

缪凌鸿,王文喜,戈贤平,等. 三角鲂营养需求的研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):213-216.

三角鲂营养需求的研究

缪凌鸿¹, 王文喜², 戈贤平^{1,2}, 刘波^{1,2}, 朱健^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心/农业部淡水渔业与种质资源利用重点实验室, 江苏无锡 214081;

2. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏无锡 214081)

摘要: 采用多因素正交(4 因素 3 水平)试验法,以粗蛋白(29%、32%、35%)、粗脂肪(4%、5%、6%)、可消化糖(20%、25%、30%)、维生素 E(75、125、175 mg/kg)为影响因素,设计 9 种三角鲂试验日粮。通过 10 周的饲养,对三角鲂的生长性能、鱼体生理代谢和机体免疫机能进行综合评价,得出可能适用于三角鲂日粮的营养水平为:32%~35% 粗蛋白、4%~5% 粗脂肪、20%~25% 可消化糖、175 mg/kg 维生素 E。

关键词: 三角鲂;营养需求;生长性能;血液生理生化;消化和免疫

中图分类号: S963.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)05-0213-03

三角鲂(*Megalobrama terminalis*)属鲤形目鲤科鲂属,为中下层生活的淡水鱼类,具有食性杂、生长快、疾病少、适应性强等特点,以钱塘江所产的三角鲂最负盛名。近年来,随着人工繁殖和苗种培育技术的开展,三角鲂的养殖逐渐趋向规模化。三角鲂肉味鲜美、蛋白质含量高,含有人体所必需的 8 种氨基酸,相对其他鳊鲂鱼类,其经济效益更好。目前尚没有针对三角鲂食性、生长等特点而研制的饲料配方,研究多为集中于对其肌肉品质的分析,本试验通过对饲料配方中粗蛋白、粗脂肪、可消化糖、维生素 E 设定不同梯度,采用多因素正交试验法,探讨不同营养成分的配方饲料对三角鲂生长、免疫和消化酶等方面的影响,以期对三角鲂人工饲料的研制和三角鲂的规模化养殖提供理论基础。

1 材料与与方法

1.1 试验材料

本试验采用多因素正交(4 因素 3 水平)试验法,以小麦粉、40.0% 棉粕、200 型菜粕、鱼粉、防霉剂、普通膨润土、鱼用矿物质添加剂、磷酸二氢钙、鱼油、次粉、豆粕、进口花生粕、DDGS、微晶纤维素、维生素添加剂(不含维生素 E)和维生素 E 为饲料原料,设计 9 种以粗蛋白(29%、32%、35%)、粗脂肪(4%、5%、6%)、可消化糖(20%、25%、30%)、维生素 E(75、125、175 mg/kg)为影响因素的三角鲂试验配合日粮(表 1),相应日粮的营养水平见表 2。所有试验饲料充分混匀后用 SLP-45 型膨化制粒机(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所)制成粒径 3 mm 的颗粒饲料。

1.2 试验鱼种

试验用三角鲂取自杭州市农业科学研究院水产研究所的国家级三角鲂原种场,用 3% 食盐溶液消毒后移入本实验室的控温流水循环系统中,用沉性颗粒饲料(通威饲料公司)驯化 15 d 后,选取体质健康、规格整齐一致[初均重(57.60 ± 2.11)g]的个体,随机分成 9 个组,每组 3 个平行,每个平行 20 尾鱼,饲养于 27 个圆形蓄养槽(规格为直径 820 mm × 700 mm)中进行正式试验。

1.3 饲养管理

每天以鱼体重的 3%~4% 投喂自制试验沉性颗粒饲料,每天投喂 3 次,分别于 08:30、12:30、16:30 各投喂 1 次。每次投喂后 2 h 观察鱼的吃食情况并将残饵吸出,估计采食量,每 2 周根据其摄食情况调整投喂量,使其饱食而无饲料剩余。试验期间,每天吸污 1 次并且冲洗滤布,日夜连续充气增氧。整个试验期间的水质如下:平均水温(26.0 ± 1.5)℃,溶氧 ≥ 6 mg/L,氨氮 ≤ 0.2 mg/L,亚硝酸盐 ≤ 0.2 mg/L, pH 值 6.8~7.0。正式试验饲养 10 周后,将鱼体称重,采集血液、肝脏等样品。

