动物营养学报 2019,31(12):5866-5872
Chinese Journal of Animal Nutrition

doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2019.12.052

植物甾醇对罗非鱼生长性能、血清脂质代谢指标和肝胰脏抗氧化指标的影响

李志华[1]　黄志毅[1]　潘忠超[1]　孙凤刚[1]　赵会宏[2*]

(1.广东蔚莱生物科技有限公司,广州 511400;2.华南农业大学海洋学院,广州 510000)

摘　要: 本试验旨在研究植物甾醇对吉富罗非鱼生长性能、血清脂质代谢指标和肝胰脏抗氧化指标的影响。选取体质量为(39.25±1.56) g 的吉富罗非鱼 360 尾,随机分成 4 组(每组 3 个重复,每个重复 30 尾),分别投喂在基础饲料中添加 0(L1 组,作为对照组)、20(L2 组)、40(L3 组)和 160 mg/kg(L4 组)植物甾醇的试验饲料,进行为期 60 d 的饲养试验。结果显示:1)与 L1 组相比,L2、L3 组罗非鱼的增重率和特定生长率显著提高($P<0.05$),L2、L3、L4 组罗非鱼的饲料系数均显著降低($P<0.05$),其中 L2 组效果最佳。2)饲料中添加不同水平植物甾醇均可显著提高罗非鱼肌肉粗灰分含量($P<0.05$),但对肌肉水分、粗蛋白质和粗脂肪含量没有显著影响($P>0.05$)。3)与 L1 组相比,L2、L3、L4 组血清总胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇含量均显著降低($P<0.05$)。4)与 L1 和 L4 组相比,L2、L3 组肝胰脏超氧化物歧化酶活性显著提高($P<0.05$),但肝胰脏过氧化氢酶活性和丙二醛含量则没有显著差异($P>0.05$)。由此得出,在饲料中添加适量的植物甾醇可以促进罗非鱼生长,降低血清脂质含量,同时对改善罗非鱼肝胰脏抗氧化能力有一定的积极作用。本试验条件下,在人工配合饲料中添加 20 mg/kg 植物甾醇时罗非鱼可获得最佳的生长性能。

关键词: 植物甾醇;罗非鱼;生长性能;脂质代谢;抗氧化

中图分类号:S963　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1006-267X(2019)12-5866-07

植物甾醇是植物中天然存在的一种以环戊烷全氢菲为骨架的生物活性成分,其分子的基本骨架由 3 个六元环和 1 个五元环组成,C-3 位连有 1 个羟基,C-17 位连有 1 个由 8~10 个碳原子构成的侧链,C-5 位上大多为双键[1]。植物甾醇独特的结构特点决定了它具有多方面的生理活性及广泛的用途。根据在自然界中的存在形式,植物甾醇可以分为游离型和酯化型,游离型植物甾醇主要包括谷甾醇、豆甾醇、菜油甾醇,常见的还有麦角甾醇、菜籽甾醇等。植物甾醇在植物油中含量最高,豆类和谷类食物次之,蔬菜、水果相对较少[2]。植物甾醇被誉为“生命的钥匙”,具有多样的药理作用,能降低血清总胆固醇(TC)与低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量,具有抗肿瘤、抗炎、抗氧化等生物活性[3-6],因此在食品、医药和饲料等行业中受到越来越多的关注。2008 年,植物甾醇被我国农业部批准为饲料添加剂新品种,获准在畜禽饲料中使用。目前已有不少关于植物甾醇在畜牧生产中应用的研究,但植物甾醇在水产养殖中应用的研究尚少。本试验通过在罗非鱼饲料中添加不同水平的植物甾醇,对植物甾醇的促生长作用进行全面综合评价,并研究其对罗非鱼血清脂质代谢指标和肝胰脏抗氧化指标的影响,确定其最佳添加量,为植物甾醇在水产养殖生产中

收稿日期:2019-06-14

基金项目:广东省自然科学基金(2017A030313099);广东省科技计划项目(2015A020208002);广东省农业科技特派员项目(华南农业大学)

