DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20251009008
引用格式: 颜嫦嫦, 宇盛好, 彭少杰. 2020—2023 年上海市市售甲鱼中禁限用药物的残留状况和膳食暴露评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 17(3): 193–201.
YAN CC, YU SH, PENG SJ. Residue status and dietary exposure assessment of prohibited and restricted drugs in commercially available *Pelodiscus sinensis* in Shanghai from 2020 to 2023 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 17(3): 193–201. (in Chinese with English abstract).

2020—2023 年上海市市售甲鱼中禁限用药物的残留状况和膳食暴露评估

颜嫦嫦, 宇盛好, 彭少杰*
(上海市市场监督管理局信息应用研究中心, 上海 200030)

摘 要: 目的 了解甲鱼中禁限用药物的残留状况, 评估上海居民通过甲鱼摄入禁限用药物的膳食暴露风险。**方法** 利用 2020—2023 年上海市市售甲鱼中禁限用药物的抽检数据, 采用点评估法和暴露边界比法(margin of exposure, MOE)对甲鱼中禁限用药物进行暴露评估。**结果** 502 件甲鱼中禁限用药物的总体超标率为 2.79%。其中, 462 件甲鱼中恩诺沙星(以恩诺沙星和环丙沙星之和计)的检出率为 18.18%, 超标率为 0.00%, 含量均值为 4.65 μg/kg, 最大值为 92.80 μg/kg。184 件甲鱼中磺胺类(总量)的检出率为 7.07%, 超标率为 1.09%, 含量均值为 12.28 μg/kg, 最大值为 1620.00 μg/kg。470 件甲鱼中呋喃唑酮代谢物的超标率为 1.70%, 含量均值为 0.56 μg/kg, 最大值为 95.80 μg/kg。168 件甲鱼中氧氟沙星的超标率为 1.79%, 含量均值为 0.94 μg/kg, 最大值为 105.00 μg/kg。135 件甲鱼中诺氟沙星的超标率为 0.74%, 含量均值为 0.11 μg/kg, 最大值为 15.00 μg/kg。甲鱼中呋喃它酮代谢物、呋喃妥因代谢物、呋喃西林代谢物、氯霉素和孔雀石绿均未检出。上海市 3 岁以上居民每日经甲鱼摄入恩诺沙星、磺胺类(总量)、氧氟沙星和诺氟沙星的平均暴露量和 P_{95} 暴露量均小于每日允许摄入量(acceptable daily intake, ADI)。3 岁以上居民每日经甲鱼摄入呋喃唑酮代谢物的平均 MOE 和 P_{95} MOE 均大于 1×10^4。**结论** 上海居民经甲鱼摄入禁限用药物的健康风险均较低。甲鱼中存在磺胺类药物、呋喃唑酮代谢物、氧氟沙星、诺氟沙星的超标现象, 仍需加强靶向监管。

关键词: 甲鱼; 禁限用药物; 恩诺沙星; 磺胺类; 暴露评估

Residue status and dietary exposure assessment of prohibited and restricted drugs in commercially available *Pelodiscus sinensis* in Shanghai from 2020 to 2023

YAN Chang-Chang, YU Sheng-Hao, PENG Shao-Jie*
(*Information Application Research Center of Shanghai Municipal Administration for Market Regulation, Shanghai* 200030, *China*)

收稿日期: 2025-10-09
基金项目: 2025 年度上海市市场监督管理局科技项目(2025KJ63)
第一作者: 颜嫦嫦(1991—), 女, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为食品安全和政策研究。E-mail: changchang1618@qq.com
***通信作者:** 彭少杰(1968—), 男, 硕士, 主任医师, 主要研究方向为食品安全风险监测与评估。E-mail: pengshaojie2008@qq.com

ABSTRACT: Objective To understand the residue status of prohibited and restricted drugs in *Pelodiscus sinensis*, and assess the dietary exposure risk of these drugs ingested by Shanghai residents via *Pelodiscus sinensis*. **Methods** Using the sampling and testing data of prohibited and restricted drugs in commercially available *Pelodiscus sinensis* in Shanghai from 2020 to 2023, the point estimation method and margin of exposure (MOE) method were adopted to conduct exposure assessment on prohibited and restricted drugs in *Pelodiscus sinensis*. **Results** The overall over-standard rate of prohibited and restricted drugs in 502 soft-shelled turtle samples was 2.79%. Among them: For 462 soft-shelled turtle samples, the detection rate of enrofloxacin (calculated as the sum of enrofloxacin and ciprofloxacin) was 18.18%, the over-standard rate was 0.00%, the average content was 4.65 μg/kg, and the maximum value was 92.80 μg/kg. For 184 soft-shelled turtle samples, the detection rate of sulfonamides (total amount) was 7.07%, the over-standard rate was 1.09%, the average content was 12.28 μg/kg, and the maximum value was 1620.00 μg/kg. For 470 soft-shelled turtle samples, the over-standard rate of furazolidone metabolites was 1.70%, the average content was 0.56 μg/kg, and the maximum value was 95.80 μg/kg. For 168 soft-shelled turtle samples, the over-standard rate of ofloxacin was 1.79%, the average content was 0.94 μg/kg, and the maximum value was 105.00 μg/kg. For 135 soft-shelled turtle samples, the over-standard rate of norfloxacin was 0.74%, the average content was 0.11 μg/kg, and the maximum value was 15.00 μg/kg. Furaltadone metabolites, nitrofurantoin metabolites, nitrofurazone metabolites, chloramphenicol, and malachite green were not detected in *Pelodiscus sinensis*. The average exposure and P_{95} exposure of enrofloxacin, sulfonamides (total amount), ofloxacin and norfloxacin ingested by Shanghai residents aged great than or equal to 3 years through *Pelodiscus sinensis* per day were all lower than the acceptable daily intake (ADI). The average MOE and P_{95} MOE of furazolidone metabolites ingested by residents aged great than or equal to 3 years through *Pelodiscus sinensis* per day were both greater than 1×10^4. **Conclusion** The health risks of prohibited and restricted drugs ingested by Shanghai residents via *Pelodiscus sinensis* are relatively low. There is an excessive phenomenon of sulfonamides, furazolidone metabolites, ofloxacin and norfloxacin in *Pelodiscus sinensis*, and targeted supervision still needs to be strengthened.

