

饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼生长、肝脏组织结构和部分非特异性免疫指标的影响

张明明¹, 文华^{2,3*}, 蒋明^{2,3}, 吴凡^{2,3},
刘伟^{2,3}, 仲维玮¹, 孙立威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, 淡水生态与健康养殖重点开放实验室, 湖北 荆州 434000;

3. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏 无锡 214081)

摘要: 分别用 15.0% (对照组)、30.0%、45.0%、60.0%、75.0% 的菜粕配制 5 种等氮(粗蛋白质为 34.0%) 等能(总能为 19.2 kJ/g) 饲料, 饲养吉富罗非鱼幼鱼[初始体质量(4.82 ± 0.46) g] 10 周, 考察饲料中不同菜粕水平对吉富罗非鱼生长、肝脏组织结构和部分非特异性免疫指标的影响。结果表明, 吉富罗非鱼的增重率、特定生长率、饲料效率和蛋白质效率随着菜粕水平的增加呈下降趋势, 且 60.0% 和 75.0% 组显著低于对照组 ($P < 0.05$), 30.0% 和 45.0% 组与对照组无显著性差异 ($P > 0.05$); 各处理组之间的肝体比、脏体比和成活率无显著性差异 ($P > 0.05$)。吉富罗非鱼全鱼营养成分, 60.0% 组粗蛋白质含量显著高于对照组 ($P < 0.05$), 60.0% 组粗脂肪含量显著低于 30.0% ($P < 0.05$), 各处理组水分和灰分无显著性差异 ($P > 0.05$)。吉富罗非鱼肝细胞核偏移和空泡变性的数量随着菜粕水平的增加逐渐增加, 肝脏组织结构受损程度加剧。血清碱性磷酸酶活性随着菜粕水平的增加不断升高, 且 75.0% 组显著高于对照组 ($P < 0.05$), 血清超氧化物歧化酶活性随着菜粕水平的增加而下降, 60.0% 组最低, 与对照组差异显著 ($P < 0.05$)。在本试验条件下, 吉富罗非鱼幼鱼饲料中菜粕的使用量不宜超过 45.0%。

关键词: 吉富罗非鱼; 菜粕; 生长; 肝; 组织学; 非特异性免疫

中图分类号: S 963.31⁺⁴

文献标识码: A

近年来, 菜粕在鱼类饲料中得到广泛应用, 但因其含有多种毒素和抗营养因子, 如硫代葡萄糖甙 (GLS)、芥子碱、植酸、单宁等^[1], 限制了菜粕在鱼类饲料中的使用量。已有研究表明, 饲料中菜粕含量超过 40.0% 时会降低草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*) 的生长性能和饲料利用率^[2]; 菜粕含量低于 40.0% 对鲤 (*Cyprinus carpio*) 的生长性能和饲料利用率无不利影响^[3]; TYZEBIATOWSKI 等^[4] 也指出幼鲤体重增长与饲料中菜籽粕含量呈负相关。国内外有关菜粕在鱼类饲料中的应用研究, 主要集中于生长和体成分方面, 关于肝脏组织结构的

研究报道只见于鲤^[5] 和草鱼^[2,5], 对鱼类非特异性免疫功能的研究尚未见报道。

吉富品系罗非鱼 (genetic improvement of farmed tilapia, GIFT) 是由国际水生生物资源管理中心 (ICLARM) 通过 4 个非洲原产地直接引进的尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 品系 (埃及、加纳、肯尼亚、塞内加尔) 和 4 个亚洲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), 经混合选育获得的优良品系^[6], 具有生长速度快, 出肉率高, 肉质丰满、细嫩, 味道鲜美等特点, 有重要的经济价值。

收稿日期: 2010-11-07 修回日期: 2011-02-15

资助项目: 2007 年公益性行业 (农业) 科研专项经费资助 (nyhyzx07-044); 罗非鱼现代产业技术体系建设 (nycytx-48-9); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助 (中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)

通讯作者: 文华, E-mail: wenhua_hb@163.com

本文以吉富品系罗非鱼幼鱼为试验对象,研究不同菜粕水平对吉富罗非鱼生长和体组成的影响,并通过血清中的酶活力指标和肝脏组织切片的观察,考察不同菜粕水平对吉富罗非鱼非特异性免疫功能和肝脏组织结构的影响,为菜粕在罗非鱼配合饲料中的应用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验鱼

