

吉富罗非鱼成鱼对烟酸的需要量

黄 凤¹, 文 华², 吴 凡², 蒋 明^{1,2}, 刘 伟², 田 娟², 邵 辉¹

(1 华中农业大学 水产学院, 湖北 武汉 430070; 2 中国水产科学研究院 长江水产研究所, 湖北 武汉 430223)

摘要:选用初始体质量为(220.16±7.66) g的吉富罗非鱼 *Oreochromis niloticus* 360尾,随机分成6组(每组3个重复,每重复20尾),分别饲喂烟酸质量分数为11.84(对照组)、37.78、64.70、89.44、157.15、335.36 mg·kg⁻¹的半纯化饲料10周.研究烟酸对吉富罗非鱼成鱼生长、饲料利用、鱼体营养组成、部分血清指标及肝脏烟酸累积的影响,以确定其对烟酸的需要量.结果表明,经过10周的生长,饲料中添加烟酸显著提高了试验鱼的增质量率和饲料效率($P<0.05$).157.15和335.36 mg·kg⁻¹组全鱼粗蛋白含量显著高于其他组($P<0.05$);粗脂肪含量在64.70 mg·kg⁻¹组最高,显著高于对照组($P<0.05$);水分与粗灰分含量各组间无显著差异($P>0.05$);试验鱼血清总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇和总蛋白含量先升后降,在烟酸质量分数为157.15 mg·kg⁻¹组达到最高;三酰甘油含量显著降低($P<0.05$);试验鱼肝脏烟酸含量先上升后稳定,各烟酸添加组显著高于对照组($P<0.05$).对增质量率、肝脏烟酸和血清高密度脂蛋白胆固醇含量回归分析,确定吉富罗非鱼成鱼获得最大生长时对饲料中烟酸的最低需要量为63.62 mg·kg⁻¹,维持正常生理功能的需要量为158.52~172.41 mg·kg⁻¹.

关键词:吉富罗非鱼; 烟酸; 需要量
中图分类号:S963 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2013)02-0235-06

The Dietary Niacin Requirement of Large GIFT Tilapia

HUANG Feng¹, WEN Hua², WU Fan², JIANG Ming^{1,2}, LIU Wei², TIAN Juan², SHAO Hui¹
(1 College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2 Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China)

Abstract:Total 360 large GIFT tilapia, *Oreochromis niloticus*, with average initial body mass of (220.16±7.66) g were randomly divided into 6 groups consisting of 3 replicates (20 fish per net). Each group was fed a diet that mass fractions of niacin were 11.84 (control group), 37.78, 64.70, 89.44, 157.15, 335.36 mg·kg⁻¹for 10 weeks. Growth, feed utilization, body composition, some serum biochemical indices and liver niacin concentration were measured to detect the suitable requirement of niacin in diet of large GIFT tilapia. The results showed that the addition of niacin to diets significantly improved fish mass gain rate(MGR, %) and feed efficiency(FE); the crude protein content in whole-body of fish in the 157.15 and 335.36 mg·kg⁻¹ groups was significantly higher than that of other groups. The crude lipid content of fish in the 64.70 mg·kg⁻¹ group was the highest and significantly higher than that of the control group; there were no significant differences in carcass moisture and crude ash of the fish. The serum total cholesterol(T-CHO, mmol·L⁻¹), high density lipoprotein cholesterol(HDL-C, mmol·L⁻¹) and total protein(TP, mmol·L⁻¹) content first increased then decreased as the level of dietary niacin increased, and they reached the peak when feeding the fish mass fraction of niacin 157.15 mg·kg⁻¹. The addition of niacin to diets significantly reduced serum triglyceride(TG, mmol·L⁻¹) content. The niacin content in liver first increased then plateaued with increasing dietary niacin levels and it was significantly

收稿日期:2012-08-24 网络出版时间:2013-01-24
网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20130124.1001.007.html>
作者简介:黄 凤(1988—),女,硕士研究生;通信作者:文 华(1965—),研究员,博士,E-mail:wenhua_hb@163.com
基金项目:现代农业产业技术体系专项资金资助项目(CARS-49);2010年公益性行业(农业)科研专项经费(201003020);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(2011JBFA21)

higher in the niacin added groups than that of the control group. Regression analysis showed that large GIFT tilapia were estimated to need mass fraction of niacin 63. 62, 158. 52 – 172. 41 mg · kg⁻¹ respectively to maintain their maximum growth and normal physiological function.

