

# 量子点微球免疫层析试纸条检测鸡蛋中恩诺沙星的性能评价

Evaluation of the performance of enrofloxacin in the detection of egg by quantum dot microsphere immunochromatography strip

张富生<sup>1</sup> 王宇宸<sup>2</sup> 卢礼生<sup>3</sup> 邓家军<sup>1</sup> 陈俊松<sup>3</sup>

ZHANG Fusheng<sup>1</sup> WANG Yuchen<sup>2</sup> LU Lisheng<sup>3</sup> DENG Jiajun<sup>1</sup> CHEN Junsong<sup>3</sup>

杨琳芬<sup>1</sup> 郭静<sup>3</sup> 吴仁伟<sup>2</sup> 赖卫华<sup>2</sup>

YANG Linfen<sup>1</sup> GUO Jing<sup>3</sup> WU Renwei<sup>2</sup> LAI Weihua<sup>2</sup>

(1. 江西省农产品质量安全检测中心, 江西 南昌 330077; 2. 南昌大学食品科学与资源挖掘  
全国重点实验室, 江西 南昌 330047; 3. 九江市农产品质量安全中心, 江西 九江 332000)

(1. Jiangxi Agricultural Product Quality Safety and Inspection Center, Nanchang, Jiangxi 330077, China;  
2. State Key Laboratory of Food Science and Resources, Nanchang University, Nanchang, Jiangxi 330047,  
China; 3. Jiujiang Agricultural Product Quality Safety Center, Jiujiang, Jiangxi 332000, China)

**摘要:**目的:现场快速筛查鸡蛋中恩诺沙星。方法:按《食品安全国家标准 食品中 41 种兽药最大残留限量》要求,依据国家市场监督管理总局 2023 年 1 月发布的《关于规范食品快速检测使用的意见》,制备 3 个浓度水平的恩诺沙星加标样本。50 份空白样本和 50 份标准限量要求 0.5 倍浓度水平(5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )的加标样本用以评价快检方法的假阳性率;50 份标准限量要求 1 倍浓度水平(10  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )的加标样本用以评价快检方法的假阴性率。50 份实际鸡蛋样本用量子点微球免疫层析试纸条与 HPLC-MS/MS 方法分别进行检测。结果:量子点微球免疫层析试纸条可以满足国家限量要求,假阴性率为 0%,假阳性率为 0%。实际样本检测时,量子点微球免疫层析试纸条与 HPLC-MS/MS 方法的结果符合率高。结论:借助于便携式读取仪,量子点微球免疫层析法可获得数字化的准确结果,适合鸡蛋中风险因子的大批量样本现场快速筛查。

**关键词:**量子点微球免疫层析试纸条;恩诺沙星;鸡蛋;性能评价

**Abstract:** Objective: This study aimed to realize rapid on-site

screening of enrofloxacin in eggs. **Methods:** According to the requirements of the “Maximum residue limit of 41 veterinary drugs in the national food safety standard” and the “Opinions on regulating the use of rapid food testing” issued by the State Market Supervision and Administration in January 2023, the spiked samples at three concentration levels of enrofloxacin were prepared. Fifty blank samples and fifty spiked samples at a concentration level of 0.5 time the standard limit requirement (5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) were used to evaluate the false positive rate of the rapid detection method. Fifty spiked samples at a concentration level of 1 time the standard limit requirement (10  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) were used to evaluate the false negative rate of the rapid detection method. Fifty real samples of eggs were detected with immunochromatographic test strips based on quantum dot microsphere and HPLC-MS/MS, respectively. **Results:** The immunochromatographic test strips based on quantum dot microsphere can meet the national limit requirements, with false negative rate of 0% and false positive rate of 0%. For the detection with real samples, the results of the immunochromatographic test strips based on quantum dot microsphere have a high coincidence rate with that of HPLC-MS/MS. **Conclusion:** With the help of a portable reader, quantum-dot microsphere immunochromatography can obtain digital and accurate results, which is suitable for rapid on-site screening of large samples of risk factors in eggs.

