

# TMAO 对南美白对虾诱食活性的初步研究<sup>\*</sup>

张红梅, 夏枚生, 胡彩虹

(浙江大学 动物科学学院 饲料研究所, 浙江 杭州 310029)

**[摘要]** 应用摄食行为观察法, 研究了氧化三甲胺(TMAO)对南美白对虾的诱食活性。结果表明, TMAO 对南美白对虾具有强烈的引诱和促摄食作用, 与甘氨酸、丙氨酸、蛋氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、甜菜碱和 2-甲基- $\beta$ 丙噻啉(DMPT)相比, 其表现出了最短的第一反应时间和最多的吞食颗粒数; TMAO 添加量为 0.5~3.0 g/kg 时, 南美白对虾对饵料的第一反应时间随 TMAO 添加量的增加而缩短, 30 min 内吞食饲料的颗粒数随 TMAO 添加量的增加而提高。由此可以断定 TMAO 是一种良好的对虾诱食物质。

**[关键词]** TMAO; 南美白对虾; 摄食行为; 诱食活性

**[中图分类号]** S966.12<sup>+</sup> 9.373<sup>+</sup>.5

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2005)09-0031-04

水产诱食剂亦称适口性添加剂, 是以水产动物的摄食生理为理论基础, 研制的能将鱼虾吸引到食物周围并激起其食欲, 进而促进其摄食的一类物质。水产诱食剂作为饲料添加剂的 1 种重要物质, 一方面通过特殊气味掩盖饲料中的不良气味, 刺激鱼虾的感觉器官, 以达到促进鱼虾摄食、加快鱼虾生长的目的; 另一方面, 通过诱食剂诱导鱼虾摄食, 可减少水体中饲料残饵, 提高饲料利用率, 减少过剩饲料对水体造成的二次污染<sup>[1]</sup>。因此新型诱食剂的研究、开发日益受到人们的关注, 并显示出了重大的经济和社会效益。氧化三甲胺(TMAO)是一种生物碱类物质, 广泛分布于海产硬骨鱼类的肌肉和软体动物(乌贼)及海生寡毛类动物体内, 具有特殊的鲜味和爽口的甜味<sup>[2,3]</sup>, 近年来研究<sup>[4]</sup>发现, TMAO 对鲫鱼和甲鱼有较强的诱食效果。但不同动物的喜好不同, 其对南美白对虾的诱食效果未见报道。南美白对虾是一种广盐性海水虾类, 淡化后可以在大陆淡水水体中人工养殖, 近年来已在我国内陆各省市逐渐大面积推广。随着养殖环境的改变, 其对饲料适口性的要求进一步提高。本试验应用摄食行为观察法, 研究 TMAO 对南美白对虾摄食行为的影响, 并以其他 7 种诱食物质作为对照, 以评价 TMAO 的诱食效果, 旨在为 TMAO 在对虾养殖中的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物

试验用南美白对虾由浙江萧山水产技术推广站

提供, 个体重 3~4 g, 体长 6~7 cm。在含盐量 2 g/L 的人工半咸水中暂养 1 周后, 补充淡水, 逐渐淡化到淡水中生长, 挑选健康活泼的个体进行试验。

### 1.2 诱食物质

诱食物质有甘氨酸、丙氨酸、蛋氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、甜菜碱、2-甲基- $\beta$ 丙噻啉(DMPT)和 TMAO。TMAO 质量分数为 98%, 由杭州海斯高饲料科技有限公司生产提供, 其分子式为  $C_3H_{13}NO_3$ , 结构式为  $(CH_3)_3N=O \cdot 2H_2O$ 。

### 1.3 试验方法与步骤

2 个玻璃水族箱(0.6 m × 0.4 m × 0.5 m)并排放置, 相互之间以暗色隔板相隔, 使其相互没有干扰。每个箱中放大约 95 L 水, 水温保持在 25<sup>°</sup>,  $NH_3-N < 0.5 \text{ mg/L}$ ,  $DO > 5 \text{ mg/L}$ , 12 h 光照, 每个水族箱的光度一致。正式试验前 24 h, 在每个水族箱中随机放入 10 尾南美白对虾, 使其能够完全适应周围的环境, 操作时没有惊跳反应。

