

氧化三甲胺对南美白对虾生长、养分消化率 和消化酶活性的影响

朱兴一, 夏枚生, 胡彩虹

(浙江大学 饲料科学研究所, 浙江 杭州 310029)

[摘 要] 选用经基础日粮暂养 1 周后尾均初始体重为 (1.01 ± 0.05) g 的健康南美白对虾为试验动物, 以基础日粮为对照组, 在基础日粮中分别添加 2, 4, 6 和 8 g/kg 氧化三甲胺(TMAO)为试验组, 每组均设 3 个重复, 饲喂 8 周, 研究 TMAO 对南美白对虾生长、养分消化率和消化酶活性的影响。结果表明: (1) 4, 6 和 8 g/kg TMAO 添加组南美白对虾的终末平均体重和增重率显著高于对照组 ($P < 0.05$); 2 和 4 g/kg TMAO 添加组南美白对虾的饵料系数显著低于对照组 ($P < 0.05$), 而蛋白质效率显著高于对照组 ($P < 0.05$)。 (2) 添加 4 和 6 g/kg TMAO 均可显著提高南美白对虾干物质、粗蛋白和灰分的表观消化率 ($P < 0.05$)。 (3) 2, 4 和 6 g/kg TMAO 添加组南美白对虾的肝胰脏蛋白酶、肝胰脏淀粉酶和肠道淀粉酶活性与对照组相比均显著提高 ($P < 0.05$); 4 和 6 g/kg TMAO 添加组南美白对虾的肠道蛋白酶活性与对照组相比也显著提高 ($P < 0.05$); 8 g/kg 添加组仅肝胰脏蛋白酶活性与对照组相比显著提高 ($P < 0.05$); 添加 TMAO 对胃蛋白酶和肝胰脏脂肪酶活性无显著影响 ($P > 0.05$)。

[关键词] 氧化三甲胺; 南美白对虾; 生长; 养分消化率; 消化酶活性

[中图分类号] S963.73

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)11-0043-06

氧化三甲胺(trimethylamine oxide, TMAO)是一种广泛分布于海产硬骨鱼类肌肉中及软体动物(乌贼)和海生寡毛类动物体内的物质, 具有特殊的鲜味, 其化学结构与甜菜碱相似。从国外的一些研究报道来看, TMAO 在畜禽中使用可以起到提高动物采食量、瘦肉率, 降低脂肪沉积的作用^[1]。但国内外还未见 TMAO 应用于虾的研究。本研究将 TMAO 应用于世界三大经济虾类之一的南美白对虾, 以研究 TMAO 对南美白对虾生长性能、饲料养分消化率和消化酶活性的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 TMAO 纯度为 98%, 由杭州海斯高饲料科技有限公司生产。分子式为 $C_3H_{13}NO_3$, 结构式为 $(CH_3)_3N=O \cdot 2H_2O$ 。

1.1.2 试验动物 同一批次南美白对虾, 购于浙江省嘉兴市王江泾镇水产种苗繁育基地, 外观正常, 体质健壮, 尾均初始体重 1.00 g 左右。

1.1.3 基础日粮与试验设计 基础日粮及其营养

成分见表 1。

试验的各种原料混合前均粉碎过 0.246 mm 筛, 然后用逐级扩大混合的方法将饲料混合, 用绞肉机制成直径为 1.5 mm 的颗粒, 晾干, 置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中冷冻备用。

采用单因子浓度梯度法, 以基础日粮为对照组, 在基础日粮中分别添加 2, 4, 6 和 8 g/kg TMAO 为试验组, 每组设 3 个重复。

1.2 试验方法

1.2.1 饲养试验 试验用南美白对虾用基础日粮暂养 1 周后称初始体重, 挑选尾均初始体重为 (1.01 ± 0.05) g 的健康南美白对虾, 随机分组。试验对虾饲养于 15 个圆柱形周转箱(直径 60 cm, 高 87 cm)中, 内装 80 L 水, 每箱放 20 尾, 连续 24 h 充气。采用饱食量投喂, 每周根据南美白对虾的摄食情况作适当调整。每天投喂 4 次, 每隔 4 h 投 1 次, 早晚的投喂量占总投喂量的 60%~70%。每次投料时精确(精确到 0.01 g)称取饲料重量, 投料后 2 h 用虹吸法完全收取残饵, 并用吸水纸吸干称重, 再通过湿干重比将其换算成风干重。每天观察试验对虾的