试验所用吉富罗非鱼购买自国家级广西南宁罗非鱼良种场,初始体质量为 (4.82 ± 0.46) g。

试验用鱼运回后先暂养于养殖桶中,药浴消毒,并用商品饲料驯养2周,使其适应试验条件。

1.2 试验饲料

以菜粕、豆粕、棉粕、次粉等为原料,菜粕设置为15.0% (对照组)、30.0%、45.0%、60.0%和75.0% 5个梯度,配制成5组等氮(34.0%)等能(19.2 kJ/g)饲料(表1)。其中,豆粕在高压灭菌锅(温度为105℃)中蒸煮30 min,晾干。将各种原料粉碎,过80目筛,称重后充分混匀,利用小型绞肉机制成直径为2 mm的成品饲料,自然风干后,置于-20℃冰箱中储藏备用。

表1 试验饲料配方及营养组成
Tab.1 Formulas and proximate composition of the experimental diets $n=3, \bar{x} \pm SD$

原料 ingredients	菜粕水平 levels of rapeseed meal				
	15.0%	30.0%	45.0%	60.0%	75.0%
菜粕/(%) rapeseed meal	15.0	30.0	45.0	60.0	75.0
秘鲁鱼粉/(%) Peru fish meal	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
豆粕/(%) soybean meal	34.0	23.5	13.0	2.5	0.0
棉粕/(%) cottonseed meal	8.0	8.0	8.0	8.0	0.0
次粉/(%) wheat middlings	24.75	20.25	15.75	11.25	6.75
鱼油/(%) fish oil	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
玉米油/(%) corn oil	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
羧甲基纤维素钠/(%) CMC-Na	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
氯化胆碱/(%) choline chloride	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
无机盐预混料/(%) mineral premix ¹	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
维生素预混料/(%) vitamin premix ¹	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
营养组成 proximate composition					
粗蛋白/(%) crude protein	33.79	34.62	34.17	34.24	34.90
粗脂肪/(%) crude lipid	7.01	7.99	7.40	7.80	7.68
灰分/(%) ash	9.88	10.46	10.88	11.48	12.07
干物质/(%) dry matter	90.86	90.95	90.88	90.87	90.93
总能/(kJ/g) gross energy ²	19.23	19.40	19.17	19.16	19.07

注:1. 根据HSIEH等^[7]配制无机盐预混料和维生素预混料^[7];2. 根据蛋白质、脂肪、碳水化合物的能量(23.6、39.5和17.2 kJ/g)计算饲料的能量^[8]。

Notes:1. Mineral premix and vitamin premix were formulated according to Hsieh formula^[7];2. Dietary gross energy was calculated according to 23.6,39.5,17.2 kJ/g for protein, lipid and carbohydrate, respectively^[8].

1.3 饲养管理

养殖试验在长江水产研究所中华鲟实验基地的养殖大棚内进行。每组饲料设置3个重复,每个重复30尾吉富罗非鱼,饲养于400 L的养殖桶中。试验前再使用对照组饲料驯养1周,待摄食正常后开始正式试验。2009年8月3日至10月12日进行养殖试验,共70 d,每天投喂3次(08:30-09:30、12:30-13:30、16:30-17:30),投喂量为体质量的3%~5%,每2周称重1次,称重前饥饿24 h,根据体质量变化调整投喂量,每次投喂之前清除桶底的残饵和鱼体排泄物。养殖期间连续通气,保持常流水,溶解氧 ≥ 8.0 mg/L,

养殖水温为 (27.0 ± 3.0) ℃。

1.4 测定方法

生长性能的测定 养殖试验结束后,先将试验鱼饥饿24 h,对每个桶的试验鱼进行称重,计算增重率(WGR)、特定生长率(SGR)、饲料效率(FER)及蛋白质效率(PER);统计各组的死亡情况,计算成活率(SR);每桶取3尾鱼的肝脏和内脏称重,计算肝体比(HSI)和脏体比(VSI),计算公式如下:

$$\text{增重率 (WGR, \%)} = (W_t - W_0) / W_0 \times 100$$

$$\text{特定生长率 (SGR, \% / d)} = (\ln W_t - \ln W_0) / t \times 100$$

$$\text{饲料效率(FER, \%)} = (TW_t - TW_0) / W_f \times 100$$

$$\text{蛋白质效率(PER, \%)} = (W_t - W_0) / (W_f \times D \times P) \times 100$$

$$\text{成活率(SR, \%)} = (N_f / N_i) \times 100$$

$$\text{肝体比(HSI, \%)} = W_H / W \times 100$$

$$\text{脏体比(VSI, \%)} = W_V / W \times 100$$

式中, W_t : 试验第 t 天时体质量(g); W_0 : 初始鱼体质量(g); t : 试验时间(d); TW_t : 试验第 t 天时鱼体总质量(g); TW_0 : 初始鱼体总质量(g); W_f : 投喂饲料总质量(g); P : 饲料中蛋白质含量(%); D : 饲料中干物质含量(%); N_f : 终末尾数, N_i : 初始尾数; W : 鱼体质量(g); W_H : 鱼体肝脏质量(g); W_V : 鱼体内脏质量(g)。

