

成都市城郊鱼甲基汞的安全性研究

邵丽娟, 施泽明, 倪师军, 徐进勇 (成都理工大学地球化学系, 四川成都 610059)

摘要 [目的]为了查明成都市城郊鱼中甲基汞的安全性。[方法]分2次对成都郊区18个鱼塘进行调查采样,用高效液相色谱与原子荧光光谱联用(HPLC-HGAFS)的方法,进行了甲基汞质量分数的测定。[结果]与国家食品卫生标准鱼肉中甲基汞质量分数(200 ng/g)相比,18个鱼塘5种鱼肉中甲基汞质量分数均未超标;空间上表现为:东部>西部>南部,大鱼中甲基汞含量高于小鱼;不同鱼类相比,肉食性鱼类>杂食性鱼类>草食性鱼类,无鳞鱼类>有鳞鱼类,即鲶鱼>鲫鱼>鲤鱼>草鱼。与国内外其他地区相比,成都市城郊鱼中甲基汞含量相对较低。[结论]高效液相色谱和原子荧光光谱联用方法是一个比较理想的测定甲基汞的方法。

关键词 高效液相色谱;原子荧光光谱;联用技术;甲基汞

中图分类号 S912 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)28-13649-04

Study on Methyl Mercury Security in Fish on the Outskirt of Chengdu

SHAO Li-juan et al (Department of Geochemistry, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059)

Abstract [Objective] The research aimed to know the methyl mercury security in fish on outskirts of Chengdu. [Method] The fish were sampled at twice in 18 pounds on the outskirts of Chengdu, the methyl mercury content were determined by high performance liquid chromatography coupled with atomic fluorescence spectroscopy(HPLC-HGAFS) method. [Result] The results show that the methyl mercury content of 5 kinds of fish in 18 pounds have not exceeding standard compared with national food hygienic criteria (200 ng/g in fish). The methyl mercury content in space are as follows in sequence; East > west > south, contents of methyl mercury in big fish is higher than that in small fish. The methyl mercury contents in different kinds of fish in same region show that the methyl mercury contents are as follows in sequence; Flesh-eat fish > omnivorous fish > herbivorous fish, fish having squama > fish without squama, namely catfish > common carp > carp > grass carp. Compared with fish in other regions at home and abroad, the fish on the outskirts of Chengdu have relatively lower content of methyl mercury. [Conclusion] The HPLC-HGAFS method is a perfect method of determining the methyl mercury content.

Key words High performance liquid chromatography; Atomic fluorescence spectroscopy; Hyphenated technique; Methyl mercury

随着环境科学和生命科学的发展,环境污染越来越受到人们的重视。汞是一种全球性的重要污染物之一^[1-2],其毒性不仅和它的总量有关,还与其形态密切相关。汞主要有3种形态:金属单质汞、无机汞和有机汞。其中,有机汞中甲基汞的毒性最强,其毒性是无机汞的几百倍。欧盟已经立法要求不仅要测定总汞的质量分数,而且要区分不同形态汞的质量分数。甲基汞能够穿透生物膜,并通过食物链进行富集,对人和动物危害最大^[3-4]。因此,有效测量食品中的甲基汞,具有十分重要的意义。

建立一个准确、可靠、简单、高效的分析方法一直是分析化学的重要内容。许多学者致力于甲基汞的分析方法研究^[5-6],利用气相色谱或液相色谱分离不同形态的汞,然后采用各种检测手段,如电化学检测器、原子吸收光谱、电感耦合等离子体-质谱等进行测定^[7-11]。但这些方法灵敏度不高或者设备昂贵,限制了其应用。液相色谱最大的优势在于无需衍生,直接分离,前处理过程简单,且分离效率高,而原子光谱联用具有多元素同时选择性检测能力,成为在元素形态分析中极有效的方法之一^[12]。原子荧光光谱检测器具有灵敏度高、线性范围宽、检出限低、价格低等优点^[13]。所以液相色谱和原子荧光光谱联用方法测定甲基汞是一个比较理想的方法。笔者采用液相色谱和原子荧光光谱联用的方法研究了四川省成都市城郊鱼甲基汞的安全性。

