

大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*) 消化道不同 部位两种消化酶的活力分布 及其受温度、pH 的影响*

朱爱意 褚学林

(浙江海洋学院海洋科学与技术学院 舟山 316004)

提要 采用改变离体条件下大黄鱼消化道不同器官消化酶的作用温度和 pH 的方法, 对其不同消化器官中的蛋白酶和淀粉酶活力进行测定, 研究两种消化酶活力的分布特征以及温度、pH 对两种消化酶活力的影响。结果表明, 在消化道生理酸碱条件下蛋白酶活力: 胃 > 后肠 > 前肠 > 肝胰脏 ($P < 0.01$); 淀粉酶活力: 肝胰脏、胃 > 后肠 > 前肠 ($P < 0.01$); 在实验设定的条件范围内, 胃、肝胰脏、前肠、后肠各部位蛋白酶的最适温度分别为 35°C、30°C、40°C、35°C, 淀粉酶的最适温度分别为 30°C、25°C、30°C、35°C。随着温度由低向高变化, 两种酶各部位活力均有从低向高然后逐渐降低的变化趋势; 蛋白酶的最适 pH 值分别为 2.2、6.0、7.0、8.0, 淀粉酶各部位最适 pH 值分别为 3.9、7.0、7.0、7.0。在设定的实验 pH 范围内, 胃蛋白酶的活力随着 pH 值的升高而迅速降低, 其余各部位酶均有随 pH 升高酶活力先升而后降的变化趋势。

关键词 大黄鱼, 蛋白酶, 淀粉酶, 温度, pH
中图分类号 S432.1

鱼类消化酶活力是反映鱼类消化生理机能的一项重要指标, 其高低决定鱼类对营养物质消化吸收的能力, 从而决定鱼类生长发育的速度 (梅景良, 2004)。近年来国内外学者对鱼类消化酶活力的研究报道较多, 关于消化道内和环境中的酸碱度等理化因子对消化酶活力的影响等方面的研究也越来越受到重视 (Hofer, 1978; 黄耀桐, 1988; 方之平, 1998; 叶元土, 1998)。

大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*) 隶属于硬骨鱼纲、鲈形目、石首鱼科、黄鱼属, 又名黄花、大鲜、黄瓜鱼、大黄花鱼, 为暖温性近海集群洄游鱼类, 成鱼主要以各种小型鱼类及甲壳动物 (虾、蟹、虾蛄类), 幼鱼以桡足类、糠虾、磷虾等浮游动物为食。大黄鱼肉质细嫩、味美可口, 是我国南方海水养殖的主要种类, 其经济效益与社会效益显著

(洪万树等, 2001)。近年来对大黄鱼的研究做了大量的工作, 然而, 对大黄鱼消化酶方面的研究报道较少, 仅见席峰等 (2003) 对大黄鱼发育进程中消化酶的活力变化进行了报道, 但各种理化因子对大黄鱼消化酶活力的影响的研究未见报道。

本文中作者分别测定了大黄鱼胃、前肠、中肠、后肠、肝胰脏中的蛋白酶和淀粉酶的活力, 并就温度、pH 值对这两种消化酶活力的影响进行研究, 旨在了解大黄鱼的消化生理特点, 并为大黄鱼配合饲料研制及优化养殖提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*) 于 2005 年 8 月 23 日—9 月 10 日分 2 次购自浙江大海洋科技有限公司, 为经配合饲料工厂化养殖的一龄

* 国家高技术研究发展计划 (“863”) 项目, 2004AA62301Q、2004AA001180 号; 朱爱意, 高级实验师, E-mail: zay008@163.com