**Keywords:** immunochromatographic test strips based on quantum dot microsphere; enrofloxacin; eggs; performance evaluation

**基金项目:**国家重点研发计划(编号:2019YFC1605502);江西国家科技奖后备培育项目(编号:20223AEI91011)

**作者简介:**张富生,男,江西省农产品质量安全检测中心高级工程师。

**通信作者:**赖卫华(1968—),男,南昌大学教授,博士。

E-mail: laiweihua@ncu.edu.cn

**收稿日期:**2023-05-23 **改回日期:**2023-08-16

恩诺沙星属于喹诺酮类广谱抗菌药,对革兰氏阴性菌和阳性菌均有良好的抗菌作用,在降低畜禽动物的发病率和死亡率等方面起到十分显著的作用,已成为现代畜牧养殖业中不可缺少的药物之一<sup>[1]</sup>。但是,畜牧业中滥用恩诺沙星和超标使用恩诺沙星的现象普遍存在<sup>[2-3]</sup>,其后果一方面是导致动物性食品中存在兽药残留,影响人类的健康;另一方面,各种养殖场大量排泄物向周围环境排放,兽药又成为环境污染物,给生态环境带来不利影响<sup>[4]</sup>。

中国对兽药使用和残留污染防控非常重视,GB 31650—2019 和 GB 31650.1—2022 对各种食品中的兽药残留有明确限量规定,其中恩诺沙星在鱼、家禽、猪、牛、羊和其他动物组织中不得超过 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,在禽蛋中不得超过 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

目前,恩诺沙星的主要检测方法有高效液相色谱法<sup>[5-6]</sup>、质谱联用法<sup>[7-10]</sup>、表面增强拉曼散射法<sup>[11-14]</sup>、酶联免疫吸附法<sup>[15-16]</sup>和免疫层析检测方法<sup>[17-21]</sup>等。其中,GB/T 21312—2007 是确证方法,可以对恩诺沙星进行精确定量检测,但其设备昂贵、操作复杂、检测成本高、周期长等,因而无法满足大批量样本快速筛查的需要。目前,国家对食品安全的重视程度不断提高,对快速检测产品的需求越来越大,对食品安全限量标准的要求越来越严格,对食品安全快速检测方法灵敏度的要求也随之提高。灵敏度要求非常高的情况下,传统的快检方法通过肉眼进行颜色深浅的判断,主观性强,容易造成误差,出现较多的假阳性和假阴性结果,也无法提供数字化结果<sup>[22-24]</sup>。

量子点微球荧光免疫层析法是一种新型快速检测技术<sup>[25]</sup>。使用结构性能和光学性能优异的量子点荧光微球作为标记物,基于竞争抑制免疫层析技术原理,通过便携式荧光读取仪进行数据读取和分析,根据已设定的标准曲线计算样品中待测物质含量,对动物源性食品中金刚烷胺进行定量检测,提高了检测灵敏度,实现了对目标物的数字化检测,减少了人为因素导致的假阳性或假阴性结果。国家市场监督管理总局 2023 年 1 月发布了《关于规范食品快速检测使用的意见》<sup>[26]</sup>,研究拟参照其附件 4《食品快速检测产品符合性评价技术要求》,对恩诺沙星(鸡蛋)量子点微球免疫层析试纸条快检产品进行符合性评价,以为鸡蛋中恩诺沙星的现场快速筛查提供产品选择依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 仪器与试剂

#### 1.1.1 主要仪器

干式荧光免疫分析仪:AF-100 型,激发光和发射光

波长分别为 365,610 nm,江西维邦生物科技有限公司;

恒温孵育器:DH-200 型,武汉钟瑞生物科技有限公司;

天平:ZT-2 型,0.01 g,上海赞维衡器有限公司;

振荡器:JC-25 型,金坛区白塔金昌实验仪器厂;

掌上离心机:Metecor 7.2k 型,宁波拓普森科学仪器有限公司。

#### 1.1.2 主要材料

150 个经参比方法检测为阴性的鸡蛋样本:市售;

50 个与确证方法比较的实际鸡蛋样本:江西省农产品质量安全专项监测的 50 批次鸡蛋样品,编号为 1~50;

恩诺沙星(鸡蛋)量子点微球免疫层析试纸条:定量检测范围为 2.5~40.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,江西维邦生物科技有限公司;

