

# 高效液相色谱-质谱联用法测定薏苡仁药材中黄曲霉毒素

诸 晨<sup>1</sup>, 钱 勇<sup>2\*</sup>

(1. 上海佰年诗丹德检测技术有限公司, 上海 201314; 2. 上海诗丹德标准技术服务有限公司, 上海 201314)

**摘 要:** **目的** 建立高效液相色谱-质谱联用法(high performance liquid chromatography-mass spectrometer, HPLC-MS)测定薏苡仁中药饮片黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> 的方法, 并对比不同产地薏苡仁中黄曲霉毒素含量。**方法** 样品经过免疫亲和柱处理后, 采用 HPLC-MS 进行测定。分析柱为 C<sub>18</sub> 柱(50 mm×2.1 mm, 1.8 μm), 流动相为 10 mmol/L 醋酸铵溶液-甲醇溶液, 梯度洗脱, 流速为 0.3 mL/min, 柱温为 25 °C。**结果** 黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 在 0.26~10.4 ng/mL 浓度范围内与峰面积值均呈现良好的线性关系( $r^2=0.9995$ ), 平均加样回收率为 75.4%~123.9%, 黄曲霉毒素 B<sub>2</sub> 在 0.0875~3.5 ng/mL 浓度范围内与峰面积值均呈现良好的线性关系( $r^2=0.9996$ ), 平均加样回收率为 71.1%~124.2%, 黄曲霉毒素 G<sub>1</sub> 在 0.295~11.89 ng/mL 浓度范围内与峰面积值均呈现良好的线性关系( $r^2=0.9995$ ), 平均加样回收率为 78.9%~112.2%, 黄曲霉毒素 G<sub>2</sub> 在 0.1475~5.9 ng/mL 浓度范围内与峰面积值均呈现良好的线性关系( $r^2=0.9992$ ), 平均加样回收率为 73.8%~123.9%。**结论** 该方法准确、可靠、专属性强, 通过精确化合物离子监测, 可准确的测定薏苡仁中黄曲霉毒素含量。

**关键词:** 高效液相色谱-质谱联用法; 黄曲霉毒素; 薏苡仁

## Determination of aflatoxin in coix seed by high performance liquid chromatography-mass spectrometry

ZHU Chen<sup>1</sup>, QIAN Yong<sup>2\*</sup>

(1. Standard Testing Lab (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 201314, China; 2. Shanghai Standard Technology Co., Ltd., Shanghai 201314, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a method for the determination of aflatoxin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub> in coix seed by high performance liquid chromatography-mass spectrometry (UPLC-MS), and compare the aflatoxin content in coix seed from different producing areas. **Methods** The samples were treated by immune affinity column, and detected by UPLC-MS. Analysis column was C<sub>18</sub> column (50 mm×2.1 mm, 1.8 μm), the mobile phase was gradient elution with 10 mmol/L ammonium acetate solution-methanol, flow rate was 0.3 mL/min, and column temperature was 25 °C. **Results** Aflatoxin B<sub>1</sub> had good linear relationships in the range of 0.26-10.4 ng/mL, and the correlation coefficient was 0.9995. The average recoveries of aflatoxin B<sub>1</sub> were 75.4%-123.9%. Aflatoxin B<sub>2</sub> had good linear relationships in the range of 0.0875-3.5 ng/mL, and the correlation coefficient was 0.9996. The average recoveries of

**基金项目:** 国家科技重大专项重大新药创制(2018ZX09735006)

**Fund:** Supported by State Project for Essential Drug Research and Development Project (2018ZX09735006)

**\*通讯作者:** 钱勇, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为中药和健康食品的检测及化学成分研究。E-mail: Qianyong2232@163.com

**\*Corresponding author:** QIAN Yong, Master, Senior Engineer, Shanghai Standard Technology Co., Ltd, Building 25, #58 Xinhao Road, Shanghai 201314, China. E-mail: Qianyong2232@163.com

aflatoxin B<sub>2</sub> were 71.1%-124.2%. Aflatoxin G<sub>1</sub> had good linear relationships in the range of 0.295-11.89 ng/mL, and the correlation coefficient was 0.9995. The average recoveries of aflatoxin G<sub>1</sub> were 78.9%~112.2%. Aflatoxin G<sub>2</sub> had good linear relationships in the range of 0.1475-5.9 ng/mL ng/mL, and the correlation coefficient was 0.9992. The average recoveries of aflatoxin G<sub>2</sub> were 73.8%-123.9%. **Conclusion** This method is accurate, reliable and specific, and can accurately determine the aflatoxin content in coix seed by precise compound ion monitoring.

