

鸡蛋中药物残留的危害与现状

韵小娟*, 王 娇, 李庆霞, 符 雨, 杨 信

(海南省动物疫病预防控制中心, 海口 571100)

摘 要: 鸡蛋是居民餐桌上重要的食材, 鸡蛋的质量和安全性是人们关注的焦点。长期食用药物残留超标的鸡蛋, 当体内药物蓄积到一定浓度会对人体产生多种急、慢性中毒, 严重时会导致癌、致畸、致突变, 甚至死亡。因此需要健康养殖、合理规范用药, 监控和减少药物残留的发生, 提高食品安全生物水平工作十分迫切。本文介绍了鸡蛋中药物残留的危害和现状, 以期防范药物滥用或误用造成安全隐患和引导养殖户规范用药提供一定的参考作用。

关键词: 鸡蛋; 药物残留; 危害; 规范用药

Harm and current situation of drug residues in eggs

YUN Xiao-Juan*, WANG Jiao, LI Qing-Xia, FU Yu, YANG Xin

(Hainan Animal Disease Prevention and Control Center, Haikou 571100, China)

ABSTRACT: Eggs are important ingredients on residents' dining tables, and the quality and safety of eggs are the focus of people's attention. Long-term consumption of eggs with excessive drug residues will cause various acute and chronic poisoning to the human body when the drugs in the body accumulate to a certain concentration. In serious cases, they will cause cancer, teratogenicity, mutagenicity and even death. Therefore, it is very urgent to carry out healthy breeding, reasonably standardize medication, monitor and reduce the occurrence of drug residues, and improve the biological level of food safety. This paper introduced the harm and current situation of drug residues in eggs, so as to provide some reference for preventing potential safety hazards caused by drug abuse and misuse and to guide farmers to standardize drug use.

KEY WORDS: eggs; drug residues; harm; standardized medication

1 引 言

由于鸡蛋富含蛋白质、脂肪、卵黄素、卵磷脂、维生素等人体所需矿物质, 故一直有着“全营养食品”的美称。国内外营养学家和医学家认为鸡蛋有健脑益智、保护肝脏、防治动脉硬化、预防癌症、延缓衰老的保健功能^[1]。同时鸡蛋具有方便、价廉等特点, 是居民餐桌上重要的食材。随着鸡蛋的生产和消费不断增长, 鸡蛋的质量和安全性成为

人们关注的焦点。为了预防和治疗蛋鸡疾病, 农户和小企业在实际生产过程中会违规使用兽药和禁用药物, 药物滥用误用现象严重, 鸡蛋样品中药物残留问题普遍存在^[2,3]。长期食用药物残留超标的鸡蛋, 体内药物蓄积到一定浓度会导致人体慢性中毒, 严重时还会致癌、致畸、致突变, 甚至死亡^[4,5]。因此健康养殖, 合理规范用药, 监控和减少药物残留的发生, 提高食品安全生物水平工作十分迫切。

本文主要介绍了鸡蛋中药物残留的现状, 以期防范

基金项目: 海南省自然科学基金青年基金项目(819QN393)

Fund: Supported by the Youth Fund Project of Hainan Natural Science Foundation (819QN393)

***通讯作者:** 韵小娟, 高级兽医师, 主要研究方向为饲料、兽药、畜禽产品质量安全监督检验与安全评价。E-mail: 1848324829@qq.com

***Corresponding author:** YUN Xiao-Juan, Senior Veterinarian, Hainan Animal Disease Prevention and Control Center, No.16, Xingdanlu Road, Haikou 571100, China. E-mail: 1848324829@qq.com

范药物滥用误用造成安全隐患和引导养殖户规范用药提供一些参考。

2 鸡蛋中药物残留的危害

2.1 毒副作用

长期大量使用金刚烷类抗病毒药物会导致动物中毒、免疫抑制、使病毒产生变异等问题^[6]；氯霉素具有较强的毒副作用，会使人体肠道正常菌群失调，抑制骨髓造血机能，引起不可逆的再生障碍性贫血、粒状白细胞缺乏症、灰婴综合征等^[7]；四环素类药物可损害胃肠和肝脏，抑制骨骼和牙齿的发育，致使婴儿先天性耳聋，损害男性的生殖系统导致不孕等^[8]；红霉素、泰乐菌素可致听觉障碍、肝损害^[9]；利巴韦林会导致溶血性贫血，有遗传毒性、生殖毒性、致癌性^[10]；氟喹诺酮类药物对 DNA、胶原纤维和蛋白多糖合成产生抑制效应及氧化应激等可致软骨毒性、肌腱炎、肌腱断裂等不良反应^[11]； β -内酰胺类抗生素可以引起凝血功能障碍和溶血性贫血^[2]。五氯酚酸钠能抑制氧化磷酸化作用，损害人重要脏器和系统^[12]。

