

食品中诺氟沙星残留管式化学发光免疫测定法的研究

王毅谦*, 龙云凤, 陈雷, 柳菡, 张晓燕, 蒋鲁岩, 高玲, 封振, 马丽
(南京海关动植物与食品检测中心, 南京 210009)

摘要: **目的** 建立检测食品中诺氟沙星 (norfloxacin, NFLX) 残留的管式化学发光免疫测定法 (chemiluminescence immunoassay, CLIA)。**方法** 以磁性微粒为固相载体, 通过优化抗原包被浓度、磁微粒稀释度、反应时间及 pH 值, 建立一种可以检测食品中诺氟沙星残留的管式化学发光免疫测定法。**结果** 该方法的检测范围为 0.1668~68.6804 ng/mL, 检测限为 0.1161 ng/mL, 准确度为 94.52%, 灵敏度为 1.8717 ng/mL, 变异系数 < 10%, NFLX 与洛美沙星、氧氟沙星、恩诺沙星、环丙沙星交叉反应极低。**结论** 本研究建立的 NFLX-CLIA 测定法特异性、灵敏度、准确度、重复性均符合要求, 样本前处理简单, 检测时间短, 适用于食品中诺氟沙星残留的检测。

关键词: 诺氟沙星; 管式化学发光免疫测定法; 磁微粒

Study on the tubular chemiluminescence immunoassay for the determination of norfloxacin residues in food

WANG Yi-Qian*, LONG Yun-Feng, CHEN Lei, LIU Han, ZHANG Xiao-Yan, JIANG Lu-Yan, GAO Ling, FENG Zhen, MA Li

(Animal Plant and Food Inspection Center of Nanjing Customs, Nanjing 210009, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of norfloxacin (NFLX) by tubular chemiluminescent immunoassay (CLIA) with high sensitivity and specificity. **Methods** Magnetic particles were used as solid phase carrier to establish the CLIA method for the determination of norfloxacin residues in food by optimizing the concentration of antigen coating, dilution of magnetic particles, reaction time and pH value. **Results** The NFLX-CLIA showed an excellent performance with a liner detection range of 0.1668~68.6804 ng/mL, the detective limit of 0.1161 ng/mL, the accuracy of 94.52%, the sensitivity of 1.8717 ng/mL, and variation coefficient of less than 10%. The cross reaction of NFLX with lomefloxacin, ofloxacin, enrofloxacin and ciprofloxacin was very low. **Conclusion** The NFLX-CLIA assay established in this study has high specificity, sensitivity, accuracy and repeatability. The sample pretreatment is simple and the detection time is short. It is suitable for the determination of norfloxacin residues in food.

KEY WORDS: norfloxacin; chemiluminescence immunoassay; magnetic particles

基金项目: 江苏出入境检验检疫局科技计划项目(2018KJ62)

Fund: Supported by Science and Technology Plan Project of Jiangsu Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau (2018KJ62)

*通讯作者: 王毅谦, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测工作。E-mail: w1000319@163.com

*Corresponding author: WANG Yi-Qian, Senior Engineer, Nanjing Customs Animal and Plant and Food Testing Center, No.39, Chuangzhi Road, Xincheng Science and Technology Park, Jianye District 210041, Nanjing, Jiangsu, China, E-mail: w1000319@163.com

1 引言

诺氟沙星(norfloracin, NFLX)是第三代氟喹诺酮类药物,具有抗菌谱广、作用迅速、组织穿透力强、价格低廉等优点,广泛用于禽兽及水产养殖疾病的治疗和预防^[1]。其抑菌机制主要是抑制细菌拓扑异构酶 IV 和 DNA 螺旋酶活性,从而阻碍细菌 DNA 复制、转录、修复和重组^[2]。目前,市面上流通的氟喹诺酮类药物主要有洛美沙星、氧氟沙星、恩诺沙星、诺氟沙星、环丙沙星等^[3]。诺氟沙星具有一定的毒副作用,长期摄入含有诺氟沙星的动物源食品,会导致抗生素在人体内残留蓄积,使人体产生耐药性并影响人体健康^[4],严重时会对食用者产生直接毒性及潜在“三致”作用(致癌、致畸、致突变)^[5]。

