

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250527001

引用格式: 董文婷, 曾勇, 舒金秀, 等. 湖北地区乌骨鸡肉中兽药残留特征及膳食暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(16): 319-324.

DONG WT, ZENG Y, SHU JX, *et al.* Characteristics of veterinary drug residues and dietary exposure risk assessment on *Gallus gallus* domesticus of Hubei Province [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(16): 319-324. (in Chinese with English abstract).

湖北地区乌骨鸡肉中兽药残留特征及 膳食暴露风险评估

董文婷, 曾勇*, 舒金秀, 吴晓翠, 冯超林, 文静静, 武佳玉, 吴莹
(湖北省兽药监察所, 武汉 430070)

摘要: **目的** 探讨湖北地区乌骨鸡肉中兽药残留特征以及膳食暴露风险。**方法** 使用超高效液相色谱-串联质谱法(ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, UPLC-MS/MS)对2024年在湖北地区养殖场、农贸市场、批发市场及屠宰场随机采集的100份乌骨鸡肉样品中的34种兽药残留进行分析,参考英国兽药残留委员会兽药残留风险排序矩阵和食品安全指数(index of food safety, IFS)法对检出的兽药残留进行膳食暴露风险评估。**结果** 本次抽检的乌骨鸡肉共检出12种兽药,药物残留检出率为49%,其中2种为食品动物中停止使用药物,1种为允许作治疗用,但不得在动物性食品中检出。根据风险评估结果显示,检出兽药的IFS值均远小于1,兽药残留的膳食暴露风险处于较低水平。**结论** 本次监测的湖北乌骨鸡肉质量安全状况较好,残留兽药对人体健康的危害风险较低。

关键词: 乌骨鸡; 兽药残留; 膳食暴露; 风险评估

Characteristics of veterinary drug residues and dietary exposure risk assessment on *Gallus gallus* domesticus of Hubei Province

DONG Wen-Ting, ZENG Yong*, SHU Jin-Xiu, WU Xiao-Cui, FENG Chao-Lin,
WEN Jing-Jing, WU Jia-Yu, WU Ying

(Hubei Institute of Veterinary Drug Control, Wuhan 430070, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the residues characteristics of veterinary drug in *Gallus gallus* domesticus from Hubei Province and assess the dietary exposure risks. **Methods** The 34 types of veterinary drug residues were detected in 100 randomly collected samples of *Gallus gallus* domesticus from farms, agricultural markets, wholesale markets and slaughterhouses in Hubei Province in 2024 by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS). The dietary exposure risk assessment of detected veterinary drug residues was conducted using the veterinary drug residue risk ranking matrix of the United Kingdom Veterinary Drug Residue

收稿日期: 2025-05-27

第一作者: 董文婷(1985—), 女, 高级畜牧师, 主要研究方向为畜产品质量安全及其检测技术。E-mail: 314757133@qq.com

*通信作者: 曾勇(1973—), 女, 硕士, 研究员, 主要研究方向为畜产品质量安全监测和兽药残留标准研究。E-mail: zengyong633@126.com

Committee and the index of food safety (IFS) method. **Results** The 12 kinds of veterinary drugs were detected in the samples, with a residue detection rate of 49%. Among these, 2 kinds of drugs were prohibited for use in food animals, and 1 kind of drug was approved for therapeutic use but prohibited from detection in animal-derived foods. The risk assessment revealed that the IFS values of all detected veterinary drugs were significantly less than 1, indicating a low dietary exposure risk from residues. **Conclusion** This suggests that the quality and safety of *Gallus gallus domesticus* in Hubei Province are satisfactory, with minimal health risks posed by residual veterinary drugs to humans.

KEY WORDS: *Gallus gallus domesticus*; veterinary drug residues; dietary exposure; risk assessment

0 引言

乌骨鸡, 又称乌鸡、竹丝鸡等, 是一种具有滋补、药用和观赏价值的珍禽。近年来, 随着乌骨鸡市场需求量的增加, 养殖规模的扩大, 使用兽药防治疾病, 促进动物生长提高成活率, 增加了兽药残留的风险^[1-3]。其兽药残留水平的高低直接决定了乌骨鸡食用的安全性, 因此开展乌骨鸡肉中兽药残留分析, 并进行兽药残留膳食风险评估对于保障人体健康尤为重要。