[收稿日期] 2005-03-28

[作者简介] 朱兴一(1977—), 男, 湖北黄冈人, 在读硕士, 主要从事动物营养学研究。

[通讯作者] 夏枚生(1965—), 男, 江西余干人, 副研究员, 主要从事动物营养学研究。E-mail: msxia@zju.edu.cn

健康状况,记录死亡数。每天排污 2 次,日换水量 1:5。饲养期间的平均水温(27±2)℃,水中溶氧(DO)≥6 mg/L,海水比重 1.06。试验期为 8 周。湿干重比的测定方法为:先将一定量的饲料称重后用饲养水浸泡 2 h,然后用吸水纸吸干后再次称重,测得饲料的湿干重比为 1.61。

日增重(DWG)/g= $\frac{BW_T-BW_0}{T}$,

增重率/%= $\frac{BW_T-BW_0}{BW_0} \times 100\%$,

特定生长率(SGR)/%= $\frac{\ln BW_T-\ln BW_0}{T} \times 100\%$,

存活率(SR)/%= $\frac{SN_T}{SN_0} \times 100\%$,

饵料系数= $\frac{FI}{BW_T+BW_0-BW_0}$,

蛋白质效率(PER)/%= $\frac{BW_T-BW_0}{FI \times PC} \times 100\%$,

式中,BW_T为终末重(g);BW₀为初始重(g);T为饲养试验时间(d);SN₀为初始存活数;SN_T为终末存活数;FI为摄食总量(g);BW₀为死亡个体重(g);PC为饲料蛋白质含量(g)。

表 1 基础日粮配方及其营养成分

Table 1 Contents and composition of the basal diets

原料 Ingredients	配比 (g·kg ⁻¹) Contents	营养成分 Nutrients	实测值
大豆粕 Soybean meal	200	粗蛋白 (g·kg ⁻¹) Crude protein	40.17
鱼粉 Fish meal	340	粗脂肪 (g·kg ⁻¹) Crude lipid	8.36
鲑鱼内脏粉 Sleeve fish purtenance meal	30	粗灰分 (g·kg ⁻¹) Ash	9.24
花生仁粉 Peanut kernel meal	100	水分 (g·kg ⁻¹) Moisture	7.61
血粉 Blood meal	40	可消化能 (kJ·kg ⁻¹) Digestible energy	19.617
虾壳粉 Prawn shell meal	30		
面粉 Wheat meal	190		
鱼油 Fish oil	20		
酵母粉 Yeast meal	30		
复合矿物质 ¹ Mineral premux	15		
复合多维 ² Vitamin premux	5		

注:(1) 每 kg 复合矿物质中含 617.1 mg 磷酸氢钙,42.0 mg 磷酸氢钠,32.3 mg 氯化钠,163.8 mg 硫酸钾,65.8 mg 氯化钾,10.7 mg 硫酸亚铁,38.3 mg 柠檬酸铁,44.2 mg 硫酸镁,4.0 mg 硫酸锌,0.33 mg 硫酸锰,0.22 mg 硫酸铜,0.22 mg 碘化钾和 0.43 mg 氯化铬;(2) 每 kg 复合多维中含 22.2 mg 肌醇,11.1 mg V_C,8.3 mg V_A,2.2 mg V_{B1},5.6 mg V_{B2},0.6 mg V_{B6},0.6 mg V_K,0.2 mg 叶酸,0.12 mg V_{B12},0.06 mg V_H,4.4 mg V_E 和 944.2 mg 纤维素;(3) 可消化能按蛋白质 16.747 J/g,脂肪 33.941 J/g,糖 6.698 9 J/g 计算。

