DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260211002
引用格式: 魏玉霞, 左郡, 李亚, 等. 2024 年北京市市售动物源性预制菜中兽药残留状况分析及膳食暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(15): 295–301.
Wei Yuxia, Zuo Jun, Li Ya, et al. Analysis of veterinary drug residues and dietary exposure risk assessment of commercial animal-derived prepared dishes in Beijing in 2024 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(15): 295–301. (in Chinese with English abstract).

2024 年北京市市售动物源性预制菜中兽药残留状况分析及膳食暴露风险评估

魏玉霞, 左 郡, 李 亚, 张子彤, 雷 凯, 王 芳, 王建国, 邹 林, 赵凤玲*
(北京市通州区疾病预防控制中心, 北京 101100)

摘 要: 目的 分析 2024 年北京市 7 个区市售动物源性预制菜中的 7 种抗生素兽药残留状况, 并对兽药残留通过动物源性预制菜膳食暴露的风险进行评估。**方法** 在北京市 7 个区采集 160 份市售动物源性预制菜样品, 检测 7 种抗生素兽药残留量, 计算平均值、最大值、P_{50} 和 P_{75} 和 $P_{97.5}$。结合《中国居民膳食指南》(2022 版)中不同年龄段动物性食物推荐摄入量和北京市居民动物性食物的消费量, 利用点评估方法进行膳食暴露风险评估。**结果** 洛美沙星和诺氟沙星未检出, 恩诺沙星、环丙沙星、氧氟沙星、培氟沙星和强力霉素有不同程度的检出, 检出率分别为 18.8%、5.6%、3.2%、0.6%和 31.2%。不同年龄段人群经动物源性预制菜食品摄入恩诺沙星+环丙沙星、强力霉素和氧氟沙星的膳食暴露量为 0.0007~0.3312 μg/(kg·BW), 以平均值和最大值计算得到的风险商在 0.0001~0.0534 之间, 危害指数在 0.0017~0.0051 之间。**结论** 北京市不同年龄段人群经动物源性预制菜食品摄入 7 种抗生素类兽药的风险较低。

关键词: 动物源性预制菜; 抗生素兽药残留; 膳食暴露风险评估
中图分类号: TS206.1 **文献识别码:** A **文章编号:** 2095–0381(2026)15–0295–07

Analysis of veterinary drug residues and dietary exposure risk assessment of commercial animal-derived prepared dishes in Beijing in 2024

WEI Yu-Xia, ZUO Jun, LI Ya, ZHANG Zi-Tong, LEI Kai, WANG Fang, WANG Jian-Guo, Zou Lin, ZHAO Feng-Ling*
(*Beijing Tongzhou District Center for Disease Prevention and Control*, *Beijing* 101100, *China*)

ABSTRACT: Objective To analyze the residual status of 7 kinds of antibiotic veterinary drugs in commercially available animal-derived prepared dishes collected from 7 districts of Beijing in 2024, and assess the dietary exposure risks induced by veterinary drug residues via consumption of animal-derived prepared dishes. **Methods** A total of 160 samples of commercially available animal-derived prepared dishes were collected from 7 districts in Beijing, and the

收稿日期: 2026-02-11
基金项目: 通州区高层次人才发展计划项目(YHLD2019004)
第一作者: 魏玉霞(1979—), 女, 博士, 副主任技师, 主要研究方向为理化检验。E-mail: wyx1130@163.com
***通信作者:** 赵凤玲(1981—), 女, 硕士, 副主任技师, 主要研究方向为卫生检验。E-mail: fenglingzhao@126.com

residual concentrations of 7 kinds of antibiotic veterinary drugs were determined. The mean values, maximum values, P_{50}, P_{75} and $P_{97.5}$ were calculated. Combined with the recommended intakes of livestock, poultry and aquatic products for different age groups specified in the *Dietary guidelines for Chinese residents* (2022) and the consumption data of livestock, poultry and aquatic products among Beijing residents, the point estimation method was adopted to conduct dietary exposure risk assessment. **Results** Lomefloxacin and norfloxacin were not detected. Enrofloxacin, ciprofloxacin, ofloxacin, pefloxacin and doxycycline were detected at varying levels, with detection rates of 18.8%, 5.6%, 3.2%, 0.6% and 31.2%, respectively. The dietary exposure levels of enrofloxacin+ciprofloxacin, doxycycline and ofloxacin via animal-derived prepared dishes for populations of different age groups ranged from 0.0007 to 0.3312 μg/(kg • BW). The risk quotients calculated based on mean and maximum residues were between 0.0001 and 0.0534, and the hazard indices ranged from 0.0017 to 0.0051. **Conclusion** The health risks from intake of the 7 kinds of antibiotic veterinary drugs through animal-derived prepared dishes are low for populations of different age groups in Beijing.

