

481-487

# 不同剂型维生素C对中国对虾的营养研究

S968.226

李爱杰 雷清新 任泽林\* 徐玮

(食品工程系)

**摘要** 研究不同剂型维生素C对中国对虾生长及其含量的影响,结果表明:增重率以维生素C磷酸酯镁和维生素C硫酸酯钾为最好,其次为多聚磷酸酯,结晶维生素C最差,分别较对照组增重14.7%、11.4%、8.9%及2.7%;存活率以维生素C多聚磷酸酯为最佳,其他剂型的维生素C的存活率皆相差不大。不同剂型维生素C在对虾组织中以游离态维生素C和磷酸酯形式存在,其在肝胰脏中的含量大于在肌肉中的含量。在肝胰脏中的含量以维生素C多聚磷酸酯组为最多,较结晶维生素C及对照组分别多42.59及93.17 $\mu\text{g/g}$ 湿重;在肌肉中的含量以维生素C硫酸酯组为最多,较结晶维生素C及对照组多41.56及49.55 $\mu\text{g/g}$ 湿重。

**关键词** 中国对虾;生长影响;维生素C剂型;维生素C多聚磷酸酯;维生素C硫酸酯;维生素C磷酸酯镁 中图法分类号 R151.2

维生素C在细胞氧化、胶原蛋白的形成、铁离子由血浆到组织器官中的转运、机体免疫、抗体形成中起着重要的作用,对虾饲料中缺乏维生素C时,则生长缓慢,壳软,蜕壳频率降低,蜕壳周期延长,鳃混浊,产生黑死病,严重者死亡。因此,维生素C是对虾饲料中不可缺少的一种维生素。

结晶维生素C易受光、热、氧、湿气等的影响而遭破坏,在饲料加工和贮藏中效价明显下降。为使其效价稳定,不被破坏,学者们采取了两种措施,一是在结晶维生素C外面包膜,如硅酮包膜,油脂包膜、纤维素包膜等,二是在维生素C分子中将易氧化的第二碳上酯化,形成衍生物,使之具有良好的稳定性和生物活性。维生素C的酯化衍生物目前在国内市场销售的有:维生素C多聚磷酸酯(L-Ascorbyl-2-polyphosphate,商品名Stay-C)、维生素C硫酸酯钾(Potassium ascorbyl-2-phosphate,商品名Astos)、维生素C磷酸酯镁(Magnesium ascorbyl-2-phosphate)。这三种衍生物和结晶维生素C在各种条件下的稳定性比较,雷清新等作了较详细的研究<sup>[1]</sup>,本文是研究在实验室饲养条件下这三种衍生物和结晶维生素C对中国对虾生长的影响,其结果可供生产者选用稳定型维生素C的参考。

## 1 材料与方方法

### 1.1 材料来源

\* 任泽林,现任职中国农业科学院饲料研究所  
收稿日期:1995-05-15; 修订日期:1995-09-28

- 1、结晶维生素 C 为上海第二制药厂生产,以 AA 表示。
- 2、维生素 C 硫酸酯钾,含维生素 C48%,为美国 Pfizer Co. 产品,以 AS 表示。
- 3、维生素 C 多聚磷酸酯,含维生素 C15%,为瑞士 Roche Co. 产品,以 APP(R)表示。
- 4、维生素 C 多聚磷酸酯,含维生素 C12.8%,为中国农科院饲料研究所产品,以 APP(F)表示。

5、维生素 C 磷酸酯镁,含维生素 C46%,为江西黎明制药厂产品,以 APM 表示。

1.2 试验饲料 基础饲料组成见表 1。在基础饲料中分别加入 AA、AS、APP(R)、APP(F)、APM,制成试验饲料。不同剂型维生素 C 的添加量是以结晶维生素 C 在饲料中添加 200mg/kg 饲料为基准,其他皆按其维生素 C 的含量换算,其添加量分别为:(1)对照组,即基础饲料,不含维生素 C;(2)AA:200mg/kg;(3)APP(R):1333mg/kg;(4)APP(F):1562mg/kg;(5)AS:417mg/kg;(6)APM:435mg/kg。

