

非淀粉多糖酶对奥尼罗非鱼生产性能和饲料消化率的影响

王纪亭^{1,3}, 吴淑勤², 石存斌², 计成^{1*}

(1. 中国农业大学动物科技学院, 北京 100094; 2. 中国水产科学研究院珠江水产所, 广东广州 510380; 3. 山东农业大学动物科技学院, 山东泰安 271018)

摘要: 试验选用体重约 60 g 的奥尼罗非鱼 560 尾, 随机分 4 个处理组, 每组 7 个重复, 每重复 20 尾, 分别添加不同梯度水平的液体非淀粉多糖酶 0、0.1、0.2、0.4 mL/kg 饲料)。结果表明: ①奥尼罗非鱼饲料中添加非淀粉多糖酶对罗非鱼的特定生长率、饵料系数等生产性能指标均有显著 ($P < 0.05$) 影响; ②添加复合酶制剂显著 ($P < 0.05$) 提高了奥尼罗非鱼的总表观养分、粗蛋白、能量和某些氨基酸的消化率, 对粗脂肪消化率的影响不显著 ($P > 0.05$); ③添加复合酶制剂能显著 ($P < 0.05$) 提高奥尼罗非鱼鱼体成分中的粗蛋白质含量, 显著 ($P < 0.05$) 降低粗灰分、钙、磷的含量。

关键词: 水产学; 非淀粉多糖酶; 生产性能; 饲料消化率; 奥尼罗非鱼

中图分类号: S965.125; S963.73+2

文献标识码: B

文章编号: 0258-7033(2006)03-0037-04

非淀粉多糖 (non-starch polysaccharides, NSP) 分为水溶性和非水溶性两种, 存在于植物原料中。其中水溶性非淀粉多糖被认为具有更强的抗营养作用, 如阿拉伯木聚糖、 β 葡聚糖和果胶, 是降低饲料中蛋白质、淀粉和脂肪等营养价值的主要因素^[1]。人工配合饲料是水产养殖最大的有机污染源, 因此, 必须大力加强营养与养殖生态环境关系的研究。人工配合饲料的质量对水产养殖生产和水产养殖环境有重要影响。为了减少残饵和排泄物对养殖生态环境的污染, 必须加强对水产动物的营养学的研究, 提高配合饲料的消化利用率, 保证水环境的优质高效。本研究选择奥尼罗非鱼为研究对象, 在奥尼罗非鱼饲料中添加复合酶制剂, 研究其对奥尼罗非鱼的生产性能和饲料营养物质利用率的影响, 为复合酶制剂在奥尼罗非鱼及其它水产动物饲料中的添加和提高养殖生态环境提供重要的理论依据。

1 材料与方法

1.1 酶制剂 试验用酶制剂, 是从一种非基因工程真菌 (*penicillium funiculosum*) 培养液中提取的纯天然饲料用复合酶制剂, 主要包括木聚糖酶 5 500 VU/mL、

β 葡聚糖酶 500 AGLU/mL、纤维素酶、果胶酶、甘露聚糖酶等 (法国安迪苏公司生产)。

1.2 试验动物 试验选用奥尼罗非鱼 (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) (90%以上雄性), 从广东肇庆市鱼种场购得, 试验前集中暂放养于水泥池中, 用配合饲料驯食 21 d, 然后选择体重约 60 g 的健康鱼 560 尾, 分养于 2 m × 1 m × 1 m 的网箱中, 各处理组的初始体重无显著差异。

1.3 试验设计 为了避免制粒温度对酶活性的影响, 本试验采用液体酶制剂后喷涂方式, 将液体酶喷涂至颗粒饲料表面。试验共分 4 个处理组, 试验 1 组为对照组, 饲喂基础日粮, 试验 2、3、4 组为试验组, 分别在基础日粮中添加 100、200、400 mL/t 等不同梯度水平的液体酶。每组设 7 个重复, 以每个网箱为 1 重复单位, 1 个箱为 1 个样本, 每个样本 20 尾鱼, 正式试验前进行鱼体称重。

1.4 试验日粮及饲养管理 基础日粮组成及营养水平, 见表 1。饲料饲喂量按鱼体重的 3% 进行饲喂, 以鱼饱食为准。每天分 2 次 (09:00、16:00) 投喂, 每次投料 50 min 后, 将每个网箱中没有被采食的饵料用尼龙网捞出, 晒干后称重。每天记录水温、pH 值以及鱼的尾数, 预试期为 7 d, 试验期为 56 d。试验结束前 12 h 停止喂料, 称取各重复组鱼的重量。试验期间水温为 25~30°C, 溶氧 4.4~6.8 mg/L, pH 为 6.8~7.5。