Note:(1) Per kg mineral premux contains 617.1 mg CaHPO₄,42.0 mg Na₂HPO₄,32.3 mg NaCl,163.8 mg K₂SO₄,65.8 mg KCl,10.7 mg FeSO₄,38.3 mg C₆H₅O₇·Fe·5H₂O,44.2 mg MgSO₄,4.0 mg ZnSO₄,0.33 mg MnSO₄,0.22 mg CuSO₄,0.22 mg KI and 0.43 mg CrCl₃;(2) Per kg prawn vitamin premux contains 22.2 mg Inositol,11.1 mg V_C,8.3 mg V_A,2.2 mg V_{B1},5.6 mg V_{B2},0.6 mg V_{B6},0.6 mg V_K,0.2 mg Folic acids,0.12 mg V_{B12},0.06 mg V_H,4.4 mg V_E and 944.2 mg Cellulose;(3) Digestible energy:Protein 16.747 J/g,Lipid 33.941 J/g,Carbohydrate 6.698 9 J/g.

1.2.2 消化试验 采用逐级扩大法在对照组和试验组饲料中均匀加入 0.5% Cr₂O₃ 作为指示剂,用于饲料消化率的测定。在饲养试验的最后 2 周,用制成的各组饲料饲喂相应对照组和试验组的南美白对虾。从第 4 天开始收集粪便。投料后 2 h 用虹吸法完全收取虾的粪便,50℃晾干,密封后置于冰箱中保存待测。其他试验条件和饲养管理均同 1.2.1。

干物质含量测定:在 105℃下烘干至恒重,采用失重法测定;粗蛋白含量测定:采用半微量凯氏定氮法测定样品的总氮含量,然后将测定结果乘以 6.25

得粗蛋白含量值;粗脂肪含量采用索式提取法,通过乙醚抽提失重法测定;灰分采用马福炉 550℃燃烧失重法测定;Cr₂O₃ 测定用湿式灰化定量法测定。每个样品重复 3 次。

饲料养分表观消化率/%= $\left[1-\frac{C_1 \times P_2}{C_2 \times P_1}\right] \times 100\%$,

式中,C₁和C₂分别为日粮、粪便中Cr₂O₃含量(%);P₁和P₂分别为日粮、粪便中某养分含量(%).

1.2.3 样品采集 试验结束后,饥饿 24 h,称终末体重,同时收集各器官样品。

肝胰脏样品:取完整新鲜肝胰脏放入塑料袋中,置-70℃液氮冷冻,并立即转移至-70℃冰箱保存待测。

胃肠样品:取全部胃、肠,用冰的生理盐水冲洗内容物,用吸水纸吸干水分后装于塑料袋中,置-70℃液氮冷冻,并立即转移至-70℃冰箱保存待测。

1.2.4 消化酶活性的测定 从-70℃冰箱中取出样品,解冻,分别取胃、肠、肝胰腺约0.5g,放入玻璃匀浆器中,加入2.5mL预冷的超纯水,冰浴中匀浆,匀浆液于4000r/min冷冻离心机(0~4℃)中离心15min,取部分浆液参考文献[2]的方法直接测脂肪酶活性;剩余部分再于9000r/min离心20min,取上清液,参考刘玉梅等^[3,4]的方法测定胃蛋白酶、胰蛋白酶及淀粉酶活性。

