

# 胶体金免疫层析技术在水产品磺胺类药物残留检测中的应用研究进展

谢瑜杰, 呼秀智, 孙晓铮, 薛占永\*

(河北工程大学, 邯郸 056021)

**摘要:** 近年来, 由于抗生素的出现及大量使用尤其是广谱低廉的磺胺类药物广泛应用在水产品养殖上进行预防治疗细菌疾病, 造成磺胺类药物在水产品中的残留。本文主要介绍了磺胺类药物及其危害, 并对胶体金免疫层析技术在水产品中磺胺类药物检测方面的应用进行了简要综述。与酶联免疫吸附法、高效液相色谱法、液相色谱-串联质谱法等检测方法相比, 胶体金免疫层析技术具有价廉、使用方便、结果快速准确等优势, 但其应用还不是很广泛, 今后应该研究如何提高胶体金的灵敏度, 以便能检测水产品中的多种药物残留。

**关键词:** 胶体金免疫法; 磺胺类药物; 水产品

## Research progress of application of colloidal gold assay in determination of sulfonamides residues in aquatic products

XIE Yu-Jie, HU Xiu-Zhi, SUN Xiao-Zheng, XUE Zhan-Yong\*

(Hebei University of Engineer, Handan 056021, China)

**ABSTRACT:** In recent years, due to the appearance and extensive use of antibiotics especially the wide usage of broad-spectrum and cheap sulfonamides in aquaculture for the prevention and treatment of bacterial diseases, it caused sulfonamides residues in aquatic products. This paper introduced sulfonamides and their harm, and briefly reviewed the application of colloidal gold immunochromatographic assay in the detection of sulfonamides in aquatic products. Compared with enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), high performance liquid chromatography (HPLC), liquid chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) detection method and so on, colloidal gold immunochromatography technology is inexpensive, easy to use, fast and accurate, but its application is not so extensive, so how to improve the sensitivity of colloidal gold should be studied in the future, so that it can be able to detect a variety of drug residues in aquatic products.

**KEY WORDS:** colloidal gold assay; sulfonamides residues; aquatic products

## 1 引言

随着经济的快速发展, 生活水平的提高, 人们对食品的需求也日益增大, 对食品质量的要求越来越高。但由于食品安全问题经常发生, 尤其是各种可供食用的动物养殖

户为了获取最大利润、降低损失会在动物的日粮中添加各种添加剂或者抗生素, 从而延长饲料的贮藏期<sup>[1]</sup>、降低水生动物的发病率和促进水产动物的生长<sup>[2]</sup>, 导致在水产品、畜产品中的蓄积残留<sup>[1]</sup>, 并且残留量如超过最高残留量, 还会影响这些产品的出口<sup>[3]</sup>。人们食用了带有抗生素

\*通讯作者: 薛占永, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail:407961849@qq.com

\*Corresponding author: XUE Zhan-Yong, Associate Professor, Master Tutor, Hebei University of Engineer, Handan 056021, China. E-mail: 407961849@qq.com

的水产品后,由于食物链的作用最终进入人的体内,不仅对人们的健康造成威胁,产生毒副作用<sup>[4]</sup>,而且当药物在人的体内蓄积后体内的细菌就会变异且耐药,以后出现细菌性疾病时会出现很难用药物进行治疗的情况<sup>[5-7]</sup>。因此,为了扩大我国农副产品的出口,破除国外对我国的技术壁垒,目前我国对食品安全问题十分重视,尤其是抗生素的残留<sup>[8]</sup>。欧洲和美国的法律规定,在欧洲、加拿大和美国等国家磺胺类药物的最高残留量是 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,在日本则残留量为 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ <sup>[5, 9-11]</sup>。而我国农业部于 2002 年在第 235 通告中规定,食品和饲料中的磺胺类药物的最高残留量为 0.1  $\text{mg}/\text{kg}$ <sup>[7, 11-13]</sup>。

为了防止带有抗生素的水产品进入流通环节,相关机构应该对这些即将进入市场及出口的产品进行药物残留检测<sup>[5]</sup>。目前常用的检测方法包括酶联免疫吸附测定(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)<sup>[8]</sup>、高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)<sup>[5]</sup>、液相色谱-串联质谱法(liquid chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS/MS)<sup>[10]</sup>以及胶体金免疫层析技术<sup>[5]</sup>等方法。

