

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)幼蟹 饲料中胆固醇的适宜添加量研究*

韩 涛^{1,2} 王骥腾¹ 胡水鑫¹ 李新宇¹
李荣华² 母昌考² 王春琳²

(1. 浙江海洋学院水产学院 舟山 316022; 2. 宁波大学海洋学院 宁波 315211)

摘要 采用单因素实验设计方法,以初始体重为 20g 左右的三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)幼蟹为实验对象,胆固醇添加量为 0.003%、0.3339%、0.655%、0.986%、1.303%和 1.628%的实验饲料投喂 8 周,研究其胆固醇需求量。结果表明,饲料中添加 0.003%—1.628%胆固醇对各处理组的存活率无显著性影响($P>0.05$)。随饲料胆固醇水平的上升,三疣梭子蟹幼蟹的增重率呈先上升后下降的趋势,当饲料胆固醇水平 0.655%时,三疣梭子蟹幼蟹的增重率呈下降趋势。折线模型表明,饲料中胆固醇添加量为 0.6%时,三疣梭子蟹幼蟹的增重率、性腺指数和壳宽增加达到最高值。根据增重率折线模型结果,作者认为三疣梭子蟹幼蟹饲料中添加 0.6%左右胆固醇较为适宜。

关键词 三疣梭子蟹;胆固醇;折线模型;需要量

中图分类号 S963

胆固醇是各种海水甲壳类动物所必需的营养素(Teshima, 1997; Hernández *et al*, 2004; Holme *et al*, 2006),它是许多重要生理活性物质的前体,例如性激素,蜕皮激素,肾上腺素,胆汁酸和 VD(Akiyama *et al*, 1992; Sheen *et al*, 1994),甲壳动物自身体内缺乏合成胆固醇的能力,必须从外源性食物中获得(Teshima *et al*, 1971)。甲壳动物能将食物中的胆固醇转化为固醇类蜕皮激素(Harrison, 1990)。饲料中胆固醇的缺乏会引起甲壳动物的“蜕壳死亡综合症”(Conklin *et al*, 1980)的发生。

对甲壳动物胆固醇需要量的研究已有较多报道,如红螯光壳蟹(Hernández *et al*, 2004)、锦绣龙虾(Irvin *et al*, 2010)、斑节对虾幼体(Briggs *et al*, 1988)、

斑节对虾幼虾(Chen, 1993)、凡纳滨对虾幼虾(Gong *et al*, 2000)、中国对虾(Thongrod *et al*, 1998)、美洲螯龙虾(Kean *et al*, 1985)、锯缘青蟹幼蟹(Sheen, 2000)和锯缘青蟹大眼幼体(Holme *et al*, 2006)都已有研究报道。三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)是世界上养殖规模最大的海洋经济蟹类之一(郑萍萍等, 2010),也是中国沿海地区重要的海水捕捞和海水养殖种类之一(王冲等, 2010)。2011 年养殖产量 91050 吨(农业部渔业局, 2011),但有关三疣梭子蟹幼蟹胆固醇需要量的研究尚未见报道。鉴于此,本次实验探讨三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)幼蟹饲料中胆固醇的适宜添加量,以期生产三疣梭子蟹配合饲料提供数据参考和科学依据。

* 浙江省教育厅科研计划项目, Y201225349 号; 浙江省水产育种专项, 2012C12907-3 号; 浙江省海水养殖重点科技创新团队项目, 2010R50025-08 号; 国家星火计划项目, 2013GA701041 号, 2013GA701002 号; 浙江省科技厅公益性技术应用研究项目, 2013C32037 号, 2013C31032 号; 浙江省海洋与渔业局海洋经济和渔业新兴产业补助项目, 2011 年; 舟山市科学技术局一般海洋类项目, 2013C41007 号; 宁波市海洋蟹类产业科技创新团队项目, 2011B81003 号; 宁波市重大科技攻关计划项目, 2013C11017 号; 王宽诚基金资助。韩涛, 博士研究生, 讲师, E-mail: goodhantao@gmail.com