各种消化酶的活性定义为:每分钟每毫克蛋白所具有的活力单位数。

1.3 数据统计

各处理间平均值的比较采用方差分析中的最小

显著极差法(LSD),结果以($\bar{x}\pm SD$)表示。计算程序采用SAS(6.12)中的一般线性模式。

2 结果与分析

2.1 TMAO 对南美白对虾生长性能的影响

表2结果表明,4,6和8g/kgTMAO添加组南美白对虾终末平均体重较对照组分别提高了10.48%($P<0.05$),13.60%($P<0.05$)和7.93%($P<0.05$),增重率较对照组分别提高了10.94%($P<0.05$),14.61%($P<0.05$)和9.26%($P<0.05$);2和4g/kgTMAO添加组饵料系数较对照组分别下降了3.62%($P<0.05$)和5.07%($P<0.05$),蛋白质效率较对照组分别提高了8.38%($P<0.05$)和11.52%($P<0.05$)。各TMAO添加组中,南美白对虾的日增重、特定生长率和存活率较对照组均有所提高,但差异不显著($P>0.05$)。上述结果表明,在南美白对虾的生长过程中,TMAO具有促进生长作用。

表 2 TMAO 对南美白对虾生长性能的影响(n=3)				
Table 2 Effects of TMAO on the growth performance of <i>Penaeus vannamei</i> Juveniles(n=3)				
TMAO 添加量/ (g·kg ⁻¹) Levers of added TMAO	初始平均体重/g Initial body weight	终末平均体重/g Final body weight	日增重/g Daily weight gain	增重率/% Weight gain rate
0	1.01±0.08	7.06±0.27 b	0.108±0.01	598.81±21.48 c
2	1.01±0.06	7.28±0.19b	0.119±0.02	620.99±18.17 c
4	1.02±0.02	7.80±0.12 a	0.125±0.01	664.31±12.76 ab
6	1.02±0.07	8.02±0.08 a	0.121±0.03	686.27±20.46 a
8	1.01±0.09	7.62±0.16 a	0.118±0.02	654.26±14.57 b
TMAO 添加量/ (g·kg ⁻¹) Levers of added TMAO	特定生长率/% Specific growth rate	存活率/% Survival rate	饵料系数/% Feed conversion rate	蛋白质效率/% Protein efficiency rate
0	3.47±0.18	96.25±5.61	1.38±0.02 a	1.91±0.04 b
2	3.53±0.03	97.84±4.28	1.33±0.03 b	2.07±0.02 a
4	3.63±0.05	98.35±3.14	1.31±0.01 b	2.13±0.08 a
6	3.68±0.12	98.24±6.19	1.34±0.02 ab	2.10±0.01 ab
8	3.61±0.09	98.03±2.47	1.36±0.02 ab	1.98±0.04 b

注:结果以“平均数±标准差”表示。同一列中字母不同者示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Notes: Values are presented as means and standard deviations. Means within a line with different letters differ significantly ($P<0.05$). The same in following tables.

2.2 TMAO 对南美白对虾饲料养分表观消化率的影响

由表3可见,饲料中添加不同量TMAO后,南美白对虾对干物质、粗蛋白、粗脂肪和灰分的表观消化率较对照组均有所提高,而各TMAO添加组对粗脂肪的表观消化率影响不显著($P>0.05$)。4g/kgTMAO添加组南美白对虾对干物质、粗蛋白

和灰分的表观消化率较对照组分别提高了8.43%($P<0.05$),5.86%($P<0.05$)和10.27%($P<0.05$);6g/kgTMAO添加组南美白对虾对干物质、粗蛋白和灰分的表观消化率较对照组分别提高了7.88%($P<0.05$),5.60%($P<0.05$)和9.41%($P<0.05$)。2和8g/kgTMAO添加组南美白对虾对4种物质的表观消化率均无明显影响。各TMAO

添加组间干物质、粗蛋白和灰分的表观消化率无显著差异($P>0.05$)。

表 3 TMAO 对南美白对虾饲料养分表观消化率的影响($n=3$)

Table 3 Effects of TMAO on the apparent digestibility of feed nutrient of *Penaeus vannamei* Juveniles ($n=3$) %