目前检测诺氟沙星的方法主要有酶联免疫法(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)^[6]、毛细管电泳法(capillary electrophoresis, CE)^[7]、液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)^[8]、液相质谱法(mass spectrometry, MS)^[9]、液相色谱串联质谱法(liquid chromatography-mass spectrometry, LC-MS)^[10-12]、化学发光免疫测定法(chemiluminescent enzyme immunoassay assay, CLIA)等。虽然目前检测方法很多,但是难以在保证快速、高效的同时实现成本最低化。毛细管电泳法灵敏度较低、选择性较差;MS、LC-MS 方法操作步骤繁琐,需要贵重仪器,一般在对阳性结果做出准确判断时使用 HPLC 法检测结果稳定,灵敏度较高,但由于方法和仪器自身的限制,检出限难以进一步降低,且前处理过程比较繁琐;管式化学发光免疫测定法是化学发光免疫测定法中的一种,它是以磁性微粒为固相载体,基于抗原抗体特异性反应的一种免疫分析方法,具有灵敏度高、反应迅速等特点^[13,14],且不需要大型仪器和昂贵试剂,大大节约了成本。

本研究利用磁性微粒连接诺氟沙星作为载体,在 U 型反应管中进行抗原抗体免疫反应,优化各反应参数,并评估其性能,从而建立了一种准确度高、重复性好的管式化学发光免疫测定法(norfloracin chemiluminescent enzyme immunoassay, NFLX-CLIA),并对实际样本进行了检测,以期对诺氟沙星的定量检测提供一种简便的方式,为大规模的普遍检测提供参考。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

氨基磁微粒(上海阿拉丁公司);诺氟沙星标准品(纯度为 99%,美国 Sigma 公司);卵清白蛋白(ovalbumin, OVA)、N-羟基琥珀酰亚胺(N-Hydroxysuccinimide, NHS)、

1-乙基-(3-二甲基丙基)碳化二亚胺(carbodiimide, EDC)、N,N-二甲基甲酰胺(dimethylformamide, DMF)(美国 Sigma 公司);诺氟沙星-卵清蛋白交联复合物(norfloracin - ovalbumin cross-linked complex, NFLX-OVA)、吡啶酯-抗诺氟沙星单克隆抗体(实验室自制);诺氟沙星单克隆抗体(苏州快捷康公司)。

磁微粒包被液: 0.05 mol/L 磷酸二氢钠-磷酸氢二钠、CLIA 发光启动液: H₂O₂ 稀碱溶液、磁微粒活化液: 50%戊二醛、样本提取液: 10%甲醇-聚丁二酸丁二醇酯(polybutylene succinate, PBS)溶液(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);PBS 溶液: 0.01 mol/L 磷酸盐缓冲液(pH 7.4)(江苏凯基生物技术股份有限公司);对苯二甲酸丁二醇酯(polybutylene butylene terephthalate, PBST)洗液: 0.05% 吐温-20 的 PBS 溶液, pH 7.4、封闭液: 1% OVA 溶液、磁微粒储存液: 甘氨酸-BSA 溶液(美国 Sigma 公司)。

2.2 仪器

iFlash 3000 化学发光仪(深圳亚辉龙生物公司);FM-2 粉碎机(上海科恒公司);TS100 恒温回旋振荡器(杭州瑞诚公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 NFLX-CLIA 分析法的建立

(1) NFLX 与 OVA 进行偶联

称取 20 mg NFLX、12.5 mg EDC 和 10 mg NHS 溶解于 1 mL DMF 中,室温搅拌 24 h 即得反应溶液 A;称取 50 mg OVA,充分溶解于 3 mL PBS 中,获得反应溶液 B;将 A 液逐滴缓慢加入到 B 液中,室温搅拌 3 h,反应结束后装入透析袋中,4 °C 条件下用 PBS 透析 3 d,每 7~9 h 换一次透析液;将透析液用滤膜(0.22 μm)过滤后分装冻存。