通讯作者: 王春琳, 教授, E-mail: wangchunlin@nbu.edu.cn

收稿日期: 2012-03-25, 收修改稿日期: 2012-06-03

1 材料与amp;方法

1.1 实验饲料制作

本实验设计了 6 种等能等氮饲料, 6 个胆固醇水平, 饲料组设为 CH1—CH6 组。饲料组成及营养成分见表 1。以脱脂白鱼粉作为蛋白源, 鱼油和豆油(2 : 1)作为脂肪源, 玉米淀粉作为糖源。所有原料粉碎后过 60 目筛, 各种原料在混合机中充分混合 15min, 微量添加成分采取逐级扩大法混合均匀, 最后添加油源和蒸馏水, 再次混合后, 用双螺杆挤条机制成颗粒饲料, 50℃条件下烘干 24h 后放入-20℃冰箱待用。

1.2 养殖管理

养殖实验在浙江海洋与水产研究所浙江省海洋增养殖重点实验室进行。实验所用幼蟹来自该所育苗场, 使用暂养饲料喂养 2 周。实验开始前, 挑选健康、规格一致的梭子蟹放入圆形塑料筐(底部直径 30cm, 高 40cm)中进行单独养殖, 以避免残杀, 所有养殖塑料筐均放置在一个水泥池中。放养幼蟹均重 20g 左右, 每个处理 18 只蟹, 每种饲料重复 3 组。

养殖实验持续 8 周。每天投喂 2 次(6:00 和 18:00), 投饵量为体重的 8%左右, 每 2 周称重一次, 调整投喂量。每天记录死亡和蜕壳的情况。实验期间, 每天换去 15%的池水, 水温 26—29℃, 水中溶氧>7mg/L, pH 6.9—7.2, 盐度 26—29, 自然光照。整个过程没有出现水质和病害问题。

1.3 样品采集和分析方法

实验开始前, 禁食 24h, 取 12 只蟹冷冻保存在-75℃超低温冰箱中用以分析初始蟹体成分。实验开始前和养殖结束后, 对养殖筐中的梭子蟹进行计数、称重和测量壳宽、壳长和壳厚。养殖结束后, 每个平行随机抽取 2 只蟹用于全蟹体成分分析, 另取 2 只测量分别取出性腺和肝胰腺以计算性腺指数和肝胰腺指数。

1.4 计算公式

增重率(Weight gain)、特定生长率(Specific growth rate)、饲料转化率(Feed conversion ratio)、成活率(Survival)、肝胰腺指数(Hepatopancreas index)、性腺指数(Gland index)、壳长增加(Carapace length gain)、壳宽增加(Carapace width gain)和壳高增加(Carapace height gain)用以下公式求得:

增重率 WG(%) = 100 × (终末均重 - 初始均重)/初始均重;

成活率 SR(%) = 100 × 终末只数/初始只数;

特定生长率 SGR(%) = 100 × (ln 终末体质量 - ln 初始体质量)/实验天数;

饲料转化率(FCR) = 摄入干饲料的量/(终末体质量 - 初始体质量);

性腺指数(GSI) = 100 × 性腺重量/体重;

肝胰腺指数(HI) = 100 × 肝胰腺重量/体重;

壳长增加(CLG) = 100 × (终末壳长 - 初始壳长)/初始壳长;

壳宽增加(CWG) = 100 × (终末壳宽 - 初始壳宽)/初始壳宽;

壳高增加(CHG) = 100 × (终末壳高 - 初始壳高)/初始壳高;

使用国际标准方法分析饲料样品和全蟹的营养成分, 包括粗蛋白、粗脂肪、水分、灰分。水分含量用烘箱 105℃常压干燥法烘至恒重; 粗蛋白含量的测定用微量凯氏定氮法(K-355/K438, BUCHI, Swiss), 总脂肪含量采用索氏抽提法测定(E-816, BUCHI, Swiss), 提取有机试剂为石油醚; 灰分含量用 550℃马福炉高温灼烧法测定。胆固醇测定采用南京建成科技有限公司胆固醇(CHO)测试盒。

1.5 数据分析

实验数据表示为平均值 ± 标准差, 采用 SPSS 11.5(SPSS, IL, USA)软件对数据进行统计学分析, 先对数据作单因素方差分析, 若有显著差异再进行 Duncan's 多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