作者简介:李志华(1984—),男,广东江门人,硕士研究生,研究方向为水产动物营养。E-mail: lzh1811@163.com

* **通信作者:**赵会宏,副教授,硕士生导师,E-mail: zhaohh@scau.edu.cn

的应用提供必要的技术参数和理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

试验用吉富罗非鱼购于广州番禺罗非鱼良种场。试验用植物甾醇(甾醇含量为95%,其中豆甾醇含量为33%,β-谷甾醇含量为50%,菜油甾醇含量为10%,菜籽甾醇含量为2%)由广东蔚莱生物科技有限公司提供。

1.2　试验设计

选取体质量为(39.25±1.56) g的吉富罗非鱼360尾,随机分成4组(每组3个重复,每个重复30尾),分别投喂在基础饲料中添加0(L1组,作为对照组)、20(L2组)、40(L3组)和160 mg/kg(L4组)植物甾醇的试验饲料。基础饲料组成及营养水平见表1。各试验饲料均制成颗粒饲料后投喂。

1.3　饲养管理

将试验鱼苗运回消毒后,在广东蔚莱生物科技有限公司室内循环养殖系统暂养1周,暂养期间投喂L1组饲料,然后按试验设计进行分组投喂。养殖水为经过毛刷、生化棉过滤的自来水。每天定量投喂2次,每日09:00和15:00投喂,日投喂量为罗非鱼体质量的2%~4%,并根据摄食、生长和天气情况适当调整。试验期间,自然光照,水体温度为25~30 ℃,pH为7.40~7.80,溶解氧浓度>5.0 mg/L,氨氮浓度<0.3 mg/L,亚硝酸浓度<0.1 mg/L。每天观察试验鱼的活动和健康状况,追踪记录死亡和投喂量。定期排污和换水,换水量约为20%。饲养周期为60 d。

1.4　样品采集

养殖试验结束后,鱼体饥饿24 h后采样。统计每个养殖桶的罗非鱼尾数并称总重,然后分别采集罗非鱼的肌肉、肝脏与血清。每桶随机选取6尾规格一致的试验鱼,丁香酚麻醉后解剖取肝脏,取组织块约1 g在冰冷的生理盐水中漂洗,除去血液,滤纸吸干,称重,放入匀浆玻璃管中,按1 g样品:10 mL生理盐水的比例加入冰冻生理盐水,用玻璃匀浆机匀浆。将制备好的10%组织匀浆在4 ℃下3 000 r/min离心10 min,取上清液,-80 ℃冻存。每桶另随机选取3尾试验鱼,去鳞取出两侧背肌,于105 ℃烘干至恒重备用,测定肌肉常规营养成分含量。每桶再随机取5尾试验鱼,用经肝素钠试剂润洗后的注射器进行尾静脉采血,低温静置1 h后,以4 000 r/min离心15 min,制得血清样品,置于-80 ℃冰箱中以备分析。

表1　基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
鱼粉 Fish meal	4.0
豆粕 Soybean meal	23.5
菜籽粕 Vegetable meal	25.0
棉籽粕 Cottonseed meal	10.0
米糠 Rice bran	11.0
小麦麸 Wheat bran	20.0
磷酸二氢钙 $Ca(H_2PO_4)_2$	2.0
氯化胆碱 Choline chloride	0.5
豆油 Soybean meal	3.0
维生素预混料 Vitamin premix[1)]	0.5
矿物质预混料 Mineral premix[2)]	0.5
合计 Total	100.0
营养水平 Nutrient levels	
水分 Moisture	8.50
粗蛋白质 CP	30.29
粗脂肪 EE	6.98
粗灰分 Ash	7.25

