第 19 卷第 4 期
2010 年 7 月

上 海 海 洋 大 学 学 报
JOURNAL OF SHANGHAI OCEAN UNIVERSITY

Vol.19, No.4
July,2010

文章编号：1674－5566(2010)04－0469－06

# 饲料中脂肪水平对吉富罗非鱼幼鱼成活率、肌肉成分及消化酶活性的影响

韩光明[1,2]，王爱民[1,2,3]，徐　跑[1,3]，罗前明[1]，孙　雪[1]

(1. 盐城工学院海洋技术系，江苏 盐城　224051；
2. 南京农业大学无锡渔业学院，江苏 无锡　214081；
3. 农业部淡水鱼类遗传育种和养殖生物学重点开放实验室，江苏 无锡　214081)

摘　要：研究了吉富罗非鱼幼鱼的成活率、肌肉成分及消化酶活性与饲料中不同脂肪水平的关系。设置饲料中鱼油添加量为 0%、2%、4%、6%、8%和 15% 共 6个梯度组，其脂肪水平分别为 1.73%、3.71%、5.69%、7.67%、9.64%和 16.55%共 3个重复，饲养 90 d。吉富罗非鱼饲养中成活率的范围在 84.76% ~99.05%之间，但是投喂 16.55%饲料的吉富罗非鱼成活率显著低于 3.71%脂肪组 ($P<0.05$)。吉富罗非鱼摄食量变化范围为 (0.94±0.04) ~ (1.34±0.02) g/d，当饲料中脂肪水平大于 7.67%时其摄食量显著下降 ($P<0.05$)。7.67%组的试验末鱼平均体重和体长显著大于 1.73%及 16.55%组 ($P<0.05$)。随着饲料脂肪水平提高，吉富罗非鱼的肌肉脂肪含量上升，变化范围为 2.29% ~4.27%，水分、粗蛋白、粗灰分及磷含量均呈下降趋势；吉富罗非鱼胃和肠道中蛋白酶活性没有显著变化 ($P>0.05$)，前肠和中肠的脂肪酶活性显著下降 ($P<0.05$)，前肠中的淀粉酶活性显著下降 ($P<0.05$)。试验证明，高脂肪水平的饲料导致吉富罗非鱼成活率下降，摄食量减少；饲料脂肪水平提高，吉富罗非鱼肌肉脂肪含量随之增加，胃和肠道中的蛋白酶活性变化较小，但是肠道中脂肪酶的活性受到了抑制。

关键词：吉富罗非鱼；脂肪水平；成活率；肌肉成分；消化酶活性
中图分类号：S963.1　　文献标识码：A

# Effects of dietary lipid levels on growth, muscle composition and digestive enzyme activities of juvenile GIFT strain Nile tilapia, Oreochromis niloticus

HAN Guang-ming[1,2], WANG Ai-min[1,2,3], XU Pao[3], LUO Qian-ming[1], SUN Xue[1]

(1. Department of Ocean Technology, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224051, China;
2. Wuxi College of Fisheries, Nanjing Agriculture University, Wuxi 214081, China;
3. Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes, Ministry of Agriculture, Wuxi 214081, China)

Abstract: The objective of this study was to determine the effects of dietary lipid levels on the survival, muscle composition and digestive enzyme activities of juvenile GIFT strain Nile tilapia, Oreochromis niloticus.

收稿日期：2009-11-06
基金项目：农业部水生动物遗传育种和养殖生物学重点开放实验室重点开放课题 (BZ2007－06)；江苏省 2008年度省高校自然科学基础研究项目 (08KJD240003)
作者简介：韩光明 (1985－)，男，硕士研究生，专业方向为水产动物营养与生化。E-mail: gmhan2006@126.com
通讯作者：王爱民，E-mail: blueseawam@ycit.cn

