

保健食品中非法添加药物检测技术研究进展

庞小莲, 黎强*

(玉林市食品药品检验检测中心, 玉林 537000)

摘要: 保健食品是特殊食品, 向其中添加违禁药物的现象屡禁不止, 市场监管人员需要根据不同的需要选择合适的检测技术。本文对目前保健食品中违禁药物的常用样品前处理方法和检测技术光谱法、薄层色谱分析法、液相色谱法、气相色谱-质谱法进行综述, 以期对保健食品中违禁药物的检测和市场监管提供参考。

关键词: 保健食品; 非法添加药物; 前处理方法; 检测技术

Research progress on detection technology of illegally added drugs in health food

PANG Xiao-Lian, LI Qiang*

(Yulin Food and Drug Inspection and Testing Center, Yulin 537000, China)

ABSTRACT: Health food is a special food. Although it has been banned repeatedly, the phenomenon of adding illegal drugs still exists. Market supervisors need to select the appropriate detection technology according to different needs. This paper reviewed the commonly used sample preparation methods and detection technology for banned drugs in health products, such as spectrometry, thin layer chromatography, liquid chromatography, gas chromatography-mass spectrometry, in order to provide reference for the detection and market supervision of banned drugs in health products.

KEY WORDS: health food; illegally added drugs; sample preparation methods; detection technology

1 引言

保健食品是适用于特定人群食用, 具有调节作用, 不以治疗疾病为目的的食品^[1]。我国食品安全法明确规定保健食品是特殊食品, 其中不得添加药品。但是近几年来, 随着保健品在市场上的需求量不断增加, 保健食品中违禁添加药物的现象屡禁不止^[2-5], 如降糖类保健品中添加格列齐特, 抗疲劳保健食品中添加西地那非、他达拉非, 改善睡眠保健品中添加氯丙嗪, 减肥类保健品中添加西布曲明等^[6]。

不法商贩添加化学药物的隐蔽性越来越强, 分析的难度也越来越大, 本文对目前常用的几种检测保健食品中非法添加药物的前处理技术和检测技术进行了综述, 以期

为保健品中违禁药物的检测和市场监管提供参考。

2 前处理技术

2.1 多壁碳纳米管分散型固相萃取

多壁碳纳米管分散型固相萃取(multi-walled carbon nanotube dispersed solid phase extraction, MWCNTs-dSPE)是近几年发展的样品处理方法。其中多壁碳纳米管(MWCNTs)是一种新型吸附材料, 具有化学性质稳定、萃取效率高、成本低和可重复利用等方面的优点, 但是多壁碳纳米管的合成需要很高的质量控制过程, 因此成本很高^[7]。

黄佳佳等^[8]建立多壁碳纳米管分散型固相萃取-高效液相色谱法测定降糖类保健食品中非法添加物罗格列酮的检测方法, 该方法的线性范围为 1.0~50.0 $\mu\text{g/mL}$, 相关系

*通讯作者: 黎强, 副主任药师, 主要研究方向为食品、药品、保健品检验检测。E-mail: 527099595@qq.com

*Corresponding author: LI Qiang, Associate Chief Pharmacist, Yulin Food and Drug Inspection and Testing Center, No. 30, Zhi Tang street, Yuzhou District, Yulin 537000, China. E-mail: 527099595@qq.com

数为 0.9997, 检出限和定量限分别是 0.02 $\mu\text{g/mL}$ 和 0.06 $\mu\text{g/mL}$ 。样品加标平均回收率为 77.3%~93.2%。

2.2 液-液萃取技术

液-液萃取技术是一种有效的分离技术, 其原理是利用两相溶剂不同的亲和性, 使样品在两相间进行差别分配, 使溶质由一相转移至另一相, 从而达到分离纯化的目的^[9]。该方法操作简单, 成相速度快, 因此被广泛使用, 但是萃取效率不高。

谢秀娟^[9]利用甲醇-水双相体系萃取处理了降糖保健品中盐酸二甲双胍、盐酸苯乙双胍等 11 种非法添加物质, 其中 2 种双胍类物质被萃取至水相, 其余 9 种非法添加物则被萃取至有机相, 在一定程度上方便了后期的分离纯化及检测过程, 缩短了上、下相的分析时间。

