

广东省蟹类镉污染调查及评价

屠鸿薇, 池 岚, 刘志婷, 林协勤, 翁漫婷, 梁 辉, 龙朝阳, 胡曙光, 苏祖俭, 严维娜*

(广东省疾病预防控制中心, 广州 511430)

摘 要: 目的 了解广东省淡水蟹与海水蟹中镉的污染水平。**方法** 2013-2016、2018 年在广东省 21 地市总共采集 572 份蟹类样品, 采用电感耦合等离子体质谱联用法检测样品中镉含量。**结果** 5 年监测显示广东省蟹类产品超标率约为 30%, 镉含量均值为 0.688 mg/kg, 中位数为 0.208 mg/kg; 其中海水蟹是广东地区主要的食用蟹种类, 但其镉含量较高, 中位数为 0.231 mg/kg, 超标率是淡水蟹的 10 倍; 其次通过对样品产地进行分析, 非沿海城市的蟹类主要源自于沿海城市的海水蟹, 并同样含有较高水平的镉污染。针对蟹的不同食用部位进行细化检测, 其中蟹黄蟹膏镉超标率约为 80%, 含量高于 2 mg/kg。**结论** 广东省蟹类镉污染仍处于较高水平; 含镉量较高的蟹以海水蟹为主, 同时蟹黄、蟹膏食用镉暴露风险高于蟹肉。应针对性的提升对小型餐饮业的卫生管理, 同时加大对重金属环境污染的治理, 从源头以降低蟹等水产品镉污染的风险。

关键词: 蟹; 重金属; 镉; 广东省

Investigation and evaluation of cadmium contamination in crab products in Guangdong province

TU Hong-Wei, CHI Lan, LIU Zhi-Ting, LIN Xie-Qin, WENG Man-Ting, LIANG Hui,
LONG Chao-Yang, HU Shu-Guang, SU Zu-Jian, YAN Wei-Na*

(Guangdong Provincial Center for Disease Control and Prevention, Guangzhou 511430, China)

ABSTRACT: Objective To understand the level of cadmium pollution in freshwater crabs and marine crabs in Guangdong province. **Methods** From 2013 to 2016 and 2018, a total of 572 crab samples were collected from 21 cities in Guangdong province, and cadmium content in the samples was detected by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). **Results** The 5-year monitoring showed that the exceeded rate of crab products in Guangdong province was around 30%, the mean of cadmium content was 0.688 mg/kg, and the median was 0.208 mg/kg. Sea crabs were the main food crab species for Guangdong consumers, the cadmium content of which was relatively high, with a median of 0.231 mg/kg. The exceeded rate of sea crabs was 10 times higher than that of freshwater crabs. According to the analysis of sample production areas, the crabs in non-coastal cities were mainly derived from sea crabs in coastal cities, and contained high levels of cadmium. The exceeded rate of crab paste and roe was about 80%, and the content of cadmium was higher than 2 mg/kg. **Conclusion** Cadmium pollution of crabs in Guangdong province is still at a high level. The crab with higher cadmium content is mainly sea crab, and the risk of cadmium exposure of crab roe and crab paste is higher than that of crab meat. The hygiene management of the

基金项目: 广东省医学科学技术研究基金项目(A2019173)、广东省医学科学技术研究基金项目指令性课题(C2019051)

Fund: Supported by Medical Scientific Research Foundation of Guangdong Province of China (A2019173), Supported by Medical Scientific Research Foundation Prescriptive Project of Guangdong Province of China(C2019051)

***通讯作者:** 严维娜, 主管技师, 主要研究方向为食品安全风险监测与膳食营养监测。E-mail: 54377454@qq.com

***Corresponding author:** YAN Wei-Na, Technician, Guangdong Provincial Center for Disease Control and Prevention, Guangzhou 511430, China. E-mail: 54377454@qq.com

small-scale catering industry should be improved in a targeted manner, and the management of heavy metal environmental pollution should be increased to reduce the risk of cadmium pollution from crabs and other aquatic products from the source.