2.2 三致效应

鸡蛋中药物的残留量超标可引起基因突变或染色体畸变而造成对人类潜在的危害。磺胺二甲嘧啶能诱发甲状腺癌^[13]；硝基呋喃类药物具有潜在致癌和致突变危害^[13]；苯丙咪唑类药物具有明显的三致效应^[13]；个别喹诺酮类药物有致突变作用^[9]；链霉素具有潜在的致畸作用^[13]。硝基咪唑类具有致癌、致畸和致突变等作用^[14]。

2.3 过敏反应和变态反应

人体摄入含有抗生素、杀虫剂、生长促进剂等药物残留的鸡蛋后可能会引起人类过敏反应以及减弱对致病菌的抵抗力，甚至危及生命。其症状表现为皮肤瘙痒、皮炎、关节肿痛、呼吸困难等，严重时会出现过敏性休克；甲硝唑会导致恶心、呕吐、厌食、腹泻、腹痛等不良反应，影响消化、循环、泌尿、呼吸四大系统，可致大疱性表皮松解型药疹、过敏性休克^[10]；青霉素、四环素代谢和降解产物具有很强的致敏作用^[15]；氟喹诺酮类药物会导致人皮肤过敏、光敏反应，引起胃肠道反应、神经和精神系统损害^[11]；磺胺类药物能产生排尿和造血紊乱、导致过敏^[16]。

2.4 引起细菌耐药性

抗生素、杀虫剂、生长促进剂等药物的过度使用会诱导产生耐药菌及抗性基因，细菌的耐药性是影响人类健康的重大全球挑战^[17,18]。病原微生物对大多数喹诺酮类药物的耐药率达 10% 以上，有的甚至达 40%~70%^[11]；磺胺甲基异噻唑、四环素和头孢菌素中的噻吩等药物的最高耐药率分别达到 13%、57%、和 35%^[19]。细菌耐药性会导致养殖生产中预防和治疗疾病的失败，也会使一些常用药物的药

效降低，甚至丧失，最终威胁着人的健康。这种耐药性会被其他细菌获得，会遗传给下一代。

2.5 影响生态可持续发展

动物体内残留的药物以原形或代谢物的形式会伴随尿液、粪便等排泄物通过迁移转化渗入到水源和土壤等环境介质中，进入环境后的绝大多数药物仍具有活性，在多种环境因子的作用下，可抑制某些微生物的生长，对周围生态环境造成严重污染，威胁人体健康^[20-22]。残留的药物经过吸附、水解、光降解及生物降解等过程产生一系列代谢及降解产物，这些产物往往具有更大的毒性。地表水中四环素类、氯霉素类、喹诺酮类、大环内酯类和磺胺类等抗生素的污染具有一定的生态风险^[23,24]。

3 鸡蛋中药物残留的现状

目前鸡蛋中的药物残留主要有 4 大类：抗菌类药残、抗病毒类药残、抗球虫药药残和农药药残。

3.1 抗菌类药残

抗菌类药物由于高效广谱、价格低廉被广泛用于预防治疗蛋鸡疾病。目前鸡蛋中残留的抗菌类药物主要有四环素类、氯霉素类、磺胺类、喹诺酮类、硝基咪唑类。

3.1.1 四环素类药残

四环素类(tetracyclines, Tcs)是由链霉菌产生的一类价格低廉、抗菌活性高的广谱抗菌素，包含四环素、土霉素、金霉素、多西环素、强力霉素、脱氧土霉素、米诺环素等。我国规定鸡蛋中土霉素、金霉素、四环素残留限量均不得高于 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，强力霉素不得检出，产蛋鸡禁用脱氧土霉素^[8]。2019 年，孙言凤等^[25]报道中，湖北省鸡蛋样品中检出土霉素、四环素和强力霉素，四环素类抗生素的检出率为 15.61%，强力霉素是鸡蛋中检出率最高且唯一超标的目。2017 年，杨萍等^[10]对 2016 年云南省部分地区鸡蛋中兽药及禁用药物残留监测结果显示，四环素类药物的检出率为 37.31%。Njoga 等^[2,15,26,27-29]报道不同程度的四环素类药残检出，说明鸡蛋样品中四环素类药物残留问题屡见不鲜。

3.1.2 氯霉素类药残

氯霉素类(chloramphenicols, CAPs)是一类酰胺醇类广谱抗菌药，能抑制各种立克氏体、原虫及部分病毒。许多国家规定畜产品中不得检出氯霉素，甲砒霉素和氟苯尼考限制使用。但由于其价格低廉、抗菌性稳定，在畜牧养殖业中违法使用现象普遍存在。尹伶灵等^[29]检出两批氟苯尼考，含量分别为 1.0、11.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。刘家阳^[30]建立固相萃取/超高效液相色谱-串联质谱(ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, UPLC-MS/MS)同时测定鸡蛋、蛋制品中氯霉素和氟苯尼考的方法，采用该方法对辽宁省随机抽取的 20 份鲜蛋样品进行检测，