收稿日期: 2005-10-26 收修改稿日期: 2005-12-28

鱼,用塑料袋密封充氧法活体运回实验室,暂养于生态实验水槽。共 20尾,体重(381.360 ± 19.611)g,体长(30.094 ± 0.758)cm。

1.2 粗酶制备

大黄鱼饥饿 24h后置于冰盘内解剖(每组 5尾,共 4组),取出胃、肠和肝胰脏,剥除多余的脂肪和结缔组织,剪开消化道并用精密 pH 试纸测定消化道的 pH 值。4℃的重蒸水冲净消化道内容物,用滤纸吸干水分,同组胃、前肠、后肠(前后肠由肠从中部剪断得到)及肝胰脏样品分别合并后剪碎,按 1:10(W/V)加 4℃重蒸水,用玻璃匀浆器匀浆。匀浆液经冷冻离心机 4℃、4000r/min 离心 30min,取上清液置于 1℃冰箱保存备测。

1.3 酶活力测定

1.3.1 胃蛋白酶活力的测定 蛋白酶活力测定参照文献(北京大学生物系生物化学教研室编,1988)。酶活力单位定义为:在 37℃,pH 为 7.5(胃部 pH 为 2.2)的条件下,每克新鲜组织,每分钟水解酪蛋白产生 1μg 酪氨酸作为一个酶活力单位(U/g)。每个处理设置 3个重复(以下同)。

1.3.2 淀粉酶活力的测定 淀粉酶活力测定参照文献(戴贤君等,2002)。酶活力单位定义

为:在 25℃,pH 为 7.5(胃部 pH 为 2.2)的条件下,每克新鲜组织,每分钟催化淀粉生成 1μg 麦芽糖定为一个活力单位(U/g)。

1.4 温度系统设置

在温度为 10—40℃范围内,以 5℃温差为 1个梯度,共设置 7个温度梯度,在各温度下测酶活力。采用 pH 为 7.5磷酸缓冲液(胃部 pH 为 2.2)。

1.5 pH 值系统设置

采用 0.2mol/L 磷酸氢二钠-柠檬酸为缓冲液,在 pH 2.2—8.0范围内,以一定差度 pH 值为梯度,共设置 7个 pH 梯度。分别在各 pH 值条件下测酶活力,反应温度为(30.0 ± 1.0)℃。

1.6 数据处理

采用 SPSS12.0软件进行统计分析。

2 结果

2.1 大黄鱼消化道各主要器官的消化道指数及 pH 特征

对大黄鱼消化道各主要器官的消化道指数进行测定,结果如表 1所示。对各消化器官的生理 pH 进行测定,结果表明:胃部 pH 为 2.5 ± 0.2,前肠 pH 为 7.0 ± 0.4,后肠 pH 为 7.3 ± 0.4。

表 1 大黄鱼消化道指数

Tab. 1 The measurements of the digestive tract of *P. crocea*

项 目	体长 (cm)	体重 (g)	肠长 (cm)	比肠长	胃重 (g)	肠重 (g)
平均值	30.094	381.360	25.698	0.854	1.692	1.800
标准差	0.758	19.611	1.941	0.067	0.205	0.235

注:比肠长 = 肠长 / 体长

2.2 生理酸碱条件下消化酶活力的测定

在生理酸碱条件下(胃 pH 值为 2.2,肠、肝胰脏 pH 值为 7.5),大黄鱼消化道蛋白酶活力大小顺序为:胃 > 后肠 > 前肠 > 肝胰脏,分别为(1684.375 ± 138.168)U/g (1445.276 ± 123.311)U/g (1106.468 ± 71.340)U/g (836.337 ± 73.533)U/g 四者差异极显著($P < 0.01$)。淀粉酶活力大

小依次为:肝胰脏 > 胃 > 后肠 > 前肠,分别为(1683.692 ± 105.701)U/g (1415.455 ± 109.045)U/g (1280.052 ± 114.100)U/g (848.416 ± 59.316)U/g 其中肝胰脏、胃分别与前后肠淀粉酶活力差异极显著($P < 0.01$),肝胰脏与胃的淀粉酶活力无显著差异($P > 0.05$),见表 2。

表 2 生理 pH 条件下大黄鱼各消化器官的消化酶活力(U/g)