[1)] 维生素预混料为每千克饲料提供 The vitamin premix provided the following per kg of the diet: VA 8 000 IU, VD_3 1 500 IU, VE 100 mg, VK_3 5 mg, VB_1 10 mg, VB_2 15 mg, VB_6 15 mg, VB_{12} 0.02 mg, 生物素 biotin 0.2 mg, 叶酸 folic acid 4 mg, *D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 40 mg, 烟酸 nicotinic acid 80 mg, VC 140 mg, 肌醇 inositol 120 mg。

[2)] 矿物质预混料为每千克饲料提供 The mineral premix provided the following per kg of the diet: Cu (as copper sulfate) 8 mg, Fe (as ferrous sulfate) 100 mg, Mn (as manganese sulfate) 50 mg, Zn (as zinc sulfate) 80 mg, I (as potassium iodide) 0.3 mg, Se (as sodium selenite) 0.1 mg, Co (as cobalt chloride) 0.3 mg。

1.5　测定指标及方法

1.5.1　生长性能的测定

按以下公式计算增重率(WGR)、特定生长率(SGR)、饲料系数(FCR)和成活率(SR):

增重率(%)=100×(终末体重-初始体重)/初始体重;

特定生长率(%/d)=100×(ln 终末体重-ln 初始体重)/饲养天数;

饲料系数(FCR)= 总投喂量/鱼总增重;

成活率(%)= 100×终末尾数/初始尾数。

1.5.2 肌肉常规营养成分含量的测定

肌肉常规营养成分含量参考 AOAC(1995)方法进行测定。其中,水分含量采用 105 ℃常压干燥法测定,粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定,粗脂肪含量采用索氏提取法测定,粗灰分含量采用 550 ℃马福炉高温灼烧法测定。

1.5.3 血清脂质代谢指标的测定

采用北京北化康泰临床试剂有限公司生产的相应试剂盒测定血清甘油三酯(TG)、TC、LDL-C 和高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)含量,测定方法参照试剂盒使用说明。

1.5.4 肝胰脏抗氧化指标的测定

采用南京建成生物工程研究所生产的相应试剂盒测定肝胰脏超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性和丙二醛(MDA)含量,测定方法参照试剂盒使用说明。

1.6 数据统计与分析

试验数据采用平均值±标准差(mean±SD)表示。数据处理用 SPSS 17.0 软件进行,采用单因素方差分析(one-way ANOVA)检验显著性水平,当方差分析显示处理结果差异显著时,采用 Duncan 氏法多重比较分析组间差异显著性。以 $P<0.05$ 为差异显著标准。

2 结果与分析

2.1 植物甾醇对罗非鱼生长性能的影响

植物甾醇对罗非鱼生长性能的影响见表 2。L2、L3 和 L4 组的终末体重、增重率、特定生长率及成活率均高于 L1 组,其中 L2 和 L3 组的终末体重、增重率、特定生长率与 L1 组的差异达到显著水平($P<0.05$)。L2、L3 和 L4 组的饲料系数显著低于 L1 组($P<0.05$),同时 L2 组的饲料系数还显著低于 L3 和 L4 组($P<0.05$)。

表 2 植物甾醇对罗非鱼生长性能的影响

Table 2 Effects of phytosterol on growth performance of tilapia

项目 Items	组别 Groups			
	L1	L2	L3	L4
初始体重 IBW/(g/尾)	39.37±1.74	39.57±1.42	39.02±1.15	39.35±1.18
终末体重 FBW/(g/尾)	132.96±5.56^{a}	145.79±5.39^{c}	138.39±4.18^{b}	135.95±3.51^{ab}
增重率 WGR/%	237.72±3.41^{a}	268.44±2.62^{c}	254.66±8.74^{b}	245.49±5.97^{ab}
特定生长率 SGR/(%/d)	2.03±0.11^{a}	2.17±0.18^{b}	2.11±0.09^{b}	2.07±0.05^{ab}
饲料系数 FCR	1.13±0.08^{a}	1.01±0.05^{c}	1.07±0.09^{b}	1.08±0.08^{b}
成活率 SR/%	95.56±2.31	97.78±1.33	97.78±1.33	96.67±1.89

