

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250109005

引用格式: 洪艺, 黄顺利, 何九宏, 等. 2024年重庆市渝北区市售淡水鱼渔用麻醉剂残留的膳食暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(14): 291-297.

HONG Y, HUANG SL, HE JH, *et al.* Dietary exposure risk assessment of fishery anesthetic residues in commercially available freshwater fish in Yubei District, Chongqing in 2024 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(14): 291-297. (in Chinese with English abstract).

2024年重庆市渝北区市售淡水鱼渔用麻醉剂 残留的膳食暴露风险评估

洪艺, 黄顺利, 何九宏, 赵玲玉, 胡迪*

(重庆市渝北区疾病预防控制中心, 重庆 401120)

摘要: **目的** 了解2024年重庆市渝北区内淡水鱼中10种麻醉剂的残留状况, 并进行膳食暴露风险评估。**方法** 随机采集2024年渝北区市售淡水鱼60件, 采用超高效液相色谱-串联质谱法检测10种麻醉剂残留, 结合居民膳食摄入量, 采用食品安全指数法评估市售淡水鱼中麻醉剂残留的膳食暴露风险。**结果** 丁香酚检出率为51.7%, 浓度范围为3.48~583.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$; 甲基丁香酚检出率为90.0%, 浓度范围为10.50~43.80 $\mu\text{g}/\text{kg}$; 异丁香酚检出率为48.3%, 浓度范围为3.42~619.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$; 甲基异丁香酚检出率为78.3%, 浓度范围为6.47~30.40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。其余6种麻醉剂均未检出, 淡水鱼中不同麻醉剂的检出率比较差异有统计学意义($P < 0.01$)。淡水鱼中丁香酚、甲基丁香酚、异丁香酚和甲基异丁香酚的最大食品安全指数分别为 0.820×10^{-4} 、 0.308×10^{-5} 、 0.434×10^{-4} 和 0.214×10^{-5} 。**结论** 2024年重庆市渝北区市售淡水鱼中渔用麻醉剂残留总体处于安全水平, 但丁香酚类麻醉剂残留现象比较普遍, 须引起相关部门的重视, 规范水产品中渔用麻醉剂的使用。

关键词: 淡水鱼; 麻醉剂; 超高效液相色谱-串联质谱法; 残留状况; 风险评估

Dietary exposure risk assessment of fishery anesthetic residues in commercially available freshwater fish in Yubei District, Chongqing in 2024

HONG Yi, HUANG Shun-Li, HE Jiu-Hong, ZHAO Ling-Yu, HU Di*

(Center for Disease Control and Prevention of Yubei District, Chongqing 401120, China)

ABSTRACT: Objective To understand the residue status of 10 kinds of anesthetics in freshwater fish in Yubei District of Chongqing in 2024, and to assess the dietary exposure risk. **Methods** The 60 samples of commercially available in Yubei District in 2024 were randomly collected, and 10 kinds of anesthetic residues were detected by the ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Combined with the dietary intake of residents, the dietary exposure risk of anesthetic residues in freshwater fish was evaluated by food safety index

收稿日期: 2025-01-09

基金项目: 重庆市渝北区科卫联合医学科研项目(2023YBKW14)

第一作者: 洪艺(1996—), 女, 硕士, 主管检验师, 主要研究方向为公共卫生及食品理化检验检测工作。E-mail: 1690305707@qq.com

*通信作者: 胡迪(1981—), 女, 副主任技师, 主要研究方向为公共卫生及食品理化检验检测工作。E-mail: 29600850@qq.com

method. **Results** The detection rate of eugenol was 51.7%, and the concentration range was 3.48–583.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$. The detection rate of methyl eugenol was 90.0%, and the concentration range was 10.50–43.80 $\mu\text{g}/\text{kg}$. The detection rate of isoeugenol was 48.3%, and the concentration range was 3.42–619.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$. The detection rate of methyl isoeugenol was 78.3%, and the concentration range was 6.47–30.40 $\mu\text{g}/\text{kg}$. The other 6 kinds of anesthetics were not detected. The detection rates of different anesthetics in freshwater fish were significantly different ($P < 0.01$). The maximum index of food safety of eugenol, methyl eugenol, isoeugenol and methyl isoeugenol in freshwater fish were 0.820×10^{-4} , 0.308×10^{-5} , 0.434×10^{-4} and 0.214×10^{-5} , respectively. **Conclusion** In 2024, the residue of fishery anesthetics in freshwater fish sold in Yubei District of Chongqing is generally at a safe level, but the residue of eugenol anesthetics is common, which should be paid attention to by relevant departments to regulate the use of fishery anesthetics in aquatic products.