Tab. 2 The digestive enzyme activities(U/g) in several digestive organs of *P. crocea* under physiological pH conditions

器 官	胃	前 肠	后 肠	肝胰脏
蛋白酶(37℃)	1684.375 ± 138.168	1106.468 ± 71.340	1445.276 ± 123.311	836.337 ± 73.533
淀粉酶(25℃)	1415.455 ± 109.045	848.416 ± 59.316	1280.052 ± 114.100	1683.692 ± 105.701

2.3 温度对大黄鱼两种消化酶活力的影响

2.3.1 温度对大黄鱼蛋白酶活力的影响

在 10—40℃实验温度范围内,除前肠外,各消化器官的蛋白酶活力均呈现先上升后降低的趋势,如表 3所示。其中胃蛋白酶在 35℃达到最高,为 (1868.023 ±134.948)U/g,肝胰脏蛋白

酶活力在 30℃时最高,其活力为 (1021.003 ±109.926)U/g,后肠 35℃时活力最大为 (1550.581 ±223.856)U/g,而前肠蛋白酶活力一直随温度的升高而增加,40℃时活力最高,为 (1298.765 ±135.991)U/g,说明前肠蛋白酶最适温度 ≥40℃。

表 3 温度对大黄鱼蛋白酶活力的影响

Tab. 3 The effect of temperature on protease activity of *P. crocea*

温度 (°C)	蛋白酶活力 (U/g)			
	胃	前 肠	后 肠	肝胰脏
10	314.390 ±179.058	286.919 ±106.555	256.395 ±56.172	381.541 ±137.456
15	778.343 ±91.705	302.180 ±84.073	526.526 ±111.385	418.169 ±67.151
20	982.849 ±134.764	529.578 ±98.482	924.855 ±140.495	592.151 ±112.675
25	1271.294 ±250.582	807.340 ±99.111	1165.988 ±167.257	741.715 ±64.316
30	1733.721 ±171.945	1095.785 ±109.714	1347.602 ±170.885	1021.003 ±109.926
35	1868.023 ±134.948	1138.517 ±57.806	1550.581 ±223.856	937.064 ±84.368
40	1689.462 ±191.455	1298.765 ±135.991	1385.538 ±894.412	834.811 ±76.308

2.3.2 温度对大黄鱼淀粉酶活力的影响 在 10—40℃实验温度范围内,淀粉酶活力同样呈先升高后降低的趋势,其中肝胰脏淀粉酶活力在 25℃时最大,为 (1683.121 ±142.249)U/g,胃淀

粉酶最适温度为 30℃,活力为 (1539.147 ±103.484)U/g,前肠淀粉酶在 30℃时活力最高,为 (906.691 ±78.893)U/g,在 35℃时后肠淀粉酶活力最高,为 (1410.599 ±105.266)U/g,见表 4。

表 4 温度对大黄鱼淀粉酶活力的影响

Tab. 4 The effect of temperature on amylase activity of *P. crocea*

温度 (°C)	淀粉酶活力 (U/g)			
	胃	前 肠	后 肠	肝胰脏
10	391.643 ±63.045	195.393 ±93.544	520.191 ±171.063	437.920 ±53.647
15	541.615 ±103.786	425.922 ±167.125	808.995 ±84.710	1183.498 ±156.898
20	1184.355 ±139.230	710.442 ±93.685	1090.943 ±88.526	1344.611 ±158.611
25	1415.741 ±100.410	848.416 ±44.651	1280.337 ±68.187	1683.121 ±142.249
30	1539.147 ±103.484	906.691 ±78.892	1365.179 ±74.072	1438.023 ±98.102
35	1171.500 ±119.647	785.856 ±137.755	1410.599 ±105.266	1246.058 ±135.002
40	974.393 ±93.140	598.176 ±83.335	1177.499 ±97.139	1030.097 ±136.387

