

食品中硝基呋喃类药物及其代谢物残留 检测技术的研究进展

刘 辉*, 梁德沛, 花铁果, 余之蕴, 邓幸飞, 吴胜泽, 吴彬

(广东产品质量监督检验研究院, 广州 510330)

摘 要: 硝基呋喃类药物及其代谢产物因具有强毒性和致癌副作用, 已引起了国际社会的高度重视。本文综述了该类物质及其代谢物在食品中残留的检测方法的最新研究进展, 分析了硝基呋喃类药物及其代谢物残留各检测方法的优缺点, 并对该类物质检测方法进行了展望。

关键词: 硝基呋喃; 检测方法; 研究进展

Progress in analytical methods of nitrofurant antibiotics and their metabolites in food: a review

LIU Hui*, LIANG De-Pei, HUA Tie-Guo, SHE Zhi-Yun, DENG Xing-Fei, WU Sheng-Ze, WU Bin

(Guangdong Testing Institute For Product Quality Supervision, Guangzhou 510330, China)

ABSTRACT: Many countries have paid great attention to nitrofurant antibiotics due to their intense toxicity and carcinogenic effect. This paper reviewed the latest progress and advantages and disadvantages of detection methods of the nitrofurant antibiotics and its metabolites residues in foods. Finally, the detection technologies of nitrofurant antibiotics metabolites residues was prospected.

KEY WORDS: nitrofurant; detection methods; progress

1 硝基呋喃类药物简介

硝基呋喃类药物(nitrofurans)是一类人工合成的抗感染药, 主要包括呋喃唑酮(furazolidone)、呋喃它酮(furaltadone)、呋喃西林(furacillin), 呋喃妥因(nitrofurantion)和硝呋索尔(nifursol)等含有 5-硝基基本结构的抗生素。因其具有杀菌能力强、抗菌谱广、不易产生耐药性、价格低廉、疗效好等优点, 使其在临床和动物养殖业中广泛应用^[1]。此类药物对畜禽有一定毒性, 大剂量或长期连续使用易导致动物出现厌食、腹泻、胃肠出血、周围神经炎、兴奋、惊厥、

瘫痪等毒性反应, 严重时可引起死亡^[2]。而近年来研究表明硝基呋喃类药物及其代谢产物对人类亦具有很大的毒性, 是一类具有潜在致癌和诱导突变的物质^[3]。欧盟(EU)从 1997 年开始将所有的硝基呋喃类抗生素全部列为违禁药物, 之后欧盟又于 2003 年通过了 2003/181/EC 委员会决议, 建立了用于禽肉产品和水产品中硝基呋喃类药物代谢物的各种检测方法的最小要求性能限值(minimum required performance limits, MRPL)为 1 µg/kg。目前国内外都对呋喃类物质的控制相当严格, 各国对其测定标准都有明确规定^[4-5]。

*通讯作者: 刘辉, 工程师, 主要研究方向为食品技术检测及食品安全风险评估。E-mail: lbloke@163.com

*Corresponding author: LIU Hui, Engineer, Guangdong Testing Institute For Product Quality Supervision, No.6, Xingang East Road, Haizhu District, Guangzhou 510330, China. E-mail: lbloke@163.com

2 硝基呋喃类药物及其代谢物残留检测方法进展

国内外报道的关于硝基呋喃类抗生素残留检测方法中,早期大多集中在对其原药化合物的检测。但硝基呋喃类药物具有对光敏感,代谢速度快,在生物体内数小时便可降解。因而,测定其母体化合物的残留并不能客观反映真实情况。而其代谢物分子可与细胞膜蛋白结合形成稳定的结合物而长期保持稳定。因此,检测硝基呋喃类药物的代谢物对监控此类药物残留更具实际意义。近年来,各研究机构已经开始关注其代谢物。国内外报道的用于检测硝基呋喃类药物及其代谢物残留的方法主要有色谱方法及其联用技术、免疫分析法等。

2.1 色谱分析方法

2.1.1 高压液相色谱法(HPLC)

