

饲料中添加胆碱预防罗非鱼脂肪肝病变的作用

黄凯¹, 杨鸿昆¹, 甘晖², 龚竹林², 甘西³, 罗永巨³

(1. 广西大学 动物科学技术学院, 广西 南宁 530004; 2. 广西水产学校, 广西 南宁 530021; 3. 广西水产研究所, 广西 南宁 530021)

摘要:采用胆碱添加量分别为0.0%、0.1%、0.2%、0.3%和0.4%的饲料进行奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)养殖实验, 实验周期为50 d。结果表明, 当胆碱添加量为0.3%时, 罗非鱼的肥满度[(4.00 ± 0.20)%]和增重率[(699.51 ± 31.32)%]达到峰值, 饲料系数最低(2.00 ± 0.12), 血浆中胆固醇[(2.59 ± 0.03) mmol/L]、甘油三酯[(2.24 ± 0.99) mmol/L]、高密度脂蛋白[(0.94 ± 0.17) mmol/L]和低密度脂蛋白[(0.32 ± 0.01) mmol/L]含量较高; 当胆碱添加量为0.2%时, 肝体比[(2.99 ± 0.07)%]、血浆中谷丙转氨酶活性[(52.33 ± 13.32) U/L]、谷草转氨酶活性[(267 ± 16.97) U/L]、乳酸脱氢酶活性[(1 163.50 ± 85.56) U/L]最低, 肝脏脂肪含量[(38.84 ± 0.57)%]、血浆淀粉酶活性[(52.00 ± 12.73) U/L]、胆囊中胆汁酸浓度[(70 745 ± 7 007.43) μmol/L]较低。在本研究条件下, 建议奥尼罗非鱼饲料中胆碱添加量以0.2%~0.3%为宜。[中国水产科学, 2007, 14(2): 257-262]

关键词:胆碱; 奥尼罗非鱼; 脂肪肝

中图分类号: S968

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2007)02-0257-06

鱼类脂肪肝是集约化水产养殖中常见的一种营养性疾病, 影响养殖鱼类的生长、肉质和抗病力, 严重时造成继发性传染疾病的暴发, 给生产造成巨大的损失。苑福熙等^[1]和Roem等^[2]认为饲料中胆碱含量已满足罗非鱼的生理需要。但随着养殖过程中高脂、高糖饲料的使用以及饱食性投喂, 造成肝脏代谢负担加重, 体内合成的胆碱量难以满足鱼体合成血浆脂蛋白的需要, 导致脂肪含量升高, 罗非鱼脂肪肝病频繁发生^[3-4]。本实验通过分析奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)的生长指标、肝脏和肌肉脂肪含量以及血液相关生化指标的变化, 研究饲料中添加胆碱对罗非鱼脂肪肝病变的作用, 为罗非鱼脂肪肝病的防治提供有关的理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验鱼和饲养

实验用奥尼罗非鱼来自广西水产研究所, 体质量(0.56 ± 0.04) g, 体长(2.60 ± 0.26) cm。饲养实验在室内循环流水过滤的水族箱(50 cm × 40 cm × 35 cm)中进行, 实验分5组, 每组放养90尾鱼, 设3个重复, 每个水族箱饲养1个重复组, 各组饲喂相应的试验饲料。水源为曝气去氯后的自来水, 实验期间水温(26.5 ± 2.0) °C, 溶解氧6.0~8.0 mg/L, pH 6.9 ±

0.1, NH₃-N(0.03 ± 0.01) mg/L。罗非鱼在实验前, 进行适应性驯养7 d。实验开始后每天9:00和17:00分2次投喂, 投喂量以每次投食在1 h内吃完为宜。饲养试验共进行50 d。

