

# 液相色谱-串联质谱法检测植物源食品中 草甘膦及其代谢物的残留量

成 婧, 王美玲, 龚 强, 徐瑞丽, 丁 利, 王利兵\*

(湖南出入境检验检疫局检验检疫技术中心, 国家食品安全检测重点实验室, 食品安全科学技术湖南省重点实验室,  
长沙 410004)

**摘 要:** **目的** 建立一种高效液相色谱-串联质谱测定植物源食品中草甘膦及其代谢物氨基膦酸残留量的分析方法。**方法** 样品经水超声提取, 用二氯甲烷去除脂肪, 并用 C<sub>18</sub> 固相萃取小柱进行净化, 以 9-芴甲基氯甲酸酯(FMOC-Cl)进行衍生, 最后采用高效液相色谱-串联质谱进行测定。**结果** 对茶叶和其他植物源食品的检出限分别为 0.1 mg/kg 和 0.02 mg/kg, 在 5~100 ng/mL 线性范围内线性关系良好( $r^2 > 0.999$ )。草甘膦各浓度水平的平均回收率为 74.6%~96.5%, 相对标准偏差为 0.041%~0.553% ( $n=6$ ); 氨基膦酸的平均回收率为 65.1%~79.4%, 相对标准偏差为 0.024%~0.338% ( $n=6$ )。**结论** 建立的方法快速简便, 灵敏度较高, 精密度较好, 符合国家标准对植物源食品中农药残留测定的要求, 可用于食品安全监管。

**关键词:** 植物源食品; 草甘膦; 氨基膦酸; 衍生反应; 高效液相色谱-串联质谱

## Determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid residues in plant-derived foodstuff by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

CHENG Jing, WANG Mei-Ling, GONG Qiang, XU Rui-Li, DING Li, WANG Li-Bing\*

(Technology Center of Hunan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, State Key Laboratory of Food Safety Testing, Hunan Key Laboratory of Food Safety Science & Technology, Changsha 410004, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a method for the determination of glyphosate (PMG) and metabolite-aminomethylphosphonic acid (AMPA) residues in plant-derived foodstuff by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS). **Methods** After extracted with water under ultrasonication, the samples were defatted with dichloromethane and then purified by C<sub>18</sub> solid phase extraction cartridge. The samples were derived with fluorenylmethylchloroformate (FMOC-Cl), then detected by HPLC-MS/MS. **Results** The limit of detection (LOD) of tea and other plant-derived foodstuffs were 0.1 mg/kg and 0.02 mg/kg, respectively. The calibration curves showed a good linearity in the range of 5~100 ng/mL with the correlation coefficient ( $r^2$ ) more than 0.999. The average spiked recoveries of PMG were range from 74.6% to 96.5% with the relative standard deviations (RSDs) between 0.041% and 0.553% ( $n=6$ ). The average spiked

基金项目: 国家科技支撑计划(2012BAD29B05)

**Fund:** Supported by the National Key Technology Research and Development Program of the Ministry of Science and Technology of China (2012BAD29B05)

\*通讯作者: 王利兵, 博士, 研究员, 主要研究方向为食品安全与检验检疫安全。E-mail: wanglb0419@126.com

\*Corresponding author: WANG Li-Bing, Ph.D., Researcher, Technology Center of Hunan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Changsha 410004, China. E-mail: wanglb0419@126.com

recoveries of AMPA were between 65.1% and 79.4%, and the RSDs were range from 0.024% to 0.338% ( $n=6$ ).

**Conclusion** The method is simple, fast, sensitive and accurate and accord with China national standard for the detection pesticide residues in plant-derived foodstuff, which is suitable for the supervision of food safety.