KEY WORDS: freshwater fish; anesthetic; ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry; residual status; risk assessment

0 引言

我国是淡水养殖业最发达的国家,水产品总产量连续 35 年位居世界第一,其中淡水鱼类约 800 种,占鱼类总数的 1/3。由于我国地域辽阔,淡水鱼销售往往需要长时间运输,但运输过程中的低氧和氨氮胁迫、空气暴露等风险都会导致鱼类的应激反应乃至死亡^[1-2]。为减少其损伤和提高成活率,渔用麻醉剂在淡水鱼类运输过程中广泛使用^[3-4],鱼体内麻醉剂残留带来的健康风险不容忽视。

目前常见的渔用麻醉剂包括卡因类和丁香酚类两大类。卡因类麻醉剂应用最广泛的为 MS-222(间氨基苯甲酸乙酯甲磺酸盐,又称“三卡因”),其次为普鲁卡因、利多卡因等。MS-222 具有使用浓度低、入静快、作用时间长、复苏快、残留小等优点,通过了美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)的认可^[3,5],但研究显示其对长期接触的人体具有神经毒性作用^[6],过多摄入可蓄积在脾脏和肝脏中,损害人体生理机能,造成过敏、造血紊乱等不良反应^[5]。其余普鲁卡因、利多卡因等为常见的局部麻醉剂,属于神经中枢阻滞药品,其作用效果迅速、操作简单,但过量摄入会造成中枢神经系统毒性反应,如惊厥、呼吸抑制、昏迷等^[7-8]。

丁香酚(4-烯丙基-2-甲氧基苯酚)提取于丁香、肉豆蔻、月桂叶等中草药植物中^[9-10],是天然的渔用麻醉剂。丁香酚具有良好的抗癌、抗氧化、抗衰老效果,故被广泛应用于制药、农业、香料、化妆品等领域^[11],例如作为食用香料主要用于配置烟熏火腿、坚果和香辛料等,作为镇定剂、麻醉剂则长期应用于牙痛、头痛等的局部麻醉中^[12]。丁香酚的作用机制尚不完全明朗,但有研究发现它能抑制 γ -氨基丁酸与受体复合物相结合,从而阻断神经元间对伤害性信息的传导,故推测其作用于鱼类也与此机制类似^[13]。丁香酚麻醉高效、价格低廉,一些研究人员认为它是最有效的天然渔用麻醉剂,但并不被美国食品药品监督管理局推

荐作为渔用麻醉剂^[6]。研究表明高剂量的丁香酚具有潜在的致癌作用,可能造成哺乳动物的肝脏损伤,引起心律失常、肾脏损伤、消化系统紊乱等问题,对人类健康造成潜在危害^[14-16]。甲基丁香酚可通过丁香酚甲基化转化而来,作为杂质存在于丁香酚产品中,已被世界癌症研究机构划为可能致癌物(2B 类)^[17]。美国国家毒理学计划(National Toxicology Program, NTP)发布的数据显示,丁香酚、甲基丁香酚和异丁香酚对啮齿动物均具有致癌性或潜在致癌性,甲基丁香酚对哺乳动物的致癌作用尤为明确^[18-19],世界癌症研究机构也将其划分为第 3 类致癌物^[20]。

尽管渔用麻醉剂在淡水鱼运输中的使用日益普遍,但其监管仍面临以下关键问题:(1)残留限量标准尚不完善。我国对水产品中 MS-222、丁香酚及其衍生物(如甲基丁香酚、异丁香酚等)等渔用麻醉剂尚未制定明确的残留标准,导致监管缺乏科学依据^[21];(2)区域性监测数据不足。现有研究数据多集中于东部沿海地区(如上海、广东等),对全国范围内的渔用麻醉剂残留情况还缺乏系统性调查,难以全面反映麻醉剂残留的总体分布特征。就目前研究数据来看,我国多地市售淡水鱼中麻醉剂残留现象较为常见,例如柏品清等^[22]的研究表明,2021—2022 年上海市浦东新区市售淡水鱼中麻醉剂残留总检出率为 92.98%,超标率为 3.51%,其中丁香酚的最大食品安全指数(index of food safety, IFS)为 0.0121,表明其对人体健康尚未构成明显风险。马蓓蓓等^[23]研究发现,2021—2023 年湖北省 4 市市售水产品中丁香酚的检出率为 41.13%,最高含量为 2601 $\mu\text{g}/\text{kg}$,每日膳食暴露量(estimated daily intake, EDI)最高值为 4.39 $\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{bw}$,远高于欧洲食品安全局规定的丁香酚每日允许摄入量(acceptable daily intake, ADI) 1.0 $\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{bw}$,应对丁香酚保持高度关注;(3)次生风险物质关注不足。丁香酚在储存和代谢过程中可能转化为甲基丁香酚等次生风险物质,现有研究对其潜在健康风险的关注较少,导致风险评估不够全面。

