

pH 值对黑鲟胃肠道及肝胰脏 主要消化酶活力的影响*

梅景良, 马燕梅, 王 宏, 张奇秀

(福建农林大学动物科学学院, 福建 福州 350002)

摘要: 试验研究了 pH 值对黑鲟胃、肠及肝胰脏中蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶等 3 种主要消化酶活力的影响。结果表明: 在黑鲟正常的消化道酸碱条件下(胃 pH 值 2.5, 肠 pH 值 7.5), 蛋白酶活力大小顺序为: 胃 > 肠 > 肝胰脏; 淀粉酶活力大小顺序为: 肝胰脏 > 肠 > 胃; 脂肪酶大小顺序为: 肠 > 肝胰脏 > 胃。胃蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的最适 pH 值分别为 2.0, 5.0 和 4.0, 均在酸性范围; 肠蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶的最适 pH 值分别是 7.0, 7.0, 7.5, 肝胰脏蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶的最适 pH 值分别是 7.5, 7.0, 7.0, 均为中性或略偏碱性。

关键词: 黑鲟; 胃; 肠; 肝胰脏; 消化酶; pH

中图分类号: S 965.231 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X(2004)05-0592-04

The Effects of pH Value on the Main Digestive Enzyme Activities in Intestinal Canal and Hepatopancreas in *Sparus macrocephalus*

MEI Jin-liang, MA Yan-mei, WANG Hong, ZHANG Qi-xiu

(College of Animal Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fujian 350002, China)

Abstract: In this paper, the effects of pH value on the main digestive enzyme activities in intestinal canal and hepatopancreas in *Sparus macrocephalus* were studied. The results showed: in normal pH value in *Sparus macrocephalus*, the trend of protease activities of the intestinal canal and hepatopancreas are stomach > intestine > hepatopancreas, the trend of amylase activities of the intestinal canal and hepatopancreas are hepatopancreas > intestine > stomach, and the trend of lipase activities of the intestinal canal and hepatopancreas are intestine > hepatopancreas > stomach. The optimum pH values of stomach, intestine and hepatopancreas for protease are 2.0, 7.0, 7.5 respectively, for amylase are 5.0, 7.0, 7.0, and for lipase are 4.0, 7.5, 7.0

Key words: *Sparus macrocephalus*; stomach; intestine; hepatopancreas, digestive enzyme; pH

消化酶活力是反映鱼类消化生理机能的一项重要指标, 鱼类消化酶活力的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, 因此近年来国内外学者对鱼类消化酶活力的研究报道较多。而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。国内黄耀桐等^[1]对草鱼、陈章宝等^[2]对淡水白鲢、伍莉等^[3]对黄鳝、叶元土等^[4]对南方大口鲶及长吻鲶的研究发现, 鱼类消化酶活力明显受 pH 值和食物酸碱度的影响, 且不同鱼类其消化酶受影响的程度不同。黑鲟 (*Sparus macrocephalus*), 隶属于鲈形目 (Perciformes)、鲟科 (Spari-

* 收稿日期: 2004-04-12

作者简介: 梅景良 (1967-), 男, 福建惠安人, 讲师, 硕士, 从事兽医药理学教学与科研。

dae)、鲷属 (*Sparus linnaeus*), 其肉嫩味美, 营养丰富, 市场需求大, 是我国南方重要的海产经济鱼类, 近年来养殖规模不断扩大, 因此对配合饲料的要求越来越高。但目前仅见有关于黑鲷繁育及养殖的报道^[5], 有关黑鲷消化酶活力的研究, 特别是关于其消化道内和环境中酸碱度等理化因子对消化酶活力的影响等方面的研究则尚未见报道。而这些方面的研究结果对于了解黑鲷的消化生理特点和进行人工饲料的研究均具有重要意义。本文就黑鲷胃、肠、肝胰脏消化酶活力的分布及 pH 值对酶活力的影响进行研究, 以期了解黑鲷的消化生理特点, 并为黑鲷人工饵料的配制及饲料中酸化剂或促进胃液分泌的添加剂的应用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 样品的制备

选取鱼体健康, 摄食正常, 体重相近, 鲜活的试验鱼 9 尾, 随机分成 3 组, 分别测定蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活力。在冰盘中解剖活鱼, 取出胃、肠和肝胰脏, 剥除多余的脂肪和结缔组织, 然后剪开胃、肠道及肝胰脏, 并用精密 pH 试纸测其 pH 值。再用 4 °C 的蒸馏水冲净消化道内容物, 用滤纸吸干水分并分别称重, 然后剪碎; 用其重量 10 倍(胃 20 倍)体积(V/W)的 4 °C 蒸馏水进行匀浆, 匀浆后在 4 °C 冰箱中静置 1 h, 匀浆液在 4 °C 下离心 30 min (10 000 r/min), 将上清液即粗酶提取液置 4 °C 冰箱中保存备用。