目前, 国内关于猪肉、鸡蛋、鸡肉等动物性食品中兽药残留分析及膳食暴露风险评估的研究报道较多^[4-6], 兽药残留污染及健康风险评估^[7-9]一直广受关注。如张大文等^[10]在 2013 年 1—12 月对江西省的两个区域的农贸市场长期监测, 对采集的 265 份猪肉样品中四环素类药物进行残留风险分析, 发现强力霉素检出率为 21.89%。武玉平等^[11]对山东部分地区 140 份鸡蛋进行 15 种兽药及禁用药物监测, 检出率为 16.43%。马洁等^[12]对天津市 2016—2022 年市售的 418 份鸡肉样品进行检测, 发现兽药残留检出率为 46.65%, 不合格率为 8.37%。这些兽药残留的食品安全指数(index of food safety, IFS)均小于 1, 暴露风险较低, 不会对人体健康产生不良作用。刘峰等^[13]对宁夏市 2016—2020 年市售鸡肉和鸡蛋中 23 种兽药残留及健康风险评估, 发现鸡肉中兽药残留检出率为 38.0%, 鸡蛋中兽药残留检出率为 26.6%。鸡肉中强力霉素的 IFS, 鸡蛋中强力霉素、氟甲喹和氟苯尼考的 IFS 均远大于 1, 存在健康风险隐患。这些监测数据表明兽药残留现象较为普遍, 如果长期食用存在兽药残留风险的动物性食品可能会对人体健康造成潜在危害^[14-16], 因此对动物性食品中兽药残留进行定期监测及膳食暴露风险评估十分必要, 然而目前针对乌骨鸡肉中的兽药残留及膳食暴露风险评估研究报道较少。

为了解湖北省乌骨鸡肉中兽药残留特征, 掌握兽药残留对人体健康风险^[17-19], 本研究通过前期查询文献资料, 调研湖北地区乌骨鸡养殖场兽药使用情况, 初步对乌骨鸡肉中的风险因子进行了摸底排查; 对养殖过程中使用过的 7 类兽药进行监测, 采用英国兽药残留委员会兽药残留风险排序矩阵^[20-21]和 IFS 法进行兽药残留的膳食暴露风险评

估^[22-24], 为保障湖北乌骨鸡肉质量安全以及产业持续绿色发展提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 样品来源

2024 年以湖北省 13 个地区(黄石、咸宁、襄阳、荆州、十堰、孝感、随州、仙桃、潜江、天门、神农架、恩施、黄冈)作为采样区域, 随机选择养殖场、农贸市场、批发市场及屠宰场作为采样点, 共采集 100 份乌骨鸡肉样品, 每份约 200 g, 采集后进行匀浆处理并冷冻保存。

1.2 仪器和试剂

SCIEX TRIPLE QUAD 6500+超高效液相色谱-串联质谱仪(美国 SCIEX 公司); PRiME HLB 固相萃取小柱(200 mg/6 mL, 美国 Waters 公司); 固相萃取装置、0.22 μm 微孔尼龙滤膜、Eclipse Plus C₁₈ RRHD 色谱柱(2.1 mm \times 150 mm, 1.8 μm)(美国 Agilent 公司)。

乙腈、甲醇(质谱级, 美国 Merck 公司); 甲酸(质谱级, 美国赛默飞世尔科技公司); 红霉素(纯度 91.4%)、金霉素(纯度 93.5%)、土霉素(纯度 88.8%)、甲砒霉素、氟苯尼考、恩诺沙星、环丙沙星、氧氟沙星、替米考星、四环素、磺胺氯哒嗪、磺胺二甲嘧啶、磺胺甲噁唑、磺胺喹噁啉、甲氧苄啶(纯度 \geq 95%)(中国兽医药品监察所); 氯霉素、氟苯尼考胺、司帕沙星、氟罗沙星、二氟沙星、氟甲喹、阿奇霉素、罗红霉素、克拉霉素、多西环素、磺胺甲氧嘧啶、甲硝唑及代谢物、地美硝唑及代谢物、金刚烷胺、阿昔洛韦、奥司他韦、咪唑莫特(纯度 \geq 95%, 德国 Dr 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 检测项目

根据前期乌骨鸡养殖环节的用药种类调研, 检测了 34 种兽药及其代谢物, 包括 4 种酰胺醇类药物(氯霉素、甲砒霉素、氟苯尼考及代谢物氟苯尼考胺)、7 种氟喹诺酮类药物(司帕沙星、氟罗沙星、二氟沙星、氟甲喹、恩诺沙星、环丙沙星、氧氟沙星)、5 种大环内酯类药物(阿奇霉素、罗红霉素、克拉霉素、红霉素、替米考星)、4 种四环素类药物(四环素、多西环素、金霉素、土霉素)、5 种磺胺类药物

