

# 高效液相色谱 - 串联质谱法测定桃仁中 10种真菌毒素

郑荣, 毛丹, 王少敏, 张甦, 季申\*

(上海市食品药品检验所, 上海 201203)

**摘要:** **目的** 建立桃仁中黄曲霉毒素 G<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>、赭曲霉毒素 A、呕吐毒素、玉米赤霉烯酮、伏马毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>及 T-2 毒素 10 种真菌毒素的高压液相色谱 - 串联质谱测定法。**方法** 样品经 70% 甲醇溶液超声提取, 用水稀释后经固相萃取柱净化, 经 C<sub>18</sub> 色谱柱分离, 采用电喷雾离子源在正负离子多反应监测(multi-reaction monitoring, MRM)模式下测定, 外标法定量。**结果** 10 种真菌毒素的线性关系良好, 在低、中、高 3 个水平的加标回收率在 60%~100% 之间, RSDs(relative standard deviation)为 0.4%~3.7%。**结论** 该方法快速、简便、准确, 可用于中药材中真菌毒素的多成分测定。

**关键词:** 桃仁; 真菌毒素; 高压液相色谱-串联质谱法

## Determination of 10 mycotoxins in peach kernel by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

ZHENG Rong, MAO Dan, WANG Shao-Min, ZHANG Su, JI Shen\*

(Shanghai Institute for Food and Drug Control, Shanghai 201203, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS) method for determination of 10 kinds of mycotoxins (aflatoxin G<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> and B<sub>1</sub>, ochratoxin A, deoxynivalenol, zearalenone, fumonisins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, and T-2 toxin) in peach kernel. **Methods** After extracted with 70% methonal and purified with solid-phase extraction column, 10 kinds of mycotoxins were analyzed by HPLC-MS/MS with multi-reaction monitoring (MRM) mode. **Results** These mycotoxins showed a good linear relationship. The mean recoveries at three spiked concentration levels were in the range of 60%~100% with the relative standard deviation(RSDs) from 0.4% to 3.7%. **Conclusion** This method is simple and accurate, and can satisfy the requirement of multi-mycotoxin analysis in Chinese herbal medicine.

**KEY WORDS:** Peach kernel; multi-mycotoxin; high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

真菌毒素(mycotoxin), 也称霉菌毒素, 是真菌产生的次级代谢产物。已知有 200 多种不同的真菌毒素, 它们一般同时具有毒性强和污染频率高的特点。

中药天然药物在种植、储存过程中会产生多种真菌毒素及有害物质, 可引发多种中毒症状, 可以对机体造成永久性损害甚至导致死亡<sup>[1-3]</sup>。

\*通讯作者: 季申, 主任药师, 主要研究方向为中药质量控制和安全性检测。E-mail: jishen2013@163.com

\*Corresponding author: JI Shen, Chief Physician, Shanghai Institute for Food and Drug Control, Shanghai 201203, China. E-mail: jishen2013@163.com

就国内外标准现状来看, 中国药典仅收载免疫亲和净化高效液相色谱法测定 4 种黄曲霉毒素的方法, 监测品种涉及酸枣仁等 5 个品种<sup>[4]</sup>。其他国家药典及相应的法规<sup>[5-8]</sup>中也只涉及黄曲霉毒素与赭曲霉毒素 A。真菌毒素的检测品种与食品标准<sup>[9]</sup>相比相差甚远。

就现有检测方法来看, 各国药典均只收载了单一毒素品种的检测方法, 尚未涉及多成分同时检测的方法, 具体的检验手段为薄层色谱和高效液相色谱, 尚未收载阳性确证方法, 与相关食品标准相比差距较大(表 2)。

随着各种高精尖仪器的成功应用, 以及各国对环保、健康以及经济成本的注重, 快速筛查技术、高通量的检测技术, 即专属、高效、经济、快速的前处

理手段, 多成分同时分析的检测手段以及成功避免假阳性的技术已成为未来检测技术的发展趋势<sup>[10-14]</sup>, 也成为各国设置国际贸易的技术壁垒。本研究采用高压液相色谱 - 串联质谱法建立了同时测定桃仁中黄曲霉毒素 G2、G1、B2、B1、赭曲霉毒素 A、呕吐毒素、玉米赤霉烯酮、伏马毒素 B1、B2 及 T-2 毒素等 10 种毒素的检测方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

固相萃取柱(美国 Waters 公司, Oasis HLB 固相萃取柱, 3 cc, 60 mg); 液相色谱-串联质谱仪(美国 Agilent

表 1 国内外真菌毒素监测品种与限量规定  
Table 1 Specification and limits of mycotoxins in different nation standards

