

不同饲料对银鲳幼鱼增重率、肝脏脂酶及 抗氧化酶活性的影响

彭士明, 尹飞, 孙鹏, 施兆鸿*, 王建钢

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

摘要: 利用营养学与生物化学的方法, 研究分析了不同饲料对银鲳幼鱼增重率、饲料系数、肝脏脂酶及抗氧化酶活性的影响。试验共设4组不同饲料, 依次为饲料1(新鲜鱼肉糜)、饲料2(新鲜鱼肉糜+饲料)、饲料3(新鲜鱼肉糜+饲料+蛭子肉糜)和饲料4(新鲜鱼肉糜+饲料+蛭子肉糜+桡足类)。试验用银鲳幼鱼的平均体重为(4.80±0.11)g, 每组饲料设3重复, 试验周期为9周。研究结果显示, 不同饲料可显著影响银鲳的增重率, 各饲料组中以饲料1组的增重率最低, 并显著低于其它各饲料组; 饲料4组的增重率最高, 并显著高于饲料2、3组的增重率($P<0.05$)。饲料系数以饲料1组最高, 且显著高于其它3组饲料组; 饲料2、3、4组饲料系数间并无显著性差异($P>0.05$)。饲料1组肝脂酶与总脂酶活性均显著低于其它3组饲料组($P<0.05$), 但饲料2、3、4组间肝脏脂蛋白脂酶、肝脂酶和总脂酶活性均未有显著性差异($P>0.05$)。各组间肝脏超氧化物歧化酶(SOD)与谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)活性均未有显著性差异($P>0.05$), 但均以饲料1组最低、饲料4组最高; 饲料1、2、3组间肝脏过氧化氢酶(CAT)活性未有显著性差异($P>0.05$), 但饲料4组CAT活性显著高于饲料1组的CAT活性($P<0.05$)。分析结果表明, 单纯利用鱼肉糜作为饲料不利于银鲳的生长; 饲料中添加桡足类不但有助于促进银鲳的生长, 也可提高其抗氧化能力。

关键词: 银鲳; 饲料; 生长; 脂酶; 抗氧化酶

中图分类号: S 963.16

文献标识码: A

银鲳(*Pampus argenteus*)是我国主要的海产经济鱼类之一, 具有较高的市场价值与需求。自20世纪80年代, 国内已开始陆续开展银鲳繁殖生物学方面的研究工作^[1-2]。但截止目前, 国内银鲳的养殖技术仍处于起步阶段, 原因是在银鲳亲体的人工培育及其诱导产卵技术的环节仍存在诸多困难。21世纪初, 中国水产科学研究院东海水产研究所通过海上捕捞野生亲本利用人工授精技术成功获得第一批银鲳苗种。通过近几年的研究工作, 已掌握了银鲳的繁殖特性、性腺发育规律^[3-4]以及银鲳人工育苗的模式与方法^[5-6]。由于目前银鲳养殖过程中缺乏适宜的饲料导致银鲳亲体人工培育的进度较为缓慢。因此, 研究分析

人工养殖条件下银鲳的营养需求是当前的重点研究内容之一。

众所周知, 野生条件下银鲳的食性分析对于指导养殖过程中适宜饲料的配制具有重要的指导作用。关于野生条件下银鲳的主要食物来源, 有报道称银鲳主要摄食甲壳类动物, 其中以桡足类为主^[7], 也有资料报道野生状态下银鲳的主要食物来源为水母^[8-9]。本研究选用饲料的主要目的并不在于研究确定银鲳适宜的营养需求, 而在于研究分析银鲳对于这几种饲料的适应性, 探讨不同饲料对银鲳生长效果、肝脏脂代谢酶与抗氧化酶活性的影响, 研究结果可为人工养殖条件下银鲳适宜饲料的最终研制收集必要的信息。

收稿日期:2010-01-28

修回日期:2010-03-31

资助项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费(东2008M14, 东2009M05);沪农科攻字(2007)第4-1号

通讯作者:施兆鸿, E-mail: shizhh@hotmail.com

1 材料与方方法

1.1 试验用鱼

试验用银鲳为人工培育获得的种苗,选取大小规格相近的银鲳幼鱼为试验对象,其平均体重为 (4.80 ± 0.11) g。

1.2 试验设计与饲养管理

共配有4种饲料,依次编写为饲料1、饲料2、饲料3、饲料4,其组成见表1。试验于室内水泥池(4 m×4 m×1.5 m)中进行,养殖所用水体为10 m³,每池放养150尾银鲳幼鱼,每组饲料各设3重复,试验为期9周。每天投喂4次(07:00、11:00、15:00、18:00),饱食投喂。试验期间,每天吸污一次,通过池底排水口与池子上方的进水口同时开启的方式换水,日换水量约为200%,08:00与16:00各换水100%,24 h持续充氧,海水盐度范围为24~26,水温为27~29℃,DO含量大于7 mg/L,pH为8.1~8.2。

