

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241230004

引用格式: 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. (in Chinese with English abstract).

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

于 帅¹, 周旭东¹, 王俊杰¹, 王 猛^{2*}

(1. 新疆博尔塔拉蒙古自治州疾病预防控制中心, 博乐 833400;

2. 新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心, 乌鲁木齐 830000)

摘 要: **目的** 了解新疆地区居民饮食中鸡肉与鸡蛋中兽药残留水平, 分析和评估兽药残留暴露对这一地区居民引起的健康风险。**方法** 使用液相色谱-串联质谱法(liquid chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS/MS)对 2021—2023 年新疆维吾尔自治区超市和农贸市场的鸡肉与鸡蛋样品进行兽药残留检测, 再结合新疆地区居民食物摄入量数据, 利用点评估法进行膳食暴露风险评估。**结果** 2021—2023 年新疆鸡肉与鸡蛋中 19 种兽药残留检出率为 23.3% (63/270), 超标率为 6.3% (17/270), 经卡方检验, 鸡肉和鸡蛋样品中氟苯尼考检出率差异有统计学意义($P=0.002$), 新疆北疆、南疆、东疆区域检出率和超标率差异均无统计学意义。新疆地区鸡肉的食品安全指数均远小于 1, 鸡蛋中兽药残留食品安全指数也全部小于 1, 但氧氟沙星、恩诺沙星、环丙沙星、地克珠利、氟苯尼考胺的食品安全指数远大于 1。**结论** 新疆地区鸡肉与鸡蛋的兽药残留膳食暴露风险较小, 处在可控范围。

关键词: 新疆; 鸡肉; 鸡蛋; 兽药残留; 风险评估

Assessment of the dietary exposure risk of veterinary drug residues intake in chickens and eggs in Xinjiang based on the food safety index approach

YU Shuai¹, ZHOU Xu-Dong¹, WANG Jun-Jie¹, WANG Meng^{2*}

(1. Center for Disease Control and Prevention, Bortala Mongol Autonomous Prefecture, Bole 833400, China;

2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Center for Disease Control and Prevention, Urumqi 830000, China)

ABSTRACT: Objective To understand the levels of veterinary drug residues in chickens and eggs in the diet of Xinjiang residents, and analyze and assess the health risks associated with exposure to veterinary drug residues in this region. **Methods** Veterinary drug residues were detected in chicken and egg samples from supermarkets and

收稿日期: 2024-12-30

基金项目: 新疆维吾尔自治区“天山英才”医药卫生高层次人才培养计划项目(TSYC202401B064)

第一作者: 于帅(1989—), 女, 硕士, 高级实验师, 主要研究方向为食品安全与理化检验。E-mail: ngyu1030@126.com

*通信作者: 王猛(1985—), 男, 博士, 高级实验师, 主要研究方向为食品安全与理化检验。E-mail: wangya851016@163.com

farmers' markets in Xinjiang Uygur Autonomous Region from 2021 to 2023 by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS), and then combined with the data on the food intake of the residents of Xinjiang Uygur Autonomous Region, and then assessed the risk of dietary exposure by point assessment method. **Results** The detection rate of 19 kinds of veterinary drug residues in chicken and egg samples in Xinjiang from 2021 to 2023 was 23.3% (63/270), and the exceedance rate was 6.3% (17/270), and the difference in the detection rate of florfenicol was statistically significant by chi-square test ($P=0.002$), and the differences in detection and exceedance rates in the Northern, Southern and Eastern regions of Xinjiang were not statistically significant. The food safety index for chicken meat in Xinjiang were much smaller than 1, and the food safety index for veterinary drug residues in eggs were all less than 1, but the food safety index for ofloxacin, enrofloxacin, ciprofloxacin, diclazuril and florfenicolide were much greater than 1. **Conclusion** The risk of dietary exposure to veterinary drug residues for chicken meats and eggs in Xinjiang is small and in the controllable range.

KEY WORDS: Xinjiang; chicken; egg; veterinary drug residues; risk assessment

0 引言

禽、蛋类食品中含有丰富的氨基酸、维生素以及矿物质等人体所需的营养元素^[1], 作为优质的营养来源之一^[2], 在人们日常的饮食结构中占很大的比例。在家禽现代化养殖的过程中, 兽药作为抑制微生物生长、繁殖以及杀灭微生物的一类化合物, 是目前我国畜牧业中应用最广泛、最常用的药物^[3], 其中以抗菌类药物(喹诺酮类、酰胺醇类、四环素类、硝基咪唑类等)为主^[4]。兽药可以用来预防和治疗动物疾病, 同时还可促进生长^[5]。随着国内养殖集约化程度的发展, 养殖密度显著提升, 兽药滥用的现象也日益严峻。过量兽药的使用不仅会对生态环境产生混合毒性^[6]还可通过食物链的富集最终传递给人类^[7-8], 人们长期食用兽药残留过高的畜禽食品会引起人体的多种急、慢性反应, 并可能诱发细胞突变导致致畸和致癌, 甚至诱导产生耐药菌株。这给身体带来极大隐患, 严重影响着公众的健康^[9]。近年来人们对于兽药残留越来越重视, 各地均有关于兽药膳食暴露风险评估, 而新疆地区鲜有报道, 同时禽蛋在 2020—2022 年期间合格率连续 3 年都是畜禽产品中最低的^[10-12]。