2.4 pH对大黄鱼两种消化酶活力的影响

2.4.1 pH对大黄鱼蛋白酶活力的影响 在实验设定的 pH值范围内(2.2—8.0),大黄鱼胃部蛋白酶的最适 pH为 2.2(实测大黄鱼胃部 pH值

为 2.5 ±0.2),其活力为 (1729.142 ±52.838)U/g,活力随着 pH值的升高而迅速降低。肝胰脏蛋白酶最适 pH为 6.0 ($P < 0.01$),其值为 (1036.265 ±115.975)U/g,而前肠、后肠最适 pH值在 7.0—

8.0之间(实测大黄鱼前后肠的生理 pH 值分别为 7.0±0.4, 7.3±0.4), 其中前肠蛋白酶活力为 (1126.308±50.953) U/g (pH = 7.0), 后肠蛋白酶活力为 (1094.259±119.249) U/g (pH = 8.0), 其差异不显著 ($P > 0.05$); 后肠、前肠蛋白酶活力分别为 (1397.965±154.999) U/g (pH = 7.0)、

(1509.375±141.629) U/g (pH = 8.0), 差异不显著 ($P > 0.05$)。总体来讲, 前后肠蛋白酶最适 pH 在中性稍偏碱性范围内, 而肝胰脏蛋白酶最适 pH 在中性稍偏酸性范围内。在 pH 为 2.2 时蛋白酶活力胃 > 肝胰脏、前肠、后肠 ($P < 0.01$), 见表 5。

表 5 pH 对大黄鱼蛋白酶活力的影响 (30℃)
Tab. 5 The effect of pH on protease activity of *P. crocea* (30℃)

pH	蛋白酶活力 (U/g)			
	胃	前 肠	后 肠	肝胰脏
2.2	1729.142±52.838	378.488±147.610	241.134±76.328	381.541±137.456
3.0	1602.471±153.185	302.180±84.073	404.433±99.611	387.645±67.151
3.9	1306.395±117.848	453.270±73.150	544.840±63.122	473.110±124.161
4.8	998.110±119.886	731.032±85.665	723.401±76.166	695.930±142.645
6.0	898.910±161.466	900.436±79.517	1042.369±105.191	1036.265±115.975
7.0	256.395±144.376	1126.308±50.953	1397.965±154.999	891.279±111.344
8.0	209.084±141.629	1094.259±119.249	1509.375±141.629	590.625±195.245

2.4.2 pH 对大黄鱼淀粉酶活力的影响 在 pH 值 2.2—8.0 的范围内, 胃部、前肠、后肠、肝胰脏淀粉酶的最适 pH 分别为 3.9 ($P < 0.05$)、7.0 ($P < 0.01$)、7.0 ($P < 0.05$)、7.0 ($P < 0.01$), 其活力分别为 (1713.972±123.184) U/g (932.401±80.001) U/g (1273.481±64.100) U/g (1717.400±93.208) U/g。胃部淀粉酶最适 pH 在酸性范围

内, 而肠道、肝胰脏淀粉酶最适 pH 在近中性范围内, 见表 6。

2.5 不同温度下大黄鱼各器官的 A/P 值

对不同消化器官的 A/P 值 (淀粉酶/蛋白酶) 进行比较, 见表 7, 在 25℃ 及以下温度时大部分器官中 A/P 值大于 1, 而当温度大于等于 30℃ 时, 除肝胰脏 A/P > 1 外, 其余大部分器官 A/P < 1。

表 6 pH 对大黄鱼淀粉酶活力的影响 (30℃)
Tab. 6 The effect of pH on amylase activity of *P. crocea* (30℃)

pH	淀粉酶活力 (U/g)			
	胃	前 肠	后 肠	肝胰脏
2.2	1473.159±115.787	186.823±128.704	135.404±42.861	941.828±155.090
3.0	1539.147±103.484	135.404±41.937	227.101±55.934	1029.240±87.993
3.9	1713.972±123.184	254.525±41.076	520.191±171.063	1123.509±53.647
4.8	1424.311±93.439	376.217±79.430	808.995±84.710	1354.895±62.106
6.0	1231.489±108.415	505.622±44.651	1090.943±88.526	1267.483±65.123
7.0	969.251±138.775	932.401±80.002	1273.481±64.100	1717.400±93.208
8.0	802.996±79.529	614.459±66.962	1006.102±166.164	1424.311±93.439