1.2 蛋白酶活力测定

参照 Folin - 酚法^[6]进行。定义每 min 产生 1

μg 酪氨酸为 1 个蛋白酶活力单位。

1.3 淀粉酶活力测定

参照 3,5 - 二硝基水杨酸法^[7]进行。定义在 pH 7.5 时, 每 min 可溶解淀粉产生 1 μmol 麦芽糖为 1 个淀粉酶的活力单位。

1.4 脂肪酶活力测定

参照聚乙烯醇橄榄油乳化液水解法^[8]进行。定义在 pH 7.5 时, 每分钟催化聚乙烯醇橄榄油乳化液产生 1 μmol 脂肪酸为 1 个脂肪酶活力单位。

1.5 pH 值系统设计

采用 0.025 mol/L 磷酸氢二钠缓冲液, 胃消化酶测定在 pH 值 2.0 ~ 9.0 范围内, 以 pH 值 1.0 为 1 个梯度, 共设 8 个梯度; 肠和肝胰脏消化酶测定在 pH 值 5.0 ~ 8.0 范围内, 以 pH 值 0.5 为 1 个梯度, 共设 7 个梯度。分别在各 pH 值下测酶活力。反应温度 37 °C。

2 结果与分析

2.1 正常消化道酸碱条件下 3 种主要消化酶活力大小的比较

在黑鲷正常的消化道酸碱条件下(胃 pH 值 2.5, 肠 pH 值 7.5), 蛋白酶活力大小顺序为: 胃 > 肠 > 肝胰脏, 分别为 2.13×10^4 , 1.33×10^4 和 0.8×10^4 , 三者差异极显著 ($P < 0.01$); 淀粉酶活力大小顺序为: 肝胰脏 > 肠 > 胃, 分别为 9.02×10^3 , 1.24×10^3 和 0.92×10^3 , 三者差异亦极显著 ($P < 0.01$); 脂肪酶大小顺序为: 肠 > 肝胰脏 > 胃, 分别为 25.0, 16.7 和 13.4, 三者差异显著 ($P < 0.05$), 见图 1, 2, 3。

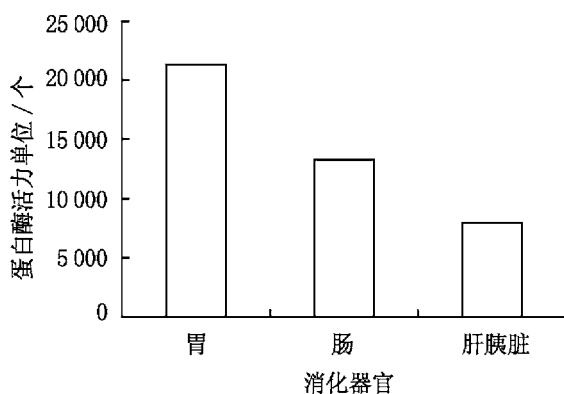


图 1 3 种消化器官中蛋白酶活力

Fig. 1 The protease activities in three digestive organs

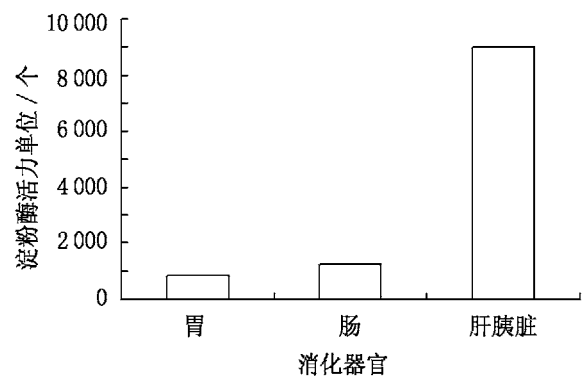


图 2 3 种消化器官中淀粉酶活力

Fig. 2 The amylase activities in three digestive organs

2.2 3 种主要消化酶的最适 pH 值

2.2.1 蛋白酶活力的最适 pH 值

图 4 表明,在 pH 值 2.0~9.0 范围内,胃蛋白酶活力的最适 pH 值为 2.0,在 pH 值 5.0~8.0 范围内,肠与肝胰脏蛋白酶的最适 pH 值分别为 7.0 和

