

# 不同包装材料、储藏条件对防风质量的影响

陈雨秋， 徐哲丰， 俞 萍， 陈长宝， 张 涛\*， 朱英豪\*  
(长春中医药大学，吉林 长春 130117)

**摘要：**目的 确定防风药材适宜的贮藏条件及包装材料。方法 采用 HPLC 法对同一批药材 12 个月内在不同包装材料、储藏条件下含水量和 4 种色原酮（升麻素苷、5-*O*-甲基维斯阿米醇苷、升麻素、亥茅酚苷）含量变化进行测定，液质联用法对第 12 个月的药材进行黄曲霉毒素、农药残留、重金属、有害元素含量的测定。结果 含水量最低是纸箱阴凉避光，最高是纸箱低温避光；色原酮含量最高是纸箱低温避光，最低是聚乙烯塑料编织袋低温避光。相关性分析发现，储藏温度、时间、含水量是影响防风质量的重要因素。灰色关联度分析得出，纸箱包装与色原酮的保留关系最为紧密。主成分分析显示，纸箱包装较为稳定，其次是麻袋包装。AHP 综合评价分析显示，纸箱低温避光包装的评分最高，麻袋低温避光包装次之。黄曲霉毒素、农药残留、重金属、有害元素均未检测出。结论 在保证防风含水量符合规定的情况下，纸箱为较佳包装材料，建议低温储存，并且储藏时间不宜过久。但应用于防风大批量生产中时，建议采用麻袋低温避光储藏。

**关键词：**防风；包装材料；储藏条件；含水量；色原酮；黄曲霉毒素

**中图分类号：**R282      **文献标志码：**B      **文章编号：**1001-1528(2023)01-0323-05

**doi:**10.3969/j.issn.1001-1528.2023.01.060

防风为伞形科植物防风 *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. 干燥根<sup>[1]</sup>，始载于《神农本草经》，列为上品，主产于吉林、辽宁、黑龙江等，其主要化学成分为色原酮类、香豆素类、多糖类等<sup>[2-5]</sup>。其中，升麻素苷和 5-*O*-甲基维斯阿米醇苷有解热、镇痛、抗炎作用，升麻素具有较强的解热、镇痛、抗炎作用，亥茅酚苷有镇痛作用<sup>[6-8]</sup>。

中药材的包装和储藏是其生产的关键环节，目前酸枣仁<sup>[9]</sup>、桑椹<sup>[10]</sup>、丹参<sup>[11]</sup>、炙甘草<sup>[12]</sup>等中药材已筛选出了适宜的包装材料与储藏条件，可提高药材质量，保障临床疗效。与此同时，黄曲霉毒素、农药残留、重金属及有害元素对中药材的危害不容小觑。黄曲霉毒素会损伤人的免疫系统，严重者会出现急性中毒和不孕症；农药残留和重金属及有害元素会影响人的身体机能，有致癌的风险<sup>[13-16]</sup>。中药材在种植、采收、加工、储藏以及运输过程中，可能会因为种植环节的农药喷洒、储运环节受潮霉变或保存不当以及采收加工环节中的其他因素，极易受到污染，严重危害到中药材的安全性及人民的健康<sup>[17-20]</sup>。

防风作为我国的传统大宗药材，对其不同包装材料、储藏条件、黄曲霉毒素、农药残留和重金属及有害元素的系统性研究未见报道<sup>[21]</sup>。因此，本研究采用不同包装材料，在不同相对湿度、温度条件下储藏防风，以水分、

4 种色原酮含量作为评价指标，同时测定药材黄曲霉毒素、农药残留、重金属及有害元素的含量，以期保障其质量。

## 1 材料

防风于 2020 年 10 月采自吉林省白城市防风种植基地，经长春中医药大学陈长宝教授鉴定为伞形科植物防风 *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. 的干燥根。3 种包装材料分别为纸箱、麻袋、聚乙烯塑料编织袋。