结果显示鲜蛋中含有一定量的氯霉素类药物残留, 其中 1 份样品检出氟苯尼考, 含量为 $12.3 \mu\text{g/kg}$ 。Xie 等^[31]定量分析南京当地市场的 50 个鸡蛋样本中的氯霉素、甲砒霉素和氟苯尼考及氟苯尼考胺时, 1 个样本检测出氟苯尼考 $48 \mu\text{g/kg}$, 氟苯尼考胺 $65 \mu\text{g/kg}$, 低于美国食品药品监督管理局(food and drug administration, FDA)标准的最大残留限量(maximum residue limit, MRL) $100 \mu\text{g/kg}$ 。

3.1.3 磺胺类药物残留

磺胺类药物(sulfanilamides, SAs)是一类具有对氨基苯磺酰胺结构的药物, 广泛用于防治呼吸道、肠胃道细菌感染, 常用于防治鸡白痢、球虫病、盲肠炎及其他细菌性疾病。因此禽蛋中也存在磺胺类药物残留的风险, 检出率较高。磺胺类药物禁用于产蛋鸡。蒋定之等^[32]建立了液相色谱-串联质谱(liquid chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS/MS)同时测定鸡蛋中 48 种兽药残留分析方法, 对广西 82 批次鸡蛋进行兽药残留筛查, 检出磺胺间甲氧嘧啶 $334.5 \mu\text{g/kg}$ 、磺胺嘧啶 $37.6 \mu\text{g/kg}$ 。2019 年, 尹伶灵等^[29]建立了 UPLC-MS/MS 同时测定 38 种药物残留的新方法, 方法应用于风险监测样品的检测, 山东省各地市超市和农贸市场采集的 200 批鸡蛋中检出磺胺间甲氧嘧啶、磺胺甲噁唑, 含量分别为 0.57 、 $1.20 \mu\text{g/kg}$ 。2015 年, 刘洪斌等^[33]建立了 UPLC-MS/MS 测定鸡蛋中 16 种磺胺类药物残留的检测方法, 对全国不同城市超市抽检的 42 份鸡蛋样品进行测定, 其中 1 个样品检出磺胺二甲嘧啶, 含量为 $4.81 \mu\text{g/kg}$, 检出率为 2.38%。

3.1.4 喹诺酮类药物残留

喹诺酮类药物(quinolones, QNs)是一类具有 1,4-二氢-4-氧代喹啉-3-羧酸结构的人工合成药物。喹诺酮类药物中的第三代和第四代氟喹诺酮类药物在禽类疾病防治上应用最为广泛, 也是近几年来鸡蛋中频频检出最多的药物类型。尹伶灵等^[29]的报道中检出氧氟沙星、诺氟沙星, 含量分别是 1.84 、 $7.53 \mu\text{g/kg}$ 。Lu 等^[16]采用穿过式固相萃取 UPLC-MS/MS 测定鸡蛋和鸡肉中 11 种喹诺酮类药物, 广州市场 110 个鸡蛋样本中, 检出恩诺沙星和环丙沙星, 最高检出含量是 $6.22 \mu\text{g/kg}$ 。2017 年, 杨盛茹等^[34]采用 UPLC-MS/MS 检测鸡蛋中 22 种喹诺酮类药物残留, 38 份鸡蛋样品中, 检出环丙沙星和恩诺沙星, 含量分别为 56.8 、 $6.32 \mu\text{g/kg}$, 检出率为 5.26%。倪海平等^[35]建立钨酸钠-硫酸-固相萃取超高效液相色谱-串联质谱法检测鸡蛋中 11 种喹诺酮和 4 种四环素的检测方法, 对 120 组鸡蛋中 15 种化合物进行检测, 其中 4 组检出氧氟沙星($2.5 \sim 19.4 \mu\text{g/kg}$), 1 组检出环丙沙星($2.4 \mu\text{g/kg}$)。

3.1.5 硝基咪唑类药物残留

硝基咪唑类(Nitroimidazoles)是具有 5-硝基咪唑环结构的一类人工合成药物, 具有抗原虫和抗菌活性, 强抗厌氧菌作用。主要包括甲硝唑、替硝唑、奥硝唑、地美硝唑