**KEY WORDS:** plant-derived foodstuff; glyphosate; metabolite-aminomethylphosphonic acid; derivative; high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry

## 1 引言

草甘膦 (glyphosate, PMG) 是 1971 年美国 Monsanto 公司研发的一种有机磷除草剂, 因其具有内吸传导性、灭生性及非选择性而被公认为除草活性最强的有机农药。除了具有广谱性和高效性之外, 草甘膦遇土即失去活性且不易在生物体内积累, 因此被广泛应用于茶园、果园、玉米田间除草等农业生产中, 是目前为止世界上产量及实用面积最大的农药品种<sup>[1]</sup>。随着草甘膦的广泛使用, 草甘膦在茶叶、水果、玉米等植物源食品中的残留量的检测也越来越受到国内外的关注。草甘膦及其主要代谢物氨基甲膦酸 (aminomethylphosphonic acid, AMPA) 均为极性极强、极易溶于水的高沸点化合物, 无发色和荧光基团, 以上特性给其残留检测带来了极大的困难和挑战<sup>[2,3]</sup>。

目前, 食品中草甘膦的主要检测方法有离子色谱法<sup>[4]</sup>、化学发光法<sup>[5]</sup>、毛细管电泳法<sup>[6]</sup>、光谱法<sup>[7]</sup>、气相色谱法<sup>[8]</sup>及液相色谱法<sup>[9]</sup>等。化学发光法、光谱法等虽然操作简便, 但是灵敏度、准确度等不是特别高, 而离子色谱法和毛细管电泳法等适用的基质有限, 目前主流的检测方法是衍生化后使用气相色谱、气质联用以及液相色谱、液质联用技术进行分离检测。由于草甘膦极性极强、难气化, 气相色谱、气质联用技术检测难度较大, 而液相色谱检测也往往需要柱前或柱后进行衍生, 液质联用技术适用性更为广泛。采用行业标准<sup>[10]</sup>进行实际样品的检测过程中, 往往存在试剂种类多、操作繁琐等问题, 尤其是使用阳离子交换柱(CAX)洗脱剂洗脱时, 需要加压旋转蒸干, 这些都容易造成回收率结果并不稳定。周爽等<sup>[11]</sup>采用反相色谱-串联质谱法直接测定植物源食品中的草甘膦及其代谢物残留, 无需衍生, 快速、简便, 然后样品需要采用三种小柱进行净化, 前处理过程较为繁琐。诸力等<sup>[12]</sup>将提取液调节 pH 值后过柱, 再采用超高效液相色谱-串联质谱法测定不同茶叶中草甘膦、氨基甲膦酸及草铵膦的残留, 方法稳定、灵敏。在这

些关于茶叶中的草甘膦残留量检测的报道<sup>[12-16]</sup>中, 有的需要调节提取液 pH 值, 有的采取柱前衍生的方法, 有的加入同位素内标进行校正, 参考以上报道, 本实验建立了一种适用广泛的植物源食品基质的检测方法, 用去离子水结合二氯甲烷提取蔬菜、水果、茶叶等样品中的草甘膦及其代谢物, 用  $C_{18}$  固相萃取小柱进行净化后再用 9-苄基氨基氯仿(FMOC-Cl)衍生, 最后用高效液相色谱-串联质谱检测定量。该方法快速、简便、灵敏, 适用于各种植物源食品中草甘膦及其代谢物氨基甲膦酸的检测。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与试剂

草甘膦、氨基甲膦酸(纯度>99%; 德国 Dr. Ehrenstorfer 公司); 9-苄基氨基氯甲酸酯(纯度>99%, Sigma Aldrich 公司)。甲醇、丙酮、乙腈、乙酸铵为色谱纯, 购自 Merck 公司; 二氯甲烷、硼酸钠 ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) 均为分析纯, 购自国药集团上海化学试剂有限公司; 水由 Millipore 纯水仪制备。 $C_{18}$  固相萃取小柱(3 mL/200 mg; Supelco 公司); 活性炭固相萃取小柱(3 mL/500 mg; Supelco 公司); 中性  $Al_2O_3$  固相萃取小柱(6 mL/1 g; Supelco 公司)。

茶叶、白萝卜、密本南瓜及本地柑橘等各种样品均直接购自市场, 每个代表性样品取样量不低于 500g。

### 2.2 仪器与设备

岛津 LC-20A 高效液相色谱仪(日本岛津公司); API 4000 电喷雾三重四极杆质谱检测器(美国 AB 公司); SK-1 快速混匀器(金坛市富华仪器有限公司); BRANSON 型超声波清洗器(必能信超声有限公司); Sigma 离心机(Sigma 公司); GM200 切割式混合研磨仪(德国 Retsch 公司)。