1.2 饲料配制

以鱼粉、豆粕、花生麸、菜子饼、玉米、麦麸、鱼油、复合矿物质、复合维生素(不含胆碱)等为基础饲料, 在此基础上添加不同水平的胆碱(分析纯氯化胆碱, 纯度99.0%), 配制成5组试验饲料, 其中1组为不添加, 2、3、4和5组分别以0.1%、0.2%、0.3%和0.4%水平添加, 差额部分用糊精补足。试验饲料用绞肉机制成2 mm粒径的条状饲料, 在60 °C恒温箱中经5 h烘干, 切为3 mm长的颗粒, 密封冷藏备用。配方见表1。

1.3 样品的采集和试验指标的测定

实验结束后, 使鱼空腹24 h称鱼体质量。从每个水族箱中随机抽取鱼15尾, 每组取15 × 3尾, 逐尾鱼称体质量、量体长后心脏抽血, 加肝素抗凝。用台式离心机离心10 min(4 000 r/min), 取上清液为血浆冷藏待用, 解剖取胆囊中的胆汁冷藏待测, 使用美国倍肯公司生产的ABBOTT ALOYON 300全自动生化分析仪进行血浆生化指标的分析。再取肝脏、肌肉称质量, 烘干后采用索氏抽提法测定脂肪量。

收稿日期: 2006-03-03; 修订日期: 2006-08-07。

基金项目: 广西区科技厅攻关项目(0537008-2E)。

作者简介: 黄凯(1963-), 男, 博士, 教授, 从事水产动物营养学和集约化水产养殖学研究。E-mail: hkai110@163.com

表1 试验饲料配方
Tab.1 Formulation of experimental diets

配方 Formulation	分组(胆碱添加水平/%) Treatment group (Choline addition level /%)					%
	1(0)	2(0.1)	3(0.2)	4(0.3)	5(0.4)	
糊精 Dextrin	6.2	6.1	6.0	5.9	5.8	
鱼粉 Fish meal	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
豆粕 Soybean meal	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	
花生麸 Peanut bran	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	
菜子饼 Rape meal	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
玉米 Corn	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
麦麸 Wheat bran	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
复合矿物质 Mineral premix	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
复合维生素 Vitamins premix	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
鱼油 Fish oil	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
食盐 NaCl	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
黏合剂 Adhesive	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
防霉剂 Antiseptic	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
诱食剂 Phagostimulant	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
合计 Total	100	100	100	100	100	

1.4 数据处理

数理统计分析应用 Statistic 软件对数据进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并在 $P < 0.05$ 水平上对结果进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 胆碱对奥尼罗非鱼生长的影响

从表2可见,饲养50 d后,各组鱼的体质量与实验前相比均有大幅度增加,4组的增重率最大,为 $(699.51 \pm 31.32)\%$,较1、2、3、5组分别高6.93%、6.10%、6.66%、33.08%,显著高于5组($P <$

0.05),与1~3组无显著性差异($P > 0.05$);各实验组成活率变化没有规律性,3组的成活率 $[(86.52 \pm 0.26)\%]$ 稍低于成活率最高的实验1组 $[(87.78 \pm 0.17)\%]$,显著高于2、4组($P < 0.05$);1~4组奥尼罗非鱼的肥满度随着胆碱添加量的增加呈上升趋势,5组肥满度有所下降,2、3、4、5组肥满度分别较1组提高了5.71%、8.57%、14.29%、8.57%。第4组肥满度最大 $(4.00 \pm 0.20)\%$,显著高于1组,其中2~5组之间无显著性差异($P > 0.05$);从表观数值上看,4组饲料系数 $(2.00 \pm 0.12)\%$ 最低,但各组间无显著性差异($P > 0.05$)。

