

国 际 培 训 班 教 材

水生生物化学感受

上 海 水 产 学 院

一九八四年十一月

前

言

由联合国教科文组织及上海市科委联络。由瑞典卡罗林斯卡学院第二生理系主任、医学博士、生理学教授、北京医学院名誉教授奥托松先生发起邀请国际上在水生生物化学感受科学领域中有造诣的来自瑞典、美国、挪威和日本等四国的八位教授、博士来华讲学。在本院举办为时二周的《水生生物化学感受》培训班已圆满结束。本院养殖系动物及鱼类生理教研组在培训班的筹备工作期间，将这本教材编译成册，以供学员在培训班学习期间阅读和参考。但由于是分批、陆续地收到各教授和博士的手稿，同时仅仅在一个多月的时间中将它全部编译成册，在时间上是很仓促的，并由于我们业务水平有限，在编译的内容中必定有很多错误和不妥之处，请读者给以指正。

上海水产学院

养殖系 动物及鱼类生理

教研组

1984.11.10.

目 录

(按收到手稿先后为序)

I . Hidaka

综述报告: 鱼的味觉..... 1 - 1 - 7

专题报告: 鱼类味觉神经的反应..... 2 - 1 - 10

K .B. Døving

综述报告: 电刺激引导的鱼类行为变化..... 3 - 1 - 7

专题报告: 鱼类嗅觉系统生理学..... 4 - 1 - 40

W .E. S. Carr

专题报告: 水生生物的化学感受器, 与神经递质和其它神经活
质和其它神经活性物质内感受器的

明显相似性..... 5 - 1 - 25

J .Caprio

综述报告: 鱼类的味觉..... 6 - 1 - 30

W .E. S. Carr

综述报告: 化学感受器在水生动物行为方面的
作用..... 7 - 1 - 24

J .Caprio

讨论: 鱼类嗅觉器官的电生理记录 (EOG)

..... 8 - 1 - 10

H .Westerberg

综述报告: 水下声学的生物遥测..... 9 - 1 - 16

J .Caprio

专题报告: 鱼类嗅觉感受器反应..... 10 - 1 - 24

W.E.S. Carr

讨论：小长臂虾 *Palaeomonetes Pugio*

化学引诱..... 11-1-20

F. Azam

综述报告：海洋微生物学：概念和方法学上的最

新进展..... 12-1-15

H. Westerberg

专题报告：水中味迹特性..... 13-1-14

T.H. Bullock

综述报告：感受器和传入系统的概括研究..... 14-1-15

T.H. Bullock

专题报告：化学感受的概观..... 15-1-10

J. Atema

综述报告：水下的嗅觉和味觉..... 16-1-35

专题报告：海洋中的化学感受：化学感受器和行为

对水中刺激的适应性..... 17-1-22

讨论：气味卷流与信息水流..... 18-1-3

鱼的味觉

Iwao Hidaka

早在1920年人们就已知道鱼有味觉，Strieck采用条件实验法证明了一种鱼（*phoxinus laevis*）的味觉能从彼此间辨别出葡萄糖、醋酸、奎啉。自1960年以来，味神经对各种物质反应的记录已在几种鱼上得到了，有关鱼味觉感受器特性的大量资料已积累（见Bardach和Atema, 1971; Hara, 1971; Bardach和Vilars, 1974; Kiyohara, 1981）。