本研究以重庆市渝北区为研究对象,选取市售淡水

鱼样品 60 件, 首次对 10 种麻醉剂(普鲁卡因、利多卡因、布比卡因、丁卡因、3-氨基苯甲酸乙酯甲基磺酸盐、苯佐卡因、丁香酚、甲基丁香酚、异丁香酚、甲基异丁香酚)进行化学性污染物质研究和膳食暴露风险评估, 以期建立多种麻醉剂同步检测方法, 补充内陆区域监测数据, 发现淡水鱼食品安全风险隐患和完善相关限量标准提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品来源

2024 年从渝北区超市随机采集淡水鱼产品, 主要包括鲈鱼、鲫鱼、鲢鱼、乌鱼、草鱼、武昌鱼等, 样品总计 60 件。将淡水鱼样品去头、骨、内脏、鳞片 and 表皮后, 取肌肉等可食部位绞碎混合均匀制样。

1.2 仪器与试剂

H-class-plus/Xevo TQ-XS 超高效液相色谱串联三重四极杆质谱仪(美国 Waters 公司); ME104E/02 型万分之一电子天平(瑞士 METTLER TOLEDO 公司); 3-18K 型台式高速冷冻离心机(德国 SIGMA 公司); M10101002D 型混匀器(美国 FOUR E'S 公司); Milli-Q IQ 7010 型超纯水机(德国默克公司)。

普鲁卡因标准物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 98.6%)、利多卡因标准物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 99.9%)、布比卡因标准物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 99.2%)、丁卡因标准物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 99.6%)、3-氨基苯甲酸乙酯甲基磺酸盐标准物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 93.7%)、苯佐卡因标准物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 99.9%)、丁香酚标准物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 99.1%)、甲基丁香酚标准物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 96.1%)、异丁香酚标准物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 95.9%)、甲基异丁香酚标准物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 94.8%)、丁香酚-d3 内标物质(质量浓度 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 纯度 99.9%)(天津阿尔塔科技有限公司); 甲醇、乙腈(色谱纯, 德国 Merck 公司); 实验用水为超纯水。

1.3 方法

1.3.1 实验方法

检测普鲁卡因、利多卡因、布比卡因、丁卡因、3-氨基苯甲酸乙酯甲基磺酸盐、苯佐卡因、丁香酚、甲基丁香酚、异丁香酚、甲基异丁香酚 10 种麻醉剂的方法参考《国家食品污染和有害因素风险监测工作手册》中《水产品中渔用麻醉剂测定的标准操作程序》进行。准确称取混匀样品 5 g(精确至 0.001 g)于 50 mL 聚丙烯离心管中, 加入 4 mL 纯水, 涡旋振荡混均后, 加入乙腈溶液 16 mL, 振荡 3 min, 超声 30 min, 10000 r/min 离心 5 min, 取上清液经 HMR-Lipid 固相萃取柱净化, 滤液过 0.22 μm 聚四氟乙烯滤膜, 运用超高效液相色谱-串联三重四极杆质谱仪

进行测定。

1.3.2 膳食暴露风险评估方法

本研究中淡水鱼中麻醉剂残留健康风险评估采用联合国粮农组织/世界卫生组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO)《食品中化学物风险评估的原则和方法》中的点评估模型, 计算成人的 EDI, 再根据 EDI 和麻醉剂 ADI 计算得到食品安全指数(index of food safety, IFS)值, 计算如公式(1)、(2)(没有 ADI 值的麻醉剂不计算 IFS 值):

$$\text{EDI} = C \times F / \text{BW} \quad (1)$$

$$\text{IFS} = \text{EDI} / \text{ADI} \quad (2)$$

式中: EDI 为某种麻醉剂的日膳食暴露量, $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$; C 为淡水鱼中某种麻醉剂的残留含量, $\mu\text{g}/\text{kg}$; F 为消费人群对鱼虾的消费量, $\text{kg}/(\text{人} \cdot \text{d})$; BW 为消费人群人均体重, kg ; IFS 为食品安全指数; ADI 为每日允许摄入量, $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$ 。

运用 IFS 值评估淡水鱼中麻醉剂的膳食暴露风险, 当 $\text{IFS} \leq 1$ 时表示麻醉剂的膳食暴露处在可以接受的水平, 其值越小风险越小; 当 $\text{IFS} > 1$ 时表明麻醉剂的膳食暴露风险处在不可接受的水平, 其值越大风险越大。参考《中国人群暴露手册(成人卷)》附表 4-53, 查出重庆市居民鱼虾膳食消费量为 20.95 g/d; 参考附表 10-3, 查出重庆市城市居民平均体质量均为 59.7 kg; 参考国际食品添加剂联合专家委员会制定的标准, 查出丁香酚的 ADI 为 2.50 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$; 参考欧盟制定的标准, 查出异丁香酚、甲基丁香酚和甲基异丁香酚的 ADI 为 5.00 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$ 。