表 7 不同温度下大黄鱼各器官的 A/P 值

Tab. 7 A/P values in organs of *P. crocea* at different temperatures

温度 (°C)	A/P 值			
	胃	前肠	后肠	肝胰脏
10	1.25	0.68	2.03	1.15
15	0.70	1.41	1.54	2.83
20	1.21	1.34	1.18	2.27
25	1.11	1.05	1.10	2.27
30	0.89	0.83	1.01	1.41
35	0.63	0.69	0.91	1.33
40	0.58	0.46	0.85	1.23

3 讨论

3.1 大黄鱼消化酶的分布特性

鱼体消化道中不同部位蛋白酶活力不同 (Kawai *et al.* 1992)。周景祥等 (2001a) 认为, 有胃鱼类胃中作用最强的消化酶是胃蛋白酶, 它先以不具有活力的酶原颗粒的形式贮存于细胞中, 在盐酸或已有活力的蛋白酶作用下转变为具有活力的胃蛋白酶。Das 等 (1991) 研究发现, 胰脏主要分泌蛋白酶原, 因此, 肝胰脏的蛋白酶活力微弱或没有活力, 而肠道分泌有肠致活酶, 它能激活蛋白酶原, 共同促进肠道对食物蛋白质的消化吸收; 黄耀桐 (1988)、李广丽 (1994) 分别研究了草鱼蛋白酶活力在肠道的分布, 结果均显示后肠消化酶活力大于前肠, 本研究结果与上述文献所得结果基本一致, 大黄鱼正常体内蛋白酶活力: 胃 > 后肠 > 前肠 > 肝胰脏 ($P < 0.01$); 由此可推测, 胃是大黄鱼蛋白质消化的主要消化部位。

吴婷婷 (1994)、周景祥等 (2001b)、倪寿文等 (1992) 对不同鱼类的淀粉酶活力研究表明: 不同鱼类淀粉酶的分布规律具有较大差异, 倪寿文等 (1992) 对鲤鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼的研究认为, 淀粉酶主要是由散布在肝脏内的胰组织产生, 并且在肠道中进一步激活; Dhage (1968) 研究发现, 印度主要鲤科鱼类淀粉酶是由全肠分泌的, 且活力极高, 本文研究结果显示, 大黄鱼肝胰脏与胃部淀粉酶活力最高, 两者差异不显著 ($P > 0.05$), 前后肠均显示有较高的淀粉酶活力。肝胰脏, 胃 > 后肠 > 前肠 ($P < 0.01$), 初步认为大黄鱼肝胰脏、

