

2011—2020年W市市售水产品中4种违禁渔药污染状况及暴露风险评估

王 胜, 孙言凤, 肖永华, 黄常刚*

(武汉市疾病预防控制中心, 武汉 430015)

摘 要: **目的** 分析2011—2020年W市市售水产品中4种违禁渔药污染状况及评估其暴露风险。**方法** 分析比较4种违禁渔药在水产品中的检出率, 通过Crystal Ball软件中Anderson-Darling检验拟合4种违禁渔药残留值最优分布并用Monte Carlo模拟10000次得到P50和P95暴露量概率密度图, 计算出相应暴露限值评估其暴露风险。**结果** 2011—2020年市售1213件水产品总检出率为8.3%, 年度检出率在1.2%~15.3%之间, 2011—2017年明显高于2018—2020年; 4种违禁渔药检出率在0.2%~6.7%之间, 孔雀石绿明显高于其他3种; 18种水产品有7种检出, 检出率在2.6%~13.7%之间, 鳊鱼、鳙鱼和鲢鱼明显高于鲈鱼和虾; 4种违禁渔药的平均暴露限值(P50)和95%暴露限值(P95)均大于500000, 属于低风险管理水平, 极端暴露限值则均在5000~500000之间, 属于中等风险管理水平。**结论** W市市售水产品中孔雀石绿污染最为严重, 其次为硝基呋喃和氯霉素, 鳊鱼、鳙鱼、鲢鱼和贝类产品污染较严重, 且贝类产品均为氯霉素检出, 需加强监管; 4种渔药检出率自2018年呈明显下降趋势, 且于2019年和2020年均维持低检出水平, 希望能够持之以恒, 巩固成果; W市民食用大部分水产品对身体健康危害很低, 但食用了4种渔药残留值极高的水产品可能会产生潜在危害, 需注意风险防范。

关键词: 水产品; 违禁渔药; 污染状况; 暴露风险

Pollution status and exposure risk assessment of 4 kinds of prohibited fishery drugs in aquatic products sold in W city from 2011 to 2020

WANG Sheng, SUN Yan-Feng, XIAO Yong-Hua, HUANG Chang-Gang*

(Wuhan Center for Disease Control and Prevention, Wuhan 430015, China)

ABSTRACT: **Objective** To analyze the pollution status of 4 kinds of prohibited fishery drugs and evaluate exposure risk in aquatic products sold in W city in 2011—2020. **Methods** The detection rates of 4 kinds of prohibited fishery drugs in aquatic products were analyzed and compared according to the residues of 4 kinds of prohibited fishery drugs to fit the optimal distribution by Anderson-Darling test with Crystal Ball, and the probability density diagrams of P50 and P95 exposure by Monte Carlo simulating for 10000 times were obtained, then the margins of exposure (MOE) were calculated to assess the exposure risks. **Results** The total detection rate was 8.3%

基金项目: 武汉市公共卫生及卫生政策科研项目(WG17C03)、湖北省自然科学基金项目(2016CFB177)

Fund: Supported by the Scientific Research Program for Wuhan Public Health and Health Policy (WG17C03), and the Natural Science Foundation of Hubei Province (2016CFB177)

***通信作者:** 黄常刚, 硕士, 主管技师, 主要研究方向为食品安全。E-mail: hcg@whcdc.org

***Corresponding author:** HUANG Chang-Gang, Master, Technician, Wuhan Center for Disease Prevention and Control, Wuhan 430015, China. E-mail: hcg@whcdc.org

which of the 1213 commercial aquatic products in 2011—2020, and the annual detection rates were 1.2%—15.3%, the detection rate of 2011—2017 was significantly higher than 2018—2020; the detection rates of 4 kinds of prohibited fishy drugs were 0.2%—6.7%, malachite green was significantly higher than the other 3 kinds; 7 kinds of the 18 kinds of aquatic products were detected, and the detection rates were 2.6%—13.7%. snakehead, mandarin fish and catfish were significantly higher than perch and shrimp; the mean MOE (P50) and 95% MOE (P95) of 4 kinds of prohibited fishery drugs were all more than 500000, belonged to the low risk management level, and the extreme MOE were all in 5000—500000, belonged to the medium risk management level. **Conclusion** Malachite green and nitrofurans were mainly detected in snakehead, mandarin fish and catfish with high detection rates in aquatic products sold in W city, while shellfish with high detection rates were all chloramphenicol detected, so supervision should be strengthened; the detection rates of 4 kinds of fishery drugs show significant downward trend since 2018, and maintained a low detection level in 2019 and 2020, which should be persevered and consolidate the achievements; most of the aquatic products consumed by W citizens have little harm to their health, but the consumption of 4 kinds of aquatic products with extremely high residues of fishery drugs may cause potential harm, so it is necessary to pay attention to risk prevention.