**KEY WORDS:** high performance liquid chromatography-mass spectrometry; aflatoxins; coix seed

## 1 引言

黄曲霉毒素(aflatoxins, AFT)是一类化学结构类似的化合物,均为二氢呋喃香豆素的衍生物,对人及动物的肝脏组织有很强的毒害作用,严重时可导致肝癌,其中以黄曲霉毒素B<sub>1</sub>的毒性最强,1993年世界卫生组织(WHO)癌症研究机构划定黄曲霉毒素为一类致癌物<sup>[1-3]</sup>,是一种毒性极强的剧毒物质。其危害性在于对人及动物肝脏组织有破坏作用,严重时可导致肝癌甚至死亡。目前已发现 AFT 20 余种,主要有黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub><sup>[4]</sup>。

薏苡仁为禾本科植物薏苡 *Coix lacryma-jobi* L.var.ma-yuen (Roman.)Stapf 的干燥成熟种仁<sup>[5]</sup>,《本草纲目》记载薏苡仁阳明药也,能健脾,益胃。虚则补其母,故肺痿肺癰用之。筋骨之病,以治阳明为本,故拘挛筋急,风痹者用之。土能生水除湿,故泄痢水肿用之<sup>[6]</sup>。但薏苡仁等中药在加工储存过程中,由于温度和湿度等环境影响,很容易霉变而产生如黄曲霉等真菌,这些微生物代谢从而产生黄曲霉毒素<sup>[7-9]</sup>。随着我国中医药事业的不断发展,中药疗效在被认可、重视的同时,其安全性也受到广泛关注。黄曲霉毒素在中药材生长、采集、储藏以及加工过程中均可能污染<sup>[10-15]</sup>,已有研究表明,中药材及其制剂中黄曲霉毒素的污染不可忽视。

目前检测黄曲霉毒素多采用柱后衍生-高效液相色谱法<sup>[16,17]</sup>,该方法精确度及重现性差,检测结果与衍生化过程密切相关,在结果无法判定时,需用液相色谱质谱联用法进行验证。本研究采用高效液相色谱-质谱联用法<sup>[18]</sup>,对薏苡仁中药样品的黄曲霉毒素含量进行测定,评价薏苡仁中药材的食用安全性,以期建立准确、可靠的黄曲霉毒素检测方法。

## 2 材料与方法

### 2.1 仪器与试剂

Agilent 1290 高效液相色谱仪(配二极管阵列检测器检测器,MassHunter 工作站)、Agilent 6460 三重四极杆质谱仪(安捷伦科技(中国)有限公司);METTLER TOLEDO AB104-N 电子天平(0.1 mg,瑞士梅特勒-托利多);BJ-300 多功能药材粉碎机(德清拜杰电器有限公司);FJ-200S 均质

机(上海齐威仪器有限公司);KQ5200DB 型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);Purelab Option S7 纯水机(威立雅 ELGA);TGL-16C 台式离心机(上海安亭科学仪器厂);免疫亲和柱(上海安谱实验科技福分有限公司)。

黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> 混标溶液(610001-201703,中国食品药品检定研究院);甲醇(色谱纯,上海安谱实验科技福分有限公司);醋酸铵(分析纯,国药集团化学试剂有限公司)。

实验用薏苡仁药材均为市售品。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 色谱条件

色谱柱 Agilent Eclipse Plus C<sub>18</sub> (50 mm×2.1 mm, 1.8 μm), 流动相: 以 10 mmol/L 醋酸铵溶液为流动相 A, 以甲醇为流动相 B; 流速: 0.3 mL/min; 柱温: 25 °C, 按表 1 中的规定进行梯度洗脱。

表 1 流动相洗脱程序  
Table 1 Mobile phase elution procedure

| 时间/min | 流动相 A/% | 流动相 B/% |
|--------|---------|---------|
| 0~4.5  | 65~15   | 32~85   |
| 4.5~6  | 15~0    | 85~100  |
| 6~6.5  | 0~65    | 100~35  |
| 6.5~10 | 65      | 35      |