KEY WORDS: animal-derived prepared dishes; antibiotic veterinary drugs residues; dietary exposure risk assessment

0 引 言

预制菜具有方便、快捷、品种多样等特点，得到越来越多消费者的认可。近年来预制菜行业快速发展，据统计2023年中国预制菜市场规模为5165亿元，同比增长23.1%，预计2026年市场规模超万亿元[1]。虽然预制菜行业展现出巨大的产业前景，但该行业仍处于初步发展阶段，存在着标准不完善，标准化程度低，在生产、流通、消费等环节均存在食品安全隐患等问题[2−4]，预制菜中的食品安全问题及相关检测技术也引起了广泛的关注[5−9]。

喹诺酮类和四环素类兽药价格低廉并具有较好的抗菌作用，在养殖业被广泛用于预防、治疗畜禽、水产的疾病和促进生长，在禽肉、禽蛋、牛羊肉、奶制品等动物源性食品中常有检出[10−13]。预制菜中的兽药残留主要来源于食材，此外，生产、加工、包装以及运输过程中都有可能受到污染[11−14]。

目前对兽药残留的污染状况和膳食暴露研究的报道都集中在动物源性食品[15−18]，鲜少有关于预制菜中兽药残留状况和膳食暴露风险的相关研究。鉴于此，本研究采集了北京市7个区的市售动物源性预制菜样品，按照2024年国家食品安全评估中心下发的“预制菜中抗生素残留量测定标准操作程序”，采用超高效液相色谱-串联质谱法(ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, UPLC-MS/MS)检测兽药残留量，并进行膳食暴露风险评估，为畜禽肉类预制菜食品安全和行业健康发展提供数据参考和支持。

1 材料与方法

1.1 样品来源和类型

在北京市东城区、西城区、丰台区、石景山区、海淀区、朝阳区、大兴区等7个区通过商店分别采集25、22、11、16、17、27、8份，通过网店采集34份，共160份动物源性预制菜，其中畜禽类预制菜127件，水产类27件，蛋类6件。

1.2 仪器与试剂

Waters Acquity UPLC-TQS 液相色谱-质谱联用仪、Waters ACQUITY BEH C_{18} 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm)(美国 Waters 公司); IKA MS3 漩涡混合器(德国 IKA 公司); 3-18K 离心机(德国 Sigma 公司); AFS 80E Milli-Q 超纯水仪(美国 Millipore 公司); UW4200H 电子天平(感量 0.001 g，日本 SHIMADZU 公司); DTC-27J 超声仪(湖北鼎泰生化科技设备制造有限公司)。

乙腈、甲醇、甲酸(色谱纯，美国 Thermo Fisher Scientific 公司); 甲酸(色谱纯)、甲醇中强力霉素标准溶液(质量浓度 1000 mg/L)(上海安谱实验科技有限公司); 固相萃取柱 HLB-P (200 mg/6 mL)、0.22 μm 滤膜(北京纳鸥科技有限公司); 甲醇中氧氟沙星标准溶液、甲醇中恩诺沙星标准溶液、甲醇中培氟沙星标准溶液、甲醇中环丙沙星标准溶液、甲醇中诺氟沙星标准溶液、甲醇中恩诺沙星 D5 标准溶液、甲醇中诺氟沙星 D5 标准溶液、甲醇中洛美沙星-D5 盐酸盐标准溶液(质量浓度 100 μg/mL, 天津阿尔塔科技有限公司); 甲醇/DMSO/甲酸(76:20:4, *V*:*V*:*V*)中环丙沙星-D8 标准溶液(质量浓度 1001.9 μg/mL)(北京曼哈格生物科技有限公司); 甲醇中洛美沙星标准溶液、甲醇中培氟沙星-D5 标准溶液、甲醇中氧氟沙星-D3 标准溶液(质量浓度 100 μg/mL)(北京坛墨质检科技有限公司); 强力霉素-D3 (1 mg, 纯度>95%, 美国 Panphy 公司)。

1.3 样品测定

将预制菜样品去掉外包装，按照食用习惯取可食部分，将肉、菜、酱料等全部倒入匀浆机中，充分粉碎并搅

拌均匀, 装入洁净容器中, 密封并做好标记, 于–18 ℃冰箱中保存备用。

准确称取样品 2.5 g(精确至 0.001 g)于 50 mL 离心管中, 准确加入 125 μL 200 ng/mL 混合内标使用液, 加入 10 mL 84%乙腈水溶液, 混匀, 超声 15 min, 4 ℃ 10000 r/min 离心 10 min, 取上清液待净化。

固相萃取柱用 5 mL 84%乙腈水溶液活化并抽干。取上清液 5 mL, 以 1~2 mL/min 的流速通过固相萃取柱, 收集全部流出液。准确吸取 4 mL 于 40 ℃氮吹至近干后, 用 10%甲醇水溶液定容至 1 mL, 4 ℃ 15000 r/min 离心 5 min, 上清液过膜后进行 UPLC-MS/MS 测定。