KEY WORDS: aquatic products; prohibited fishery drugs; pollution status; exposure risk

0 引言

氯霉素为抑菌性广谱抗生素^[1], 最初在临床上用于治疗各种敏感菌感染, 但在 ERSLEV^[2]发现其对造血系统有严重不良反应后, 其使用受到严格控制, 随后, 氯霉素被广泛用于畜禽、水产品等养殖业中; 孔雀石绿和结晶紫均为人工合成的三苯甲烷类碱性工业染料, 因具有抑菌作用^[3-4]而被广泛应用于水产养殖业中; 硝基呋喃类药物是人工合成的一类广谱抗菌剂^[5-6], 由于能够治疗革兰氏菌和真菌感染而广泛用于畜禽、水产养殖业中。这 4 种渔药虽然能够显著降低水产动物相关疾病的发病率与死亡率, 但均有致畸、致癌等毒副作用^[6-9], 进入人体后会对人体的健康产生危害, 国家卫计委在 2014 年的 843 号文件《食品中可能违法添加的非食用物质名单》(征求意见稿)及农业农村部公告第 250 号公告《动物中禁止使用的药品及其他化合物清单》中均明确规定禁止使用^[10-11], 但近年来, 仍有违禁渔药滥用情况见诸文献报道^[12-17], 各省针对违禁渔药滥用情况也进行着持续关注^[18-20], 亦有相关暴露风险评估分析^[21-25]。W 市内水域面积约占全市总面积的四分之一, 水资源丰富, 水产品为该市民的重要食物来源之一, 违禁渔药的污染情况也有报道^[26-27], 但报道中均没有分析 4 种渔药对 W 市民暴露风险的危害程度。故本研究通过分析 2011—2020 年 W 市市售水产品中 4 种违禁渔药污染状况, 评估 W 市民食用市售水产品对身体健康带来的危害性, 为保障食品安全提供依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

根据 W 市食品安全监管部门制定的抽检计划和国家

食品安全风险监测计划, 2011—2020 年在 W 市各个城区的超市和集贸市场采集市售包括鱼、虾、贝类 18 种水产品共 1213 件。

1.2 检测方法

氯霉素检测参照 GB/T 20756—2006《可食动物肌肉、肝脏和水产品中氯霉素、甲砒霉素和氟苯尼考残留量的测定 液相色谱-串联质谱法》, 检出限为 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$; 孔雀石绿及其代谢物隐色孔雀石绿、结晶紫其代谢物隐色结晶紫检测参照 GB/T 19857—2005《水产品中孔雀石绿和结晶紫残留量的测定》, 结果分别以孔雀石绿和结晶紫计, 检出限均为 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$; 硝基呋喃类的 4 种代谢产物: 5-吗啉甲基-3-氨基-2-氨基-2-恶唑烷基酮、3-氨基-2-恶唑烷基酮、1-氨基-2-内酰胺及氨基脲检测参照 GB/T 20752—2006《猪肉、牛肉、鸡肉、猪肝和水产品中硝基呋喃类代谢物残留量的测定 液相色谱-串联质谱法》, 结果以硝基呋喃计, 检出限为 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

1.3 数据处理

对检测出 4 种渔药的样品以实际检测结果的数值计, 对未检出样品, 则根据“低于检出限的数据比例大于 80% 时结果按 1/2 检出限值计”^[28], 本研究中 4 种违禁渔药检出的样本量均小于 20%, 故本研究中未检出氯霉素的样品结果以 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 计, 未检出孔雀石绿、结晶紫和硝基呋喃的样品结果均以 0.25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 计。

1.4 统计方法

通过 SPSS 22 软件对检出率进行卡方检验分析, 在 95%置信区间, 当 P 值小于 0.05 时, 认为其差异有统计学意义; 用 Crystal Ball 11 软件中的 Anderson-Darling 对 4 种