### 2.3 标准储备液和工作溶液的配制

1.0 mg/mL 标准储备液: 分别称取 50 mg(精确到 0.01 mg)PMG 及 AMPA 标准物质, 用水溶解并定容

到 50 mL。于 4 °C 冰箱中冷藏保存待用。

混合标准中间溶液: 用水将 PMG 及 AMPA 标准储备液稀释为二者浓度均为 0.1 mg/mL 的混合标准中间溶液, 于 4 °C 冰箱中冷藏保存待用。

混合标准工作溶液: 采用空白样品, 经提取和净化后, 根据需要吸取一定量的混合标准中间溶液, 在一定浓度范围内配制成几个适当浓度的混合标准工作溶液, 现配现用。

## 2.4 样品前处理

### 2.4.1 提取

将待测样品用混合研磨仪粉碎并搅拌均匀。称取 1.0 g 茶叶样品(水果或蔬菜样品称取 5.0 g)于 15 mL 离心管, 加入 5 mL 水, 涡旋混匀并超声提取 30 min 后, 加入 3 mL 二氯甲烷涡旋混匀 2 min。经 6000 r/min 离心 5 min, 取上清液于另一离心管, 残渣用 5 mL 水重复提取一次, 合并上清液并定容至 10 mL。往以上定溶液中加入 3 mL 二氯甲烷, 震荡 5 min 后 6000 r/min 离心 3 min。取 2 mL 上清液待净化。

### 2.4.2 净化

先用 3 mL 甲醇和 3 mL 水活化固相萃取小柱, 弃去流出液。加入以上 2 mL 提取液过柱, 收集流出液并压干。

### 2.4.3 衍生

取 1.0 mL 净化液加入 1.0 mL 水混匀, 再加入 0.5 mL 5% (V:V) 硼酸钠缓冲溶液(pH=9)和 0.5 mL 1.0 g/L FMOC-Cl 丙酮溶液并涡旋混匀。37 °C 过夜衍生。将衍生后的溶液通过 0.45 μm 有机滤膜后上机测定。

## 2.5 色谱及质谱条件

### 2.5.1 色谱条件

色谱柱: Agilent Eclipse AAA 柱(150 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相: A 为 5 mmol/L 乙酸胺, B 为乙腈。梯度洗脱程序: 0~8.0 min, 90%A~30%A; 8.1 min, 90%A; 8.1~12.0 min, 90%A。流速: 0.5 mL/min; 进样量: 20 μL; 柱温: 40 °C。

### 2.5.2 质谱条件

离子源: 电喷雾离子源(ESI); 扫描方式: 正离子扫描; 多反应离子检测; 离子源温度: 500 °C; 离子喷雾电压(ionspray voltage): 5000.0 V; 气帘气压力(curtain gas): 206.9 kPa(30 psi); 雾化气压力(gas 1): 413.4 kPa(60 psi); 辅助气压力(gas 2): 447.8 kPa(65 psi); 检测模式: 多反应监测(MRM)模式; 特征离子对(对应的去簇电压和碰撞电压): 草甘膦

392.1/214.1(54 V/15 eV)、392.1/88.1(63 V/30 eV), 氨基磷酸 334.1/179.1(60 V/28 eV)、334.1/112.1(48 V/17 eV), 其中 392.1/88.1 和 334.1/112.1 为定量离子对。

## 3 结果与讨论

### 3.1 前处理条件优化

#### 3.1.1 提取溶剂

PMG 及 AMPA 极性较大且易溶于水, 难溶于大多数有机溶剂, 因此常用极性溶剂提取, 如水、水-二氯甲烷及氢氧化钾溶液等<sup>[12]</sup>。实验发现采用碱溶液进行提取时, 可能会带入更多的杂质, 本文选择去离子水作为提取溶剂, 再经二氯甲烷液萃取去除脂溶性杂质。

#### 3.1.2 净化柱

对 C<sub>18</sub>、中性 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和活性炭 3 种固相萃取柱的净化效果进行了比较, 结果发现经中性 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 小柱净化后, 样品中几乎检测不到 PMG 及 AMPA; 而 C<sub>18</sub> 小柱净化后的 PMG 及 AMPA 的回收率较高, 活性炭柱净化后的回收率次之。与行业标准<sup>[10]</sup>以及其他报道<sup>[11,14]</sup>所采用的固相萃取柱相比较, 使用 C<sub>18</sub> 小柱进行净化操作更便捷, 成本更低廉。故本实验选择 C<sub>18</sub> 小柱作为净化柱进行实验。