水中的化学感觉

如鱼的外部化学感受器，包括味觉，十分不同于陆生脊椎动物的话，这主要是由于鱼所生活的介质——水的性质所决定。鱼所生活的水，其能见度受到极大的限制并且变动极大，这将取决于水的透明度。因此，在最透明的海洋近表面处的透明度有几十米，而沿海和江河水中的透明度常降低到只有几米，甚至少于1米（Protasov, 1970）。因为水具有极高的不可压缩性，所以任何物体运动所引起的水的位移在近场中具有方向性的传播（van Bergeijk, 1964）。因此，近场中的鱼能采用分布在体表上的侧线器官检测并确定震动源（Harris和van Bergeizk, 1962）。然而，对鱼来说，仅靠机械感受器将不能从其他动物中辨别出捕获物或发现不很活动的捕获物或底部的食物。水是一种强溶剂，（又是各种信息物质的生物学起源）象代谢产物、尸体的分解物、信息素（Bardach和Villars, 1974）等来自生物体的各种信息物质都可溶于鱼所生活的水中。这些可溶物质容易分散在水流中。所以，有利于鱼从环境水中得到这种生物学的以及无机的化学信息。鱼的嗅、味觉器官就是为此而存在的，Free standing

和侧线的陷器亦被认为是水中离子浓度的检测器 (Katsuki等; 1969, 1971; Katsuki和Yanagisawa, 1982)。

嗅觉器官的功能

在形态上, 鱼的嗅觉器官和味觉器官是不相同的并受不同的脑神经支配, 可是它们刺激物的分子是相同的, 无论是否容易挥发, 只要它们溶解在水中就易于到达感觉上皮上。早期, 学者们试图用各种类型的有关刺激物来区分这两种器官, 并发现象甲基吡咯和麝香这类易挥发物质对嗅觉系统是有效的, 而那些无挥发性的刺激物, 象葡萄糖和氯化钠对味觉系统是有效的 (Strieck, 1924)。这些结果指出了, 在这两种感觉器官之间存在着某些功能上的差异, 这相似于陆生脊椎动物。然而, 最近在几种鱼上报导说, 挥发性弱的氨基酸亦能刺激鱼的嗅觉感受器 (Sutterlin和Satterlin, 1971; Suzuki和Tucker, 1971; Hara, 1973; Hara等, 1973; Goh和Tamura, 1978; Goh等, 1979)。因为, 已知一些氨基酸都^在相似的浓度范围内对某些鱼的味觉感受器产生有效的刺激作用 (Caprio, 1973; Goh和Tamura 1980; Marui等, 1983a, b)。这些鱼类对这些氨基酸完全一样感受的问题需作进一步研究。

早已知道, 嗅觉对于鱼的摄食行为是至关重要的。例如, Parker和Sheldon (1913)观察到, 一种大星鲨 (*Mustelus Canis*) 当用棉花塞住鼻孔时就会丧失食物定位的能力。亦已得到公认, 嗅觉感受器是一种距离感受器, 而味觉感受器是一种接触感受器, 因为后者的敏感性被认为是低于前者。然而, 近来的研究揭示了, 在某种鱼上后者亦具有距离感受器的能力 (Caprio, 1975, 1978; Yoshii等, 1979; Kiyohara, 等 1981; Hidaka和Ishida, 1984)。

亦已充分了解到，鱼的嗅觉与非摄食行为有关。例如，鲑鳟鱼在海洋中游行数年后能检测江河水中的气味回归到它们出生的江河中（参见 Hara, 1970; Hasler, 1971; Cooper 和 Hirsch, 1982）。已被指出，在非摄食行为上，味觉系统亦有作用；例如，鲤鱼（*Cyprinus Carpio*）和日本鳗鱼（*Anguilla japonica*）的顎感受器对二氧化碳的浓度具有高度的敏感性（Konishi 等, 1969; Yoshii 等, 1980），而五条鱼师（*Seriola quinqueradiata*）的顎感受器对稀释的海水具有高度的敏感性（Hidaka 和 Ohsugi, 1979）。

