

调查研究

2018—2020年北京市售蟹类镉含量调查及评价

邢仕歌¹,刘通¹,李永亮²,姚桂红¹,张雨佳¹,王海越²,张峰¹

(1. 中国检验检疫科学研究院食品安全研究所,北京 100176;

2. 中国检验检疫科学研究院综合检测中心,北京 100123)

摘要:目的 抽测2018—2020年北京市售蟹类中镉含量并进行评价,为蟹类的质量安全性评价提供基础数据。方法 采用随机采样的方法,采集北京市售常见蟹类,采用原子吸收光谱法对蟹中的镉含量进行检测;采用靶标危害系数法(THQ)评估人体每日通过蟹类摄入重金属所带来的健康风险。结果 2018—2020年共采集蟹类样品83份,重金属镉含量平均值为0.647 mg/kg。从蟹类的生长环境来看,淡水蟹重金属镉含量范围为0.043~0.620 mg/kg,平均值为0.183 mg/kg;海水蟹重金属镉含量范围为0.033~3.200 mg/kg,平均值为1.070 mg/kg;3年间蟹类中镉超标率差异具有统计学意义($P<0.05$)。儿童、成人摄入蟹类中重金属的THQ值和总THQ值依次递减。不同年龄人群膳食摄入蟹类中镉的THQ值均 <1 。结论 通过连续3年的系统性调查,本次采集的2018—2020年北京市售蟹类中存在一定的镉残留,其中海水蟹中镉含量超标现象较多,需加强监测;由于蟹类的食用具有季节性,普通人群摄入量较少,膳食风险相对较低。

关键词: 镉;蟹;海水蟹;原子吸收光谱

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2021)06-0760-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2021.06.021

Investigation and evaluation of cadmium in crabs sold in Beijing from 2018 to 2020

XING Shige¹, Liu Tong¹, LI Yongliang², YAO Guihong¹, ZHANG Yujia¹,
WANG Haiyue², ZHANG Feng¹

(1. Institute of Food Safety, Chinese Academy of Inspection and Quarantine, Beijing 100176, China;

2. Comprehensive Test Center, Chinese Academy of Inspection and Quarantine, Beijing 100123, China)

Abstract: Objective To detect the content of Cadmium (Cd) in crab sold in Beijing from 2018 to 2020 and carry out health risk assessment. **Methods** Random sampling method was adopted, common crab sold in Beijing were sampled. The content of Cd was determined by atomic absorption spectroscopy to evaluate the health risk. **Results** A total of 83 crab samples were collected. The average level of Cd in crabs was 0.647 mg/kg. Among them, the Cd content in freshwater crabs ranged from 0.043-0.620 mg/kg with the average level of 0.183 mg/kg. Whereas, the concentration of Cd in seawater crabs ranged from 0.033-3.200 mg/kg with the average level of 1.070 mg/kg. Moreover, the difference of the over-limit ratio was significant during three year. The THQ value and total THQ value of heavy metals in crab ingested by children and adults decreased in turn. The THQ values of Cd were less than 1. **Conclusion** Although the results indicated that there were certain amounts of Cd residues in the crabs sold in Beijing during 2018-2020, the dietary risk was relatively low because of the low intake.

Key words: Cadmium; crab; seawater crab; atomic absorption spectroscopy

随着人类向环境中释放金属活动的增加,水生生态系统中的金属污染问题一直备受关注^[1-4]。研究表明,堆积的重金属通过生态链从水和沉积物进入水生生物体内。有些水生生物对重金属有很强

的富集能力,最终将富集的重金属通过食物链传递到人类体内,将会对人们的健康造成很大威胁^[5-7]。镉(Cd)是最常见的重金属元素污染物之一,进入人体后极难排泄,对人体的危害主要是慢性蓄积性,累积在肝、肾、甲状腺和骨骼中,使肾脏器官等发生病变,造成损害^[8-11]。

蟹类是备受消费者喜爱的水生物种之一,是蛋白质的良好来源,富含人体必需的矿物质、维生素和饱和脂肪酸,可以促进人体的修复,有滋养、提高免疫力的功效^[12]。在人们不断追求健康美味和高营养价

