

几乎覆盖我国常用农药品种,农药产量覆盖 86%。

我们研究借鉴国外及国际组织制定农药残留限量标准的方法,建立了我国制定农残限量标准的基本方法,依据对各种农药占有资料的不同,确立了不同的制标技术路线:

(1) 对于 JMPR 评价的我国使用的农药,接受其 ADI 值,结合我国居民膳食结构,我国自己进行的田间残留试验数据,参照采用国际标准,制定既符合我国国情又与国际标准接轨的国家标准。

(2) 对于具有完整农药登记资料的农药,与农业部门合作制定限量标准。

(3) 对于缺乏完整资料,但产量高、使用广的农药,补做毒理试验,建立检验方法,普查残留水平,再制定限量标准。

事实证明这一技术路线科学合理,切实可行,为多快好省地制定标准提供保证。

大批农药残留标准的颁发、实施,对加强农药管理,控制农药污染,保护生态环境,保障人民身体健康,促进农副产品出口贸易和加强国际学术交流都具有重要意义,也提高了我国的国际地位。

(本文限于篇幅关系,难以具体介绍我国农药残留限量标准的具体指标及编制资料,卫生部食品卫生监督检验所备有这方面的完整资料。)

5 参考文献

- 1 FAO/WHO•Codex Alimentarius Volume 2 - 1994 Pesticide Residues in Food. Rome: FAO and WHO, 1994.7
- 2 中华人民共和国卫生部、农业部. 农药安全性毒理学评价程序. 1991:1
- 3 FAO/WHO, Safety evaluation principle on food additives. Environmental Health Criteria 70
- 4 农业部农药检定所•农药登记公告•1994:8

河鲀鱼含毒状况研究进展(综述)

张旭东 卫生部食品卫生监督检验所 (100021)

河鲀鱼广泛分布于温带、亚热带及热带海域。关于河鲀鱼的毒性和河鲀中毒在世界各国的古书上都有记载,特别是食用情况普遍的中国、日本和韩国。本文就河鲀鱼的毒性物质,含毒状况及河鲀毒素的产生、毒化等方面的研究作一综述。

1 河 鱼的毒性物质

人们早就认识到河鲀鱼含有剧毒,日本的 Tahara 从河鲀鱼卵中提取了纯度为 0.2% 的粗毒,并命名为“河鲀毒素”(Tetrodotoxin, TTX),由此开创了河鲀毒素的化学研究。1950 年 Yokoo 从红鳍东方鲀的肝脏和卵巢中得到 TTX 的结晶单体。1964 年,TTX 的化学结构由 X 线衍射得以确定。TTX 是一种生物碱,分子式为 $C_{11}H_7O_8N_3$, 分子量为 319, 对小鼠的最小致死量为 $10\mu\text{g}/\text{kg}$ 。^[1,2] 然而,TTX 并不是河鲀鱼中的唯一毒性物质,Kodama^[3] 用酸化乙醇提取豹纹东方鲀的肝组织,通过色谱柱纯化,分离到了蛤蚌毒素(STX)和另一种未明毒性物质,Nakanura^[4] 从小纹河鲀、虫纹东方鲀的肝组织、卵巢和消化道内检测出 STX;Shiomi^[5] 发现月腹刺鲀和星点东方鲀的皮和肝

组织的毒素中,TTX 的含量占 90% 以上,其它毒素为 TTX 的类似物,在豹纹东方鲀和小纹东方鲀中还发现了 4-epiTTX 和脱水 TTX,在菊黄东方鲀中发现含有未明的 TTX 类似物 Toxin D。^[6] 可见,河鲀鱼中除主要含有的 TTX 外,还有 STX 等其它毒素。

2 天然河 鱼的毒性

40 年代前期,谷严^[7] 调查了日本北九州近海产 19 种河鲀的毒性情况(见表 1)。

调查结果显示 器官组织中以卵巢和肝脏的毒性最强,精巢和肌肉无毒或弱毒,不同的河鲀种系间毒力有很大的差异,河鲀鱼的毒性的特征是季节之间毒性差异很大,一般在产卵期(12 月~次年 6 月)间毒性最强,个体间毒力差异显著。

