

肉骨粉添加微胶囊蛋氨酸替代鱼粉对凡纳滨对虾生长、饲料表观消化率及体成分的影响

牛化欣^{1,2}, 过世东¹

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 内蒙古民族大学 动物科技学院, 内蒙古 通辽 028000)

摘要: 选用均初始体质量为 0.91 g 的凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)540 尾, 随机分为 6 个处理组, 每组设 3 个重复, 每个重复 30 尾。用肉骨粉(meat and bone meal, MBM)替代日粮中 0、20%、40%、60%、80%和 100%的鱼粉, 分别添加不同梯度微胶囊蛋氨酸(microencapsulated DL-methionine, MM)配制成 6 种等氮饲料投喂凡纳滨对虾 55 d。结果表明: MBM 添加 MM 替代 60%鱼粉对对虾增重率和 SGR 无显著影响($P>0.05$), 对虾对各试验饲料的饲料系数和蛋白质效率无显著影响($P>0.05$), 而替代 80%和 100%鱼粉对对虾增重率、SGR、饲料系数和蛋白质效率有显著影响($P<0.05$); MBM 添加 MM 替代鱼粉后对对虾体成分、体氨基酸含量和蛋白质含量无明显影响($P>0.05$)。在 MBM 高水平替代鱼粉饲料中添加 MM 可通过平衡对虾饲料必需氨基酸, 提高了对虾对饲料的表观消化率, 而不影响对虾的生长和体营养成分, 降低了对虾饲料的成本。

关键词: 肉骨粉; 微胶囊蛋氨酸; 表观消化率; 凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)

中图分类号: S96

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)03-0015-06

鱼粉具有必需氨基酸和脂肪酸含量高, 碳水化合物含量低, 适口性好, 抗营养因子少以及能够被养殖动物很好的消化吸收等特点, 一直是水产饲料中不可或缺的优质蛋白源。在一些水产饲料中如对虾饲料, 鱼粉的添加量一般均高于 30%使饲料蛋白含量达到 40%左右^[1]。但鱼粉供给低于需求和昂贵的价格限制了鱼粉在水产饲料中的应用, 因此动植物蛋白替代鱼粉的研究已有国内外大量报道^[2]。

肉骨粉替代部分鱼粉在水产饲料中的应用已有一些研究报道, 研究者认为在异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)^[3]和凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)^[4]等饲料中, 肉骨粉替代鱼粉的适宜比例为 30%左右。更高的替代比例会降低水产动物的生长, 这是由于蛋氨酸是肉骨粉替代鱼粉在水产饲料中的第一限制性必需氨基酸所致, 影响了对蛋白质的消化和吸收利用。在肉骨粉替代鱼粉饲料中添加含量不足的晶体或包被氨基酸对一些鱼类生长的影响已有研究^[5], 而对虾能有效吸收但不能有效利用晶体氨基酸的原因也已探明^[6], 但在对虾饲料中的应用还未有报道。因此本试验以肉骨粉添加微胶囊蛋氨酸等氮饲料中替代不同水平的鱼粉, 考察了各组饲料对凡纳滨对虾生长、饲料表观消化率及体成分的影响,

以期更高水平添加微胶囊晶体氨基酸替代鱼粉, 为对虾饲料的科学配制和实际生产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及饲料配制

选用凡纳滨对虾 540 尾, 暂养 10 d 后称均初始体质量约为 0.91 g。分 6 个处理组, 每处理设 3 个重复, 每重复 30 尾, 分别放养在水容积为 100 L 玻璃钢桶中。基础饲料配方及营养成分见表 1 和表 2, 按表 2 将各原料混合和粉碎, 使其全部通过 80 目筛, 微量成分采取逐级扩大法添加与大原料混合均匀后, 用双螺杆制粒机挤压成 1.5 mm 粒径的颗粒饲料, 65 风干后放入 -20 °C 冰箱中冷冻备用。

1.2 试验设计与饲养管理

试验共分 6 组, 分别投喂 6 种等氮饲料 D-0、D-20、D-40、D-60、D-80 和 D-100。采用循环沙滤

收稿日期: 2009-04-02; 修回日期: 2009-07-20

基金项目: 江苏科技厅项目(BA2007089)

