

高效液相色谱法测定豆芽中6-苄基腺嘌呤含量的方法优化

王雅楠, 黄 珊*, 刘春燕

(河南省口岸食品检验检测所, 郑州 450003)

摘要: **目的** 建立高效液相色谱法测定豆芽中6-苄基腺嘌呤(6-benzylaminopurine, 6-BA)含量的方法, 验证6-BA快速检测试纸条(胶体金法)的检测结果。**方法** 以6-BA含量为指标, 研究样品的浸泡超声时间, 离心转速, 旋蒸温度, 流动相比比例等测定条件对豆芽中6-BA测定结果的影响。以绿豆芽为试样, 对比高效液相色谱法和6-BA快速检测试纸条(胶体金法)的检测结果。**结果** 6-苄基腺嘌呤在0.04~1.0 μg/mL的浓度范围内线性关系良好, 定量限为0.02 mg/kg, 回收率为92.0%~106.2%, 相对标准偏差为1.06%~2.31%。实际样品的检测结果与快速检测试纸条(胶体金法)的结果与一致。**结论** 优化后的高效液相色谱法结果准确, 回收率较好, 适用于豆芽中6-BA的测定。也可用于6-BA快检设备盲样的定量和稳定性验证, 为快速有效测定豆芽中6-BA含量提供理论支撑。

关键词: 6-苄基腺嘌呤; 豆芽; 快速检测; 胶体金法

Optimization of high performance liquid chromatography method for determination of 6-benzylaminopurine content in bean sprouts

WANG Ya-Nan, HUANG Shan*, LIU Chun-Yan

(Food Inspection and Testing Institute of Henan Province, Zhengzhou 450003, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of 6-benzylaminopurine (6-BA) in bean sprouts by high performance liquid chromatography, and to verify the test results of the 6-BA rapid test strip (colloidal gold method). **Methods** Using the 6-BA content as an index, the effects of the immersion ultrasonic time, centrifugation speed, spin temperature, and flow ratio on the measurement results of 6-BA in bean sprouts were studied. Mung bean sprouts were used as samples, and the results of high performance liquid chromatography and 6-BA rapid detection test strips (colloidal gold method) were compared. **Results** The 6-benzyl adenine had a good linear relationship in the concentration range of 0.04-1.0 μg/mL. The limit of quantification was 0.02 mg/kg, the recoveries were 92.0%-106.2%, and the relative standard deviations were 1.06%-2.31%. The test results of the actual samples were consistent with those of the rapid test strip (colloidal gold method). **Conclusion** The optimized high performance liquid chromatography method has accurate results and good recovery rate, which is suitable for the determination of 6-BA in bean sprouts. It can also be used for the quantitative and stability verification of blind samples of 6-BA fast detection equipment, providing theoretical support for the rapid and effective determination of 6-BA content in bean sprouts.

*通讯作者: 黄珊, 硕士, 副主任药师, 主要研究方向食品安全分析与理化检验技术。E-mail: 28074432@qq.com

*Corresponding author: HUANG Shan, Master, Associate Chief Pharmacist, Food Inspection and Testing Institute of Henan Province, Zhengzhou 450003, Henan, China. E-mail: 28074432@qq.com

KEY WORDS: 6-benzylaminopurine; bean sprouts; rapid detection; colloidal gold method

1 引言

6-苄基腺嘌呤(6-benzylaminopurine, 6-BA), 是一种广泛使用于植物生长培养基的细胞分裂素。它是第一个人工合成的细胞分裂素。在一定剂量下具有抑制植物叶绿素、核酸、蛋白质的分解和保绿防老的作用^[1], 能够将氨基酸、生长素、无机盐等向生长部位调运等多重效能^[2]。豆芽是大众颇为喜爱的一种食物, 6-BA 被广泛应用于豆芽从发芽到收获的各个阶段。其高效、廉价和易于使用等优点, 可用于提高豆芽的质量及产量, 以及豆芽的保鲜^[3]。