Key words: large GIFT tilapia(*Oreochromis niloticus*); niacin; requirement

烟酸(Niacin)又名尼克酸,对鱼类的正常生长和健康有着重要的作用. 在体内,烟酸作为 2 种重要的辅酶 NAD 和 NADP 的组成因子而存在,这 2 种辅酶对碳水化合物、脂肪以及氨基酸代谢至关重要,是机体三大物质代谢的基本保障^[1]. 由于水生动物体内合成烟酸的能力有限,主要由食物供给,因而食物中缺乏烟酸时通常引起水生动物厌食、生长不良、饲料转换率降低、表皮出血、鳍条损伤、高死亡率等一系列缺乏征^[2-4].

目前对罗非鱼 *Oreochromis niloticus* 维生素营养需要量有较多研究,包括叶酸、烟酸、胆碱、肌醇、维生素 C 等^[2],但都集中于幼鱼的需要量,而关于罗非鱼成鱼的维生素需要量的研究鲜见报道. 通常认为幼鱼的营养需要量高于成鱼,若成鱼直接采用幼鱼的营养参数,可能造成一定的浪费. 因此,本试验以吉富罗非鱼成鱼为研究对象,考察饲料中不同烟酸含量对其生长、体成分、肝脏烟酸累积及部分血清生化指标的影响,确定其对烟酸的需要量,以期为吉富罗非鱼成鱼人工饲料的开发和利用提供理论依据,

节约生产成本.

1 材料与方法

1.1 试验饲料

以酪蛋白、明胶和豆粕为蛋白源,玉米油和豆油为脂肪源,糊精和玉米淀粉为糖源的半纯化饲料,试验饲料配方及基本营养成分见表 1,烟酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司,质量分数为 99. 8%)设计添加梯度分别为:0、20、40、80、160、320 mg · kg⁻¹. 所有原料经粉碎后过 60 目分级筛,将所有原料(除油外)混匀,少量的组分采用逐级扩大法混合,烟酸的增减用纤维素平衡,再分别与豆油、玉米油和占原料体积约 20%的水混匀,用绞肉机将饲料挤压呈条状,电扇吹干后,破碎成直径 2. 0 mm,长约 6. 0 mm 的圆柱形颗粒. 采用高效液相色谱法(酸碱水解)检测饲料中烟酸含量(BS EN 15652—2009),6 组饲料中烟酸实测值分别为:11. 84、37. 78、64. 70、89. 44、157. 15 和 335. 36 mg · kg⁻¹.

表 1 试验饲料原料组成及基本营养组成
Tab.1 Formulation and proximate analysis of experimental diets

<i>w</i> _{饲料} (烟酸)/(mg · kg ⁻¹)		饲料原料及比例/%											营养成分及比例/%			
添加梯度	实测值	酪蛋白	明胶	豆粕	糊精	玉米淀粉	玉米油	豆油	氯化胆碱	维生素预混料 ¹⁾	无机盐预混料 ²⁾	微晶纤维素	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分
0	11. 84	20	5	20	16	20	3	3	0. 25	1	4	7. 75	9. 52	29. 49	6. 60	4. 00
20	37. 78	20	5	20	16	20	3	3	0. 25	1	4	7. 75	9. 50	29. 50	6. 67	3. 98
40	64. 70	20	5	20	16	20	3	3	0. 25	1	4	7. 75	9. 49	29. 49	6. 71	4. 05
80	89. 44	20	5	20	16	20	3	3	0. 25	1	4	7. 74	9. 57	29. 45	6. 65	4. 00
160	157. 15	20	5	20	16	20	3	3	0. 25	1	4	7. 73	9. 52	29. 49	6. 69	4. 03
320	335. 36	20	5	20	16	20	3	3	0. 25	1	4	7. 72	9. 50	29. 53	6. 67	3. 96

