

2 种罗非鱼加工下脚料产物替代秘鲁鱼粉养殖奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)稚鱼效果评价*

彭 淇 王 斐 吴 彬 杨丽萍 张雨晴 冯 健

(广西大学海洋研究中心 南宁 530004)

摘要 采用传统养殖试验方法进行了评价罗非鱼加工下脚料制备的 2 种产物替代秘鲁鱼粉在奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)稚鱼实用日粮中的效果研究。实验设计了 3 种等蛋白质(33.8%)、等能量(16.50MJ/kg)左右的实用实验日粮,对照组与试验组 1、2 日粮中分别添加秘鲁鱼粉、罗非鱼加工下脚料产物制备的酶解小肽和鱼粉。实验结果表明,实验期间(63d)各实验组鱼均无死亡;添加罗非鱼鱼粉组鱼的特定生长率和饲料效益均显著性低于秘鲁鱼粉组($P < 0.05$),而添加罗非鱼酶解小肽组鱼的特定生长率和饲料效益均高于秘鲁鱼粉组,但 2 组间无显著性差异($P > 0.05$);实验各组鱼的肝体比和肠脂比,鱼体水分、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、氨基酸比例与脂肪酸比例均无显著性差异($P > 0.05$)。本实验认为,在奥尼罗非鱼幼鱼罗非鱼实用日粮中罗非鱼酶解小肽可以替代秘鲁鱼粉,但罗非鱼鱼粉养殖效果较秘鲁鱼粉差。

关键词 罗非鱼; 鱼粉; 小肽; 替代; 营养

中图分类号 S963.73 doi: 10.11693/hyhz20140100013

我国是世界上最大的鱼粉消费与进口国,其 2012 年鱼粉消耗量占世界鱼粉总量 31%左右,全年鱼粉进口量为 125 万吨,占世界鱼粉贸易量的 43%左右,我国鱼粉对外依存度为 81%。秘鲁鱼粉因其质量稳定、产量大,在我国进口鱼粉中的比例最高,为我国进口鱼粉的品质代表(王长梅, 2012; 孔燕, 2013)。我国进口鱼粉主要用于水产饲料生产,进口鱼粉是我国水产饲料的传统主要饲料原料,一般占水产饲料原料成本的 20%—80%。持续上涨的世界鱼粉价格给水产饲料生产企业造成了巨大的经济风险和成本负担,同时也直接影响我国水产养殖与饲料生产的效益(车斌等, 2006)。

我国是世界罗非鱼主要养殖地区,年产量为 120 万吨以上,占世界总产量 1/3 左右,我国罗非

鱼大多加工成鱼片出口(郝向举, 2012)。在罗非鱼加工过程中产生大量副产物,主要包括鱼头、鱼排、鱼皮、内脏、鱼鳞,约占全鱼质量的 50%—60%。目前大量的罗非鱼加工副产物主要用于生产高灰分的低值鱼粉,加工成本较高、蛋白质含量较低、价格较低、养殖效果较差(Enes *et al.*, 2008; 陈胜军等, 2011)。本试验以罗非鱼加工副产物鱼粉和蛋白酶水解罗非鱼副产物小肽替代鱼粉,通过生长性能、饲料效率、蛋白效益和鱼体主要营养成分组成等,评估上述 2 种不同罗非鱼加工副产物替代罗非鱼幼鱼日粮中鱼粉的效果,为探索利用我国潜在的大宗水产饲料原料替代进口鱼粉的可能性、以减少对进口鱼粉的依存度,降低水产饲料生产成本与养殖风险。

*广西科技厅攻关项目资助, 122201-3 号。彭淇, 硕士研究生, E-mail: 282409652@qq.com

通讯作者: 冯健, 教授, 德国慕尼黑大学博士(VMD), E-mail: fengjian08@163.com

收稿日期: 2013-08-26, 收修改稿日期: 2013-10-16

1 材料与方 法

1.1 不同罗非鱼加工副产物的制备

罗非鱼加工副产物(鱼头、鱼骨、鱼皮、内脏)由广西南宁百洋食品公司提供。

(1) 罗非鱼加工副产物鱼粉制备: 用高速搅拌器将罗非鱼加工副产物破碎成浆状, 90°C 加温 2h, 以 3000r/min 的转速离心 10min 分离鱼油, 然后 105°C 加温干燥, 粉碎。