表2 不同胆碱水平对奥尼罗非鱼生长指标的影响

Tab.2 Effects of different choline levels on growth of tilapia

$n = 3; \bar{X} \pm SD$

生长指标 Growth index	分组(胆碱添加水平/%) Treatment group (Choline addition level /%)				
	1(0)	2(0.1)	3(0.2)	4(0.3)	5(0.4)
初质量/g Initial BW	0.53 ± 0.04	0.55 ± 0.00	0.58 ± 0.10	0.53 ± 0.00	0.58 ± 0.02
末质量/g Final BW	4.01 ± 0.03^{ab}	4.36 ± 0.12^a	4.36 ± 0.50^{ab}	4.21 ± 0.13^{ab}	3.61 ± 0.25^b
成活率/% SR	87.78 ± 6.94^a	76.27 ± 5.09^b	86.52 ± 0.26^a	82.03 ± 5.04^{ab}	86.67 ± 0.58^a
增重率/% WGR	654.17 ± 47.14^a	659.30 ± 12.44^a	655.83 ± 42.69^a	699.51 ± 31.32^a	525.64 ± 22.87^b
肥满度/% CF	3.50 ± 0.30^b	3.70 ± 2.10^{ab}	3.80 ± 1.40^{ab}	4.00 ± 0.20^a	3.80 ± 2.10^{ab}
饲料系数 FCR	2.16 ± 0.06	2.15 ± 0.22	2.11 ± 0.17	2.00 ± 0.12	2.18 ± 0.24

注:同一列数据右上角不同字母代表有显著差异($P < 0.05$);成活率 = (初始尾数 - 末尾数) / 初始尾数 $\times 100\%$;肥满度 = 体质量 / 体长³ $\times 100\%$;饲料系数 = 摄食饲料总量 / (末质量 - 初质量);增重率 = (末质量 - 初质量) / 初重 $\times 100\%$ 。

Note: Values with different superscript letters within the same row are significantly different ($P < 0.05$). Survival rate (SR) = (initial number of fish - final number of fish) / initial number of fish $\times 100\%$; condition factor (CF) = body weight / body length³ $\times 100\%$; feed conversion ratio (FCR) = total amount of feed fed / (final body weight - initial body weight)³; weight gain rate = (final body weight - initial body weight) / initial body weight $\times 100\%$ 。

2.2 胆碱对奥尼罗非鱼的肝脏和肌肉脂肪含量的影响

表3显示,各实验组罗非鱼肌肉中的脂肪含量差异不显著($P>0.05$),但肝脏脂肪含量则存在显著差异($P<0.05$),1组肝脏脂肪含量最高 $[(44.09 \pm 3.39)\%]$,2、3组肝脏脂肪含量比1组分别下降

16.33%和11.91%,当胆碱添加量达到0.3%以上时,肝脏脂肪含量为 $[(40.57 \pm 1.22)\%] \sim [(40.95 \pm 1.89)\%]$,没有明显变化;肝体比最小的是3组 $[(2.99 \pm 0.07)\%]$,该值显著低于2、5组($P<0.05$),与1、4组无显著性差异($P>0.05$)。

表3 不同胆碱水平对奥尼罗非鱼肝体比、肝脏及肌肉脂肪含量的影响

Tab.3 Effects of different choline level on HSI, liver fat content and muscle fat content in tilapia

$n=3; \bar{X} \pm SD; \%$

指标 Index	分组(胆碱添加水平/%) Treatment group (Choline addition level/%)				
	1(0)	2(0.1)	3(0.2)	4(0.3)	5(0.4)
肝体比 HSI	3.27 ± 0.25^{ab}	3.48 ± 0.10^a	2.99 ± 0.07^b	3.30 ± 0.13^{ab}	3.52 ± 0.15^a
肝脏脂肪含量 Liver fat content	44.09 ± 3.39^a	36.89 ± 2.00^b	38.84 ± 0.57^b	40.57 ± 1.22^{ab}	40.95 ± 1.89^{ab}
肌肉脂肪含量 Muscle fat content	4.28 ± 2.06	4.44 ± 3.74	4.17 ± 1.63	4.53 ± 2.82	3.54 ± 1.90