(磺胺氯哒嗪、磺胺二甲嘧啶、磺胺甲氧嘧啶、磺胺甲噁唑、磺胺喹噁啉)、4 种硝基咪唑类药物(甲硝唑及代谢物、地美硝唑及代谢物)、4 种抗病毒类药物(金刚烷胺、阿昔洛韦、奥司他韦、咪喹莫特)和甲氧苄啶。

1.3.2 样品前处理方法

参照中国兽医药品监察所自建动物性食品中多种类药物残留检测^[25-26]对乌骨鸡肉样品中 34 种兽药残留进行分析。称取 2.0 g 试料于 50 mL 离心管内, 加入 80%乙腈水溶液 8.0 mL, 涡旋 1 min, 高速振荡提取 5 min, 10000 r/min 离心 10 min, 取上清液 4.0 mL 直接加载到 PRiME HLB 固相萃取柱中净化, 保持 2 mL/min 的流速, 收集全部流出液。于 45 °C 下氮吹至体积小于 1.0 mL, 用 10%甲醇水溶液定容至 1.0 mL, 涡旋混匀, 吸取适量过 0.22 μm 微孔滤膜后供超高效液相色谱-串联质谱法(ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, UPLC-MS/MS)测定^[27-29], 禁用药物的定量限为 0.5 μg/kg, 限用药物的定量限为 1 μg/kg。

1.3.3 残留量结果分析

禁用药物及兽药残留采用中华人民共和国农业部第 2292 号公告、农业农村部第 250 号公告及 GB 31650—2019《食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量》中规定的限量值作为标准, 对乌骨鸡肉样品中检出的兽药残留污染特征进行分析和判定, 若检出兽药超过最大残留限量或者检出禁用药物可判定为不合格样品。

1.3.4 风险排序方法

参考英国政府官网的 Annual Report on Surveillance for Veterinary Residues in Food in the UK 2007(食品中兽药残留监测年度报告)中兽药残留风险矩阵排序, 风险得分公式(1)如下:

$$\text{风险得分}(S)=(A+B)\times(C+D+E)\times F \quad (1)$$

式中: A 为毒性(0~6 分): 毒理学数据作为兽药评估潜在在不良反应, 潜在在不良反应越重, 特别是不可逆, 矩阵排名得分越高; B 为毒效(0~3 分): 参考每日允许摄入量(allowable daily intake, ADI)值, 能引起不良反应的剂量越低, 得分越高; C 为膳食比例(0~3 分): 来自经过处理的动物的食物比例越高, 得分越高(有些药物只用于单一物种, 而另一些药物则用于多个物种, 从而增加了接触的机会); D 为兽药使用频率(0~3 分): 给某种特定动物施药的频率; E 为高暴露人群(0~3 分): 高接触人群, 由于饮食习惯, 一些群体可能会摄入较高数量的特定残留物。如果有证据支持这些群体进行评估, 则得分越高; F 为残留水平(0~3 分): 检测残留物的评估, 检测到的浓度越高, 与特定物质的最大残留限量(maximum residue limit, MRL)/最低要求执行量(minimum required performance limit, MRPL)相比, 分配的分值越高。

乌骨鸡肉样品中兽药残留风险级别按照风险得分排

序, 分为低风险($S < 15.0$)、中风险($15.0 \leq S < 20.0$)和高风险($S \geq 20.0$)。

1.3.5 膳食暴露评估及风险特征描述

IFS 是将残留结果和膳食暴露相结合来评价化学污染物对人体的健康危害程度^[30-32]。本研究采用《食品中化学物风险评估的原则和方法》中的点评估模型进行暴露评估。基本原理为化学物每日估计暴露量(estimated daily intake, EDI)等于食物消费量均值与化学物含量的乘积。公式(2)如下:

$$\text{EDI}=X \times N / 1000 / \text{bw} \quad (2)$$

式中: EDI 为药物每日暴露量估算值, μg/(kg bw d); X 为调查人群每日消费量, g/d; 消费量数据参照国家统计局 2021 年年鉴, 湖北省鸡肉人均年消费为 7.7 kg, 换算成人均日平均摄入量为 21.1 g/d; N 为兽药残留量检测值, μg/kg, 本研究以药物 N 的最大值进行估计; bw 为调查人群平均体重, kg, 取人体平均体重 60 kg^[33]。