1.3 样品采集与分析

试验结束时,停食24 h后从每池中取5尾鱼,经MS222麻醉后解剖取其肝脏样品,置于-70℃冰箱保存待测。另从每池中取10尾鱼,分别测量其体重。增重率与饲料系数的计算公式如下:增重率(%)=(试验结束时体重-试验开始时体重)/试验开始时体重×100;饲料系数=摄食量(干重)/鱼体增重量。

肝脏中肝脂酶、脂蛋白脂酶活性采用比色法测定,活力单位定义为每毫克组织蛋白每小时在反应系统中所产生的1微摩尔(μmol)的游离脂肪酸FFA为1个酶活性单位[FFA $\mu\text{mol}/(\text{mg prot} \cdot \text{h})$]。总脂酶活性=脂蛋白脂酶活性+肝脂酶活性。脂酶测定所需试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

SOD活性测定采用邻苯三酚自氧化法,其活力单位定义为在25℃下每分钟抑制邻苯三酚自氧化率达50%时所需酶量为1个SOD酶比活力。采用徐镜波等^[10]的方法测定CAT活性,荣征星等^[11]的方法测定GSH-PX的活性。3种酶的酶活性单位均为U/mg蛋白。采用福林-酚试剂法测定组织匀浆液的蛋白含量^[12]。

1.4 数据处理

数据以平均值±标准误(mean±SE)表示,试验结果用SPSS 11.5软件进行统计与分析,采用

Duncan氏检验进行多重比较, $P < 0.05$ 即认为有显著性差异。

2 结果

2.1 不同饲料对银鲳幼鱼增重率、饲料系数的影响

4组饲料蛋白含量比较高,均高于51%,但脂肪含量有明显差异,饲料1中的脂肪含量最低,而饲料2、3和4中的脂肪含量大致相近。试验结束后各饲料组银鲳幼鱼成活率均高于92%,且各组间无显著性差异($P > 0.05$)。对各饲料组银鲳增重率的分析结果显示(图1),不同饲料可显著影响银鲳幼鱼的生长($P < 0.05$)。单纯投喂新鲜鱼肉糜组(饲料1)的增重率(182.04%)最小,且均显著低于其它3个饲料组($P < 0.05$)。饲料2组(新鲜鱼肉糜+饲料)与饲料3组(新鲜鱼肉糜+饲料+蛭子肉糜)的增重率分别为239.88%、232.80%,两组间无显著性差异($P > 0.05$),但均显著低于饲料4组(新鲜鱼肉糜+饲料+蛭子肉糜+桡足类)的增重率(301.98%)($P < 0.05$)。各饲料组间饲料系数的分析结果显示(图2),饲料1组的饲料系数最高,为1.61,显著高于其它3组饲料组($P < 0.05$)。饲料2、3、4组饲料系数间无显著性差异($P > 0.05$),且以饲料4组的饲料系数最低,为1.45,饲料2、3组的饲料系数分别为1.50、1.51。

表1 试验饲料的组成

Tab. 1 Composition of the experimental diets

饲料组份 components	饲料1 diet 1	饲料2 diet 2	饲料3 diet 3	饲料4 diet 4
新鲜鱼肉糜(湿重)(g) fresh fish meat (wet weight)	100	75	37.5	25
“鱼宝”牌饲料(干重)(g) “YuBao” feed (dry weight)	0	25	25	25
新鲜蛭子肉糜(湿重)(g) fresh solen meat (wet weight)	0	0	37.5	25
桡足类(湿重)(g) copepods(wet weight)	0	0	0	25
营养成分(%干物质) nutritional composition (% dry matter)				
蛋白 protein	59.27	55.11	54.13	51.15
脂肪 fat	5.75	8.64	9.55	8.12
灰分 ash	5.46	9.10	9.56	12.23