(2) NFLX-OVA 溶液与磁微粒结合进行反应

取 1 mg 磁微粒置于离心管中,磁分离去上清,加入活化液作用 30 min,磁分离去上清,PBST 洗涤 2 次,加入 10 μg/mL NFLX-OVA 溶液 37 °C 恒温回旋振荡器上包被 2 h,磁分离去上清,加入 OVA 溶液于 37 °C 恒温回旋振荡器上封闭 2 h,磁分离去上清,PBST 洗涤 2 次。取预包被磁微粒 2 μL 按照 1:300 稀释度 PBS 稀释,磁分离去上清,加系列 NFLX 标准品或者待测样本 100 μL 以及吡啶酯-抗 NFLX 单克隆抗体 100 μL 于 37 °C 恒温回旋振荡器上反应 30 min,加入 100 μL CLIA 发光启动液,读取发光值(relative light units, RLU)。

2.3.2 NFLX-CLIA 反应体系的优化

(1) 确定 NFLX-OVA 溶液包被浓度

取 1 mg 磁微粒置于离心管中,磁分离去上清,加入

活化液作用 30 min, 磁分离去上清, PBST 洗涤 2 次, 分别加入 1、5、10、20 $\mu\text{g/mL}$ NFLX-OVA 溶液 37 $^{\circ}\text{C}$ 恒温回旋振荡器上包被 2 h, 磁分离去上清。应用 Brad-ford 法对上清中 NFLX-OVA 浓度进行定量分析, 计算各浓度 NFLX-OVA 溶液的结合效率。

(2) 确定磁微粒稀释度

将已包被好的 NFLX 磁微粒按照 1:100、1:200、1:300、1:400 比例稀释后分别加入 0、100 ng/mL 的 NFLX 标准品进行反应, 测定发光值 RLU_0 、 RLU_{100} 。

(3) 确定反应时间

确定磁微粒稀释度, 加入 0、100 ng/mL 的 NFLX 标准品进行反应 10、20、30、40 min, 测定发光值 RLU_0 、 RLU_{100} 。

2.3.3 NFLX-CLIA 性能评估

用 PBS 稀释制备系列 NFLX 标准品 0.1、1、5、10、50、100 ng/mL, 按照本实验的 NFLX-CLIA 测定方法, 确定标准曲线。

检测限: IC_{10} 所对应的浓度值。检测范围: IC_{15} ~ IC_{90} 所对应的浓度值范围。灵敏度: 抑制率为 50% 时 (IC_{50}) 的浓度。准确度: 取定值浓度 (T) 样本, 重复测定 3 次, 根据标准曲线方程计算得出对应的浓度值, 计算其平均值 (M), 其准确度 $B=M/T \times 100\%$ 。重复性: 用 2 个定值浓度样本重复测量 10 次, 根据标准曲线方程计算得出对应的浓度值, 分别计算两种样本的平均值 (M) 和标准差 (SD), 计算变异系数 (coefficient of variation, CV)= $SD/M \times 100\%$ 。

2.4 添加回收试验

采用标准添加法, 向空白猪肉中分别添加 1、10 和 50 $\mu\text{g/kg}$ 的诺氟沙星标准品。各浓度进行 5 个样品平行试验, 重复 3 次, 计算回收率及变异系数。

2.5 动物模型的建立及组织处理

30 只试验用雄性 AA 白羽肉鸡, 15 日龄, 购于江苏江海禽业集团, 饲养于江苏省农业科学院实验动物中心, 温度 28~31 $^{\circ}\text{C}$, 湿度 55%~65%, 每天光照 12~14 h, 保持通风换气。将 30 只小鸡随机分为 3 组, 空白对照组、诺氟沙星低剂量组和诺氟沙星高剂量组, 每组各 10 只。空白对照组每天灌喂生理盐水, 诺氟沙星低剂量组每天灌喂给药 10 mg/kg 诺氟沙星, 诺氟沙星高剂量组每天灌喂给药 25 mg/kg 诺氟沙星, 连续灌喂 3 天。停止给药后第二天进行麻醉, 取肌肉 0.5 g, 2 mL 提取液振荡 30 min, 离心 15 min 后, 取上清备用。