液相色谱-紫外检测(LC-UV)是检测硝基呋喃类药物及其代谢物残留的常用方法之一^[6]。Malisch 等人^[7]用液相色谱-紫外检测法测定了牛奶和肉中硝基呋喃类药物的残留,检出限是 5 ng/g。但由于呋喃结构在紫外光谱区吸收不明显,因而灵敏度过低,不能达到检测要求。经衍生化试剂衍生后,代谢物可产生较强的紫外吸收,使其检测限灵敏度提高到 1 ng/g,但是复杂的基质会导致测定困难和干扰。Conneely 等^[8]采用固相萃取技术(SPE)提取猪肝样品中的呋喃唑酮代谢物(AOZ),用硝基苯甲醛衍生制得 NPAOZ,最后用 LC 检测并用 LC-UV 和 LC-MS 确认,AOZ 浓度在 5 ng/g 和 25 ng/g 时,回收率分别为 88.4% ± 19.2% 和 90% ± 16.3%。Angelini 等^[9]利用 LC-UV 方法检测牛肌肉组织中四种硝基类药物的残留,检测限和定量限分别达到 1 μg/kg 和 2 μg/kg。Chumanee 等^[10]采用 2-萘甲醛(NTA)衍生化方法,对虾肉中硝基呋喃的四种代谢物两次液液萃取后进行衍生化,然后用液相色谱-二极管阵列检测器(LC-DAD)进行检测,检测限达到 1 μg/kg 水平。其所建立的方法适用于三种虾类中硝基呋喃代谢物残留的检测。2010 年,肖桂英等^[11]建立了饲料及兽药中呋喃它酮、呋喃西林、呋喃妥因和呋喃唑酮四种硝基呋喃类药物的 HPLC 法。由于呋喃结构的紫外吸收光谱吸收不明显,导致采用 LC-UV 检测时灵敏度过低,且只能对 AOZ、AMOZ 进行检测,达不到 EU 规定的检测限量要求。

2.1.2 液相色谱-质谱法(LC-MS)

色谱技术广泛应用于多组分混合物的分离和分析,特别适合有机化合物的定量分析,但定性较困难;质谱仪能够对单一组分提供高灵敏度和特征的质谱图,但不能用于复杂化合物的分析^[12]。将色谱和质谱技术联用,对混合物中微量或痕量组分的定性和定量分析具有重要意义。由于在动物食品中可能同时残留有几种硝基呋喃类药物及其代谢物,利用 LC-MS 将大大提高分析的灵敏度、特异性和准确性。Hormazabal 等^[13]利用 LC-MS 法同时测定肉类中四种硝基呋喃代谢物的残留,检测限达到 0.2~0.5 ng/g。Wang 等^[14]利用 HPLC 和 LC-MS 方法建立了一种检测饲料产品中三种硝基呋喃类药物含量的方法。先用含有乙腈和甲醇的氨溶液粗提取,后采用 SPE 进一步纯化,最后用 LC-UV 和 LC-ESI-MS 检测,对呋喃唑酮和呋喃它酮的检测限达到 0.1 mg/kg。由于作为生长促进剂和治疗用剂的四种硝基呋喃药物在饲料中的添加量均超过 10 mg/kg,因而,其建立的方法能够用于饲料中硝基呋喃类药物含量的检测。目前欧盟认为 HPLC-MS 只能用于硝基呋喃代谢物筛选试验,对检出的阳性结果必须再用 HPLC-MS/MS 进行确证^[15]。

2.1.3 高压液相色谱-串联质谱法(LC-MS/MS)

当前国际上普遍采用液相色谱串联质谱方法进行硝基呋喃代谢物的检测和确证^[16]。Tribalat 等^[17]对 LC-MS/MS 和 LC-MS 在蜂蜜中硝基呋喃代谢物残留的检测效果进行了比较,结果表明 LC-MS 有较高的灵敏度,但当药物浓度较低时(1 μg/kg)选择性不够。而 LC-MS/MS 在这方面相对 LC-MS 有明显的优势。Douny 等^[18]利用 LC-IDMS/MS 检测越南黑虎虾中硝基呋喃代谢物残留。用酸催化,2-硝基苯甲醛(NBA)衍生后经过两次液液萃取纯化,用 LC-IDMS/MS 检测分析。四种代谢产物 LC-IDMS/MS 的检测限为 0.08~0.36 μg/kg,定量范围为 0.12~0.61 μg/kg,均低于 EU 要求的 MRPL(1 μg/kg)。Valera-Tarifa 等^[19]采用液相色谱三重四级杆串联质谱方法同时检测海产品中硝基呋喃的四种代谢产物,该方法具有较好的检测限(0.5~0.8 μg/kg)和定量限(1 μg/kg)。

