

QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱法快速测定 黄豆芽中的6-苄基腺嘌呤

米玛卓玛¹, 达瓦曲珍¹, 孔芳², 罗苹², 刘小红², 德吉宗巴^{1*}, 李永刚^{2*}

(1. 西藏山南地区疾病预防控制中心, 山南 856000;

2. 应用毒理湖北省重点实验室, 湖北省疾病预防控制中心, 武汉 430079)

摘要: **目的** 建立黄豆芽中的6-苄基腺嘌呤的超高效液相色谱-串联四极杆质谱测定方法。**方法** 黄豆芽样品经乙腈超声提取后, 经C18和PSA的固相分散净化后进样分析。使用SB-Aq色谱柱分离, 以水-乙腈为流动相进行梯度洗脱。采用电喷雾离子化源, 以多反应监测(multiple reaction monitoring)方式分别在负离子模式下进行检测。**结果** 6-苄基腺嘌呤的线性范围为5~200 µg/kg, 相关系数良好, 检出限为0.5 µg/kg, 该方法在三个水平上添加回收率在88.1%~107%, 相对标准偏差在1.4%~13.4%。**结论** 本方法灵敏度高, 操作简单高效, 适合于黄豆芽中的6-苄基腺嘌呤的定量及确证分析。

关键词: QuEChERS; 超高效液相色谱-串联四极杆质谱法; 黄豆芽; 6-苄基腺嘌呤

Determination of 6-benzylaminopurine in soybean sprouts by QuEChERS-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry method

MIEMA Dro-Ma¹, DHAVA Chu-Drun¹, KONG Fang², LUO Ping², LIU Xiao-Hong², DERGER Zom-Pa^{1*},
LI Yong-Gang^{2*}

(1. Shannan Region Center for Disease Control and Prevention, Shannan 856000, China; 2. Hubei Provincial Key Laboratory for Applied Toxicology, Hubei Provincial Center for Disease Control and Prevention, Wuhan 430079, China)

ABSTRACT: Objective To establish an ultra-high pressure liquid chromatography (UHPLC) coupled to tandem mass spectrometry (MS/MS) method for the determination of 6-benzylaminopurine in soybean sprouts. **Methods** The analyte was extracted from homogenized soybean sprouts samples with acetonitrile, and solid phase dispersed by C18 and PSA. The chromatography separation was performed on a SB-Aq column by acetonitrile and water as mobile phase in gradient elution program. Then samples were determined by electrospray ionization in negative mode using multiple reactions monitoring(MRM). **Results** A good linear relationship was obtained in range of 5~200 µg/kg, the limit of detection was 0.5 µg/kg. The recoveries at 3 spiked levels were between 88.1%~107%, with the relative standard deviations (RSDs) between 1.4%~13.4% (n=6). **Conclusion** The method was sensitive, effective, and simple, and was suitable for the determination and confirmation of 6-benzylaminopurine in soybean sprouts.

*通讯作者: 李永刚, 工程师, 主要研究方向为食品安全。E-mail: hubeicdc@126.com

德吉宗巴, 工程师, 主要研究方向为卫生检验。E-mail: 2752027840@qq.com

*Corresponding author: LI Yong-Gang, Engineer, Hubei Province Centre for Disease Control and Prevention, Zhuodaquan North Road 6, Wuhan 430079, China. E-mail: hubeicdc@126.com

DERGER Zom-Pa, Engineer, Tibet Shannan Centre for Disease Control and Prevention, Gesang Road 11, Zedang Town, Naidong 856000, China. E-mail: 2752027840@qq.com.

KEY WORDS: QuEChERS; high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry; soybean sprouts; 6-benzylaminopurine

1 引言

6-苄基腺嘌呤(6-benzylaminopurine, 6-BA)是一种人工合成的细胞分裂素^[1,2], 分子式为 $C_{12}H_{11}N_5$, 其主要成分为嘌呤类生物碱和少量无机物, 它可以抑制植物内叶绿素、核酸和蛋白质分解, 对植物的生长发育有促进和调节作用, 常用于蔬菜、水果的保鲜和无根豆芽的培育^[3-4]。然而人体摄入过多会刺激皮肤、粘膜, 食道或造成胃黏膜损伤, 出现恶心、呕吐等现象, 甚至致癌、致畸^[5]。