1) 维生素预混料由下列成分组成(mg · g⁻¹): 硫胺素盐酸盐 5; 核黄素 5; 泛酸钙 10; *D*-生物素 0. 003; 盐酸吡哆醇 4; 叶酸 1. 5; 肌醇 200; *L*-维生素 C-2-磷酸镁 3. 95; α-维生素 E 醋酸酯 50; 维生素 K 4; 视黄醇醋酸酯 0. 4 和维生素 D3 46. 85 × 10⁻⁵; 再用微晶纤维素添加至 1 g. 2) 矿物质预混料由下列成分组成(mg · g⁻¹): 磷酸二氢钙 135. 8; 乳酸钙 327; 硫酸亚铁 2. 125; 硫酸镁 137; 磷酸二氢钠 87. 2; 氯化钠 43. 5; 氯化铝 0. 15; 碘酸钾 0. 125; 氯化钾 75; 氯化铜 0. 1; 硫酸锰 0. 80; 氯化钴 1 和硫酸锌 3; 再用微晶纤维素添加至 1 g.

1.2 试验设计与饲养管理

试验鱼为广西罗非鱼国家级育种试验场繁育的 1 冬龄吉富罗非鱼. 正式试验前用药浴消毒后,用对照组饲料驯养 2 周,使其适应试验环境及试验饲料.

正式试验开始前,将试验鱼饥饿处理 24 h 后,挑

选规格一致的吉富罗非鱼 360 尾,平均体质量为 (220. 17 ± 7. 66) g,养殖于 18 个池塘网箱(1. 0 m × 1. 0 m × 1. 5 m)中,每箱 20 尾,然后随机分成 6 组,每组设 3 个重复,分别投喂 6 组试验饲料,每天投喂 3 次(08:00、12:00、16:00 各 1 次),投喂量为体质量的

3%,每2周称量1次,根据体质量的变化调整投喂量,养殖试验持续10周.每日观察记录水温、试验鱼摄食及死亡情况.饲养期间的水温(25~36℃)、pH(7.4~7.6)、溶解氧、氨氮、亚硝酸盐、硫化物均在池塘养殖水质标准范围之内.

1.3 取样

养殖10周后,鱼体饥饿24 h,测定每个网箱的试验鱼总质量,同时计数罗非鱼尾数,计算平均体质量、增质量率、特定生长率和成活率;统计每个重复投喂的饲料质量,计算饲料效率;每个网箱随机取3尾鱼,用于测定全鱼粗蛋白、粗脂肪、水分和灰分;再从每个网箱中随机取3条鱼分别测量体长与体质量,计算肥满度;并从尾部静脉采血,4℃静置2 h,3 000 r·min⁻¹离心10 min,取上层血清,用于部分生化指标的检测;再进行解剖,分离内脏和肝脏,并称质量,计算脏体比和肝体比;并保存肝脏样品,用于烟酸含量的测定.血清、肝脏样品均保存于-80℃冰柜中备用.

1.4 指标测定

根据以下公式,计算增质量率、特定生长率、饲料效率、成活率、肝体比、脏体比和肥满度.

增质量率=(末均体质量-初均体质量)/初均体质量×100%,

特定生长率=[ln(末均体质量)-ln(初均体质量)]/饲养时间×100%,

饲料效率=每个网箱总增体质量/每个网箱投喂的饲料总质量,

成活率=终尾数/初尾数×100%,

肝体比=肝脏质量/体质量×100%,

脏体比=内脏质量/体质量×100%,

肥满度=体质量/体长³.

全鱼和饲料的水分含量采用105℃恒温干燥失

重法测定;粗脂肪采用索氏抽提法测定;粗蛋白采用凯氏定氮法测定;灰分采用马福炉灰化法测定.血清总胆固醇、三酰甘油、高密度脂蛋白胆固醇和总蛋白含量采用Sysmex全自动生化分析仪(Chemix-800)测定.饲料和肝脏中烟酸含量采用高效液相色谱法(酸碱水解)检测(BS EN 15652—2009).

1.5 数据处理

采用SPSS 18统计软件中One-way ANOVA方差分析和Duncan's均值多重比较法对试验结果的差异显著性进行分析处理,试验结果均以平均值±标准差表示.