目前,我国已将液相色谱串联质谱法(LC-MS/MS)作为测定多种动物性食品中呋喃它酮、呋喃西林、呋喃妥因和呋喃唑酮代谢物残留的标准测定方法^[4-5, 20-21]。

2.1.4 其他光谱分析方法

除采用上述几种重要的光谱分析法对硝基呋喃及其代谢产物进行检测外, 亦有研究者利用流动注射-化学发光分析(FI-CL)、太赫兹时域光谱(THz-TDS)及表面增强拉曼光谱(SERS)等其他光谱分析技术对其进行检测。

流动注射-化学发光分析技术(FI-CL)结合了流动注射(FI)和化学发光(CL)两种分析技术的优点, 具有较高的灵敏度和较宽的线性范围, 所用仪器简单。目前, FI-CL 分析法已广泛应用于无机物、有机物和药物分析中。Thongsrisomboon^[22]等利用该技术测定了动物饲料中三种硝基呋喃类药物, 呋喃唑酮、呋喃妥因和呋喃西林, 基于药物能与 KMnO_4 作用发光的特性, 在光电倍增管 950 V 电压下检测发光强度进而间接检测药物的残留量。该方法具有较高的灵敏度, 并且方便, 快速, 能够在线快速检测, 仪器设备简单。太赫兹时域光谱技术(THz-TDS)是一种新型的光谱检测技术。THz-TDS 技术用 THz 脉冲照射样品或者在样品上发生反射, 测量由此产生的 THz 电场强度随时间的变化, 进而得到样品的信息。这一安全无损的技术也已应用到食品安全监测中。康旭升等^[23]初步探究了太赫兹光谱分析技术在食品中呋喃妥因检测中的应用。测量了呋喃妥因原药在太赫兹波段的吸收系数、折射率等光学特性, 获得了呋喃妥因的指纹谱, 并做了一些定量检测的基础性工作。

表面增强拉曼光谱(SERS)是由于吸附在粗糙化金属表面的化合物表面局域等离子激元被激发以及粗糙表面上的原子簇及吸附其上的分子构成拉曼增强的活性点(即化学增强), 使被测定物的拉曼散射产生极大的增强效应。2012 年 Xie 等^[24]报道了快速检测呋喃妥因, 呋喃唑酮及其混合物的 SERS 检测方法。他们结合 SERS 和黄金纳米粒子, 通过优化检测条件, 可同时对呋喃妥因和呋喃唑酮进行检测, 检测限达到 5 mg/L。

2.2 免疫分析法

2.2.1 酶联免疫吸附分析技术(ELISA)

酶联免疫吸附分析技术(ELISA)是当前农兽药残留免疫学检测方法中最常用的一种方法。以 Engvall^[25]为先驱, 发展了酶联免疫测定法。酶联免疫吸附分析技术是一种将抗原抗体免疫反应的特异性和酶的高效催化作用有机结合的一种应用型技术,

