

· 基础研究 ·

黄芪薄层鉴别方法的改进[△]欧阳罗丹¹, 肖苏萍^{1*}, 尚兴朴¹, 王海蝶², 王继永¹, 高永坚²

1. 中国中药有限公司, 北京 100195; 2. 江西中医药大学药学院, 江西 南昌 330004;

3. 中国中药控股有限公司, 广东 佛山 528303

[摘要] 目的: 改进黄芪的薄层鉴别方法。方法: 以黄芪甲苷、芒柄花素、芒柄花苷和黄芪对照药材为对照, 对黄芪药材进行了薄层鉴别条件的研究, 改进了原标准的供试品前处理方法和展开系统。结果: 薄层色谱斑点清晰, 黄芪甲苷、芒柄花素和芒柄花苷的分离度好, R_f 值适当。结论: 所建立的黄芪薄层鉴别方法可以同时鉴别黄芪中的黄芪甲苷、芒柄花素和芒柄花苷, 操作简单、耐用性佳, 可替代原标准用于黄芪的鉴别。

[关键词] 黄芪; 薄层鉴别; 改进**[中图分类号]** R282.71 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2019)12-1630-06**doi:**10.13313/j.issn.1673-4890.20181229001

Improvement of TLC Identification Method for Astragali Radix

OUYANG Luo-dan¹, XIAO Su-ping^{1*}, SHANG Xing-pu¹, WANG Hai-die², WANG Ji-yong¹, GAO Yong-jian²

1. China National of Traditional & Herbal Medicine Co., Ltd., Beijing 100195, China;

2. School of Pharmacy, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330004, China;

3. China Traditional Chinese Medicine Holdings Co., Ltd., Foshan 528303, China

[Abstract] **Objective:** In order to evaluate the quality of Astragali Radix scientifically, the TLC identification method of Astragali Radix was improved. **Methods:** The TLC identification conditions of Astragali Radix were studied with astragaloside IV, formononetin, ononin and its control medicinal herb as reference standards. Pretreatment methods for test products and TLC developing system of the original quality standard was improved. **Results:** The spots of TLC were clear, the separation degree of astragaloside IV, formononetin and ononin was good, and the R_f value was appropriate. **Conclusion:** The established TLC identification method can simultaneously identify astragaloside A, mangiferin and mangiferin in Astragali Radix. The method is simple, durable and can replace the original standard for identification of Astragali Radix.

[Keywords] Astragali Radix; thin layer identification; improvement

黄芪为豆科植物蒙古黄芪 *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongolicus* (Bge.) Hsiao 或膜荚黄芪 *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. 的干燥根。该药材于春、秋二季采挖, 除去须根和根头, 晒干。黄芪具有健脾补中、升阳举陷、益卫固表、利尿、托毒生肌之效^[1], 可用于治疗气虚乏力、食少便溏、中气下陷、久泻脱肛等。黄芪在我国分布较为广泛, 中国大部分地区均有种植, 主要产区有内蒙古、山西、甘肃、黑龙江等^[2]。黄芪中富含皂苷类、黄酮类等化合物, 对免疫性疾病^[3]、

内分泌性疾病^[4]、血液病及心血管疾病^[5]等有治疗作用。为了全面地评价黄芪药材的质量, 2015 年版《中华人民共和国药典》黄芪项下薄层色谱鉴别方法包括两部分, 一是以黄芪甲苷作为对照, 鉴别黄芪中的皂苷类成分, 二是以黄芪对照药材为对照, 鉴别黄芪中的黄酮类成分, 两种成分分别鉴别使黄芪鉴别操作复杂。其他文献报道方法多仅鉴别皂苷或黄酮其中一种成分, 客观性和专属性差, 难以准确地反映和控制黄芪药材的质量。另外, 2015 年版《中华人民共和国药典》黄芪项下薄层

[△] **[基金项目]** 国家中药标准化项目(ZYBZH-C-GD-08); 北京市科技计划项目(Z171100001717028)^{*} **[通信作者]** 肖苏萍, 副研究员, 研究方向: 中药产品研发和质量控制; E-mail: xiaoladdy99@163.com