1.4 样品的采集与分析

试验结束后分别从每个缸中随机取三角鲂 3 尾,用 MS-222 麻醉后于尾静脉采血,血液用柠檬酸钠抗凝剂抗凝,并迅速在 4℃、10 000 r/min 条件下离心 5 min 以分离血浆,用于血液指标的测定。随后测量每尾鱼的体重并采集鱼体内肝胰脏,用于肝脏免疫指标和消化酶的测定。所有肝胰脏样品加 10 倍的 4℃ 缓冲液^[1]冰浴匀浆,制成 10% 匀浆液,4 000 r/min 条件下离心 10 min,取上清液并测定肝胰脏的抗氧化指标和消化酶活性。

甘油三酯(TC)、胆固醇(TG)、血糖(GLU)、碱性磷酸酶(ALP)、丙氨酸转氨酶(ALT)、天门冬氨酸转氨酶(AST)等测定试剂盒购自上海骏实生物科技有限公司,在美国贝克曼的 Cx-4 型自动生化分析仪上进行测定。肝脏上清液蛋白含量采用考马斯亮蓝法进行测定。肝脏上清液过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶活性(SOD)、丙二醛(MDA)、脂肪酶、淀粉酶和胰蛋白酶测定采用南京建成生物工程有限公司的试剂盒。

收稿日期:2012-10-31

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(编号:2011JBFC12);现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-46)。

作者简介:缪凌鸿(1984—),女,江苏无锡人,研究实习员,研究方向为水产动物营养与饲料。E-mail:miaolh@ffrc.cn。

通信作者:戈贤平,研究员,研究方向为淡水健康养殖与水产动物饲料与营养。E-mail:gexp@ffrc.cn。

表 1 试验日粮组成

日粮 编号	小麦粉 (g/kg)	40.0% 棉粕 (g/kg)	200 型 菜粕 (g/kg)	鱼粉 (g/kg)	防霉剂 (g/kg)	普通 膨润土 (g/kg)	鱼用矿 物质添加 剂(g/kg)	磷酸 二氢钙 (g/kg)	鱼油 (g/kg)	次粉 (g/kg)	豆粕 (g/kg)	进口 花生粕 (g/kg)	DDGS (g/kg)	微晶 纤维素 (g/kg)	无维生素 E 维生素添 加剂(mg/kg)	维生素 E (mg/kg)
1	50	152	195	0	1	4	5	10	19	150	180	80	70	79	5	75
2	50	165	180	5	1	4	5	10	31	220	180	60	50	34	5	125
3	50	50	130	60	1	4	5	10	31	310	190	70	80	4	5	175
4	50	120	170	60	1	4	5	10	14	230	190	80	60	1	5	175
5	50	70	120	133	1	4	5	10	26	310	180	80	5	1	5	75
6	50	160	190	30	1	4	5	10	35	150	200	80	75	5	5	125
7	50	22	110	210	1	4	5	10	8	310	200	55	10	0	5	125
8	50	70	160	100	1	4	5	108	22	150	290	80	53	0	5	175
9	50	30	90	180	1	4	5	10	30	235	250	80	30	0	5	75

注:配方原料均购自通威集团。

表 2 日粮的营养水平

日粮编号	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	可消化糖 (%)	维生素 E (mg/kg)
1	29.07	4.01	20.32	75
2	29.02	5.09	25.35	125
3	29.20	6.00	30.65	175
4	32.01	4.00	25.95	175
5	32.04	5.07	30.75	75
6	32.08	5.92	20.55	125
7	34.59	3.97	30.12	125
8	35.20	4.98	20.25	175
9	34.97	6.07	25.13	75

1.5 数据统计与分析

试验结果均用平均值±标准误($\bar{x} \pm s$)表示, $n=9$ 。采用 SPSS(Ver 16.0)软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA),用 Duncan's 检验进行多重比较。

表 3 投喂不同营养水平日粮对三角鲂生长和饲料利用的影响

日粮编号	特定生长率(%)	增重率(%)	饲料系数	蛋白质效率(%)
1	1.78±0.18b	204.32±12.35b	1.73±0.12b	1.71±0.14b
2	1.88±0.12b	213.48±15.21b	1.77±0.10b	1.88±0.08bc
3	1.90±0.26bc	217.25±20.01bc	1.80±0.24b	1.92±0.14c
4	2.09±0.14d	255.05±19.36c	1.58±0.10a	2.07±0.06c
5	1.93±0.16b	219.31±21.36bc	1.79±0.11b	1.78±0.11b
6	1.94±0.10b	220.46±14.77bc	1.76±0.28b	1.77±0.13b
7	1.94±0.08b	224.65±15.84bc	1.79±0.15b	1.67±0.07b
8	2.04±0.15cd	243.23±15.66bc	1.65±0.18ab	1.80±0.11b
9	1.66±0.11a	171.69±17.42a	2.26±0.17c	1.28±0.14a

