

# 皱纹盘鲍淀粉酶和褐藻酸酶的研究

杨蕙萍

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

童圣英 王子臣

(大连水产学院养殖系, 116023)

**摘 要** 利用分光光度计比色法测定了 2~3cm 的皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino)的淀粉酶和褐藻酸酶的最适温度和最适 pH 以及 11 种金属离子对其的影响。结果表明: 最适温度分别为 30℃、35℃, 最适 pH 分别为 6.24、7.19, 在最适温度下的活化能分别为  $5.03 \times 10^4 \text{J/mol}$  和  $1.33 \times 10^4 \text{J/mol}$ ; 皱纹盘鲍的三种主要消化酶的活性依次为: 褐藻酸酶 > 蛋白酶 > 淀粉酶。Cu<sup>2+</sup>、Hg<sup>2+</sup>、Ag<sup>+</sup>、Pb<sup>2+</sup> 对淀粉酶活性具有显著的抑制作用, 其他离子则具有促进作用, 其中又以 Mn<sup>2+</sup>、Ba<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup> 三种金属离子尤为突出, 其促进作用比对照组高一倍以上。而对褐藻酸酶, Zn<sup>2+</sup>、Ag<sup>+</sup>、Hg<sup>2+</sup>、Li<sup>+</sup>、Ba<sup>2+</sup> 具显著的抑制作用, 其他离子则没有作用。

**关键词** 皱纹盘鲍, 淀粉酶, 褐藻酸酶, 金属离子

皱纹盘鲍属软体动物门, 腹足纲, 前鳃亚纲, 原始腹足目, 鲍科, 是我国北方海珍品的主要养殖种类。随着皱纹盘鲍养殖业的发展, 解决其人工饵料问题成为急需和必要。人工饵料的成分与配比合理, 才能得到最好的利用和吸收, 这就促使人们对消化生理状况进行分析测定, 掌握其规律。皱纹盘鲍消化酶的研究至今仅见一些定性分析和总结[刘世英和雍文岳 1989 年中译本]。本文作者曾就其蛋白酶进行过探讨[杨蕙萍等 1997], 现在针对皱纹盘鲍的另外两种消化酶——褐藻酸酶、淀粉酶进行分析比较, 从而为人工饵料的配制和鲍的消化生理提供可靠的理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

实验用皱纹盘鲍 1993 年 7 月采自大连水产养殖公司海珍品养殖场, 系 1992 年的秋季苗, 投喂饵料为海带, 材料规格见表 1。

表 1 试验用皱纹盘鲍规格

Tab. 1 Size and Weight of Pacific abalones used in the experiment

组别	样本数	体 长 (厘米)	体 重 (克)	备 注
I	9	2.572±0.112	2.25±2.09	
II	7	2.619±0.139	2.46±0.52	用于分析淀粉酶
III	3	2.985±0.025	3.28±0.14	
I	25	2.387±0.238	1.72±0.49	
II	28	2.586±0.101	2.31±0.27	用于分析褐藻酸酶
III	21	2.294±0.189	1.64±0.39	

注: 组别中 I 代表不同温度时的实验, II 代表不同 pH 时的实验, III 代表不同金属离子存在时的实验。

## 1.2 材料的处理

实验样品取回后, 暂养于水族箱内, 使胃排空, 再称重测体长, 置冰盘内解剖, 取消化盲囊, 去除周边多余的组织块, 用冷冻重蒸水冲洗、称重, 置于低温冰箱存放备用。

## 1.3 酶液的提取

样品用玻璃研磨器充分研磨, 按样品重量的适当倍数加入冷冻重蒸水, 整个操作在冰浴中完成, 然后用 Beckman 冷冻离心机离心 30 分钟, 转速为 4 500r/min, 获得组织匀浆抽提上清液, 即为粗酶提液(粗酶提液需在 4 小时内分析完毕)。

## 1.4 金属离子种类、浓度及来源。

选取的金属离子种类浓度及来源

表 2 金属离子的种类、浓度及来源化合物

Tab. 2 The metal ions and their compounds and ion concentration

金属离子	Li <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>
来源化合物	Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	MnCl <sub>2</sub>	CuSO <sub>4</sub>	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	BaCl <sub>2</sub>	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	AgNO <sub>3</sub>	HgCl <sub>2</sub>