(2) 罗非鱼加工副产物酶解小肽制备: 参考 Gilberg 等(2011)方法, 用高速搅拌器将罗非鱼加工副产物破碎成浆状, 加入木瓜蛋白酶, 60°C 加温搅拌 6h, 过滤水解液, 以 3000r/min 的转速离心 10min 分离鱼油, 85°C 1h 杀酶, 加入玉米淀粉, 真空干燥。根据水解前后蛋白肽中氨基酸含量计算的平均链长为 3.39。HPLC 分析结果表明小肽主要为 2—7 肽。用 Cu-Se-phadex G10 柱分离 FAA 后, 测定出小肽占酶解蛋白质的 85.6%。

1.2 试验鱼及管理

由广西水产研究所国家罗非鱼良种繁育场提供 1000 尾奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) 鱼苗, 暂养一周后分组试验, 暂养期间投喂对照组日粮。随机取其中 270 尾, 平均体重为(1.7 ± 0.1)g 为试验鱼, 共分 9 个组(7 个试验组, 每组 3 个平行), 每组 30 尾鱼, 放养于 1m × 1m × 0.5m 的尼龙网箱中, 网箱中设一个直径为 15cm、高 3cm 的食台, 网箱放置于 12m × 3m × 1.5m 水泥池中。实验期间采用循环微流水保持氧气充足, 每天换水 1/3。光照周期为 L : D = 12h : 12h。实验期间进行水质监测(每天测水温 3 次, 每周测 1 次水质), 水温(33.1 ± 2.6)°C, 溶氧(8.59 ± 0.28)mg/L, pH 7.12 ± 0.08, 氨氮(0.66 ± 0.01)mg/L, 总硬度(2.00 ± 0.04)mg/L, 亚硝酸盐(0.030 ± 0.003)mg/L, 硝酸盐(2.71 ± 0.18)mg/L。试验开始、结束时分别称量每组鱼体重, 然后每 2 周称量 1 次以校正饲喂水平。每天 8: 00、13: 00、18: 00 投喂 3 次, 每天投喂量为鱼体重的 7%—5%。试验开始和结束时分别饥饿 1 天, 试验期为 63 天。

1.3 试验日粮及营养成分

试验各组日粮组成和主要营养成分见表 1, 各组日粮按照等氮、等能原则设计, 共设计对照组(秘鲁鱼粉)、试验 1 组(罗非鱼加工副产物酶解小肽)和试验 2 组(罗非鱼加工副产物鱼粉)共 3 组试验日粮。营养标准参照 NRC(1993)罗非鱼营养标准。鱼粉为秘鲁鱼粉,

大豆粕为美国进口浸提脱脂大豆粕, 棉籽粕为新疆棉籽粕, 菜籽粕为湖北菜籽粕。原料经过粉碎, 过 40 目筛, 按比例称量后, 微量成分采用逐级扩大法添加, 然后与大宗原料均匀混合, 加油、加水后再次均匀混合, 采用小型颗粒饲料机制粒成直径为 1.5mm 的颗粒饲料, 65°C 烘干, 储存于密封塑料袋, -20°C 冰箱储存。

表 1 实验日粮组成和近似成分分析(%)¹⁾

Tab.1 Composition of the experimental diets and approximate analysis (%)

原料	对照组	试验组 1	试验组 2
次粉	20.0	20.0	20.0
菜籽粕	10.0	10.0	10.0
棉籽粕	15.0	15.0	15.0
大豆粕	25.0	25.0	25.0
秘鲁鱼粉	20.0	0.0	0.0
罗非鱼酶解小肽	0.0	23.0	0.0
罗非鱼鱼粉	0.0	0.0	26.4
豆油	4.6	2.7	1.3
统糠	3.1	1.0	0.0
复合多矿 ²⁾	1.0	1.0	1.0
复合多维 ³⁾	0.2	0.2	0.2
氯化胆碱	0.1	0.1	0.1
磷酸二氢钙	1.0	1.0	1.0
主要营养成分(%)(实际测量值)			
水分	9.15	9.35	9.09
粗蛋白	36.93	36.87	36.72
赖氨酸	1.63	1.51	1.50
蛋+胱氨酸	1.08	1.01	0.96
粗脂肪	5.50	5.41	5.59
粗灰分	9.09	8.60	10.46
粗纤维	7.00	6.88	6.70
无氮浸出物 ⁴⁾	31.36	31.83	31.31
总能 ⁵⁾ (MJ/kg)	16.39	16.46	16.57