由表 2 可知, 本次实验的存活率为 83%—100%, 饲料处理对三疣梭子蟹幼蟹的存活率影响不显著($P > 0.05$)。饲料中不同胆固醇水平显著影响着三疣梭子蟹生长, CH3 组的增重率最高, 显著高于 CH6 组, CH1—CH5 组之间无显著性差异, 但饲料处理对特定生长率无显著性差异。CH3 组的饲料转化率最低, 显著低于 CH5 组的饲料转化率, 其余各组与 CH3 组和 CH5 组之间无显著性差异存在。饲料处理显著影响着肝胰腺指数和性腺指数, CH5 组的肝胰腺指数最高, 显著高于 CH2 组, 其余各组之间无显著性差异。CH1 组性腺指数显著低于 CH3 组和 CH5 组, 但其余各组之间无显著性差异存在。由图 1 所示, 折线回归模型分析三疣梭子蟹幼蟹最适胆固醇需要量 0.6%, 回归方程 $Y = 27.578X + 381.78$ 和 $Y = -80.637X + 446.72$ 。折线点为 0.60, 饲料中添加 0.6%胆固醇时, 三疣梭子蟹幼蟹获得最高的增重率。

表1 实验饲料配方组成
Tab.1 Composition of experimental diets

基础配方	实验饲料组					
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6
脱脂鱼粉	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
鱼油	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
豆油	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
玉米淀粉	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
牛磺酸	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
胆固醇	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50
胆碱	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
褐藻酸钠	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
维生素 ¹⁾	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
矿物盐 ²⁾	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
磷酸二氢钙	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
纤维素	2.00	1.70	1.40	1.10	0.80	0.50
%	100	100	100	100	100	100
营养成分(%干重)						
水分	8.44	8.31	8.18	8.35	8.12	7.99
蛋白质含量	48.98	50.06	48.29	48.13	48.12	50.28
脂肪含量	7.78	8.07	8.25	8.65	8.98	9.28
灰分含量	14.11	14.40	13.89	14.40	14.59	14.11
胆固醇含量	0.003	0.339	0.655	0.986	1.303	1.628

1) 维生素添加量(%): 硫胺素 B₁ 0.5; 核黄素 0.8; 烟酰胺 2.6; 生物素 0.1; 泛酸钙 1.5; 维生素 B₆ 0.3; 叶酸 0.5; 肌醇 18.1; 维生素 C 12.1; 维生素 K₃ 0.2; 对氨基苯甲酸 3.0; 维生素 B₁₂ 0.1; 维生素 A 2.5; 维生素 D₃ 2.5; 维生素 E 5; 纤维素 50.2

2) 矿物盐(g/kg mixture): 磷酸二氢钙 122.87; 乳酸钙 474.22; 磷酸二氢钠 42.03; 硫酸钾 163.83; 硫酸亚铁 10.78; 柠檬酸铁 38.26; 硫酸镁 44.19; 硫酸锌 4.74; 硫酸锰 0.33; 硫酸铜 0.22; 氯化钴 0.43; 碘酸钾 0.02; 氯化钠 32.33; 氯化钾 65.75

由表3可知, 饲料不同胆固醇水平显著影响着三疣梭子蟹壳长, 壳宽和壳高的增加($P < 0.05$)。CH5组

壳宽的增加值最低, 显著低于CH2、CH3和CH4组。CH5组壳长的增加值最低, 并显著低于CH3组, 但其余各组与它们之间无显著性差异存在。CH3组壳高的增加值最高, 显著高于CH6组, 但与其余各组之间无显著性差异($P > 0.05$)。

由表4可知, 饲料中不同水平胆固醇显著影响着三疣梭子蟹的水分含量和灰分含量($P < 0.05$), CH5组的水分含量最高, 显著高于CH2和CH6组, CH1和CH4组之间无显著性差异($P > 0.05$)。CH5组灰分含量最低, CH1组的灰分含量最高。而饲料处理对三疣梭子蟹蟹体的粗蛋白和粗脂肪含量无显著性影响($P > 0.05$)。