注:同一列数据右上角不同上标小写字母代表有显著差异($P<0.05$),肝体比=肝质量/鱼体质量 $\times 100\%$;肝脏脂肪量=肝脏脂肪含量/肝质量 $\times 100\%$;肌肉脂肪含量=肌肉脂肪量/肌肉质量 $\times 100\%$ 。

Note: Values with different small superscript letters within the same row are significantly different ($P<0.05$). Hepatosomatic index (HSI) = liver weight/body weight $\times 100\%$; liver fat content = fat weight in liver/liver weight $\times 100\%$; muscle fat content = fat weight in muscle/muscle weight $\times 100\%$ 。

2.3 胆碱对奥尼罗非鱼的血浆和胆汁生化指标的影响

由表4可知,1、3组血浆胆固醇(CHOL)含量显著低于2、4、5组($P<0.05$);1、3组血浆甘油三酯(TG)含量较低,显著低于2、4、5组($P<0.05$);3组血浆中的高密度脂蛋白(HDL)含量达到最高值 $[(1.05 \pm 0.14) \text{ mmol/L}]$,而2组的低密度脂蛋白(LDL)含量最高 $[(0.35 \pm 0.00) \text{ mmol/L}]$,1组的HDL和LDL均最低,分别为 $(0.68 \pm 0.20) \text{ mmol/L}$ 和 $(0.24 \pm 0.02) \text{ mmol/L}$,显著低于3~5组的值($P<0.05$);血浆中谷丙转氨酶(ALT)与谷草转氨酶

(AST)、乳酸脱氢酶(LDH)3个指标变化趋势相似。3组的AST、ALT和LDH活性最低,与1组没有显著差异($P>0.05$)。2组的AST、ALT和LDH活性最高,与3组呈显著差异($P<0.05$);2~5组血浆中的淀粉酶(AMY)活性均较1组高,其中4组活性最高 $[(542.50 \pm 16.26) \text{ U/L}]$;各实验组血浆中碱性磷酸酶(ALP)活性差异不显著($P>0.05$);4组胆汁中的胆汁酸浓度最低 $[(63.180 \pm 3.139.55) \mu\text{mol/L}]$,与2、5组差异显著($P<0.05$),与1、3组无显著差异($P>0.05$),1、2、3、5组间无显著差异($P>0.05$)。

表4 不同胆碱水平对奥尼罗非鱼的血浆生化指标和胆汁中的胆汁酸的影响

Tab.4 Effects of different choline levels on Tilapia's plasma biochemical indices and BA $n=3; \bar{X} \pm SD$

生化指标 Biochemical index	分组(胆碱添加水平/%) Treatment group (Choline addition level/%)				
	1(0)	2(0.1)	3(0.2)	4(0.3)	5(0.4)
胆固醇/(mmol·L ⁻¹) CHOL	2.26 ± 0.03^c	2.53 ± 0.17^b	2.32 ± 0.06^c	2.57 ± 0.01^{ab}	2.77 ± 0.00^a
甘油三酯/(mmol·L ⁻¹) TG	1.13 ± 0.13^b	2.18 ± 0.19^a	1.06 ± 0.01^b	2.24 ± 0.10^a	2.01 ± 0.78^{ab}
高密度脂蛋白/(mmol·L ⁻¹) HDL	0.68 ± 0.20^c	0.75 ± 0.11^{bc}	1.05 ± 0.14^a	0.94 ± 0.17^{ab}	0.90 ± 0.23^{ab}
低密度脂蛋白/(mmol·L ⁻¹) LDL	0.24 ± 0.02^b	0.35 ± 0.00^a	0.33 ± 0.03^a	0.32 ± 0.01^a	0.34 ± 0.05^a
谷丙转氨酶/(U·L ⁻¹) ALT	65.50 ± 3.54^c	250.50 ± 54.45^a	52.33 ± 13.32^c	128.67 ± 9.07^b	104.00 ± 12.73^{bc}
谷草转氨酶/(U·L ⁻¹) AST	351.33 ± 41.26^{bc}	649.00 ± 127.28^a	267.00 ± 16.97^c	425.00 ± 12.73^b	578.00 ± 18.38^a
乳酸脱氢酶/(U·L ⁻¹) LDH	1377.50 ± 47.38^{bc}	1850.00 ± 138.59^a	1163.50 ± 85.56^c	1436.00 ± 7.07^b	1473.00 ± 138.59^b
淀粉酶/(U·L ⁻¹) AMY	9.50 ± 2.12^b	26.5 ± 23.33^b	52.00 ± 12.73^b	542.50 ± 16.26^a	533.50 ± 19.09^a
碱性磷酸酶/(U·L ⁻¹) ALP	41.33 ± 9.02	47.50 ± 14.85	47.67 ± 15.50	38.67 ± 10.97	30.67 ± 13.05
胆汁酸浓度/(μmol·L ⁻¹) BA	65295 ± 4645.69^{ab}	77690 ± 56.57^a	70745 ± 7007.43^{ab}	63180 ± 3139.55^b	77590 ± 5319.44^a