1.4　膳食暴露风险评估

在进行风险评估时对检测结果为未检出的样品, 按照世界卫生组织全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划第二次会议, 关于“食品中低水平污染物可信评价”中对未检出数据的处理原则: 未检出数据的比例大于 60%时, 所有未检出数据用 0 或检出限替代; 未检出数据的比例小于 60%时, 所有未检出数据用 1/2 检出限替代[19–20]

采用点评估模型及风险商(hazard quotient HQ)进行膳食暴露风险评估[21–23], 根据公式(1)计算每日摄入估计量(estimated daily intake, EDI), 公式(2)计算 HQ。HQ 指通过膳食摄入兽药残留的安全风险的大小, 即表示为通过食用预制菜摄入兽药残留的每日摄入估计量 EDI 与每日最大耐受摄入量(acceptable daily intake, ADI)之比。HQ<1, 无风险; HQ>1, 有风险, 且 HQ 数值与风险成正比。采用危害指数(hazard index, HI)评估多种兽药残留共同作用的累积暴露风险, 通过公式(3)计算。当 HI<1 时, 认为累积暴露风险可被接受; 当 HI≥1 时, 累积暴露可能对健康造成危害。

$$\mathrm{EDI}=\frac{C\times K}{\mathrm{BW}\times 1000} \tag{1}$$

式中: EDI 为每日摄入估计量, μg/(kg • BW), C 为样品中单个兽药的平均含量, μg/kg, K 为人均消费量, g/d; BW 为身体质量, kg。其中, K 采用《中国居民膳食指南(2022 版)》中不同年龄段动物性食物的推荐摄入量[24]。BW 为体重, 结合国家体育总局 2022 年发布的《第五次国民体质监测公报》和总膳食研究中不同年龄段的体重数据[25–26]。

$$\mathrm{HQ}=\frac{\mathrm{EDI}}{\mathrm{ADI}} \tag{2}$$

$$\mathrm{HI}=\sum \mathrm{HQ} \tag{3}$$

兽药残留 ADI 值参考 GB 31650—2019《食品安全国家标准 食品中兽药残留最大残留量》和 GB 31605.1—2022《食品安全国家标准 食品中 41 种兽药最大残留限量》。

1.5　数据处理

采用 MassLynx (V4.2)软件进行数据处理, 采用 Microsoft Excel 2019 和 SPSS 21.0 进行数据处理和统计分析。数据采用中位数、四分位数等进行描述, 使用 Microsoft Excel 2019 绘图。

2　结果与分析

2.1　检测方法学验证

7 种抗生素兽残在 0.5~50.0 μg/kg 范围内的线性相关系数均大于 0.999。低中高 3 个浓度水平的加标回收率在 82.0%~120%之间, 精密度均小于 10%。在优化的前处理及分离检测条件下, 喹诺酮类和四环素类抗生素的检出限为 0.5 μg/kg, 定量限为 1.5 μg/kg。结果表明, 该方法在线性范围、灵敏度、准确度和精密度等方面均满足动物源性预制菜中兽药残留检测的技术要求。

2.2　兽药残留总体检出情况

160 份市售预制菜中喹诺酮类抗生素的检出率为 18.8%, 强力霉素的检出率为 31.2%, 7 种抗生素的总检出率为 43.7%。其中, 洛美沙星和诺氟沙星无检出, 一份样品检出培氟沙星(0.627 μg/kg), 5 份样品检出氧氟沙星(0.939~25.300 μg/kg), 9 份样品检出环丙沙星(0.527~16.000 μg/kg), 30 份样品检出恩诺沙星(0.739~58.100 μg/kg), 50 份样品检出强力霉素(0.681~23.400 μg/kg)。具体结果见表 1。

恩诺沙星、强力霉素、氧氟沙星和环丙沙星进行箱式图统计(培氟沙星只有一份样品检出, 未进行箱式图统计), 结果见图 1。从离散程度看 4 种兽残的中位数与均值较接近, 集中度较好; 从离群值散点数量看, 氧氟沙星和环丙沙星无离群值, 恩诺沙星和强力霉素有 3 个离群值。

预制菜中 7 种抗生素兽药残留限量还没有具体规定, 参考 GB 31650—2019 和 GB 31650.1—2022 中的兽药残留限量, 160 件样品中 1 份卤鹌鹑蛋样品中的恩诺沙星超过了蛋中的残留限量 10 μg/kg, 氧氟沙星有两份样品超过 5 μg/kg。其余均未超出限量标准。

160 份预制菜样品中 13 份样品只检出恩诺沙星, 36 份样品中只检出强力霉素, 2 份样品只检出环丙沙星。8 份样品中同时检出恩诺沙星和强力霉素, 4 份样品中同时检出恩诺沙星、强力霉素和环丙沙星, 1 份样品同时检出强力霉素、培氟沙星和氧氟沙星, 2 件样品同时检出恩诺沙星和氧氟沙星, 1 份样品同时检出氧氟沙星和强力霉素, 3 份样品同时检出环丙沙星和恩诺沙星。其余 90 份样品中未检出兽药残留。结果见图 2。