1) 平均 2 个重复;

2) 复合多矿组成(每 kg 预混料): 硫酸亚锰(32.5% Mn), 50mg; 硫酸亚铁(20.1% Fe), 150mg; 硫酸铜(25.4% Cu), 15mg; 硫酸锌(22.7% Zn), 150mg; 亚硒酸钠(45.6% Se), 1mg; 二氯化钴(24.8% Co), 3.0mg; 氟化钠(42.5% F), 5mg;

3) 复合多维组成(每 kg 日粮): 维生素 A, 5000IU; 维生素 D₃, 34000IU; 维生素 E, 200IU; 维生素 K₃, 50mg; 盐酸硫胺素, 60mg; 核黄素, 15mg; 泛酸钙, 200mg; 生物素, 2.0mg; 叶酸, 5mg; 维生素 B₁₂, 0.20mg; 烟酸, 50mg; 盐酸吡哆醇, 20mg; 维生素 C, 300mg; 肌醇, 400mg;

4) 无氮浸出物 = 100 - (粗蛋白% + 粗脂肪% + 粗灰分% + 粗纤维%);

5) 总能(MJ/kg) = 粗蛋白 × 23.6 + 粗脂肪 × 39.5 + 无氮浸出物 × 17.6。

1.4 样品的采集与分析

对饲料主要成分原料、各组日粮取样分析其主要营养成分。试验开始和结束时, 对每组试验鱼记数、称重, 计算其存活率和特定生长率; 记录每天的饲料剩余量, 计算其投喂量、饲料效益和蛋白效益; 试验结束后每个试验组的 3 个平行网箱各随机取 3 尾鱼, 共 9 尾, 分别称重、烘干, 用于测定全鱼主要营养成分; 饲料原料、试验日粮和全鱼的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维和灰分的含量按照 AOAC(1990)指定标准方法测定; 粗纤维按照 Anderson 等(1984)描述的方法进行测定。实验鱼体与日粮中氨基酸采用酸水解法测定, 所用仪器为日产公司 835-50 型氨基酸自动测定分析仪(酸水解中色氨酸被破坏未测定)。实验鱼体脂肪酸测定, 将鲜样样品经皂化、甲醛化处理, 所用仪器为美国 Finnigan 公司 Trace MS 型气相色谱仪测定, 按峰面积归一化法计算脂肪酸组成。

从每个试验组的 3 个平行网箱各随机取 6 尾鱼, 共 18 尾, 分别称重, 解剖, 剥离肝脏称重, 计算肝体指数, 剥离肠脂称重, 计算肠脂指数。相关计算公式如下(Halver *et al.*, 2002):

成活率(SR, %) = 试验结束鱼尾数/试验开始鱼尾数 $\times 100$; 摄食量(FI, g) = 投喂量 - 残留量; 特定生长率(SGR, %/t) = $(\ln W_f - \ln W_i) \times 100/t$; 饲料效率(FER, %) = $(W_f - W_i)/FI \times 100$; 肝体指数(HSI, %) =

$W_h/W_i \times 100$; 肠脂指数(ISI, %) = $W_i/W_i \times 100$

其中, W_i 试验开始时鱼体重(g); W_f 试验结束时鱼体重(g); t 养殖试验天数(d); FI 摄食量; P 粗蛋白含量(%); W_i 鱼体重; W_b 内脏质量; W_h 肝脏质量; W_i 肠系膜脂肪质量。

