

饲料脂肪水平对吉富罗非鱼幼鱼摄食后血脂,血糖的影响

王爱民^{1,2}, 韩光明¹, 吕 富¹, 齐志涛¹,
於叶兵¹, 杨文平¹, 刘 波², 王 恬², 徐 跑²

(1. 盐城工学院 海洋技术系, 江苏省沿海池塘养殖生态重点实验室, 江苏 盐城 224051;
2. 南京农业大学 无锡渔业学院, 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:为了研究饲料脂肪水平对吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)血液脂肪代谢的影响,选择均重为 (2.63 ± 0.16) g的健康315尾吉富罗非鱼,随机分成3组,每组3个重复,投喂3组不同脂肪水平的等氮低脂肪组、中脂肪组、高脂肪组饲料(饲料中脂肪含量分别为3.71%、7.67%和16.55%),饲养90 d。禁食48 h再投喂,摄食不同脂肪饲料后0、6、12、24、48 h取样测定试验鱼血清中甘油三酯、胆固醇及血糖含量。结果显示:在48 h内,吉富罗非鱼血液中甘油三酯、胆固醇、血糖均呈现先上升后下降的趋势,在摄食后同一时间点,摄食高脂肪试验鱼血液甘油三酯和胆固醇显著高于低脂肪组($P < 0.05$),而血糖无显著变化,但有下降的趋势。结果说明:摄食后48 h内,吉富罗非鱼摄食低、中脂肪水平饲料后血液甘油三酯、胆固醇、血糖呈现单峰波变化规律,高脂肪诱导血液甘油三酯合成代谢,但没有改变其变化基本规律。

关键词:高脂肪;摄食;血脂;吉富罗非鱼

中图分类号:S963.3

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2011)03-0009-06

随着水产养殖的集约化发展,淡水养殖过程中经常会发生鱼类营养性疾病脂肪肝,从而严重阻碍水产养殖业健康持续发展。鱼类脂肪肝的形成主要是鱼类所需营养素的失衡和某些抗脂肪肝因子的缺乏所造成的,同时还受到鱼类的生理代谢特点、养殖环境的影响。鱼类的血液与机体的代谢、营养状况及脂肪肝有着密切的关系^[1-2],血液血脂、谷草转氨酶、碱性磷酸酶等指标经常被用来作为肝功能评价指标。高脂肪是产生营养性脂肪肝的主要因素之一,目前国内外在饲料脂肪对鱼类生长、脂肪沉积^[3]、关键酶的基因表达^[4-5]、鱼体组成^[6-7]、脂肪代谢^[8]等方面的研究较多,但关于高脂肪对鱼类血液血脂、血糖等生化指标影响研究不多,仅向泉等研究5种脂肪源对齐口裂腹鱼(*Schizothorax prenanti*)生长性能及血清生化指标的影响^[9],高露姣等研究了不同脂肪源对施氏鲟(*Acipenser schrenckii*)幼鱼血清生化指

标的影响^[10],甘晖等研究了饲料脂肪水平对奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*)幼鱼生长和血浆生化指标的影响^[11],杜震宇等对草鱼摄食高脂饲料后血脂变化做了初步研究^[12]。

吉富品系罗非鱼是遗传性状改良后的尼罗罗非鱼(Genetic Improvement of Farmed Tilapia, *Oreochromis niloticus*),英文缩写为GIFT,中文称为吉富。吉富罗非鱼含肉率较高,肌肉的鲜味氨基酸含量较为丰富,必需氨基酸种类齐全、含量丰富,肌肉脂肪中二十碳五烯酸含量为2%、二十二碳六烯酸为10%,必需微量元素均比较丰富,是一种具有较高营养价值和经济价值的鱼类^[13-14]。本文对摄食高脂肪饲料的吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)的血液生化指标的变化进行探讨,旨在为吉富罗非鱼高效健康养殖及探讨脂肪诱导脂肪肝的血液生化作用机制提供试验性依据。