标准	监测品种	限量规定
中国药典	黄曲霉毒素 G2、G1、B2、B1	桃仁、僵蚕等 5 种中药材中黄曲霉毒素 B1 5 μg/kg, 黄曲霉毒素 G2、G1、B2、B1 总量 10 μg/kg
美国药典	黄曲霉毒素 G2、G1、B2、B1	无
欧洲药典	黄曲霉毒素 G2、G1、B2、B1; 赭曲霉毒素 A	所有中药材中的黄曲霉毒素 B1 2 μg/kg, 黄曲霉毒素 G2、G1、B2、B1 总量 4 μg/kg
韩国食品医药品安全厅	黄曲霉毒素 B1	甘草、决明子、桃仁、半夏等 19 种中药材中的黄曲霉毒素 B1 10 μg/kg
香港	黄曲霉毒素 G2、G1、B2、B1	牡丹皮、黄芪、人参、三七等 8 种中药材黄曲霉毒素 B1 5 μg/kg, 黄曲霉毒素 G2、G1、B2、B1 总量 10 μg/kg
食品标准	黄曲霉毒素 G2、G1、B2、B1; 赭曲霉毒素 A; 呕吐毒素; 玉米赤霉烯酮; 伏马毒素; T-2 毒素; 展青霉素等	不同基质限量规定不同(GB2761-2011)

表 2 真菌毒素的检测方法  
Table 2 Detection methods of mycotoxins

标准	监测品种	前处理技术	分析方法	阳性确认	多成分分析
中国药典	4 种黄曲霉毒素	免疫亲和净化	HPLC	无	无
美国药典	4 种黄曲霉毒素	(1)液液萃取 (2)硅胶柱 (3)免疫亲和净化	(1)TLC; 方法适用性差, 基质干扰严重 (2)HPLC	无	无
欧洲药典	黄曲霉毒素 B1、赭曲霉毒素 A	免疫亲和净化	HPLC	无	无
韩国、香港	4 种黄曲霉毒素	免疫亲和净化	HPLC	无	无
食品标准	黄曲霉毒素(4 种) 赭曲霉毒素 A、呕吐毒素、玉米赤霉烯酮、伏马毒素、T-2 毒素、展青霉素等	(1)免疫亲和净化 (2)多功能净化	HPLC/HPLC-MS	部分有	有

公司, 1200 液相色谱 - API5500 三重四极杆串联质谱仪, 配有电喷雾离子源(electrospray ionization,ESI); 氮气吹干仪(N-EVAPTM112 型, 美国 Organomation Associates, Inc 公司)。

黄曲霉毒素混合对照品溶液(美国 SUPELCO 公司, 批号: LB80734, 黄曲霉毒素 G<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>1</sub> 浓度分别为 0.3 μg/mL、1.0 μg/mL、0.3 μg/mL、1.0 μg/mL), 赭曲霉毒素 A(美国 Sigma 公司, 批号: L21764), 呕吐毒素(美国 FLuka 公司, 批号: SZE8150XV), 玉米赤霉烯酮(美国 FLuka 公司, 批号: SZE8150X), 伏马毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>(美国 FLuka 公司, 批号: SZBC101XV, 伏马毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub> 的浓度均为 50 μg/mL), T-2 毒素(上海百灵威公司, 批号: LHAOM26)。

桃仁样品由上海华宇药材有限公司提供, 产地河北, 批号 H2012120603。

标准溶液的制备: 精密称取黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、黄曲霉毒素 B<sub>2</sub>、黄曲霉毒素 G<sub>1</sub>、黄曲霉毒素 G<sub>2</sub>、赭曲霉毒素 A、玉米赤霉烯酮、伏马毒素 B<sub>1</sub>、伏马毒素 B<sub>2</sub> 及 T-2 毒素对照品适量, 加甲醇制成每 1 mL 含 5 μg 的溶液, 分别作为单标贮备液; 另精密称取呕吐毒素对照品适量, 加甲醇制成每 1 mL 含 400 μg 的溶液, 作为呕吐毒素贮备液。

## 1.2 供试品溶液的制备

取桃仁样品粉末 5 g(过二号筛), 精密称定, 精密加入 70%甲醇溶液 50 mL, 超声处理 30 min, 离心 5 分钟(离心速度 4000 r/min), 精密吸取上清液 10 mL,