YL-5255L 药品阴凉箱（中科美菱低温科技股份有限公司）；CLF-10C 密封型粉碎机（浙江温岭市创力药材器械厂）；电热鼓风干燥箱（上海恒一科学仪器有限公司）；ME204 电子天平（瑞士梅特勒-托利多公司）；KQ-500DA 数控超声波清洗器（昆山市超声仪器有限公司）；HH-8 数显恒温水浴锅（常州市江南实验仪器厂）；Agilent 1200 高效液相色谱仪、Agilent 1290-6470LC-MS-MS 液质联用仪（美国 Agilent 公司）。

升麻素苷（批号 80681-45-4）、5-*O*-甲基维斯阿米醇苷（批号 84272-85-5）、升麻素（批号 37921-38-3）、亥茅酚苷（批号 80681-44-3）对照品（上海源叶生物科技有限公司）；黄曲霉毒素对照品（批号 K5060163，上海安谱实验科技股份有限公司）。色谱纯甲醇（赛默飞世尔科技有限公司）；分析纯甲醇、无水乙醇（成都科隆化学制品有限公司）；水（杭州娃哈哈集团有限公司）。

收稿日期：2022-06-20

基金项目：国家重点研发计划项目（2019YFC1710704）；省级大学生创新创业训练计划项目（S202210199060）；吉林省科技发展计划项目（20200708028YY）

作者简介：陈雨秋（1998—），女，硕士生，从事中药学研究。Tel: 18332786929, E-mail: 18332786929@163.com

\* 通信作者：张 涛（1991—），男，博士，讲师，从事中药资源研究。Tel: 15584629802, E-mail: 251073371@qq.com

朱英豪（1986—），女，硕士，实验师，从事中医学研究。Tel: 18943500008, E-mail: z27785450@126.com

防风包装材料、储藏条件<sup>[22]</sup>见表 1，储存期为 1 年，将其分别放入可调温调湿的药品阴凉箱中，温度分别设置为 15、4 ℃，相对湿度设置为 40%~60%，于第 1、3、6、12 个月的同一天进行取样。

表 1 防风包装材料、储藏条件

| 编号 | 包装材料     | 储藏条件  |
|----|----------|-------|
| A  | 纸箱       | 阴凉/避光 |
| B  | 纸箱       | 低温/避光 |
| C  | 麻袋       | 阴凉/避光 |
| D  | 麻袋       | 低温/避光 |
| E  | 聚乙烯塑料编织袋 | 阴凉/避光 |
| F  | 聚乙烯塑料编织袋 | 低温/避光 |

注：储藏条件依据《SB/T 1105-2014 中药材仓库技术规范要求》，阴凉为 0~20 ℃，低温为 2~10 ℃，避光是将药材置于不透光的包装材料中。所有储藏环境的相对湿度控制在35%~75%。

2 方法

2.1 色原酮含量测定

2.1.1 色谱条件 依利特 Supersil ODS2 色谱柱（4.6 mm×250 mm，5 μm）；流动相甲醇（A）-水（B），梯度洗脱（0~20 min，30% A；20~25 min，45% A；25~50 min，60% A；50~55 min，90% A；55~60 min，100% A）；体积流量 1 mL/min；柱温 30 ℃；检测波长 254 nm；进样量 10 μL。

2.1.2 对照品溶液制备 精密称取各对照品适量，加甲醇制备成每 1 mL 分别含升麻素苷 2 mg、升麻素 2.3 mg、5-*O*-甲基维斯阿米醇苷 3 mg、亥茅酚苷 0.7 mg 的溶液，即得。

