

# pH、底物体积分数和盐度对军曹鱼消化组织淀粉酶活力的影响

陈刚, 汤宝贵, 张健东, 叶富良, 吴灶和

(湛江海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524025)

**摘要:** 测定了军曹鱼 (*Rachycentron canadum*) 的胃、幽门盲囊、肠等消化组织中淀粉酶在不同 pH 值下的活力及在最适 pH 值下底物体积分数、盐度对其活力的影响。结果表明, 胃、幽门盲囊、前中肠、后肠的淀粉酶的最适 pH 值分别是 6.0, 7.0, 5.8 和 7.0; 其最适底物体积分数分别为 0.056%, 0.056%, 0.048% 和 0.064%; 其最适盐度为 28。

**关键词:** 军曹鱼 (*Rachycentron canadum*); pH; 底物体积分数; 盐度; 淀粉酶; 活力

**中图分类号:** Q959.4; S965.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2005)11-0028-03

军曹鱼 (*Rachycentron canadum*) 在分类学上隶属于鲈形目 (Perciformes), 鲈亚目 (Percoidae), 军曹鱼科 (Rachycentridae) 军曹鱼属 (*Rachycentron*) 的鱼类, 俗称海龙鱼、海鲷<sup>[1]</sup>, 在温带和亚热带均可存活。军曹鱼个体大, 生长快, 抗病力强, 产量高, 肉质细嫩, 是目前海水鱼类养殖的重要品种, 素有“北鲑鱼南海鲷”之美誉。关于其生物学及养殖等已有所研究<sup>[2]</sup>, 但对于其消化酶作用的条件的研究尚未见报道, 笔者旨在通过对不同 pH 值、底物体积分数及暂养盐度下军曹鱼消化道中淀粉酶活力的测定, 了解此种鱼对淀粉的消化生理特点, 为其人工饲料配制提供相关的参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验用 鱼

军曹鱼平均体长 33~40 cm, 平均体质量 615~795 g, 取自湛江海洋大学海水养殖场, 由鱼类培养殖课题组经全人工繁殖培育的鱼种, 在实验室玻璃纤维水族箱 (100 cm × 100 cm × 70 cm) 中暂养 (海水经砂虑及 300 目网滤, 盐度 28, 水温 24~26 °C) 5 d, 然后再将部分鱼的暂养盐度用经曝气的淡水或海水晶母液分别调至 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 和 45 (每 2 h 降低或升高 1), 驯养 1 周 (投喂新鲜贝肉)。取样前停食 72 h, 测定体长、体质量。然后采用常规方法解剖, 取出胃、幽门垂、肠 (前中肠、后肠), 剔除结缔组织和脂肪, 以蒸馏水冲洗, 然后吸干水分, 备用。

### 1.2 粗酶液制备

将所取的消化组织剪碎, 置于玻璃匀浆器中, 按每 g 组织加入 10.0 mL 蒸馏水后冰浴匀浆, 再冷冻离心 (4000 r/min, 15 min), 取上清液定容至 20.0 mL, 再将其稀释 25 倍作为粗酶液, 置于 4 °C 冰箱中保存, 并

于 24~48 h 内进行测定。

### 1.3 酶活力测定

采用碘-显色法<sup>[3]</sup>; 在对照和实验比色管中均加入同一 pH 值的磷酸盐缓冲液、0.04% 可溶性淀粉溶液各 5.0 mL, 于 37 °C 水浴 5 min, 再分别加入 0.1 mL 0.9% 生理盐水和粗酶液, 混均后置于 37 °C 水浴 7.5 min 后取出, 加水至 50.0 mL, 混均后立即于 660 nm 比色, 以水校正零点。活力单位 =  $(OD_{对} - OD_{样}) \times 800 \div OD_{对}$ 。