样品的前处理包括加热回流、柱层析、萃取等步骤,供试液的制备方法较为繁琐。本实验参考有关文献,经过反复试验,摸索出了黄芪薄层鉴别的新提取方法,比《中华人民共和国药典》方法操作简便。通过研究,建立了一种较为理想的薄层鉴别展开系统。同时,经本方法改良减少了氨蒸气等有害试剂的使用。供试品色谱中所鉴别的成分斑点清晰,分离度好,耐用性佳。该方法可以替代原标准用于黄芪的鉴别。

1 材料

1.1 仪器

XB620M 电子天平、XS205DU 电子天平(瑞士 Precisa); DHG-9053A 型鼓风干燥箱(上海飞越实验

仪器有限公司); SD2800LHC 数控超声波清洗器(北京中晟铭科技有限公司); 薄层色谱数码成像系统 visualizer、TCL 半自动点样仪 Linomat(瑞士卡玛)。

1.2 试剂

黄芪甲苷对照品、芒柄花素对照品(中国食品药品检定研究院,批号分别为 110781-201717、111703-201504); 芒柄花苷对照品(上海源叶生物科技有限公司,批号: B20214); 正丁醇、甲醇、氨水、三氯甲烷、乙酸乙酯等试剂均为分析纯; 硅胶 G 板(200 mm × 100 mm、100 mm × 100 mm, 青岛海洋化工厂)。

黄芪药材、饮片经中国中药有限公司肖苏萍副研究员鉴定为豆科植物蒙古黄芪或膜荚黄芪的干燥根,粉碎,过 4 号筛备用。黄芪药材、饮片样品信息见表 1。

表 1 黄芪药材、饮片样品信息

样品编号	来源	批次	等级	饮片/药材	基原
S1	山西浑源	1	一等	饮片	蒙古黄芪
S2	山西浑源	1	二等	饮片	蒙古黄芪
S3	山西浑源	1	三等	饮片	蒙古黄芪
S4	山西浑源	2	一等	饮片	蒙古黄芪
S5	山西浑源	2	二等	饮片	蒙古黄芪
S6	山西浑源	2	三等	饮片	蒙古黄芪
S7	山西浑源	3	二等	饮片	蒙古黄芪
S8	内蒙古日出东方	1	二等	饮片	蒙古黄芪
S9	内蒙古日出东方	1	三等	饮片	蒙古黄芪
S10	山西应县乾宝合作社	1	一等	饮片	蒙古黄芪
S11	山西应县乾宝合作社	1	二等	饮片	蒙古黄芪
S12	山西应县乾宝合作社	1	三等	饮片	蒙古黄芪
S13	山西五寨合作社	1	一等	饮片	蒙古黄芪
S14	山西五寨合作社	1	二等	饮片	蒙古黄芪
S15	山西五寨合作社	1	三等	饮片	蒙古黄芪
S16	荷花池市场	1	三等	饮片	蒙古黄芪
S17	荷花池市场	2	三等	饮片	蒙古黄芪
S18	荷花池市场	3	三等	饮片	蒙古黄芪
S19	荷花池市场	4	三等	饮片	蒙古黄芪
S20	荷花池市场	5	三等	饮片	蒙古黄芪
S21	荷花池市场	6	三等	饮片	蒙古黄芪
S22	荷花池市场	7	三等	饮片	蒙古黄芪
S23	玉林市场	1	三等	饮片	蒙古黄芪
S24	玉林市场	2	三等	饮片	蒙古黄芪
S25	玉林市场	3	三等	饮片	蒙古黄芪
S26	玉林市场	4	三等	饮片	蒙古黄芪