采用 IFS 法对乌骨鸡肉中兽药残留的人群健康风险大小进行评价。当 $\text{IFS} \leq 1$ 时, 表明通过膳食途径摄入兽药对人体健康影响的风险是可以接受的; 当 $\text{IFS} > 1$ 时, 表明通过膳食途径摄入兽药存在发生对健康不利影响的风险, 并且这种风险随着数值的增大而增大。

IFS 计算公式(3)如下:

$$\text{IFS}=\text{EDI} \times f / \text{SI} \quad (3)$$

式中: f 为药物安全摄入量的校正因子; SI 为药物的安全摄入量, 若 SI 采用 ADI 值, f 取 1。毒理学参考值参照国际食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)规定的 ADI 表示。兽药残留 ADI 值参考 GB 31650—2019, 部分药物尚未设定 ADI 值, 因此未进行统计。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 软件分析数据和绘制图表^[34], 对 100 份乌骨鸡肉样品中的兽药检出率 and 不合格率进行统计, 运用风险排序方法进行风险排序, IFS 进行膳食暴露风险评估。

2 结果与分析

2.1 乌骨鸡肉中兽药残留总体情况

在 100 份样品中, 检出 12 种兽药残留样品 49 份, 检出率为 49%, 其中不合格样品 6 份, 不合格率为 6%。检出样品中有 44 份检出 1 种兽药; 有 5 份同时检出 2 种兽药, 占 10.2%。检出率最高的为恩诺沙星(以恩诺沙星与环丙沙星之和计), 占 30.61%; 其次为氟苯尼考(以氟苯尼考及代谢物氟苯尼考胺之和计), 占 18.37%; 后面依次是替米考星、多西环素、甲氧苄啶、四环素。不得检出药物中, 氧氟沙星、金刚烷胺和羟基地美硝唑均有检出(表 1), 其中 2 种为食品动物中停止使用药物, 1 种为允许作治疗用, 但不得在动物性食品中检出。

2.2 不同采样环节的兽药残留情况

不同采样环节的兽药残留情况如表 2 所示。养殖场的检出率为 43.55%，不合格率为 6.45%。农贸市场的检出率为 47.06%，不合格率为 2.94%。因为批发市场和屠宰场的样品量少，可能导致结果分析存在一定的不确定性，所以分析结果不具有代表性。本研究根据不合格样品的采样来源发现，养殖环节监测出的不合格药物有氧氟沙星、金刚烷胺、羟基地美硝唑和甲氧苄啶。说明养殖户法律意识淡薄，缺少科学用药意识，存在违规用药和未严格遵守休药期的现象。

表 1 乌骨鸡肉中 12 种药物残留量
Table 1 Residual levels of 12 kinds of drugs in *Gallus gallus domesticus*

检出药物名称	检出样品数	MRLs /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	最大残留量 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	检出率 /%	不合格率 /%
恩诺沙星+环丙沙星	15	100	49.5	15	0
氟苯尼考+氟苯尼考胺	9	100	7.8	9	0
替米考星	7	150	12.8	7	0
多西环素	5	100	19.6	5	0
甲氧苄啶	4	50	2204.0	4	1
四环素	3	200	19.3	3	0
磺胺甲噁唑	1	100	34.0	1	0
金刚烷胺	2	不得检出	5.8	2	2
氧氟沙星	2	不得检出	2.1	2	2
羟基地美硝唑	1	不得检出	20.1	1	1

表 2 不同采样环节采集乌骨鸡肉样品中兽药残留情况
Table 2 Residual levels of veterinary drugs in samples of *Gallus gallus domesticus* meat collected at different sampling stages

采样环节	检测份数	检出样品数	检出率 /%	不合格数	不合格率 /%
养殖场	62	27	43.55	4	6.45
农贸市场	34	16	47.06	1	2.94
批发市场	2	2	100.00	0	0
屠宰场	2	1	50.00	1	50.00

2.3 风险排序分析

根据 1.3.4 的风险排序方法，每种药物的毒性得分(A)、毒效得分(B)可通过各种兽药半数致死剂量(lethal dose 50%, LD₅₀)、ADI 来赋值，其他根据相关文献资料和检测残留物水平来赋值，金刚烷胺、氧氟沙星、羟基地美硝唑、甲氧苄啶、恩诺沙星(以恩诺沙星与环丙沙星之和计)和氟苯尼考(以氟苯尼考与氟苯尼考胺之和计)为高风险药物，需要引起关注；多西环素、四环素、磺胺甲噁唑为中风险药物，替米考星为低风险药物。具体结果见表 3。