恩诺沙星、环丙沙星、马坡沙星、洛美沙星、氧氟沙星、诺氟沙星、培氟沙星、达氟沙星、二氟沙星、氟甲喹、噁唑酸和沙拉沙星等标准品:德国 DR.E 公司。

## 1.2 试验方法

1.2.1 盲样样本制备 按照 GB 31650.1—2022 要求,鸡蛋中恩诺沙星的最大残留限量为 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。依据《关于规范食品快速检测使用的意见》中附件 4《食品快速检测产品符合性评价技术要求》制备加标样本。使用经参比方法检测为阴性的鸡蛋样本进行加标,因恩诺沙星属于有国家限量要求的物质,制备 3 个浓度水平的加标样本。空白样品、标准限量要求的 0.5 倍浓度水平加标样本用以评价快检方法的假阳性率,每个浓度水平的样本 50 份,标准限量要求 1 倍浓度水平的加标样本 50 份,用以考察快检方法的假阴性率。

1.2.2 量子点微球免疫层析试纸条的样本前处理和检测方法

(1) 样本前处理:取样部分按 GB 31650 执行(将鸡蛋去壳后搅匀),准确称取 4 g 样本于 50 mL 离心管中,加入 3 mL 恩诺沙星样本提取剂,漩涡振荡混匀 2 min,4 000 r/min 离心 5 min,准确吸取 100  $\mu\text{L}$  上清于离心管中,加入 500  $\mu\text{L}$  恩诺沙星样本稀释液混匀,离心 2 min,上层溶液即为备用待测液。

(2) 检测方法:测试前打开干式荧光免疫分析仪,将产品 ID 卡插入仪器读取产品标准曲线,将恒温孵育器设置反应温度为 37  $^{\circ}\text{C}$ ,反应时间为 10 min。检测时将恩诺沙星量子点微球荧光免疫层析快速检测卡平放至恒温孵育器上,用移液器吸取 90  $\mu\text{L}$  备用待测液加入检测卡加样孔中,37  $^{\circ}\text{C}$  孵育 10 min,反应结束后将检测卡插入干式荧光免疫分析仪检测卡槽中进行数据读取,仪器会自动给出测试结果。

1.2.3 灵敏度评价 检测恩诺沙星加标浓度为 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$

的样本 50 份,并按式(1)计算灵敏度。

$$P^+ = \frac{N_{11}}{N_1} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

$P^+$ ——灵敏度, %;

$N_{11}$ ——检出阳性结果的阳性样品数;

$N_1$ ——总阳性样品数。

1.2.4 交叉反应率评价 在空白样本中添加环丙沙星、马坡沙星、洛美沙星、氧氟沙星和诺氟沙星标准品,使其终质量浓度为 1 000  $\mu\text{g/L}$ ,用恩诺沙星量子点微球荧光免疫层析快速检测试剂盒检测,记录检测结果为阳性的最小浓度,并按式(2)计算交叉反应率。

$$C_R = \frac{C_1}{C_2} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

$C_R$ ——交叉反应率, %;

$C_1$ ——目标物质检出限,  $\mu\text{g/L}$ ;

$C_2$ ——干扰物质检出阳性时的最小质量浓度,  $\mu\text{g/L}$ 。

1.2.5 假阴性率和假阳性率评价 依据《关于规范食品快速检测使用的意见》中附件 4《食品快速检测产品符合性评价技术要求》,分别按式(3)、式(4)计算所有检测结果中的假阴性率和假阳性率。

$$P_{\bar{1}}^- = \frac{N_{12}}{N_1} \times 100\%, \quad (3)$$

$$P_{\bar{2}}^+ = \frac{N_{21}}{N_2} \times 100\%, \quad (4)$$

式中:

$P_{\bar{1}}^-$ ——假阴性率, %;

$N_{12}$ ——阳性样品的阴性结果数;

$N_1$ ——总阳性样品数;

$P_{\bar{2}}^+$ ——假阳性率, %;

$N_{21}$ ——阴性样品的阳性结果数;

$N_2$ ——总阴性样品数。

1.2.6 实际鸡蛋样本的检测比较 50 个实际鸡蛋样本分别用 GB/T 21312—2007 和量子点微球免疫层析试纸条快检方法进行检测,并比较结果符合率。

## 2 结果与分析

### 2.1 灵敏度

由表 1 可知,检出阳性结果的阳性样品数占总阳性样品数的百分比为 100%,即灵敏度为 100%。

### 2.2 交叉反应率

由表 2 可知,恩诺沙星(鸡蛋)量子点微球免疫层析试纸条在检测氟喹诺酮类药物环丙沙星、马坡沙星、洛美沙星、氧氟沙星、诺氟沙星、培氟沙星、达氟沙星、二氟沙

表 1 标准限量要求 1 倍浓度水平鸡蛋(10  $\mu\text{g/kg}$ )的量子点微球免疫层析试纸条检测结果

Table 1 Detection results of 1 time the concentration level required by the standard limit for eggs (10  $\mu\text{g/kg}$ ) with immunochromatographic test strips based on quantum dot microspheres

