

文章编号:1005-8737(2000)03-0033-04

蛋白能量比对中华绒螯蟹 蛋白酶活力和饲料消化率的影响

林仕梅¹, 罗 莉¹, 叶元士¹, 周继术¹, 薛 敏², 杨军科²

(1. 西南农业大学 水产系, 四川 重庆 400716; 2. 北京友谊配合饲料公司, 北京 100021)

摘 要:于1999年6~7月收集中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)粪便,用酸不溶灰分法测定中华绒螯蟹对饲料的消化率,同时测定其胃、肠、肝胰脏蛋白酶活力。结果表明,蛋白质能量比(P/E)28.93 mg/kJ水平对中华绒螯蟹胃、肝胰脏蛋白酶活力明显高于P/E 27.30 mg/kJ和30.31 mg/kJ 2个水平($P < 0.05$),3个P/E水平间肠蛋白酶活力没有明显差异($P > 0.05$)。P/E 28.93 mg/kJ水平饲料蛋白质、脂肪、能量和总表观消化率分别为82.57%、77.59%、83.94%和76.98%,均高于另2个水平,3个P/E水平间营养物质的表观消化率没有显著差异($P > 0.05$)。

关键词:中华绒螯蟹;蛋白能量比;蛋白酶;酶活力;表观消化率

中图分类号:S966.163.7

文献标识码:A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*, 俗称河蟹)是我国特有的一种经济甲壳动物,对于其消化能力的研究,有助于揭示甲壳类的营养生理特征。关于蛋白能量比(P/E)对中华绒螯蟹消化酶活力和饲料消化率影响的研究,尚未见报道。目前仅徐生俊等、潘鲁青等、陈立侨等、徐新章等和朱晓鸣等^[1~5]对其消化道酶活力、人工配合饲料以及天然饲料的选食性和消化率进行了研究。本试验在以营养物质表观沉积率、生长率为指标确定中华绒螯蟹配饵中适宜P/E的基础上^[6],进一步探讨蛋白能量比对其消化酶和饲料消化率的影响,以期对中华绒螯蟹的养殖与放养提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选用中华绒螯蟹蟹种,共108只,体重10.5~14.2 g/只,饲养于室内循环水族箱(1.0 m×0.5 m×0.5 m),

内置砖瓦块、竹筒等隐避物,人工搭设一食台。

1.2 试验饲料

以鱼粉、豆粕、面粉、次粉、麸皮为基础日粮原料配制而成。配方及营养水平见表1。

1.3 饲养管理

试验于1999年6~7月进行,设3个P/E水平,即27.30 mg/kJ(I);28.93 mg/kJ(II);30.31 mg/kJ(III),每水平3个重复,每箱12只蟹。实验期间,每天17:00投饵1次,日投饵量为体重的3%~5%。投饵后2 h开始收集粪便,用吸管将粪便吸至一小筛网中,选出包膜完整的放入称量瓶中烘干备用。收集28 d粪便后,测定其胃、肠、肝胰脏的蛋白酶活力。

1.4 测定方法

1.4.1 蛋白酶活力测定 同一P/E水平的3个平行各取雌、雄蟹1只,解剖取其胃、肠、肝胰脏,混合相同组织匀浆液。参照叶元士等^[7]对蛋白酶活力的测定及酶活力单位的规定方法进行。

1.4.2 消化率测定 同一P/E水平的3个平行实验箱的粪便混合,供分析用。饲料及粪便中的酸不

收稿日期:1999-11-01

作者简介:林仕梅(1970-),男,四川广元人,西南农业大学讲师,从事水产动物营养与饲料研究。

溶灰分含量(AI 灰分) 采用 4N-HCl 不溶灰分法测定;能值用 GR3500 型氧弹式热量计测定(长沙仪器

厂生产);蛋白质含量用凯氏定氮法测定;脂肪含量用索氏抽提法测定。

表 1 试验饲料配方及营养组成(风干物质)

Table 1 Composition and nutrient levels of test diets(air-dry matter)