1 材料与方

1.1 仪器与试剂 岛津高效液相色谱仪(日本岛津公司生

产);SAP-10形态分析预处理装置(北京吉天仪器有限公司生产);AFS-930原子荧光光谱仪(北京吉天仪器有限公司生产);SHB-循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司生产);KQ118超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司生产);GL-88B旋涡混合器(海门市其林贝尔仪器制造有限公司生产);电动离心机(金坛市富华仪器有限公司生产)。

流动相:5.00%乙腈(HPLC级)+0.46%乙酸铵+0.12%半胱氨酸,经溶剂过滤器过滤后,放在超声波清洗器中超声20min,除去气泡;载流:7.00% HCl(优级纯);还原剂:0.50% KOH + 1.50% KBH_4 ;氧化剂:0.50% KOH + 1.00% $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$;清洗液:20.00% $\text{CH}_3\text{OH-H}_2\text{O}$;提取液:10.00% HCl + 1.00% 硫脲 + 0.15% KCl;液相色谱流动相所用溶剂均为色谱纯,并经过0.45 μm 滤膜过滤。

1.2 仪器设置 SA-10形态分析仪提供了2种可以在线切换的连接管路,即无紫外消解连接系统和在线紫外消解连接系统。

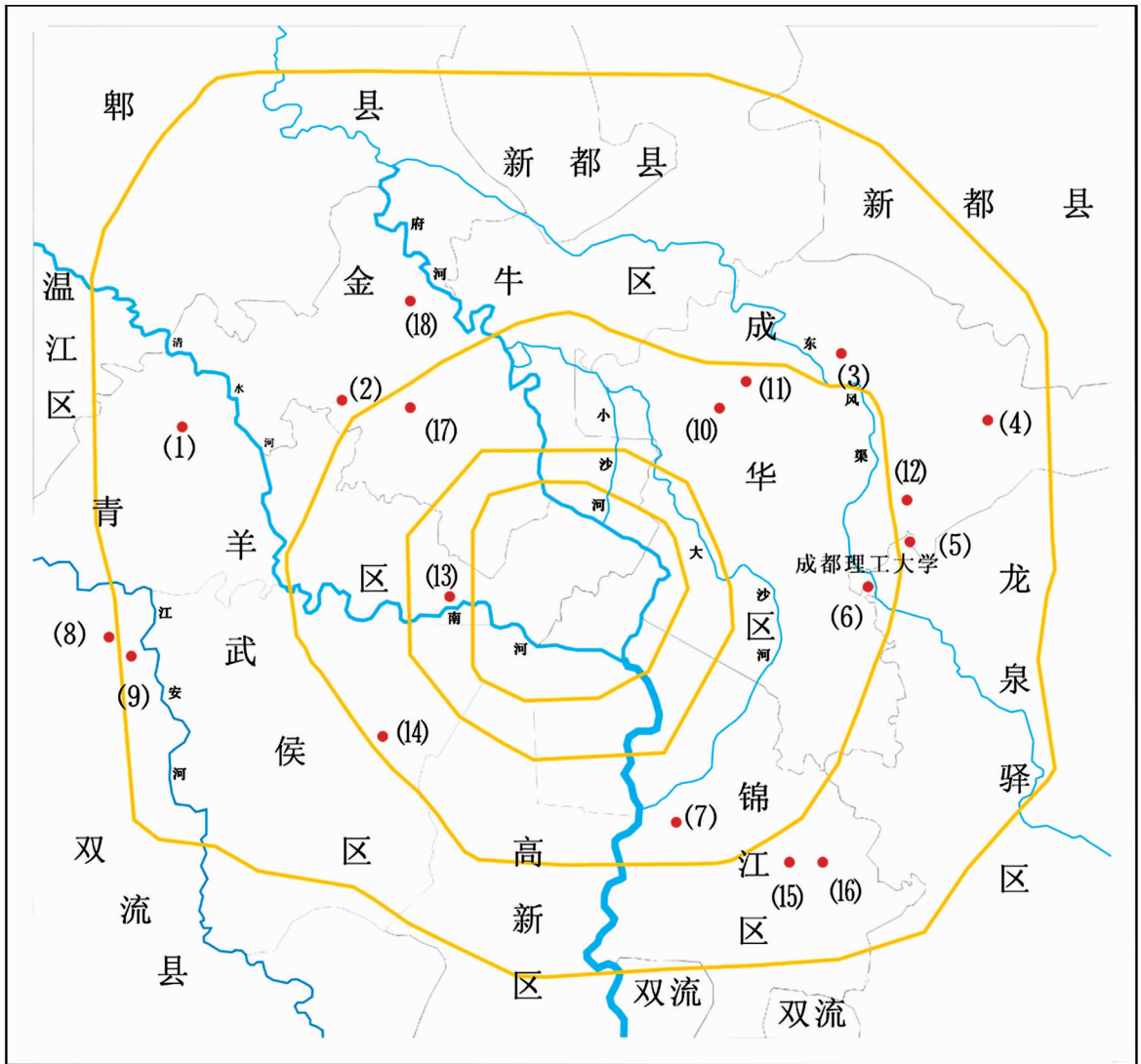
由于有机汞的反应活性比较低,必须把有机汞转化成无机汞,再由无机汞还原成汞。该研究是通过紫外灯消解的方法实现有机汞到无机汞的转化。液相色谱条件:色谱柱,C18柱[150 mm \times 4.6 mm(i.d),5 μm];流速 ml/min;进样量 500 μl 。高压液相泵:泵速 65 r/min;紫外灯(UV)开;液体进样流程为氧化剂-空气-还原剂-载流。色谱-原子荧光联用条件:总电流 30 mA;负高压 270 V;载气流速 400 ml/min;屏蔽气流速 600 ml/min。