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著($P>0.05$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2 植物甾醇对罗非鱼肌肉常规营养成分含量的影响

植物甾醇对罗非鱼肌肉常规营养成分含量的影响见表 3。除 L2、L3 和 L4 组的肌肉粗灰分含量显著高于 L1 组($P<0.05$)外,肌肉水分、粗脂肪和粗蛋白质含量各组之间均差异不显著($P>0.05$)。

2.3 植物甾醇对罗非鱼血清脂质代谢指标的影响

植物甾醇对罗非鱼血清脂质代谢指标的影响见表 4。与 L1 组相比,L2、L3 和 L4 组血清 TC、TG 和 LDL-C 含量均显著下降($P<0.05$)。血清 HDL-C 含量各组之间差异不显著($P>0.05$)。

2.4 植物甾醇对罗非鱼肝胰脏抗氧化指标的影响

植物甾醇对罗非鱼肝胰脏抗氧化指标的影响见表 5。与 L1 组相比,L2 和 L3 组的肝胰脏 SOD 活性显著提高($P<0.05$),L4 组则有所下降($P>0.05$)。与 L1 组相比,L2 和 L3 组的肝胰脏 CAT 活性有所提高,L4 组则有所降低,但差异均不显著($P>0.05$)。与 L1 组相比,L2 和 L3 组的肝胰脏 MDA 含量有所下降,L4 组则有所上升,但差异均不显著($P>0.05$)。

表 3　植物甾醇对罗非鱼肌肉常规营养成分含量的影响

Table 3　Effects of phytosterol on muscle common nutritional component contents of tilapia　　%

项目 Items	组别 Groups			
	L1	L2	L3	L4
水分 Moisture	68.46±1.78	68.74±0.38	68.09±1.21	68.61±1.22
粗脂肪 EE	8.93±0.63	9.11±0.73	9.05±0.43	9.01±0.64
粗蛋白质 CP	15.37±0.39	15.98±0.40	15.80±0.69	15.55±0.73
粗灰分 Ash	4.15±0.28^{a}	4.82±0.33^{b}	4.78±0.46^{b}	4.94±0.38^{b}

表 4　植物甾醇对罗非鱼血清脂质代谢指标的影响

Table 4　Effects of phytosterol on serum lipid metabolism indicators of tilapia　　mmol/L

项目 Items	组别 Groups			
	L1	L2	L3	L4
总胆固醇 TC	3.08±0.21^{a}	2.64±0.14^{c}	2.86±0.14^{b}	2.75±0.08^{bc}
甘油三酯 TG	1.65±0.12^{a}	1.32±0.09^{c}	1.34±0.09^{c}	1.49±0.11^{b}
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C	1.15±0.08^{a}	0.93±0.07^{b}	0.99±0.05^{b}	0.98±0.10^{b}
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C	2.63±0.08	2.57±0.11	2.55±0.09	2.67±0.08

表 5　植物甾醇对罗非鱼肝胰脏抗氧化指标的影响

Table 5　Effects of phytosterol on hepatopancreas antioxidant indicators of tilapia

项目 Items	组别 Groups			
	L1	L2	L3	L4
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg)	212.10±13.51^{a}	255.86±8.66^{c}	240.33±10.18^{b}	204.19±11.18^{a}
过氧化氢酶 CAT/(U/mg)	11.88±0.68	12.10±1.20	12.03±0.36	11.82±0.84
丙二醛 MDA/(nmol/mg)	2.38±0.12	2.30±0.31	2.33±0.28	2.40±0.23