#### 1.3.1 最适 pH 值测定

以 0.2 为梯度的 pH 4.0~9.0 的磷酸盐缓冲液<sup>[4]</sup> 作为缓冲体系, 用 722 型分光光度计测定结果。

#### 1.3.2 最适底物体积分数测定

在 1.3.1 所测的最适 pH 值条件下, 改变底物体积分数 (其它操作同 1.3.1) 来测定底物体积分数对各组织淀粉酶活性的影响。

#### 1.3.3 最适暂养盐度测定

在 1.3.1 所测的最适 pH 值条件下, 测定养殖盐度对淀粉酶活力的影响。

#### 1.3.4 酶活力单位

在 37 °C 时 30 min 内 1 g 组织中淀粉酶能完全水

收稿日期: 2003-04-04; 修回日期: 2003-08-25

基金项目: 国家 863 计划“海水养殖种子工程”重大专项 (2002AA603012); 广东省海洋与渔业局重大科技兴海项目 (A200099A01); 广东省科技厅重大攻关项目 (2003A2010502)  
作者简介: 陈刚 (1961-), 副教授, 目前主要从事鱼类生物学基础研究、繁殖及养殖的应用研究, E-mail: zjoug@21cn.com

解 10 mg 淀粉称为 1 个活力单位。

## 2 结果

### 2.1 pH 值对淀粉酶活力的影响

pH 值对军曹鱼酶活力的影响 (图 1)。从图 1 可看出, 军曹鱼的胃、幽门垂、前中肠及后肠中淀粉酶的最适 pH 值分别为 6.0, 7.0, 5.8 和 7.0。pH 值对胃部淀粉酶活性的影响相对较弱, 没有明显的峰值, 胃部淀粉酶活性也比较低; 幽门垂部的在 pH 6.8~7.6 范围内先是急剧升高形成主峰, 然后又快速降低至谷底, 随之又上升形成另一个次峰值, 使曲线呈双峰型; 在前中肠的淀粉酶受 pH 值的影响较明显, 于 pH 5.8 处出现峰值; 而后肠的淀粉酶在 pH 值在 6.8~7.4 范围内变化急剧, 于 7.0 处形成一个非常明显的峰, 但在此范围之外, 酶活性随 pH 值波动稍弱。以双因素方差分析得出, pH 对军曹鱼消化道 4 个部位淀粉酶活力的影响极显著 ( $F = 2.25 > F_{0.01(25,75)} = 2.03$ )。

从图 1 还可以看出, 在 4 个消化部位中, 后肠中淀粉酶的活力 (以最大值计) 最高, 前中肠次之, 幽门垂再次之, 胃部的最低, 呈现出消化道淀粉酶的活性是沿消化道由前至后递增的趋势。若将后肠的活性计作 100, 则其它部位的由高到低分别为 48.6, 37.0 和 13.3。因此, 以上 4 个部位淀粉酶的活力有显著差异 ( $F = 31.54 > F_{0.01(3,75)} = 4.05$ )。

### 2.2 底物体积分数对淀粉酶活力的影响

底物体积分数对酶活力的影响 (图 2)。由图 2 可知, 底物体积分数在 0.008%~0.072% 的变化过程中, 胃、幽门垂、前中肠及后肠中淀粉酶活力均呈上升趋势, 曲线形状也比较相似, 并分别在 0.056%, 0.056%, 0.048% 和 0.064% 时活力最高, 亦即分别是其最适底物体积分数。从图 2 中还可以看出, 在最适底物体积分数条件下, 依然是后肠中淀粉酶的活力 (以最大值计) 最高, 前中肠次之, 幽门垂再次之, 胃部

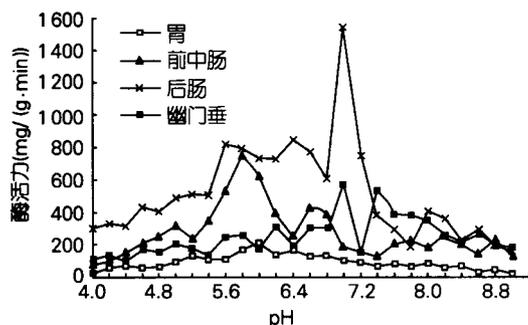


图 1 pH 值对军曹鱼淀粉酶活力的影响  
Fig. 1 Effect of pH on the activity of amylase *Rachycentron canadum*