3 讨论

一般认为, 在甲壳动物研究中养殖存活率超过80%被认为是较好的实验结果。本次实验中的养殖存活率在83.33%—100%之间。实验结果未受到存活率的影响。本实验中, 三疣梭子蟹幼蟹的生长受饲料处理显著影响。饲料0.655%胆固醇水平组获得最大增重率, 虽然和对照组“零”胆固醇水平组无显著性差异, 但增重高于对照组, 而日本对虾实验中无胆固醇组的生长表现最差(Ishikawa *et al*, 1997)。甲壳动物生长一个重要指标是增重率, 在预计不影响动物成分组成增益时, 增重指标是一个可靠的指标(Lovell, 1989)。本次实验中, 随着饲料胆固醇水平的上升, 三疣梭子蟹增重呈先上升后下降的趋势。当饲料胆固醇添加超过0.655%时, 三疣梭子蟹幼蟹增重开始呈下降趋势, 胆固醇组饲料中1.628%胆固醇水平组增重率最低。这与红螯螯虾幼虾(Hernández *et al*, 2004)、大眼期锯缘青蟹(Holme *et al*, 2006)、锯缘青蟹幼蟹

表2 饲料不同胆固醇添加量对三疣梭子蟹幼蟹生长和利用的影响

Tab.2 Response of swimming crab juveniles to various levels of cholesterol supplementation on growth performance and feed utilization

指标	实验饲料组					
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6
起始体重(g)	20.53 ± 0.67	20.85 ± 0.84	20.88 ± 0.35	20.79 ± 0.13	20.10 ± 2.70	20.79 ± 0.12
终末体重(g)	100.78 ± 5.26	99.83 ± 7.68	104.70 ± 7.95	94.13 ± 8.47	90.10 ± 17.68	88.01 ± 11.07
增重率(%)	386.65 ± 11.31 ^{ab}	381.23 ± 34.77 ^{ab}	404.92 ± 33.51 ^b	353.32 ± 42.84 ^{ab}	334.43 ± 50.37 ^{ab}	324.37 ± 52.16 ^a
特定生长率(SGR)	2.87 ± 0.05	2.82 ± 0.16	2.92 ± 0.15	2.70 ± 0.22	2.59 ± 0.23	2.57 ± 0.25
饲料转化率	1.49 ± 0.13 ^{ab}	1.49 ± 0.26 ^{ab}	1.17 ± 0.19 ^a	1.53 ± 0.34 ^{ab}	1.91 ± 0.41 ^b	1.67 ± 0.34 ^{ab}
存活率(%)	94.44 ± 9.62	88.89 ± 9.62	94.44 ± 9.62	100.00 ± 0.00	83.33 ± 16.67	100.00 ± 0.00
性腺指数(GSI)	0.10 ± 0.05 ^a	0.13 ± 0.01 ^{ab}	0.21 ± 0.02 ^b	0.17 ± 0.06 ^{ab}	0.21 ± 0.04 ^b	0.18 ± 0.08 ^{ab}
肝胰腺指数(HI)	6.93 ± 0.34 ^{ab}	5.63 ± 0.26 ^a	6.25 ± 0.15 ^{ab}	6.39 ± 0.87 ^{ab}	7.54 ± 1.15 ^b	7.01 ± 0.89 ^{ab}

表中的值为平均数 ± 标准差($n=3$), 同一行中不同字母上标表示差异显著($P < 0.05$)

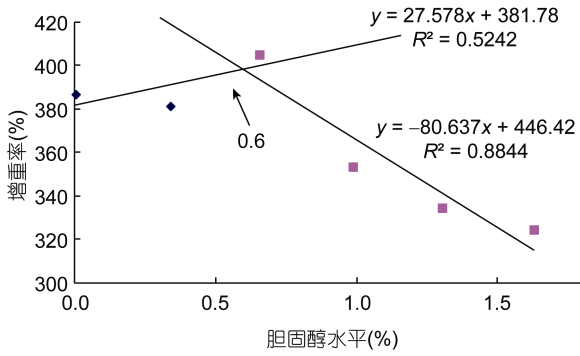


图 1 三疣梭子蟹幼蟹增重率与饲料胆固醇水平的关系
Fig.1 Relationship between weight gain and dietary cholesterol level in juvenile swimming crab

(Sheen, 2000)研究结果相似。虽然饲料中胆固醇含量过高对生长产生的抑制作用还未阐明, 但这种现象被认为是对营养成分响应特性而并不是毒性结果 (Mercer, 1982)。衡量三疣梭子蟹生长的另一个重要指标是甲壳壳宽和壳长的增加, 饲料 0.655%胆固醇水

