

毛细管电泳技术的发展与应用

牛夏梦¹, 勾新磊¹, 赵新颖^{1,2*}

(1. 北京市理化分析测试中心, 有机材料检测技术与质量评价北京市重点实验室, 北京 100089;
2. 北京市科学技术研究院分析测试技术重点实验室, 北京 100089)

摘要: 毛细管电泳法具有多分离模式、高分离效率、快速检测、易于调控以及环境污染小等优点, 是发展最为迅速的分分析技术手段之一。当前毛细管电泳法处于稳步发展的状态, 相关标准方法也陆续出台, 其主要用于食品中大分子以及成分较为复杂的中医药分析等。与传统的色谱方法相比, 毛细管电泳法对于成分较复杂的样品以及生物大分子的分析检测更为便利, 实用性较强, 同时其检测能力范围不低于液相色谱, 具有较为广阔的应用前景。本文主要介绍了毛细管电泳的相关标准和在食品安全、中医药方面的应用。

关键词: 毛细管电泳; 食品安全; 药品分析

Development and application of capillary electrophoresis technique

NIU Xia-Meng¹, GOU Xin-Lei¹, ZHAO Xin-Ying^{1,2*}

(1. *Beijing Centre for Physical and Chemical Analysis, Beijing Key Laboratory of Organic Materials Testing Technology & Quality Evaluation, Beijing 100089, China*; 2. *Beijing Academy of Science and Technology Key Laboratory of Analysis and Testing Technology, Beijing 100089, China*)

ABSTRACT: As one of the fastest growing separation techniques, capillary electrophoresis (CE) has the advantages of multiple separation modes, high separation efficiency, rapid analysis, easy control and low environmental pollution, etc. Nowadays, CE is at a state of steady development, and the relevant standard methods are gradually introduced. CE is mainly used in the analysis of food macromolecules and the complex compositions of traditional Chinese medicine. Compared with traditional chromatographic methods, CE is more convenient and practical for the analysis and detection of complex components of the samples and biological macromolecules, while the detection range is not less than liquid chromatographic method, and it has wide application prospects. This paper mainly introduced the related standards of capillary electrophoresis and its application in food safety and traditional Chinese medicine.

KEY WORDS: capillary electrophoresis; food safety; drug analysis

1 引言

毛细管电泳法(capillary electrophoresis, CE)又称毛细管电分离法(capillary electro-separation, CE), 是依据样品中的物质在毛细管柱中以不同形式的带电粒子在高压直流电场的作用下产生不同的迁移速度, 从而实现分离和检测的一类液相微分离分析技术^[1]。

毛细管电泳的研究可追溯至 20 世纪 40 年代, 经过数十年的研究, 1988 年毛细管电泳的商品仪器推出, CE 开始进入发展高峰期。我国对于 CE 的研究始于 1980 年, 在近十年的研究过程中, CE 得到了国内较广泛的重视, 并且于 1993 年第 1 届全国毛细管电泳学术讨论会在北京正式召开^[2]。随着各相关标准方法的建立、推广与应用, 毛细管电泳法在食品^[3-5]、药品^[6-8]以及其他领域的检测应

*通讯作者: 赵新颖, 博士, 副研究员, 主要研究方向为生物医药分析。E-mail: zhaoxinying_123@sina.com

*Corresponding author: ZHAO Xin-Ying, Ph.D, Associate Researcher, Beijing Key Laboratory of Organic Materials Testing Technology & Quality Evaluation, 4 Floor, B Fuhua Building, No.7, Fengxian Middle Road, Haidian District, Beijing 100089, China. E-mail: zhaoxinying_123@sina.com

用也相继展开。

2 毛细管电泳相关标准

自2000年5月1日《美国药典》第24版的第2增补本^[9]中收录毛细管电泳法之后,毛细管电泳成为抗体药物检测行业的重要方法。2005年和2010年版《中国药典》1部、2部附录收录了毛细管电泳的分离模式、仪器条件和系统适用性试验等内容,且在2015年版《中国药典》^[10]的生物制品部分(3部)对所收录的毛细管电泳方法作了重要增修,扩展了毛细管电泳的适用范围。

