

文章编号: 1004 - 7271(2002)03 - 0193 - 06

银鲫消化酶的研究

沈文英, 寿建昕, 金叶飞, 祝尧荣, 钱伟平

(绍兴文理学院生物系, 浙江 绍兴 312000)

摘要: 对处于不同生长阶段银鲫的蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶、纤维素酶的活性分布进行了初步研究。结果表明: 在鱼苗、鱼种、幼鱼、成鱼和亲鱼 5 个生长阶段, 胰蛋白酶和脂肪酶活性基本保持不变, 纤维素酶活性呈上升趋势, 淀粉酶活性从鱼苗到成鱼不断提高, 但在亲鱼阶段降低。胰蛋白酶和淀粉酶活性分布均以中肠最大, 纤维素酶活性则在肝胰脏中最大。在肝胰脏、前肠、中肠、后肠, 胰蛋白酶的最适 pH 值分别是 7.5、7.5、8.5、8.0, 脂肪酶的最适 pH 值均为 7.5。淀粉酶的最适 pH 值均为 6.5, 纤维素酶在肝胰脏的最适 pH 值是 4.8, 在前肠、中肠、后肠最适 pH 值均有两个峰值, 分别为 3.6 和 4.8。

关键词: 银鲫; 消化酶; 活性分布; pH 值

中图分类号: S917 文献标识码: A

Study on digestive enzymes of *Carassius auratus gibelio*

SHEN Wen-ying, SHOU Jian-xin, JIN Ye-fei, ZHU Yao-rong, QIAN Wei-ping

(Biology Department, Shaoxing College of Arts and Sciences, Shaoxing 312000, China)

Abstract: The activity distribution of trypsin, lipase, amylase and cellulase in *Carassius auratus gibelio* was examined. The activity of cellulase was increased, and those of lipase and trypsin remained at similar levels during fry, fingerling, juvenile, mature and reproductive stages. The amylase activity was increased from fry to mature stages then decreased at reproductive stage. The activities of trypsin and amylase are higher in intestine section II and the cellulase activity is higher in hepatopancreas. The optimum pH values of hepatopancreas, foregut, midgut, hindgut for the trypsin are 7.5, 7.5, 8.5, 8.0 respectively, and for the lipase are 7.5 and for the amylase are 6.5. The optimum pH value of hepatopancreas for the cellulase is 4.8, and there are two optimum pH values of intestine for the cellulase 3.6 and 4.8. These results showed that different pH values were conducive to different digestive enzymes.

Key words: *Carassius auratus gibelio*; digestive enzyme; activity distribution; pH value

鱼类消化酶的研究是鱼类营养学和饲料科学的主要研究内容之一。吴婷婷和朱晓鸣^[1]研究了鳊鱼(*Siniperca chautsi*)、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idella* Val.)、鲤(*Cyprinus carpio*)、鲫(*Carassius auratus*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)的蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活性及其在肠道内的分布。倪寿文等^[2,3]研究了鲤、草鱼、鲢、鳙(*Aristichthys nobilis*)、尼罗罗非鲫(*Cromeria nilotica*)的肠和肝胰脏蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶的活性及其最适 pH 值。Vys 和 Hecht^[4]研究了鲇鱼(*Silurus asotus*)不同组织器官内消化酶活性及其最适 pH 值, Bitterlich^[5]研究了鳙和鲢蛋白酶在肠道内的活性分布及其酶促反应的最适 pH 值, 吴永沛和郭彩华^[6]研究了真鲷(*Pagrosomus major*)肝胰脏蛋白酶的 pH 值。银鲫(*Carassius*

auratus glibelio) 是主要的淡水养殖鱼类, 有关银鲫消化酶研究的报道较少^[1,7]。本文系统地研究了银鲫从鱼苗到亲鱼阶段不同消化器官的消化酶活性分布以及消化酶活性与 pH 值的关系, 以为银鲫消化生理和营养需求的研究提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 样品的制备