2 结果

2.1 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼生长和饲料利用的影响

各个组试验鱼成活率均为100%.饲料烟酸含量对试验吉富罗非鱼生长和饲料利用的影响见表2,经过10周的生长,随着饲料中烟酸含量的提高,试验鱼增质量率、特定生长率和饲料效率呈先上升后稳定的趋势.各烟酸添加组增质量率和特定生长率显著高于对照组($P<0.05$),各烟酸添加组间无显著差异($P>0.05$).对照组饲料效率显著低于烟酸质量比为64.70 mg·kg⁻¹及以上组($P<0.05$),与37.78 mg·kg⁻¹组无显著差异($P>0.05$),各添加组间饲料效率无显著差异($P>0.05$).饲料中添加烟酸显著提高试验鱼肥满度和肝体比,各烟酸添加组显著高于对照组($P<0.05$),脏体比在各组间无显著差异($P>0.05$).根据饲料烟酸含量与试验吉富罗非鱼增质量率的关系,经折线模型回归分析得回归方程为: $y=0.5256\times(x-63.62)+148.5$, $R^2=0.9895$ (图1),得罗非鱼获得最大生长时对饲料中烟酸的需要量为63.62 mg·kg⁻¹.

表2 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼生长性能和饲料利用的影响¹⁾
Tab.2 Effects of dietary niacin levels on growth performance and feed utilization of large GIFT tilapia

$w_{\text{饲料(烟酸)}}$ (mg·kg ⁻¹)	初均体 质量/g	末均体 质量/g	增质量 率/%	特定生长 率 ²⁾ /%	饲料效率	肥满度/ (g·cm ⁻³)	肝体比/%	脏体比/%
11.84	220.00±9.00	484.99±9.31	120.44±2.81a	1.41±0.02a	0.71±0.04a	3.36±0.21a	3.50±0.66a	9.24±0.63a
37.78	220.00±5.00	520.45±6.34	136.57±2.88b	1.54±0.02b	0.82±0.05ab	3.72±0.15b	4.56±0.44b	10.50±0.88a
64.70	220.33±10.02	547.43±30.41	148.25±13.00b	1.62±0.09b	0.93±0.07b	3.75±0.33b	4.52±0.70b	10.36±0.96a
89.44	220.67±10.50	547.60±9.33	148.34±3.44b	1.62±0.02b	0.87±0.01b	3.92±0.17b	4.26±0.38b	9.55±0.57a
157.15	220.00±9.54	551.27±5.75	149.93±1.69b	1.64±0.01b	0.91±0.06b	3.69±0.11b	4.92±0.34b	10.47±0.85a
335.36	220.00±9.54	541.78±7.94	146.28±5.19b	1.61±0.04b	0.87±0.07b	3.75±0.17b	4.33±0.39b	10.22±1.35a

1)表中数据为养殖10周的平均值±标准差,同列数据后凡有一个相同小写字母者表示差异不显著($P>0.05$,Duncan's法);2)指饲养期内每天的特定生长率.

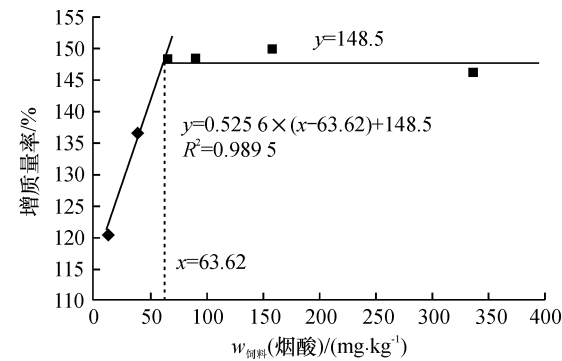


图1 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼增质量率影响的回归分析
Fig. 1 Regression analysis of dietary niacin levels and mass gain rate of large GIFT tilapia

2.2 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼体成分组成的影响

饲料烟酸含量对吉富罗非鱼体成分组成的影响见表3,经过10周的生长,饲料中添加一定量的烟酸显著影响试验鱼全鱼粗蛋白含量和粗脂肪含量. 157.15和335.36 mg·kg⁻¹ 2组全鱼粗蛋白含量显著高于其他组 ($P < 0.05$),其他组间无显著差异 ($P > 0.05$);全鱼粗脂肪含量在64.70 mg·kg⁻¹组最高,显著高于对照组 ($P < 0.05$),与37.78 mg·kg⁻¹组无显著差异,其他各组间粗脂肪含量无显著差异 ($P > 0.05$);全鱼水分与粗灰分含量在各组间无显著差异 ($P > 0.05$).