KEY WORDS: *Pelodiscus sinensis*; prohibited and restricted drugs; enrofloxacin; sulfonamides; exposure assessment

0 引 言

甲鱼(*Pelodiscus sinensis*)又称鳖，其肉质鲜嫩、营养丰富，含有蛋白质、多种矿物质和多种不饱和脂肪酸，深受消费者喜爱。我国甲鱼养殖主要集中在浙江、江苏、湖北和广东省[1]。根据《中国渔业统计年鉴 2024》数据，2023 年全国甲鱼(鳖)产量为 49.75 万 t[2]。联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)数据显示，全球规模化养殖甲鱼(鳖)的国家包括中国、日本、韩国、朝鲜、老挝和泰国，我国产量占世界总量的 99%[3]。因甲鱼集约化养殖易导致细菌性疾病频发，受经济利益的驱使，在水产养殖业中一直存在滥用禁限用药物的问题[4−5]。喹诺酮类、磺胺类等药物在我国畜牧水产养殖方面应用较为普遍[6−8]，其在防控动物相关疾病方面起到关键作用。

喹诺酮类药物是人工合成的抗生素药物，对革兰氏阴性菌和阳性菌、支原体、衣原体等有抗菌作用，且价格低廉、使用方便，是水产养殖中防治病害的常用选择[9−10]。长期食用喹诺酮类药物残留超标的食品，可引发胃肠道刺激、过敏反应，产生肝肾、神经、生殖发育毒性等[11−13]。磺胺类药物是以对氨基苯磺酰胺为基本结构的合成抗菌药总称，因抗菌谱广、价格低、使用方便，被广泛用于治疗、预防动物疾病及促进动物生长[14−16]。磺胺类药物代谢时间长、易在体内蓄积，长期摄入含该类药物的食品，不仅会引发过敏反应，还会损伤泌尿系统和肝脏[17−18]。孔雀石绿是合成的三苯甲烷类工业染料，因能消毒杀菌，曾被用于水产养殖中用作驱虫剂、杀菌剂，用于防治鱼类水霉病、烂鳃病及寄生虫病，我国已明令禁止其用于水产品养殖[19−21]。研究表明，孔雀石绿具有潜在基因毒性和致癌性[22−23]。氯霉素是高效广谱抗生素，我国明确禁止其用于水产养殖，但部分养殖户可能违规使用氯霉素治疗水产养殖中的细菌性疾病[24−25]。氯霉素类药物毒副作用强，会抑制骨髓造血功能，还可能引发再生障碍性贫血等疾病[26−27]。硝基呋喃类药物是化学合成的广谱抗生素，尽管我国已明确禁止其用于水产养殖，但仍有少数违规情况将其用于治疗水产动物的胃肠道等细菌性疾病。硝基呋喃代谢物具有致突变性和致癌性等[28−30]。

甲鱼作为深受消费者喜爱的水产品, 近几年在食品安全监督抽检中发现养殖者常超剂量或超范围使用禁限用药物, 造成药物残留, 不仅对人体健康造成危害, 而且对甲鱼产业发展以及生态环境也造成极大危害。因此, 严格监控甲鱼中的禁限用药物残留具有重要意义。本研究对2020—2023 年上海市市售甲鱼中禁限用药的残留状况进行分析, 采用点评估和暴露边界比(margin of exposure, MOE)法评估上海居民经甲鱼摄入禁限用药物的暴露健康风险, 以期为甲鱼中禁限用药的科学监管提供技术参考。

1　材料与方法

1.1　样品来源

2020—2023 年上海市市售甲鱼样品数据来源于上海市市场监管部门组织实施的食品安全抽检工作, 抽检总量达 502 件。样品采用随机抽样法采集, 范围覆盖上海市 16 个行政区(S1~S16)的超市、网店、农贸市场(含菜市场)、批发市场、食品店(含小食杂店、农产品店、水产店)、其他(含电商大仓、商贸企业)以及各种类型餐馆等。检测项目与对应抽检数量如下: 氯霉素 473 件、呋喃唑酮代谢物 470 件、恩诺沙星(以恩诺沙星和环丙沙星之和计, 以下同)462 件、呋喃西林代谢物 445 件、孔雀石绿 421 件、呋喃妥因代谢物 261 件、磺胺类(总量, 以下同)184 件、氧氟沙星 168 件、诺氟沙星 135 件、呋喃它酮代谢物 117 件。

1.2　检验方法和评价标准

甲鱼中的氯霉素按照 GB/T 22338—2008《动物源性食品中氯霉素类药物残留量测定》中液相色谱-质谱/质谱法(检出限为 0.1 μg/kg)检测。孔雀石绿(含隐色孔雀石绿)按照 GB/T 19857—2005《水产品中孔雀石绿和结晶紫残留量的测定》中液相色谱-串联质谱法检测, 其检出限为 0.5 μg/kg。呋喃西林代谢物、呋喃妥因代谢物、呋喃唑酮代谢物、呋喃它酮代谢物按照农业部 783 号公告-1-2006《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》(定量限为 0.5 μg/kg)和 GB 31656.13—2021《食品安全国家标准 水产品中硝基呋喃类代谢物多残留的测定 液相色谱-串联质谱法》(定量限为 1.0 μg/kg)检测。磺胺类(总量)(包括磺胺二甲异噁唑、磺胺二甲异嘧啶、磺胺噻唑、磺胺吡啶、磺胺间甲氧嘧啶、磺胺甲氧哒嗪、磺胺甲噁唑、磺胺甲噻二唑、磺胺二甲基嘧啶、磺胺对甲氧嘧啶、磺胺甲基嘧啶、磺胺胍、磺胺邻二甲氧嘧啶、磺胺间二甲氧嘧啶、磺胺嘧啶、磺胺氯哒嗪、磺胺喹噁啉)按照农业部 1077 号公告-1-2008《水产品中 17 种磺胺类及 15 种喹诺酮类药物残留量的测定》(定量限为 2.0 μg/kg)检测。喹诺酮类抗生素(恩诺沙星、环丙沙星、氧氟沙星、诺氟沙星)按照农业部 1077 号公告-1-2008《水产品中 17 种磺胺类及 15 种喹诺酮类药物残留量的测定》(定量限均为 2.0 μg/kg)和 GB/T 20366—2006《动物源产品中喹诺酮类残留量的测定 液相色谱-串联质谱法》(定量限均为 1.0 μg/kg)检测。