KEY WORDS: crab; heavy metal; cadmium; Guangdong province

1 引言

镉是一种环境污染中常见的重金属,可以通过食物以及烟草产品使用进入人体内。镉是人类致癌物,流行病学与实验研究证实,职业镉暴露与肺癌、膀胱癌、胰腺癌、胃癌、肝癌等癌症有较强的联系^[1-3]。长期慢性的镉暴露能影响神经系统、呼吸系统,导致肌肉骨骼毒性以及其他组织脏器损伤^[4]。镉具有较强的生物蓄积性,在体内半衰期约为15~20年^[5]。海洋河流等水体及其沉积物中的重金属可通过食物链传递作用而逐渐富集于水生生物体内。广东省地处沿海地区,水系发达丰富,随着社会和工业发展,珠江流域重金属污染日趋严重,大量含有重金属的工业废水通过各种途径进入珠江和河口区海域,重金属污染事件也偶有发生^[6]。广东省居民爱食用鱼类、虾类、蟹类、贝类等水产品。2018年渔业数据显示,广东省蟹类养殖产量约为7.5万吨,以梭子蟹、青蟹为主,占全国蟹养殖的25.4%^[7]。根据以往研究,广东省居民对水产品的日均摄入量为28.6g,其中蟹类为1.6g/d^[8],而沿海城市居民日均水产品摄入量则会更高^[9,10],因此膳食来源,特别是水产品中重金属含量与人体健康问题需得到重视。

因此,广东省疾病预防控制中心长期对广东省流通、消费环节的水产品进行卫生监测。本研究通过分析2013~2016年以及2018年蟹类镉污染情况,回顾相关检测结果,对广东省地区蟹类镉暴露含量进行分析,为食源性暴露风险分析提供数据支持。

2 材料和方法

2.1 样品量和采集方法采用随机抽样方法,

根据全覆盖和均匀分配原则,全省21个地级市共采集蟹类水产品572份。按照《中国食物成分表》中分类^[11],采集蟹类水产品,每份样品采样量不少于500g。采样场所包括农贸市场、商店(超市、便利店和专营店)、大中型餐饮店(酒店、饭店和宾馆)、小型餐饮店(快餐店、小吃店和饮品店)等。

2.2 仪器与试剂

Agilent 7900 电感耦合等离子体质谱(美国安捷伦公司)。

镉标准溶液[5%硝酸,GBW(E)082822-3,国家标物中心];硝酸(优级纯,德国默克公司)。

2.2 检测方法

样品根据监测工作手册中《食品中铅、镉、砷、锰、铝、铬、镍、铜、钒、锡、汞测定的电感耦合等离子体质谱分析方法标准操作程序》^[12]对蟹类中的镉含量进行检测。取出样品可食部分,用清水简单洗净泥沙等杂质,然后用纱布吸干表面水分后,用搅拌机搅碎匀浆,再按微波消解法操作步骤进行样品消化处理。同时做试剂空白试验。经电感耦合等离子体质谱法测定。

2.3 统计方法

根据样品信息对样品进行分组分类;依据国家标准GB 2762-2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》^[13]对样品镉污染是否超标进行判定,其中甲壳类(虾、蟹)中镉限值为0.5mg/kg;采用SPSS 22.0软件对不同分组进行Kruskal-Wallis H检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用R语言circlize包进行弦图绘制,以反映变量间联系强度^[14]。弦图分为上下两部分区域,上方表示样品产地来源(分为本市供给、省内外市供给、外省供给以及产地不详),下方表示样品采样地区(为广东省21个地市)。变量弧长代表了样品数量;各条带指向两个存在关联的变量,条带越粗则表示两变量关联越强。

3 结果与分析

3.1 不同采样年份蟹中镉暴露水平

本次监测包含2013~2016年以及2018年数据,表1显示了各年份样品分布和镉超标水平,总体镉含量均值为0.688mg/kg,中位数为0.208mg/kg,其中2015年超标率最高。图1显示2013和2014年75%的样品均低于国家规定的镉限值(0.5mg/kg),而2015年后蟹体内镉浓度显著升高,各年份间存在统计学差异($H=28.478$, $P < 0.01$),其中2015年镉浓度最高,均值为0.809mg/kg,中位数为0.354mg/kg。