血清中非特异免疫指标的测定 养殖试验结束后, 每桶随机取 3~4 尾鱼, 进行尾静脉采血, 4 °C 静置 2 h, 3 000 r/min 离心 10 min, 得到上层血清。血清碱性磷酸酶活性测定采用对硝基苯磷酸盐法, 血清超氧化物歧化酶活性测定采用黄嘌呤氧化酶法, 血清溶菌酶活性测定采用比浊法, 试剂盒均购买自南京建成生物工程研究所。

营养成分指标测定 养殖试验结束后, 每桶随机取 5 尾鱼做全鱼样品, 进行营养成分分析。采用直接干燥法测定水分含量(GB/T 5009.3-2003); 凯氏定氮法测定粗蛋白质含量(GB/T 5009.5-2003); 索氏抽提法测定粗脂肪含量(GB/T 5009.6-2003), 灼烧称重法测定灰分含量(GB/T 5009.4-2003)^[9]。

肝脏组织切片的观察 养殖试验结束后, 每桶随机取 3 尾鱼, 取肝脏, 用波恩氏液固定, 常规法脱水, 石蜡包埋, 连续切片(厚度 6.0 μm),

用 H. E 染色, 树脂封片, 在光学显微镜下观察其形态和结构的变化。

1.5 统计分析

采用 STATISTIC 6.0 统计软件中 One-Way ANOVA 方差分析和 Duncan 氏多重比较法对试验数据进行分析处理, 所有试验数据均用“平均值 ± 标准偏差”表示, 显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼生长性能和饲料利用率的影响

饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼生长性能和饲料利用率的影响见表 2。随着饲料中菜粕水平的提高, 吉富罗非鱼的生长减慢, 60.0% 和 75.0% 组末均重显著低于对照组 ($P < 0.05$), 30.0% 和 45.0% 组与对照组均无显著性差异 ($P > 0.05$); 30.0% 和 45.0% 组增重率和特定生长率与对照组均无显著性差异 ($P > 0.05$), 60.0% 和 75.0% 组显著低于对照组 ($P < 0.05$); 同时 60.0% 组增重率显著低于 30.0% 组 ($P < 0.05$), 60.0% 和 75.0% 组特定生长率均显著低于 30.0% 组 ($P < 0.05$)。

随着饲料中菜粕水平的提高, 饲料效率和蛋白质效率逐渐降低, 30.0% 和 45.0% 组饲料效率和蛋白质效率与对照组均无显著性差异 ($P > 0.05$), 60.0% 和 75.0% 组饲料效率和蛋白质效率均显著低于对照组以及 30.0% 和 45.0% 组 ($P < 0.05$)。

各处理组之间的肝体比、脏体比和成活率均无显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 2 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼生长性能和饲料利用的影响
Tab. 2 Effects of dietary rapeseed meal levels on growth performance and feed utilization of juvenile GIFT

	菜粕水平 levels of rapeseed meal				
	15.0%	30.0%	45.0%	60.0%	75.0%
初均重/(g) initial weight	4.63 ± 0.32	4.78 ± 0.54	4.83 ± 0.75	4.77 ± 0.45	5.09 ± 0.37
末均重/(g) final weight	44.52 ± 3.85 ^a	44.46 ± 3.80 ^a	41.67 ± 1.10 ^{ab}	35.40 ± 1.07 ^c	39.00 ± 0.95 ^{bc}
增重率/(%) (WGR)	861.44 ± 67.62 ^a	832.61 ± 30.41 ^{ab}	778.81 ± 162.24 ^{abc}	646.44 ± 65.35 ^c	668.49 ± 45.42 ^{bc}
特定生长率/(%/d) (SGR)	3.23 ± 0.10 ^a	3.19 ± 0.05 ^a	3.09 ± 0.25 ^{ab}	2.87 ± 0.12 ^b	2.91 ± 0.08 ^b
饲料效率/(%) (FER)	68.01 ± 5.65 ^a	67.30 ± 3.97 ^a	65.08 ± 2.23 ^a	54.79 ± 0.89 ^b	58.18 ± 0.20 ^b
蛋白质效率/(%) (PER)	2.49 ± 0.21 ^a	2.35 ± 0.14 ^a	2.32 ± 0.08 ^a	1.92 ± 0.03 ^b	1.93 ± 0.01 ^b
肝体比/(%) (HSI)	2.26 ± 0.51	2.47 ± 0.20	2.23 ± 0.28	2.33 ± 0.21	2.43 ± 0.00
脏体比/(%) (VSI)	9.67 ± 0.96	10.03 ± 0.35	8.78 ± 0.93	9.51 ± 0.62	9.71 ± 0.86
成活率/(%) (SR)	98.89 ± 1.92	97.78 ± 1.92	100.00 ± 0.00	97.78 ± 1.92	98.89 ± 1.92