收稿日期: 2005-07-28; 修回日期: 2005-10-10

* 通讯作者

表 1 试验基础日粮及其营养成分

项目	含量	项目	含量
日粮组成/%		营养成分	
小麦	27	消化能(MJ·kg ⁻¹)	11.88
豆粕	17	粗蛋白/%	29
鱼粉	5	钙/%	1.4
菜籽粕	25	磷/%	0.97
花生粕	9.5	赖氨酸/%	1.34
麦芽根	6	蛋+胱/%	0.95
磷酸氢钙	1.5		
石粉	1.5		
膨润土	3		
统糠	3		
预混料*	1.5		

注: * 预混料中含有复合维生素、复合微量元素等

1.5 测定指标和方法

1.5.1 罗非鱼生长性能指标的测定 记录各处理组饲料消耗量, 根据鱼的试验前后体重变化, 计算各组鱼的日增重、饲料转化效率等指标。

特定生长率 (SGR) = $(W_t - W_0) / t \times 100\%$; 饵料系数 (FCR) = F/W

式中, W_t 为试验末鱼平均重, W_0 为试验初鱼平均重, t 为饲养天数, F 为重复组饲料总摄入量, W 为重复组总鱼体增重。

1.5.2 饲料养分的表观消化率的测定 本试验采用内源指示剂 酸不溶灰分 (AIA) 法测定饲料养分的表观消化率。试验结束前的最后 2 周, 待投料 1 h 后, 用细孔

尼龙布做成网捞取刚排出的完整、包膜的粪条至广口瓶中, 放置于 -20℃ 的冰箱中保存, 测定干物质、能量、粗蛋白、氨基酸、粗纤维、粗脂肪、钙、磷的表观消化率。

总表观消化率/% = $\left(1 - \frac{\text{饲料中酸不溶灰分含量}}{\text{粪便中酸不溶灰分含量}} \right) \times 100$

营养物质表观消化率/% =

$\left(1 - \frac{\text{饲料中酸不溶灰分含量}}{\text{粪便中酸不溶灰分含量}} \times \frac{\text{粪便中营养物质含量}}{\text{饲料中营养物质含量}} \right) \times 100$

1.5.3 奥尼罗非鱼鱼体成分的测定 将采血后的鱼体表面擦干, 放置于 -4℃ 的冰箱中, 成冻样后, 绞碎、混匀后待测。

饲料和鱼体中营养成分含量的测定方法: 粗蛋白采用凯氏微量定氮法, GB6432-86; 粗脂肪采用索氏乙醚抽提法, GB6433-86; 粗灰分采用烧灼法 (500~600℃), GB6438-86; 含水量采用 105℃ 恒温烘干失重法, GB6435-86。

1.6 数据处理与统计分析 试验数据利用 SPSS 统计软件进行方差分析, 采用最小显著差数法 (LSD) 进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 非淀粉多糖酶对奥尼罗非鱼生产性能的影响

由表 2 可知, 饵料中添加非淀粉多糖酶对奥尼罗非鱼的特定生长率、饵料系数等生产性能指标均有显著 ($P < 0.05$) 影响。奥尼罗非鱼的特定生长率随着日粮中添加酶制剂比例的增多而增加, 100 mL 组与对照组的

表 2 非淀粉多糖酶对奥尼罗非鱼生产性能的影响

酶水平 (g mL ⁻¹)	初始体重 /g	期末体重 /g	平均耗料量 /g	特定生长率	饵料系数
0	60.6 ± 2.33	126.7 ± 2.50 ^a	184.7 ± 6.61 ^b	1.18 ± 0.02 ^a	2.79 ± 0.12 ^c
100	61.5 ± 2.15	130.2 ± 5.93 ^a	181.1 ± 2.00 ^b	1.23 ± 0.07 ^a	2.64 ± 0.13 ^b
200	60.4 ± 2.26	136.5 ± 6.42 ^b	178.3 ± 4.77 ^a	1.36 ± 0.09 ^b	2.34 ± 0.15 ^a
400	61.2 ± 2.39	139.4 ± 4.24 ^b	176.5 ± 2.29 ^a	1.39 ± 0.04 ^b	2.26 ± 0.06 ^a