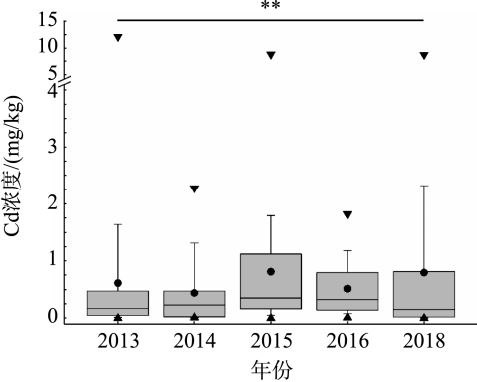
3.2 不同食品环节中蟹类体内镉浓度水平

本次监测针对蟹从养殖到餐饮多个环节进行采样。表2所示,各环节镉超标率均比较稳定,位于30%附近,仅小型餐饮超标率较高为62.5%,但采样数据较少。而在流通环节中,来源于商店的样品超标率较低,为18.99%。广东省是沿海大省,毗邻南海,居民日常食用蟹类包含淡水蟹和海水蟹,并以海水蟹为主。监测结果显示(图2),广东省

海水蟹中镉含量明显高于淡水蟹, 具有统计学差异 ($H=15.373, P<0.01$), 中位数分别为 0.231 与 0.096 mg/kg。镉超标率也是海水蟹更高, 为淡水蟹超标率的 10 倍。

表 1 不同年份蟹镉超标水平
Table 1 Exceeding level of cadmium content of carb in different years

年份	超标样品数	样品数	超标率/%
2013	53	220	24.09
2014	4	21	19.05
2015	36	84	42.86
2016	19	52	36.54
2018	62	195	31.79
总计	174	572	30.42



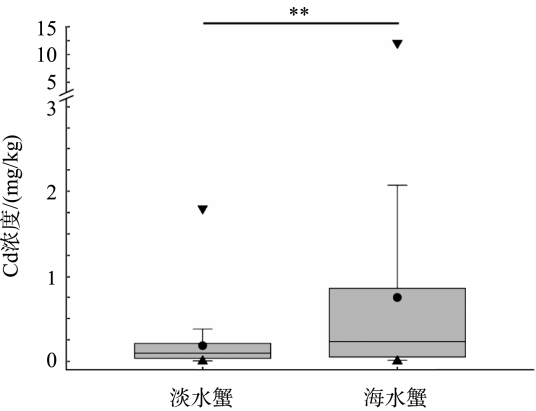
注: ▲, 样品镉浓度最小值; ▼, 样品镉浓度最大值; ●, 样品镉浓度平均值。**为 $P<0.01$ 。

图 1 不同年份蟹中镉浓度水平

Fig.1 Cadmium content of carb in different years

表 2 各食品环节蟹镉超标水平
Table 2 Exceeding level of cadmium content of carb in different processes

食品环节	超标样品数	样品数	超标率/%
捕捞/养殖环节	5	15	33.33
流通环节	农贸市场	466	31.76
	商店	79	18.99
餐饮环节	大中型餐饮店	3	33.33
	小型餐饮店	8	62.50
生长水体环境	淡水	59	3.39
	海水	513	33.53



注: ▲, 样品镉浓度最小值; ▼, 样品镉浓度最大值; ●, 样品镉浓度平均值。**为 $P<0.01$ 。

图 2 淡水蟹和海水蟹体内镉浓度水平

Fig.2 Cadmium content in freshwater-cultured crabs and seawater-cultured crabs

3.3 各采样地区蟹类中镉含量水平以及蟹类养殖-流通环节分析

图 3 为箱图, 展示了广东省各采样地市, 按照蟹镉浓度的中位数从低至高的排列。各地镉暴露水平存在统计学差异 ($H=75.756, P<0.01$), 其中韶关、揭阳、阳江和深圳的蟹类镉中位数均高于国家标准限值 0.5 mg/kg, 超标率分别为 58.33%、52.78%、62.07%、57.69%。