等。我国 235 号公告允许地美硝唑、甲硝唑用于动物疾病的治疗, 但不得在动物源食品中检出。替硝唑没有明确的使用和残留限量规定。Zhang 等^[36]采用分散-固相萃取-UPLC-MS/MS 对鸡肌肉和鸡蛋中硝基咪唑类、硝基呋喃类和氯霉素类化合物进行多类分析, 40 份鸡蛋样本进行检测结果显示, 1 份样品检出呋喃唑酮(0.45 ± 0.02) $\mu\text{g/kg}$ 。2 个鸡蛋样本中检出甲硝唑和羟基甲硝唑, 甲硝唑含量分别为 (0.3 ± 0.02)、(58.7 ± 2.19) $\mu\text{g/kg}$, 羟基甲硝唑含量分别为 (0.5 ± 0.01)、(107.1 ± 1.82) $\mu\text{g/kg}$ 。3 个鸡蛋样本中检出低浓度硝基咪唑类的代谢物, 地美硝唑含量分别为 (0.4 ± 0.01)、(0.6 ± 0.02)、(64.5 ± 1.81) $\mu\text{g/kg}$; 2-羟甲基-1-甲基-5-硝基咪唑含量分别为 (2.3 ± 0.09)、(4.4 ± 0.19)、(407.8 ± 9.79) $\mu\text{g/kg}$ 。徐飞等^[14]建立 UPLC-MS/MS 测定鸡肉和鸡蛋中氯霉素和甲硝唑的检测方法, 该方法用于检测宁夏 30 份鸡蛋样品, 其中 2 份样品检出甲硝唑, 含量分别为 0.3 、 $0.6 \mu\text{g/kg}$ 。从鸡蛋中甲硝唑的检出说明蛋鸡养殖中未按规定执行休药期或用药剂量违反规定的问题。

3.2 抗病毒类药物残

为了避免禽流感造成的经济损失, 养殖者往往将抗病毒类药物添加至畜禽饲料中以降低发病率。多个国家将抗病毒类药物列为禁用药物。目前畜牧养殖中金刚烷胺类药物被用作治疗 A 型流感的首选药物。金刚烷胺虽为禁用物质, 但目前尚无替代抗病毒产品, 仍存在违规应用现象。齐刚等^[37]采用 UPLC-MS/MS 检测鸡蛋中金刚烷胺和金刚乙胺的残留量, 发现辽宁辖区内的鸡蛋中检出抗病毒物质金刚烷胺, 含量为 $1.4 \mu\text{g/kg}$ 和 $4.6 \mu\text{g/kg}$ 。蒋定之等^[32]的报导中金刚烷胺的检出值是 $11.6 \mu\text{g/kg}$ 。2017 年, 杨萍等^[10]的报导中利巴韦林的检出率为 1.49%。

3.3 抗球虫药药残

鸡的球虫病是一种常见寄生虫病。抗球虫药有磺胺类药物、硝基呋喃类药物、氨丙啉、氯嗪苯乙腈、氯羟吡啶、硝基氯苯酰胺、尼卡巴嗪、氯苯胍、氢溴酸常山酮、离子载体类抗球虫药(莫能霉素、盐霉素、马杜霉素等)、地克珠利等。这些药既抑制产蛋, 也会在肉中残留, 危害人体健康^[38]。Fabiano 等^[39]的报道中, 2011~2017 年, 巴西有 7 个鸡蛋样本中抗球虫病药物超过最大残留限量。在 2007~2010 年期间, 波兰有 23 个鸡蛋样本显示抗球虫病药物结果不合格^[40]。克罗地亚一个关于鸡蛋的监测项目给出了鸡蛋样本中二硝基碳基(dinitrocarbanilide, DNC)不合格的结果^[41]。Marilena 等^[42]的报道中认为, 抗球虫药在希腊被广泛使用, 在希腊国家残留监控计划中, 82 个样本中有 25 个样本中检出抗球虫药物残留, 残留最常见的是脱氧喹啉(decoquinate, DECOQ), 盐霉素(salinomycin, SAL), 马杜拉米星(maduramicin, MAD), 有一半的样本含有 DECOQ, SAL。欧盟每年有 45% 生产的家禽饲料中含有添