1.3 采样方法 根据均匀分布、兼顾重点的原则,于2007年11月和2009年3月分2次在成都市3环路附近的18个鱼塘采样,采样点分布见图1。18个鱼塘均采集了居民食用最多的鲫鱼,每处采集3条,部分鱼塘采集了草鱼、鲶鱼和鲤鱼进行对比研究。

基金项目 四川省科技项目(07JY029-028);高等学校博士学科点专项科研基金(20060616020);中国地质调查局资助项目(200314200015)。

作者简介 邵丽娟(1984-),女,山东聊城人,硕士研究生,研究方向:环境地球化学。

收稿日期 2009-05-31



注: (1) 为沙西县侯家村; (2) 为迎宾大道后花园; (3) 为熊猫基地对过的小李鱼塘; (4) 为龙泉; (5) 为从树林; (6) 为长林村; (7) 为南琉璃; (8); 为双流县九江镇江安村; (9) 为九江镇江安渔村; (10) 为青龙乡一里村; (11) 为青龙乡回龙村; (12) 为太平村; (13) 为清水河浣花溪公园; (14) 为簇桥乡三河村; (15) 为三圣乡驸马村; (16) 为幸福梅林 8 队; (17) 为金牛区侯家村; (18) 为沙西县石亭村;

Note: (1). Shaxi county Houjia village; (2). Yingbin road back garden; (3). Xiaoli pound; (4). Longquan; (5). Congshulin; (6). Changlin village; (7). Nanyiuli; (8). Shuangliu county Jiujiang town Anyu village; (9). Jiujiang town Jianganyu village; (10). Qinglong township - li village; (11). Qinglong township Huilong village; (12). Taiping village; (13). Qingshui river Huanhuaxi park; (14). Cuqiao township Sanhe village; (15). Sansheng township Fuma village; (16). Xingfu meilin 8; (17). Jinniu district Houjia village; (18). Shaxi county Shiting village.

图 1 成都市城郊水生生物采样位置示意

Fig. 1 The sampling position of Chengdu suburb aquatic organism

1.4 样品前处理及测定方法 将鱼去鳞,用自来水洗净,再用 2 次蒸馏水清洗干净,用滤纸将鱼体表面水分吸干,剔骨、去头等,留下可食鱼肉部分。用捣碎机将鱼肉打成浆,装进保鲜袋,放入冰箱冷藏备用。

称取 0.25 g 鱼样,加入 2 ml 提取液,旋涡混合 5 min,离心,取上清液;加入 2 ml 提取液提取 1 次,合并 2 次提取液,用过滤头过滤;用氨水中性 pH 值至 2~8 (加氨水 0.7 ml),过 C18 小柱净化处理;用 4 ml 流动相分 2 次洗脱,每次 2 ml,定容至 10 ml 测定。经测定甲基汞的检出限为 0.008 mg/kg。添加浓度为 3.9 $\mu\text{g/L}$ 时,回收率为 82%;添加浓度为 7.8 $\mu\text{g/L}$ 时,回收率为 80%。