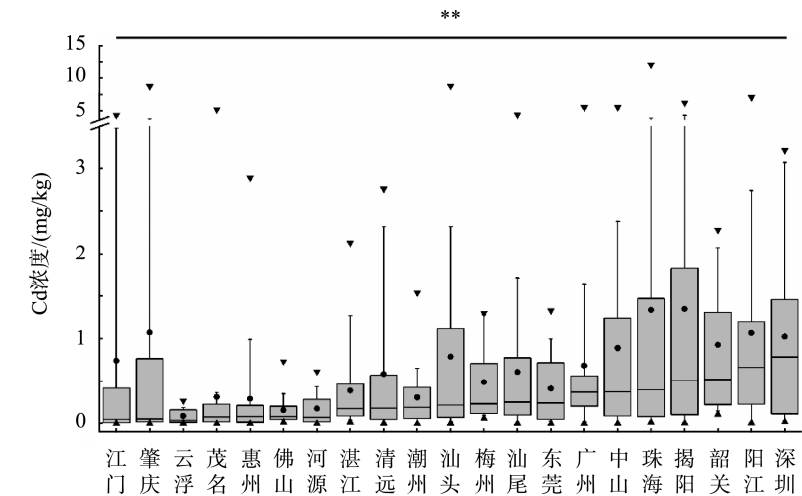
图 4 为弦图, 该图分为上下两部分区域, 上方表示样品产地来源, 下方表示样品采样地区。变量弧长代表了样品数量; 各条带指向两个存在关联的变量, 条带越粗则表示两变量关联越强。由图 4 可知, 对于广东多数沿海城市如阳江、汕头等, 蟹类供给来源以本市养殖/捕捞为主; 少部分非沿海城市如肇庆、清远等, 蟹类主要源自于省内其他城市。外省蟹类供给则呈现零散的分布。对于超标样品, 各沿海城市主要源自于本市样品, 而非沿海城市主要为省内外市样品(主要源自广州市 35 份和湛江市 18 份)。从各

分类的超标水平来看, 本市样品超标率为 30.11%, 省内外市的样品为 23.93%, 外省产品为 9.09%, 而产地不详的超标率最高, 为 45.83%。

3.4 蟹类不同部位镉含量水平

由于海水蟹镉超标水平远高于淡水蟹, 本研究针对

195 份海水蟹样品的不同可食用部位的镉含量进行检测, 分为腿肌、胸肌、蟹膏和蟹黄, 如图 5。表 3 显示蟹膏和蟹黄具有极高的超标率, 含量高于 2 mg/kg, 而肌肉部分超标率较低。蟹膏和蟹黄镉含量平均值和中位数均显著高于腿肌和胸肌, 且高于国家规定检出限值。



注: ▲, 样品镉浓度最小值; ▼, 样品镉浓度最大值; ●, 样品镉浓度平均值。**为 $P<0.01$ 。

图 3 不同城市蟹体内镉浓度水平

Fig.3 Cadmium content of carb in different cities

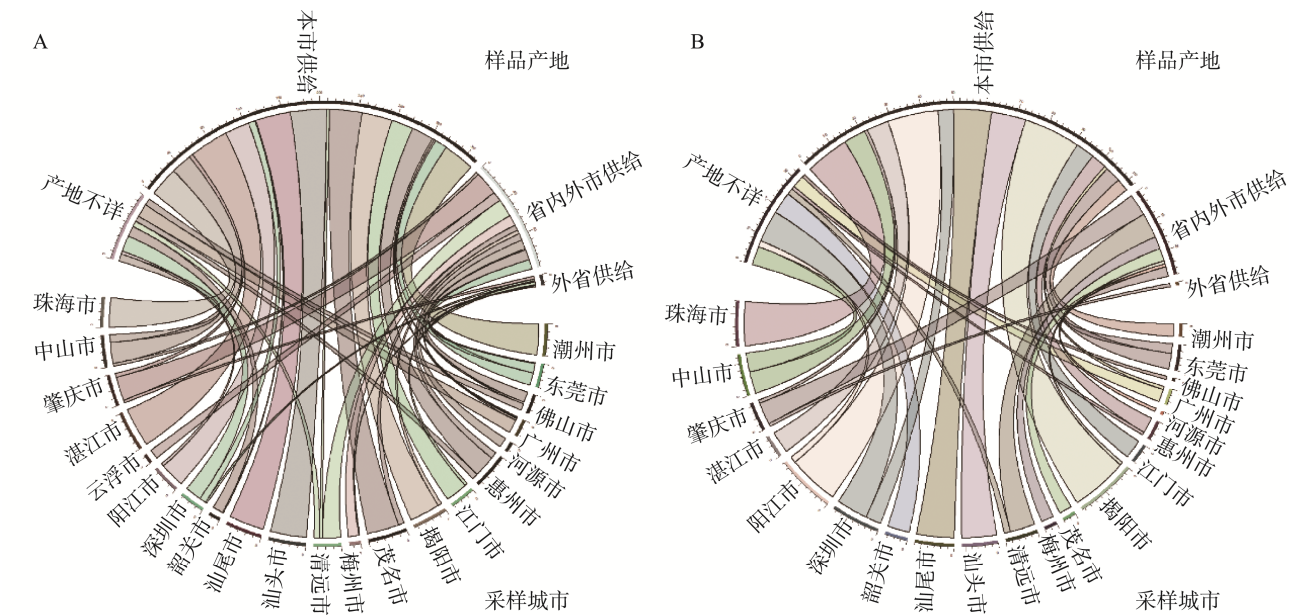
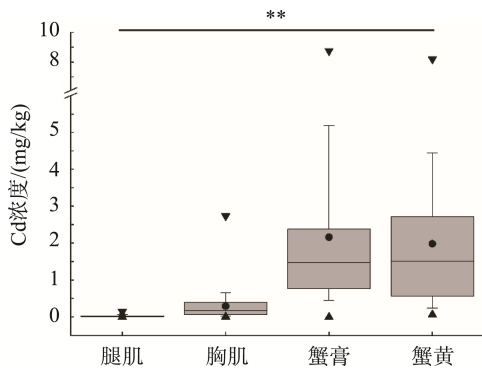


