

2021—2023 年山东省市售鲜活淡水鱼虾中 渔用麻醉剂残留检测

朱颖, 柴玲玉, 聂重重, 贾瑞, 韩海燕

济宁市疾病预防控制中心理化检验科, 山东 济宁 272000

摘要:目的 调查分析山东省市售鲜活淡水鱼虾中渔用麻醉剂的残留状况。方法 2021—2023 年在山东省 16 个地级市共采集 480 份淡水鱼虾, 采用超高效液相色谱串联质谱法对丁香酚、MS-222、地西洋、奥沙西洋 4 种麻醉剂进行检测。结果 4 种麻醉剂中丁香酚检出率最高, 检出率为 31.9% (153/480), 其次为地西洋和奥沙西洋, 检出率分别为 6.7% (32/480) 和 3.1% (15/480), MS-222 未检出。丁香酚在草鱼中的检出率和检出含量最高, 地西洋仅在鱼类中检出, 奥沙西洋仅在虾类中检出。结论 山东省市售鲜活淡水鱼虾中渔用麻醉剂主要为丁香酚, 残留情况整体较轻。

关键词:淡水鱼虾; 渔用麻醉剂; 残留

中图分类号: R155.5; TS254.7 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2025)18-3337-05

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202503476

Detection of fishery anesthetics residues in commonly marketed fresh and live freshwater fish and shrimp, Shandong, 2021 - 2023

ZHU Ying, CHAI Ling-yu, NIE Chong-chong, JIA Rui, HAN Hai-yan

Jining Center for Disease Control and Prevention, Jining, Shandong 272000, China

Abstract: **Objective** To investigate and to analyze the residue status of fishery anesthetics in commonly marketed fresh and live freshwater fish and shrimp in Shandong Province. **Methods** From 2021 to 2023, a total of 480 freshwater fish and shrimp were collected from 16 prefecture-level cities in Shandong Province, and the four anesthetics of eugenol, MS-222, diazepam, and oxazepam were detected by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS). **Results** Among the four anesthetics, eugenol had the highest detection rate of 31.9% (153/480), followed by diazepam and oxazepam with detection rates of 6.7% (32/480) and 3.1% (15/480), and MS-222 was not detected. Eugenol had the highest detection rate and level of detection in grass carp, diazepam was detected only in fish and oxazepam was detected only in shrimp. **Conclusion** The primary fishery anesthetic detected in commonly marketed fresh and live freshwater fish and shrimp in Shandong Province is eugenol, with overall low residue levels.

Keywords: Freshwater fish and shrimp; fishery anesthetics; Residue

随着生活水平的提升,人们愈发注重食品的新鲜程度,在鱼虾等水产品的养殖和运输中,常使用麻醉剂来保证其鲜活度^[1]。渔用麻醉剂可以降低鱼虾的应激反应,减少死亡和受伤几率,但要合理使用,不然残留的麻醉剂会通过食物链传递给人类,对人体健康造成影响^[2]。

渔用麻醉剂约有 30 余种,包括丁香酚、3-氨基苯甲酸乙酯甲基磺酸盐 (MS-222)、2-苯氧乙醇和二氧化碳等,其中,丁香酚和 MS-222 应用最为广泛^[3]。丁香酚是从丁香中提取的天然植物源麻醉剂,

具备抗菌、抗氧化以及镇痛麻醉的作用,因其价格低、效果好、复苏快等特点在水产品运输和保鲜领域应用广泛^[4]。美国毒理部曾指出丁香酚具有肝毒性,对肝脏有一定的损伤^[5]。欧洲食品安全局认为丁香酚对皮肤和眼睛具有刺激作用,接触后会产生过敏反应^[6]。MS-222 是经过美国食品和药品管理局认可的相对安全的渔用麻醉剂,但仍具有轻微毒性,必须休眠 21 天后才允许在市场上销售^[7]。目前,我国尚未制定水产品中丁香酚、MS-222 的使用规范,其潜在的药物残留隐患成为公众健康领域关注的焦点。

地西洋是抗焦虑、抗惊厥药物,对人体具有抗焦虑、镇静催眠的功效,对于水生动物则有降低新陈代谢,控制活动减少应激反应等作用,属于国家管制的二类精神药品^[8]。GB 31650—2019《食品安全国家标准食品中兽药最大残留限量》中明确规定,地西洋不