收稿日期:2021-10-09

基金项目:国家重点研发计划(2018YFC1603700)

作者简介:邢仕歌 女 副研究员 研究方向为食品安全

E-mail:xshgzm@163.com

通信作者:张峰 男 研究员 研究方向为食品安全

E-mail:fengzhang@126.com

值的同时,蟹类的安全食用也越来越受到社会各界的关注^[13-19]。由于不同蟹类各异的生物需求和食性,为了评估蟹类对人体健康可能造成的危害,测定不同蟹类中镉的含量就显得尤为重要,具有一定的社会意义^[20-21]。本研究采用原子吸收光谱(Atomic absorption spectroscopy, AAS)测定2018—2020年北京市售蟹类中重金属镉含量,并利用靶标危害系数法(Target hazard quotients, THQ)对北京市售蟹类镉含量进行人体健康风险评价,以期为北京市售蟹类的食品安全风险和评价提供科学依据和基础数据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

随机采集北京市大型连锁超市和农贸市场销售的常见新鲜蟹类5类,淡水蟹包括河蟹、大闸蟹,海水蟹包括梭子蟹、青肉蟹、面包蟹,共采集样品83个,用食品袋包装带回实验室处理。

1.2 试剂与仪器

硝酸(65%~68%,国药集团),镉标准溶液(1 000 mg/L, JB-736403 安捷伦),大米粉成分分析标准物质[GBW(E)100349, 钢铁研究总院分析测试研究所],扇贝成分分析标准物质(GBW10024, 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所)。原子吸收光谱仪(安捷伦 AA DUO),微波消解仪(CEM, MARS 6-Onetouch),默克 Milli-Q 纯水仪,超声清洗器(KQ-700E)。

1.3 蟹类重金属检测方法

1.3.1 样品前处理

将采集的蟹类样品用去离子水清洗干净后,提取螃蟹中所有可食用部分,搅匀,密封袋密封,冷冻保存备用。

称取适量样品于微波消解内罐中,加入5 mL 硝酸,加盖放置1 h,旋紧罐盖,按照表1的条件进行消解。冷却后取出,将消解罐放在超声水浴箱中超声脱气5 min,用水定容至25 mL,混匀备用,同时做空白样品试验,标准参考物质按同样方法进行消解。

表1 消解仪参考条件(CEM 微波消解仪)

步骤	控制温度/℃	升温时间/min	恒温时间/min
1	120	5	5
2	150	5	10
3	190	5	20

1.3.2 样品测定

1.3.2.1 原子吸收光谱仪工作条件

波长228.8 nm、狭缝0.5 nm、灯电流8 mA。石墨炉升温程序:干燥温度90℃,干燥时间20 s;干燥温度110℃,干燥时间40 s;灰化温度400℃,灰化时间16 s;原子化温度1 800℃,原子化时间4 s。

1.3.2.2 标准曲线

吸取镉标准溶液(1 000 mg/L)0.100 mL于100 mL容量瓶中,用5%硝酸定容至刻度,摇匀,配置为镉储备液(1 mg/L);取镉储备液0.200 mL于100 mL容量瓶中,用0.2%硝酸定容至刻度,摇匀,配置终浓度为2.0 μg/L的标准溶液。仪器自动稀释配置的标曲各点浓度分别为:0.0、0.1、0.2、0.4、0.8、1.0、1.5 μg/L。

1.3.2.3 质量控制

采用大米粉成分分析标准物质(GBW(E)100349)和扇贝成分分析标准物质(GBW10024)进行质量控制,与样品同时进行前处理和检测,定值与标准值中位值偏差在5%以内。

1.4 人体健康风险评估方法

采用靶标危害系数法(Target hazard quotients, THQ)^[22-23],选取现有的适合我国人群的暴露参数进行健康风险评价,评估人体每日通过蟹类摄入重金属镉所带来的健康风险,计算公式如下:

$$THQ = (ER \times ED \times F_{IR} \times CI \times 10^{-3}) / (RfD \times W_{AB} \times T_A)$$

式中各参数和取值见表2。单金属靶标危害系THQ ≤ 1表明通过蟹类进入人体的重金属风险较低,对人体造成的影响不明显;THQ > 1表明通过蟹类进入人体的重金属风险较高,可能影响人体健康,且数值越大健康风险越高。