## 2 磺胺类药物介绍及其危害

### 2.1 磺胺类药物的作用原理

磺胺类药物不仅作为一类广谱抗生素被广泛使用<sup>[11]</sup>,而且是一类低价高效、使用方便的抗生素<sup>[12]</sup>。磺胺类药物在养殖上大量使用,原因是当抗菌活性增强时,抑菌则变成杀菌<sup>[13]</sup>。而磺胺类药物的来源则是磺酰胺基,不同的磺胺药物是由不同杂环取代磺酰胺基上的氢形成,而具有抑菌效果的是对位上的游离氨基,若被取代则失去抑菌效果,但若在氨基上做一些修饰,被人体食用后在人体内通过酶的作用可使其恢复抗菌活性<sup>[7]</sup>。

磺胺类药物可以抑制细菌生长繁殖,是因为它可以干扰叶酸的代谢,通过抑制二氢叶酸的合成或合成伪叶酸,阻止细菌核酸的合成,最终抑制细菌的生长繁殖<sup>[11]</sup>。

### 2.2 磺胺类药物残留的危害

由于磺胺类药物在水产品上主要治疗细菌性疾病或预防细菌病的发生<sup>[14]</sup>,不合理用药或滥用药物会造成残留<sup>[5]</sup>。因磺胺类药物在生物体内会有长时间的作用以及代谢时间<sup>[15]</sup>,所以当这些带有药物残留的水产品进入流通环节被人食用后,会在体内发生蓄积,然后出现一些毒副作用<sup>[5]</sup>。首先,蓄积会造成耐药性以及变异菌株的出现<sup>[5]</sup>;其次,磺胺类药物被吸收后可以透过血脑屏障和胎盘屏障作用中枢系统以及影响胎儿<sup>[7]</sup>;再次,磺胺类药物在人体内有 3 种代谢方式,其中最主要的是乙酰化<sup>[16, 17]</sup>,而乙酰化后毒性不会降低反而会增高,并在中性或酸性条件下形成结晶尿损害肾脏<sup>[7]</sup>;第四,由于大部分药物在肝脏上进行代谢,

而严重的药物蓄积则会导致肝硬化<sup>[6]</sup>;最后,该药物会导致潜在的癌症。Wang 等<sup>[9]</sup>通过使用磺胺类药物给大鼠和小鼠进行口服测试,结果在小鼠体内产生了甲状腺卵泡细胞肿瘤以及大鼠体内出现了卵泡细胞肿瘤和癌。该实验充分证明了磺胺类药物可能会导致癌症的发生。

## 3 磺胺类药物残留检测的研究现状

目前,应用于磺胺类药物残留检测的方法很多,如微生物学法、仪器检测法、免疫分析等,实际检测中仪器检测法和免疫分析法应用较广<sup>[18]</sup>。

### 3.1 常用检测方法

1993 年国家规定使用气相色谱法进行检测磺胺类药物残留,检测标准为 100  $\text{ng}/\text{kg}$ 。但该类药物很难气化,以及进行气化前的衍生化处理重现性较差<sup>[7]</sup>。

20 世纪末,检测磺胺类药物残留的方法主要是液相色谱法<sup>[19-21]</sup>。并且随着它快速发展,成为了国标中常用的检测磺胺类药物残留的方法之一,也成为我国农业部认可的方法<sup>[13]</sup>,广泛应用于食品及进出口的检验。但磺胺类药物在食品中的残留量要求很低,并且不具有荧光性质,因此在检测前应进行衍生化处理<sup>[7]</sup>。

液相色谱-质谱联用法对于混合物分离较为有效<sup>[7, 22]</sup>。但样品前处理较复杂,需经脱脂、净化、浓缩处理然后经流动相溶解,为了使样品分散程度扩大,需使用超声波使细胞破壁;而且为了不影响回收率,对于提取剂的选择也很重要<sup>[23]</sup>。