加抗球虫剂^[43], 加拿大 53%的家禽饲料中含有添加抗球虫剂^[44]。因此, 需要对动物源性食品中的抗球虫药残留进行持续监测。

3.4 农药药残

至 2017 年氟虫腈事件以来, 农药残留的研究逐渐被重视, 需更加关注产蛋鸡非法使用氟虫腈等农药。Zhang 等^[45]测定鸡蛋中 58 种杀虫剂及其代谢物时, 72 个鸡蛋样本中, 6 个样本检出 3 种杀虫剂, 检出率 8.33%, 对乙酰胺、嘧啶酮、氟虫腈检出含量分别是 0.68~1.56、4.94、1.75~7.50 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 检出率分别是 2.78%、1.39%、4.17%。其中一个样本检出的氟虫腈含量是 7.50 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 高于欧盟的 MRL(5 $\mu\text{g}/\text{kg}$), 但低于 CAC 的 MRL(20 $\mu\text{g}/\text{kg}$)。Song 等^[46]采自韩国国内 7 个地区市场的 58 个鸡蛋样本中, 其中 25 个样本检出 4 种杀虫剂, 分别是乙酰甲胺磷、乙拌磷、氟虫腈、戊菌唑。氟虫腈是检出最频繁的, 浓度在 0.005~0.006 mg/kg 范围内。59%的鸡蛋样本含有 0.003~0.01 mg/kg 氯菊酯残留。尽管如此, 没有一个样本是不合格的, 因为这些样本的杀虫剂残留含量都低于韩国或欧盟的 MRL 水平。Angeliki 等^[47]比较分析 LC-MS/MS 和 GC-ECD 测定鸡蛋中氟虫腈的研究中, 发现希腊市场 11 个鸡蛋样品中有 4 个鸡蛋样品有氟虫腈药残, 其中有 3 个鸡蛋样品药残超过 MRL 限制。另外, Guo 等^[48]报导的氟虫腈的检出值是 9.57 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

4 结 论

从云南^[10]、四川^[27]、广州^[15]、宁夏^[26]、湖南^[28]、湖北^[25]、温州市^[49]、台州市^[50]等各地的动物源食品兽药残留监测分析结果看, 鸡蛋中兽药残留检出较高的是四环素、强力霉素、氟苯尼考、环丙沙星、恩诺沙星、甲硝唑、金刚烷胺、氟虫腈等, 需继续开展相关风险监测, 更加关注产蛋鸡兽药的合理使用, 监控和减少药物残留的发生, 提高食品安全生物水平。导致鸡蛋药物残留的主要原因在于养殖户滥用药物、未按规定执行休药期、兽药和饲料质量问题、环境污染等。因此, 需要通过抓好源头、多措并举的方法控制当前鸡蛋中药物残留情况。加大药物残留危害的宣传力度, 指导养殖户科学用药、加强饲养管理, 改善饲养环境和饲养方式, 加强饲料和饮水的控制, 减少病菌侵入, 提高鸡群免疫能力, 减少鸡群发病率、产蛋期按规定执行休药期, 杜绝使用违禁药物, 慎用少用抗生素, 合理使用中药和益生菌添加剂。

参考文献

- [1] 陈冬梅. 关于鸡蛋食用价值的探讨[J]. 中国酿造, 2013, 32(6): 12–15.
- [2] Chen DM. Discussion on the edible value of eggs [J]. Chin Brew, 2013, 32(6): 12–15.
- [3] Ann CR, Laura EH, Roger G, *et al.* A survey of free-range egg farmers in the United Kingdom: Knowledge, attitudes and practices surrounding antimicrobial use and resistance [J]. Vet Anim Sci, 2019, 8: 1–11.
- [4] Gallardo GA, Muldoon C, Becker B, *et al.* Activity and predicted nephrotoxicity of synthetic antibiotics based on polymyxin B [J]. J Med Chem, 2016, 59(3): 1068–1077.
- [5] Wollenberger L, Halling SB, Kusk KO. Acute and chronic toxicity of veterinary antibiotics to *Daphnia magna* [J]. Chemosphere, 2000, 40(7): 723–730.
- [6] 孙雷, 李丹, 毕言锋, 等. 抗病毒药物的毒性及残留检测方法研究进展 [J]. 中国兽药杂志, 2013, 47(10): 57–61.
- [7] Sun L, Li D, Bi YF, *et al.* Research development to toxicity and residue detection methods of the antiviral drugs [J]. Chin J Vet Drug, 2013, 47(10): 57–61.
- [8] 曹巧玲, 杨凯, 武泽新. 氯霉素的毒性作用和检测方法研究进展 [J]. 职业与健康, 2013, 29(16): 2095–2097.
- [9] Cao QL, Yang K, Wu ZX. Research progress of toxicity and detection methods of chloramphenicol [J]. Occup Health, 2013, 29(16): 2095–2097.
- [10] 张萍. 鸡蛋中抗生素类药物残留的研究进展 [J]. 北方药学, 2015, 12(4): 90–91.
- [11] Zhang P. Research progress of antibiotic residues in eggs [J]. Northern Pharm, 2015, 12(4): 90–91.
- [12] 杨娜娜, 刘聚祥, 王琳, 等. 鸡蛋中兽药残留及检测技术的研究进展 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2015, 2: 226–228.
- [13] Yang NN, Liu JX, Wang L, *et al.* Research progress of veterinary drug residues and detection technology in eggs [J]. Heilongjiang Anim Sci Vet Med, 2015, 2: 226–228.
- [14] 杨萍, 刘阳, 徐丹先, 等. 2016 年云南省部分地区鸡蛋中兽药及禁用药物残留监测结果分析 [J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(10): 3854–3857.
- [15] Yang P, Liu Y, Xu DX, *et al.* Analysis of monitoring results of veterinary drugs and banned drugs in eggs in some areas of Yunnan province in 2016 [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(10): 3854–3857.
- [16] 施杏芬, 陆国林. 兽用喹诺酮类药物残留的危害及对策 [J]. 中国动物检疫, 2008, 25(9): 16–17.
- [17] Shi XF, Lu GL. Harm and countermeasure of quinolones residues in animals [J]. Chin Anim Health Inspect, 2008, 25(9): 16–17.
- [18] 刘春霞, 喻超, 王成, 等. 五氯酚酸钠原药对大鼠致畸形的试验研究 [J]. 公共卫生与预防医学, 2003, 13(4): 422–423.
- [19] Liu CX, Yu C, Wang C, *et al.* Experimental study on the teratogenicity of sodium pentachlorophenolate in rats [J]. Pub health Prev Med, 2003, 13(4): 422–423.
- [20] 陈则亮. 鸡蛋中兽药残留超标原因探讨及对策 [J]. 新农村, 2017, 2: 82.
- [21] Chen ZL. Discussion on the causes and countermeasures of veterinary drug residues in eggs [J]. New Countryside, 2017, 2: 82.
- [22] 徐飞, 刘峰, 张亚军, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定鸡肉和鸡蛋中氯霉素和甲硝唑 [J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 28(6): 759–762.
- [23] Xu F, Liu F, Zhang YJ, *et al.* Rapid determination of chloramphenicol and metronidazole in chicken and eggs by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Food Hyg, 2016, 28(6): 759–762.