TMAO 添加量/(g · kg ⁻¹) Levers of added TMAO	干物质 Dry matter	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Ether extract	灰分 Ash
0	76.19±4.16 b	87.31±3.14 b	57.16±2.13	85.16±4.38 b
2	81.32±2.01 ab	90.48±4.28 ab	58.73±1.49	89.34±5.14 ab
4	82.61±3.18 a	92.43±2.08 a	60.34±1.07	93.91±2.37 a
6	82.19±2.83 a	92.20±1.47 a	59.04±3.09	93.17±6.79 a
8	80.93±3.07 ab	89.79±3.12 ab	58.42±2.34	92.06±1.43 ab

2.3 TMAO 对南美白对虾消化酶活性的影响

不同剂量 TMAO 对南美白对虾胃、肝胰脏和肠道中几种消化酶活性的影响结果见表 4。表 4 结果表明,各 TMAO 添加组的胃蛋白酶和肝胰脏脂肪酶活性较对照组有所上升,但差异不显著($P>0.05$),各 TMAO 添加组之间酶活性差异也不显著($P>0.05$)。2,4 和 6 g/kg TMAO 添加组与对照组相比,南美白对虾的肝胰脏蛋白酶活性分别提高了 8.26% ($P<0.05$),11.05% ($P<0.05$)和 10.27%

($P<0.05$),肝胰脏淀粉酶活性分别提高了 25.15% ($P<0.05$),33.94% ($P<0.05$)和 31.21% ($P<0.05$),肠道淀粉酶活性分别提高了 26.51% ($P<0.05$),31.73% ($P<0.05$)和 30.52% ($P<0.05$);同时,4 和 6 g/kgTMAO 添加组与对照组相比,南美白对虾的肠道蛋白酶活性分别提高了 6.46% ($P<0.05$)和 5.70% ($P<0.05$); 8 g/kgTMAO 添加组与对照组相比,仅肝胰脏蛋白酶活性差异显著,提高了 9.26% ($P<0.05$)。

表 4 TMAO 对南美白对虾消化酶活性的影响($n=3$)

Table 4 Effects of TMAO on activity of digestive enzymes of *Penaeus vannamei* Juveniles ($n=3$) U/mg

TMAO 添加量/(g · kg ⁻¹) Levers of added TMAO	胃蛋白酶 Stomach protease	肝胰脏蛋白酶 Hepatopancreas protease	肝胰脏淀粉酶 Hepatopancreas amylase
0	0.415±0.051	0.896±0.049 b	0.330±0.046 b
2	0.473±0.042	0.970±0.032 a	0.413±0.073 a
4	0.507±0.039	0.995±0.040 a	0.442±0.019 a
6	0.547±0.054	0.988±0.029 a	0.433±0.037 a
8	0.526±0.049	0.979±0.052 a	0.381±0.021 ab

TMAO 添加量/(g · kg ⁻¹) Levers of added TMAO	肝胰脏脂肪酶 Hepatopancreas lipase	肠道蛋白酶 Intestine protease	肠道淀粉酶 Intestine amylase
0	0.064±0.008	0.913±0.035 b	0.249±0.028 b
2	0.069±0.002	0.946±0.019 ab	0.315±0.013 a
4	0.071±0.004	0.972±0.048 a	0.328±0.039 a
6	0.073±0.010	0.965±0.021 a	0.325±0.021 a
8	0.070±0.001	0.924±0.008 b	0.294±0.032 ab

3 讨 论

本研究结果表明,饲料中添加一定量的 TMAO,可促进南美白对虾的生长,提高南美白对虾的终末重、日增重、特定生长率和存活率,提高蛋白质效率,降低饵料系数。Overland 等^[1]将 TMAO 应用于肥育猪的生长研究,进行了 2 个生长试验,结果表明,用 TMAO 饲喂生长肥育猪时,1 g/kgTMAO 添加组的饲料转化效率提高了 7% ($P<0.01$),料重比明显降低($P<0.05$);5 g/kgTMAO 添加组平均日采食量明显提高($P<0.05$),料重比