#### 3.1.3 衍生时间

实验研究了衍生时间对 PMG 及 AMPA 的检测灵敏度的影响。将同等浓度的 PMG 及 AMPA 溶液分别衍生 0.5、1、2、4 和 12 h 过夜衍生, 衍生后的相对响应信号如图 1 所示, 从图中可以发现, 对 PMG 来说, 2 h 至更长时间的衍生时间所测得的响应信号变化不大, 反应基本完成, 而 AMPA 则需要大约 4 h 以上, 为了保证反应充分, 本实验选择在 37 °C 条件下过夜衍生。

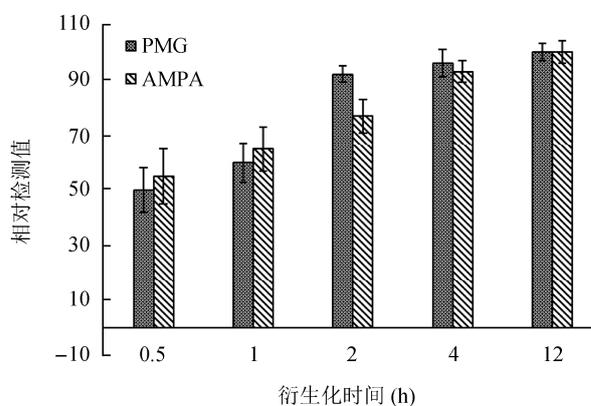


图 1 衍生化时间对检测灵敏度的影响

Fig. 1 Effect of derivatization time on the test sensibility

### 3.1.4 基质效应

由于 PMG 及 AMPA 的极性很大, 实验采用水溶液作为提取溶剂, 因而样品中的色素、脂肪酸等极性化合物也会被提取出来, 进而干扰到 PMG 及 AMPA 的测定, 造成目标物回收率并不理想。实验分别考察了南瓜、萝卜、桔子、茶叶等植物源食品的基质效应。结果发现, 南瓜、萝卜、桔子的基质效应干扰很少, 而茶叶的基质效应明显。通过对比以水为溶剂和以空白茶叶基质为溶剂配制的同等浓度的 PMG 及 AMPA 溶液的信号响应, 发现空白茶叶基质对 PMG 及 AMPA 的信号响应具有强烈的基质抑制效应。实验发现, 基质效应的抑制率可达到 74%, 这大大影响实验的准确性。为了提高实验的准确度与回收率, 选择用样品空白基质配制不同浓度的标准溶液以绘制标准曲线。结果发现, 用空白基质配制得到的校准曲线来校正目标物的浓度, 其添加回收率可达到 65.1%~96.5%。因此本实验选择用样品空白基质配制 PMG 及 AMPA 标准溶液。

### 3.2 标准曲线与检测低限

用空白基质配制 PMG 及 AMPA 浓度分别为 5、10、20、50、100 ng/mL 的混合标准溶液经衍生后上机测定, 结果发现在 5~100 ng/mL 浓度范围内, 分析物的浓度  $X(\text{ng/mL})$  与峰面积  $Y$  均具有良好的有线性关系。PMG 的线性回归方程为  $Y=428X+2.7 \times 10^3 (r^2=0.9996)$ ; AMPA 的线性回归方程为  $Y=498X+3.9 \times 10^3 (r^2=0.9994)$ 。对茶叶和其他植物源食品的检出限分别为 0.1 mg/kg 和 0.02 mg/kg, 能够满足实际检测需要。

### 3.3 回收率和精密度

以茶叶样品为例, 对空白茶叶样品分别添加 0.1、0.5 和 1.0 mg/kg 水平的 PMG 及 AMPA, 每个浓度水平平行测定 6 次, 实验结果见表 1。从表 1 中可以看出, PMG 的平均回收率为 74.6%~96.5%, 相对标准偏差为 0.041%~0.553%; AMPA 的平均回收率为 65.1%~79.4%, 相对标准偏差为 0.024%~0.338%, 两者均具有较好的回收率和精密度。