根据中国原《食品添加剂使用卫生标准》(GB2760—1996)规定, 6-苄基腺嘌呤可作为食品添加剂使用, 用于发黄豆芽、绿豆芽, 其最高允许使用限量为 0.01 g/kg, 最高允许残留量为 0.2 mg/kg^[3]。但在 2011 年卫生部规定 6-苄基腺嘌呤不再作为食品添加剂使用^[6]。目前我国关于食品中 6-BA 残留量的检测尚未建立国家标准, 这给卫生监督与检测工作带来了一定困难, 因此探索食品中 6-BA 含量及其在豆芽中残留量的检测方法是十分必要的。

目前关于植物中 6-BA 残留量的传统检测方法为高效液相色谱^[7-11]、气相色谱法, 气质联用^[12-14], 拉曼光谱^[15], 液相色谱-飞行时间质谱^[16], 液相色谱串连质谱联用^[17-20]。现阶段运用较为广泛的是高效液相色谱法, 然而在实际分析过程中, 高效液相色谱对样品前处理要求高, 基质干扰较为严重, 其分辨率和灵敏度较低, 无法满足痕量检测要求。

近些年 QuEChERS 法 (quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe)在农药残留检测方面^[21-23], 以及兽药残留以及真菌毒素检测方法都有很广泛的应用^[22-26]。本文建立了以 QuEChERS 为基础的, 高效液相色谱-串联质谱法 (high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS/MS)为检测的分析方法, 该法能有效地对 6-苄基腺嘌呤的残留量进行痕量测定, 可以实现同时对多种调节剂的测定和结构确定。

2 材料与方法

2.1 试剂和仪器

Agilent 1200SL-QQQ6460 液相色谱-串联质谱联

用仪(美国 Agilent 公司); Z383K 离心机(德国 Hermle 公司); BT 125D 天平(德国赛多利斯公司); Direct-Q3 超纯水仪(美国 Millipore 公司); C_{18} , N-丙基乙二胺(PSA)粉和石墨化碳(GCB)(美国 Agilent 公司); 乙腈为色谱纯(美国天地公司); 氯化钠和无水硫酸镁均为分析纯试剂(国药集团化学试剂有限公司)。

5 份黄豆芽样品采集于西藏山南地区的超市和农贸市场。

2.2 标准储备液和工作液

准确称取 6-苄基腺嘌呤标准品, 用乙腈配制成浓度为 1000 $\mu\text{g/L}$ 的标准储备液, 存储于 4 $^{\circ}\text{C}$ 的冰箱中。用空白样品基质液添加一定浓度的储备液来配制 6-苄基腺嘌呤校正曲线, 标准的浓度为 5、20、50、100、200 $\mu\text{g/kg}$ 。

2.3 样品预处理

称取 5.00 g 粉碎好的黄豆芽样品于 50 mL 塑料离心管内, 加入 4 mL 水和 10 mL 乙腈振荡 20 min, 加入 1 g 氯化钠和 4 g 无水硫酸镁, 涡旋 1 min 后以 4000 r/min 的转速离心 10 min, 取上清液 1.5 mL 转移至加有 50 mg C_{18} 和 50 mg PSA 的离心管中, 涡旋 1 min 后以 4000 r/min 的转速离心 10 min, 取 0.5 mL 上清液并加入 0.5 mL 的水相后漩涡, 离心后过 0.22 μm 滤膜, 供液相色谱质谱联用仪测定。

2.4 测定条件

2.4.1 液相色谱条件

液相色谱柱: SB-Aq 柱(3.0 mm $\times$ 100 mm, 1.8 μm); 流动相 A: 乙腈, B: 纯水, 梯度(B%/min): 60/0, 60/3, 5/5, 5/6, 60/8, 60/12; 流速: 0.25 mL/min; 柱温: 40 $^{\circ}\text{C}$; 进样: 5 μL 。

2.4.2 质谱条件

离子源: 电喷雾离子源(electronic spray ion, ESI), 负离子模式检测; 多反应监测(multiple reaction monitoring, MRM); 干燥气温度: 350 $^{\circ}\text{C}$, 干燥气流量: 6 mL/min, 雾化器压力: 45psi, 鞘流气温度: 325 $^{\circ}\text{C}$, 鞘流气流量: 11 L/min, 毛细管电压: 3000 V, 喷嘴电压: 500 V。具体检测参数如表 1。