基金项目:济宁市重点研发计划(2024NYNS018)

作者简介:朱颖(1993—),女,本科,主管技师,研究方向:食品安全与理化检验

通信作者:韩海燕, E-mail: jncdcrskhy@163.com

得在动物性食品中检出。然而四川、天津、重庆、北京等多地市售淡水鱼中仍存在地西洋残留超标现象^[9]。地西洋的代谢主要是在肝脏进行,代谢产物共 5~6 种,其中主要代谢物为奥沙西洋^[10]。长期食用地西洋和奥沙西洋残留量较大的水产品,会对人体健康产生潜在的风险和危害,特别是对儿童、孕妇、老年人和患有心血管等疾病的慢性病患者,可能对人体造成不可预期的危害^[11]。因此有必要对山东省水产品中的地西洋及其代谢物奥沙西洋进行检测。

山东省作为人口大省和渔业大省,水产品食用消费鲜重总量位居全国第四位,高达 315.66 万吨^[12]。然而,目前关于渔用麻醉剂在山东省淡水鱼虾中的残留状况尚未见系统地研究报道。为此,本研究历时 3 年,在常规淡水鱼监测的基础上,新增河虾、小龙虾等特色品种,累计采集样品 480 份。监测项目不仅包含丁香酚和 MS-222 两种常用的渔用麻醉剂,还将限制使用药物地西洋及其代谢物奥沙西洋纳入监测范围,旨在获得更全面的数据,为相关部门对水产品中渔用麻醉剂的管理提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 样品采集与制备 2021—2023 年在山东省 16 个地市,随机采集商店、农贸市场销售的鲜活鲤鱼、草鱼、鲫鱼、黑鱼、鲢鱼、鳙鱼、黄颡鱼、罗非鱼、鲶鱼、鲈鱼、小龙虾、河虾 12 种市场销量高的品种,共计 480 份。样品制备依种类分别进行,对于鱼类,去头、骨、内脏,取肌肉等可食部位绞碎混合均匀;对于虾类则在清洗后,去掉虾头、虾皮、肠腺,得到整条虾肉绞碎混合均匀。

1.2 试剂 丁香酚标准品、MS-222 标准品购于德国 Dr. Ehrenstorfer,丁香酚-d3 购于 ISOREAG,地西洋标准品、奥沙西洋标准品、地西洋-d5、奥沙西洋-d5 均购于天津阿尔塔科技有限公司。

乙腈、甲醇、甲酸均为色谱纯,购于德国默克;无水硫酸钠、氯化钠均为分析纯,购于科密欧化学试剂有限公司。

1.3 仪器和设备 超高效液相色谱-三重四极杆串联质谱仪(TQ-S,美国 waters 公司),高速冷冻离心机(Multifuge X1R,美国 Thermo 公司),电子天平(MS204TS,梅特勒托利多公司),氮吹仪(AUTO EVA,Reeko 睿科公司),Sep-Pak C18 固相萃取柱(500 mg,3 ml,美国 Waters 公司),Oasis PRiME HLB 固相萃取柱(200 mg/6 ml,美国 Waters 公司)。

1.4 检测方法 参照 2021 年国家食品污染物和有害因素风险监测手册进行^[13]。

1.5 数据统计分析 采用 Excel 2021 表录入本次淡水

鱼虾中 4 种麻醉剂的检出数据,用 SPSS 25.0 对所录入数据进行分析 and χ^2 检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。对未检出数据的处理,样本中未检出数据的比例 >60% 时,所有未检出数据用检出限(LOD)替代;未检出数据的比例 <60% 时,所有未检出数据用 50% LOD 替代^[14]。

2 结果与分析

2.1 方法学评价 以丁香酚、MS-222、地西洋、奥沙西洋的浓度为横坐标,以目标物和内标物的峰面积之比作为纵坐标,拟合线性方程,结果显示 4 种目标化合物方法曲线的线性均良好($R > 0.999$)。当称样量为 5 g 时,丁香酚的检出限为 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$,MS-222 的检出限为 0.14 $\mu\text{g}/\text{kg}$;当称样量为 2 g 时,地西洋和奥沙西洋的检出限均为 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