免疫分析法中的常用的酶联免疫吸附法(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)具有分析样品量大、灵敏度高等优点<sup>[13]</sup>。刘百红<sup>[24]</sup>研究发现,ELISA 侧重于定性检测,对单个药物的检测范围具有较大的差异。

### 3.2 胶体金免疫层析技术

胶体金标记技术是一种新型免疫标记技术,该技术以胶体金作为示踪标记或显色剂<sup>[25]</sup>。胶体金免疫层析技术出现于 20 世纪 80 年代,由 Faulk 和 Taylor 发现并经后人研究改良使其成为以胶体金为标记物的最敏感的免疫学技术之一<sup>[26-28]</sup>。该技术包括 3 种方法,检测药物残留主要使用竞争法<sup>[29]</sup>。该方法与仪器检测法和 ELISA 法比较,不需要任何特殊仪器设备,检测特异性强,灵敏度高,速度快(10~15 min),检测过程对人体无害,对环境无污染。用该技术开发的试剂盒储存、携带方便,对温度要求不高,能对大量样品进行现场快速筛查,不需要专业技术人员操作,适合基层养殖场、监测部门应用。

现在的胶体金免疫层析技术是 Geoghegan 和 Danscher 改进 Faulk 和 Taylor 创立的胶体金标记技术而形成的<sup>[28]</sup>。该项技术中的胶体金表面具有负电荷的金颗粒,由于静电排斥力使其在水中保持稳定状态,从而形成稳定胶体<sup>[30]</sup>。该胶体在碱性环境下带有负电,吸引抗体并标记,反应结

果显现呈红色<sup>[28]</sup>。

罗敏<sup>[5]</sup>和杜玉玲<sup>[6]</sup>实验表明, 在胶体金试纸中可以看到 2 条线, 分别是检测(T)线和对照(C)线<sup>[31]</sup>。当检测时, 若 T 线与 C 线进行颜色比较, 结果显示颜色一样或 T 线深于 C 线, 则表示该样品为阴性, 即磺胺类药物的残留量低于检测限量(我国要求的磺胺类药物检测限量为 100 ng/kg)<sup>[6]</sup>; 若 T 线颜色浅于 C 线, 则证明样品为阳性, 即磺胺药物的残留量在检测范围内; 若 T 线无颜色出现, 说明样品也为阳性, 但是磺胺药物的残留量则高于检测限量。当 T 线上出现红色条带或 T 线以及 C 线都无显现红色, 说明该试纸条无效<sup>[6]</sup>。但对于自制胶体金而言, 韩静等<sup>[32]</sup>实验证明, 若稀释倍数太低, T 线和 C 线的颜色会变浅, 即灵敏度会下降并影响视觉效果; 相反, 稀释倍数增高灵敏度也会升高。

张明等<sup>[33]</sup>利用该技术首先制备了磺胺甲噁唑多克隆抗体, 研发出灵敏度可达 50 ng/mL 检测试纸条, 整个检测反应仅需 5~10 min。王喜亮等<sup>[34]</sup>研制的 SD 快速检测试纸条最低检测限 10 ng/mL, 灵敏度为 500 ng/mL, 与高效液相色谱法相比符合率达到 100%。吴广红等<sup>[35]</sup>用胶体金标记磺胺嘧啶多克隆抗体, 检测猪肉中的药物残留, 方法检出限为 20 ng/mL。郭建军<sup>[36]</sup>证明该技术不需要任何设备辅助即可检测磺胺药物在水产品中的残留。韩静<sup>[11]</sup>研究表明, 实验结果可在短时间内获得。张敏等<sup>[28]</sup>研究结果证明, 该技术检测磺胺类药物与其他药物无交叉反应。由于不存在内源酶干扰和放射性同位素污染等问题, 已研制出可检测水产品中 8 种磺胺类药物残留的检测试纸条, 并可以利用大小不同的胶体金颗粒做双重或多重标记<sup>[37]</sup>。罗敏<sup>[5]</sup>研究表明, 胶体金具备灵敏、简便快捷、廉价等优点。任娟<sup>[30]</sup>实验结果表明, 胶体金在适宜条件下可长时间保存。上述研究成果表明胶体金免疫层析技术在检测磺胺类药物残留时具有较大的优势<sup>[38]</sup>。因此, 在具备这些优点的情况下, 该项技术适合于广大基层组织的检测和诊断以及检测大量的水产食品中的药物残留, 具有很大的发展空间和前途<sup>[39-43]</sup>。