2.4 兽药及禁用药物膳食暴露评估

采用点评估法计算了检出兽药 EDI 和 IFS。结果显示，所有检出兽药的 IFS 值均远小于 1，表明当前乌骨鸡肉中兽药残留的健康风险较低(表 4)。然而，甲氧苄啶的 IFS 值为 0.1845，需进一步关注。不得检出药物金刚烷胺和羟基地美硝唑尚未设定 ADI 值，未进行风险评价。

表 3 乌骨鸡肉中 12 种药物残留风险得分

Table 3 Risk scores for 12 kinds of drug residues in *Gallus gallus domesticus* meat

检出药物名称	毒性(A)	毒效(B)	膳食比例(C)	使用频率(D)	高暴露人群(E)	残留水平(F)	风险得分(S)
恩诺沙星+环丙沙星	3	1	3	3	1	1	28
氟苯尼考+氟苯尼考胺	3	1	2	3	1	1	24
替米考星	2	0	2	2	1	1	10
多西环素	2	1	2	2	1	1	15
甲氧苄啶	3	1	2	2	1	3	60
四环素	2	0	3	2	1	1	18
磺胺甲噁唑	3	0	2	2	1	1	15
金刚烷胺	6	3	2	0	2	3	108
氧氟沙星	6	3	2	0	2	3	108
羟基地美硝唑	6	3	2	0	2	3	108

表 4 乌骨鸡肉样品中兽药残留暴露水平及 IFS

Table 4 Exposure levels and IFS of veterinary drug residues in samples of *Gallus gallus domesticus* meat

药物名称	ADI /($\mu\text{g}/\text{kg bw}$)	检出最大值 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	EDI /($\mu\text{g}/(\text{kg bw d})$)	IFS
恩诺沙星+环丙沙星	6.2	49.5	0.0174	0.0028
氟苯尼考+氟苯尼考胺	3.0	7.8	0.0027	0.0009
替米考星	40.0	12.8	0.0045	0.0001
多西环素	3.0	19.6	0.0069	0.0023
甲氧苄啶	4.2	2204.0	0.7751	0.1845
四环素	30.0	38.6	0.0136	0.0005
磺胺甲噁唑	50.0	34.0	0.0120	0.0002
金刚烷胺	/	5.8	0.0020	/
氧氟沙星	5.0	2.1	0.0007	0.0001
羟基地美硝唑	/	20.1	0.0071	/

注：/表示未设定 ADI 值或无法计算。

3 结论

本研究抽取了 100 份湖北地区乌骨鸡肉样品，采用 UPLC-MS/MS 对乌骨鸡肉中 34 种兽药残留进行分析^[35-36]，兽药残留检出率为 49%，不合格率为 6%。检出样品中有 44 份检出 1 种兽药，5 份同时检出 2 种兽药，占 10.2%，可

能存在联合用药。在检出的 12 种兽药中 2 种为食品动物中停止使用药物氧氟沙星和金刚烷胺, 1 种为允许作治疗用, 但不得在动物性食品中检出的药物地美硝唑代谢物羟基地美硝唑, 采用英国兽药残留委员会兽药残留风险矩阵进行残留风险排序, 氧氟沙星、金刚烷胺和羟基地美硝唑的风险得分也最高。建议监管部门加大禁限药的宣传力度, 同时加强日常监管。

本次检出率位列前 4 的药物为恩诺沙星(以恩诺沙星与环丙沙星之和计)、氟苯尼考(以氟苯尼考及代谢物氟苯尼考胺之和计)、替米考星、多西环素, 有研究表明恩诺沙星联合替米考星、氟苯尼考联合多西环素能增强抗菌能力的效果^[37-38]。检出率排列第 5 的药物是甲氧苄啶, 甲氧苄啶在兽医临床是作为磺胺类药物的增效剂, 检出率远高于磺胺类药物, 有研究表明甲氧苄啶与氟苯尼考等其他兽用抗菌药联合使用也能增强抗菌药的活性^[39-40], 说明养殖中可能存在联合用药的情况。联合用药会影响药物的代谢和排泄过程, 改变药物在体内的休药期, 这可能是以上这些允许使用药物容易被检出的原因之一。

根据膳食暴露风险评估结果, 检出的 12 种兽药, 除了金刚烷胺和羟基地美硝唑尚未设定 ADI 值, 未进行风险评估。其他药物的 IFS 值均远小于 1, 说明本次监测的乌骨鸡肉样品的兽药残留状况对人体产生的膳食摄入风险较低。结合本研究建议兽医行业主管部门按照农业农村部发布的《乌鸡养殖安全用药管控技术性指导意见》要求, 指导养殖人员科学合理用药, 保障乌骨鸡产业健康发展。