1.4 数据处理

采用 WPS Excel (12.1.0.20305)建立数据库, SPSS 25.0 对数据进行统计学分析, 检出率采用 χ^2 检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 总体情况

本次监测共检测样品 60 件, 样品来源于重庆市渝北区区内各大超市。监测普鲁卡因、利多卡因、布比卡因、丁卡因、3-氨基苯甲酸乙酯甲基磺酸盐、苯佐卡因、丁香酚、甲基丁香酚、异丁香酚、甲基异丁香酚总计 10 个项目。60 件样品中 54 件检出至少 1 种麻醉剂, 总检出率 90.0%; 23 件同时检出丁香酚类(包括丁香酚、甲基丁香酚、异丁香酚、甲基异丁香酚)。渝北区市售淡水鱼中 10 种麻醉剂的检出情况不同, 差异有统计学意义($\chi^2 = 367.993$, $P < 0.01$)。检出率最高为甲基丁香酚(90.0%), 其次为甲基异丁香酚(78.3%), 丁香酚和异丁香酚的检出率略低, 分别为 51.7%和 48.3%; 普鲁卡因、利多卡因、布比卡因、丁卡因、3-氨基苯甲酸乙酯甲基磺酸盐和苯佐卡因均未检出。详见表 1。

表 1 2024 年重庆市渝北区淡水鱼中麻醉剂检测结果

Table 1 Results of anesthetic drug testing in freshwater fish in Yubei District, Chongqing in 2024

检测项目	样本数	检出限 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	含量范围 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	检出率 /%	超标率 /%
普鲁卡因	60	1.0	—	0	0
利多卡因	60	1.0	—	0	0
布比卡因	60	1.0	—	0	0
丁卡因	60	1.0	—	0	0
MS-222	60	1.0	—	0	0
苯佐卡因	60	1.0	—	0	0
丁香酚	60	1.0	3.48~583.00	51.7	-
甲基丁香酚	60	1.0	10.50~43.80	90.0	-
异丁香酚	60	1.0	3.42~619.00	48.3	-
甲基异丁香酚	60	1.0	6.47~30.40	78.3	-

注: —表示未检出(表 2 同); -表示现有标准无限值; 不同麻醉剂检出率差异采用卡方检验, $P < 0.01$ 。

2.2 不同类别水产品中麻醉剂检测情况

本次采集的淡水鱼类为市售常见品种, 不同超市采集样本基本一致。丁香酚在鲢鱼和草鱼中的检出率最高, 为 90.0%, 在不同类别市售淡水鱼中检出情况差异有统计学意义($P < 0.01$)。甲基丁香酚在所有淡水鱼种类中均有检出, 鲢鱼、草鱼和武昌鱼中检出率高, 达 100.0%, 在不同类别市售淡水鱼中检出情况差异无统计学意义($P > 0.05$)。异丁香酚在鲢鱼中的检出率最高, 为 90.0%, 在不同类别淡水鱼中检出情况差异有统计学意义($P < 0.01$)。甲基异丁香酚在不同类别水产品中均有检出, 在草鱼中检出率最高, 为 90.0%, 在不同类别淡水鱼中的检出情况差异无统计学意义($P > 0.05$)。详见表 2。

2.3 不同采样点中麻醉剂检出情况

不同采样点中丁香酚检出率为 41.7%~66.7%, 检出情况差异无统计学意义($\chi^2 = 2.269$, $P > 0.05$); 甲基丁香酚检出率为 66.7%~100.0%, 检出情况差异无统计学意义($P > 0.05$); 异丁香酚检出率为 33.3%~66.7%, 检出情况差异无统计学意义($\chi^2 = 3.604$, $P > 0.05$); 甲基异丁香酚检出率为 41.7%~100.0%, 检出情况差异有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 3。

2.4 淡水鱼中麻醉剂残留健康风险评估

基于 1.3.2 所述方法, 对淡水鱼中检出的麻醉剂运用麻醉剂残留的平均暴露量(平均值)和最大暴露量(最大值)进行点暴露评估, 渝北区市售淡水鱼中丁香酚的 EDI 均值为 $0.01180 \mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$, 最大值为 $0.20500 \mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$; 丁香酚的 IFS 均值为 0.472×10^{-5} , 最大值为 0.820×10^{-4} 。其余异丁香酚、甲基丁香酚和甲基异丁香酚的 EDI 和 IFS 结果见表 4。

表 2 不同样品类别水产品中麻醉剂检测结果

Table 2 Results of anesthetic drug testing in different categories of aquatic products