2.6 数据统计分析

采用 SPSS 21.0 统计软件对实验数据进行统计学处理, 数据处理图表均由 GraphPad Prism 5 软件完成。组间比较

采用 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3 结果与分析

3.1 NFLX-CLIA 反应体系的优化

3.1.1 NFLX-OVA 溶液包被浓度

将浓度分别为 1、5、10、20 $\mu\text{g/mL}$ 的 NFLX-OVA 溶液进行包被, 包被完成后磁分离去上清液。应用 Brad-ford 法对上清中 NFLX-OVA 浓度进行定量分析, 计算各浓度 NFLX-OVA 溶液的结合效率, 结合效率=(结合前溶液浓度-结合后溶液浓度) \times 反应体积/结合前溶液浓度 \times 反应体积。如图 1 所示, 1 $\mu\text{g/mL}$ NFLX-OVA 溶液结合效率为 0.069, 5 $\mu\text{g/mL}$ NFLX-OVA 溶液结合效率为 0.077, 10 $\mu\text{g/mL}$ NFLX-OVA 溶液结合效率为 0.106, 20 $\mu\text{g/mL}$ NFLX-OVA 溶液结合效率为 0.113。10 $\mu\text{g/mL}$ 和 20 $\mu\text{g/mL}$ NFLX-OVA 溶液结合效率与其他组相比, 差异极显著 ($P < 0.001$), 但 2 者之间无明显差异。考虑检测高效的原则, 选择 10 $\mu\text{g/mL}$ 作为 NFLX-OVA 溶液包被浓度。

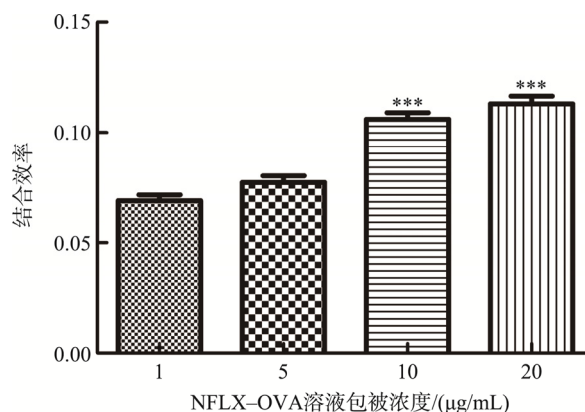


图 1 不同浓度 NFLX-OVA 溶液结合效率

Fig.1 The binding efficiency of different concentrations of NFLX-OVA solution

3.1.2 磁微粒稀释度

磁微粒的稀释度对反应结果有一定的影响。如图 2 所示, 左侧纵坐标为 0 ng/mL 的 NFLX 标准品的发光值 RLU_0 , 右侧为 0 ng/mL、100 ng/mL 的 NFLX 标准品的发光比值 $\text{RLU}_{100}/\text{RLU}_0$ 。在 1:300 磁微粒稀释度下, RLU_0 值最高, $\text{RLU}_{100}/\text{RLU}_0$ 最低, 其灵敏度最高, 因此确定磁微粒的最佳稀释度为 1:300。

3.1.3 反应时间

反应时间的长短对反应结果有很大影响, 因此需要确定反应的最适时间。如图 3 所示, 在反应时间 30 min 后, 随着反应时间的延长 RLU_0 数值变化趋于平缓, 考虑检测

高效的原则,选择较短的反应时间。在反应 30 min 时 RLU_{100}/RLU_0 的比值较低, RLU_0 较高,符合检测要求,因此确定最佳反应时间为 30 min。

