

文章编号:1005-8737(2001)01-0089-05

·综述·

弧菌属细菌及其所致海水养殖动物疾病

Progress in studies of vibriosis in aquaculture

吴后波, 潘金培

(中国科学院南海海洋研究所, 广东 广州 510301)

WU Hou-bo, PAN Jin-pei

(South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China)

关键词: 弧菌; 弧菌病; 海水养殖

Key words: *Vibrio*; vibriosis; mariculture

中图分类号: S941.42

文献标识码: A

弧菌病(Vibriosis)是由弧菌属细菌(*Vibrio* spp.)引起的一类细菌性疾病, 该病在全球范围内广泛发生, 其暴发性流行不仅给海水养殖鱼类、贝类及甲壳类等经济动物的养殖业造成巨大的经济损失, 还导致野生的海水鱼类、贝类及甲壳类大量死亡, 因此, 对该类疾病的研究一直备受国内外研究工作者的关注, 是海水养殖动物病害的主要研究领域之一。本文主要介绍病原弧菌所致养殖动物疾病及其流行情况。

1 弧菌的分类地位

弧菌属于弧菌科弧菌属, 是一类革兰氏阴性、具极生鞭毛、能运动、无芽胞的短杆状细菌, 其中有的弧菌有一定的弯曲, 欠柔软, 有的弯曲不明显。

近10多年来, 不断有弧菌属的新种被发现, 在1984年出版的《伯杰氏系统细菌学手册》中^[1], 弧菌属细菌只收录了20个种, 而在1994年出版的《伯杰氏细菌鉴定手册》第九版中^[2], 弧菌属细菌达37个种, 已得到国际细菌分类委员会承认。实际上弧菌属细菌远不只37个种, 在1996年出版的《细菌名称》^[3]中, 共收录了202个弧菌属的种, 但只有34个种被《伯杰氏细菌鉴定手册》收录。168个弧菌种没被收录主要有两个原因: 一是因为没被国际细菌分类委员会认可; 二是因为有些弧菌新种是在1994年之后才发现的, 但其中有些种的确认只是一个时间问题, 今后可望被《伯杰氏细菌鉴定手册》接受。

在《伯杰氏细菌鉴定手册》收录的37个弧菌种中, 很多

是作为弧菌病的病原菌而首次报道, 如雀鲷弧菌(*V. damsela*)、病海鱼弧菌(*V. ordalii*)、杀鲑弧菌(*V. salmonicida*)、杀对虾弧菌(*V. penaeicida*)以及鲈鱼弧菌(*V. carchariae*)等, 这从一个侧面反映出对弧菌病研究水平的提高及其被重视的程度。

2 弧菌所致海水养殖动物疾病

Bergman于1909年就报道鳗弧菌可感染养殖鳗鲡, 导致鳗鲡的弧菌病, 并对病原菌进行了分离和明确描述, 揭开了弧菌属细菌作为病原菌研究的历史篇章。实际上早在1718年就有了关于养殖鳗鲡弧菌病的文字记载, 而且意大利西北沿海地区养殖的鳗鲡在1790年就因弧菌病的暴发性流行而导致36 t鳗鲡在不到1个月的时间内全部死亡。此后, 因海水经济动物高密度、集约化养殖的兴起而导致弧菌病的暴发性流行, 加之微生物学研究技术的发展, 大大促进了世界各国对海水养殖动物弧菌病的研究, 迄今已有分离报道的致病性弧菌已达10多种, 见表1。

2.1 鳗弧菌

鳗弧菌是研究最早的病原弧菌, 早在1893年, 意大利的Canestrini首次成功地分离到鳗鲡红瘟病(Red pest disease)的病原菌, 并将其命名为鳗芽孢杆菌(*Bacillus anguillarum*); 1909年, Bergman从瑞典沿海养殖的患赤斑病鳗鲡中分离到病原菌, 并更正鳗芽孢杆菌这一种名, 将其首次命名为鳗弧菌, 这一种名一直沿用至今。Nybelin^[4]将鳗弧菌分成3个生物型, 鳗弧菌生物A、B、C型。此后, Larsen等^[5]在此基础上增加了2个生物型, 即鳗弧菌生物D、E型。