1.5 数据处理和分析

采用 SPSS19.0 数据统计软件包对实验各组间数据进行统计分析, 试验结果经过一元方差分析(One-way ANOVA)后, 用平均数 \pm 标准差表示。先进行方差齐性分析, 方差齐性则运用 LSD 法进行单因素方差多重比较, 方差非齐性则采用 Tamhane's T_2 法进行单因素方差分析, 显著水平采用 0.05。然后进行 Duncan's 多重比较各实验组间差异的显著性, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 实验各组鱼的饲料摄食量、生长性能和日粮利用率

在整个试验期间, 试验鱼没有死亡, 存活率为 100%。实验各组鱼的摄食量、特定生长率、饲料效率见表 2。日粮中添加罗非鱼加工副产物酶解小肽(试验组 1), 其特定生长率和饲料效率均高于添加进口秘鲁鱼粉(对照组), 但无显著性差异。日粮中添加罗非鱼加工副产物鱼粉(试验组 2), 罗非鱼的特定生长率和饲料效率均显著下降($P < 0.05$)。

表 2 实验各组鱼的摄食量、特定生长率和饲料效率
Tab.2 The feed intake (FI), specific growth rate (RGR) and feed effectiveness rate (FER) in fish

组别	始重(g)	末重(g)	摄食量(g)	特定生长率(%/t)	饲料效率(%)
对照组	1.70 \pm 0.04	29.03 \pm 2.19	31.38 \pm 0.75	4.51 \pm 0.18a	87.13 \pm 2.67a
试验组 1	1.71 \pm 0.00	29.87 \pm 2.45	31.01 \pm 1.53	4.54 \pm 0.19a	90.74 \pm 3.83a
试验组 2	1.70 \pm 0.04	23.82 \pm 1.75	30.41 \pm 1.13	4.20 \pm 0.16b	72.79 \pm 3.15b

同一列数据右上角的上标不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$)

2.2 实验各组鱼的内脏指数、肝脏指数和肠脂指数

实验各组鱼的内脏指数、肝体指数和肠脂指数见表 3。实验各组的内脏指数、肝体指数和肠脂指数组间均无显著性差异($P > 0.05$)。表明日粮中添加罗非鱼

表 3 试验各组鱼的内脏指数、肝体指数和肠脂指数
Tab.3 The viscerasomatic indices (VSI), Hepatosomatic indices (HSI) and intestinalsomatic indices (ISI) in fish

组别	脏体指数(%)	肝体指数(%)	肠脂指数(%)
对照组	8.89 \pm 0.69	1.63 \pm 0.30	1.40 \pm 0.46
试验组 1	8.97 \pm 0.79	1.65 \pm 0.24	1.14 \pm 0.48
试验组 2	9.47 \pm 0.88	1.77 \pm 0.36	1.33 \pm 0.60

同一列数据右上角的上标不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$)

加工副产物酶解小肽(试验组 1)和鱼粉(试验组 2)对养殖罗非鱼的健康与鱼体脂肪沉积均无影响。

2.3 实验各组鱼的近似成分分析

实验各组鱼的全鱼鱼体水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量见表 4。各实验组鱼体的水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量组间均无显著性差异($P > 0.05$)。表明日粮中添加罗非鱼加工副产物酶解小肽(试验组 1)和鱼粉(试验组 2)对养殖罗非鱼的近似成分均无影响。

2.4 实验各组鱼的鱼体蛋白质中氨基酸组成

对实验各组鱼的 5 个样品进行鱼体蛋白质中氨基酸组成分析, 结果显示鱼体蛋白质中含有常见的

表4 实验各组鱼鱼体水分、脂肪、蛋白质与灰分含量(%)
Tab.4 The contents of moisture, lipid, protein and ash in fish (%)

组别	水分	蛋白质	脂肪	灰分	能量 ¹⁾ (kJ/g)	能量蛋白比 ²⁾ (J/g)
对照组	75.06 ± 0.84	14.97 ± 0.02	7.06 ± 0.63	2.79 ± 0.12	7.59 ± 0.36	50.69 ± 0.29
试验组 1	74.83 ± 2.98	15.11 ± 1.34	7.13 ± 1.00	2.75 ± 0.11	7.66 ± 0.42	50.68 ± 0.98
试验组 2	75.85 ± 0.72	14.57 ± 0.34	7.20 ± 0.62	2.78 ± 0.12	7.46 ± 0.31	51.22 ± 0.30