渔药测定值进行拟合优度检验, 根据最小 A-D 值选定最佳分布, 并采用 Monte Carlo 按最佳分布模拟 10000 次得到其暴露量概率密度图。

1.5 风险评估及判定方法

根据欧洲食品安全局在 2005 年食品添加剂联合专家委员会第 64 次会议上首次提出对遗传毒性致癌物用暴露限值(margin of exposure, MOE)分析技术评估^[29]。MOE 按公式(1)进行计算, 其中 EXP [exposure, $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{bw}\cdot\text{d})$]为每人每日每千克体重水产品膳食暴露量, 按照(2)进行计算:

$$\text{MOE} = \frac{\text{BMDL}}{\text{EXP}} \tag{1}$$

$$\text{EXP} = \frac{C \times F}{M} \tag{2}$$

式中, 基准剂量下限(bench mark dose lower confidence limit, BMDL)为 95%置信区间下限, $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{bw}\cdot\text{d})$ ^[30]; 由于缺乏对人体的试验数据, 该值以动物实验为参考, 王巧旭等^[31]用氯霉素对大鼠进行毒性实验研究后, 推算出其 BMDL 值为 $0.804 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{bw}\cdot\text{d})$, 根据欧洲食品安全局报告, 硝基呋喃以其代谢物 3-氨基-2 恶唑烷基酮计, 其 BMDL 为 $1.6 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{bw}\cdot\text{d})$ ^[32], 孔雀石绿的 BMDL 值为 $13 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{bw}\cdot\text{d})$ ^[33], 由于结晶紫与孔雀石绿均结构相近, 性质相似, 故参照孔雀石绿取 BMDL 为 $13 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{bw}\cdot\text{d})$;

其中 C 为 4 种违禁渔药测定值, $\mu\text{g}/\text{kg}$; F 为居民的每天水产品食用量, g/d; 在龙甲等^[34]的膳食调查中 W 市民膳食中动物性食品为 217.29 g/d 且水产品 in 动物性食品中所占比例 33.00%, 据此计算 W 市民每天摄入水产品为 71.7 g/d ; M 为市民体重, kg, 根据《中国人群暴露参数手册·成人卷》^[35]中国人群体重推荐值, 成人(≥ 18 岁)体重以 60.6 kg 计。

按 1.4 统计方法得 4 种渔药的 EXP 概率分布图, 由图可分别得到平均暴露量(P50)和 95%概率暴露量(P95), 极端暴露量则根据最大残留值计算, 再根据公式(1)分别得到相应的暴露限值, 最后根据加拿大卫生部判定方法判定, 其采用 MOE 的倒数即暴露量指数(Exposure/Potency Indices, EPIs)判定, EPIs 值 $>2\times 10^{-4}$ 、 $2\times 10^{-6}\sim 2\times 10^{-4}$ 及 $<2\times 10^{-6}$, 则换成 MOE 值 <5000 、 $5000\sim 500000$ 及 >500000 分别代表高、中、低优先级别的风险管理水平^[36]。

2 结果与分析

2.1 W 市市售水产品中 4 种违禁渔药污染状况

2011—2020 年 W 市市售 1213 件水产品中共有 101 件检出 4 种违禁渔药, 总检出率为 8.3%(见表 1), 每年度检出率在 1.2%~15.3%之间, 其中 2012 年有 1 件水产品同时检出氯霉素与孔雀石绿, 2013 年 345 件样品中专项监测了 75 件虾中的硝基呋喃, 另 270 件鱼只监测了其他 3 种违禁渔药。

表 1 2011—2020 年 W 市市售水产品采样量及 4 种违禁渔药检出情况
Table 1 Sampling quantity of aquatic products and detection of 4 kinds of prohibited fishery drugs in W City in 2011—2020

年份	采集件数/件	4 种渔药检出件数/件				小计/件	检出率/%
		氯霉素	孔雀石绿	结晶紫	硝基呋喃		
2011	240	1	15	1	/	17	7.1
2012	150	6	18	0	/	23	15.3
2013	345	0	26	1	4	31	9.0
2014	36	0	0	0	2	2	5.6
2015	98	2	6	0	2	10	10.2
2016	27	/	1	0	2	3	11.1
2017	83	/	8	0	2	10	12.0
2018	30	/	0	0	2	2	6.7
2019	124	/	2	0	0	2	1.6
2020	80	/	0	0	1	1	1.2
合计	1213	9	76	2	15	101	8.3
检出率/%		1.1	6.7	0.2	2.7	-	-
残留值范围/ $(\mu\text{g}/\text{kg})$		0.11~3.60	0.52~526	2.94~171	0.60~112	-	-
平均测定值/ $(\mu\text{g}/\text{kg})$		0.70 $\pm$ 1.18	22.94 $\pm$ 66.29	86.97 $\pm$ 118.84	18.35 $\pm$ 36.86	-	-
中位值/ $(\mu\text{g}/\text{kg})$		0.24	4.74	86.97	1.90	-	-

