

饲料与饲养试验

33-36

维生素 C 对中国对虾的营养和免疫作用及其最适剂型

S 966.12

青岛海洋大学水产学院(266003) 李爱杰

S 963.731

摘要 论述了维生素 C 对中国对虾的营养作用,对对虾蜕壳的影响,以及对对虾维生素 C 的缺乏症;LAPP 对中国对虾缺氧耐受力及免疫抵抗力的影响;各类维生素 C 产品在不同条件下的稳定性;不同剂型维生素 C 对中国对虾生长的影响。

关键词 中国对虾 维生素 C 营养 免疫作用 最适剂型 饲料
中图分类号 S 816.79; S 966.11

Effect of Vitamin C on Nutrition and Immunity of *Penaeus Chinensis* and Its Optimum Form

ABSTRACT The effect of vitamin C on nutrition and immunity of the *Penaeus chinensis* and its optimum form were stated. These related to: effect of vitamin C on nutrition, exuviation and vitamin C deficiency of the prawn; influence of L-ascorbyl-2-polyphosphate (LAPP) on prawn's tolerance of oxygen deficiency and immunological resistance; comparison of stability of different forms of vitamin C under different conditions; influence of different forms of vitamin C on prawn's growth.

KEYWORDS *Penaeus chinensis* vitamin C nutrition immunity optimum form

1 维生素 C 对中国对虾的营养作用及其缺乏症

1.1 维生素 C 对中国对虾的营养作用

维生素 C 又名抗坏血酸,为六碳的多羟基内酯,具有酸性和强还原性,由于其具有强还原性,所以极易被氧化剂破坏。

维生素 C 在体内的生理功能极为广泛,其功能有:(1)维生素 C 是合成胶原和粘多糖等细胞间质的必需物质,对于骨骼组织(结缔组织、骨、软骨等)正常功能的维持,都是必需的。(2)抗坏血酸容易氧化为脱氢抗坏血酸,通过还原作用,脱氢抗坏血酸,又能逆转为抗坏血酸,这表明维生素 C 在细胞氧化过程中,可能参与氧化还原系统。(3)维生素 C 能使体内氧化型谷胱甘肽转变为还原型谷胱甘肽,从而起到保护酶的活性 SH 基,解除重金属毒性的作用。(4)维生素 C 参与体内其他代谢反应,如参与叶酸转变为四氢叶酸、酪氨酸代谢及肾上腺皮质激素合成。(5)维生素 C 对于身体防御机能,如白细胞的吞噬作用、抗体的形成等也有促进作用。

1.2 维生素 C 对对虾蜕壳的影响

对虾在生长过程中需不断的进行蜕壳,每蜕壳一次即随之长大一些,不蜕壳则不长。在正常情况下,其蜕壳次数与饲料中营养成分是否完善有关,当营养不足时,则蜕壳率降低,蜕壳周期延长,其生长

也差。徐志昌等^[1]研究认为,维生素 C 即具有促蜕壳作用,在饲料中含量适宜时,蜕壳频率增加,其生长加快,但维生素 C 添加过多,其蜕壳频率及生长率都会下降,其蜕壳情况参见表 1。

表 1 维生素 C 对对虾蜕壳频率及蜕壳周期的影响

维生素 C(LAPP15%) %	0	0.2	0.4	0.8
蜕壳频率*	1.12	1.37	1.99	1.48
蜕壳周期(d)	10~11	9~10	7~8	8~9

* 蜕壳频率按 $P = \sum_{i=1}^n (\frac{b}{a})^i$ 计算^[2],式中, P—蜕壳频率; i—日期; a—每一个桶中存活虾数; b—每天蜕壳虾数目。

关于维生素 C 对对虾蜕壳频率的影响,Guary 等^[3]对日本对虾的研究认为,饲料中维生素 C 缺乏,不足或过多,都会使对虾蜕壳频率降低。Lightner^[4]也发现饲料中维生素 C 不足,对虾蜕壳次数会减少。