可进行定性和定量检测。基于 ELISA 技术设计的检测试剂盒已经广泛应用于现场快速检测。

目前关于硝基呋喃 ELISA 分析方法的相关研究报道中, 由于硝基呋喃代谢物分子量较小, 免疫原性较低, 已报道的硝基呋喃代谢物的实际样品检测, 大多基于衍生检测方法。2004 年, Cooper 等^[26]首次报道了间接检测呋喃唑酮代谢物(AOZ)免疫检测方法, 即通过检测 AOZ 的衍生物来确定样品中 AOZ 的含量。他们将 AOZ 与 3-羧基苯甲醛衍生化制备免疫半抗原 CPAOZ, 通过抗原制备及动物免疫获得多克隆抗体, 该抗体可以特异性识别 AOZ 的 2-硝基苯甲醛衍生物 NPAOZ, 而不能识别 AOZ。基于该抗体该研究小组建立了检测 NPAOZ 的 ELISA 检测方法, 通过测定 NPAOZ 来测定样品中 AOZ 的含量。该研究为硝基呋喃代谢物的免疫分析方法奠定了基础。之后, Cooper 等^[27]又报道了呋喃西林代谢物(SEM)的免疫检测方法。同样是通过衍生化制备免疫半抗原 CPSEM, 通过检测 CPSEM 或 NPSEM 来测定样品中 SEM 的含量。检测限为 0.21 $\mu\text{g/kg}$, 定量限为 0.25 $\mu\text{g/kg}$ 。Pimpitak 等^[28]报道了呋喃它酮代谢物(AMOZ)的免疫检测方法。由于 AMOZ 分子量较大, 因此用 CPAMOZ 做免疫半抗原得到的抗体可以特异性识别 AMOZ, 不过抗体对其灵敏度比对 CPAMOZ 低 23 倍。建立的 ELISA 方法间接检测强化虾样品中的 AMOZ 残留, 检测限为 0.16 $\mu\text{g/kg}$, 定量限为 0.3 $\mu\text{g/kg}$ 。2012 年, Jiang^[29]报道了呋喃妥因代谢物(AHD)的免疫检测方法。他们利用单克隆抗体技术制备了抗 CPAHD 的单克隆抗体, 可以特异性识别 NPAHD。基于该抗体他们建立了动物组织中 AHD 残留的 ELISA 检测方法。特异性好, 检测限低于 0.2 $\mu\text{g/kg}$, 检测结果与 LC-MS 法一致。这种策略虽然可以实现对硝基呋喃代谢物的免疫检测, 但是检测前需要衍生化处理, 操作复杂耗时, 成本较高, 且回收率较低, 因此应用起来有些不便。如今, 硝基呋喃代谢物残留的免疫检测的研究趋势是建立直接检测方法。2012 年, Yan 等^[30]首次报道了直接检测 AMOZ 的免疫检测方法。他们将呋喃环上的硝基氨基化的呋喃它酮作为免疫半抗原与载体蛋白偶联免疫得到的多抗可以特异性识别 AMOZ。基于该多抗他们建立的 ELISA 方法对肉类中 AMOZ 残留的检测限达到 0.4 ng/g, 回收率为 85.0%~103%。

2.2.2 免疫胶体金技术

免疫胶体金技术(immunogold labeling technique)主要利用金颗粒具有高电子密度的特性,在金标蛋白结合处,显微镜下可见黑褐色颗粒。当这些标记物在相应的配体处大量聚集时,肉眼可见红色或粉红色斑点,因而可用于定性或半定量的快速免疫检测方法中。目前,应用胶体金技术检测食品中硝基呋喃代谢物残留的相关报道还比较少。2011年,潘心红等人^[31]报道了鱼肉中AMOZ残留的免疫胶体金检测法,通过胶体金试纸法来检测样品中AMOZ的含量。他们将AMOZ与牛血清蛋白(BSA)偶联免疫小鼠,通过单克隆抗体技术制备了抗AMOZ的单克隆抗体。他们基于该抗体,制备的胶体金检测盒对AMOZ残留检测达到了较好效果。2013年,柳爱春等人^[32]报道了间接检测四种硝基呋喃类代谢物(AOZ, SEM, AMOZ, AHD)的免疫胶体金法。他们将四种代谢物与4-羰基苯甲醛衍生化,用胶体金试剂板检测,最低检测限为0.5 μg/kg(AOZ), 1.0 μg/kg(SEM, AMOZ, AHD)。