表3 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼体成分组成的影响¹⁾
Tab.3 Effects of dietary niacin levels on the body composition of large GIFT tilapia

$w_{\text{饲料}}(\text{烟酸})/$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$w/\%$			
	水分	脂肪	粗蛋白	粗灰分
11.84	66.68 ± 0.74a	11.29 ± 0.61a	16.53 ± 0.50a	3.14 ± 0.61a
37.78	67.31 ± 0.82a	11.50 ± 0.76ab	16.21 ± 0.65a	3.06 ± 0.45a
64.70	67.24 ± 0.41a	12.45 ± 1.08b	16.47 ± 1.31a	2.61 ± 0.51a
89.44	67.08 ± 0.71a	10.87 ± 0.62a	16.41 ± 0.55a	3.11 ± 0.48a
157.15	67.39 ± 0.61a	10.77 ± 0.60a	17.94 ± 0.56b	3.10 ± 0.60a
335.36	67.24 ± 0.67a	11.35 ± 1.09a	18.16 ± 1.05b	3.25 ± 0.52a

1)表中数据为养殖10周的平均值±标准差,同列数据后凡有一个相同小写字母者表示差异不显著 ($P > 0.05$, Duncan's法).

2.3 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼血清生化指标的影响

饲料烟酸含量对吉富罗非鱼部分血清生化指标的影响见表4,经过10周的生长,随着饲料中烟酸含量提高,试验鱼血清总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、总蛋白含量呈先升高后下降的趋势,其中157.15 mg·kg⁻¹组试验鱼血清总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇含量达到最大值,显著高于对照组 ($P < 0.05$),对照组试验鱼血清总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇

含量与37.78、64.70和335.36 mg·kg⁻¹组无显著差异 ($P > 0.05$);血清总蛋白含量在各组间无显著差异 ($P > 0.05$);血清总三酰甘油含量显著降低,各烟酸添加组显著低于对照组 ($P < 0.05$).

根据饲料烟酸含量与试验鱼血清高密度脂蛋白胆固醇含量的关系,经二次曲线模型回归分析得回归方程为: $y = -3.480 \times 10^{-5}x^2 + 0.012x + 1.200$, $R^2 = 0.9761$ (图2),得吉富罗非鱼血清高密度脂蛋白胆固醇含量达到最高时,吉富罗非鱼成鱼对饲料烟酸的需要量为172.41 mg·kg⁻¹.

表4 饲料中烟酸含量对吉富罗非鱼部分血清生化指标的影响¹⁾
Tab.4 Effects of dietary niacin levels on some serum biochemical indices of large GIFT tilapia

$w_{\text{饲料}}(\text{烟酸})/$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$c/(\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$			
	总胆固醇	三酰甘油	高密度脂蛋白胆固醇	总蛋白
11.84	3.85 ± 0.78a	3.35 ± 0.06a	1.40 ± 0.38ab	38.33 ± 5.51a
37.78	3.46 ± 0.53a	2.24 ± 0.41b	1.48 ± 0.46abc	38.67 ± 2.08a
64.70	4.34 ± 0.07ab	2.49 ± 0.76b	1.83 ± 0.47abc	41.67 ± 7.23a
89.44	4.95 ± 0.08bc	2.04 ± 0.38b	1.97 ± 0.37bc	44.67 ± 8.14a
157.15	5.33 ± 0.52c	2.49 ± 0.42b	2.18 ± 0.22c	44.33 ± 2.52a
335.36	4.07 ± 0.12ab	2.13 ± 0.31b	1.18 ± 0.45a	33.33 ± 7.77a

1)表中数据为养殖10周的平均值±标准差,同列数据后凡有一个相同小写字母者表示差异不显著 ($P > 0.05$, Duncan's法).