取空白鱼肉基质分别进行低、中、高 3 个不同浓度水平的加标回收实验,每个添加水平重复测定 6 次,平均回收率及精密度见表 1。

表 1 方法的平均回收率及精密度($n = 6$)

Table 1 Average recovery rate and precision of the method($n = 6$)

检测项目	添加水平($\mu\text{g}/\text{kg}$)	平均回收率(%)	RSD(%)
丁香酚	4	91.8	4.51
	50	89.6	2.52
	200	102.7	2.04
MS-222	1.4	83.3	5.98
	5	100.4	3.48
	20	92.3	2.63
地西洋	1	98.3	2.28
	5	86.3	1.63
	20	96.1	1.10
奥沙西洋	1	102.2	2.91
	5	88.7	1.52
	20	95.9	1.13

2.2 总体检出情况 本研究共采集样品 480 份,其中 153 份样品中检出丁香酚,检出率为 31.9% (153/480),检出值中最低为 3.07 $\mu\text{g}/\text{kg}$,最高为 12 614 $\mu\text{g}/\text{kg}$;检出值在 LOD~100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 范围内的为 71 份,占总检出份数的 46.4% (71/153);检出值在 100~1 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 范围内的为 54 份,占总检出份数的 35.3% (54/153);检出值在 1 000~5 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 范围内的为 26 份,占总检出份数的 17% (26/153);检出值在 5 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 以上的为 2 份,占总检出份数的 1.3% (2/153)。地西洋的检出率为 6.7% (32/480),检出值中最低为 0.59 $\mu\text{g}/\text{kg}$,最高为 21.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。奥沙西洋的检出率为 3.1% (15/480),检出值中最低为 1.07 $\mu\text{g}/\text{kg}$,最高为 57.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。研究发现 480 份样品均未检出 MS-222。4 种麻醉剂中仅有地西洋有

国家限量标准,因此只评价地西洋的超标情况,地西洋检出即为超标,超标率为 6.7% (32/480)。详细情况见表 2。

表 2 山东省市售鲜活淡水鱼虾中渔用麻醉剂残留情况

Table 2 Residues of fishery anesthetics in commonly marketed fresh and live freshwater fish and shrimp in Shandong Province

检测项目	样品份数	检出样品数	检出率 (%)	平均值 (μg/kg)
丁香酚	480	153	31.9	193.8
MS-222	480	0	0.0	ND
地西洋	480	32	6.7	0.7
奥沙西洋	480	15	3.1	0.8

注:“ND”表示未检出。

2.3 不同种类结果分析 丁香酚在鱼类和虾类中均有检出,鱼类的检出率远高于虾类,10 个品种的鱼中仅有鲈鱼和罗非鱼未检出,其余均有检出,其中草鱼的检出率和检出含量最高,检出率为 63.4% (45/71),检出范围为 7.26 ~ 12 614 μg/kg;虾类中仅有一份河虾中检出丁香酚,小龙虾中未被检出。地西洋仅在鱼类中检出,虾类中未被检出,其中鲤鱼的检出率和检出含量最高,检出率为 14.2% (25/176),检出范围为 0.59 ~ 21.9 μg/kg。奥沙西洋仅在虾类中检出,鱼类中未被检出,河虾的检出率 (28.9%) 高于小龙虾 (9.5%)。不同品种淡水鱼中丁香酚的检出率差异具有统计学意义 ($\chi^2 = 54.265, P < 0.001$)。详细情况见表 3。

表 3 3 种渔用麻醉剂在不同淡水鱼虾中的残留情况

Table 3 Residues of three fishery anesthetics in different freshwater fish and shrimps