为了了解新疆地区市售鸡肉与鸡蛋中兽药残留现状以及其风险水平, 本研究对 2021—2023 年新疆 15 个地州市市售鸡肉与鸡蛋样本中 19 种兽药监测数据进行分析, 并结合人群膳食暴露参数, 采用点评估法对鸡肉与鸡蛋中兽药残留进行风险评估。评估结果对新疆地区合理使用兽药, 提升畜禽产品质量安全^[13]水平, 实现畜牧业高质量发展^[14-16]以及保障人民食品安全具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料

2021—2023 年分别在新疆维吾尔自治区 15 个地州市的商店、农贸市场、超市及网购渠道随机采购样本 270 份(鸡肉样品 135 份、鸡蛋样品 135 份), 其中阿克苏地区、阿勒泰地区、

喀什地区、和田地区、塔城地区、巴州、博州、克州、伊犁州、乌鲁木齐、昌吉、奎屯、哈密、吐鲁番、克拉玛依各 18 份。鸡肉和鸡蛋按照《国家食品污染物和有害因素风险监测工作手册》中的要求去壳均质后分装于聚丙烯管中, 密封冷冻保存。

1.2 试剂及仪器

甲酸、乙腈、甲醇(色谱纯, 美国赛默飞世尔科技公司); 氢氧化钠、乙二醇四乙酸二钠、磷酸氢二钠、柠檬酸、乙酸(分析纯, 上海国药化学试剂有限公司); 实验用水为超纯水($18.0\text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$); 本研究使用的标准物质有恩诺沙星、环丙沙星、氧氟沙星、培氟沙星、洛美沙星、诺氟沙星、土霉素、强力霉素、甲硝唑、迪美唑、奥硝唑、罗硝唑、替硝唑、地克珠利、托曲珠利、托曲珠利砒、尼卡巴嗪、氟苯尼考、氟苯尼考胺(质量浓度 $100\text{ }\mu\text{g/mL}$, 北京曼哈格生物科技有限公司), 均为有证标准物质。

Waters TQS-Micro 液相色谱串联三重四极杆质谱仪、Waters ACQUITY UPLC BEH C_{18} 柱($2.1\text{ mm}\times 100\text{ mm}$, $1.7\text{ }\mu\text{m}$) (美国 Waters 公司); Eppendorf Centrifuge 5810R 冷冻离心机(最大转速 14000 r/min , 温度范围 $-9\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 德国 Eppendorf 艾本德股份公司); The lab center-EDI45FV 超纯水机[泽拉布仪器科技(上海)有限公司]。

1.3 检测项目及检测方法

共检测 19 种抗生素, 喹诺酮类: 恩诺沙星、环丙沙星、氧氟沙星、培氟沙星、洛美沙星、诺氟沙星, 四环素类: 土霉素、强力霉素, 硝基咪唑类: 甲硝唑、迪美唑、奥硝唑、罗硝唑、替硝唑, 抗球虫类: 地克珠利、托曲珠利、托曲珠利砒、尼卡巴嗪, 以及氟苯尼考和氟苯尼考胺。检测方法参照《国家食品污染物和有害因素风险监测工作手册》中操作程序, 采用液相色谱-串联质谱法测定, 该方法具有分离效果好、选择性高、灵敏度高等优势, 在动物源性食品兽药残留检测领域具有较大应用潜力, 在检测中应用较为广泛^[16-17]。各项目检出限及定量限见表 1。

表 1 鸡肉与鸡蛋中各类兽药检出限及定量限(μg/kg)
Table 1 Limit of detection and limit of quantitation for
veterinary drugs in chicken and eggs (μg/kg)

监测项目	鸡蛋		鸡肉	
	检出限	定量限	检出限	定量限
氧氟沙星	0.30	1.00	0.30	1.00
恩诺沙星	0.30	1.00	0.30	1.00
洛美沙星	0.30	1.00	0.30	1.00
诺氟沙星	0.30	1.00	0.30	1.00
培氟沙星	0.30	1.00	0.30	1.00
环丙沙星	0.30	1.00	0.30	1.00
土霉素	0.30	1.00	0.30	1.00
强力霉素	0.30	1.00	0.30	1.00
甲硝唑	0.20	0.50	0.20	0.50
迪美唑	0.20	0.50	0.20	0.50
奥硝唑	0.20	0.50	0.20	0.50
罗硝唑	0.20	0.50	0.20	0.50
替硝唑	0.20	0.50	0.20	0.50
地克珠利	0.30	1.00	0.30	1.00
托曲珠利	1.00	3.00	1.00	3.00
托曲珠利酮	1.00	3.00	1.00	3.00
尼卡巴嗪	0.30	1.00	0.30	1.00
氟苯尼考	0.05	0.20	0.05	0.20
氟苯尼考胺	0.50	2.00	0.50	2.00

1.4 结果判定与依据

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》与 GB 31650—2019《食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量》规定的要求,样品中兽药残留量超过国家限值,即为超标样品。