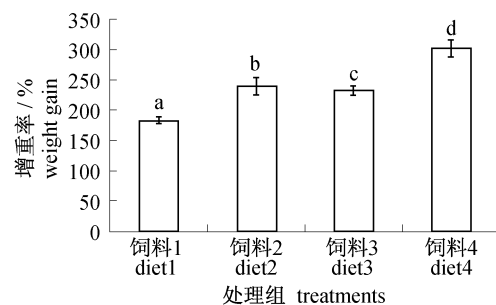


图1 不同饲料对银鲳幼鱼增重率的影响

各处理组间不同标示字母代表有显著性差异($P < 0.05$)。

Fig.1 Effect of different diets on weight gain of juvenile silver pomfret

Means with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

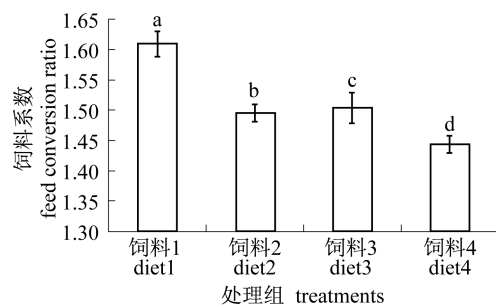


图2 不同饲料对银鲳幼鱼饲料系数的影响

各处理组间不同标示字母代表有显著性差异($P < 0.05$)。

Fig.2 Effect of different diets on feed conversion ratio of juvenile silver pomfret

Means with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

2.2 不同饲料对银鲳幼鱼肝脏脂酶活性的影响

饲料1组脂蛋白脂酶、肝脂酶及总脂酶活性(分别为0.41、0.36、0.77 U/mg prot)均较其它3组饲料组低,且肝脂酶与总脂酶活性均显著低于其它3组饲料组($P < 0.05$)。饲料2、3、4组间肝脏脂蛋白脂酶、肝脂酶和总脂酶活性均未有显著性差异($P > 0.05$),但饲料4组脂蛋白脂酶和总脂酶的酶活性(分别为0.62、1.16 U/mg prot)均略高于饲料2与饲料3组(表2)。

2.3 不同饲料对银鲳幼鱼肝脏抗氧化酶活性的影响

各组间肝脏SOD与GSH-PX活性均未有显著性差异($P > 0.05$),但两者的最低值均出现在饲料1组,最高值均出现在饲料4组(表3)。饲料1、2、3组间肝脏CAT活性未有显著性差异($P > 0.05$),但饲料1组CAT活性(17.56 U/mg

prot)显著低于饲料4组的CAT活性(19.62 U/mg prot) ($P < 0.05$)。尽管饲料4组肝脏CAT的活性均高于其它3组饲料组,但饲料2、3、4组间CAT活性并无显著性差异($P > 0.05$)。

表2 不同饲料对银鲳肝脏脂酶活性的影响

Tab.2 Effect of different diets on liver lipase activity of juvenile silver pomfret

处理组 treatments	脂蛋白脂酶 (U/mg prot) lipoprotein lipase	肝脂酶 (U/mg prot) hepatic lipase	总脂酶 (U/mg prot) total lipase
饲料1 diet 1	0.41 ± 0.02 ^a	0.36 ± 0.04 ^a	0.77 ± 0.05 ^a
饲料2 diet 2	0.50 ± 0.02 ^{ab}	0.54 ± 0.05 ^b	1.05 ± 0.07 ^b
饲料3 diet 3	0.51 ± 0.03 ^{ab}	0.60 ± 0.05 ^b	1.11 ± 0.08 ^b
饲料4 diet 4	0.62 ± 0.06 ^b	0.54 ± 0.07 ^b	1.16 ± 0.12 ^b

注:同一列不同上标字母表示有显著性差异($P < 0.05$)。

Notes: Different superscript letters within each column represent significant differences ($P < 0.05$).

表3 不同饲料对银鲳肝脏抗氧化酶活性的影响

Tab.3 Effect of different diets on liver antioxidant enzymes activity of juvenile silver pomfret

处理组 treatments	SOD (U/mg prot)	CAT (U/mg prot)	GSH-PX (U/mg prot)
饲料1 diet 1	49.20 ± 1.69	17.56 ± 0.64 ^a	4.38 ± 1.15
饲料2 diet 2	51.15 ± 4.75	17.97 ± 0.65 ^{ab}	5.50 ± 0.97
饲料3 diet 3	50.88 ± 3.10	18.11 ± 0.40 ^{ab}	5.15 ± 0.73
饲料4 diet 4	52.18 ± 4.12	19.62 ± 0.51 ^b	5.79 ± 0.93

注:同一列不同上标字母表示有显著性差异($P < 0.05$)。

Notes: Different superscript letters within each column represent significant differences ($P < 0.05$).