化合物	样品类别	样本数量	检出值范围 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	平均值 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	检出数量	检出率 /%
丁香酚	鲈鱼	10	9.59~144.00	16.40	3	30.0
	鲫鱼	10	3.48~163.00	40.70	8	80.0
	鲢鱼	10	5.26~583.00	73.80	9	90.0
	乌鱼	10	4.77~26.40	3.12	2	20.0
	草鱼	10	5.54~208.00	67.50	9	90.0
	钳鱼	4	—	—	—	—
甲基丁香酚	武昌鱼	6	—	—	—	—
	鲈鱼	10	12.20~35.80	19.00	8	80.0
	鲫鱼	10	12.90~33.60	21.90	9	90.0
	鲢鱼	10	14.20~34.60	25.70	10	100.0
	乌鱼	10	17.00~43.80	24.20	8	80.0
	草鱼	10	10.50~43.80	29.20	10	100.0
异丁香酚	钳鱼	4	22.60~36.20	20.50	3	75.0
	武昌鱼	6	15.40~40.50	26.50	6	100.0
	鲈鱼	10	9.37~144.00	16.50	3	30.0
	鲫鱼	10	4.88~165.00	41.10	7	70.0
	鲢鱼	10	3.97~619.00	76.50	9	90.0
	乌鱼	10	3.42~26.90	3.03	2	20.0
甲基异丁香酚	草鱼	10	21.10~217.00	68.40	8	80.0
	钳鱼	4	—	—	—	—
	武昌鱼	6	—	—	—	—
	鲈鱼	10	8.15~22.90	10.7	7	70.0
	鲫鱼	10	8.89~20.60	12.5	8	80.0
	鲢鱼	10	10.00~22.00	14.4	8	80.0
甲基异丁香酚	乌鱼	10	10.50~26.90	13.8	7	70.0
	草鱼	10	8.38~30.40	16.7	9	90.0
	钳鱼	4	15.90~23.70	13.9	3	75.0
	武昌鱼	6	6.47~26.40	13.9	5	83.3

注: 不同样品类别水产品中麻醉剂检测结果差异采用 Fisher 精确检验。

表 3 不同采样点中麻醉剂检测结果

Table 3 Anesthetic detection results at different sampling points

化合物	采样点	样本数量	检出值范围 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	平均值 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	检出数量	检出率 /%
丁香酚	超市 1	12	5.54~29.30	7.08	5	41.7
	超市 2	12	9.59~583.40	101.00	8	66.7
	超市 3	12	4.77~163.00	22.60	5	41.7
	超市 4	12	5.26~144.00	30.40	7	58.3
	超市 5	12	3.48~31.60	6.97	6	50.0

表 3(续)

化合物	采样点	样本数量	检出值范围 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	平均值 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	检出数量	检出率 /%
甲基丁香酚	超市 1	12	17.70~40.50	28.60	12	100.0
	超市 2	12	10.50~37.00	16.10	8	66.7
	超市 3	12	13.90~43.80	26.20	12	100.0
	超市 4	12	12.20~43.80	21.80	11	91.7
	超市 5	12	22.60~40.30	27.40	11	91.7
异丁香酚	超市 1	12	9.52~24.60	6.37	4	33.3
	超市 2	12	9.37~619.00	105.00	8	66.7
	超市 3	12	3.42~165.00	22.60	5	41.7
	超市 4	12	3.97~144.00	30.60	7	58.3
	超市 5	12	4.82~30.20	6.26	5	41.7
甲基异丁香酚	超市 1	12	6.47~26.40	15.10	10	83.3
	超市 2	12	15.90~21.80	7.94	5	41.7
	超市 3	12	8.38~30.40	15.10	10	83.3
	超市 4	12	8.15~27.00	12.10	10	83.3
	超市 5	12	12.50~25.40	18.00	12	100.0

注: 不同采样点丁香酚和异丁香酚检测结果差异采用卡方检验, 甲基丁香酚和甲基异丁香酚检测结果差异采用 Fisher 精确检验。

表 4 2024 年重庆市渝北区市售淡水鱼中麻醉剂的膳食暴露水平及食品安全指数

Table 4 Dietary exposure levels and food safety index of anesthetics in freshwater fish sold in Yubei District, Chongqing in 2024

麻醉剂	EDI[$\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$]		ADI [$\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$]	IFS	
	平均暴露量	最大暴露量		平均值	最大值
丁香酚	0.01180	0.20500	2.50	0.472×10^{-5}	0.820×10^{-4}
甲基丁香酚	0.00842	0.01540	5.00	0.168×10^{-5}	0.308×10^{-5}
异丁香酚	0.01200	0.21700	5.00	0.240×10^{-5}	0.434×10^{-4}
甲基异丁香酚	0.00501	0.01070	5.00	0.100×10^{-5}	0.214×10^{-5}