注: Hg<sup>2+</sup> 离子浓度为  $1 \times 10^{-3}$  mol, 其余离子浓度为  $2 \times 10^{-3}$  mol。

## 1.5 酶活力的测定方法

淀粉酶活力测定方法: 参照淀粉—碘显色法[上海市医学化验所 1979], 略有修改。具体操作: 向试管中先后加入 0.5% 可溶性淀粉 1mL 和磷酸缓冲液 4mL (1/15mol), 保温一段时间, 加入粗酶提液 1mL, 继续在一定温度下保温 15 分钟, 再加入 0.01mol 的碘液 5mL 终止酶反应, 然后稀释到 50mL, 在 660nm 波长下比色, 以蒸馏水校零点。空白管不加酶液, 其它同试验管。

酶活力定义: 在一定温度和 pH 值下, 水浴保温, 100mL 酶液在 30 分钟内完全水解 10mg 淀粉, 定为一个淀粉酶的活力单位。

褐藻酸酶活力测定方法: 参照纤维素酶的测定方法[中山大学生化教研室 1978], 具体操作: 向试管中先后加入海藻酸钠溶液 1mL 和磷酸缓冲液 (1/15mol) 4mL, 保温一段时间, 加入粗酶提液 1mL, 再在一定的温度下保温 30 分钟后取出, 立即于沸水浴中煮沸 15 分钟使酶失活, 冷却过滤并取滤液 1mL, 加入 3, 5-二硝基水杨酸显色剂 3mL, 沸水浴中显色 15 分钟, 再稀释至 25mL, 摇匀, 在 550nm 波长下比色, 以蒸馏水校零点。空白管由 1mL 煮沸灭活的酶液代替粗酶提液, 其它同试验管。

酶活力定义: 在一定温度和 pH 值下, 水浴保温 30 分钟, 每分钟催化海藻酸钠水解生成 1 $\mu$ g 葡萄糖醛酸的酶量定为一个褐藻酸酶活力单位。

## 2 结果

### 2.1 淀粉酶及褐藻酸酶与温度的关系

在 4~70 $^{\circ}$ C 温度范围内, 淀粉酶和褐藻酸酶的活力大小见表 3, 从表中可以看出: 淀粉酶在

4~30℃范围内呈上升趋势,至30℃时达最高值,为 $36.2 \pm 6.92$ 活力单位/克湿组织,之后在30~70℃范围内则呈下降趋势,即淀粉酶的最适温度为30℃。在 $\alpha=0.05$ 前提条件下数学分析表明:淀粉酶的适宜温度范围为10~30℃,其临界失效温度为41℃。褐藻酸酶在35℃时达到最高值,为 $951 \pm 67.6$ 活力单位/克湿组织,即最适温度为35℃。在 $\alpha=0.05$ 前提条件下数学分析表明:褐藻酸酶的适宜温度范围为30~40℃,其临界失效温度为53℃。在最适温度范围内,淀粉酶和褐藻酸酶的温度系数值分别为1.10和1.00。活化能分别为 $5.03 \times 10^4 \text{ J/mol}$ 和 $1.33 \times 10^4 \text{ J/mol}$ (活化能的计算是据源自 Arrhenius 方程的公式 $\log k_2/k_1 = A(T_2 - T_1)/2.303 \times RT_1 T_2$ 计算得来的)。

表3 皱纹盘鲍淀粉酶和褐藻酸酶在各温度下的活力大小(活力单位数/克湿组织)

Tab. 3 The amylase and algalase activities of Pacific abalone in different temperature

温度(℃)	4	10	15	20	25	30
淀粉酶活力	$18.2 \pm 4.16$	$27.0 \pm 6.65$	$28.0 \pm 10.2$	$32.8 \pm 7.00$	$34.6 \pm 7.00$	$36.2 \pm 6.92$
褐藻酸酶活力	$220 \pm 35.8$	$225 \pm 58.6$		$628 \pm 9.16$	$731 \pm 36.4$	$874 \pm 69.3$
温度(℃)	35	40	50	60	70	
淀粉酶活力		$19.4 \pm 4.43$	$9.79 \pm 1.86$	$5.42 \pm 0.60$	$5.20 \pm 2.44$	
褐藻酸酶活力	$951 \pm 67.6$	$877 \pm 60.7$	$599 \pm 36.7$	$109 \pm 16.5$	$39.7 \pm 21.0$	