鱼的摄食行为和味觉

鱼的摄食行为常显现出一种规范：激发、探究、摄取和吞食（Bardach 和 Villars, 1974）。这些行为是由感觉器官接受外界的刺激被诱导的。在每个阶段上可涉及到各种感受器。第一和第二阶段，视觉的（形状、颜色、捕获者的活动），机械的（水的振动），电的（生物放电、电场的干扰）和化学的信号都会刺激鱼。在摄食行为各阶段上各感觉系统的相对重要性，在种间是有差别的。某些种类，化学性感觉是重要的。例如，当用 10—8 克/升极低浓度的虫合提取物时，红长鳍鲳（*Urophycis Chuss*）表示出检测行为。在 10⁻⁷ 克/升浓度时见到探究行为；鱼从隐蔽处出来，用伸展的腹鳍就在水底上面游泳并常常旋转（Pearson 等, 1980）。该鱼的腹鳍已演化成长形可活动的卷须拖曳于海底。从其采用腹鳍进行探究行为来分析，红鳍长期未被认为在鳍上有发育良好的化学感受器。在腹鳍的上皮上发现有味蕾（Bardach 和 Case, 1965）。然而，还不清楚上述对虫合提取物的行为反应是否是受味觉所诱导。在云纹叉尾鱼回

(*Ictalurus nebulosus*) 上, 味觉感受器具有探究食物的功能: 水槽中的鱼, 切断了嗅觉和视觉系统仍能到达相距几米远的肉提取物的释放源处, 把一边的触须除去就会干扰鱼的探究行为 (Bardach 等, 1967)。众多的味蕾亦在该鱼的触须上见到 (Atem, ien)。

在摄取和吞食阶段, 多种鱼类表示出凭视觉摄取食物。然而就在这种情况下, 似乎味觉感受器亦会受到食物的化学物质的刺激而促进摄食行为。摄食行为的这种化学刺激作用是鱼在营养状态下观察到的。

例如, 水槽中的真鲷 (*Chrysophrys mazor*) 通常对悬挂于水中的淀粉面团不感兴趣, 而对含有被捕获动物提取物的淀粉团, 它们就会有力的咬住它 (Ina 和 Matsui, 1980)。这可从对某些提取的氨基酸有高度敏感的真鲷的唇和腭味觉感受器的味神经反应记录上了解到

(Goh 和 Tamura, 1980)。乌翅真鲨 (*Carcharhinus melanopterus*) 吐出进入口中的用酒精处理过的乌贼, 恐怕其原因是因缺乏味觉刺激的提取物成份 (Tester, 1963)。当东方鲀 (*Fugu pardalis*) 将一个含有奎啉的淀粉面团食入口中时, 亦会立即吐出这种淀粉面团, (Hidaka 等, 1978)。这些事实强烈地说明了, 味觉在吞食行为上的功能。因为较活泼的掠食性鱼像鲈鱼也具有对各种提取物敏感的味觉感受器 (Hidaka 等, 1984), 所以大多数鱼在吞入含在口中的物质前多少都要依赖于味觉。

REFERENCES

- Atema, J. (1971). Brain, Behav. Evol., 4, 273-294.
- Bardach, J.E., and J. Atem (1971). In "Handbook of Sensory Physiology IV, Chemical Senses 2, Taste" (Beidler, L.M., ed.), Springer-Verlag, pp. 293-336.
- Bardach, J.E., and J. Case (1965). Copeia, 1965, 194-206.
- Bardach, J.E., J.H. Todd and R. Crickmer (1967). Science, 155, 1276-1278.
- Bardach, J.E., and T. Villars (1974). In "Chemoreception in Marine Organisms" (Grant, P.T., and A.M. Mackie, eds.), Academic Press, New York, pp. 49-104.
- van Bergeujck, W.A. (1964). In "Marine Bioacoustics" (Tavolga, W.N., ed.), Pergamon Press, Oxford, pp. 281-299.
- Caprio, J. (1975). Comp. Biochem. Physiol., 52A, 247-251.
- Caprio, J. (1978). J. Comp. Physiol., 123, 357-371.
- Cooper, J.C., and P.J. Hirsch (1982). In "Chemoreception in Fishes" (Hara, T.J., ed.)
- Goh, Y., and T. Tamura (1978). Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 44, 341-344.
- Goh, Y., and T. Tamura (1980). Comp. Biochem. Physiol., 66C, 217-224.
- Goh, Y., T. Tamura and H. Kobayashi (1979). Comp. Biochem. Physiol., 62A, 863-881.
- Hara, T.J. (1970). J. Fish. Res. Bd. can., 27, 565-586.
- Hara, T.J. (1971). In "Fish Physiology" (Hoar, W.S., and D.J. Randall, eds.), Academic Press, New York, pp. 79-120.