续表 1

样品编号	来源	批次	等级	饮片/药材	基原
S27	玉林市场	5	二等	饮片	蒙古黄芪
S28	盛实百草药业有限公司	1	二等	饮片	蒙古黄芪
S29	泸州百草堂中药饮片有限公司	1	三等	饮片	蒙古黄芪
S30	北京能济中药饮片有限公司	1	二等	饮片	蒙古黄芪
S31	北京春风药业有限公司	1	三等	饮片	蒙古黄芪
S32	河北百草康神药业有限公司	1	二等	饮片	蒙古黄芪
S33	江西天齐堂	1	一等	饮片	蒙古黄芪
S34	山西浑源	1	一等	药材	蒙古黄芪
S35	山西浑源	2	二等	药材	蒙古黄芪
S36	内蒙古日出东方	1	一等	药材	蒙古黄芪
S37	内蒙古日出东方	2	二等	药材	蒙古黄芪
S38	内蒙古日出东方	3	三等	药材	蒙古黄芪
S39	山西应县乾宝合作社	1	一等	药材	蒙古黄芪
S40	山西应县乾宝合作社	2	二等	药材	蒙古黄芪
S41	山西应县乾宝合作社	3	三等	药材	蒙古黄芪
S42	山西五寨合作社	1	一等	药材	蒙古黄芪
S43	山西五寨合作社	2	二等	药材	蒙古黄芪
S44	山西五寨合作社	3	三等	药材	蒙古黄芪
S45	内蒙古	1	二等	药材	膜荚黄芪

2 方法和结果

2.1 方法

2.1.1 现行《中华人民共和国药典》方法 取黄芪粉末 3 g, 加甲醇 20 mL 回流 1 h 滤过, 滤液加于中性氧化铝柱(100 ~ 120 目, 5 g, 内径为 10 ~ 15 mm), 用 40% 甲醇 100 mL 洗脱, 收集洗脱液, 蒸干, 残渣加水 30 mL 使溶解, 用水饱和的正丁醇振摇提取 2 次, 每次 20 mL, 合并正丁醇液, 用水洗涤 2 次, 每次 20 mL, 弃去水液, 正丁醇液蒸干, 残渣加甲醇 0.5 mL 使溶解, 作为供试品液。另取黄芪甲苷对照品, 加甲醇制成每 1 mL 含 1 mg 的溶液, 作为对照品溶液。照薄层色谱法(通则 0502)试验, 吸取上述 2 种溶液各 2 μ L 分别点于同一硅胶 G 薄层板上, 以三氯甲烷-甲醇-水(13:7:2)的下层溶液为展开剂, 展开, 取出, 晾干, 喷 10% 硫酸乙醇溶液, 在 105 $^{\circ}$ C 加热至斑点显色清晰。供试品色谱中, 在与对照品色谱相应的位置上, 日光下显相同的棕褐色点; 紫外光灯(365 nm)下显相同的橙黄色光点。

取黄芪粉末 2 g, 加乙醇 30 mL 回流 20 min 滤过, 滤液蒸干, 残渣加 0.3% 氢氧化钠溶液 15 mL 使溶解, 滤过, 滤液用稀盐酸调 pH 值至 5 ~ 6, 用乙酸乙酯 15 mL 振摇提取, 取乙酸乙酯液, 用铺有

适量无水硫酸钠的滤纸滤过, 滤液蒸干。残渣加乙酸乙酯 1 mL 使溶解, 作为供试品液。另取黄芪对照药材 2 g 同法制成对照药材溶液。照薄层色谱法(通则 0502)试验, 吸取上述 2 种溶液各 10 μ L 分别点于同一硅胶 G 薄层板上, 以三氯甲烷-甲醇(10:1)为展开剂, 展开, 取出, 晾干置氨蒸气中熏后, 置紫外光灯(365 nm)下检视。供试品色谱中, 在与对照药材色谱相应的位置上, 显相同颜色的荧光主斑点^[6]。

2.1.2 改进方法

2.1.2.1 供试品溶液的制备 取黄芪药材粉末 2 g, 置 50 mL 离心管中, 加甲醇 30 mL, 超声处理 30 min, 离心 5 min(约 3000 $\times g$)。取上清液备用, 残渣用甲醇洗涤 2 次, 每次 15 mL, 超声 5 min, 离心 5 min, 合并 3 次上清液, 用旋转蒸发器减压蒸干。残渣溶解于 10 mL 10% (V/V) 氨水溶液中, 放置 10 min, 时时振摇。将溶液移至分液漏斗中, 用水饱和正丁醇萃取 3 次(15、10、10 mL)。合并提取液, 用旋转蒸发器减压浓缩蒸干, 残渣用甲醇溶解并转移至 10 mL 容量瓶中, 加甲醇至刻度, 摇匀, 用 0.45 μ m 微孔滤膜滤过, 即得。