健康的实验用银鲫亲鱼(450~500g)、成鱼(150~200g)、幼鱼(50~100g)、鱼种(5~10g)、鱼苗(0.2~0.5g)均由本校养殖场提供, 实验前暂养于水族箱 2h 后取样。在冰块上解剖活鱼, 取出内脏, 置于碎冰中(保持在 0~4℃ 状态下), 从肝胰脏、脾脏组织中随机取出一部分组织块, 在电子天秤(0.1mg)上称重; 取出胆囊, 将胆囊表面的脂肪及其它组织剔除干净, 用重蒸水冲洗胆囊外壁, 再用脱脂棉球拭干, 刺破囊壁, 取得胆汁, 称重, 将肠分为前肠(第一个转折前)、中肠和后肠(后段肠均分), 除去内容物, 用重蒸水洗净肠内壁, 再用滤纸小心将多余水分吸干, 分别称重。其中鱼苗以整个鱼体为一个样品。将所取样品分别加 10 倍重量的预冷重蒸水, 在 0~4℃ 下匀浆(胆汁除外)。取部分匀浆液直接用于测定脂肪酶活力, 其余部分抽提 20~24h, 高速冷冻离心机离心(0~4℃, 10 000r/min, 30min), 取上清液作酶活力测定^[8]。

1.2 活力测定

蛋白酶活力测定采用 Folin-酚试剂法^[9], 活性大小以 37℃ 时每分钟水解酪蛋白产生 1 μ g 酪氨酸为一个活性单位(μ g/min)。脂肪酶活力测定采用聚乙烯醇橄榄油乳化液水解法^[9], 活性大小以 37℃ 时每分钟产生 1 μ mol 脂肪酸为一个活性单位(μ mol/min)。淀粉酶活力测定采用常规方法^[9], 活性大小以 25℃ 时每分钟催化淀粉生成 1mg 麦芽糖为一个活性单位(mg/min)。纤维素酶活力测定采用羧甲基纤维素钠法^[9], 活性大小以 40℃ 时每分钟催化纤维素生成 1 μ g 葡萄糖为一个活性单位(μ g/min)。

1.3 pH 系统设置

胰蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶采用 0.067mol/L 磷酸缓冲液, 在 pH6.0~9.0 内, 以 0.5 为幅度, 设置 7 个梯度, 分别在各 pH 下测酶活力, 反应温度分别设计为 37℃、25℃、40℃。纤维素酶采用 0.1mol/L 醋酸缓冲液, 在 pH3.2~6.0 内, 以 0.4 为幅度, 设置 8 个梯度, 分别在各 pH 下测酶活力, 反应温度设计为 37℃。

2 结果

2.1 不同生长阶段银鲫消化酶活性

在鱼苗、鱼种、幼鱼、成鱼和亲鱼 5 个生长阶段, 银鲫的蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶和纤维素酶活性呈现不同的变化趋势。蛋白酶活性在鱼苗期最低, 鱼种期、幼鱼期、成鱼期维持在同一水平, 至亲鱼期略大; 胆汁中未检测到蛋白酶活性。脂肪酶活性在 5 个生长阶段均无显著性差异, 保持在相同水平。淀粉酶活性的变化趋势是鱼苗、鱼种期逐渐增大, 幼鱼、成鱼期达最大值, 在亲鱼期又有所下降。纤维素酶活性在鱼苗、鱼种期处较低水平, 幼鱼、成鱼、亲鱼期呈逐渐上升趋势。其中鱼种期只在肝胰脏和前肠检测到有纤维素酶活性(表 1)。

2.2 银鲫消化酶在不同器官的活性分布

蛋白酶活性的分布在肠道最大, 脾脏次之, 肝胰脏最小($P < 0.01$), 胆汁中没有检测到蛋白酶活性。在肠道中蛋白酶活性大小的顺序是前肠 > 中肠 > 后肠, 从鱼种到亲鱼, 脾脏的蛋白酶活力呈上升趋势(表 1)。

脂肪酶活性在肝胰脏和肠道显著高于胆汁($P < 0.05$), 肝胰脏和肠道没有显著性差异, 脾脏未检测到脂肪酶活性(表 1)。

淀粉酶活性的分布顺序是肠道 > 肝胰脏 > 脾脏 > 胆汁。其中中肠淀粉酶活性大于其它各部分。在生长过程中, 前肠、中肠、后肠和肝胰脏的淀粉酶活性先上升后下降的趋势, 脾脏淀粉酶活性呈上升趋势。