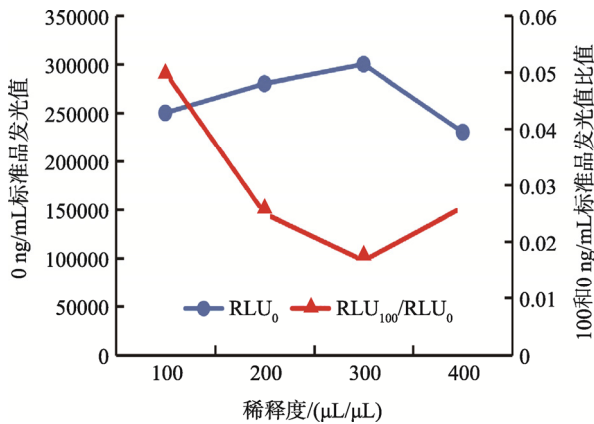


图2 磁微粒稀释度对NFLX-CLIA的影响

Fig.2 The effect of magnetic particle dilution on NFLX-CLIA

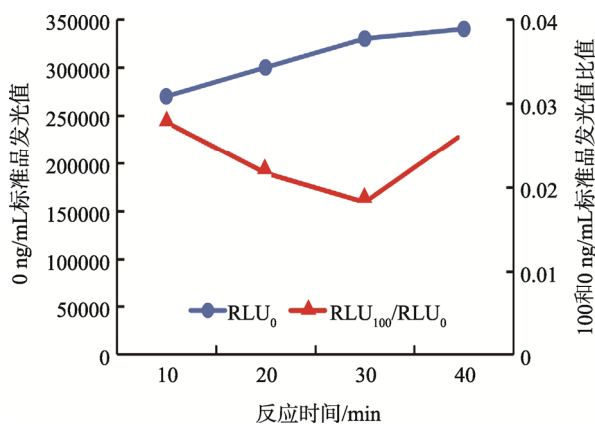


图3 反应时间对NFLX-CLIA的影响

Fig.3 The effect of time on NFLX-CLIA

3.2 NFLX-CLIA 测定法的建立

用 PBS 稀释制备系列 NFLX 标准品 0.1、1、5、10、50、100 ng/mL,按照公式 $IC\% = (1 - \text{实验组发光值}/\text{对照组发光值}) \times 100\%$ 计算不同浓度 NFLX 对抗原抗体结合反应的抑制率值,优化各反应参数后建立了检测诺氟沙星的管式化学发光免疫测定法(NFLX-CLIA),确定了标准曲线。标准曲线如图 4 所示,本实验中 NFLX-CLIA 测定法的检测范围为 0.1668 ~ 68.6804 ng/mL,相关系数 r 为 0.9999,检测限为 0.1161 ng/mL,准确度为 94.52%,灵敏度为 1.8717 ng/mL。当抗原浓度分别为 10 ng/mL 和 50 ng/mL 时,其变异系数 CV 分别为 6.14%和 1.74%,表明该体系重

复性较好。该方法检测范围、检测限、准确度、重复性均符合实际工作的要求。

3.3 NFLX-CLIA 测定法交叉反应

将洛美沙星、氧氟沙星、恩诺沙星、环丙沙星分别按照如上实验方法配制一系列浓度的标准溶液,计算 IC_{50} 值及交叉反应率,交叉反应率($\%$)=(诺氟沙星的 IC_{50} 值/其他竞争物的 IC_{50} 值) $\times 100$,检测结果如表 1 所示,诺氟沙星与洛美沙星、氧氟沙星、恩诺沙星、环丙沙星的交叉反应极低。