2.3　不同原料预制菜中的兽药残留情况

160 份预制菜中 127 份样品为畜禽肉类预制菜, 27 份为水产类预制菜, 6 份为蛋类预制菜。其中 127 份畜禽肉类样品中 18 份检出恩诺沙星, 45 份检出强力霉素, 4 份检出氧氟沙星, 2 份检出环丙沙星, 1 份检出培氟沙星。畜禽类样品中恩诺沙星和强力霉素残留的检出有统计学差异(χ^2=15.3, P<0.05)。27 件水产类样品中 10 件检出恩诺沙星,

表 1 市售动物源性预制菜中 7 种抗生素兽药残留状况(n=160)

Table 1 Residue levels of 7 kinds of antibiotic veterinary drugs residues in commercial animal-derived prepared dishes (n=160)

兽药名称	检出数/份	检出率/份	不合格数	不合格率/%	检测值/(μg/kg)					
					最小值	平均值	P_{50}	P_{75}	$P_{97.5}$	最大值
洛美沙星	0	0	0	0	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
诺氟沙星	0	0	0	0	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
培氟沙星	1	0.6	0	0	0.627	0.250	0.250	0.250	0.250	0.627
氧氟沙星	5	3.2	2	1.2	0.939	0.486	0.250	0.250	3.920	25.300
环丙沙星	9	5.6	0	0	0.527	0.538	0.250	0.250	1.040	16.000
恩诺沙星	30	18.8	1	0.6	0.739	1.850	0.250	0.250	17.800	58.100
强力霉素	50	31.2	0	0	0.681	1.990	0.250	1.860	17.800	23.400

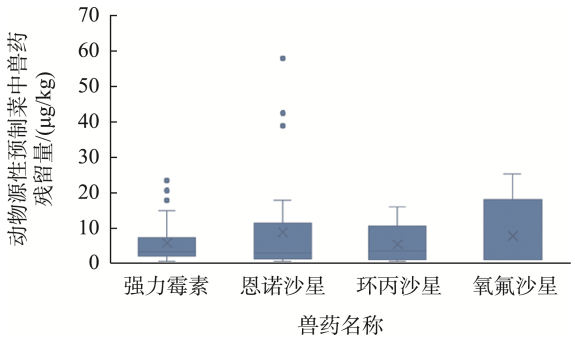


图 1 动物源性预制菜中 4 种兽药残留量的箱式图

Fig.1 Box chart of the residue levels of 4 kinds of veterinary drugs in animal-derived prepared dishes

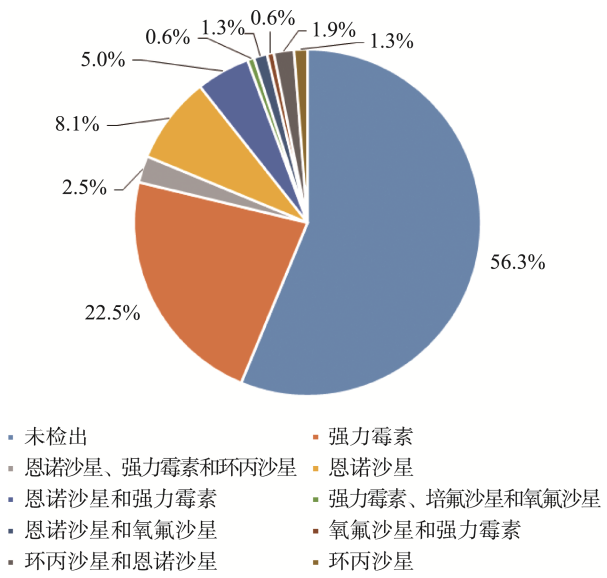


图 2 兽药复合残留状况

Fig.2 Status of compound residues of veterinary drugs

5 件检出强力霉素, 1 件检出氧氟沙星, 4 件检出环丙沙星, 水产类样品中恩诺沙星和强力霉素残留无统计学差异(χ^2=2.28, P>0.05)。6 件蛋类预制菜样品中, 2 件样品检出恩诺沙星和环丙沙星, 1 件样品检出环丙沙星, 其余 3 件样品未检出。

2.4 不同食用方式预制菜中的兽药残留量

160 份预制菜样品中 44 份为即热预制菜, 53 份为即烹预制菜, 63 份为即食预制菜。不同食用方式预制菜中兽药残留检出结果见表 2。即食类、即热类和即烹类中恩诺沙星检出率无统计学差异(χ^2=0.836, P>0.05), 即食类、即热类和即烹类中强力霉素检出率有统计学差异(χ^2=10.8, P<0.05), 即食类、即热类中恩诺沙星和强力霉素无统计学差异(χ^2=3.59, P>0.05), 即烹类中恩诺沙星和强力霉素有统计学差异(χ^2=7.14, P<0.05)。

表 2 不同食用方式预制菜中的兽药残留检出情况

Table 2 Detection results of veterinary drug residues in prepared dishes among different consumption methods