图 4 不同城市样品的产地来源(A)和超标样品产地来源(B)

Fig.4 Origin of samples from different cities (A) and origin of samples exceeding standards (B)

表 3 蟹类中不同可食部位镉超标水平
Table 3 Exceeding level of cadmium content of carb in different edible part

食用部位	超标样品数	样品数	超标率/%
腿肌	0	65	0.00
蟹膏	29	33	87.88
蟹黄	25	32	78.13
胸肌	8	65	12.31
总计	62	195	31.79



注: ▲, 样品镉浓度最小值; ▼, 样品镉浓度最大值; ●, 样品镉浓度平均值。**为 $P<0.01$ 。

图 5 不同食用部位镉含量

Fig.5 Cadmium content of carb in different edible part

4 结论与讨论

水产业是广东省重要的农业组成部分, 其中蟹类是一类重要的水产品。过去已有研究关于广东省地区水产品中铅、镉暴露水平, 在多种水产品中, 海水蟹的镉超标最高, 平均镉含量高于 2 mg/kg ^[15]。本研究分析了近年来广东地区蟹类镉含量监测结果, 显示蟹类镉超标率约为 30%, 镉含量均数相较过去有所降, 但蟹类镉超标情况仍然严峻。从养殖到餐饮, 广东地区蟹类超标水平较为平均, 其中商店售卖的蟹超标率较低, 这可能和食品安全监管有较高的关联。然而本研究结果显示海水蟹的镉超标问题更加严峻。

随着珠三角地区工业化和城市化进程快速推进, 来源于工业的“废水、废物、废气”污染、农业的化肥、农药使用^[16]、电子垃圾的拆解^[17]以及不合理的垃圾处理^[18]都可能导致重金属污染。研究表明, 广东近海的海水和淤泥均存在较高水平的重金属污染, 其中部分海域镉浓度可高达 0.933 mg/kg ^[19,20], 产生了较高的海产养殖和捕捞卫生安全风险。同时相较于淡水蟹, 广东地区海水蟹更易获得且消费量更大。本研究结果显示较高比例的海水蟹体内镉浓度不符合国家安全要求, 同时沿海城市如深圳、阳江、揭阳

等的蟹类镉超标率均在 50%以上。和过去研究不同的是, 尽管粤北地区是天然地壳高镉本底区^[15], 但非沿海城市的蟹类类型以海水蟹为主, 其主要源自于广东省内的沿海城市。同时本地生产的淡水蟹并没有呈现较高的镉污染水平。因此, 广东省镉污染的蟹类多数源自于沿海城市的蟹, 其在生长过程中从水体、淤泥中摄入了大量的镉, 这些海水蟹随后运送至省内其他城市进行售卖。