胃、后肠、前肠均有淀粉酶产生, 肝胰脏是淀粉酶产生的主要器官。

3.2 温度对两种消化酶活力的影响

酶本身的蛋白质属性决定了温度是影响消化酶活力的重要因素。研究表明, 不同鱼类、不同的组织器官以及不同的酶类具有不同的最适温度, 常与鱼类生活环境温度不一致甚至有极大的差别 (梅景良, 2004; 叶元土, 1998; 桂远明等, 1992; 喻召德, 2004)。本研究结果显示在 10—40°C 的实验温度范围内, 不同温度下、不同部位大黄鱼蛋白酶、淀粉酶活力明显不同, 与已往研究结果基本一致: 胃、肝胰脏、前肠、后肠、蛋白酶活力最适温度分别为 35°C、30°C、40°C、35°C ($P < 0.05$); 胃、前肠、后肠、肝胰脏淀粉酶活力最适温度分别为 30°C ($P < 0.05$)、30°C ($P < 0.05$)、35°C ($P < 0.05$)、25°C ($P < 0.01$)。大黄鱼的适宜水温为 8—32°C, 最适生长水温为 18—28°C (谢忠明等, 2004)。实际的大黄鱼栖息的水环境温度低于消化酶的最适温度, 这与报告的其他鱼类消化酶活力均高于所处环境温度的普遍现象是一致的。究其原因, 可能是因为实验所得出的大黄鱼消化酶的最适温度是在消化器官离体的情况下, 并在实验规定的反应时间及条件下测定的, 因此它不能完全反映鱼体正常生理条件下消化酶的最适反应温度。其实鱼类体内消化酶的最适反应温度受多种因素的影响, 有关学者对鳊鲮胃蛋白酶研究发现, 消化酶的最适温度与消化酶与底物作用的时间有关, 消化酶与底物作用时间越长, 所测得的最适温度越低, 当与底物作用时间为 30min 时, 最适温度为 50°C, 但作用时间延长到 1.5h 时, 最适温度下降为 42°C。因此, 离体条件下测定的消化酶最适温度与实际鱼类生活的最适温度有一定的差距, 但基本反应了温度对酶活力的影响规律。变温动物的鱼类, 其代谢过程受外界环境温度的影响较大, 消化酶的各种生理生化过程是长期对栖息的水环境的适应结果, 一般情况酶反应的最适温度应与鱼类最佳的生长温度相近。

3.3 pH 对两种消化酶活力的影响

酶反应都是在一定 pH 条件下进行, pH 对消化酶的影响主要有两方面: 一是直接或间接影响酶的催化活性, pH 可改变酶的活性中心或与之有关基团的解离状态, 从而影响底物与消化酶的结合; 二是影响酶的稳定性, 酶都有一定的酸碱

稳定性范围,超过范围可使酶蛋白构象改变,使消化酶变性失活。有胃鱼类胃内 pH 值受胃酸浓度的影响,肠内 pH 值则是胃、胆汁和肠道分泌物的混和液酸碱度的综合作用的结果。pH 值过高或过低,均能引起酶活力降低,周景祥等(2001b)研究指出:有胃硬骨鱼类胃蛋白酶的最适 pH 值在 2—3 之间,肝胰脏和肠道蛋白酶的最适 pH 值分别在 7.0—8.7 和 6.5—9.5 之间;而肝胰脏、肠和胃淀粉酶的最适 pH 值分别是 6.8—7.0、5.0—8.0 和 5.0—7.0。本研究结果表明,大黄鱼消化系统中不同部位 2 种消化酶的最适 pH 值不同:胃、肝胰脏、前肠和后肠,蛋白酶最适 pH 值分别为 2.2($P < 0.05$)、6.0($P < 0.01$)、7.0—8.0($P < 0.05$)和 8.0($P < 0.05$);淀粉酶的最适 pH 值分别是 3.9($P < 0.05$)、7.0($P < 0.01$)、7.0($P < 0.05$)、7.0($P < 0.01$),与前者的研究结果基本吻合。该结果其实也与生理条件下消化道中各种消化器官内实际 pH 内环境相一致,鱼的胃内多为强酸性,肠内多呈中、碱性(尾崎久雄,1983),作者对大黄鱼胃肠道生理 pH 的测定也证实了这一观点。鉴于此,为了充分保证食物的充分消化吸收,促进鱼体的生长发育,在蛋白质含量丰富的饲料中建议添加一定的酸化剂,可能有利于帮助饲料的消化,同时也有利于减轻水体污染。