注: 表中同行数据后标注不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 以下同。

Notes: Values with different superscript in the same row are significantly different ($P < 0.05$), the same as following tables.

2.2 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼全鱼组成的影响

饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼全鱼营养成分的影响见表3。60.0%组粗蛋白质含量最高,与对照组和30.0%组差异显著($P < 0.05$),其他

各处理组之间均无显著性差异($P > 0.05$);60.0%组粗脂肪含量显著低于30.0%组($P < 0.05$),其他各处理组之间均无显著性差异($P > 0.05$);各处理组之间的水分和灰分均无显著性差异($P > 0.05$)。

表3 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼全鱼组成的影响(以干物质为基础)

	菜粕水平 levels of rapeseed meal				
	15.0%	30.0%	45.0%	60.0%	75.0%
水分 moisture	68.49 ± 0.77	68.06 ± 0.45	69.02 ± 0.52	69.23 ± 0.45	68.84 ± 1.08
粗蛋白 crude protein	53.31 ± 2.92 ^b	52.17 ± 0.97 ^b	54.80 ± 0.61 ^{ab}	56.54 ± 0.33 ^a	54.59 ± 1.23 ^{ab}
粗脂肪 crude lipid	34.13 ± 1.80 ^{ab}	35.64 ± 1.46 ^a	33.07 ± 1.67 ^{ab}	31.21 ± 0.61 ^b	32.80 ± 3.53 ^{ab}
灰分 ash	9.37 ± 0.23	9.84 ± 0.40	9.69 ± 0.68	10.14 ± 0.81	10.02 ± 1.51

2.3 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼肝脏组织结构的影响

对照组肝细胞正常,核位于肝细胞中央,细胞排列均匀规则;30.0%组有个别肝细胞出现核偏移和空泡变性,细胞质消失;45.0%组肝细胞核偏移和空泡较30.0%组略有增加,部分细胞核浓缩;60.0%组和75.0%组有大量肝细胞出现空泡变性和核偏移现象,且核偏移异常明显(图版-5)。

2.4 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼血清非特异性免疫功能的影响

饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼血清非特异

性免疫功能的影响见表4。随着菜粕水平的增加,血清碱性磷酸酶活性逐渐升高,75.0%组碱性磷酸酶活性显著高于对照组($P < 0.05$),其他各处理组之间无显著性差异($P > 0.05$);血清超氧化物歧化酶活性随着菜粕水平的增加,呈下降趋势,60.0%组超氧化物歧化酶活性显著低于对照组($P < 0.05$),其他各处理组之间无显著性差异($P < 0.05$);血清溶菌酶活性随着菜粕水平的增加,先升高后下降,45.0%组溶菌酶活性最高,但各处理组之间均无显著性差异($P > 0.05$) (表4)。

表4 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼血清碱性磷酸酶(ALP)、超氧化物歧化酶(SOD)和溶菌酶(LZ)活性的影响

	菜粕水平 levels of rapeseed meal				
	15.0%	30.0%	45.0%	60.0%	75.0%
碱性磷酸酶/(U/mL) (ALP)	18.00 ± 1.00 ^a	23.33 ± 4.93 ^{ab}	26.00 ± 2.65 ^{ab}	29.67 ± 11.02 ^{ab}	32.00 ± 4.24 ^b
超氧化物歧化酶/(U/mL) (SOD)	109.55 ± 1.83 ^a	98.27 ± 7.20 ^{ab}	99.19 ± 15.85 ^{ab}	85.78 ± 10.07 ^b	92.17 ± 1.96 ^{ab}
溶菌酶/(μg/mL) (LZ)	18.93 ± 4.55	19.76 ± 1.80	22.05 ± 7.08	20.05 ± 4.99	17.86 ± 3.27

