

饲料组成对中国对虾肌肉组织中 胶原蛋白、肌原纤维和失水率的影响*

任泽林 李爱杰

(青岛海洋大学, 266003)

摘 要 用不同饲料喂养中国对虾, 结果表明, 饲料成分是影响肌肉组织中胶原蛋白含量、肌原纤维耐折断力和失水率大小的重要因素。鲜活饲料和维生素 C 能促进胶原蛋白的形成, 加强对虾运动, 也可提高肌肉组织中胶原蛋白的含量, 野生虾肌肉胶原蛋白的含量大于养殖虾。饲料成分对胶原蛋白含量的影响规律和对肌原纤维耐折断力的影响相同, 而对失水率的影响相反。肌原纤维耐折断力和失水率与胶原蛋白含量分别是正相关和负相关关系, 其回归直线分别为 $\bar{Y} = -5.67 + 30.66 X$ 和 $\bar{Y} = 67.36 - 159.68 X$ 。上述 3 者影响肌肉组织柔韧性, 即胶原蛋白含量越高, 肌原纤维耐折断力越好, 失水率越小, 肌肉组织的柔韧性越强。

关键词 中国对虾, 饲料组成, 胶原蛋白, 肌原纤维, 肌肉柔韧性, 失水率

中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 是一种经济价值和营养价值都很高的海产品。从工厂化育苗成功后, 对虾养殖业获得了巨大发展。但是养殖虾与野生虾比较, 不但个体小, 而且口感也次于野生虾, 这大大影响了养殖虾的经济价值。养殖虾与野生虾肌肉理化性质的差异主要是肌肉组织成分不同所引起。薛长湖等^[1]对养殖和野生两类对虾的尝味成分进行了分析比较, 发现两类对虾提取物中的氧化三甲胺和甜菜碱含量相差较大。胶原蛋白是一种重要的肌肉组织成分, 在维持肌肉结构、柔韧性、强度、肌肉质地和游泳能力方面起着重要作用^[3-5]。关于中国对虾胶原蛋白的研究, 除了 Minamisako 等^[6]研究了中国对虾胶原蛋白组成特征外, 未见其它报道。本试验用不同饲料进行试验, 目的在于探索饲料成分对中国对虾肌肉组织成分的影响, 以便达到改善养殖虾质量和提高经济效益的目的。

1 材料与方法

1.1 实验饲料

基础饲料见表 1, 1~10 组饲料组成见表 2。

将 1~9 组饲料按各自成分混匀制成颗粒, 于 50℃~60℃ 烘至水分 10% 以下, 以鲜蛤肉

收稿日期: 1997-02-17

* 高等学校博士学科点专项科研基金 8942303 资助项目。

为第 10 组,分别测定粗蛋白、粗脂肪含量(表 3)。

表 1 基础饲料组成

Table 1 Composition of the basal diets

%

原料名称 Ingredients	含量 Content	原料名称 Ingredients	含量 Content
鱼粉 Fish meal	26	豆油 Soybean oil	1
酵母 Yeast	10	鱼油 Fish oil	1
豆粕 Soybean dregs	10	混合维生素* Vitamins	0.5
花生粕 Peanut dregs	27	混合矿物质* Minerals	2
虾糠 Shrimp meal	6	褐藻胶 Algin	2
玉米粉 Corn starch	3	三十烷醇 Triacontanol	0.005
黄豆粉 Soybean meal	5	花粉 Flower meal	0.295
小麦粉 Wheat meal	3	柠檬酸 Citric acid	0.2
麸皮 Wheat bran	3		

