

罗非鱼的味觉敏感性*

周 洪 琪

(上海水产大学养殖系, 上海 200090)

Peter B. Johnsen

(Monell Chemical Senses Center University of Pennsylvania, U. S. A.)

提要 应用氨基酸和配合饵料的水提取液刺激罗非鱼上唇的味蕾, 记录面神经纤维上的生物电变化, 研究罗非鱼味觉的生理特征。罗非鱼的味觉反应全部是瞬间的位相性变化, 反映了味觉的快适应性。在试验所用的 12 种刺激物中, 以精氨酸、谷氨酸、天门冬氨酸和配合饵料水提取液的刺激效果最强, 我们认为, 这是由于外周味感觉器对于摄食信息物质具有特殊的敏感性。

关键词 罗非鱼 味觉敏感性 氨基酸

Strieck 最早运用条件试验证实了鱼类如同陆生脊椎动物一样具有味觉, 味觉对于鱼类的生活尤其是摄食行为起着重要的作用。尔后学者们研究了鲤鱼、海鲇、云纹叉尾鲷、大西洋鲑、东方鲀、斑点叉尾鲷、鳗鲡、真鲷等鱼的味神经反应^[3-7,10,11,13,14], 发现它们对于 2—3 个碳原子的中性氨基酸、碱性氨基酸和亚氨基酸的味觉反应强烈, 除了虹鳟之外, 在摄食行为试验中均得到了相似的结果。Johnsen 等把罗非鱼爱吃的生菜分离成不同的组分, 运用摄食行为试验研究罗非鱼的诱饵物质, 得到了与上述诸鱼不同的结果, 酸性氨基酸谷氨酸和天门冬氨酸能够促进摄食^[9]。为进一步了解这种差异是否由于鱼类味觉机能的不同所致, 本文报告罗非鱼对不同氨基酸的味觉敏感性, 以及味刺激物与摄食行为之间的关系, 为研究和生产鱼类的诱饵物质提供理论依据。

一、材料与方 法

试验自 1985 年 7 月—1986 年 2 月。试验用的罗非鱼 (*Tilapia zillii*) 体长为 60—110mm。每条鱼分别饲养在充气、控温(25.5—26.5℃)的 38L 水族箱内, 每天光照 12h, 黑暗 12h。星期一至星期五, 每天投喂植物性配合饵料一次 (Tetra Special Vegetable Diet, Tetramin Co.)。

测定前先用 MS222(tricaine-methane sulphonate 1:20000 稀释)麻醉试验鱼, 然后肌

* 本文系 1985—1986 年在美国宾夕法尼亚大学蒙尼尔化学感觉中心访问研究期间的课题。
接受日期: 1991 年 9 月 7 日。

肉注射箭毒 (0.001mg/g 体重),以湿纸包裹鱼体,将鱼侧卧于鱼台上。在整个试验过程中用活性炭过滤和充气的水自口腔流入,在下面一侧的鳃裂流出,以保证试验鱼的正常呼吸。摘除试验鱼上侧眼球,暴露面神经,并分离其神经纤维。将已经分离出来的支配味觉的面神经纤维置于两个钩形铂电极上,滴 3—4 滴矿物油于神经上,以防干燥。味觉生物电反应由铂电极经过前置放大器,显示在示波器上,记录在描笔记录仪上。

试验的氨基酸溶液如表 1 所示。为保证其新鲜,每周用去离子水配制试验对照液 (0.3mmol/L NaCl, 0.2mmol/L KCl, 0.2mmol/L CaCl₂, 0.2mmol/L NaHCO₃),然后将试验的 L-氨基酸溶解在对照液中配制氨基酸刺激原液,其浓度为 1×10^{-2} mol/L,保存于 8℃ 冰箱中。试验当天,用对照液将原液稀释为 1×10^{-3} mol/L 的刺激液并配制 1% 配合饵料的水提取液;将购买的植物性配合饵料称重,加 1/2 所需体积的对照液,匀浆 5min,离心 1min 后过滤,弃滤渣,滤液中加入对照液至所需体积为止。