3　讨　论

3.1　植物甾醇对罗非鱼生长性能和肌肉常规营养成分含量的影响

植物甾醇因其能够促进动物生长、提高饲料转化率、改善畜禽产品品质等功效,在畜禽饲料中被广泛应用。吴萍等[7]在樱桃谷鸭饲粮中添加植物甾醇,发现植物甾醇能促进樱桃谷鸭生长,极显著降低前期料重比,显著降低樱桃谷鸭的胸肌滴水损失。彭俊平等[8]研究表明,在育肥猪饲粮中添加植物甾醇可显著增强蛋白质的合成与沉淀,促进生长,提高饲料转化率。本试验结果与上述前人研究结果一致,表现为不同添加量的植物甾醇均能不同程度地促进罗非鱼的生长,降低饲料系数。据报道,植物甾醇可能通过一种以上的途径来促进动物生长。第 1 种途径是植物甾醇可通过促进动物体内蛋白质的合成来调节生长。植物甾醇在动物体内与能在水中形成分子膜的脂质相结合,从而形成植物甾醇核糖核蛋白复合体,而这种复合体具有促进动物蛋白质合成的功能[9-11];第 2 种途径是植物甾醇具有类激素作用,能够调节垂体与肝脏功能,刺激产生类胰岛素生长因子,从而促进动物机体发育[12]。但植物甾醇添加量为 160 mg/kg 的组罗非鱼的生长性能低于添加量为 20 和 40 mg/kg 的组,这表明过高添加量的植物甾醇反而会抑制动物生长。此外,本试验结果显示,饲料中添加不同水平的植物甾醇仅对罗非鱼肌肉粗灰分含量有显著影响,对肌肉水分、粗脂肪、粗蛋白质含量均没有产生显著影响。

3.2　植物甾醇对罗非鱼血清脂质代谢指标的影响

大量临床研究均表明,植物甾醇具有很强的降胆固醇作用,其作用原理主要包括抑制胆固醇的肠道吸收,增加胆固醇的逆向转运及排泄等。胆固醇是一种不溶于水的物质,它需要在肠道胆

汁酸的辅助下乳化形成球状微团,然后才能被肠细胞吸收。而植物甾醇与胆固醇结构相似,所以能够与胆固醇竞争球状微团的形成,从而减少胆固醇的吸收[13]。植物甾醇对 TG 含量的降低也主要是通过干扰肠道腔内 TG 的吸收来完成的。植物甾醇能够抑制脂肪酶活性,减少食物中 TG 的水解[14],还可以影响脂肪酸合成相关基因和脂肪酸摄取相关基因的表达[15],从而达到降低 TG 含量的效果。

焦文佳等[16]在高血脂小鼠饲粮中添加植物甾醇,发现植物甾醇能够降低高血脂小鼠的肝脏 TC 和 TG 含量,使其达到正常小鼠水平。温超等[17]研究表明,在 30 周龄的产蛋鸡饲粮中添加植物甾醇可显著降低产蛋鸡血清中 TG、TC 和 LDL-C 含量。在本试验中,饲料中添加不同水平的植物甾醇均使罗非鱼血清中 TG、TC 和 LDL-C 含量降低,其中植物甾醇添加量为 20 mg/kg 的组的效果要优于添加量为 40 和 160 mg/kg 的组。但饲料中添加植物甾醇对罗非鱼血清 HDL-C 含量没有产生显著影响。配合饲料中油脂的大量添加会使动物体内的血脂水平上升,甚至发生脂质代谢异常,产生高脂血症。但植物甾醇能够有效改善机体胆固醇代谢,降低血液中 TC 和 LDL-C 的含量,且不影响 HDL-C 或脂溶性维生素含量[18],这对维持动物机体健康有重要意义。同时,植物甾醇的降胆固醇作用减少了 LDL-C 的氧化,降低炎性细胞在血管内膜的数量,进而降低了炎性细胞因子与氧自由基的产生[19]。