* 参照[2]。

表 2 各组饲料成分

Table 2 Composition of the test diets

%

原料名称 Ingredients	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
基础饲料 Basal diet	98.795	98.795	97.39	89.60	90.00	87.90	85.90	83.90	98.795	
柠檬酸 Citric acid	0.2	0.2	0.2						0.2	投
胆固醇 Cholesterol	0.2	0.2	0.2						0.2	喂
三十烷醇 Triacontanol	0.005	0.005	0.005						0.005	鲜
花粉 Flower meal	0.3	0.3	0.3						0.3	蛤
卵磷脂 Lecithin	0.5	0.5	0.5						0.5	蛎
YS 活性物质		0.005	0.005			0.05	0.05	0.05		
YS active matter										
蛋氨酸 Met			0.63							
苏氨酸 Thr			0.25							
赖氨酸 Lys			0.52							
鱼皮胶* Fish skin dregs				10		10	10	10		
维生素 C Vitamin C				0.4		0.05	0.05	0.05		
维生素 B ₆ Vitamin B ₆				0.014						
肉骨粉 Flesh - bone meal					10					
KH ₂ PO ₄						2	4	6		

* 鱼皮胶以湿重计(Wet weight of fish skin dregs)

表 3 饲料中粗蛋白、粗脂肪含量

Table 3 Crude protein and fat content of the test diets

%

组别 Diets	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
粗蛋白 Crude protein	41.50	41.54	45.67	40.95	31.56	44.40	43.75	41.65	41.50	41.59
粗脂肪 Crude fat	7.54	7.56	6.31	8.16	5.61	10.55	9.59	7.05	7.54	6.68

1.2 实验用虾及网箱

野生虾取自太平角养殖场,体长为 14~17cm,体重 65~100g。养殖对虾取自青岛市黄

岛养殖场, 平均体长和体重分别为 7.14cm 和 5.14g。网箱规格为 100cm×55cm×95cm, 聚乙烯网网眼为 20 目, 设置 10 个网箱。

1.3 饲养方法

对虾运回后, 于水泥池暂养 2d, 挑选健康活泼, 大小近似的虾随机分置于网箱中, 每箱放虾 30 尾, 投喂量为虾重的 6%, 每 d 8:00 和 15:00 各投喂 1 次。投喂前换水, 换水量为 80%。全天充气, 水温为 21~26℃, 饲养 45d。第 10 组每次投喂碎鲜蛤蜊 200g(带壳), 第 9 组于换水后搅动 45min, 迫使虾运动, 然后投喂。

1.4 实验方法

1.4.1 粗蛋白 用凯氏半微量定氮法测定。

1.4.2 粗脂肪 用索氏提取法测定。

1.4.3 胶原蛋白测定^[2,5] 称取 3~6g 对虾肌肉组织置于匀浆器中, 加 10 倍体积的蒸馏水, 充分匀浆 2min, 移至离心管中, 在 10 000r/min 转速下离心 20min, 弃去上清液。再加入 20 倍体积的 0.1mol/L NaOH 溶液, 搅拌过夜, 在 10 000r/min 转速下离心 20min, 弃去上清液, 如此重复 2 次。之后加入 10 倍体积的 0.5mol/L 冰醋酸, 搅拌过夜, 于 10 000r/min 转速下离心 20min, 重复 1 次, 将上述清液合并作为可溶性胶原蛋白提取液。沉淀中加入 5 倍体积蒸馏水放入高压灭菌锅内, 在 120℃ 条件下加热 1h, 然后在 10 000r/min 转速下离心 20min, 上清液作为不溶性胶原蛋白提取液。分离的可溶性和不可溶性胶原蛋白分别用 Folin-酚试剂法测定其蛋白质含量。

1.4.4 肌原纤维耐折断力测定 称取对虾肌肉组织 1g, 加入 200ml A 液*, 匀浆 15s(12 000r/min), 取样于显微镜下观察照相, 并测定肌原纤维长度, 显微镜放大倍数为 400, 扩印

倍数为 3.7, 计算公式为:
$$L = \frac{\sum L_i}{A \times B \times n} \times 10$$

式中 L 为肌原纤维平均长度(mm); L_i 为每次所测定肌原纤维长度(cm); A 为显微镜放大倍数; B 为扩印倍数; n 为测定次数($n=30$)。根据肌原纤维的长度来判定其耐折断力强弱, 肌原纤维越长, 其耐折断力越强。