3 检测技术

3.1 光谱法

光谱法由于其可以做到样品无损检测, 且样品前处理方法简单、检测快速、成本低, 常用于食品中掺假与违禁药品的检测, 其中近红外红外光谱和拉曼光谱是最常用的检测方法^[10]。

3.1.1 近红外光谱法

近红外光谱技术(near infrared spectroscopy, NIRS)可以快速分析各种类型的样品, 其是一种非破坏性技术, 可以避免通过化学或物理过程进行复杂的样品制备。另外, 由于 NIRS 中使用的光线具有良好的穿透性, 因此无需复杂的预处理就可以测试在不同条件下存储的不同类型包装中的固体和液体样品。NIRS 可以比较样品与标准物质的光谱, 基于相关系数分析检测保健品中的非法添加物^[11]。但是 NIRS 容易收到其他成分的干扰, 可能导致检测模型的准确率降低, 不适用于成分特别复杂的保健食品^[12-15]。

王新财等^[16]用近红外光谱技术测定降糖类保健品中的格列本脲, 检出限达到 0.75%, 正确率为 91%。彭梦侠等^[17]利用近红外光谱于化学计量学相结合, 快速筛查 15 种减肥类保健品中呋塞米和酚酞, 结果与高效液相色谱法测定结果完全一致, 说明该方法适用于片剂、胶囊、粉末等多种剂型、成分各异的保健品的检测。

3.1.2 拉曼光谱法

拉曼光谱(raman)的原理是利用拉曼效应直接探测分子和材料中的振动及旋转振动状态。由于水和其他极性溶剂会吸收红外区域的光, 因此与红外光谱相比, 拉曼光谱在检测有上述溶剂的样品时具有强大的优势。但是由于拉曼散射非常弱, 因此出现了各种增强的拉曼光谱技术, 如表面增强拉曼散射和相干反斯托克斯拉曼散射^[18]。该技术检测保健品中的违禁药品简单、快速、准确, 但是可能会由于样品中的基质影响结果的准确度^[19-21]。

吴国萍等^[22]利用表面增强拉曼光谱测定抗疲劳保健品中的非法添加物西地那非, 结果与液相质谱法测定的结果吻合度为 100%, 适合用于该物质的快速检测。张丽霞^[23]用表面增强拉曼光谱检测人参苦瓜胶囊保健品和市售药片中的盐酸苯乙双胍, 回收率达到 95.35%~105.0%, 相对标准偏差为 2.64%~5.16%, 说明该方法准确率良好。

3.2 薄层色谱分析法

薄层色谱(thin layer chromatography, TLC)在食品中添加剂、掺假剂、污染物的监测中被大量应用。TLC 在许多分析中具有优势, 如操作简单, 在不干扰流动相的情况下有很多敏感和选择性的试剂可以用于监测和分析, 成本低廉, 可以同时测定多个样品, 溶剂用量低。但是其灵敏度和再现性差, 它通常需要其他方法联用才能得到准确结果^[24-27]。

李启红^[28]用 TLC 与表面增强拉曼光谱结合检测中药保健品中的西地那非、氨基他达拉非、伐地那非, 结果表明该方法的检出限为 0.5%~0.1%, 在真实产品的检测中准确性良好。李想等^[29]用 TCL 与拉曼光谱联用检测减肥类保健品中的茶碱、咖啡因、苯丙酸诺龙、螺内酯, 该方法检出限为 2~4 μg , 结果较灵敏, 但是准确度容易受到左旋肉碱、茶多酚等物质的干扰。