注:/表示当年没检测该项目。

2.1.1 W 市市售水产品违禁渔药年度检出率分析

由表 1 可知, 违禁渔药年度检出率在 2012—2014 年逐步下降, 2015—2017 年逐步上升, 2018—2020 年又逐步下降, 分析比较 2011—2014 4 年和 2015—2017 3 年的检出率, 其差异没有统计学意义 ($\chi^2=0.42$, $P=0.52$), 说明 2011—2017 年度检出率无明显变化; 比较 2011—2017 7 年检出率与 2018—2020 3 年的检出率, 其差异有统计学意义 ($\chi^2=14.55$, $P<0.05$), 说明年度检出率在 2018 年呈下降趋势, 并且 2019 年和 2020 年均维持在低检出率水平。上海市 2008—2018 年监测的孔雀石绿和硝基呋喃的年度检出率^[21]及深圳市在 2015—2017 年和 2014—2018 年监测的氯霉素、孔雀石绿、硝基呋喃和唑乙醇的年度检出率^[18,22]均在 2017 年呈明显下降趋势, 和本调查的年度检出率下降趋势基本一致, 但湛江市 2013—2018 年进出口水产品中硝基呋喃类、磺胺类和四环素类的阳性率均在 2018 年有所回升^[19], 以上分析说明, 在多年监管力度下, W 市水产品中违禁渔药的滥用情况于 2018 年得明显改善, 但湛江市渔药阳性率回升情况提示 W 市有关部门不能松懈, 同时也要注意对其他允许限用渔药的监测和监管。

2.1.2 W 市市售水产品中 4 种渔药检出率分析

4 种违禁渔药检出率在 0.2%~6.7%之间(见表 1), 孔雀石绿最高, 其次为硝基呋喃和氯霉素, 结晶紫最低, 只检出 2 件, 可能是因为结晶紫和孔雀石绿结构性质及治疗作用相似, 而孔雀石绿因成本较低使用较多。样品中 4 种渔药残留值的变异度较大, 说明在使用过程中随意性较大。对 4 种渔药检出率进行比较, 表明 4 种渔药检出率的差异有统计学意义 ($\chi^2=93.73$, $P<0.05$), 两两比较后, 孔雀石绿与其他渔药检出率的差异均有统计学意义 ($P<0.05$), 此外孔雀石绿极大残留值与中位值差别也最大, 说明孔雀石绿污染最严重, 不仅范围广而且用量也大。这可能是因为氯霉素和硝基呋喃均属处方药监管较孔雀石绿严格的原因。在其他地方报道中, 深圳市^[18]监测的孔雀石绿和硝基呋喃检出率(分别为 9.34%和 3.77%)均略高于本研究结果, 氯霉素检出率(0.66%)则低于本研究结果, 此 3 种渔药污染程度也与本研究一致; 在广州市^[12]调查报告中, 氯霉素检出率(2.5%)高于本研究结果, 孔雀石绿和硝基呋喃检出率(分别为 1.5%和 5%)均要低于本研究结果; 而在上海市^[21]、昆明

市^[20]和广西壮族自治区^[13]报道中硝基呋喃检出率(分别为 17.8%、33.8%和 8.68%)和孔雀石绿检出率(分别为 1.2%、2.8%和 5.00%)均要高于本研究结果。以上比较分析提醒相关部门对重点污染的违禁渔药的监管工作要加强外, 也要注意监控其他违禁渔药滥用情况, 不能顾此失彼。

2.1.3 W 市市售不同品种水产品检出率分析

18 种水产品中有 7 种检出 4 种违禁渔药, 检出率在 2.6%~13.7%之间(见表 2), 鳊鱼、贝类水产品、鳙鱼和鲢鱼检出率均超过 10%。经分析, 7 种水产品检出率差异有统计学意义 ($\chi^2=24.42$, $P<0.05$), 两两比较后鳊鱼、鳙鱼和鲢鱼分别与鲈鱼和虾的检出率差异有统计学意义 ($P<0.05$), 鳊鱼、鳙鱼和鲢鱼的检出率明显高于鲈鱼和虾, 这可能是因为鳊鱼和鳙鱼价贵且生性喜动, 在密闭狭小空间里容易死亡的原因。5 种检出率较高的水产品和其他地方报道相比较, 鳊鱼检出率除了高于上海市(8.6%)^[21]外, 要低于昆明市(40.0%)^[20]和西安市(19.4%)^[14], 同样鳙鱼除了高于上海市(9.0%)^[21]外, 均远低于深圳市(35.71%)^[18]和昆明市(35.3%)^[20], 鲢鱼高于广州市(0.5%)^[12], 远低于广西壮族自治区(40.00%)^[13], 贝类水产品 and 广州市均为氯霉素项目检出, 但要高于广州市(7.5%)^[12], 在林功师等^[15]及杨宏亮等^[23]氯霉素专项调查中检出率分别为 12%和 3.6%。以上分析提醒有关部门不仅要加强对这 3 种淡水鱼的监管, 也要注意对贝类水产品中氯霉素的监控。