收稿日期: 2000-06-05

基金项目: 中国科学院九五重点项目资助(KZ952-S1-415号)

作者简介: 吴后波(1967-), 男, 中国科学院副研究员, 博士, 从事海洋生物病害研究。E-mail: hb.w@netease.com

表 1 致病弧菌及其所致疾病

Table 1 Pathogenic vibrios and the diseases caused by *Vibrios*

致病菌 Pathogen	疾病 Disease	感染对象 Host range	主要症状 Major symptoms	流行范围 Distribution
鳃弧菌 <i>V. anguillarum</i>	弧菌病 Vibriosis	对虾、鱼类 Prawn, fish	败血症 Septicemia	世界范围 Worldwide
创伤弧菌 <i>V. vulnificus</i>	弧菌病 Vibriosis	鳗鲡、对虾、鱼类 Eel, prawn, fish	体表发炎、出血 Ulcers, haemorrhage	西班牙、亚洲 Spain, Asia
河弧菌 <i>V. fluvialis</i>	体表溃烂病 Ulcer disease	尖吻鲈 <i>Lates calcarifer</i>	体表溃烂 Ulcers	中国 China
哈氏弧菌 <i>V. harveyi</i>	弧菌病 Vibriosis	高体鲷 <i>Seriola dumerili</i>	体表发炎、充血 Ulcers, haemorrhage	亚洲 Asia
溶藻弧菌 <i>V. alginolyticus</i>	败血症 Septicemia	对虾、海水鱼类 Prawn, marine fish	溃疡、烂鳍 Ulcers, fin rot	世界范围 Worldwide
副溶血弧菌 <i>V. parahaemolyticus</i>	弧菌病 Vibriosis	对虾、海水鱼类 Prawn, marine fish	体表发炎、充血 Ulcers, haemorrhage	世界范围 Worldwide
最小弧菌 <i>V. mimicus</i>	弧菌病 Vibriosis	真鲷 <i>Pagrus major</i>	体表发炎、充血 Ulcers, haemorrhage	日本、中国 Japan, China
鲎鱼弧菌 <i>V. carchariae</i>	弧菌病 Vibriosis	海水鱼类 Marine fish	胃、肠发炎 Gastroenteritis	世界范围 Worldwide
雀鲷弧菌 <i>V. damsela</i>	弧菌病 Vibriosis	海水鱼类 Marine fish	体表发炎、充血 Ulcers, haemorrhage	世界范围 Worldwide
病海鱼弧菌 <i>V. ordalii</i>	弧菌病 Vibriosis	海水鱼类 Marine fish	败血症 Septicemia	世界范围 Worldwide
杀鲑弧菌 <i>V. salmonicida</i>	败血症 Septicemia	鲑鱼 Trout	败血症 Septicemia	英国、挪威 England, Norway
杀对虾弧菌 <i>V. penaeicida</i>	弧菌病 Vibriosis	对虾 Prawn	体表发炎、充血 Ulcers, haemorrhage	日本 Japan
竹筴鱼弧菌 <i>V. trachuri</i>	弧菌病 Vibriosis	竹筴鱼 Horse mackerel	体表发炎、充血 Ulcers, haemorrhage	日本 Japan
鱼肠道弧菌 <i>V. ichthyenteri</i>	弧菌病 Vibriosis	比目鱼 Flounder	体表发炎、充血 Ulcers, haemorrhage	日本 Japan

鳃弧菌能引起世界范围内的 50 多种淡水养殖鱼类及其它养殖动物发生弧菌病^[6], 大多数海水养殖鱼类对该菌敏感, 该菌不仅感染养殖鱼类, 而且还感染野生鱼类, 英国就曾报道过因鳃弧菌感染造成野生鳗鲡大量死亡的事例。感染后病鱼的主要症状为出血性败血症、体表肿胀、发炎等。