明显降低($P<0.05$);1,2 和 5 g/kgTMAO 添加组日增重均未产生显著变化;在高脂肪(粗脂肪 13%)的生长肥育猪日粮中添加 10 g/kgTMAO 能增加生长肥育猪的日增重和饲料转化效率。Ilia 等^[7]研究发现,一定数量的生物重要蛋白或蛋白区并未折叠或部分折叠,TMAO 可使两种非折叠蛋白折叠成有功能的自然品种蛋白,并使糖皮质激素受体片段的残基 1~500 和残基 77~262 重新结合,因而在蛋白质的形成过程中起协同作用,促进动物的生长。Baker 等^[6]研究表明,TMAO 可以诱导有丝分裂和四倍体产生。朱梅^[7]的研究表明,添加 TMAO 使生

长肥育猪生长激素含量提高,从而使生长速度加快。由于细胞增殖是由有丝分裂开始的,肌肉组织的生长与肌肉细胞的增殖密切相关,推测 TMAO 可能通过促进肌肉细胞的增殖来促进肌肉组织的生长。

研究表明^[8],TMAO 能提高生物体细胞抗高温、高盐和高渗透环境的耐受力,保持生物体胃肠道内环境平衡(包括微生物区系平衡和离子平衡),促进消化道内源性消化酶的分泌,并提高消化酶的活性。本研究发现,TMAO 显著提高了南美白对虾肝胰脏和肠道中的蛋白酶和淀粉酶活性,这与国外在肉鸡上的研究报道基本一致^[9]。其机理可能是,TMAO 能够保持南美白对虾胃肠道内环境的平衡,排除了南美白对虾在应激状态(疾病、营养缺乏或消化道病原感染等)下受到的影响,从而使消化酶活性得以提高。消化酶活性的提高和分泌量的增加,使南美白对虾的消化能力增强,从而提高了饲料干物质、粗蛋白、粗脂肪和灰分的表观消化率。

Biesiot 等^[10]对美洲龙虾(*Homarus americanus*)的

研究表明,龙虾的脂肪酶活力较低。刘立鹤等^[11]研究表明,南美白对虾对粗脂肪的消化率较低,一般在 60%左右。本研究结果表明,饲料中添加 TMAO 可提高南美白对虾脂肪酶活性,该结果与以上的研究结果基本一致。本研究所采用的南美白对虾食性较杂,虾体内脂肪酶活性很有可能不高,从而导致脂肪表观消化率较低。另外,本试验中粪便的收集主要集中在试验中后期,饲料的蛋白水平也较高,可能会导致其脂肪利用率不高。

综上所述,饲料中添加 TMAO,可以提高南美白对虾消化酶的活性,从而提高养分的消化率,促进生长。而且 TMAO 可以促进南美白对虾肌肉组织蛋白质的折叠,从而促进生长。另外,添加 TMAO 能否使南美白对虾的生长激素含量提高,TMAO 特殊的鲜味和腥味能否对南美白对虾起到诱食作用,以及如何提高南美白对虾对脂肪的消化率,均需做进一步的研究。

[参考文献]