表 1 基础饲料组成

Table 1 The composition of basic diet

组 分 Ingredient	含 量(%) Content(%)	组 分 Ingredient	含 量(%) Content(%)
鱼 粉 Fish meal	23	全麦粉 Whole wheat flour	6
酵 母 Yeast	8	麸 皮 Wheat bran	5.2
虾 糠 Shrimp powder	7	豆 油 Soybean oil	1
花生粕 Peanut meal	28	鱼 油 Fish oil	1
大豆粉 Soybean flour	5	混合矿物质 <sup>[2]</sup> Mineral premix	3.3
豆 粕 Soybean meal	10	混合维生素 <sup>[2]</sup> Vitamin premix (不含维生素 C)	1
褐藻胶 Algin	1.5		

1.3 试验用虾和网箱 试验用虾为中国对虾 *Penaeus chinensis*,取自即墨田横乡养殖场,平均体重为 1.52~2.02g。网箱规格为 100cm×44cm×95cm,水体 0.42m<sup>3</sup>。聚乙烯网网眼为 20 目。每组设 3 平行。

1.4 试验方法 对虾运回来后,于水泥池暂养 4d,挑选健康活泼,大小近似的虾随机分置于网箱中,每箱放虾 50 尾。分箱后暂养 5d,然后正式投喂,投饵量为虾重的 6%,每日 08:00 和 15:00 时各投喂一次。投喂前换水,换水量为 80%。发现死虾和残饵及时捞出,并隔一天洗刷池壁、池底及网箱一次,除去污物。全天充气,饲养 50d(自 1993 年 7 月 20 日至 9 月 10 日)。收虾,称重,计算增重率及存活率。饲养期间水温为 21~26℃,pH8.16~8.34,DO6~8ml/L,盐度为 30~32,NH<sub>3</sub>-N<0.2mg/L。

1.5 V. 测定方法

1.5.1 待测对虾肌肉组织前处理 将待测对虾样以滤纸将水吸干,去皮,取肌肉组织5g,于研钵中剪碎,加20ml 1%偏磷酸研磨,抽提,15~20min后,追加20ml 1%偏磷酸,再稍研磨,然后放置20min,再加入5%三氯乙酸25ml,沉淀蛋白,离心3500rpm×10min,分出上清液,将下部沉淀再加10ml 1%偏磷酸,搅拌,进一步抽提。3500rpm×10min,离心,合并上清液,以1%偏磷酸定容到25ml。

1.5.2 待测对虾肝胰脏前处理 将待测对虾样肝胰脏取出,称重3~5g,将肝胰脏加10ml 1%偏磷酸于研钵中研磨,静置15~20min,所得均浆液以小烧杯转入60ml小分液漏斗中,加入20ml乙醚,振荡,然后静置,分为三层。分出下层水相,然后再分出中间层,将上层乙醚层倒入乙醚回收瓶,分出的中间层3500rpm离心10min,将上清液倒出与分出的下层水合并,重新倒入60ml小分液漏斗中,静置分层,最后将漏斗中下层水分出,于25ml容量瓶中以1%偏磷酸定容。

1.5.3 对虾肌肉及肝胰脏中游离V<sub>c</sub>的测定 将对虾肌肉及肝胰脏前处理提取液经0.22μm微孔膜过滤,上样测定。

1.5.4 对虾肌肉及肝胰脏中总V<sub>c</sub>含量及结合态V<sub>c</sub>的测定 将前处理所得提取液,加pH4.8醋酸钠缓冲液1ml,加由此缓冲液配制的酸性磷酸酯酶溶液1ml,37℃恒温水浴保持4~6h,水解液经0.22μm微孔膜过滤,上样测定,即为总的Vit. C含量,扣除1.5.3中所测游离Vit. C量,即为结合态Vit. C含量。

1.5.5 检测仪器及检测条件 测定使用日立655-61型高压液相色谱仪(HPLC),参照Wang等<sup>[3]</sup>及Augustin等<sup>[4]</sup>所用方法进行。检测条件为:流速1.5ml/min;进样量25μl;检测波长254nm,温度恒定20℃;流动相0.2M NaAc,0.68nM EDTA,1.2nM n-octylamine。乙酸调pH为5.0。