2.2 W 市居民食用水产品 4 种违禁渔药暴露风险评估及不确定性

按照 1.3 对 4 种渔药测定值进行处理后, 在 Crystal Ball 软件中对其进行 Anderson-Darling 拟合优度检验, 均显示拟合为 logistic 分布时 A-D 值最小, 根据公式(2)将 EXP 值按该分布用 Monte Carlo 模拟 10000 分别得 EXP 概率分布图。最终得到 W 市居民膳食中 4 种渔药的平均暴露限值(P50), 95%暴露限值(P95)和极端暴露限值(见表 3)。W 市居民食用的水产品中 4 种渔药的平均暴露限值(P50)和 95%暴露限值(P95)均大于低级别的风险管理水平值, 说明大多 W 市民食用水产品时对身体健康产生的风险很低, 4 种渔药极大暴露限值均在中、高级别风险值之间, 表明食用 4 种渔药残留值极高的水产品可能会对人体健康产生潜在危害, 需要注意防范。

表 2 2011—2020 年 W 市市售不同品种水产品检出情况
Table 2 Detection of different varieties of aquatic products sold in W city in 2011—2020

品种	鳊鱼	贝类水产品	鳙鱼	鲢鱼	虾	鲈鱼	黄颡鱼	其他
采集件数	357	15	150	138	142	240	38	133
检出件数	49	2	18	16	7	8	1	0
检出率/%	13.7	13.3	12.0	11.6	4.9	3.3	2.6	0

表 3 2011—2020 年和 2018—2020 年 W 市居民每日食用水产品的 MOE 值
Table 3 MOE value of aquatic products consumed by residents in W city in 2011—2020 and 2018—2020

渔药名称	EXP/[μg/(kg·bw·d)]			MOE/[μg/(kg·bw·d)]		
	P50	P95	极大暴露	P50	P95	极大暴露
氯霉素	6.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁴	4.3×10 ⁻³	1.3×10 ⁷	8.0×10 ⁷	1.9×10 ⁵
孔雀石绿	3.2×10 ⁻³	9.9×10 ⁻³	6.2×10 ⁻¹	4.1×10 ⁶	1.3×10 ⁶	2.1×10 ⁴
结晶紫	6.2×10 ⁻⁴	1.8×10 ⁻³	2.0×10 ⁻¹	2.1×10 ⁷	7.2×10 ⁶	6.5×10 ⁴
硝基呋喃	6.3×10 ⁻⁴	1.8×10 ⁻³	1.3×10 ⁻¹	2.5×10 ⁶	8.9×10 ⁵	1.2×10 ⁴

本次评估还存在诸多不确定性,如本研究测定的水产品只包括了 18 种水产品,并未囊括所有水产品种,并且在检测时直接取肉测定,未考虑鱼皮等其他部位以及实际生活中加工烹饪等过程对测定值的损失影响^[37];其次评估时只考虑食用水产品的暴露途径,未考虑食用其他食品和被污染的水体等暴露途径,也未考虑氯霉素和硝基呋喃经临床药物暴露途径;再者本评估所用数据 BMDL 均参照动物毒理学诱发肿瘤可能性的阈值而不是以人体试验的相关阈值作为参考,W 市民每天水产品消费量数据来源相关文献调查,其样本量较小,与 W 市民实际消费数据可能存在差异,体重采取的数据来自国家卫计委发布的中国的平均体重数据,也与 W 市民实际体重数据可能存在差异;最后在风险判定时国际并没有公认判定方法,也尚无哪种判定原则更为合理的说明,本研究参照的加拿大卫生部判定方法,相比其他判定方法可能存在差异。