表 1 茶叶样品中 PMG 及 AMPA 的平均加标回收率与相对标准偏差( $n=6$ )

Table 1 Average recoveries and relative standard deviations (RSD) of PMG and AMPA spiked in the teas ( $n=6$ )

目标物	加标浓度 (mg/kg)	回收率 (%)	平均回收率 (%)	相对标准偏差 ( $n=6$ )(%)
PMG	0.1	90.7~106.0	96.5	0.553
	0.5	82.2~94.0	88.6	0.044
	1.0	70.2~80.8	74.6	0.041
AMPA	0.1	75.1~84.7	79.4	0.338
	0.5	81.0~84.4	76.8	0.024
	1.0	60.6~72.9	65.1	0.054

### 3.4 测定方法分析

空白茶叶基质及在空白茶叶基质下添加 0.1 mg/kg PMG 和 AMPA 的提取离子流图见图 2(A~D), 空白南瓜基质及在南瓜茶叶基质下添加 0.02 mg/kg PMG 和 AMPA 的提取离子流图见图 2(E~H)。实验分别选用 392.1/88.1 和 334.1/112.1 作为 PMG 和 AMPA

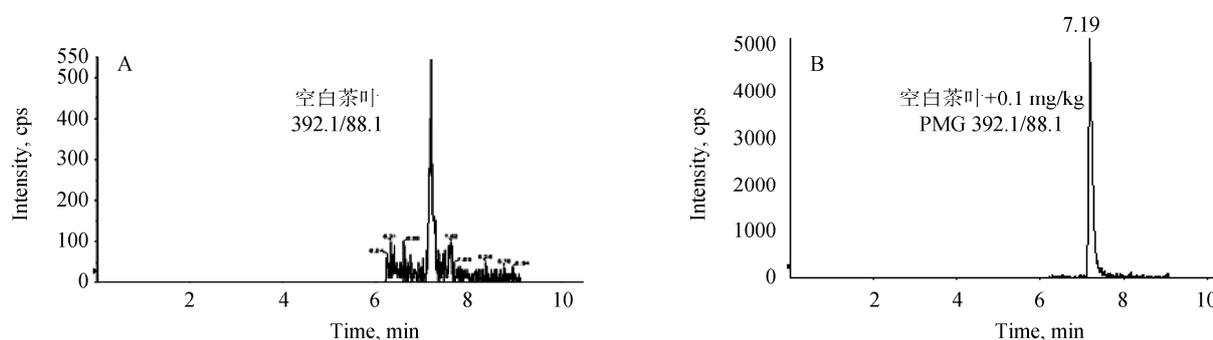


图 2 空白茶叶基质(A、C)和在空白基质下添加 0.1 mg/kg PMG 和 AMPA(B、D), 以及空白南瓜基质(E、G)和在空白南瓜基质下添加 0.02 mg/kg PMG 和 AMPA(F、H)的 MRM 谱图

Fig. 2 Multiple reaction monitor(MRM)chromatograms of a blank tea sample (A, C) and spiked with standards at 0.1 mg/kg PMG and AMPA (B, D), and of a blank pumpkin sample (E, G) and spiked with standard at 0.02 mg/kg PMG and AMPA (F, H)