用水稀释至 20 mL, 摇匀。精密吸取稀释后的溶液 3 mL, 缓慢通过已经处理好的固相萃取柱(依次用甲醇和水各 3 mL 洗脱), 直至有适量空气通过, 收集流出的溶液; 随后用 3 mL 甲醇洗脱, 收集甲醇洗脱, 合并之前收集的溶液, 于 45 °C 氮气缓慢吹干, 精密加入 50%乙腈溶液 1 mL 使溶解, 即得。

## 1.3 液相色谱与质谱条件

色谱柱: Phenomenex Kinetex XB-C<sub>18</sub>(1.7 μm, 100 mm, 2.1 mm); 柱温: 40 °C; 流速: 0.6 mL/min; 进样量: 5 μL; 流动相: 以乙腈-甲醇(1: 1)为流动相 A 相, 以 0.01%甲酸为流动相 B 相, 流速 0.6 mL/min; 按表 3 进行梯度洗脱。

以三重四极杆质谱仪作为检测器, 电化学喷雾离子源(ESI), 黄曲霉毒素 G<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>、伏马毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub> 及 T-2 毒素为正离子采集模式, 赭曲霉毒素 A、呕吐毒素、玉米赤霉烯酮为负离子采集模式, 各化合物质谱参数见表 4。色谱图见图 1。

表 3 流动相梯度

Table 3 Mobile phase gradient

时间/min	A 相/%	B 相/%
0	5	95
2	5	95
2.01	40	60
5	50	50
7	55	45
10	90	10

表 4 质谱参数表

Table 4 LC/MS/MS parameters

名称	去簇电压/v	定量离子/m/z	碰撞能量/v	定性离子/m/z	碰撞能量/v	采集模式
黄曲霉毒素 B <sub>1</sub>	180	313.1/241.1	49	313.1/285.1	32	正离子
黄曲霉毒素 B <sub>2</sub>	180	315.2/259.1	39	315.2/287.2	35	正离子
黄曲霉毒素 G <sub>1</sub>	165	329.1/243.1	35	329.2/215.0	43	正离子
黄曲霉毒素 G <sub>2</sub>	150	331.1/245.1	40	331.1/257.1	41	正离子
伏马毒素 B <sub>1</sub>	100	722.3/352.4	49	722.3/334.4	53	正离子
伏马毒素 B <sub>2</sub>	120	706.4/336.1	49	706.4/318.4	52	正离子
T-2 毒素	70	489.2/245.3	36	489.2/387.2	29	正离子
赭曲霉毒素 A	-65	402.1/358.1	-28	402.1/211.0	-38	负离子
呕吐毒素	-75	295.1/265.1	-15	295.1/138.0	-25	负离子
玉米赤霉烯酮	-70	317.2/175.1	-32	317.2/131.2	-38	负离子