- [15] 李晓晶, 于鸿, 甘平胜, 等. 广州市居民动物性膳食中喹诺酮和四环素类抗生素残留暴露评估[J]. 现代预防医学, 2016, 43(24): 4447–4451.
Li XJ, Yu H, Gan PS, *et al.* Assessment of exposure of Guangzhou residents to quinolones and tetracyclines antibiotics in animal dietary [J]. Mod Prev Med, 2016, 43(24): 4447–4451.
- [16] Lu ZL, Deng FF, He R, *et al.* A pass-through solid-phase extraction clean-up method for the determination of 11 quinolone antibiotics in chicken meat and egg samples using ultra-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Microchem J, 2019, 151. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104213>
- [17] 何祥祥, 杨华, 戴宝林, 等. 冷鲜鸡污染微生物磺胺类和喹诺酮类耐药基因分析[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(4): 555–559.
He XX, Yang H, Dai BL, *et al.* Detection of the antibiotic genes of sulfonamides and quinolones of bacteria in refrigerated chicken [J]. J Zhejiang Agric, 2017, 29(4): 555–559.
- [18] 葛林科, 任红蕾, 鲁建江, 等. 我国环境中新兴污染物抗生素及其抗性基因的分布特征[J]. 环境化学, 2015, 34(5): 875–883.
Ge LK, Ren HL, Lu JJ, *et al.* Occurrence of antibiotics and corresponding resistance genes in the environment of China [J]. Environ Chem, 2015, 34(5): 875–883.
- [19] 刘晓晖, 卢少勇. 大通湖表层水体中抗生素赋存特征与风险[J]. 中国环境科学. 2018, 38(1): 320–329.
Liu XH, Lu SY. Occurrence and ecological risk of typical antibiotics in surface water of the Datong lake, China [J]. Chin Environ Sci, 2018, 38(1): 320–329.
- [20] Kummerer K. Antibiotics in the aquatic environment: A review—Part I [J]. Chemosphere, 2009, 75(4): 417–434.
- [21] Zhu YG, Johnson TA, Su JQ, *et al.* Diverse and abundant antibiotic resistance genes in Chinese swine farms [J]. Proc Nat Acad Sci U S A, 2013, 110(9): 3435–3440.
- [22] 朱婷婷, 宋战锋, 段标标, 等. 深圳石岩水库抗生素污染特征与健康风险初步评价[J]. 环境与健康杂志, 2013, 30(11): 107–110.
Zhu TT, Song ZF, Duan BB, *et al.* Research on pollution and health risk by antibiotics in source water of Shiyan reservoir in Shenzhen [J]. J Environ Heal, 2013, 30(11): 107–110.
- [23] 纵亚男, 邵美玲, 梁梦琦, 等. 长三角某城镇典型小流域水体抗生素的污染分布特征[J]. 农业环境科学学报, 2018, 37(5): 965–973.
Zong YN, Shao ML, Liang MQ, *et al.* Occurrence and distribution of antibiotics in the surface water of a typical urban river in the Yangtze river delta [J]. J Agro-Environ Sci, 2018, 37(5): 965–973.
- [24] 唐娜, 张圣虎, 陈政宏, 等. 长江南京段表层水体中 12 种磺胺类抗生素的污染水平及风险评价[J]. 环境化学, 2018, 37(3): 505–5112.
Tang N, Zhang SH, Chen MH, *et al.* Contamination Level and risk assessment of 12 sulfonamides in surface water of Nanjing reach of the Yangtze river [J]. Environ Chem, 2018, 37(3): 505–5112.
- [25] 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.* Analysis on detection results of tetracycline antibiotics residue in eggs and chicken in Hubei province from 2016 to 2018 [J]. Mod Prev Med, 2019, 46(14): 2554–2557.
- [26] 杨欢春, 刘峰, 徐飞, 等. 2016 年–2017 年宁夏市售鸡蛋和鸡肉中四环素类抗生素残留监测分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2018, 28(9): 1117–1119.