3.3 液相色谱法

液相色谱法(liquid chromatography, LC)是检测中药及保健食品中非法添加化学药物使用最广泛的技术, 该方法分离度高, 专属性强, 分析速度快, 通过图谱比对, 可以基本确证样品是否含有与对照品一致的化学成分。检测器有紫外可见光吸收检测器(UV-visible light absorption detector, UVD)、二极管阵列检测器(diode array detector, DAD)、蒸发光散射检测器(evaporative light scattering detector, ELSD), 但其对有些异构体鉴别比较困难。因此该方法常与质谱联用质谱为检测系统, 液相色谱是分离系统^[30,31], 首先需绘制出对照物的光谱图, 建立科学的谱库, 样品在 2 个系统中分离, 被离子化后, 使用质量分析器将离子碎片按质量数分开, 对比样品的保留时间和数据库, 此阶段为初步筛选, 其筛选出的化学物质通过对比色谱峰、蛋白质光谱图等即可检测出添加的非法物质, 此检测方法能够正确可靠的检测出保健食品中非法添加的化学药物^[32-36]。但是该方法一般需要比较复杂的前处理, 很难做到快速检测^[37]。

邓鸣等^[38]建立了中成药及保健食品中非法添加 9 种调血脂类药物成分(普伐他汀钠、苯扎贝特、阿托伐他汀钙、氟伐他汀钠、氯贝丁酯、美伐他汀、吉非罗齐、洛伐他汀、辛伐他汀)的高效液相色谱快速检验方法, 相关系数大于 0.9997, 方法检测限为 0.5~2 ng。韩东岐等^[39]建立 HPLC-DAD 法同时检测镇静安神类中成药及保健食品中

非法添加的 9 种安眠药物(盐酸多塞平、苯妥英钠、司可巴比妥钠、盐酸羟嗪、阿普唑仑、艾司唑仑、劳拉西泮、氯氮卓、盐酸氯丙嗪)9 种, 相关系数大于 0.999, 相对偏差为 0.05%~0.18%, 检出限达到了 0.012~0.017 ng/mL, 说明该方法准确、灵敏。黄芳等^[40]用高效液相色谱-串联质谱(high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS/MS)检测了中药及保健品中 30 种减肥类化学药, 每种物质在线性范围内相关系数均大于 0.99, 检出限为 0.003~0.1 mg/kg, 能同时筛查 30 种化学药, 简便、快速、准确可靠。

3.4 气相色谱-质谱联用法

气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)法中的流动相是惰性气体, 气-固相色谱法中以表面积大且具有一定活性的吸附剂作为固定相^[41-43]。该方法兼具 GC 的分离能力和 MS 的高专属性, 特别是在没有对照品的情况下, 与标准的 MS 图库进行比较, 一般可以确认该化合物, 适合用于未知药物非法添加的检测。但是该方法需要大型仪器, 需要较复杂的前处理^[44-46]。

李涛等^[47]建立 GC-MS 法检测降压类中成药及保健食品中非法添加化学药物的方法, 能够在 30~60 min 内快速检测降压类中成药及保健食品中是否非法添加尼群地平等 7 种化学药物。朱志鑫等^[48]用气相色谱-串联质谱法(gas chromatography tandem mass spectrometry, GC-MS)对减肥药中的减肥食品中芬氟拉明和西布曲明等成分进行检测, 采用 2% 的甲酸溶液提取, 当保健样品进入色谱柱后进行吸附, 检测限达到 1.0 mg/kg, 回收率为 0.1~50 mg/L, 说明该方法灵敏、准确。

3.5 离子迁移谱技术

离子迁移谱技术(ion mobility spectrometry, IMS)是一种电泳分离技术, 其中电离的化合物在大气压或接近大气压的中性气相中被分离。该技术可以直接单独用于食品中非法物质的检测, 也可以与其他分离技术(如 LC、GC 等)进行联用, 以提高其灵敏度、峰值容量和准确性。离子迁移色谱仪是便携式的, 可以快速响应(<30 ms), 因此可以用于现场分析和实时监控。但是该技术的选择性有限, 所有有时需要利用分子印迹固相萃取和免疫亲和色谱选择性萃取目标分析物以避免基质背景干扰^[49]。