作者简介: 牛化欣(1978-), 男, 山东鄄城人, 博士研究生, 主要从事主要水产动物饲料与营养研究, E-mail: niuhuaxin@163.com; 过世东, 通信作者, 电话: 0510-8532 9036, E-mail: guosd@jiangnan.edu.cn

表 1 鱼粉和肉骨粉主要营养成分和必需氨基酸组成

Tab. 1 Proximate composition of and essential amino acids in FM and MBM

项目	鱼粉	肉骨粉	项目	鱼粉	肉骨粉
粗蛋白(CP)	65.44	54.38	苯丙氨酸	2.92	1.82
粗脂肪	7.58	11.16	异亮氨酸	2.37	1.67
粗灰分	12.87	24.52	亮氨酸	5.83	3.36
组氨酸	1.68	1.17	赖氨酸	5.61	2.92
苏氨酸	2.27	1.85	色氨酸	0.81	0.37
精氨酸	3.53	3.38	EAA	30.06	19.74
缬氨酸	3.29	2.44	EAA/CP	45.94	36.30
蛋氨酸	1.75	0.76			

注: 表中所列的氨基酸为对虾 10 种必需氨基酸

表 2 试验饲料原料组成及其必需氨基酸含量(干物质基础, %)

Tab. 2 Composition of and essential amino acid contents in the trial diets (dry matter basis, %)

项目	饲料组别					
	D-0	D-20	D-40	D-60	D-80	D-100
原料						
秘鲁鱼粉	50.0	40.0	30.0	20.0	10.0	0
肉骨粉	0	11.8	24.5	37.3	50.0	61.8
面粉	31.5	28.7	25.8	22.6	19.5	16.3
虾壳粉	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
氯化胆碱	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
鱿鱼内脏粉	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
大豆磷酸酯	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
鱼油	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
磷酸二氢钙	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
复合维生素预混料	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
复合矿物质预混料	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
微胶囊蛋氨酸 ¹	0	1.0	1.2	1.6	2.0	2.4
二氧化钛	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
营养水平						
粗蛋白	39.81	39.97	39.86	39.85	39.77	39.83
粗脂肪	8.71	8.54	8.95	9.16	9.11	9.19
灰分	10.31	12.01	13.55	14.26	14.83	15.30
必需氨基酸组成 ²						
组氨酸	2.52	2.35	2.25	2.10	2.07	1.92
苏氨酸	1.17	1.08	1.12	1.09	1.08	1.02
精氨酸	2.47	2.22	2.36	1.81	1.96	1.77
缬氨酸	2.78	2.56	2.34	2.46	2.32	2.27
蛋氨酸	1.97	1.91	1.95	1.90	1.89	1.90
苯丙氨酸	2.58	2.43	2.23	2.24	2.19	2.14
异亮氨酸	1.51	1.13	1.01	0.76	0.78	0.87
亮氨酸	2.52	2.47	2.06	2.77	2.58	2.79
赖氨酸	2.40	2.13	2.13	2.04	2.16	2.05
必需氨基酸/粗蛋白 (%)	50.04	45.73	43.78	43.09	42.82	42.00

注: 1. 微胶囊蛋氨酸制备工艺参数及含量。喷雾干燥工艺条件为: 芯材与壁材的比例为 1:2, 进风温度是 155℃, 出风温度 65℃, 微胶囊内蛋氨酸有效含量为 45%; 2. 100g 蛋白质中各必需氨基酸的质量分数, 色氨酸未检测

水系统, 每天投饲 3 次, 投饲量约为体质量 8%, 并根据摄食情况调整, 各桶投饲量保持一致水平。养殖周期为 55 d, 水温为(27±2)°C, pH 7.6~8.1, 盐度为 24~28, 溶解氧>5.5 mg/L。

1.3 样品收集和分析

试验前后分别取对虾计数和称重。试验结束后, 每桶取 5 尾对虾, 于-65°C 冰箱冷藏, 用于体成分分析。试验 20 d 后进行对虾粪便的收集, 投喂 30 min 后, 把残饵和粪便排除干净, 再过 45 min 后用虹吸的方法把粪便收集, 然后用淡水缓慢冲洗 3 次置于培养皿中, 65°C 烘干后低温保存, 连续收集约 20 d。饲料、粪便和对虾肌肉干物质 105°C 失重法测定, 蛋白质测定采用凯氏定氮法, 粗脂肪用氯仿甲醇法测定^[7], 灰分是在 550°C 马福炉中灼烧法测得, 氨基酸用安捷伦公司的 Agilent 1100 Series 高效液相色谱仪测定, TiO₂ 含量用 Richter 等^[8]方法测定。