种类	品种	样本数 (份)	丁香酚				地西洋				奥沙西洋				
			检出数 (份)	检出率 (%)	平均值 (μg/kg)	最大值 (μg/kg)	检出数 (份)	检出率 (%)	平均值 (μg/kg)	最大值 (μg/kg)	检出数 (份)	检出率 (%)	平均值 (μg/kg)	最大值 (μg/kg)	
鱼类	鲤鱼	176	69	39.2	175.6	4 952	25	14.2	1.1	21.9	0	0.0	ND	ND	
	草鱼	71	45	63.4	654.6	12 614	3	4.2	0.6	5.8	0	0.0	ND	ND	
	鲫鱼	59	17	28.8	85.5	2 520	1	1.7	0.5	0.9	0	0.0	ND	ND	
	黑鱼	19	1	5.3	91.3	1 728	0	0.0	ND	ND	0	0.0	ND	ND	
	鲢鱼	17	8	47.1	306.2	2 767	0	0.0	ND	ND	0	0.0	ND	ND	
	鲮鱼	13	3	23.1	131.3	1 282	0	0.0	ND	ND	0	0.0	ND	ND	
	鲟鱼	13	5	38.5	76.9	451	1	7.7	0.5	0.8	0	0.0	ND	ND	
	黄颡鱼	11	4	36.4	68.9	577	0	0.0	ND	ND	0	0.0	ND	ND	
	鲈鱼	11	0	0.0	ND	ND	2	18.2	1.0	4.5	0	0.0	ND	ND	
	罗非鱼	10	0	0.0	ND	ND	0	0.0	ND	ND	0	0.0	ND	ND	
	合计	400	152	38.0	232.1	12 614	32	8.0	0.8	21.9	0	0.0	ND	ND	
	虾类	小龙虾	42	0	0.0	ND	ND	0	0.0	ND	ND	4	9.5	2.3	57.3
		河虾	38	1	2.6	4.4	155	0	0.0	ND	ND	11	28.9	2.3	28.2
合计		80	1	1.3	2.2	155	0	0.0	ND	ND	15	18.8	2.3	57.3	

注:“ND”表示未检出。

2.4 地域性结果分析 由图 1 可知,16 个地市均有鱼类样品检出丁香酚,滨州、德州、菏泽、济南、济宁、聊城、临沂、日照 8 个地市的淡水鱼检出地西洋。其中淄博的丁香酚检出率最高,检出率为 67% (20/30);菏泽的地西洋检出率最高,检出率为 30% (9/30)。不同地上市售淡水鱼中丁香酚的检出率差异具有统计学意义 ($\chi^2 = 46.505, P < 0.001$)。

济南、淄博、济宁、泰安、德州、聊城、临沂、菏泽 8 个地市采集了淡水虾样品,8 个地市均检出奥沙西洋,检出率无统计学差异 ($\chi^2 = 10.183, P = 0.121$)。

3 讨论

本研究结果显示 2021—2023 年山东省市售鲜活淡水鱼虾中渔用麻醉剂主要为丁香酚,其总体检出率为 31.9% (153/480),与国内其他地区的研究数据

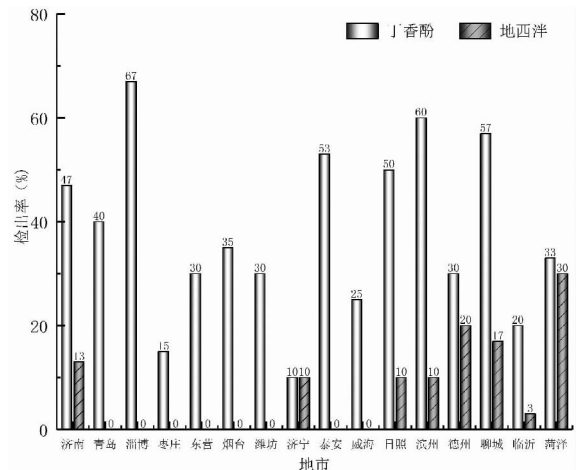


图 1 不同地市淡水鱼中丁香酚和地西洋的检出情况

Fig. 1 Detection status of eugenol and diazepam in freshwater fish from different cities

(41.13% ~ 89.47%)^[15-17] 相比,山东省丁香酚检出率处于相对较低水平,可能是由于山东省淡水养殖产业比较发达,无需进行远距离运输,减少了长途运输对麻醉剂的需求。本次监测中,丁香酚残留量跨度较大(3.07 ~ 12 614 $\mu\text{g}/\text{kg}$),检出值多数在 1 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 以下,仅一份草鱼样品中丁香酚残留量高达 12 614 $\mu\text{g}/\text{kg}$,虽高于湖北省^[15](2 601 $\mu\text{g}/\text{kg}$)、江西省^[16](7 980 $\mu\text{g}/\text{kg}$),但低于上海市浦东新区^[17]的残留最大值(14 464 $\mu\text{g}/\text{kg}$)。