3 讨论

3.1 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼生长性能和饲料利用率的影响

本试验中,添加45.0%的菜粕对吉富罗非鱼幼鱼的生长性能和饲料利用率均无不良影响,当饲料中菜粕水平达到60.0%或75.0%时,其增重率、特定生长率、饲料效率以及蛋白质效率较对照组显著降低。饲喂高水平菜粕饲料在其他鱼类也发现生长缓慢和饲料利用率低的现象,如斑点叉尾鲷

(*Ictalurus punctatus*)^[10]、异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)和团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)^[11]、草鱼和鲤^[12]、莫桑比克罗非鱼(*Tilapia mossambica*)^[13-14]。已有报道发现,单宁^[15]、芥子酸^[16]、芥子酸和硫代葡萄糖甙^[17]等均可降低鱼体生长性能和饲料利用。特别是硫代葡萄糖甙经鱼体消化道微生物的芥子酶作用分解成为硫氰酸盐、异硫氰酸盐、噁唑烷硫酮、腈等有毒物质,严重影响饲料的适口性,降低摄食率,并对消化道黏膜有强烈刺激性^[18],危害更为严重。由此可

见,饲料中菜粕使用量受到限制,与菜粕中有害物质含量有关,同时鱼的品种和规格也会影响菜粕在饲料中的允许量,因此,以生长性能和饲料利用率来评价,吉富罗非鱼幼鱼饲料中菜粕使用量不宜超过45.0%。

3.2 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼全鱼组成的影响

不同菜粕水平对鱼类全鱼组成的影响存在差异,国内外一些研究表明,饲料中不同水平的菜粕对苏氏圆腹鲢(*Pangasius sutchi*)^[19]、大鳞大马哈鱼(*Oncorhynchus tshawytscha*)^[20]、虹鳟(*Salmo gairdneri*)^[21]等全鱼粗蛋白质、粗脂肪、水分和灰分无显著性影响;也有研究发现,随着饲料中菜粕水平的增加,全鱼的水分含量上升^[22],粗蛋白质和灰分含量逐渐增加^[23],粗脂肪含量则逐渐下降^[24]。本试验中,饲料菜粕水平对全鱼的灰分和水分无显著性影响,60.0%组粗蛋白质含量显著高于对照组和30.0%组($P < 0.05$),60.0%组粗脂肪含量与对照组无显著性差异($P > 0.05$),而较30.0%组显著降低($P < 0.05$),表明饲料中高水平菜粕对吉富罗非鱼体成分有一定影响,但并没有一个明显的变化趋势。这与菜粕在莫桑比克罗非鱼^[14](初始体质量约为0.3 g)研究相似,而莫桑比克罗非鱼受到影响的主要营养成分为水分和粗脂肪,两种罗非鱼之间的差异可能与鱼体规格有关;由于吉富罗非鱼生长速度较莫桑比克罗非鱼快,营养物质积累不同,也可能导致差异的出现。

3.3 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼肝脏组织结构的影响

研究发现,菜粕含量等于或大于34.8%时,鲤肝细胞出现空泡变性,特别是菜粕含量为69.5%时,随着试验的进行,鲤肝细胞的空泡变性由部分发展为大面积出现,肝脏淤血,部分肝细胞核浓缩变小、溶解,细胞界限模糊,呈现坏死^[5]。菜粕含量为60.0%时,异育银鲫肝胰脏出现一定肿胀现象,同时引起肝功能受损^[25]。饲料中添加30.0%菜粕时,草鱼肝细胞体积略有变大,出现一些核偏移和空泡变性;菜粕含量达到50%时,肝细胞由变性到坏死,细胞质结构崩解,胞浆呈颗粒状或片状^[2]。JOSEFSSON^[26]指出,菜籽粕引起动物肝脏病变,可能是腓的毒性作用,而且腓的毒性强于其它毒物。于炎湖^[27]指出,腓的毒性作用可以引起细胞内窒息,抑制动物生长,引起肝、肾

等不良反应。刑廷铄等^[28]研究表明,腓主要蓄积在肉鸡肝脏,腓经肝脏内的氧化、还原、水解和结合等生物转化反应,使其化学结构发生变化,形成无毒或毒性较小的其他物质。鱼类的肝脏具有解毒功能,但当体内有害物质含量超过一定量时,其对肝脏的毒害作用就会表现出来,由此可见,菜粕中有害物质,特别是硫代葡萄糖甙及其代谢产物,不仅降低鱼类的生长性能和饲料利用率,同时,可以引起肝脏产生病理变化。本试验中,随着饲料菜粕水平的增加,菜粕含量低于45.0%时,只有少量肝细胞出现空泡变性和核偏移;超过45.0%时,大量肝细胞出现空泡变性和核偏移现象,且核偏移异常明显,肝脏组织结构受损程度加深,这可能是饲料中有害物质含量过高造成的,从而限制了菜粕在饲料中的使用量。