1.5 食品安全风险评估方法

采用食品安全指数(index of food safety, IFS)法计算鸡肉与鸡蛋中兽药残留的实际摄入量,评估此种兽药对居民健康的危害程度,即慢性膳食摄入风险,计算公式(1)~(2)如下:

$$EDI_C = C_i \times X_i \times F \times E \tag{1}$$

$$IFS_C = \frac{EDI_C \times I}{ADI_C \times BW} \tag{2}$$

式中: EDI_C 为兽药 C 的每天实际摄入量估计值(estimated daily intake), ng; C_i 为鸡肉鸡蛋中兽药 C 的残留浓度, μg/kg, 本调查分别以药物 C 的平均检测值以及最大检测值估计; X_i 为食品消费量, g/d; F 为样本的可食用部分因子, 默认为 1; E 为样本的加工处理因子, 默认为 1; IFS_C 为食品安全指数; ADI_C 为兽药 C 的每日允许摄入量(allowable daily intake, ADI), μg/(kg · bw); I 为兽药 C 安全摄入量的校正因子, 取

1; BW 为人群平均体质量(body weight, BW), kg。采用 IFS 法描述兽药残留风险, 当 $IFS_C < 1$ 时, 表示兽药 C 对鸡肉与鸡蛋食用安全的影响很小; 当 $IFS_C = 1$ 时, 表示兽药 C 对鸡肉与鸡蛋食用安全的影响可以接受; 当 $IFS_C > 1$ 时, 表示兽药 C 对食品安全的影响不可接受。

1.6 数据处理

对于低于检出限数据的统计处理按照世界卫生组织(World Health Organization, WHO)全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划(global environmental monitoring system/Food, GEMS/Food)第二次会议上提出的“食品中低水平污染物可信评价推荐”这一方法处理^[18], 未检出数据的比例>60%时, 所有未检出数据用 0 或检出限替代; 未检出数据的比例≤60%时, 所有未检出数据用 1/2 检出限代替^[18-19]。兽药残留的定量描述以均数、 P_{50} (中位数)、 P_{95} 、 $P_{97.5}$ 进行描述, 项目间、年度间、地域间检出率通过卡方检验进行比较, $P < 0.05$ 为有统计学意义的差异。本研究未检出数据比例>80%, 用检出限替代。

2 结果与分析

2.1 2021—2023 年鸡肉与鸡蛋中兽药残留监测总体情况

监测结果显示(表 2), 2021—2023 新疆维吾尔自治区 15 地州市兽药残留 19 个监测项目总体样品检出率为 23.3% (63/270), 超标样品 17 份, 样品超标率为 6.3% (17/270), 相较于 2019—2020 年新疆样品兽药残留的检出率有所升高^[20], 这可能与检测项目增多有关(检测项目由 13 项增加至 19 项, 特别是新增的氟苯尼考这一项, 该兽药在样品中的检出率位居前列); 检出 9 种兽药, 分别是氧氟沙星、恩诺沙星、环丙沙星、土霉素、强力霉素、地克珠利、尼卡巴嗪、氟苯尼考、氟苯尼考胺, 超标样品中同时检出恩诺沙星及其代谢产物环丙沙星 1 份, 恩诺沙星和环丙沙星的检出值分别为 357.00 μg/kg 和 298.00 μg/kg, 检出氟苯尼考及其代谢产物氟苯尼考胺 1 份。2021—2022 年强力霉素的检出率及超标率在所有兽药中最高, 但自 2023 年 2 月 1 日起实施的 GB 31650.1—2022 中规定鸡蛋中强力霉素的限值由不得检出更改为 10 μg/kg 后, 2023 年强力霉素的超标率大大下降, 但仍需注意强力霉素的检出率过高现象。15 种兽药中残留情况较好的为硝基咪唑类药物, 在新疆地区中连续 3 年未检出。

2.2 鸡肉与鸡蛋中兽药残留监测情况比对

从 2021—2023 鸡肉和鸡蛋两个类别兽药残留 19 个监测情况(表 3)对比得出: 鸡肉中 4 个项目有检出, 鸡蛋中 8 个项目有检出。其中在鸡肉和鸡蛋中都有检出的是强力霉素、地克珠利、氟苯尼考。鸡肉中检出率最高的项目为氟苯

表 2 2021—2023 年新疆维吾尔自治区鸡肉和鸡蛋中兽药残留监测总体情况
Table 2 Overall monitoring situation of veterinary drug residues in chickens and eggs in Xinjiang Uygur Autonomous Region, 2021—2023