3 结论与讨论

综上所述,2011—2020 年 W 市市售水产品中 4 种违禁渔药的总检出率为 8.3%,其中孔雀石绿污染最为严重,其次为硝基呋喃和氯霉素,18 种产品中有 7 种水产品检出,渔药、鳊鱼、鳙鱼、和鲢鱼和贝类水产品污染较为严重,故对此需加强监管。此外由于氯霉素检出率低,自 2016 年未再监测,但 15 件贝类水产品全部在 2015 年监测并有 2 件氯霉素检出,建议相关部门保持对氯霉素特别是贝类水产品的监管工作。风险分析表明,W 市大多数市民食用水产品时健康风险很低,但食用 4 种渔药残留值极高的水产品可能会对人体健康产生潜在危害,需要注意防范。

值得注意的是,W 市市售水产品中 4 种违禁渔药的检出率在 2018 年呈明显下降趋势,且于 2019 年和 2020 年均维持低检出水平,其他地方文献报道中也在 2017 年呈明显下降趋势,说明国家对水产品中违禁渔药的监管工作在近几年取得了显著成绩,但湛江市部分渔药检出率^[13]在 2018 有所回升,提醒相关部门的监管工作要持之以恒,不能松懈,同时也要注意对磺胺类和四环素类等限用渔药监管。

参考文献

[1] EHRlich J, BARTZ QR, SMITH RM, *et al.* Chloromycetin, a new antibiotic from a soil actinomycete [J]. Science, 1947, 106(2757): 417–417.

[2] ERSLEV AJ. Hematopoietic depression induced by chloromycetin [J]. Blood, 1953, 8(2): 170–174.

[3] CHARLES FP, WITT NF. Growth of anaerobes in bile media containing malachite green and brilliant green [J]. J Am Water Works Ass, 1930. <https://awwa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.1551-8833.1930.tb20914.x>

[4] POE CF. Growth of anaerobes in crystal violet bile media [J]. J Bacteriol, 1930, 19(2): 117–124.

[5] CRAMER DL. The mode of action of nitrofurans compounds: II. Application of physicochemical methods to the study of action against *Staphylococcus aureus* [J]. J Bacteriol, 1947, 54(2): 119–125.

[6] SCHLOSSBERG D, SAMUEL R. Chloromycetin (Chloramphenicol) [M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd, 2017.

[7] SHIVAJI S, RANJANA S, ROY D. Toxicological effects of malachite green [J]. Aquat Toxicol, 2004, 66(3): 319–329.

[8] AU W, PATHAK S, COLLIE CJ, *et al.* Cytogenetic toxicity of gentian violet and crystal violet on mammalian cells *in vitro* [J]. Mutat Res, 1978, 58(2): 269–276.

[9] COHEN S. Toxicity and carcinogenicity of nitrofurans [J]. Carcinogenesis, 1978, 4: 171–231.

[10] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 国家卫生计生委办公厅关于征求《食品中可能违法添加的非食用物质名单》(征求意见稿 [2014] 843 号)[EB/OL]. [2014-09-29]. <http://www.nhc.gov.cn/wjw/yjzj/201409/64a8d549311a432c8df6fb446fba8cc.shtml> [2021-12-21].
National Health Commission of People's Republic of China. Notice of the general office of the national health and Family Planning Commission on soliciting the list of non edible substances that may be illegally added to food (Draft for Comment [2014] NO.843) [EB/OL]. [2014-09-29]. <http://www.nhc.gov.cn/wjw/yjzj/201409/64a8d549311a432c8df6fb446fba8cc.shtml> [2021-12-21].

[11] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业农村部公告第 250 号[EB/OL]. [2020-01-06]. http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/gg/202001/t20200106_6334375.htm [2021-12-21].
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Announcement No.250 of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China [EB/OL]. [2020-01-06]. http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/gg/202001/t20200106_6334375.htm [2021-12-21].