2.1.3 供试品溶液制备 取药材 1 g（过 2 号筛），置于离

表 3 各成分离子对、碰撞电压设定值

| 成分                   | 母离子 <i>m/z</i> | 子离子 <i>m/z</i> | 驻留时间/ms | 传输电压/eV | 碰撞能量/eV | 加速电压/eV |
|----------------------|----------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
| 黄曲霉毒素 B <sub>1</sub> | 313.1          | 285.1          | 50      | 160     | 22      | 3       |
|                      |                | 241.0          | 50      | 160     | 38      | 3       |
| 黄曲霉毒素 B <sub>2</sub> | 315.1          | 287.1          | 50      | 160     | 38      | 3       |
|                      |                | 259.1          | 50      | 160     | 22      | 3       |
| 黄曲霉毒素 G <sub>1</sub> | 329.1          | 311.1          | 50      | 150     | 20      | 3       |
|                      |                | 243.1          | 50      | 150     | 25      | 3       |
| 黄曲霉毒素 G <sub>2</sub> | 331.1          | 313.1          | 50      | 160     | 23      | 3       |
|                      |                | 245.1          | 50      | 160     | 30      | 3       |

2.3.3 对照品溶液制备 精密量取对照品溶液〔含黄曲霉毒素 G<sub>2</sub>（0.3 μg/mL）、黄曲霉毒素 G<sub>1</sub>（1.0 μg/mL）、黄曲霉毒素 B<sub>2</sub>（0.30 μg/mL）、黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>（1.0 μg/mL）〕0.5 mL，置于 10 mL 量瓶中，甲醇稀释至刻度，精密量取适量，70% 甲醇稀释成黄曲霉毒素 B<sub>2</sub>、G<sub>2</sub> 质量浓度分别为 0.03、0.3、0.6、1.5、3 ng/mL，黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、G<sub>1</sub> 质量浓度分别为 0.1、1、2、5、10 ng/mL 的溶液，即得。

2.3.4 供试品溶液制备 取药材粉末约 15 g（过 2 号筛），精密称定，置于均质瓶中，加入氯化钠 3 g，再精密加入 70% 甲醇 75 mL，高速搅拌 2 min，离心（4 000 r/min）5 min，精密量取上清液 15 mL，置于 50 mL 量瓶中，加水稀释至刻度，摇匀，离心（4 000 r/min）10 min，精密量取上清液 20 mL，上免疫亲和柱（体积流量 3 mL/min），20 mL 水洗脱，弃去水洗液以使空气进入柱子，将水挤出柱

心管中，加入 20 mL 甲醇，超声处理 30 min，上清液过滤，在离心管中再加入 20 mL 甲醇，振荡后超声 30 min，滤过，合并滤液，倒入蒸发皿中，蒸至 5 mL 左右，转移至 10 mL 量瓶中，甲醇定容至 10 mL，0.22 μm 微孔滤膜过滤，即得。

2.2 含水量测定 精密称取 2 g 药材，过 2 号筛，平铺于恒重的称量瓶中，厚度不超过 5 mm，置于 105 ℃烘箱中烘 5 h，移至干燥器中冷却 30 min，精密称定质量，再置于 105 ℃烘箱中干燥 1 h，干燥器中冷却 30 min，精密称定质量，直至连续 2 次称量差异不超过 5 mg 为止，计算含水量。

2.3 黄曲霉毒素含量测定

2.3.1 色谱条件 Agilent ZORBAX Eclipse Plus C<sub>18</sub> 色谱柱（2.1 mm×50 mm，1.8 μm）；流动相 0.1% 甲酸+2 mmol/L 乙酸铵（A）-甲醇（B），梯度洗脱，程序见表 2；体积流量 0.3 mL/min；柱温 25 ℃；进样量 2 μL。

表 2 梯度洗脱程序

| 时间/min | A 0.1% 甲酸+2 mmol/L 乙酸铵/% | B 甲醇/% |
|--------|--------------------------|--------|
| 0      | 75                       | 25     |
| 4.5    | 75                       | 25     |
| 5      | 10                       | 90     |
| 6      | 10                       | 90     |
| 6.5    | 75                       | 25     |
| 10     | 75                       | 25     |