3.4 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼部分血液非特异性免疫指标的影响

在正常情况下,血清碱性磷酸酶活性是很低的,医学上把碱性磷酸酶活性的测定作为肝脏疾病和骨病的临床检验指标,当有肝脏病或骨病时,血清碱性磷酸酶活性会升高^[29]。本试验中,吉富罗非鱼血清碱性磷酸酶活性随菜粕水平的增加而不断升高,75.0%组碱性磷酸酶活性显著高于对照组($P < 0.05$),表明随着有害物质含量的增加,其毒害作用超过肝脏自我解毒能力,导致肝脏受损程度加剧,这与肝脏组织结构的变化一致。

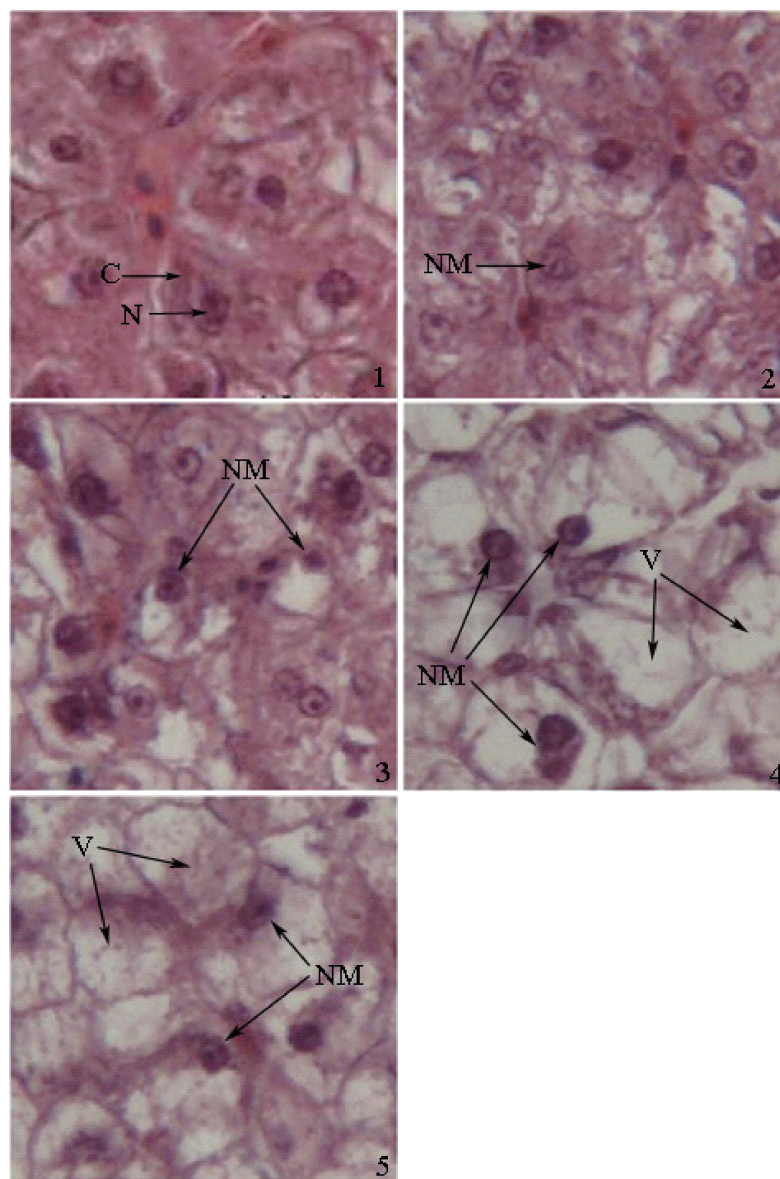
超氧化物歧化酶(SOD)是关键的抗氧化酶之一,是超氧自由基的天然消除剂,当超氧化物歧化酶活性降低时,生物体内自由基量会过量,势必扰乱破坏体内重要的生化过程,导致代谢紊乱,正常生理功能失调,体内免疫水平下降,潜在的病原体被激活,许多疾病也逐步产生和形成^[30]。本试验中,随着菜粕水平的增加,吉富罗非鱼血清超氧化物歧化酶活性呈下降趋势,60.0%组血清超氧化物歧化酶活性显著低于对照组($P < 0.05$),75.0%组低于对照组,但差异不显著($P > 0.05$)。这表明高水平菜粕减弱了吉富罗非鱼的免疫和防御能力,但这种破坏并不明显,从本试验对溶菌酶活性的分析结果即可看出。