目前国外已有呋喃唑酮、呋喃它酮代谢物商品化的试剂盒,但其价格昂贵。我国相关试剂盒尚不成熟,未能广泛应用于食品中硝基呋喃代谢物的检测。

2.3 其他方法

生物芯片技术是近年来发展起来的新技术。其将靶分子与固定化的生物大分子杂交,通过特定的仪器检测杂交信号的变化进行定量,具有快速、高效、高信息量等优点。目前在国际上该技术已成功用于医药、司法和食品卫生监督等方面。O'Mahony等^[33]用生物芯片技术同时检测蜂蜜中四种代谢物(AHD, AOZ, AMOZ, WEM)。他们采用复用生物芯片筛选试验,将抗体固定在生物芯片上,采用竞争模式检测四种代谢物,并用超高压液相色谱串联质谱(UPLC-MS/MS)确证检测结果。四种代谢物的定量限分别低于0.5 μg/kg(AHD, AOZ, AMOZ)和0.9 μg/kg(SEM)。另有研究者将微乳液电动色谱(MEEKC)技术、分子印迹技术(MIT)应用于食品中硝基呋喃及其代谢物残留的检测^[34-35]。

3 硝基呋喃类药物检测存在问题及展望

目前动物性食品中硝基呋喃类药物检测存在着

样品前处理繁琐、检测时间长、试剂用量大、检测仪器昂贵等问题。研究的重点应该是在不需要衍生化步骤的情况下,直接检测其代谢物来缩短检测时间和降低检测成本。另外,应建立能够用于现场快速检测的方法。免疫分析技术具有灵敏度、操作简便、检测快速的优点。但目前建立的免疫检测方法大多存在特异性、灵敏度低,假阳性率高,需要衍生不能直接检测等问题。研究者应该选择合适的免疫策略,制备高质量的抗体,建立快速的免疫检测方法,使硝基呋喃代谢物检测达到简便、快速、成本低、特异性强的目的。

参考文献

- [1] 傅国, 李宁毅. 硝基呋喃类和硝基咪唑类药物的研究进展[J]. 青岛大学医学院学报, 2003, 39(4): 486-488.
Fu G, Li NY. The research progress of nitrofurans and nitroimidazoles [J]. Acta Acad Med Qingdao Univ, 2003, 39(4): 486-488.
- [2] 生威, 李季, 许艇. 动物性产品中硝基呋喃类抗生素残留检测方法研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(z1): 429-434.
Sheng W, Li J, Xu T. Advances of detection for residues of nitrofurans and analogues in foods derived from animals [J]. J Agr-Environ Sci, 2006, 25(z1): 429-434.
- [3] 杨雯莹, 辛志宏, 殷耀, 等. LC-MS/MS 检测蜂花粉中硝基呋喃类代谢物的研究[J]. 食品科学, 2012.
Yang WQ, Xin ZH, Yin Y, et al. Determination of nitrofurans metabolites residue in bee pollen by LC-MS/MS [J]. Food Sci, 2012.
- [4] GB/T 21311-2007 动物源性食品中硝基呋喃类药物代谢物残留量检测方法 高效液相色谱/串联质谱法[S].
GB/T 21311-2007 Determination of residues of nitrofurans metabolites in foodstuffs of animal origin-HPLC-MS/MS method [S].
- [5] GB/T 20752-2006 猪肉、牛肉、鸡肉、猪肝和水产品中硝基呋喃类代谢物残留量的测定 液相色谱-串联质谱法[S].
GB/T 20752-2006 Method of the determination residues of the metabolites of nitrofurans in pork, beef, chicken, porcine liver and aquatic products-LC-MS-MS method [S].
- [6] Yoshida K, Kondo F. Liquid chromatographic determination of furazolidone in swine serum and avian egg [J]. J AOAC Int, 1995, 78(4): 1126-1129.
- [7] Malisch R, Huber L. Determination of residues of chemotherapeutic and antiparasitic drugs in food stuffs of animal origin with liquid chromatography and UV/vis diode-array detection [J]. J Liq Chromatogr, 1988, 11(13): 2801-2827.