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Triplicate groups of fish were fed for 90 days with the experimental diets formulated with increasing lipid levels (1.73%, 3.71%, 5.69%, 7.67%, 9.64% and 16.55% lipid) using fish oil (0%, 2%, 4%, 6%, 8% and 15% fish oil respectively) as the lipid source. Survival rate throughout the growth trial ranged from 84.76 to 99.05%, but the survival rate of fish fed the 16.55% lipid was significantly less than the 3.71% lipid diets ($P<0.05$). Daily feed intake ($I_{DF}$) was variable (0.94±0.04) to (1.34±0.02) g/d and significantly declined by dietary treatments when the lipid level higher than 7.67% ($P<0.05$). Final mean body weight and final mean body length were significantly greater for diets 7.67 L compared to the 1.73% and 16.55% treatments ($P<0.05$). Lipid content of muscle increased with increasing dietary lipid levels by the range of 2.29% to 4.27%, protein, ash and phosphorus contents had a rising trend. The protease activities of stomach and intestine had not significantly changed between treatments ($P>0.05$), but the lipase activities of foregut and midgut and amylase activities of foregut were significantly declined with increasing dietary lipid levels ($P<0.05$). The results showed that high lipid level diets could cause the fish survival rate and daily feed intake to go down. With increasing dietary lipid levels for the tilapia, lipid content of muscle rose, protease activities of stomach and intestine changed a little, but lipase activity of intestine was restrained.

Key words: genetic improvement of farmed tilapia; survival rate; dietary lipid level; muscle composition; digestive enzyme activities

吉富罗非鱼(Genetic Improvement of Farmed Tilapia, GIFT)是遗传性状改良后的尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*),中文简称吉富鱼。吉富品系尼罗罗非鱼是由国际水生生物资源管理中心(ICLARM)通过非洲4个原产地直接引进尼罗罗非鱼品系(埃及、加纳、肯尼亚、塞内加尔)和亚洲4个养殖比较广泛的尼罗罗非鱼品系(以色列、新加坡、泰国、中国台湾)经混合杂交选育而成[1]。2006年8月,世界渔业中心(World Fish Center)向中国水产科学研究院淡水渔业研究中心输送了60个家系的吉富罗非鱼。经过多年选育的GIFT品系具有生长速度快、鱼体高、背厚、出肉率高和遗传性状稳定等优点[2],现成为中国一个新的重要养殖品种。

脂肪作为饲料中供能营养素,其消化能或代谢能转化为净能的效率比蛋白质和碳水化合物高5%~10%[3]。鱼类对脂肪的需求量受食性、品种、生长阶段、脂肪源种类以及水温等因素影响。饲料中的脂肪水平过低影响鱼体生长发育,但是当饲料中的脂肪水平超过需求量时,对鱼体增重产生负作用,同时会导致包括罗非鱼在内的有些品种动物脂肪沉积增加[4-5]。另外,饲料中营养物质的多少与质量会影响鱼类不同组织消化酶活性[6]。本文中通过使用不同脂肪水平的饲料饲养吉富罗非鱼幼鱼,计算罗非鱼的成活率、摄食量,并测定其肌肉成分及消化酶活性变化,探讨饲料中脂肪水平对吉富罗非鱼幼鱼成活率、摄食量、肌肉成分及消化酶活性变化规律的影响,旨在为吉富罗非鱼脂肪营养需求的研究及设计高效、环保饲料配方、生产饲料提供试验性依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验鱼与试验饲料

试验鱼来自中国水产科学院淡水渔业研究中心种苗基地同一批孵化鱼苗,经过5%食盐水消毒后,驯养备用。驯化结束后,选择健康无伤病的个体630尾,每尾平均体重为(2.63±0.16) g,平均体长为(4.36±0.11) cm,饲养90 d。

根据SC/T1025—2004罗非鱼配合饲料水产行业标准设计配方(见表1),以优质进口鱼粉、豆粕为蛋白源,优质鱼油为脂肪源,饲料原料均过60目筛,鱼油的添加水平分别为0%、2%、4%、6%、8%和15%。配制成6组试验饲料,经充分混合后加工成颗粒饲料,晾干并保存于冰箱中备用。

### 1.2 试验设计与饲养管理

设置6个鱼油的添加梯度为0、2%、4%、6%、8%和15%,饲料脂肪水平分别为1.73%、

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.71%、5.69%、7.67%、9.64%和16.55%, 其中设置15%鱼油添加水平的饲料组旨在探讨吉富罗非鱼对高脂肪水平饲料的利用及耐受能力。选择630尾驯养后的吉富罗非鱼幼鱼, 随机分配到18个水族箱中, 每个水族箱35尾, 然后将18个水族箱随机分为6个组, 每组3个重复, 分别投喂不同脂肪水平的试验饲料, 饲养90 d。