样本	定性检测结果	定量检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	样本	定性检测结果	定量检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	样本	定性检测结果	定量检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
1	阳性	11.23	18	阳性	11.82	35	阳性	11.27
2	阳性	11.10	19	阳性	11.02	36	阳性	11.48
3	阳性	11.92	20	阳性	10.91	37	阳性	11.28
4	阳性	11.01	21	阳性	11.04	38	阳性	11.37
5	阳性	11.34	22	阳性	10.92	39	阳性	12.09
6	阳性	10.83	23	阳性	11.45	40	阳性	11.85
7	阳性	11.09	24	阳性	10.57	41	阳性	10.83
8	阳性	11.21	25	阳性	11.38	42	阳性	11.74
9	阳性	11.20	26	阳性	11.03	43	阳性	10.91
10	阳性	11.38	27	阳性	11.34	44	阳性	11.48
11	阳性	10.92	28	阳性	11.92	45	阳性	11.92
12	阳性	11.14	29	阳性	11.38	46	阳性	11.27
13	阳性	10.98	30	阳性	12.35	47	阳性	11.73
14	阳性	12.91	31	阳性	11.07	48	阳性	10.87
15	阳性	11.22	32	阳性	11.94	49	阳性	11.38
16	阳性	11.39	33	阳性	11.03	50	阳性	11.27
17	阳性	11.87	34	阳性	10.94			

表 2 量子点微球免疫层析试纸条的交叉反应率

Table 2 Cross reactivity of immunochromatographic test strips based on quantum dot microsphere

交叉反应物质	交叉反应率/%	交叉反应物质	交叉反应率/%
环丙沙星	<0.1	达氟沙星	<0.1
马坡沙星	<0.1	二氟沙星	<0.1
洛美沙星	<0.1	氟甲喹	<0.1
氧氟沙星	<0.1	噁喹酸	<0.1
诺氟沙星	<0.1	沙拉沙星	<0.1
培氟沙星	<0.1		

星、氟甲喹、噁喹酸和沙拉沙星时,交叉反应率均<0.1%。

2.3 假阴性率和假阳性率

由表 3、表 4 可知,恩诺沙星量子点微球免疫层析试纸条在检测鸡蛋中恩诺沙星时,50 个空白样品的检测结果均为阴性,50 个标准限量要求的 0.5 倍浓度水平盲样的检测结果出现 50 个阴性,100 个阴性盲样鸡蛋的整体假阳性率为 0%。50 个标准限量要求的 1 倍浓度水平盲

样的检测结果均为阳性,即量子点微球免疫层析试纸条的假阴性率为 0%。

2.4 实际鸡蛋样本检测方法比较

由表 5 可知,采用液质联用法检测时,5、36、40、42 号样品的检测结果分别为 0.73,0.57,5.57,21.90 μg/kg,其他样品均未检出。采用量子点微球免疫层析试纸条检测时,40、42 号样品检测结果分别为 5.34,22.02 μg/kg,其他样品均未检出(量子点微球免疫层析试纸条的定量检测限为 2.5 μg/kg),说明液质联用法和量子点微球免疫层析试纸条检测结果的符合率较高。

3 结论

通过对恩诺沙星量子点微球荧光免疫层析产品评价,结果显示该方法可以满足 GB 31650.1—2022 鸡蛋中恩诺沙星残留的国家限量要求,其灵敏度为 100%,假阴性率为 0%,假阳性率为 0%,实际鸡蛋样本检测时,与国家参比方法符合率高(GB/T 21312—2007)。量子点微球荧光免疫层析法检测准确度高、特异性好,产品操作简便、快速且可以同时出具定性结果和数字化检测结果,适合鸡蛋中高风险因子的大批量样本现场筛查。后续可以

表 3 空白样品鸡蛋量子点微球免疫层析试纸条检测结果<sup>†</sup>

Table 3 Detection results of blank sample eggs with immunochromatographic test strips based on quantum dot microspheres