2.1 东方 属河 鱼的毒性

东方鲀属鱼类在鲀毒鱼类中具有代表性,该属鱼类的食用情况在各国都很普遍,故对它们毒性的研究开展得最为深入,研究者们对它们进行了广泛的调查,结果列于表 2。

从表 2 可以看出河鲀鱼带毒的一般规律,但也有

不同于上表的调查结果,如有人报道黄鳍东方鲀^[12]的肌肉 17%,精巢 78%,皮 75% 带毒;在濑户内海和日本海捕获的星点东方鲀^[11]的肌肉为强毒;捕自泰国的淡水河鲀网纹东方鲀^[17]全年均带毒,毒性最高的部位是皮肤,其次是卵巢、肌肉、肝脏与肠,均为强毒,这与海产的河鲀鱼的组织毒性顺序有很大的差别;铅点东方鲀和虫纹东方鲀因毒性有地域的差别,在日本被列为严禁进口的河鲀品种。^[15]与其它河鲀鱼产卵后毒力急剧下降不同,虫纹东方鲀产卵后仍维持相当高的毒力。

表 1 谷严调查的日本河鲀的毒力表^[7]

科	名	种	名	卵巢	精巢	肝脏	皮肤	肠	肌肉	血液
鲀科	星点东方鲀	★	○	★	◎	★	◎	◎	○	○
	小纹东方鲀	★	◎	★	◎	◎	◎	◎	○	○
	豹纹东方鲀	★	○	★	◎	◎	◎	×	×	×
	虫纹东方鲀	★	×	★	◎	◎	◎	◎	○	○
	紫色东方鲀	★	×	★	◎	◎	◎	×	×	×
	暗纹东方鲀	★	×	◎	◎	◎	◎	×	×	×
	痣斑东方鲀	◎	×	◎	◎	◎	○	×	×	×
	红鳍东方鲀	◎	×	◎	×	○	×	×	×	×
	黄鳍东方鲀	◎	×	◎	×	○	×	×	×	×
	密点东方鲀	◎	×	◎	○	×	×	×	×	×
	黑鳃兔头鲀	×	×	◎	×	×	×	×	×	×
	棕斑兔头鲀	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	花鳍兔头鲀	×	×	×	×	×	×	×	×	×
水纹扁背鲀	×		○	◎	○	×				
刺鲀科	六斑刺鲀	×		×	×	×	×	×	×	×
	瘤刺鲀	×		×	×	×	×	×	×	×
箱鲀科	黑点箱鲀	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	棘背角箱鲀	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	棘箱鲀	×	×	×	×	×	×	×	×	×

符号表示毒力的强弱:★剧毒 >10g 致死;◎强毒 >100g 致死;○弱毒 >1000g 致死;×无毒。

有些河鲀鱼的组织间毒性存在相关性,虫纹东方鲀的卵巢与肝脏、肝脏与皮肤、肝脏与消化道内容物的毒力相关系数分别为 0.67、0.52、0.37。豹纹东方鲀^[19,20]的肝脏与胆汁间毒力的相关系数为 0.63,胆汁与消化道内容物的毒力相关系数是 0.69。密点东

方鲀^[14]的肝脏与消化道内容物毒性的相关系数是 0.89,肝脏与皮肤毒性的相关系数为 0.99。

2.2 腹刺 属河 鱼的毒性

腹刺鲀属中月腹刺鲀的毒性最强,各组织间的毒力具有地域差别^[7],濑户内海、日本海和东海^[25]捕获的月腹刺鲀完全无毒,而在台湾^[21]、北部湾^[26]捕获的鱼却含有强毒,尤其突出的是其肌肉和精巢带毒,毒力最高可达 550Mu/g 和 148Mu/g,曾多次造成食物中毒,在卫生管理上需要特别重视。