注:同列数据后不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。表 4、表 5、表 6 同。

2.2 不同配方日粮对三角鲂血液生化指标的影响

由表 4 可以看出,投喂第 9 组日粮后,三角鲂血清中谷丙转氨酶、谷草转氨酶含量体现出一致的趋势,为第 4 组、第 8 组最低,第 9 组最高(谷草转氨酶为第 2 组)。血清中碱性磷酸酶含量的表现略有不同,第 4 组、第 7 组含量显著高于其他各组。第 8 组、第 9 组血清血糖含量高于其他各组。各组间甘油三酯和总胆固醇含量差异均不显著。

2.3 不同营养水平日粮对三角鲂肝脏消化酶的影响

投喂不同营养水平日粮对三角鲂肝脏消化酶的影响见表 5。从表 5 可以看出,各组肝脏淀粉酶和胰蛋白酶含量表现类

2 结果与分析

2.1 不同配方日粮对三角鲂生长和饲料利用的影响

由表 3 可以看出,投喂了 9 种不同营养水平日粮的三角鲂在增重率、特定生长率、饲料系数、蛋白质效率方面有类似的结果和趋势。从生长情况来看,第 4 组配方的增重率、特定生长率为最高,其次为第 8 组,第 9 组的最低。从饲料利用能力来看,三角鲂对第 4 组配方的饲料利用率(与饲料系数成反比)、蛋白质效率最优,而第 9 组最差。相应的计算公式:

特定生长率= $[(\ln \text{末体重}-\ln \text{初体重})/\text{天数}]\times 100\%$;

增重率=(平均末体重-平均初体重)/平均初体重 $\times 100\%$;

饲料系数=($100\times \text{摄入饲料干重})/[\text{天数}\times (\text{末体重}+\text{出体重})/2]$;

蛋白质效率=湿增重/粗蛋白摄入量 $\times 100\%$ 。

似,活性最低的均为第 6 组、第 8 组;淀粉酶活性较高的为第 9 组、第 3 组、第 1 组,分别达 0.42、0.40、0.37 U/mg prot;胰蛋白酶活性最高组为第 1 组、第 5 组、第 9 组,分别达 3 513.60、2 998.40、2 909.00 U/mL;脂肪酶活性最高的出现在第 6 组、第 9 组,分别达 154.68、151.57 U/g prot,第 2 组活性最低,仅为 35.29 U/g prot。

2.4 不同营养水平日粮对三角鲂免疫指标的影响

投喂不同营养水平日粮对三角鲂肝脏免疫指标的影响见表 6。从表 6 可以看出,投喂第 8 组日粮的三角鲂肝脏中丙二醛含量最低,为 15.12 nmol/mg prot,第 9 组最高,达到

表4 投喂不同营养水平日粮对三角鲂血液生化指标的影响

日粮编号	谷丙转氨酶 (U/L)	谷草转氨酶 (U/L)	碱性磷酸酶 (U/L)	血糖 (mmol/L)	总胆固醇 (mmol/L)	甘油三酯 (mmol/L)
1	10.05 ± 1.07ab	116.32 ± 11.05a	89.25 ± 12.63a	3.51 ± 0.28ab	3.21 ± 0.25a	1.51 ± 0.29a
2	9.57 ± 1.21ab	120.38 ± 9.92b	95.71 ± 11.88a	3.59 ± 0.20ab	3.18 ± 0.21a	1.63 ± 0.14a
3	11.30 ± 1.14ab	115.84 ± 12.65a	92.11 ± 15.12a	3.84 ± 0.53ab	3.51 ± 0.30a	1.89 ± 0.32a
4	8.11 ± 1.22a	101.58 ± 7.92a	139.45 ± 12.06b	3.77 ± 0.41ab	3.36 ± 0.18a	1.69 ± 0.16a
5	9.48 ± 1.05ab	118.03 ± 8.66a	100.32 ± 10.24a	4.58 ± 0.33b	3.55 ± 0.31a	1.78 ± 0.22a
6	9.43 ± 1.90ab	108.79 ± 15.07a	92.28 ± 12.28a	3.76 ± 0.32ab	3.22 ± 0.22a	1.75 ± 0.24a
7	9.66 ± 1.06ab	118.13 ± 14.28a	143.38 ± 13.63b	3.22 ± 0.24a	3.14 ± 0.13a	1.33 ± 0.09a
8	7.90 ± 1.26a	104.82 ± 6.40a	94.79 ± 12.61a	4.67 ± 0.51b	3.30 ± 0.20a	1.97 ± 0.44a
9	13.04 ± 1.32b	116.65 ± 8.83a	96.70 ± 15.43a	4.71 ± 0.58b	3.61 ± 0.11a	1.82 ± 0.29a