## 4 展 望

胶体金免疫层析技术具有检测成本低、使用方便、耗时短等优点, 已成为检测大批水产中药物残留的一种重要筛查手段<sup>[44-47]</sup>。但其应用还不是很广泛, 今后应该研究如何提高胶体金的灵敏度, 以便能检测水产品中多种药物残留, 从而得到更安全的水产品<sup>[48-50]</sup>, 并探索将该技术应用到兽医的其他方面, 例如病毒性疾病诊断、细菌性疾病诊断及寄生虫疾病诊断<sup>[30]</sup>, 以期在用药前检测出疾病减少药物的使用, 从而减少药物在水产品中的残留量。

## 参考文献

[1] 高丽霞, 黄种乾, 冯敏, 等. 快速检测在水产品养殖环节安全检测中的

研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(5): 1976-1983.

- Gao LX, Huang ZK, Feng M, *et al.* Research progress of rapid detection in aquatic product safety testing [J]. *J Food Saf Qual Test*, 2016, 7(5): 1976-1983.
- [2] 张显昱, 刘志强, 李强. 胶体金免疫层析试纸条在水产养殖业中的应用[J]. 生物技术通报, 2013, 12: 56-61.
- Zhang XY, Liu ZQ, Li Q. Application of colloidal gold immunochromatographic strip in aquaculture [J]. *Biotechnol Bull*, 2013, 12: 56-61.
- [3] 李余动, 张少恩, 吴志刚, 等. 胶体金免疫层析法快速检测氯霉素残留[J]. 中国食品卫生杂志, 2005, (5): 416-419.
- Li YD, Zhang SE, Wu ZG, *et al.* Rapid detection of chloramphenicol residue by colloidal gold immunochromatographic assay [J]. *Chin J Food Hyg*, 2005, (5): 416-419.
- [4] 曹艺耀. 动物性食品中兽药残留检测方法研究及济南市售动物性食品中兽药残留市场调查[D]. 济南: 山东大学, 2013.
- Cao YY. Study on the detection of veterinary drug residues in animal food and the market investigation of veterinary drug residues in animal products sold in Jinan [D]. Jinan: Shandong University, 2013.
- [5] 罗敏. 胶体金免疫层析试纸条在水产品磺胺类药物残留检测中的应用[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- Luo M. Application of colloidal gold immunochromatographic strip for detection of sulfonamides residues in aquatic products [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010.
- [6] 杜玉玲. 磺胺类药物多残留 ELISA 快速检测试剂盒与胶体金免疫层析试纸条的初探[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013.
- Du YL. A preliminary study on the rapid detection kit for sulfonamides multi residues ELISA and colloidal gold immunochromatographic strip [D]. Urumchi: Xinjiang Agricultural University, 2013.
- [7] 陈吉之. 磺胺类药物残留检测的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- Chen JZ. Study on the detection of sulfonamides residues [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2015.
- [8] 关嵘, 顾鸣, 魏万贵, 等. 酶联免疫法检测动物组织中磺胺嘧啶残留方法的建立[J]. 检验检疫学刊, 2004, 14(1): 9-11.
- Guan R, Gu M, Wei WG, *et al.* Establishment of an ELISA for the detection of sulfadiazine residues in animal tissues [J]. *Inspect Quarant Sci*, 2004, 14(1): 9-11.
- [9] Wang L, Wang S, Zhang J, *et al.* Enzyme-linked immunosorbent assay and colloidal gold immunoassay for sulphamethazine residues in edible animal foods: investigation of the effects of the analytical conditions and the sample matrix on assay performance [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2008, 390(6): 1619-1627.
- [10] Gao J, Cui Y, Tao Y, *et al.* Multi-class method for the quantification 92 veterinary anti - microbial drugs in livestock excreta, wastewater, and surface water by liquid chromatography with tandem mass spectrometry [J]. *J Sep Sci*, 2016, 39(21): 4086-4095.
- [11] 韩静. 磺胺类兽药胶体金免疫层析法的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2011.
- Han J. Study on colloidal gold immunochromatographic assay of sulfonamides [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2011.
- [12] 张佳宜. 磺胺类兽药免疫胶体金快速检测试纸条的研制[D]. 天津: 天津科技大学, 2009.