注: 同列中肩标不同者差异显著 ($P < 0.05$), 肩标相同或未标字母者差异不显著 ($P > 0.05$), 下表同

差异不显著 ($P > 0.05$); 200 mL 组和 400 mL 组均显著高于对照组 ($P < 0.05$), 两者之间无显著差异 ($P > 0.05$); 200 mL 组和 400 mL 组的特定生长率比对照组分别提高 15.25% 和 17.80%。日粮中添加酶制剂的 200 mL 组和 400 mL 组明显降低了奥尼罗非鱼的采食量 ($P < 0.05$), 100 mL 组与对照组则差异不显著 ($P > 0.05$)。奥尼罗非鱼的饵料系数随酶制剂添加量增多而降低; 添加酶

制剂组显著 ($P < 0.05$) 低于对照组, 其中 200 mL 组和 400 mL 组又显著 ($P < 0.05$) 低于 100 mL 组; 200 mL 组和 400 mL 组之间则差异不显著 ($P > 0.05$); 200 mL 组和 400 mL 组的饵料系数比对照组分别降低了 16.13% 和 18.99%。

2.2 非淀粉多糖酶对奥尼罗非鱼日粮营养物质消化率的影响 (表 3、表 4) 由表 3 可知, 奥尼罗非鱼的营

营养物质消化率随着日粮中添加酶制剂比例的增加而提高,显著 ($P < 0.05$) 提高了奥尼罗非鱼的总表观、粗蛋白和能量的消化率,对粗脂肪消化率的影响不显

著 ($P > 0.05$)。至于粗纤维、粗灰分、钙、磷等的消化率,只有 400 mL 组与对照组的差异显著 ($P < 0.05$),其他 3 个组则无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 3 非淀粉多糖酶对奥尼罗非鱼日粮常规营养物质消化率的影响

酶水平 / (mL·t ⁻¹)	总表观 消化率	粗蛋白 消化率	粗脂肪 消化率	能量 消化率	粗纤维 消化率	粗灰分 消化率	钙消化率	磷消化率
0	54.11±1.01 ^a	78.6±0.42 ^a	83±2.38	59.05±0.78 ^a	9.23±1.56 ^a	31.83±2.77 ^a	32.03±5.03 ^a	56.1±1.61 ^a
100	56.76±1.57 ^b	80.7±0.26 ^b	82.25±2.01	62.51±0.48 ^b	10.58±5.12 ^b	32.98±0.83 ^a	35.91±0.90 ^{ab}	58.61±0.52 ^b
200	58.67±0.22 ^{bc}	80.25±0.29 ^b	81.72±1.80	64.21±0.16 ^c	11.48±4.29 ^b	33.4±0.91 ^a	37.78±3.97 ^{ab}	58.56±2.28 ^b
400	59.48±0.20 ^c	81.29±0.16 ^c	82.88±0.98	64.94±0.47 ^c	16.17±4.32 ^b	37.74±1.10 ^b	40.18±1.01 ^b	59.98±1.96 ^b

由表 4 可知,天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、精氨酸、酪氨酸、脯氨酸、组氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、胱氨酸等 10 种氨基酸的消化率随着酶制剂添加水平的增加

都有不同程度的提高,而且以 400 mL 组显著高于对照组;酶制剂的添加显著 ($P < 0.05$) 提高了谷氨酸和含硫氨基酸的消化率。酶制剂的添加对苏氨酸、丙氨酸