1.4.5 对虾肌肉在蒸煮过程中失水率的测定 将冷冻对虾剥皮取肉, 虾肉每 5 个一组, 称重 W_0 , 而后放于沸腾水中煮 5min, 捞出冷却, 吸去虾肉表面水分, 称重为 W , 失水率为:

$$\frac{W_0 - W}{W_0} \times 100\%, \text{ 重复 3 次, 计算平均失水率。}$$

2 结果与讨论

各组对虾的各项测定结果见表 4。

2.1 饲料成分对中国对虾胶原蛋白含量的影响

由表 4 可见, 养殖对虾以第 10 组胶原蛋白的含量最高, 为 0.27%, 其次为 9、8、6、4 组。野生虾胶原蛋白含量高于养殖对虾, 为 0.29%。方差分析表明, 野生虾与养殖对虾各组胶原蛋白含量差异显著($P<0.05$)。测得的对虾肌肉组织中可溶性胶原蛋白含量甚微, 是因为实验用对虾在 -20℃ 条件下存放了 90d, 可溶性胶原蛋白被分解, 故含量甚少^[5]。

* A 液组成: 称取 KCl 14.90g, EDTA-2Na 3.44g 和硼酸(Boric acid) 4.78g, 用蒸馏水溶至 2L, pH7.0。

表 4 各组对虾的胶原蛋白含量、肌原纤维长度和失水率

Table 4 Collagen content, myofibril length and loss of water of wild and farmed *P. chinensis*

项目 Item	组别 Group										野生虾 Wild prawn
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
可溶性胶原蛋白(湿重)/%	tr [*]	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Soluble collagen											
不溶性胶原蛋白(湿重)/%	0.24 ^d	0.24 ^d	0.24 ^d	0.25 ^c	0.22 ^c	0.25 ^c	0.24 ^d	0.25 ^c	0.25 ^c	0.27 ^b	0.29 ^a
Insoluble collagen											
肌原纤维长度/(10 ⁻² mm)	0.93	1.39	0.95	1.47	1.26	2.05	1.82	1.86	2.26	2.51	3.78
Myofibril length											
失水率/%	34.42	33.35	30.76	31.52	29.38	26.84	32.07	25.34	23.54	22.25	21.19
Loss of water											

* tr:微量 Trace

第 10 组对虾投喂鲜蛤蜊,其胶原蛋白含量较高。4、6 和 8 组饲料中分别额外加入 0.4%、0.05% 和 0.05% 的维生素 C,这 3 组虾肌肉中胶原蛋白含量较高,皆为 0.25%,可见鲜蛤蜊和维生素 C 可促进胶原蛋白的形成。蛤肉蛋白含量高,氨基酸组成全面,比例适宜,易被对虾吸收和利用形成体蛋白,因而提高了胶原蛋白的含量。维生素 C 是胶原蛋白形成过程中的辅助因子,它参与机体的羟基化反应,使脯氨酸和赖氨酸转变为构成胶原蛋白的羟脯氨酸和羟赖氨酸,从而促进了胶原蛋白的形成^[6]。第 7 组饲料也添加 0.05% 维生素 C,但胶原蛋白含量低于 4、6 和 8 组,可能是试验误差所致。第 9 组对虾与第 1 组对虾投喂相同饲料,但第 9 组对虾在模拟野生虾生态环境中生长,故第 9 组对虾胶原蛋白含量高于第 1 组,可见运动有助于胶原蛋白的形成。野生虾胶原蛋白高于养殖对虾,除饲料因素外,还与野生虾生活环境有关,野生虾运动量大,要求有较强韧性的肌肉与之相适应^[6]。