成分 ¹⁾ Ingredients	I	II	III	成分 ¹⁾ Ingredients	I	II	III
鱼粉 Fish meal	27	35	44	粗蛋白 Crude protein	36.14	38.46	40.30
豆粕 Soybean meal	39	35	27	粗脂肪 Crude lipid	8.37	8.87	7.97
面粉 Wheat flour	10	10	10	粗灰分 Crude ash	25.80	27.57	27.23
次粉 Wheat middlins	5	5	5	总能 Gross energy(kJ/100 g)	1 323.67	1 329.24	1 334.81
麸皮 Wheat bran	10	6	5	P/E Protein/energy(mg/kJ)	27.30	28.93	30.31
菜油 Rapeseed oil	2	2	2	Ca	2.37	3.04	3.28
矿物质 Mineral premix	3	3	3	P	1.78	2.21	2.49
维生素 Vitamin premix	2	2	2	Ca/P	1.33:1	1.38:1	1.32:1
粘合剂 Adhesive	1	1	1	H ₂ O	10.10	9.47	9.67
其它 ²⁾ The others	1	1	1	酸不溶灰分 Acid insoluble ash	0.153 6	0.124 7	0.116 5

注:1)均为实测值 Observed value. 2)蜕皮素 Ecdyson、卵磷脂 Lecithin、胆固醇 Cholesterol.

1.4.3 计算方法

某组分消化率/% =

$$100 \times (1 - \frac{\text{饲料中酸不溶灰分含量} \times \text{粪中某组分的含量}}{\text{粪中酸不溶灰分含量} \times \text{饲料中某组分的含量}})$$

$$\text{总消化率}/\% = 100 \times (1 - \frac{\text{饲料中酸不溶灰分含量}}{\text{粪中酸不溶灰分含量}})$$

2 结果

2.1 中华绒螯蟹消化道的蛋白酶活力

试验结果表明,3个水平组中华绒螯蟹消化道蛋白酶活力表现出一种共同的变化模式(表2),即肝胰脏>胃>肠,差异极显著($P<0.01$)。3个水平组间,II组的胃、肝胰脏蛋白酶活力显著高于I、III组($P<0.05$)。而3个水平组的肠蛋白酶活力没有明显差异($P>0.05$)。

表 2 蟹胃、肠、肝胰脏的蛋白酶活力

Table 2 Activities of protease in gaster, intestine and hepatopancreas of mitten crab (mean $\pm$ SD)

组别 Group	胃 Gaster	肠 Intestine	肝胰脏 Hepatopancreas
I	186.04 $\pm$ 18.34	75.05 $\pm$ 8.62	635.64 $\pm$ 39.38
II	259.93 $\pm$ 23.69	89.40 $\pm$ 11.91	760.68 $\pm$ 46.25
III	202.47 $\pm$ 20.80	83.07 $\pm$ 7.57	681.30 $\pm$ 44.71

2.2 配合饲料的表现消化率

由表3可见,中华绒螯蟹对蛋白质、脂肪、能量的表现消化率以及总表现消化率在一定的P/E范围内,随着P/E增加而有升高趋势,超过这个范围

时,各组分的表现消化率开始下降。方差分析表明,3个水平组各组分的表现消化率没有明显差异($P>0.05$)。但各组分表现消化率又以II组最高。3个水平组的能量表现消化率总均值达到80%以上,蛋白质消化率也在80%以上。相比之下,以消化率为指标,体重10.5~14.2 g的中华绒螯蟹,其最佳P/E为28.93 mg/kJ(II组)。

表 3 配合饲料的表现消化率

Table 3 Apparent digestibilities in formulated diets

测定值 Observed value	I	II	III
粪含 AI 灰分量/% Faecal AI-ash content	0.871 4	0.862 3	0.714 2
粪蛋白量/% Faecal protein content	25.99	21.97	26.82
粪含脂量/% Faecal lipid content	7.36	8.46	7.83
粪能含量/(kJ·100g ⁻¹) Faecal energy content	644.56	618.72	676.12
蛋白质消化率/% Protein digestibility	87.32 78.59*	91.74 82.57*	89.14 80.23*
脂肪消化率/% Lipid digestibility	84.50 76.05	86.21 77.59	83.97 75.57
能量消化率/% Energy digestibility	91.42 82.28	93.27 83.94	91.74 82.57
总消化率/% Dry-matter digestibility	82.37 74.13	85.53 76.98	83.69 75.32

* 测定结果降低10%^[8]。Real values are reduced by 10%.