同一列数据右上角的上标不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$)。1) 能量(kJ/g) = 蛋白质 × 23.64 + 脂肪 × 39.54; 2) 能量蛋白比(J/g) = 能值/蛋白质含量

17种氨基酸(因酸处理,未分析色氨酸),其中包括人体必需氨基酸9种及非必需氨基酸8种(表5)。其中谷氨酸含量最高,平均含量约为14.4%,半胱氨酸含量最低,约为0.9%。9种人体必需氨基酸中赖氨酸含量最高,约为8.5%,其次是亮氨酸,约为7.6%,组氨酸含量最低,约为2.1%。9种人体必需氨基酸总量约为45.6%,占氨基酸总量比例(E/TA)约为46.2%,必需氨基酸与非必需氨基酸之比值(E/NE)约为0.86。实验各组鱼鱼体蛋白质中氨基酸比例无显著性差异($P > 0.05$),表明日粮中添加罗非鱼加工副产物酶解小肽(试验组1)和鱼粉(试验组2)对养殖罗非鱼的鱼体蛋白质组成无影响。

表5 实验各组鱼的鱼体蛋白质中氨基酸比例(%) ($n=5$)
Tab.5 The Ratios of amino acids in fish body (%) ($n=5$)

氨基酸	对照组	试验组 1	试验组 2
天门冬氨酸	9.56 ± 0.15	9.51 ± 0.16	9.49 ± 0.12
丝氨酸	4.71 ± 0.11	4.67 ± 0.10	4.66 ± 0.15
谷氨酸	14.21 ± 0.21	14.32 ± 0.24	14.30 ± 0.14
甘氨酸	8.03 ± 0.15	8.08 ± 0.12	8.02 ± 0.16
丙氨酸	6.54 ± 0.09	6.67 ± 0.15	6.61 ± 0.17
半胱氨酸	0.84 ± 0.08	0.88 ± 0.09	0.86 ± 0.05
酪氨酸	3.16 ± 0.14	3.09 ± 0.08	3.15 ± 0.11
脯氨酸	5.96 ± 0.20	5.87 ± 0.16	5.89 ± 0.18
非必需氨基酸(NE)	53.01 ± 0.11	53.09 ± 0.07	52.98 ± 0.12
缬氨酸	5.10 ± 0.10	5.18 ± 0.19	5.14 ± 0.21
苏氨酸	4.51 ± 0.07	4.46 ± 0.14	4.55 ± 0.12
异亮氨酸	4.41 ± 0.17	4.48 ± 0.13	4.43 ± 0.08
亮氨酸	7.45 ± 0.13	7.51 ± 0.16	7.49 ± 0.13
苯丙氨酸	4.06 ± 0.12	4.14 ± 0.19	4.09 ± 0.18
赖氨酸	8.40 ± 0.18	8.48 ± 0.10	8.43 ± 0.06
组氨酸	2.05 ± 0.06	2.01 ± 0.11	2.08 ± 0.08
精氨酸	6.59 ± 0.17	6.65 ± 0.12	6.56 ± 0.16
蛋氨酸	2.90 ± 0.14	2.88 ± 0.17	2.92 ± 0.17
必需氨基酸(E)	45.47 ± 0.13	45.79 ± 0.15	45.69 ± 0.10
E/NE ¹⁾	0.86 ± 0.04	0.86 ± 0.06	0.86 ± 0.04

同一列数据右上角的上标不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$)。1) E/NE为必需氨基酸与非必需氨基酸之比值

2.5 实验各组鱼的鱼体脂肪中脂肪酸组成

对实验各组鱼的5个样品进行鱼体脂肪酸分析,结果显示鱼体中主要含有17种脂肪酸,饱和脂肪酸有7种,不饱和脂肪酸10种,其中高度不饱和脂肪酸6种(表6)。饱和脂肪酸大约占总脂肪酸的25.5%,其中以C16:0含量最多,约为14.8%;总不饱和脂肪酸大约占总脂肪酸的74.5%;其中单不饱和脂肪酸约为