目前豆芽生产过程中使用该物质的安全性尚无确定结论^[4-6], 但有研究发现 6-BA 在斑马鱼中有致畸作用^[7]。有关部门开始重视 6-BA 的潜在安全隐患。卫生部办公厅关于 GB 2760-2011《食品添加剂使用标准》有关问题的复函^[8]中指出: 6-苄基腺嘌呤等 23 种物质缺乏食品添加剂工艺必要性, 不得作为食品用加工助剂的生产经营和使用。根据此函, 国家质检总局宣布食品生产企业禁止使用 6-苄基腺嘌呤^[9]。2015 年国家食品药品监督管理总局, 农业部, 国家卫生和计划生育委员会联合发布关于豆芽生产过程中禁止使用 6-苄基腺嘌呤等物质的公告(2015 年第 11 号)^[10], 限定豆芽中不得使用 6-BA, 目的是为了确保护豆芽使用安全。但事实上还是有少数商贩违规在豆芽中使用 6-BA。因此建立一套快速有效的检验检测方法十分必要并且迫在眉睫。

现有的豆芽中 6-BA 检测方法高效液相色谱法^[11]经过实验验证色谱图分离度较差^[12]。方法中很多细节描述不够准确, 造成实际操作误差大。液相色谱-质谱联用法^[13]经过验证提取回收率较低^[14-17]。对此, 袁文新等^[18, 19]采用高效液相色谱法测定豆芽中 6-BA 含量, 但仅对固相萃取柱条件进行了优化。本研究在此基础上对前处理条件和仪器条件进行改进优化, 建立一套完整的高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)测定豆芽中 6-BA 含量, 为标准的改进提供参考依据, 并且可作为快检评价中盲样的准确定量和稳定性研究方法, 依据快检评价方法^[20]对快检设备进行验证评价, 确认快检产品的检测结果, 为豆芽等农产品的食品安全快速检测提供有效理论依据。

2 材料与amp;方法

2.1 材料、仪器与试剂

2.1.1 仪器

UltiMate 3000 高效液相色谱仪(赛默飞世尔科技(中国)有限公司); YR-600Plus 一体化便携式食品药品安全快速检

测系统(深圳市易瑞生物技术股份有限公司); ME204/02 型电子分析天平、XPE205 型电子分析天平(瑞士梅特勒-托利多公司); 4-16KS 高速冷冻离心机(美国 Sigma 公司); KQ-500TDB 高频数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司); EV 321 旋转蒸发仪(美国 Lab Tech 有限公司); Milli-Q IQ7000 超纯水仪(德国默克密理博公司)。

2.1.2 材料与试剂

6-苄基腺嘌呤对照品(纯度 99.20%, 北京坛墨质检科技有限公司); 6-苄基腺嘌呤快速检测试纸条检测盒(深圳市易瑞生物技术股份有限公司); 甲醇(色谱纯, 美国默克公司); C₁₈ 固相萃取柱(500 mg/6 mL, 武汉 ASPE Biotechnology 公司)。

绿豆芽购自丹尼斯全日鲜超市。

2.2 实验方法

2.2.1 标准溶液及其配制

精密称量 6-苄基腺嘌呤标准物质 10.08 mg 溶于甲醇中并定容至 100 mL, 摇匀, 得到标准储备液 100 g/mL。量取标准储备液 1.0 mL 置于 100 mL 容量瓶中得到标准中间液, 量取稀释后的标准溶液 0.4、0.8、1.0、2.0、4.0、8.0、10.0 mL, 至 10 mL 容量瓶, 用甲醇定容至刻度, 摇匀。得到标准曲线浓度分别为 0.04、0.08、0.10、0.20、0.40、0.80、1.0 μg/mL。经 0.45 μm 有机滤膜过滤后待进样分析。

2.2.2 测定方法

将绿豆芽样品进行多次均质。称取均匀样品约 10.00 g (精确到 0.01 g)于 50 mL 离心管中, 加入 20 mL 甲醇, 超声提取, 经高速冷冻离心机 10000 r/min 离心, 上清液转入 50 mL 梨形瓶中, 样品再次用 20 mL 甲醇超声提取 15 min, 离心合并上清液, 用旋转蒸发仪浓缩至近干, 去除甲醇, 残渣待净化。将残渣以 2 mL/min 流速通过预先活化的固相萃取柱, 用少量水洗涤梨形瓶, 洗液过固相萃取柱, 再用 5 mL 水洗涤固相萃取柱, 去除杂质后用甲醇洗脱并定容至 5.0 mL, 混匀后经 0.45 μm 有机滤膜过滤, 作为待测液供 HPLC 分析。