注:同一列数据右上角不同上标小写字母代表有显著差异($P<0.05$)。

Note: Values with different superscript letters within the same row are significantly different ($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 不同胆碱水平对罗非鱼生长的影响

从本实验在罗非鱼饲料中添加一定比例的胆碱后,均提高了罗非鱼的生长性能。特别是在饲料中添加0.1%~0.3%胆碱后,与未添加胆碱组相比提高了罗非鱼增重率和肥满度,降低了饲料系数。本实验结果与其他学者在黄鳢(*Monopterus albus*)^[5]、真鲷(*Pagrosomus major*)^[6]、鲤(*Cyprinus carpio*)^[7]、鲑鱼(*Salvelinus namaycush*)^[8]、鲟(*Acipenser transmontanus*)^[9]、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)^[10]上研究所得结果一致。而苑福熙等^[1]等报道了氯化胆碱对3种不同规格尼罗罗非鱼的生长影响的对比实验,实验周期分别为40 d、30 d、23 d,在生长比率、增重率、肥满度指标中,不添加胆碱组比添加胆碱的效果要好,由此认为,在饲料中没有必要添加胆碱,这可能与其饲料配方中含脂率低和原料成分本身含有0.24%的胆碱有关,也可能与实验周期较短有关。Dupree^[11]发现,分别用添加和不添加胆碱的饲料饲养虹鳟,在24周内2组鱼生长率没有差别,直到饲养周期达36周以上才出现明显不同,胆碱添加组虹鳟生长率高于胆碱未添加组。本研究发现,当饲料中胆碱添加量达到0.3%时,肥满度、增重率达到峰值,饲料系数达到最低,但是当胆碱添加量达到0.4%时,增重率最低,肥满度有所下降,饲料系数升高,说明适量添加胆碱可促进罗非鱼的生长,而当胆碱添加量超过生理需求量时则不利于生长。这与胡宝利^[12]和苑福熙等^[1]的研究结果相一致。

3.2 不同胆碱水平对罗非鱼肝脏和肌肉脂肪含量的影响

对草鱼^[10]、鲫鱼(*Carassius auratus*)^[13]、眼斑拟石首鱼(*Sciaenops ocellatus*)^[14]、黄鳢^[5]的研究结果都证实,饲料中缺乏胆碱将诱发脂肪肝病。鱼肝脏中脂肪的大量沉积和肝脏的肥大是脂肪肝病变的基本特征^[15]。本研究中,饲料中缺乏胆碱时,罗非鱼肝脏脂肪含量最高。当添加少量胆碱0.1%和0.2%时,可有效降低肝脏的脂肪含量。虽然实验鱼肝体比最小的是胆碱添加量为0.2%的3组,显著低于其他各组,之后随添加量的增加而又显著升高。这说明,在罗非鱼饲料中添加适量的胆碱对预防脂肪肝具有一定的效果。