地西洋和奥沙西洋同属苯二氮卓类药物,通过与 γ -氨基丁酸受体特异性结合,从而产生中枢神经抑制的作用^[18]。鉴于该类药物的潜在安全风险,我国《食品安全国家标准食品中兽药最大残留限量》(GB 31650—2019)以及国际食品法典委员会和欧盟相关法规均明确规定,动物源性食品中不得检出地西洋^[19]。2021—2023 山东省市售鲜活淡水鱼虾中地西洋的检出率为 6.7%,高于柏品清等^[17]研究结果(3.51%),但远低于陈旭晋等^[20]研究结果(26.8%)。奥沙西洋作为地西洋的代谢物,并未在淡水鱼中检出,仅在淡水虾中检测到,表明在虾类养殖或运输过程中可能存在单独添加奥沙西洋的行为。480 份淡水鱼虾样品中均未检出 MS-222,这可能与样品来源有关;由于 MS-222 其价格较高,其主要应用于金鱼、中华鲟、斑马鱼等观赏鱼和经济价值较高的鱼类上^[21],而本次采集样品均为日常食用淡水鱼虾,因此未检出 MS-222 符合其使用特点。

本次研究发现鱼类和虾类中各麻醉剂使用情况存在显著差异。虾类中丁香酚类化合物的整体检出率和检出量远远低于鱼类,与彭雅丹等^[16]研究结果一致,这可能是由于虾类的甲壳外骨骼结构限制了丁香酚的吸收,而鱼类通过鳃器官进行呼吸的过程中,更容易摄入丁香酚,从而导致其体内丁香酚的检出率和检出量相对较高。地西洋仅在鱼类中检出,奥沙西洋仅在虾类中检出,与林文池等^[22]研究结果一致,可能是由于地西洋半衰期长更适用于需要长效镇静的鱼类运输;而奥沙西洋作为地西洋的活性代谢物,能够满足虾类等短程运输的需求。由于本次仅采集鱼虾类样品,未涵盖饲料、水体及底泥等样本,因此仅推断为运输过程中药品使用偏好导致的差异,不能全面反映实际情况,下一步将加大监测范围,进一步调查相关原因。同时建议积极推广低温运输、电脉冲麻醉等物理技术,以减少化学麻醉剂的使用。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] 王凤丽,冯秋芳,杨帆,等.快速滤过型净化结合液相色谱-串联质谱法同时测定水产品中 16 种麻醉剂及其代谢物残留量

[J].食品安全质量检测学报,2025,16(10):134-142.