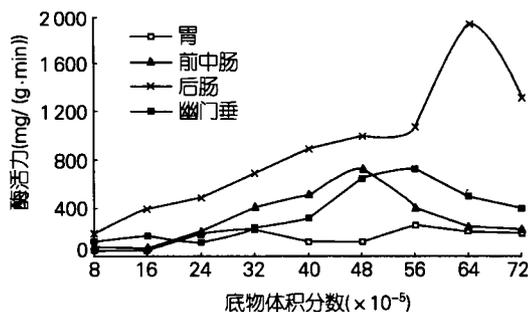


图 2 底物体积分数对军曹鱼淀粉酶活力的影响  
Fig. 2 Effect of amylum concentration on the activity of amylase *Rachycentron canadum*

的最低, 若将后肠的计作 100, 则其它部位的由高到低分别为 37.7, 37.3 和 13.6, 这与不同 pH 值条件下测定的结果非常相近。

### 2.3 暂养盐度对淀粉酶活力的影响

暂养盐度对酶活力的影响 (图 3)。从图 3 我们可以发现, 军曹鱼消化道的 4 个部位的淀粉酶活力都随鱼暂养盐度的变化而变化, 当盐度低于 28, 也即是低于湛江海区天然海水的盐度时, 酶活力随着盐度的升高而升高; 当盐度高于 28 时, 酶活力又随着盐度的升高而降低, 都在 28 时达到峰值。从上图还可以看出, 在不同的盐度之下, 酶活力高低顺序仍然是后肠、前中肠、幽门垂和胃, 这和前两因素的结果类似。

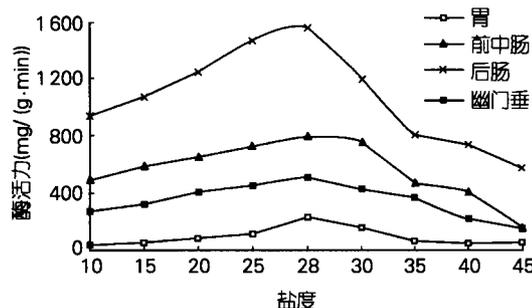


图 3 暂养盐度对军曹鱼淀粉酶活力的影响  
Fig. 3 Effect of temporary-keeping salinity on the activity of amylase *Rachycentron canadum*

## 3 讨论

一般认为, 硬骨鱼类胃液中虽然存在淀粉酶, 但活性很低, 对淀粉的消化作用也非常小<sup>[5,6]</sup>, 本实验的结果同样显示了这一点, 其活性仅相当于后肠部的 14%。军曹鱼胃内淀粉酶的最适 pH 值为 6.0, 这和周景祥所述的 5.7~7.0 之间相吻合<sup>[7]</sup>。由于胃内正常 pH 是在较强的酸性条件下, 使得胃对淀粉的消化作

用微乎其微。大多数的研究结果都表明鱼类肠道中淀粉酶的最适 pH 值在 5.0~8.0 之间<sup>[7]</sup>，据我们研究的结果，作为大型的凶猛性肉食性鱼类——军曹鱼的肠道中淀粉酶的最适 pH 值为 5.8~7.0，也恰好位于这个范围之内。

从图 3 可以看出，养殖盐度对军曹鱼淀粉酶活性有显著影响，这与真鲷的研究结果相类似<sup>[7]</sup>。盐度条件是影响海水鱼类生长、摄食的一个重要因素，它影响鱼类的生理状态，进而会影响到消化酶的分泌；盐度与酶的活性也不无关系，海水中的有些无机离子对酶具有激活或抑制作用。由于本次实验提取的是粗酶液，酶量是未知的，所以也难以明确区分出盐度对于酶的分泌和酶的活力影响分别有多大，可以认为是二者之积。在我们的研究结果中，暂养于盐度为 28 的海水中的军曹鱼的淀粉酶活力最高，并且在各个消化组织中有相同的结果，表明军曹鱼生长于此盐度的海水中时，对淀粉的利用率可能是最高的。那么此时脂肪酶和蛋白酶的活力是不是也是最高，还需要进一步研究。