平壳宽的增加也是最高, 在本次实验中三疣梭子蟹幼蟹增重和壳宽增加的相关性较高。

甲壳动物的胆固醇需要量受到种类、饲料状况、年龄和其它因素的影响(Ishikawa *et al*, 1997), 其需要量范围较宽。甲壳动物饲料中胆固醇的添加量范围一般在 0.12%—2%之间(Teshima, 1985, 1991)。日本对虾幼虾饲料中胆固醇适宜添加量 2.6—6g/kg(干重)饲料(投喂率 3%—7%)(Ishikawa *et al*, 1997)。向凡纳滨对虾室外养殖饲料中添加 0.11%的胆固醇获得较好的生长。锯缘青蟹幼蟹的胆固醇最适需要为 0.51%(Sheen, 2000)。在对大眼期的锯缘青蟹用半纯化饲料中添加 0.8%的胆固醇组获得最高存活率 74.3%, 而添加 0.14 和 1%的胆固醇组蜕壳间期的时间最久均为 11 天 (Holme *et al*, 2006)。在对锦绣龙虾幼虾研究中发现, 饲料中含有海洋生物类蛋白质时不需要添加胆固醇, 而投喂高植物蛋白饲料时可能需要添加不少于 4.0g/kg(干物质)胆固醇(Irvin *et al*, 2010)。然而淡水的

表 3 饲料不同胆固醇添加量对三疣梭子蟹幼蟹壳宽、壳长和壳高的影响

Tab.3 Response of swimming crab juveniles to various levels of cholesterol supplementation on carapace width, carapace length and carapace height

指标	实验饲料组					
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6
壳宽						
起始壳宽 ICW(cm)	3.590 ± 0.052	3.615 ± 0.060	3.611 ± 0.008	3.605 ± 0.047	3.561 ± 0.189	3.605 ± 0.064
终末壳宽 FCW(cm)	5.921 ± 0.114	6.082 ± 0.200	6.127 ± 0.118	6.182 ± 0.271	5.672 ± 0.450	5.918 ± 0.284
壳宽增加 CWG(%)	64.19 ± 1.12 ^{ab}	69.48 ± 4.09 ^b	70.59 ± 4.20 ^b	71.54 ± 7.45 ^b	57.59 ± 6.84 ^a	64.30 ± 9.08 ^{ab}
壳长						
起始壳长 ICL(cm)	7.153 ± 0.071	7.192 ± 0.081	7.190 ± 0.033	7.180 ± 0.100	7.084 ± 0.305	7.180 ± 0.135
终末壳长 FCL(cm)	11.798 ± 0.172	12.016 ± 0.387	12.331 ± 0.359	12.173 ± 0.422	11.376 ± 0.948	11.593 ± 0.533
壳长增加 CLG(%)	64.44 ± 2.42 ^{ab}	67.53 ± 4.22 ^{ab}	71.87 ± 4.63 ^b	69.58 ± 7.55 ^{ab}	58.56 ± 10.41 ^a	61.45 ± 6.61 ^{ab}
壳高						
起始壳高 ICH(cm)	1.806 ± 0.055	1.813 ± 0.062	1.816 ± 0.019	1.814 ± 0.026	1.789 ± 0.113	1.814 ± 0.080
终末壳高 FCH(cm)	2.961 ± 0.048	2.956 ± 0.086	3.075 ± 0.082	3.013 ± 0.130	2.827 ± 0.190	2.810 ± 0.248
壳高增加 CHG(%)	63.74 ± 3.89 ^{ab}	64.15 ± 9.50 ^{ab}	69.57 ± 2.90 ^b	66.04 ± 8.01 ^{ab}	57.91 ± 10.48 ^{ab}	54.78 ± 6.82 ^a

表中的值为平均数 ± 标准差(n=3), 同一行中不同字母上标表示差异显著(P<0.05)

表 4 饲料不同胆固醇添加量对三疣梭子蟹幼蟹体成分的影响(%干重)

Tab.4 Response of swimming crab juveniles to various levels of cholesterol supplementation on whole body composition (dry matter %)