## 2.2 淀粉酶及褐藻酸酶与 pH 值的关系

淀粉酶和褐藻酸酶在 pH=5.00~8.82 范围内的各 pH 条件下的酶活力值见表4,维持 pH 值所使用的缓冲液系统为:  $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HOP}_4$  (5.00~8.00) 和巴比妥钠盐-HCl (8.45~8.82)。对于淀粉酶,由表中可知:在30℃温度条件下,从 pH 值 5.00~6.24 淀粉酶活力呈上升趋势,到 pH 值 6.24 时达到最高值,之后便开始缓慢下降,在 pH 值 7.64~8.00 时达最低,而后又略呈上升趋势,在 pH 值 8.45 处又产生一个高峰(此高峰值的产生通过实验表明是由于缓冲液的变化而造成的),即淀粉酶的最适 pH 值为 6.24。对于褐藻酸酶,从表中可知:在35℃温度条件下, pH 值从 5.00~6.75 酶活力值变化较为平缓,到 pH 值 7.19 时突然升至最高值,之后便快速下降,在 pH 值 8.00 时达最低。而后在 pH 值 8.45 处又产生一个高峰(此高峰值的产生通过实验表明是由于缓冲液的变化而造成的),即褐藻酸酶最适 pH 值为 7.19。

表4 在各 pH 值条件下皱纹盘鲍淀粉酶和褐藻酸酶的酶活力(活力单位数/克湿组织)

Tab. 4 The amylase and algalase activity of Pacific abalone in different pH values

pH 值	5.00	5.40	5.84	6.24	6.75
淀粉酶	$1.76 \pm 0.95$	$9.69 \pm 2.32$	$15.4 \pm 2.56$	$21.1 \pm 0.83$	$16.5 \pm 0.69$
褐藻酸酶	$228 \pm 4.58$	$346 \pm 89.1$	$440 \pm 63.7$	$641 \pm 16.5$	$752 \pm 50.5$
pH 值	7.19	7.64	8.00	8.45	8.82
淀粉酶	$12.1 \pm 0.27$	$5.71 \pm 0.36$	$5.63 \pm 0.42$	$13.9 \pm 1.68$	$9.78 \pm 0.37$
褐藻酸酶	$1050 \pm 16.5$	$718 \pm 10.7$	$445 \pm 84.1$	$924 \pm 57.4$	$527 \pm 45.9$

## 2.3 金属离子对淀粉酶及褐藻酸酶的酶活力的影响

在金属离子存在时淀粉酶和褐藻酸酶的酶活力的测定是 1mL 的酶液由 0.5mL 的金属离

子溶液和 0.5mL 的酶液代替进行的,测定时的温度和 pH 条件均采用了前面实验中得到的最适值。测定的酶活力的大小以及与空白对照的大小见表 5。在  $\alpha=0.05$  前提条件下进行差异显著性分析表明:对于淀粉酶,  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^{+}$  有显著的抑制作用,当这些离子存在时,酶活力仅为对照组的 0.38、0.81、0.37、0.48 倍,而  $\text{Li}^{+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$  则有明显的促进作用,其中又以  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$  三种离子更为显著,其促进作用可达到对照组的 2.26、2.36、2.26 倍。同样的分析表明:对于褐藻酸酶  $\text{Li}^{+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^{+}$ 、 $\text{Hg}^{2+}$  具有显著的抑制作用,分别为对照组的 0.89、0.87、0.77、0.31、0.67 倍,其它离子则不具有作用。另外有一点值得注意:即  $\text{Cu}^{2+}$  对褐藻酸酶的作用,从测定所得到的活力值来看,  $\text{Cu}^{2+}$  存在时的活力仅是对照组活力的 0.4 倍,然而由于三次实验的标准差较大,在进行数学统计分析时,出现的结果是差异不显著,所以  $\text{Cu}^{2+}$  对褐藻酸酶的作用情况有待于今后进一步的实验来判别。