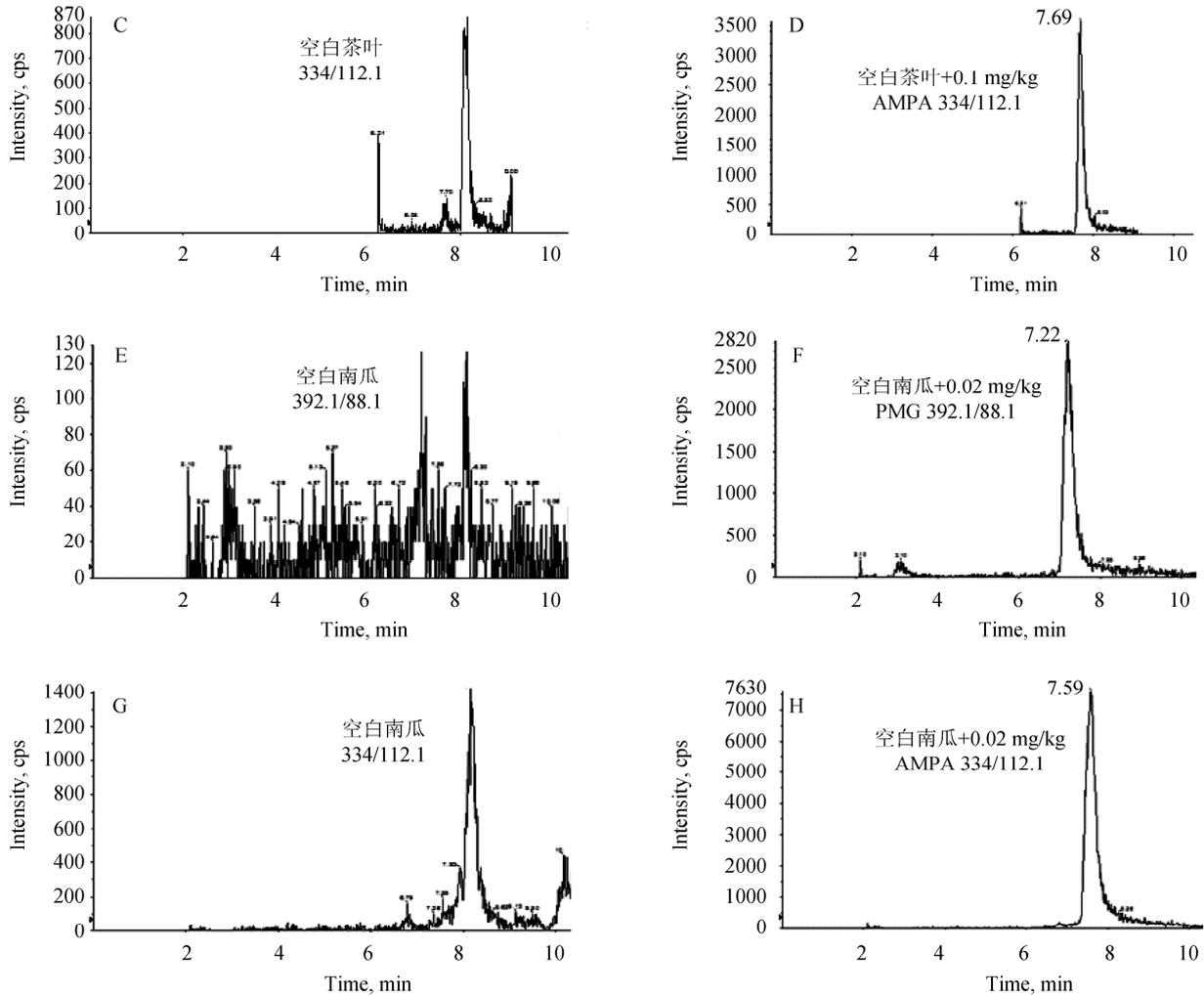


图2 空白茶叶基质(A、C)和在空白基质下添加0.1 mg/kg PMG和AMPA(B、D),以及空白南瓜基质(E、G)和在空白南瓜基质下添加0.02 mg/kg PMG和AMPA(F、H)的MRM谱图

Fig. 2 Multiple reaction monitor(MRM)chromatograms of a blank tea sample (A, C) and spiked with standards at 0.1 mg/kg PMG and AMPA (B, D), and of a blank pumpkin sample (E, G) and spiked with standard at 0.02 mg/kg PMG and AMPA (F, H)

的定量离子对。对比空白基质,空白茶叶(南瓜)样品在添加0.1 mg/kg(0.02 mg/kg)PMG和AMPA后,目标物的色谱峰均具有足够的信噪比,且峰形较好。

### 3.5 实际样品的检测

使用以上所建立的方法对市场上的白萝卜、密本南瓜、柑橘、茶叶(红茶、绿茶、黑茶、花茶及白茶)等408个实际茶叶样品进行了检测。检测结果发现在85个样品中有草甘膦残留,含量范围为0.10~4.12 mg/kg(对茶叶和其他植物源食品的检出限分别为0.1 mg/kg和0.02 mg/kg),检出率为20.8%。其中3个茶叶样品高于国家标准规定的茶叶中草甘膦的最大残留量(1.0 mg/kg),属于不合格农产品。将以上测定的