1.3 维生素 C 对虾缺乏症

对虾在缺乏维生素 C 时,可发生黑斑病,并在 24~72 h 内死亡^[5]。此症状是外壳下层、腹部、鳃、甚至肠之结缔组织会发生黑色素化病变。对虾蜕壳频率降低,蜕壳周期延长,虾壳松软,鳃混浊,死亡率高。虾壳硬化是由一种外壳蛋白与苯醌的交联作用。苯醌是由酪氨酸酶催化,氧化苯酚产生,此过程需有维生素 C 参与。由此可见,为了防止对虾发生

黑斑病、红病, 虾壳松软, 使虾壳硬化正常, 提高存活率, 在饲料中添加适量的维生素 C 是必不可少的。

2 维生素 C 多聚磷酸酯(LAPP)对中国对虾缺氧耐受力及免疫抵抗力的影响

2.1 饲料中 LAPP 对中国对虾缺氧耐受力的影响

王伟庆等^[6]在 70 cm × 80 cm × 100 cm 玻璃桶中, 放入中国对虾 14 尾, 实验采取通气换水方式, 在投喂 2 周后, 停止充气 12 h, 测其死亡率, 观察 LAPP 对对虾的缺氧耐受力。其结果见表 2。

表 2 停止充气 12 h 后对虾耐缺氧情况

15% LAPP 含量/%	0	0.2	0.4	0.8	1.6
开始尾数	14	14	14	14	14
死亡尾数	5	5	6	3	1
死亡率/%	35.7	35.7	42.9	21.4	7.1
平均死亡率/%	35.7	32.2	40.7	21.4	7.1
各桶氧含量/mg·L ⁻¹	3.2	3.1	3.4	3.2	3.2

由此可见, 在一定含氧量范围且基本一致的情况下, 各组死亡率以 0% 组最高, 以 1.6% 组最低, 从低到高依次为 1.6% < 0.4% < 0.8% < 0.2% < 0; 且 1.6% 及 0.4% 组所剩之虾较 0% 组及 0.2% 组之虾活泼得多, 由此可见, 在饲料中添加 LAPP 可以提高对虾的耐缺氧能力, 延长其存活时间, 且随着饲料中 LAPP 浓度的升高, 其存活率也逐渐提高, 这说明饲料中添加 LAPP 能够提高中国对虾的缺氧耐受力。

2.2 LAPP 对中国对虾杀菌活力的影响

2.2.1 LAPP 对中国对虾的免疫抵抗力的影响

实验结果见表 3。

表 3 LAPP 对中国对虾血清的杀菌活力

组别	副溶血弧菌	溶藻弧菌
VC/mg·(100 g) ⁻¹	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. alginolyticus</i>
C ₀ 0	0.085 ± 0.013	0.154 ± 0.014
C ₁ 100	0.248 ± 0.027	0.187 ± 0.021
C ₂ 200	0.160 ± 0.014	0.150 ± 0.016
C ₃ 400	0.112 ± 0.010	0.142 ± 0.019
C ₄ 800	0.095 ± 0.013	0.134 ± 0.011
C ₅ 1200	0.084 ± 0.011	0.139 ± 0.014

从表 3 可以看出, 各组对虾血清以副溶血弧菌为底物的杀菌活力以 C₁ 组最高, 且 C₁ 组较其他各组差异皆极显著, C₂ 组次之, 与其他组的差异也极显著; C₃ 组比 C₀、C₄、C₅ 组高, 与 C₀、C₅ 组比较差异显著; 而 C₄、C₅、C₀ 各组间无显著差异, 这说明 C₁、C₂、C₃ 三组饲料添加 VC 能增强对虾血清对副溶血弧菌的杀菌活力, 而过量或不足, 都不利于杀菌活力

的提高。对溶藻弧菌为底物的杀菌活力除了 C₁ 组杀菌活力最高外, 其他各组间的差异均不显著。C₁ 组的杀菌活力最高, 这与以副溶血弧菌为底物的杀菌活力一致。由此可见, 一定量的 VC 能够提高中国对虾血清的杀菌活力。

2.2.2 饲料中 LAPP 对中国对虾吞噬作用的影响

实验结果如表 4。

表 4 LAPP 对中国对虾吞噬百分率的影响^[6]