- Zhang JY. Development of a rapid test strip for the detection of sulfonamide veterinary immune colloidal gold [D]. Tianjin: Tianjin Univ Sci Technol, 2009.
- [13] 赵旭壮, 李明元. 动物性食品中磺胺类药物残留检测研究进展[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 03: 292–296.  
Zhao XZ, Li MY. Research progress on detection of sulfonamides residues in animal foods [J]. Chin J Food Hyg, 2012, 03: 292–296.
- [14] Li WL, Zhuang S, Lin H, *et al.* Matrix effects of *apostichopus japonicus* and its elimination methods in colloidal gold immunochromatographic assay for furazolidone metabolite [J]. Chin Fish Qual Stand, 2015.
- [15] 龙举, 李佩佩, 龙位, 等. 色谱法检测动物源食品中磺胺类药物残留研究进展[J]. 安徽农业科学, 2015, 26: 330–332, 335.  
Long J, Li PP, Long W, *et al.* Study on the determination of sulfonamides residues in animal derived food by chromatography [J]. Anhui Agric Sci, 2015, 26: 330–332, 335.
- [16] 吴永宁, 邵兵, 沈建志. 兽药残留检测与监控技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.  
Wu YJ, Shao B, Shen JZ. Veterinary drug residue detection and monitoring technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
- [17] 王瑞深. 肉品中残留磺胺类药物的危害及其监控[J]. 兽医导刊, 2010, (2): 92–93.  
Wang RS. Harm and control of sulfa drugs residues in meat [J]. Vet Trib, 2010, (2): 92–93.
- [18] 郭时金. 水产品中磺胺类药物残留检测方法的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2011, (9): 29–30.  
Guo SJ. Research progress on detection methods of sulfonamides residues in aquatic products [J]. Heilongjiang Anim Husb Vet Med, 2011, (9): 29–30.
- [19] Cheng G, Wu X, Jin Z, *et al.* Simultaneous determination of three sulfonamide residues in modified milk by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Bull Kyushu Inst Technol Math Nat Sci, 2015, 31(45): 39–43.
- [20] Chen YP, Zhang SQ, Li LQ, *et al.* Improvement of determination of sulfa drugs residues in aquatic products by UPLC method [J]. Hebei Fish, 2014, 2: 1.
- [21] 石原, 良美, 杉田, 等. Determination of 7 kinds of sulfa drugs in a pork sample by hplc using a biphenyl core-shell stationary-phase column [J]. Bunseki Kagaku, 2016, 65(2): 87–92.
- [22] Guillén I, Guardiola L, Almela L, *et al.* Simultaneous determination of nine sulphonamides by LC-MS for routine control of raw honey samples [J]. Food Anal Methods, 2016, 1(2): 1–12.
- [23] 李佐卿, 倪梅林, 俞雪钧, 等. 液相色谱-串联质谱法检测水产品中磺胺类和喹诺酮类药物残留[J]. 分析测试学报, 2007, 04: 508–510, 514.  
Li ZQ, Ni ML, Yu XJ, *et al.* Tandem mass spectrometry in aquatic products of sulfonamides and quinolones residues by liquid chromatography [J]. J Anal Test, 2007, 04: 508–510, 514.
- [24] 刘百红. 磺胺类药物残留 ELISA 快速检测试剂盒的研制[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.  
Liu BH. Development of rapid detection kit for sulfonamides residues ELISA [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2006.