3.4 食性与消化酶组成的关系

鱼类本身的消化酶组成总是与其食性密切相关(Kawai *et al.* 1992)。一般鱼类的食性分为肉食性、草食性和杂食性和滤食性,与消化器官组织结构和消化机能相适应。一般肉食性鱼类的消化道短,蛋白酶活力强;草食性鱼类的消化道长,糖酶活力强。大黄鱼的平均比肠长为 0.854 与肉食性鱼类的 0.708—0.816 相近,低于鳊 0.966 和黄颡鱼 1.11(叶元土等,1997),同时蛋白酶活力也很强,尤其胃蛋白酶活力与一般肉食性鱼类相近,远远高于同等条件下消化道中淀粉酶活力;这与野生状态下大黄鱼以各种小型鱼类及甲壳动物为食的食性完全吻合。Biesiot 等(1990)指出, A/P 值是一个可用于衡量鱼类摄食性和营养状况的重要指标, A/P 值高时鱼的食性为植食性或偏植物食性; A/P 值低时,鱼的食性则为肉食性或偏肉食性,由本研究所测得的 A/P 显示,温度高于 30℃ 大黄鱼 A/P 值在多数器官中小于 1,显示其是一种肉食性或偏肉食性的鱼类,当温度低于 25℃ 时大多数消化器官中 A/P 大于 1,

又显示其对植食性或偏植食性的特点。

长期以来,肉食鱼类对糖的消化经常被忽视,认为淀粉酶在其消化过程中并不重要,但 Seka 等(1999)曾将杂食性热带淡水鱼脂鲤、戈氏兔脂鲤的淀粉酶与肉食性鸭嘴鲶进行了比较,认为肉食性鸭嘴鲶的淀粉酶活力甚至高于杂食性石脂鲤。大黄鱼具有较高的蛋白酶的同时,仍具有较高的淀粉酶活力,对糖类物质有较强的消化能力。本研究所选实验材料为经多年人工选育、驯化后的品种,以投饲配合饲料为主,其中淀粉占较大比例,大黄鱼具有较强的淀粉酶活力除了本身消化器官生理特点外,还可能与长期投喂配合饲料的驯养有关。鉴于此,在配制大黄鱼等肉食性鱼类人工饵料时,应该充分考虑其对糖类物质的消化吸收能力,而且可以根据不同环境条件下的 A/P 值,适当调节人工饲料中的淀粉和蛋白比例,从而达到促进生长,降低饲料成本的目的。

参 考 文 献

- 方之平,1998 温度对彭泽鲫主要消化酶活力的影响. 水利渔业, (2): 15—17
- 北京大学生物系生物化学教研室编,1988. 生物化学实验指导,北京:高等教育出版社,73—74,151—153
- 叶元土,1998 温度、pH 值对南方大口鲶、长吻 蛋白酶和淀粉酶活力的影响. 大连水产学院学报, 13(2): 17—23
- 叶元土,林仕梅,罗 莉等,1997. 黄颡鱼消化能力与营养价值的研究. 大连水产学院学报, 12(2): 23—29
- 李广丽,1994 草鱼、鲤鱼肠道、肝胰脏消化酶活性的初步研究. 湛江水产学院学报, 14(1): 34—40
- 吴婷婷,1994 鳊、青鱼、草鱼、鲤、鲫、鲢消化酶活性的研究. 中国水产科学, 1(2): 10—16
- 周景祥,余 涛,黄 权等,2001a 黄颡鱼和大眼 鲈消化酶活性的比较研究. 吉林农业大学学报, 23(1): 94—96 120
- 周景祥,陈 勇,黄 权等,2001b 鱼类消化酶的活性及环境条件的影响. 北华大学学报, 2(1): 70—73
- 洪万树,张其永,2001. 我国海水鱼类养殖的现状、问题与对策. 科学养鱼, (9): 12—17
- 桂远明,吴 垠,刘焕亮等,1992 温度对草鱼、鲢、糖主要消化酶活性的影响. 大连水产学院学报, 7(4): 1—8
- 倪寿文,桂远明,刘焕亮,1992 草鱼、鲤、鲢、鳙和尼罗罗非鱼淀粉酶活性的比较研究. 大连水产学院学报, 7(1): 24—31
- 席 峰,林利民,王志勇等,2003. 大黄鱼发育进程中消化