表2 蟹类重金属THQ评估一览表

Table 2 Evaluateon parameter summary table of THQ for heavy metals in crabs

参数	名称	数值	说明
ER	重金属镉的暴露频率	365	365 d/年
ED/年	重金属的暴露持久性	成人=30 儿童=7	[22]
$F_{IR}/(g/d)$	日均蟹类摄入量	2.1	[24-26]
$CI/(mg/kg)$	蟹类可食部分重金属含量	本实验测量结果	GB 2762—2017
$RfD/(mg/kg \cdot d)$	重金属镉在蟹类中的参考剂量	$RfD(Cd) = 0.00083$	[22]
$W_{AB}/(kg)$	人体平均体质量	成人=64.30 儿童=25.6	[27]

注:FIR为估计值,参照全国人均水产品消费量以及蟹类和水产品产量计算

1.5 数据处理

实验结果以平均值±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,数据使用 Excel 统计分析软件对蟹类重金属镉含量进行分析,图表使用 Origin8.5 软件制成。

2 结果与分析

2.1 方法线性范围及检出限

每次检测前均进行标准曲线的校正,其线性相关系数均>0.999,检测限为 0.005 $\mu\text{g/L}$ (3 倍信噪比)。可知,该方法线性关系良好,相关系数较高,灵敏度好,可以满足 GB 2762—2017《食品安全国家标准食品中污染物限量》中鲜、冻水产动物甲壳类中镉应不超过 0.5 mg/kg 限量要求,能够对本研究中的螃蟹进行有效分析并且评估其人体健康风险。

2.2 总体情况

本研究共采集和检测蟹类样本 83 份,其镉含量的范围为 0.033~3.200 mg/kg,平均值为 0.647 mg/kg,超标率为 38.55% (32/83),变异系数为 109.10% (表 3),说明镉在不同蟹类中的含量差异较大,不同蟹类对镉的富集能力不同,与文献报道结果一致^[16-17]。此外,各种蟹类生长环境不同也可能是导致金属含量差异较大的原因。

从分布情况来看,蟹类中镉含量呈负偏态分布,镉含量集中分布在 0.033~0.930 mg/kg 区间,

镉含量 ≤ 0.300 mg/kg 的蟹类占总数的 46.99% (39/83),镉含量 ≤ 0.500 mg/kg 的蟹类占总数的 62.65% (52/83)。

表 3 蟹类中重金属镉含量分析

Table 3 Analysis of Cd content in crab

样品	$\bar{x}\pm s/(mg/kg)$	范围/(mg/kg)	变异系数	超标率/%
蟹类	0.647±0.706	0.033~3.200	109.10%	38.55
海水蟹	1.070±0.670	0.033~3.200	62.63%	75.61
淡水蟹	0.183±0.119	0.043~0.620	64.96%	2.30

2.3 不同种类蟹中镉含量

不同种类的蟹类中镉含量差异较大,淡水蟹和海水蟹中镉含量均值差异具有统计学意义($P < 0.05$)。淡水蟹样本共 42 份,镉含量的范围为 0.043~0.62 mg/kg,平均值为 0.183 mg/kg,仅有 1 例样本镉含量超标,超标率为 2.38% (1/42);海水蟹样本共 41 份,镉含量的范围为 0.033~3.200 mg/kg,平均值为 1.070 mg/kg,是淡水蟹的 6 倍,超标率为 75.61% (31/41),是淡水蟹的 33 倍(表 3)。说明海水中重金属含量较高可能是导致海水蟹和淡水蟹中镉含量差异较大的主要原因。从分布来看,淡水蟹类镉含量呈负偏态分布,镉含量集中分布在 0.043~0.33 mg/kg 区间,镉含量 ≤ 0.100 mg/kg 的淡水蟹比例为 33.33% (14/42),镉含量 ≤ 0.300 mg/kg 的淡水蟹占 83.33% (35/42)(图 1)。