何欢等^[50]用 IMS 技术对保健食品中 39 种药物进行测试, 结果假阳性率低于 10%, 假阴性率低于 5%, 说明该方法可以用于保健食品中非法添加药物的筛查, 并具有较高的筛查效率, 可作为保健食品监督检测中更快速、灵敏的技术手段。孙晶等^[51]利用电喷雾-离子迁移谱(electrospray ionization-ion mobility spectrometry, ESI-IMS)技术检测减肥类保健食品中非法添加的 22 种化学药品, 结果表明 22 种减肥类标准品迁移时间在 8.0~16.3 ms 之间, 在基质样品

中检出限为 0.05~8.0 mg/L, 说明该方法迅速、灵敏。

4 讨论与展望

目前保健品中违禁药物的常用多壁碳纳米管分散型固相萃取及液液萃取等方法进行样品前处理, 多壁碳纳米管分散型固相萃取萃取效率高, 可重复利用, 但是制作成本较高; 而液液萃取技术成本较低, 操作方便, 但是萃取效率不高。保健品中非法物质的检测技术有光谱法、薄层色谱分析法、液相色谱法、气相色谱-质谱法。其中光谱法可以做到无损检测, 检测速度快, 但是容易受到基质干扰; 薄层色谱分析法操作简单, 检测速度快, 但灵敏性、重现性不高, 需要与其他方法联用; 液相色谱法与气相色谱质谱法结果准确但是一般需要较复杂的前处理; 多壁碳纳米管分散型固相萃取萃取效率高, 可重复利用, 但是制作成本较高。

今后需要做好保健食品安全质量工作, 加大力度检查药物添加情况, 重视非法添加现象, 不断完善非法添加检测技术, 根据需求选择合适的检测方法, 尽量能在短时间内完成筛查样品是否有非法添加。

参考文献

- [1] GB 16740-97 保健(功能)食品通用标准[S].
GB 16740-97 General standard for health (functional) food [S].
- [2] 宁霄, 张伟清, 王钢力. 保健食品中非法添加药物的检测现状及筛查策略研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, (5): 1876-1882.
Ning X, Zhang WQ, Wang GL. Research on detection status and screening strategy of illegal additives in health food [J]. J Food Saf Qual, 2015, (5): 1876-1882.
- [3] 王静文, 曹进, 王钢力. 保健食品中非法添加药物检测技术研究进展[J]. 药物分析杂志, 2014, (1): 1-11.
Wang JW, Cao J, Wang GL. Research progress on detection technology of illegally added drugs in health foods [J]. J Pharm Anal, 2014, (1): 1-11.
- [4] 孙丽, 谭艳红. 保健食品非法添加物检测技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2014, (12): 398-400.
Sun L, Tan YH. Research progress on detection technology of illegal food additives [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, (12): 398-400.
- [5] 徐文峰, 徐硕, 金鹏飞. 辅助降压类中成药和保健食品中非法添加化学药物检测技术的研究进展[J]. 中国医药导报, 2016, 13(31): 61-64.
Xu WF, Xu S, Jin PF. Research progress on detection technology of illegally added chemical drugs in Chinese patent medicines and health foods that assist in lowering blood pressure [J]. Chin Med Herald, 2016, 13(31): 61-64.
- [6] 陈林, 温家欣, 齐春艳. 降压类中成药及保健食品中 21 种非法添加化学药物的快速检测与确证方法研究[J]. 分析测试学报, 2016, 35(8): 937-942.
Chen L, Wen JX, Qi CY. Research on rapid detection and confirmation of 21 illegally added chemical drugs in antihypertensive Chinese patent medicines and health foods [J]. J Instrum Anal, 2016, 35(8): 937-942.