3.3 植物甾醇对罗非鱼肝胰脏抗氧化指标的影响

肝胰脏中 SOD、CAT 活性及 MDA 含量反映了肝胰脏的抗氧化能力。顾莞婷等[20]的研究表明,在肉鸭饲粮中添加 80 mg/kg 植物甾醇时,血浆中 SOD 活性显著升高,MDA 含量随植物甾醇添加量的升高而降低。田丹丹等[21]的研究结果也证实,植物甾醇对羟自由基、超氧阴离子自由基均具有较强的清除作用,随着植物甾醇浓度的增加,2 种自由基清除率逐渐增大,其清除能力要优于维生素 E。本试验中,植物甾醇添加量为 20、40 mg/kg的组罗非鱼肝胰脏 SOD 和 CAT 活性均较对照组有所提高,这与上述报道结果相似;但在植物甾醇添加量为 160 mg/kg 的组,罗非鱼肝胰脏 SOD 和 CAT 活性反而较对照组降低。由此推测植物甾醇添加量与抗氧化作用存在着剂量关系,在添加量适宜时,抗氧化酶的活性能够得到提升,但是超过合理范围的添加量会抑制抗氧化酶的活性。测定 MDA 的含量常常可反映机体内脂质过氧化的程度,间接反映出细胞氧化损伤程度。本试验中植物甾醇添加量为 160 mg/kg 的组罗非鱼肝胰脏 MDA 含量是最高的,也从另外一个面揭示了过量的植物甾醇可能有不良作用。

4 结 论

在饲料中添加适量的植物甾醇可以促进罗非鱼生长,降低血清脂质含量,同时对改善罗非鱼肝胰脏抗氧化能力有一定的积极作用。在本试验条件下,在人工配合饲料中添加 20 mg/kg 的植物甾醇时罗非鱼可获得最佳的生长性能。

参考文献:

[1] 许青青,金文彬,苏宝根,等.植物甾醇酯的化学合成及其分离研究进展[J].中国粮油学报,2014,29(3):120-128.

[2] 韩军花,冯妹元,王国栋,等.常见谷类、豆类食物中植物甾醇含量分析[J].营养学报,2006,28(5):375-378.

[3] WANG P,CHEN Y M,HE L P,et al.Association of natural intake of dietary plant sterols with carotid intima-media thickness and blood lipids in Chinese adults:a cross-section study[J].PLoS One,2012,7(3):e32736.

[4] HE W S,WANG M G,PAN X X,et al.Role of plant stanol derivatives in the modulation of cholesterol metabolism and liver gene expression in mice[J].Food Chemistry,2013,140(1/2):9-16.

[5] HU Q L,ZHUO Z,FANG S L,et al.Phytosterols improve immunity and exert anti-inflammatory activity in weaned piglets[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,2017,97(12):4103-4109.

[6] 姬红波,吕鑫,孙楼.植物甾醇对肉鸡生长性能和血液生化指标的影响[J].中国饲料,2017,23:29-32.

[7] 吴萍,陈跃平,温超,等.不同类型植物甾醇对肉鸭生长及肌肉品质的影响[J].中国粮油学报,2012,27(1):75-79.

[8] 彭俊平,舒鑫标,施杏芬,等.饲粮中添加植物甾醇、枯草芽孢杆菌及复合酶制剂对育肥猪生长性能和肉品质的影响[J].中国饲料,2018(15):62-64.

[9] 孙楼.植物甾醇在畜禽生产上的初步推广应用[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2013.

[10] FERNANDES P,CABRAL J M S.Phytosterols:applications and recovery methods[J].Bioresource Technology,2007,98(12):2335-2350.

[11] 黄志毅,孙凤刚,潘忠超,等.植物甾醇在养殖生产中的应用[J].广东饲料,2018,27(12):30-33.

[12] 刘凡.植物甾醇添加剂对日本鹌鹑 IGF-1 和肾上腺功能的影响[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2011.

[13] HE W S,ZHU H,CHEN Z Y.Plant sterols:chemical and enzymatic structural modifications and effects on their cholesterol-lowering activity[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2018,66(12):3047-3062.

[14] KIM K B,KIM M J,AHN D H.Lipase inhibitory activity of chlorophyll a,isofucosterol and saringosterol isolated from chloroform fraction of *Sargassum thunbergii*[J].Natural Product Research,2014,28(16):1310-1312.