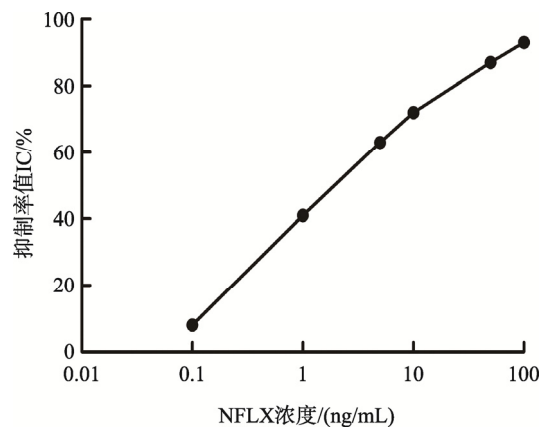


图4 NFLX-CLIA 测定法标准曲线

Fig.4 Standard curve of NFLX-CLIA

表1 NFLX-CLIA 测定法检测诺氟沙星与其他药物的交叉反应性
Table 1 The cross-reaction to NFLX and other drugs detection by CLIA

添加物质	IC_{50} (ng/mL)	交叉反应率
诺氟沙星	1.87	/
洛美沙星	137.63	1.36%
氧氟沙星	112.08	1.67%
恩诺沙星	220.32	0.85%
环丙沙星	121.43	1.54%

3.4 添加回收试验

按照上述 2.4 方法,在空白猪肉中添加 3 个不同浓度的诺氟沙星标准品进行回收率试验。各浓度进行 5 个

样品平行试验, 重复 3 次, 检测结果见表 2。添加试验回收率在 92%~109%之间, 变异系数均<10%, 且实际检测浓度与添加浓度接近, 表明该测定法的准确度及精密性良好。

3.5 NFLX-CLIA 测定法检测动物模型组织样本

与空白对照组比, 模型组小鸡出现腹泻症状, 被毛失去光泽, 行动迟缓, 腹腔内脏器官出现损害。用 NFLX-CLIA 测定法对空白对照组、诺氟沙星低剂量组和诺氟沙星高剂量组小鸡肌肉样本进行检测, 结果如表 3 所示, 在模型组肌肉中能够检测到诺氟沙星。

表 2 猪肉中诺氟沙星添加回收率试验($n=3$)
Table 2 Recovery test of NFLX addition in pork ($n=3$)

添加浓度 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	样本	测定值	CV/%	回收率/%
1	1	1.05±0.04	4.15	105.00
	2	0.95±0.05	5.17	95.33
	3	1.03±0.05	4.60	102.67
	4	1.09±0.03	2.75	109.00
	5	0.92±0.04	4.35	92.00
10	1	10.23±0.39	3.84	102.33
	2	10.66±0.27	2.54	106.57
	3	9.58±0.49	5.14	95.83
	4	10.35±0.43	4.16	103.53
	5	10.19±0.23	2.22	101.90
50	1	51.84±1.65	3.19	103.68
	2	52.45±1.34	2.55	104.91
	3	49.48±1.76	3.56	98.96
	4	48.37±1.12	2.32	96.73
	5	51.65±1.91	3.69	103.31

4 结 论

管式化学发光免疫测定法是将高灵敏度的化学发光检测与高特异性的免疫反应结合起来, 用于检测各种抗原、半抗原、抗体、酶、激素和药物等的分析技术^[15]。该方法是将化学发光剂直接标记在抗体上, 抗原与抗体特异性结合后, 检测发光值, 从而对抗原进行定量测定, 化学发光剂为吖啶酯。与传统酶联免疫分析相比, 该方法具有更高的灵敏度、更宽的线性范围、更好的重复性。

表 3 NFLX-CLIA 测定法检测动物模型肌肉中诺氟沙星浓度
($n=10$)

Table 3 The concentration of NFLX detected by CLIA in tissues from NFLX-toxic animal model ($n=10$)

分组	肌肉/($\mu\text{g}/\text{kg}$)
空白对照组	0.64±0.05
诺氟沙星低剂量组	3.54±0.19
诺氟沙星高剂量组	6.42±0.25