按照 GB 31650—2019《食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量》对甲鱼中恩诺沙星和磺胺类的检测结果进行评价, 恩诺沙星和磺胺类的最大残留限量均为 100 μg/kg。按照 GB 31650.1—2022《食品安全国家标准 食品中 41 种兽药最大残留限量》中规定的甲鱼中氧氟沙星和诺氟沙星最大残留限量(2 μg/kg)对样品检测结果进行评价。按照农业农村部公告第 250 号《食品动物中禁止使用的药品及其他化合物清单》对甲鱼中氯霉素、孔雀石绿、呋喃西林代谢物、呋喃妥因代谢物、呋喃唑酮代谢物、呋喃它酮代谢物进行评价, 即该 6 个项目均为不得检出。

1.3　暴露评估方法

采用点评估方法计算上海居民通过甲鱼摄入的恩诺沙星、磺胺类、呋喃唑酮代谢物、氧氟沙星、诺氟沙星的膳食暴露量[31]。本研究采用 MOE 法对上海居民通过甲鱼摄入呋喃唑酮代谢物残留所引发的健康风险进行评估[22]。采用计算如公式(1)~(2):

$$E=\frac{C\times F}{W\times 1000} \tag{1}$$

$$\mathrm{MOE}=\frac{\mathrm{BMDL}_{10}}{E} \tag{2}$$

式中: E 为某个体每日每千克体质量甲鱼禁限用药物的膳食暴露量, μg/kg bw; F 为上海市居民每日甲鱼消费量, g/d; C 为甲鱼中禁限用药物的平均含量, μg/kg; W 为上海市全人群平均体质量, kg; BMDL_{10} 为呋喃唑酮代谢物的基准剂量 10% 可信区间下限值(benchmark dose level 10%), μg/kg bw。根据上述公式计算上海居民通过甲鱼摄入禁限用药物的暴露量的均值和 P_{95}。

2024 年本单位委托上海质协用户评价中心开展了上海居民水产品消费量专项调查。本次调查覆盖了上海市 16 个区, 采用食物称重法对上海居民 24 h 的水产品消费量进行计算, 共调查 3~93 岁居民 526 人。调查结果显示, 上海市≥3 岁居民每日鱼、虾、蟹、贝以外的其他水产品(含甲鱼等)的消费量均值和 P_{95} 值分别为 8.8 g/d 和 69.3 g/d, 本研究采用该消费量作为甲鱼的消费量用于后续的定量风险评估。

我国 GB 31650—2019 规定恩诺沙星、磺胺类的每日允许摄入量(acceptable daily intake, ADI)分别为 6.2 μg/kg bw、50 μg/kg bw。我国 GB 31650.1—2022 规定氧氟沙星、诺氟沙星的 ADI 分别为 5 μg/kg bw、14 μg/kg bw。2015 年, 欧盟食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)制定呋喃唑酮代谢物的 BMDL_{10} 为 1.6 mg/kg bw[28]。当 $\mathrm{MOE}\geqslant 1\times 10^4$ 时, 禁用药物对人体的健康风险不大; 当 $\mathrm{MOE}<1\times 10^4$ 时, 禁用药物对人体具有一定健康风险。

1.4　数据处理

根据世界卫生组织对食品中污染物的未检出值(not

detected, ND)处理原则对样品中 ND 值进行处理[32]。甲鱼样品中恩诺沙星、磺胺类、呋喃唑酮代谢物、氧氟沙星和诺氟沙星的 ND 值以 0 替代。运用 SPSS 28.0 软件对样品抽检数据进行统计分析。采用卡方检验(χ^2)比较样品中恩诺沙星、磺胺类的检出率差异。针对不同抽样年份、月份、场所以及地区样品中恩诺沙星、磺胺类的含量差异比较采用 Kruskal-Wallis H 检验。当 P<0.05 时, 表明差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 甲鱼中禁限用药的抽检结果

2.1.1 总体情况

2020—2023 年共抽检上海市市售甲鱼样品 502 件, 样品中禁限用药物总体检出率为 19.52% (98/502), 总体超标率为 2.79% (14/502)。其中, 462 件甲鱼中恩诺沙星的检出率为 18.18%, 超标率为 0.00%, 含量均值为 4.65 μg/kg, 最大值为 92.80 μg/kg。184 件甲鱼中磺胺类的检出率为 7.07%, 超标率为 1.09%, 含量均值为 12.28 μg/kg, 最大值为 1620.00 μg/kg。470 件甲鱼中呋喃唑酮代谢物的检出率和超标率均为 1.70%, 含量均值为 0.56 μg/kg, 最大值为 95.80 μg/kg。168 件甲鱼中氧氟沙星的检出率和超标率均为 1.79%, 含量均值为 0.94 μg/kg, 最大值为 105.00 μg/kg。135 件甲鱼中诺氟沙星的检出率和超标率均为 0.74%, 含量均值为 0.11 μg/kg, 最大值为 15.00 μg/kg。甲鱼中呋喃它酮代谢物、呋喃妥因代谢物、呋喃西林代谢物、氯霉素和孔雀石绿均未检出。详见表 1。

2.1.2 不同抽样年份甲鱼中恩诺沙星和磺胺类的抽检结果

按照抽样年份分析, 2020—2023 年甲鱼中恩诺沙星的检出率分别为 20.00%、12.84%、12.50%和 25.75%, 不同年份甲鱼中恩诺沙星的检出率差异有统计学意义(χ^2=11.578, P<0.05)。总体上, 不同抽样年份甲鱼中恩诺沙星的含量差异显著(H=9.787, P<0.05)。其中, 2020 年甲鱼中恩诺沙星的含量均值最高(6.78 μg/kg), 其次为 2021 年(5.46 μg/kg)和 2023 年(4.63 μg/kg), 2022 年(3.25 μg/kg)最低。