试验采用循环流水饲养系统养殖, 水族箱尺寸为100 cm×80 cm×60 cm, 每5 d换水1次, 每次换水量为其总水量的30%。饲养遵循"四定"(定质、定量、定时、定点)、"三看"(看水质、看水温、看鱼情)原则, 每天投饲3次, 时间分别为6:30、13:30和18:30, 投饲率为10%~15%, 投喂之前吸除粪便, 饲料投下去20 min后, 计算残饵。试验用水为曝气后的自来水, 水温为21~27 ℃, pH为6.8~8.0, 溶解氧>5 mg/L。

表1　试验饲料配方及营养成分含量

Table 1　Feed formulation and nutrient levels of trial diets

| 原料 | 组别 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.73% | 3.71% | 5.69% | 7.67% | 9.64% | 16.55% |
| 鱼粉 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 豆粕 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 花生粕 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 菜粕 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 鱼油 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 15 |
| 玉米淀粉[1] | 20 | 18 | 16 | 14 | 12 | 5 |
| 次粉 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 磷酸二氢钙 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 食盐 Salt | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 氯化胆碱 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 预混料[2] | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 总量 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 主要营养成分 | | | | | | |
| 粗蛋白 | 30.44 | 30.43 | 30.42 | 30.41 | 30.4 | 30.36 |
| 粗脂肪 | 1.73 | 3.71 | 5.69 | 7.67 | 9.64 | 16.55 |
| 磷 | 1.08 | 1.12 | 1.16 | 1.29 | 1.25 | 1.26 |

注: 1. 玉米淀粉成分参照GB—T 8885—2008一级品标准; 2. 预混料为每kg日粮提供维生素和微量元素: VE 60 mg, VK 5 mg, VA 15 000 IU, $VD_3$ 3 000 IU, $VB_1$ 15 mg, $VB_2$ 30 mg, $VB_6$ 15 mg, $VB_{12}$ 0.5 mg, 烟酸175 mg, 叶酸5 mg, 肌醇1 000 mg, 生物素2.5 mg, 泛酸钙50 mg, 铁25 mg, 铜3 mg, 锰15 mg, 碘0.6 mg, 镁0.7 g。

## 1.3　成活率及日摄食量计算

试验结束后, 计数每个水族箱剩余鱼尾数, 根据下列公式计算成活率:

$$R_s = 100 \times N_f / N_i \quad (1)$$

式中: $R_s$为成活率(%); $N_f$为试验结束后成活鱼数(尾); $N_i$为试验初鱼数(尾)。

根据每个水箱鱼摄食情况, 确定投饲量。饲料投喂后, 约20 min, 观察并准确计数水箱中饲料剩余粒数, 然后根据每粒饲料的重量, 计算残饵量(干重), 日摄食量计算公式如下:

$$I_{DF} = (F_1 - F_2) / [(W_f + W_i) \times D/2] \quad (2)$$

式中: $I_{DF}$为日摄食量(g/d); $F_1$为投饵量(g); $F_2$为残饵量(g); $W_f$为试验末鱼体重(g); $W_i$为试验初鱼体重(g); D为饲养天数(d); $F_1$和$F_2$均为干重, $W_f$和$W_i$均为湿重。

## 1.4　肌肉成分及消化酶活力的测定

饲养试验结束时, 饥饿48 h后每个水族箱随机取3尾鱼, 将吉富罗非鱼鱼皮剥去, 取肌肉样品, 分别采用65 ℃常压干燥法、凯氏定氮法、索氏提取法及钼黄比色法等方法, 测定饲料中的水分、粗蛋白、粗脂肪、磷的含量[7]。

将吉富罗非鱼胃和肠道分离, 然后肠道等分成3份, 即前、中、后肠。准确称重, 按重量体积比1∶9进行冰浴匀浆, 3 000 r/min离心10 min, 收集上清液标号分装待测。胃蛋白酶、脂肪酶及淀粉酶的测定采用南京建成生物试剂盒法测定, 总蛋白酶活性测定采用福林酚试剂法, 具体参照周景祥等的方法[8]。