2.3.2 质谱条件 电喷雾离子源（ESI）；正离子扫描；多反应监测（MRM）模式，离子对、碰撞电压设定值见表 3。

子，再用 1.5 mL 甲醇洗脱，收集洗脱液，置于 2 mL 量瓶中，加水稀释至刻度，摇匀，滤过，取续滤液，即得。

2.4 农药残留、重金属、有害元素含量测定 分别按照 2020 年版《中国药典》四部通则中的 2341 农药残留量测定法、0821 重金属检查法及 2321 铅、镉、砷、汞、铜测定法进行测定。

2.5 数据分析 通过 SPSS Statistics 24.0 软件进行统计学分析，SIMCA14.1 软件进行主成分分析，AHP 层次分析软件进行综合评价，GraphPad Prism 8.0 软件进行绘图。

3 结果

3.1 不同包装材料、储藏条件对含水量的影响 由图 1 可知，随着药材储藏时间延长，不同包装材料、储藏条件下含水量变化趋势差异较为明显，而且均符合 2020 年版《中国药典》规定<sup>[1]</sup>，其中麻袋包装变化程度最小，C、D 组均

为 7.0%~7.2%；纸箱、聚乙烯塑料编织袋包装变化较大，A、B、E、F 组分别为 6.4%~7.0%、7.0%~7.4%、6.7%~7.1%、7.0%~7.5%；在纸箱阴凉避光的条件下，含水量在 6 个月下降，而其余条件均升高，可能是前期纸箱吸水性能较好所致；储藏 12 个月后，含水量依次为纸箱低温避光>麻袋阴凉避光>麻袋低温避光>聚乙烯塑料编织袋阴凉避光>聚乙烯塑料编织袋低温避光>纸箱阴凉避光。

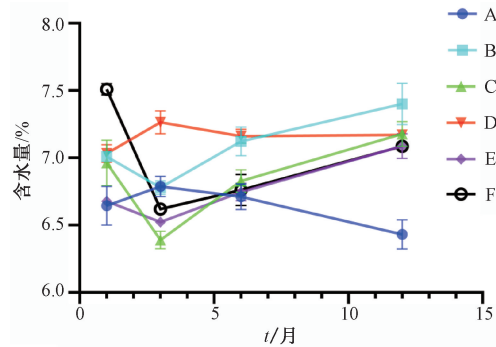


图 1 不同包装材料、储藏条件下含水量变化

3.2 不同包装材料、储藏条件对各成分含量的影响 由图 2~6 可知，不同包装材料、储藏条件对有效成分含量的影响也较明显，而且均符合 2020 年版《中国药典》规定<sup>[1]</sup>，其中纸箱包装时升麻素苷含量均升高，麻袋、聚乙烯塑料编织袋包装时则降低；4 种色原酮成分含量变化趋势较一致，前期程度较大，在储藏 6 个月后基本趋于稳定，并逐渐降低；色原酮含量依次为纸箱低温避光>麻袋低温避光>纸箱阴凉避光>聚乙烯塑料编织袋阴凉避光>麻袋阴凉避光>聚乙烯塑料编织袋低温避光；防风中色原酮含量会随储藏时间延长而逐步减少，程度最小的是纸箱低温避光，最大的是麻袋低温避光。