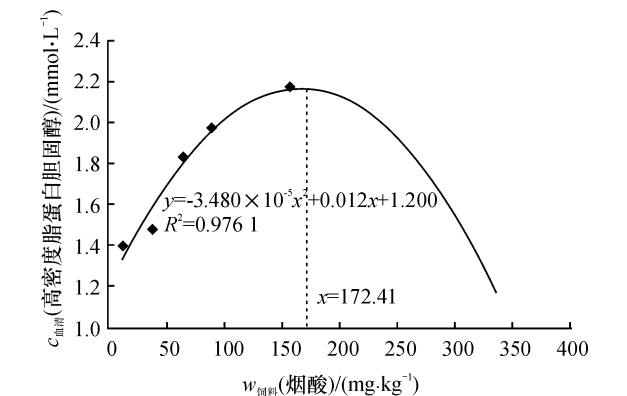


图2 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼血清高密度脂蛋白胆固醇含量的影响的二次回归分析
Fig. 2 Quadratic regression analysis of dietary niacin levels and high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) concentration in the serum of large GIFT tilapia

2.4 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼肝脏烟酸含量的影响

饲料烟酸含量对吉富罗非鱼肝脏烟酸含量的影响见图3,随着饲料中烟酸含量提高,试验鱼肝脏烟酸含量呈先上升后稳定的趋势,其中烟酸质量分数

为 157.15 和 335.36 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 组显著高于其他组 ($P < 0.05$), 37.78、64.70 和 89.44 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 组显著高于对照组 ($P < 0.05$).

根据饲料烟酸含量与试验鱼肝脏烟酸含量的关系,经折线模型回归分析得回归方程为: $y = 0.5719 \times (x - 158.52) + 166.70$ ($R^2 = 0.9122$),得试验鱼肝脏烟酸累积达最大时对饲料中烟酸的需要量为 158.52 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

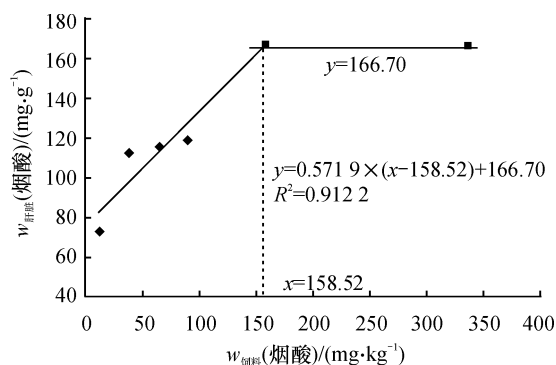


图3 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼肝脏烟酸含量影响的回归分析

Fig. 3 Regression analysis of dietary niacin levels and the liver niacin concentration of large GIFT tilapia

3 讨论

3.1 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼生长性能和饲料利用的影响

烟酸是大多数水生动物生长发育必需的维生素,水生动物食物中缺乏烟酸时通常引起缺乏征,如鲤鱼缺乏烟酸会造成皮肤充血与皮下出血^[5];日本鳗鲡则表现为皮肤出血、皮炎、贫血和游动异常^[6-7];斑点叉尾鲴出现生长不良、皮肤和鳍条病变、眼球突出、死亡率高和贫血^[2];印度鲶鱼出现厌食、出血、昏睡和表皮出血等征状^[8];罗非鱼幼鱼和草鱼则呈现皮肤、鳍条和嘴损伤及出血,嘴部变形和鳃水肿等缺乏征^[3-4].在本试验整个养殖过程中,各组均未出现上述明显的烟酸缺乏征,通过检测对照组饲料中烟酸为 11.84 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,这可能从某种程度上阻止了缺乏征和高死亡率的发生,但对照组生长较缓慢,鱼体增质量率和特定生长率显著低于其他组,表明烟酸是吉富罗非鱼正常生长所必需的营养成分之一,这一结果与大部分学者的研究结果一致.

研究表明饲料中添加烟酸显著提高鱼类的增质量率和饲料转化率,如鲤鱼^[9]、罗非鱼幼鱼^[3]、斑点叉尾鲴^[6]、印度鲶鱼^[8]和草鱼^[4].烟酸促进水产动物生长,可能与烟酸促进水产动物蛋白质^[8]、脂肪^[10]、灰分沉积^[11],进而提高了饲料效率有关^[11].