- [25] Mey JD. Colloidal gold probes in immunocytochemistry-immunocytochemistry-6 [M]. Wikipedia: Immunocytochemistry, 1983.
- [26] 任娟. 胶体金免疫层析技术研究现状及进展[J]. 新疆畜牧业, 2011, (12): 22–24.  
Ren J. Research status and development of colloidal gold immunochromatographic assay [J]. Anim Husb Xinjiang, 2011, (12): 22–24.
- [27] 樊淑华, 王永立. 胶体金免疫层析技术应用研究进展[J]. 动物医学进展, 2014, (10): 99–103.  
Fan SH, Wang YL. Progress in application of colloidal gold immunochromatography assay [J]. Adv Anim Med, 2014, (10): 99–103.
- [28] 陈凤梅, 李娟, 曲原君, 等. 免疫胶体金技术的应用及研究进展[J]. 中国兽药杂志, 2004, 08: 33–35.  
Chen FM, Li J, Qu YJ, *et al.* Application and research progress of immune colloidal gold technique [J]. Chin J Vet Drug, 2004, 08: 33–35.
- [29] 赵彦华, 刘洪岩, 丁正峰, 等. 胶体金免疫层析技术在水产品药物残留检测中的应用进展[J]. 水产养殖, 2016, 37(7): 1–4.  
Zhao YH, Liu HY, Ding ZF, *et al.* Development of colloidal gold immunochromatographic assay for the detection of residues in aquatic products [J]. Aquaculture, 2016, 37(7): 1–4.
- [30] 吴皎, 刘亚刚, 贾清, 等. 免疫胶体金技术在畜禽疫病检测中的应用和研究进展[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2005, S1: 46–49.  
Wu J, Liu YG, Jia Q, *et al.* Application and research progress of immune colloidal gold technique in detection of livestock and poultry diseases [J]. J Southwest Univ Nation (Nat Sci Ed), 2005, S1: 46–49.
- [31] 张敏, 李翹, 盛慧萍. 磺胺类药物胶体金快速检测试剂条的研制及在水产品中的应用[J]. 中国农学通报, 2013, 08: 75–79.  
Zhang M, Li Q, Sheng HP. Preparation and application of the rapid detection reagent strip of colloidal gold for sulfonamides [J]. Chin Agric Sci Bull, 2013, 08: 75–79.
- [32] 韩静, 刘恩梅, 王帅, 等. 胶体金免疫层析法检测食品中的磺胺类药物残留[J]. 现代食品科技, 2011, 05: 603–606, 539.  
Han J, Liu EM, Wang S, *et al.* Determination of sulfonamides residues in foods by colloidal gold immunochromatographic assay [J]. Mod Food Sci Technol, 2011, 05: 603–606, 539.
- [33] 张明, 吴国娟, 沈红, 等. 免疫胶体金检测磺胺甲噁唑残留的研究[J]. 中国兽药杂志, 2006, 40(4): 17–19.  
Zhang M, Wu GJ, Shen H, *et al.* Detection of sulfamethoxazole residues by immune colloidal gold [J]. China J Vet Med, 2006, 40(4): 17–19.
- [34] 王喜亮, 金秀娥, 李奎, 等. 胶体金试纸条半定量检测鸡蛋中磺胺嘧啶残留[J]. 中国兽医学报, 2008, 28(8): 76–76.  
Wang XL, Jin XE, Li K, *et al.* Colloidal gold strip semi-quantitative detection of residues in egg sulfadiazine [J]. Chin J Vet Sci, 2008, 28(8): 76–76.
- [35] 吴广红, 何良兴, 张少恩. 胶体金免疫层析法快速检测磺胺嘧啶残留[J]. 现代食品科技, 2009, 25(5): 577–580.  
Wu GH, He XL, Zhang SE. Rapid detection of sulfadiazine residue by colloidal gold immunochromatographic assay [J]. Mod Food Sci Technol, 2009, 25(5): 577–580.
- [36] 郭建军. 胶体金免疫层析技术在水产品药物残留检测中的应用[J]. 北京农业, 2014, (15): 7.  
Guo JJ. Application of colloidal gold immunochromatographic assay in the detection of drug residues in aquatic products [J]. Agric Beijing, 2014, (15): 7.
- [37] 詹曦菁, 秦晓勇. 胶体金标记技术在免疫检测中的应用与发展[J]. 现代中西医结合杂志, 2001, 10(24): 2422–2423.