监测项目	样品数/份	检测值							残留限量/(μg/kg)
		检出范围 /(μg/kg)	检出率 /%	超标率 /%	平均值 /(μg/kg)	中位数 /(μg/kg)	P_{75} /(μg/kg)	$P_{97.5}$ /(μg/kg)	
氧氟沙星	225	3.00~586.00	0.44	0.44	5.60	3.00	3.00	3.00	2
恩诺沙星	225	3.00~357.00	0.44	0.44	4.60	3.00	3.00	3.00	鸡蛋: 恩诺沙星和环丙沙星之和 10; 鸡肉: 恩诺沙星和环丙沙星之和 100
洛美沙星	225	3.00	0	0	3.00	3.00	3.00	3.00	2
诺氟沙星	225	3.00	0	0	3.00	3.00	3.00	3.00	2
培氟沙星	225	3.00	0	0	3.00	3.00	3.00	3.00	2
环丙沙星	225	3.00~298.00	0.44	0.44	4.30	3.00	3.00	3.00	见恩诺沙星
土霉素	225	0.30~64.70	1.78	0	0.80	0.30	0.30	0.30	鸡蛋: 400 鸡肉: 200
强力霉素	225	0.30~46.00	13.33	2.22	0.80	0.30	0.30	5.30	鸡蛋: 10 鸡肉: 100
甲硝唑	225	0.20	0	0	0.20	0.20	0.20	0.20	不得检出
迪美唑	90	0.20	0	0	0.20	0.20	0.20	0.20	不得检出
奥硝唑	90	0.20	0	0	0.20	0.20	0.20	0.20	不得检出
罗硝唑	90	0.20	0	0	0.20	0.20	0.20	0.20	不得检出
替硝唑	90	0.20	0	0	0.20	0.20	0.20	0.20	不得检出
地克珠利	180	0.30~108.40	4.44	1.11	0.80	0.30	0.30	8.30	鸡蛋: 10 鸡肉: 500
托曲珠利	180	1.00	0	0	1.00	1.00	1.00	1.00	鸡蛋: 10 鸡肉: 100
托曲珠利磺	180	1.00	0	0	1.00	1.00	1.00	1.00	见托曲珠利
尼卡巴嗪	180	0.30~237.00	0.56	0.56	1.60	0.30	0.30	0.30	鸡蛋: 0; 鸡肉: 200
氟苯尼考	225	0.05~20.70	11.11	3.11	0.20	0.05	0.05	1.40	鸡蛋: 氟苯尼考和氟苯尼考胺之和 10; 鸡肉: 氟苯尼考和氟苯尼考胺之和 100
氟苯尼考胺	225	0.50~10.10	0.44	0.44	0.50	0.50	0.50	0.50	见氟苯尼考

表 3 2021—2023 年新疆维吾尔自治区鸡肉和鸡蛋兽药残留监测情况
Table 3 Monitoring situation of veterinary drug residues in chickens and egg in Xinjiang Uygur Autonomous Region, 2021—2023

监测项目	鸡肉					鸡蛋					统计量	
	样品数 /份	检出数 /份	检出率 /%	超标数 /份	超标率 /%	样品数 /份	检出数 /份	检出率 /%	超标数 /份	超标率 /%	χ^2	P
氧氟沙星	90	0	0	0	0	135	1	0.74	1	0.74	0.670	0.413
恩诺沙星	90	0	0	0	0	135	1	0.74	1	0.74	0.670	0.413
洛美沙星	90	0	0	0	0	135	0	0	0	0	—	—
诺氟沙星	90	0	0	0	0	135	0	0	0	0	—	—
培氟沙星	90	0	0	0	0	135	0	0	0	0	—	—
环丙沙星	90	0	0	0	0	135	1	0.74	1	0.74	0.670	0.413
土霉素	90	0	0	0	0	135	4	2.96	0	0	2.715	0.099
强力霉素	90	13	14.40	0	0	135	17	12.60	5	3.70	0.160	0.689

表 3(续)

监测项目	鸡肉					鸡蛋					统计量	
	样品数 /份	检出数 /份	检出率 /%	超标数 /份	超标率 /%	样品数 /份	检出数 /份	检出率 /%	超标数 /份	超标率 /%	χ^2	P
甲硝唑	90	0	0	0	0	135	0	0	0	0	—	—
迪美唑	45	0	0	0	0	45	0	0	0	0	—	—
奥硝唑	45	0	0	0	0	45	0	0	0	0	—	—
罗硝唑	45	0	0	0	0	45	0	0	0	0	—	—
替硝唑	45	0	0	0	0	45	0	0	0	0	—	—
地克珠利	90	4	4.44	0	0	90	4	4.44	2	2.22	0	1.00
托曲珠利	90	0	0	0	0	90	0	0	0	0	—	—
托曲珠利砒	90	0	0	0	0	90	0	0	0	0	—	—
尼卡巴嗪	90	1	1.11	1	1.11	90	0	0	0	0	1.006	0.316
氟苯尼考	90	17	18.90	0	0	135	8	5.93	7	5.19	9.188	0.002
氟苯尼考胺	90	0	0	0	0	135	1	0.74	1	0.74	0.670	0.413

注: —为未有相关数据。

尼考 18.90% (17/90), 鸡肉和鸡蛋检出率都较高的项目是强力霉素, 说明这两种兽药在养殖过程中的使用较普遍。19 种兽药残留监测的数据结果显示, 鸡肉样品超标情况好于鸡蛋样品。经卡方检验, 氟苯尼考项目在鸡肉和鸡蛋中的检出率差异有统计学意义($\chi^2=9.188, P=0.002$)。

