕及鱼粉的精氨酸的表观消化率均达到 94%以上,但其中花生粕和棉粕中赖氨酸的表观消化率较低,这可能是由于精氨酸和赖氨酸之间的拮抗作用,此外,孙幅英等^[14]指出棉粕在加工的过程中,赖氨酸可能与游离棉酚结合生成生物学上不被利用的化合物,从而降低了其中赖氨酸的利用率。在 7 种饲料原料中,含硫氨基酸的表观消化率都比较高,这可能是由于各实验饲料中含硫氨基酸(尤其是蛋氨酸)的含量较低,不能满足实验鱼的需要,因而具有较高的利用率,这与董晓慧等^[15]在吉富罗非鱼上的实验结果相一致。也进一步说明了蛋氨酸作为鱼体的一种限制性氨基酸,需要在饲料中适量添加,以满足鱼体的需要量,平衡氨基酸,提高蛋白质的

消化率。

3.4 团头鲂对饲料原料中磷的表观消化率

磷作为鱼体中重要的矿物质元素,对其消化率的研究显得尤为必要。本实验中,团头鲂对 7 种待测原料的磷的表观消化率比较低,尤其是植物性原料,如菜粕、花生粕以及棉粕的磷的表观消化率仅为 3.21%、11.81%和 17.70%。这主要是由于植物性原料中的大部分磷都以植酸磷的形式存在,而大多数的硬骨鱼类肠道内缺少内生的或由肠道内细菌产生的可以分解植酸的植酸酶^[16],因此很难利用植物性原料中的磷。但对于鱼粉和肉骨粉两种动物性原料,团头鲂对其中磷的消化率也较低,分别为 16.49%和 5.60%,这与吴建开等^[2]的测定结果相比,分别低了 7%和 10%,而李会涛等^[17]测定大黄鱼(*Larimichthys crocea*)对鱼粉中磷的消化率高达 53%,Wilson等^[18]测定斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)对鱼粉中磷的消化率也达到 60%。分析原因,一方面可能是由于实验饲料中鱼粉及肉骨粉的磷的含量很高,分别为 1.8%和 2.3%,超出了鱼体的需要范围,影响利用率;另一方面,草鱼对磷酸盐类的消化率与其溶解度有关,鱼粉和肉骨粉等动物性原料中的磷多以羟基磷石灰和磷酸钙的形式存在,团头鲂作为植食性鱼类,无胃酸分泌,很难分解利用其中的磷,因此对 2 种动物性原料中的磷的消化率较低。在 7 种饲料原料中,团头鲂对DDGS中磷的表观消化率最高,达到 48.02%,这可能是由于DDGS在加工发酵过程中会产生一些微生物,这些微生物可能对原料中磷的复合物具有一定的分解作用,从而提高其中磷的利用率。豆粕中磷的表观消化率为 29.10%,是除了DDGS之外磷的消化率最高的一种原料,可能是由于豆粕在熟化加工的过程中,部分植酸被破坏,促进了其中植酸磷的分解。

综上所述,团头鲂对不同饲料原料的营养物质的表观消化率差异较大。总体上,团头鲂对 7 种原料中干物质、蛋白质及必须氨基酸、总氨基酸的表观消化率均以菜粕最高,豆粕、花生粕的蛋白表观消化率及氨基酸平衡性与鱼粉相近,团头鲂对其中的蛋白具有较好的利用效果。因此,

菜粕、花生粕以及豆粕皆可作为团头鲂的优质植物蛋白饲料, 在实际生产中可适量替代鱼粉。DDGS 作为一种发酵饲料, 团头鲂对其中磷的消化率较高, 具有很好的应用前景, 但因其加工原料存在差异, 因此在使用时需考虑其营养成分的变异。

参考文献:

- [1] 徐奇友. 我国鱼类营养与饲料的发展及研究趋势[J]. 饲料工业, 2006, 27(6): 21–23.
- [2] 吴建开, 雍文岳, 游文章, 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.
- [3] Zhou Z, Ren Z, Zeng H, et al. Apparent digestibility of various feedstuffs for bluntnose black bream (*Megalobrama amblycephala* Yih)[J]. Aquac Nutr, 2008, 14: 153–165.
- [4] Cho C Y, Kaushik S J. Nutritional energetic in fish: energy and protein utilization in rainbow trout(*Salmo gairdneri*) [J]. World Rev Nutr Dietet, 1990, 61:132–172.
- [5] AOAC. Official methods of analysis of official analytical chemists international[M]. 16th ed. Arlington VA: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [6] 游文章, 雍文岳, 廖朝兴. 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.
- [7] Anderson J S, Jackson A J, Matty A J, et al. Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J].Aquaculture, 1984, 37: 303–314.
- [8] NRC (National Research Council). Nutrient Requirements of Fish[M]. Washington DC: National Academy Press, 1993.
- [9] 林仕海, 罗莉, 叶元土. 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.
- [10] Law A T. Digestibility of low-cost ingredients in pelleted feed by grass carp (*Ctenopharyngodon idella* C. et V) [J]. Aquaculture, 1986, 51: 97–103.
- [11] 周兴华, 向泉, 陈建. 银鲈对六种饲料原料蛋白质和氨基酸的表观消化率[J].西南农业学报, 2003, 16(3): 90–93.
- [12] 杨严鸥, 解绶启, 杨云霞, 等. 建鲤与异育银鲫生长、生化组成和饲料利用的比较[J].水产学报, 2006, 30(4): 571–576.
- [13] 叶元土, 林仕海, 罗莉. 草鱼对 27 种饲料原料中氨基酸的表观消化率[J].中国水产科学, 2003, 10(1): 60–64.
- [14] 孙幅英, 朱云云, 陈建国. 长江口花鲈的生长和食性[J].水产学报, 1994, 18(3):183–189.
- [15] 董晓慧, 郭云学, 叶继丹, 等.吉富罗非鱼幼鱼对 10 种饲料原料表观消化率的研究[J].动物营养学报, 2009, 21(3): 326–334.
- [16] Riche M, Brown P B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 1996, 142: 269–282.
- [17] 李会涛, 麦康森, 艾庆辉, 等. 大黄鱼对几种饲料蛋白原料消化率的研究[J].水生生物学报, 2007, 31(3): 370–375.
- [18] Wilson R P, Robinson E H, Gatlin D M, et al. Dietary phosphorus requirment of channel catfish [J]. Nutrition, 1982, 112: 1197–1202.

Apparent digestibility of proteins, amino acids and phosphorus of seven feed ingredients for bluntnose black bream

JIANG Xuejiao, LIANG Danni, LIU Wenbin, JIANG Guangzhen, WANG Jingjing

Key Laboratory of Aquatic Nutrition of Jiangsu Province, College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: The apparent digestibility(AD) of dry matter, protein, amino acids and phosphorus of seven feed ingredients for bluntnose black bream(*Megalobrama amblycephala* Yih) were determined by using 0.5%Cr₂O₃ as an indicator. The test diets consisted of 70% basal diet and 30% test feed ingredients, including fish meal, meat and bone meal, soybean meal, peanut meal, cottonseed meal, distillers dried grains with solubles(DDGS) and rapeseed meal. The fish averaging (296.54±1.71) g were reared in indoor aquarium tanks(3.0 m ×0.8 m ×0.8 m), and the fecal samples were collected by abdominal pressure method after five weeks. The results showed that apparent digestibility of dry matter, protein, amino acids and phosphorus of seven feed ingredients were 53.65%–77.48%, 78.66%–93.63%, 80.12%–94.83% and 3.21%–48.02%, respectively. Among the seven feed ingredients, the highest apparent digestibility of protein and total amino acids was in rapeseed meal; then the apparent digestibility of fish meal was close to that of peanut meal and soybean meal; and the lowest was in meat and bone meal. Apparent digestibility of phosphorus was the highest in DDGS, and the lowest in rapeseed meal and meat and bone meal, and others were 11.81%–29.10%. In conclusion, rapeseed meal, soybean meal, peanut meal can be used as high quality plant protein source to serve as alternative fishmeal for bluntnose black bream in production. The apparent digestibility of protein of DDGS was higher than that of meat and bone meal, and the apparent digestibility of phosphorus was the highest in seven feed ingredients. Therefore, DDGS can be used as a high quality fish feed ingredient.[Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(1): 119–126]

Key words: *Megalobrama amblycephala* Yih; protein; amino acids; phosphorus; apparent digestibility(AD)

Corresponding author: LIU Wenbin. Tel(Fax): 025-84395382; E-mail: wbliu@njau.edu.cn

会 讯

第九届亚洲渔业和水产养殖论坛(9th Asian Fisheries and Aquaculture Forum)由亚洲水产学会和上海海洋大学共同主办, 为期 5 天, 从 2011 年 4 月 21 日到 25 日, 举办地在上海海洋大学临港校区, 届时第四届渔业资源增殖养护国际学术研讨会、第九届世界罗非鱼协会年会和第三届全球渔业和水产养殖中的性别研究专题研讨会将作为分会同期举行。

联系人: 周婷婷

地址: 上海市临港新城沪城环路 999 号, 201306

电话: 021-61900062 邮箱: 9afaf@shou.edu.cn 或ttzhou@shou.edu.cn

传真: 021-61900280 网址: <http://www.9afaf.org>