表 1 6-苄基腺嘌呤的质谱参数
Table 1 Main parameters of 6-BA

化合物	母离子(<i>m/z</i>)	子离子(<i>m/z</i>)	碎裂电压/V	碰撞能量/eV	驻留时间/ms	离子源模式
6-BA	224.1	133	132	17	100	负模式
	224.1	106	132	29	100	负模式

3 结果与讨论

3.1 色谱与质谱条件优化

本实验采用 SB-Aq 色谱柱, 结果显示目标化合物峰形较好, 乙腈-水的流动相体系完全适合 6-BA 的分析要求。将浓度为 1 μg/mL 的基质提取液配制的标准液采用直接进样方式进入质谱进行分析, 在离子源为 ESI 的模式下进行母离子全扫描, 得到其分子离子峰, 在负模式下能有效去除杂质干扰, 离子流图清晰。

根据欧盟 2002/657/EC 指令规定: 低分辨液相色谱-质谱联用仪检测应在确定母离子的基础上选择两个以上的子离子。全扫描后得到分子离子峰的质荷比, 以该离子峰为母离子, 优化毛细管两端的电压, 然后进行二级质谱扫描, 最后采集全扫描的二级质谱图, 得到碎片离子信息, 然后再对得到二级质谱参数碰撞能量等进行优化, 使定性离子与定量离子产生的离子对强度比例达到最大时为佳。试验研究了 ESI 负离子模式检测 6-BA 的质谱条件, 结果当解离电压为 132 V 时 6-BA 质谱响应信号最强。同时, 根据流动相、有机相、水相组成特点, 试验了干燥气流速、温度、喷雾器压力等条件对 6-BA 信号的影响, 具体参数见表 1。

3.2 样品前处理条件的选择

针对不同基质的样品采取不同的提取溶液, 乙腈的优点是很多亲脂性化合物如脂肪、蜡质物等不易被萃取, 6-BA 能够很好的被萃取, 但提取液颜色很深, 杂质较多, 直接上机检测会对色谱柱以及整个系统造成污染, 且共提物对 6-BA 有很强的离子抑制效应。

本实验采用 QuEChERS 方法净化乙腈提取液, 并比较了 GCB, C18 和 PSA 三种净化剂组合的净化效果。结果发现石墨化碳对杂质的吸附很高, 但对 6-BA 有一定的吸附, 影响回收; C18 能够去除脂肪和

酯类等非极性干扰物; PSA 能够吸附基质中的碳水化合物、脂肪酸、有机酸、酚类和色素。C18 和 PSA 的组合能更好地净化提取液, 与传统的液液萃取、固相萃取相比较, 不仅节约试剂耗材, 而且消耗的时间少, 效率高, 方法的灵敏度和检出限都能达到要求。图 1 是在 50 μg/kg 的添加水平下, 各种净化组合与最高回收率的比较, 从中可以看出, 添加 GCB 的回收率最低, C₁₈ 和 PSA 的组合回收最好。

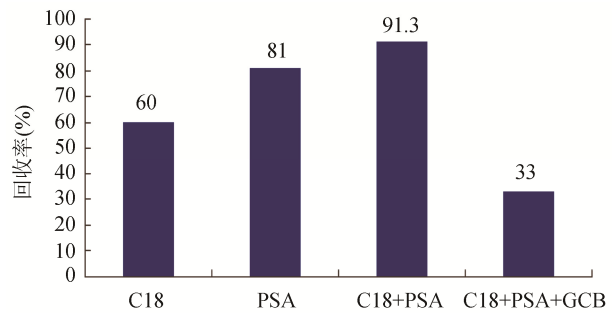


图 1 不同净化组合对回收率的影响
Fig. 1 Effects on recoveries of different sorbents on the clean-up procedure