2.3 不同地区中兽药残监测情况

将监测的 15 个地区分为北疆地区(阿勒泰、博州、昌吉、克拉玛依、奎屯、塔城、乌鲁木齐、伊犁)、南疆地区(阿克苏、巴州、和田、喀什、克州)以及东疆地区(哈密、吐鲁番)进行分析, 其中北疆和南疆地区的鸡蛋、鸡肉中兽药残留检出率分别为 24.3%和 24.4%较为接近, 东疆地区的检出率为 16.7%相较前两者稍低。同时, 北疆和南疆地区的超标率也很接近, 分别为 6.94%和 6.67%, 而东疆地区则较低, 为 2.78%。经卡方检验兽药残留的检出率无统计学意义 ($\chi^2=1.033, P=0.879$), 超标率无统计学意义 ($\chi^2=0.597, P=0.644$)。见表 4。

2.4 鸡肉与鸡蛋中兽药残留的膳食暴露量及风险评估

根据《中国人群暴露参数手册》(成人卷), 新疆地区城乡居民鸡肉平均消费量为 9.0 g/d, 鸡蛋平均消费量为 23.7 g/d, 城乡居民平均体重为 63.4 kg^[21], 兽药残留量取均

值、最大值、 P_{95} 及 $P_{97.5}$ 。结果显示(表 5)鸡肉的食品安全指数 $IFS_{C \text{ 均值}}$ 和 $IFS_{C \text{ 最大值}}$ 均远小于 1, 提示新疆地区鸡肉中兽药残留的食品安全风险较小。鸡蛋中兽药残留食品安全指数(表 6) $IFS_{C \text{ 均值}}$ 也全部小于 1, 但氧氟沙星、恩诺沙星、环丙沙星、地克珠利、氟苯尼考胺的 $IFS_{C \text{ 最大值}}$ 远大于 1, 表示鸡蛋中这些兽药残留仍存在较高的健康风险, 有关部门需加强对这些兽药使用的监管力度。此外鸡肉和鸡蛋中 IFS_{CP95} 和 $IFS_{CP97.5}$ 均远小于 1, 这也提示新疆地区这 19 种兽药残留的人群高暴露风险较低。由于硝基咪唑类药物在 GB 31650—2019《食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量》中没有设定值 ADI_C , 故未对其进行安全风险评估。

表 4 2021—2023 年新疆维吾尔自治区北疆、南疆、东疆地区兽药残留监测情况

Table 4 Veterinary drug residue monitoring in North, South and East Xinjiang Uygur Autonomous Region, 2021—2023					
采样地区	样品数 /份	检出数 /份	检出率 /%	超标数 /份	超标率 /%
北疆地区	144	35	24.3	10	6.94
南疆地区	90	22	24.4	6	6.67
东疆地区	36	6	16.7	1	2.78
χ^2				1.033	0.597
P				0.879	0.644

表 5 2021—2023 年新疆维吾尔自治区鸡肉中兽药残留暴露水平及 IFS
Table 5 Exposure levels and IFS of veterinary drug residues in chicken meats in Xinjiang Uygur Autonomous Region, 2021—2023

监测项目	ADI_C /[$\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{bw})$]	$EDI_C \text{ 均值}$ /[$\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$]	$IFS_{C \text{ 均值}}$	$EDI_C \text{ 最大值}$ /[$\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$]	$IFS_{C \text{ 最大值}}$	EDI_{CP95} /[$\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$]	IFS_{CP95}	$EDI_{CP97.5}$ /[$\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$]	$IFS_{CP97.5}$
氧氟沙星	0~5	27.00	0.08517	27.00	0.08517	27.00	0.08517	27.00	0.08517
恩诺沙星	0~6.2	27.00	0.06869	27.00	0.06869	27.00	0.06869	27.00	0.06869
洛美沙星	0~25	27.00	0.01703	27.00	0.01703	27.00	0.01703	27.00	0.01703

表 5(续)

监测项目	ADI _C /[μg/(kg·bw)]	EDI _C 均值 /[μg/(kg·bw·d)]	IFS _C 均值	EDI _C 最大值 /[μg/(kg·bw·d)]	IFS _C 最大值	EDI _{CP95} /[μg/(kg·bw·d)]	IFS _{CP95}	EDI _{CP97.5} /[μg/(kg·bw·d)]	IFS _{CP97.5}
诺氟沙星	0~14	27.00	0.03042	27.00	0.03042	27.00	0.03042	27.00	0.03042
培氟沙星	—	27.00	—	27.00	—	27.00	—	27.00	—
环丙沙星	0~6.2	27.00	0.06869	27.00	0.06869	27.00	0.06869	27.00	0.06869
土霉素	0~30	2.70	0.00142	2.70	0.00142	2.70	0.00142	2.70	0.00142
强力霉素	0~3	5.40	0.02839	68.85	0.36199	27.99	0.14716	32.85	0.17271
甲硝唑	—	1.80	—	1.80	—	1.80	—	1.80	—
迪美唑	—	1.80	—	1.80	—	1.80	—	1.80	—
奥硝唑	—	1.80	—	1.80	—	1.80	—	1.80	—
罗硝唑	—	1.80	—	1.80	—	1.80	—	1.80	—
替硝唑	—	1.80	—	1.80	—	1.80	—	1.80	—
地克珠利	0~30	11.70	0.00615	166.50	0.08754	2.70	0.00142	74.70	0.03927
托曲珠利	0~2	9.00	0.07098	9.00	0.07098	9.00	0.07098	9.00	0.07098
托曲珠利砒	0~2	9.00	0.07098	9.00	0.07098	9.00	0.07098	9.00	0.07098
尼卡巴嗪	0~400	26.10	0.00103	2133.00	0.08411	2.70	0.00011	2.70	0.00011
氟苯尼考	0~3	3.60	0.01893	186.30	0.97950	12.78	0.06719	15.03	0.07902
氟苯尼考胺	0~3	4.50	0.02366	4.50	0.02366	4.50	0.02366	4.50	0.02366