收稿日期:2011-08-10

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);江苏省高校自然科学基金基础研究项目(08KJD240003);江苏省“青蓝工程”优秀青年骨干教师培养基金项目[苏教师(2008)30号]

作者简介:王爱民(1975-),男,副教授,博士,主要研究方向为水产动物营养与饲料科学。

1 材料与方法

1.1 实验鱼

吉富罗非鱼购自中国水产科学院淡水渔业中心种苗基地同一批孵化鱼苗,经过 5% 食盐水消毒后,用普通商品饲料驯养 20 d,备用。

1.2 实验饲料

参考 SC/T 1025-2004 罗非鱼配合饲料水产行业标准,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 2%、6% 和 15%,饲料脂肪水平分别为 3.71%、7.67% 和 16.55%,配制成 3 组低、中、高脂肪饲料,其中低脂肪饲料组为对照组,配方见表 1,经充分混合后加工成颗粒饲料,晾干并保存于冰箱中备用。

表 1 饲料配方及主要营养成分(风干物质)

Table 1 Formulation and nutritional composition of experimental diets (air-dry basis)

原料/%	脂肪水平		
	3.71%	7.67%	16.55%
鱼粉 Fish meal	8	8	8
豆粕 Soybean meal	25	25	25
花生粕 Peanut meal	10	10	10
菜粕 Rapeseed meal	18	18	18
鱼油 Fish oil	2	6	15
玉米淀粉 Corn starch *	18	14	5
次粉 Wheat-middlings	14	14	14
磷酸二氢钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	1.5	1.5	1.5
食盐 Salt	0.2	0.2	0.2
氯化胆碱 Choline chloride	0.3	0.3	0.3
预混料 Feed premix **	3	3	3
总量 Total Quantity	100	100	100
主要营养成分/%			
粗蛋白 Crude protein	30.43	30.41	30.36
粗脂肪 Crude fat	3.71	7.67	16.55
磷 Phosphorus	1.12	1.29	1.26

注:* 玉米淀粉成分参照 GB-T 8885-2008 一级品标准

** 预混料为每 kg 饲料提供维生素和微量元素:VE 60 mg;VK 5 mg;VA 15 000 IU;VD₃ 3000 IU;VB₁ 15 mg;VB₂ 30 mg;VB₆ 15 mg;VB₁₂ 0.5 mg;烟酸 175 mg;叶酸 5 mg;肌醇 1000 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 试验设计与饲养管理

吉富罗非鱼幼鱼驯化结束后,选择健康无伤病的 315 尾,随机分配到 9 个水族箱中,每个水族

箱 35 尾,随机分为 3 组,每组设置 3 个重复,分别投喂对应的对照组、试验组(脂肪含量分别为 3.71%、7.67% 组和 16.55%)脂肪饲料,饲养 90 d。试验采用循环流水饲养系统养殖,其水族箱尺寸大小:100 cm × 80 cm × 60 cm,每 5 d 换水一次,换水量为总水量的 40%,每天投饲 3 次,时间分别为 6:30、13:30、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 22~27℃,pH 6.8~8.0,溶解氧 > 5 mg/L。饲养试验结束后,禁食 48 h,后投喂相应不同脂肪水平饲料,于摄食后 0、6、12、24、48 h 每个水族箱随机取样 3 尾,采血测定血清中甘油三酯、胆固醇和血糖含量。

1.4 测定指标及方法

取样:先用 MS-222 麻醉鱼体,采用尾静脉抽血,取全血置于离心管中,在室温下放置 1 h。并置于冰箱(4℃)中过夜,3 500 r/min 离心 15 min 制得血清。

测定方法:血清中的甘油三酯(甘油磷酸氧化酶—过氧化物酶法)、胆固醇(胆固醇氧化酶—过氧化物酶法)的含量^[15],以及谷丙转氨酶(赖氏法)、谷草转氨酶(赖氏法)和碱性磷酸酶的活性(AMP 法)^[16],以上指标测定均采用美国倍肯公司生产的 ABBOTTALLOYON 300 全自动生化分析仪进行血液生化指标的分析测定,血清葡萄糖浓度采用葡萄糖氧化酶法测定^[17]。