指标	实验饲料组					
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6
水分	73.94 ± 1.71 ^{abc}	71.72 ± 0.95 ^{ab}	74.71 ± 0.32 ^{bc}	73.96 ± 2.39 ^{abc}	75.38 ± 2.69 ^c	71.14 ± 1.60 ^a
粗蛋白	44.62 ± 1.85	43.40 ± 0.30	42.34 ± 3.89	41.58 ± 10.23	43.81 ± 5.39	40.23 ± 4.76
粗脂肪	5.81 ± 0.60	5.51 ± 1.56	5.60 ± 1.42	5.67 ± 1.61	7.08 ± 0.49	5.89 ± 1.94
灰分	40.88 ± 2.37 ^{ab}	37.40 ± 2.64 ^{ab}	39.01 ± 4.57 ^{ab}	37.56 ± 1.56 ^{ab}	36.03 ± 2.87 ^a	40.52 ± 1.35 ^b

表中的值为平均数 ± 标准差(n=3), 同一行中不同字母上标表示差异显著(P<0.05)

罗氏沼虾自身体内能够合成胆固醇,对于胆固醇的要求较低,Briggs 等(1988)的实验证明,罗氏沼虾幼虾饲料中添加 0.12%水平胆固醇足够满足其生长需要。

胆固醇的利用还受到饲料中磷脂含量的影响,磷脂充当表面活性剂的作用促进脂肪乳化和肠道对于胆固醇的吸收(Kanazawa, 2001)。将 ^3H 标记胆固醇投喂美洲螯龙虾幼虾发现,饲料中未添加大豆磷脂组的中肠腺中有较高胆固醇而血淋巴中胆固醇含量较低,这可能是由于磷脂缺乏造成胆固醇从中肠腺向血淋巴转运能力减弱(D'Abramo *et al*, 1985)。本次实验中饲料中未添加磷脂,未发现胆固醇和磷脂之间的相关性,这与 Briggs 等(1988)在罗氏沼虾的研究结果相似。Teshima 等(1994)发现罗氏沼虾和其它甲壳动物有所区别,其能够自身从头合成胆固醇。

折线模型和非线性回归是分析确定营养需求常用方法(Robbins, 1986)。折线模型表明,当饲料中胆固醇水平在 0.6%时,三疣梭子蟹幼蟹的增重达到最大。当饲料中胆固醇水平超过 0.6%时,三疣梭子蟹幼蟹的增重呈下降趋势。

4 结论

根据饲料中胆固醇水平和增重率的折线模型分析及饲料生产成本角度分析。建议在三疣梭子蟹幼蟹饲料中添加 0.6%胆固醇水平左右较为合适。

参 考 文 献

王 冲, 姜令绪, 王仁杰等, 2010. 盐度骤变和渐变对三疣梭子蟹幼蟹发育和摄食的影响. 水产科学, 29(11): 510—514

农业部渔业局主编, 2011. 中国渔业年鉴. 北京: 中国农业出版社, 185

郑萍萍, 王春琳, 宋微微等, 2010. 盐度胁迫对三疣梭子蟹血清非特异性免疫因子的影响. 水产科学, 19(2): 634—638

Akiyama D M, Dominy W G, Lawrence A L, 1992. Penaeid Shrimp Nutrition. In: Fast A W, Lester L J ed. Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Elsevier Science, Amsterdam, 535—568

Briggs M R P, Jauncey K, Brown J H, 1988. The cholesterol and lecithin requirements of juvenile prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) fed semi-purified diets. Aquaculture, 70: 121—129

Chen H-Y, 1993. Requirements of marine shrimp, *Penaeus monodon*, juveniles for phosphatidylcholine and cholesterol. Aquaculture, 109: 165—176

Conklin D E, D'Abramo L R, Bordner C E *et al*, 1980. A successful purified diet for the culture of juvenile lobsters: The effect of lecithin. Aquaculture, 21: 243—249

D'Abramo L R, Baum N A, Bordner C E *et al*, 1985. Diet-dependent cholesterol transport in the American lobster. J Exp Mar Biol Ecol, 87: 83—96

Gong H, Lawrence A L, Jiang D-H *et al*, 2000. Lipid nutrition of juvenile *Litopenaeus vannamei*: I. Dietary cholesterol and de-oiled soy lecithin requirements and their interaction. Aquaculture, 190: 305—324

Harrison K E, 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: a review. J Shellfish Res, 9: 1—28

Hernández P V, Olvera-Novoa M A, Rouse D B, 2004. Effect of dietary cholesterol on growth and survival of juvenile red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* under laboratory conditions. Aquaculture, 236: 405—411