目前颁布的毛细管电泳方法标准有42条,颁布的国家和组织包括美国(5条)、中国(3条)、乌克兰(3条)、斯洛伐克(2条)、法国(1条)、俄罗斯及联邦国家(20条)、其他国家(4条)、国际葡萄及葡萄酒组织(4条)。其中俄罗斯及联邦国家的毛细管电泳方法标准数量最多。相关标准涉及行业包括饮用水(4条)、饲料(6条)、食品(6条)和酒(4条)^[8]。目前我国毛细管电泳的标准发展在初期阶段,暂有进出口蜂蜜产品中有机酸^[11]、对苯二甲酸^[12]的质量监测以及2017年4月1日正式实施的饲料中氨基酸的测定标准^[13]中的检测方法为毛细管电泳。

3 毛细管电泳的应用

3.1 毛细管电泳在食品安全方面的应用

近年来食品问题频出,食品安全问题日益成为国内外重视的主要问题之一。食品分析主要分为营养成分分析、食品添加剂分析、非食用添加剂以及化学污染物分析。由于食品样品基质复杂,如何快速、准确地定量分析目标物成为食品检测的重要难题^[14]。作为目前发展最为迅速的分离分析技术之一,毛细管电泳法由于本身分离模式多、分离效率高、分析速度快、样品用量少、易于调控以及对环境污染小等优点在食品分析方面得到了广泛的应用。

克伦特罗俗称“瘦肉精”,动物摄入克伦特罗可以促进其生长,改善脂肪分配^[15]。近年来有相关研究表明,克伦特罗在人体累计至一定值,对人体会产生一定的危害^[16]。常规的克伦特罗检测方法有液相色谱法、液相色谱-质谱联用法^[17]等,均存在前处理以及进样过程中消耗大量有机试剂和需要废液处理等缺点。李春宇^[18]建立了高效毛细管电泳法检测猪肉中的克伦特罗含量的方法。样品经过超声提取、蒸干复溶后,在15 mmol/L磷酸盐为分离缓冲液的作用下使样品中的目标物得到了较好的分离,而且该方法在样品进样时消耗试剂远远小于液相色谱法以及液相色谱-质谱联用法。

关于甘蔗中3-硝基丙酸的检测,常规检测方法均有涉及^[19-22]。甘蔗本身含糖量较高,成分复杂,对其3-硝基丙酸的检测分析存在较大难度。而使用传统的液相色谱-串联质谱联用技术在上机检测前需要离心、固相萃取等前处

理手段,导致耗时太长不利于批量检测,使得甘蔗中3-硝基丙酸的检测存在较大的困难^[23]。解娜等^[24]建立毛细管电泳法检测甘蔗中3-硝基丙酸的新方法,克服了常规方法检测所遇到的前处理复杂等问题,使得甘蔗中3-硝基丙酸的批量检测成为可能。

在蛋白质和多肽的检测方面,毛细管电泳对比液相色谱存在一定的优势,具有更广泛的应用^[25,26]。王茜等^[27]建立了保健食品中免疫球蛋白的检测方法,克服了常规检测方法中遇到的样品量较少等问题,能够在简化样品前处理的基础上,在低进样量的情况下保证高灵敏度和高重现性,具有较高的应用价值。蔡海莹等^[28]使用毛细管电泳仪,以50 mmol/L柠檬酸-20 mmol/L柠檬酸三钠为电泳缓冲液,在分离电压22 kV、紫外检测波长196 nm的条件下,对畜禽肌肉中肌红蛋白和血红蛋白含量进行检测,准确度良好,为评价肉指标参数提供了更加实用的检测方法。