黑鳃兔头鲀^[10]的肝脏有强毒,以 6~8 月间为最高,平均毒性为 $84 \pm 21\text{Mu/g}$,卵巢有弱毒,皮肤、肌肉、精巢均无毒。棕腹刺鲀、暗鳍腹刺鲀和花鳍兔头鲀^[28]均全鱼无毒。

2.3 叉鼻 属河 鱼的毒性

叉鼻鲀属中的纹腹叉鼻鲀、^[10]星斑叉鼻鲀、^[16,29]辐纹叉鼻鲀、^[16]白点叉鼻鲀^[10]均有皮肤毒性在各组织中最高特点,其它组织无毒或弱毒。

2.4 其它

六斑刺鲀和布氏刺鲀无毒,^[29]凹鼻鲀^[16,29]的肌肉和皮肤与其它组织相比具有较强的毒性,头纹宽吻鲀^[31]的皮肤约有 98% 带毒,肝脏和卵巢的毒力最高值分别是 2400 和 3000Mu/g,肌肉无毒。

综上所述,天然河鲀鱼的含毒情况比较复杂,毒性存在着明显的种属、个体、性别及组织器官之间的差别,毒力也有明显的地域和季节间的显著变化。

3 养殖河 鱼的毒性

一般认为养殖的河鲀鱼无毒,Saito^[30]等报道在不同季节、不同地区养殖的红鳍东方鲀的各组织毒力均小于 10Mu/g,属于无毒,与松居调查的养殖星点东方鲀的毒性结果相同。

4 TTX 的起源与河 鱼的毒化

过去一直认为 TTX 仅存在于河鲀鱼中,随着 TTX 检测方法的发展,在两栖类及海洋生物中也有 TTX 的分布。1934 年 Twitty 发现加利福尼亚蝾螈 (*Taricha torosa*) 卵块中含有一种麻痹性毒素,被命名为 Tarichatoxin,经研究^[1]于 1963 年证实它与 TTX 是同一种物质,TTX 不仅存在于卵块中,皮肤、肌肉、血液中均含有 TTX,进一步在 *Taricha* 属的其它种类中也证实含有 TTX。河鲀与蝾螈的亲缘关系非常遥远,却含有同一种结构少见的毒素,这激发了人们对 TTX 在自然界中分布的探求兴趣,相继,

Hashimoto^[37]从虾虎鱼科的 *Gobius Criniger* 中分离鉴定出 TTX, 分布于皮肤、内脏、肌肉, 几乎整个鱼体, Kim^[38]等从哥斯达黎加产的 *Atelopus* 属蛙的皮肤中分离鉴定出 TTX, 毒性最高达 1200Mu, 而内脏和肌肉中无 TTX, 1978 年 Sheumack^[32]等从头足类的 *Octopus muculosus* 的后部唾液腺分泌物中检出了 TTX, 以后陆续从腹足类的 *Zeuxis siquijorensis*, 日本象牙贝 (*Babylonia japonica*), 喇叭贝 (*Charonia sauliae*) 等的消化腺中检出 TTX, 从节足动物黄蟹, 弗州爱洁

贝 (*Atergatis floridus*), 棘皮动物海星 (*Astropecten polyacanthus*) 体内查出各部位均含有 TTX, 喇叭贝 (*Charonia sauliae*) 常以海星为食, 采集喇叭贝带毒地区的海星, 都分离出了 TTX, 从而得出了蓄积在喇叭贝消化道内的 TTX 来源于被消化的海星的结论。^[33]扁形动物中涡虫类也含有 TTX。可见, TTX 的分布广泛, 含有 TTX 的生物从扁形动物到脊椎动物均有分布, 而且它们位于食物链的不同环节, 栖息的海洋环境近似, 这为阐明 TTX 的起源提供了丰富的线索。

表 2 不同品种河鲀鱼毒性调查结果^[7-21]