部分茶叶样品进一步采用行业标准进行对照测定,测定结果在操作误差范围内一致,而本文所建立的方法操作更为简便、快捷。

## 4 结论

本文建立了采用高效液相色谱-串联质谱法检测植物源食品中的草甘膦及其代谢物氨基磷酰胺残留量的分析方法。该方法灵敏度较高,对茶叶和其他植物源食品的检出限分别为0.1 mg/kg和0.02 mg/kg,可以满足各国对相关产品设立的最高残留限量的检测要求。同时该方法的回收率和精密度较好,准确度高,可对各种植物源食品同时进行定性和定量检测。

## 参考文献

- [1] 苏少泉, 滕春红. 草甘膦应用现状与未来发展[J]. 世界农药, 2014, 36(3): 8-11.  
Su SQ, Teng CH. The application status and future development of glyphosate [J]. World Pestic, 2014, 36(3): 8-11.
- [2] 苏少泉. 草甘膦述评[J]. 农药, 2005, 44(4): 145-149.  
Su SQ. Glyphosate review [J]. Chin J Pestic, 2005, 44(4): 145-149.
- [3] 刘晓玉, 肖珊珊, 李军, 等. 食品和水质中草甘膦检测方法及其研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(06): 2241-2247.  
Liu XY, Xiao SS, Li J, *et al.* Progress on glyphosate detection in food and water quality [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(6): 2241-2247.
- [4] Marques MN, Passos EA, Silva MTSD, *et al.* Determination of glyphosate in water samples by IC [J]. J Chromatogr Sci, 2009, 47(9): 822-824(3).
- [5] 范顺利, 吕超, 高建磊. 反相流动注射化学发光法测定草甘膦[J]. 理化检验: 化学分册, 2001, 37(7): 289-293.  
Fan SL, Lü C, Gao JL. Reverse flow injection chemiluminescence determination of glyphosate [J]. Phy Test Chem Anal Part B: Chem Anal, 2001, 37(7): 289-293.
- [6] Hsu CC, Whang CW. Microscale solid phase extraction of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in water and guava fruit extract using alumina-coated iron oxide nanoparticles followed by capillary electrophoresis and electrochemiluminescence detection [J]. J Chromatogr A, 2009, 1216 (49): 8575-8580.
- [7] 李国鹏, 周彩荣, 石晓华, 等. 分光光度法测定草甘膦生产废水中草甘膦和甘氨酸的含量[J]. 郑州大学学报: 理学版, 2012, 44(2): 81-84.  
Li GP, Zhou CR, Shi XH, *et al.* Determination of the amount of glyphosate and glycine in the wastewater of glyphosate produced by spectrophotometry [J]. J Zhengzhou Univ (Nat Sci Ed), 2012, 44(2): 81-84.
- [8] Royer A, Beguin S, Tabet JC, *et al.* Determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid residues in water by gas chromatography with tandem mass spectrometry after exchange ion resin purification and derivatization; Application on vegetable matrixes [J]. Anal Chem, 2000, 72(16): 3826-3832.
- [9] Sun YJ, Wang CY, Wen QY, *et al.* Determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in water by LC using a new labeling reagent, 4-methoxybenzenesulfonyl fluoride [J]. Chromatographia, 2010, 72(7/8): 679-686.
- [10] SN/T 1923-2007 进出口食品中草甘膦残留量的检测方法液相色谱-质谱法[S].  
SN/T 1923-2007 Determination of glyphosate residues in food for import and export-HPLC-MS/MS method [S].
- [11] 周爽, 徐敦明, 林立毅, 等. 反反相色谱-串联质谱法直接测定植物源性食品中草甘膦及其代谢物残留[J]. 分析测试学报, 2013, 32(2): 199-204.  
Zhou S, Xu DM, Lin LY, *et al.* Determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in plant-derived foodstuff by aqueous normal phase(ANP) chromatography-tandem mass spectrometric method [J]. J Instrum Anal, 2013, 32(2): 199-204.
- [12] 诸力, 陈红平, 周苏娟, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定不同茶叶中草甘膦、氨基甲膦酸及草铵膦的残留[J]. 分析化学, 2015, 43(2): 271-276.  
Zhu L, Chen HP, Zhou SJ, *et al.* Determination of glyphosate, aminomethylphosphonic acid and glufosinate in different teas by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Anal Chem, 2015, 43(2): 271-276.
- [13] 李波, 邓晓军, 郭德华, 等. 高效液相色谱-串联质谱法检测食品中的草甘膦及其主要代谢物氨基甲膦酸残留[J]. 色谱, 2007, 25(4): 486-490.  
Li B, Deng XJ, Guo DH, *et al.* Determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid residues in foods using high performance liquid chromatography-mass spectrometry/mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2007, 25(4): 486-490.
- [14] 钟茂生, 梁剑, 朱品玲, 等. HPLC-MS-MS 法测定茶叶中的草甘膦和氨基甲膦酸[J]. 广州化工, 2014, 42(22): 128-130.  
Zhong MS, Liang J, Zhu PL, *et al.* Determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid residues in tea by HPLC-MS/MS [J]. Guangzhou Chem Ind, 2014, 42(22): 128-130.
- [15] 刘正才, 蔡春平, 林永辉, 等. 分散固相萃取/液相色谱-串联质谱法测定茶叶中草甘膦及其代谢物氨基甲膦酸的残留量[J]. 分析测试学报, 2015, 34(3): 335-340.  
Liu ZC, Cai CP, Lin YH, *et al.* Determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid residues in tea by dispersive solid-phase extraction combined with high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Instrum Anal, 2015, 34(3): 335-340.
- [16] 吴晓刚, 陈孝权, 肖海军, 等. 柱前衍生-超高效液相色谱-串联质谱法同时检测茶叶中草甘膦和草铵膦的残留量[J]. 色谱, 2015, 33(10): 1090-1096.  
Wu XG, Chen XQ, Xiao HJ, *et al.* Simultaneous determination of glyphosate and glufosinate-ammonium residues in tea by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry coupled with pre-column derivatization [J]. Chin J Chromatogr, 2015, 33(10): 1090-1096.