注：—为未有此项内容，下同。

表 6 2021—2023 年新疆维吾尔自治区鸡蛋中兽药残留暴露水平及 IFS
Table 6 Exposure levels and IFS of veterinary drug residues in eggs in Xinjiang Uygur Autonomous Region, 2021—2023

监测项目	ADI _C /[μg/(kg·bw)]	EDI _C 均值 /[μg/(kg·bw·d)]	IFS _C 均值	EDI _C 最大值 /[μg/(kg·bw·d)]	IFS _C 最大值	EDI _{CP95} /[μg/(kg·bw·d)]	IFS _{CP95}	EDI _{CP97.5} /[μg/(kg·bw·d)]	IFS _{CP97.5}
氧氟沙星	0~5	173.01	0.54577	13888.20	43.81136	71.10	0.22429	71.10	0.22429
恩诺沙星	0~6.2	132.72	0.33764	8460.90	21.52463	71.10	0.18088	71.10	0.18088
洛美沙星	0~25	71.10	0.04486	71.10	0.04486	71.10	0.04486	71.10	0.04486
诺氟沙星	0~14	71.10	0.08010	71.10	0.08010	71.10	0.08010	71.10	0.08010
培氟沙星	—	71.10	—	71.10	—	71.10	—	71.10	—
环丙沙星	0~6.2	123.24	0.31352	7062.60	17.96733	71.10	0.18088	71.10	0.18088
土霉素	0~30	26.07	0.01371	1533.39	0.80620	7.11	0.00374	71.10	0.03738
强力霉素	0~3	21.33	0.11215	1090.20	5.73186	68.73	0.36136	125.61	0.66041
甲硝唑	—	4.74	—	4.74	—	4.74	—	4.74	—
迪美唑	—	4.74	—	4.74	—	4.74	—	4.74	—
奥硝唑	—	4.74	—	4.74	—	4.74	—	4.74	—
罗硝唑	—	4.74	—	4.74	—	4.74	—	4.74	—
替硝唑	—	4.74	—	4.74	—	4.74	—	4.74	—
地克珠利	0~30	52.14	0.02741	2569.08	1.35073	7.11	0.00374	56.88	0.02991
托曲珠利	0~2	23.70	0.18691	23.70	0.18691	23.70	0.18691	23.70	0.18691
托曲珠利砒	0~2	23.70	0.18691	23.70	0.18691	23.70	0.18691	23.70	0.18691
尼卡巴嗪	0~400	7.11	0.00028	7.11	0.00028	7.11	0.00028	7.11	0.00028
氟苯尼考	0~3	2.37	0.01246	55.70	0.29282	7.11	0.03738	14.93	0.07850
氟苯尼考胺	0~3	14.22	0.07476	239.37	1.25852	11.85	0.06230	11.85	0.06230

3 讨论与结论

本研究从 4 个方面对新疆在 2021—2023 年期间市售鸡蛋和鸡肉的兽药残留情况进行了分析。在 19 种监测项目中共有 9 种兽药被检测出来, 检出率排在前 3 位的分别是强力霉素(13.33%)、氟苯尼考(11.11%)和地克珠利(4.44%), 其中强力霉素的检出率在湖北省^[22]、宁夏市^[23]、河南省^[24]、天津市^[7]、重庆市^[25]、杭州^[26]均位居前列, 说明强力霉素是一种在禽类养殖中广泛使用的抗生素, 其杀菌效果好不良反应相对较少^[27]。同时在对氟苯尼考与强力霉素的检测数据进行比较时发现其检出率较为接近, 有研究表明这两种抗生素同时使用有增强抗菌能力的效果^[28], 养殖户可能在养殖过程中存在联合用药的情况, 但是联合使用的副作用是两种药物在生物体内的代谢减慢且休药期延长^[29], 从而导致残留时间更久, 这可能也是其更容易被检出的原因。地克珠利作为一种抗球虫药在新疆鸡球虫感染率高居不下^[30]的情况下也被大范围使用, 它的检出也符合实际, 新疆地区抗球虫的检出情况与其他省份基本一致^[31]。

对于监测项目中的硝基咪唑类禁用兽药在 2021—2023 年期间均未检出, 同为禁用兽药的洛美沙星、培氟沙星、氧氟沙星、诺氟沙星除 1 份鸡蛋样品中检出氧氟沙星外其余 3 项也均未检出。但对于产蛋期禁用的兽药恩诺沙星、强力霉素、地克珠利、托曲珠利、氟苯尼考除托曲珠利外均有检出和超标, 特别是 2022 年 1 份鸡蛋样品中检出地克珠利 108.4 $\mu\text{g/kg}$, 远超过 GB 31650—2019 规定产蛋期禁用的规定。虽然刚发布的 GB 31650.1—2022 新增了产蛋期禁用兽药在蛋中的最大残留限量值, 但其并不表示这些兽药在产蛋期间可以使用。监测数据显示新疆各地州鸡肉与鸡蛋中兽药残留检出率差异无统计学意义, 这说明新疆地区各地州市鸡肉与鸡蛋样品中兽药残留现象并不因地区不同而有所差异。