#### 1.3.1 8 种诱食物质对南美白对虾的诱食效果

试验饵料以面粉为载体, 加质量分数 10% 的羟甲基纤维素为粘合剂, 8 种诱食物质均用蒸馏水提前配制成溶液, 并使 10 g 面粉中添加一定的试验液后, 保证 8 种诱食物质的添加量均为 1 g/kg。戴上医用手套, 将其搓成 2.0 mm × 4.0 mm 的饲料颗粒备用。对照组成成分仅为面粉和羟甲基纤维素。在每个水族箱左右两边分别放置 30 粒对照饵料和试验饵料, 且两箱中饲料互换位置。在距水族箱中央 1.5 m 处设置摄像机, 记录南美白对虾对饲料的反应时间, 从第

\* [收稿日期] 2005-01-05

[作者简介] 张红梅(1980-), 女, 内蒙古阿盟人, 在读硕士, 主要从事动物营养学研究。E-mail: hmzhang@zju.edu.cn

一次反应时间开始计时,记录 30 min 内南美白对虾啄咬并吞食的饲料颗粒数,以此作为评定指标。每个试验试剂重复 4 次。试验结束后,将试验水槽清洗干净,用酒精擦洗一遍,以保证不受其他试验液的干扰,等酒精挥发干净后注入蓄水池新水。换另一批虾重新试验。依次循环。

1.3.2 不同 TMAO 添加量对南美白对虾的诱食效果 将 TMAO 配成 10 g/kg 的母液,试验前将其稀释成不同浓度的溶液,使得 10 g 面粉中添加一定的 TMAO 后,保证其在面粉中的添加量分别为 0.5, 1.0, 2.0 和 3.0 g/kg。戴上医用手套,将其搓成 2.0 mm × 4.0 mm 的饲料颗粒备用。对照组成分仅为面粉和羧甲基纤维素。试验方法与 8 种诱食物质对南美白对虾诱食效果的方法相同,记录南美白对虾对饲料的反应时间和 30 min 内对虾啄咬并吞食的饲料颗粒数。

#### 1.4 计算与统计

以南美白对虾对以上 8 种诱食物质的第一反应时间,即第一次啄咬时间来评定其对南美白对虾的诱引作用。同时,以南美白对虾对添加以上 8 种诱食物质的饲料和对照组饲料的吞食颗粒数的差异,来评定其对南美白对虾的促摄食作用。所有试验数据均进行一元方差分析(ANOVA),差异显著者再进行 Duncan's 多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 TMAO 和其他 7 种诱食物质对南美白对虾的诱食效果

南美白对虾对 TMAO 与其他 7 种诱食物质的第一反应时间和对含 8 种诱食物质饲料的吞食颗粒数见表 1。

表 1 8 种诱食物质对南美白对虾的诱食效果

Table 1 Feeding attraction activities of eight feeding attractants for *Penaeus vannamei*

试验饲料 Experimental diets	添加量/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Content	第一反应时间/m in The first reactive time		吞食颗粒数 Biting	
		试验组 With stimulants	对照组 Control	试验组 With stimulants	对照组 Control
甘氨酸 Gly	1.0	5.42 ± 1.04 bcA	11.20 ± 2.31 B	13.20 ± 1.77 bx	6.24 ± 1.34 B
丙氨酸 Ala	1.0	13.01 ± 3.60 a	12.14 ± 3.09	4.53 ± 0.98 d	4.79 ± 0.83
蛋氨酸 Met	1.0	6.19 ± 1.52 bcA	10.86 ± 3.07 B	12.60 ± 2.01 bcx	4.86 ± 1.17 B
赖氨酸 Lys	1.0	7.10 ± 1.29 bA	10.52 ± 2.41 B	9.56 ± 2.76 cx	5.06 ± 0.77 B
苯丙氨酸 Phe	1.0	6.68 ± 2.01 bA	12.91 ± 0.93 B	8.12 ± 1.86 c	6.14 ± 0.93
甜菜碱 Betaine	1.0	5.17 ± 1.97 bcA	10.30 ± 2.01 B	15.40 ± 0.56 bA	5.30 ± 1.52 B
DMPT	1.0	3.97 ± 2.14 cA	11.07 ± 1.26 B	18.70 ± 0.56 abA	4.07 ± 0.66 B
TMAO	1.0	3.82 ± 1.12b cA	9.33 ± 1.02 B	19.40 ± 2.38 aA	5.01 ± 1.02 B