3 讨论

3.1 P/E对蟹蛋白酶活力的影响

消化酶活力高低决定着蟹对营养物质的消化吸收能力,从而决定蟹体生长速度。试验表明,投喂不同 P/E 水平的饲料蟹蛋白酶活力有明显变化。在一定 P/E 范围内,中华绒螯蟹胃、肠、肝胰脏蛋白酶活力较高,表明为其生长所需的适宜 P/E。由表 2 可见,Ⅱ组无论胃、肠还是肝胰脏其蛋白酶活力均比Ⅰ和Ⅲ组水平高。可见,经过 28 d 的饲养,由于饲料 P/E 水平的差异,造成酶的适应性生成现象十分明显。这与黄颡鱼、草鱼消化酶活力取决于所摄食饲料的观点一致^[9,10]。

从试验结果来看,P/E 对蟹胃、肝胰脏蛋白酶活力影响最大($P < 0.05$),而对肠蛋白酶活力没有明显影响($P > 0.05$)。并且胃、肝胰脏蛋白酶活力显著高于肠的($P < 0.01$)。这说明中华绒螯蟹快速生长阶段,胃、肝胰脏对营养物质主要起消化作用,而肠主要起吸收作用。P/E 这种对各组织器官蛋白酶活力影响的差异可能与所摄食饲料的消化程度有关,到达肠道食物因大部分被消化而对其消化酶的刺激分泌作用有所减弱。

据许荣荣等^[11]报道,中国对虾的消化酶对饵料中的营养物质有明显的适应性,这种特性可作为对虾饵料中各种营养物质消化吸收和利用的重要指标。本试验中发现,一定 P/E 的饲料对中华绒螯蟹消化酶有一定的诱导作用,通过饵料对消化酶活力影响的研究,可以选择适宜其营养需求(P/E)的饵料。同时,可根据饵料实验中消化道酶活力变化来检测饵料配方的合理性,为中华绒螯蟹高效、优质人工饵料的开发研制创立一种新的技术方法。

3.2 粪便收集法对消化率测定值的影响

鱼类粪便的收集有不同的方法^[12]。本文采用的立即虹吸法,在有关鱼类消化生理的研究中最常用。但由于粪便中有机物的溶解或水中细菌的分解作用,会造成对消化率的高估。Windell 等^[13]发现,粪便中有机物在水中的流失作用主要发生在鱼体排便后 4 h 之内,尤其在第 1 小时内损失量最大。与从肠道直接收集样品测定结果相比消化率高 10%,但 1 h 与 16 h 期间所测结果没有明显差异,因此将试验结果经过降低 10% 的校正便能真实反应鱼的消化生理状况。Brett 等^[14]提出的鱼类平均能量收支方程表明:肉食性鱼类的消化率平均为 80%。本文得到的中华绒螯蟹能量、蛋白质消化率的总平均值分别为 82.93% 和 80.46%,与该理论值相近。

我们根据中华绒螯蟹排粪习性,在投喂后 2 h

开始收集,每天收集 2 次,每次 1 h,使大多数粪便在水中浸泡的时间不超过 0.5 h。因此,本试验对消化率的高估误差值应当很小。通过校正(表 3),使所得结果更接近试验鱼真实的营养消化生理需要。

3.3 P/E 对蟹消化率的影响

日粮水平对消化率的作用存在正、负效应^[15~18]和无明显影响^[19]现象。由表 3 可看出,中华绒螯蟹对蛋白质、脂肪、能量以及总表观消化率在一定 P/E 范围内随 P/E 的增大呈上升趋势,在 28.93 mg/kJ P/E(Ⅲ组)时达到最高;而在最大水平(30.31 mg/kJ)时略有下降。Davies^[16]提出,鱼的消化率也存在一个最适日粮水平,在此条件下食物中能被吸收的可利用能量的比例最大,本实验结果支持这一结论。

P/E 水平Ⅱ组的蛋白质表观消化率比Ⅰ、Ⅲ组分别高 5.06% 和 2.92%。与对蛋白酶活力分析结果一致,这说明 P/E 对蟹蛋白质表观消化率的影响是通过蛋白酶活力的影响而实现的。

用公式: $\frac{\text{饲料蛋白质含量} \times \text{蛋白质表观消化率}}{\text{饲料总能含量} \times \text{能量表观消化率}}$ 可求出中华绒螯蟹可消化蛋白与可消化能(DP/DE)的最适比值为 28.46 mg/kJ。

Bromeley^[20]在对大菱鲆的研究中发现,饲料成分对能量的转化率没有影响,但对蛋白质转化率的影响却很明显。DP/DE 能更好的反映蛋白质与能量之间的动态关系,排除了蛋白质和能量在消化率上的差异,故而较 P/E 更为有效。本试验结果表明,以消化率为指标,体重 10.5~14.2 g 的中华绒螯蟹,最适 DP/DE 为 28.46 mg/kJ。

参考文献:

- [1] 徐生俊,严雷,吴纯.中华绒螯蟹胃、肠及肝、胰脏蛋白酶初探[J].水产科技情报,1993,20(5):196-199.
- [2] 潘鲁青,王克行.中华绒螯蟹幼体消化酶活力与氨基酸组成的研究[J].中国水产科学,1997,4(2):13-20.
- [3] 陈立侨,堵南山,赖伟.中华绒螯蟹对蛋白质和脂肪消化率的初步研究[J].水产养殖,1993,(6):15-18.
- [4] 徐新章,杨萍.河蟹消化生理的研究—蛋白质、氨基酸消化吸收率[J].江西水产科技,1991,(1):4-7.
- [5] 朱晓鸣,崔奕波,光寿红.中华绒螯蟹对三种天然饵料的适食性及消化率[J].水生生物学报,1997,21(1):94-96.
- [6] 林仕梅.中华绒螯蟹营养生理的研究 I.中华绒螯蟹配饵中适宜 P/E 的研究[A].中国水产学会学术年会论文集[C],北京:海洋出版社.2000.600-605.
- [7] 叶元土,张勇.鲤鱼肠道、肝胰脏蛋白酶活力研究[J].西南农业大学学报,1990,12(4):425-427.

- [8] Ellis R W. Estimation of crude protein, energy, and amino acid digestibilities in freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) and crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) with a fecal collection system[J]. Prog Fish Cult, 1987, 49:303-305.
- [9] 林仕梅, 罗莉, 叶元土, 等. 嘉陵江黄颡鱼人工养殖的初步研究[J]. 畜禽业, 1999, 110(6):65-67.
- [10] Das K M. Studies on digestive enzyme activities of fish *Ctenopharyngodon idella* [J]. Aquaculture, 1991, 92(1):21-30.
- [11] 许实荣, 张志强. 中国对虾营养研究[J]. 海洋科学, 1987, 11(4):34-37.
- [12] P Spyridakis, R Metaller, L Gabaudan, et al. Studies on nutrient digestibility in European sea-Bass (*Dicentrarchus labrax*) I. Methodological aspects concerning feces collection[J]. Aquaculture, 1989, 77:61-70.
- [13] Windell J T, Foltz J W, Sarokon J A. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies[J]. Prog Fish cult, 1978, 40:15-55.
- [14] Brett J R, Groves T D D. Physiological energetics[A]. Hoar, W S. Fish physiology, Vol. 8[R]. New York: Academic Press, 1979. 279-352.
- [15] Cui Y, Wootton R J. Bioenergetics of growth of a cyprinid, *Phoxinus phoxinus* the effect of ration, temperature and body size on food consumption, fecal production and nitrogenous excretion[J]. J Fish Biol, 1988, 33:431-443.
- [16] Davies P M C. Food input and energy extraction efficiency in *Carassius auratus* [J]. Nature(lond.), 1963, 198:707.
- [17] Elliott J M. Energy losses in the waste products of brown trout (*Salmo trutta* L) [J]. J Anim Ecol, 1976, 45:561-580.
- [18] Henken A M, Kleingeld D W, Jijissen P A T. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish, *Clarias fahaka* (Burchells 1982) [J]. Aquaculture, 1985, 51:1-11.
- [19] Kelso J R M. Conversion, maintenance, and assimilation for wall-eye *Stizostedion vitreum vitreum*, as affected by size, diet, and temperature[J]. J Fish Res Bd Bari, 1972, 29:1 181-1 192.
- [20] Bromley P J. Effects of dietary protein, lipid and energy and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L) [J]. Aquaculture, 1980, 19:359-369.

Effects of protein to energy ration on protease activities and apparent digestibility for *Eriocheir sinensis*

LIN Shi-mei¹, LUO Li¹, YE Yuan-tu¹, ZHOU Ji-shu¹, XUE Min², YANG Jun-ke²

(1. Department of Fisheries, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China;

2. Beijing Friendship Feed Company, Beijing 100021, China)

Abstract: The digestibilities of formulated diets were estimated by collecting the faeces of crab *Eriocheir sinensis* in laboratory. The results showed that at 28.93 mg/kJ P/E (protein-energy ratio) level the apparent digestibilities of protein, lipid, energy and dry matter were 82.57%, 77.59%, 83.94% and 76.98%, respectively, which were higher than those at 27.30 mg/kJ and 30.31 mg/kJ P/E obviously ($P < 0.01$), and reached the greatest at 28.93 mg/kJ P/E level. However, P/E values had no significant effects on the activity of protease in intestine ($P > 0.05$). So using the apparent digestibility as a target, the optimum DP/DE (digestible protein/digestible energy) is 28.93 mg/kJ.

Key words: *Eriocheir sinensis*; P/E; protease; enzymatic activity; apparent digestibility