2.1.2.2 对照品溶液的制备 称取黄芪甲苷对照品 1 mg、芒柄花素对照品 1 mg、芒柄花苷对照品 1 mg,

置 5 mL 容量瓶中, 加甲醇适量使其溶解, 稀释至刻度, 摇匀, 即得对照品溶液。

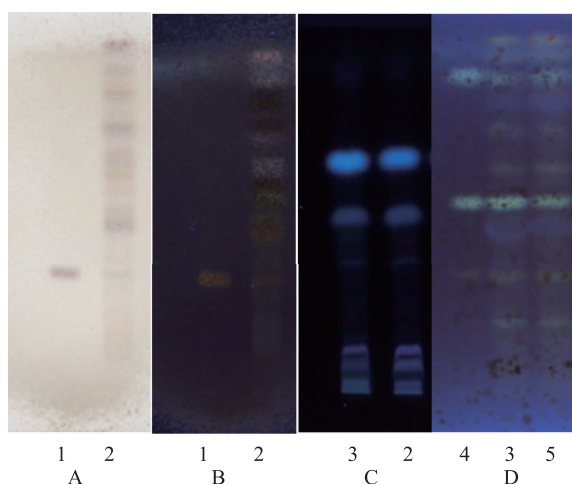
2.1.2.3 对照药材溶液的制备 按供试品溶液的制备方法, 取黄芪对照药材 2 g 制成对照药材溶液。

2.1.2.4 薄层鉴别 照薄层色谱法试验, 吸取上述溶液各 6 μ L, 分别点于同一硅胶 G 薄层板上, 以三氯甲烷-乙酸乙酯-甲醇-水(20:40:22:10)的下层溶液作为展开剂, 展开约 8 cm, 取出, 晾干, 喷 10% 硫酸乙醇, 105 $^{\circ}$ C 下烘烤约 3 min 至显色, 置紫外光灯(254 nm)下检视, 供试品色谱中, 在与对照品色谱、对照药材色谱相应的位置上, 显相同颜色的荧光主斑点。

2.1.3 方法验证 取不同来源、不同批次或不同等级的 11 批黄芪药材和 33 批黄芪饮片粉末, 按照 2.1.2 项下方法进行试验, 黄芪药材、饮片信息见表 1。

2.2 结果

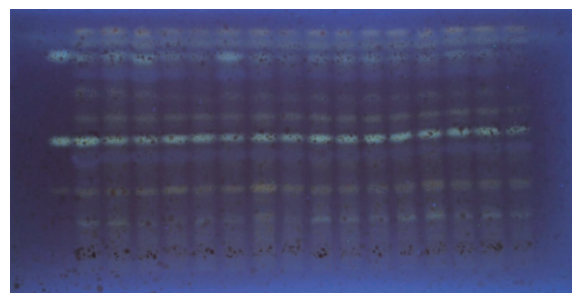
2.2.1 原方法结果 按 2015 年版《中华人民共和国药典》黄芪项下薄层色谱鉴别方法进行试验, 在日光下检视时, 黄芪供试品中的黄芪甲苷斑点显色较浅; 在 365 nm 紫外光下检视时黄芪供试品薄层色谱与黄芪甲苷对照品、对照药材薄层色谱在相应的位置上显相同颜色的斑点, 可有效鉴别黄芪, 结果见图 1。



注: A. 日光下检视; B. 365 nm 紫外光灯下检视; C. 365 nm 紫外光灯下检视; D. 改进方法 254 nm 紫外光灯下检视; 1. 黄芪甲苷对照品; 2. 样品 S33; 3. 黄芪对照药材; 4. 对照品混标, 从上至下依次为芒柄花素、芒柄花苷、黄芪甲苷, 下同; 5. 样品 S1。