- 酶的活力变化. 中国水产科学, 10(4): 301—304
- 黄耀桐, 1988 草鱼肠道、肝胰脏蛋白酶活性初步研究. 水生生物学报, 12(4): 328—333
- 梅景良, 2004 pH 值对黑鲷胃肠道及肝胰脏主要消化酶活力的影响. 云南农业大学学报, 19(5): 592—595
- 喻召德, 2004 黄颡鱼消化酶的初步研究. 武汉: 华中农业大学, 24(5): 92—94
- 谢忠明, 徐君卓, 龚剑彬等, 2004 大黄鱼养殖技术. 北京: 金盾出版社, 32
- 戴贤君, 舒妙安, 2002 黄鳍不同生长阶段消化器官及消化酶的变化. 上海交通大学学报, 20(2): 113—116
- 尾崎久雄著, 吴岗忠译, 1983 鱼类消化生理 (上册). 上海: 上海科技出版社, 296—328
- Biesiot PM, Capuzzo JM, 1990 Change in digestive enzyme activities during early development of the American lobster *Homarus americanus* Mar Bio Ecol 136(2): 107—122
- Das K M, Tripathi S D, 1991. Studies on the digestive enzymes of grass carp, *Tenopharyngodon ilella* (Val). Aquaculture, 92: 21—32
- Dhage K P, 1968 Studies of the digestive enzymes in the three species of major Carps of India J Biol Sci 11: 63—74
- Hofer R, 1978 The adaptation of digestive enzymes to temperature, seasons and diet in *Rutilus rutilus* and *Scardinius erythrophthalmus* amylase J Fish Biol 14: 565—570
- Kawai S Ikeda S, 1992 Effects of dietary changes on the activities of digestive enzymes in carp intestine Bull Japan Soc Science Fish 38(3): 265—269
- Seixá Filho J T, Oliveira M G A, Donzeli J L et al, 1999. Atividade de amilase em quimo de tres espécies de peixes Teleostei d'água doce Rev Bras Zootec 28: 907—913

ACTIVITY AND DISTRIBUTION OF TWO ENZYMES IN DIFFERENT PARTS OF DIGESTIVE TRACT OF *PSEUDOSCIAENA CROCEA*: TEMPERATURE AND pH IMPACTS

ZHU Ai-Yi, CHU Xue-Lin

(Marine Science and Technology School, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, 316004)

Abstract 20 farmed 1-yr-old *Pseudosciaena crocea* were sampled in a local fishery for the study on temperature-pH-related enzyme activity in the fish's digestive system. The fish in group of 5 were fed with assorted feedstuff at first, starved for 24 hours and then anatomized in a tray on ice. The stomach, intestine, foregut and hepatopancreas were taken out for experimentation with fat and connective tissue removed. After these organs were ground, homogenized and centrifuged, the activities of proteinase and amylase of *P. crocea* peptics were measured under different temperatures and pHs to determine the distribution of two digestive enzymes in digestive organs. The result showed that in physiological pH condition, the proteinase activity in the different organs was in the order of stomach > epigaster > foregut > hepatopancreas, while the amylase activity was hepatopancreas > stomach > epigaster > foregut. The optimal temperature for proteinase activity in stomach, hepatopancreas, foregut and epigaster were 35°C, 30°C, 40°C, and 35°C, and were 30°C, 25°C, 30°C, 35°C for amylase, respectively. The activities of the enzymes increased sharply at lower temperature but decreased at higher temperatures under designed experiment conditions. In pH, the optimal value for enzyme activity of proteinase in stomach, hepatopancreas, foregut and epigaster were 2.2, 6.0, 7.0 and 8.0 respectively and were 3.9, 7.0, 7.0 and 7.0 for amylase. The activity of proteinase in stomach at different pH levels decreased constantly. This study shows that in aquaculture, we should consider not only the assimilation of protein, but also that of saccharide. Therefore, adjusting the amount and proportion of amylase and protein according to environmental conditions to promote production and save cost.

Key words *Pseudosciaena crocea*, Proteinase, Amylase, Temperature, pH