6
Hara, T.J. (1973). Comp. Biochem. Physiol., 44A,
407-416.

Hara, T.J., Y.M. Law and B.R. Hobden (1973).
Comp. Biochem. Physiol., 45A 969-977.

Harris, G.G. and van Bergeijk (1962). J. Acoust.
Soc. Am., 34, 1831-1841.

Hasler, A.D. (1971). In "Fish Physiology"
(Hoar, W.S., and D.J. Randall, eds.),
Academic Press, New York, PP. 429-510.

Hidaka, I., and Y. Ishida (1984). Bull. Japan.
Soc. Sci. Fish., in press.

Hidaka, I., and T. Ohsugi (1979). Bull. Japan.
Soc. Sci. Fish., 45, 643.

Hidaka, I., T. Ohsugi and T. Kubomatsu (1978).
Chem. Sens. Flav., 3, 341-345.

Hidaka, I., T. Ohsugi and Y. Yamamoto (1984).
Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., in press.

Ina, K., and H. Matsui (1980). J. Agr. Chem. Soc.
Jpn., 54, 7-12. (In Japanese).

Katsuki, Y., T. Hashimoto and J.K. Kendall (1971).
Jpn. J. Physiol., 21, 99-118.

Katsuki, Y., and K. Yanagisawa (1982). In
"Chemoreception in Fishes" (Hara, T.J., ed.),
Elsevier, Amsterdam, pp. 227-242.

Katsuki, Y., K. Yanagisawa, A.L. Tester and J.I.
Kendall (1969). Science, 163, 405-407.

Kiyohara, S. (1981). In "Chemical Sense of Fish
and Feeding Stimulants" (Japan. Soc. Sci.
Fish, ed.), Koseisha-Koseikaku, Tokyo, pp.
63-74. (In Japanese).

Kiyohara, S., S. Yamashita and S. Harada (1981).
Physiol. Behav., 26, 1103-1108.

- Konishi, J., I. Hidaka, M. Toyota and H. Matsuda (1969).
Jpn. J. Physiol. 19, 327-341.
- Marui, T., R.E. Evans, B. Zielinski and T.J. Hara
 (1983b). J. Comp. Physiol., 153, 423-433.
- Marui, T., S. Harada and Y. Kasahara (1983a). J.
 Comp. Physiol., 153, 299-308.
- Parker, G.H. and R.E. Sheldon (1913). Bull. U.S.
 Bur. Fish., 32, 35-46.
- Pearson, W.H., S.E. Miller and B.L. Olla (1980). J.
 Exp. Mar. Biol. Ecol., 48, 139-150.
- Protasov, V.R. (1970). Vision and Mear Orientation of
 Fish, (translated from Russian), Israel Program
 for Scientific translations, Jerusalem.
- Strieck, F. (1924). Z. Vergl. Physiol., 2, 122-154.
- Sutterlin, A.M., and N. Sutterlin (1971). J. Fish.
 Res. Bd. Can., 28, 565-572.
- Suzuki, N., and D. Tucker (1971). Comp. Biochem.
 Physiol., 40A, 339-404.
- Tester, A.L. (1963). In "Sharks and Survival" (Gilbert,
 P.W., ed.), D.C. Heath and Company, Boston, pp.
 255-282.
- Yoshii, K., N. Kamo, K. Kurihara and Y. Kobatake
 (1979). J. Gen. Physiol., 74, 301-317.
- Yoshii, K., M. Kashiwayanagi, K. Kurihara and Y.
 Kobatake (1980). Comp. Biochem. Physiol., 66A,
 327-330.