1.5 数据统计与分析

采用 SAS6.12 中的单因子方差分析(One-Way ANOVA)对数据进行统计分析,进行 Fisher's LSD 多重比较。数据用平均值 ± 标准误(Mean ± SE)形式表示, $P < 0.05$ 认为差异显著。

2 结果

2.1 饲料脂肪水平对吉富罗非鱼摄食后血液甘油三酯的影响

由表 2 分析可知,在禁食后投喂后 48 h 内,饲喂高、中、低脂肪的饲料 3 组试验鱼血液中甘油三酯的含量均呈现先升高后下降的变化规律,在摄食后第 12 h 均达到峰值,其中 3.71%、7.67% 试验组显著高于其他时间点($P < 0.05$),而高脂肪组(16.55%)在摄食后第 6 h、12 h 间差异不显著($P > 0.05$),但显著高于其他时间点($P < 0.05$),在摄食后同一时间点,试验鱼血液甘油三酯含量与饲料中脂肪含量呈现正相关,且摄食高脂

表2 吉富罗非鱼摄食后血液甘油三酯的变化

Table 2 The change of blood triglycerides indexes of GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) after fed fat formulated diet g/L

饥饿时间/h	脂肪水平		
	3.71%	7.67%	16.55%
0	1.40 ± 0.25 ^{bc}	1.63 ± 0.24 ^{bc}	1.89 ± 0.45 ^{bc}
6	2.24 ± 0.97 ^b	3.03 ± 0.62 ^b	4.69 ± 0.56 ^{**}
12	3.39 ± 0.10 ^a	5.02 ± 1.03 ^{**}	5.74 ± 1.17 ^{**}
24	1.39 ± 0.20 ^c	2.20 ± 0.49 ^{bc*}	3.00 ± 0.27 ^{b**}
48	0.85 ± 0.20 ^c	1.01 ± 0.05 ^{c*}	1.35 ± 0.39 ^{c**}

注:数值用平均值±标准误差表示, $n=9$, “*”表示摄食后同一时间点各组之间独立样本 t -检验差异显著 ($P < 0.05$), 不同小写字母表示同一组中摄食后不同时间点 LSD 多重比较差异显著 ($P < 0.05$)。

肪组(16.55%)饲料试验鱼血液甘油三酯含量显著高于低脂肪组(3.71%) ($P < 0.05$)。

2.2 饲料脂肪水平对吉富罗非鱼摄食后血液胆固醇的影响

由表3分析可知,摄食不同脂肪水平的饲料,吉富罗非试验鱼血液中胆固醇变化与甘油三酯类似,均呈现先升高后下降的变化趋势,其中饲喂中、低脂肪组的试验鱼血液中胆固醇峰值出现在

摄食后第6 h,而饲喂高脂肪组的试验鱼血液中胆固醇峰值出现在摄食后第12 h,但3组在各时间点之间胆固醇变化差异不显著 ($P > 0.05$),在摄食后同一时间点,吉富罗非鱼血液胆固醇含量与饲料中脂肪含量呈现正相关,且高脂肪组(16.55%)试验鱼血液胆固醇显著高于中、低脂肪组试验鱼(3.71%, 7.67%) ($P < 0.05$)。

表3 吉富罗非鱼摄食后血液胆固醇的变化

Table 3 The change of blood cholesterol indexes of GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) after fed fat formulated diet g/L

饥饿时间/h	脂肪水平		
	3.71%	7.67%	16.55%
0	2.86 ± 0.13 ^{bc}	3.33 ± 0.35 ^{bc*}	4.69 ± 0.51 ^{bc**}
6	4.31 ± 1.91 ^b	4.24 ± 0.69 ^b	4.34 ± 0.21 ^{**}
12	3.35 ± 1.02 ^a	3.48 ± 0.17 ^a	6.10 ± 2.70 ^{**}
24	3.26 ± 0.60 ^c	3.95 ± 0.98 ^{bc}	5.23 ± 0.17 ^{b*}
48	3.21 ± 0.59 ^c	3.78 ± 0.14 ^c	5.61 ± 0.74 ^{c*}