鳃弧菌细菌壁上的脂多糖 LPS 是诱发鱼类免疫保护作用的抗原, 这些抗原是大分子, 能抗高温和耐受多种化学溶剂的提取, 鳃弧菌灭活菌体疫苗是研究的最早的弧菌疫苗, 也是目前最成功的鱼类疫苗之一, 免疫后的鱼具有较强的抗病力, 该疫苗在美国、加拿大等国已经实现了商品化, 多以浸泡、喷雾或注射的方法在生产上应用。

2.2 创伤弧菌

创伤弧菌有 2 个生物型, 创伤弧菌生物 I 型及生物 II 型。创伤弧菌生物 I 型是人类的致病菌, 对人类的感染有 2 种感染形式^[7]: 一是败血症, 经常在食用生海味后 24 h 内发病, 对肝病患者威胁较大, 死亡率高; 二是伤口感染, 可能是由于伤口浸泡于细菌污染的海水, 或由于被螃蟹等伤害所致。创伤弧菌生物 I 型也能感染养殖鱼类, 澳大利亚昆士兰北部养殖的尖吻鲈发生过由创伤弧菌生物 I 型引起的弧菌

病, 死亡率高达 80%。

创伤弧菌生物 II 型是海水养殖经济动物的致病菌, 主要对鳗鲡致病。1975—1977 年间, 日本 3 个县养殖的日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 发生重大流行病, Muroga 等^[8]对病原菌进行了分离鉴定, 将病原菌命名为 B 型鳗鲡弧菌 (*V. anguillarum* type B), 但因该名称在细菌分类学上属无效名称, 故又将其命名为杀鳗弧菌 (*V. anguillicida*)。随后 Tison 等^[9]对该菌进行了深入的研究, 他们将该病原菌与临床医学上的病原创伤弧菌在生理生化等表型特征、抗原性、对小鼠及鳗鲡的毒性以及遗传相关性等几个方面进行了比较, 结果表明, 病原菌与临床医学上的病原创伤弧菌的遗传相似性达到 90% 以上, 因此鳗鲡的病原菌应归入创伤弧菌, 但二者在生理生化特征及对鳗鲡的毒性等方面存在差异, 据此 Tison 等人将临床医学上的病原创伤弧菌定为创伤弧菌生物 I (*V. vulnificus* biotype 1), 模式菌株为 ATCC27562, 将鳗鲡的病原菌定为创伤弧菌生物 II 型 (*V. vulnificus* biotype 2), 模式菌株为 ATCC33148。

创伤弧菌生物 II 型不仅给日本的养殖鳗鲡造成巨大的经济损失, 而且台湾地区养殖的鳗鲡及对虾也深受其害^[10]。

此外 1989~1992 年,西班牙欧洲鳗鲡(*Anguilla anguilla*)的养殖也暴发了由该菌引起的弧菌病^[11],使西班牙的养鳗业几乎濒临崩溃。创伤弧菌生物 II 型是否引起疾病与水温及盐度的关系很大,盐度在 0.5~1.5、温度在 25~30℃ 之间是该菌引发疾病的最佳条件之一。在中国,刘秀珍等^[12]报道了创伤弧菌能引起海水网箱养殖石斑鱼的溃疡病;在日本, Sakata 等^[13]报道了创伤弧菌能引起罗非鱼的大量死亡,但他们没有将创伤弧菌进一步分型,故分型工作还有待深入。

2.3 河弧菌

河弧菌由 Lee 等^[14]作为新种报道,将该菌分为 2 个生物型,即河弧菌生物 I、II 型。有关该菌对海水养殖动物致病的报道较少,但 Biosco 等人^[15]发现,该菌的载铁体和膜蛋白与其它致病弧菌一样。因此,该菌对水产养殖动物具有潜在的致病能力。在国内,吴后波等^[16]发现河弧菌生物 I 型是海水网箱养殖尖吻鲈体表溃烂病的致病菌;徐伯亥等^[17]证实河弧菌是淡水养殖鱼类暴发性传染病的致病菌,它们根据生理生化特征的差异将该病原菌定为河弧菌生物 III 型,但这个命名至今仍未被国际细菌分类委员会承认。