鱼类味觉神经的反应

Ilwao Hidaka

Faculty of Fisheries, Mie University.

Tsu, Mie, 514 Japan

类似高等脊椎动物舌部所发现的味蕾，不仅分布在鱼类的口腔上皮，而且分布在鱼类身体的其它部份：唇、须、头部皮肤、鳍、鳃、咽等等。味蕾的神经分布很相似于陆生脊椎动物：味蕾受第 VII、IX 和 X 对脑神经支配 (for reviews, See Bardach and Atema, 1971; Kapoor et al, 1975)。

鱼类味觉神经纤维反应的范围

Konishi 和 Zotterman (1961) 应用氯化钠、醋酸、奎宁、蔗糖刺激于鲤鱼 (*Cyprinus carpio*) 报导了 114 例支配舌咽神经纤维的反应。其中有 20 例只对四种刺激剂中的一种有反应，其余的对二种或 (二种以上) 有反应。发现鲤鱼舌神经纤维对二氧化碳也都有反应，其中大多数对上述的味觉刺激中的一种或一种以上同样有反应 (Hidaka, 1970) 这种也同样在一种海水鱼 Sea eatfish *protomus anguillar* 发现味觉神经纤维的多感受性 (Konishi et al, 1966)。这在其它脊椎动物也是很普遍的 (for reviews, Sato, 1971; Pfaffmann, 1978)。这种多感受性可以用不同的味觉细胞或感受器都受相同的神经纤维支配 (Beidler, 1969)。就鲤鱼和海水鱼 Sea eatfish 来说，神经纤维对唾液、牛乳和沙蚕的抽提物特别有反应，而对上述的常规四种刺激剂却没有反应。曾经报导过鲤鱼的神经纤维对冲淡了的电解质溶液特别有反应 (konishi, 1966)。豹东方鲀 (*Fugu pardalis*) 上唇的神经纤维分布比鲤鱼舌上神经纤维分布更特殊：它们

对盐酸、甜菜碱、核苷酸和氨基酸有选择性的反应倾向 (Konishi et al, 1975)。发现五条鱼师 (yellowtail *Seriola quinqueradiata*) 颚部的神经纤维特别对稀释的海水有反应 (Hidaka, 未发表资料)。

多纤维活动的累积

鉴于 Beidler (1953) 电子积分器记录了味觉神经索多根神经纤维的反应, 味觉神经的组成纤维放电的累积活动在很多鱼类中已有记录。

对化学药品累积反应的大小通常是随着浓度的增加而增高。但是鲤鱼颚器官感受器系统在稀释电介质中对盐类的反应起先是增加, 然后, 随着浓度的增加而降低, 形成了略带拱顶形的反应曲线 (konishi, 1966)。而一种鱼师鱼的颚感受器对海水稀释度的反应则随着 (溶液的) 稀释度的增加而增加 (Hidaka 和 Ohsugi, 1979.)

对各种物质的反应

曾经报导过很多种鱼类味觉感受器对生物抽提物的高度敏感性。斑点叉尾鱼回 Channel catfish 的触感受器对很多氨基酸有高度的敏感性 (eaprio, 1975, 1978, 1982)。最有效的氨基酸是 L-丙氨酸, 它的刺激阈值为 $10^{-12} \sim 10^{-11}$ M。这意味着鱼能够辨别每百万吨水中大约含有 1 克浓度的 L-丙氨酸。鲤鱼 (Marui et al, 1983a) 和其它淡水鱼, 日本鳗鱼 *Anguilla japonica* (yoshii et al, 1979, 麦穗鱼 minnow *pseudorasbora parva* (Kiyohara et al, 1981) 和海水尖吻鱼刺鱼 tigerfish *Therapon Oxynhynehus* (Hiake 和 Ishida,