- [8] Conneely A, Nugent A, O'Keeffe M, *et al.* Isolation of bound residues of nitrofurans from tissue by solid-phase extraction with determination by liquid chromatography with UV and tandem mass spectrometric detection [J]. *Anal Chim Acta*, 2003, 483(1-2): 91-98.
- [9] Angelini NM, Rampini OD, Mugica H. Liquid chromatographic determination of nitrofurans residues in bovine muscle tissues [J]. *J AOAC Int*, 1977, 80: 481-485.
- [10] Chumanee S, Sutthivaiyakit S, Sutthivaiyakit P. New reagent for trace determination of protein-bound metabolites of nitrofurans in shrimp using liquid chromatography with diode array detector [J]. *J Agr Food Chem*, 2009, 57: 1752-1759.
- [11] 肖桂英, 郭海霞, 娄喜山. 高效液相色谱法同时测定饲料及兽药中四种硝基呋喃类药物[J]. *分析仪器*, 2010, (3): 30-33.
Xiao GY, Guo HX, Lou XS. Simultaneous determination of four nitrofurans in feed stuff and veterinary drugs by high performance liquid chromatography [J]. *Anal Inst*, 2010, (3): 30-33.
- [12] 刘志广. 仪器分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
Liu ZG. *Instrument Analysis* [M]. Beijing: Higher education press, 2007.
- [13] Hormazabal V, Norman Asp T. Determination of the metabolites of nitrofurans antibiotics in meat by liquid chromatography-mass spectrometry [J]. *J Liq Chromatogr Relat Technol*, 2005, 27(17): 2759-2770.
- [14] Wang JR, Zhang LY. Simultaneous determination and identification of furazolidone, furaltadone, nitrofurazone, and nitrovin in feeds by HPLC and LC-MS [J]. *J Liq Chromatogr Relat Technol*, 2006, 29(3): 377-390.
- [15] 孙涛, 胡开峰, 乔昆云, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定水产品中硝基呋喃代谢物残留[J]. *分析仪器*, 2010, (005): 27-31.
Sun T, Hu KF, Qiao KY, *et al.* Determination of nitrofurans metabolite residues in aquatic products by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Anal Inst*, 2010, (005): 27-31.
- [16] 张学成, 徐璞, 秦松, 等. 海藻遗传学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
Zhang XC, Xu P, Qin S, *et al.* *The genetics of marine algae*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005.
- [17] Tribalat L, Paise O, Dessalces G, *et al.* Advantages of LC-MS-MS compared to LC-MS for the determination of nitrofurans residues in honey [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2006, 386(7-8): 2161-2168.
- [18] Douny C, Widart J, De Pauw E, *et al.* Development of an analytical method to detect metabolites of nitrofurans. Application to the study of furazolidone elimination in Vietnamese black tiger shrimp (< i> Penaeus monodon</i>) [J]. *Aquaculture*, 2012, 376-379(15): 54-58.
- [19] Valera-Tarifa NM, Plaza-Bolaños P, Romero-González R, *et al.* Determination of nitrofurans metabolites in seafood by ultra high performance liquid chromatography coupled to triple quadrupole tandem mass spectrometry [J]. *J Food Compos Anal*, 2013.
- [20] GB/T 21166-2007 肠衣中硝基呋喃类代谢物残留量的测定液相色谱-串联质谱法[S].
GB/T 21166-2007 Determination of nitrofurans metabolites residues in casing-LC-MS/MS method [S].
- [21] GB/T 21167-2007 蜂王浆中硝基呋喃类代谢物残留量的测定液相色谱-串联质谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-9.
GB/T 21167-2007 Determination of nitrofurans metabolites residues in royal jelly-LC-MS/MS method [S].
- [22] Thongsrisomboon P, Liawruangrath B, Liawruangrath S, *et al.* Determination of nitrofurans residues in animal feeds by flow injection chemiluminescence procedure [J]. *Food Chem*, 2010, 123(3): 834-839.
- [23] 康旭升, 侯迪波, 张光新, 等. 呋喃妥因的太赫兹光谱分析[J]. *光谱学与光谱分析*, 2012, 32(7): 1744-1747.
Kang XS, Hou DB, Zhang GX, *et al.* Spectral Analysis of Nitrofurantoin in the Terahertz Frequency Range [J]. *Spectrosc Spect Anal*, 2012, 32(7): 1744-1747.
- [24] Xie Y, Zhu X, Sun Y, *et al.* Rapid detection method for nitrofurans antibiotic residues by surface-enhanced Raman Spectroscopy [J]. *Eur Food Res Technol*, 2012, 235(3): 555-561.
- [25] Engvall E, Perlmann P. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Quantitative assay of immunoglobulin G [J]. *Immuno Chem*, 1971, 8(9): 871-874.
- [26] Cooper KM, Caddell A, Elliott CT, *et al.* Production and characterisation of polyclonal antibodies to a derivative of 3-amino-2-oxazolidinone, a metabolite of the nitrofurans furazolidone [J]. *Anal Chim Acta*, 2004, 520(1): 79-86.
- [27] Cooper KM, Samsonova JV, Plumpton L, *et al.* Enzyme immunoassay for semicarbazide—the nitrofurans metabolite and food contaminant [J]. *Anal Chim Acta*, 2007, 592(1): 64-71.
- [28] Pimpitak U, Putong S, Komolpis K, *et al.* Development of a monoclonal antibody-based enzyme-linked immunosorbent assay for detection of the furaltadone metabolite, AMOZ, in fortified shrimp samples [J]. *Food Chem*, 2009, 116(3): 785-791.
- [29] Jiang W, Luo P, Wang X, *et al.* Development of an enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of nitrofurantoin metabolite, 1-amino-hydantoin, in animal tissues [J]. *Food Contr*, 2012, 23(1): 20-25.
- [30] Yan XD, Hu XZ, Zhang HC, *et al.* Direct determination of furaltadone metabolite, 3-amino-5-morpholinomethyl-2-oxazolidinone, in meats by a simple immunoassay [J]. *Food Agr Immunol*, 2012, 23(3): 203-215.