表6 实验各组鱼的鱼体脂肪中脂肪酸比例(%) ($n=5$)
Tab.6 The ratios of fatty acids in fish body (%) ($n=5$)

组别脂肪酸	对照组	试验组 1	试验组 2
C14:0	4.71 ± 0.63	4.96 ± 0.45	4.89 ± 0.71
C15:0	0.85 ± 0.18	0.97 ± 0.22	0.99 ± 0.14
C16:0	15.20 ± 1.65	15.03 ± 1.87	15.21 ± 1.25
C17:0	0.72 ± 0.10	0.78 ± 0.09	0.80 ± 0.13
C18:0	3.93 ± 0.56	3.98 ± 0.44	4.02 ± 0.39
C20:0	0.55 ± 0.08	0.59 ± 0.12	0.52 ± 0.06
C22:0	0.23 ± 0.05	0.28 ± 0.03	0.26 ± 0.07
SFA ¹⁾	26.19 ± 0.83	26.59 ± 0.69	26.69 ± 0.78
C16:1n-3	0.70 ± 0.10	0.65 ± 0.07	0.64 ± 0.11
C20:1n-3	0.56 ± 0.07	0.52 ± 0.13	0.59 ± 0.08
C22:1n-3	9.65 ± 0.94	9.26 ± 0.88	9.48 ± 0.94
C22:2n-3	9.12 ± 0.76	9.09 ± 0.85	9.04 ± 0.67
n-3	19.93 ± 0.68	19.52 ± 0.54	19.75 ± 0.47
C18:2n-6	11.24 ± 1.05	11.14 ± 0.89	11.22 ± 1.13
C22:2n-6	9.12 ± 0.85	9.08 ± 0.94	9.06 ± 0.75
n-6	20.36 ± 0.93	20.22 ± 0.91	20.28 ± 0.95
C16:1n-9	7.34 ± 0.46	7.56 ± 0.77	7.49 ± 0.81
C18:1n-9	19.72 ± 1.02	19.55 ± 0.83	19.84 ± 1.22
C20:1n-9	3.46 ± 0.41	3.28 ± 0.50	3.37 ± 0.28
C22:1n-9	5.68 ± 0.47	5.89 ± 0.71	5.75 ± 0.52
n-9	36.20 ± 0.64	36.28 ± 0.80	36.45 ± 0.71
n-3/ n-6	0.98 ± 0.07	0.97 ± 0.63	0.97 ± 0.63
MUFA ²⁾	36.20 ± 0.64	36.28 ± 0.80	36.45 ± 0.71
PUFA ³⁾	40.29 ± 0.86	39.77 ± 0.78	40.03 ± 0.81

同一列数据右上角上标不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$)。1) SFA为饱和脂肪酸,2) MUFA为单不饱和脂肪酸,3) PUFA为多不饱和脂肪酸

36.2%, 以 C18: n-9 最多, 占脂肪酸总量的 19.7%; 多不饱和脂肪酸(PUFA)大约占总脂肪酸的 40.3%, 其中 C18: 2n-6 含量最高, 约为总脂肪酸量的 11.2%, C20: 5n-3 与 C22: 6n-3 分别约为总脂肪酸量的 9.4%和 8.8%。n-3/ n-6 脂肪酸比例约为 0.98, 饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸的比约为 0.34。实验各组鱼鱼体脂肪中氨基酸比例无显著性差异($P>0.05$), 表明日粮中添加罗非鱼加工副产物酶解小肽(试验组 1)和鱼粉(试验组 2)对养殖罗非鱼的鱼体脂肪组成无影响。