刺激液由样品注射器送到罗非鱼的上唇,微机 Commodore 64 控制样品的选择、样品注射阀以及描笔记录仪。每次给予 1ml 刺激液,刺激间隔为 210s,间隔期间对照液连续流过上唇 (7ml/min)。光电比色法确定流过上唇的刺激液实际浓度,它们至少被稀释 23%。

二、结 果

11 种氨基酸和 1% 配合饵料水提取液刺激得到的味觉反应,均是瞬间的位相性变化。其中以精氨酸、谷氨酸、天门冬氨酸和 1% 配合饵料水提取液的刺激效果最强,而且 1% 配合饵料水提取液诱发的反应始终大于所有的氨基酸反应(图 1)。

反应的大小由反应的底线到顶峰的间距表示,以丙氨酸刺激诱发的反应大小为 100%,计算其余 10 种氨基酸的相对刺激效果(表 1)。方差分析结果 $P < 0.01$,说明氨基酸刺激对味觉反应有显著性影响。运用 Student-Newman-Keuls 法分析不同氨基酸的刺激效果是否存在显著性差异,结果指出,11 种氨基酸的刺激效果可以分为 4 组:第一组刺激最强,是精氨酸、谷氨酸和天门冬氨酸,它们的刺激效果明显地比其余氨基酸的强,然而它们之间没有显著性差异;第二组是半胱氨酸、丝氨酸和丙氨酸;第三组是丙氨酸、苏氨酸和苯丙氨酸;第四组是苏氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、甘氨酸和脯氨酸。从分析结果看,后 3 个组的氨基酸刺激效果有重叠现象。

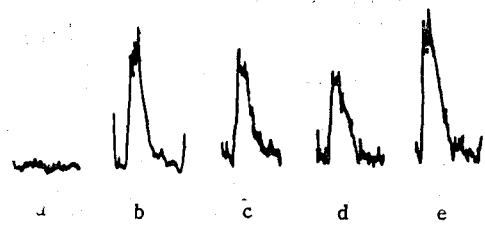


图 1 罗非鱼面神经的味觉反应

Fig. 1 Taste responses of *Tilapia zillii* from facial nerve

a. 对照反应; b. 对 1×10^{-3} mol/L 精氨酸的反应;
c. 对 1×10^{-3} mol/L 谷氨酸的反应; d. 对 1×10^{-3}
mol/L 天门冬氨酸的反应; e. 对 1% 配合饵料水提取液
的反应。

三、讨 论

罗非鱼对于氨基酸和配合饵料水提取液的味觉反应均为瞬间位相性变化。这种反应

表 1 氨基酸对罗非鱼上唇的相对刺激效果

Tab. 1 Relative stimulatory efficacy of amino acids on *Tilapia zillii*

氨基酸(1×10^{-3} mol/L)	相对刺激效果(%, $\bar{X} \pm SD$)
精氨酸	163.0 \pm 23.4
谷氨酸	148.9 \pm 21.9
天门冬氨酸	139.6 \pm 32.3
半胱氨酸	113.6 \pm 11.4
丝氨酸	103.3 \pm 15.7
丙氨酸	100
苯丙氨酸	75.3 \pm 32.3
苏氨酸	75.3 \pm 33.2
蛋氨酸	69.3 \pm 14.1
甘氨酸	65.4 \pm 24.3
脯氨酸	50.7 \pm 15.5

表 2 罗非鱼和氨基酸的方差分析

Tab. 2 Analysis of variance for *Tilapia zillii* and amino acids

变异来源	自由度	离均差平方和	均 方	F	P
罗非鱼	7	5498.2			
氨基酸	10	111199.6	11120.0	23.2	<0.01
误差	70	33619.3			
总变异	87	150317.1			