华中农业大学水产学院李莉老师在肝脏组织结构的鉴别方面给予很大帮助,在此表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] BELL J M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review [J]. Anim Sci, 1993, 73: 679-697.
- [2] 马利,黄峰,吴建开,等. 不同菜粕水平对草鱼生长、血清生化指标和毒素残留的影响[J]. 水产学报,2005,29(6):798-803.
- [3] 王忠,马永兵,夏先林,等. 网箱养鲤菜籽饼最适用量的研究[J]. 饲料研究,1992,(11):5-6.
- [4] TYZEBIATOWSKI R, FILIPIAK J. Using rapeseed oilmeal in pelleted feed mixtures for carp Cl ~2[J]. Zootechnika,1992,(37):97-103.
- [5] 吴志新,覃江凤,陈孝煊,等. 双低菜籽粕对草鱼和鲤甲状腺、肝、肾组织结构的影响[J]. 华中农业大学学报,2006,25(4):426-430.
- [6] 董在杰,何杰,朱健,等. 60个家系吉富品系罗非鱼初期阶段的生长比较[J]. 淡水渔业,2008,38(3):32-34.
- [7] HSIEH S L, HU C Y, HSU Y T, et al. Influence of dietary lipids on the fatty acid composition and stearoyl-CoA desaturase expression in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) under cold shock [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2007, 147:438-444.
- [8] FU S J, XIE X J, CAO Z D. Effect of feeding level and feeding frequency on specific dynamic action in *Silurus meridionalis* [J]. Fish Biology, 2005, 67: 171-181.
- [9] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. 食品卫生检验方法理化部分(一)GB/T 5009-2003[S]. 北京:中国标准出版社,2004:27-46.
- [10] WEBSTER C D, TUI L G, TIDWELL J H, et al. Growth and body composition of channel catfish *Ictalurus punctatus* fed diets containing various percentage of canola meal [J]. Aquaculture, 1997, 150(1/2):103-112.
- [11] 高贵琴,熊邦喜,赵振山,等. 不同水平双低菜粕替代蛋白对鱼类生长的影响[J]. 水利渔业,2004,(24):55-57.
- [12] 吴志新,覃江凤,陈孝煊,等. 双低菜籽粕在草鱼、鲤和日本沼虾配合饲料中适宜使用量的研究[J]. 淡水渔业,2005,35(5):12-15.
- [13] JACKON A J, CAPPER B S, MATTY A J. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus* [J]. Aquaculture, 1982, 27:97-109.
- [14] DAVIES S J, MCCONNELL S, BATESON R I. Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters) [J]. Aquaculture, 1990, 87: 145-154.
- [15] FRANCIS G, MAKKAR H P S, BECKER K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish [J]. Aquaculture, 2001, 199:197-227.
- [16] HENDRICKS J D. Adventitious toxins [M]. Fish Nutrition (Third Edition), 2002:612.
- [17] 刘文斌,王爱民,王恬. 菜籽粕中芥子酸和硫甙对异育银鲫生长和生理机能的影响[J]. 南京农业大学学报,2004,27(1):78-80.
- [18] 程进. 菜籽饼硫代葡萄糖甙降解产物对猪、鸡、鸭甲状腺的影响[J]. 浙江农业大学学报,199319(2):209-214.
- [19] 刘修英,王岩,王建华. 利用豆粕、菜粕和棉粕替代饲料中鱼粉对苏氏圆腹鲢摄食、生长和饲料利用的影响[J]. 水产学报,2009,33(3):479-487.
- [20] HIGGS D A, MCBRIDE J R, MARKERT J R. Evaluation of Tower and Candle rapeseed (canola) meal and Bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) [J]. Aquaculture, 1982, 29(1/2):1-31.
- [21] YURKOWSKI M, BAILEY J K, WANS R E. Acceptability of rapeseed protein in diets of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. Fisheries Res Board of Can, 1978, 35(7):951-962.
- [22] LIM C, BEAMES R M, EALES J G. Nutritive values of low and high fibre canola meals for shrimp (*Penaeus vannamei*) [J]. Aquaculture Nutrition, 1997, 3(4):269-279.
- [23] LIM C, KLESZIUS P H, HIGGS D A. Substitution of canola meal for soybean meal in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. World Aquac Soc, 1998, 29(2):161-168.
- [24] TAKII K, KITA E, NAKAMURA M. Evaluation of rapeseed protein concentration as protein source of diet for red sea bream [J]. Fisheries Science, 1999, 65(1):150-154.
- [25] 蒋春琴,冷向军,李小勤,等. 饲料中菜粕和棉粕的不同配比对异育银鲫生长性能、血浆生化指标和棉酚残留的影响[J]. 水产学报,2010, 34(12): 1917-1925.
- [26] JOSEFSSON E. Glucosinolate content and amino acid composition of rapeseed (*Brassica napus*) meal as affected by sulphur and nitrogen nutrition [J]. Science of Food and Agriculture, 1970, 21(2):98-103.