3 讨论

本试验结果表明, 罗非鱼幼鱼日粮中添加用罗非鱼加工副产物制备的酶解小肽和鱼粉养殖罗非鱼的内脏指数、肝体指数、肠脂指数, 鱼体近似成分、氨基酸与脂肪酸比例和日粮中添加秘鲁鱼粉养殖的罗非鱼无显著性差异($P>0.05$), 证明在日粮中添加用罗非鱼加工副产物制备的酶解小肽和鱼粉对养殖罗非鱼是安全的。罗非鱼幼鱼日粮中添加用罗非鱼加工副产物制备的酶解小肽, 其生长效益与饲料效益均略优于秘鲁鱼粉, 而添加用罗非鱼加工副产物制备的鱼粉, 其生长效益与饲料效益均明显低于秘鲁鱼粉($P<0.05$)。从这 3 种日粮的营养成分分析结果看, 其蛋白质含量、粗纤维、粗脂肪、无氮浸出物与能量水平相当, 秘鲁鱼粉组日粮赖氨酸与蛋+胱氨酸含量高于罗非鱼加工副产物制备的鱼粉和酶解小肽组日粮, 但后 2 种日粮中这 3 种必须氨基酸含量均高于 NRC(1993)标准罗非鱼的营养标准, 满足了罗非鱼生长需要。添加罗非鱼加工副产物制备的鱼粉组鱼生长较差的原因可能是其粗灰分含量明显较高, 这将降低日粮的消化吸收效率, 从而影响罗非鱼生长(Halver *et al*, 2002; Ali *et al*, 2007; Trung *et al*, 2011; Otter *et al*, 2012; Arnalds, 2013; Liang *et al*, 2013)。另外, 其它罗非鱼加工副产物制备的鱼粉组试验鱼的摄食量低于 2 种日粮, 说明罗非鱼加工副产物制备的鱼粉的诱食性较差, 这 2 种原因可能使罗非鱼加工副产物制备的鱼粉组试验鱼生长效益与饲料效益较低。而罗非鱼幼鱼日粮中添加用罗非鱼加工副产物制备的酶解小肽, 其生长效益与饲料效益均略优于秘鲁鱼粉。作者以前的研究发现, 蛋白质在蛋白酶作用下大部水解为 2—3 个氨基酸残基构成的小肽, 大量小肽可以直接以肽的形式被吸收入体循环。小肽对鱼类消化吸收和诱食性上好于鱼粉(冯健等, 2004, 2005a, b), 其它一些研究也有相似的报道(Poullain, 2009;

Colnago, 2010; Pereira *et al*, 2012; Chowdhury *et al*, 2013)。因此作者认为罗非鱼加工副产物制备的酶解小肽较罗非鱼加工副产物制备的鱼粉具有更好的营养价值, 在罗非鱼实用饲料中添加罗非鱼加工副产物制备的酶解小肽可以完全替代秘鲁鱼粉为代表的进口鱼粉。由于世界海洋捕捞量的限制, 鱼粉产量有限。我国水产饲料主要依赖进口, 近年来我国进口鱼粉价格高涨, 现在已经在每吨 1 万元人民币以上, 根据作者的试验估计, 用罗非鱼加工副产物制备的酶解小肽产品每吨成本大约为 6000 元人民币左右, 而且弥补了罗非鱼加工副产物中脂肪含量高, 制备的鱼粉营养价值较低、生产成本较高的缺陷。我国年罗非鱼加工副产物在 50 万吨以上, 如果利用我国大量的罗非鱼加工副产物经生产酶解小肽以替代进口鱼粉将具有较大的经济效益与社会效益, 同时有利于海洋环境保护。