2.4 哈氏弧菌

哈氏弧菌是一种具有发光特性的弧菌,它是对虾育苗期及养成期的主要病原弧菌,该菌给澳大利亚^[18]、印度、印度尼西亚、泰国、菲律宾以及台湾^[19]等亚洲国家养虾业造成巨大的经济损失。

该菌不仅感染养殖对虾,而且还是养殖鱼类的致病菌。哈氏弧菌是我国南方沿海地区养殖高体鲷弧菌病的致病菌^[20],该病春、夏季易于流行,严重发病时养殖高体鲷死亡率可达 90% 以上,病鱼的症状表现为:身体发黄发瘦,弯曲成弓形,在水中旋转,体表有大小不一的溃烂面,溃烂部位脱鳞、化脓出血,肠道内化脓结节,有粘液样物从肛门流出,肝、脾等内部器官也发生肉眼可见的病变。泰国、马来西亚等东南亚国家的研究表明^[21],哈氏弧菌也是海水网箱养殖尖吻鲈的条件致病菌。

2.5 溶藻弧菌

溶藻弧菌也是海水养殖动物的常见致病菌,养殖贝类、虾类等带壳动物比养殖鱼类更易感染该菌^[22]。溶藻弧菌是中国对虾(*Penaeus chinensis*)黑鳃、褐斑综合症的病原菌,也是台湾地区养殖的日本对虾(*P. japonicus*)的病原菌。该菌是文蛤的病原菌,同时还是合浦珠母贝体内的主要菌群^[23],是合浦珠母贝潜在的病原菌,随时都有可能对合浦珠母贝的死亡。

在养殖鱼类方面,该菌是以色列养殖鲷科鱼类的主要致病菌^[24],西班牙养殖的鲈鱼与鲷科鱼类,无论是在育苗期、幼苗期,还是在成鱼养殖期,都深受其害^[25]。此外,澳大利亚养殖的尖吻鲈、日本养殖的真鲷^[26]、台湾地区养殖的石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)^[27]以及我国南方沿海省份养殖的赤点石斑鱼(*E. akaara*)的弧菌病原菌也是溶藻弧菌^[28]。

2.6 副溶血弧菌

副溶血弧菌通常被认为是条件致病菌,广泛存在于海水中,但夏季海水中的含量比冬季要高^[29],食腐质性食物的鱼类体内一般含较多的副溶血弧菌,而草食性鱼类的体内则较少,而且副溶血弧菌多半在鱼的鳃及肠内,皮肤上很少发现^[30]。

副溶血弧菌是中国对虾的病原菌,不仅能引起中国对虾产生红腿病^[31]及弧菌病^[32]暴发性流行,而且还能感染养殖蟹类^[33]及贝类^[34],导致养殖蟹类及贝类的大量死亡。此外,副溶血弧菌还是台湾地区养殖的石斑鱼(*E. coioides*)弧菌病的主要病原菌^[35]。

2.7 最小弧菌

最小弧菌广泛存在于海水环境及养殖鱼类和野生鱼体内^[36]。近年研究表明,该菌产生的胞外产物对鱼及小鼠都具有很大的毒性^[37],是养殖动物潜在的致病菌。Thune 等^[38]已经证实最小弧菌能感染螯虾(*Procambarus clarkii*),引起养殖螯虾的大量死亡,该菌也是华南沿海地区养殖真鲷弧菌病的病原菌^[39]。最小弧菌也可以感染人类,引起腹泄及呕吐等,因为该菌是养殖鱼体内的常在菌,故生吃鱼片会引起疾病,日本已有这方面的报道。该菌是人类与水生生物的共同病原菌,已引起医学界及水产学界的重视。