- [12] 陈金玉, 刘华, 朱晓琳, 等. 广州市市售水产品氯霉素、孔雀石绿、呋喃唑酮和甲醛残留量分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(17): 5609–5614.
CHEN JY, LIU H, ZHU XL, *et al.* Analysis of chloramphenicol, malachite green, furazolidone and formaldehyde residues in aquatic products sold in Guangzhou in 2018–2019 [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(17): 5609–5614.
- [13] 林文斯, 廖艳华, 刘君, 等. 2016 年广西水产品中孔雀石绿和硝基呋喃残留状况调查[J]. 应用预防医学, 2018, 34(1): 47–49, 52.
LIN WS, LIAO YH, LIU J, *et al.* Investigation on malachite green and nitrofurans residues in aquatic products in Guangxi in 2016 [J]. Appl Prev Med, 2018, 34(1): 47–49, 52.
- [14] 张凡, 董曼曼, 李国薇, 等. 2020 年西安市淡水鱼中兽药残留质量分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(10): 4269–4273.
ZHANG F, DONG MM, LI GW, *et al.* Analysis of veterinary drug residues quality of freshwater fish in Xi'an in 2020 [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(10): 4269–4273.
- [15] 林功师, 郑冬云, 洪江, 等. 厦门市售贝类中氯霉素残留情况调查分析[J]. 福建水产, 2018, 40(3): 223–227.
LIN GS, ZHENG DY, HONG J, *et al.* Investigation and analysis of chloramphenicol residues in shellfish sold in Xiamen [J]. J Fish Res, 2018, 40(3): 223–227.
- [16] 储成群, 苑婷婷, 包颖. 深圳市淡水鱼类中孔雀石绿及结晶紫残留状况的调查分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(14): 3675–3678.
CHU CQ, YUAN TT, BAO Y. Investigation and analysis of malachite green and crystal violet residues in freshwater fishes in Shenzhen [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(14): 3675–3678.
- [17] 丁洪流, 代菲, 张素芳, 等. 苏州市售动物性水产品兽药残留和重金属含量调研分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(8): 2174–2180.
DING HL, DAI F, ZHANG SF, *et al.* Investigation and analysis of veterinary drug residues and heavy metals in animal aquatic products in Suzhou [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(8): 2174–2180.
- [18] 向敏荣, 王舟. 深圳市 2014—2018 年市售淡水产品兽药残留分析[J]. 中国热带医学, 2019, 19(12): 1137–1140.
XIANG MR, WANG Z. Veterinary drug residues in freshwater products sold in Shenzhen 2014–2018 [J]. China Trop Med, 2019, 19(12): 1137–1140.
- [19] 林铜锐, 唐媛媛, 詹海毅, 等. 2013—2018 年湛江进出口水产品兽药残留结果分析[J]. 检验检疫学刊, 2019, 29(3): 1–4.
LING JR, TANG YY, ZHAN HY, *et al.* Analysis of veterinary drug residue results of import and export aquatic products in Zhanjiang from 2013 to 2018 [J]. J Inspect Quarant, 2019, 29(3): 1–4.
- [20] 师真, 赵俊丽, 李文廷, 等. 2017—2019 年昆明市市售食用鱼中几种违禁药物分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(6): 1792–1796.
SHI Z, ZHAO JL, LI WT, *et al.* Analysis of several illegal drugs in edible fish sold in Kunming in 2017–2019 [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(6): 1792–1796.
- [21] 张旭晟, 宇盛好, 李亦奇, 等. 上海市市售 3 种鱼类中孔雀石绿和硝基呋喃化合物监测结果及膳食暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2020, 32(1): 94–98.
ZHANG XS, YU SH, LI YQ, *et al.* Result analysis and dietary risk assessment on the risk monitoring data of malachite green and nitrofurans in three kinds of fish in Shanghai [J]. Chin J Food Hyg, 2020, 32(1): 94–98.
- [22] 李思果, 黄薇, 潘柳波, 等. 深圳市 2015—2017 年市售淡水鱼中孔雀石绿污染状况及居民膳食暴露评估[J]. 中国热带医学, 2020, 20(9): 835–838.
LI SG, HUANG W, PAN LB, *et al.* Contamination situation of malachite green in freshwater fish and its dietary exposure assessment of Shenzhen, 2015–2017 [J]. China Trop Med, 2020, 20(9): 835–838.
- [23] 杨宏亮, 黄珂, 李刘冬, 等. 2015—2017 年市售贝类产品中氯霉素的暴露评估[J]. 南方水产科学, 2019, 015(001): 93–99.
YANG HL, HUANG K, LI LD, *et al.* Exposure assessment on chloramphenicol residues in commercially available shellfish in 2015–2017 [J]. South China Fish Sci, 2019, 15(1): 93–99.
- [24] 游杰, 岳亚军, 夏伟, 等. 深圳市罗湖区居民淡水鱼中孔雀石绿膳食暴露水平概率评估[J]. 现代预防医学, 2020, 47(11): 5.
YOU J, YUE YJ, XIA W, *et al.* Probability assessment of malachite green exposure level from freshwater fish, Luohu district, Shenzhen [J]. Mod Prev Med, 2020, 47(11): 1975–1979.
- [25] 王艳莉, 郭宝福, 祝白春, 等. 2013—2017 年江苏省动物性食品中硝基呋喃类代谢物膳食暴露分析[J]. 现代预防医学, 2020, 47(7): 1792–1796.
WANG YL, GUO BF, ZHU BC, *et al.* Nitrofurans metabolites in animal derived food and dietary reliability in Jiangsu province, 2013–2017 [J]. Mod Prev Med, 2020, 47(7): 1792–1796.
- [26] 黄常刚, 肖永华, 孙言凤, 等. 2013—2020 年武汉市售肉食性淡水鱼中两类禁用药物检出状况分析[J]. 现代预防医学, 2021, 48(8): 1384–1386, 1407.
HUANG CG, XIAO YH, SUN YF, *et al.* Result analysis and assessment of two types of prohibited drugs in carnivorous freshwater fish on the market of Wuhan city between 2013 and 2020 [J]. Mod Prev Med, 2021, 48(8): 1384–1386, 1407.
- [27] 王胜, 肖三华, 唐非. 武汉市市售水产品中氯霉素、孔雀石绿与结晶紫污染状况[J]. 公共卫生与预防医学, 2018, 29(4): 101–103.
WANG S, XIAO SH, TANG F. Chloramphenicol, malachite green and crystal violet residues in aquatic products in W city [J]. J Public Health Prev Med, 2018, 29(4): 101–103.
- [28] 宫春波, 王朝霞, 孙月琳, 等. 食品安全风险监测数据统计处理常见问题探讨[J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(6): 575–578.
GONG CB, WANG ZX, SUN YL, *et al.* Application of statistic analysis processing on food safety risk surveillance data [J]. Chin J Food Hyg, 2013, 25(6): 575–578.
- [29] LARSEN J, MEYLAND I, OLSEN M, *et al.* Joint FAO/WHO expert committee on food additives, sixty-fourth meeting, 8–17 February 2005 [J]. J Phys Chem Solids, 2005, 28(1): 41–47.
- [30] AUTON TR. Calculation of benchmark doses from teratology data [J]. Regul Toxicol Pharm Rtp, 1994, 19(2): 152–167.
- [31] 王巧旭, 盛云华, 李睿, 等. 大鼠氯霉素 4 周经口连续染毒毒性的研究[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(6): 545–548, 554.
WANG QX, SHENG YH, LI R, *et al.* Study on 4-week toxicity of chloramphenicol by continuous oral administration in rats [J]. J Environ Occup Med, 2017, 34(6): 545–548, 554.
- [32] Publication European Food Safety Authority. European Food Safety Authority Contam Panel (EFSA panel on contaminants in the food chain), 2015. Scientific opinion on nitrofurans and their metabolites in food [J].