3.2 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼成鱼体成分组成的影响

饲料添加一定量的烟酸可以提高印度鲶鱼^[8]、印度鲤鱼^[12]、幼建鲤^[11]、草鱼^[4]和异育银鲫^[13]鱼体粗脂肪和粗蛋白含量,可以降低印度鲤鱼^[12]鱼体水分和粗灰分含量.本试验在饲料中添加一定的烟酸显著提高了吉富罗非鱼粗脂肪和粗蛋白含量;而对鱼体水分和粗灰分含量无显著影响,该结果证实了烟酸在鱼类蛋白质和脂肪代谢中的重要作用.烟酸影响蛋白质代谢可能与烟酸能影响动物体内胰岛素的分泌量有关,Crozie 等^[14]研究发现摄入一定量外源烟酸能引起机体胰岛素缺乏,对人体的研究表明,蛋白质降解率与血液中胰岛素含量呈负相关关系^[15].烟酸能降低低密度脂蛋白胆固醇的含量,提高体内高密度脂蛋白胆固醇的含量^[16],这可能是烟酸影响脂肪代谢的途径之一.

3.3 饲料烟酸含量对吉富罗非鱼成鱼血清生化指标的影响

关于烟酸对鱼类的血清生化指标的影响目前研究较少,主要集中在一些血脂指标.人类医学研究表明,烟酸具有双重功能,烟酸摄入量大约为 0.3 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ 时,烟酸主要发挥其维生素的生理学功能,可预防糙皮病;当摄入量达到 7~60 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ 时,烟酸能够通过影响部分血脂指标来影响脂肪代谢^[17].饲料中添加烟酸显著提高草鱼血清高密度脂蛋白胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇,而对总胆固醇和三酰甘油无显著影响^[4].在本试验中,饲料中添加烟酸显著提高吉富罗非鱼血清总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇含量和降低吉富罗非鱼血清总三酰甘油含量.关于烟酸影响血脂指标的具体机制目前尚不清楚.

3.4 吉富罗非鱼成鱼烟酸的需要量

水生动物对烟酸需要量的高低与采用的评价指标密切相关,一般以不出现缺乏征确定的需要量通常不同程度地低于依据其他指标确定的需要量.鲤鱼^[5]不出现缺乏征时烟酸需要量为 20 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而最佳生长时的需要量为 28 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;斑点叉尾鲴^[7]不出现缺乏征时烟酸需要量为 11.6 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而最佳生长时的需要量为 14 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.在本试验中,对照组未出现任何明显烟酸缺乏征,除生长较缓慢,说明对照组饲料中烟酸足以阻止缺乏征的产生,但还不能够维持其最佳生长,与上述结论一致.

本试验以增质量率为评价指标得吉富罗非鱼对烟酸的适宜需要量为 63.62 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,此需要量高于以往报道的其他一些鱼类对烟酸的需要量如斑点叉

尾鲮($14.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[7]、黄尾鲮($12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[2]、军曹鱼($15.03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[18]、鲤鱼($28 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[5]、草鱼($25.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[4]、斑点叉尾鲮($7.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[6]和罗非鱼幼鱼($26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,以葡萄糖为糖源)^[3];类似于金头鲷($63 \sim 83 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[19]的需要量;而大西洋鲑($150 \sim 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[2]和罗非鱼幼鱼($121 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,以糊精为糖源)则需要更多的烟酸来维持生长。

需要量的差异除与试验鱼种类有关外,也受饲料营养组成和试验条件等的影响^[2]。Andrews等^[7]研究得斑点叉尾鲮对烟酸需要量为 $14.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而Ng等^[6]研究却确定其需要量仅为 $7.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,由于试验鱼的初始体质量相似,因此认为是饲料的组成和投喂策略不同产生的影响。Shiau等^[3]研究表明,以单糖(葡萄糖)为糖源,罗非鱼对烟酸的需要量为 $26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而以多糖(糊精)为糖源时,其需要量为 $121 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,可见饲料的组成对鱼类烟酸的需要量有很大影响。同一种动物不同的生长发育期的营养需要量也有很大差异,由于年龄愈小的个体代谢愈快,其营养需要量愈高。Li等^[20]报道维持小斑点叉尾鲮(约10 g)正常的生长及骨骼发育至少需要 $60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 维生素C,但较大的斑点叉尾鲮(约50 g)仅需要 $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。在本试验中,以糊精和玉米淀粉为糖源确定的用于维持吉富罗非鱼(220 g左右)最大生长时对饲料烟酸的需要量($63.62 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)低于Shiau等^[3]以糊精为糖源确定的罗非鱼(2 g左右)需要量($121 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)。