表 4 非淀粉多糖酶对奥尼罗非鱼日粮中氨基酸消化率的影响

酶水平 / (mL·t ⁻¹)	天冬 氨酸	丝氨酸	谷氨酸	苏氨酸	精氨酸	丙氨酸	酪氨酸	脯氨酸	缬氨酸	苯丙氨酸	亮氨酸	组氨酸	赖氨酸	蛋氨酸	胱氨酸
0	85.14 ±1.66 ^a	82.65 ±0.98 ^a	88.29 ±0.69 ^a	81.34 ±0.28 ^a	88.77 ±0.39 ^a	82.11 ±0.73	91.59 ±4.14 ^a	84.18 ±1.01 ^a	81.08 ±7.24 ^b	85.9 ± 4.59	86.37 ±2.28	91.13 ±0.80 ^a	87.94 ±1.17 ^a	82.62 ±2.51 ^a	86.13 ±1.05 ^a
100	87.8 ±1.57 ^b	83.67 ±1.66 ^{ab}	89.48 ±0.45 ^b	86.08 ±3.07 ^b	91.14 ±1.76 ^b	82.73 ±1.81	94.96 ±1.02 ^{ab}	85.33 ±1.82 ^a	86.03 ±2.74 ^b	91.06 ±2.03	89.06 ±0.14	92.22 ±0.74 ^{ab}	87.72 ±1.39 ^a	87.05 ±0.71 ^b	87.75 ±0.53 ^b
200	83.93 ±2.39 ^a	84.97 ±1.18 ^b	90.69 ±0.78 ^c	86.81 ±1.04 ^b	90.17 ±0.59 ^{ab}	82.88 ±1.38	93.63 ±0.66 ^{ab}	85.83 ±0.63 ^a	86.35 ±3.56 ^b	89.16 ±3.80	88.07 ±2.55	91.19 ±2.06 ^a	87.73 ±1.74 ^a	85.83 ±0.96 ^b	87.82 ±0.31 ^b
400	89.75 ±0.76 ^b	83.93± 0.47 ^{ab}	90.58 ±0.59 ^c	83.52 ±0.62 ^a	91.55 ±0.66 ^b	83.89 ±0.58	96.29 ±0.68 ^b	87.63 ±0.80 ^b	73.84 ±2.68 ^a	87.42 ±0.66	88.03 ±0.45	93.39 ±0.52 ^b	90.39 ±1.11 ^b	85.82 ±1.11 ^b	87.6 ±0.78 ^b

酸、缬氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸等 5 种氨基酸的消化率没有显著的影响 ($P > 0.05$)。

2.3 非淀粉多糖酶对奥尼罗非鱼体成分的影响

由表 5 可知,添加复合酶制剂能显著提高奥尼罗非鱼体成分中的粗蛋白质含量 ($P < 0.05$),显著降低了粗灰分、钙、磷的含量 ($P < 0.05$),而对粗脂肪的影响的规律

表 5 非淀粉多糖酶对奥尼罗非鱼体成分的影响干物质计

酶水平 / (mL·t ⁻¹)	粗蛋白质	粗脂肪	粗灰分	钙	磷
0	60.07±1.88 ^a	16.54±4.18 ^b	18.19±1.99 ^c	5.47±0.70 ^b	3.37±0.34 ^c
100	62.64±1.26 ^b	15.89±2.43 ^a	18.20±0.99 ^c	5.49±0.28 ^b	3.19±0.14 ^b
200	61.99±1.85 ^b	15.77±1.86 ^a	17.94±0.71 ^b	5.51±0.26 ^b	3.20±0.11 ^b
400	62.28±0.92 ^b	17.24±1.06 ^c	17.12±0.45 ^a	5.14±0.19 ^a	3.12±0.08 ^a

不明显。

3 讨 论

饲料中的可溶性非淀粉多糖使动物消化道中食糜

的黏度增加,减少了消化酶与食糜的接触机会,减慢了已消化养分向肠黏膜的扩散速度,饲料中各种营养成分的消化率和吸收率都有所降低^[2]。非淀粉多糖酶一方面可以分解饲料中可溶性非淀粉多糖,降低其抗营养

特性;另一方面亦可摧毁植物细胞壁,促进由细胞壁包裹着的蛋白质和脂肪等营养物质的释放,有利于肠道内的消化酶与营养物质的充分接触^[3],增加养分的消化和吸收利用率。本试验结果,奥尼罗非鱼和畜禽一样,体内不能分泌木聚糖酶和 β 葡聚糖酶,必须通过外源酶制剂的加入才能分解植物原料中的木聚糖、葡聚糖等非淀粉多糖,以改善和提高饲料的营养价值。本试验结果表明:在奥尼罗非鱼日粮中添加以木聚糖酶和 β 葡聚糖酶为主的复合酶制剂,可以显著提高奥尼罗非鱼的特定生长率,降低饵料系数;显著提高了奥尼罗非鱼的总表观、粗蛋白、能量及某些氨基酸的消化率。