3.3 不同胆碱水平对罗非鱼血浆的生化指标的影响

血脂浓度可间接反映脂类在肝脏的沉积情况。

Deplano^[16]等认为,鱼类血浆脂蛋白在对以TG为主要成分的肝脏脂肪的转运中发挥着重要作用。脂蛋白在肝细胞粗面内质网上合成,与肝脂结合然后通过高尔基体分泌到细胞质中,随血液运出肝脏,从而使肝脏和血液中的脂肪代谢维持平衡状态。当脂蛋白的合成能力不足,肝细胞中的脂肪不能及时运出,就会造成脂肪在肝脏的积聚。一方面,肝脏中脂肪含量升高;另一方面,血浆中的脂肪含量降低。由于HDL和LDL是CHOL的主要运输者,因此可以发现CHOL、HDL和LDL三者的变化趋势相似。本实验通过对罗非鱼血浆脂类分析表明,未添加胆碱组罗非鱼血浆中CHOL含量是最低的,符合上述观点,这与Hung^[9]在鲟,王道尊^[10]在草鱼和杜震宇^[17]在鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)上得到的结果一致。未添加胆碱组CHOL较低的原因可能是胆碱的缺乏使载脂蛋白合成不足,导致肝细胞中的脂肪不能及时运出,因此造成脂肪在肝脏的积聚,进而使肝细胞受到损伤,引发脂肪肝。

王道尊等^[10]发现,草鱼肝脏脂质积累增加,而血浆总脂、甘油三酯和磷脂含量降低。Lin等^[18]曾报道,患脂肪肝病的草鱼脂肪的脂质含量与血清TG含量呈反相变化趋势。曹俊明等^[19]的结果表明,草鱼肝脏脂质中TG所占的相对比值随总脂含量的降低而降低,二者存在正相关关系,而血清总脂含量与肝脏总脂含量之间存在显著的负相关关系,认为草鱼肝脏脂质含量的升高与肝脏中脂质向血液的转运有关。本实验结果亦表明血浆TG含量与肝脏脂肪含量呈负相关,说明胆碱对罗非鱼肝脏脂质积累的降低作用是通过胆碱直接或间接参与肝脏脂肪的转运而实现的。

本研究发现,胆碱添加量为0.2% (3组)时,血浆ALT、AST、LDH活性均最低,AMY活性较低;胆碱添加量为0.3%时,胆汁中胆汁酸浓度最低,实验结果与柯福恩等^[20]对中华鳖脂肪肝病初步研究结果相似。当鱼类患肝脏病变时(如脂肪肝),由于肝组织的损伤,肝细胞中的酶可从损伤组织进入血液,使血中的相应酶活性增加。因此肝细胞受损程度与血浆酶活性有直接关系,是体现肝脏损害和坏死的指标之一。ALT和AST富存于肝细胞中,当细胞更新或破坏时,常会流入血液,导致血浆酶活性提高。一般来说,血浆ALT对反映肝细胞损伤的专一性优于AST,但其灵敏度常不及AST;LDH是糖酵解过程中一种重要的酶,LDH存在于机体所有组织

细胞的胞质内,其中以肾脏含量较高,任何原因引起的肝细胞损伤均可因LDH的逸出,引起血浆LDH活力增加,其临床意义大致与GPT、GOT一致,但有人认为LDH反映肝细胞损害的灵敏度略逊于GPT;AMY是消化代谢的关键酶,能催化淀粉、糖元分解,对淀粉分解及糖代谢有重要作用,可影响血液中糖的水平,从而影响脂肪的代谢。当腺体酶合成增加时,进入血液的酶量相应增加;胆汁酸的生成和代谢也与肝脏有密切关系,当肝细胞发生病变或肝内外胆管阻塞时,胆汁酸代谢发生障碍,胆汁反流入血,血浆胆汁酸浓度升高,胆汁中胆汁酸浓度降低^[20]。因此血浆ALT、AST、LDH、AMY活性和胆囊胆汁酸的测定能综合反应出肝脏损伤情况。实验结果说明3组和4组肝细胞损伤坏死较少。原因可能是3组和4组饲料中添加了适量的胆碱,胆碱可促进肝脏脂肪以卵磷脂的形式被输送至肝脏外的其他组织,或者提高脂肪酸本身在肝脏内的氧化利用,肝中脂肪积聚较少,防止脂肪肝的形成,减少肝细胞损伤。