3.3 方法验证

3.3.1 基质效用与线性方程

本实验用溶剂与基质提取液配制的同等浓度的校正曲线(浓度为 10、20、50、100、200 ng/mL), 其校正曲线分别为 $Y_{\text{溶剂}} = 8901X + 12007(r^2 = 0.997)$ 和 $Y_{\text{基质}} = 396.9X - 1452(r^2 = 0.998)$ 。根据文献报道^[27], 基质效用为基质配制曲线与溶剂曲线的斜率之比, 其值为 0.05, 这说明 6-BA 在黄豆芽中有非常强的信号抑制, 在没有同位素内标的情况下, 需要添加基质校正曲线来准确定量。采用基质加标校正曲线, 分别进样 5 μL, 测定结果经线性回归, 线性方程为: $Y = 57.15X + 464.7(r^2 = 0.997)$ 。

3.3.2 回收率与精密度

用空白样品分别添加 20、50、100 μg/kg 三个不同水平的 6-BA, 每个水平进行 6 次重复实验, 按照

2.3 中的样品前处理方法进行加标回收试验, 回收率与相对标准偏差如表 2 所示。

黄豆芽中 6-BA 的添加回收率为 88.1 %~107% ($n=6$), 相对标准偏差(RSD)小于 13.4 %。可见, 此方法适用于黄豆芽中 6-BA 的检测, 回收率和精密度都满足检测要求。黄豆芽中添加 6-BA(20 $\mu\text{g/kg}$)的色谱图如图 2 所示。

3.3.3 检出限与定量限

进行样品添加实验, 通过工作站计算添加回收的最低浓度点的信噪比, 以信噪比为 $S/N=3$ 确

定方法的检出限 (LOD), 以 10 倍信噪比对应浓度作为定量限(LOQ)。将空白样品添加成浓度为检出限的加标样品, 按照方法处理后, 经检测 S/N 大于 3。

3.4 实际样品的检测

应用本研究所建立的方法, 针对 2015 年西藏自治区山南地区乃东县上 5 份黄豆芽进行抽样检测, 其 6-BA 含量在 0.77 $\mu\text{g/kg}$ 到 51.2 $\mu\text{g/kg}$ 之间。图 3 为某实际样品的 MRM 图。

表 2 6-BA 不同加标水平下的加标回收率及相对标准偏差($n=6$)
Table 2 Spiked recoveries and RSDs of 6-BA spiked in 3 levels ($n=6$)

化合物	20 $\mu\text{g/kg}$		50 $\mu\text{g/kg}$		100 $\mu\text{g/kg}$	
	回收率(%)	相对标准偏差	回收率(%)	相对标准偏差	回收率(%)	相对标准偏差
6-BA	88.1	9.5	91.3	13.4	107	1.4