3.2 毛细管电泳在中医药方面的应用

毛细管电泳法在中医药领域也具有较为广泛的应用^[29-31]。李佳等^[32]针对西洋参中的主要生物活性成分人参皂苷Rg₁、Re和Rb₁,建立以胶束电动毛细管色谱为主要技术手段的方法,以克服常规液相色谱法中样品前处理繁琐以及检测时间长的缺点,同时在使用建立的方法对西洋参标准物进行检测时,其检测结果与常规液相色谱法的检测结果对比基本吻合,满足实验要求。陈兴国等^[33]使用反向迁移胶束毛细管电泳法,同时分离测定了鱼腥草以及山楂果实中的槲皮素、芸香苷和绿原酸。孙国祥等^[34]则采用毛细管电泳指纹图谱对金银花进行了研究,经采集13个产地的金银花药材,分析得到金银花的共有指纹峰,建立了二类相似度指标控制金银花的质量,具有重要的应用价值。韩乐等^[35]建立了对不同批次的玄参中梓醇、桃叶珊瑚苷、哈巴苷、哈巴俄苷、毛蕊花糖苷和肉桂酸含量检测的方法。以60 mmol/L硼砂缓冲液为电泳介质,分离电压为20 kV,检测波长为210 nm,毛细管温度为25℃,对目标物进行检测,得到了较为满意的结果。

3.3 毛细管电泳在其他方面的应用

毛细管电泳法在其他方面的应用也在陆续发展^[36-38]。与传统的色谱方法对比,毛细管电泳法还可以对物质之间的化学反应等进行动态研究。徐毅励等^[39]建立了毛细管电泳法对重瓣榆叶梅花朵生长过程中的DNA酶、RNA酶和细胞色素C含量及动态变化进行研究,可在20 min内准确、快速、简便地完成检测。苏红晓等^[40]利用高效毛细管电泳法针对土壤中的三嗪类与磺胺类抗球虫药物进行研究,建立了同时分离检测土壤中两类抗球虫药物(磺胺、磺胺氯吡嗪、磺胺喹噁啉、地克珠利)的方法,该方法简便快速、成本低,可应用于畜禽养殖场土壤中4种常用抗球虫药物的快速检测。

4 总 结

毛细管电泳法与经典色谱技术(液相色谱法、气相色谱法等)相比,发展起步较晚,应用方面还存在一定的局限性。但是毛细管电泳本身的检测能力范围不低于液相色谱法等其他方法,同时对于液相色谱法较难分析的高分子化合物蛋白质、多肽等也具有较好的分离检测效果。毛细管电泳法现已进入高速发展的阶段,是当前应用广泛的重要分离检测技术之一。