2.2.3 前处理条件优化

将样品加入甲醇后, 控制其他条件不变, 将浸泡超声条件作为变量进行优化, 设定时间分别为 5、10、15、20、25、30 min。控制其他条件不变, 将高速冷冻离心机转速作为变量进行条件优化, 设定转速分别为 4000、6000、8000、10000、12000 r/min。控制其他条件不变, 将旋转蒸发仪温度作为变量进行条件优化, 设定温度为 35、40、45、50、55、60 °C。

2.2.4 色谱条件和检测条件优化

使用 C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm), 柱温 30 °C, 流动相使用甲醇-0.02 mol/L 乙酸铵溶液(45:55, V:V), 检测

波长 269 nm, 流速 1.0 mL/min, 进样体积 10.0 μ L。

2.2.5 6-BA 快速检测试纸条和 YR-600Plus 一体化便携式食品药品安全快速检测系统使用方法

取约 2 g 搅碎后的样品加入到 50 mL 离心管中, 量取并加入 8 mL YRDY 样品提取液(取自 6-BA 快检试剂盒), 充分振荡混匀, 即为待测液。在红色微孔中依次加入 200 μ L 待测液, 用一次性吸管上下抽吸 5~10 次混匀。在 20~40 $^{\circ}$ C 反应计时 3 min。取出试纸条, 插入上述红色微孔, 20~40 $^{\circ}$ C 反应计时 6 min, 从微孔中取出试纸条, 轻轻刮去试纸条下端吸水海绵, 并进行结果判读。找到 YR-600Plus 一体化便携式食品药品安全快速检测系统中 6-苄基腺嘌呤检测界面, 放入试纸条, 点击读取结果, 进行结果判读。阴性结果 $R \geq 1.0$, 阳性结果 $R \leq 1.0$ 。

3 结果与分析

3.1 前处理条件优化结果

3.1.1 不同浸泡超声时间对 6-BA 含量测定的影响

根据图 1 可知, 该实验以调整超声时间为单因素, 其他条件不变, 豆芽在甲醇中浸泡超声 20 min 时达到最大提取率, 超过 20 min 后, 6-BA 测得浓度逐渐趋于稳定, 因此超声 20 min 可以使 6-BA 达到最大的溶解度。

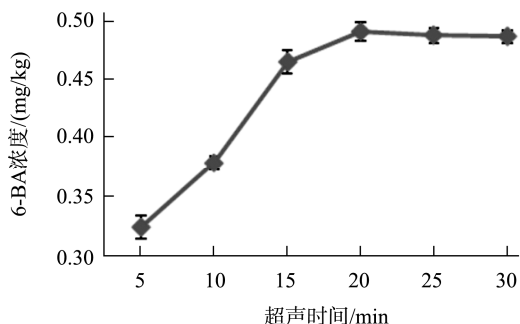


图 1 超声时间对豆芽中 6-BA 浓度的影响($n=3$)

Fig.1 Effect of ultrasound time on 6-BA concentration in bean sprouts($n=3$)

3.1.2 不同离心转速对 6-BA 含量测定的影响

根据图 2 可知, 该实验以离心机转速为单因素, 其他条件不变, 豆芽在 10000 r/min 条件下, 6-BA 测得浓度最高, 离心转速超过 10000 r/min 时, 豆芽提取率并无明显增加。因此离心转速为 10000 r/min 时 6-BA 提取率最高。

3.1.3 不同旋蒸温度对 6-BA 含量测定的影响

根据图 3 可知, 实验以旋转蒸发仪温度为单因素, 其他条件不变, 豆芽在 50 $^{\circ}$ C 旋蒸条件下, 6-BA 测得浓度最高, 当旋蒸温度超过 55 $^{\circ}$ C 时, 样品较易沸腾冲出瓶口, 因此旋蒸温度设定在 50 $^{\circ}$ C 可以使 6-BA 达到最大的提取率。

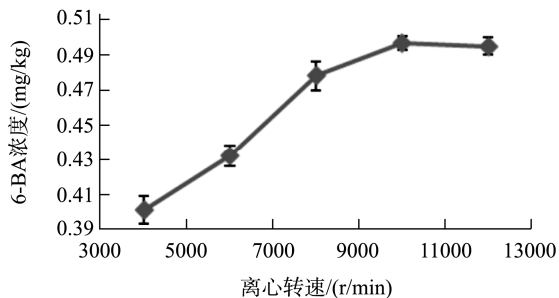


图 2 离心转速对豆芽中 6-BA 浓度的影响($n=3$)