- [7] Hemasa AL, Naumovski N, Maher WA, *et al.* Application of carbon nanotubes in chiral and achiral separations of pharmaceuticals, biologics and chemicals [J]. *Nanomaterials* (Basel, Switzerland), 2017, 7(7): 186.
- [8] 黄佳佳, 江东文, 杨昭, 等. 多壁碳纳米管分散型固相萃取-高效液相色谱测定降糖保健食品中非法添加药物罗格列酮[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(2): 53–58.
- Huang JJ, Jiang DW, Yang Z, *et al.* Determination of illegally added drug rosiglitazone in hypoglycemic health food by multi-wall carbon nanotube dispersion solid phase extraction-high performance liquid chromatography [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 38(2): 53–58.
- [9] 谢秀娟. HPLC/UPLC-MS/MS 多维指纹图谱轮廓技术筛查降糖保健品中非法添加物[D]. 广州: 广东药科大学, 2018.
- Xie XJ. Screening of illegal additives in hypoglycemic health products by HPLC/UPLC-MS/MS multi-dimensional fingerprint profile technology [D]. Guangzhou: Guangdong Pharmaceutical University, 2018.
- [10] Mateescu C, Popescu AM, Radu GL, *et al.* Spectroscopic and spectrometric methods used for the screening of certain herbal food supplements suspected of adulteration [J]. *Adv Pharm Bull*, 2017, 7(2): 251–259.
- [11] Zhang C, Su J. Application of near infrared spectroscopy to the analysis and fast quality assessment of traditional Chinese medicinal products [J]. *Acta Pharm Sin B*, 2014, 4(3): 182–192.
- [12] 王勇生, 李洁, 王博, 等. 基于近红外光谱技术评估高粱中粗蛋白质、水分含量的研究 [J/OL]. *动物营养学报*: 1–9. [2020-03-02]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5461.s.20200221.1120.034.html>.
- Wang YS, Li J, Wang B, *et al.* Evaluation of crude protein and water content in sorghum based on near infrared spectroscopy [J/OL]. *J Anim Nutr*: 1–9. [2020-03-02]. [Http: //kns.cnki.net/kcms/detail/11.5461.s.20200221.1120.034.html](http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5461.s.20200221.1120.034.html).
- [13] 刘攀颜, 陈碧清, 袁珊珊, 等. 近红外光谱法测定染色红花中常见染料的含量[J]. *中国中药杂志*, 2019, (8): 1537–1544.
- Liu PY, Chen BQ, Yuan SS, *et al.* Determination of common dyes in dyed safflower by near infrared spectroscopy [J]. *Chin J Chin Mater Med*, 2019, (8): 1537–1544.
- [14] 应泽茜, 杜伟锋, 江康丽, 等. 近红外光谱在中药材及饮片快速质量控制中的应用[J]. *中华中医药杂志*, 2019, (6): 2584–2588.
- Ying ZQ, Du WF, Jiang KL, *et al.* Application of near infrared spectroscopy to rapid quality control of Chinese medicinal materials and decoction pieces [J]. *Chin J Trad Chin Med*, 2019, (6): 2584–2588.
- [15] 陈辉. 近红外光谱技术在畜禽饲料营养评定中的研究进展[J]. *湖南饲料*, 2019, (2): 14–18.
- Chen H. Research progress of near-infrared spectroscopy in nutrition evaluation of livestock and poultry feed [J]. *Hunan Feed*, 2019, (2): 14–18.
- [16] 王新财, 蒋国强, 成霄, 等. 近红外光谱技术测定非法添加的格列本脲[J]. *中国药师*, 2012, 15(2): 266–267.
- Wang XC, Jiang GQ, Cheng X, *et al.* Determination of illegally added glibenclamide by near infrared spectroscopy [J]. *Chin Pharm*, 2012, 15(2): 266–267.
- [17] 彭梦侠, 陈梓云. 减肥类保健品中呋塞米、酚酞的快速筛查[J]. *食品工业*, 2019, 40(9): 217–220.
- Peng MX, Chen ZY. Rapid screening of furosemide and phenolphthalein in weight-loss health products [J]. *Food Ind*, 2019, 40 (9): 217–220.