## 1.5　数据统计与分析

原始数据经Excel 2007初步整理后, 用SAS

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

6.12中的单因子方差分析(One-Way ANOVY)进行 LSD法多重比较,显著水平为($P<0.05$)。数据用平均值±标准差(Mean±SD)形式表示。

## 2 结果

### 2.1 试验末鱼平均体重、体长、成活率及日摄食量

从表2可以看出,7.67%组吉富罗非鱼平均体重和体长均最高,显著高于1.73%和16.55%组($P<0.05$)。吉富罗非鱼日粮中的脂肪水平影响其成活率,其中16.55%组的成活率显著低于3.71%组($P<0.05$),其他各组之间差异均不显著($P>0.05$)。随着饲料中脂肪水平的提高,吉富罗非鱼的摄食量逐渐减少,9.64%及16.55%组均显著低于其他各组($P<0.05$)。

表2 饲料脂肪水平对吉富罗非鱼体重、体长、成活率及摄食的影响

Tab.2 Effects of dietary lipid levels on body weight, length, survival rate and feed intake of GIFT

| 项目 | 组别 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.73% | 3.71% | 5.69% | 7.67% | 9.64% | 16.55% |
| 试验末鱼均体长(cm) | 10.45±0.18$^{d}$ | 11.5±0.21$^{c}$ | 11.16±0.14$^{bc}$ | 11.69±0.15$^{a}$ | 11.54±0.15$^{ab}$ | 10.82±0.16$^{dc}$ |
| 试验末鱼均体重(g) | 44.48±2.26$^{c}$ | 48.42±0.74$^{abc}$ | 51.63±0.16$^{a}$ | 52.00±0.53$^{a}$ | 49.3±2.23$^{ab}$ | 46.78±1.53$^{bc}$ |
| 成活率(%) | 87.62±3.43$^{ab}$ | 99.05±0.95$^{a}$ | 94.29±5.71$^{ab}$ | 91.43±4.36$^{ab}$ | 90.00±1.43$^{ab}$ | 84.76±0.95$^{b}$ |
| 日摄食量(g/d) | 1.33±0.01$^{a}$ | 1.34±0.02$^{a}$ | 1.25±0.07$^{a}$ | 1.29±0.02$^{a}$ | 1.13±0.02$^{b}$ | 0.94±0.04$^{c}$ |

注:同行肩标不同字母表示差异显著($P<0.05$),下表同。

### 2.2 肌肉成分

由表3可以看出,饲料中脂肪水平为1.73%到7.67%之间时,吉富罗非鱼肌肉中水分含量变化的差异不显著($P>0.05$),但是16.55%组鱼体肌肉中水分显著低于1.73%、3.71%及5.69%组($P<0.05$),9.64%组显著低于3.71%和5.69%组;各组肌肉中蛋白质含量差异不显著($P>0.05$);随着饲料脂肪水平提高,肌肉中的脂肪沉积显著增加,16.55%组显著高于其他试验组($P<0.05$),5.69%和7.67%组差异不显著($P>0.05$),但是7.67%组显著高于3.71%组($P<0.05$)。肌肉中粗灰分和磷含量出现下降的趋势,其中3.71%组粗灰分显著高于9.64%和16.55%组($P<0.05$),1.73%组磷含量显著高于其他组($P<0.05$)。

表3 饲料脂肪水平对吉富罗非鱼肌肉成分的影响

Tab.3 Effects of dietary lipid levels on muscle composition of GIFT (N=9)

| 组别 | 水分(%) | 粗蛋白(%) | 粗脂肪(%) | 粗灰分(%) | 磷(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.73% | 75.13±0.37$^{ab}$ | 20.52±0.28 | 2.53±0.34$^{bc}$ | 1.21±0.03$^{ab}$ | 0.23±0.004$^{a}$ |
| 3.71% | 75.55±0.25$^{a}$ | 20.32±0.23 | 2.29±0.17$^{c}$ | 1.26±0.05$^{a}$ | 0.22±0.003$^{b}$ |
| 5.69% | 75.47±0.3$^{a}$ | 20.35±0.16 | 2.56±0.26$^{bc}$ | 1.21±0.02$^{ab}$ | 0.21±0.003$^{b}$ |
| 7.67% | 74.61±0.40$^{abc}$ | 20.44±0.27 | 3.28±0.27$^{b}$ | 1.20±0.03$^{ab}$ | 0.21±0.006$^{b}$ |
| 9.64% | 74.42±0.25$^{bc}$ | 19.99±0.16 | 3.89±0.21$^{ab}$ | 1.18±0.02$^{b}$ | 0.21±0.003$^{b}$ |
| 16.55% | 73.95±0.37$^{c}$ | 19.95±0.20 | 4.27±0.29$^{a}$ | 1.15±0.04$^{b}$ | 0.20±0.008$^{b}$ |