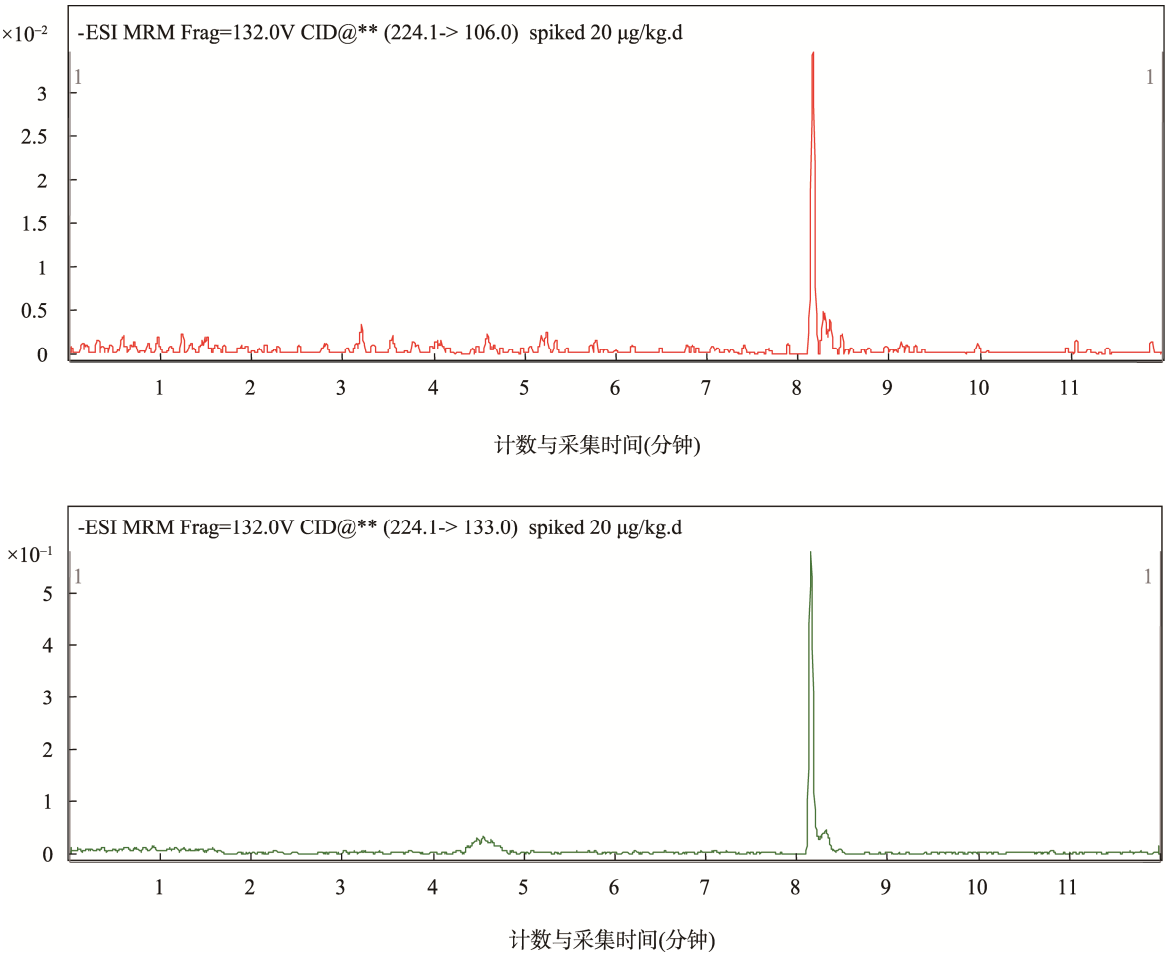


图 2 空白添加 20 $\mu\text{g/kg}$ 的 MRM 色谱图
Fig. 2 Multiple reaction monitoring (MRM) chromatograms of 6-BA in spiked 20 $\mu\text{g/kg}$ sample