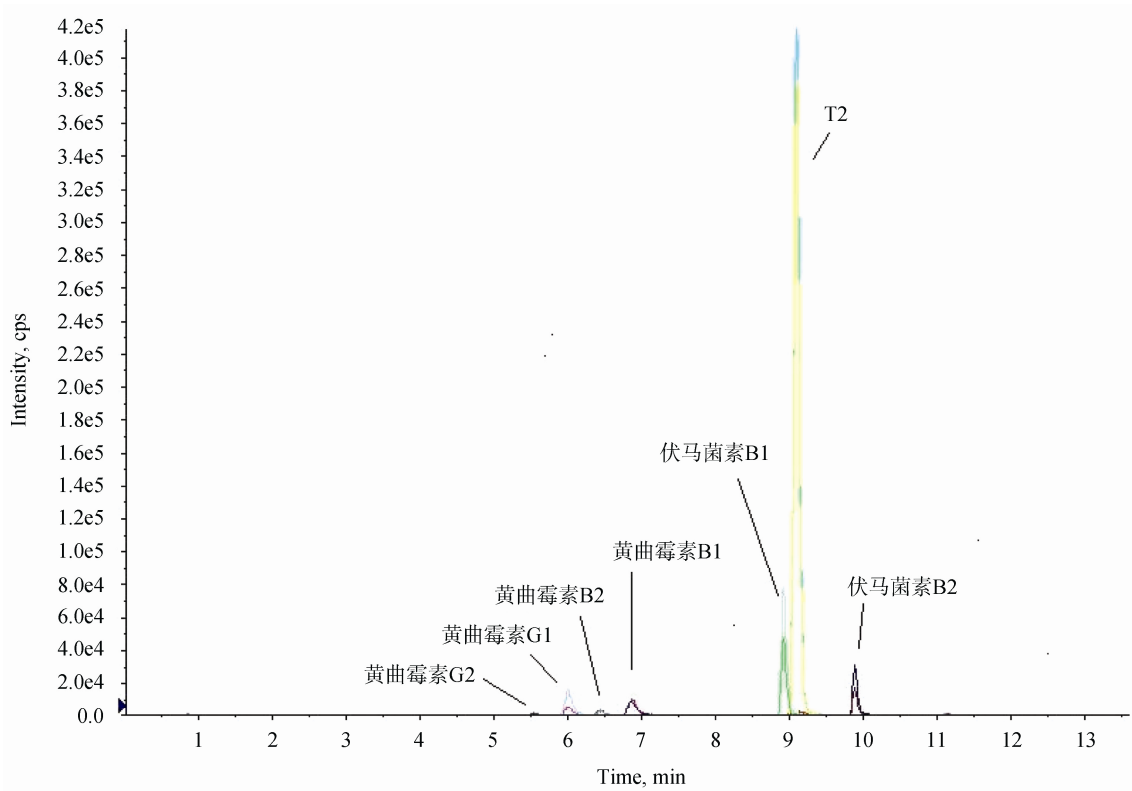


图 1 正离子模式总离子流图  
Fig. 1 TIC spectrum in positive mode

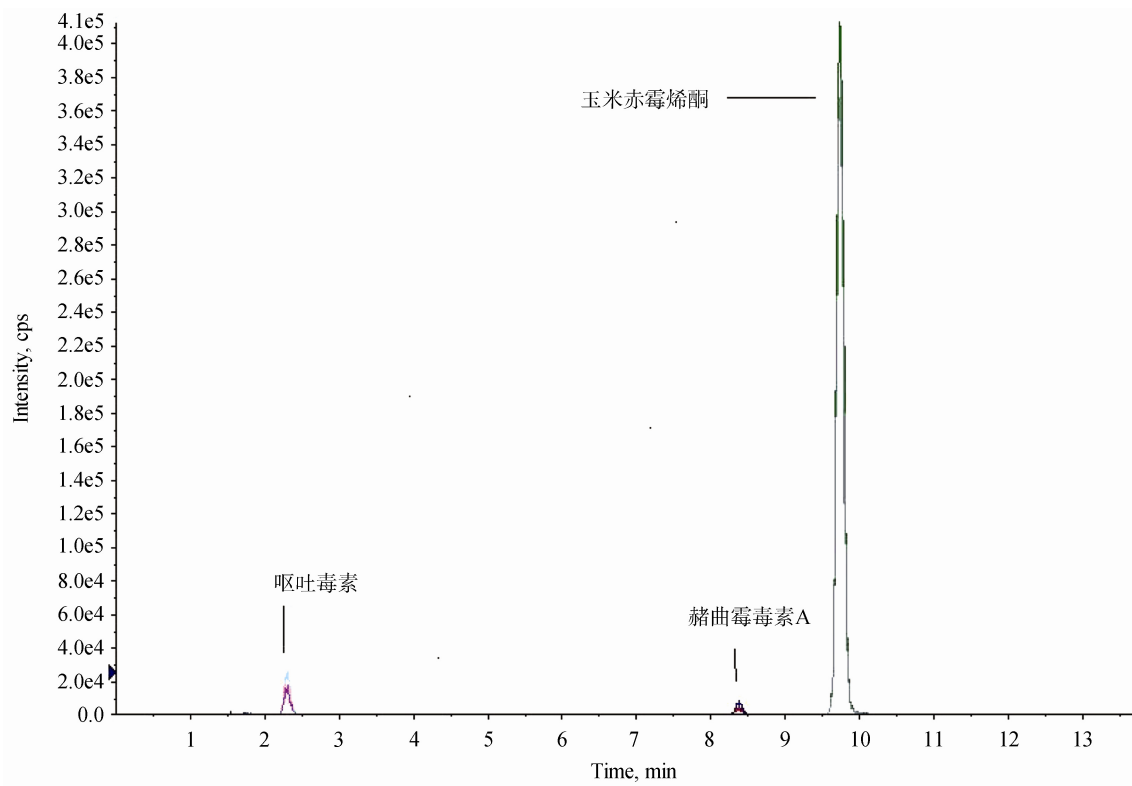


图 2 负离子模式总离子流图  
Fig. 2 TIC spectrum in negative mode

## 2 结果

### 2.1 线性关系的考察

由于桃仁样品对测定化合物存在基质效应, 实验中配制空白基质标曲进行线性考察, 详见表 5。

### 2.2 回收率试验

取桃仁样品粉末约 5 g(过二号筛), 精密称定, 一式 18 份, 以 6 份为一组, 按低、中、高 3 种浓度水平分别精密加入加样回收率用混合对照品溶液(黄曲霉毒素 B1、黄曲霉毒素 B2、黄曲霉毒素 G1、黄曲