## 2 实验结果

2.1 不同剂型维生素C对中国对虾生长的影响 试验结果见表2。从表2可见,稳定型维生素C比结晶维生素C促进生长的效果好,添加结晶维生素C的其生长效果较不加维生素C的对照组好。在稳定型维生素C中,促生长效果以AS及APM为最佳,其平均增重率分别为101.22%及101.48%,两者极为近似,但与其他组则差异显著。如以结晶维生素C为100,则AS及APM分别为111.3%及111.6%,即AS及APM比不稳定的AA多增重11.3%和11.6%,比不加维生素C的对照组多增重14.4%及14.7%(见表3)。

从平均存活率看,各稳定型维生素C及结晶维生素C皆比不加维生素C的对照组存活率高,分别高4.7~35.9%不等。这说明维生素C有提高对虾抗病能力的作用。在各稳定型维生素C中,其存活率以APP(R)为最好,其次为APP(F),再其次为AS和APM。但后三者的存活率相差不大,而和APP(R)相比,差异显著。在本试验中,对虾的存活率受到各种因素的影响,特别是1993年发生对虾病毒病,因此对虾可能有的带有病毒,有的不带病毒,这自然会影响到存活率的准确性,但尽管如此,仍可看出其规律性。存活率可以作为比较的参考指标。

表 2 不同剂型维生素 C 对中国对虾生长的影响  
Table 2 Effect of various vitamin C on the weight gain  
and survival rate of prawn, *Penaeus chinensis*

组 别 No. of groups		平均初重 Mean initial weight(g)	平均终重 Mean final weight(g)	平均增重率 Mean weight gain rate(%)	放 虾 数 Initial number	收 虾 数 Final number	平均存活率 Mean survival rate(%)
对 照 Control	101	2.02	3.90	88.50	50	20	42.67
	102	1.52	2.78		50	27	
	103	1.91	3.62		50	17	
AA	201	1.90	3.73	90.92	50	20	46.67
	202	1.95	3.42		50	25	
	203	1.91	3.84		50	25	
APP(R)	301	2.11	3.74	94.18	50	25	58
	302	1.96	3.83		50	32	
	303	1.82	3.82		50	30	
APP(F)	401	2.01	4.79	96.34	50	19	48
	402	2.10	3.10		50	29	
	403	1.94	3.94		50	24	
AS	501	2.09	3.76	101.22	50	19	46.67
	502	2.02	3.71		50	29	
	503	2.12	5.09		50	22	
APM	601	1.76	3.75	101.48	50	20	44.67
	602	2.00	3.85		50	26	
	603	1.77	3.52		50	21	

表 3 稳定型 V<sub>c</sub> 与对照组及结晶 V<sub>c</sub> 的相对增重率比较  
Table 3 Comparison of stay form V<sub>c</sub> to control and crystalline V<sub>c</sub>

	以对照为 100 的相对增重率(%) Weight gain rate relative to the control group	以结晶 V <sub>c</sub> 为 100 的相对增重率(%) Weight gain rate relative to AA
对 照 Control	100	97.3
AA	102.7	100
APP(R)	106.4	103.6
APP(F)	108.9	106.0
AS	114.4	111.3
APM	114.7	111.6

2.2 不同剂型维生素 C 在中国对虾组织中的存在形式及含量 动物体内都存在营养“库”，摄入的营养物除用于代谢外，多余的即贮存在体内。贮存机构主要为肝(胰)脏、肌肉中也有贮存。表 4 为以各种剂型的 V<sub>c</sub> 饲喂中国对虾后在对虾体内 V<sub>c</sub> 的存在形式及含量。

从表 4 可得出以下几点:

(1)肝胰脏中的  $V_c$  含量皆大于肌肉中的含量,这说明肝胰脏是虾体内营养物的主要贮存库;

(2)无论在肝胰脏还是肌肉内,结晶  $V_c$  的含量大于不加  $V_c$  的对照组,这说明对虾体内  $V_c$  的含量与饲料中的  $V_c$  含量有关。含量不足,则会影响对虾的正常代谢反应,从而影响对虾的生长;