2 结果与分析

2.1 成都市城郊鱼中汞含量测定结果 从表 1,2 可以看出,

2007 年第 1 批 13 个鱼肉样品甲基汞平均含量为 31.20 ng/g,2009 年第 2 批 36 个鱼肉样品甲基汞含量为 14.80 ng/g。与我国食品卫生标准 GB2736-94^[14] 比较,成都市城郊各个鱼塘各种鱼类中甲基汞的平均含量均未超过规定标准 200 ng/g。且总汞含量高,甲基含量亦高,呈明显正相关性。

2.2 成都市城郊鱼中甲基汞含量的空间对比 从表 1 可以看出,2007 年各个采样点鲫鱼甲基汞含量从高到低依次为:迎宾大道后花园 > 沙西县侯家村 > 熊猫基地对面的小李鱼塘 > 长林村 > 龙泉 > 从树林 > 南琉璃;草鱼中甲基汞含量从高到低依次为:沙西县侯家村 > 熊猫基地附近 > 长林村;鲤鱼中甲基汞含量沙西县侯家村高于长林村。但由于 2007 年采样点较少,部分样品代表性不够,不能很好地反映空间分布特征。

表 1 2007 年成都市城郊第 1 批鱼中甲基汞含量

Table 1 The mercury content of first batch fish from Chengdu suburb in 2007

样品编号 Sample No	采样点 Sampling sites	种类 Species	取样量//条 Sample quantity	汞平均含量//ng/g Average content of mercury	甲基汞平均含量//ng/g Average content of methylmercury
cy001	长林村	鲫鱼	3	41.9	26.1
cy002		草鱼	2	0	0
cy003		鲤鱼	2	23.1	11.3
cy004		鲶鱼	2	97.2	50.3
cy005	从树林	鲫鱼	3	20.4	13.7
cy006	龙泉	鲫鱼	3	31.8	20.4
cy007	南琉璃	鲫鱼	3	16.8	9.2
cy008	沙西县侯家村	鲫鱼	3	104.7	60.8
cy009		草鱼	2	29.1	18.7
cy010		鲤鱼	2	36.3	17.5
cy011	熊猫基地附近	鲫鱼	3	101.8	50.6
cy012		草鱼	2	15.0	9.1
cy013	迎宾大道后花园	鲫鱼	3	257.8	117.3
总平均值				59.7	31.2