Fig.2 Effect of centrifugal speed on 6-BA concentration in bean sprouts($n=3$)

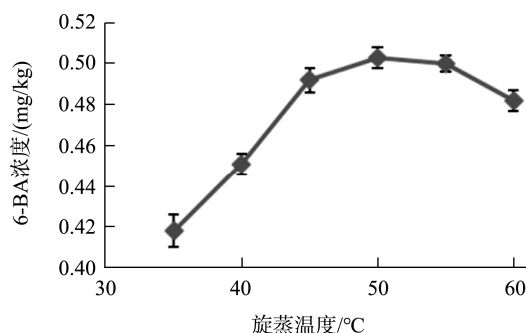


图 3 旋蒸温度对豆芽中 6-BA 浓度的影响($n=3$)

Fig.3 Effect of rotary steaming temperature on 6-BA concentration in bean sprouts($n=3$)

3.1.4 HPLC 上机条件的优化

国标方法中给出甲醇-0.02 mol/L 乙酸铵溶液(1: 1, V:V) 的色谱条件, 经试验色谱图峰分离度不好, 目标物附近出现双峰, 通过比较不同梯度条件, 柱温和流速条件下的分离效果, 确定最终的高效液相色谱条件为, 流速 1.0 mL/min, 流动相比比例为甲醇-0.02 mol/L 乙酸铵溶液(45:55, V:V), 柱温 30 $^{\circ}$ C, 进样量 10 μ L。见图 4, 图 5, 根据光谱图可得 6-BA 最大吸收波长为 269 nm。

3.2 方法学验证

3.2.1 6-BA 标准曲线

以 6-BA 标准品浓度为 X 轴, 样品峰面积为 Y 轴, 绘制出标准曲线为 $Y=0.8094X-0.0027$, $r^2=0.9998$ 。结果显示 6-BA 在快检评价浓度范围内线性良好。如图 6 所示。方法定量限为 0.02 mg/kg。

3.2.2 6-BA 加标回收精密度实验

豆芽经检测全部为空白样品, 空白基质加标浓度分为 0.1、0.2、0.5 mg/kg, 使用优化后条件每个浓度做 7 个平行的加标回收实验, 低浓度加标回收率达到 92.0%~106.2%, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)值为 1.06%~2.31%, 结果见表 1。