3 讨论与结论

当前, 世界各国尚未对水产品中渔用麻醉剂的限制统一标准。美国、欧盟、加拿大仅允许将 MS-222 用作渔用麻醉剂, 并且美国限定其休药期为 21 d, 最高残留限量不超过 $1 \mu\text{g}/\text{mL}$, 且只能用于叉尾鮰科、鲑科、狗鱼科和鲈总科^[24]。加拿大规定 MS-222 休药期为 5 d。挪威批准苯佐卡因与 MS-222 作为渔用麻醉剂, 其休药期均为 21 d^[9,25]。

澳大利亚、日本、智利等国规定了丁香酚的合法使用, 日本允许丁香酚作为渔用麻醉剂使用, 其药浴剂量为 $50 \sim 200 \mu\text{g}/\text{mL}$, 残留限值为 $0.05 \mu\text{g}/\text{mL}$, 并在 2006 年 11 月发布的《水产养殖用药第 23 号通报》中对丁香酚麻醉剂

的休药期进行了更明确的规定, 渔用 7 d, 甲壳类 10 d^[26]。国际食品添加剂联合专家委员会、FAO、WHO 推荐丁香酚的 ADI 为 $2.5 \text{ mg}/\text{kg}$, 欧洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)委员规定丁香酚的 ADI 为 $1.0 \text{ mg}/\text{kg}$ 。美国 and 加拿大未批准丁香酚作为渔用麻醉剂使用^[27-28], 英国暂没有对丁香酚相关法律规定^[29]。

我国 GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》附录 B.3(允许使用的食品用合成香料名单)中, 丁香酚为允许使用的食品用合成香料; 但按照附录“B.1 食品用香精、香料的使用原则”中规定, “09.01 鲜水产”食品没有加香的必要, 不得添加食品用香料、香精, 法律法规或国家食品安全标准另有明确规定者除外^[30]。表明丁香酚作为食品添加剂, 在我国新鲜水产食品中是不允许添加使用的^[26]。本次监测结果表明, 渝北区市售淡水鱼中 10 种麻醉剂中丁香酚类麻醉剂(丁香酚、甲基丁香酚、异丁香酚、甲基异丁香酚)检出率高, 但其 IFS 最大值为 0.820×10^{-4} , 远远小于 1, 其余普鲁卡因、利多卡因、布比卡因、丁卡因、间氨基苯甲酸乙酯甲磺酸盐和苯佐卡因均未检出, 表明渝北区内淡水鱼中麻醉剂残留总体处于安全范围。与近年来国内的其余研究结果, 在上海、湖北等不同地区淡水鱼中丁香酚类均有不同程度的检出, 绝大部分健康风险较低, 但仍有少数对人体健康存在风险的情况^[22-23,31]一致。现有研究对丁香酚次生物质的关注相对有限, 例如邵曼等^[32]在检测 6 种丁香酚类化合物时仅发现丁香酚存在残留, 而本研究发现, 除丁香酚外, 甲基丁香酚、异丁香酚及甲基异丁香酚的检出率均处于较高水平。提醒需对水产品中丁香酚类麻醉剂残留保持密切关注, 建议尽快细化相关监管制度、出台淡水鱼中丁香酚残留的限量标准。

参考文献

- 李勇男, 刘海英, 苏从毅. 鱼类的运输应激反应诱发因素、影响及缓解措施[J]. 食品工业科技, 2015, 36(23): 391—394.
LI YN, LIU HY, SU CY. Induced factors, effects and mitigation measures of stress response of fish during transportation [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(23): 391—394.
- 尤孝鹏, 汪兰, 熊光权, 等. 运输应激对鱼类生理特性和肌肉品质影响的研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(7): 311—318.
YOU XP, WANG L, XIONG GQ, et al. A review of studies on the effects of transportation stress on fish physiological characteristics and meat quality [J]. Food Science, 2021, 42(7): 311—318.
- 李晓璐, 刘妍, 淮亚红, 等. 活体运输过程中冰片麻醉剂与 MS-222 对草鱼麻醉效果的对比研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(3): 214—221.
LI XL, LIU Y, HUAI YH, et al. Comparative study of the anesthetic effects of borneol anesthetic and MS-222 in simulated transportation of live *Ctenopharyngodon idellus* [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(3): 214—221.
- 吕飞, 陈灵君, 丁玉庭. 鱼类保活及运输方法的研究进展[J]. 食品研