15% LAPP 含量/%	0	0.2	0.4	0.8
吞噬百分率/%	3.5	7.8	8.8	10.13
平均吞噬百分率/%	4	7.5	8	11.5

由表 4 可见, 在饲料中添加 LAPP 增强了对虾血细胞对金黄色葡萄球菌的吞噬作用及对虾的免疫抵抗力, 且随着饲料 LAPP 浓度的升高, 其吞噬百分率升高, 吞噬作用越强。

L. J. Hardie 等^[8]证明, 虹鳟在体内注射维生素 C 后, 淋巴细胞增生明显高于未注射的各组, 并且巨细胞活化因子(MAF)的分泌也比饲料中维生素 C 少的一组要高的多。本实验结果表明维生素 C 对中国对虾的细胞免疫也是有影响的。

3 各类维生素 C 产品稳定性的比较

Lei 等^[9]研究了不同维生素 C 在不同情况下的稳定性, 现简要叙述如下:

3.1 对热稳定性

取 VC-多聚磷酸酯、VC 磷酸酯镁及结晶维生素 C 各 20 g 置烘箱中, 在鼓风条件下, 分别在 100℃ 加热 2.6, 12 和 24 h, 测其 VC 含量之变化, 结果如表 5。

表 5 加热对不同形态 VC 稳定性的影响(% 残留)

时间/h	2	6	12	24
VC-多聚磷酸酯	89.28	88.04	78.98	57.81
VC-磷酸酯镁	78.44	67.56	65.63	55.44
VC-硫酸酯钾	99.80	98.04	97.66	76.52
结晶 VC	60.28	53.71	42.05	37.63

在受热条件下, 维生素 C 被破坏, 随着加热时间增加, 破坏程度逐渐加大。VC 多聚磷酸酯略优于 VC 磷酸酯镁, VC 硫酸酯钾耐热性最好, 结晶 VC 耐热性最差。

3.2 加工方法对不同形态 VC 稳定性的影响

将试验样品分别加入饲料原料中, 混匀, 使 VC 的含量为 200 mg/kg, 取一部分饲料并测定其 VC 含量, 用手摇制粒机成型, 成型饲料分别于 60℃ 烘

干(24 h)和在露天下晒干(30 ℃, 6 h), 使饲料含水量在12%以下, 饲料中VC含量测定值见表6。

表6 加工方法对不同形态VC含量的影响(%残留)

名称	成形前	烘干后含量	晒干后含量
VC-多聚磷酸酯	100	88.70	52.89
VC-磷酸酯镁	100	94.44	35.87
VC-硫酸酯钾	100	88.62	59.19
结晶VC	100	76.19	43.91

从表6可见, 饲料加工后经烘干, 结晶VC的1/4被破坏, VC-多聚磷酸酯和VC-硫酸酯钾被破坏12%, 而VC-磷酸酯镁具有抗热性, 仅被破坏6%; 经晒干的饲料, 结晶VC被破坏56%, VC-多聚磷酸酯及VC-硫酸酯钾被破坏47%及41%, 而VC-磷酸酯镁受破坏严重, 约达64%。

3.3 贮存时间对饲料中不同形态维生素C含量的影响

将烘干之颗粒饲料分别称取200 g放于薄膜塑料袋中, 袋口扎紧, 在室温(18~25℃)下贮存30 d、60 d和90 d, 分别测定VC含量, 结果见表7。

表7 贮存时间对饲料中不同形态VC含量之影响(%残留)

贮存日期	30	60	90
VC-多聚磷酸酯	100	69.81	64.14
VC-磷酸酯镁	54.79	29.72	27.98
VC-硫酸酯钾	90.21	48.17	48.00
结晶VC	60.46	25.20	7.19

从表7可见, 贮存时间越长, 结晶维生素C在饲料中的效价越低, 并最不耐贮藏。在各稳定型维生素C中, VC-磷酸酯镁最不耐贮存, VC-硫酸酯钾贮存3个月与2个月其破坏程度几乎完全相同, 被破坏52%。只有VC-多聚磷酸酯较耐贮存, 贮存1个月效价不变。

3.4 不同形态维生素C在海水中浸泡对其含量的影响

将不同形态维生素C分别制成配饵, 取10 g放入200 ml海水中于20 ℃浸泡5、60及120 min, 分析其维生素C含量。结果如表8。

表8 不同形态维生素C在海水中浸泡对其含量的影响(%残留)