- Wang FL, Feng QF, Yang F, et al. Simultaneous determination of 16 kinds of anesthetics and metabolites residual amount in aquatic products by multi-plug filtration cleanup method combined with liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2025, 16(10): 134-142. (In Chinese)
- [2] 潘洪民,蒋乐霞,张长峰,等.渔用麻醉剂研究进展与安全性评价[J].保鲜与加工,2021,21(10):136-143.
- Pan HM, Jiang LX, Zhang CF, et al. Research progress and safety evaluation of fishery anesthetics [J]. Storage and Process, 2021, 21(10): 136-143. (In Chinese)
- [3] 谢晶,曹杰.渔用麻醉剂在鱼类麻醉保活运输中应用的研究进展[J].上海海洋大学学报,2021,30(1):189-196.
- Xie J, Cao J. Research progress on application of fishing anesthetic in fish anesthesia keep-alive transportation [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2021, 30(1): 189-196. (In Chinese)
- [4] 曾祥兵,董宏标,陈健,等.植物源麻醉剂在鱼类麻醉镇静中的作用研究进展[J].水产科学,2023,42(6):1072-1080.
- Zeng XB, Dong HB, Chen J, et al. A review of current research on plantanesthetic in fish anesthesia and sedation [J]. Fisheries Science, 2023, 42(6): 1072-1080. (In Chinese)
- [5] 杨祖长,胡望娇,冯广朋.鱼类麻醉方法与麻醉效应的研究进展[J].江西水产科技,2024,(3):46-53.
- Yang ZC, Hu WJ, Feng GP. Research progress on fish anesthesia methods and effects [J]. Jiangxi Fishery Sciences and Technology, 2024,(3): 46-53. (In Chinese)
- [6] 张博文,李雪银,江改青,等.水产品中常用麻醉剂及其检测方法的研究进展[J].食品安全导刊,2022,(15):180-184.
- Zhang BW, Li XY, Jiang GQ, et al. Research progress on the common anesthetics and inspection methods in aquatic products [J]. China Food Safety Magazine, 2022,(15): 180-184. (In Chinese)
- [7] 肖童,王红丽,王锡昌.虾蟹类水产品保活运输的研究进展[J].食品与发酵工业,2022,48(16):326-333.
- Xiao T, Wang HL, Wang XC, et al. Progress on keep-alive transportation of shrimp and crab [J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(16): 326-333. (In Chinese)
- [8] 郑皓洁,王旭峰,张安凯,等.水产养殖中地西洋的污染特征及生态风险评估[J].水生态学杂志,2025,46(3):61-68.
- Zheng HJ, Wang XF, Zhang AK, et al. Pollution characteristics and ecological risk assessment of diazepam in aquaculture [J]. Journal of Hydroecology, 2025, 46(3): 61-68. (In Chinese)
- [9] 郑皓洁,李玲,黄珂.镇静剂地西洋在渔业环境及水产品中的研究概况[J].水产学杂志,2025,38(1):102-108.
- Zheng HJ, Li L, Huang K. Research on sedative diazepam in fishery environment and fishery products: a review [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2025, 38(1): 102-108. (In Chinese)
- [10] 于慧娟,钱蓓蕾,黄冬梅,等.液相色谱串联质谱法测定大菱鲆和鳊鱼体中地西洋及其代谢物残留的研究[J].中国渔业质量与标准,2011,1(1):54-59.
- Yu HJ, Qian BL, Huang DM, et al. Determination of diazepam and its residue in turbot and mandarin fish by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chinese Fishery Quality and Standards, 2011, 1(1): 54-59. (In Chinese)

质量检测学报,2022,13(1):141-149.

Liao SC, Li HL, Liu HH, et al. Simultaneous determination of 23 kinds of toxic alkaloids in Chinese medicinal materials and plant-derived food by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2022, 13(1): 141-149. (In Chinese)

- [14] 邓淑铃,朱峰,张昊,等.液相色谱-串联质谱法测定曼陀罗中东莨菪碱、消旋山莨菪碱和阿托品含量[J].食品安全质量检测学报,2025,16(11):131-139.

Deng SL, Zhu F, Zhang H, et al. Determination of scopolamine, racanisodamine and atropine in *Datura stramonium* Linn. by liquid

chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(11): 131-139. (In Chinese)

- [15] 中华预防医学会中毒控制分会,急性曼陀罗中毒诊断与治疗专家共识组.急性曼陀罗中毒诊断与治疗中国专家共识[J].中华急诊医学杂志,2023,32(12):1610-1616.

Poison Control Branch of the Chinese Preventive Medicine Association, Expert Consensus Group on Diagnosis and Treatment of Acute Mandala Poisoning. Chinese expert consensus on diagnosis and treatment of acute mandala poisoning[J]. Chinese Journal of Emergency Medicine, 2023, 32(12): 1610-1616. (In Chinese)

收稿日期:2025-04-07

(上接第 3340 页)

- [11] 刘虹,曾远伟,许惠雅,等. QuEChERS-超高效液相串联质谱测定淡水鱼中地西洋和奥沙西洋[J]. 职业与健康,2024,40(21):2913-2918, 2924.

Liu H, Zeng YW, Xu HY, et al. Determination of diazepam and oxazepam in freshwater fishes by QuEChERS-ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Occupation and Health, 2024, 40(21): 2913-2918, 2924. (In Chinese)

- [12] 李雪,高翔,赵蕾,等.中国居民水产品食用消费量测算与分析[J].中国渔业经济,2024,42(2):95-104.

Li X, Gao X, Zhao L, et al. Measurement and analysis of edible consumption of aquatic products in China[J]. Chinese Fisheries Economics, 2024, 42(2): 95-104. (In Chinese)

- [13] 国家食品安全风险评估中心.2021年国家食品污染物和有害因素风险监测手册(中卷)[M].北京:国家食品安全风险评估中心,2021.