参考文献

- [1] Baalbaki B, Blanchin MD, Fabre H. Validation of a micellarelectrokinetic capillary chromatography method for the determination of imidurea, methyl and propylparabens in a pharmaceutical ointment [J]. *Anal Chim Acta*, 2002, 463: 15–20.
- [2] 王晓倩, 赵新颖, 刘品多, 等. 2015 年毛细管电泳技术年度回顾[J]. *色谱*, 2016, 34(2): 121–129.
Wang XQ, Zhao XY, Liu PD, *et al.* Annual review of capillary electrophoresis technology in 2015 [J]. *Chin J Chromatogr*, 2016, 34(2): 121–129.
- [3] 代语林, 董婵婵, 邓宁, 等. 毛细管电泳法同时分离检测饮料中的六种食品添加剂[J]. *中国酿造*, 2016, 5: 187–191.
Dai YL, Dong CC, Deng N, *et al.* Simultaneous separation and determination of six food additives in beverage by capillary electrophoresis [J]. *China Brew*, 2016, 5: 187–191.
- [4] 郭芳芳, 冯锋, 白云峰, 等. 高效毛细管电泳-紫外检测法同时检测雪糕中多种添加剂[J]. *食品科学*, 2015, 36(8): 206–210.
Guo FF, Feng F, Bai YF, *et al.* Determination of different synthetic dyes in ice-cream by high performance capillary electrophoresis with UV detection [J]. *Food Sci*, 2015, 36(8): 206–210.
- [5] 王丽芳, 丁晓静, 解娜, 等. 毛细管电泳法测定糖果及调制酒中 10 种人工合成色素[J]. *食品科学*, 2014, (14): 145–150.
Wang LF, Ding XJ, Xie N, *et al.* Simultaneous determination of ten synthetic food colorants in alcoholic beverages and candies by capillary electrophoresis [J]. *Food Sci*, 2014, (14): 145–150.
- [6] 白雪, 曾肇屹, 朱奎德, 等. CZE 法测定白花龙胆 6 种活性成分含量研究[J]. *广西师范大学学报: 自然科学版*, 2016, 34(1):122–127.
Bai X, Zeng QY, Zhu KD, *et al.* Determination of six kinds of active ingredients from gentianaalga pall by CZE [J]. *J Guangxi Norm Univ (Nat Sci Ed)*, 2016, 34(1): 122–127.
- [7] 安宁, 王丽娟, 吕丽丽, 等. 非水毛细管电泳法分离 14 种氨基醇类手性药物[J]. *药学报*, 2016, 8: 1297–1301.
An N, Wang LJ, Lv LL, *et al.* Chiral separation of fourteen amino alcohols by nonaqueous capillary electrophoresis [J]. *Acta Pharm Sin*, 2016, 8: 1297–1301.
- [8] 沈虎琴, 檀华蓉, 祁克宗, 等. 高效毛细管电泳法同时分离氟喹诺酮类与四环素类药物的研究[J]. *安徽农业大学学报*, 2012, 2: 207–210.
Shen HQ, Tan HR, Qi KZ, *et al.* Separation and determination of fluoroquinolones and tetracyclines by high performance capillary electrophoresis [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2012, 2: 207–210.
- [9] USP. 美国药典[M]. 华盛顿: 美国药典委员会, 2015.
- [10] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
Chinese Pharmacopoeia Commission. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China* [M]. Beijing: Chinese Medical Science and Technology Press, 2015.
- [11] SN/T 1405-2004 进出口蜂产品中 10-羧基- α 癸烯酸的检验方法[S].
SN/T 1405-2004 Inspection of 10-hydroxy- α -decenoic acid in bee products for import and export—Capillary electrophoresis method [S].
- [12] SH/T 1687-2000 工业用精对苯二甲酸(PTA)中对羧基苯甲醛和对甲基苯甲酸含量的测定高效毛细管电泳法(HPCE)[S].
SH/T 1687-2000 Purified terephthalic acid(PTA) for industrial use—Determination of 4-aCrboxybenzaldehyde and *p*-toluic acid-High performance capillary electrophoresis(HPCE) [S].
- [13] NY/T 3001-2016 饲料中氨基酸的测定毛细管电泳法[S].
NY/T 3001-2016 Determination of amino acids in feeds-Capillary electrophoresis [S].
- [14] 董亚蕾, 陈晓娇, 胡敬, 等. 高效毛细管电泳在食品安全检测中的应用进展[J]. *色谱*, 2012, 30(11): 1117–1126.
Dong YL, Chen XJ, Hu J, *et al.* Recent advances in the application of high performance capillary electrophoresis for food safety [J]. *Chin J Chromatogr*, 2012, 30(11): 1117–1126.
- [15] 苗虹, 王仁武, 吴永宁. 动物源性食品及生物材料中克伦特罗测定方法的研究进展[J]. *中国食品卫生杂志*, 2003, 15(5): 441–445.
Miao H, Wang RW, Wu YN. Progress on the determination of clenbuterol residue in foods from animal sources [J]. *Chin J Foods Hyg*, 2003, 15(5): 441–445.
- [16] 王海花, 黄素珍. 浅谈盐酸克伦特罗的危害[J]. *肉类工业*, 2003, 15(5): 441–445.
Wang HH, Huang SZ. Introduction to the discuss the harm of clenbuterol hydrochloride [J]. *Meat Ind*, 2003, (5): 42–43.
- [17] 朱勇, 陈国, 杨挺, 等. 同位素稀释超高效液相色谱串联质谱法同时测定牛奶中的克伦特罗、氯霉素与己烯雌酚[J]. *分析测试学报*, 2011, 04: 430–434.
Zhu Y, Chen G, Yang T, *et al.* Simultaneous determination of clenbuterol, chloramphenicol and diethylstilbestrol in bovine milk by isotope dilution ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *J Instrum Anal*, 2011, 04: 430–434.
- [18] 李春宇. 毛细管电泳测定猪肉中克伦特罗的含量[J]. *食品安全质量检测学报*, 2011, 2(4): 198–200.
Li CY. Determination of clenbuterol in pork by capillary electrophoresis [J]. *J Food Saf Qual*, 2011, 2(4): 198–200.
- [19] 胡文娟, 王玉华, 陈晓明, 等. 甘蔗及甘蔗汁中 3-硝基丙酸的薄层色谱测定法[J]. *卫生研究*, 1988, 17(5): 39–42.
Hu WJ, Wang YH, Chen XM, *et al.* Determination of 3-nitropropionic acid in sugarcane and sugarcane juice by thin layer chromatography [J]. *J Hyg Res*, 1988, 17(5): 39–42.
- [20] 汪傲, 雷祖玉, 冯学勤, 等. 我国某些豆科植物中 3-硝基丙酸的气相色谱和气相色谱-质谱研究[J]. *草地学报*, 1992, 9(2): 34.
Wang J, Lei ZY, Feng XQ, *et al.* Gas chromatography and gas chromatography/mass spectrometry of 3-nitropropionic acid in some leguminous plants in China [J]. *Acta Agrestia Sin*, 1992, 9(2): 34.