3 讨论

众所周知,饲料营养是否全面直接关系养殖对象的生长效果^[13-15]。由于目前银鲳的人工养殖尚处于起步阶段,因此国内关于人工养殖条件下银鲳营养需求方面的研究报道尚属空白。本研究的目的主要是为探索一种可用于银鲳人工养殖的饲料,其结果可为人工养殖条件下适宜配合饲料的最终研制提供必要的信息。由本试验的研究结果可以看出,试验结束时,单纯投喂新鲜鱼肉糜的饲料1组,其增重率显著低于其它各组,且饲料系数显著高于其它各组,由此表明,单纯的鱼肉糜其营养组成并不能满足银鲳幼鱼的营养需求。由于在饲料2组添加了配合饲料,饲料3组添加了配合饲料和蛭子肉糜,使其营养组成较饲料1组更为全面,因此,饲料2、3组获得了相对于饲料1组更好的生长效果。但统计分析的结果显示,饲

料3组与饲料2组的增重率并无显著性差异,这表明,饲料中蛭子肉糜的添加并没有改善银鲟的生长效果。然而,从饲料4组的结果来看,饲料中桡足类的添加显著提高了银鲟的增重率。同时,尽管饲料2、3、4组饲料系数间无显著性差异,但以饲料4组的饲料系数最低。之前关于银鲟食性的研究表明,野生状态下银鲟的食物来源中,占主要组成部分的是桡足类^[7]。因此,这在一定程度上解释了饲料4组获得较高增重率、较低饲料系数的原因。从4组饲料的营养组成来分析,4组饲料的蛋白水平均较高,均高于51%,但脂肪水平存在明显差异,饲料1组的脂肪水平明显低于其它3组饲料组。由此也可推断,银鲟对脂肪的需求可能相对较高,这一点与鲑(*Salmo salar*)较为相似^[16-17]。因此,由本试验的研究结果可以得出,单纯以鱼肉糜为饲料并不利于银鲟的生长,饲料中添加桡足类有利于促进人工养殖条件下银鲟的生长。

肝脏是鱼类脂肪酸代谢的主要器官,脂蛋白脂酶与肝脂酶是脂肪分解代谢过程中两个关键酶,两者合称总脂酶。脂蛋白脂酶被认为是脂类蓄积、代谢过程中的关键酶,其主要功能是水解极低密度脂蛋白和乳糜微粒中的甘油三酯,使之转变成小分子量的脂肪酸,以供各种组织贮存和利用^[18]。肝脂酶主要在肝脏中合称,主要参与乳糜微粒残粒以及高密度脂蛋白的代谢^[19]。本实验结果显示,饲料2、3、4组脂蛋白脂酶、肝脂酶以及总脂酶活性均明显高于饲料1组,表明饲料2、3、4组中的脂肪水平有利于银鲟肝脏中脂肪的分解代谢。目前关于饲料中脂肪组成与水产动物肝脂酶活性之间的研究报道较少,Tan等^[20]在对黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)的研究中发现,饲料中亚麻油与亚油酸的比例会显著影响黄颡鱼肝脂酶的活性。梁旭方等^[21]在对真鲷(*Pagrus major*)的研究中发现,真鲷肝脏中脂蛋白脂酶基因存在营养诱导性表达,高脂食物是其中一个诱导表达因子,当真鲷摄食高脂饲料时,会诱导肝脏产生大量的脂蛋白脂酶,促进肝脏对脂肪酸的营养蓄积。因此,本试验中饲料2、3、4组脂酶活性较高的原因,可能就在于这3组饲料含有较高的脂肪含量,诱导了银鲟肝脏中脂酶的大量产生。