表5 投喂不同日粮对三角鲂消化酶的影响

日粮编号	脂肪酶 (U/g prot)	淀粉酶 (U/mg prot)	胰蛋白酶 (U/mL)
1	106.54 ± 29.88ab	0.37 ± 0.05c	3 513.60 ± 525.38b
2	35.29 ± 6.82a	0.24 ± 0.03abc	2 200.80 ± 982.60ab
3	79.91 ± 8.79ab	0.40 ± 0.07c	1 770.30 ± 288.25ab
4	85.44 ± 20.66ab	0.36 ± 0.12c	2 941.50 ± 972.01ab
5	93.14 ± 23.31ab	0.31 ± 0.04bc	2 998.40 ± 807.32ab
6	154.68 ± 59.68b	0.06 ± 0.02a	1 139.70 ± 320.38ab
7	141.20 ± 20.94b	0.25 ± 0.06abc	2 205.70 ± 804.03ab
8	98.20 ± 21.00ab	0.13 ± 0.02ab	679.76 ± 197.53a
9	151.57 ± 50.15b	0.42 ± 0.11c	2 909.00 ± 851.54ab

84.17 nmol/mg prot。表6 结果还表明,各组三角鲂肝脏过氧化物酶和超氧化物歧化酶含量呈现类似的趋势,两者含量的最低值均表现为第8组,分别为14.47、5.9 U/mg prot;过氧化物酶含量最高的为第1组,达31.92 U/mg prot;超氧化物歧化酶含量最高的为第9组,达14.49 U/mg prot。

表6 投喂不同日粮对三角鲂肝脏抗氧化能力的影响

日粮编号	丙二醛 (nmol/mg prot)	过氧化物酶 (U/mg prot)	超氧化物歧化酶 (U/mg prot)
1	38.36 ± 4.55ab	31.92 ± 4.26b	14.21 ± 0.82bc
2	24.32 ± 8.56ab	19.99 ± 3.65a	9.74 ± 1.58abc
3	40.83 ± 6.32ab	19.00 ± 2.89a	9.09 ± 1.33a
4	31.73 ± 7.70ab	25.40 ± 4.83ab	10.75 ± 1.99abc
5	49.47 ± 6.04abc	19.12 ± 1.97a	10.74 ± 1.08abc
6	58.66 ± 7.83bc	21.13 ± 4.83ab	8.05 ± 1.81a
7	38.48 ± 12.50ab	20.84 ± 5.09ab	9.37 ± 1.12ab
8	15.12 ± 4.38a	14.47 ± 1.15a	5.90 ± 0.51a
9	84.17 ± 31.05c	18.82 ± 3.86a	14.49 ± 2.83c

3 讨论与结论

鱼类的血液生理生化指标被广泛地用来反映鱼类机体的新陈代谢水平和生理状况^[2-3]。当鱼体对投喂的日粮不耐受时,不同的鱼类会采取自身相应的策略^[4],机体代谢会发生异常,血液中血糖、谷丙转氨酶、谷草转氨酶、碱性磷酸酶、甘油三酯和总胆固醇等即会发生质和量的变化。谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST)是广泛存在于动物线粒体中的重