### 2.3 消化酶的活性

由表4可以看出,随着饲料脂肪水平提高,胃组织中消化酶活性均无显著变化($P>0.05$)。肠道蛋白酶活性受饲料脂肪水平影响较小,各自之间差异不显著($P>0.05$)。分布在胃和前肠组织的脂肪酶活性较高,中肠和后肠的活性相对较小,前肠和中肠组织中脂肪酶活性均呈下降趋势,其中1.73%组前肠和中肠中的脂肪酶活性均显著高于16.55%组($P<0.05$);前肠中淀粉酶活性出现下降的趋势,其中3.71%和5.69%组肠道淀粉酶活性均显著高于饲料脂肪水平大于或等于7.67%的脂肪组($P<0.05$)。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

表 4　饲料脂肪水平对吉富罗非鱼消化酶活性的影响

Table 4　Effects of dietary lipid levels on digestive enzyme activities of GIFT (N=9)　(U/min·mg prot)

| 组别 | | 胃 | 前肠 | 中肠 | 后肠 |
|---|---|---|---|---|---|
| 蛋白酶 | 1.73% | 7.37±1.46 | 52.49±3.65 | 121.77±17.32 | 78.04±14.39 |
| | 3.71% | 9.680±1.61 | 49.270±3.70 | 117.820±14.97 | 89.060±12.86 |
| | 5.69% | 9.250±0.72 | 48.240±8.86 | 111.160±13.05 | 72.160±10.26 |
| | 7.67% | 7.340±0.73 | 52.950±5.32 | 133.480±16.30 | 93.500±9.85 |
| | 9.64% | 6.580±0.73 | 55.650±7.20 | 114.760±13.90 | 63.260±6.58 |
| | 16.55% | 9.670±1.98 | 56.140±5.58 | 109.410±12.90 | 54.970±8.12 |
| 脂肪酶 | 1.73% | 111.410±16.01 | 165.450±22.19[a] | 63.470±12.60[a] | 64.010±7.80 |
| | 3.71% | 125.450±20.5 | 164.020±29.00[a] | 65.250±13.09[a] | 62.690±10.03 |
| | 5.69% | 101.050±8.98 | 116.950±23.96[ab] | 84.640±8.14[a] | 72.790±10.67 |
| | 7.67% | 105.340±12.18 | 107.610±31.5[ab] | 75.950±8.58[a] | 58.760±9.98 |
| | 9.64% | 96.461±13.05 | 56.400±5.99[b] | 61.020±7.87[a] | 47.980±9.10 |
| | 16.55% | 95.040±15.86 | 65.860±8.91[b] | 33.470±5.57[b] | 51.370±4.35 |
| 淀粉酶 | 1.73% | 0.180±0.03 | 0.222±0.050[ab] | 0.178±0.03 | 0.122±0.023 |
| | 3.71% | 0.186±0.05 | 0.260±0.038[a] | 0.235±0.06 | 0.120±0.015 |
| | 5.69% | 0.176±0.08 | 0.230±0.035[a] | 0.244±0.04 | 0.171±0.039 |
| | 7.67% | 0.143±0.08 | 0.145±0.014[b] | 0.269±0.05 | 0.102±0.008 |
| | 9.64% | 0.153±0.01 | 0.135±0.022[b] | 0.211±0.04 | 0.119±0.009 |
| | 16.55% | 0.180±0.01 | 0.141±0.021[b] | 0.148±0.03 | 0.149±0.047 |