参考文献

- [1] 董文婷, 曾勇, 王峻, 等. 湖北省乌骨鸡养殖用药及质量安全情况调查[J]. 中国兽药杂志, 2024, 58(12): 27-31.
DONG WT, ZENG Y, WANG J, *et al.* Survey on the use of drugs and quality and safety in the breeding of *Gallus gallus* domesticus in Hubei Province [J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2024, 58(12): 27-31.
- [2] 杨仁美. 规模化养殖中兽药残留控制技术集成[J]. 中国畜禽种业, 2019, 15(3): 36.
YANG RM. Integration of veterinary drug residue control technology in large-scale aquaculture [J]. The Chinese Livestock and Poultry Breeding, 2019, 15(3): 36.
- [3] 刘坤, 王淑婷, 李伟红, 等. 我国畜肉产品主要药物风险因素分析及控制[J]. 农产品质量与安全, 2022(4): 85-90.
LIU K, WANG ST, LI WH, *et al.* Analysis and control of main drug risk factors of livestock meat products in China [J]. Quality and Safety of Agro-Products, 2022(4): 89-90.
- [4] 于帅, 周旭东, 王俊杰, 等. 基于食品安全指数法评估新疆地区鸡肉与鸡蛋中兽药残留的膳食暴露风险[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(13): 299-306.
YU S, ZHOU XD, WANG JJ, *et al.* Assessment of the dietary exposure risk of veterinary drug residues intake in chickens and eggs in Xinjiang based on the food safety index approach [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(13): 299-306.
- [5] 卫瑾瑾, 鹿尘, 张正尧, 等. 2016 年—2020 年河南省鸡肉中四环素类抗生素残留的监测和膳食暴露评估[J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32(3): 371-374.
WEI JJ, LU C, ZHANG ZY, *et al.* Monitoring and dietary exposure assessment of tetracycline antibiotic residues in chicken in Henan Province from 2016 to 2020 [J]. Chinese Journal of Health Inspection, 2022, 32(3): 371-374.
- [6] 张利锋, 杨瑞春, 袁鹏, 等. 河南省市售鸡肉和鸡蛋中抗生素残留及膳食暴露风险评估[J]. 现代预防医学, 2021, 48(12): 2189-2193.
ZHANG LF, YANG RC, YUAN P, *et al.* Risk assessment of antibiotic residues and dietary exposure in chicken and eggs from Henan Province [J]. Modern Preventive Medicine, 2021, 48(12): 2189-2193.
- [7] 于海东. 牛羊肉产品兽药残留危害及对策[J]. 中国动物保健, 2022, 24(7): 1-2.
YU HD. Harm of veterinary drug residues in beef and mutton products and its countermeasures [J]. China Animal Health, 2022, 24(7): 1-2.
- [8] 刘畅. 食品中兽药残留高通量筛查与检测平台的建立及膳食暴露评估研究[D]. 上海: 第二军医大学, 2013.
LIU C. Establishment of high-throughput screening and detection platform for veterinary drug residues in food and study on dietary exposure assessment [D]. Shanghai: Second Military Medical University, 2013.
- [9] 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.
- [10] 张大文, 王冬根, 胡丽芳, 等. 猪肉产品中四环素类药物残留风险评估[J]. 农产品质量与安全, 2014(6): 35-37.
ZHANG DW, WANG DG, HU LF, *et al.* Risk assessment of tetracycline residues in pork products [J]. Quality and Safety of Agro-Products, 2014(6): 35-37.
- [11] 武玉平, 杨爱青, 汪洋, 等. 山东省部分地市鸡蛋中禁用药物及兽药含量特征分析及膳食暴露风险评估[J]. 食品安全导刊, 2023(21): 76-79.
WU YP, YANG AIQ, WANG Y, *et al.* Characteristics of prohibited drugs and veterinary drugs in eggs and dietary exposure risk assessment in some cities of Shandong Province [J]. China Food Safety Magazine, 2023(21): 76-79.
- [12] 马洁, 罗莎, 赵帅, 等. 2016—2022 年天津市市售猪肉, 鸡肉中兽药残留监测结果分析及膳食暴露评估[J]. 现代预防医学, 2023, 50(15): 2848-2853.
MA J, LUO S, ZHAO S, *et al.* Analysis of veterinary drug residue monitoring results and dietary exposure assessment in commercially available pork and chicken in Tianjin from 2016 to 2022 [J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50(15): 2848-2853.
- [13] 刘峰, 马明阳, 李蕾, 等. 2016—2020 年宁夏市售鸡肉和鸡蛋中 23 种兽药残留及健康风险评估[J]. 卫生研究, 2022, 51(3): 497-500.
LIU F, MA MY, LI L, *et al.* Residues of 23 veterinary drugs and health risk assessment in commercially available chicken and eggs sold in Ningxia from 2016 to 2020 [J]. Health Research, 2022, 51(3): 497-500.
- [14] 谭莉莉. 喹诺酮类抗菌药物的临床不良反应[J]. 中国药物警戒, 2013, 10(2): 92-95.
TAN LL. Clinical adverse reactions of quinolones [J]. China Journal of Pharmacovigilance, 2013, 10(2): 92-95.
- [15] 肖永华, 草丽亚, 梁高道, 等. 湖北省鸡肉和鸡蛋中多组分抗生素残留分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(2): 292-296.
XIAO YH, CAO LY, LIANG GD, *et al.* Analysis of multicomponent antibiotic residues in chicken and egg in Hubei Province [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(2): 292-296.
- [16] 赵书河. 浅谈禽类产品中兽药残留的危害[J]. 畜牧兽医科技信息, 2022(2): 177-178.
ZHAO SH. Harm of veterinary drug residues in poultry products [J].