注:数值用平均值±标准误差表示, $n=9$, “*”表示摄食后同一时间点各组之间独立样本 t -检验差异显著 ($P < 0.05$), 不同小写字母表示同一组中摄食后不同时间点 LSD 多重比较差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 饲料脂肪水平对吉富罗非鱼摄食后血液血糖的影响

由表4分析可知,吉富罗非鱼摄食不同脂肪水平的饲料,其血液中血糖的变化基本呈现如甘油三酯、胆固醇呈现先上升后下降的趋势,饲喂低脂肪饲料实验鱼血糖峰值出现在摄食后第12 h,饲喂中、高脂肪饲料的试验鱼血糖峰值有提前到摄食后第6 h。但饲喂高、中、低脂肪饲料的3组血糖在摄食后第6 h和12 h间差异变化不显著,而到第48 h显著下降,但高脂肪组试验鱼在摄食后48 h内,其血糖变化不显著 ($P > 0.05$),且在摄食后不同时间点比较,摄食高、中脂肪饲料的试验鱼血糖含量低于摄食低脂肪饲料组,但差异不

显著 ($P > 0.05$)。

3 讨论

鱼类血脂、血糖水平的变化与机体的新陈代谢、生理状况密切相关,被广泛地用来评价鱼体的健康状况及其对环境的适应能力。本研究中影响鱼体摄食后血脂及血糖水平反应的因素主要有两方面:一是经过90 d饲喂不同脂肪水平饲料对吉富罗非鱼血脂及血糖的影响,二是摄食高、中、低脂肪不同水平的多少对摄食后血脂及血糖反应的影响。本试验结果表明,摄食不同脂肪水平的饲料后,吉富罗非鱼血液甘油三酯、胆固醇均呈现先升高后下降的单峰状图形变化规律,3组甘油三

表 4 吉富罗非鱼摄食后血糖的变化

Table 4 The change of blood glucose indexes of GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) after fed fat formulated diet mmol/L

饥饿时间/h	脂肪水平		
	3.71%	7.67%	16.55%
0	8.02 ± 0.88 ^{ab**}	6.20 ± 0.39 ^c	7.14 ± 0.68 ^{a*}
6	8.42 ± 1.27 ^{ab}	8.06 ± 0.46 ^a	8.01 ± 0.9 ^a
12	9.46 ± 2.40 ^a	7.32 ± 0.64 ^{ab}	7.50 ± 0.46 ^a
24	8.47 ± 0.24 ^{ab**}	6.58 ± 0.88 ^{bc}	7.37 ± 0.85 ^{a*}
48	6.14 ± 0.57 ^b	6.49 ± 0.15 ^{bc*}	7.24 ± 0.70 ^{a**}

注:数值用平均值±标准误差表示, $n=9$, “*”表示摄食后同一时间点各组之间独立样本 t -检验差异显著($P<0.05$), 不同小写字母表示同一组中摄食后不同时间点 LSD 多重比较差异显著($P<0.05$)。

酯峰值均为摄食后第 12 h, 同一时间点, 高脂肪组甘油三酯显著高于低脂肪组, 说明高脂肪诱导血液甘油三酯合成代谢, 但没有改变其变化基本规律, 使胆固醇峰值时间滞后到摄食后第 12 h。鱼类餐后代谢一般呈现先迅速上升然后缓慢下降的偏“钟型”曲线^[18]。在人类营养研究中, 甘油三酯在摄食后的变化均大致呈现单峰状图形^[7], 但是在不同的人群中, 波峰出现时间不同, 一般在 2~5 h 内出现高峰, 正常人在 8 h 内恢复或接近空腹的基础水平^[19-20], 本试验结果与此报道基本一致。杜震宇等研究草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)摄食高脂饲料后血脂变化, 结果表明, 草鱼摄食高脂饲料后血脂(甘油三酯、胆固醇)升高, 出现两个吸收高峰, 分别出现在摄食后 1.5 h 和 6 h, 同时在摄食后 4 h 和 9 h 达到或接近基础水平, 表明饲料中较高的脂肪水平可以影响其血脂水平^[12], 本试验研究结果与其报道基本一致, 但峰值出现时间及峰值个数各异, 这可能跟鱼的种类、生长阶段、脂肪水平及有无胃等因素有关。