关于不同饲料与抗氧化酶之间的关系研究已有不少报道,饲料中的营养组成可显著影响鱼体

的抗氧化酶系统^[22-25]。本研究结果显示,各饲料组间SOD与GSH-PX活性并未有显著性差异,但饲料1组的SOD与GSH-PX活性均略低于饲料2、3、4组,饲料1组CAT活性同样低于其它各组,且显著性低于饲料4组。由此表明,单纯投喂新鲜鱼肉糜(饲料1)在一定程度上降低了鱼体的抗氧化能力。已有的研究资料表明,饲料中脂肪的含量,特别是高度不饱和脂肪酸(HUFA)的含量可显著影响鱼体抗氧化酶的活性,在对虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)的研究中发现,饲料中较高的HUFA可显著提高虹鳟抗氧化酶的活性^[24,26]。因此推断,本文饲料1中较低的脂肪含量可能是导致银鲟抗氧化酶活性较低的原因之一。由试验结果还可看出,饲料4组肝脏SOD、CAT、GSH-PX活性均高于其它3组饲料,表明饲料中桡足类的添加一定程度上提高了鱼体的抗氧化能力,其原因同样可能在于桡足类中富含HUFA。当然,影响鱼体抗氧化能力的因素有很多,其确切的原因尚需进一步研究。

本试验的研究结果为银鲟人工配合饲料的研制提供了两点信息:(1)单纯利用鱼肉糜作为饲料不利于银鲟的生长;(2)饲料中添加桡足类有利于促进银鲟的生长,提高肝脏中酯酶及抗氧化酶的活性。后续的研究工作需要陆续开展不同规格银鲟对蛋白、脂类等营养物质的适宜需求,为不同发育阶段银鲟适宜配合饲料的研制提供参考。

参考文献:

- [1] 赵传垠,张仁斋. 中国近海鱼卵与仔鱼[M]. 上海: 上海科学技术出版社,1985:151-153.
- [2] 龚启祥,倪海儿,李伦平,等. 东海银鲟卵巢周年变化的组织学观察[J]. 水产学报,1989,13(4): 316-325.
- [3] 施兆鸿,王建钢,高露姣,等. 银鲟繁殖生物学及人工繁育技术的研究进展[J]. 海洋渔业,2005,27(3):246-251.
- [4] 施兆鸿,高露姣,谢营梁,等. 舟山渔场银鲟和灰鲟繁殖特性的比较研究[J]. 水产学报,2006,30(5): 247-252.
- [5] 施兆鸿,马凌波,高露姣,等. 人工育苗条件下银鲟仔稚幼鱼摄食与生长特性[J]. 海洋水产研究,2007,28(4):540-549.
- [6] 施兆鸿,赵峰,王建刚,等. 舟山渔场银鲟人工授精及孵化[J]. 渔业现代化,2009,36(1):18-21.
- [7] Dadzie S, Abou-Seedo F, Al-Qattan E. The food and

- feeding habits of the silver pomfret *Pampus argenteus* (Euphrasen), in Kuwait waters [J]. *J Appl Ichthyol*, 2000, 16(2): 61-67.
- [8] Pati S. Food and feeding of silver pomfret *Pampus argenteus* (Euphrasen) from Bay of Bengal [J]. *Indian Journal of Fisheries*, 1980, 27: 244-256.
- [9] Mohamed A R, Ali T S. Feed habit of silver pomfret *Pampus argenteus* (Euphrasen) in the Northwestern Arabian Gulf [J]. *Journal of Agricultural Research*, 1994, 4: 38-44.
- [10] 徐镜波,袁晓凡,郎佩珍. 过氧化氢酶活性及活性抑制的紫外分光光度测定 [J]. *环境化学*, 1997, 16(1): 73-76.
- [11] 荣征星,刘慧中,鲍景奇,等. 小鼠全血中谷胱甘肽过氧化物酶活力的微量测定法 [J]. *生物化学与生物物理进展*, 1994, 21(4): 362-366.
- [12] Lowry O H, Rosebrough N L, Randall R I. Protein measurement with Folin phenol reagent [J]. *J Biol Chem*, 1951, 193: 265-275.
- [13] 马爱军,雷霖霖,陈四清,等. 大菱鲆营养需求与饲料研究进展 [J]. *海洋与湖沼*, 2003, 34(4): 450-459.
- [14] 王春芳,解绶启. 稚幼鱼的营养与饲料研究进展 [J]. *水生生物学报*, 2004, 28(5): 557-562.
- [15] 常青,梁萌青,张汉华,等. 海水仔稚鱼的营养需求与微颗粒饲料研究进展 [J]. *渔业科学进展*, 2009, 30(1): 130-136.
- [16] Kaushik S J, Medale F. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids [J]. *Aquaculture*, 1994, 124(1-4): 81-97.
- [17] Cho C Y, Bureau D P. Determination of the energy requirements of fish with particular reference to salmonids [J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 1995, 11: 141-163.
- [18] Nilsson-Ehle P, Garfinkel A S, Schotz M C. Lipolytic enzymes and plasma lipoprotein metabolism [J]. *Ann Rev Biochem*, 1980, 49: 667-693.
- [19] Santamarina-Fojo S, Haudenschild C, Amar M. The role of hepatic lipase in lipoprotein metabolism and atherosclerosis [J]. *Curr Opin Lipidol*, 1998, 9: 211-219.
- [20] Tan X Y, Luo Z, Xie P, et al. Effect of dietary linolenic acid/linoleic acid ratio on growth performance, hepatic fatty acid profiles and intermediary metabolism of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* [J]. *Aquaculture*, 2009, 296: 96-101.
- [21] 梁旭方,白俊杰,劳海华,等. 真鲷 (*Pagrus major*) 脂蛋白脂肪酶基因表达与内脏脂肪蓄积营养调控定量研究 [J]. *海洋与湖沼*, 2003, 34(6): 625-631.
- [22] Mourente G, Díaz-Salvago E J, Bell G, et al. Increased activities of hepatic antioxidant defence enzymes in juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fed dietary oxidised oil: attenuation by dietary vitamin E [J]. *Aquaculture*, 2002, 214: 343-361.
- [23] 林仕梅,麦康森,谭北平. 菜粕、棉粕替代豆粕对奥尼罗非鱼 (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) 生长、体组成和免疫力的影响 [J]. *海洋与湖沼*, 2007, 38(2): 168-173.
- [24] Trenzado C E, Morales A E, Palma J M, et al. Blood antioxidant defenses and hematological adjustments in crowded/uncrowded rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on diets with different levels of antioxidant vitamins and HUFA [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 2009, 149: 440-447.
- [25] Jiang W D, Feng L, Liu Y, et al. Lipid peroxidation, protein oxidant and antioxidant status of muscle, intestine and hepatopancreas for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*) fed graded levels of myo-inositol [J]. *Food Chemistry*, 2010, 120: 692-697.
- [26] Puangkaew J, Kiron V, Shuichi Satoh T, et al. Antioxidant defense of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to dietary n-3 highly unsaturated fatty acids and vitamin E contents [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 2005, 140: 187-196.