霉毒素 G2、赭曲霉毒素 A、呕吐毒素、玉米赤霉烯酮、伏马毒素 B1、伏马毒素 B2 及 T-2 毒素)的浓度分别为 50、30、50、30、50、20、100、400、400 和 400 ng/mL)0.25 mL、0.5 mL、1.0 mL, 依法制备供试品溶液并测定含量, 计算回收率, 结果见表 6。

### 2.3 重复性试验

取桃仁样品粉末 5 g(过二号筛), 一式 6 份, 精密称定, 精密加入加样回收率用混合对照品溶液 1 mL, 依法制备供试品溶液, 进样分析, 结果表明本法重复性试验结果良好, 详见表 7。

表 5 线性方程及相关系数  
Table 5 Regress equations and correlation coefficients

名称	浓度范围/(ng · mL <sup>-1</sup> )	线性方程	相关系数
黄曲霉毒素 B1	0.2~4	$Y=6040X + 3570$	0.9941
黄曲霉毒素 B2	0.12~2.4	$Y=3280 X -575$	0.9987
黄曲霉毒素 G1	0.2~4	$Y=4580 X +777$	0.9976
黄曲霉毒素 G2	0.12~2.4	$Y=1610 X + 492$	0.9996
伏马毒素 B <sub>1</sub>	1.6~32	$Y=2590 X -6690$	0.9963
伏马毒素 B <sub>2</sub>	1.6~32	$Y=5260 X -1010$	0.9989
T - 2 毒素	1.6~32	$Y=1610 X -3160$	0.9944
赭曲霉毒素 A	0.2~4	$Y =2290 X -854$	0.9979
呕吐毒素	80~1600	$Y=4.88 X +3290$	0.9952
玉米赤霉烯酮	0.4~8	$Y=3390 X -2770$	0.9992

表 6 回收率试验结果  
Table 6 Results of recovery

名称	添加浓度/( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	平均回收率/%	相对标准偏差( $n=6$ )/%
黄曲霉毒素 B1	2.5、5.0、10	69.3、76.0、72.2	2.5、1.4、1.5
黄曲霉毒素 B2	1.5、3.0、6	62.1、71.7、67.4	0.8、1.3、1.3
黄曲霉毒素 G1	2.5、5.0、10	76.3、76.9、68.7	0.4、2.7、0.5
黄曲霉毒素 G2	1.5、3.0、6	85.5、81.1、80.2	1.2、0.6、1.4
伏马毒素 B1	20、40、80	93.8、94.2、86.6	0.7、3.5、2.7
伏马毒素 B2	20、40、80	99.4、100、81.5	2.7、1.0、2.0
T - 2 毒素	20、40、80	99.8、97.0、88.8	3.1、3.0、1.1
赭曲霉毒素 A	2.5、5.0、10	85.0、70.1、69.1	3.6、3.7、1.2
呕吐毒素	1000、2000、4000	66.2、65.3、73.9	0.7、0.5、2.8
玉米赤霉烯酮	5.0、10、20	68.7、73.8、70.9	1.6、0.5、2.0

表 7 重复性试验结果  
Table 7 Results of repeatability test

名称	平均测定结果/ $\mu\text{g}$	相对标准偏差( $n=6$ )/%
黄曲霉毒素 B1	5.3	1.2
黄曲霉毒素 B2	1.6	1.5
黄曲霉毒素 G1	5.1	0.5
黄曲霉毒素 G2	1.8	0.6
伏马毒素 B <sub>1</sub>	51.4	3.1
伏马毒素 B <sub>2</sub>	48.0	1.3
T - 2 毒素	51.8	2.9
赭曲霉毒素 A	5.1	1.2
呕吐毒素	2161.7	2.4
玉米赤霉烯酮	10.6	2.8