质谱条件: 三重四极杆串联质谱仪检测: 电喷雾离子源, 采集模式为正离子模式; 各化合物监测离子对和碰撞电压见表 2。

#### 2.2.2 对照品溶液的制备

精密量取黄曲霉毒素混合对照品溶液(黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub> 和 G<sub>2</sub> 的标示浓度分别为 1.04、0.35、1.18、0.594 μg/mL)适量, 用 70%甲醇稀释成含黄曲霉毒素 B<sub>2</sub>、G<sub>2</sub> 浓度约为 0.04~3 ng/mL, 含黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、G<sub>1</sub> 浓度约为 0.12~10 ng/mL 的系列对照品溶液。

#### 2.2.3 供试药材溶液的制备<sup>[5]</sup>

取样品粉末(过二号筛)约 0.5 g, 置于均质瓶中, 加入氯化钠 3 g, 精密加入 70%甲醇溶液 75 mL, 高速搅拌 2 min (搅拌速度大于 11000 r/min), 离心 5 min (离心速度 2500 r/min), 精密量取上清液 15 mL, 置 50 mL 量瓶中, 用

水稀释至刻度, 摇匀, 用微孔滤膜(0.45 μm)滤过, 量取续滤液 20.0 mL, 通过免疫亲和柱, 流速 3 mL/min, 用水 20 mL 洗脱, 洗脱液弃去, 使空气进入柱子, 将水挤出柱子, 再用适量甲醇洗脱, 收集洗脱液, 置 2 mL 量瓶中, 并用甲醇稀释至刻度, 摇匀。

表 2 黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> 对照品的检测离子对、碰撞电压参考值

Table 2 Reference values of detection ion pairs and collision voltage of aflatoxin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub> references

| 编号 | 名称                   | 母离子   | 子离子   | 碰撞电压/V |
|----|----------------------|-------|-------|--------|
| 1  | 黄曲霉毒素 G <sub>2</sub> | 331.1 | 313.1 | 33     |
|    |                      | 331.1 | 245.1 | 40     |
| 2  | 黄曲霉毒素 G <sub>1</sub> | 329.1 | 243.1 | 35     |
|    |                      | 329.1 | 311.1 | 30     |
| 3  | 黄曲霉毒素 B <sub>2</sub> | 315.1 | 259.1 | 35     |
|    |                      | 315.1 | 287.1 | 40     |
| 4  | 黄曲霉毒素 B <sub>1</sub> | 313.1 | 241.0 | 50     |
|    |                      | 313.1 | 285.1 | 40     |

2.2.4 线性范围的考察

(1)黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 标准曲线的制备

分别精密量取对照品混标溶液适量, 用 70%甲醇分别稀释成含 0.26、0.52、1.04、5.72、10.4 ng/mL 的 5 个工作液, 按照上述色谱条件分别进样 5 μL, 测定。以峰面积值(Y)为纵坐标, 对照品进样量(X)为横坐标绘制标准曲线。

(2)黄曲霉毒素 B<sub>2</sub> 标准曲线的制备

分别精密量取对照品混标溶液适量, 用 70%甲醇分别稀释成含 0.0875、0.175、0.35、1.925、3.5 ng/mL 的 5 个工作液, 按照上述色谱条件分别进样 5 μL, 测定。以峰面积值(Y)为纵坐标, 对照品进样量(X)为横坐标绘制标准曲线。

(3)黄曲霉毒素 G<sub>1</sub> 标准曲线的制备

分别精密量取对照品混标溶液适量, 用 70%甲醇分别稀释成含 0.295、0.59、1.18、6.535、11.89 ng/mL 的 5 个工作液, 按照上述色谱条件分别进样 5 μL, 测定。以峰面积值(Y)为纵坐标, 对照品进样量(X)为横坐标绘制标准曲线。

(4)黄曲霉毒素 G<sub>2</sub> 标准曲线的制备

分别精密量取对照品混标溶液适量, 用 70%甲醇分别稀释成含 0.1475、0.295、0.59、3.245、5.9 ng/mL 的 5 个工作液, 按照上述色谱条件分别进样 5 μL, 测定。以峰面积值(Y)为纵坐标, 对照品进样量(X)为横坐标绘制标准曲线。