## 3　讨论

### 3.1　饲料中脂肪水平对吉富罗非鱼体重、体长、成活率及摄食量的影响

本试验的结果显示,饲料中脂肪水平影响吉富罗非鱼的摄食及生长,脂肪水平越高摄食量越小,脂肪水平过低或过高均会导致吉富罗非鱼成活率及增重下降。投喂 7.67%组饲料的吉富罗非鱼,试验末鱼体平均体重和体长均较高,说明饲料蛋白含量为 30%左右时,脂肪水平为 7.67%,吉富罗非鱼的生长效果最佳。庞思成[9]曾报道尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)获得最佳生长的饲料脂肪水平为 8.8% ~10.7%(脂肪源为豆油),Chou 等[5]研究奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus*♀×*Oreochromis aureus*♂)的获得最佳生长的饲料脂肪水平为 12%(脂肪源为玉米油∶鳕鱼肝油∶猪油=1∶1∶1),本次研究结果与上述两者的研究结果不同,主要原因可能是试验使用的脂肪源、试验鱼种以及生长阶段的不同所致。16.55%组中吉富罗非鱼的成活率为 84.76%,显著低于其他组($P<0.05$),由此可见,高脂肪水平的饲料比低脂肪水平更容易导致吉富罗非鱼的死亡,在饲养试验结束后对鱼体进行了解剖,发现 16.55%组大部分吉富罗非鱼的肝脏成青灰色,有明显的组织病变状况,而低脂肪水平的脂肪组鱼的肝脏为鲜红色,可以初步推理出,高脂肪水平导致吉富罗非鱼成活率下降的原因主要是过多脂肪对鱼肝脏功能的损害所致。

### 3.2　饲料中脂肪水平对吉富罗非鱼肌肉成分的影响

本次试验发现吉富罗非鱼鱼体脂肪含量与饲料中脂肪水平相关性很强,当饲料中脂肪水平较高时,大量的脂肪在鱼体的肌肉中沉积,这一结果与在奥尼罗非鱼[10]、红姑鱼(*Sciaenops ocellatus*)[11]、虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)[12]、大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)[13]、大西洋真鳕(*Gadus morhua*)[14]上的研究结果一致。试验发现,当饲料脂肪水平超过 5.69%开始,吉富罗非鱼肌肉中的脂肪含量开始出现大幅度沉积的趋势,肌肉脂肪含量随饲料脂肪水平提高而增加,但这并没有反映出摄食脂肪水平为 1.73% ~16.55%的饲料产生的所有变化,1.73%组鱼体脂肪含量为 2.53%,而 3.71%和 5.69%组分别为 2.29%、2.56%,说明吉富罗非鱼肌肉脂肪含量最低值是相对稳定的,在 2.5%左右,出乎意料的是没有添加鱼油的 1.73%组肌肉中的脂肪含量并不比 3.71%组低,有可能是饲料中的大量糖类通过糖代谢促进脂肪生成的结果,有待研究探讨。饲料中的脂肪水平过高能够降低肌肉中蛋白所占的比例[15],本试验结果是高脂肪水平饲料有降低肌肉蛋白含量的趋势但是差异不显著($P>0.05$),与在许氏平鲉(*Sebastes schlegeli*)[16]、石首鱼(*Atractoscion nobilis*)[17]上的研究结果一致。另外,1.73%组中吉富罗非鱼肌肉中磷的含

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

量比其他各组高,但相关的报道较少,有待进一步的试验研究。

### 3.3 饲料中脂肪水平对吉富罗非鱼消化酶活性的影响

王重刚等[18]研究饵料对真鲷(*Pagrosomus major* Temminck et Schlegel)幼鱼消化酶影响发现,肠道淀粉酶的活性明显受食物诱导,脂肪酶活性与食物脂肪含量呈负相关;邹师哲等[19]试验结果显示,鲤鱼(*Cyprinus carpio*)饲料脂肪水平在4.46%~8.44%范围内肠道脂肪酶活性未出现显著变化;黎军胜等[20]研究表明奥尼罗非鱼饲料中脂肪水平由1.5%升高到7%,肠道脂肪酶活性无显著差异($P>0.05$),脂肪水平升高到12.5%,肠道脂肪酶活性降低了25.4%($P<0.01$);Zamboni no等[21]试验结果显示高脂肪水平的饲料能够提高舌齿鲈(*Dicentrarchus labrax*)肠道脂肪酶活性。本试验研究结果显示,吉富罗非鱼对脂肪的吸收主要在肠道前段,饲料中脂肪水平对吉富罗非鱼胃及肠道蛋白酶没有显著影响,高脂肪水平的饲料显著抑制了前、中肠道脂肪酶活性,这一结果与上述真鲷、鲤鱼及奥尼罗非鱼上的研究结果[18-20]基本一致,但与在舌齿鲈[21]上的研究结果不同。目前饲料中脂肪水平对消化酶活性影响的研究较少,并且具有一定的争议,需要进一步的深入研究。

参考文献:


[1] Eknath A E, Tayamen M M, Palada-de Vera M S, et al. Genetic improvement of farmed tilapias: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments[J]. Aquaculture, 1993, 111: 171-188.