浸泡时间/min	0	5	60	120
VC-多聚磷酸酯	100	61.96	49.38	41.66
VC-磷酸酯镁	100	75.52	53.49	38.11
VC-硫酸酯钾	100	67.37	34.67	31.63
维生素C	100	7.76	6.78	4.25

维生素C易溶于水, 因此在海水中浸泡大量析出, 浸泡120 min则失去95%以上。稳定型维生素

C在海水中浸泡120 min损失58%~68%。

3.5 不同形态VC与维生素或混合无机盐共存时对稳定性的影响

将不同形态的维生素C分别按1/10的量添加到混合维生素及混合无机盐中, 在称量瓶中避光于室温下(18~25℃)贮存30 d和60 d, 测定其VC含量, 结果见表9。

表9 不同形态VC与混合维生素及混合无机盐共存时的稳定性(%残留)

样品	添加混合维生素		添加混合无机盐	
	30 d	60 d	30 d	60 d
VC-多聚磷酸酯	92.22	88.74	100	91.90
VC-磷酸酯镁	54.48	36.19	100	87.68
VC-硫酸酯钾	100	84.69	100	96.08
结晶VC	100	79.51	75.05	71.15

由表9可见, 结晶VC与混合维生素共存时, 前30 d未有变化, 但在第60 d时, 被破坏20%以上, 其他稳定型维生素C在前30 d, 除VC-硫酸酯钾未发生变化外, 都有所破坏, 特别是VC-磷酸酯镁破坏较多。至第60 d时, VC-三聚磷酸酯及VC-硫酸酯钾仍破坏较少, 而VC-磷酸酯镁则被破坏达64%。与混合无机盐共存时, 贮存30 d, 结晶VC被破坏25%, 而其他皆未破坏, 至60 d时, 结晶VC被破坏达29%, 而其他被破坏在4%~12%之间, 以VC-磷酸酯镁破坏较多。

4 不同剂型维生素C对中国对虾生长的影响

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, 一般采取两种措施, 一是在结晶维生素C外面包膜, 如硅酮包膜, 油脂包膜等; 二是在维生素C分子中将易氧化的第二碳原子上酯化, 形成衍生物, 使之具有良好的稳定性和生物活性, 如维生素C-多聚磷酸酯, 维生素C-硫酸酯钾以及维生素C-磷酸酯镁, 下面将就其养虾效果进行比较。

4.1 不同剂型维生素C对中国对虾生长的影响

4.1.1 以LAPP与包膜VC作比较

LAPP为瑞士罗氏公司生产的VC-多聚磷酸酯, 含量15%; 包膜VC为日本武田公司生产, 含量92%。VC的添加量一致, 皆为600 mg/kg。实验在青岛海洋大学养殖试验场进行, 虾池规格100 cm ×

55 cm × 95 cm, 池间以聚乙烯纱网相隔。对虾入池后停饲暂养 1 d, 翌日开始投喂试验饲料, 饲养 30 d, 实验结果列入表 10。

表 10 不同剂型维生素 C 对比实验结果*

组别	添加量 mg/kg	平均初重 g	平均终重 g	增重率 %	平均增重率 %
对照	11	0	2.395	4.065	69.7
	12	0	2.355	3.713	57.7
包膜 VC	21	653	2.325	3.931	69.1
	22	653	2.455	4.131	68.3
LAPP	31	4 000	2.265	4.194	85.2
	32	4 000	2.390	4.031	68.7

* 李爱杰、刘铁斌, 1994。不同剂型维生素 C 对比试验。

由表 10 可见, 作为对虾生长的一项重要指标, 增重率以 LAPP 组最好, 明显高于对照组, 其次为包膜 VC。两种 VC 产品对中国对虾生长的影响以 LAPP 为最佳, 能较大地促进对虾体重的增长。