- [1] Øverland M, Rørvik K A, Skrede A. Effect of trimethylamine oxide and betaine in swine diets on growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and sensory quality of pork[J]. Anim Sci, 1999, 77: 2143–2153.
- [2] 中山大学生物系. 生化技术导论[M]. 北京: 人民教育出版社, 1979. 52–54.
- [3] 刘玉梅, 朱瑾钊, 吴厚余, 等. 中国对虾幼体和仔虾消化酶活力及氨基酸组成[J]. 海洋与湖泊, 1991, (22): 6.
- [4] 刘玉梅, 朱瑾钊. 对虾消化酶的研究[J]. 海洋科学, 1984, (5): 46–50.
- [5] Ilia V Baskakov, Raj Kumar, Ganesan Srinivasan, et al. Trimethylamine N-oxide-induced cooperative folding of an intrinsically unfold transcription-activating fragment of human glucocorticoid receptor[J]. Journal of Biological Chemistry, 1999, 274(16): 10693–10696.
- [6] Baker J R, Struempier A, Chaykin S. A comparative study of trimethylamine-N-oxide biosynthesis[J]. Biochim Biophys Acta, 1963, 71: 58–64.
- [7] 朱 梅. 氧化三甲胺对生长肥育猪生长性能、胴体组成和肉质的影响及其作用机理探讨[D]. 杭州: 浙江大学, 2001.
- [8] Yancey P H, Clark M E, Hand S C, et al. Living with water stress evolution of osmolyte systems[J]. Science, 1982, 217: 1214–1222.
- [9] Saunderson C L, Mackinlay J. Changes in body weight, composition and hepatic enzyme activities in response to dietary methionine, betaine and choline levels in growing chicks[J]. British Journal of Nutrition, 1990, 63: 339–349.
- [10] Biesiot P M, Capuguzzo J M. Change in digestive enzyme activities during early development of the American lobster *Homarus americanus*[J]. Experimental Marine Biology and Ecology, 1990, 136: 107–122.
- [11] 刘立鹤, 郑石轩, 郑献昌, 等. 饲料中添加不同诱食剂对南美白对虾生长和饲料消化的影响[J]. 淡水渔业, 2003, 33(5): 12–15.

Effects of trimethylamine oxide on growth, apparent digestibility coefficient and activity of digestive enzymes in *Penaeus vannamei* Juveniles

ZHU Xing-yi, XIA Mei-sheng, HU Cai-hong

(Institute of Feed Science, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310029, China)

Abstract: Common Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) Juveniles with body weight of (1.01 ± 0.05) g were fed diets supplemented with trimethylamine oxide (TMAO) at a level of 0, 2, 4, 6 and 8 g/kg

respectively for 8 weeks after a week of temporary feeding with basal diets. The results were as follows: (1) Addition of 4, 6 and 8 g/kg TMAO increased ($P < 0.05$) the final body weight and weight gain rate. Addition of 2 and 4 g/kg TMAO decreased ($P < 0.05$) the feed conversion rate and the protein efficiency rate of the juveniles. (2) Adding 4 and 6 g/kg TMAO significantly improved ($P < 0.05$) the apparent digestibility coefficients of dry matter, crude protein and ash. (3) The activity of hepatopancreas protease, hepatopancreas amylase and intestine amylase of the groups adding 2, 4 and 6 g/kg TMAO and the activity of hepatopancreas protease of the group adding 8 g/kg TMAO were higher ($P < 0.05$) as compared with those of the control group. Addition of 4 and 6 g/kg TMAO also significantly improved ($P < 0.05$) the activity of intestine protease. There was no significant effect on the activity of stomach protease and hepatopancreas lipase by adding TMAO to the diets ($P > 0.05$).

Key words: trimethylamine oxide; *Penaeus vannamei*; growth; apparent digestibility; activity of digestive enzyme

(上接第 42 页)

Abstract ID: 1671-9387(2005)11-0039-EA

Application of SU-MIAN-XIN in sheep's embryo transplant

QUAN Fu-sheng, ZHAO Xiao-e, LIU Feng-jun,

LI Xiang-chen, YANG Chun-hua, ZHANG Yong

(Institute of Bio-Technology Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The aim of this study was to evaluate anesthesia effect of SU-MIAN-XIN administered intravenously and intramuscularly on sheep donors and recipients for embryo transplant. Physiological constants, narcosis efficiency and the time required to get anesthesia were examined and compared with results as follows: both impartation ways had reliable narcosis effect, however, vein anesthesia needed $4/5 - 6/7$ less dosage to get into and shorter (1.03—3.82 min) time to relieve from anesthesia than that of intramuscular anesthesia. Meantime, it was also safer and more efficient to use; the breed of sheep affected responses and body weight, physique, and weather also affect the dose and effect of narcosis.

Key words: SU-MIAN-XIN; anesthesia; sheep; embryo transplant