(表 1)。

纤维素酶活性分布顺序是肝胰脏 > 肠道 > 脾脏 > 胆汁。在肝胰脏的活性极显著高于其他部位。其中在肠道的顺序是中肠 > 前肠 > 后肠, 在鱼种期, 脾脏、胆汁、中肠、后肠均未能检测到纤维素酶活性(表 1)。

表 1 银鲫消化酶活性

Tab.1 The activities of digestive enzymes in *Carassius auratus gibelio*

生长期	器官	蛋白酶	脂肪酶	淀粉酶	纤维素酶
鱼苗	整体	0.68 ± 0.26	1.68 ± 0.24	1.15 ± 0.24	11.01 ± 1.02
	肝胰脏	0.29 ± 0.05	8.64 ± 1.48	1.51 ± 0.12	8.07 ± 3.33
鱼种	脾脏	0.81 ± 0.14	0.00	1.06 ± 0.61	0.00
	胆汁	0.00	4.11 ± 0.78	0.64 ± 0.24	0.00
	前肠	11.82 ± 2.27	6.00 ± 0.39	1.95 ± 0.51	3.48 ± 0.93
	中肠	13.61 ± 0.07	6.24 ± 0.09	2.56 ± 0.69	0.00
	后肠	11.13 ± 1.87	6.96 ± 0.56	2.49 ± 0.62	0.00
	肝胰脏	0.03 ± 0.01	6.47 ± 1.42	4.43 ± 1.41	218.04 ± 47.30
幼鱼	脾脏	3.31 ± 0.73	0.00	1.06 ± 0.17	11.18 ± 2.06
	胆汁	0.00	3.65 ± 0.22	0.19 ± 0.03	3.01 ± 1.00
	前肠	10.98 ± 1.04	6.93 ± 1.32	2.95 ± 0.75	15.31 ± 3.21
	中肠	13.21 ± 2.08	6.95 ± 2.31	5.18 ± 1.85	24.87 ± 8.07
	后肠	9.25 ± 1.25	6.70 ± 0.84	2.85 ± 0.22	13.09 ± 3.20
	肝胰脏	0.04 ± 0.02	7.48 ± 2.16	3.80 ± 1.09	247.35 ± 37.54
成鱼	脾脏	2.66 ± 0.64	0.00	1.57 ± 0.20	14.21 ± 8.03
	胆汁	0.00	4.35 ± 0.28	0.16 ± 0.05	4.00 ± 2.11
	前肠	10.88 ± 1.39	6.24 ± 0.64	3.26 ± 0.44	16.55 ± 2.28
	中肠	13.11 ± 9.43	6.35 ± 1.20	5.28 ± 1.55	21.05 ± 7.69
	后肠	9.31 ± 1.52	6.89 ± 0.34	3.05 ± 0.69	14.80 ± 4.09
	肝胰脏	0.11 ± 0.04	7.20 ± 0.21	2.45 ± 0.27	392.44 ± 76.28
亲鱼	脾脏	14.05 ± 2.70	0.00	2.57 ± 0.35	19.12 ± 4.01
	胆汁	0.00	4.21 ± 1.24	0.21 ± 0.08	6.00 ± 3.22
	前肠	12.58 ± 1.10	6.95 ± 0.45	2.01 ± 0.89	14.02 ± 4.19
	中肠	15.04 ± 2.55	6.72 ± 1.23	2.50 ± 0.64	16.20 ± 2.03
	后肠	10.84 ± 1.25	6.23 ± 0.12	1.68 ± 0.45	12.18 ± 3.12

注 :N = 8.