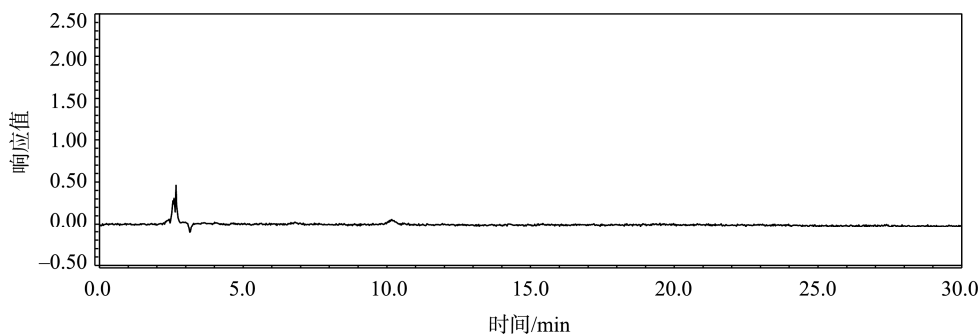


图 4 空白试样色谱图

Fig.4 Blank sample chromatogram

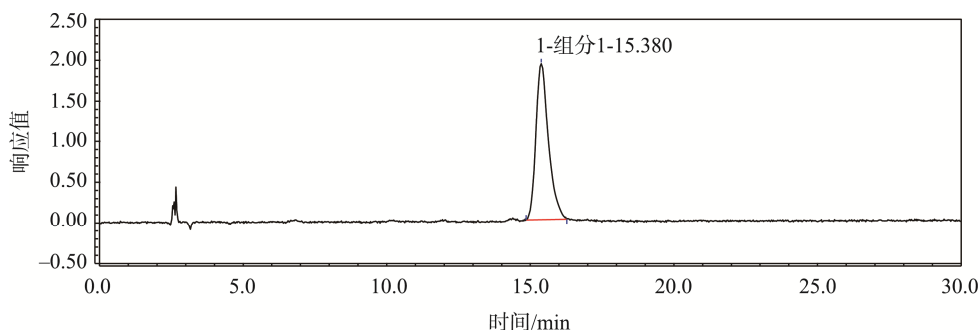


图 5 6-BA 色谱图

Fig.5 6-BA chromatogram

表 1 6-BA 加标回收率
Table 1 Recovery rates of 6-BA

添加量/(mg/kg)	测定回收率/%							平均值/%	RSD%
	1	2	3	4	5	6	7		
0.1	95.0	98.0	96.0	92.0	97.0	94.0	98.0	95.7	2.31
0.2	104.0	102.5	103.0	104.5	102.0	105.0	104.0	103.6	1.06
0.5	103.0	103.8	105.0	106.2	103.0	104.8	105.6	104.5	1.20

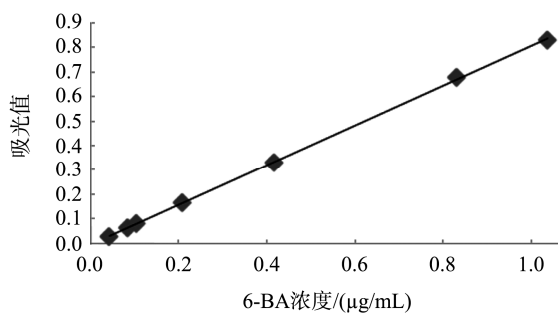


图 6 6-BA 浓度标准曲线图

Fig.6 Standard curve for 6-BA concentration

3.3 优化方法与 6-BA 快速检测胶体金法的结果对比

根据 6-BA 快速检测试纸条和 YR-600Plus 一体化便携式食品药品安全快速检测系统使用方法, 以及本实验优化

后的 HPLC 检测方法检测豆芽空白样品, 空白基质和不同浓度的加标样品检测结果见表 2。快检结果与优化后检测方法对比, 结果一致。

表 2 6-BA 快检设备结果评价表
Table 2 Results evaluation form of 6-ba quick inspection equipment

实验序号	称样量/g	添加量/(mg/kg)	本实验优化方法测定结果/(mg/kg)	6-BA 快检系统检测结果
0-1	10.2251	0	N.D.	阴性(-)
0-2	10.3234	0	N.D.	阴性(-)
0-3	10.1524	0	N.D.	阴性(-)
0-4	10.2522	0	N.D.	阴性(-)
0-5	10.2564	0	N.D.	阴性(-)

续表 2

实验序号	称样量/g	添加量/(mg/kg)	本实验优化方法测定结果/(mg/kg)	6-BA 快检系统检测结果
0-6	10.3756	0	N.D.	阴性(-)
0-7	10.3158	0	N.D.	阴性(-)
1-1	10.0515	0.1	0.104	阳性(+)
1-2	10.3789	0.1	0.099	阳性(+)
1-3	10.2757	0.1	0.105	阳性(+)
1-4	10.9884	0.1	0.098	阳性(+)
1-5	10.6996	0.1	0.107	阳性(+)
1-6	10.9681	0.1	0.106	阳性(+)
1-7	10.4497	0.1	0.102	阳性(+)
2-1	10.0324	0.2	0.198	阳性(+)
2-2	10.6594	0.2	0.210	阳性(+)
2-3	10.5364	0.2	0.203	阳性(+)
2-4	10.0267	0.2	0.209	阳性(+)
2-5	10.3627	0.2	0.198	阳性(+)
2-6	10.0667	0.2	0.205	阳性(+)
2-7	10.5349	0.2	0.202	阳性(+)

注:N.D.表示未检出。

4 结 论

现行的豆芽中 6-BA 检测方法国家标准为 GB/T 23381-2009《食品中 6-苄基腺嘌呤的测定 高效液相色谱法》^[11]。液相色谱-质谱联用法为浙江省地方标准 DB33/T 625.3-2007(2016)《无公害豆芽 第 3 部分: 6-苄基腺嘌呤残留量和 4-氯苯氧乙酸钠残留量的测定》^[13]。经过对比, 液相色谱-质谱联用法测定 6-BA 的回收率, 在样品浓度小于 0.1 mg/L 浓度点时最大回收率为 75%^[14-17], 低于高效液相色谱法的测定结果。本实验以 6-BA 含量为指标, 研究豆芽样品的浸泡超声时间, 离心转速, 旋蒸温度, 流动相比比例等测定条件对豆芽中 6-BA 测定结果的影响。经过优化后, 建立了条件准确, 回收率高, 提取效果较好的高效液相色谱法。以绿豆芽为试样, 高效液相色谱法测定豆芽中 6-BA 含量, 测定的最佳条件为超声提取 20 min, 离心转速 10000 r/min, 旋蒸温度 50 °C, 流动相比比例为, 甲醇-0.02 mol/L 乙酸铵溶液(45:55,V:V)。在此条件下, 豆芽中 6-BA 加标回收率达到 92.0%~106.2%, RSD 值为 1.06%~2.31%。优化后的高效液相色谱法结果准确, 回收率较好, 适合用于豆芽中 6-BA 的测定, 实验中所用到的 6-BA 快检试剂盒(胶体金法)与之结果一致, 该实验可用于