- [31] 潘心红, 邓艳芬, 李军涛, 等. 用胶体金试纸法直接测定鱼肉中硝基呋喃类残留的方法探讨[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 3(21): 568-569.
- Pan XH, Deng YF, Li JT, *et al.* Test paper with colloidal gold in the Direct Determination of nitrofurantoin residues in fish the Method of [J]. Chin J Health Lab Tech, 2011, 3(21): 568-569.
- [32] 柳爱春, 刘超, 赵芸, 等. 免疫胶体金法快速检测水产品中硝基呋喃类代谢物的研究[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(1): 95-102.
- Liu AC, Liu C, Zhao Y, *et al.* Rapid determination of nitrofurantoin metabolites in aquatic products by colloidal gold method [J]. Acta Agr Zhejiangensis, 2013, 25(1): 95-102.
- [33] O'Mahony J, Moloney M, McConnell RI, *et al.* Simultaneous detection of four nitrofurantoin metabolites in honey using a multiplexing biochip screening assay [J]. Biosens Bioelectron, 2011, 26(10): 4076-4081.
- [34] Jiang TF, Lv ZH, Wang YH, *et al.* Separation and Determination of Nitrofurantoin Antibiotics in Turbot Fish by Microemulsion Electrokinetic Chromatography [J]. Anal Sci, 2009, 25(7): 861-864.
- [35] Athikomrattanakul U, Katterle M, Gajovic-Eichelmann N, *et al.* Development of molecularly imprinted polymers for the binding of nitrofurantoin [J]. Biosens Bioelectron, 2009, 25(1): 82-87.

(责任编辑: 赵静)

作者简介



刘辉, 食品质量工程师, 主要研究方向为食品技术检测及食品安全风险评估。
E-mail: lbloke@163.com

“食品病原微生物的检测和溯源”专题约稿函

《食品安全质量检测学报》感谢各位专家的大力支持! 2012年以来, 学报的学术水平有了进一步的提高, 并在2013年1月被美国《化学文摘》(CA)数据库、英国国际农业与生物科学研究中心(CABI)收录。在此, 对各位专家对学报的支持表示衷心的感谢, 也希望能一如既往地支持学报的发展。

近年来, 食品安全得到了国家越来越多的重视, 但我国的食品安全问题仍较严重, 特别是食品病原微生物引起的食品安全事件仍时有发生。本刊特别策划了“食品病原微生物的检测和溯源”专题, 由军事医学科学院杨瑞馥研究员担任专题主编, 围绕食品病原微生物分离培养、核酸、免疫、现场快速等检测技术、食品病原微生物的溯源等问题展开讨论, 计划在2013年6月出版。编辑部特向各位专家诚征惠稿, 综述、研究论文均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在2013年5月15日前通过网站或Email投稿。我们将快速处理并优先发表专题论文。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

Email: jfoodsqq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部