4.1.2 以几种维生素 C 的酯化衍生物进行比较 试验结果见表 11^[10]。

表 11 不同剂型维生素 C 对中国对虾生长的影响

组别	平均初重	平均终重	平均增 重率/%	放虾数	收虾数	平均存 活率/%
对照	101	2.02	3.09	50	20	
	102	1.52	2.78	88.50	50	27
	103	1.91	3.62		50	17
结晶 VC	201	1.90	3.73		50	20
	202	1.95	3.42	90.92	50	25
	203	1.91	3.84		50	25
VC 多聚 磷酸酯	301	2.11	3.74		50	25
	302	1.96	3.83	94.18	50	32
	303	1.82	3.82		50	30
VC 硫 酸酯钾	401	2.09	3.76		50	19
	402	2.02	3.71	101.22	50	29
	403	2.12	5.09		50	24
VC 磷 酸酯镁	501	1.76	3.75		50	20
	502	2.00	3.85	101.48	50	26
	503	1.77	3.52		50	21

从表 11 可知, 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 的其生长效果比不加维生素 C 的对照组好, 在稳定型维生素 C 中, 以 VC 磷酸酯镁和 VC—硫酸酯较好, 平均增重率较高, 而 VC—多聚磷酸酯较差, 但其平均存活率却最高。

4.2 不同剂型维生素 C 对中国对虾生长的影响

张淑华等^[11]于山东省文登市小观养虾场进行生产性试验, 全场共约 86 ha 虾池, 按常规养殖方法

进行管理, 所得结果见表 12 所示。

表 12 不同剂型维生素 C 对中国对虾生长的影响

组别	池号	面积 ha	放苗量 万尾	公顷产量 kg	相对增 产率 %	成活率 %
对照组	1~12	50.67	383.6	418.5	100	52.0
结晶 VC	16	5.15	39.1	439.5	104.8	53.4
VC—多聚磷酸酯	17	4.00	29.8	471.0	112.4	54.7
VC—硫酸酯钾	14	6.97	51.8	495.0	118.5	56.3
VC—磷酸酯镁	15	6.0	45.3	453.0	108.2	54.3

从表中所列可以看出, 添加 VC 的各组均比不加 VC 的好, 而不同形态的 VC 饲喂对虾均优于结晶 VC。其顺序为: VC—硫酸酯钾 > VC—多聚磷酸酯 > VC—磷酸酯镁 > 结晶 VC > 对照组。VC—硫酸酯钾与 VC—多聚磷酸酯较对照组分别增产 18.5% 与 12.4%。

从两次实验看, 促生长效果最好的是 VC—硫酸酯钾, VC—多聚磷酸酯及 VC—磷酸酯镁次之。但 VC—多聚磷酸酯和 VC—磷酸酯镁在室内试验和大池试验所得结果不同, 室内试验 VC—磷酸酯镁优于 VC—多聚磷酸酯, 而大池试验则相反。

参考文献

- 徐志昌、刘铁斌等. 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
- 庄健隆等. 鱼虾类维生素及矿物质需求. 台湾养猪科学研究所出版, 1987, 166
- Guay M Kanazawa, et al. Nutritional requirement of prawn-VI. Requirements for ascorbic acid. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ 15/6, 25: 53~57
- Lightner D V, B Hunter, et al. Ascorbic acid: Nutritional requirement and role in wound repair in penaeid shrimp. Proc. World Maricult. Soc. 1979, 10: 513~528
- Magarelli P C. Jr B Hunter, et al. Black death: An ascorbic deficiency disease in penaeid shrimp. Comp. Biochem. Physiol. 63A: 103~108
- 王伟庆、李爱杰. LAPP 对中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 生长、缺氧耐受力及免疫抵抗力的影响. 海洋湖沼通报, 1997, 1: 42~49
- Hardie I. J, Marsden M J, et al. In vitro addition of vitamin C affects rainbow trout lymphocyte responses. Fish & Shellfish Immunology, 1993, 3: 207~219
- Lei Qingxin, Li Aujie et al. Comparative studies on the stability of various forms of vitamin C. Jour of Fishery Sciences of China. 1995, 2(3): 42~48
- 李爱杰、雷清新等. 不同剂型维生素 C 对中国对虾的营养研究. 青岛海洋大学学报 1995, 25(4): 482~487
- 张淑华、徐明启等. 病免与不同剂型维生素 C 对中国对虾生长影响与防病治病试验. 齐鲁渔业 1994, 11(1): 22~24

(收稿日期: 1997-11-11)