兽药名称	检出份数/份		
	即热预制菜	即烹预制菜	即食预制菜
恩诺沙星	6	11	11
强力霉素	6	24	20
氧氟沙星	1	3	1
环丙沙星	/	3	3

注: /表示无数据。

2.5 膳食暴露风险评估结果

以兽药残留的均值进行相应摄入量的慢性膳食暴露风险评估, 最大值进行急性膳食暴露风险评估。GB 31650 系列标准中恩诺沙星的残留标志物为恩诺沙星与环丙沙星之和环丙沙星, 因此本研究在进行暴露水平和风险评估时将恩诺沙星和环丙沙星同时计算[27]。现行国家标准中未规定培氟沙星的 ADI 数值, 且培氟沙星只有 1 个样品检出, 检出值也比较低, 因此未进行培氟沙星的风险评估。本研究结合《中国居民膳食指南》(2022 版)中不同年龄段动物性食物推荐摄入量进行了不同年龄段人群的膳食暴露风险评估(表 3), 进一步采用北京市居民动物性食物人均消费量[28]进行了北京市 20 岁以上人群的膳食暴露风险评估(表 4)。

由表 3 和表 4 可见, 预制菜中恩诺沙星+环丙沙星、强力霉素, 氧氟沙星的 EDI 在 0.0007~0.3312 之间, HQ 在 0.0001~0.0534 之间, 提示慢性暴露风险和急性暴露风险较低。HI 在 0.0017~0.0051 之间, 说明 4 种兽残的慢性累积膳食风险也较低。

表 3　动物源性预制菜中兽药残留膳食暴露水平及 HQ

Table 3　Dietary exposure levels and HQ of veterinary drug residues in animal-derived prepared dishes

指标	兽药名称		2~7 岁	8~12 岁	13~19 岁		20~60 岁		>60 岁	
					男	女	男	女	男	女
EDI/[μg/kg・BW)]	恩诺沙星+环丙沙星	均值	0.0107	0.0072	0.0064	0.0072	0.0068	0.0080	0.0080	0.0080
		最大值	0.3312	0.2239	0.1971	0.2223	0.2117	0.2470	0.2470	0.2470
	强力霉素	均值	0.0089	0.0060	0.0053	0.0060	0.0057	0.0066	0.0066	0.0066
		最大值	0.1046	0.0707	0.0622	0.0702	0.0669	0.0780	0.0780	0.0780
	氧氟沙星	均值	0.0022	0.0015	0.0013	0.0015	0.0014	0.0016	0.0016	0.0016
		最大值	0.1131	0.0764	0.0673	0.0759	0.0723	0.0843	0.0843	0.0843
HQ	恩诺沙星+环丙沙星	均值	0.0017	0.0012	0.0010	0.0012	0.0011	0.0013	0.0013	0.0013
		最大值	0.0534	0.0361	0.0318	0.0359	0.0341	0.0398	0.0398	0.0398
	强力霉素	均值	0.0030	0.0020	0.0018	0.0020	0.0019	0.0022	0.0022	0.0022
		最大值	0.0349	0.0236	0.0207	0.0234	0.0223	0.0260	0.0260	0.0260
	氧氟沙星	均值	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
		最大值	0.0226	0.0153	0.0135	0.0152	0.0145	0.0169	0.0169	0.0169
HI			0.0051	0.0035	0.0031	0.0035	0.0033	0.0038	0.0038	0.0038

注: 2~7 岁体重为 17.9 kg, 8~12 岁体重为 33.1 kg, 13~19 岁男女体重分别为 56.4 kg、50.0 kg, 20~60 岁男女体重分别为 70.0 kg、60.0 kg, >60 岁男女体重分别为 60.0 kg、60.0 kg。

表 4　北京市成年人经动物源性预制菜摄入兽药残留的膳食暴露水平及 HQ

Table 4　Dietary exposure levels and HQ of veterinary drug residues through animal-derived prepared dishes among adults in Beijing

指标	兽药		性别	
			男(70 kg)	女(60 kg)
EDI/(μg/kg・B_W)	恩诺沙星+环丙沙星	均值	0.0035	0.0041
		最大值	0.1101	0.1284
	强力霉素	均值	0.0030	0.0035
		最大值	0.0348	0.0406
	氧氟沙星	均值	0.0007	0.0008
		最大值	0.0376	0.0439
HQ	恩诺沙星+环丙沙星	均值	0.0006	0.0007
		最大值	0.0178	0.0206
	强力霉素	均值	0.0010	0.0012
		最大值	0.0116	0.0135
	氧氟沙星	均值	0.0001	0.0002
		最大值	0.0075	0.0088
HI			0.0017	0.0021

3　讨　论

本研究对 2024 年北京市包括东城区、西城区、丰台区、石景山区、海淀、朝阳、大兴等 7 个区的商店和网店采集的 160 份市售预制菜样品中 7 种抗生素类兽药残留进行分析检测。结合中国居民膳食指南(2022 版)中不同年龄段动物性食品的推荐摄入量和 2024 年北京市居民动物性食品消费量, 采用点评估模型进行了膳食暴露风险评估。

