中国对虾消化酶的研究

II. 消化酶对饵料组成的适应*

于 书 坤

(中国科学院海洋研究所)

关于高等动物消化酶对食物组成的适应,很多学者已做了不少研究工作,如 Ben Abdeljlil 等^[4]对哺乳动物,川合真一郎等^[5]对鱼类的研究。但在甲壳动物方面,以往研究得较少^[6]。对虾具有消化蛋白质和淀粉的酶类,因此可在对虾饵料中加进含蛋白质和淀粉丰富的物质。如果饵料中这两种物质的含量增加,对虾肝胰脏蛋白酶和淀粉酶的分泌量也随着增加,即谓有适应,饵料中的蛋白质和淀粉便可被很好地消化、吸收和利用;相反,如果没有适应或适应程度低,在饵料中加进过多的蛋白质或淀粉将造成浪费。本文对中国对虾 *Penaeus orientalis* 的蛋白酶和淀粉酶对饵料中蛋白质和淀粉含量的适应及其适应程度和速度进行了研究。

一、实验方法

1. 实验饵料的配制 用鲜杂鱼、鱼粉、甘薯粉、豆饼粉和麦麸作原料,鱼粉和甘薯粉是饵料中蛋白质和淀粉的主要来源。豆饼粉在使用前需经过加热处理,以破坏其中的蛋白酶抑制因子。根据各种饵料的配比,加适量自来水,混合均匀,在饵料加工机上压制成直径约 3 mm 的条状饵料,阳光下或烘箱中烘干。然后在海水中测定饵料的稳定性、沉降性及诱食性,达到要求后置阴凉干燥处保存。

2. 实验用虾的养殖 捕自胶州湾或从养虾场运来的对虾暂养在 120×70×100 cm 的玻璃水箱中,水深 65cm,养虾密度保持在每箱 30 尾以下。水箱装有流动海水及充气设备。海水流速为每小时 0.3 m³。pH = 8.2,水温 25℃ 左右。在实验开始前,将实验用虾在同一条件下投喂同一种饵料养殖两周,以使它们具有相同的饮食历史。每天上午 8 时和下午 5 时投饵。

3. 酶活力的测定 蛋白酶(或称酪蛋白酶)和淀粉酶的活力测定同前文所述¹⁾。每次取对虾肝胰脏分析酶活力时,都规定在上午 8 时投饵前进行,以消除消化酶分泌的节律

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1159 号。本文由姜康后研究员指导完成,许实荣同志曾给予热情支持,特此致谢。

收稿日期: 1985 年 2 月 26 日。

1) 见本集第 85 页。

性对不同次取样产生的影响。

饵料中粗蛋白和淀粉含量的测定分别按 Micro-Kjeldahl 定氮法和 Somogyi-Nelson 法^[1]。

二、结果与讨论

表 1 列出了用 3 种原料按不同比例配制成的 6 种饵料, 它们的鲜杂鱼含量相同 (2.5 kg 鲜重, 折 0.5 kg 干重), 鱼粉含量逐渐减少, 甘薯粉含量逐渐增加, 这样使得 1 号至 6 号饵料中的蛋白质含量逐渐减少, 而淀粉含量则逐渐增加。把经过两周暂养的对虾随机分成 6 组, 分别投喂此 6 种饵料, 养殖 15 天。在实验结束时, 取虾的肝胰脏测定蛋白质含量、肝胰脏占体重的比例以及蛋白酶和淀粉酶的活力。

表 1 对虾蛋白酶和淀粉酶对饵料组成的适应¹⁾

饵料编号	1	2	3	4	5	6
鲜杂鱼(%)	20	20	20	20	20	20
甘薯粉(%)	—	20	30	50	60	80
鱼粉(%)	80	60	50	30	20	—
每克肝胰脏蛋白质含量 (mg)	135	115	123	120	117	125
每克体重肝胰脏重 (×1000)	38.6	31.5	29.6	29.6	28.8	27.4
淀粉酶比活力	46667	42391	34899	39375	32533	26400
每克体重的淀粉酶总活力	243006	153651	126613	140651	109900	90243
蛋白酶比活力	2063	1429	1108	1220	942	686
每克体重的蛋白酶总活力	10754	5180	4021	4358	3180	2345
蛋白酶与淀粉酶活力比 (×1000)	44	34	32	31	29	26

1) 实验材料为取自山东省海阳县养虾场的对虾, 平均体重 6.5g, 平均体长 9 cm。

测定结果表明, 从第 6 组至第 1 组虾, 所摄食饵料中蛋白质含量逐渐增加, 肝胰脏的蛋白酶合成量也随之增加, 其蛋白酶比活力从 686 μg 酪氨酸/mg 蛋白质·h 增加到 2063 μg 酪氨酸/mg 蛋白质·h。每克体重的蛋白酶总活力也具有同样的变化趋势。这说明, 对虾的蛋白酶对饵料中的蛋白质含量适应程度高, 全用鲜杂鱼和鱼粉制成的饵料所含的蛋白质仍能被很好地消化。

淀粉酶的比活力和每克体重的淀粉酶总活力的变化情况与蛋白酶完全不同。从第 1 组至第 6 组虾, 随所摄食饵料中淀粉含量的增加, 淀粉酶的比活力从 46667 μg 葡萄糖/mg 蛋白质·h 降低到 26400 μg 葡萄糖/mg 蛋白质·h。每克体重的淀粉酶总活力的变化情况也基本上和比活力一致。说明对虾的淀粉酶对饵料中淀粉含量适应程度较低, 因此饵料中的甘薯粉含量不宜太多, 其最适含量需要结合生长实验来确定。关于淀粉酶对饵料中淀粉含量适应程度低的现象, 在其他甲壳动物也有报道^[3]。Maugle 等^[2]曾把胰蛋白酶和淀粉酶作为日本对虾 *Penaeus japonicus* 饵料的添加剂, 发现实验组比对照组生长得好, 淀粉酶添加组尤为明显; 这说明日本对虾的淀粉酶分泌不足, 添加的外源淀粉酶改善了淀粉的消化。