- Chinese Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2022(2): 177-178.
- [17] 阿力腾才斯克, 萨仁高娃. 动物性食品中兽药残留危害及其成因[J]. 畜牧兽医学报, 2020(14): 156-157.
ALITENG CSK, SAREN GW. Hazards and causes of veterinary drug residues in animal food [J]. Graziery Veterinary Sciences, 2020(14): 156-157.
- [18] 孙言凤, 肖永华, 黄常刚, 等. 2016-2018年湖北省鸡肉和鸡蛋中四环素类药物残留监测分析[J]. 现代预防医学, 2019, 46(14): 2554-2557.
SUN YF, XIAO YH, HUANG CG, *et al.* Monitoring and analysis of tetracycline drug residues in chicken meat and eggs in Hubei Province from 2016 to 2018 [J]. Modern Preventive Medicine, 2019, 46(14): 2554-2557.
- [19] 谢继安, 刘柏林, 赵紫薇, 等. 同位素稀释-超高效液相色谱-串联质谱法测定禽类食品中利巴韦林和金刚烷胺类化合物残留量[J]. 中国食品卫生杂志, 2020, 32(3): 261-266.
XIE JAN, LIU BL, ZHAO ZW, *et al.* Determination the residue of rib-avirin and adamantanes in poultry food by isotope dilution-ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. The Chinese Journal of Food Hygiene, 2020, 32(3): 261-266.
- [20] World Health Organization. A template for the automatic calculation of the IESTI [EB/OL]. (2014-01-16) [2025-05-27]. http://www.who.int/foodsafety/chem/IESTI_calculation_13c.xlt
- [21] The Veterinary Residues Committee. Annual report on surveillance for veterinary residues in food in the UK 2010 [EB/OL]. (2014-01-16) [2025-05-27]. <http://www.vmd.defra.gov.uk/VRC/pdf/reports/vrear2010.pdf>
- [22] 王向未, 仇厚援, 张志恒, 等. 食品中膳食暴露评估模型研究进展[J]. 浙江农业学报, 2012, 24(4): 733-738.
WANG XW, CHOU HY, ZHANG ZH, *et al.* Diet exposure assessment methods in food [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2012, 24(4): 733-738.
- [23] 刘兆平, 李风琴, 贾旭东. 食品中化学物风险评估原则和方法[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012.
LIU ZP, LI FQ, JIA XD. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2012.
- [24] 张磊, 刘兆平. 食品化学物风险评估中一些重要参数的选择和使用[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(3): 308-311.
ZHANG L, LIU ZP. The choices and usage of some important parameters in risk assessment of food chemicals [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2015, 27(3): 308-311.
- [25] EISSA FI, SHEHATA AM. Eggs and egg products contamination: Analysis of the EU RASFF notifications from 2000 to 2022 [J]. Food Control, 2024, 158: 110249.
- [26] WANG L, QI C, WANG L, *et al.* Rapid screening and quantification of multi-class multi-residue veterinary drugs in pork by a modified quechers protocol coupled to UPLC-QOrbitrap HRMS [J]. Current Analytical Chemistry, 2020, 16(7): 863-879.
- [27] YANG G, ZHANG J, TANG Y, *et al.* Development and validation of rapid screening of 192 veterinary drug residues in aquatic products using HPLC-HRMS coupled with QuEChERS [J]. Food Chemistry: X, 2024, 22: 101504.
- [28] JIE QD, JIN X, XIN Z, *et al.* Determination of 14 β -agonists in animal meat by ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2023, 41(12): 1106-1114.
- [29] USMAN A, MOHD MA, HONG SL, *et al.* β -Agonist in the environmental waters: A review on threats and determination methods [J]. Green Chemistry Letters and Reviews, 2022, 15(1): 233-252.