3 结果与分析

3.1 线性范围

由表 3 可见黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub> 和 G<sub>2</sub> 在线性范围内线性良好, 相关系数均大于 0.999。

表 3 线性范围考察(n=5)

Table 3 Linear range investigation(n=5)

| 名称                   | 回归方程               | r <sup>2</sup> | 线性范围/(ng/mL) |
|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| 黄曲霉毒素 B <sub>1</sub> | Y=348.8830X+7.2078 | 0.9995         | 0.26~10.4    |
| 黄曲霉毒素 B <sub>2</sub> | Y=278.0351X-3.3274 | 0.9996         | 0.0875~3.5   |
| 黄曲霉毒素 G <sub>1</sub> | Y=203.6543X+7.0245 | 0.9995         | 0.295~11.89  |
| 黄曲霉毒素 G <sub>2</sub> | Y=65.0572X+0.7760  | 0.9992         | 0.1475~5.9   |

3.2 精密度

取黄曲霉毒素混标工作溶液, 连续进样 6 次, 每次 5 μL, 分别测得黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> 峰面积 RSD 为 0.82%、0.89%、0.96%、1.13%, 表明仪器的精密度好。

3.3 检出限

取黄曲霉毒素混标工作溶液适量添加到制备好空白样品溶液中, 用 70%甲醇逐级稀释, 测得黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> 检出限为 0.4、0.3、1.6、1.8 μg/kg。

3.4 重现性

精密称取同一批次已知含量药材粉末 6 份, 按上述供试品制备方法制得供试品溶液, 按色谱质谱条件检测, 进样量为 5 μL, 依据线性回归方程计算黄曲霉毒素的含量, 黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 含量平均值为 0.66 μg/kg, RSD 为 1.96%。

3.5 加标回收率

取已知含量的药材粉末 9 份, 精密称定, 分别准确加入黄曲霉毒素混标标准贮备液(B<sub>1</sub>: 10.4 ng/mL、B<sub>2</sub>: 3.5 ng/mL、G<sub>1</sub>: 11.8 ng/mL、G<sub>2</sub>: 5.9 ng/mL)1、2、3 mL 各 3 份, 按上述供试品制备方法制得供试品溶液, 按色谱条件检测, 进样量为 5 μL, 测得黄曲霉毒素加样回收率为 B<sub>1</sub>: 75.4%~123.9%、B<sub>2</sub>: 71.1%~124.2%、G<sub>1</sub>: 78.9%~112.2%、G<sub>2</sub>: 73.8%~123.9%。

3.6 不同产地的样品含量测定

取市售薏苡仁药材, 按上述供试品制备方法制得供试品溶液, 按色谱质谱条件检测, 进样量为 5 μL, 测定黄曲霉毒素的含量, 测定结果见表 4。

表 4 不同来源薏苡仁药材黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> 的含量  
Table 4 Contents of aflatoxin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub> in coix seed from different sources