7.5,三种消化器官中,肝胰脏的蛋白酶活力最弱。结果表明,胃蛋白酶的最适 pH 值在强的酸性范围,而肠道和肝胰脏的蛋白酶活力的最适 pH 值在中性或略偏碱范围。

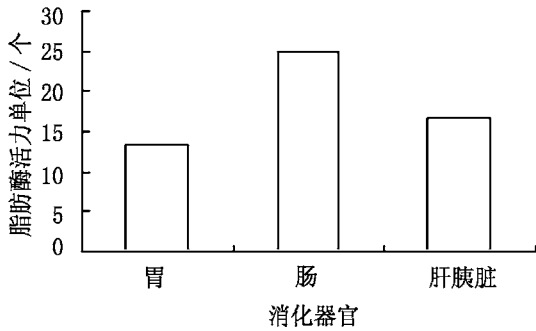


图 3 3 种消化器官中脂肪酶活力

Fig. 3 The lipase activities in three digestive organs

2.2.2 淀粉酶活力的最适 pH 值

pH 值对淀粉酶活力的影响见图 5. 在 pH 值 2.0~9.0 范围内,胃淀粉酶活力的最适 pH 值为 5.0;在 pH 值 5.0~8.0 范围内,肠与肝胰脏淀粉的最适 pH 值均为 7.0. 从本试验中亦可看出,3 种消

化器官中,肝胰脏的淀粉酶活力最强,肠和胃的淀粉酶活力较弱。结果表明,胃淀粉酶的最适 pH 值在较弱的酸性范围,而肠道和肝胰脏的淀粉酶活力的最适 pH 值在中性范围。

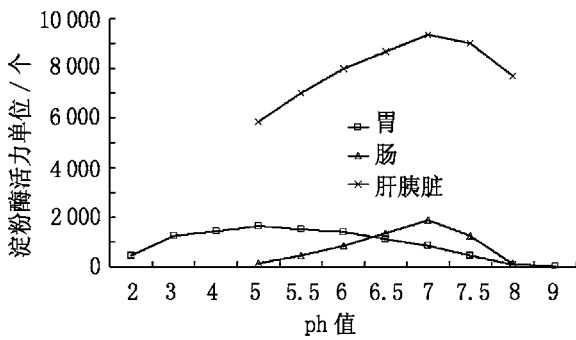


图 5 pH 值对淀粉酶活力的影响

Fig. 5 The effect of pH on amylase activities

2.2.3 脂肪酶活力的最适 pH 值

图 6 表明,在 pH 值 2.0~9.0 范围内,胃脂肪酶活力的最适 pH 值为 4.0,在 pH 值 5.0~8.0 范围内,肠与肝胰脏脂肪酶的最适 pH 值分别为 7.5 和 7.0,酶的活力以肠脂肪酶活力最强。结果表明胃脂肪酶的最适 pH 值在较强的酸性范围内,而肝胰脏和肠的脂肪酶活力的最适 pH 值在中性或偏碱范围。