品 种	肝 脏			性 腺	肌肉	皮	季节差异	地域差异
	带毒率%	最高值	平均值	最高值				
红鳍东方鲀	雌	21.7~38.2	500~1270	48.2	820	无毒	无毒	有
	雄	7~11.8	100~113	5.6	无毒			
假睛东方鲀	雌	9.7~23.1	130~1500	81.8	2000	无毒	无毒	有
	雄	15~15.8	66~100	6.4	无毒			
黄鳍东方鲀			强毒	雌强毒, 雄无毒	无毒			有 有
菊黄东方鲀			>1000	雌 >1000	弱毒	强毒		
紫色东方鲀			剧毒	雌剧毒		16~274Mu/g		
密点东方鲀	雌	43	3300	769	强毒	无毒		有
	雄	25	610	79	无毒			
星点东方鲀			50~2500	雌 60~1000	无毒	弱毒		有
网纹东方鲀			强毒	强毒	强毒	907Mu/g		
豹纹东方鲀	57~100	1500~9800		雌 950~4100	0~200Mu/g	270~1700Mu/g		有
小纹东方鲀					350Mu/g	弱毒-强毒		
横纹东方鲀		2000		雌 770	41Mu/g	120Mu/g	有	有
铅点东方鲀		120		雌 180	8Mu/g	53Mu/g		
虫纹东方鲀		1500	132	雌 5900				有

注: 毒力单位是 Mu(Mouse unit), 1978 年后 1Mu 表示腹腔注射 1ml 原液 30 分钟杀死雄性 20 克 ddy 小鼠的毒素量, 即相当于旧单位的 20 倍。

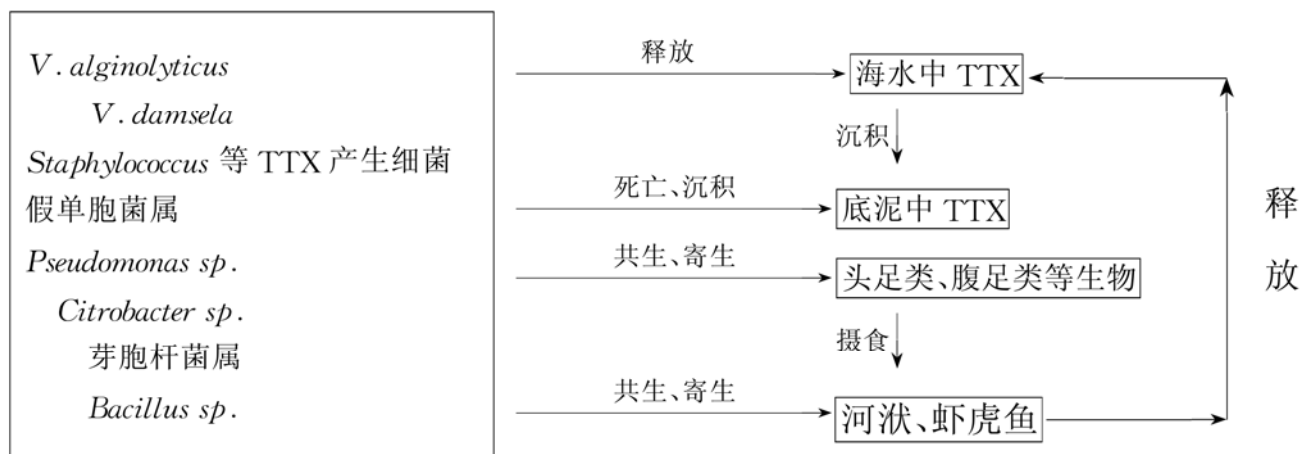
近年来, 有关细菌能够产生 TTX 和脱水 TTX 的报道出现后, 海洋细菌产生 TTX 的假说得到了进一步的支持。1986 年 Noguchi^[34]从带毒的黄蟹中分离出弧菌属细菌, 在培养基中培养后, 经 HPLC、GC-MS 和紫外分光光度法确定其中含有 TTX 和脱水 TTX, 从而证实了弧菌能够产生 TTX。Yasumoto^[35]用 HPLC 证实假单胞菌属的培养液中含有 TTX 和脱水 TTX, Narita^[36]检查了海星的肠内细菌相, 分离出 22 株细菌, 培养液用 HPLC、UV、GC-MS 检测发现