2020—2023 年甲鱼中磺胺类的检出率分别为 0.00%、7.50%、0.00%和 7.41%, 不同年份甲鱼中磺胺类的检出率差异没有统计学意义(χ^2=0.720, P>0.05)。2020—2023 年甲鱼中磺胺类的超标率分别为 0.00%、2.50%、0.00%和 0.74%。总体上, 不同抽样年份甲鱼中磺胺类的含量差异不显著(H=0.719, P>0.05)。其中, 2021 年甲鱼中磺胺类的含量均值最高(43.01 μg/kg), 其次为 2023 年(3.99 μg/kg), 2020 和 2022 年(0.00 μg/kg)最低。详见表 2。

表 1 2020—2023 年上海市市售甲鱼中禁限用药的检测结果

Table 1 Detection results of prohibited and restricted drugs in commercially available *Pelodiscus sinensis* in Shanghai (2020—2023)

检测项目	总件数/件	检出数/件	超标数/件	检出率/%	超标率/%	含量/(μg/kg)			
						平均值	标准差	P_{95}	最大值
恩诺沙星	462	84	0	18.18	0.00	4.65	14.72	40.55	92.80
磺胺类	184	13	2	7.07	1.09	12.28	120.60	30.00	1620.00
呋喃唑酮代谢物	470	8	8	1.70	1.70	0.56	5.93	0.00	95.80
氧氟沙星	168	3	3	1.79	1.79	0.94	8.68	0.00	105.00
诺氟沙星	135	1	1	0.74	0.74	0.11	1.29	0.00	15.00
呋喃它酮代谢物	117	0	0	0.00	0.00	—	—	—	ND
呋喃妥因代谢物	261	0	0	0.00	0.00	—	—	—	ND
呋喃西林代谢物	445	0	0	0.00	0.00	—	—	—	ND
氯霉素	473	0	0	0.00	0.00	—	—	—	ND
孔雀石绿	421	0	0	0.00	0.00	—	—	—	ND

注: —表示未有此项。

表 2 不同抽样年份甲鱼中恩诺沙星和磺胺类的检测结果

Table 2 Detection results of enrofloxacin and sulfonamides in *Pelodiscus sinensis* from different sampling years

检验项目	年份	总件数/件	检出数/件	超标数/件	检出率/%	超标率/%	含量/(μg/kg)		
							平均值	标准差	最大值
恩诺沙星	2020	50	10	0	20.00	0.00	6.78	18.32	82.20
	2021	109	14	0	12.84	0.00	5.46	17.91	92.80
	2022	136	17	0	12.50	0.00	3.25	12.47	81.50
	2023	167	43	0	25.75	0.00	4.63	12.81	78.10
磺胺类	2020	3	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2021	40	3	1	7.50	2.50	43.01	255.99	1620.00
	2022	6	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2023	135	10	1	7.41	0.74	3.99	20.70	200.00

2.1.3　不同抽样月份甲鱼中恩诺沙星和磺胺类的抽检结果

按照抽样月份分析, 不同抽样月份甲鱼中恩诺沙星的检出率差异有统计学意义(χ^2=26.594, P<0.05)。其中, 11 月抽样的甲鱼中恩诺沙星的检出率最高(37.14%), 其次为 3 月(31.25%)和 2 月(28.95%), 9 月(8.06%)最低。总体上, 不同抽样月份甲鱼中恩诺沙星的含量差异显著(H=25.461, P<0.05)。其中, 12 月抽样的甲鱼中恩诺沙星的含量均值最高(11.18 μg/kg), 其次为 11 月(8.49 μg/kg)和 3 月(7.18 μg/kg), 9 月(1.51 μg/kg)最低。

不同抽样月份甲鱼中磺胺类的检出率差异有统计学意义(χ^2=12.106, P<0.05)。其中, 12 月抽样的甲鱼中磺胺类的检出率最高(50.00%), 其次为 2 月(15.00%)和 6 月(13.04%), 最低的为 1、7、8 月(0.00%)。甲鱼中磺胺类的超标率最高的月份是 4 月(10.00%), 其次为 2 月(5.00%), 其余月份均未超标。总体上, 不同抽样月份甲鱼中磺胺类的含量差异不显著(H=11.832, P>0.05)。其中, 4 月抽样的甲鱼中磺胺类的含量均值最高(162.00 μg/kg), 其次为 12 月(20.30 μg/kg)和 2 月(12.63 μg/kg), 最低的为 1、7、8 月(0.00 μg/kg)。详见表 3。

2.1.4　不同抽样场所甲鱼中恩诺沙星和磺胺类的抽检结果

按照抽样场所分析, 不同抽样场所甲鱼中恩诺沙星的检出率差异有统计学意义(χ^2=11.855, P<0.05)。不同场所甲鱼中恩诺沙星的检出率范围为 0.00%~33.33%。总体上, 不同抽样场所甲鱼中恩诺沙星的含量差异显著(H=28.622, P<0.05)。9 个抽样场所的甲鱼中恩诺沙星的含量均值范围为 0.00~12.84 μg/kg。

不同抽样场所甲鱼中磺胺类的检出率差异无统计学意义(χ^2=5.30, P>0.05)。不同场所甲鱼中磺胺类的检出率范围为 0.00%~22.22%。甲鱼中磺胺类的超标率最高的场所是超市(12.50%), 其次为中型餐馆(2.08%), 其余场所的样品均未超标。总体上, 不同抽样场所甲鱼中磺胺类的含量差异不显著(H=5.458, P>0.05)。9 个抽样场所的甲鱼中磺胺类的含量均值范围为 0.00~202.50 μg/kg。详见表 4。

表 3　不同抽样月份甲鱼中恩诺沙星和磺胺类的检测结果

Table 3　Detection results of enrofloxacin and sulfonamides in *Pelodiscus sinensis* from different sampling months