从本研究结果可以发现，在不同的 pH 值、底物体积分数以及暂养盐度下，淀粉酶的活性都是后肠为最高，而胃部最低，这表明军曹鱼对淀粉的主要消化部位是在肠道，尤以后肠为主。据研究，鱼类淀粉酶主要是由（肝）胰脏分泌的，而胰液的出口处位于肠，有些鱼类的肠道中也可以产生淀粉酶，这就是肠道中淀粉酶活力显著高于消化道其它部位的原因<sup>[5,7,8]</sup>。

消化作用是一种酶促反应，反应速度（表现为酶的活力）与底物体积分数有密切关系，而对于鱼类消化酶的活力与底物体积分数之间关系的研究还甚少。军曹鱼胃、幽门垂、前中肠及后肠中淀粉酶活力分别在底物体积分数为 0.056%，0.056%，0.048% 和 0.064% 时达到最高，若还原为粗酶液稀释前的状态，则分别为 2.8%，2.8%，2.4% 和 3.2%。由于此次

测定的只是粗酶液，并且是在离体条件下测得，酶的实际活力或者说对淀粉的实际消化能力可能会更高一些，但考虑到军曹鱼摄食量大、生长快的特点，它对能量和蛋白质的需求必然也高，对淀粉的需求是是有限的，故作者认为在军曹鱼饲料中淀粉的添加量不要超过 5%。

无论是在不同 pH、不同底物体积分数或是不同盐度条件下，测定的军曹鱼淀粉酶活力比杂食性的蓝子鱼的都要低（另文发表），这与它们的食性不同有密切关系，也证实了肉食性鱼类对淀粉的利用能力是比较低的<sup>[9]</sup>。

#### 参考文献：

- [1] 孟庆闻, 缪学祖, 俞泰济, 等. 鱼类学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987. 255 - 265.
- [2] 陈毕生, 柯浩, 冯娟, 等. 海鲈的生物学特性及网箱驯养技术[J]. 现代渔业信息, 1999, 4(19): 19 - 22.
- [3] 上海市医学化验所. 临床生化检验(上册)[M]. 上海: 上海科技出版社, 1979. 366 - 367.
- [4] 北京农业大学. 动物生物化学实验指导[M]. 北京: 农业出版社, 1984.
- [5] 尾崎久雄著, 吴尚忠译. 鱼类消化生理学(上下册)[M]. 上海: 上海科技出版社, 1983.
- [6] 叶元土. 温度, pH 值对南方大口鲶、长吻鲢蛋白酶和淀粉酶活力的影响[J]. 水产科学, 1998, 13(2): 17 - 23.
- [7] 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(自然科学版), 2001, 2(1): 70 - 83.
- [8] 倪寿文. 草鱼、鲤、鲢、鳙和淀粉酶比较研究[J]. 大连水产学院学报, 1992, 7(1): 24 - 31.
- [9] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.

## The effects of pH, amylum concentration and salinity on the activity of amylases from *Rachycentron canadum*

CHEN Gang, TANG Bao-gui, ZHANG Jiang-dong, YE Fu-liang, Wu Zao-he  
(Fisheries College of Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Received: Apr., 4, 2003

Key words: pH; amylum concentration; salinity; amylase; *Rachycentron canadum*

**Abstract:** The activity of amylases taken from the stomach, pancreas and intestine of *Rachycentron canadum* was determined. The results showed that the most optimum pHs for stomach, pancreas, fore-intestine, mid-hind-intestine were 6.0, 7.0, 5.8 and 7.0 respectively; the most optimum amylum concentrations were 0.056%, 0.056%, 0.048% and 0.064% respectively; and the most optimum salinity was 28. (本文编辑: 刘珊珊)