表 2 2009 年成都市城郊第 2 批鱼中甲基汞含量

Table 2 The mercury content of second batch fish from Chengdu suburb in 2009

样品编号 Sample No	采样点 Sampling sites	种类 Species	取样量//条 Sample quantity	汞平均含量//ng/g Average content of mercury		甲基汞平均含量//ng/g Average content of methylmercury	
				鱼肉 Fish	内脏 Viscera	鱼肉 Fish	内脏 Viscera
cy014	九江镇江安村	大鲫鱼	3	58.30	104.00	23.30	23.10
cy015		小鲫鱼	3	46.40	96.80	20.60	18.50
cy016	九江镇江安渔村	大鲤鱼	2	17.70	40.90	9.10	13.30
cy017		小鲤鱼	2	7.52	18.70	4.03	5.68
cy018		大鲫鱼	3	11.70	33.20	7.06	10.10
cy019	从树林	鲤鱼	2	7.90	20.10	4.35	3.22
cy020		草鱼	2	4.21	13.70	1.94	1.35
cy021		花鲢	2	14.60	84.40	8.96	8.54
cy022		草鱼	3	8.91	21.40	5.16	5.05
cy023	太平村	鲤鱼	2	13.90	30.30	8.17	7.45
cy024		大鲫鱼	3	70.20	151.00	30.50	27.70
cy025		小鲫鱼	3	48.10	103.00	25.80	23.50
cy026		鲶鱼	2	80.60	179.00	36.90	35.80
cy027	幸福梅林 8 队	大鲫鱼	3	21.80	50.90	8.86	7.89
cy028		小鲫鱼	3	19.50	32.50	11.70	9.26
cy029		鲤鱼	2	7.19	20.40	5.13	6.88
cy030	三圣乡驸马村 5 组	大鲫鱼	3	14.30	30.80	8.14	8.11
cy031		小鲫鱼	3	12.90	27.60	7.22	7.13
cy032	迎宾大道后花园	鲫鱼	3	40.90	122.00	18.30	15.90
cy033		草鱼	2	13.50	25.60	5.35	5.32
cy034		鲤鱼	3	20.30	55.60	9.36	8.78
cy035	青龙乡一里村	大鲫鱼	3	47.20	256.00	21.80	22.90
cy036		小鲫鱼	3	40.30	235.00	18.50	20.80
cy037	青龙乡回龙村	大鲫鱼	3	72.70	390.00	34.40	27.60
cy038		小鲫鱼	3	60.70	359.00	30.10	26.50
cy039	清水河浣花溪公园	大鲫鱼	3	12.50	26.50	5.81	4.98
cy040		小鲫鱼	3	7.96	23.80	3.96	3.68
cy041	熊猫基地附近	大鲫鱼	3	50.80	129.00	26.60	20.70
cy042		小鲫鱼	3	45.90	121.00	22.50	21.80
cy043	金牛区侯家村	大鲫鱼	3	58.10	138.00	30.00	35.50
cy044		小鲫鱼	3	47.60	116.00	25.70	31.70
cy045		草鱼	3	5.47	20.50	2.33	3.22
cy046	沙西县石亭村	大鲫鱼	3	25.30	78.60	12.90	10.50
cy047		小鲫鱼	3	19.90	52.40	9.54	9.11
cy048	簇桥乡三河村	大鲫鱼	3	48.60	112.00	15.00	14.70
cy049		小鲫鱼	3	43.20	101.00	14.60	13.90
总平均值				31.30	95.00	14.80	15.10

2009年样品采集比较全面,鱼类中鲫鱼样品最全,代表性最好。以cy014号点以南样品代表城郊南部,其余各点以府河为界分为东西2个部分进行分析,不同空间位置鲫鱼中甲基汞的平均含量见表3。从表3可以看出,鲫鱼肉和鲫鱼内脏中甲基汞的平均含量,在空间上均呈现为:东部>西部>南部。

表3 2009年不同空间位置鲫鱼中甲基汞的平均含量

Table 3 Average methylmercury content of crucian in different location in 2009 ng/g

位置 Position	鱼肉 Crucian meat		内脏 Crucian viscera	
	含量范围 Content range	平均含量 Average content	含量范围 Content range	平均含量 Average content
	东部 East	13.70 ~ 50.60	27.19	10.10 ~ 27.70
西部 West	3.96 ~ 60.80	21.80	3.68 ~ 35.50	16.00
南部 South	7.22 ~ 11.70	9.04	7.13 ~ 9.26	8.10

2.3 成都市城郊同一地区不同鱼类甲基汞含量对比 从表1、2可以看出,以长林区和青龙乡一里村采样点为例,不同鱼类中甲基汞含量由高到低依次为:鲢鱼>鲫鱼>鲤鱼>草鱼。该结果与它们的生活习性和食性有关。鲤鱼和草鱼一般生活在水的上层,主要以草食性为主;鲢鱼和鲫鱼一般生活在水的下层,主要以杂食性为主。栖息活动在不同水层的鱼类由于其食物链长短不同,造成其甲基汞蓄积量有显著差别。它们通过以下途径进行蓄积:水中有害物质→植物性浮游生物→动物性浮游生物→杂食性鱼类→肉食性鱼类→人,从而致使甲基汞质量分数为:肉食性鱼类>杂食性鱼类>植物食性鱼类。肉食性鱼(鲢鱼、鲫鱼)中甲基汞质量分数均高于草食性鱼(鲤鱼、草鱼),这充分表明甲基汞在食物链中有逐级富集的趋势。且鲢鱼体表又无鳞,与有鳞鱼类相比,其体内积累了较多的总汞与甲基汞^[15]。