研究表明, 镉等重金属主要富集于中华绒螯蟹的蟹腮、蟹黄中, 而蟹肉镉含量相对较低^[21-23]。本次针对蟹可食部分的检测也得到了相同的结果, 蟹黄、蟹膏的镉含量远高于蟹肉。目前国家标准规定蟹中重金属检测以取全蟹可食部分混匀制样后进行检测, 然而这可能会掩盖蟹黄或蟹膏中较高的重金属含量, 同时食用这类蟹的重金属摄入风险仍然存在。因此, 在检测相关样品时也应注重不同部位污染物的生物富集水平。

本次研究从养殖到餐饮对蟹中镉污染水平进行了初步的分析, 结果表明相关部门需要在蟹的养殖过程中做好相应的卫生安全管理, 对养殖或捕捞环境进行相应的监管, 做好源头控制减少污染的可能性。此外, 消费者在食用蟹的过程中也应尽量减少蟹膏蟹黄的食用, 以避免镉等污染物的暴露风险。

参考文献

[1] Waalkes MP. Cadmium carcinogenesis in review [J]. J Inorganic Biochem, 2000, 79(1-4): 241-244.

[2] Pesch B, Haerting J, Ranft U, et al. Occupational risk factors for renal cell carcinoma: Agent-specific results from a case-control study in Germany. MURC study group. Multicenter urothelial and renal cancer study [J]. Int J Epidemiol, 2000, 29(6): 1014-1024.

[3] Joseph P, Muchnok TK, Klishis ML, et al. Cadmium-induced cell transformation and tumorigenesis are associated with transcriptional activation of c-fos, c-jun, and c-myc proto-oncogenes: role of cellular calcium and reactive oxygen species [J]. Toxicol Sci: Official J Soc Toxicol, 2001, 61(2): 295-303.

[4] Koons AL, Rajasurya V. Cadmium toxicity [M]. StatPearls. Treasure Island (FL); StatPearls Publishing StatPearls Publishing LLC, 2019.

[5] Jin T, Lu J, Nordberg M. Toxicokinetics and biochemistry of cadmium with special emphasis on the role of metallothionein [J]. Neurotoxicology, 1998, 19(4-5): 529-35.

[6] 谢文平, 马丽莎, 郑光明, 等. 珠江河网淡水鱼、虾和河鲢重金属污染特性及安全性评价[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36(6): 839-846.

Xie WP, Ma LS, Zheng GM, et al. Pollution status and safety assessment of heavy metals in natural fish, shrimp, and shellfish from Pearl River waterway [J]. J Agric Res Environ, 2019, 36(6): 839-846.

[7] 2019 中国渔业统计年鉴[Z]. 2019.

2019 China fishery statistical yearbook [Z]. 2019.

[8] 黄芮, 陈子慧, 王萍, 等. 2015 年广东省成年居民水产品类食物摄入状况分析[J]. 华南预防医学, 2019, 45(3): 283-286.