Vibrio. alginolyticus、*V. damsela* 和葡萄球菌属 *Staphylococcus* 能够产生 TTX, 特别是 *V. alginolyticus* 和海星的毒性密切相关, 而且从虫纹东方鲀^[47]的肠内也分离出该细菌。Simidu^[39]通过培养数种海洋细菌发现大部分的弧菌能够产生 TTX 和/或脱水 TTX, 喇叭贝消化道内的细菌经培养鉴定, 显示弧菌、假单胞菌、不动杆菌和 *Citrobacter* 等菌属都能够产生 TTX 或 TTX 关联物质, 在海洋沉积物中也含有相当强度的 TTX, 从淡水湖的沉积物中也发现存在 TTX

和产生 TTX 的细菌,^[48]推测是生长于其中的细菌产生 TTX,由底栖生物通过食物链累积,死亡后沉积在底泥中。综上,可以认为 TTX 是由海洋细菌产生的,这些细菌种类很多,以弧菌属最具代表性。

TTX 在自然界分布的广泛性,产生 TTX 细菌的多样性及河蚶含毒显著的种系、个体、组织器官及地域、季节差别,使人们联想到 TTX 可能不是生物自身合成的,而是外源性的,和这些生物栖息的环境有很大的关系。天然河蚶鱼和养殖河蚶鱼毒性差异很大,促使人们对它们进行广泛的研究以探索 TTX 产生的原因,Matsui^[40]为了检查养殖红鳍东方蚶是否能经给予 TTX 而产生蓄积,用河蚶鱼的有毒卵巢、卵巢的甲醇提取物和结晶 TTX 作 20 天喂养试验,在卵巢喂养组中,所有组织在第五天检测出有毒,在试验期间,大多数组织的毒性逐渐增加,甲醇提取物喂养组中 20 天后组织都带毒,而 TTX 喂养组试验期间无毒。河蚶是底栖肉食性动物,摄食含 TTX 的贝类、蟹类等能蓄积 TTX,前述的喇叭贝食入带毒海星而蓄积 TTX,喇叭贝和象牙贝^[45]还可以经喂饲含 TTX 的月腹刺蚶的肌肉而蓄积 TTX,蓄积率为 21.5%~83%,说明生物能够通过摄食含有 TTX 的饵料而蓄积 TTX。进一步研究^[41]发现养殖的红鳍东方蚶与天然红鳍东方蚶对 TTX 的抵抗力方面无大的差别,它们对 TTX 均有很强的抵抗力,腹腔内注射 TTX,星点东方蚶、豹纹东方蚶、养殖红鳍东方蚶的致死量分别为 700~