抽样月份	恩诺沙星					磺胺类				
	总件数/件	检出率/%	超标率/%	平均值/(μg/kg)	最大值/(μg/kg)	总件数/件	检出率/%	超标率/%	平均值/(μg/kg)	最大值/(μg/kg)
1	21	9.52	0.00	2.55	38.60	1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	38	28.95	0.00	4.72	45.60	20	15.00	5.00	12.63	200.00
3	32	31.25	0.00	7.18	69.00	13	7.69	0.00	0.32	4.13
4	22	22.73	0.00	4.45	57.10	10	10.00	10.00	162.00	1620.00
5	29	13.79	0.00	3.92	42.70	15	6.67	0.00	5.23	78.40
6	55	23.64	0.00	5.34	78.10	23	13.04	0.00	2.56	37.80
7	29	10.34	0.00	5.87	92.80	4	0.00	0.00	0.00	0.00
8	75	10.67	0.00	4.79	91.90	23	0.00	0.00	0.00	0.00
9	62	8.06	0.00	1.51	76.00	26	3.85	0.00	2.80	72.80
10	59	15.25	0.00	3.50	82.20	18	5.56	0.00	3.82	68.80
11	35	37.14	0.00	8.49	61.40	29	3.45	0.00	2.16	62.60
12	5	20.00	0.00	11.18	55.90	2	50.00	0.00	20.30	40.60

表 4　不同抽样场所甲鱼中恩诺沙星和磺胺类的检测结果

Table 4　Detection results of enrofloxacin and sulfonamides in *Pelodiscus sinensis* from different sampling locations

抽样场所	恩诺沙星					磺胺类				
	总件数/件	检出率/%	超标率/%	平均值/(μg/kg)	最大值/(μg/kg)	总件数/件	检出率/%	超标率/%	平均值/(μg/kg)	最大值/(μg/kg)
超市	65	13.85	0.00	2.83	57.10	8	12.50	12.50	202.50	1620.00
农贸市场	104	12.50	0.00	3.11	78.10	5	0.00	0.00	0.00	0.00
批发市场	24	33.33	0.00	12.84	82.20	9	22.22	0.00	11.16	62.60
其他	6	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.00	0.00
食品店	14	28.57	0.00	7.32	81.50	3	0.00	0.00	0.00	0.00
特大型和大型餐馆	102	17.65	0.00	3.91	91.90	56	7.14	0.00	3.12	78.40
网购	26	15.38	0.00	9.21	92.80	23	4.35	0.00	1.77	40.60
小型餐馆	41	26.83	0.00	5.85	69.00	29	3.45	0.00	0.14	4.13
中型餐馆	80	21.25	0.00	4.44	76.00	48	8.33	2.08	6.65	200.00

注: 农贸市场含菜市场; 食品店包含小食杂店、农产品店、水产店; 其他含电商大仓、商贸企业。

2.1.5 不同抽样地区甲鱼中恩诺沙星和磺胺类的抽检结果

按照抽样地区分析, 不同抽样地区甲鱼中恩诺沙星的检出率差异无统计学意义(χ^2=20.537, P>0.05)。不同地区甲鱼中恩诺沙星的检出率范围为 0.00%~50.00%。总体上, 不同抽样地区甲鱼中恩诺沙星的含量差异不显著(H=21.821, P>0.05)。16 个区的甲鱼中恩诺沙星的含量均值范围为 0.00~16.48 μg/kg。

不同抽样地区甲鱼中磺胺类的检出率差异无统计学意义(χ^2=14.121, P>0.05)。不同地区甲鱼中磺胺类的检出率范围为 0.00%~25.00%。甲鱼中磺胺类的超标率最高的地区是 S5 区(12.50 %), 其次为 S13 区(10.00%), 其余地区均未超标。总体上, 不同抽样地区甲鱼中磺胺类的含量差异不显著(H=14.556, P>0.05)。16 个区的甲鱼中磺胺类的含量均值范围为 0.00~168.88 μg/kg。详见表 5。

2.2 甲鱼中禁限用药物的暴露评估

上海市≥3 岁居民每日经甲鱼摄入恩诺沙星的平均暴露量和 P_{95} 暴露量分别为 7.00×10^{-4} μg/kg bw 和 5.51×10^{-3} μg/kg bw, 均低于 ADI (6.2 μg/kg bw), 健康风险较低。上海市居民每日经甲鱼摄入磺胺类的平均暴露量和 P_{95} 暴露量分别为 1.85×10^{-3} μg/kg bw 和 1.45×10^{-2} μg/kg bw, 均低于 ADI (50 μg/kg bw), 健康风险较低。上海市居民每日经甲鱼摄入呋喃唑酮代谢物的平均暴露量和 P_{95} 暴露量分别为 8.43×10^{-5} μg/kg bw 和 6.64×10^{-4} μg/kg bw, 平均 MOE 和 P_{95} MOE 分别为 1.90×10^{7} μg/kg bw 和 2.41×10^{6} μg/kg bw, MOE 均大于 1×10^{4}, 健康风险较低。上海市居民每日经甲鱼摄入氧氟沙星的平均暴露量和 P_{95} 暴露量分别为 1.41×10^{-4} μg/kg bw 和 1.11×10^{-3} μg/kg bw, 均低于 ADI (5 μg/kg bw), 健康风险较低。上海市居民每日经甲鱼摄入诺氟沙星的平均暴露量和 P_{95} 暴露量分别为 1.67×10^{-5} μg/kg bw 和 1.32×10^{-4} μg/kg bw, 均低于 ADI (14 μg/kg bw), 健康风险较低。详见表 6。

表 5 不同抽样地区甲鱼中恩诺沙星和磺胺类的检测结果

Table 5 Detection results of enrofloxacin and sulfonamides in *Pelodiscus sinensis* from different sampling areas