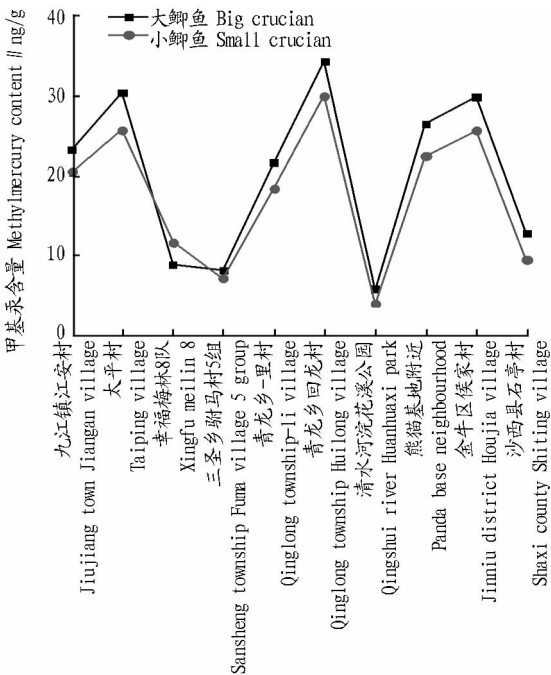


图2 成都市城郊大小鲫鱼肉中甲基汞含量的比较

Fig. 2 Methylmercury contents comparison of big and small crucian in fish from Chengdu suburb

2.4 成都市城郊不同体重鱼中甲基汞含量的比较 不同生

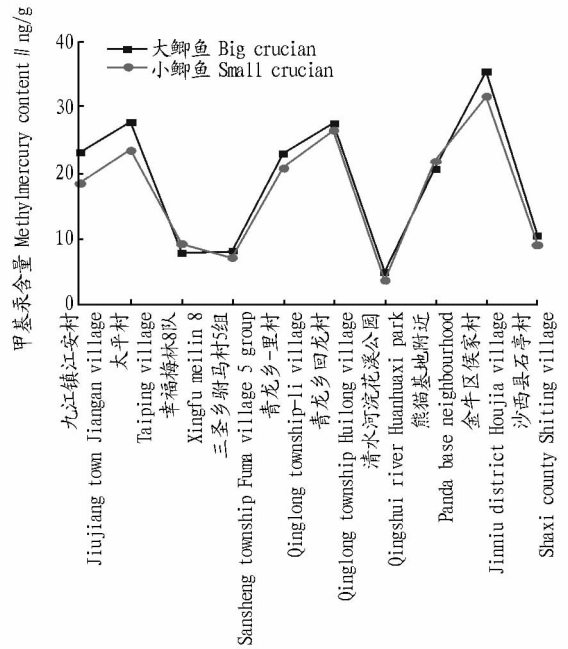


图3 成都市城郊大小鲫鱼内脏甲基汞含量比较

Fig. 3 Methylmercury contents comparison of big and small crucian in viscera from Chengdu suburb

长时间,鱼中汞累积量不同,将鲫鱼肉及内脏按大鲫鱼(大于250g)和小鲫鱼(小于250g)分类比较,其结果见图2、3。从图2、3可以看出,所有采样点中,无论鲫鱼肉还是鲫鱼内脏,均表现为大鲫鱼中甲基汞含量高于小鲫鱼。

2.5 国内外不同地区不同鱼类甲基汞含量比较 国内外不同地区不同鱼类甲基汞含量见表4。结合表1、2、4可知,该研究同类鱼中甲基汞平均含量比北京市场销售的高,比松花江的低。

表4 国内外不同地区不同鱼类中甲基汞含量比较

Table 4 Methylmercury contents comparison of different fish in international regions ng/g

地区 Region	鱼类 Fish	甲基汞平均含量 Average content of methylmercury	备注 Remarks
北京市场 ^[16] Beijing market	鲤鱼	3.76	
	草鱼	4.86	
	鳊鱼	13.95	
松花江 ^[17] Songhua river	黑鱼	38.15	
	鲤鱼	102.00	木兰段(春季)
	鲫鱼	100.00	
波斯湾 ^[18] Persian gulf	鲢鱼	178.00	
	鳊鱼	56.00	
	巨齿牙鲆	27.00	Mogham 港口
南佛罗里达河口 ^[19] South florida estuary	扁鱼	34.00	
	日本马鲛鲂	48.00	
	扁鱼	17.00	Lengeh 港口
Hardhead 鲟鱼 Gafftopsail 鲟鱼	硬头鱼	1540.00	干重
	海鲈鱼	420.00	
	钉头鱼	440.00	
	石鲈	310.00	