National Center for Food Safety Risk Assessment. National Food Contaminants and Hazardous Factors Risk Monitoring Manual 2021 (Volume II)[M]. Beijing: China National center for food safety risk assessment, 2021. (In Chinese)

- [14] 王绪卿,吴永宁,陈君石.食品污染监测低水平数据处理问题[J].中华预防医学杂志,2002,36(4):278-279.

Wang XQ, Wu YN, Chen JS. Food contamination monitoring low level data processing problems[J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2002, 36(4): 278-279. (In Chinese)

- [15] 马蓓蓓,杨财平,纪律,等.2021—2023年湖北省4市市售水产品中丁香酚的残留含量分析[J].公共卫生与预防医学,2024,35(5):77-80.

Ma BB, Yang CP, Ji L, et al. Residual content of eugenol in commercially available aquatic products in four cities of Hubei Province in 2021-2023[J]. Journal of Public Health and Preventive Medicine, 2024, 35(5): 77-80. (In Chinese)

- [16] 彭雅丹,吴昌,周永涛.江西省市售鲜活水产品中渔用麻醉剂残留量调查分析[J].实验与检验医学,2024,42(4):402-404.

Peng YD, Wu C, Zhou YT. Investigation and analysis of the residual amount of fish anesthetics in fresh aquatic products sold in Jiangxi Province[J]. Experimental and Laboratory Medicine, 2024, 42(4): 402-404. (In Chinese)

- [17] 柏品清,任亚萍,胡卉,等.2021—2022年上海市浦东新区市售淡水鱼中麻醉剂的残留状况及膳食暴露风险评估[J].职业与健康,2023,39(20):2778-2780.

Bai PQ, Ren YP, Hu H, et al. Status and dietary exposure risk

assessment of anesthetic residues in commercially available freshwater fish in Pudong New Area of Shanghai from 2021-2022[J]. Occupation and Health, 2023, 39(20): 2778-2780. (In Chinese)

- [18] 张律,朱波,赖少阳,等.高效液相色谱-三重四级杆质谱法同时测定水产品中6种苯二氮卓类镇静剂残留[J].卫生研究,2024,53(2):288-293.

Zhang L, Zhu B, Lai SY, et al. Simultaneous determination of six benzodiazepine sedatives residue in aquatic products by high performance liquid chromatography-triple quadrupole mass spectrometry[J]. Journal of Hygiene Research, 2024, 53(2): 288-293. (In Chinese)

- [19] 欧阳萍,王军淋,张念华,等.通过式固相萃取净化结合超高效液相色谱-串联质谱法测定鱼肉中地西洋及3种代谢物[J].卫生研究,2025,54(1):129-135.

Ouyang P, Wang JL, Zhang NH, et al. Determination of diazepam and its three metabolites in fish by pass-through solid phase extraction purification combined with ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Journal of Hygiene Research, 2025, 54(1): 129-135. (In Chinese)

- [20] 陈旭晋,陆宇阳,苑华宁,等.华东某地区养殖淡水鱼中地西洋残留风险分析及来源调查[J].农产品质量与安全,2024(5):52-59.

Chen XJ, Lu YY, Yuan HN, et al. Risk analysis and source investigation of diazepam residue in freshwater fish farming in a certain region of East China[J]. Quality and Safety of Agro-Products, 2024(5): 52-59. (In Chinese)

- [21] 吕海燕,王群,刘欢,等.鱼用麻醉剂安全性研究进展[J].中国渔业质量与标准,2013,3(2):24-28.

Lu HY, Wang Q, Liu H, et al. Advances in the safety research of fish anesthetics[J]. Chinese Fishery Quality and Standards, 2013, 3(2): 24-28. (In Chinese)

- [22] 林文池,朱悦君,杨芳,等.粤东某市市售水产品海鱼和虾中渔用休眠诱导剂的残留水平及污染特征分析[J].环境与健康杂志,2025,42(1):69-71.

Lin WC, Zhu YJ, Yang F, et al. Analysis of the residual level and pollution characteristics of fish sleep inducers in sea fish and shrimp sold in a city in eastern Guangdong[J]. Journal of Environment and Health, 2025, 42(1): 69-71. (In Chinese)

收稿日期:2025-03-25