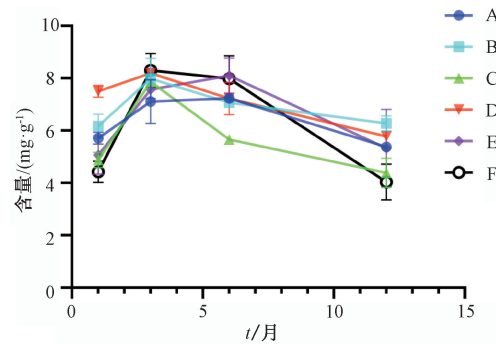


图 2 不同包装材料、储藏条件下升麻素苷含量变化

3.3 相关性分析 由表 4 可知，含水量与各色原酮含量均呈负相关，以 5-O-甲基维斯阿米醇苷、升麻素、亥茅酚苷含量更显著；含水量与储藏时间呈正相关，而与储藏温度呈显著负相关；储藏时间与色原酮含量呈负相关，储藏温度也与和除 5-O-甲基维斯阿米醇苷之外的其余 3 种色原酮含量呈负相关。综上所述，防风在储藏过程中要确保含水量不能过高，最好存放于低温环境中，并且温度不宜过高，时间不宜过久。

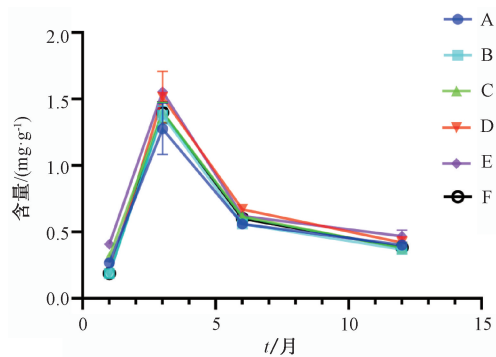


图 3 不同包装材料、储藏条件下 5-O-甲基维斯阿米醇苷含量变化

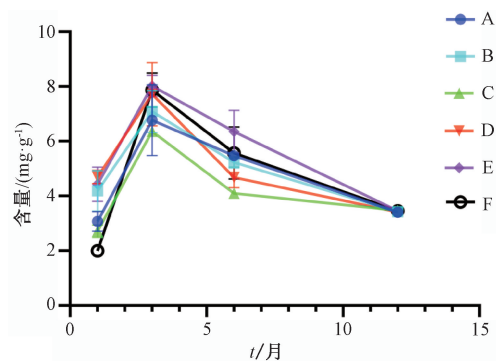


图 4 不同包装材料、储藏条件下升麻素含量变化

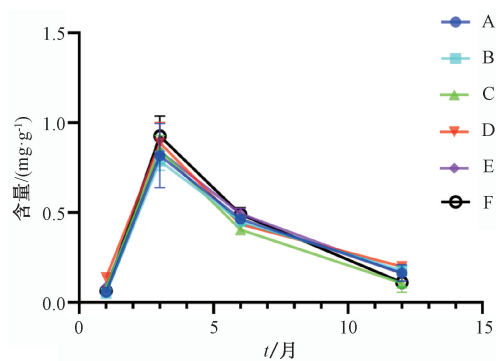


图 5 不同包装材料、储藏条件下亥茅酚苷含量变化

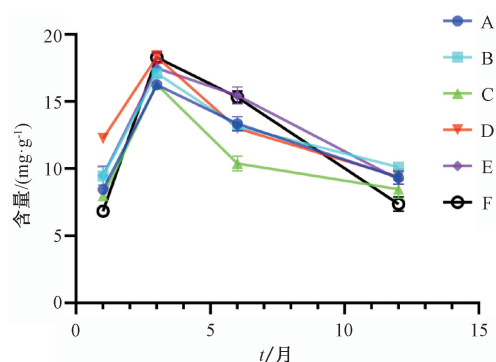


图 6 不同包装材料、储藏条件下色原酮含量变化

3.4 灰色关联度分析 由表 5 可知，A 组、B 组与升麻素苷、5-O-甲基维斯阿米醇苷、升麻素苷含量的灰色关联度

表 4 相关性分析结果

| 评价指标                    | 含水量      | 升麻素苷含量   | 5- <i>O</i> -甲基维斯阿米醇苷含量 | 升麻素含量    | 亥茅酚苷含量 | 储藏时间 | 储藏温度 |
|-------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|--------|------|------|
| 含水量                     | 1        |          |                         |          |        |      |      |
| 升麻素苷含量                  | -0.342   | 1        |                         |          |        |      |      |
| 5- <i>O</i> -甲基维斯阿米醇苷含量 | -0.446 * | 0.667 ** | 1                       |          |        |      |      |
| 升麻素含量                   | -0.488 * | 0.847 ** | 0.887 **                | 1        |        |      |      |
| 亥茅酚苷含量                  | -0.434 * | 0.808 ** | 0.963 **                | 0.930 ** | 1      |      |      |