2.3 银鲫消化酶的最适 pH 值

本实验对银鲫肝胰脏和肠道的 4 种消化酶活性与 pH 值的关系进行研究, 结果表明: 在 pH6.0 ~ 9.0 范围内, 银鲫蛋白酶在肝胰脏、前肠、中肠、后肠的最适 pH 值分别是 7.5、7.5、8.5、8.0, 说明弱碱性环境有利于蛋白酶的活力发挥。后肠的蛋白酶活力受 pH 值的影响较小, 在 pH7.0 ~ 8.0 范围内较稳定(图 1 - A)。银鲫肝胰脏和肠道脂肪酶的最适 pH 值均为 7.5。在 pH 低于 6.5 或高于 8.0 条件下, 脂肪酶活性极低。说明脂肪酶适宜在近中性条件下发挥作用(图 1 - B)。肝胰脏和肠道淀粉酶的最适 pH 值均为 6.5。肝胰脏、前肠和中肠淀粉酶活性在 pH6.5 ~ 7.0 范围内保持稳定、后肠淀粉酶在 pH6.0 ~ 6.5 具有较高活性。说明淀粉酶的最适 pH 范围是弱酸性和中性(图 1 - C)。在 pH3.2 ~ 6.0 范围内, 肝胰脏的纤维素酶在 pH4.8 活性最高, 在前肠、中肠、后肠均有两个峰值, 为 3.6 和 4.8(图 1 - D)。说明酸性条件均有利于纤维素酶活性的发挥。