3.4 胆碱在饲料生产中的应用

目前,在水产饲料生产中,胆碱的应用较为广泛,但普遍采用纯度为50%的饲料级氯化胆碱,以0.1%~0.3%的质量比添加。本实验结果表明,饲料中添加0.2%~0.3%含量为99.0%的分析纯氯化胆碱,罗非鱼生产性能明显提高,且能使鱼体维持较佳的生理体况。因此建议,在罗非鱼网箱、流水养殖过程中,饲料中胆碱添加量还应适当加大。但必须注意,胆碱不能无限制地添加,饲料中过量添加胆碱会使机体代谢负载过重,影响其他物质的代谢,从而引起一系列不良表现,如生长性能下降,鱼体消瘦等。因此,胆碱只有在适量添加时才能使动物既保持高的生产性能,又可预防疾病,使动物本身的生产潜力得到充分的发挥。

常碧影等^[21]曾报道,天然饲料原料中胆碱含量的化学数据因样品的生产条件不同会有很大差异。同时天然饲料原料中的胆碱作为有机碱,大多与其他有机分子结合十分牢固,它们作为整个细胞的一部分,在动物胃肠道中只能部分被消化吸收,余下部分被肠或瘤胃微生物分解成没有任何营养价值的三甲胺,从而降低了生物有效性,如菜籽粕仅24%的胆碱被生物体利用吸收。因此虽然饲料原料中含有一定量胆碱而本实验中未实测胆碱含量,且试验饲料是参照目前的生产配方设计,实验结果以胆碱添加量作为参照指标将更有利于指导生产。

参考文献:

- [1] 苑福熙,曾可为,林育敏,等.氯化胆碱对尼罗罗非鱼生长的影响对比实验[J].淡水渔业,1989(4):14-16.
- [2] Roem K C. Inability to detect a choline requirement for the blue Tilapia *Ireochromis aureus* [J]. J World Aqu Soc, 1990, 21 (3): 238-240.
- [3] 刘志军,韩占江.罗非鱼脂肪肝病[J].河北渔业,1998,103(5):37-38.
- [4] 王兴强,段青源,麦康森,等.养殖鱼类脂肪肝研究概况[J].海洋科学,2002,26(7):36-39.
- [5] 陈芳,杨代勤,方长琰,等.饲料添加胆碱对黄鳝生长及肌肉和肝脏脂肪含量的影响[J].湖北农学院学报,2002,22(4):327-329.
- [6] 刘镜格,雷霖霖.饵料胆碱含量对真鲷稚鱼生长影响的初步研究[J].海洋科学,2001,25(1):42-44.
- [7] Millikin M R. Qualitation and quantitative nutrient requirement of fishes's review [J]. Fish Bull, 1982, 80: 655-686.
- [8] Ketola G H. Choline metabolism and nutrional requirement of lake trout (*Salvelinus namaycush*) [J]. Anim Sci, 1976, 43: 474-477.
- [9] Hung S O. Choline requirement of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) [J]. Aquaculture, 1989, 78: 183-194.
- [10] 王道尊,赵亮,谭玉钧.草鱼鱼种对胆碱需要量的研究[J].水产学报,1995,19(2):133-139.
- [11] Dupree H K. Vitamins essential for growth of channel catfish [Z]. Technical paper No. 7 Washinton, D. C, 1966: 12.
- [12] 胡宝利.胆碱及其在养殖上业的应用[J].黄牛杂志,2000,26(1):52-55.
- [13] 王锐,侯永清.胆碱和甜菜碱对鲫鱼肝、胰脏脂质积累的影响[J].粮食与饲料工业,2004,4:43-44.
- [14] Craig S R, Neill W H, Gatlin III D M. Growth and body composition of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed diets containing lecithin and supplemental choline[J]. Aquaculture, 1997, 151(1-4):259-267.
- [15] 张海涛,王安利,李国立,等.营养素对鱼类脂肪肝病变的影响[J].海洋通报,2004,23(1):92-99.
- [16] Deplano M, Connes R, Diaz J P, et al. Intestinal steatosis in the farm reared sea bass *Dicentrarchus labrax* [J]. Dis Aquac Org, 1989, 6: 121-130.
- [17] 杜震宇,刘永坚,郑文晖,等.三种脂肪源和两种降脂因子对鲈生长、体营养成分和血清生化指标的影响[J].水产学报,2002,26(6):542-550.
- [18] Lin D, Mao Y Q, Cai F S. Nutritional lipid liver disease of grass carp *Cranopharpngodon idellus* (C. et V.) [J]. Chin J Oceanol Limnol, 1990, 8: 363-374.
- [19] 曹俊明,林鼎,薛华,等.四种抗脂肪肝物质降低草鱼肝胰脏脂质积累的替代关系[J].水生生物学报,1999,23(2):102-111.