样本	定性检测结果	定量检测结果/ (μg · kg <sup>-1</sup> )	样本	定性检测结果	定量检测结果/ (μg · kg <sup>-1</sup> )	样本	定性检测结果	定量检测结果/ (μg · kg <sup>-1</sup> )
1	阴性	ND	18	阴性	ND	35	阴性	ND
2	阴性	ND	19	阴性	ND	36	阴性	ND
3	阴性	ND	20	阴性	ND	37	阴性	ND
4	阴性	ND	21	阴性	ND	38	阴性	ND
5	阴性	ND	22	阴性	ND	39	阴性	ND
6	阴性	ND	23	阴性	ND	40	阴性	ND
7	阴性	ND	24	阴性	ND	41	阴性	ND
8	阴性	ND	25	阴性	ND	42	阴性	ND
9	阴性	ND	26	阴性	ND	43	阴性	ND
10	阴性	ND	27	阴性	ND	44	阴性	ND
11	阴性	ND	28	阴性	ND	45	阴性	ND
12	阴性	ND	29	阴性	ND	46	阴性	ND
13	阴性	ND	30	阴性	ND	47	阴性	ND
14	阴性	ND	31	阴性	ND	48	阴性	ND
15	阴性	ND	32	阴性	ND	49	阴性	ND
16	阴性	ND	33	阴性	ND	50	阴性	ND
17	阴性	ND	34	阴性	ND			

<sup>†</sup> ND 为未检出。

表 4 标准限量要求的 0.5 倍浓度水平鸡蛋 (5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) 量子点微球免疫层析试纸条检测结果

Table 4 Detection results of 0.5 times the concentration level required by the standard limit for eggs (5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) with immunochromatographic test strips based on quantum dot microspheres

样本	定性检测 结果	定量检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	样本	定性检测 结果	定量检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	样本	定性检测 结果	定量检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
1	阴性	7.05	18	阴性	6.33	35	阴性	7.21
2	阴性	6.72	19	阴性	6.65	36	阴性	6.93
3	阴性	6.51	20	阴性	6.99	37	阴性	6.79
4	阴性	7.27	21	阴性	6.56	38	阴性	6.37
5	阴性	6.93	22	阴性	6.62	39	阴性	7.12
6	阴性	6.56	23	阴性	7.17	40	阴性	7.13
7	阴性	6.80	24	阴性	6.68	41	阴性	6.64
8	阴性	7.27	25	阴性	6.73	42	阴性	6.57
9	阴性	6.70	26	阴性	6.96	43	阴性	6.84
0	阴性	7.14	27	阴性	7.04	44	阴性	6.58
11	阴性	6.93	28	阴性	7.11	45	阴性	6.56
12	阴性	7.24	29	阴性	7.17	46	阴性	6.63
13	阴性	7.28	30	阴性	6.71	47	阴性	6.73
14	阴性	7.09	31	阳性	7.29	48	阴性	6.86
15	阴性	6.97	32	阴性	7.42	49	阴性	6.47
16	阴性	6.92	33	阴性	6.50	50	阴性	7.21
17	阴性	7.25	34	阴性	6.60			

表 5 实际鸡蛋样本检测方法的比较<sup>†</sup>

Table 5 Comparison of detection methods for real samples of eggs

样本	量子点微球免疫层析		样本	量子点微球免疫层析		样本	量子点微球免疫层析	
	试纸条检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	液质联用法 检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )		试纸条检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	液质联用法 检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )		试纸条检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	液质联用法 检测结果/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
1	ND	ND	18	ND	ND	35	ND	ND
2	ND	ND	19	ND	ND	36	ND	0.57
3	ND	ND	20	ND	ND	37	ND	ND
4	ND	ND	21	ND	ND	38	ND	ND
5	ND	0.73	22	ND	ND	39	ND	ND
6	ND	ND	23	ND	ND	40	5.34	5.57
7	ND	ND	24	ND	ND	41	ND	ND
8	ND	ND	25	ND	ND	42	22.02	21.90
9	ND	ND	26	ND	ND	43	ND	ND
10	ND	ND	27	ND	ND	44	ND	ND
11	ND	ND	28	ND	ND	45	ND	ND
12	ND	ND	29	ND	ND	46	ND	ND
13	ND	ND	30	ND	ND	47	ND	ND
14	ND	ND	31	ND	ND	48	ND	ND
15	ND	ND	32	ND	ND	49	ND	ND
16	ND	ND	33	ND	ND	50	ND	ND
17	ND	ND	34	ND	ND			