Effects of different diets on weight gain, hepatic lipase and antioxidant enzyme of juvenile silver pomfret (*Pampus argenteus*)

PENG Shi-ming, YIN Fei, SUN Peng, SHI Zhao-hong*, WANG Jian-gang

(East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: A 9-week feeding experiment was carried out on juvenile silver pomfret *Pampus argenteus* [initial weight, (4.80 ± 0.11) g] to evaluate the effects of feed composition on weight gain, feed conversion ratio (FCR), hepatic lipase and antioxidant enzyme activities using nutriology and biochemistry. Four diets were formulated and named diet 1 (fresh fish meat), diet 2 (fresh fish meat mixed with formulated feed), diet 3 (fresh fish meat mixed with formulated feed and solen meat) and diet 4 (fresh fish meat mixed with formulated feed, solen meat and copepods). Each diet was assigned to triplicate groups. The results showed that the weight gain of silver pomfret could be affected significantly by the feed composition. The weight gain of diet 1 was the lowest among the four diets, and was significantly lower than those of other three diets. The weight gain of diet 4 was the highest, and was significantly higher than those of diet 2 and diet 3 ($P < 0.05$). The FCR of diet 1 was the highest among the four diets, and was significantly higher than those of other three diets. There was no significant difference in FCR among diet 2, diet 3 and diet 4 ($P > 0.05$). Hepatic lipase and total lipase activities of diet 1 were significantly lower than those of other diets ($P < 0.05$), but no significant difference was found in hepatic lipase, lipoprotein lipase and total lipase activities among diet 2, diet 3 and diet 4 ($P > 0.05$). There was no significant difference in superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GSH-PX) activities among all diets ($P > 0.05$). However, the lowest SOD and GSH-PX activities were both in diet 1 and highest were in diet 4. The catalase (CAT) activity of diet 4 was significantly higher than those of diet 1, 2 and 3 ($P < 0.05$), but no significant difference was found among diet 1, 2 and 3 ($P > 0.05$). In conclusion, the only use of fish meat as a feed is not beneficial to the growth of silver pomfret. Copepods could be also used in the diet to improve the growth and antioxidant ability of silver pomfret.

Key words: silver pomfret (*Pampus argenteus*); diet; growth; lipase; antioxidant enzyme

Corresponding author: SHI Zhao-hong. E-mail: shizhh@hotmail.com