以上表明,饲料成分是影响胶原蛋白形成的重要因素,运动也促进胶原蛋白的形成。

2.2 肌原纤维耐折断力分析

肌原纤维在机械击打下,如不易折断,则其耐折断力强;如经不起击打而断裂成较短纤维,则其耐折断力弱。野生虾及各组试验对虾经处理后其肌原纤维长度测定值见表 4。

比较而言,野生虾肌原纤维明显长于各组养殖对虾。肌原纤维越长,说明不易被折断,耐折断力强。野生虾肌原纤维耐折断力优于养殖虾,养殖对虾又以第 10 组对虾肌原纤维耐折断力最强。综合表 4 试验结果,作者发现肌原纤维耐折断力与肌肉内胶原蛋白含量呈线性相关关系,其回归直线为 $\hat{Y} = -5.67 + 30.66X$,经相关性检验,线性关系高度显著($\alpha = 0.01$)。胶原蛋白分布于形成肌原纤维被膜的结缔组织中,胶原蛋白含量越高,肌原纤维被膜韧性越强,从而肌原纤维耐折断力越强。Sató 等^[2]研究鲤鱼(*Cyprinus carpio*)发现,胶原蛋白对肌原纤维耐折断力、肌肉结构、强度和质地起重要作用,这与本实验结果一致。

2.3 肌肉失水率的分析

试验虾与野生虾失水率见表 4,野生虾失水率低于养殖对虾,养殖对虾又以第 10 组最低,其次为 8、6 组。分析表明对虾失水率与胶原蛋白含量亦呈线性关系,其回归直线为 $\hat{Y} = 67.36 - 159.68X$,相关性检验高度显著($\alpha = 0.01$)。随着胶原蛋白含量增加,失水率减小,可见胶原蛋白含量与失水率密切相关,其机理有待于进一步探讨。

参 考 文 献

- [1] 薛长湖, 陈修白. 养殖和海捕中国对虾尝味成分的分析比较. 青岛海洋大学学报, 1991, 21(3): 91~100
- [2] 任泽林, 李爱杰, 薛长湖. 中国对虾对必需脂肪酸的营养需求. 青岛海洋大学学报, 1994, 24(1): 24~32
- [3] Sato, K., Yoshinaka, R., Sato, M. et al. Collagen content in the muscle of fishes with their swimming movement and meat texture. Nippon Suisan Gakkaishi, 1986, 52: 1595~1600
- [4] Sato, K., Yoshinaka, R., Sato, M., et al. Isolation of native acid soluble collagen from fish muscle. Nippon Suisan Gakkaishi, 1987, 53(8): 1431~1436
- [5] Yoshinaka, R., Sato, K., Itoh, Y., et al. Content and partial characterization of collagen in crustacean muscle. Comp. Biochem. Physiol., 1989, 94B(1): 219~223
- [6] Minamisako, K., Kimura, S. Characterization of muscle collagen from fleshy prawn *Penaeus chinensis*. Comp. Biochem. Physiol., 1989, 94B(2): 349~353
- [7] Sato, K., Yoshinaka, R., Sato, M., et al. A simplified method for determining collagen in fish muscle. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 1986, 52(5): 889~893
- [8] Sato, M., Kondo, T., Yoshinaka, R., et al. Effect of dietary ascorbic acid levels on collagen formation in rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 1982, 48(4): 553~556

Influence of dietary composition on the collagen content, the myofibrillae and the water loss in muscle tissue of prawn

Ren Zelin Li Aijie

(Ocean University of Qingdao, 266003)

Abstract The feeding experiment for prawn (*Penaeus chinensis*) was done with different diets. The result indicates that the components in diets have important influences on the collagen content, the break - resisting force of myofibril and water loss. Fresh diets and ascorbic acid can promote the forming of collagen and increase the movement of prawn and the collagen content in muscle tissues. The collagen content of wild prawn is higher than that of farmed prawn. The law of influence of dietary components on the collagen content is the same as that on the break - resisting force of myofibril, and is opposite to that on the water loss. There are linear correlations between the break - resisting force of myofibril and the collagen content, and between the water loss and collagen content. Their regression lines are $\hat{Y} = -5.67 + 30.66X$ and $\hat{Y} = 67.36 - 159.68X$, respectively. The three factors above affect the flexibility of the muscle tissue, which means that the flexibility of the muscle tissue is better when the collagen content is higher, the break - resisting force of myofibril is larger and the water loss is lower.

Key words *Penaeus chinensis*, Dietary composition, Collagen, Myofibril, Muscle flexibility, Water loss