[2] Dey M M, Gupta M V. Socioeconomics of disseminating genetically improved Nile tilapia in Asia: an introduction[J]. Aquaculture Economic and Management, 2000, 4(1/2): 5-11.

[3] 杨凤. 动物营养学[M]. 2版. 北京:中国农业出版社, 2000.

[4] Hanley F. Effects of feeding supplementary diets containing varying levels of lipid on growth, food conversion, and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*(L.)[J]. Aquaculture, 1991, 93: 323-334.

[5] Chou B S, Shiau S Y. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia *Oreochromis niloticus*×*Oreochromis aureus*[J]. Aquaculture, 1996, 143: 185-195.

[6] Cowey C B, Cooke D J, Matty A J, et al. Effects of quantity and quality of dietary protein on certain enzyme activities in rainbow trout[J]. Journal of Nutrition, 1981, 111: 336-345.

[7] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 2版. 北京:中国农业大学出版社, 2003.

[8] 周景祥, 王桂芹, 余涛. 淀粉酶和蛋白酶活性检测方法探讨[J]. 中国饲料, 2001, (11): 23-24.

[9] 庞思成. 饲料中脂肪含量对罗非鱼生长的影响[J]. 饲料研究, 1994, (12): 10-11.

[10] Fitzsimmons K, Dickenson G, Brand C, et al. Effects of reducing dietary lipid levels on growth and body composition of hybrid tilapia in an intensive recirculating-water system[J]. The Progressive Fish-Culturist, 1997, 59(4): 293-296.

[11] 刘永坚, 刘栋辉, 田丽霞, 等. 饲料蛋白质和能量水平对红姑鱼生长和鱼体组成的影响[J]. 水产学报, 2002, 26(3): 242-246.

[12] Gélineau A, Boilliet V, Corraze G, et al. The combined effects of feeding time and dietary fat levels on feed intake, growth and body composition in rainbow trout[J]. Aquatic Living Resources, 2002, 1(4): 225-230.

[13] Leigh A B, Shawn D C, James H T. Effect of dietary lipid level and protein energy ratio on growth and body composition of largemouth bass *Micropterus salmoides*[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2005, 36(1): 129-134.

[14] Barbara G H, Karl D S, Delbert M G, et al. Effects of dietary protein and lipid levels on growth, protein digestibility, feed utilization and body composition of Atlantic cod (*Gadus morhua*)[J]. Aquaculture, 2008, 283(1-4): 156-162.

[15] Wang J T, Liu Y J, Tian L X, et al. Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*)[J]. Aquaculture, 2005, 249(1-4): 439-447.

[16] Lee S M, Jeon I G, Lee J Y. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*)[J]. Aquaculture, 2002, 211: 227-239.

[17] López L M, Durazo E, Viana M T, et al. Effect of dietary lipid levels on performance, body composition and fatty acid profile of juvenile white seabass, *Atractoscion nobilis*[J]. Aquaculture, 2009, 289(1-2): 101-105.

[18] 王重刚, 陈品健, 顾勇, 等. 不同饵料对真鲷稚鱼消化酶活性的影响[J]. 海洋学报, 1998, 20(4): 103-106.

[19] 邹师哲, 王义强, 张家国. 饲料中蛋白质、脂肪、碳水化合物对鲤消化酶的影响[J]. 上海水产大学学报, 1998, 7(1): 69-74.

[20] 黎军胜, 李建林, 吴婷婷. 饲料成分与环境温度对奥尼罗非鱼消化酶活性的影响[J]. 中国水产科学, 2004, 11(6): 585-588.

[21] Zamboni no I J I, Cahu C L. High dietary lipid levels enhance digestive tract maturation and improve *Dicentrarchus labrax* larval development[J]. The Journal of Nutrition, 1999, 129(6): 1195-1200.


(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net