2.8 鲨鱼弧菌

Grimes 等^[40]首次在美国一水族馆的死鲨鱼体内分离到该菌,并将其作为新种命名为鲨鱼弧菌。鲨鱼弧菌主要是鱼类的致病菌,但有关的报道较少。据报道,该菌是马来西亚及台湾地区养殖石斑鱼胃肠炎的主要致病菌^[41],病鱼主要表现为食欲减退、游泳无力、体色变黑、腹部膨大、肝脏变白等症状。此外,该菌还是地中海地区养殖鱼类弧菌病的主要病原菌之一^[25]。

2.9 雀鲷弧菌

Love 等^[42]首次在患皮肤溃疡病的雀鲷科鱼(*Chromis punctipinis*)病灶处分离到该菌,因此将其作为新种命名为雀鲷弧菌。该菌主要感染变温动物,特别是养殖鱼类,除感染雀鲷科鱼外,还感染大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)^[43]、五条鲷(*Seriola quinqueradiata*)、鲷(*Sparus aurata*)、鲨鱼(*Carcharhinus plumbeus*)^[37]及尖吻鲈。该菌也是人类的致病菌,在养殖鱼类的刺及牙齿上经常可以分离到雀鲷弧菌。因此,在养殖的过程中,要小心操作,以免受到该菌的感染。

2.10 其它几种致病弧菌

病海鱼弧菌由 Schiewe 等^[44]作为新种报道,是大多数海水鱼类的病原菌,在世界范围内引起养殖鱼类暴发弧菌病^[25],病鱼的症状主要表现为败血症、出血及体表发炎。

杀鲑弧菌是养殖鲑鳟以及鳕鱼等冷水性鱼类的病原菌^[45],主要危害英国、挪威的鲑鳟以及鳕鱼的养殖。

杀对虾弧菌是 1995 年才首次报道的新病原弧菌,因为是在患病日本对虾中分离到该菌,所以 Ishimaru 等^[46]将其作为新种命名为杀对虾弧菌,该菌一般在夏、秋季引起疾病的暴发。

竹筴鱼弧菌和鱼肠道弧菌是日本新近报道的 2 个病原弧菌^[47,48], 而且都是弧菌新种, 但目前还没被国际细菌分类委员会承认。V. trachuri 分离自患病的竹筴鱼体内, V. ichthyenteri 分离自患病牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) 幼苗体内。迄今未见这两个弧菌感染其它海水养殖动物的报道。

参考文献:

- [1] Krieg N R, J G Holt. Bergey's manual of systematic bacteriology [M]. Baltimore: Williams and Wilkins, 1984.
- [2] Holt J G, Krieg N R, Sneath P H A, et al. Bergey's manual of determinative bacteriology [M]. 9th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1994.
- [3] 蔡妙英, 卢运玉, 赵玉峰. 细菌名称 [M]. 第二版. 北京: 科学出版社, 1996. 741-749.
- [4] Nybelin O. Untersuchungen über den bei fischkrankheiten-erregern spaltpilz *Vibrio anguillarum* [J]. Medd Undersokn Anst Sotvatterfisk, 1935, 8: 5-62.
- [5] Larsen J L, Jensen N L. The ulcer - syndrome in cod (*Gadus morhua*) II. A bacteriological investigation [J]. Nord Vet Med, 1979, 31: 189-196.
- [6] Egidius E. Vibriosis: pathogenicity and pathology, a review [J]. Aquaculture, 1987, 67: 15-28.
- [7] Kelly M T, W F McCormick. Acute bacterial myositis caused by *Vibrio vulnificus* [J]. J Am Med Assoc, 1981, 246: 72-73.
- [8] Muroga K, Y Jo, M Nishibuchi. Pathogenic *Vibrio* isolated from cultured eels I. Characteristics and taxonomic status [J]. Fish Pathol, 1976, 11: 141-145.
- [9] Tison D L, M Nishibuchi, J D Greenwood, et al. *Vibrio vulnificus* biogroup 2: new biogroup pathogenic for eels [J]. Appl Environ Microbiol, 1982, 44: 640-646.
- [10] Song Y L, W Cheng, Shen C H, et al. Occurrence of *Vibrio vulnificus* infection in cultured shrimp and eel in Taiwan [J]. Nat Sci Counc Symp Ser (Taipei), 1990, 16: 172-179.
- [11] Biosca E G, C Amaro, C Esteve, et al. First record of *Vibrio vulnificus* biotype 2 from diseased European eel, *Anguilla anguilla* [J]. Fish Dis, 1991, 14: 103-109.
- [12] 刘秀珍, 邹晓理, 莫小燕, 等. 海水网箱养殖石斑鱼病原菌研究 [J]. 热带海洋, 1994, 13(1): 81-86.
- [13] Sakata T, M Hattori. Characteristics of *Vibrio vulnificus* isolated from diseased tilapia [J]. Fish Pathol, 1988, 23(1): 33-40.
- [14] Lee J V, P Shread, A L Furniss, et al. Taxonomy and description of *Vibrio fluvialis* sp. nov. (synonym group F vibrios, group EF6) [J]. J Appl Bact, 1981, 50: 73-94.
- [15] Biosca E G, C Amaro. Siderophores and related outer membrane proteins in *Vibrio* spp. which are potential pathogens of fish and shellfish [J]. J Fish Dis, 1991, 14: 249-263.
- [16] 吴后波, 潘金培. 海水网箱养殖尖吻鲈体表溃烂病病原菌研究 [J]. 中山大学学报论丛, 1995, 3: 102-106.
- [17] 徐伯亥, 殷 战, 吴玉深, 等. 淡水养殖鱼类暴发性传染病病原菌的研究 [J]. 水生生物学报, 1993, 17(3): 259-266.
- [18] Piazutto M, R G Hirst. Classification of isolates of *Vibrio harveyi* virulent to *Penaeus monodon* larvae by protein profile analysis and M13 DNA fingerprinting [J]. Dis Aquat Org, 1995, 21: 61-68.
- [19] Song Y L, S P Lee. Characterization of ecological implication of luminous *Vibrio harveyi* isolated from tiger shrimp (*Penaeus monodon*) [J]. Bull Inst Zool Acad Sin, 1993, 32: 217-220.
- [20] 吴后波, 潘金培. 海水网箱养殖高体蜆弧菌致病菌研究 [J]. 水产学报, 1997, 21(20): 171-174.
- [21] Copland J W, D I Grey. Management of wild and cultured sea bass/Barramundi (*Lates calcarifer* Bloch) [M]. Proceeding of an international workshop held at Darwin N T. Australia: ACIAR Proceeding, 1987. 20.
- [22] Delves-Broughton J, C W Poupard. Disease problems of prawns in recirculation systems in the UK [J]. Aquaculture, 1976, 7: 201-217.
- [23] 吴后波, 胡超群. 合浦珠母贝体内细菌种类组成的初步研究 [J]. 南海研究与开发, 1996, 2: 58-60.
- [24] Colomi A, I Paperna, H Gordin. Bacterial infections in gilthead sea bream *Sparus aurata* cultured at Elat [J]. Aquaculture, 1981, 23: 257-267.
- [25] Rodgers C J, M D Furones. Disease problems in cultured marine fish in Mediterranean [J]. Fish Pathology, 1998, 33(4): 157-164.
- [26] Iwata K, Y Tanohara, O Ishibashi. Studies on factors related to mortality of young red seabream (*Pagrus major*) in the artificial seed production [J]. Fish Pathology, 1978, 13: 97-102.
- [27] Lee K K. Pathogenesis studies on *Vibrio alginolyticus* in the grouper, *Epinephelus malabaricus* Bloch et Schneider [J]. Microb Pathog, 1995, 19: 39-48.
- [28] 吴后波, 吴灶和, 潘金培. 海水网箱养殖赤点石斑鱼溃疡病致病菌研究 [A]. 热带海洋研究 (五) [C]. 北京: 科学出版社, 1997. 91-95.
- [29] Shin S U, S Horie, O Okuzumi, et al. Seasonal variation of the bacterial flora in coastal sea-water in relation to occurrence of *Vibrio parahaemolyticus* [J]. Bull Jap Soc Scient Fish, 1976, 42: 1 041-1 053.
- [30] Natarajan R, G B Nair, M Abraham. Incidence of *Vibrio parahaemolyticus* in relation to feeding habit of fishes [J]. Curr Sci Bangalore, 1979, 48: 875-87.
- [31] 孟庆显. 对虾疾病防治手册 [M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1991. 80-137.
- [32] 叶孝经, 王文兴. 中国对虾流行性弧菌病的研究 [J]. 海洋水产研究丛刊, 1986, 30: 11-18.
- [33] Krants G E, C H Bartley, L W Slanetz, et al. *Vibrio parahaemolyticus* from the blue crab, *Callinectes sapidus*, in Chesapeake Bay [J]. Science, 1969, 64: 1 286-1 287.
- [34] Bartley C H, L W Slanetz. Occurrence of *Vibrio parahaemolyticus* in estuarine waters and oysters of New Hampshire [J]. Appl Microbiol, 1971, 21: 965-966.
- [35] Wong S T, T Y Lee, T S Leong. Cross protection of vibrio vaccines against various pathogenic vibrio obtained from diseased grouper (*Epinephelus salmoides*) [A]. The second Asian Forum