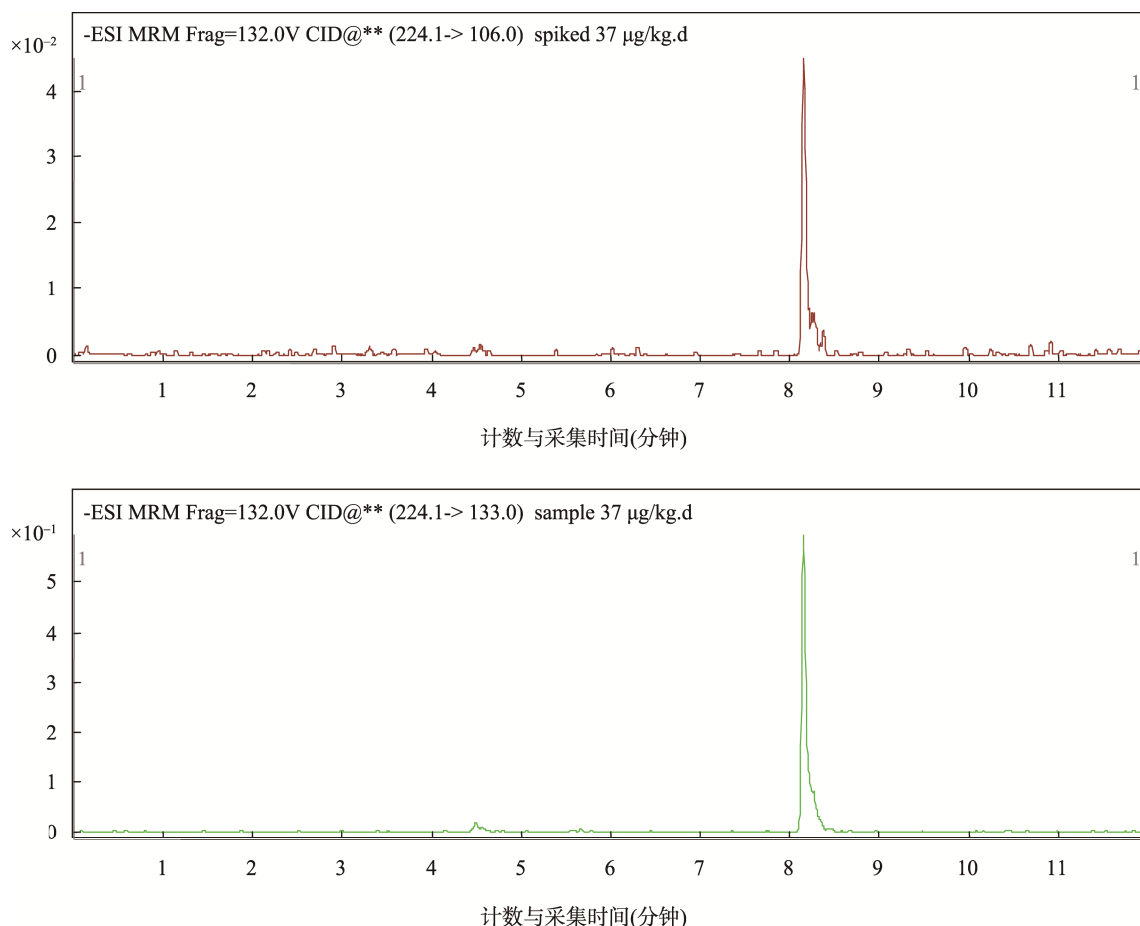


图3 阳性样品 MRM 图

Fig. 3 Multiple reaction monitoring (MRM) chromatograms of 6-BA in sample

4 结 论

本研究建立的黄豆芽中 6-苄基腺嘌呤的超高效液相色谱-串联质谱联用检测方法灵敏度高、重现性好,具有较高的回收率和精密度,各项指标均满足分析的要求。经过添加回收实验和实际样品检测,此方法的有效性得到进一步验证。6-苄基腺嘌呤在市售的黄豆芽中依然存在,应该引起相关监督部门的重视。

参考文献

- [1] Barták P, Pěchová D, Tarkowski P, *et al.* Determination of the first dissociation constant of 6-benzylaminopurine - A comparison of methods [J]. *Anal Chim*, 2000, 421(2): 221-229.
- [2] Zeng Y, Wei M, Hou Y. Quantitative analysis of mixture for gibberellic acid and 6-Benzylaminopurine by HPLC [J]. *Agrochemicals*, 2007.
- [3] 张莹, 鹿毅, 杨涛, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定果蔬中 7 种植物生长促进剂残留. [J]. *分析测试学报*, 2012, 31(4): 442-447.
- [4] Zhang Y, Lu Y, Yang T, *et al.* Determination of 7 plant growth regulator residues in fruits and vegetables by high performance liquid chromatography- tandem mass spectrometry [J]. *J Instrum Anal*, 2012, 31(4): 442-447.
- [5] 金米聪, 陈晓红, 李小平, 等. HPLC/APCI/MS 法测定水果中 6-苄基腺嘌呤 [J]. *分析仪器*, 2005, (3): 29-31.
- [6] Jing MC, Chen XH, Li XP, *et al.* Determination of 6-benzylaminopurine in fruit by HPLC/APCI/MS [J]. *Anal Instrum*, 2005, (3): 29-31.
- [7] 张翠侠. 豆芽中 6-苄基腺嘌呤检测方法研究 [D]; 河北农业大学, 2012.
- [8] Zhang CX. Determination method of 6-Benzylaminopurine in bean sprout [D], *Agric Univ Hebei*, 2012.
- [9] 赵小辉, 朱乾华, 贺薇, 等. D-酪氨酸荧光猝灭法同时测定 6-苄基腺嘌呤和糠氨基嘌呤 [J]. *农药*, 2013, 52(3): 198-201.
- [10] Zhao XH, Zhu QH, Ke W, *et al.* Simultaneous determination of