表 5 皱纹盘鲍淀粉酶和褐藻酸酶在金属离子存在时的活力大小(活力单位数/克湿组织)

Tab. 5 The amylase and algalase activities of Pacific abalone when different metal ions exist

离子	淀粉酶活力	褐藻酸酶活力	离子	淀粉酶活力	褐藻酸酶活力
对照( $\text{H}_2\text{O}$ )	20.1±0.82	834±21.0	$\text{Li}^{+}$	34.4±7.09	739±34.6
$\text{Mn}^{2+}$	45.4±5.12	699±104	$\text{Cu}^{2+}$	14.5±3.73	334±117
$\text{Fe}^{3+}$	35.7±7.97	760±52.9	$\text{Ba}^{2+}$	47.3±6.81	710±27.9
$\text{Pb}^{2+}$	17.2±5.87	813±18.4	$\text{Ca}^{2+}$	45.3±6.55	816±50.5
$\text{Zn}^{2+}$	27.6±3.76	654±24.3	$\text{Mg}^{2+}$	22.0±6.51	702±81.2
$\text{Ag}^{+}$	9.57±0.84	257±45.9	$\text{Hg}^{2+}$	7.39±1.37	556±52.1

## 3 讨论

### 3.1 皱纹盘鲍淀粉酶和褐藻酸酶的最适温度

最适温度是在一定条件下才有意义的数值,但也可以反映各种酶的热稳定性,这一点在皱纹盘鲍的蛋白酶研究中已经讨论过[杨蕙萍等 1997]。比较皱纹盘鲍的三种主要消化酶发现:蛋白酶、淀粉酶、褐藻酸酶的最适温度分别为:50℃、30℃和 35℃,临界失效温度为 62℃、41℃和 53℃,这说明三种消化酶的抗热性依此为:蛋白酶>褐藻酸酶>淀粉酶。[桂远明和吴垠 1993]曾对鲢、鳙、草鱼、鲤几种鱼消化酶的最适温度和临界温度进行研究,结果发现在这四种鱼的肝脏和肠中蛋白酶的最适温度和临界失效温度都比淀粉酶的要高,即蛋白酶的抗热性要比淀粉酶强。从应用的角度考虑本实验得到的结果,可以据皱纹盘鲍培育时温度的高低适当改变配合饵料的组份,以适应生物本身的这种消化生理。另外,在最适条件下,皱纹盘鲍的蛋白酶、淀粉酶、褐藻酸酶活化能分别为:  $4.89 \times 10^4$  焦耳/摩尔[杨蕙萍等 1997]、 $5.03 \times 10^4$  焦耳/摩尔和  $1.33 \times 10^4$  焦耳/摩尔,即淀粉酶的活化能最高,蛋白酶的活化能居中,而褐藻酸酶的活化能最低。一般来说,最适温度下的活化能值越高,酶促反应进行时要升高的温度就越高,酶的活性也就越低[鲁宝重 1964],这说明,皱纹盘鲍的三种消化酶中,褐藻酸酶的活性最强,蛋白酶的活性较低,而淀粉酶的活性最低。

### 3.2 皱纹盘鲍淀粉酶和褐藻酸酶的最适 pH 值

最适 pH 值所包含的意义与最适温度很相似,也不是酶的不变特性,而是随反应条件如温

度、底物浓度、缓冲液类型和其离子强度的改变而改变。一般来说, 在酶促反应中, 当介质 pH 值改变时反应速度有一个最大值, 此时的介质 pH 值就是“最适 pH 值”。关于无脊椎动物的消化酶最适 pH 值的测定, 前人已做过不少工作, 大致分析的结果见表 6 所列。