<sup>†</sup> ND 为未检出。

基于量子点微球荧光免疫层析平台,建立更多的鸡蛋中兽药残留的快速检测方法。

### 参考文献

- [1] GRABOWSKI L, GAFFKE L, PIERZYNOWSKA K, et al. Enrofloxacin—the ruthless killer of eukaryotic cells or the last hope in the fight against bacterial infections[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022, 23(7): 3 648.
- [2] 李丽, 司晓晶, 黄玥, 等. 市售水产品中恩诺沙星残留现状和检测方法[J]. *农产品加工*, 2023(2): 53-56, 61.
- LI L, SI X J, HUANG Y, et al. Current situation and detection methods of enrofloxacin residues in aquatic products in the market [J]. *Farm Products Processing*, 2023(2): 53-56, 61.
- [3] 陈月明. 我国禽蛋产品药物残留现状与控制[J]. *中国动物检疫*, 2017, 34(4): 32-35.
- CHEN Y M. Control status on drug residues in egg products in China[J]. *China Animal Health Inspection*, 2017, 34(4): 32-35.
- [4] 席峰, 颜立立, 潘春霖, 等. 鱼类恩诺沙星药物残留风险、成因与消减技术研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2023, 14(5): 155-163.
- XI F, YAN L L, PAN C L, et al. Research progress on the risk of drug residues, formation cause and reduction technology of enrofloxacin in fish[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2023, 14 (5): 155-163.
- [5] 李丹, 王鹤佳, 张玉洁, 等. QuEChERS-高效液相色谱—荧光法检测鸡蛋中环丙沙星、达氟沙星、恩诺沙星和沙拉沙星的残留量[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(18): 4 916-4 920.
- LI D, WANG H J, ZHANG Y J, et al. Determination of quinolones residues in egg by QuEChERS and high performance liquid chromatography—fluorescence detection[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2018, 9(18): 4 916-4 920.
- [6] 刘明生, 甘辉群, 谭菊, 等. 高效液相色谱法同时测定鸡蛋中恩诺沙星和环丙沙星的残留[J]. *饲料工业*, 2007(21): 39-40.
- LIU M S, GAN H Q, TAN J, et al. Simultaneous determination of enrofloxacin and ciprofloxacin residues in eggs by high performance liquid chromatography [J]. *Feed Industry*, 2007(21): 39-40.
- [7] 孙红洋, 白玉惠, 尹晖, 等. 高效液相色谱—串联质谱法检测鸡蛋和鸡组织中恩诺沙星、环丙沙星残留的研究[J]. *中国家禽*, 2020, 42(7): 54-58.
- SUN H Y, BAI Y H, YIN H, et al. Detection of enrofloxacin and ciprofloxacin residues in eggs and chicken tissues by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *China Poultry*, 2020, 42(7): 54-58.
- [8] 张逸雪. 超高效液相色谱—三重四级杆串联质谱法检测牛奶及其制品中恩诺沙星、头孢拉定、阿莫西林和氯霉素残留[J]. *分析仪器*, 2022(4): 20-25.
- ZHANG Y X. Determination of enrofloxacin, cefradine, amoxicillin and chloramphenicol residues in milk and its products by UPLC-MS/MS[J]. *Analytical Instrumentation*, 2022(4): 20-25.
- [9] 周艳华, 李涛, 潘小红, 等. 液液萃取—超高效液相色谱—串联质谱法快速检测原料乳中 18 种喹诺酮药物残留[J]. *食品与机械*, 2021, 37(8): 63-70.