- 6-benzylaminopurine and based on d-tyr fluorescence quenching [J]. *Agrochemicals*, 2013, 52(3): 198–201.
- [7] 李小平, 陈晓红, 姚浔平, 等. HPLC 法测定豆芽中 6-苄基腺嘌呤残留研究 [J]. *中国卫生检验杂志*, 2005, 15(2): 149–150.
- Li XP, Chen XH, Yao XP, *et al.* Determination of 6-benzylaminopurine in bean-sprout by high performance liquid chromatography [J]. *Chin J Heal Lab Technol*, 2005, 15(2): 149–150.
- [8] 张洁, 王琳琳, 刘海燕, 等. 微波辅助提取-高效液相色谱法测定蔬菜中 6-苄基腺嘌呤 [J]. *分析化学*, 2010, 38(1): 147–149.
- Zhang J, Wang LL, Liu HY, *et al.* Determination of N-6-Benzylaminopurine in vegetables by high performance liquid chromatography [J]. *Chin J Anal Chem*, 2010, 38(1): 147–149.
- [9] 林琳. 豆芽中 6-苄基腺嘌呤的测定方法研究 [J]. *食品工业*, 2008, (3): 65–67.
- Lin L. Method for determination of 6-Benzylaminopurine in bean sprout [J]. *Food Ind*, 2008, (3): 65–67.
- [10] 陈君, 安东各, 许莉, 等. 豆芽中甲硝唑、多菌灵、赤霉素、6-苄基腺嘌呤、2,4-二氯苯氧乙酸的定量检测 [J]. *化学通报: 印刷版*, 2014, 77(9): 916–918.
- Chen J, An DG, Xu L, *et al.* Simultaneous quantitative detection of metronidazole, carbendazim, gibberellic acid, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, and 6-benzyladenine in bean sprout [J]. *Chemistry*, 2014, 77(9): 916–918.
- [11] 陈君, 安东各, 许莉, 等. 豆芽中甲硝唑、多菌灵、赤霉素、6-苄基腺嘌呤、2,4-二氯苯氧乙酸的定量检测 [C]. *公共安全中的化学问题研究进展(第三卷)*, 2013.
- Chen J, An DG, Xu L, *et al.* Simultaneous quantitative detection of metronidazole, carbendazim, gibberellic acid, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, and 6-benzyladenine in bean sprout [C]. *Proceeding of the chemical problems in public security*. 2013.
- [12] 王鹏, 朱颖涛, 梅宏成, 等. GC/MS 检测“无根水”中的 6-苄基腺嘌呤 [J]. *刑事技术*, 2014, (5): 55–57.
- Wang P, Zhu YT, Mei HC, *et al.* [J]. *Forensic Sci Technol*, 2014, (5): 55–57.
- [13] 王春媛, 刘俊亭, 高利娜, 等. GC-MS 检测豆芽中 6-苄基腺嘌呤 [C]. *公共安全中的化学问题研究进展(第三卷)*, 2013.
- Wang CY, Liu JT, Gao LN, *et al.* Determination of 6-Benzylaminopurine(6-BA) in bean-sprouts by GC-MS [C].
- [14] 吴平谷, 谭莹, 张晶, 等. 分级净化结合气相色谱-质谱联用法测定豆芽中 10 种植物生长调节剂 [J]. *分析化学*, 2014, (6): 866–871.
- Wu PG, Tan Y, Zhang J, *et al.* Determination of 10 Plant growth regulators in bean sprouts by sequential cleaning-gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Chin J Anal Chem*, 2014, (6): 866–871.
- [15] 张萍, 郑大威, 刘晶, 等. 基于表面增强拉曼光谱技术的豆芽 6-BA 残留快速检测方法 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2012, 32(5): 1266–1269.
- Zhang P, Zheng DW, Liu J, *et al.* Rapid detection of 6-benzylaminopurine residues in sprout beans by surface-enhanced raman spectroscopy [J]. *Spectrosc Spectral Anal*, 2012, 32(5): 1266–1269.
- [16] 谢寒冰, 周明莹, 赵海峰, 等. 高效液相色谱-四极杆飞行时间质谱法同时检测豆芽中的 3 种外源植物激素残留 [J]. *色谱*, 2014, (5): 493–498.
- Xie HB, Zhou MY, Zhao HF, *et al.* Determination of three exogenous plant hormone residues in bean sprout by high performance liquid chromatography-quadrupole-time of flight mass spectrometry [J]. *Chin J Chromatogr*, 2014, (5): 493–498.
- [17] 谢寒冰, 林洪, 蒋万枫, 等. 高效液相色谱—电喷雾质谱联用法检测豆芽中残留的 6-苄基腺嘌呤 [J]. *山东农业科学*, 2008, (2): 92–94.
- Xie HB, Lin H, Jiang WF, *et al.* Determination of 6-benzylaminopurine in bean sprouts by HPLC/ESI/MS [J]. *Shandong Agric* 2008, (2): 92–94.
- [18] 张婧雯, 郭春海, 葛世辉, 等. 固相萃取-超高效液相色谱串联质谱法同时测定豆芽中 6-苄基腺嘌呤、赤霉素和 4-氯苯氧乙酸的残留量 [J]. *中国食品卫生杂志*, 2014, 26(5).
- Zhang JW, Guo HC, Ge SH, *et al.* Simultaneous determination of 6-benzylaminopurine, gibberellin and 4-chlorophenoxyacetic acid in bean sprouts by solid phase extraction ultra high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *Chin J Food Hygiene*, 2014, 26(5).
- [19] 柳茵, 吴斌, 殷耀, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定芽苗类蔬菜及其来源豆类中 4 种非法添加物的残留量 [J]. *色谱*, 2013, 31(1): 22–26.
- Liu H, Wu B, Yin Y, *et al.* Determination of four kinds of illegal additive residues in sprouts and source beans by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Chin J Chromatogr*, 2013, 31(1): 22–26.
- [20] 胡祥娜, 顾亚萍, 林慧纯, 等. 高效液相色谱串联四极杆质谱法同时测定豆芽中 7 种药物残留 [J]. *食品科学*, 2014, 35(20): 253–257.
- Hu XN, Gu YP, Lin HC, *et al.* Simultaneous determination of seven drug residues in bean sprouts by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Food Sci*, 2014, 35(20): 253–257.
- [21] Lehotay SJ. Quick, easy, cheap, effective, rugged and safe (quechers) approach for determining pesticide residues. [J]. *In Press Pestic Anal Meth Biotechnol*, 2004,