有研究表明, 鱼类对饲料碳水化合物的利用能力有限, 长期摄入高碳水化合物饲料会导致鱼体血糖过高、肝糖原累积、免疫力变化、生长停滞等症状^[21-23], 但长期摄食高脂肪饲料对鱼类血糖代谢影响研究甚少, 本试验结果表明, 吉富罗非鱼摄食不同脂肪水平饲料, 其血液血糖变化呈现单峰状图形的变化趋势, 低脂肪组血糖峰值为摄食后第 12 h, 高、中脂肪组血糖峰值为摄食后第 6 h, 说明高、中脂肪饲料有抑制吉富罗非鱼血糖的浓度变化, 延缓血糖的代谢趋势。在本试验中, 饲喂低脂肪(3.71%)试验鱼血糖浓度高于饲喂高、中脂肪饲料, 其血糖峰值出现时间为摄食后第 12 h,

这跟低脂肪饲料中含碳水化合物高有关, 林小植等研究表明, 南方鲇摄食富含玉米淀粉饲料后血糖峰值出现在摄食后 12 h, 有关鱼类血糖的研究表明, 摄食碳水化合物饲料后血糖浓度会升高, 达到某个峰值, 然后下降到初始水平^[24]; 峰值的高低与饲料中碳水化合物水平在一定范围内呈正相关关系, 碳水化合物水平越高, 峰值越高^[25], 本研究结果与此类似。鱼类的食性、碳水化合物的构型和剂量会影响摄食碳水化合物后鱼体血糖峰值出现的时间和持续时间^[22, 25-26]。低脂肪饲料中因玉米淀粉显著高于中、高脂肪组, 使其碳水化合物水平高于中、中脂肪饲料组, 因而出现此结果。而饲喂中、高脂肪饲料的试验鱼摄食后血糖峰值出现在第 6 h, 且高、中脂肪在摄食后不同时间点, 血糖含量变化波动不大, 差异不显著, 说明高、中脂肪饲料有抑制吉富罗非鱼血糖的浓度变化, 不利于血糖的代谢趋势。

4 结论

综合上述分析、讨论, 本研究获得以下初步研究结论。

(1) 摄食后 48 h 内, 吉富罗非鱼摄食低、中脂肪水平饲料后血液甘油三酯、胆固醇、血糖呈现单峰波形图变化规律, 其中 3 组甘油三酯含量达到最高时间点均为摄食后第 12 h; 中低脂肪组胆固醇峰值为摄食后 6 h, 高脂肪为 12 h; 高中脂肪组血糖峰值为摄食后第 6 h, 低脂肪组为摄食后第 12 h。

(2) 高脂肪诱导血液甘油三酯合成代谢, 但没有改变其变化基本规律, 使胆固醇峰值时间比正常组滞后 6 h, 有抑制吉富罗非鱼血糖的浓度变化, 不利于血糖的代谢趋势。

参考文献:

- [1] 黄世蕉,沈竑. 维生素 B6 对草鱼脂肪代谢的影响[J]. 水生生物学报,1992,16(4):313-321.
- [2] Gershanovich A D, Kiselev G A. Growth and hematological response of sturgeon hybrids Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedti* Brandt) × Beluga (*Huso huso* L.) to protein and lipid contents in the diet[J]. Comp Biochem Physiol, 1, 1993, 106 A(3):581-586.
- [3] Wang Ji-Teng, Liu Yong-Jian, Tian Li-Xia, et al. Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid Deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) [J]. Aquaculture, 2005,249:439-447.
- [4] Ellen J K, Bente R, Anne V, et al. Effects of 3-thia fatty acids on expression of some lipid related genes in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, Part B, 2006,145:239-248.
- [5] 王爱民,韩光明,韦信健,等. 吉富罗非鱼 FAS 基因的克隆及再投喂和饲料脂肪水平对其表达的影响[J]. 水产学报, 2010,34(7):113-120.
- [6] Eduardo D B, Marl'a T V, Louis R D, et al. Effects of starvation and dietary lipid on the lipid and fatty acid composition of muscle tissue of juvenile green abalone (*Haliotis fulgens*) [J]. Aquaculture, 2004,238:329-341.
- [7] Shu-Ling H, Chun-Yi H, Ya-Ting H, et al. Influence of dietary lipids on the fatty acid composition and stearyl-CoA desaturase expression in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) under cold shock [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, Part B, 2007,147:438-444.
- [8] Xueliang Xu, Patrick Kestemont. Lipid Metabolism and FA Composition in Tissues of Eurasian Perch *Perca fluviatilis* as Influenced by Dietary Fats [J]. Lipids, 2002,37(3):297-304.
- [9] 向泉,陈建,周兴华,等. 5 种脂肪源对齐口裂腹鱼生长性能及血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报,2010,22(2):498-504.
- [10] 高露姣,施兆鸿,艾春香. 不同脂肪源对施氏鲟幼鱼血清生化指标的影响[J]. 海洋渔业,2005,27(4):319-323.
- [11] 甘晖,李坚明,冯广朋,等. 饲料脂肪水平对奥尼罗非鱼幼鱼生长和血浆生化指标的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2009,18(1):35-41.
- [12] 杜震宇,刘永坚,田丽霞,等. 草鱼摄食高脂饲料后血脂变化的初步研究[J]. 中山大学学报:自然科学版,2004,43(增刊):77-79.
- [13] 郝淑贤,李来好,杨贤庆,等. 5 种罗非鱼营养成分分析及营养评价[J]. 营养学报,2007,29(6):614-618.
- [14] 马国红,张延华,师吉华,等. 新吉富罗非鱼的含肉率及营养价值评定[J]. 长江大学学报:自然科学版,2008,5(4):35-37.
- [15] 王琰,钱士匀. 生物化学和临床生物化学检验实验教程[M]. 北京:清华大学出版社,2005:70-102.
- [16] 清水祥一. 酶分析法的原理和应用[M]. 上海:上海科技出版社,1982:113-114.
- [17] Panserat S, Capilla E, Gutierrez J, et al. Glucokinase is highly induced and glucose-6-phosphatase poorly repressed in liver of rainbowtrout (*Oncorhynchus mykiss*) by a single meal with glucose [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, Part B, 2001,128:275-283.
- [18] Fu S J, Cao Z D, Peng J L. Effect of meal size on specific dynamic action in Chinese catfish [J]. Journal of Comparative Physiology B, 2006,176:489-495.
- [19] 李健斋. 正常人脂肪餐后血脂反应的初步观察[J]. 中华医学检验杂志,1997,20(5):278-280.
- [20] 刘爱兵,李卫东,辛洁,等. 健康人脂肪耐量试验 460 例分析[J]. 中华医学检验杂志,2001,24(3):161-164.
- [21] Kumar S, Sahu N P, Pal A K, et al. Effect of dietary carbohydrate on haematology, respiratory burst activity and histological changes in Lohita juveniles [J]. Fish & Shellish Immunology, 2005,19:33-44.
- [22] Deng D F, Refstie S, Hung S S S. Glycemic and glycosuric responses in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) after oral administration of simple and complex carbohydrates [J]. Aquaculture, 2001,199:107-117.
- [23] Nordrum S, Bakke M, Kellep A M, et al. Effects of soybean meal and salinity on intestinal transport of nutrients in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology B, 2000,125(3):317-325.
- [24] 林小植,罗毅平,谢小军. 饲料碳水化合物水平对南方鲇幼鱼餐后糖酵解酶活性及血糖浓度的影响[J]. 水生生物学报,2006,30(3):304-310.
- [25] Moon T W. Glucose intolerance in teleost fish: fact or fiction [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B, 2001, 129:243-249.
- [26] Wilson R P. Utilization of dietary carbohydrate by fish [J]. Aquaculture, 1994,124:67-80.