注: 同列数据间小写字母不同者差异显著 ( $P < 0.05$ ); 同行试验组与对照组数据间大写字母不同者差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。

Note: Means in a line with different lowercases differ significantly ( $P < 0.05$ ); Means in a row with different capitals differ significantly ( $P < 0.05$ ); the same in following tables.

由表 1 可以看出, 8 种诱食物质对南美白对虾的诱食效果差异很大, 对南美白对虾的促摄食作用也有所不同。其中 TMAO 的作用最强烈, 表现出最短的第一反应时间和最多的吞食颗粒数。DMPT、甜菜碱、甘氨酸和蛋氨酸的作用稍次之, 与 TMAO 之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 也表现出较为明显的促摄食作用。南美白对虾对赖氨酸和苯丙氨酸的反应虽较为缓慢, 但仍一定时间内表现出较为明显的诱食作用, 吞入颗粒数显著高于对照组。南美白对虾对苯丙氨酸的第一反应时间虽然显著快于对照组, 但吞入颗粒数却未提高, 这与周洪琪等<sup>[5]</sup>认为多数苦味氨基酸对鱼虾的引诱作用不明显的结论一致。此外由表 1 还可知, 丙氨酸对南美白对虾的诱食

效果较差。

### 2.2 不同 TMAO 添加量对南美白对虾的诱食效果

由表 2 可见, 南美白对虾对对照组饲料的第一反应时间显著高于各添加量的 TMAO 组 ( $P < 0.05$ ), 30 min 内吞食颗粒数显著低于各添加量的 TMAO 组 ( $P < 0.05$ )。TMAO 添加量在 0.5~3.0 g/kg 时, 南美白对虾的第一反应时间随 TMAO 添加浓度的增加而缩短, 30 min 内吞食饲料的颗粒数随 TMAO 添加量的增加而提高; 当 TMAO 添加量为 2.0 g/kg 以上时, 各组第一反应时间和 30 min 内吞食情况始终保持在高峰平台上, 并显著高于 0.5~1.0 g/kg 添加量组 ( $P < 0.05$ )。

表2 不同 TMAO 添加量对南美白对虾的诱食效果

Table 2 Feeding attraction activities of the different concentration of the TMAO for *Penaeus vannamei*

添加量/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Content	第一反应时间/m in The first reactive time		吞食颗粒数 Biting	
	试验组 With stimulants	对照组 Control	试验组 With stimulants	对照组 Control
0.5	6.94 ± 1.09 aA	10.20 ± 2.06 B	14.36 ± 1.88 dA	5.79 ± 1.25 B
1.0	4.67 ± 1.12 bA	9.35 ± 1.02 B	18.22 ± 0.56 cA	5.01 ± 1.02 B
2.0	2.80 ± 0.46 cA	8.94 ± 0.58 B	21.01 ± 1.15 aA	4.86 ± 2.71 B
3.0	2.41 ± 0.63 cA	9.05 ± 1.11 B	21.98 ± 1.53 aA	6.15 ± 0.97 B