[15] FENG S M,DAI Z Q,LIU A B,et al.Intake of stigmasterol and β-sitosterol alters lipid metabolism and alleviates NAFLD in mice fed a high-fat western-style diet[J].Biochimica et Biophysica Acta:Molecular and Cell Biology of Lipids,2018,1863(10):1274-1284.

[16] 焦文佳,程铭,夏廉臣,等.两种植物甾醇纳米粒的降胆固醇效果研究[J].食品工业科技,2019,40(16):248-254.

[17] 温超,吴萍,杨卫兵,等.不同类型植物甾醇对蛋鸡脂类代谢的影响[J].中国粮油学报,2012,27(9):85-89.

[18] BERGER A,JONES P J H,ABUMWEIS S S.Plant sterols:factors affecting their efficacy and safety as functional food ingredients[J].Lipids in Health and Disease,2004,3:5.

[19] OTHMAN R A,MOGHADASIAN M H.Beyond cholesterol-lowering effects of plant sterols:clinical and experimental evidence of anti-inflammatory properties[J].Nutrition Reviews,2011,69(7):371-382.

[20] 顾莞婷,王恬,沈益新,等.植物甾醇对肉鸭胆固醇代谢和抗氧化性能的影响[J].畜牧与兽医,2008,40(1):13-17.

[21] 田丹丹,李艳,梅晓宏.牛油果中植物甾醇的鉴定及抗氧化、抑菌活性[J].食品科学,2019,40(3):30-35.

Effects of Phytosterol on Growth Performance, Serum Lipid Metabolism Indicators and Hepatopancreas Antioxidant Indicators of Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

LI Zhihua[1] HUANG Zhiyi[1] PAN Zhongchao[1] SUN Fenggang[1] ZHAO Huihong[2*]

(1. *Guangdong Weilai Biotechnology Co., Ltd., Guangzhou* 511400, *China*; 2. *College of Oceanography, South China Agricultural University, Guangzhou* 510000, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of phytosterol on growth performance, serum lipid metabolism indicators and hepatopancreas antioxidant indicators of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Three hundred and sixty genetically improved farmed tilapia with an average body weight of (39.25±1.56) g were randomly allotted to four groups with three replicates of each 30 individuals and fed basal diet supplemented with 0 (Ll group, as control group), 20 (L2 group), 40 (L3 group), and 160 mg/kg (L4 group) phytosterol for 60 days, respectively. The results showed as follows: 1) compared with the L1 group, the weight gain rate (WGR) and specific growth rate (SGR) of tilapia in the L2 and L3 groups were significantly elevated ($P<0.05$), and the feed conversion rate (FCR) in the L2, L3 and L4 groups was significantly decreased ($P<0.05$), the best effects were found in the L2 group. 2) Diet supplemented different levels of phytosterol significantly decreased the muscle ash content of tilapia ($P<0.05$), but had no significant difference in muscle moisture, crude protein and crude fat contents ($P>0.05$). 3) Compared with the L1 group, the serum total cholesterol (TC), triglycerides (TG) and low-density lipoprotein cholesterol (LDLC) contents of tilapia in the L2, L3 and L4 groups were significantly decreased ($P<0.05$). 4) The hepatopancreas superoxide dismutase (SOD) activity in the L2 and L3 groups was higher significantly than that in the L1 and L4 groups ($P<0.05$), while the hepatopancreas catalase activity and malondialdehyde content in the L2 and L3 groups had no significant differences compared with the L1 and L4 groups ($P>0.05$). In conclusion, phytosterol is added in a proper amount in the diet can enhance the growth, decrease serum lipid contents, and has a certain positive effect on improving the hepatopancreas antioxidant ability of tilapia. Under the present experimental conditions, when adding 20 mg/kg phytosterol into the artificial compound feed, tilapia has the best growth performance. [***Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(12):5866-5872**]

Key words: phytosterol; tilapia (*Oreochromis niloticus*); growth performance; lipid metabolism; antioxidant

* Corresponding author, associate professor, E-mail: zhaohh@scau.edu.cn

(责任编辑 管景颖)