- [18] Jones RR, Hooper DC, Zhang L, *et al.* Raman techniques: Fundamentals and frontiers [J]. *Nanoscale Res Lett*, 2019, 14(1): 231–241.
- [19] 何玉青, 魏帅迎, 郭一新, 等. 远程紫外拉曼光谱检测技术研究进展[J]. *中国光学*, 2019, 12(6): 1249–1259.
- He YQ, Wei SY, Guo YX, *et al.* Research progress of remote ultraviolet Raman spectroscopy detection technology [J]. *Chin Optics*, 2019, 12(6): 1249–1259.
- [20] 郭小莹, 邱立, 张进杰, 等. 表面增强拉曼光谱对鱼肉中组胺的快速定量分析[J]. *光谱学与光谱分析*, 2019, 39(8): 2561–2567.
- Guo XY, Qiu L, Zhang JJ, *et al.* Rapid quantitative analysis of histamine in fish by surface enhanced Raman spectroscopy [J]. *Spectrosc Spectr Anal*, 2019, 39(8): 2561–2567.
- [21] 陈善俊, 范建, 罗智能, 等. 咖啡酸分子表面增强拉曼光谱的理论实验研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2019, 39(6): 1763–1767.
- Chen SJ, Fan J, Luo ZN, *et al.* Theoretical and experimental research on the surface enhanced Raman spectroscopy of caffeic acid molecule [J]. *Spectrosc Spectr Anal*, 2019, 39(6): 1763–1767.
- [22] 吴国萍, 周亚红, 李静泉, 等. 表面增强拉曼光谱测定保健品中非法添加物西地那非[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(11): 254–259, 264.
- Wu GP, Zhou YH, Li JQ, *et al.* Surface enhanced raman spectroscopy for the determination of sildenafil as an illegal additive in health products [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(11): 254–259, 264.
- [23] 张丽霞. 表面增强拉曼光谱法在测定非法添加的罗丹明 B 及盐酸苯乙双胍中的应用[D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- Zhang LX. Application of surface-enhanced Raman spectroscopy to the determination of illegally added rhodamine B and phenformin hydrochloride [D]. Changchun: Jilin University, 2018.
- [24] Sherma J. Thin-layer chromatography in food and agricultural analysis [J]. *J Chromatogr A*, 2000, 880(1-2): 129–147.
- [25] Sajewicz M, Kowalska T, Sherma J. Sample preparation for thin layer chromatography [J]. *Adv Chromatogr*, 2017, (53): 301–329.
- [26] Dziomba S, Nowakowska J, Markuszewski MJ. Thin layer chromatography in drug discovery process [J]. *J Chromatogr A*, 2017, (20): 1520: 9–22.
- [27] Bernard-Savary P, Poole CF. Instrument platforms for thin-layer chromatography [J]. *J Chromatogr A*, 2015, (20): 184–202.
- [28] 李启红. 中药及保健品中非法添加 3 种 PDE5 抑制剂的 TLC-SERS 检测方法研究[J]. *中国当代医药*, 2017, 24(21): 85–88.
- Li QH. Study on the TLC-SERS detection method for illegally adding 3 kinds of PDE5 inhibitors in traditional Chinese medicine and health products [J]. *Chin Contemp Med*, 2017, 24(21): 85–88.
- [29] 李想, 谭丽丽, 刘吉成. TLC 原位拉曼光谱法快速检测减肥类保健食品中非法添加的四种成分[J]. *光谱学与光谱分析*, 2018, 38(3): 830–836.
- Li X, Tan LL, Liu JC. TLC in situ Raman spectroscopy for rapid detection of four illegally added ingredients in health foods for weight loss [J]. *Spectrosc Spectr Anal*, 2018, 38(3): 830–836.
- [30] 蒋丽萍, 屠健红, 徐宏祥. UPLC-MS/MS 法测定抗疲劳类保健食品中非法添加的 9 种壮阳类化学药物[J]. *中草药*, 2015, 46(15): 2238–2245.
- Jiang LP, Tu JH, Xu HX. Determination of 9 aphrodisiac chemicals illegally added in anti-fatigue health foods by UPLC-MS/MS [J]. *Chin*