## 2.4 稳定性试验

取重复性试验项下供试品溶液, 每隔 6 h 进样分析, 记录峰面积, 结果表明, 在 0~24 h 之内, 供试品溶液保持稳定。

## 2.5 检测限

取低浓度水平回收率的供试品溶液测定信噪比,

以信噪比 3: 1 计算方法检测限, 详见表 8。

## 2.6 样品测定

桃仁和薏苡仁为果实种子类中药材, 油脂含量较高, 容易霉变于种子内部而产生真菌毒素。笔者对收集到的薏苡仁、桃仁样品按本文所述方法进行了测定, 结果(见表 9)表明, 3 批薏苡仁样品中检出玉米赤霉烯酮及伏马毒素 B<sub>1</sub>, 1 批桃仁样品中检出呕吐毒素, 说明我国中药材中确实存在真菌毒素污染的情况, 需要加强对真菌毒素的监控。

## 3 讨论

### 3.1 分析方法的选择

目前食品标准中主要针对粮谷类样品进行真菌毒素的检验, 收载的检验方法有薄层色谱法、酶联吸附免疫法和高压液相色谱法<sup>[11-16]</sup>。薄层色谱法灵敏度、特异性较差, 提取过程中需要大量有机溶剂, 易污染环境、对人体有较大危害。酶联吸附免疫法测定结果受试剂盒差异、实验温度、仪器灵敏度等条件影响较大, 重复性差, 假阳性率高。高压液相色谱法多为采用免疫亲和柱针对单一真菌毒素进行的单成分检验, 专属性较强, 假阳性率较低。

表 8 检测限  
Table 8 Detection limits

名称	检测限/ $(\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$	名称	检测限/ $(\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$
黄曲霉毒素 B1	0.3	伏马毒素 B <sub>2</sub>	0.9
黄曲霉毒素 B2	0.8	T - 2 毒素	2.2
黄曲霉毒素 G1	0.4	赭曲霉毒素 A	0.5
黄曲霉毒素 G2	0.7	呕吐毒素	35.3
伏马毒素 B <sub>1</sub>	0.9	玉米赤霉烯酮	0.6

表 9 样品测定结果  
Table 9 detection results of samples

品名	产地	测定结果/ $(\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$				
		黄曲霉毒素 B2	黄曲霉毒素 B1	玉米赤霉烯酮	呕吐毒素	伏马毒素 B1
桃仁	河北	(—)	(—)	(—)	803.4	(—)
	贵州	(—)	(—)	617.1	(—)	82.3
薏苡仁	浙江	0.2	4.8	610.3	(—)	167.2
	浙江	0.2	4	612.0	(—)	136.2

与食品相比,中药材基质成分比较复杂,笔者在日常检验过程中发现部分中药材不可避免地会出现假阳性情况,选用液相色谱-串联质谱法进行检测,不仅可以彻底排除假阳性的情况,同时进行多成分的检测不仅大大降低了检测成本,而且节省了检测时间。

本方法适合于中药材中真菌毒素多成分残留的筛查检验。由于不同中药材基质效应各不相同,可以通过内标法来消除基质效应,代替基质空白标曲,但是由于同位素内标价格比较昂贵,实验成本较高。实验中可以根据实际情况确定是否需要进行空白基质标曲的制备,对于空白基质比较难获得的样品,可以通过去除毒素的方法制备空白基质。由于化学去毒的方法不可避免会影响基质中的化学成分,因此,应尽可能选择物理去毒的方法进行空白基质的制备。

### 3.2 分析条件的优化

通过对不同填料的色谱柱进行比较,结果采用 Phenomenex Kinetex XB-C18 柱所得色谱峰保留时间适中,峰形较好。实验中同时采用正负离子模式进行数据采集,结果发现黄曲霉毒素、伏马毒素、T-2 毒素采用正离子模式,赭曲霉毒素 A、呕吐毒素和玉米赤霉烯酮采用负离子模式所得色谱峰响应较好。

### 3.3 样品处理方法的选择

样品分别采用:① 70% 甲醇超声提取后,提取液稀释经 HLB 柱净化;② 84% 乙腈超声提取后经多功能净化柱(Mycosep 226)净化;③ 84% 乙腈超声提

取后经 MycoSpin 400 净化柱的方法进行提取,结果表明,方法① 各化合物的提取效果均较好,且成本较低。

对 70% 甲醇的用量,超声时间,以及 HLB 净化过程中所需洗脱剂的用量进行比较,结果表明,提取溶剂用量大于 25 mL,超声时间大于 15 min 时,溶剂用量及超声时间对提取效果影响不大,而 3 mL 甲醇即可洗脱完全,完成 HLB 净化过程。