- [C]. Manila: Asian Fisheries Society, 1990. 683-687.
- [36] Chowdhury M A R, S Miyoshi, H Yamanaka, et al. Ecology of *Vibrio mimicus* in aquatic environments[J]. Appl Environ Microbiol, 1989, 55:2 073-2 078.
- [37] Chowdhury M A R, H Yamanaka, S Miyoshi, et al. Virulence potential of *Vibrio mimicus* in aquatic environments[J]. Biomed Lett, 1991, 46:97-101.
- [38] Thune R L, J P Hawke, R J Sibel. Vibriosis in the red swamp crawfish[J]. J Aquat Anim Health, 1991, 3:188-191.
- [39] 吴后波, 潘金培. 海水网箱养殖真鲷弧菌病原生物学[A]. 中国水产学会 2000 年度学术交流会论文集(武汉; 2000. 3.) [C]. 北京: 海洋出版社, 2000. 672-677.
- [40] Grimes D J, J Stemmler, H Hada, et al. *Vibrio* species associated with mortality of sharks held in captivity[J]. Microb Ecol, 1984, 10:271-282.
- [41] Yü K C, T I Yang, K K Lee. Isolation and characterization of *Vibrio carchariae*, a causative agent of gastroenteritis in the grouper *Epinephelus coioides* [J]. Curr Microbiol, 1997, 35:109-115.
- [42] Love M, D T Fisher, J E Hose, et al. *Vibrio damsela*, as a marine bacterium causes skin ulcers on the damselfish *Chromis punctipinnis*[J]. Science, 1981, 214:1 140-1 141.
- [43] Fouz B, J L Larsen, A E Toranzo. *Vibrio damsela* as a pathogenic agent causing mortalities in cultured turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. Bull Eur Ass Fish pathol, 1991, 11:80-81.
- [44] Scheiwe M H, T J Trust, J H Crosa. *Vibrio ordalii* sp. nov. a causative agent of vibriosis of fish[J]. Curr Microbiol, 1981, 6:343-348.
- [45] Egidius E, R Wiik, K Andersen, et al. *Vibrio salmonicida* sp. nov., a new fish pathogen[J]. Int J Syst Bact, 1986, 36:518-520.
- [46] Ishimaru K, M Akagawa-Matsushita, K Muroga. *Vibrio penaeicida* sp. nov., a pathogen of kuruma prawns (*Penaeus japonicus*) [J]. Int J Syst Bact, 1995, 45:134-138.
- [47] Ishimaru K, M Matsushita, K Muroga. *Vibrio ichthyenteri* sp. nov. a pathogen of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae[J]. Int J Syst Bact, 1996, 46:155-159.
- [48] Iwamoto Y, Y Suzuki, Y Watanabe, et al. *Vibrio trachuri*, a new species isolated from diseased Japanese horse mackerel[J]. Microbiol Immunol, 1995, 39:831-837.