- [20] 柯福恩,王鸿泰,黄凤翥,等.中华鳖脂肪肝的初步研究[J].水产学报(增刊),1998,22(10):77-81.
- [21] 常碧影,张丽英.当前氯化胆碱的质量与有关应用的几个问题[J].饲料广角,2004,6:31-34.

Effects of diet-supplemental choline on fatty liver pathological changes in tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)

HUANG Kai¹, YANG Hong-kun¹, GAN Hui², GONG Zhu-lin², GAN Xi³, LUO Yong-ju³

(1. College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. Guangxi Fisheries Schools, Nanning 530021, China; 3. Guangxi Fisheries Research Institute, Nanning 530021, China)

Abstract: Fatty liver in fish occurs commonly in high density culturing, which impacts the growth, quality and anti-disease ability of fish, even may lead to disease broke-out and great economy loss. This experiment was conducted to determine the dietary choline requirement of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) and evaluate the effects of dietary choline levels on growth, feed conversion ratio, survival and several biochemical indexes in hepatopancreas, muscles, and plasma related to fatty liver pathological changes. At the beginning, 450 juvenile tilapia with body weight of (0.56 ± 0.04) g were randomly allotted to five groups, each with three replicates, and were fed with five formulated diets containing five levels of supplemental choline (0, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%) for 50 d. The diets were similar to those used commercially, with major ingredients of fish meal, soybean meal, peanut bran, rape meal, vitamin and mineral supplements. The results indicated that as the choline supplement was 0.3% diet, the weight gain rate was $(699.51 \pm 31.32)\%$ and condition factor was $(4.00 \pm 0.20)\%$, both achieving the peak values, and the concentrations of CHOL, TG, HDL and LDL in blood plasma were high too; the feed conversion ratio $(2.00 \pm 0.12)\%$ dropped to the bottom. When the choline supplement was 0.2%, liver weight/body weight ratio (HIS) was $(2.99 \pm 0.07)\%$, and the activities of ALT, AST and LDH were (52.33 ± 13.32) U/L, (267 ± 16.97) U/L and $(1\,163.50 \pm 85.56)$ U/L, respectively, all at the lowest values; liver fat content was $(38.84 \pm 0.57)\%$, and AMY activity was (52.00 ± 12.73) U/L; bile acid content in gallbladder was low. Therefore, under this research condition, it is suggested that the supplement of choline in diets of juvenile tilapia was the best at 2%~3% diet. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(2): 257-262]

Key words: choline; *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*; fatty liver