- [27] 于炎湖. 饲料毒物学附毒物分析[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [28] 邢廷铤, 何烈华. 腓对肉仔鸡生长发育和物质代谢的影响[J]. 动物毒物学, 1998, 13(1/2): 50-54.
- [29] 上海市医学化验所主编. 临床生化检验(上册)[M]. 上海: 上海科技出版社, 1984: 314-357.
- [30] 丁美丽, 林林, 李光友, 等. 有机污染对中国对虾体内外环境影响的研究[J]. 海洋与湖沼, 1997, 28(1): 17-21.



图版说明

1. 对照组吉富罗非鱼正常肝细胞($\times 400$), C 示细胞质, N 示细胞核; 2. 30% 菜粕组个别肝细胞发生核偏移($\times 400$), NM 示核偏移; 3. 45% 菜粕组一些肝细胞出现核偏移和空泡变性($\times 400$), V 示空泡变性; 4, 5. 60% 和 75% 菜粕组肝细胞出现大量核偏移和空泡变性($\times 400$)。

Explanation of Plate

1. Liver of GIFT tilapia fed control diet showing no visible change ($\times 400$), cytoplasm (C), nucleus (N); 2. Individual hepatocytes of GIFT tilapia fed 30% group diet showing nuclear migration (NM) ($\times 400$); 3. Some hepatocytes of GIFT tilapia fed 45% group diet showing nuclear migration (NM) and vacuolar degeneration (V) ($\times 400$); 4, 5. A massive of hepatocytes of GIFT tilapia fed 60% and 75% group diets showing nuclear migration (NM) and vacuolar degeneration (V) ($\times 400$).

Effects of dietary rapeseed meal levels on growth, liver tissue structure and some nonspecific immunity indices of juvenile GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*)

ZHANG Ming-ming¹, WEN Hua^{2,3*}, JIANG Ming^{2,3}, WU Fan^{2,3},
LIU Wei^{2,3}, ZHONG Wei-wei¹, SUN Li-wei¹

(1. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Key Laboratory of Freshwater Fish Ecology & Healthy, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Jingzhou 434000, China;

3. Freshwater Fishery Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: Rapeseed meal is used widely in fish feed, but contains a variety of harmful substances, and this restricts its use. So, a 10-week feeding experiment was conducted to evaluate the effects of dietary rapeseed meal levels on growth, liver tissue structure and some nonspecific immunity indices of juvenile GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) [initial body weight (4.82 ± 0.46) g]. Five isonitrogenous (crude protein 34%) and isoenergetic (total energy 19.2 kJ/g) diets were formulated to contain rapeseed meal 15.0% (control group), 30.0%, 45.0%, 60.0%, 75.0% respectively. The results showed that weight gain rate (WGR), specific growth rate (SGR), feed efficiency ratio (FER) and protein efficiency ratio (PER) of GIFT tilapia decreased with increasing the level of rapeseed meal levels, 60.0% and 75.0% group were significantly lower than those in control group ($P < 0.05$), 30.0% and 45.0% group had no significant differences with the control group ($P > 0.05$). No significant differences in hepatosomatic index (HSI), viscerosomatic index (VSI) and survival rate (SR) were observed among treatments. Proximate composition in whole body of GIFT, crude protein content of 60.0% group was significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$), crude fat content of 60.0% group was significantly lower than that in 30.0% group, no significant differences in moisture and ash was observed among treatments ($P > 0.05$). The number of hepatocytes with empty vacuoles degeneration and nuclear migration increased progressively with the increasing the level of rapeseed meal, liver tissue structure damaged increasingly. In serum, alkaline phosphatase (ALP) activity increased with the increasing of the rapeseed meal levels, 75.0% group was significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$), while superoxide dismutase (SOD) activity declined with the increasing the level of rapeseed meal, 60.0% group was lowest, and has significant difference with control group ($P < 0.05$). In this condition, a percentage of no more than 45.0% of dietary rapeseed meal in juvenile GIFT tilapia was advisable.

Key words: GIFT tilapia; rapeseed meal; growth; liver; histology; nonspecific immunity

Corresponding author: WEN Hua. E-mail: wenhua_hb@163.com