6 种喹诺酮类兽药残留的 P_{75} 分位数均小于检出限, 说明大部分样品中 6 种喹诺酮样品无检出。强力霉素的 P_{50} 小于检出限, P_{75} 分位数为 1.860。

喹诺酮类抗生素的检出率为 18.8%, 强力霉素的检出率为 31.2%, 7 种抗生素的总体检出率为 43.7%, 说明喹诺酮和强力霉素的污染状况普遍存在, 这与文献[29–30]报道一致。喹诺酮的检出率低于浦东新区, 和杭州市结果相近[31], 强力霉素的检出率为 31.2%, 低于杭州地区鸡肉中的检出率[20], 可能是食品的构成类型不同, 统计时间长度不同导致的差异, 动物源性预制菜和动物源性食品的差别。

水产类预制菜中喹诺酮的检出率高于强力霉素, 畜禽肉类预制菜中强力霉素的检出率高于喹诺酮类, 这与杨琪等[32]对贵州省市售动物源性食品中喹诺酮类兽药残留的暴露评估结果一致。从检测结果来看有两种及以上兽药残留同时检出的情况, 说明在畜牧业和养殖业中存在联合使用多种药物的情况。

基于点评估模型进行膳食暴露风险评估, 进行摄入量评估时, 可能会有偏差, 偏差的来源可能有: (1)《中国居民膳食指南(2022 版)》中不同年龄段动物性食物的推荐摄入量和实际摄入量之间的差异。在膳食指南动物性食物推荐摄入量风险评估的基础上, 本研究进一步依据 2024 年北京市动物性食物的人均消费量进行了北京市成年人的膳

食暴露风险评估, 结果偏低, 主要原因是北京市的人均消费量为 104 g/d, 低于膳食指南的推荐摄入量 200 g/d。(2)动物性食物的实际消费中预制菜的消费只是其中的一部分, 还有生鲜肉类、水产等消费形式, 本研究的评估方式可能会导致 EDI 偏高, 从而引起 HQ 值偏大。(3)热加工过程可能会影响预制菜样品中的兽药残留量, 本研究未进行热加工后预制菜的兽药残留测定可能会带来偏差。本研究评估结果显示, 喹诺酮和强力霉素的 HQ 和 HI 远远小于 1。表明通过预制菜摄入 6 种喹诺酮和强力霉素的风险较低。7 类抗生素兽药有一定量的检出和超标, 但膳食暴露健康风险较低。这与深圳市、上海市浦东新区、金华市等的研究结果一致[33–34]。

4 结 论

本研究对 2024 年北京市 7 个区的市售动物源性预制菜中的 7 种抗生素兽药残留状况进行调查, 整体检出率为 43.7%, 表明存在一定程度的兽药残留。结合《中国居民膳食指南(2022 版)》中不同年龄段动物性食物推荐摄入量和北京市动物性食物的人均消费量, 采用点评估模型进行膳食暴露风险评估, 结果表明, 7 种抗生素的急性和慢性风险都比较低。在后续研究中, 可考虑完善不同种类动物源性食品中兽药残留的数据, 不同人群的膳食消费量, 增加监测种类, 并考虑加工过程的影响更准确地进行兽药残留暴露的膳食暴露风险评估, 为监管提供数据与科学支撑。

参考文献

[1] 张妮娜, 陈绍占, 刘洋, 等. 北京市售畜禽肉类预制菜和方便菜肴中多元素含量分析及有害元素健康风险评价[J]. 中国无机分析化学, 2025, 15(4): 598–608.
ZHANG Nina, CHEN Shaozhan, LIU Yang, et al. Content analysis of multi-elements and health risk assessment of harmful elements in prepared dishes and convenient dishes of livestock and poultry meat sold in Beijing [J]. Chinese Journal of Inorganic Analytical Chemistry, 2025, 15(4): 598–608.

[2] 安俊文, 方梓莹, 高希西, 等. 我国预制菜产业的发展现状、影响因素及发展趋势[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(5): 388–394.
AN Junwen, FANG Ziying, GAO Xixi, et al. Development status, influence factors, and trend of prepared dishes in China [J]. Food and Fermentation Industries, 2024, 50(5): 388–394.

[3] 人民网研究院. 预制菜行业发展报告[EB/OL]. (2023-07-11) [2026-01-20]. http: //yjy.people.com. cn/n1/2023/0710/c440911-40031856. html.
People's Daily Online Research Institute. Prefabricated dish industry development report [EB/OL]. (2023-07-11) [2026-01-20]. http: //yjy. people. com. cn/n1/2023/0710/c440911-40031856. html.