1.4 测定指标

存活率(%)=(虾收获尾数/虾投放尾数)×100;

增重率(%)=[(末均质量 - 初均质量)/初均质量]×100;

特定生长率(SGR, %/d)=[(ln 末均质量 - ln 初均质量)/55]×100;

饲料系数(FCR, %)=饲料摄食量/(末均质量 - 初均质量);

蛋白质效率(PER, %)=[(末均质量 - 初均质量)/摄食蛋白量];

饲料干物质表观消化率(%) = 100×(1 - 饲料中 TiO₂%/粪便中 TiO₂%);

饲料蛋白质表观消化率(%)=100×[1 - (饲料中 TiO₂%/粪便中 TiO₂%)×(粪便中粗蛋白量/饲料中粗蛋白量)];

饲料脂肪表观消化率(%)=100×[1 - (饲料中 TiO₂%/粪便中 TiO₂%)×(粪便中粗脂肪/饲料中粗脂肪)];

1.5 数据处理

数据处理与分析采用 SPSS17.0 分析软件进行 ANOVA 单因子方差分析和 Duncan's 多重检验进行, 以 P<0.05 作为差异显著性判断标准。

2 结果

2.1 鱼粉、肉骨粉、各饲料营养成分和必需氨基酸组成

鱼粉和肉骨粉营养成分和必需氨基酸组成有些不同(表 1)。肉骨粉必需氨基酸比鱼粉必需氨基酸要低, 特别是蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸和赖氨酸。各饲料组成、营养水平和必需氨基酸组成见表 2。

2.2 肉骨粉替代对凡纳滨对虾生长性能和饲料利用的影响

各组对虾成活率为 90%~100%。各组对虾生长性能和饲料利用见表 3。D-20 组生长性能最优。D-80 组和 D-100 组 WGR、SGR 显著低于其他各组(P<0.05), D-20 组 WGR 和 SGR 高于 D-0 组、D-40 组和 D-60 组, 但各组之间无显著差异(P>0.05)。随着替代水平上升, FCR 有升高趋势, 而 PER 有下降趋势。与 D-80 组和 D-100 组比较, 其他各组 FCR 和 PER 差异显著(P<0.05)。

2.3 凡纳滨对虾对饲料干物质、粗蛋白和粗脂肪表观脂肪消化率

凡纳滨对虾对各饲料干物质、粗蛋白和粗脂肪表观消化率的测定结果如表 4 所示。与 D-80 组和

表 3 肉骨粉替代对凡纳滨对虾生长性能和饲料利用的影响

Tab. 3 Growth and feed utilization of shrimp fed on the experimental diets

饲料	初均质量 (g)	末均质量 (g)	增重率 (%)	特殊生长率 (%/d)	饲料系数 (%)	蛋白质效率 (%)
D-0	0.908	10.20 ^a	1022.52 ^{ab}	4.39 ^{ab}	1.27 ^a	1.98 ^a
D-20	0.908	10.34 ^a	1093.84 ^a	4.42 ^a	1.28 ^a	1.95 ^{ab}
D-40	0.913	9.96 ^{ab}	991.15 ^{ab}	4.34 ^{ab}	1.33 ^{ab}	1.88 ^{ab}
D-60	0.904	9.47 ^{ab}	946.97 ^{ab}	4.27 ^{ab}	1.34 ^{ab}	1.87 ^{bc}
D-80	0.905	9.04 ^{ab}	899.38 ^{bc}	4.18 ^b	1.37 ^b	1.83 ^c
D-100	0.911	8.09 ^c	787.48 ^c	3.97 ^c	1.44 ^c	1.75 ^c

注: 同列不同字母表示差异显著(P<0.05), 下同

表 4 凡纳滨对虾对肉骨粉替代饲料干物质、粗蛋白和粗脂表现脂肪消化率

Tab. 4 Apparent digestibility coefficients of dry matter, protein and lipid of the diets for shrimp