本研究通过优化抗原包被浓度、磁微粒稀释度、反应时间及 pH 值, 建立了一种准确度高、重复性好的可以检测食品中诺氟沙星残留的管式化学发光免疫测定法。该方法特异性强, 灵敏度高, 检测范围为 0.1668~68.6804 ng/mL, 检测限为 0.1161 ng/mL, 准确度为 94.52%, 灵敏度为 1.8717 ng/mL, 变异系数 CV 小于 10%。诺氟沙星与洛美沙星、氧氟沙星、恩诺沙星、环丙沙星的交叉反应极低。该测定法在添加试验中表现出较高的重复性及准确度。利用 NFLX-CLIA 法对动物模型肌肉中诺氟沙星含量进行检测, 结果在肌肉中能够检测到诺氟沙星。综上所述, NFLX-CLIA 测定法特异性、灵敏度、准确度、重复性均符合要求, 样本前处理简单, 检测时间短, 适用于食品中诺氟沙星残留的检测。

参考文献

- [1] 刘柏林, 谢继安, 赵紫薇, 等. 超高压液相色谱-电喷雾串联四极杆质谱内标法同时测定禽类食品中 11 种喹诺酮类药物[J]. 中国食品卫生杂志, 2017, 29(3): 316-321.

Liu BL, Xie JA, Zhao ZW, et al. Simultaneous determination of eleven

- quinolones drug residues in poultry products by ultra performance liquid chromatography–electrospray ionization tandem quadrupole mass spectrometry with isotope-labelled internal standards [J]. *Chin J Food Hyg*, 2017, 29(3): 316–321.
- [2] 但菊开, 李凯. Delafloxacin: 一种新型喹诺酮类抗菌药物[J]. *中南药学*, 2017, 15(12): 1746–1749.
- Dan JK, Li K. Delafloxacin: A new type of quinolone antibacterial agent [J]. *Cent South Pharm*, 2017, 15(12): 1746–1749.
- [3] 张石云, 宋超, 陈家长. 喹诺酮类抗生素在水产养殖中应用的研究进展[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(3): 32–36.
- Zhang SY, Song C, Chen JC. Research progress of application of quinolones antibacterial drugs in aquaculture [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2019, 47(3): 32–36.
- [4] 柯庆青, 李诗言, 贝亦江, 等. HPLC–Q–TOF/MS 法同时测定渔用饲料中磺胺类和喹诺酮类药物残留[J]. *浙江农业科学*, 2019, 60(1): 129–133.
- Ke QQ, Li SY, Bei YJ, *et al.* Simultaneous determination of sulfonamides and quinolones residues in aquatic animal feeds by HPLC–Q–TOF/MS [J]. *Zhejiang Agric Sci*, 2019, 60(1): 129–133.
- [5] 刘少颖, 黄希汇, 胡柯君, 等. 杭州市动物性食品中喹诺酮类抗生素残留水平及安全性评价[J]. *中国卫生检验杂志*, 2018, 28(18): 114–116, 119.
- Liu SY, Huang XH, Hu KJ, *et al.* Residual level and safety assessment of quinolone antibiotics in animal food in Hangzhou [J]. *Chin J Health Lab Tec*, 2018, 28(18): 114–116, 119.
- [6] Jiang W, Wang Z, Beier RC, *et al.* Simultaneous determination of 13 fluoroquinolone and 22 sulfonamide residues in milk by a dual–colorimetric enzyme–linked immunosorbent assay [J]. *Anal Chem*, 2013, 85(4): 1995–1999.
- [7] Injac R, Mlinaric A, Djorjevic–milic V, *et al.* Optimal conditions for determination of zinc bacitracin, polymyxin B, oxytetracycline and sulfacetamide in animal feed by micellar electrokinetic capillary chromatography [J]. *Food Addit Contam B*, 2008, 25(4): 424–431.
- [8] Herrera–herrera AV, Hern NB, Borgesmiquel TM, *et al.* Dispersive liquid–liquid microextraction combined with ultra–high performance liquid chromatography for the simultaneous determination of 25 sulfonamide and quinolone antibiotics in water samples [J]. *J Pharm Biomed*, 2013, 75(1): 130–137.
- [9] 李宁, 张玉龙, 林涛, 等. UPLC–MS 法同时测定牛奶中磺胺类、喹诺酮类、甾体激素类及四环素类兽药残留[J]. *分析测试学报*, 2016, 35(6): 714–718.
- Li N, Zhang YL, Lin T, *et al.* Analysis of sulfonamide, quinolones, steroid hormones and tetracyclines residues in milk by ultra performance liquid chromatography– mass spectrometry [J]. *J Anal Test*, 2016, 35(6): 714–718.
- [10] 郭欣妍, 王娜, 郝利君, 等. 超高效液相色谱/串联质谱法同时测定水、土壤及粪便中 25 种抗生素[J]. *分析化学*, 2015, 43(1): 13–20.
- Guo XY, Wang N, Hao LJ, *et al.* Simultaneous detection of 25 kinds of veterinary antibiotics in soil, manure and water samples using liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *Anal Chem*, 2015, 43(1): 13–20.
- [11] 罗辉泰, 黄晓兰, 吴惠勤, 等. 快速高效液相色谱–串联质谱法同时测定水产品中 5 类 33 种药物残留[J]. *分析化学研究学报*, 2012, 40(2): 273–279.
- Luo HT, Huang XL, Wu HQ, *et al.* Simultaneous determination of 33 medicine residues in aquatic products by rapid resolution liquid chromatography–tandem mass spectrometry [J]. *J Anal Chem*, 2012, 40(2): 273–279.
- [12] 郭萌萌, 谭志军, 孙晓杰, 等. 液相色谱–串联质谱法同时测定水产品中三甲甲烷类、氯霉素类、磺胺类、氟喹诺酮类和四环素类渔药残留[J]. *中国渔业质量与标准*, 2013, 3(1): 51–58.
- Guo MM, Tan ZJ, Sun XJ, *et al.* Simultaneous determination of five kinds of veterinary drug residues in aquatic products by liquid chromatography with tandem mass spectrometry [J]. *Chin Fish Qual Stand*, 2013, 3(1): 51–58.
- [13] Yang FF, Zhu LX, Xu L, *et al.* A Rapid and sensitive chemiluminescent immunoassay of bisphenol a with NSP–SA–NHS–Labeled [J]. *Appl Mech Mater*, 2014, 707(1): 7–11.
- [14] Xiao Q, Li H, Hu G, *et al.* Development of a rapid and sensitive magnetic chemiluminescent enzyme immunoassay for detection of luteinizing hormone in human serum [J]. *Clin Biochem*, 2009, 42(13–14): 1461–1467.
- [15] 黄明聪. 基于全自动管式化学发光免疫检测系统的人血清铁蛋白定量检测试剂的研制[D]. 厦门: 厦门大学, 2014.