型式与从斑点叉尾鲷 *Ictalurus punctatus* 的面神经、舌咽迷走神经上记录的反应、与鲤鱼面神经上记录的反应相同;但是不同于大西洋鲑 *Salmo salar*、鳗鲡 *Anguilla japonica*、麦穗鱼 *Pseudorasbora parva* 面神经上记录的反应,后三种鱼的味觉反应包括位相性和紧张性两种成分。反应的型式随着鱼的种类、刺激时间的长短而有差异。本试验中短暂的刺激得到瞬间的位相变化,说明罗非鱼具有味觉快适应的特性,鱼生活的水环境中存在着各种化学物质,这些物质犹如本底“噪音”,外周味感受器对这些本底“噪音”的快适应,相应地减少了对于具有生物学意义的一些化学刺激物的干扰。

罗非鱼对氨基酸的味反应谱与其它鱼类的不同。罗非鱼的味感受器对精氨酸、谷氨酸和天门冬氨酸最敏感,而东方鲀 *Fugu pardalis* 的味感受器对丙氨酸、甘氨酸和脯氨酸最敏感,鳗鲡的味感受器对甘氨酸和精氨酸最敏感,斑点叉尾鲷的味感受器对于丙氨酸和精氨酸最敏感。此外,罗非鱼的味敏感性与摄食行为之间存在相关性,罗非鱼外周味感受器最为敏感的谷氨酸和天门冬氨酸能够促进其摄食,而最不敏感的甘氨酸和脯氨酸不能诱发其摄食。鳗鲡^[44]、东方鲀^[7]、真鲷 *Chrysophrys major*^[6]的摄食行为与味神经冲动之间也观察到相似的结果。这是由于不同鱼类生活在不同的生态环境里,吃食不同的饵料,饵料化学成分在质和量上的差异,使鱼类对于嗜好食物里的某些成分具有特殊的味敏感性,因而使鱼类的摄食有选择性。说明味觉是选择性摄食的关键。

精氨酸对罗非鱼的味感受器是强刺激,这种氨基酸是罗非鱼的必需氨基酸之一^[12],罗非鱼对它的需要量不能少于 1.8%^[8],所以外周味感受器对精氨酸的高度敏感性有利于鱼类对于精氨酸含量丰富的饵料的摄取,保证了对精氨酸的营养需要。

在试验的 11 种氨基酸溶液中,天门冬氨酸和谷氨酸的 pH 分别为 3.4 和 3.6;精氨酸的 pH 为 9.1;其余皆为中性溶液。周洪琪等指出, pH 明显影响天门冬氨酸和谷氨酸的味刺激效果,然而对于精氨酸的刺激效果没有显著的影响,这是由于酸性使许多味感受器、味神经纤维兴奋的结果,因而得到强的味神经反应^[1]。pH 对罗非鱼的摄食行为也有相同的影响,其促进摄食的反应随着 pH 的变小而增大^[2]。Konishi 等记录鲤鱼味神经纤维反应时,也曾观察到酸刺激能够使大部分的味神经纤维兴奋^[11]。

1% 配合饵料水提取液始终诱发最大的味觉反应,在海鲇也有类似的报道,海鲇的许多味觉纤维仅仅对动物组织提取液的刺激有反应。饲养试验开始时,植物性配合饵料对于罗非鱼并不适口,投喂几个月以后,鱼逐渐适应,配合饵料就成为适口饵料,其味刺激成为摄食的信号,所以鱼能够作出强的味觉反应,这就是味觉对鱼类选择性摄食行为调节的高度适应性。