(3)从不同形态的  $V_c$  在体内的含量比较来看,在肝胰脏中 APP(R)的  $V_c$  含量大于结晶  $V_c$ 、APP(F)及 AS 略低于结晶  $V_c$ ,与之接近,APM 则比结晶  $V_c$  低约  $25\mu\text{g/g}$ ;在肌肉中除 APM 略高于结晶  $V_c$  外,其他在肌肉中的含量皆比结晶  $V_c$  大得多,以 AS 的含量最多;

(4)维生素 C 在组织中的含量多少与维生素 C 对对虾生长的影响具有一定的相关性,这从徐志昌等<sup>[7]</sup>对不同浓度的维生素 C 多聚磷酸酯对中国对虾组织中维生素 C 含量的影响研究中可以看出。本实验所用维生素 C 源为不同剂型,大致可看出维生素 C 在组织中的含量对对虾生长的相关关系,如对照组较添加维生素 C 的各组在组织中含量低,其生长也差,但各剂型维生素 C 之间却不存在规律性,如 AS 在组织中的含量较多,其增重率也高,但增重率最高的 APM 组,其在组织中的含量却并非最高,可见在不同剂型的维生素 C 之间,对对虾生长的影响不存在线性相关关系。

表 4 不同剂型维生素 C 在对虾组织中的存在形式及含量

Table 4 The storing forms and contents of various forms of vitamin C in shrimp's tissues

组别 Group	虾尾数 Shrimp number	肌肉组织( $\mu\text{g/g}$ 湿重) Muscle( $\mu\text{g/g}$ wet weight)			虾尾数 Shrimp number	肝胰脏( $\mu\text{g/g}$ 湿重) Hepatopancreas( $\mu\text{g/g}$ wet weight)		
		水解后总 $V_c$ 量 Total $V_c$ after hydrolysis	游离 $V_c$ Free $V_c$	维生素 C 磷酸酯 Vit. C phosphate		水解后总 $V_c$ 量 Total $V_c$ after hydrolysis	游离 $V_c$ Free $V_c$	维生素 C 磷酸酯 Vit. C phosphate
AA	11	58.62	12.78	45.84	17	112.25	58.84	53.41
APP(R)	3	79.75	25.89	53.86	3	154.84	107.90	46.94
APP(F)	7	85.87	1.02	84.85	15	111.56	60.72	50.84
AS	8	100.18	3.04	97.14	15	108.85	71.81	37.04
APM	8	66.09	16.73	49.36	17	87.52	49.25	38.27
对照组 Control	7	50.63	9.04	41.59	13	61.67	33.71	27.96

### 3 讨论

3.1 关于维生素 C 硫酸酯的生物利用度 关于维生素 C 硫酸酯的生物利用度,历来是有争议的,Tucker 和 Halver 报告了维生素 C 硫酸酯(AS)是鲑鳟鱼体维生素 C 的主要储备物质,可被转化成 AA 以备组织之需,并因为 AS 稳定,可被吸收,而建议在饲养中添加 AS<sup>[5]</sup>;Sato 等报道,在饲料中添加 210mg/kg 的 AS 足够维护虹鳟的正常生长<sup>[5]</sup>;但 Dabrowski 和 Kock 发现,只有少许饲料 AS 被消化道吸收,其余绝大多数都随粪便排出体外,用添加量高达 1084mg/kg 的 AS 喂养虹鳟,也不能维持鱼体内正常维生素 C 的水平,因此,Dabrowski 得出结论认为,AS 作为维生素 C 的生物利用度极低<sup>[5]</sup>。本实验结果可以看出,维生素 C 硫酸酯作为对虾维生素 C 的来源,其生物利用度是高的,其增重率大于维生素 C 多聚磷酸酯,而与维生素 C 磷酸酯镁相当;其在肝胰脏及肌肉中的含量(水解后总 V<sub>c</sub>量)也是比较高的,这和 Dabrowski 的结论不同。