Holme M-H, Zeng C, Southgate P C, 2006. The effects of supplemental dietary cholesterol on growth, development and survival of mud crab, *Scylla serrata*, megalopa fed semi-purified diets. Aquaculture, 261: 1328—1334

Irvin S J, Williams K C, Barclay M C *et al*, 2010. Do formulated feeds for juvenile *Panulirus ornatus* lobsters require dietary cholesterol supplementation? Aquaculture, 307: 241—246

Ishikawa Koshio S, Kanazawa A, 1997. Assessment of cholesterol requirements in the prawn, *Penaeus japonicus*. Aquaculture Nutrition, 3: 247—253

Kanazawa A, 2001. Sterols in marine invertebrates. Fisheries Science, 67: 997—1007

Kean J C, Castell J D, Boghen A G *et al*, 1985. A re-evaluation of the lecithin and cholesterol requirements of juvenile lobster (*Homarus americanus*) using crab protein-based diets. Aquaculture, 47: 143—149

Lovell T, 1989. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold, New York, US: 1—260

Mercer L, 1982. The qualitative nutrient-response relationship. J Nutr, 112: 560—566

Robbins K R, 1986. A method, SAS program, and example for fitting the broken line to growth data. Univ of Tenn Res Rep 86-09. Univ of Tennessee Agric Exp Sta, Knoxville

Sheen S-S, 2000. Dietary cholesterol requirement of juvenile mud crab *Scylla serrata*. Aquaculture, 189: 277—285

Sheen S-S, Liu P-C, Chen S-N *et al*, 1994. Cholesterol requirement of juvenile tiger shrimp (*Penaeus monodon*). Aquaculture, 125: 131—137

Teshima S, 1985. Lipid. In: Yone Y ed. Fish Nutrition and Diets. Suisangaku Series, Koseisha-Koseikaku, Tokyo, Japan, 54: 20—30

Teshima S, 1991. Sterols of crustaceans, molluscs, and fishes. In: Patterson G W, Nes W D eds. Physiology and Biochemistry of Sterols. American Oil Chemist's Society, Champaign, IL, 229—259

Teshima S, 1997. Phospholipids and sterols. In: D'Abramo L, Conklin D E, Akiyama D M ed. Crustacean Nutrition. The

- World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, 85—107
- Teshima S, Ishikawa M, Koshio S *et al*, 1994. Necessity of dietary cholesterol for the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Fish Sci. The Abstract of the Autumn Meeting of Japanese Society for Scientific Fisheries, 7
- Teshima S, Kanazawa A, 1971. Biosynthesis of sterols in the lobster, *Palinurus japonica*, the prawn, *Penaeus japonicus*, and crab, *Portunus trituberculatus*. Comp Biochem Physiol, 597—602
- Thongrod S, Boonyaratpalin M, 1998. Cholesterol and lecithin requirement of juvenile banana shrimp, *Penaeus merguensis*. Aquaculture, 161: 315—321

NEEDS OF DIETARY CHOLESTEROL FOR JUVENILE SWIMMING CRAB *PORTUNUS TRITUBERCULATUS*

HAN Tao^{1,2}, WANG Ji-Teng¹, HU Shui-Xin¹, LI Xin-Yu¹,
LI Rong-Hua², MU Chang-Kao², WANG Chun-Lin²
(1. Fisheries College of Zhejiang Ocean University, Zhoushan, 316022;
2. School of Marine Science of Ningbo University, Ningbo, 315211)

Abstract To investigate cholesterol requirement by juvenile swimming crab *Portunus trituberculatus*, six diet groups were set up in one-way analysis model for adding 0.003%, 0.3339%, 0.655%, 0.986%, 1.303%, and 1.628% cholesterol into diet, respectively. Swimming crabs in initial weight about 20g were fed for 8 weeks. Results show that at the end of the experiment, the survival rate was not affected significantly by cholesterol enrichment in all six groups. Weight gain responded linearly to dietary cholesterol supplement up to 0.655% and then went down. Broken-line analysis indicated that dietary cholesterol of 0.6% satisfied the growth performance. At dietary cholesterol supplement 0.655%, crab had the highest weight gain, gland sex index, and carapace width gain. Therefore, we believe that, the optimal dietary cholesterol requirement by juvenile swimming crab was approximately 0.6%.

Key words swimming crab *Portunus trituberculatus*; cholesterol; broken-line; requirement