表 6 不同生物消化酶的最适 pH 值

Tab. 6 The optimum pH values of digestive enzymes in different species

研究种类	结 果			作 者	年份
	蛋白酶	淀粉酶	褐藻酸酶		
食用牡蛎	3.7; 9.0	5.5		刘世英和雍文岳	1989 年中译本
白虾	7.0~9.5			Gates 和 Travis	1969
美国龙虾	4; 8			Brocherhoff 和 Hoyle	1970
海胆		6~6.5		Vacquier 和 kone	1971
日本对虾	8.0	6.8		Maugle 和 Osamu	1982
鹰爪虾	8.5~9.0			浅原充雄	1973
臂尾轮虫	8~10			Keji Hara 等	1984
中国对虾	8~9	5~6		于书坤	1987
日本(虫)	7.8	6.0		刘万顺和李 濒	1988
滨螺	7.0	5.0; 6.6	6.2	刘万顺和李 濒	1988
贻贝	6.5; 8 以上	5.8		刘万顺和李 濒	1988
龙虾幼体	5.3; 6.4	6.5~7.0		Biesiot 和 Capuzzo	1990
皱纹盘鲍	2.6; 5.0~5.4	6.24	7.19		

从这些结果的比较可知, 不同生物种类其消化酶的最适 pH 值差异很大, 这说明由于生物的生态习性和摄食对象不同, 受遗传因素控制所具有的代谢方式也不同, 因而在酶的性质上也会有所差异。

### 3.3 金属离子对不同生物和不同消化酶的酶活力的影响

金属离子对同一生物的不同种酶的作用是不同的, 这一点在本实验的结果中可以直观的反映出来。但对不同种生物的同种酶作用情况又各不相同。这方面的工作主要是针对日本对虾 [Maugle 和 Osamu 1982]、鹰爪虾 [浅原充雄 1973]、臂尾轮虫 [Keji 等 1984] 和真鲷 [吴永沛和郭彩华 1992], 各实验的结果比较列于表 7, 再结合本实验的结果比较分析, 可以看出, 每种金属离子对不同生物的同种消化酶的作用效果并不完全一致, 有的甚至是完全相反。而且同种生物的同种消化酶受金属离子影响的情况还与 pH 有关, 例如真鲷的蛋白酶。这就要求在实际应用中要针对不同种生物而区别对待和利用。

在生产实际中, 金属离子在人工饵料中的添加已有报道, 如李荷芳等做的在中国对虾饵料中添加锰离子 [李荷芳和郝 斌 1993], 结果表明: 虽然对增长、增重无明显影响, 但却对其肝脏中的羧肽酶 A 具有激活作用; 在皱纹盘鲍人工饵料配制中添加矿物质如  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等也有报道 [浮永久等 1985], 证明饵料中添加这些矿物质相当必要。总之, 将本实验的结果进行显著性分析并综合三种消化酶受影响的情况知:  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  对皱纹盘鲍三种主要消化酶有促进作用, 而  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  则具明显的抑制作用。鉴于此结果, 在今后的人工饵料配制和生物培育过程中应避免有害离子和有害浓度, 利用有利的离子, 从而完善和提高人工配合饵料的价值。

表7 不同生物消化酶受金属离子影响比较

Tab. 7 Comparison of metal ions' effects to digestive enzymes in different species

	日本对虾		鹰爪虾	臂尾轮虫		真鲷(蛋白酶) pH				皱纹盘鲍		
	蛋白酶	淀粉酶	蛋白酶	蛋白酶I	蛋白酶II	4.4	5.4	7.0	8.4	蛋白酶	淀粉酶	褐藻酸酶
对照	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Li <sup>+</sup>	101	94	106	—	—	6.4	38	95.5	55.3	92.8	171	89
Mg <sup>2+</sup>	100	98	117	—	—	15.4	59.2	52.3	98.9	107	110	82
Ca <sup>2+</sup>	89	104	106	100	103	28.7	90.1	43.2	88.3	90	226	97
Ba <sup>2+</sup>	96	94	83	—	—	—	—	—	—	98.6	236	87
Mn <sup>2+</sup>	90	89	135	103	94	117	161	65.9	73.4	99.2	226	84
Fe <sup>3+</sup>	96	93	10	92	67	46.8	23.2	118	20.2	127	178	97
Co <sup>2+</sup>	90	91	83	74	84	—	—	—	—	—	—	—
Ni <sup>2+</sup>	83	75	58	91	79	—	—	—	—	—	—	—
Cu <sup>2+</sup>	81	81	19	37	51	113	82.4	125	82.2	67	38	72
Ag <sup>+</sup>	70	75	75	28	10	—	—	—	—	48	48	31
Zn <sup>2+</sup>	98	91	63	109	92	115	107	47.7	122	91.7	138	77
Hg <sup>2+</sup>	12	3	15	5	3	—	—	—	—	32.8	37	67
Pb <sup>2+</sup>	94	85	15	—	—	—	—	—	—	98	81.3	99