本研究对膳食暴露量及风险评估发现, 新疆地区的鸡肉的 IFS_C 的均值和最大值均远小于 1, 表明经膳食途径摄入鸡肉的兽药残留对人体健康的危害较小, 本地区监管部门要继续维持在禽类养殖中兽药使用的监管力度。鸡蛋的 IFS_C 的均值也小于 1, 说明居民日常食用鸡蛋的兽药残留风险也较小, 仅有极个别样本中兽药残留的 IFS_C 较高, 但对整体影响不大, 综上所述新疆地区鸡肉和鸡蛋兽药残留的食品安全处在风险可控范围。

参考文献

[1] 张江, LESNIEWSKI G, STANGIERSKI J. 鸡蛋改善人类健康的研究和技术新进展(综述)[J]. 国外畜牧学(猪与禽), 2018, 38(8): 62–65.
ZHANG J, LESNIEWSKI G, STANGIERSKI J. New advances in research and technology of eggs to improve human health (review) [J]. Foreign Animal Husbandry (Swine and Poultry), 2018, 38(8): 62–65.

[2] 陈萱萱. 市售土鸡蛋、普通鸡蛋和可生食鸡蛋营养价值和安全性研究[J]. 食品安全导刊, 2024(33): 54–57.
CHEN XX. Nutritional value and safety of commercially available local eggs, common eggs and raw eggs [J]. China Food Safety Magazine, 2024(33): 54–57.
[3] 李文凤, 金俊杰, 张辉, 等. 中小型鸡场抗生素残留的调查与分析[J]. 浙江畜牧兽医, 2023, 48(3): 18–20, 28.
LI WF, JIN JJ, ZHANG H, et al. Investigation and analysis of antibiotic residues in small and medium-sized chicken farms [J]. Zhejiang Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2023, 48(3): 18–20, 28.
[4] 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 Medicine, 2024, 58(12): 27–31.
[5] CARVALHO IT, SANTOS L. Antibiotics in the aquatic environments: A review of the European scenario [J]. Environment International, 2016, 94: 736–757.
[6] 侯力睿, 傅榆涵, 赵冲, 等. 兽药抗生素对生态环境的混合毒性研究进展[J]. 环境化学, 2021, 40(1): 55–64.
HOU LR, FU YH, ZHAO C, et al. Progress in the study of mixed toxicity of veterinary antibiotics to the ecosystem [J]. Environmental Chemistry, 2021, 40(1): 55–64.
[7] 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.
[8] WAGIL M, KUMIRSKA J, STOLTE S, et al. Development of sensitive and reliable LC-MS/MS methods for the determination of three fluoroquinolones in water and fish tissue samples and preliminary environmental risk assessment of their presence in two rivers in Northern Poland [J]. Science of the Total Environment, 2014, 493: 1006–1013.
[9] 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, 378.
WEI JJ, LU C, ZHANG ZY, et al. Monitoring and dietary exposure assessment of tetracycline antibiotic residues in chicken meat in Henan Province, 2016—2020 [J]. Chinese Journal of Health Inspection, 2022, 32(3): 371–374, 378.
[10] 许燕平, 包祥嘉, 王菁. 鸡蛋中常用兽药残留的现状、检测方法及防控措施[J]. 食品安全导刊, 2024(19): 9–12.
XU YP, BAO XJ, WANG J. Current status, detection methods and preventive and control measures of commonly used veterinary drug residues in eggs [J]. China Food Safety Magazine, 2024(19): 9–12.
[11] 施春风. 构建农产品质量安全社会共治体系[J]. 农村工作通讯, 2023(3): 26–28.
SHI CF. Building a social co governance system for agro-products quality and safety [J]. NongCun GongZuo TongXun, 2023, 839(3): 26–28.
[12] 孔亮. 新时期名特优农产品高质量发展路径研究[J]. 农产品质量与