### 3.4 中药中真菌毒素及其他生物毒素检测体系的建议

#### 3.4.1 真菌毒素及其他生物毒素测定方法研究体系的原则

目前我国中药中真菌毒素及其他生物毒素的(包括食药同源或与食品有相同基质的药材)质量标准与食品标准相比,相差甚远(表 10)。因此,亟需选取容易受污染的中药品种进行相应真菌毒素检测方法的开发,本着药典附录先行,具体品种根据实际研究情况,以“成熟一个上一个”的原则进行中药中真菌毒素及其他生物毒素测定方法的开发。

#### 3.4.2 监测品种体系

目前食品标准中关注程度较高的毒素种类主要有黄曲霉毒素,赭曲霉毒素,玉米赤霉烯酮,呕吐毒素,伏马毒素及 T-2 毒素 6 大类。由于各类真菌毒素的产毒机制不同,容易受污染的中药品种也有所不同。因此,应根据易感染毒素种类对监测中药品种进行分类研究,优先进行国内外关注程度较高、已有限量要求的毒素的测定方法的开发。

表 10 易感染中药品种及相应毒素种类  
Table 10 Easily contaminated herbs and corresponding mycotoxins

毒素种类	已知类似化合物	应重点关注种类及理由	易感染中药
黄曲霉毒素	12 种	目前关注程度较高的有黄曲霉毒素 B1、B2、G1、G2、M1; 由于黄曲霉毒素 M1 为 B1 的体内代谢产物,中药中检出的可能性较低。其余 4 种应重点关注	粮谷类、含淀粉、油脂成分多的品种
赭曲霉毒素	7 种	赭曲霉毒素 A 毒性最强	
玉米赤霉烯酮及其代谢物	> 15 种	玉米赤霉烯酮,食品限量标准已收载	
呕吐毒素	60 多种	呕吐毒素(DON); 食品限量标准已收载	粮谷类类似基质中药
伏马毒素	15 种	B1 和 B2 是自然界存在最普遍且毒性最强	
T-2 毒素	/	T-2 毒素, HT-2 毒素, 食品限量标准已收载	
展青霉素	/	食品限量标准已收载	酸性果实类中药

### 3.4.3 检测方法体系

由于中药基质众多,不同中药的基质效应也各不相同,单一的前处理方法不可能适用于所有的中药,因此,需要开发针对不同基质类型中药的多种前处理方法,以满足不同基质的需要。

分析方法方面,单成分的检测要兼顾方法的可行性与实用性,建立液相及液质等不同的检测方法,搭建检验平台,完善检验体系,尽快开发 LC-MS 等阳性确证方法以及多成分的检测方法,满足国际检测技术发展的需求。

### 3.4.4 限度拟定

由于我国在真菌毒素残留限量的制订方面进行的基础研究较少,缺少相应的试验数据(主要包括经口、经皮、吸入、遗传毒性、神经毒性或致癌性等急性、慢性毒理学等试验数据),而进行此方面的试验需要较多的投入,同时需花费比较长的时间。现实情况下可结合各种真菌毒素的毒性数据及国内外相关行业的限度标准进行拟定,从严建立统一限度。对于中药材中极易受污染的品种,可结合各药材的每日摄入量、中国人的身体特点及我国实际污染水平等综合因素合理拟订其限度。