抽样地区	恩诺沙星					磺胺类				
	总件数/件	检出率/%	超标率/%	平均值/(μg/kg)	最大值/(μg/kg)	总件数/件	检出率/%	超标率/%	平均值/(μg/kg)	最大值/(μg/kg)
S1	65	20.00	0.00	4.92	82.20	9	11.11	0.00	4.51	40.60
S2	27	7.41	0.00	0.91	21.00	14	14.29	0.00	8.01	78.40
S3	12	25.00	0.00	2.13	11.60	11	0.00	0.00	0.00	0.00
S4	23	4.35	0.00	0.46	10.60	7	14.29	0.00	10.40	72.80
S5	14	50.00	0.00	16.48	81.50	8	25.00	12.50	27.36	200.00
S6	12	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00
S7	42	16.67	0.00	2.35	38.60	7	0.00	0.00	0.00	0.00
S8	23	17.39	0.00	4.37	75.10	5	0.00	0.00	0.00	0.00
S9	36	16.67	0.00	5.83	92.80	17	11.76	0.00	2.96	37.80
S10	49	16.33	0.00	7.39	91.90	24	4.17	0.00	2.61	62.60
S11	47	17.02	0.00	3.48	74.20	11	0.00	0.00	0.00	0.00
S12	19	26.32	0.00	4.51	47.30	5	0.00	0.00	0.00	0.00
S13	10	20.00	0.00	0.77	3.87	10	20.00	10.00	168.88	1620.00
S14	39	25.64	0.00	8.33	78.10	31	6.45	0.00	0.41	8.68
S15	30	16.67	0.00	5.24	76.00	11	0.00	0.00	0.00	0.00
S16	14	21.43	0.00	2.09	12.40	12	0.00	0.00	0.00	0.00

表 6 上海市≥3 岁居民每日通过甲鱼摄入禁限用药物的膳食暴露量

Table 6 Daily dietary exposure to prohibited and restricted drugs from soft-shelled turtle intake among Shanghai residents aged ≥ 3 years

检测项目	药物的平均含量/(μg/kg)	平均体质量/kg	消费量/(g/d)		暴露量/(μg/kg bw)	
			平均值	P_{95}	平均值	P_{95}
恩诺沙星	4.65	58.5	8.8	69.3	7.00×10^{-4}	5.51×10^{-3}
磺胺类	12.28	58.5	8.8	69.3	1.85×10^{-3}	1.45×10^{-2}
呋喃唑酮代谢物	0.56	58.5	8.8	69.3	8.43×10^{-5}	6.64×10^{-4}
氧氟沙星	0.94	58.5	8.8	69.3	1.41×10^{-4}	1.11×10^{-3}
诺氟沙星	0.11	58.5	8.8	69.3	1.67×10^{-5}	1.32×10^{-4}

3　结论与讨论

本研究分析了 2020—2023 年上海市市售 502 件甲鱼中 10 种禁限用药物的抽检数据, 发现样品中禁限用药物的总体超标率为 2.79%。462 件甲鱼中恩诺沙星的检出率为 18.18%, 超标率为 0.00%, 含量均值为 4.65 μg/kg。184 件甲鱼中磺胺类的检出率为 7.07%, 超标率为 1.09%, 含量均值为 12.28 μg/kg。470 件甲鱼中呋喃唑酮代谢物的超标率为 1.70%, 含量均值为 0.56 μg/kg。168 件甲鱼中氧氟沙星的超标率为 1.79%, 含量均值为 0.94 μg/kg。135 件甲鱼中诺氟沙星的超标率为 0.74%, 含量均值为 0.11 μg/kg。甲鱼中呋喃它酮代谢物、呋喃妥因代谢物、呋喃西林代谢物、氯霉素和孔雀石绿均未检出。

本研究甲鱼中恩诺沙星的检出率为 18.18%, 高于贝亦江等[33]研究的 2018—2019 年浙江省养殖水产品中龟鳖类样品检出恩诺沙星的检出率(17.65%), 低于王勇跃等[34]研究的 2021—2024 年金华市市售养殖水产品的恩诺沙星检出率(49.7%)。本研究中氧氟沙星的检出率(1.79%)和诺氟沙星的检出率(0.74%)均低于贝亦江等[33]研究的 2018—2019 年浙江省养殖水产品中龟鳖类样品中氧氟沙星的检出率(8.82%)和诺氟沙星的检出率(1.47%)。本研究甲鱼中呋喃唑酮代谢物的超标率为 1.70%, 高于宋安华等[5]研究的农贸市场销售的 1910 件鱼类及虾类样品中呋喃唑酮代谢物的超标率(0.94%), 高于张凡等[24]研究的 2020 年西安市淡水鱼中呋喃唑酮代谢物的超标率(0.41%)。

从抽检的月份来看, 11 月甲鱼中恩诺沙星的检出率最高, 为 37.14%, 12 月甲鱼中恩诺沙星的含量均值最高, 为 11.18 μg/kg。究其原因: 一方面, 甲鱼是变温动物, 水温降低会直接导致其新陈代谢速度放缓, 这会使甲鱼体内药物的代谢和排出过程变得缓慢, 需要更长的休药期[35], 然而冬季是甲鱼水霉病等的高发期[36], 为控制疾病、减少损失, 养殖户使用恩诺沙星等抗生素的可能性随之增加[37]。另一方面, 养殖户不了解低温对药物代谢的影响, 仍按照常温下的休药期进行操作, 或者在出塘前为预防疾病而用药, 且冬季(特别是春节前)是甲鱼的消费旺季, 为了赶上高价时期上市, 部分养殖户可能会缩短养殖周期, 未严格遵守休药期, 导致药物来不及完全代谢[38]。

上海市≥3 岁居民每日经甲鱼摄入恩诺沙星的平均暴露量和 P_{95} 暴露量分别为 7.00×10^{-4} μg/kg bw 和 5.51×10^{-3} μg/kg bw, 磺胺类的平均暴露量和 P_{95} 暴露量分别为 1.85×10^{-3} μg/kg bw 和 1.45×10^{-2} μg/kg bw, 呋喃唑酮代谢物的平均暴露量和 P_{95} 暴露量分别为 8.43×10^{-5} μg/kg bw 和 6.64×10^{-4} μg/kg bw, 氧氟沙星的平均暴露量和 P_{95} 暴露量分别为 1.41×10^{-4} μg/kg bw 和 1.11×10^{-3} μg/kg bw, 诺氟沙星的平均暴露量和 P_{95} 暴露量分别为 1.67×10^{-5} μg/kg bw 和 1.32×10^{-4} μg/kg bw, 健康风险均较低。本次评估存在一定的不确定性。本次对于样品中禁限用药物未检出数据以 0 赋值, 并且本评估仅聚焦甲鱼中禁限用药物的暴露量, 未涵盖其他动物性食品(如畜禽肉、鲜蛋、鱼虾蟹贝等), 可能存在一定的低估。