- [30] YAN X, ZU GL, HUA Y, *et al.* A magnetic solid phase extraction based on UiO-67@GO@Fe₃O₄ coupled with UPLC-MS/MS for the determination of nitroimidazoles and benzimidazoles in honey [J]. Food Chemistry, 2022, 373: 131512.
- [31] 周迎春, 韩文凤, 刘少博. 我国动物源性食品中兽药残留的原因分析[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(5): 160-162.
ZHOU YC, HAN WF, LIU SB. Analysis of the causes of veterinary drug residues in animal-derived foods in China [J]. Cereals & Oils, 2021, 34(5): 160-162.
- [32] 隋佳琪. 动物源性食品中主要兽药残留分析[J]. 分析与检测, 2019(11): 47-47.
SUI JQ. Analysis of major veterinary drug residues in animal-derived foods [J]. Analysis and Detection, 2019(11): 47-47.
- [33] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Submission and evaluation of pesticide residues data for estimation of maximum residue levels in food and feed (FAO plant production and protection paper 197) [M]. Rome: FAO, 2009.
- [34] 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, 2022(4): 63-64.
WANG XQ, WU YN, CHEN JS. Problems of low level data processing in food contamination monitoring [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2022(4): 63-64.
- [35] 潘晓东, 韩见龙, 陈尚. 鸡肉中多种抗生素超高效液相-静电场轨道阱高分辨质谱检测方法[J]. 预防医学, 2023, 35: 456-459.
PAN XD, HAN JL, CHEN Q. Determination of antibiotic residues in chicken meat using ultra performance liquid chromatography coupled with hybrid quadrupole-orbitrap high-resolution mass spectrometry [J]. China Preventive Medicine Journal, 2023, 35: 456-459.
- [36] 仝凯旋, 常巧英, 谢瑜杰, 等. 一步式 QuEChERS 结合液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱同时筛查与分析生牛乳中153种兽药残留[J]. 分析测试学报, 2023, 42: 1279-1290.
TONG KX, CHANG QY, XIE YJ, *et al.* Simultaneous screening and analysis of 153 veterinary drug residues in raw milk by one-step QuEChERS combined with liquid chromatography quadrupole electrostatic field orbital trap high resolution mass spectrometry [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2023, 42: 1279-1290.
- [37] 张莉蕴. 恩诺沙星联合替米考星、多西环素联合氟苯尼考在肉鸡体内的代谢转化规律研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2021.
ZHANG LY. Study on the metabolic transformation pattern of enrofloxacin combined with tilmicosin and doxycycline combined with florfenicol in broiler chickens *in vitro* and *in vivo* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2021.
- [38] 胡功政, 苑丽, 刘智明, 等. 氟苯尼考及其与多西环素联合的体外抗菌作用[J]. 中国兽医学报, 2004, 4: 379-383.
HU GZ, YUAN L, LIU ZM, *et al.* Antibacterial activity of florfenicol and its combinations with doxycycline *in vitro* [J]. Chinese Journal of Veterinary Science, 2004, 4: 379-383.
- [39] 黎欣, 王志霞, 潘源虎, 等. 兽用抗菌增效剂制剂的研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2021, 48(5): 1816-1824.
LI X, WANG ZX, PAN YH, *et al.* Progress research on antibacterial synergist preparation for animals [J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2021, 48(5): 1816-1824.
- [40] 崔耀明, 樊克锋, 林莉. 氟苯尼考与甲氧苄啶复方注射液的抑菌性试验[J]. 中国兽医杂志, 2016, 52(7): 116-117.
CUI YM, FAN KF, LIN L. Inhibition test of flumequine and trimethoprim compound injection [J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2016, 52(7): 116-117.

(责任编辑: 安香玉 于梦娇)