| 储藏时间含量                  | 0.153    | -0.246   | -0.240                  | -0.320   | -0.242 | 1    |      |
| 储藏温度含量                  | -0.512 * | -0.176   | 0.051                   | -0.042   | -0.022 | 0    | 1    |

注：\* 为在 0.05 水平（双侧）上显著相关，\*\* 为在 0.01 水平（双侧）上极显著相关。

表 5 灰色关联度分析结果

| 编号 | 升麻素苷含量 | 5- <i>O</i> -甲基维斯阿米醇苷含量 | 升麻素含量 | 亥茅酚苷含量 |
|----|--------|-------------------------|-------|--------|
| A  | 0.795  | 0.777                   | 0.762 | 0.665  |
| B  | 0.738  | 0.775                   | 0.776 | 0.554  |
| C  | 0.682  | 0.714                   | 0.701 | 0.612  |
| D  | 0.638  | 0.691                   | 0.695 | 0.446  |
| E  | 0.708  | 0.523                   | 0.709 | 0.704  |
| F  | 0.465  | 0.691                   | 0.586 | 0.490  |

均大于其他组，为 0.738~0.795，并且 2 组均为纸箱包装，表明它与色原酮含量的保留关系最为紧密；F 组与色原酮含量的灰色关联度最低，仅为 0.465~0.691。

3.5 不同包装材料、储藏条件对储藏效果的影响 采用主成分分析考察不同包装材料之间的差异性，以期筛选最优者。由图 7 可知，纸箱包装相较于其他包装材料更聚集，表明以其储藏时较稳定，其次是麻袋包装，而聚乙烯塑料编织袋包装显示分散，表示以其储藏时最不稳定。

3.6 药材内在质量评价 各指标的相对重要性评分体系主要参考文献 [23-24]，将升麻素、升麻素苷、5-*O*-甲基维

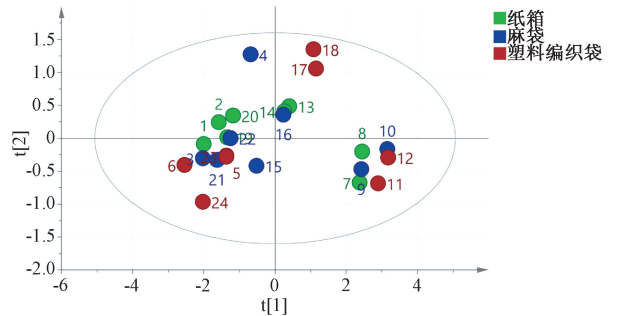


图 7 主成分分析得分图

斯阿米醇苷、亥茅酚苷含量及含水量的相对重要性分别计为 1、3、3、5、7 分，成对比较判断优先矩阵见表 6，可知权重系数分别为 0.464 1、0.201 7、0.201 7、0.088 8、0.043 6。随机一致性比率（ $R_c$ ）为评价计算的权重系数是否合理的指标，本实验中  $R_c$  为 0.028 6<0.1，表明权重系数有效合理，可用于初加工工艺评价。再将各指标含量及权重系数进行综合评分，结果见表 7，可知 B 组综合评分最高，F 组最低。