[4] 国家市场监督管理总局, 教育部, 工业和信息化部, 等. 关于加强预制菜食品安全监管促进产业高质量发展的通知 国市监食生发〔2024〕27号[EB/OL]. (2024-03-18) [2026-01-20]. https: //www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202403/content_6940808.htm.
State Administration for Market Regulation, Ministry of Education, Ministry of Industry and Information Technology, et a1. Notice on strengthening the supervision of pre-made food safety and promoting the high quality development of the industry [EB/OL]. (2024-03-18) [2026-01-20]. https: //www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202403/content_6940808. htm.

[5] 曾涛, 杨荣, 李晓晶, 等. 预制菜中 16 种邻苯二甲酸酯类塑化剂的测定方法研究及污染水平分析[J]. 食品科学, 2025, 46(9): 329–336.
ZENG Tao, YANG Rong, LI Xiaojing, et al. Development and application of a method for pollution level analysis of 16 phthalate plasticizers in pre-prepared dishes [J]. Food Science, 2025, 46(9): 329–336.

[6] 任梦梦, 徐丹, 刘露露, 等. 超高效液相色谱串联质谱同时测定预制菜塑料包装中 32 种添加剂的残留量及迁移量[J]. 食品与发酵工业, 2025, 51(18): 338–351.
REN Mengmeng, XU Dan, LIU Lulu, et al. Simultaneous determination of 32 additive residues and migration in plastic packaging of prefabricated dishes by ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Food and Fermentation Industries, 2025, 51(18): 338–351

[7] 陈芳芳, 刘萌, 张亮, 等. 超高效液相色谱三重四极杆复合线性离子阱质谱法测定预制菜中 15 种非法添加化学药物[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(1): 36–43.
CHEN Fangfang, LIU Meng, ZHANG Liang, et al. Determination of 15 kinds of chemicals illegally added in prefabricated food by ultra performance liquid chromatography-triple quadrupole composite linear ion trap mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(1): 36–43.

[8] 詹子悦, 张琪, 田双双, 等. 固相萃取净化-超高效液相色谱-串联质谱法同时测定预制菜食品中 15 种双酚类化合物[J]. 色谱, 2025, 43(10): 1089–1099.
ZHAN Ziyue, ZHANG Qi, TIAN Shuangshuang, et al. Simultaneous determination of 15 bisphenols in prepared dishes by soild phase extraction purification-ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2025, 43(10): 1089–1099.

[9] 金柯男, 朱广潮, 程代, 等. 肉类预制菜的安全与控制研究进展[J]. 现代食品科技, 2023, 39(2): 110–118.
Jin Kenan, Zhu Guangchao, Cheng Dai, et al. Research progress on safety and control of pre-prepared meat dishes [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(2): 110–118.

[10] Mesfin Y M, Mitiku B A, Admasu H T. Veterinary drug residues in food products of animal origin and their public health consequences: a review [J]. Veterinary Medicine Science, 2024, 10(6): e70049–70064.

[11] Bandini T B, Spisso B F. Detection, dietary exposure assessment and risk evaluation of quinolones and pyrrolizidine alkaloids in commercial honey from Brazil [J]. Food Additives & Contaminants: Part B, Surveillance: 2022, 15(2): 89–97.

[12] 董峰光, 徐进杰, 王朝霞, 等. 烟台市动物源性食品违禁药物及兽药残留膳食暴露风险评估[J]. 现代预防医学, 2019, 46(3): 433–436.
Dong Fengguang, Xu Jinjie, Wang Chaoxia, et al. Dietary exposure risk assessment of forbidden drug and veterinary drugs residues in animal-derived food, Yantai [J]. Modern preventive medicine, 2019, 46(3): 433–436.

[13] Pereira B F M, Spisso B F. Cumulative veterinary drug and pesticide dietary exposure assessments: a global overview and Brazilian framework considerations [J]. Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment. 2024, 41(8): 941–968.

[14] Sin J E V, Shen P, Teo G S, et al. Surveillance of veterinary drug residues in food commonly consumed in Singapore and assessment of dietary exposure [J]. Heliyon, 2023, 9(11): e21160–e21167.

[15] Boobis A, Cerniglia C, Chicoine A, et al. Characterizing chronic and acute health risks of residues of veterinary drugs in food: latest methodological developments by the joint FAO/WHO expert committee on food additives [J]. Critical Reviews in Toxicology, 2017, 47(10): 885–899.

[16] Soares V M, Pereira J G, Barreto F, et al. Residues of veterinary drugs in animal products commercialized in the border region of Brazil, Argentina, and Uruguay [J]. Journal of Food Protection, 2022, 85(6): 980–986.

[17] Yu Ying, Xiang Jun, Meng Zongwu, et al. Residues of veterinary drugs and heavy metal contamination in livestock and poultry meat from Hunan Province, China [J]. Food Additives & Contaminants: Part B, Surveillance, 2024, 17(4), 360–370.

[18] Zhang Hui, Chen Qin, Niu Bing. Risk assessment of veterinary drug residues in meat products [J]. Current Drug Metabolism, 2020, 21(10): 779–789

[19] 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(01): 113–117.
Fang Lanyun, Pan Shengdong, Lu Beiei, 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, 55(1): 113–117.