- [21] 江涛, 张庆林, 罗雪云, 等. 3-硝基丙酸的高效液相色谱分析[J]. 卫生研究, 1999, 28(5): 300.
Jiang T, Zhang QL, Luo XY, *et al.* Quantitative determination of 3-nitropropionic acid by HPLC [J]. J Hyg Res, 1999, 28(5): 300.
- [22] 李兵, 吴国华, 刘伟, 等. 固相萃取-超高效液相色谱串联质谱法检测甘蔗中 3-硝基丙酸的方法研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(2): 127-132.
Li B, Wu GH, Liu W, *et al.* Detection of 3-nitropropionic acid in sugarcane by solid-phase extraction coupled with ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Food Hyg, 2012, 24(2): 127-132.
- [23] 邵国健, 韩建康, 吴丹青. 免试剂离子色谱法测定变质甘蔗中 3-硝基丙酸[J]. 中国卫生检验杂志, 2012, 22(4): 711-712.
Shao GJ, Han JK, Wu DQ. Determination of 3-nitropropionic acid in mildew sugarcane by free reagent chromatography [J]. Chin J Health Lab Technol, 2012, 22(4): 711-712.
- [24] 解娜, 丁晓静, 张晶, 等. 毛细管电泳法测定甘蔗中 3-硝基丙酸[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(3): 710-714.
Xie N, Ding XJ, Zhang J, *et al.* Determination of 3-nitropropionic acid in sugarcane by capillary electrophoresis [J]. J Food Saf Qual, 2013, 4(3): 710-714.
- [25] Chatterton DEW, Nielsen KE, Holst HH, *et al.* α -Lactalbumin-a protein ingredient for use in infant nutrition [C]. 25th International Dairy Congress Denmark Proceedings-New Developments in Dairy Science and Technology, 1998: 1-5.
- [26] 孙国庆, 康小红, 刘卫星, 等. 利用毛细管电泳法测定乳品中乳铁蛋白含量[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(1): 115-119.
Sun GQ, Kang XH, Liu WX, *et al.* Detection of lactoferrin in milk product by capillary electrophoresis [J]. Food Res Dev, 2009, 30(1): 115-119.
- [27] 王茜, 丁晓静, 王心宇, 等. 毛细管电泳法快速测定保健食品中免疫球蛋白 G[J]. 分析化学, 2006, 34(8): 1161-1164.
Wang Q, Ding XJ, Wang XY, *et al.* Rapid determination of immunoglobulin G in health foods by capillary electrophoresis [J]. Chin J Anal Chem, 2006, 34(8): 1161-1164.
- [28] 蔡海莹, 马旺, 檀华蓉, 等. 高效毛细管电泳法测定畜禽肌肉中肌红蛋白和血红蛋白[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 340-343.
Cai HY, Ma W, Tan HR, *et al.* Determination of myoglobin and haemoglobin in animal muscles by high performance capillary electrophoresis [J]. Food Sci, 2009, 30(24): 340-343.
- [29] 孙毓庆, 孙国祥, 金郁. 毛细管电泳指纹图谱及毛细管电泳-质谱联用在中药质量控制中的作用[J]. 色谱, 2008, 26(2): 160-165.
Sun YQ, Sun GX, Jin Y. Quality control of traditional Chinese medicines by the capillary electrophoresis fingerprint and capillary electrophoresis-mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2008, 26(2): 160-165.
- [30] 左坚, 纪从兰. 白术高效毛细管电泳指纹图谱的建立和产地差异分析[J]. 现代中医研究与实践, 2008, 22(1): 29-33.
Zuo J, Ji CL. Fingerprint construction of atracylodesmarocephala from difference growing area by HPCE [J]. Mod Chin Med Res Pract, 2008, 22(1): 29-33.