针对甲鱼中禁限用药物的残留现状分析, 本研究提出以下建议: (1)开展甲鱼养殖主体精准培训与指导, 重点讲解恩诺沙星、磺胺类药物的“休药期标准”“剂量上限”及“替代绿色防控技术”; (2)政府部门要加大甲鱼等水产品的全链条(包括养殖、运输、流通、餐饮等环节)监管, 尤其针对第四季度销售的甲鱼和批发市场出售的甲鱼, 增加监督抽检频次、扩大抽检覆盖面; (3)建立甲鱼养殖环节“用药-检测”追溯体系, 推动甲鱼养殖场(户)落实“用药台账”制度, 详细记录药物名称、使用时间、剂量、休药期等信息, 实现“从池塘到出栏”的用药可追溯。

参考文献

[1] 王楠, 王伟, 刘彩琴, 等. 甲鱼蛋白质各组分的营养价值分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(8): 343–347.
WANG N, WANG W, LIU CQ, *et al*. Fractionation and nutritional properties evaluation of turtle protein [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(8): 343–347.

[2] 吴义鸿, 魏涛. 安徽省甲鱼产业发展现状分析[J]. 安徽农学通报, 2024, 30(20): 141–144.
WU YH, WEI T. Analysis of current situation of turtle industry development in Anhui Province [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2024, 30(20): 141–144.

[3] FAO. Global production quantity [EB/OL]. (2023-04-14) [2025-10-30]. https: //www.fao.org/fishery/statistics-query/en/global production/global_ production_ quantity

[4] 赵付文, 刘志鸿, 荣小军. 水产品中喹诺酮类药物残留限量及检测技术研究进展[J]. 中国渔业质量与标准, 2018, 8(4): 38–47.
ZHAO FW, LIU ZH, RONG XJ. The research of residue limits and detection methods of quinolones in aquatic products [J]. Chinese Fishery Quality and Standards, 2018, 8(4): 38–47.

[5] 宋安华, 梁俊发, 彭程, 等. 农贸市场水产品中兽药残留快速筛查分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11 (16): 5770–5775.
SONG ANH, LIANG JF, PENG C, *et al*. Rapid screening analysis of veterinary drug residue in aquatic products in agricultural trading market [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(16): 5770–5775.

[6] 王雪峰, 魏光强, 范江平, 等. 水产品中 3 种磺胺类药物和孔雀石绿的样品前处理及检测条件优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(21): 5709–5715.
WANG XF, WEI GQ, FAN JP, *et al*. Optimization of pretreatment and test conditions for the detection of 3 kinds of sulfonamides and malachite green in aquatic products [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(21): 5709–5715.

[7] BAO R, YANG Y, CHEN H, *et al*. Occurrence, distribution and health risk assessment of quinolone residues in cultured fish in southeast China [J]. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 2024, 59(11):

714–724.

[8] LIU Y, AI X, SUN R, *et al*. Residue, biotransformation, risk assessment and withdrawal time of enrofloxacin in red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) [J]. Chemosphere, 2022, 307(Pt 1): 135657.

[9] HUANG L, MO Y, WU Z, *et al*. Occurrence, distribution, and health risk assessment of quinolone antibiotics in water, sediment, and fish species of Qingshitan reservoir, South China [J]. Scientific Reports, 2020, 10(1): 15777.

[10] XU N, ZHANG H, DONG J, *et al.* A modified withdrawal time estimation and risk assessment of enrofloxacin in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) after ad libitum medicated feed based on statistical approaches in natural cultured environments [J]. Veterinary Research Communications, 2024, 48(5): 3049–3060.

[11] HOU L, FU Y, ZHAO C, *et al.* Ciprofloxacin and enrofloxacin can cause reproductive toxicity via endocrine signaling pathways [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2022, 244: 114049.

[12] PAULETTO M, DELIGUORO M. A review on fluoroquinolones' toxicity to freshwater organisms and a risk assessment [J]. Journal of Xenobiotics, 2024, 14(2): 717–752.

[13] 宇盛好, 李亦奇, 彭少杰. 2023—2024 年上海市市售鱼类中喹诺酮类抗生素残留现状及膳食暴露评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(20): 315–321.
YU SH, LI YQ, PENG SJ. Residue status and dietary exposure assessment of quinolone antibiotics in fish sold in Shanghai from 2023 to 2024 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(20): 315–321.

[14] 王佳, 陶晓奇. 动物源食品中磺胺类药物残留的免疫分析方法研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(10): 260–267.
WANG J, TAO XQ. Development of immunoassays for sulfonamides residues detection in edible animal foods [J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(10): 260–267.

[15] 王银. 水产品磺胺类药物残留 HPLC 方法应用的研究[J]. 农业装备技术, 2018, 44(5): 26–27, 29.
WANG Y. Application of high-performance liquid chromatography (HPLC) method for determination of sulfonamide residues in aquatic products [J]. Agricultural Equipment & Technology, 2018, 44(5): 26–27, 29.

[16] 李倩, 汤凯洁, 冀坤霞, 等. 固相萃取-高效液相色谱法同时测定水产品中 15 种磺胺类药物残留[J]. 食品与生物技术学报, 2024, 43(1): 36–47.
LI Q, TANG KJ, JI KX, *et al*. Simultaneous determination of 15 sulfonamide residues in aquatic products by solid phase extraction-high performance liquid chromatography [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2024, 43(1): 36–47.

[17] 孙亚奇, 郭京超, 潘源虎, 等. 磺胺类药物代谢与残留消除以及检测方法研究进展[J]. 中国兽药杂志, 2019, 53(2): 66–75.
SUN YQ, GUO JC, PAN YH, *et al*. Research progress on metabolism, residue elimination, and detection methods of sulfonamides [J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2019, 53(2): 66–75.

[18] 闫顺华, 王亚丽, 夏依拉·艾尼. 液相色谱-质谱/质谱法测定猪肉中 4 种磺胺类药物残留量的不确定度评定[J]. 食品与机械, 2021, 37(7): 69–75, 86.
YAN SH, WANG YL, XIAYILA AIN. Uncertainty evaluation for the determination of 4 kinds of Sulfonamides residues in pork by LC-MS/MS [J]. Food & Machinery, 2021, 37(7): 69–75, 86.