- ZHOU Y H, LI T, PAN X H, et al. Simultaneous rapid determination of 18 quinolones residues in raw milk by liquid-liquid extraction and ultraperformance liquid chromatography tandem mass spectrometry[J]. *Food & Machinery*, 2021, 37(8): 63-70.
- [10] 施元旭, 张水锋, 潘项捷, 等. 超高效液相色谱串联质谱法测定豆芽中恩诺沙星、环丙沙星残留量的不确定度评定[J]. *食品与机械*, 2020, 36(10): 37-42.
- SHI Y X, ZHANG S F, PAN X J, et al. Evaluation of uncertainty in determination of enrofloxacin and ciprofloxacin residues in bean sprouts by ultraperformance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. *Food & Machinery*, 2020, 36(10): 37-42.
- [11] 班晶晶, 刘贵珊, 何建国, 等. 基于表面增强拉曼光谱与二维相关光谱法检测鸡肉中恩诺沙星残留[J]. *食品与机械*, 2020, 36(7): 55-58.
- BAN J J, LIU G S, HE J G, et al. Detection of enrofloxacin residues in chicken based on surface enhanced Raman spectroscopy and two dimensional correlation spectroscopy [J]. *Food & Machinery*, 2020, 36(7): 55-58.
- [12] 曹晨, 赵超敏, 张润何, 等. 基于检出概率模型的牛奶中恩诺沙星和环丙沙星总量的拉曼光谱现场快速检测的研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2023, 35(3): 326-332.
- CAO C, ZHAO C M, ZHANG R H, et al. Rapid detection of enrofloxacin and ciprofloxacin in milk by Raman spectroscopy based on detection probability model [J]. *China Journal of Food Hygiene*, 2023, 35(3): 326-332.
- [13] TENG Y J, WANG Z N, REN Z Y, et al. Interface-induced Ag monolayer film for surface-enhanced Raman scattering detection of water-insoluble enrofloxacin [J]. *Plasmonics*, 2020, 16(2): 349-358.
- [14] WANG P X, WANG L, LI C, et al. Reliable and rapid detection and quantification of enrofloxacin using a ratiometric SERS aptasensor[J]. *Molecules*, 2022, 27(24): 8 764.
- [15] HU S, FANG B L, HUANG Z, et al. Using molecular descriptors for assisted screening of heterologous competitive antigens to improve the sensitivity of ELISA for detection of enrofloxacin in raw milk[J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102(7): 6 037-6 046.
- [16] YADOUNG S, ISHIMATSU R, XU Z L, et al. Development of IgY-based indirect competitive ELISA for the detection of fluoroquinolone residues in chicken and pork samples [J]. *Antibiotics*, 2022, 11(11): 1 512.
- [17] 邓波, 朱卫芳, 周雨瑞, 等. 胶体金免疫层析法快速检测肉类中恩诺沙星、四环素、头孢氨苄残留的应用验证研究[J]. *农产品质量与安全*, 2023(1): 89-93.
- DENG B, ZHU W F, ZHOU Y Y, et al. Application validation of colloidal gold immunochromatography for rapid detection of enrofloxacin, tetracycline, and cephalexin residues in meat [J]. *Quality and Safety of Agro-Products*, 2023(1): 89-93.