### 3 讨论

Jones<sup>[6]</sup>认为,水产动物的摄食过程大致分为3个阶段:起始阶段,即发觉或意识到食物的刺激和存在;寻找阶段,即寻找食物刺激的位置,并朝向食物,引起食欲,表现出吞咽、咬食物动作;摄食阶段,即摄入食物并判断食物的适口性、可食性,以食物的摄入为标志。一般将能使鱼虾集中于饵料周围的化学物质叫做促引诱物质,将具有促进鱼虾摄食行动的化学物质叫做促摄食物质<sup>[7]</sup>。对鱼虾来说,很多物质同时具有引诱和促摄食作用,一般都以促摄食物质处理。众多研究<sup>[8-12]</sup>表明,对鱼虾起促摄食作用的化学感受物为氨基酸、核酸类物质、甜菜碱、含硫有机物等。TMAO 是一种生物碱类物质,其化学结构与甲基供体如胆碱、甜菜碱和 S-腺苷甲硫氨酸相似。TMAO [(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N<sup>+</sup>O<sup>-</sup>]与甜菜碱[(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>NCH<sub>2</sub>COOH]的区别是甜菜碱上的甘氨酸被O<sup>-</sup>取代。国内外学者分别对甲鱼<sup>[4]</sup>、红鲟鱼<sup>[12]</sup>及生长育肥猪<sup>[13]</sup>的研究结果显示,TMAO 具有显著的促生长作用,可较大幅度地降低饲料系数,提高饲料的利用率和转化率。本试验对 TMAO 与甘氨酸、丙氨酸、蛋氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、甜菜碱及DMPT 的诱食效果进行了比较研究,结果表明,TMAO 对南美白对虾具有强烈的引诱和促摄食作用,表现出了最短的第一反应时间和

最多的吞食颗粒数,其诱食活性与DMPT、甜菜碱、甘氨酸和蛋氨酸的差异不显著( $P > 0.05$ )。吕民主等<sup>[14]</sup>报道,浓度为1.0 g/kg 的 TMAO 对红鲟鱼有极显著的诱食效果,6次试验结果表明,试验组的逐食次数平均为对照组的4.42倍,这与本试验结果相类似,可能是由于 TMAO 具有特殊的鲜味和爽口的甜味,对鱼虾类具有强烈的刺激作用;李清<sup>[15]</sup>认为,丙氨酸对大多数鱼类有引诱作用。而本试验结果表明,丙氨酸对南美白对虾的诱食效果较差,这可能是由于不同鱼虾类的味、嗅觉感受器不同,其对氨基酸及其他刺激物的识别和敏感性也不同,从而导致同一种物质对不同鱼虾类的刺激效果存在差异。

本试验结果亦表明,TMAO 在饵料中的添加量不同,其对南美白对虾的诱食性也存在差异。当 TMAO 添加量为0.5~3.0 g/kg 时,南美白对虾的第一反应时间随 TMAO 添加量的增加而缩短,30 m in 内吞食饲料的颗粒数随 TMAO 添加量的增加而提高,特别是 TMAO 添加量在高于2.0 g/kg 时,各组的第一反应时间和30 m in 内吞食颗粒数始终保持在一个较高的水平,这与 Pitchery<sup>[16]</sup>、周洪琪<sup>[17]</sup>的研究结果相似,即化学刺激物诱发鱼虾的趋食性取决于刺激物的浓度和味迹浓度梯度大小。此外,关于 TMAO 的诱食机理及其与其他诱食物质组合的协同作用还有待于进一步研究。

### [参考文献]

- [1] 郭福有. 鱼虾诱食剂在水产业中的应用[J]. 广东畜牧兽医科技, 1998, 23(4): 31- 33
- [2] A ren V W. Biochemistry of non-protein nitrogenous compounds in fish including the use of amino acids for anaerobic energy production [J]. Comp Biochem Physiol, 1988, 91B (2): 207- 228
- [3] A gustsson I B. Biosynthesis and turnover of trimethylamine oxide in the teleost cod, *Gadus m orhua* [J]. J Biol Chem, 1981, 256: 8045- 8049
- [4] 吕民主, 李梅姿, 韦 勇. 氧化三甲胺不同添加量对鱼类促生长的研究[J]. 饲料研究, 2004, (5): 41- 43
- [5] 周洪琪, 彼得约翰逊. pH 对鱼类化学感觉的影响[J]. 水产学报, 1998, 12(2): 169- 172
- [6] Jones K A. Food search behavior in fish and the use of chemical lures in commercial and sports[J]. Fish Chemoreception, 1992, 6: 288- 320
- [7] 荻野珍吉. 鱼类的营养与饲料[M]. 北京: 海洋出版社, 1987. 310- 332
- [8] 王吉桥. 虾蟹类摄食的化学感受与诱食剂[J]. 水产科学, 1994, 13(5): 3- 7