- EFSA J, 2015, 13(6): 4140.
- [33] Publication European Food Safety Authority. Malachite green in food EFSA panel on contaminants in the food chain (CONTAM) [J]. EFSA J, 2016, 14(7): 4530.
- [34] 龙甲, 周方, 赵娜娜, 等. 武汉市动物性食品双酚 A 水平及风险评估[J]. 公共卫生与预防医学, 2013, 24(2): 9-12.
- LONG J, ZHOU F, ZHANG NN, *et al.* Contamination level of bisphenol A in animal source foods and risk assessment in a city [J]. J Public Health Prev Med, 2013, 24(2): 9-12.
- [35] 赵秀阁, 段小丽. 中国人群暴露参数手册(成人卷)[M]. 北京: 中国环境出版社, 2014.
- ZHAO XG, DUAN XL. Exposure factors handbook of Chinese population (Adult volume) [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2014.
- [36] Health Canada. Human Health Risk Assessment for Priority Substances [Z]. Ottawa: Canadian Environmental Protection Act, 1994. <https://www.canada.ca/en/services/health.html>
- [37] 杨金兰, 陈俊, 王旭峰, 等. 24 种烹饪方式对草鱼肉中孔雀石绿、结晶紫及其代谢物消减的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(10): 2942-2948.

YANG JL, CHEN J, WANG XF, *et al.* Effects of four cooking methods on the reduction of malachite green, crystal violet and their metabolites in *Ctenopharyngodon idellus* muscle [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(10): 2942-2948.

(责任编辑: 郑丽于梦娇)

作者简介

王 胜, 主管技师, 主要研究方向为食品安全。
E-mail: 66112025@qq.com

黄常刚, 硕士, 主管技师, 主要研究方向为食品安全。
E-mail: hcg@whcdc.org