- 究与开发, 2012, 33(10): 225–228.
- LV F, CHEN LJ, DING YT. Research advances in alive-keeping and transportation of fish [J]. Food Research and Development, 2012, 33(10): 225–228.
- [5] 朱敏, 孙伟红, 邢丽红, 等. 液相色谱-串联质谱法测定水产品中麻醉剂 MS-222 残留[J]. 分析实验室, 2012, 31(6): 59–62.
- ZHU M, SUN WH, XING LH, *et al.* Determination of tricaine residues in aquatic products by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2012, 31(6): 59–62.
- [6] PURBOSARI N, WARSIKI E, SYAMSU K, *et al.* Natural versus synthetic anesthetic for transport of live fish: A review [J]. Aquaculture and Fisheries, 2019, 4(4): 129–133.
- [7] 赵莹, 尹丹阳, 王玮, 等. 通过式固相萃取-气相色谱-三重四极杆串联质谱法同时测定淡水鱼中 14 种麻醉剂的残留量[J]. 理化检验-化学分册, 2022, 58(10): 1130–1136.
- ZHAO Y, YIN DY, WANG W, *et al.* Simultaneous determination of residues of 14 anesthetics in freshwater fish by gas chromatography-triple quadrupole tandem mass spectrometry with pass-through solid phase extraction [J]. Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chemical Analysis), 2022, 58(10): 1130–1136.
- [8] 黄亚琼, 侯再花, 李卫平. 利多卡因致过敏性休克二例报告[J]. 肿瘤药学, 2012, 2(6): 478–480.
- HUANG YQ, HOU ZH, LI WP. Report on two cases of anaphylactic shocks caused by lidocaine [J]. Anti-tumor Pharmacy, 2012, 2(6): 478–480.
- [9] 高平, 杨曦, 莫彩娜, 等. 通过式固相萃取净化/高效液相色谱-串联质谱法快速测定水产品中 6 种麻醉剂残留[J]. 分析测试学报, 2019, 38(9): 1059–1065.
- GAO P, YANG X, MO CN, *et al.* Rapid determination of six anesthetics residues in aquatic products by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry with pass-through solid phase extraction [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2019, 38(9): 1059–1065.
- [10] 姜海梅, 李杰雨, 杨山景, 等. 丁香罗勒油化学成分、药理活性及临床应用研究进展[J]. 中药药理与临床, 2023, 39(6): 110–116.
- JIANG HM, LI JY, YANG SJ, *et al.* Advances in the chemical composition, pharmacological activity and clinical application of *Ocimum gratissimum* L. [J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2023, 39(6): 110–116.
- [11] 邓颖, 林青兰, 杜伟锋, 等. 分散固相萃取-气相色谱-四极杆-飞行时间质谱法快速测定鲜鱼中的 5 种酚类麻醉剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(21): 8488–8493.
- DENG Y, LIN QL, DU WF, *et al.* Rapid determination of 5 kinds of phenolic anesthetics in fresh fishes by dispersive solid phase extraction-gas chromatography-quadrupole time of flight mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(21): 8488–8493.
- [12] 张新渐, 韦德勇, 王洪云, 等. 丁香酚生物活性研究进展[J]. 中国中医药现代远程教育, 2017, 15(24): 157–160.
- ZHANG XJ, WEI DY, WANG HY, *et al.* The research progress on the bioactivity of eugenol [J]. Chinese Medicine Modern Distance Education of China, 2017, 15(24): 157–160.
- [13] 朱旻琪, 管维良, 茅林春. 鱼类保活运输技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(22): 186–191.
- ZHU MQ, GUAN WL, MAO LC. Research progress on fish keep-alive transportation technology [J]. Food Research and Development, 2021, 42(22): 186–191.
- [14] 王兴益, 陈彦龙, 李攻科. 氟化共价有机聚合物固相微萃取-高效液相色谱测定水产品中丁香酚类麻醉剂[J]. 色谱, 2021, 39(9): 1012–1020.
- WANG XY, CHEN YL, LI GK. Solid phase microextraction high performance liquid chromatography of fluorinated covalent organic polymer to determine eugenol anesthetics in aquatic products [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2021, 39(9): 1012–1020.
- [15] 方晓磊, 柯常亮, 刘奇, 等. 水产品中丁香酚残留的人体健康风险分析[J]. 水产科学, 2018, 37(11): 140–144.
- FANG XL, KE CL, LIU Q, *et al.* Human health risk evaluation of eugenol residues in fish [J]. Fisheries Science, 2018, 37(11): 140–144.
- [16] 汤逸飞, 张婷, 陈诚, 等. 丁香挥发化学成分与药理活性研究进展[J]. 亚太传统医药, 2021, 17(7): 200–204.
- TANG YF, ZHANG T, CHEN C, *et al.* Research progress in volatile chemical constituents and medical functions of clove [J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2021, 17(7): 200–204.
- [17] 陆添文, 柯常亮, 刘奇, 等. 气相色谱-三重四极杆串联质谱法测定池塘养殖水中 3 种丁香酚类麻醉剂[J]. 分析实验室, 2021, 40(5): 518–522.
- LU TW, KE CL, LIU Q, *et al.* Determination of 3 kinds of eugenol anesthetics in culture pond water by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2021, 40(5): 518–522.
- [18] 石芳, 寿旦, 金米聪, 等. 分散固相萃取-高效液相色谱法测定水产品中 7 种麻醉剂[J]. 色谱, 2022, 40(2): 139–147.
- SHI F, SHOU D, JIN MC, *et al.* Dispersive solid phase extraction combined with high-performance liquid chromatography for determination of seven anesthetics in aquatic products [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2022, 40(2): 139–147.
- [19] European Food Safety Authority. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance eugenol [J]. EFSA Journal, 2012, 10(11): 2914.
- [20] 赵东蒙, 王强, 王旭峰, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法检测鱼肉和暂养水中丁香酚残留量[J]. 食品科学, 2016, 37(24): 252–256.
- ZHAO DH, WANG Q, WANG XF, *et al.* Determination of eugenol in fish and farming water by ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Food Science, 2016, 37(24): 252–256.
- [21] 殷雪琰, 王洁琼, 刘笑, 等. 超高效液相色谱-静电场轨道阱高分辨质谱法测定水产品中地西洋及丁香酚类化合物残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(16): 195–202.
- YIN XY, WANG JQ, LIU X, *et al.* Determination of diazepam and eugenol residues in aquatic products based on ultra performance liquid chromatography-electrostatic field orbital high resolution mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(16):