- [9] 中岛谦二 添加摄食引诱剂DMPT对海水鱼生长的影响[J]. 国外水产, 1992, 14(4): 27- 29.
- [10] Dias J, Gomes E F, Kaushik S J. Improvement of feed intake through supplementation with an attractant mix in *Eruopean seabass* fed plant-protein rich diet[J]. Aquat Living Resour, 1997, 10: 385- 389.
- [11] Dy Penafiorida V, Virtanen E. Growth, survival and feed conversion of juvenile shrimp fed a betaine/amion acid additive[J]. Isr J Aquacult, 1996, 48: 3- 9.
- [12] Rorvik K A, Steien S H. Urea and trimethylamine oxide in diets for seawater farmed rainbow trout: effect on fat belching, skin vesicle, winter ulcer and quality grading Aquac-nutr[J]. Blackwell Science, 1995, 6(4): 247- 254.
- [13] Overland M. Effect of trimethylamine oxide and betaine in swine diets on growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and sensory quality of pork[J]. J Anim Sci, 1999, 77(8): 2143- 2153.
- [14] 吕民主, 李梅姿. 氧化三甲胺在水产养殖上的应用[J]. 饲料研究, 2004, (3): 35- 37.
- [15] 李 清. 提高渔用配合饲料诱食性和适口性的途径[J]. 水利渔业, 1994, 24(3): 16- 20.
- [16] Pitchery T J. The behaviour of teleost fishes[M]. London and Sydney: Groom Helm, 1986 152- 176.
- [17] 周洪琪. 鱼类摄食行为的化学感觉调节[J]. 海洋渔业, 1988, 10(6): 263- 265.

## Preliminary study on feeding attraction activities of TMAO for *Penaeus vannamee*

ZHANG Hong-mei, XIA Mei-sheng, HU Cai-hong

(College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310029, China)

**Abstract:** Additives were used to study the effect on ingestion behaviour of *Penaeus vannamee*. The result showed TMAO had stronger attraction on the *Penaeus vannamee* as compared with the addition Ala, Gly, Met, Lys, Phe, Betaine and DMPT respectively. The effect of concentration of TMAO on the ingestion behaviour of the *Penaeus vannamee* was also investigated. The first reaction appeared sooner with the increase of the concentration of TMAO at a concentration range of 0.5- 3.0 mg/kg. The results show that TMAO can be used as a feeding attractant in the feed for *Penaeus vannamee*.

**Key words:** TMAO; *Penaeus vannamee*; ingestion behaviour; feeding attractant activity

## 《植物遗传资源学报》2006 年征订启事

《植物遗传资源学报》由中国工程院院士董玉琛研究员担任主编, 是中国农业科学院和中国农学会联合主办的专业性学术期刊, 现为全国优秀农业期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国生物学文摘和中国生物学文献数据库收录期刊。国内刊号 CN 11-4996/S, 国际统一刊号 ISSN 1672-1810。

报道内容: 大田、园艺作物, 观赏、药用植物, 林用植物, 草类植物及其一切经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新、信息学、管理学等; 以及起源、演化、分类等系统学; 基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

读者对象: 从事植物遗传资源科学研究工作的人员, 各有关大专院校师生及农业行政和推广人员。

本刊为季刊, 大 16 开本, 120 页。定价 10 元, 全年 40 元。邮发代号: 82-643, 各地邮局发行。

本刊编辑部常年办理订阅手续, 如需邮挂每期另加 3 元。

地 址: 北京市中关村南大街 12 号 中国农业科学院《植物遗传资源学报》编辑部

邮 编: 100081 电 话: 010-62180257 62186657 62180279(兼传真)

E-mail: zwyczyxb2003@sina.com; zwyczyxb2003@163.com