- [31] 张馨月, 朱若华. 毛细管电泳法研究中草药有效成分对二氢叶酸还原酶的抑制作用[J]. 分析实验室, 2009, 28(7): 91-95.
Zhang XY, Zhu RH. Study of dihydrofolate inhibitors from effective components in Chinese herbal medicine by capillary electrophoresis [J]. Chin J Anal Lab, 2009, 28(7): 91-95.
- [32] 李佳, 丁晓静, 李芸, 等. 胶束电动毛细管色谱法同时测定西洋参中人参皂苷 Rg₁、Re 和 Rb₁[J]. 色谱, 2011, 29(3): 259-264.
Li J, Ding XJ, Li Y, *et al.* Determination of ginsenosides Rg₁, Re and Rb₁ in *Panax quinquefolium* by micellarelectrokinetic capillary chromatography [J]. Chin J Chromatogr, 2011, 29(3): 259-264.
- [33] 陈兴国, 禹凯, 朱金花. 分离测定鱼腥草和山楂果实中槲皮素、芸香苷和绿原酸反向迁移胶束毛细管电泳新方法[J]. 兰州大学学报(医学版), 2009, 35(1): 61-64.
Chen XG, Yu K, Zhu JH. Separation and determination of quercetin, rutin and chlorogenic acid in houttuyniae and hawthorn fruit by reverse-flow micellarelectrokinetic chromatographic method [J]. J Lanzhou Univ (Med Sci), 2009, 35(1): 61-64.
- [34] 孙国祥, 杨宏涛, 邓湘昱, 等. 金银花的毛细管电泳指纹图谱研究[J]. 色谱, 2007, 25(1): 96-100.
Sun GX, Yang HT, Deng XY, *et al.* Study on capillary electrophoresis fingerprints of *Lonicerae japonicae* [J]. Chin J Chromatogr, 2007, 25(1): 96-100.
- [35] 韩乐, 许虎, 刘训红, 等. 高效毛细管电泳测定玄参中 6 种指标成分的含量[J]. 中国药学杂志, 2012, 7: 555-559.
Han L, Xu H, Liu XH, *et al.* Simultaneous determination of six index components in *Scrophularia ningpoensis* by HPCE [J]. Chin Pharm J, 2012, 7: 555-559.
- [36] 唐建设, 项丽. 毛细管电泳在农药残留检测上的应用[J]. 分析测试技术与仪器, 2005, 11(3): 215-220.
Tang JS, Xiang L. Application of capillary electrophoresis in pesticide residues determination [J]. Anal Test Technol Instrum, 2005, 11(3): 215-220.
- [37] 董敬, 饶钦雄, 郭平, 等. 猪饲料中 3 种大环内酯类药物的高效毛细管电泳(HPCE)检测方法[J]. 中国农业大学学报, 2009, 1: 117-122.
Tong J, Rao QX, Guo P, *et al.* Determination of macrolides in feeds by capillary electrophoresis [J]. J China Agric Univ, 2009, 1: 117-122.
- [38] 张晖, 宋峰峰, 谢晓, 等. 毛细管区带电泳法分析药桑多糖中单糖的组成[J]. 新疆医科大学学报, 2016, 8: 1017-1019.
Zhang H, Song FF, Xie H, *et al.* The quantitative determination of monosaccharide compositions in polysaccharide of *Morus nigra linn* by high performance capillary zone electrophoresis [J]. J Xinjiang Med Univ, 2016, 8: 1017-1019.
- [39] 徐毅励, 陈媛梅, 郑彩霞. 高效毛细管电泳法研究重瓣榆叶梅花中蛋白质的动态变化[J]. 中国农业大学学报, 2016, 5: 76-82.
Xu YL, Chen YM, Zheng CX. Study on dynamic changes of protein contents in the flower of *Amygdalus triloba* multiplex by HPCE [J]. J China Agric Univ, 2016, 5: 76-82.
- [40] 苏红晓, 檀华蓉, 沈虎琴, 等. 高效毛细管电泳法同时分离检测土壤中三嗪类与磺胺类抗球虫药物的研究[J]. 分析测试学报, 2013, 32(2): 156-161.
Su HX, Tan HR, Shen HQ, *et al.* Simultaneous separation and determination of four anticoccidial drugs in soil by high performance capillary electrophoresis [J]. J Instrum Anal, 2013, 32(2): 156-161.