物系统获得抗病性的激发子^[11]。壳寡糖即脱乙酰几丁寡糖,是虾、蟹、贝类的外壳或真菌细胞壁的降解产物。壳寡糖是重要的植物系统获得抗病性诱导剂,在植物病害防治上具有抑制病毒侵染的作用,应用壳寡糖处理烟草,减少花叶病毒引起坏死斑。壳寡糖对植物病毒病害有优异的防治效果^[12]。Kuass等发现壳聚糖可以诱导植物细胞胼质体(callose)的合成,胼质体的积累与抗病性正相关^[13]。胼质体有限制病毒侵染的作用,胞间连丝的胼质体沉积可阻止病毒的胞间运转,韧皮部筛管的胼质体沉积则抑制病毒长距离移动^[14]。

2 具有诱导烟草抗性的生物及化学激发子制剂研究及产业前景

(1)具有诱导植物抗性的生物及化学激发子制剂是通过激发植物自身的抗病防虫、生长发育相关基因的表达,增强植物的免疫能力,促进植物生长。通过对具有诱导烟草抗性的生物及化学激发子结构与功能研究的不断深入,利用分子设计创制新功能、安全高效的具有诱导烟草抗性的生物及化学激发子农药是今后研究的主要方向之一。

(2)烟草病毒病是影响烟草生产的主要病害,目前,尚无理想的防治药剂,具有诱导植物提高抗病毒作用的生物及化学激发子能诱导烟草对病毒病的抗性,对烟草病毒病的防治效果相对常规的化学药剂好,但该类防治药剂的防治成本相对较高,给进一步推广带来难度。

3 结语

随着全球食品安全生产的日益重视,随着人们对吸烟健康的日益关注和重视,随着烟草可持续发展以及化学农药抗性和污染问题的日益严重,生物农药越来越受到重视,并成为综合防治的主要部分。研究开发既可以控制病害发生又能避免化学合成农药过量应用对人、畜及环境产生负面效果