- Zhan XQ, Qin XY. Application and development of colloidal gold labeling in immunoassay [J]. *Mod J Integr Tradit Chin Western Med*, 2001, 10(24): 2422–2423.
- [38] Du L, Zhu F, Li N. Colloidal gold immunochromatography assay for simultaneous detection of sulphonamides residue in pork [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2014, 14(3): 151–160.
- [39] 薛晓, 荣霞, 叶自霞, 等. 胶体金免疫层析法在畜禽产品兽药残留检测中的应用[J]. *动物医学进展*, 2013, (12): 179–182.
- Xue X, Rong X, Ye ZX, *et al.* Application of colloidal gold immunochromatographic assay in detection of veterinary drug residues in livestock and poultry products [J]. *Adv Anim Med*, 2013, (12): 179–182.
- [40] 刘欢, 李晋成, 吴立冬, 等. 现场快速检测在水产品药物残留监管中的应用及发展建议[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(8): 2302–2307.
- Liu H, Li JC, Wu LD, *et al.* Application and development of rapid detection in the field of pesticide residues in aquatic products [J]. *J Food Saf Qual Test*, 2014, 5(8): 2302–2307.
- [41] Meng K, Sun W, Zhao P, *et al.* Development of colloidal gold-based immunochromatographic assay for rapid detection of *Mycoplasma suis* in porcine plasma [J]. *Biosensors Bioelectr*, 2014, 55: 396.
- [42] 陆必科. 胶体金免疫层析技术在兽药残留检测中的应用及发展前景[J]. *饲料博览*, 2014, (7): 46–50.
- Lu BK. Application and development prospect of colloidal gold immunochromatographic assay in the detection of veterinary drug residues [J]. *Feed Expo*, 2014, (7): 46–50.
- [43] 周丽岩, 吕宝新, 任勃儒, 等. 胶体金免疫层析技术在食品安全检测中的应用研究[J]. *中国调味品*, 2015, 40(2): 128–131.
- Zhou LY, Lv BX, Ren BR, *et al.* Application of colloidal gold immunochromatography assay in food safety detection [J]. *China Condim*, 2015, 40(2): 128–131.
- [44] 蒋旭, 李青竹, 邱月红, 等. 胶体金免疫层析技术研究进展[J]. *畜禽业*, 2015, (5): 28–30.
- Jiang X, Li QZ, Qiu YH, *et al.* Research progress of colloidal gold immunochromatography assay [J]. *Livestock Poultry Ind*, 2015, (5): 28–30.
- [45] Li Q. Application of colloidal gold-based immunochromatographic lateral flow assay in aquaculture field [J]. *Biotechnol Bull*, 2013, (12): 56–61.
- [46] Fan SH, Wang YL. Progress on colloidal gold immunochromatographic assay [J]. *Prog Vet Med*, 2014, (10): 99–103.
- [47] Wang YK, Shi YB, Zou Q, *et al.* Development of arapid and simultaneous immunochromatographic assay for the determination of zearalenone and fumonisin B<sub>1</sub> in corn, wheat and feedstuff samples [J]. *Food Control*, 2013, 31(1): 180–188.
- [48] Zhou C, Zhang X, Huang X, *et al.* Rapid detection of chloramphenicol residues in aquatic products using colloidal gold immunochromatographic assay [J]. *Sensors*, 2014, 14(11): 21872–21888.
- [49] 曹爽. 磺胺类药物胶体金免疫层析试纸条的研制[D]. 厦门: 集美大学, 2015.
- Cao S. Development of colloidal gold immunochromatography strip for sulfonamides [D]. Xiamen: Jimei University, 2015.
- [50] 孙雪珂. 孔雀石绿胶体金免疫层析试纸条研制及在水产品中的应用[D]. 厦门: 集美大学, 2015.
- Sun XK. The application of malachite green with gold immunochromatography and development in aquatic products [D]. Xiamen: Jimei University, 2015.

(责任编辑: 姚 菲)

## 作者简介



谢瑜杰, 硕士, 主要研究方向为食品安全与检测。

E-mail: 1443908316@qq.com



薛占永, 副教授, 研究生导师, 主要研究方向为食品安全检查与动物健康养殖。

E-mail: 407961849@qq.com