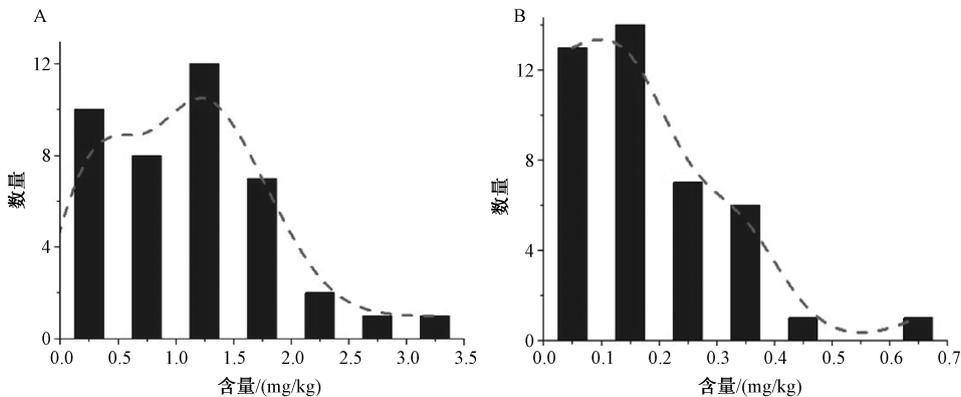


图 1 不同种类蟹中重金属镉含量分布情况(A:海水蟹;B:淡水蟹)

Figure 1 Distribution of Cd content in different kinds of crab(A:Seawater crabs; B:Freshwater crab)

2.4 不同年份蟹类中镉含量

在所调查的 3 个年份共计 83 份水产品中,2019 年的样品中镉含量均值和超标率最高,分别为 1.602 mg/kg 和 69.23% (9/13),2020 年镉含量均值和超标率最低,分别为 0.970 mg/kg 和 26.09% (12/46),从不同年度的镉超标率看,3 年间的镉超标率差异有统计学意义(图 2)。

2.5 蟹类重金属镉健康风险

由表 4 可知,所有年份海水蟹类重金属镉的健

康风险指数均高于淡水蟹类,成年人、儿童摄入蟹类中重金属镉的 THQ 值呈递增关系,说明儿童的暴露风险略高于成人;不同年龄人群膳食摄入海水蟹和淡水蟹中重金属镉的 THQ 值均小于 1,表明尽管样品含有一定量的金属元素,但由于摄入量、肠胃消化等因素影响,重金属镉通过蟹类进入人体的风险较低,对于一般人群食用蟹类造成的不良影响的可能性不大。由于缺少北京市蟹类的消费量数据,本研究采用了全国平均蟹类消费水平进行人体风

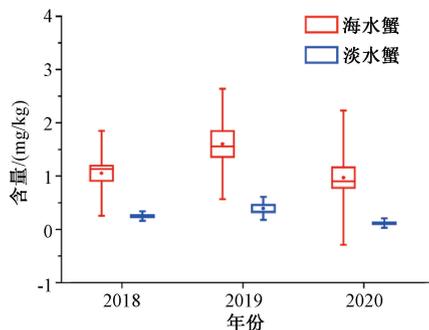


图2 不同年份蟹类中镉含量分析

Figure 2 Analysis of Cd content in crab in different years

险评估,未考虑地域、个人饮食偏好以及年龄差异,因此实际上可能高估了北京市民重金属镉的平均暴露的风险。

由于蟹类的食用有季节性特点,根据世界卫生组织-食品添加剂联合专家委员会提出的镉暂定每周可耐受摄入量为 0.0058 mg/kg ,参照本研究中镉的检测结果,仅从镉的人体健康风险角度分析,成人每周食用淡水蟹的最大量为 2.04 kg ,海水蟹的最大量为 0.35 kg 。每只螃蟹按 150 g 估算,则成人每周单独食用淡水蟹最好不要超过13只,海水蟹不要超过2只。儿童每周食用淡水蟹最大量为 0.81 kg ,海水蟹的最大量为 0.14 kg ,因此儿童每周单独食用淡水蟹最好不要超过5只,海水蟹不要超过1只。该估算值仅考虑了重金属镉经蟹类膳食摄入的途径,未考虑其他有毒物质和呼吸皮肤接触等多途径的影响,以及儿童的消化代谢能力较低等问题,因此估算结果偏高。