3.2 关于 V<sub>c</sub> 硫酸酯的贮存形式 表 4 中水解是指以磷酸酯水解 V<sub>c</sub> 磷酸酯而得到 V<sub>c</sub>。从表 4 可见,不同剂型的维生素 C 在组织中都主要是以磷酸酯形式贮存,在本实验中未检出硫酸酯,这说明:一种情况是在组织中不存在 V<sub>c</sub> 硫酸酯,而另一种情况是在组织中含有痕量,超过液相色谱仪所能检出的限度,而未能检出,这两种情况都有可能存在。X. Y. Wang & P. A. Seig<sup>[3]</sup>, K. Dabrowski 等<sup>[6]</sup>报道,在组织中以 V<sub>c</sub> 硫酸酯的形式存在量很低。X. Y. Wang 等<sup>[3]</sup>的研究认为,如以比色法测定 V<sub>c</sub> 硫酸酯在体内的含量,可导致较大的误差,其含量比液相色谱法要大若干倍,因此以比色法测定,就会导致误认为在体内有较多的 V<sub>c</sub> 硫酸酯存在;AS 是一种硫酸酯,但在肝胰脏及肌肉组织中却检出 V<sub>c</sub> 磷酸酯,而且含量还比较高。我们认为,AS 在消化道被吸收后进入肝脏,除一部分以游离 V<sub>c</sub> 存在外,还转化为 V<sub>c</sub> 磷酸酯,并主要以此形式贮存备用。

### 参考文献

- [1] L. Qingxin, L. Aijie, X. Wei & R. Zelin. Comparative studies on the stability of various forms of vitamin C. J. of Fisheries Science of China, 1995, 2(3): 87-93.
- [2] 刘铁斌, 李爱杰, 张加萌. 中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 维生素营养的研究—X, 中国对虾对肌醇、氯化胆碱营养的研究. 青岛海洋大学学报, 1993, 23(4): 67-75.
- [3] Wang, X. Y. & Seib, P. A., Liquid chromatographic determination of a combined form of L-ascorbic acid (L-ascorbate-2-sulfate) in fish tissue by release of L-ascorbic acid, Aquaculture, 1990, 87: 65-84.
- [4] Augustin, J., Bech, C. & Marousek, G. J., Quantitative determination of ascorbic acid in potatoes and potato products by HPLC. J. Food Sci., 1981, 46: 312-313.
- [5] Guo, F. C., A review on the controversial bioavailability of ascorbyl sulfate (as), Roche Aquaculture centre Far East, Bangkok, Thailand, 1994, pp. 1-8.
- [6] Dabrowski, K., N. El-Fiky, G. Kock, M. Frigg and W. Wiesser. Requirement and utilization of ascorbic acid and ascorbic sulfate in juvenile rainbow trout. Aquaculture, 1990, 91: 317-337.
- [7] 徐志昌, 刘铁斌, 雷清新, 李爱杰, 中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 维生素营养的研究—V, 中国对虾维生素 C 营养. 青岛海洋大学学报, 1994, 24(3): 364-372.

## STUDIES ON THE NUTRITION OF VARIOUS FORMS OF VITAMIN C FOR PRAWN *PENAEUS CHINENSIS*

Li Aijie Lei Qingxin Ren Zelin Xu Wei  
(Food Engineering Department)

### Abstract

The research is on the influences of various forms of vitamin C on the growth of *Penaeus chinensis*. Judging from the weight gain rate, the results indicate that Magnesium ascorbyl-2-phosphate and Potassium ascorbyl-2-sulfate are the best, then L-Ascorbyl-2-polyphosphate, and the last is crystalline vitamin C, and, compared with the control group, the increases in weight gain rate (%) are 14.7, 11.4, 8.9, and 2.7 respectively. L-Ascorbyl-2-polyphosphate is the best for the survival rate of *Penaeus chinensis*. There is not any significant difference in the survival rates among the other groups. There are two forms of vitamin C in shrimp tissues: free vitamin C and ascorbyl phosphate. The contents of vitamin C in the hepatopancreas are higher than those in the muscle. The contents of vitamin C in the hepatopancreas of the L-Ascorbyl-2-polyphosphate group are the highest and are 96.00 and 121.13 ( $\mu\text{g/g}$  wet weight) higher than that of the crystalline vitamin C group and the control group respectively. The contents of vitamin C in muscle tissues of the ascorbyl-2-sulfate group are the highest and are 41.56 and 49.55 ( $\mu\text{g/g}$  wet weight) higher than that of the crystalline vitamin C group and the control group respectively.

**Key words:** *Penaeus chinensis*; growth; vitamin C; L-ascorbyl-2-polyphosphate; potassium ascorbyl-2-sulfate; magnesium ascorbyl-2-phosphate