- 195–202.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 刘芳馨, 黄鑫, 张涛, 等. HPLC-FLD 法测定北细辛药材中甲基丁香酚的含量[J]. 人参研究, 2021, 4(5): 12–14.
- LIU FX, HUANG X, ZHANG T, *et al.* Determination of methyleugenol in North Asarum by HPLC-FLD [J]. *Ginseng Research*, 2021, 4(5): 12–14.
- [25] 王强, 王旭峰, 赵东豪, 等. 化学发光酶免疫分析法检测水产品中残留的麻醉剂丁香酚[J]. 分析测试学报, 2022, 41(3): 354–360.
- WANG Q, WANG XF, ZHAO DH, *et al.* Determination of anaesthetic eugenol residues in aquatic products by chemiluminescence enzyme immunoassay [J]. *Journal of Instrumental Analysis*, 2022, 41(3): 354–360.
- [26] 杨洁, 朱晓玲, 丁香酚在水产品中的残留及风险评估研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(18): 6523–6529.
- YANG J, ZHU XL. Research progress of eugenol residue and risk assessment in aquatic products [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2020, 11(18): 6523–6529.
- [27] US Food and Drug Administration. Guideline No.150, guidance for industry: Concerns related to the use of clove oil as an anesthetic for fish [EB/OL]. (2007-04-24) [2016-05-30]. <http://www.fda.gov/downloads/animalveterinary/guidancecomplianceenforcement/guidanceforindustry/ucm052520.pdf>
- [28] Canadian Council on Animal Care. Guidelines for additional information on effects of euthanasia methods on research results: Clove oil (eugenol) [EB/OL]. (2016-04-16) [2016-05-30]. http://www.ccac.ca/en/_standards/guidelines/additional/additional-information-on-effects-of-euthanasia-methods-on-research-results/clove-oil
- [29] 杨丹, 李刚, 郭叶, 等. HPLC 法同时测定蒙成药阿魏八味丸中 5 种化学成分的含量[J]. 沈阳药科大学学报, 2021, 38(5): 472–478.
- YANG D, LI G, GUO Y, *et al.* Simultaneous determination of five components in mongolian medicine a wei-8 pill by HPLC [J]. *Journal of Shenyang Pharmaceutical University*, 2021, 38(5): 472–478.
- [30] 蔡慧敏. 气相色谱-质谱法检测婴幼儿配方乳粉中 6 种丁香酚类物质含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(5): 284–290.
- CAI HM. Determination of 6 kinds of eugenols in infant formula milk powder by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2025, 16(5): 284–290.
- [31] 朱晓玲, 张菊, 刘杰, 等. 湖北省水产品兽药残留状况分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(1): 69–77.
- ZHU XL, ZHANG J, LIU J, *et al.* Analysis of veterinary drug residues in aquatic products of Hubei Province [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2021, 12(1): 69–77.
- [32] 邵曼, 姚欢, 余晓琴. 水产品及养殖水中丁香酚类化合物风险研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(8): 3352–3357.
- SHAO M, YAO H, YU XQ. Research on the risk of eugenol drug residues in aquatic products and aquaculture water [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2021, 12(8): 3352–3357.

(责任编辑: 于梦娇 蔡世佳)