(下转第 70 页)

- Huxiang Forum, 2022, 35(6): 51-63.
- [32] 王晨旭, 王力. 企业刑事责任视野下探究刑事合规的适用范围[J]. 河北企业, 2022(10): 136-139.  
WANG C X, WANG L. Exploring the applicable scope of criminal compliance in the view of corporate responsibility [J]. Hebei Enterprise, 2022(10): 136-139.
- [33] 史蔚. 企业合规人员不作为刑事责任探析[J]. 法学家, 2022(5): 87-101, 193-194.  
SHI W. Analysis on the criminal responsibility of compliance personnel in enterprises[J]. Jurist, 2022(5): 87-101, 193-194.
- [34] 李玉华. 企业合规与刑事诉讼立法[J]. 政法论坛, 2022, 40(5): 91-102.  
LI Y H. Corporate compliance and criminal lawsuit legislation[J]. Forum on Politics and Law, 2022, 40(5): 91-102.
- [35] 刘少军. 企业合规不起诉制度本土化的可能及限度[J]. 法学杂志, 2021, 42(1): 51-65.  
LIU S J. The possibility and limit of localization of corporate compliance non-prosecution system[J]. Journal of Law, 2021, 42(1): 51-65.
- [34] 刘宁, 刘海廷. 企业刑事合规的三种模式[J]. 中外企业文化, 2023(1): 76-78.  
LIU N. Three models of corporate criminal compliance[J]. Sino-foreign Culture, 2023(1): 76-78.
- [37] 李玉华. 以合规为核心的企业认罪认罚从宽制度[J]. 浙江工商大学学报, 2021(1): 61-71.  
LI Y H. Compliance as the core of the enterprise confession and punishment leniency system[J]. Journal of Zhejiang University of Industry and Commerce, 2021(1): 61-71.
- [38] 彭欣悦. 刑事合规背景下单位责任人的出罪逻辑与路径[J/OL]. 北京警察学院学报. (2023-03-14) [2023-03-16]. DOI: 10.16478/j.cnki.jbjpc.20230313.002.  
PENG X Y. The logic and path of unit responsible person's exoneration in the background of criminal compliance [J/OL]. Journal of Beijing Police College. (2023-03-14) [2023-03-16]. DOI:10.16478/j.cnki.jbjpc.20230313.002.
- [39] 刘静静. 刑事合规视域下企业出罪化的实践考察及规范进路: 以“法益可恢复性”为视角[J]. 山东法官培训学院学报, 2023, 39(1): 40-60.  
LIU J J. A practical investigation and normative approach of enterprise criminalization in the perspective of criminal compliance: From the perspective of "recoverability of legal benefits"[J]. Journal of Shandong Judge Training College, 2023, 39(1): 40-60.
- [40] 董文惠, 尹锐平. 涉单位犯罪的刑事归责与合规适用[J]. 苏州大学学报(法学版), 2023, 10(1): 122-133.  
DONG W H, YIN R P. Criminal imputation and compliance application of individual crime[J]. Journal of Soochow University (Law Edition), 2023, 10(1): 122-133.
- 
- (上接第 37 页)
- [18] 刘畅, 杨琳燕, 张伟, 等. 磁性微球免疫层析试纸快速检测牛奶中恩诺沙星和环丙沙星[J]. 中国兽医杂志, 2022, 58(7): 38-43.  
LIU C, YANG L Y, ZHANG W, et al. Rapid detection of enrofloxacin and ciprofloxacin in milk by magnetic microsphere immunochromatographic test strip [J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2022, 58(7): 38-43.
- [19] 肖有玉, 卢菲, 张弛, 等. 一种新型定量检测恩诺沙星量子点免疫层析方法的建立[J]. 现代食品科技, 2020, 36(12): 252-258.  
XIAO Y Y, LU F, ZHANG C, et al. A novel quantum dot immunochromatographic assay for quantitative detection of enrofloxacin[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(12): 252-258.
- [20] ALHAMDADI M, YOO J, SONWAL S, et al. A highly sensitive lateral flow immunoassay for the rapid and on-site detection of enrofloxacin in milk[J]. Frontiers in Nutrition, 2022, 9: 1036826.
- [21] LAI X C, ZHANG G G, DENG S L, et al. Synergistic dual-mechanism fluorescence quenching immunochromatographic assay based on Fe-polydopamine submicrobeads for sensitive detection of enrofloxacin [J]. Chemical Engineering Journal, 2023, 454: 140444.
- [22] 叶雅真, 骆和东. 市售甲氧苄啶快检试剂盒绝对灵敏度的分析[J]. 食品安全导刊, 2022(4): 116-118.  
YE Y Z, LUO H D. Analysis of absolute sensitivity of commercial kits for rapid detection of trimethoprim [J]. China Food Safety Magazine, 2022(4): 116-118.
- [23] 叶雅真, 骆和东. 商品化甲氧苄啶胶体金快检试剂盒检测效果评价与分析[J]. 食品安全导刊, 2022(7): 96-98.  
YE Y Z, LUO H D. Analysis and quality assessment of commercial colloidal gold kits for rapid detection of trimethoprim [J]. China Food Safety Magazine, 2022(7): 96-98.
- [24] 王鑫, 邓瑞, 李红梅, 等. 饲料和食品中磺胺增效剂残留量检测方法研究进展[J]. 中国饲料, 2022(5): 72-78.  
WANG X, DENG R, LI H M, et al. Research progress on detection methods for residual sulfonamide synergists in feed and food[J]. China Feed, 2022(5): 72-78.
- [25] LIU J, WANG B, HUANG H C, et al. Quantitative ciprofloxacin on-site rapid detections using quantum dot microsphere based immunochromatographic test strips [J]. Food Chemistry, 2021, 335: 127596.
- [26] 张聪. 国家市场监督管理总局发布《关于规范食品快速检测使用的意见》[J]. 食品安全导刊, 2023(4): 4.  
ZHANG C. The state administration for market regulation has issued the "opinions on standardizing the use of fast food testing" [J]. China Food Safety Magazine, 2023(4): 4.