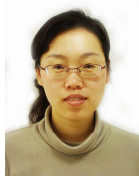
### 参考文献

- [1] 李峻媛, 万丽, 杨美华. 真菌毒素限量标准及其在中药中的研究进展[J]. 中草药, 2011, 42(3): 602-604  
Li JY, Wan L, Yang MH. Limit standard of mycotoxins and advances in studies on its application in Chinese material medica [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2011, 42(3): 602-604
- [2] 黄莉, 张浩, 单琪媛, 等. 中药中真菌毒素污染问题[J]. 海峡药学, 2009, 21(6): 95-99.  
Huang L, Zhang H, Shan QY, *et al.* Brief introduction of mycotoxin pollution in traditional medicine[J]. Strait pharmaceutical J. 2009, 21(6): 95-99
- [3] Trucksess MW, Scott PM. Mycotoxins in botanicals and dried fruits: a review [J]. Food Addit Contam, 2008, 25(2): 181-192
- [4] 中华人民共和国药典 2010 年版[S]. 北京: 化学工业出版社  
Chinese Pharmacopoeia 2010 edition [S]. Beijing: Chemical Industry Press
- [5] Test for aflatoxin, 美国药典 36 [S]. 561:221-224  
Test for aflatoxin, USP36 [S]. 561:221-224
- [6] Determination of aflatoxin B1 in herbal drugs, 欧洲药典 7.0 [S]. 2.8.18: 244-246  
Determination of aflatoxin B1 in herbal drugs, European Pharmacopoeis 7.0 [S]. 2.8.18: 244-246
- [7] 韩国食品医药品安全厅第 2008-4 号公告[S].  
KFDA Proclamation 2008-4 [S].
- [8] 香港特别行政区卫生署中医药事务部, 香港中药材标准第一册 [S]. 2005: 131.  
The HongKong Department of health medical affairs. HongKong Chinese medicine standard [S]. 2005: 131.
- [9] 中国国家标准化管理委员会. 食品中真菌毒素限量 GB2761-2011, [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.  
China National Standardization Management Committee. Limit standards of mycotoxins in food. GB2761-2011 [S]. Beijing: Chinese standards Press, 2011.
- [10] Ren YP, Yu Z, Shao SL, *et al.* Simultaneous determination of multi-component mycotoxin contaminants in foods and feeds by ultra-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2007, 1143: 48-64.
- [11] Veronica MTL, Michele S, Steve P, *et al.* Simultaneous determination of aflatoxins, ochratoxin A, and Fusarium toxins in maize by liquid chromatography/tandem mass spectrometry after multi-toxin immunoaffinity cleanup [J]. Rapid Commun Mass Sp, 2007, 21: 3253-3261.
- [12] Meri K, Kokkonen MN, Jestoi. A multi-compound LC-MS/MS method for the screening of mycotoxins in grains [J]. Food Anal Methods, 2009, 2: 128-140.
- [13] Sulyok M, Kraka R, Schuhmacher R. A liquid chromatography/tandem mass spectrometric multi-mycotoxin method for the quantification of 87 analytes and its application to semiquantitative screening of mouldy food samples [J]. Anal Bioanal Chem, 2007, 389: 1505.
- [14] 张晓飞, 岳延涛, 杨美华, 等. 色谱-质谱联用技术在真菌毒素检测中的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(12): 109-112  
Zhang XF, Yue YT, Yang MH, *et al.* Advances in application of chromatography-mass spectrometry on mycotoxins determination [J]. Guizhou Agric Sci, 2009, 37(12): 109-112
- [15] Braicu C, Puia C, Bodokli E, *et al.* Screening and quantification of aflatoxins and ochratoxin A in different cereals cultivated in Romania using thin-layer chromatography densitometry [J]. J Food Qual, 2008, 31(1): 108-120.
- [16] Li PW, Zhang Q, Zhang W, *et al.* Development of a class-specific monoclonal antibody based ELISA for aflatoxin in peanut [J]. Food Chem, 2009, 115: 313-317.

(责任编辑: 张宏梁)



## 作者简介



郑荣, 女, 副主任药师, 主要研究方向为中药质量控制和安全性检测研究。  
E-mail: zhengrongsifdc@163.com



季申, 女, 主任药师, 主要研究方向为中药质量控制和安全性检测研究。  
E-mail: jishen2013@163.com

---

### “功能性食品微生物”专题征稿

随着经济的发展和人们生活水平的不断提高,人们对食品的要求已从单纯的温饱转向了“功能、营养和健康”的新要求;膳食结构和组成是影响健康和疾病发生的重要因素,在人们多年以来追求中医、西医或中西医结合预防和治疗疾病模式外,渐渐转“医补”为“食疗”,期望利用食品的功能性达到促进健康和干预疾病的目的。因此,以功能性食品微生物为核心的功能性食品如益生菌、微生物源 PUFA、红曲等已逐渐深入人心,这也推动了功能性食品微生物资源开发与应用的的发展。在 21 世纪生物技术大发展的时代背景下,利用食品微生物的特定功能性质,开发系列健康的功能食品成为重要的发展趋势。目前,以功能性微生物为核心的技术与产品已广泛用于食品、保健品、医药和饲料行业,应用前景十分广阔。

功能性食品微生物是一类通过菌体细胞或代谢产物能够赋予食品具有特定功能性质、或者显著改进和优化食品制造工艺的微生物。鉴于此,本刊特别策划了“功能性食品微生物”专题,由江南大学食品学院的陈卫教授担任专题主编,围绕(1)功能性食品微生物的资源发掘、高效筛选、分离鉴定,(2)功能性食品微生物的生物性质、功能机理与作用机制,(3)基于功能性食品微生物的食品生物加工与制造的基础和应用研究,(4)功能性食品微生物的评价与优化等或您认为本领域有意义的问题进行论述,计划在 2014 年 4 月份出版。

本刊编辑部及陈教授欢迎各位专家为本专题撰写稿件,以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可,请在 2014 年 4 月 5 日前通过网站或 Email 投稿。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