1984) 很相似于斑点叉尾鱼回, 对氨基酸同样具有敏感性; 这些鱼类最低的阈值, 对鲤鱼来说, L-脯氨酸和L-丙氨酸是 $10^{-9} \sim 10^{-8}$ M, 对鳊鱼来说, 甘氨酸和L-精氨酸为 $10^{-9} \sim 10^{-8}$ M, 对麦穗鱼 (minnow) 来说, L-脯氨酸和L-丙氨酸为 $10^{-11} \sim 10^{-10}$ M, 对鱼刺鱼来说, 甘氨酸为 $10^{-10} \sim 10^{-9}$ M。每种鱼类氨基酸相对的效率是不同的; 例如, 甘氨酸对一种鱼师鱼 yellowtail 来说几乎是无效的, 即使在 10^{-2} M 浓度 (Hidaka et al, 1984), 如上所说。尽管甘氨酸对很多其它鱼类来说, 其中包括鳊鱼和鱼刺鱼 tigerfish 是有效的刺激剂 (Hidaka et al, 1976; Caprio, 1978; Holland, 1978; Goh 和 Tamura, 1980a)。另一方面, L-谷氨酸对鲤鱼感受器是高效刺激剂 (Marui et al, 1983a), 但对于其它鱼类仅是弱的刺激剂或者几乎是无效的 (Hidaka et al, 1976; yoshii et al, 1979; Hidaka et al, 1984)。在一些鱼类也进行了多肽的试验。二肽和三肽比单一氨基酸的效果差一些 (Caprio, 1978; kiyoliara et al, 1978; Hidaka 和 Ishida, 1984)。

甜菜碱 (甘氨酸三甲胺) 对很多鱼类来说同样是一种有效的刺激剂 (Hidaka et al, 1976; yoshii et al, 1979; Goh 和 Tamura, 1980; Marui et al, 1983a, b; Hidaka, 1984; Hidaka et al, 1984)。例如, 对鱼刺鱼 tigerfish 的颞感受器来说, 这些刺激物的阈值是 $10^{-8} \sim 10^{-7}$ M (Hidaka 和 Ishida, 1984)。这种物质在无脊椎动物的组织中非常丰富 (konosu 和 Maeda, 1961; Konosu et al, 1966; Beers, 1967; Suyama 和 Kobayashi, 1980)。

曾报导过核苷酸和与其有关的物质对一些鱼类来说同样也是有效

的刺激剂 (Hidaka et al, 1977; Kaku et al, 1980; Hidaka 和 Ishida, 1984; Hidaka et al, 1984)。腺苷酸-5'-一单磷酸, 次黄苷-5'-一单磷酸和尿苷-5'-一单磷酸, 对河豚, 鲷鱼 yellowtail, 刺鱼 Vtigerfish, 麦穗鱼 minnow 等都是有效的。对麦穗鱼来说 eittidine-5'-一单磷酸和鸟苷-5'-一单磷酸, 象腺苷酸, 次黄苷对鲷鱼 yellowtail 一样, 同样是有有效的。对真鱼周 red seabream chrysophrys major 和一种鲷鱼 Mugil cephalus 来说, 没有一种核苷酸在 10^{-2} M 浓度是有效的 (Goh 和 Tamura, 1980a)。在 Smina1 组织抽提物中发现的各种, 有机酸的钠盐对一些海水鱼的感受器是没有刺激作用或者仅有弱的刺激作用。其中有柠檬酸、丁烯二酸、乳酸、草酸、丙酸、丙酮酸和琥珀酸 (Ohsugi et al, 1978; Hidaka 和 Ishida, 1984; Hidaka et al, 1984。)