(责任编辑: 姚菲)

作者简介



牛夏梦, 硕士, 主要研究方向为色谱分析。
E-mail: scerkly@163.com



赵新颖, 博士, 副研究员, 主要研究方向为生物医药分析。
E-mail: zhaoxinying_123@sina.com

《农产品加工质量控制与检测技术专题》征稿函

食品安全链涉及原料、加工、贮运、销售等所有环节, 任一环节出问题都会影响最终产品。食品安全是前提, 质量和营养价值是根本, 确保人民健康是最终目的, 从食品与农产品生产经营到餐桌的全程严格检测、控制和监管, 是保障食品安全与质量的社会需求, 广大民众的期望。

鉴于此, 本刊特别策划了“农产品加工质量控制与检测技术”专题, 由河南科技大学食品与生物工程学院刘建学教授担任专题主编, 本专题围绕(1)农产品中微生物、农兽残、重金属等有害元素、生物毒素等污染监测、检测与控制的新思路、新方法和新仪器; (2)农产品品质和营养成份检测的新方法与仪器设备等; (3)食品添加剂、非法添加物筛查、转基因农产品检测的新方法与仪器; (4)食品生产中各种在线分析检测过程控制技术与仪器设备; (5)我国与农产品质量安全相关的检验检测、认证认可、监控追溯和监管系统等进行论述, 多方面展开讨论, 计划在 2017 年 2 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 刘建学教授和主编吴永宁研究员特邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 2016 年 12 月 31 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部