| 编号     | 产地/贮存信息    | 黄曲霉毒素<br>B <sub>1</sub> /(μg/kg) | 黄曲霉毒素<br>B <sub>2</sub> /(μg/kg) | 黄曲霉毒素<br>G <sub>1</sub> /(μg/kg) | 黄曲霉毒素<br>G <sub>2</sub> /(μg/kg) |
|--------|------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 薏苡仁 1  | 辽宁(贮存 1 年) | 0.50                             | -                                | -                                | -                                |
| 薏苡仁 2  | 河北(贮存 1 年) | -                                | -                                | -                                | -                                |
| 薏苡仁 3  | 安徽(贮存 2 年) | 4.0                              | 1.0                              | -                                | -                                |
| 薏苡仁 4  | 辽宁(贮存 1 年) | -                                | -                                | -                                | -                                |
| 薏苡仁 5  | 河北(贮存 1 年) | -                                | -                                | -                                | -                                |
| 薏苡仁 6  | 河北(贮存 1 年) | 16                               | 1.0                              | -                                | -                                |
| 薏苡仁 7  | 福建(贮存 1 年) | 2.0                              | -                                | -                                | -                                |
| 薏苡仁 8  | 安徽(贮存 1 年) | 0.50                             | -                                | -                                | -                                |
| 薏苡仁 9  | 辽宁(贮存 1 年) | 1.0                              | -                                | -                                | -                                |
| 薏苡仁 10 | 河北(贮存 2 年) | 18                               | 1.0                              | -                                | -                                |
| 薏苡仁 11 | 四川(贮存 1 年) | -                                | 0.30                             | -                                | -                                |
| 薏苡仁 12 | 河北(贮存 1 年) | 3.0                              | -                                | 2.0                              | -                                |
| 薏苡仁 13 | 安徽(有霉变)    | 32                               | 2.7                              | 73.6                             | 12                               |
| 薏苡仁 14 | 辽宁(贮存 1 年) | -                                | -                                | -                                | -                                |
| 薏苡仁 15 | 安徽(有霉变)    | 35                               | 5.0                              | 149                              | 17                               |
| 薏苡仁 16 | 辽宁(贮存 1 年) | -                                | -                                | -                                | -                                |
| 薏苡仁 17 | 辽宁(贮存 1 年) | -                                | -                                | -                                | -                                |
| 薏苡仁 18 | 山东(贮存 1 年) | 1.9                              | -                                | 2.2                              | -                                |
| 薏苡仁 19 | 安徽(贮存 2 年) | 2.0                              | -                                | 2.0                              | -                                |
| 薏苡仁 20 | 福建(贮存 3 年) | 4.0                              | 2.0                              | 3.0                              | 18                               |

注: -表示未检出。

通过以上随机采购市售薏苡仁样品,根据《中国药典》中对薏苡仁规定:黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>≤5 μg/kg、黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub> 总量≤10 μg/kg,样品中黄曲霉毒素检出率为 85%,黄曲霉毒素总量最高的为 206 μg/kg。

4 结论与讨论

黄曲霉毒素的产生与贮藏时间及贮存条件有很大关系,贮藏时间越长、贮存条件越差,黄曲霉毒素产生的越多,外观上霉变的薏苡仁黄曲霉毒素的污染状况最为严重。

本文通过方法学验证,证明建立的高效液相色谱-质谱联用具有良好的线性、精密度和回收率,准确性较高。与柱后衍生-高效液相色谱法相比,该方法提取操作简便、快速、灵敏,重复性好,精密度高,结果准确可靠,为液质联用法检测黄曲霉毒素提供依据。

参考文献

[1] 谢光洪,陈承祯,徐闯. 黄曲霉毒素检测方法的研究[J]. 饲料工业, 2007, 28(6): 53–56.  
Xie GH, Chen CZ, Xu C. Research on detection method of aflatoxin [J]. Feed Ind, 2007, 28(6): 53–56.

[2] 赵飞,焦彦朝,连宾,等. 黄曲霉毒素检测方法的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2006, 34(5): 123–126.  
Zhao F, Jiao YC, Lian B, et al. Research progress in determination methods of aflatoxins [J]. Guizhou Agric Sci, 2006, 34(5): 123–126.

[3] Peraica M, Radic B, Pavlovic M. Toxic effects of mycotoxins in human [J]. Bull World Health Organiz, 1999, 77: 754–766.

[4] Ventura M, Gomez A, Anaya I, et al. Determination of aflatoxins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub> in medicinal herbs by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2004, 1048: 25–29.

[5] 国家药典委员会. 中国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.

- Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of people's republic of China (Vol.I) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2015.
- [6] 李时珍. 本草纲目[M]. 北京: 中国言实出版社, 2012.
- Li SZ. Compendium of materia medica [S]. Beijing: China Yan Shi Press, 2012.
- [7] 张雪辉. 中药中黄曲霉毒素检测方法研究及模式识别在中药领域中应用[D]. 北京: 中国协和医科大学, 2004.
- Zhang XH. Study on aflatoxin detection in traditional Chinese medicine and application of pattern recognition in the field of traditional Chinese medicine [D]. Beijing: Chinese Union Medical University, 2004.
- [8] 张爱婷, 石延榜, 张振凌. 中药黄曲霉毒素含量测定及限度标准的研究[J]. 光明中医, 2008, 23(11): 1668–1669.
- Zhang AT, Shi YB, Zhang ZL. Study on the content determination and limitation standard of aflatoxin in traditional Chinese medicine [J]. Guangming J Chin Med, 2008, 23(11): 1668–1669.
- [9] 刘鹏, 杜平华, 苏德模. 18 种中成药黄曲霉的检测[J]. 中国中药杂志, 1999, 24(5): 287–288.
- Liu P, Du PH, Su DM. Detection of 18 Chinese patent medicines *Aspergillus flavus* [J]. China J Chin Mater Med, 1999, 24(5): 287–288.
- [10] 张振凌. 中药饮片应建立黄曲霉毒素限度标准[J]. 中医药学刊, 2006, 24(11): 2025–2026.
- Zhang ZL. Discussion on the establishment of the limit standard of aflatoxin in Chinese traditional medicine pieces [J]. Chin Arch Tradit Chin Med, 2006, 24(11): 2025–2026.
- [11] 王帆, 乙引, 杨占南, 等. 陈皮中黄曲霉毒素测定及其安全评价[J]. 广东农业科学, 2012, 39(3): 84–86.
- Wang F, Yi Y, Yang ZN. Determination of aflatoxin from citrus reticulata blanco and its safety evaluation [J]. Guangdong Agric Sci, 2012, 39(3): 84–86.
- [12] 蔡飞, 高微微, 李红玲, 等. 中药上黄曲霉毒素的污染现状与防除技术[J]. 中国中药杂志, 2010, (19): 2503–2507.
- Cai F, Gao WW, Li HL, et al. Aflatoxin contamination of Chinese herbal medicine in China and its potential management strategies [J]. China J Chin Mater Med, 2010, (19): 2503–2507.
- [13] 冯旭, 孔维军, 杨美华, 等. 中药中真菌毒素检测方法的最新研究进展[J]. 世界科学技术, 2010, (5): 1944–1952.
- Feng X, Kong WJ, Yang MH, et al. Recent progress in detection of mycotoxins in traditional Chinese medicine [J]. World Sci Technol, 2010, (5): 1944–1952.
- [14] 陈建民, 张雪辉, 杨美华, 等. 中药中黄曲霉毒素检测概况[C]. 全国药用植物和植物药学术研讨会, 2005.
- Chen JM, Zhang XH, Yang MH, et al. A survey of determination of aflatoxin in Chinese materia medica [C]. National Symposium on Medicinal Plants and Phytopharmacy, 2005.
- [15] 欧阳佩, 徐新军. 中药中黄曲霉毒素分析方法进展[J]. 现代食品与药品杂志, 2007, 17(3): 12–16.
- Ouyang P, Xu XJ. Advances in analytical methods of aflatoxin in traditional Chinese medicine [J]. J Mod Food Pharm, 2007, 17(3): 12–16.
- [16] 唐健新, 区桂嫻, 苏章轩, 等. 柱后衍生-HPLC测定与分析沉香中黄曲霉毒素[J]. 中国民族民间医药, 2017, 26(11): 31–35.
- Tang JX, Ou GS, Su ZX, et al. Determination and analysis of aflatoxin in aloes by post-column derivatization-high performance liquid chromatography [J]. Chin J Ethnomed Ethnopharm, 2017, 26(11): 31–35.
- [17] 郑荣, 毛丹, 王少敏, 等. 11 种中药材中黄曲霉毒素 G<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>1</sub> 的 HPLC 法测定[J]. 中国医药工业杂志, 2010, 41(5): 368–372.
- Zheng R, Mao D, Wang SM, et al. Determination of aflatoxin G<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>1</sub> in eleven kinds of Chinese herbs by HPLC [J]. Chin J Pharmaceut, 2010, 41(5): 368–372.
- [18] 韩深, 刘莹, 吕美玲, 等. 免疫亲和萃取-超高效液相色谱-串联质谱法分离测定中成药及中药材中的 5 种黄曲霉毒素[J]. 色谱, 2011, 29(7): 613–617.
- Han S, Liu Y, Lv ML, et al. Determination of five aflatoxins in Chinese patent medicines and medicinal herbs by immunoaffinity extraction coupled with ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2011, 29(7): 613–617.

(责任编辑: 武英华)

## 作者简介



诸晨, 工程师, 主要研究方向为中药和健康食品的检测及化学成分研究。  
E-mail: sunny2585@163.com



钱勇, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为中药和健康食品的检测及化学成分研究。  
E-mail: Qianyong2232@163.com