- 安全, 2023(3): 5–7, 14.
- KONG L. Path research on the high-quality development of famous, special, high-quality and new agro-products in the new period [J]. *Quality and Safety of Agro-products*, 2023(3): 5–7, 14.
- [13] 黄玉萍, 张锋, 谢璇, 等. 全国名特优新农产品发展成效与路径探讨[J]. *农产品质量与安全*, 2021(3): 14–17.
- HUANG YP, ZHANG F, XIE X, *et al.* Discussion on the development effectiveness and path of national famous, specialty and new agricultural products [J]. *Quality and Safety of Agricultural Products*, 2021(3): 14–17.
- [14] 金发忠. 加强农业品牌培育保护推进农业高质高效发展[J]. *中国食品*, 2021(16): 26–29.
- JIN FZ. Strengthen the cultivation and protection of agricultural brands [J]. *China Food*, 2021(16): 26–29.
- [15] 陈秀英, 吴桐, 潘艳慧, 等. 基于高效液相色谱-串联质谱检测食品中兽残研究进展[J]. *食品工业*, 2024, 45(11): 305–307.
- CHEN XY, WU T, PAN YH, *et al.* Progress in the determination of veterinary residues in food based on high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *The Food Industry*, 2024, 45(11): 305–307.
- [16] 李改弟, 毛丽萍, 左凤. 动物源食品中兽药残留检测技术现状[J]. *现代食品*, 2022, 28(22): 54–56.
- LI GD, MAO LP, ZUO F. Current status of veterinary drug residue detection technology in foods of animal origin [J]. *Modern Food*, 2022, 28(22): 54–56.
- [17] 吴梅, 陈祝军, 陈蓉, 等. 活性炭净化-离子色谱法测定茶水及茶饮料中氟含量及其健康风险评估[J]. *食品安全质量检测学报*, 2025, 16(1): 44–52.
- WU M, CHEN ZJ, CHEN R, *et al.* Determination of fluoride content in tea and tea beverage by activated carbon purification-ion chromatography and its health risk assessment [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2025, 16(1): 44–52.
- [18] 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.* Discussion on common problems of statistical processing of food safety risk monitoring data [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2013, 25(6): 575–578.
- [19] 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(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*, 2002(4): 63–64.
- [20] 于帅, 周旭东, 王珊, 等. 2019—2020年新疆七地州市鸡肉和鸡蛋兽药残留监测分析[J]. *公共卫生与预防医学*, 2023, 34(6): 144–147.
- YU S, ZHOU XD, WANG S, *et al.* Monitoring and analysis of veterinary drug residues in chicken and eggs in seven Xinjiang cities and municipalities in 2019—2020 [J]. *Public Health and Preventive Medicine*, 2023, 34(6): 144–147.
- [21] 段小丽. 中国人群暴露参数手册[M]. 北京: 中国环境出版社, 2013.
- DUAN XL. Handbook of exposure parameters for Chinese populations [M]. Beijing: China Environment Press, 2013.
- [22] 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.
- [23] 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, 508.
- LIU F, MA MY, LI L, *et al.* Residues of 23 veterinary drugs and health risk assessment in commercially available chicken and eggs in Ningxia from 2016 to 2020 [J]. *Health Research*, 2022, 51(3): 497–500, 508.
- [24] 张利锋, 翟志雷, 杨丽, 等. 2020年河南省动物性食品中四环素类抗生素残留水平调查[J]. *江苏预防医学*, 2021, 32(6): 730–731.
- ZHANG LF, ZHAI ZL, YANG L, *et al.* Investigation of tetracycline antibiotic residue levels in animal food in Henan Province in 2020 [J]. *Jiangsu Preventive Medicine*, 2021, 32(6): 730–731.
- [25] 张学健, 李世荣, 刘继洋, 等. 重庆市部分区县鸡肉和鸡蛋兽药残留监测分析及膳食暴露风险评估[J]. *食品安全导刊*, 2024(3): 39–42.
- ZHANG XJ, LI SR, LIU JY, *et al.* Monitoring and analysis of veterinary drug residues in chicken and egg in Chongqing and risk assessment of dietary exposure [J]. *Food Safety Journal*, 2024(3): 39–42.
- [26] 王妹婷, 黄希汇, 刘少颖, 等. 市售鸡肉与鸡蛋中四环素类抗生素残留调查与膳食暴露风险评估[J]. *中国食品卫生杂志*, 2023, 35(7): 1063–1066.
- WANG ST, HUANG XH, LIU SY, *et al.* Investigation of tetracycline antibiotic residues in commercially available chicken and eggs and risk assessment of dietary exposure [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2023, 35(7): 1063–1066.
- [27] 杜永庆. 氟苯尼考与多西环素合用对鸡大肠杆菌的抑菌试验[J]. *农民致富之友*, 2015(20): 167–168.
- DU YQ. Bacteriostatic test of florfenicol combined with doxycycline against *Escherichia coli* in chickens [J]. *Farmer's Friend of Wealth*, 2015(20): 167–168.
- [28] 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外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.
- [29] 王开胜, 刘继荣. 新疆北疆部分地区鸡球虫病病原调查及分类鉴定[J]. *新疆农业科学*, 2016, 53(5): 955–960.
- WANG KS, LIU JR. Investigation of chicken coccidiosis pathogens and classification and identification in some areas of Northern Xinjiang [J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2016, 53(5): 955–960.
- [30] 杜凤龄, 钟蛟, 秦光河, 等. 云南省鸡肉、鸡蛋中4种抗球虫药物残留量风险评估[J]. *职业与健康*, 2024, 40(2): 200–204.
- DU FL, ZHONG J, QIN GH, *et al.* Risk assessment of four anticoccidial drug residues in chicken meat and eggs in Yunnan Province [J]. *Occupation and Health*, 2024, 40(2): 200–204.
- [31] 陈苏蒙, 薛毅, 赵程祥, 等. 恩诺沙星和环丙沙星在肉鸡体内残留与代谢研究进展[J]. *中国兽药杂志*, 2022, 56(3): 72–79.
- CHEN SM, XUE Y, ZHAO CX, *et al.* Progress of residue and metabolism of enrofloxacin and ciprofloxacin in broiler chickens [J]. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 2022, 56(3): 72–79.

(责任编辑: 韩晓红 安香玉)