- Trad Herb Drug, 2015, 46(15): 2238–2245.
- [31] 黄芳, 吴惠勤. 高效液相色谱-串联质谱法同时测定保健品及中成药中非法添加的 17 种壮阳类化学药[J]. 色谱, 2016, 34(3): 270–278.
- Huang F, Wu HQ. Simultaneous determination of 17 aphrodisiac chemicals added illegally in health products and proprietary Chinese medicines by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2016, 34(3): 270–278.
- [32] 徐硕, 金鹏飞, 徐巧玲. 中药及保健品中非法添加化学药物的研究进展[J]. 中国新药杂志, 2015, (16): 1843–1850.
- Xu S, Jin PF, Xu QL. Research progress on illegally added chemical drugs in traditional Chinese medicine and health products [J]. Chin J New Drugs, 2015, (16): 1843–1850.
- [33] 徐硕, 徐文峰, 金鹏飞. 止咳平喘类中成药和保健品中非法添加化学药物检测技术的研究进展[J]. 中南药学, 2017, (6): 100–105.
- Xu S, Xu WF, Jin PF. Research progress on detection technology of illegally added chemical drugs in cough and asthma Chinese patent medicines and health products [J]. Zhongnan Pharm, 2017, (6): 100–105.
- [34] 李爱军, 张代辉, 马书民, 等. 液相色谱-串联质谱法测定饲料中三聚氰胺残留[J]. 分析化学, 2008, 36(5): 699–701.
- Li AJ, Zhang DH, Ma SM, *et al.* Determination of melamine residues in feed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Anal Chem, 2008, 36(5): 699–701.
- [35] 蔡伟秋, 雷皓宇, 胡玉玲, 等. 基于磁性共轭微孔聚合物的超高效液相色谱-串联质谱法测定果蔬中 7 种有机磷杀虫剂[J]. 色谱, 2020, 38(1): 113–119.
- Cai WQ, Lei HY, Hu YL, *et al.* Determination of 7 organophosphorus pesticides in fruits and vegetables by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry based on magnetic conjugated microporous polymers [J]. Chin J Chromatogr, 2020, 38(1): 113–119.
- [36] 徐敦明, 赖国银, 陈燕, 等. 固相萃取-超高效液相色谱-串联质谱法同时测定保健食品中 21 种非法添加化合物[J]. 色谱, 2019, 37(7): 778–785.
- Xu DM, Lai GY, Chen Y, *et al.* Simultaneous determination of 21 illegally added compounds in health food by solid phase extraction-ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2019, 37(7): 778–785.
- [37] Zhu F, Yan LP, Ma YJ. Simultaneous detection of 20 illegally added chemical hypoglycemic drugs in hypoglycemic and weight loss health products by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2014, 32(1): 13–20.
- [38] 邓鸣, 朱斌, 尹利辉. 中成药及保健食品中非法添加调血脂类药物的 HPLC 快速检测方法研究[J]. 药物分析杂志, 2016, (9): 1639–1647.
- Deng M, Zhu B, Yin LH. Study on HPLC rapid detection method of illegally added lipid-lowering drugs in Chinese patent medicines and health foods [J]. J Pharm Anal, 2016, (9): 1639–1647.
- [39] 韩东岐, 鲁艺, 殷果. HPLC-DAD 法同时检测镇静安神类中成药及保健食品中非法添加的药物[J]. 中成药, 2015, 37(10): 2197–2202.
- Han DQ, Lu Y, Yin G. Simultaneous detection of sedative and tranquilizing Chinese patent medicines and illegally added drugs in health food by HPLC-DAD [J]. Chin Trad Patent Med, 2015, 37(10): 2197–2202.
- [40] 黄芳, 吴惠勤, 朱志鑫. 液相色谱-串联质谱法快速筛查减肥类中药及保健品中非法添加 30 种化学药[J]. 分析测试学报, 2017, (1): 2–8.
- Huang F, Wu HQ, Zhu ZX. Liquid chromatography-tandem mass spectrometry for rapid screening of illegally added 30 chemical drugs in weight-loss Chinese medicines and health products [J]. J Instrum Anal, 2017, (1): 2–8.
- [41] 梁国嫔. 降压类中成药采用 GC-MS 检测非法添加成分的应用[J]. 心电图杂志(电子版), 2018, 7(1): 21–22.
- Liang GP. Application of GC-MS to detect illegal additives in Chinese medicines for antihypertensive drugs [J]. ECG J (Electron Ed), 2018, 7(1): 21–22.
- [42] 廖春玲, 邓永霞. 超高效液相色谱法与气相色谱-质谱法在安神类保健食品新型非法添加药物检测与确证中的应用评估[J]. 亚太传统医药, 2017, 13(23): 37–38.
- Liao CL, Deng YX. Application and evaluation of ultra performance liquid chromatography and gas chromatography-mass spectrometry in the detection and confirmation of new illegal additives in soothing food [J]. Asia-Pacific Trad Med, 2017, 13(23): 37–38.
- [43] 王玉娇, 刘通, 邓亚美, 等. QuEChERS-气相色谱-串联质谱法快速检测茶叶中 6 种禁用香精成分[J]. 色谱, 2019, 37(7): 766–772.
- Wang YJ, Liu T, Deng YM, *et al.* QuEChERS-gas chromatography-tandem mass spectrometry for rapid detection of six banned flavor components in tea [J]. Chin J Chromatogr, 2019, 37(7): 766–772.
- [44] 王芳焕, 任翠娟, 马辉, 等. QuEChERS-气相色谱-串联质谱法测定枸杞中农药残留[J]. 色谱, 2019, 37(10): 1042–1047.
- Wang FH, Ren CJ, Ma H, *et al.* Determination of pesticide residues in wolfberry by QuEChERS-gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2019, 37(10): 1042–1047.
- [45] 韩梅, 侯雪, 邱世婷, 等. 加速溶剂萃取-气相色谱-串联质谱法测定菊花中多种农药残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, (10): 3065–3077.
- Han M, Hou X, Qiu ST, *et al.* Determination of multiple pesticide residues in chrysanthemum by accelerated solvent extraction-gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2019, (10): 3065–3077.
- [46] 闫君, 赵波, 张文, 等. 气相色谱-串联质谱法快速检测当归中 102 种农药残留[J]. 农药学报, 2019, (3): 315–326.
- Yan J, Zhao B, Zhang W, *et al.* Fast detection of 102 pesticide residues in Angelica sinensis by gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Agro-Pharm, 2019, (3): 315–326.
- [47] 李涛, 朱小红, 林芳. GC-MS 联用方法检测降压类中成药及保健食品中非法添加的化学药物[J]. 药物分析杂志, 2010, 30(11): 2212–2215.
- Li T, Zhu XH, Lin F. GC-MS combined detection of illegally added antihypertensive Chinese patent medicines and health foods [J]. J Pharm Anal, 2010, 30(11): 2212–2215.
- [48] 朱志鑫, 吴惠勤, 黄晓兰, 等. 气相色谱-质谱法检测减肥食品中芬氟拉明和西布曲明[J]. 现代食品科技, 2012, 28(10): 1419–1422.
- Zhu ZX, Wu HQ, Huang XL, *et al.* Detection of fenfluramine and sibutramine in diet food by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Mod Food Sci Technol, 2012, 28(10): 1419–1422.