综上所述,罗非鱼的味觉敏感性具有种属特异性,它们对于饵料里某些成分具有特殊的敏感性,这些成分能够诱发罗非鱼的摄食,同时味觉对鱼类选择性摄食的调节也具有适应性。

参 考 文 献

- [1] 周洪琪、Johnsen, P. B., 1988, pH 对鱼类化学感觉的影响, 水产学报, 12(2): 169—172.
- [2] Adams, M. A. et al., 1988, Chemical enhancement of feeding for the herbivorous fish, *Tilapia zillii*, *Aquaculture*, 72: 95—107.
- [3] Bardach, J. E. et al., 1967, Olfaction and Taste II, Pergamon Press, Oxford, pp. 647—666.
- [4] Caprio, J., 1982, Chemoreception in fishes, Elsevier, Amsterdam, pp. 109—134.
- [5] Funakoshi, M. et al., 1982, Taste responses in the facial nerve of the carp, *Cyprinus carpio*, *Jpn. J. Physiol.*, 31: 381—390.
- [6] Goh, Y. and Tamura, T., 1980, Olfactory and gustatory responses to amino acids in two marine teleosts—red sea bream and mullet, *Comp. Biochem. Physiol.*, 66C: 217—224.
- [7] Hidaka, I., 1982, Chemoreception in fishes. Elsevier, Amsterdam, pp. 243—258.
- [8] Jackzon, A. and Capper, B. S., 1982, Investigation into the requirements of the *Tilapia, Sarotherodon mossambicus* for dietary methionine, lysine and arginine in semi-synthetic diets, *Aquaculture*, 29: 289—297.
- [9] Johnsen, P. B. and Adams, M. A., 1986, Chemical feeding stimulants for the herbivorous fish, *Tilapia zillii*, *Comp. Biochem. Physiol.*, 83A: 109—112.
- [10] Konishi, J. et al., 1966, Gustatory fibers in the sea catfish, *Jpn. J. Physiol.*, 16: 194—204.
- [11] Konishi, J. and Zotterman, Y., 1961, Function of taste fiber in carp, *Nature* (London), 191: 286—287.
- [12] Mazid, M. A. et al., 1978, Metabolism of amino acids in aquatic animals III. Indispensible amino acids for *Tilapia zillii*, *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 44: 729—742.
- [13] Sutterlin, A. M. and Sutterlin, N., 1970, Taste responses in atlantic salmo, *Salmo salar* Parr, *J. Fish. Res. Board Can.*, 27: 1927—1942.
- [14] Yoshi, K. et al., 1979, Gustatory responses of eel palatine receptors to amino acids and carboxylic acids, *J. Gen. Physiol.*, 74: 301—317.

GUSTATORY SENSITIVITY OF *TILAPIA ZILLII*

Zhou Hongqi

(Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090)

Peter B. Johnsen

(Monell Chemical Senses Center, University of Pennsylvania U.S.A.)

ABSTRACT

The stimulatory effects of amino acids and extract of commercial vegetable-based diet on lip taste buds of *Tilapia zillii* were studied by recording the electrical activities from facial nerve in July 1985—February 1986. The taste physiological character and relation between taste stimulants and feeding behavior were discussed.

1. All taste neural responses of the fish were of phasic nature, suggesting fast gustatory adaptation.

2. Glutamic acid, aspartic acid, arginine and extract of commercial vegetable-based diet among the 12 stimulants were the most effective.

3. Taste response spectrum to amino acids of the fish was different from that of others. There was correlation between taste receptor sensitivities of *Tilapia zillii* and their feeding behavior. Taste receptors were most sensitive to glutamic acid and aspartic acid, which were potent stimuli in feeding. Taste receptors were the least sensitive to glycine and proline, which could not enhance feeding. So that, taste was the key of selective feeding.

4. Arginine is indispensable amino acid for the fish. High sensitivity of the receptors to arginine also stimulates the fish to take more food rich in arginine.

5. After commercial vegetable-based diet was fed for several months the receptors became more sensitive to its extract. It indicated an adaptation to taste mediated feeding.

Key words: *Tilapia zillii*, Gustatory sensitivity, Amino acid.