的新型生物农药产品,是国际上农药研发的一个方向。具有诱导抗性的生物及化学激发子生物农药将成为21世纪农业可持续发展的重要内容,具有十分广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 安德荣,慕小倩,蔡马,等.植物病毒复制抑制物的提取和其抗性测定[J].西北农业学报,1994,3(1):95-98.
- [2] 安德荣.植物病毒化学防治的研究现状和所面临的问题[J].生命科学,1994,6(2):15-18.
- [3] 江山,韩蕙莱.植物病毒化学防治的研究进展[J].中国病毒学,1995,10(1):1-7.
- [4] RICCI P, BONNET P, HUET J C, et al. Structure and activity of proteins from pathogenic fungi Ph - ophora eliciting necrosis and acquired resistance in tobacco[J]. Eur J Biochem, 1989, 183: 555 - 563.
- [5] 王钧.诱导植物产生过敏反应的病原蛋白 harpin 和 elicitin [J]. 植物生理学通讯, 1995, 31(6): 451 - 454.
- [6] 蒋冬花,郭泽建,郑重,等.隐地蛋白(cryptogein)基因定点突变及其广谱抗烟草转化植株的获得[J].植物生理与分子生物学报,2002,28(5):45-46.
- [7] 邱德文.微生物蛋白农药研究进展[J].中国生物防治,2004(2):12-15.
- [8] WEI Z M, LABY R J, ZUMOFF C H, et al. Harpin, elicitor of the hypersensitive response produced by the plant pathogen *Erwinia amylovora* [J]. Science, 1992, 257(5066): 85 - 88.
- [9] 邱德文,杨秀芬.蛋白酶农药研究与产业化进展[J].中国农业科技导报,2006,8(6):1-4.
- [10] 黄志农,于耀平,刘小玲,等.新型生物农药-植物激活蛋白的应用效果研究[J].湖南农业科学,2007(3):121-123.
- [11] LI X D, LI H F, FAN Z F. The role of oligosaccharides in plant defense and its signal transduction (in Chinese) [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 1999, 22(1): 47 - 49.
- [12] SU X J, WANG Y H, JIA L N, et al. The research of chito oligosaccharides on controlling of the pepper disease (in Chinese) [J]. China Agricultural Science Bulletin, 2004, 20(2): 195 - 197.
- [13] KUASS H, WALDMANN T, JEBLICK W. Ca^{2+} is an important but not the only signal in callose synthesis induced by Chitosan [J]. Cell Biology, 1989, 36(1): 107 - 116.
- [14] CHIRKOV S N. The antiviral activity of chitosan [J]. Applied Biochemistry and Microbiology, 2002, 38(1): 5 - 13.
- [15] 王萌,丰伟悦,张芳,等.高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱联用测定生物样品中无机汞和甲基汞[J].分析化学,2005,33(12):1671-1675.
- [16] PUK R, WEBER J H. Critical review of analytical methods for determination of inorganic mercury and methylmercury compounds [J]. Appl Organomet Chem 1994, 8: 293 - 302.
- [17] JIANG G B, NI Z M, WANG S R, et al. Determination of organomercurials in air by gas chromatography-atomic absorption spectrometry [J]. J Anal At Spectrom, 1989, 4: 315.
- [18] 史建波,廖春阳,王亚伟,等.气相色谱和原子荧光联用测定生物和沉积物样品中甲基汞[J].光谱学与光谱分析,2006,26(2):336-339.
- [19] 墨淑敏,梁立娜,蔡亚岐,等.高效液相色谱与原子荧光联用分析汞化合物形态的研究[J].分析化学,2006,34(4):493-496.
- [20] 朱霞平,王模辉,倪师军,等.固相微萃取-原子荧光测定鱼样品中痕量甲基汞[J].分析实验室,2006,25(9):49-53.
- [21] 中华人民共和国卫生部. GB 2736-94 淡水鱼类卫生标准[S]. 1994.
- [22] 于常荣,梁冬梅,曹喆,等.松花江鱼类汞污染现状研究[J].环境科学,1994,15(4):35-38.
- [23] 孙瑾,陈春英,李柏,等.北京市场4种食用淡水鱼的总汞和甲基汞的质量分数分析[J].卫生研究,2006,35(6):722-725.
- [24] 冯丹,马俊杰,白羽军,等.松花江哈尔滨江段鱼类汞污染现状研究[J].黑龙江环境通报,2004,28(2):53-54.
- [25] AGAH H, LEERMAKERS M, ELSKENS M, et al. Total mercury and methyl mercury concentrations [J]. Water Air Soil Pollut, 2007, 181: 95 - 105.
- [26] KANNAN K, SMITH R G JR, LEE R F, et al. Distribution of total mercury and methyl mercury in water, sediment, and fish from South Florida Estuaries [J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 1998, 34: 109 - 118.

(上接第13652页)

3 结论

(1)不同鱼类中甲基汞平均含量由高到低依次为:鲶鱼 > 鲫鱼 > 鲤鱼 > 草鱼,肉食性鱼类 > 杂食性鱼类 > 草食性鱼类。

(2)空间上,成都市城郊鱼中甲基汞平均含量总体呈现为:东部 > 西部 > 南部。

(3)根据国家食品卫生标准,成都市城郊鱼中甲基汞平均含量并未超标。

参考文献

- [1] 梁向晶.汞污染物形态分析的重要性[J].黑龙江环境通报,2001,25(3):97-98.
- [2] WATRAS C J, BLOOM N S, HUDSON R J M, et al. Sources and fates of mercury and Methylmercury in Wisconsin Lacks [M]. USA: Lewis Publisher, 1994.
- [3] 陈乐恬,张晓山,林玉环.大气环境中汞的形态及其分析方法[J].环境化学,1999,18(6):584-586.
- [4] 杨杰.视频中甲基汞和汞形态分析技术的研究进展[J].国外医学卫生学分册,2008,35(3):181-188.
- [5] 李华斌,徐向荣,王文华.甲基汞的分离和测定[J].中国卫生检验杂志,1997(7):243-247.
- [6] BAEYENS W. Speciation of mercury in different compartments of the environment [J]. Trends Anal Chem, 1992, 11(7): 245 - 254.
- [7] 徐青,殷学锋,李世彬.固相萃取预富集-液相色谱分离测定不同形态的有机汞[J].分析化学,1995,23(11):1305-1307.