## 参 考 文 献

- 于书坤. 1987. 中国对虾消化酶的研究 I: 消化酶的活力测定及性质的研究. 海洋科学集刊, 28: 85~90.
- 上海市医学化验所(主编). 1979. 临床生化检验. 上海: 科学技术出版社, 366~369.
- 中山大学生化教研室(主编). 1978. 生化技术导论. 北京: 人民教育出版社, 53~55.
- 刘世英和雍文岳(译). 1989. 水产饵料生物学. 北京: 农业出版社, 319~321.
- 刘万顺, 李 濒. 1988. 海洋无脊椎动物消化酶的研究 I: 紫贻贝、日本鲷、滨螺消化酶的初步分析和应用. 山东海洋学院学报, 18(1): 54~57.
- 李荷芳, 郝 斌. 1993. 饵料中添加锰对中国对虾的影响. 海洋科学, 4: 48~51.
- 吴永沛, 郭彩华. 1992. 真鲷肝脏蛋白酶的性质. 厦门水产学院学报, 14(2): 13~17.
- 杨蕙萍, 童圣英, 王子臣. 1997. 皱纹盘鲍蛋白酶的研究. 水产学报, 22(2): 128~133.
- 桂远明, 吴 垠. 1993. 温度对草鱼、鲤、鲢、鳙、主要消化酶活性的影响. 大连水产学院学报, 7(4): 1~8.
- 鲁宝重. 1964. 酶学概论. 北京: 科学出版社, 120~126.
- 浅原充雄. 1973. サルエビ肝脏中蛋白分解酵素について. 日本水产学会志, 39(9): 987~991.
- 浮永久, 大重山彰, 渡边武. 1985. アワビ用试验饲料の基本组成の检讨, 日本水产学会志, 51(11): 1825~1833.
- Biesiot P M, Capuzzo J M. 1990. Changes in digestive enzymes activities during early development of American lobster. J Exp Mar Bio Ecol. 136: 107~122.
- Brocherhoff H, Hoyle R J. 1970. Digestive enzyme of the American lobster. J Fish Res Board of Canada, 27(8): 1357~1370.
- Gates B J, Travis J. 1969. Biochemistry, 8: 4483~4489.
- Keji H, Hiraki A, Tadashi I. 1984. Some enzymatic properties of alkaline protease of the rotifer, Brachionus plicatilis. Bull Japan Soc Sci Fish, 50(9): 1611~1616.
- Maugle P D, Osamu D. 1982. Characteristics of Amylases and Protease of the shrimp, Penaeus japonicus. Bull Japan Soc Sci Fish, 48(12): 1753~1757.
- Vacquier V D, Kone L J. 1971. The appearance of  $\alpha$ -amylase activity during gut differentiation in sand dollar plutei. Development Biology, 26: 193~299.

# THE PROPERTIES OF AMYLASE AND ALGALASE IN *HALIOTIS DISCUS HANNAI*

YANG Hui-Ping

(*Institute of Oceanology, CAS, Qingdao 266071*)

TONG Sheng-Ying, WANG Zi-Chen

(*Department of Fishery, Dalian Fisheries College, 116023*)

**ABSTRACT** The amylase and algalase of the Pacific abalone (*Haliotis discus hannai*) were measured during the length of 2—3 cm by means of spectrophotometer. The optimum temperatures for amylase and algalase were 30 °C and 35 °C, The optimum pH values were 6.24 and 7.19. Under the optimum temperature the active energy of two enzymes were  $5.03 \times 10^4$  J/mol and  $1.33 \times 10^4$  J/mol respectively; the activity of amylase and algalase were detected when eleven metal ions existed. The results indicated that  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  significantly inhibited the activity of amylase, and other metal ions activated the activity of amylase.  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$  can activate the amylase two times of that in control group. For the algalase,  $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Li}^{2+}$  and  $\text{Ba}^{2+}$  significantly inhibited its activity, and the other metal ions had no effects on the algalase.

**KEYWORDS** *Haliotis discus hannai*, Amylase, Algalase, Metal ions