饲料	干物质 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)
D-0	76.05 ^a	90.03 ^a	90.78 ^a
D-20	76.27 ^a	89.92 ^a	90.84 ^a
D-40	74.74 ^b	89.51 ^{ab}	90.30 ^a
D-60	73.81 ^{bc}	89.02 ^b	88.52 ^b
D-80	72.69 ^c	87.69 ^c	88.33 ^b
D-100	70.65 ^d	86.37 ^d	87.95 ^b

D-100 组比较, 其他各组粗蛋白表现消化率差异显著($P < 0.05$)。D-0 组、D-20 组、D-40 组与 D-60、D-80 组、D-100 组之间粗脂肪表现消化率差异显著($P < 0.05$)。

2.4 肉骨粉替代对凡纳滨对虾体成分的影响

由表 5 可知, 各组间对虾体成分水分、粗脂肪和灰分含量没有显著差异($P > 0.05$)。D-80 组与其他各组粗蛋白含量差异显著($P < 0.05$), 而其他各组之间差异不显著($P > 0.05$)。

表 5 养殖 55 天后不同肉骨粉替代水平饲料对凡纳滨对虾体成分的影响

Tab. 5 Carcass proximate composition (% wet weight basis) of shrimp fed on diets after 55 days

饲料	水分	粗蛋白	粗脂肪	灰分
初始	73.85	19.58	2.11	2.87
D-0	71.69 ^a	22.94 ^a	2.01 ^a	3.66 ^a
D-20	71.36 ^a	22.99 ^a	2.05 ^a	3.79 ^a
D-40	71.28 ^a	22.67 ^a	1.99 ^a	3.69 ^a
D-60	71.27 ^a	22.52 ^a	1.97 ^a	3.87 ^a
D-80	71.18 ^a	22.56 ^a	2.07 ^a	3.85 ^a
D-100	71.13 ^a	21.56 ^b	2.12 ^a	3.82 ^a

2.5 肉骨粉替代对凡纳滨对虾体氨基酸组成的影响

由对虾体氨基酸组成测定结果可知, 除天冬氨酸(6.2 ~ 7.0%/100 g 蛋白)、谷氨酸(11.9 ~ 12.3%/100 g 蛋白)、甘氨酸(5.8 ~ 6.3%/100 g 蛋白)、半胱氨酸(0.28 ~ 0.79%/100 g 蛋白)和脯氨酸(3.7 ~ 4.9%/100 g 蛋白)外, 饲料不同肉骨粉替代水平对凡纳滨对虾体

成分氨基酸组成及含量无明显影响, 各氨基酸质量分数: 丝氨酸、组氨酸、苏氨酸、精氨酸、丙氨酸、酪氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸和赖氨酸分别约为 2.5、1.3、2.4、5.6、4.9、2.3、3.8、3.1、3.2、5.2 和 5.6 %/100 g 蛋白。

3 讨论

3.1 肉骨粉营养及必需氨基酸利用

Tan 等^[4]用粗蛋白质量分数为 51.43%肉骨粉在凡纳滨对虾饲料替代鱼粉, 结果表明替代 60%以下的鱼粉对对虾生长和饲料利用没有显著影响, 但是替代鱼粉超过 60%影响对虾的生长和饲料的利用。而 Crisantema 等^[9]用 CP 质量分数为 53.7%肉骨粉替代鱼粉超过 35%对凡纳滨对虾生长则有影响。这是由于肉骨粉的必需氨基酸诸如蛋氨酸、赖氨酸和异亮氨酸的质量分数不足导致饲料氨基酸不平衡, 从而影响了虾对蛋白质的消化和吸收利用。相对鱼粉, 肉骨粉 CP 质量分数和必需氨基酸总量略低, 在 100g 粗蛋白中鱼粉 CP 和 TEAA 分别为 65.44%和 30.06%, 肉骨粉 CP 和 TEAA 分别为 54.38%和 19.74%。由肉骨粉 EAA 分析可知, 蛋氨酸是肉骨粉第一限制性必需氨基酸。Millamena 等^[10]研究表明: 海水对虾在日粮中蛋氨酸的需要量是 0.89%。但有研究表明, 某些鱼类^[11]和对虾^[12]利用晶体氨基酸的效率低于利用结合蛋白质的效率。可利用微胶囊技术包被晶体氨基酸^[13], 进行缓释氨基酸在对虾体内的吸收利用。Chen 等^[14]研究表明, 在饲料中应用 cellulose acetate phthalate)或 glycerol monostearate 包被的 L-精氨酸微胶囊, 与未添加或添加晶体氨基酸组相比, 明显地加快了斑节对虾幼体生长速度, 降低了饲料系数。因此为了在对虾日粮中更高含量肉骨粉来替代鱼粉, 根据对虾 EAA 的需要及利用效果必须添加微胶囊氨基酸。