参考文献:

- [1] 麻益良,何瑞国. 维生素烟酸营养研究进展[J]. 山东家禽, 1997(4): 28-30.
- [2] NRC. Nutrient requirements of fish and shrimp[M]. Washington, DC: National Academy Press, 2011: 186-220.
- [3] SHIAU S Y, SUEN G S. Estimation of the niacin requirements for tilapia fed diets containing glucose or dextrin[J]. J Nutr, 1992, 122(10): 2030-2036.
- [4] 吴凡,蒋明,赵智勇,等. 草鱼幼鱼对烟酸的需要量[J]. 水产学报, 2008, 32(1): 65-70.
- [5] AOE H, MASUDA I, TAKED T. Water-soluble vitamin requirements of carp: III: Requirement for niacin[J]. B Jpn Soc Sci Fish, 1967, 33(7): 681-685.
- [6] ANDREWS J W, MURAI T. Dietary niacin requirements for channel catfish[J]. J Nutr, 1978, 108(9): 1508-1511.
- [7] NG W, SERRINI G, ZHANG Z, et al. Niacin requirement and inability of tryptophan to act as a precursor of NAD^+ in channel catfish, *Ictalurus punctatus*[J]. Aquaculture, 1997, 152(1/4): 273-285.
- [8] MOHAMED J S, IBRAHIM A. Quantifying the dietary niacin requirement of the Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), fingerlings[J]. Aquac Res, 2001, 32(3): 157-162.
- [9] 向阳,周小秋,冯琳,等. 幼建鲤的烟酸需要量[J]. 动物营养学报, 2008, 20(5): 527-533.
- [10] POSTON H A, WOLFE M J. Niacin requirement for optimum growth, feed conversion and protection of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, from ultraviolet-B irradiation[J]. J Fish Dis, 1985, 8(5): 451-460.
- [11] 向阳. 烟酸对幼建鲤消化能力和免疫功能的影响[D]. 雅安:四川农业大学, 2008.
- [12] AHMED I. Effect of dietary niacin on growth and body composition of two Indian major carps rohu, *Labeo rohita* and mrigal, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton), fingerlings based on dose-response study[J]. Aquacult Int, 2011, 19(3): 567-584.
- [13] 王锦林. 异育银鲫对维生素B2,维生素B6和烟酸的需求量的研究[D]. 武汉:中国科学院研究生院水生生物研究所, 2007.
- [14] CROZIER S J, ANTHONY J C, SCHWORER C M, et al. Tissue-specific regulation of protein synthesis by insulin and free fatty acids[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2003, 285(4): E754-E762.
- [15] LIU Z, BARRETT E J. Human protein metabolism: Its measurement and regulation[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2002, 283(6): E1105-E1112.
- [16] MCKENNEY J. New perspectives on the use of niacin in the treatment of lipid disorders[J]. Arch Intern Med, 2004, 164(7): 697-705.
- [17] ZAK A, ZEMAN M, VECKA M, et al. Nicotinic acid: An unjustly neglected remedy[J]. Cas Lek Cesk, 2006, 145(11): 825-831.
- [18] 肖林栋. 军曹鱼(*Rachycentron canadum*)主要水溶性维生素营养生理研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2009.
- [19] MORRIS P C, DAVIES S J. The requirement of the gilt-head seabream (*Sparus aurata* L.) for nicotinic acid[J]. Animal Science, 1995, 61(2): 437-443.
- [20] LI Y, LOVELL R T. Elevated levels of dietary ascorbic acid increase immune responses in channel catfish. [J]. J Nutr, 1985, 115(1): 123-131.

【责任编辑 柴 焰】