Huang MC. Development of quantitative microparticle immunoassay of human serum ferritin based on full-automatic tubular chemiluminescence immue analyzer [D]. Xiamen: Xiamen University, 2014.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介

王毅谦, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: w1000319@163.com



“粮油质量安全检测与分析” 专题征稿函

民以食为天, 食以安为先。食品安全的源头在农业, 粮油产品是基础。我国作为粮食生产大国和人口大国, 粮油质量安全受到政府、产业和消费者的高度关注。与此同时, 随着乡村振兴战略和农业高质量发展, 发掘不同产地、不同品种粮油产品特异品质, 促进优质粮油产品开发, 是推动粮油产业高质量发展、满足人民日益增长的消费需要的重要举措。

鉴于此, 本刊特别策划了“粮油质量安全检测与分析”专题, 由中国农业科学院油料作物研究所张良晓副研究员担任专题主编, 主要围绕粮油质量安全检测技术研究、粮油产品特异品质挖掘与评价、粮油产品质量安全风险评估、真实性与产地溯源、检测方法的标准化和分析质量控制技术以及粮油质量安全管理技术等方面展开论述和研究, 本专题计划在2020年4月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及专题主编张良晓副研究员特别邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在2020年1月20日前通过网站或E-mail投稿。我们将快速处理并优先发表。

同时, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和E-mail。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com(注明专题)

《食品安全质量检测学报》编辑部