糖对于象鲤鱼 (Konishi 和 Zotterman, 1961; Hidaka 和 yokota, 1967) 一种叉尾鱼 bullhead Ictalurus natalis 和云纹叉尾鱼 I. nebulosus (Bardaeh et al, 1967a), Palasilvrue asotus (tateda, 1964), 一个大西洋幼鲑 Atlantic salmon parr Salmo salar (Sutterlin 和 sutterlin, 1970) 和麦穗鱼 (Kaku et al, 1980) 是有刺激作用。麦穗鱼对葡萄糖、麦芽糖和蔗糖有反应。这些糖类的阈值在 3×10^{-3} 和 10^{-2} M (克分子浓度) 之间。这些糖类也在一些海洋鱼类上进行了试验, 其中除了大西洋小鲷 tomcod Microgadus tomcod, 没有一种是反应的 (Hidaka et al, 1975; Hidaka 和 Ishida, 1984; Hidaka et al, 1984)。大西洋小鲷 tomcod 的 12 例腹神经制备物的试验中, 仅仅有一例对 0.05 M 的葡萄

糖和蔗糖有反应。

对味觉感受器刺激物的行为反应

从神经放电来判断鱼类对化学药品的反应是困难的，因为化学药品对鱼类不一定都有引诱力，所以不得不一种种的进行行为试验。

近来的行为研究揭示，抽提物质特别是氨基酸、甜菜碱和核苷酸以及它们的衍生物都是有效的吸引剂或者是摄食的刺激物 (Hashimoto et al, 1968; Sutterlin, 1975; Carr, 1976; 1982; Carr 和 Chaney, 1976; Carr et al, 1977; Pawson, 1977; Mackie 和 Adnon, 1978; Machie et al, 1980; Mackie, 1982; Mackie 和 Mitchell, 1982; Hidaka et al, 1978; Ohsngi et al, 1978; Hidaka, 1982; Ina 和 Matsui 1980; Goh 和 Tamura, 1980b; Harada 和 Matsuda, 1984)。发现这些物质之中有很多是对同种鱼类或者对其它种鱼类的味觉感受器有刺激作用的。例如，叉尾鱼回 *Ictalurus natalis* 和云纹叉尾鱼回 *I. nebulosus* 当这些鱼尝到（该鱼的视觉和嗅觉器官被切除）半月光氨酸溶液以及动物组织的天然抽提物的味道时，能被引诱。（Bardach et al, 1967b）。这些鱼类触须感受器对半月光氨酸有高的敏感性 (Bardach et al, 1967a)。Pinfish *Lagodon rhomboides* 和 Pigfish *Orthopristis chrysopterus* 对氨基酸和甜菜碱的混合液有强烈摄食反应 (Carr, 1982)。因为这试验是用完整的鱼类（未做过切除手术的）做的，所以这摄食反应究竟是由味觉引起或者是由嗅觉引起的还不清楚。尽管如此，如上所说的氨基酸和甜菜碱对很多鱼类的味觉感受器是有效刺激物。甜菜碱同样也能引起其它鱼类的摄食行为 (Hidaka, 1982; Mackie and Mitchell, 1982; Goh 和 Tamura,

1980b)。对河豚来说，甘氨酸和丙氨酸两者都是味觉感受器有效的刺激物 (Hidaka et al, 1976)，当单独使用时，只能引起弱的摄食行为，甜菜碱对这种鱼是另一种强烈的味觉感受器的刺激物，当混合使用时，它们的刺激作用就较强 (Hidaka et al, 1976)。腺苷酸-5'-单磷酸、次黄苷-5'-单磷酸和次黄苷对大叶鲷 *Scophthalmus maximus* (Mackie, 1982) 和鱼师鱼 yellowtail (Takeda, 1980) 都能有效引起地摄食行为。鱼师鱼 yellowtail 类的味觉感受器对所有的这些物质都是很敏感的 (Hidaka et al, 1984)。因此，这些发现有力地说明了味觉对鱼类摄食行为是很重要的。