6-BA 快检设备盲样的定量和稳定性验证, 为快速有效测定豆芽中 6-BA 含量提供理论支撑。

参考文献

- [1] Dao GH, Wang XX, Zhang TY, *et al.* Enhanced biomass production and fatty acid accumulation in *Scenedesmus* sp. LX1 treated with 6-benzylaminopurine [J]. *Algal Res*, 2019, 44: 44.
- [2] 张利英, 刘雪霞, 朱昌华, 等. KT、6-BA 对红颜草莓果实品质的影响[J]. *生物学杂志*, 2019, 36(5): 62-66.
Zhang LY, Liu XX, Zhu CH, *et al.* Effects of KT and 6-BA on the fruit quality of red-faced strawberry [J]. *J Biol*, 2019, 36(5): 62-66.
- [3] 胡选萍, 张晓娟, 任鹏斌, 等. 不同激素对银杏愈伤组织黄酮积累的影响[J]. *中成药*, 2015, 37(12): 2787-2790.
Hu XP, Zhang XJ, Ren PB, *et al.* Effects of different hormones on flavonoid accumulation in Ginkgo callus [J]. *Chin Tradit Patent Med*, 2015, 37(12): 2787-2790.
- [4] 刘春娟. 不同激素对大豆芽品质的影响及安全风险性分析[J]. *吉林农业*, 2019, (3): 54.
Liu CJ. Effects of different hormones on soybean sprout quality and safety risk analysis [J]. *Jilin Agric*, 2019, (3): 54.
- [5] 陈涛. 危害食品安全问题之定性探讨——以“问题豆芽”为研究视角[J]. *中国人民公安大学学报(社会科学版)*, 2017, 33(3): 41-47.
Chen T. Qualitative discussion on the issues of endangering food safety—from the perspective of "problem sprouts" [J]. *J Chin People's Public Sec Univ (Soc Sci Ed)*, 2017, 33(3): 41-47.
- [6] 张志恒, 胡桂仙, 汪雯, 等. 豆芽中 6-苄基腺嘌呤残留的膳食风险评估[J]. *农药学学报*, 2016, 18(1): 77-85.
Zhang ZH, Hu GX, Wang W, *et al.* Dietary risk assessment of 6-benzyl adenine residues in bean sprouts [J]. *J Pest Sci*, 2016, 18(1): 77-85.
- [7] Wang WX, Wang BR, Liu ZH, *et al.* Developmental toxicity and alteration of gene expression in zebrafish embryo exposed to 6-benzylaminopurine [J]. *Chemosphere*, 2019, 233: 336-346.
- [8] 卫生部办公厅. 关于《食品添加剂使用标准》(GB2760-2011)有关问题的复函[J]. *中国食品添加剂*, 2011, (6): 222.
General office of the ministry of health. Reply to questions about the Standards for use of food additives (GB 2760-2011) [J]. *Chin Food Addit*, 2011, (6): 222.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局《关于食品添加剂对羟基苯甲酸丙酯等 33 种产品监督工作的公告》[J]. *中国食品*, 2011, (24): 90.
Announcement of the state administration of quality supervision, inspection and quarantine of the People's Republic of China. *Notice on supervision of 33 kinds of food additive, including propyl paraben* [J]. *China Food*, 2011, (24): 90.
- [10] 国家食品药品监督管理总局, 农业部, 国家卫生和计划生育委员会关于豆芽生产过程中禁止使用 6-苄基腺嘌呤等物质的公告[J]. *中国食品卫生杂志*, 2015, 27(3): 276.
Announcement of the State Food and Drug Administration of the ministry of agriculture and the national health and family planning commission on prohibiting the use of 6-benzyl adenine and other substances in the process of sprout production [J]. *Chin J Food Hyg*, 2015, 27(3): 276.
- [11] GB/T 23381-2009 食品中 6-苄基腺嘌呤的测定 高效液相色谱法[S].
GB/T 23381-2009 Determination of 6-benzyl adenine in foods-High performance liquid chromatography [S].