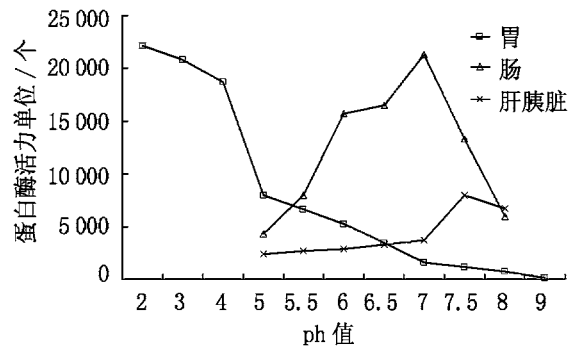


图 4 pH 值对蛋白酶活力的影响

Fig. 4 The effect of pH on protease activities

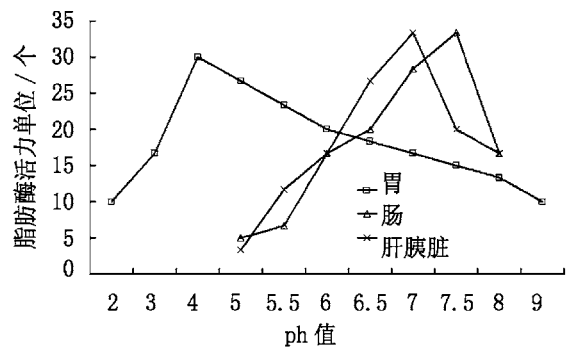


图 6 pH 值对脂肪酶活力的影响

Fig. 6 The effect of pH on lipase activities

3 讨论

3.1 正常消化道酸碱条件下 3 种主要消化酶活力的大小

3.1.1 消化道不同部位蛋白酶活力

鱼体不同部位消化道中蛋白酶的性质不同,胃中提取的蛋白酶为酸性蛋白酶,在酸性条件下酶活

力较高,肠中提取的蛋白酶为碱性蛋白酶,在碱性条件下酶的活力较高^[8]。周景祥等^[9]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。DASK等^[10]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。本研究结果表明,黑鲟体内蛋白酶活力以胃最高,肠道次之,而肝胰脏的蛋白酶活力显著低于胃和肠的蛋白酶活力($P < 0.05$),由此可推测,黑鲟消化道对蛋白质的消化主要在胃与肠,而肝胰脏有一定的辅助作用。

3.1.2 消化道不同部位淀粉酶活力

鱼类各种消化器官均存在淀粉酶,乔秀亭等^[11]对鲤,倪寿文等^[12]对草鱼、鲤、鲢、鳙、尼罗罗非鱼的研究认为淀粉酶主要是由散布于肝脏内的胰组织产生的,并且在肠道中被进一步激活。本研究结果表明,黑鲟体内淀粉酶活力肝胰脏最高,肠道次之,胃最低,这与沈文英等^[13]对银鲫、杨秀平等^[14]对鳊鱼消化酶的研究结果相一致,但与伍莉等^[3]对黄鳝消化酶的研究结果不相一致。因此,并不能认为肝胰脏是所有鱼类淀粉酶生成的中心器官。

3.1.3 消化道不同部位脂肪酶活力

研究表明,黑鲟体内胃、肠和肝胰脏均有脂肪酶的存在,以肠脂肪酶活力最高,肝胰脏次之,胃含量最少。这与吴婷婷等^[15]的报道吻合,表明脂肪的消化主要集中在肠和肝胰脏中,二者协同参与食物中脂肪的消化。

3.2 食性与消化酶

鱼类的食性一般分为肉食性、草食性和杂食性,它与消化器官组织结构和消化机能是相适应的,消化器官组织结构不同,所起的消化机能不同,因而消化酶的活力也呈明显差异。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。吴婷婷等^[15]研究亦发现,蛋白酶活力与食性有关,蛋白酶活力从高到低顺序为:肉食性鱼类(鳊鱼、青鱼) > 杂食性鱼类(鲤) > 滤食性鱼类(鲢) > 草食性鱼类(草鱼、鲫);倪寿文等^[12,16]发现鱼类蛋白酶及淀粉酶活力也明显与食性相关。本研究表明,黑鲟消化道蛋白酶活力高于淀粉酶活力,而淀粉酶活力又显著高于脂肪酶活

力,这与伍莉等^[17]的结论一致,充分证明了黑鲟是典型的肉食性鱼类。

3.3 pH值与消化酶活力

酶的活力受环境pH的影响极为显著,pH值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。通常各种酶只有在一定的pH范围内才表现它的活力。关于pH值对鱼类蛋白酶和淀粉酶活力影响的研究较多。周景祥等^[9]报道,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;黄耀桐等^[1]研究发现,草鱼肝脏、肠道蛋白酶最大活力的pH值分别为7.0和6.5;陈章宝等^[2]研究发现淡水白鲟胃蛋白酶的最适pH值是2.6,而胃蛋白酶在pH5.0时的酶活力只有最适pH2.6时的1/10。本研究结果亦表明,黑鲟体内消化酶活力随pH而变化,且胃、肝胰脏和肠蛋白酶最适pH值分别为2.0,7.5和7.0,淀粉酶的最适pH值分别是7.0,7.0和5.0,与前者的研究结果相吻合。有关脂肪酶的报道则较少,本研究表明,黑鲟胃、肠和肝胰脏脂肪酶最适pH值分别是4.0,7.5和7.0,这与伍莉等^[3]、王宏田等^[18]的报道一致。

因此从pH值对3种消化酶活力的影响来看,黑鲟胃内是以强酸或弱酸条件下酶活力最高,而在肝胰脏和肠中的消化酶则均在中性或偏碱性条件下酶活力最强。因此,为了充分保证食物的消化吸收,促进黑鲟的生长发育,可以在其饲料中添加一定的酸化剂和外源性酶制剂,以提高饲料的利用率。

[参 考 文 献]

- [1] 黄耀桐,刘永坚. 草鱼肠道、肝胰脏蛋白酶活性初步研究[J]. 水生生物学报,1988,12(4):328-333.
- [2] 陈章宝,郑曙明,丁健康,等. 活性微生物、pH值、温度对淡水白鲟主要消化酶活性影响的研究[J]. 浙江海洋学院学报,2001,20(增刊):106-111.
- [3] 伍莉,陈鹏飞,幸坤财,等. 黄鳝肠道和肝胰脏主要消化酶活力的研究[J]. 湖北农学院学报,2002,22(1):36-39.