要氨基酸转氨酶,在机体蛋白质代谢中起着重要作用,其活性变化亦是反映肝细胞受损伤的主要敏感指标^[5]。在正常情况下,血清中正常转氨酶活性值较小,当组织中毒发生病变或者受损伤的组织范围较大,肝细胞受到外来物质的损伤时,细胞膜的通透性加大,大量 ALT 和 AST 渗入血液,引起血清中 ALT 和 AST 浓度上升或活性突然持续性增强^[6]。ALP 是机体生长代谢、保持内环境稳定、维持机体健康所必需的酶,它们容易受到营养状况、环境变化、疾病和年龄的影响,当免疫水平降低或提高时,它们会产生相应的变化,在一些营养物质的消化、吸收和运转过程中也起着非常重要的作用,也是动物体内重要的解毒体系^[7]。本试验结果显示,投喂第9组、第2组日粮三角鲂血液中谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)显著升高,第4组、第8组低于其他各组;投喂第4组日粮三角鲂血液中碱性磷酸酶活性显著提高。丙二醛(MDA)含量可以反映鱼体的活性氧自由基基质的过氧化水平及细胞受损程度^[8-9],会引起蛋白质、核酸等生命大分子的交联聚合,且具有细胞毒性。过氧化物酶(POD)和超氧化物歧化酶(SOD)具有特殊的生理活性,是集体防御过氧化损害系统的关键酶之一,也是机体清除氧自由基的重要抗氧化保护酶。鱼类肝脏是解毒器官,肝脏中 POD 和 SOD 较为敏感。蔡春芳在对青鱼的研究中发现,在饲料中添加 20%~40%的碳水化合物后,青鱼血清中 SOD 与对照组相比呈下降趋势^[1]。本试验中投喂不同营养水平日粮后,第9组鱼体肝脏丙二醛含量最高,达到 84.17 nmol/mg prot;肝脏过氧化物酶和超氧化物歧化酶含量最高的为第1组、第9组。肝脏是生物体内最大的消化腺,也是体内的新陈代谢中心,在蛋白质、糖、脂类、维生素等物质代谢中均起着重要的作用。研究消化酶(特别是胰蛋白酶、脂肪酶及淀粉酶等3大消化酶)有助于了解鱼类在摄食不同营养水平日粮过程中的营养生理代谢。通过对本试验各组消化酶活性的综合分析,投喂第9组、第4组饲料的三角鲂肝脏胰蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶3种酶的综合活性较高。

本试验通过对三角鲂投喂9种不同营养水平日粮,发现第4组、第8组获得了最优的生长性能和饲料利用率,进一步通过测定鱼体血液生理生化指标、肝脏消化酶活性和免疫指标发现,长期投喂这2组饲料也不会对鱼体生理代谢和机体免疫机能产生不良影响,因此从生产性状和经济效益等方面综合分析,适用于三角鲂日粮的营养水平可能为 32%~35%粗蛋白、4%~5%粗脂肪、20%~25%可消化糖、175 mg/kg 维生素 E。

郭金耀, 杨晓玲, 秦洁, 等. 外源维生素 B₂ 对盐藻生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(5): 216–217.

外源维生素 B₂ 对盐藻生长的影响

郭金耀, 杨晓玲, 秦洁, 王志龙, 江苏苏

(淮海工学院海洋学院, 江苏连云港 222005)

摘要: 将盐藻接入不同浓度的维生素 B₂ 培养液中, 检测其对盐藻色素形成、细胞生长与蛋白质积累的影响。结果表明, 维生素 B₂ 对盐藻的作用效应表现为低浓度促进、高浓度抑制; 维生素 B₂ 浓度为 800 μg/L 时, 盐藻 β-胡萝卜素、叶绿素 a 和叶绿素 b 形成最多、细胞繁殖最快、蛋白质积累量最大。

关键词: 维生素 B₂; 盐藻色素; 细胞生长; 蛋白质积累

中图分类号: Q945.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2013)05–0216–02

盐藻 (*Dunaliella salina*) 是价值颇高的一种经济藻种。盐藻 β-胡萝卜素具有非常重要的医疗和保健价值^[1], 盐藻蛋白质是人类的理想食物和一些名贵水产动物幼体的优质饵料^[2], 因此, 开展盐藻培养的研究具有非常重要的意义。目前, 许多学者正在由各种外加条件入手, 探索改变盐藻的培养液, 研究各种适宜的盐藻培养条件, 期待得出一个有效、经济、环保的配方^[3]。符万尧等研究了维生素 B₁ 和维生素 B₁₂ 对盐藻生长繁殖的影响^[4]。作者探索了维生素 B₂ 与盐藻色素形成、细胞生长和蛋白质积累的关系, 以期对盐藻的培养利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

盐藻由中国海洋大学提供, 试验前培养至对数生长期。

1.2 试验方法

1.2.1 试验处理 取盐藻母液 4 000 r/min 离心 20 min, 收集盐藻细胞洗入新鲜盐藻培养基^[3]中, 使藻液在 450 nm 处的吸光度约为 0.2, 再分装到 100 mL 培养瓶中, 每瓶 60 mL, 共 15 瓶。然后分别向培养液中加入维生素 B₂ 母液适量, 形成含维生素 B₂ 分别为 0、400、800、1 200、1 600 μg/L 的质量浓度梯度, 每个维生素 B₂ 质量浓度重复 3 次。封口后放于恒温