- [12] 芦智远, 冯歆铁, 汪静雯, 等. 固相萃取-高效液相色谱法测定豆芽中 4-氯苯氧乙酸和 6-苄基腺嘌呤的残留量[J]. 化学分析计量, 2017, 26(5): 55-58.
Lu ZY, Feng YY, Wang JW, *et al.* Determination of residual sodium 4-chlorophenoxyacetate and 6-benzyl adenine in bean sprouts by solid phase extraction and high performance liquid chromatography [J]. Chem Anal Meter, 2017, 26(5): 55-58.
- [13] DB33/T 625.3-2007(2016) 无公害豆芽 第3部分: 6-苄基腺嘌呤残留量和 4-氯苯氧乙酸残留量的测定[S].
DB33/T 625.3-2007 (2016) Pollution-free bean sprouts Part 3: Determination of residual 6-benzyl adenine and residual 4-chlorophenoxyacetate [S].
- [14] 容裕棠, 陈丽斯, 张朋杰, 等. DLLME-UPLC-MS/MS 法测定豆芽中 6-苄基腺嘌呤残留[J]. 食品工业, 2019, 40(8): 294-299.
Rong YT, Chen LS, Zhang PJ, *et al.* Determination of 6-benzyladenine residue in bean sprouts by DLLME-UPLC-MS/MS method [J]. Food Ind, 2019, 40(8): 294-299.
- [15] 宗万里. 液相色谱-三重四级杆串联质谱法测定豆芽中 4 种植物生长调节剂残留量[J]. 农产品质量与安全, 2017, (2): 61-65.
Zong WL. Determination of four plant growth regulator residues in bean sprouts by liquid chromatography-triple quadrupole mass spectrometry [J]. Qual Saf Agric Prod, 2017, (2): 61-65.
- [16] 武婷, 薛园园, 赵小珍. 超高效液相色谱-质谱法测定豆芽中 6-苄基腺嘌呤的方法研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(34): 88-91.
Wu T, Xue YY, Zhao XZ. Ultra high performance liquid chromatography-mass spectrometry for determination of 6-benzyl adenine in bean sprouts [J]. Anhui Agric Sci, 2015, 43(34): 88-91.
- [17] 赵丽燕. LC-MS 测定豆芽中的无根豆芽素的应用[J]. 现代食品, 2016, (4): 74-76.
Zhao LY. Application of LC-MS for the determination of rootless sprouts in bean sprouts [J]. Mod Food, 2016, (4): 74-76.
- [18] 袁文新, 刘平, 赵榕, 等. 混合固相萃取-HPLC 测定豆芽中 5 种植物生长调节剂[J]. 中国卫生检验杂志, 2017, 27(10): 1381-1384, 1388.
Yuan WX, Liu P, Zhao R, *et al.* Determination of 5 plant growth regulators in bean sprouts by mixed solid phase extraction-HPLC [J]. Chin J Health Lab Technol, 2017, 27(10): 1381-1384, 1388.
- [19] 袁文新, 刘志平, 刘平, 等. 固相萃取-超高效液相色谱法同时测定豆芽中 4 种植物生长调节剂[J]. 卫生研究, 2017, 46(5): 783-787, 812.
Yuan WX, Liu ZP, Liu P, *et al.* Simultaneous determination of four plant growth regulators in bean sprouts by solid phase extraction and ultra performance liquid chromatography [J]. J Health Res, 2017, 46(5): 783-787, 812.
- [20] 刘婷, 曹进, 王钢力, 等. 市售食品快速检测产品的应用评价与分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(7): 2439-2447.
Liu T, Cao J, Wang GL, *et al.* Application evaluation and analysis of rapid food testing products on the market [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(7): 2439-2447.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



王雅楠, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向: 食品安全分析与理化检验技术。
E-mail: ynwangng@163.com



黄 姍, 硕士, 副主任药师, 主要研究方向: 食品安全分析与理化检验技术。
E-mail: 28074432@qq.com