750、500~550、300~500Mu/20g,而无毒的棕腹刺蚶和暗鳍腹刺蚶的致死量分别为 15~18、19~20Mu/20g,其它鱼种中致死量仅数个不到 1 Mu/20g,由此可见,河蚶中有毒品种对 TTX 有极强的抵抗力,富积 TTX 的能力也很强,养殖河蚶鱼是可以被毒化的。同样,有毒蟹与无毒蟹对 TTX 的抵抗力也有差别,有毒蟹 TTX 最小致死量为 1000~2000 Mu/20g,而无毒蟹仅几个 Mu/20g,无毒的养殖红鳍东方蚶与天然红鳍东方蚶的消化道中细菌相类似,以弧菌和假单胞菌属为主,Sato^[42]从养殖红鳍东方蚶的肠中检出了 TTX,推测是由肠中的产 TTX 细菌产生的,在星点东方蚶^[43]的肠内分离出了能产生 TTX 的假单胞菌属细菌(*Schewanella putrefaciens*),将混有该种细菌的饲料授予养殖红鳍东方蚶,结果试样中出现了一例河蚶鱼肝脏带毒,从而说明该细菌能使河蚶鱼带毒。产生 TTX 的细菌一般是含 TTX 生物的共生细菌或优势菌属,从小纹河蚶鱼的皮肤中发现其共生菌假单胞菌属能产生 TTX。综上,TTX 是由海洋细菌产生的,^[44]在海洋生态环境中转化、转移、累积,通过食物链,TTX 逐渐向高等动物体内移行浓缩,这个过程可简单归纳为下图,^[46,49]这可能只解释了部分含 TTX 生物包括河蚶鱼毒化的机制,是否存在着毒素的生物合成途径,还有待进一步阐明。



河蚶及其它含 TTX 生物的毒化机制图

5 结语

对河蚶鱼毒性的研究一直是食品卫生学界的热点课题,河蚶的毒性物质主要是 TTX,STX 等,其它毒素也存在;河蚶带毒具有明显的个体、种系差别,一

般以肝脏和卵巢的毒力最强,个别河蚶鱼的肌肉带毒,需引起卫生管理上的重视;地域、季节也能造成河蚶毒性发生很大变化,一般产卵期间,河蚶鱼的毒性增强,雌性河蚶鱼的毒力高于雄性的;TTX 是由海洋

细菌产生的,通过食物链,由低等生物逐渐向高等动物中移行,造成河鲀鱼的毒化。今后,有必要进一步研究不同地区、季节的河鲀鱼带毒情况,掌握河鲀鱼毒性的分布情况,这将有利于进一步阐明河鲀鱼的毒化机制,还可为鲜河鲀的食用开发打下基础。