培养箱中培养, 培养温度白天为 25 ℃, 夜间为 20 ℃; 光照与黑暗时间比为 12 h : 12 h, 白天的光照度为 3 500 lx。培养 15 d 后, 检测盐藻色素、细胞生长与蛋白质的变化。

1.2.2 盐藻密度测定 取盐藻培养液, 以未加入盐藻的培养基为空白, 于波长 450 nm 下分别测定各盐藻培养液的吸光度 D , 根据下式计算盐藻细胞密度。

$$\text{盐藻细胞密度} (\times 10^7 \text{ 个/mL}) = (943D - 61) \times 10^4$$

1.2.3 盐藻 β-胡萝卜素及叶绿素 a、b 测定 分别取 5 mL 各密度的盐藻藻液, 4 000 r/min 离心 20 min 收集细胞, 加入适量 90% 丙酮溶液提取色素, 并于分光光度计读取 $D_{450 \text{ nm}}$ 、 $D_{665 \text{ nm}}$ 、 $D_{649 \text{ nm}}$ 。

根据 Jensen 公式^[5] 换算出藻液中的 β-胡萝卜素含量:

$$\beta\text{-胡萝卜素含量} (\text{mg/L}) = D_{450 \text{ nm}} \times V \times f \times 10^3 / 2\ 500 = 8 \times D_{450 \text{ nm}}$$

式中: V 为提取液的体积 (10 mL); F 为稀释倍数 (2); 2500 为吸光度与 β-胡萝卜素换算关系。

根据下式计算叶绿素 a、b 的含量^[6]。由于所测盐藻液稀释至原藻液的 2 倍, 下式算出的含量要乘以 2。

$$\text{叶绿素 a 含量} (\text{mg/L}) = 13.7D_{665 \text{ nm}} - 5.76D_{649 \text{ nm}}$$

$$\text{叶绿素 b 含量} (\text{mg/L}) = 25.8D_{649 \text{ nm}} - 7.6D_{665 \text{ nm}}$$

1.2.4 盐藻蛋白质测定 分别取 10 mL 各密度盐藻藻液, 4 000 r/min 离心 20 min 收集盐藻细胞, 加蒸馏水定容至 10 mL。在 -35 ℃ 低温冰箱中反复冻融 4 次, 再用超声波细胞粉碎机破碎 120 s, 4 000 r/min 离心 20 min 收集上清液, 即为蛋白质提取液。分别于分光光度计测定波长为 280 nm 和

生长、生理、免疫和肝脏超微结构的影响[J]. 水产学报, 2011, 35(2): 221–230.

收稿日期: 2012–09–26

作者简介: 郭金耀 (1956—), 男, 教授, 研究方向为植物生理。

E-mail: gjyao6688@yahoo.com.cn.

参考文献:

- [1] 蔡春芳. 青鱼 (*Mylopharyngodon pices* Richardson) 和鲫 (*Carassius auratus*) 对饲料糖的利用及其代谢机制的研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2004.
- [2] 王沛宾, 林学群, 尹秀芬. 饥饿与恢复投喂对红鳍笛鲷血液生化指标的影响[J]. 水产养殖, 2004, 25(5): 31–34.
- [3] 陈晓耘. 饥饿对南方鲇幼鱼血液的影响[J]. 西南农业大学学报, 2000, 22(2): 167–169, 176.
- [4] 钱云霞. 饥饿对养殖鲈蛋白酶活力的影响[J]. 水产科学, 2002, 21(3): 6–7.
- [5] 缪凌鸿, 刘波, 戈贤平, 等. 高碳水化合物水平日粮对异育银鲫
- [6] 伍莉, 陈鹏飞. 微生态制剂对大口鲶和鲫鱼生长及血液指标的影响[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2007, 32(1): 82–86.
- [7] 孙红梅, 黄权, 丛波. 饥饿对黄颡鱼血液中几种免疫相关因子的影响[J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(4): 307–310.
- [8] 冯涛, 郑微云, 洪万树, 等. 苯并(a)芘对大弹涂鱼肝脏谷胱甘肽过氧化物酶活性的影响[J]. 中国水产科学, 2001, 7(4): 19–21.
- [9] 谭树华, 何典翼, 严芳, 等. 亚硝酸钠对鲫鱼肝脏丙二醛含量和总抗氧化能力的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(增刊): 21–24.