(下转第610页)

- 测,1993,(3):19-23.
- [6] 朱晔,叶民强. 区域可持续发展预警系统研究[J]. 华侨大学学报(社会科学版), 2002,(1):19-24.
- [7] 啱昌斌,陈基湘,鲁明中. 建立自然资源开发利用预警系统[J]. 生态经济理论研究,1999,(4):9-13.
- [8] 顾海兵. 宏观经济预警研究:理论、方法、历史[J]. 经济理论与经济管理, 1971,(4):3-31.
- [9] 江红平. 关于发布预警信号几个技术原则的探讨[J]. 广东气象, 2002,(2):27-39.
- [10] 高歌,祝昌汉,张洪涛. 北京市火险气象等级预警数值模拟研究[J]. 应用气象学报, 13(5):102-126.
- [11] 徐良芳,刘俊. 区域水资源可持续利用及其评价指标体系研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2002,30(2):119-122.
- [12] 于豪,方子节. 可持续发展预警的指标构建和预警方法[J]. 农业现代化研究, 21(6):113-132.
- [13] 毕秋香,何荣天. 证券公司风险评估及指标预警系统设计[J]. 证券市场导报,2002,(10):48-51.
- [14] 李维哲,曲波. 地产泡沫预警指标体系与方法研究[J]. 山西财经大学学报,2002,(8):99-101.
- [15] 王汉荣. 企业资信等级的模糊综合评判与商业信贷风险跟踪预警监测方法[J]. 沙洲职业工学院学报, 2002,(6):37-40.
- [16] 卢祖洵,李情,叶恒波,等. 艾滋病预警系统和预警指标的探讨[J]. 疾病控制杂志,2002,6(3):193-196.
- [17] 尹昌斌,陈基湘,普明中. 自然资源开发利用度预警分析[J]. 中国人口资源环境,1999,9(3):34-38.

=====

(上接第595页)

- [4] 叶元土,林仕梅,罗莉,等. 温度、pH值对南方大口鲶、长吻鮠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.
- [5] 李加儿,区又君,许波涛,等. 黑鲷生物学及其种苗生产技术研究[J]. 南海水产研究,1990,(2):36-44.
- [6] 朱俭,曹凯鸣,周润琦,等. 生物化学实验[M]. 上海:上海科学技术出版社,1981.
- [7] 戴贤君,舒妙安. 黄鳍不同生长阶段消化器官及消化酶的变化[J]. 上海交通大学学报,2002,20(2):113-116.
- [8] KAWAI S, IKEDA S. Studies on digestive enzymes of fish. II. Effects of dietary change on activity of digestive enzymes in carp[J]. Bull Jap. Soc Sci Fish., 1972,38:265-270.
- [9] 周景祥,张东鸣,黄权. 大眼鱼师鲈蛋白酶活性的研究[J]. 吉林农业大学学报,2000,22(3):107-110.
- [10] DASK M, TRIPATHI D. Studies on the digestive enzymes of *CtenopHaryngodon idella* Val[J]. Aquac, 1991,92(1):21-30.
- [11] 乔秀亭,张美婷,宋学君,等. 鲤鱼肝胰脏、脾脏蛋白酶活性研究[J]. 水利渔业, 1999,9(4):14-17.
- [12] 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.
- [13] 沈文英,寿建昕,金叶飞,等. 银鲫消化酶的研究[J]. 上海水产大学学报,2002,22(1):36-39.
- [14] 杨秀平,张金洲,曾可为,等. 不同饲喂条件对鳊淀粉酶活性的影响[J]. 水利渔业, 2003,23(3):1-4.
- [15] 吴婷婷,朱晓鸣. 鳊、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.
- [16] 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.
- [17] 伍莉,陈鹏飞,陈建. 史华鲟消化酶活性的初步研究[J]. 西南农业大学学报,2002,24(2):179-181.
- [18] 王宏田,张培军. 牙鲈体内消化酶活性的研究[J]. 海洋与湖沼,2002,33(5):472-475.