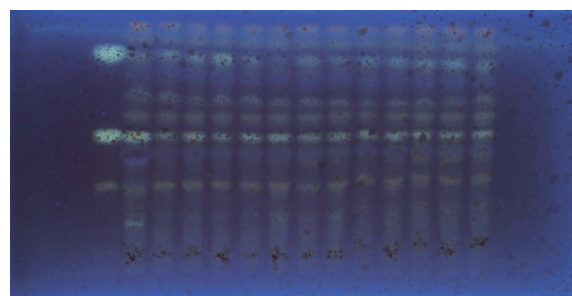
图 1 黄芪薄层色谱鉴别

2.2.2 改进方法结果 按照改进方法鉴别不同来源、不同批次或不同等级的 11 批黄芪药材和 33 批黄芪饮片粉末, 结果见图 2~5, 44 批黄芪供试品薄层色



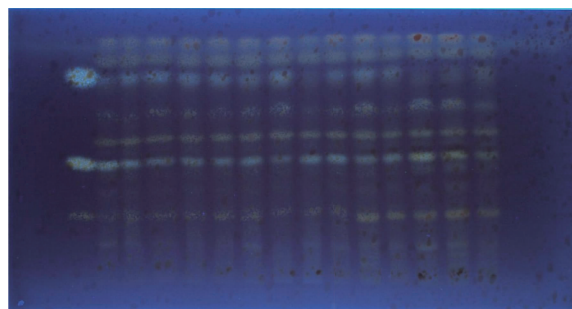
注: 1. 对照品混标; 2. 对照药材; 3~17. 样品 S1~S15。

图 2 不同产地黄芪饮片薄层色谱鉴别



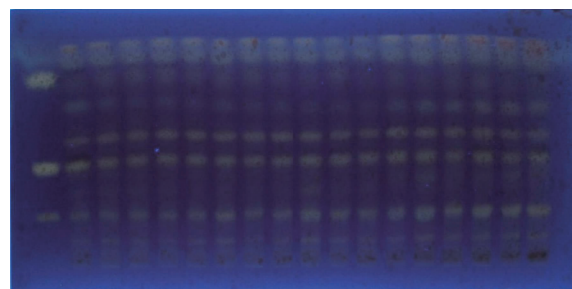
注: 1. 对照品混标; 2. 对照药材; 3~14. 样品 S16~S27。

图 3 不同市场黄芪饮片薄层色谱鉴别



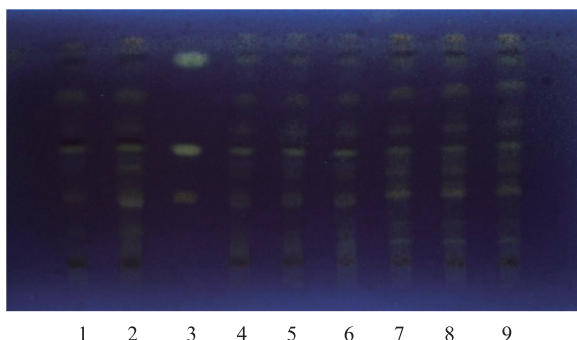
注: 1. 对照品混标; 2. 对照药材; 3~8. 样品 S28~S33; 9. 样品 S1; 10. 样品 S10; 11. 样品 S16; 12. 样品 S23; 13. 样品 S34; 14. 样品 S35; 15. 样品 S36。