参 考 文 献

- 王长梅, 2012. 秘鲁鱼粉配额和气候异常主导长期底部抬升——2011 年中国鱼粉市场回顾与 2012 年展望. 饲料广角, 25(6): 22—25
- 车 斌, 孙 琛, 杨德利, 2006. 中国大陆鱼粉市场状况分析. 渔业经济研究, 20(4): 18—20
- 孔 燕, 2013. 2012 年中国鱼粉市场回顾及 2013 年展望. 中国畜牧杂志, 49(4): 7—10
- 冯 健, 刘栋辉, 刘永坚等, 2004. 草鱼肠道中小肽与血液循环中肽关系的研究. 水产学报, 28(5): 505—509
- 冯 健, 刘栋辉, 2005a. 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, 29(1): 20—25
- 冯 健, 贾 刚, 杨长平, 2005b. 鱼粉水解物对幼龄草鱼生长性能的影响. 水产学报, 29(2): 222—226
- 陈胜军, 李来好, 杨贤庆等, 2011. 罗非鱼综合加工利用与质量安全控制技术研究进展. 南方水产科学, 15(4): 231—236
- 郝向举, 2012. 全球罗非鱼的生产与消费. 中国水产, 34(3): 42—44
- Ali M, Rahman S, Rehman H *et al*, 2007. Pro-apoptotic effect of fly ash leachates in hepatocytes of freshwater fish (*Channa punctata* Bloch). Toxicology in Vitro, 21(1): 63—71
- Anderson J, Jackson A J, Matty A J *et al*, 1984. Effects of dietary carbohydrate and fibre on the tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 37: 303—314
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, 67—78
- Arnalds O, 2013. Chapter Six——The influence of volcanic tephra (ash) on ecosystems. Advances in Agronomy, 121(1): 331—338
- Chowdhury K, Siddiqui S, Hua K *et al*, 2013. Bioenergetics-

- based factorial model to determine feed requirement and waste output of tilapia produced under commercial conditions. *Aquaculture*, 410(10): 138—147
- Colnago G L, 2010. Effects of reponses of starting broiler chicks to incremental reduction in intact protein on performance during the grower phase. *Poul Sci*, 7(Suppl.1): 67—78
- Gilberg A, Stenberg E, 2011. A new process for advanced utilization of shrimp waste. *Process Biochem*, 36(5): 809—812
- Halver J E, Hardy R W, 2002. *Fish Nutrition*. third edition. Academic Press, London: 206—208
- Liang J Y, Chien Y H, 2013. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water spinach raft aquaponics system. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85: 693—700
- NRC (National Research Council), 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington D C, USA, 114
- Otter R, Bailey F, Fortner A M *et al*, 2012. Trophic status and metal bioaccumulation differences in multiple fish species exposed to coal ash-associated metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 85(1): 30—36
- Pereira R, Valente L, Sousa-Pinto I *et al*, 2012. Apparent nutrient digestibility of seaweeds by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Algal Research*, 1(1): 77—82
- Poullain M G, 2009. Effect of whey proteins, their oligopeptide hydrolysates and free amino acids mixtures on growth and nitrogen retention in fed and starved rats. *J Parent Enter Nutr*, 13: 382—386
- Trung D V, Diu N T, NTO N T *et al*, 2011. Development of a nutritional model to define the energy and protein requirements of tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 320(1—2): 69—75

EVALUATION OF TWO PRODUCES FROM BYPRODUCT OF TILAPIA AS REPLACEMENTS OF PERU FISH MEAL IN PRACTICAL DIETS OF JUVENILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS* × *O. AUREUS*)

PENG Qi, WANG Fei, WU Bin, YANG Li-Ping, ZHANG Yu-Qing, FENG Jian
(Center of Marine Research, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract Evaluation of two produces from byproduct of tilapia as a replacement of Peru fish meal in practical diets of Juvenile Tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) was studied with traditional aquaculture experiment. The three formulated practical diets were isonitrogenous (33.8%) and isoenergetic (16.5MJ/kg) and Peru fish meal, enzymolysis small peptides and fish meal from byproduct of tilapia were added in control diet and test diet 1, 2 respectively. There were three replicate groups in each experimental diet group and there were 30 fish [initial weight (1.70 ± 0.03)g] in each replicate group. The experimental results showed that special growth ratio (SGR) and feed conversion ratio (FCR) did not differ significantly between fish fed Peru fish meal diet and fish fed small peptides from byproduct of tilapia diet ($P > 0.05$), but fish fed fish meal diet from byproduct of tilapia diet showed poorer SGR and FCR significantly than fish in above two groups during the experimental period (63d) ($P < 0.05$). No significant difference in carcass's moisture, protein, lipid, ash contents, ratio of amino acids and fatty acids were found among fish fed the three diets ($P > 0.05$). Therefore, Results indicated that Peru fish meal in practical diets of juvenile Tilapia could be replaced by small peptides from byproduct of tilapia completely, but not by fish meal from byproduct of tilapia.

Key words Tilapia; fish meal; small peptides; replacement; nutrition