(责任编辑: 白洪健)

## 作者简介



成 婧, 工程师, 研究方向为食品安全检测技术。  
E-mail: chengjing4323@163.com



王利兵, 研究员, 研究方向为食品安全与检验检疫安全。  
E-mail: wanglb0419@126.com

---

## “现代分析仪器在食品检测中的应用”专题征稿函

“民以食为天, 食以安为先”。食品不仅是维持人体生命活动所必需的各种营养物质和能量的最主要来源, 而且以其色、香、味、质地及口感给人们以愉悦的感官享受。随着食品工业和食品科学技术的不断发展, 民众对食品品质和卫生要求也越来越高。因此, 对食品质量的控制与安全保障尤为重要, 而这在很大程度上依赖于先进的分析检测技术。现代仪器分析技术在生命科学、环境科学、材料科学等领域发挥着越来越重要的作用, 在食品科学和食品安全领域同样有着不可替代的重要作用。

鉴于此, 《食品安全质量检测学报》特别策划了“现代分析仪器在食品检测中的应用”专题, 拟于 2016 年 4 月正刊发表。本专题将围绕气相色谱、液相色谱、离子色谱、质谱、原子光谱、红外光谱、拉曼光谱、表面等离子共振等现代分析仪器在食品检测与质量安全控制领域的应用, 阐述现代仪器的原理、特点、适用范围、优势与局限性, 展示这些仪器技术在食品安全检测中的应用实例。

鉴于您在现代仪器与食品安全检测方面丰富的研究经历和突出的学术造诣, 主编吴永宁特邀请您撰稿, 综述、研究论文、研究简报等稿件形式均可。我们相信, 您的文章将推动现代仪器在食品检测与质量安全控制领域的推广应用。请您通过网站投稿系统或 E-mail 投稿, 截稿日期为 2016 年 3 月 30 日。对于您的来稿, 我们将快速处理并优先发表。

投稿方式:

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

Email: [jfoods@126.com](mailto:jfoods@126.com)

《食品安全质量检测学报》编辑部