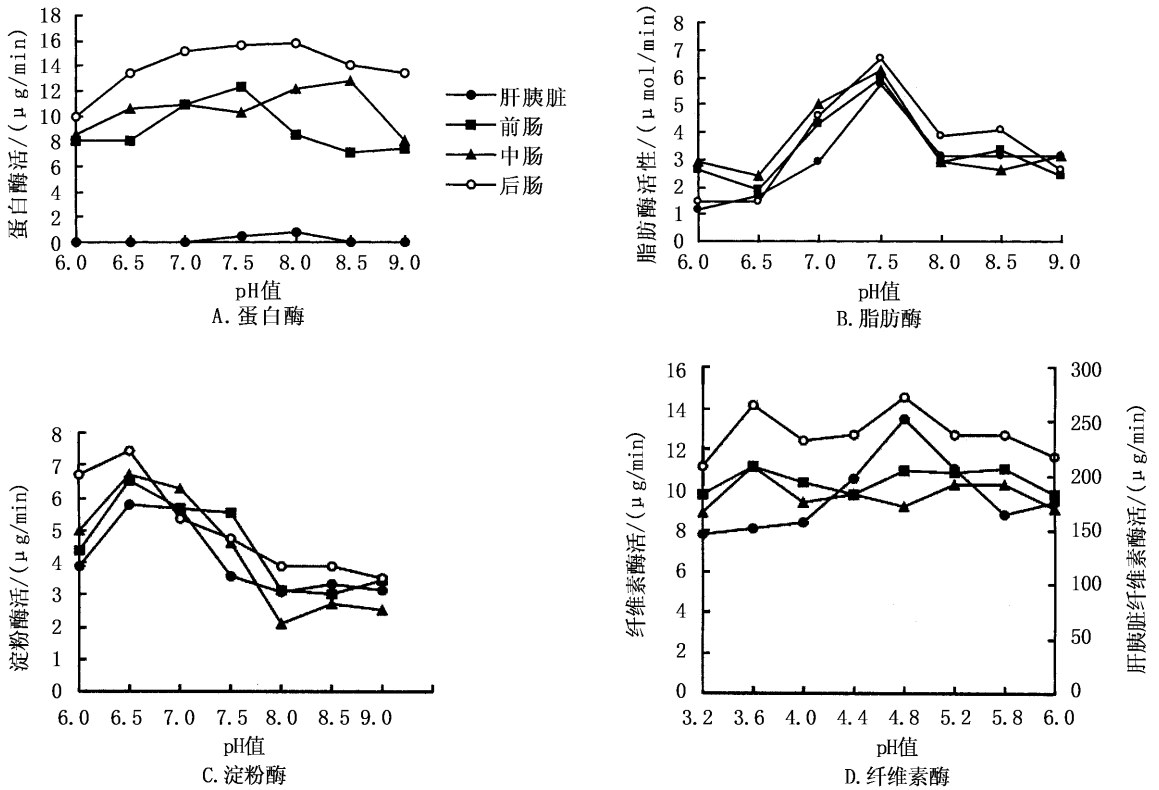


图1 pH值对银鲫消化酶的影响

Fig. 1 Effect of pH value on activity of four digestive enzymes

3 讨论

3.1 不同生长阶段的消化酶活性

鱼类的生命周期一般分为胚胎期、鱼苗期、鱼种期、幼鱼期、成鱼期和亲鱼期 6 个阶段^[10]。随着鱼体的生长,鱼体需要营养成分的量和质也随之发生变化。Das 和 Tripathi^[11]认为鱼类在生长过程中消化酶活性的变化和食性相关。当前鱼类养殖中采用投喂同一种饲料,往往导致饲料资源的浪费。实验结果表明,银鲫的胰蛋白酶活性在鱼种期、幼鱼期、成鱼期基本保持不变,亲鱼期略大,亲鱼期胰蛋白酶活性达到最大,可能与生殖活动需消耗大量的营养物质和能量有关。黄耀桐^[12]指出鱼类饲料中蛋白质的质量分数应保持在 32% ~ 40% 左右,因为蛋白酶活性随着蛋白质的质量分数增加而升高。脂肪酶活性稳定,在不同生长发育期均应保证饲料中的脂肪含量。淀粉酶活性在幼鱼、成鱼期最大,亲鱼期有所减小,这可能与银鲫食性为杂食性有关。纤维素酶活性呈上升趋势,在幼鱼期后可以适当增加植物性饲料成分。银鲫在不同生长时期存在相应的消化生理特点,可以为各发育阶段合理安排饲料各成分含量提供可靠的理论依据。

3.2 银鲫消化酶活性在不同器官的分布

3.2.1 蛋白酶活性

对硬骨鱼类丁鱥 (*Phoxinus tinca*)、鲤、黑鲟 (*Micropterus sp.*) 等^[13]的肝胰脏研究发现,胰脏主要分泌蛋白酶原,因此肝胰脏的蛋白酶活性微弱或没有活性,而肠液能增强蛋白酶的作用。胰脏分泌的蛋白酶原在肠致活酶的作用下,使之激活,促进肠道对食物蛋白质的消化吸收。本研究中,肝胰脏中蛋白酶的活性很小,极显著低于肠道,也很好证明了这一点。这与 Janý^[7]对银鲫蛋白酶研究相吻合。肠道的蛋

白酶活性较大,肠道蛋白酶活性以中肠最高,前肠次之,这与黄峰等^[14]对鲢、鳙的研究结果相似。一般认为,脾脏并非消化腺,但本实验发现银鲫脾脏有较高的蛋白酶活性,黄峰等^[14]观察发现胰脏分布在脾脏之外或其内,并有一部分渗透入脾脏,但蛋白酶是否在脾脏被激活而表现出较高的酶活性,有待进一步研究。对银鲫胆汁作过多次酶活性检测,均未发现有蛋白酶的存在。

3.2.2 脂肪酶活性

鱼类肝胰脏是生成脂肪酶的主要器官,而消化系统的各个部分均存在脂肪酶的活动^[13]。本研究发现银鲫肝胰脏和肠道的脂肪酶活性差异不大。与吴婷婷等^[1]的研究结果相一致。在胆汁也存在脂肪酶活性,可能与胆汁参与脂肪的乳化有关。

3.2.3 淀粉酶活性

鱼类各种消化器官均存在淀粉酶,草食性和杂食性鱼类肠道里的淀粉酶活性高于肉食性鱼类^[3]。对于淀粉酶的产生部位有两种意见,乔秀亭等^[15]对鲤鱼,倪寿文等^[2]对鲤、草、鲢、鳙鱼的研究认为淀粉酶是由散布于肝脏内的胰组织产生,并且在肠道中被进一步激活。Dhage发现印度主要鲤科鱼类淀粉酶是由全肠分泌的,其活性极高。因此,不同鱼类淀粉酶的分泌器官存在差异,有的鱼类是肝胰脏分泌的,有的鱼类肠道也是分泌的重要器官。本研究银鲫体内淀粉酶活性以肠道和肝胰脏最大,脾脏次之,胆汁淀粉酶活性很小。鱼类淀粉酶活性远低于畜牧类和禽类动物,有必要在饲料中添加外源性淀粉酶,提高淀粉利用率,减少有机物排泄量,从而减轻水体污染^[16]。