[19] 杨仪, 赵于娴, 徐钰菲, 等. 水产品中孔雀石绿快速检测方法研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2025, 36(1): 144–151.
YANG Y, ZHAO YX, XU YF, *et al*. Research progress on rapid detection methods of malachite green (MG) in aquatic products [J]. China Food Additives, 2025, 36(1): 144–151.

[20] 宋春雪. 水产品中孔雀石绿、结晶紫药物残留检测方法优化措施分析[J]. 中外食品工业, 2024(13): 93–95.
SONG CX. Analysis of optimization measures for detection methods of malachite green and crystal violet residues in aquatic products [J]. Chinese and Foreign Food Industry, 2024(13): 93–95.

[21] 田雪莲, 杨堃, 兰承兴, 等. 优化水产品中孔雀石绿、结晶紫药物残留的检测[J]. 渔业致富指南, 2023(7): 62–65.
TIAN XL, YANG K, LAN CX, *et al*. Optimization of detection methods for malachite green and crystal violet residues in aquatic products [J]. Fishery Guide to be Rich, 2023(7): 62–65.

[22] GHARAVI-NAKHJAVANI MS, NIAZI A, HOSSEINI H, *et al*. Malachite green and leucomalachite green in fish: A global systematic review and meta-analysis [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2023, 30(17): 48911–48927.

[23] 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): 88–92.
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]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2020, 32(1): 88–92.

[24] 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]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(10): 4269–4273.

[25] 孙蕾. 市售水产品氯霉素残留污染状况及健康风险评估[J]. 现代食品, 2022, 28(22): 171–173.
SUN L. Pollution status and health risk assessment of chloramphenicol residues in aquatic products sold in the market [J]. Modern Food, 2022, 28(22): 171–173.

[26] 王安伟, 刘天密, 覃锐, 等. 水产品中氯霉素残留检测方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(11): 4259–4264.
WANG ANW, LIU TM, QIN R, *et al*. Research progress on the detection of chloramphenicols residues in aquatic products [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2017, 8(11): 4259–4264.

[27] TAKINO M, DAISHIMA S, NAKAHARA T. Determination of chloramphenicol residues in fish meats by liquid chromatography-atmospheric pressure photoionization mass spectrometry [J]. Journal of Chromatography A, 2003, 1011(1-2): 67–75.

[28] European Food Safety Authority. Scientific opinion on nitrofurans and their metabolites in food [J]. EFSA Journal, 2015, 13(6): 4140.

[29] 王敏娟, 聂晓玲, 胡佳薇, 等. 2013 年陕西省动物源性食品中硝基呋喃的污染状况调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(6): 691–695.
WANG MJ, NIE XL, HU JW, *et al*. The investigation on nitrofuran contamination in foods of animal origin of Shaanxi Province in 2013 [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2015, 27(6): 691–695.

[30] ZHENG X, XIE Y, CHEN Z, *et al*. A comprehensive review on the pretreatment and detection methods of nitrofurans and their metabolites in animal-derived food and environmental samples [J]. Food Chemistry: X, 2024, 24: 101928.

[31] 方兰云, 潘胜东, 陆蓓蓓, 等. 2018—2020 年宁波市动物源性食品中喹诺酮和四环素类兽药残留污染状况及暴露评估[J]. 卫生研究, 2022, 51(1): 113–117.
FANG LY, PAN SD, LU BB, *et al*. Contamination status and the health risk evaluation of dietary exposure of quinolone and tetracycline antibiotics in animal derived foods in Ningbo City from 2018 to 2020 [J]. Journal of Hygiene Research, 2022, 51(1): 113–117.

[32] GEMS/Food-EURO. Second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food: Report on a workshop in the frame of GEMS/Food-EURO [R]. Kulmbach: GEMS/Food-EURO, 1995.

[33] 贝亦江, 周钦, 周以琳, 等. 2018—2019 年浙江省养殖水产品中 6 种喹诺酮类药物残留分析及风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(5): 2011–2017.
BEI YJ, ZHOU Q, ZHOU YL, *et al*. Analysis and risk assessment of 6 quinolones residues in aquatic products in Zhejiang Province from 2018 to 2019 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(5): 2011–2017.

[34] 王勇跃, 吕恭进, 陈高尚, 等. 2021—2024 年金华市市售养殖水产品中 13 种兽药残留状况及膳食暴露风险评估[J]. 环境与健康杂志, 2025, 42(5): 383–386.
WANG YY, LU GJ, CHEN GS, *et al*. Residue status of 13 veterinary drugs and dietary exposure risk assessment in commercially available cultured aquatic products in Jinhua City from 2021 to 2024 [J]. Journal of Environment and Health, 2025, 42(5): 383–386.

[35] 黄铢玉, 方龙香, 宋超, 等. 不同温度和 pH 对恩诺沙星及其代谢产物环丙沙星在渔业下层水体中消除规律的影响[J]. 中国农学通报, 2020, 36(21): 132–139.
HUANG ZY, FANG LX, SONG C, *et al*. Effects of different temperatures and pH values on the elimination kinetics of enrofloxacin and its metabolite ciprofloxacin in the lower layer water of fishery ecosystems [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2020, 36(21): 132–139.

[36] 李翠英. 甲鱼养殖常见病害的防治[J]. 湖南农业, 2023(10): 27.
LI CY. Prevention and control of common diseases in soft-shelled turtle aquaculture [J]. Hunan Agriculture, 2023(10): 27.

[37] 李红, 俞珊, 叶伟清, 等. 中华鳖养殖中腐皮病综合防控研究[J]. 河北渔业, 2025(10): 27–30.
LI H, YU S, YE WQ, *et al*. Study on comprehensive prevention and control of skin rot disease in chinese soft-shelled turtle aquaculture [J]. Hebei Fisheries, 2025(10): 27–30.

[38] 宇盛好, 李亦奇, 彭少杰. 2021—2023 年上海市市售虾蟹贝类中喹诺酮类抗生素的残留水平和膳食风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(21): 340–347.
YU SH, LI YQ, PENG SJ. Residue levels and dietary risk assessment of quinolone antibiotics in commercially available shrimp, crab and shellfish in Shanghai from 2021 to 2023 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(21): 340–347.

(责任编辑: 韩晓红　安香玉)