[20] 王姝婷, 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 Shuting, Huang Xihui, Liu Shaoyin, et al. Investigation and dietary exposure risk assessment of tetracycline antibiotics residues in eggs and chicken sold on the market [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2023, 35(7): 1063–1066.

[21] Li Kailin, Cai Hua, Luo Baozhang, et al. Recent progress of mycotoxin in various food products—human exposure and health risk assessment [J]. Foods, 2025, 14(5): 865–883.

[22] Tang Shusheng, Zeng Zikang, Kang Rui, et al. Residue analysis and dietary risk assessment of 10 neonicotinoid insecticides in *Oenanthe javanica* from Hainan Province of China [J]. Foods, 2025, 14(1): 78–89.

[23] 樊继彩, 何华丽, 边天斌, 等. 市售酒中邻苯二甲酸酯类塑化剂含量水平分析及风险暴露评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(1): 340–346.
Fan Jicai, He Huali, Bian Tianbin, et al. Analysis of phthalate esters plasticizers in marketed liquors and assessment of exposure risks [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(1): 340–346.

[24] 中国营养会. 中国居民膳食指南(2022)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022. 75-76, 247-268
Chinese Nutrition Association. Chinese dietary guidelines (2022) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2022. 75-76, 247-268

[25] 国家体育局国家国民体质监测中心通告. 第五次国民体质监测公报[EB/OL]. (2021-12-30) [2026-01-20]. https: //www. sport. gov. cn/n315/n329/c24335066/content. html.
Circular of the National Physical Fitness Monitoring Center of the State Sports Administration. The fifth National Physical fitness monitoring bulletin [EB/OL]. (2021-12-30) [2026-01-20]. https: //www. sport. gov. cn/n315/n329/c24335066/content. html.

[26] 吴永宁, 李筱薇. 第四次中国总膳食研究[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015: 63, 210–211.
Wu Yongning, LI Xiaowei. The fourth China total diet study [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2015: 63, 210–211.

[27] 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 Wenting, Zeng Yong, Shu Jinxiu, 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.

[28] 北京市统计局 国家统计局北京调查总队. 北京统计年鉴 2025 [EB/OL]. (2025-12-30) [2026-01-20]. https: //nj. tjj. beijing. gov. cn/nj/main/2025-tjnj/zk/indexch. htm
Beijing Municipal Bureau of Statistics Survey office of the national bureau of Statistics in Beijing. Beijing Statistical yearbook 2025. [EB/OL]. (2025-12-30) [2026-01-20]. https: //nj. tjj. beijing. gov. cn/nj/main/2025-tjnj/zk/indexch. htm

[29] Atta A H, Atta S A, Nasr S M, et al. Current perspective on veterinary drug and chemical residues in food of animal origin [J]. Environment Science Pollution Research international, 2022, 29(11): 15282–15302.

[30] Ma Xiaoyu, Chen Ling, Yin Lingling, et al. Risk analysis of 24 residual antibiotics in poultry eggs in Shandong, China (2018–2020) [J]. Veterinary Sciences, 2022, 9(3): 126–139.

[31] 孟晓慧, 李想, 夏天, 等. 2021—2024 年上海市浦东新区动物源性食品中喹诺酮类兽药残留污染状况及 15 岁以上居民风险暴露评估[J]. 华南预防医学, 2025, 51(11): 1202–1206.
Meng Xiaohui, Li Xiang, Xia Tian, et al. Status of quinolone veterinary drug residue contamination in foods of animal origin and health risk assessment for residents aged 15 and above in Pudong New District, Shanghai, 2021—2024 [J]. South China journal of Preventive Medicine, 2025, 51(11): 1202–1206.

[32] 杨琪, 王娅芳, 李磊, 等. 2019—2023 年贵州省市售动物源性食品中喹诺酮类兽药残留暴露评估[J]. 现代预防医学, 2025, 52(11): 1974–1979.
Yang Qi, Wang Yafang, Li Lei, et al. Exposure assessment of quinolone residues in animal-derived foods sold in Guizhou Province from 2019 to 2023 [J]. Modern Preventive Medicine, 2025, 2025, 52(11): 1974–1979.

[33] 曹爱巧, 韩银涛, 张玲, 等. 深圳市动物产品中喹诺酮类兽药累积风险评估[J]. 畜牧与兽医, 2024, 56(11): 57–62.
Cao Aiqiao, Han Yintao, Zhang Ling, et al. Cumulative risk assessment of quinolone veterinary drugs in animal products in Shenzhen [J]. Animal Husbandry &Veterinary Medicine, 2024, 56(11): 57–62.

[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 Yongyue, Lv Ggongjin, Chen Gaoshang, et al. Residual status and dietary exposure risk of 13 veterinary drugs in farmed aquatic products sold in Jinhua City from 2021 to 2024 [J]. Journal of Environment and Health, 2025, 42(5): 383–386.

(责任编辑: 韩晓红 蔡世佳)