Yang HC, Liu F, Xu F, *et al.* Analysis of detection results of tetracycline antibiotics residues in eggs and chicken in Ningxia during 2016–2017 [J]. Chin J Health Lab Tec, 2018, 28(9): 1117–1119.
- [27] 朱琼仙, 郭元, 刘相鲲. 2016 年攀枝花市食品中化学污染物及有害因素监测结果[J]. 职业与健康, 2018, 34(8): 1049–1052.
Zhu QX, Guo Y, Liu XK, *et al.* Monitoring results of chemical contaminants and harmful factors in food of Panzhihua City in 2016 [J]. Occup health, 2018, 34(8): 1049–1052.
- [28] 张涛, 李静娜, 龙彩虹, 等. 衡阳市售动物源性食品中四环素抗生素残留调查[J]. 现代预防医学, 2017, 44(7): 1194–1197.
Zhang T, Li JN, Long CH, *et al.* Tetracycline antibiotic residues in animal-origin foods in Hengyang [J]. Mod Prev Med, 2017, 44(7): 1194–1197.
- [29] 尹伶灵, 杨修镇, 李有志, 等. 基于 PRIME HLB 快速前处理技术的鸡蛋中 38 种药物残留快速检测方法研究及其在风险监测中的应用[J]. 中国兽药杂志, 2019, 53(5): 17–25.
Yin LL, Yang XZ, Li YZ, *et al.* Rapid Detection of 38 drug residues in eggs based on primehlb and its application in risk monitoring [J]. Chin J Vet Drug, 2019, 53(5): 17–25.
- [30] 刘家阳. 固相萃取净化-超高效液相色谱串联四级杆质谱检测鸡蛋及蛋制品中氯霉素和氟苯尼考药物残留[J]. 中国卫生检验杂志, 2018, 28(24): 2971–2973.
Liu JY. Simultaneous determination of chloramphenicol and florfenicol residues in eggs and egg products by solid phase extraction-ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Chin J Health Lab Tec, 2018, 28(24): 2971–2973.
- [31] Xie X, Wang B, Pang M, *et al.* Quantitative analysis of chloramphenicol, thiamphenicol, florfenicol and florfenicol amine in eggs via liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry [J]. Food Chem, 2018, 269: 542–548.
- [32] 蒋定之, 辛丽娜, 谭喜梅, 等. PRiME HLB 固相萃取/高效液相色谱—串联质谱法快速测定鸡蛋中 48 种兽药残留[J/OL]. 食品工业科技, 2019, 22: 259–266.
Jiang DZ, Xin LN, Tan XM, *et al.* PRiME HLB solid-phase extraction procedure combined with liquid chromatography-tandem mass spectrometry for multi-residue determination of 48 veterinary drugs in eggs [J/OL]. Sci Technol Food Ind, 2019, 22: 259–266.
- [33] 刘洪斌, 姚喜梅, 蔡英华, 等. UPLC-MS/MS 检测鸡蛋中 16 种磺胺类药物残留[J]. 分析实验室, 2015, (10): 1141–1144.
Liu HB, Yao XM, Cai YH, *et al.* Simultaneous determination of sixteen sulfonamides residues in eggs using liquid chromatography coupled with electrospray ionization tandem mass spectrometry [J]. Chin J Anal Lab, 2015, (10): 1141–1144.
- [34] 杨盛茹, 张恒业, 张煌, 等. UPLC-MS/MS 检测鸡蛋中 22 种喹诺酮类药物残留方法的研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(8): 262–268.
Yang SR, Zhang HY, Zhang H, *et al.* Simultaneous determination of twenty-two quinolone residues in eggs using ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Mod Food Sci Technol, 2017, 33(8): 262–268.
- [35] 倪海平, 朱宝立, 朱鸿儒. 超高效液相色谱-串联质谱法测定鸡蛋中 15 种药物残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(9): 3549–3555.
Ni HP, Zhu BL, Zhu HR. Simultaneous determination of 15 drugs residues in eggs by ultra performance liquid chromatography-tandem mass

- spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2017, 8(9): 3549–3555.
- [36] Zhang ZW, Wu YP, Li XW, *et al.* Multi-class method for the determination of nitroimidazoles, nitrofurans, and chloramphenicol in chicken muscle and egg by dispersive–solid phase extraction and ultra–high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry [J]. *Food Chem*, 2017, 217: 182–190.
- [37] 齐刚, 张秀芹, 刘婷, 等. 超高效液相色谱串联质谱法检测鸡蛋中金刚烷胺和金刚乙胺的残留量[J]. *现代畜牧科技*, 2017, 25(1): 4–7.
- Qi G, Zhang XQ, Liu T, *et al.* Determination of amantadine and amantadine residues in eggs by ultra performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry [J]. *Mod Anim Husbandry Sci Technol*, 2017, 25(1): 4–7.
- [38] European Commission Directorate–General for Health and Food Safety. SANTE/11813/2017. Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticides residues analysis in food and feed [Z].
- [39] Fabiano B, Cristina R, Rodrigo BH. A simple and high–throughput method for determination and confirmation of 14 coccidiostats in poultry muscle and eggs using liquid chromatography – quadrupole linear ion trap–tandem mass spectrometry (HPLC–QqLITMS/MS): Validation according to European Union 2002/657/EC [J]. *Talanta*, 2017, 168: 43–51.
- [40] Olejnik M, Szprengier–Juszkiewicz T, Jedziniak P, *et al.* Residue control of coccidiostats in food of animal origin in Poland during 2007–2010 [J]. *Food Addit Contam. Part B Surveill*, 2011, 4: 259–267.
- [41] Bilandžić N, Dolenc J, Gačnik KS, *et al.* Feed additives diclazuril and nicarbazin in egg and liver samples from Croatian farms [J]. *Food Addit Contam Part B Surveill*, 2013, 6: 90–97.
- [42] Marilena E, Dasenaki, Nikolaos S, *et al.* Multi–residue methodology for the determination of 16 coccidiostats in animal tissues and eggs by hydrophilic interaction liquid chromatography–Tandem mass spectrometry [J]. *Food Chem*, 2019, 275: 668–680.
- [43] Dorne JL, Fernandez–Cruz ML, Bertelsen U, *et al.* Risk assessment of coccidiostats during feed cross contamination: Animal and human health aspects [J]. *Toxicol Appl Pharm*, 2013, 270(3): 196–208.
- [44] Agunos A, Leger DF, Carson CA, *et al.* Antimicrobial use surveillance in broiler chicken flocks in Canada, 2013–2015 [J]. *PLoS One*, 2017, 12(6): e0179384.
- [45] Zhang X, Song Y, Jia Q, *et al.* Simultaneous determination of 58 pesticides and relevant metabolites in eggs with a multi–functional filter by ultra–high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry [J]. *J Chromatogr A*, 2019, 1593: 81–90.
- [46] Song NE, Lee JY, Mansur AR, *et al.* Determination of 60 pesticides in hen eggs using the QuEChERS procedure followed by LC–MS/MS and GC–MS/MS [J]. *Food Chem*, 2019, 298: 1–10.
- [47] Angeliki C, Charalampous, Konstantinos S, *et al.* Fipronil in eggs. Is LC–MS/MS the only option? A comparison study of LC–MS/MS and GC–ECD for the analysis of fipronil [J]. *J Chromatogr*, 2019, 1129: 121785.
- [48] Guo Q, Zhao S, Zhang J, *et al.* Determination of fipronil and its metabolites in chicken egg, muscle and cake by a modified QuEChERS method coupled with LC–MS/MS [J]. *Food Addit Contam Part A*, 2018, 35: 1543–1552.
- [49] 蔡圆圆, 林丹, 山若青, 等. 温州市畜禽肉蛋中兽药残留监测分析[J]. *中国卫生检验杂志*, 2017, 27(2): 245–249.
- Cai YY, Lin D, Shan RQ, *et al.* Surveillance and analysis of veterinary drug residues in livestock and poultry meat and eggs in Wenzhou [J]. *Chin J Health Lab Tec*, 2017, 27(2): 245–249.
- [50] 倪承珠, 郝伟, 张海君. 台州市市售动物源食品兽药残留监测分析[J]. *中国卫生检验杂志*, 2019, 29(1): 92–94.
- Ni CZ, Hao W, Zhang HJ, *et al.* Monitoring results analysis of veterinary drug residues in animal–derived food from markets in Taizhou [J]. *Chin J Health Lab Tec*, 2019, 29(1): 92–94.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



韵小娟, 高级兽医师, 主要研究方向为饲料、兽药、畜禽产品质量安全监督检验与安全评价。

E-mail: 1848324829@qq.com