- [49] Hernández-Mesa M, Ropartz D, García-Campaña AM, *et al.* Ion mobility spectrometry in food analysis: principles, current applications and future trends [J]. *Molecules*, 2019, 24(15): 2706–2716.
- [50] 何欢, 王静文, 李琼, 等. 离子迁移检测减肥保健食品中非法添加药物 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(9): 2657–2662.
- He H, Wang JW, Li Q, *et al.* Ion migration detection of illegally added drugs in health foods for weight loss [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(9): 2657–2662.
- [51] 孙晶, 柳雨影, 曹玲, 等. 电喷雾-离子迁移谱快速检测减肥类保健食品中非法添加的 22 种化学药物[J/OL]. *食品工业科技*, 1-9 [2020-03-02]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20200119.1416.014.html>.
- Sun J, Liu YY, Cao L, *et al.* Rapid detection of 22 chemical drugs illegally added in diet foods by electrospray-ion mobility spectrometry [J/OL]. *Sci Technol Food Ind*, 1-9 [2020-03-02]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20200119.1416.014.html>.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介

庞小莲, 主管药师, 主要研究方向为食品、药品、保健品检验检测。

E-mail: qiante9787697797@163.com

黎强, 副主任药师, 主要研究方向为食品、药品、保健品检验检测。

E-mail: 527099595@qq.com