6 参考文献

- 1 Mosher, H S, Fuhrman, F A, Buchwald, H D et al. Tarichatoxin - tetrodotoxin: A potent neurotoxin. Science. 1964, 164: 1100~1110
- 2 Price, R C Tetrodotoxin. TIBS. 1988, 13(3): 76
- 3 Kodama, M, Ogata, T, Noguchi T et al. Occurrence of Saxitoxin and other toxins in the liver of the puffer fish *Takifugu pardalis*. Toxicon. 1983, 21(6): 897~900
- 4 Nakamura M, Oshima Y and Yasumoto T. Occurrence of saxitoxin in puffer fish. Toxicon. 1984, 22(3): 381~385
- 5 Shiomi K, Inaoka H, Yamanaka H et al. Detection of tetrodotoxin - like compounds in two species of puffer fishes (*Lagocephalus Lunaris Lunaris* and *Fugu Niphobles*). Toxicon. 1985, 23(2): 331~336
- 6 Inaoka H, Shiomi K, Yamanaka H et al. Occurrence of a tetrodotoxin - like compound as a minor toxin in the puffer fish, *Fugu flavidus*. Agric Biol Chem 1985, 49(8): 2287~2291
- 7 谷严. 日本产河鲀的中毒学研究. 东京: 帝国图书, 1945: 1~103
- 8 Kanoh S, Noguchi T, Otsuka M et al. Comparison of toxicity of two puffer fish, *Fugu chinensis* ("Karasu") and *Fugu rubripes rubripes* ("Torafugu"). Journal of the Food Hygienic Society of Japan. 1984, 25(6): 436~439
- 9 Fuchi Y, Nobuo, Tsubone et al. A Survey on toxicity of pufferfishes, *Fugu rubripes rubripes* (Torafugu) and *Fugu rubripes chinensis* (Karasu). Journal of the Food Hygienic Society of Japan. 1986, 27(5): 569~572
- 10 Hwang D F, Kao C, Yang H. et al. Toxicity of Puffer in Taiwan. Bulletin of the Japanese society of scientific fisheries. 1992, 58(8): 1541~1547
- 11 Endo R. Toxicological studies on puffer fishes: Comparison of toxicities on the *Various Species*. The Journal of Toxicological Sciences. 1984, 9(supplement 1): 1~11
- 12 Kim H, Park Y, Kim D et al. Tetrodotoxin in a pufferfish, *Fugu xanthopterus* (Korean name, Ggachibog). Journal of the Korean Society of Food and Nutrition. 1994, 23(3): 502~508
- 13 Michino H. Puffer ish nspection rogram in Japan. 食品卫生研究(日). 1992, 43(6): 15~22
- 14 Kanoh S, Noguchi T, Maruyama J et al. Toxicity of the pufferfish *Fugu stictonotus* ("Gomafugu") collected from the Sanriku Coasts. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1985, 51(1): 121~125
- 15 Matsui T, Hamada S and Yamamori K. Local variation of toxicity of the puffer fish *Fugu niphobles*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1982, 48(8): 1179
- 16 Khora S S, Isa J and Yasumoto T. Toxicity of Puffer from Okimawa, Japan. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1991, 57(1): 163~167
- 17 Saitanu K, Laobhripatr S, Limpakarnjanarat K et al. Toxicity of the freshwater puffer fish *Tetraodon Fangi* and *T. Palembangensis* from Thailand. Toxicon. 1991, 29(7): 895~897
- 18 Kanoh S, Noguchi T, Maruyama J et al. Toxicity of the puffer fish *Fugu pardalis* ("higanfugu") landed at Tokyo Metropolitan Central Wholesale Market. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1984, 50(6): 985~990
- 19 Kanoh S, Noguchi T, Kamimura S et al. A survey of toxicity of the pufferfish, *Fugu pardalis*, inhabiting the Sanriku Coast. Journal of the Food Hygienic Society of Japan. 1984, 25(1): 24~29
- 20 Kadama M, Ogata T, Kaqamukai K et al. Toxicity of muscle and other organs of five species of puffer collected from the Pacific Coast of Tohoku area of Japan. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1984, 50(4): 703~706
- 21 Hwang D F, Noguchi T, Arakawa O et al. Toxicological studies on several species of puffer in Taiwan. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1988, 54(11): 2001~2008
- 22 小林节夫, 和田隆至, 山下俊史, 等. A survey of toxicity and Biology of the pufferfish, *Takifugu Alboplumbeus*, with special reference to the prevention of the food poisoning. 食品卫生研究(日). 1985, 36(10): 52~59
- 23 Kanoh S, Jeon J K, Sato Y et al. Toxicity of the pufferfish, *Fugu vermicularis*, inhabiting Tokyo Bay. Journal of the Food Hygienic Society of Japan. 1985, 26(5): 489~495
- 24 Noguchi T, Kim D, Kanoh S et al. Regional differences in toxicity of pufferfish *Fugu vermicularis redivius* (Nashifugu). Journal of the Food Hygienic Society of Japan. 1991, 32(3): 149~154
- 25 Harada T. Classification and toxicological examination of "fugu" imported from Formosa. Journal of the