Effects of Dietary Lipid Levels on Blood Lipid, Glucose Indexes of GIFT Tilapia (*Oreochromis Niloticus*)

WANG Ai-min^{1,2}, HAN Guang-ming¹, LV Fu¹, QI Zhi-tao¹,
YU Ye-bing¹, YANG Wen-ping¹, LIU Bo², WANG Tian², XU Pao²

1. Department of Ocean Technology, Yancheng Institute of Technology, Key Laboratory of Aquaculture and Ecology of Coastal pool of Jiangsu Province, Yancheng Jiangsu 224051, China;
2. Wuxi College of Fisheries of Nanjing Agriculture University, Key Open Laboratory for Genetic Breeding of Aquatic Animals and Aquaculture Biology Certificated by the Ministry of Agriculture, Wuxi Jiangsu 214081, China

Abstract: An experiment was carried out to evaluate the effects of dietary lipid levels on the blood lipometabolism parameters. Triplicate groups of fish (average weight $\pm$ SE, 2.63 ± 0.16 g) were fed three isonitrogenous experiment diets (30.40% crude protein, dry matter) formulated with increasing lipid levels (3.71%, 7.67% and 16.55% lipid) using fish oil as the lipid source for 90 days. The blood was randomly collected from three fish in 3.71%, 7.67% and 16.55% group at 0 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h after the refeeding following the 48 h of fasting and the blood indices related to lipometabolism, i. e. blood sugar, triglyceride (TG), cholesterol (CHO), were detected. The results showed that after refeeding for 48 h, the TG, CHO and GLU were first increased and then decreased. At the same time – points after refeeding, the TG and CHO of the high – lipid group were significantly higher than that of the low – lipid group ($P < 0.05$), the GLU had a decreasing trend but no significant change was observed ($P > 0.05$). Those results indicated that the TG, CHO, GLU appeared to be a singlet curve and that the high – lipid dietary could reduce the metabolism of TG.

Keywords: High lipid; Ingestion; Blood lipid; GIFT Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

(责任编辑:范大和)

(上接第 8 页)

- [50] 陈建兵,董杰,康惠荣. 水泥及粉煤灰与塑化剂的适应性研究[J]. 水泥,2001(4):1-3.
- [51] Jean - Yves Petit. Effect of temperature on the rheology of flowable mortars[J]. Cement & Concrete Composites, 2010,32(1):43-53.
- [52] 池召坤,赵贤,蔡其全. 混凝土中粉煤灰、矿粉的应用[J]. 工业建筑,2010,40(S1):785-789.
- [53] Zheng Dafeng, Qiu Xueqing, Ouyang Xinping, et al. Effects of water reducer on the properties of high volume fly ash cement mortar[J]. Journal Of SiChuan University, 2006(7):69-74.

Influential Factors on the Performance of Polycarboxylate – type Water – reducing Agent

CHEN Jing-wen¹, YUAN Li-di², XIE Ji-ming²

1. School of Chemical and Biological Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China;
2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu 212013, China

Abstract: Various factors influencing the performance of polycarboxylate – type water – reducing agents were briefly reviewed. The factors such as molecular structure of the agents, molecular weight, addition mode, adsorption property, cement fineness, mineral composition of cement clinker, alkali and sulfate ion content, etc. were summarized and evaluated. The solution to try to enhance the performance of water – reducing agents was tentatively proposed.

Keywords: Influential factors; Polycarboxylate – type water – reducing agent; Performance

(责任编辑:范大和)