表 6 各指标成对比较判断优先矩阵

| 指标                      | 升麻素含量 | 升麻素苷含量 | 5- <i>O</i> -甲基维斯阿米醇苷含量 | 亥茅酚苷含量 | 含水量 |
|-------------------------|-------|--------|-------------------------|--------|-----|
| 升麻素含量                   | 1     | 3      | 3                       | 5      | 7   |
| 升麻素苷含量                  | 1/3   | 1      | 1                       | 3      | 5   |
| 5- <i>O</i> -甲基维斯阿米醇苷含量 | 1/3   | 1      | 1                       | 3      | 5   |
| 亥茅酚苷含量                  | 1/5   | 1/3    | 1/3                     | 1      | 3   |
| 含水量                     | 1/7   | 1/5    | 1/5                     | 1/3    | 1   |

表 7 层次分析综合评分

| 编号 | 综合评分    |
|----|---------|
| A  | 0.168 1 |
| B  | 0.200 3 |
| C  | 0.166 5 |
| D  | 0.173 2 |
| E  | 0.160 2 |
| F  | 0.131 7 |

3.7 黄曲霉毒素、农药残留、重金属、有害元素含量测定 黄曲霉毒素方法学考察结果见表 8。对储藏期为第 12 个月的药材所含黄曲霉毒素、农药残留、重金属、有害元素含量进行检测，发现均未检出。

4 讨论

适合的包装材料、储藏条件对于防风药材的储藏至关重要。不同的包装材料、储藏条件对防风的含水量和色原酮含量具有影响。其中，含水量最低的是纸箱阴凉避光，最高的是纸箱低温避光。色原酮含量最高的是纸箱低温避光，最低的是聚乙烯塑料编织袋低温避光。通过相关性分析，储藏温度、时间和含水量都是影响防风质量的关键因素。在控制含水量符合规定的情况下，防风的仓储更适合在低温避光的环境下，且储藏时间不宜过久<sup>[25]</sup>。

综上所述，建议采用纸箱低温避光储存，储存时间不宜过久。但是，纸箱储藏不适用于大规模的采收加工后的大批量防风药材的储藏，成本较高。因此，更推荐使用麻袋低温避光储藏，可以满足工业化生产的要求。



表 8 黄曲霉毒素方法学考察结果

| 成分                   | 线性关系                             |         | 回收率/% | 检出限/<br>( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) | 定量限/<br>( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) |
|----------------------|----------------------------------|---------|-------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                      | 回归方程                             | $r$     |       |                                              |                                              |
| 黄曲霉毒素 B <sub>1</sub> | $Y=1\ 687.148\ 704X+60.755\ 955$ | 0.999 9 | 92.5  | 0.1                                          | 0.3                                          |
| 黄曲霉毒素 B <sub>2</sub> | $Y=629.641\ 317X+68.809\ 944$    | 0.999 5 | 90.6  | 0.1                                          | 0.3                                          |
| 黄曲霉毒素 G <sub>1</sub> | $Y=1\ 104.870\ 725X+76.158\ 621$ | 0.999 7 | 85.4  | 0.1                                          | 0.3                                          |
| 黄曲霉毒素 G <sub>2</sub> | $Y=589.946\ 694X+52.476\ 906$    | 0.999 1 | 85.7  | 0.1                                          | 0.3                                          |

参考文献:

[ 1 ] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 156.

[ 2 ] 刘双利, 姜程曦, 赵 岩, 等. 防风化学成分及其药理作用研究进展[J]. 中草药, 2017, 10(48): 2146-2152.

[ 3 ] Kreiner J, Pang E, Lenon G B, et al. *Saposhnikovia divaricata*: a phytochemical, pharmacological, and pharmacokinetic review[J]. *Chin J Nat Med*, 2017, 15(4): 255-264.

[ 4 ] Kim H S, Choi G, Lee A Y. Ultra-performance convergence chromatography method for the determination of four chromones and quality control of *Saposhnikovia divaricata* ( Turcz.) Schischk[J]. *J Sep Sci*, 2018, 41(7): 1682-1690.

[ 5 ] 陈雨秋, 张 涛, 陈长宝, 等. 防风的化学成分、提取工艺及药理作用研究进展[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(9): 43-48.