3.2.4 纤维素酶活性

目前,对鱼类消化系统中存在纤维素酶活性尚有争议。在鲢、鳙、草鱼等鱼类均已发现存在纤维素酶活性^[11]。本研究在银鲫肝胰脏、肠道等部位均发现有纤维素酶活性。Das和Tripath^[11]指出内源纤维素酶产生在消化道的前段,消化道后段的纤维素酶由微生物分泌产生。本研究结果表明银鲫纤维素酶活性在肝胰脏活性最高,肠道次之,脾脏和胆汁活性较低。对于杂食性的银鲫而言,纤维素酶的活动是很有用的,纤维素酶的存在表明饲料中必须添加适量的纤维素,这样反过来可以增加消化酶的活性。但是银鲫纤维素酶的活性相对于其它消化酶而言偏低,可在饲料中添加纤维素酶和细菌产生的纤维素酶,以促进生长发育。

3.3 消化酶和 pH 值的关系

pH是酸碱度大小的反映,其对鱼类生理活动的影响是多方面的。酸碱度的作用一方面是对食物进行酸碱性消化,另一方面是为消化酶提供适宜的pH值^[16]。关于鱼类胰蛋白酶最适pH研究较多,最适pH值大多在7.0~8.7之间,呈中性或弱碱性^[17]。本实验结果胰蛋白酶在肝胰脏和肠道的最适pH值在7.0~8.5之间,和前人的研究结果相吻合。对草鱼、鲢、鳙、南方鲈、长吻鮠等^[2,12,18]的研究发现肝胰脏淀粉酶的最适pH值是6.0~8.0,从弱酸到弱碱。本实验结果表明银鲫肝胰脏淀粉酶的最适pH是6.5~7.0,在弱酸性和中性条件下活力较高。肠道淀粉酶的最适pH大多在中性范围内,不同食性以及有胃鱼和无胃鱼的淀粉酶最适pH值差异不大^[2]。银鲫属于无胃鱼,肠道淀粉酶的最适pH为6.0~7.0,和肝胰脏的最适pH值比较接近。本文研究发现银鲫肝胰脏和肠道脂肪酶的最适pH值均为7.5,在中性偏弱碱性条件有利于活性发挥。肝胰脏纤维素酶的最适pH是4.8,肠道最适pH均出现两个峰值,分别3.6和4.8,说明纤维素酶适宜在酸性条件下作用。从pH值对4种消化酶活力影响来看,说明胰蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶、纤维素酶分别适宜在弱碱性、弱酸性、中性和酸性条件下发挥酶的活力。因此,在银鲫人工配合饲料生产中,应充分考虑饲料的成分对其消化道环境pH的影响,以提高饲料成分的消化吸收。

参考文献:

- [1] 吴婷婷,朱晓鸣. 鲢、青鱼、草鱼、鲤、鲫、鲢消化酶活性的研究[J]. 中国水产科学, 1994, 1(2): 10-16.
- [2] 倪寿文,桂远明,刘焕亮. 草鱼、鲤、鲢、鳙和尼罗罗非鱼肝胰脏和肠道蛋白酶活性的初步探讨[J]. 动物学报, 1993, 39(2): 160-168.
- [3] 倪寿文,桂远明,刘焕亮. 草鱼、鲤、鲢、鳙和尼罗罗非鱼淀粉酶活性的比较研究[J]. 大连水产学院学报, 1992, 7(1): 24-31.