表4 蟹类样品健康风险评估

Table 4 Health risk assessment in crab sample

样品	统计百分位数/%	成人			总风险	儿童			总风险
		2018年	2019年	2020年		2018年	2019年	2020年	
海水蟹	5	0.029	0.040	0.022	0.035	0.074	0.101	0.056	0.083
	50	0.044	0.060	0.035	0.044	0.112	0.154	0.089	0.105
	95	0.052	0.084	0.053	0.053	0.134	0.215	0.136	0.127
淡水蟹	5	0.008	0.009	0.004	0.006	0.020	0.021	0.010	0.014
	50	0.009	0.013	0.004	0.006	0.023	0.032	0.010	0.014
	95	0.011	0.023	0.006	0.009	0.029	0.057	0.014	0.021

3 讨论

本研究采用原子吸收光谱法测定了2018—2020年北京市售蟹类重金属镉的含量。检测结果显示本次抽测的蟹类中存在重金属镉残留的现象。比对分析数据显示,不同年份采集的蟹类镉含量的差异有统计学意义,但是由于连续采集年份较少,样品数量有限,目前未观察到明显变化规律,还需持续追踪评价。不同生长环境的蟹类含量差异较大,淡水蟹仅有1例样品镉浓度超标,海水蟹类重金属镉的超标率相对较高,是淡水蟹的33倍,说明可能不同的生长环境对蟹类中重金属含量的影响较大。该结果与文献报道结果一致^[18, 28],推测与沿海水域镉污染较为严重有关。

靶标危害系数法分析结果显示,儿童和成年人通过膳食途径摄入蟹类中镉的THQ值均远小于1,说明在适宜范围内摄入蟹类的人体健康风险均较低。儿童通过食用蟹类摄入重金属镉的THQ值高于成人,可能与儿童仍处于生长发育期,肝肾等代谢器官发育不健全,对重金属更为敏感有关,因此建议儿童减少海水蟹的摄入量。由于螃蟹的食用具有季节性特点,根据镉暂定每周可耐受摄入量和本研究检测数据,仅从镉的人体健康风险角度分析,建议成年人每周食用淡水蟹最好不要超过13

只,海水蟹不要超过2只。

综上所述,本研究中抽测的北京市售蟹类中存在一定的重金属镉残留,其中淡水蟹仅有1份样品镉超标,海水蟹中超标现象较多,提示需加强市售海水蟹镉含量的监测,同时应对蟹类的生长环境,尤其是海水的重金属污染保持监控和治理。由于蟹类平均摄入量较低,因此通过膳食途径摄入重金属镉对人体健康造成的影响相对较低,但也存在一定潜在风险。蟹类的食用具有季节性,根据每周可耐受摄入量的标准,建议各类人群每周食用蟹类需适量。该研究将为蟹类的质量安全性评价提供科学理论依据。

参考文献

- [1] GENÇ T O, YILMAZ F. Metal accumulations in water, sediment, crab (*Callinectes sapidus*) and two fish species (*Mugil cephalus* and *Anguilla anguilla*) from the köyceğiz lagoon system-Turkey: An index analysis approach [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2017, 99 (2): 173-181.
- [2] KÖSE E, ÇIÇEK A, UYSAL K, et al. Heavy metal accumulations in water, sediment, and some cyprinid species in porsuk stream (Turkey) [J]. Water Environment Research, 2015, 87 (3): 195-204.
- [3] BHUYAN M S, BAKAR M A. Seasonal variation of heavy metals in water and sediments in the Halda River, Chittagong,