[ 6 ] 辛 国, 李 鑫, 黄晓巍. 防风化学成分及药理作用[J]. 吉林中医药, 2018, 38(11): 1323-1325.

[ 7 ] 姜 华, 胡立立, 王紫玮, 等. 静脉给药防风色原酮单体药理活性对比研究[J]. 时珍国医国药, 2016, 27(7): 1575-1577.

[ 8 ] 柏桂顺, 王成功, 李江勇, 等. 防风中色原酮提取工艺、测定方法及药理作用的研究进展[J]. 化工管理, 2020(19): 42-43.

[ 9 ] 周海燕, 邓 哲, 马国需, 等. 不同包装和贮藏条件下酸枣仁的质量比较[J]. 中国药房, 2020, 31(1): 62-66.

[ 10 ] 杨慧娟, 孙柏超, 李先宽, 等. 不同包装贮藏条件对桑椹质量的影响研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(11): 2771-2774.

[ 11 ] 肖 特, 郭俊霞, 王晓宇, 等. 不同包装材料贮藏对丹参化学成分含量的影响研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(10): 2510-2512.

[ 12 ] 范亚楠, 周海燕, 邓 哲, 等. 炙甘草不同包装贮藏方法的比较研究[J]. 中国现代中药, 2020, 22(9): 1549-1553; 1586.

[ 13 ] 张文星, 何玲玲, 韦国兵. 中药材中重金属含量检测方法研究进展[J]. 科技视界, 2021(25): 70-72.

[ 14 ] 骆 璐, 董林林, 李孟芝, 等. 基于药典算法的无公害中药材农残限量通用标准的 RAM 研究[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(11): 2197-2207.

[ 15 ] 康传志, 郭兰萍, 周 涛, 等. 中药材农残研究现状的探讨[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(2): 155-159.

[ 16 ] 聂继云, 李志霞, 刘传德, 等. 苹果农药残留风险评估[J]. 中国农业科学, 2014, 47(18): 3655-3667.

[ 17 ] 刘秋桃, 孔维军, 杨美华, 等. 储藏过程中易霉变中药材的科学养护技术评述[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(7): 1223-1229.

[ 18 ] 周 恒, 王少敏, 季 申. 中药中真菌毒素污染的现状 & 防控对策[J]. 中国食品药品监管, 2022(3): 110-118.

[ 19 ] 肖苏萍, 尚兴朴, 郭 凯, 等. 玉屏风处方原料农药残留和重金属及有害元素分析[J]. 中国现代中药, 2020, 22(1): 108-111; 116.

[ 20 ] 郭舒臣, 汪 成, 彭治添, 等. UPLC-MS/MS 法与 HPLC-FLD 法分析检测中药中的黄曲霉毒素[J]. 药物分析杂志, 2019, 39(7): 1272-1278.

[ 21 ] 张晓萍, 刘笑笑, 苗 菊. 中药中黄曲霉毒素的研究进展[J]. 甘肃科技, 2021, 37(5): 73-77.

[ 22 ] 何微微, 茹 雷, 石妙丽, 等. 包装、储藏条件对羌活饮片质量的影响[J]. 中成药, 2020, 42(2): 401-408.

[ 23 ] 李丽红, 刘丽婷, 刘亚男, 等. 基于综合评分法优选猪苓最佳炮制方法[J]. 天津中医药大学学报, 2019, 38(5): 491-495.

[ 24 ] 冯利梅, 陈艳琰, 乐世俊, 等. 基于层次分析-熵权法的中药质量标志物量化辨识方法研究——以芍药甘草汤为例[J]. 药学报, 2021, 56(1): 296-305.

[ 25 ] 宫瑞泽, 霍晓慧, 张 磊, 等. 美拉德反应对中药品质的影响 & 调控研究进展[J]. 中草药, 2019, 50(1): 243-251.