Huang R, Chen ZH, Wang P, et al. Analysis of aquatic products

- consumption in adults in Guangdong province, 2015 [J]. *South China J Prev Med*, 2019, 45(3): 283–286.
- [9] 闫双双, 蔡庆涛, 方浩成, 等. 厦门市居民水产品膳食结构的调查与评价[J]. *中国初级卫生保健*, 2015, 29(3): 72–75.
- Yan SS, Cai QT, Fang HC, *et al.* Investigation and evaluation of the aquatic products dietary structure for residents of Xiamen [J]. *Chin Primary Health Care*, 2015, 29(3): 72–75.
- [10] 唐洪磊, 郭英, 孟祥周, 等. 广东省沿海城市居民膳食结构及食物污染状况的调研——对持久性卤代烃和重金属的人体暴露水平评价[J]. *农业环境科学学报*, 2009, 28(2): 329–336.
- Tang HL, Guo Y, Meng XZ, *et al.* Nutritional status in dietary intake and pollutants via food in coastal cities of Guangdong province, China—assessment of human exposure to persistent halogenated hydrocarbons and heavy metals [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2009, 28(2): 329–336.
- [11] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表第一册[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2009.
- Yang YX, Wang GY, Pan XC. Chinese food ingredient list volume 1 [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2009.
- [12] 食品中铅、镉、砷、锰、铝、铬、镍、铜、锡、汞测定的电感耦合等离子体质谱分析方法标准操作程序[Z].
- Standard operating procedure for inductively coupled plasma mass spectrometry (icp-ms) methods for the determination of lead, cadmium, arsenic, manganese, aluminum, chromium, nickel, copper, vanadium, tin, and mercury in foodstuffs [Z].
- [13] GB 2762-2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].
- GB 2762-2017 National food safety standard—Limits of contaminants in food [S].
- [14] Gu Z, Gu L, Eils R, *et al.* circlize Implements and enhances circular visualization in R [J]. *Bioinformatics (Oxford, England)*, 2014, 30(19): 2811–2.
- [15] 戴光伟, 梁辉, 周少君, 等. 广东省食用水产品中镉膳食暴露风险评估[J]. *华南预防医学*, 2016, 42(3): 223–226.
- Dai GW, Liang H, Zhou SJ, *et al.* Risk assessment of dietary exposure to cadmium from edible aquatic products in Guangdong province [J]. *South China J Prev Med*, 2016, 42(3): 223–226.
- [16] 陈雅丽, 翁莉萍, 马杰, 等. 近十年中国土壤重金属污染源解析研究进展[J]. *农业环境科学学报*, 2019, 38(10): 2219–2238.
- Chen YL, Weng LP, Ma J, *et al.* Review on the last ten years of research on source identification of heavy metal pollution in soils [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2019, 38(10): 2219–2238.
- [17] Yekeen TA, Xu X, Zhang Y, *et al.* Assessment of health risk of trace metal pollution in surface soil and road dust from e-waste recycling area in China [J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2016, 23(17): 17511–17524.
- [18] 陈清, 汪屈峰, 李艳, 等. 华南某垃圾焚烧厂焚烧飞灰理化特性及重金属形态研究 [J]. *环境卫生工程*, 2019, 27(4): 13–18.
- Chen Q, Wang QF, Li Y, *et al.* Research on physico-chemical characteristics and heavy metal fraction in fly Ash from a MSW incineration plant in south China [J]. *Environ Sanit Eng*, 2019, 27(4): 13–18.
- [19] 谷阳光. 广东沿海沉积物中生源要素、重金属分布及其潜在生态危害评价[D]. 广州: 暨南大学, 2009.
- Gu YG. Distributions of biogenic elements, heavy metals and potential ecological risk assessment of heavy metal in surface sediments from coastal sea of Guangdong province [D]. Guangzhou: Jinan University, 2009.
- [20] 冯杰. 广东省典型养殖海域沉积物生源要素及重金属分布特征与生态危害评价[D]. 广州: 暨南大学, 2011.
- Feng J. Evaluation of biogenic factors and distribution characteristics of heavy metals and their ecological hazards in sediments of typical aquaculture areas in Guangdong province [D]. Guangzhou: Jinan University, 2011.
- [21] 卢岚, 鲁兵, 李轶, 等. 湖南省中华绒螯蟹中砷、铅、汞、镉、铬检测结果分析[J]. *中国卫生检验杂志*, 2019, 29(13): 1610–1612.
- Lu L, Lu B, Li T, *et al.* Detection results analysis of arsenic, lead, mercury, cadmium, chromium in Chinese mitten crab in Hunan province [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2019, 29(13): 1610–1612.
- [22] 董欣悦, 宋超, 张石云, 等. 中华绒螯蟹不同可食部位对重金属镉的富集效应研究 [J]. *中国农学通报*, 2019, 35(21): 141–147.
- Dong XY, Song C, Zhang SY, *et al.* *Eriocheir sinensis*: Enrichment effect of heavy metal cadmium in different edible parts [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2019, 35(21): 141–147.
- [23] Cheng L, Zhou JL, Cheng J. Bioaccumulation, tissue distribution and joint toxicity of erythromycin and cadmium in Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. *Chemosphere*, 2018, 210: 267–278.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



屠鸿薇, 主管医师, 主要研究方向为
食品安全风险监测与评估。

E-mail: amilycandy@foxmail.com



严维娜, 主管技师, 主要研究方向为
食品安全风险监测与膳食营养监测。

E-mail: 54377454@qq.com