- Bangladesh[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, 24(35): 27587-27600.
- [4] 王慧, 毛伟峰, 蒋定国, 等. 中国居民水产品中四种常见重金属暴露评估[J]. *中国食品卫生杂志*, 2019, 31(5): 470-475.
- [5] BURGER J, GOCHFELD M, JEITNER C, et al. Metal levels in Flathead sole (*Hippoglossoides elassodon*) and great sculpin (*Myoxocephalus polyacanthocephalus*) from Adak Island, Alaska: Potential risk to predators and fishermen [J]. *Environmental Research*, 2007, 103(1): 62-69.
- [6] 梁辉, 周少君, 戴光伟, 等. 2010—2014年广东省水产品中铅镉含量调查及评价[J]. *中国食品卫生杂志*, 2017, 29(2): 209-212.
- [7] 程家丽, 张贤辉, 卓勤, 等. 我国海洋食用贝类重金属污染特征及其健康风险[J]. *中国食品卫生杂志*, 2016, 28(2): 175-181.
- [8] BRANCA J J V, MORUCCI G, PACINI A. Cadmium-induced neurotoxicity: Still much ado [J]. *Neural Regeneration Research*, 2018, 13(11): 1879-1882.
- [9] ZWOLAK I. The role of selenium in arsenic and cadmium toxicity: An updated review of scientific literature[J]. *Biological Trace Element Research*, 2020, 193(1): 44-63.
- [10] ALOSMAN M, YANG F, MASSEY I Y. Exposure routes and health effects of heavy metals on children[J]. *BioMetals*, 2019, 32(4): 563-573.
- [11] KUMAR S, SHARMA A. Cadmium toxicity: Effects on human reproduction and fertility[J]. *Reviews on Environmental Health*, 2019, 34(4): 327-338.
- [12] 王秀莉, 于雪荣, 赵紫薇, 等. 安徽省3类淡水水产品中氨基酸分析及评价[J]. *中国食物与营养*, 2019, 25(10): 65-68.
- [13] PARK K, KWAK T S, KIM W S, et al. Changes in exoskeleton surface roughness and expression of chitinase genes in mud crab *Macrophthalmus japonicus* following heavy metal differences of estuary[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2019, 138: 11-18.
- [14] SIMONETTI P, BOTTÉ S E, MARCOVECCHIO J E. Heavy metal bioconcentration factors in the burrowing crab *Neohelice granulata* of a temperate ecosystem in South America: Bahía Blanca estuary, Argentina [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, 25(34): 34652-34660.
- [15] BARATH KUMAR S, PADHI R K, SATPATHY K K. Trace metal distribution in crab organs and human health risk assessment on consumption of crabs collected from coastal water of South East Coast of India [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2019, 141: 273-282.
- [16] 冯锦. 天津市售海蟹中不同部位铅镉汞污染状况[J]. *中国卫生检验杂志*, 2021, 31(14): 1770-1772.
- [17] 林彩琴, 林少美, 陈珞洛, 等. 温州地区市售螃蟹中镉污染状况及其在蟹体内分布研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2020, 32(4): 414-417.
- [18] 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.
- [19] 汪倩, 宋超, 裘丽萍, 等. 中国养殖中华绒螯蟹中重金属铬的残留现状及膳食风险评估[J]. *生态环境学报*, 2019, 28(8): 1650-1655.
- [20] 张聪, 宋超, 董欣悦, 等. 我国养殖中华绒螯蟹中铅残留现状及健康风险评估[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(8): 2168-2173.
- [21] 张聪, 宋超, 裘丽萍, 等. 太湖流域中华绒螯蟹重金属镉和铬的风险评估[J]. *环境科学与技术*, 2017, 40(3): 178-181.
- [22] United States Environmental Protection Agency (US EPA), Risk Based Concentration Table [R]. Washington DC: Philadelphia, PA, USA, 2017.
- [23] DEMKOVÁ L, ÁRVAY J, HAUPTOG M, et al. Mercury content in three edible wild-growing mushroom species from different environmentally loaded areas in Slovakia: An ecological and human health risk assessment[J]. *Journal of Fungi*, 2021, 7(6): 434.
- [24] 王宇光, 赵明军, 赵蕾. 居民膳食平衡目标下我国水产品消费研究[J]. *中国水产*, 2021(10): 48-50.
- [25] 王静香, 刘祖昕, 赵跃龙, 等. 我国水产品供需形势分析与预测[J]. *农业工程*, 2020, 10(4): 112-116.
- [26] 农业农村部渔业渔政管理局. 2020中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.
- [27] 国家卫生健康委员会. 中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)[R]. 2020.
- [28] 田甜, 巫剑, 文金华, 等. 广西北部湾鲜活水产品中氯霉素残留的膳食暴露风险评估[J]. *现代食品科技*, 2021, 37(5): 310-318.