- [4] Vys W , Hecht T. Assays on the digestive enzymes of sharp tooth catfish , *Ciarias gariepinus* [J]. Aquac , 1987 , 63 : 301 - 313 .
- [5] Bitterlich G. Digestive enzyme pattern of two stomachless filter feeders silver carp , *Hypophthalmichthys malitrix* and bighead carp , *Aristichthys nobolis* [J]. J Fish Bio , 1987 , 27 : 103 - 112 .
- [6] 吴永沛 , 郭彩华. 真鲷肝脏蛋白酶的性质 [J]. 厦门水产学院学报 , 1992 , 14 (2) : 13 - 17 .
- [7] Jany K. Studies on the digestive enzymes of the stomachless bonerish *Carassius auratus gibel* (Bloch) ; Endopoptidases [J]. Comp Biochem Physiol , 1976 , 53 (B) : 21 - 38 .
- [8] 黄 峰 , 严安生 , 汪小东. 鲢、鳙胰蛋白酶的研究 [J]. 水产学报 , 1996 , 20 (1) : 68 - 71 .
- [9] 李建武 , 萧能赓 , 余瑞元 , 等. 生物化学实验原理和方法 [M]. 北京 : 北京大学出版社 , 1994 . 311 - 312 .
- [10] 李思发. 中国淡水主要养殖鱼类种质研究 [M]. 上海 : 上海科学技术出版社 , 1998 . 164 - 166 .
- [11] Das K. M. , Tripathi S. D. Studies on the digestive enzymes of *Ctenopharyngodon idella* Va [J]. Aquac , 1991 , 92 (1) : 21 - 30 .
- [12] 黄耀桐. 草鱼肠道、肝胰脏蛋白酶活性初步研究 [J]. 水生生物学报 , 1998 , 12 (4) : 328 - 333 .
- [13] Dask M , Tripathi D. Studies on the digestive enzyme of grass carp [J]. Aquac , 1991 , 92 : 21 - 32 .
- [14] 黄 峰 , 严安生 , 牟 松 , 等. 鲢、鳙蛋白酶、淀粉酶的研究 [J]. 中国水产科学 , 1999 , 16 (2) : 14 - 17 .
- [15] 乔秀亭 , 张美婷 , 宋学君 , 等. 鲤鱼肝胰脏、脾脏蛋白活性研究 [J]. 水利渔业 , 1999 , 19 (4) : 9 - 10 .
- [16] 周景祥 , 陈 勇 , 黄 权 , 等. 鱼类消化酶的活性及环境条件的影响 [J]. 北华大学学报 , 2001 , 22 (1) : 70 - 73 .
- [17] 李明德. 鱼类生理学 [M]. 天津 : 天津科技出版社 , 1990 . 135 - 146 .
- [18] 叶元士 , 林仕梅 , 罗 莉 , 等. 温度、pH 值对南方大口鲶、长吻鲶蛋白酶和淀粉酶活力的影响 [J]. 大连水产学院学报 , 1998 , 13 (2) : 17 - 23 .

欢迎订阅 2003 年《中国水产科学》

《中国水产科学》是中国水产科学研究院主办的国家级学术期刊 , 主要报道水产生物学基础研究、水产生物病害及其防治、水产生物营养及饲料、渔业生态保护及渔业水域环境保护、水产品保鲜与加工综合利用、水产资源、海淡水捕捞、水产养殖与增殖以及渔船、渔业机械与仪器等方面的最新进展、最新成果、最新技术和方法。主要服务对象是科研、教学、科技管理人员以及大专院校师生。是反映水产科研创新成果的窗口和培养人才的园地。它面向水产业 , 为水产业的持续发展和水产经济建设服务。

《中国水产科学》为双月刊 , A4 开本 , 每期 88 页 , 双月出版 , 国内外公开发行。国内定价 14 元/期 , 全年 84 元 (含邮费) 。 邮发代号 : 18 - 250 , 国内统一刊号 : CN11 - 3446/S , 国际标准刊号 : ISSN 1005 - 8737 , 国外代号 4639Q。全国各地邮电局 (所) 办理订阅手续 (可破季订阅) 。 漏订或补订当年和过期期刊 , 请直接向编辑部订阅。另备少量合订本 , 欢迎购买。

编辑部地址 : 北京市丰台区青塔村 150 号 , 邮政编码 : 100039 , 联系电话 : 010 - 68673921 , 传真 : 010 - 68673931 , E-mail : jfishok@publica.bj.cninfo.net