另外, 从表 1 中还可以看到, 随对虾所摄食饵料中蛋白质含量的减少和淀粉含量的增

加,肝胰脏占体重的比例逐渐变小,但每克肝胰脏的蛋白质含量变化不大。这说明摄食不同饵料的对虾,体内物质代谢途径有变化。关于对虾在代谢水平上对饵料组成的适应有待进一步研究。

表 2 给出了蛋白酶比活力与淀粉酶比活力之比和饵料中蛋白质及淀粉含量之间的关系以及蛋白酶和淀粉酶对饵料组成的适应速度。实验的第 1 至 13 天,给 4 组虾 4 种不同的实验饵料(饵料组成详见表 3,从 1 号至 4 号饵料,蛋白质含量逐渐减少,淀粉含量逐渐增加),第 6 天和第 14 天分别取样测定酶活力。测定结果表明,蛋白酶比活力与淀粉酶

表 2 饵料组成对蛋白酶与淀粉酶比活力之比的影响以及蛋白酶和淀粉酶的适应速度¹⁾

活力比 天数	饵料编号			
	1	2	3	4
0	100			
6	175	166	115	—
14	213	190	—	77
22	160	172	172	160
30	171	155	129	75
平均	180	170	122	76

1) 实验材料为捕自胶州湾的对虾,平均体重 26g,平均体长 13cm;实验开始前一天测得的两酶活力比取作 100。

表 3 4 种饵料的组成及蛋白质淀粉含量

百分比 成分	饵料编号			
	1	2	3	4
鱼 粉	80	60	40	20
甘 薯 粉	10	30	50	70
豆 饼 粉	5	5	5	5
麦 麸	5	5	5	5
粗 蛋 白	45	36	27	17
淀 粉	7	15	23	31

比活力之比和饵料中的蛋白质及淀粉的含量有着相关关系,此比值基本上随对虾所摄食饵料中蛋白质含量的增加而增大,随淀粉含量的增加而减小,这种现象也可清楚地从表 1 中看到。表 1 还表明了导致这种现象的原因,即随对虾所摄食饵料中蛋白质含量的逐渐减少和淀粉含量的逐渐增加,蛋白酶比活力下降速度大于淀粉酶比活力下降速度。

为了观察蛋白酶与淀粉酶对饵料组成的适应速度,实验的第 14 至 21 天进行饵料转换,给 4 组虾都投喂 1 号饵料,第 22 天测得它们的蛋白酶与淀粉酶活力比十分接近。实验的第 22 至 29 天再次给 4 组虾 4 种不同的实验饵料,第 30 天测得的活力之比的变化趋势基本上和第 6 天及第 14 天的一致。这说明,对虾蛋白酶和淀粉酶比活力的大小与所摄

食的饵料组成密切有关;并且对饵料的改变适应迅速,在 5—8 天内即可观察到。

三、小 结

对虾的蛋白酶适应程度较高,能够适应全由鲜杂鱼和鱼粉组成的饵料。淀粉酶的适应程度较低,饵料中的甘薯粉含量不宜超过 20%,其最适量还有待于结合生长实验确定。

对虾的蛋白酶和淀粉酶对所摄食饵料的组成适应迅速,一周左右即可观察到。

参 考 文 献

- [1] 北京大学生物系生物化学教研室, 1979. 生物化学实验指导. 人民教育出版社, 36—39, 87—92 页。
- [2] Maugle, P. D., O. Deshimaru, T. Katayama and K. L. Simpson, 1983. The use of amylase supplements in shrimp diets. In 14th Annual Meeting of the World Mariculture Society (Ed. by James W. Avault, Jr.). Published by the Louisiana State University, Division of Continuing Education, pp. 25—37.
- [3] Kawai, S. (川合真一郎) and M. Yamada (池田静德), 1972. Studies on digestive enzymes of fishes—II. Effect of dietary change on the activities of digestive enzymes in cary intestine. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 38: 265—270.
- [4] Ben Abdeljlil A. and P. Desnuelle, 1964. Sur l'adaptation des enzymes exocrines du pancreas a la composition du regime. *Biochim. Biophys. Acta* 81: 136—149.
- [5] Van Wormhoudt, A., H. J. Ceccaldi and B. J. Martin, 1980. Adaptation de la teneur en enzymes digestives de l'hepatopancreas de *Palaemon serratus* (Crustacea, Decapod), a la composition d'aliments experimentaux. *Aquaculture* 21: 63—78.

STUDIES ON THE DIGESTIVE ENZYMES OF THE PRAWN *PENAEUS ORIENTALIS* II. THE ADAPTATION OF THE DIGESTIVE ENZYMES TO DIET COMPOSITION*

Yu Shukun

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

The activities of proteinase and amylase can be affected by and can respond to the diet the prawn fed in about 5—8 days. The ratio of specific activity of proteinase to that of amylase is directly proportional to the protein content and inversely proportional to the starch content in the diet.

The activities of proteinase and amylase of the prawn fed with a diet containing more protein and less starch (fresh fishes 20%, fish meal 80%) are greater than those of the prawn fed with diets containing less protein and more starch (sweet potato flour over 20%) when six diets were used with different fish meal and sweet potato flour ratio in the culture of the prawn.

* Contribution No. 1159 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.