复合酶制剂在畜、禽方面应用的文献资料较多。Wang 等^[4]在 7~42 d 的肉鸡日粮中添加以木聚糖酶和 β 葡聚糖酶为主的复合酶制剂,显著提高了肉鸡的日增重和饲料转化效率等生产性能,并提高了粗蛋白质的表观消化率。Mathlouthi 等^[5]在火鸡小麦和大麦日粮中添加以木聚糖酶和葡聚糖酶为主的复合酶制剂,显著提高了火鸡的体增重和饲料转化效率,提高了火鸡的氮校正表观代谢能 5%。在水产动物方面,徐国武等^[6]在含大麦粉 41.3% 的饲料中添加 β 葡聚糖酶饲喂鲤鱼。结果表明,添加 β 葡聚糖酶于含大麦(35%)的饲料中,能提高鲤鱼的增重率和降低饵料系数。提高了饵料粗蛋白、粗脂肪、干物质的消化率。周小秋^[7]在含豆粕、菜粕、棉籽粕为主的饲料中添加酶制剂,提高了饲料利用率,降低了鲤鱼消化道的粘性,有利于营养物质吸收。对鲤鱼的增重、饵料系数有显著和极显著的影响。但是国外学者 Stone 等^[8]在 2.7 g 体重的鲈鱼日粮中添加含有 β 木聚糖酶和 β 葡聚糖酶的不同梯度水平的复合酶制剂,没有发现对日粮的干物质、能量及蛋白质的消化率有改善作用。这可能与所用的试验动物体重不同有关。

关于酶制剂对鱼体组成成分的影响,Staple^[9]研究表明,随着摄食水平的提高,鱼体的脂肪含量随之提高,并且摄食水平与含水量呈负相关。本试验的研究结果显示,饵料中添加酶制剂后,奥尼罗非鱼的采食量有所降低,显著提高了鱼体中的粗蛋白质含量,而显著降低了粗灰分、钙、磷的含量,而对粗脂肪的影响的规律

不明显。张满隆等^[10]的试验结果表明,草鱼饲料中添加复合酶制剂(主要含纤维素酶、木聚糖酶、蛋白酶等),试验组的鱼体粗蛋白质比对照组略高;而粗脂肪略低。

4 结 论

根据本次试验的结果可得出如下结论:日粮中添加一定量的以木聚糖酶和 β 葡聚糖酶为主的复合酶制剂对奥尼罗非鱼的生产性能和养分的消化率均有显著的影响,液体复合酶的适宜添加量为 200 mL/t 饲料。

参考文献:

- [1] Annison G, Choct M. Antinutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broilers diets and strategies for minimizing their effects[J]. World Poult Sci, 1999, 47: 232-242.
- [2] Choct M, Annison G. Soluble wheat pentosans exhibit different anti-nutritive activities in intact and cecectomised broiler chickens [J]. J Nutr, 1992, 122: 2457-2465.
- [3] Danicke S, Halle I, Strobel E, et al. Effect of energy source and xylanase addition on energy, metabolism, performance, chemical body composition and total body electrical conductivity(TOBE) of broilers[J]. J Anim Physiol and Nutr, 2001, 85(9-10): 301-313.
- [4] Wang Z R, Qiao S Y, Lu W Q, et al. Effects of enzyme supplementation on performance, nutrient digestibility, gastrointestinal morphology, and volatile fatty acid profiles in the hindgut of broilers fed wheat-based diets[J]. Poult Sci, 2005, 84 (6): 875-881.
- [5] Mathlouthi N, Juin H, Larbier M. Effect of xylanase and β glucanase supplementation of wheat- or wheat- and barley-based diets on the performance of male turkeys [J]. Br Poult Sci, 2003, 44 (2): 291-298.
- [6] 徐国武, 许民强. β 葡聚糖酶对鲤鱼生长性能及饲料消化率的影响[J]. 饲料工业, 2000, 21(3): 23-24.
- [7] 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.
- [8] Stone D A J, Allan G L, Anderson A J. Carbohydrate utilization by juvenile silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell). IV. Can dietary enzymes increase digestible energy from wheat starch, wheat and dehulled lupin[J]. Aquac Res, 2003, 34 (2): 135.
- [9] Staple N. Influence of body and food ration on the energy budget of rainbow trout[J]. J Fish Biol, 1976, 9: 29-43.
- [10] 张满隆, 邓理. 草鱼饲料中添加酶制剂的效果试验[J]. 粮食与饲料工业, 2002, (5): 36-37.

《中国畜牧杂志》2006 年全新改版为半月刊(分科技版、市场版), 全国各地邮局均可订阅, 邮发代号: 82-147, 如错过订期可直接与本刊发行部直接订阅。订阅热线: 010-82893871。