3.2 肉骨粉替代对凡纳滨对虾生长和饲料利用的影响

在本试验凡纳滨对虾研究结果表明, 肉骨粉添加微胶囊蛋氨酸可以高水平替代鱼粉, 替代 60%的鱼粉对凡纳滨对虾的生长性能和饲料利用没有不利影响。D-0 组和 D-20 组对虾增重率和生长速度较快, D-0 饲料系数最低和蛋白质效率最高。D-40、D-60 组依次次之, 高水平替代的 D-80、D-100 组对虾生长

慢, 饲料及蛋白质效率也低。事实上, 对虾饲料中必需氨基酸平衡有利于日粮营养物质的利用效率。对初均质量为 0.91 g 对虾养殖 55 d 后, 其末均体质量没有显著差异(D-100 组除外)。D-0 组、D-20 组、D-40 组和 D-60 组增重率和特定生长率均高于 D-80 组和 D-100 组。从各组饲料必需氨基酸/粗蛋白可知, 6 种等氮饲料 EAA/CP 略有不同, 随着替代水平的升高而降低, D-0 组最高为 54.04%, D-100 组最低为 42.00%。即使能满足对虾的生长需要, 也不能获得最佳生长性能, 其原因可能是肉骨粉蛋白源中脂肪的饱和度较高影响了对虾适口性; 肉骨粉等动物副产品中高含量的灰分降低了对虾对一些营养素的利用, 从而导致对虾的生长下降。

3.3 肉骨粉替代对凡纳滨对虾表观消化率影响

Crisantema 等^[9]用猪肉粉部分替代鱼粉, 随着替代水平为 25% ~ 65% 的升高, 而凡纳滨对虾对其饲料干物质、粗蛋白和粗脂肪表观消化率皆下降, 分别为 77.77% ~ 70.37%、82.28% ~ 73.47% 和 88.77% ~ 83.76%。在本试验中, 凡纳滨对虾对各饲料干物质、粗蛋白和粗脂肪表观消化率结果皆是随着替代水平的升高, 表观消化率在下降, 但干物质、粗蛋白和粗脂肪表观消化率值均高于以上研究结果。其原因是本试验在肉骨粉替代不同水平的日粮中添加了不同梯度的微胶囊蛋氨酸, 消除了蛋氨酸在对虾肉骨粉替代鱼粉日粮中的限制, 从而提高了表观消化率。然而, 即使在高水平替代中添加高梯度的微胶囊蛋氨酸其消化率也不能达到低水平替代, 这是由于随着肉骨粉替代水平的升高, 各饲料灰分的含量在升高所致。

3.4 肉骨粉替代对凡纳滨对虾成分和氨基酸组成的影响

在 55 d 试验中, 肉骨粉添加微胶囊蛋氨酸替代鱼粉水平影响对虾(湿体质量)水分、体脂肪和灰分不显著。随着替代水平的升高对虾体蛋白有下降趋势, 且 D-100 组除外与其他各组差异显著。而对虾体灰分随着替代水平的升高有升高的趋势, 但差异不显著。这一结果与 Tan 等^[4]研究结果一致。从对虾氨基酸测定结果可见, 除天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、半胱氨酸和脯氨酸外, 饲料不同肉骨粉替代水平对凡纳滨对虾体成分氨基酸组成及含量无明显影响。

参考文献:

- [1] 李广丽, 朱春化, 周歧存. 不同蛋白质水平的饲料对南美白对虾生长的影响[J]. 海洋科学, 2001, 25 (4): 1-4.
- [2] Albert G J, Tacon, Marc Metian. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects[J]. *Aquaculture*, 2008, 285: 146-158.
- [3] Menghong H, Youji W, Qian W, *et al.* Replacement of fish meal by rendered animal protein ingredients with lysine and methionine supplementation to practical diets for gibel carp, *Carassius auratus gibelio*[J]. *Aquaculture*, 2008, 275: 260-265.
- [4] Beiping T, Kangsen M, Shixuan ZH, *et al.* Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) [J]. *Aquaculture Research*, 2005, 36: 439-444.
- [5] 陈丙爱, 冷向军, 李小勤, 等. 晶体或包膜氨基酸对鲤鱼的作用效果研究[J]. 水生生物学报, 2008, 9(5): 774-778.
- [6] Mail K, Li A, Yin Z. Studies on the absorption and utilization of amino acids in the rest diets by the prawn *Penaeus orientalis*[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1988, 7: 621-629.
- [7] Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues[J]. *Journal Biology Chemistry*, 1957, 226: 497-509.
- [8] Richter H, Lückstädt C, Focken U, *et al.* Evacuation of pelleted feed and the suitability of titanium (IV) oxide as a feed marker for gut kinetics in *Nile tilapia*[J]. *Journal Fishery Biology*, 2003, 63: 1 080-1 099.
- [9] Crisantema Hernández, Miguel A, Olvera-Novoa, *et al.* Partial replacement of fish meal by porcine meat meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) [J]. *Aquaculture*, 2008, 277: 244-250.
- [10] Millamena O M, Bautista-Tereul M N, Kanazawa A. Methionine requirement of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon*[J]. *Aquaculture*, 1996a, 143: 403-410.
- [11] Rønnestad I, Conceição L E C, Aragão C, *et al.* Free amino acids are absorbed faster and assimilated more efficiently than protein in post-larval Senegal sole (*Solea senegalensis*) [J]. *Journal Nutrition*, 2000, 130: 2 809-2 812.
- [12] Alam M S, Teshima S, Koshio S, *et al.* Effects of supplementation of coated crystalline amino acids on

growth performance and body composition of juvenile kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus*[J]. *Aquaculture Nutrition*, 2004, 10: 309-316.

[13] 闫 征 . 虾用蛋氨酸微胶囊工艺研究:[硕士学位论文

文] . 无锡: 江南大学, 2006: 1-7 .

[14] Chen H, Leu Y, Roelants I. Effective supplementation of arginine in the diets of juvenile marine shrimp *Penaeus monodon*[J]. *Aquaculture*, 1992a, 108: 87-95.

Effects of dietary meat and bone meal with microencapsulated methionine on the growth, apparent digestibility and body composition of the shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

NIU Hua-xin^{1,2}, GUO Shi-dong¹

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, 214122, China; 2. School of Animal Science and Technology, Inner Mongolia University for the Nationalities, Tongliao 028000, China)

Received: Apr., 02, 2009

Key words: Meat and bone meal; microencapsulated methionine; apparent digestibility; *Litopenaeus vannamei*

Abstract: A study was conducted to evaluate the effects of different levels of dietary particulate meat and bone meal (MBM) supplemented with microencapsulated DL-methionine (MM) on the growth, digestibility of feed nutrients, feed utilization, body composition of the shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Five hundred and forty** shrimps were randomly divided into 6 treatment groups in triplicate and were fed on six iso-nitrogenous diets formulated by replacing equal nitrogenous fish meal with MM-supplemented MBM by 0, 20%, 40%, 60%, 80%, and 100% for 55 days. Specific growth rates (SGR), digestibility of feed nutrients and feed utilization showed no significant differences among shrimps when diets contained up to 60% of MM-supplemented MBM ($P > 0.05$). However, such parameters were significantly lower ($P < 0.05$) for shrimps fed on diets containing 80%–100% of MM-supplemented MBM. Compositions of crude protein, crude lipid and amino acids of shrimps among all groups at the end of the trial were not significantly affected ($P > 0.05$) by trial diets. It is concluded that MM-supplemented MBM is an acceptable alternative animal protein source, which enhances apparent digestibility of feed nutrients and decreases feed cost.

(本文编辑: 康亦兼)