- Food Hygienic Society of Japan. 1979, 20(6): 437~441
- 26 何家璋. 安全食用河豚研究 I. 河豚毒素的研究. 食品科学. 1986(3): 810
- 27 Tabeta O. Biological Notes on the poisonous swellfish, *Lagocephalus luraris luraris*, with special reference to the prevention of their circulation. 食品卫生研究(日). 1982, 33(6): 53~63
- 28 Kanoh S, Noguchi T, Koyama K et al. Assay of toxicity in two pufferfishes, "Shiroamifugu" *Tetraodon alboreticulatus* and "Kumasakafugu" *Lagocephalus lagocephalus oceanicus*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1982, 48(4): 591
- 29 桥本芳郎. 鱼贝类的毒. 东京: 恒星社厚生阁, 1978, 81~87
- 30 Saito T, Maruyama J, Kanoh S et al. Toxicity of the cultured pufferfish *Fugu rubripes rubripes* along with their resistibility against tetrodotoxin. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1984, 50(9): 1573~1575
- 31 Yamashita K, Sakaguchi Y, Aoki T et al. Toxicity of *Amblyrhynchotes hypselogenion* "Shippouhugu". Journal of the Food Hygienic Society of Japan. 1993, 34(1): 45~49
- 32 Sheumack D D, Howden M E H, Spence I et al. Maculotoxin: a neurotoxin from the venom glands of the octopus *Hapalochlaena maculosa* identified as tetrodotoxin. Science. 1978, 199: 188~189
- 33 Noguchi T, Narita H, Maruyama J et al. Tetrodotoxin in the Starfish *Astropecten polyacanthus* in Association with Toxication of a Trumpet Shell, "Boshubora" *Charonia sauliae*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1982, 48(8): 1173~1177
- 34 Noguchi T, Jeon J, Arakawa O et al. Occurrence of Tetrodotoxin and Anhydrotetrodotoxin in *Vibrio sp.* isolated from the intestines of Xanthid Crab, *Atergatis Floridae*. J Biochem. 1986, 99: 311~314
- 35 Yasumoto T, Yasumura D, Yotsu M et al. Bacterial production of Tetrodotoxin and Anhydrotetrodotoxin. Agric Biol Chem. 1986, 50(3): 793~795
- 36 Narita H, Matsubara S, Miwa N et al. *Vibrio alginolyticus*, a TTX - producing bacterium isolated from the starfish *Astropecten polyacanthus*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1987, 53(4): 617~621
- 37 Hashimoto Y and Noguchi T. Occurrence of a tetrodotoxin-like substance in a *Goby Gobius criniger*. Toxicon. 1971, 9: 79
- 38 Kim Y H, Brown G B and Mosher H S. Tetrodotoxin: Occurrence in Atelopid Frogs of Costa Rica. Science. 1975, 189: 151~152
- 39 Simidu U, Noguchi T, Hwang D F et al. Marine bacteria which produce tetrodotoxin. Applied and Environmental Microbiology. 1987, 53(7): 1714~1715
- 40 Matsui T, Hamada S and Konosu S. Difference in accumulation of puffer fish toxin and Crystalline tetrodotoxin in the puffer fish, *Fugu rubripes rubripes*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1981, 47(4): 535~537
- 41 Saito T, Noguchi T, Harada T et al. Resistibility of toxic and nontoxic pufferfish against tetrodotoxin. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1985, 51(8): 1371
- 42 Sato S, Komaru K, Ogata T et al. Occurrence of tetrodotoxin in cultured puffer. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1990, 56(7): 1129~1131
- 43 Matsui T, Yasumura D, Yotsu M et al. Production of tetrodotoxin by the intestinal bacteria of a puffer fish *Takifugu niphobles*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1989, 55(12): 2199~2203
- 44 Noguchi T. Paralytic shellfish toxins in marine organisms. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1995, 61(2): 266
- 45 Shiomi K, Tanaka E, Yamanaka H et al. Accumulation of tetrodotoxin by marine gastropod. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1984, 50(7): 1269
- 46 Noguchi T, Arakawa O and Hashimoto K. Tetrodotoxin, with special reference to its origin and the mechanism involved in toxication of puffers. Journal of the Food Hygienic Society of Japan. 1989, 30(4): 281~287
- 47 Noguchi T, Hwang D F, Arakawa O et al. *Vibrio alginolyticus*, a tetrodotoxin-producing bacterium, in the intestines of the fish *Fugu vermicularis vermicularis*. Marine Biology. 1987, 94: 625~630
- 48 Do H K, Hamasaki K, Ohwada K et al. Presence of tetrodotoxin and tetrodotoxin-producing bacteria in freshwater sediments. Applied and Environmental Microbiology. 1993, 59(11): 3934~3937

[下接第 47 页]