- [22] Antonia GF, María LG, José LM. Multi-mycotoxin analysis in eggs using a QuEChERS-based extraction procedure and ultra-high-pressure liquid chromatography coupled to triple quadrupole mass spectrometry [J]. *J Chromatogr A*, 2011, 1218: 4349–4356.
- [23] Romero A, Martínez V, Prestesb OD, *et al.* Simultaneous determination of pesticides, biopesticides and mycotoxins in organic products applying a quick, easy, cheap, effective, rugged and safe extraction procedure and ultra-high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry [J]. *J Chromatogr A*, 2011, 1218: 1477–1485.
- [24] Aurelien D, Patricia T, Eric G, *et al.* Development and comparison of two multiresidue methods for the analysis of 17 mycotoxins in cereals by liquid chromatography electrospray ionization tandem mass spectrometry. [J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58: 7510–7519.
- [25] Zachariasova OL, Malachova A, Kostelanska M, *et al.* Novel approaches in analysis of Fusarium mycotoxins in cereals employing ultra performance liquid chromatography coupled with high resolution mass spectrometry [J]. *Anal Chim Acta*, 2010, 662: 51–61.
- [26] Lee S, Kim GY, Moon H. Detection of 6-benzylaminopurine plant growth regulator in bean sprouts using OFRR biosensor and QuEChERS method [J]. *Anal Methods*, 2013, 5(4): 961–6.
- [27] 向平, 沈敏, 卓先义, 等. 液相色谱-质谱分析中的基质效应 [J]. *分析测试学报*, 2009, 28(6): 753–756.
- Xiang P, Shen M, Zhuo XY, *et al.* Matrix effects in liquid chromatographic-mass spectrometric analysis [J]. *J Instrum Anal*, 2009, 28(6): 753–756.

(责任编辑: 金延秋)

作者简介



米玛卓玛, 本科, 工程师, 主要研究方向为食品安全。

E-mail: 2752027840@qq.com



李永刚, 工程师, 主要研究方向为食品安全。

E-mail: hubeicdc@126.com



德吉宗巴, 工程师, 主要研究方向为卫生检验。

E-mail: 2752027840@qq.com