图 4 不同来源黄芪饮片及药材薄层色谱鉴别



注: 1. 对照品混标; 2. 对照药材; 3~10. 样品 S8-S15; 11~18. 样品 S37~S44。

图 5 不同来源黄芪饮片及药材薄层色谱鉴别



注: 1. 蒙古黄芪对照药材; 2. 膜荚黄芪对照药材; 3. 对照品混标; 4~6. 样品 S1; 7~9. 样品 S45。

图6 蒙古黄芪与膜荚黄芪薄层色谱鉴别

谱与黄芪甲苷、芒柄花素及芒柄花苷对照品、对照药材薄层色谱在相应的位置上显相同颜色的斑点, 斑点清晰, 分离度好。

3 分析与讨论

3.1 各国药典方法考察

2015版《中华人民共和国药典》黄芪薄层鉴别方法包含两部分, 一是以黄芪甲苷为对照, 以甲醇为溶剂, 经加热回流、柱层析、萃取等步骤制备供试品溶液, 采用三氯甲烷-甲醇-水(13:7:2)的下层溶液为展开剂, 喷以10%硫酸乙醇溶液, 105℃显色, 并分别在日光及紫外光灯(365 nm)下观察, 供试品在与对照品色谱相应的位置上显相同颜色的斑点; 二是以黄芪对照药材为对照, 以乙醇为溶剂, 加热回流、碱处理、萃取等步骤制备供试品溶液, 采用三氯甲烷-甲醇(10:1)为展开剂, 置氨蒸气中熏后, 置紫外光灯(365 nm)下检视, 供试品在与对照品色谱相应的位置上显相同颜色的荧光斑点。该方法操作复杂, 增加了黄芪鉴别的难度, 且用到氨蒸气等具有较大刺激性的试剂, 对人体健康及环境具有一定危害。

“香港中药材标准”黄芪薄层鉴别方法为以黄芪皂苷Ⅱ、黄芪甲苷为对照, 以甲醇为溶剂, 经加热回流、柱层析、萃取等步骤制备供试品溶液, 以三氯甲烷-乙酸乙酯-甲醇-水(20:40:22:10)的下层溶液为展开剂, 以1 mL 50%稀硫酸和10 mL 2% (W/V)对-羟基苯甲醛甲醇溶液的混合溶液为显色剂显色, 供试品在与对照品色谱相应的位置上显相同颜色的斑点^[7]。该方法仅能鉴定黄芪中的皂苷类成分, 信息不够全面, 且前处理过程繁琐, 不易操作。

《日本药局方》黄芪薄层鉴别方法为以黄芪甲

苷为对照, 以氢氧化钾试液和乙腈的混合溶液为溶剂振摇提取制备供试品溶液, 以乙酸乙酯-甲醇-水(20:5:4)为展开剂, 以稀硫酸为显色剂, 105℃显色, 置紫外光灯(365 nm)下检视, 供试品在与对照品色谱相应的位置上显相同的黄棕色荧光斑点^[8]。该方法仅能鉴定黄芪中的皂苷类成分。

《韩国药典》黄芪薄层鉴别方法为以芒柄花素为对照, 以甲醇为溶剂, 经加热回流提取制备供试品溶液, 以甲苯-甲醇(9:1)为展开剂, 置紫外光灯(254 nm)下检视, 供试品在与对照品色谱相应的位置上显相同颜色的荧光斑点^[9]。该方法仅能鉴定黄芪中的黄酮类成分。

经综合分析, 以上方法有的操作复杂, 制备繁琐; 有的需用有害试剂, 危害人体健康, 污染环境; 有的仅能鉴定黄芪中的一类成分, 不能全面地反映黄芪的质量。本实验针对这些问题进行了改良, 效果良好。通过《中华人民共和国药典》方法和改进方法直观比较(图1), 分析认为, 《中华人民共和国药典》方法分别以黄芪甲苷和黄芪对照药材为对照做2次实验, 操作较为繁琐, 改进方法只需要进行1次实验, 操作简单。改进方法较《中华人民共和国药典》方法增加了芒柄花素、芒柄花苷2个对照, 可全面覆盖黄芪的成分, 且各对照的分离度良好, 斑点清晰、Rf值适当。《中华人民共和国药典》方法需要分别获取日光及紫外条件下的3张图谱, 改进方法只需要获取紫外条件下的1张图谱, 便于结果的分析 and 不同样品间图谱的比对。相较《中华人民共和国药典》方法, 改进方法简化了操作, 而丰富了可鉴别的成分, 且便于结果的分析。

3.2 对照物质的选择

2015版《中华人民共和国药典》中黄芪的薄层色谱鉴别采用黄芪甲苷和黄芪对照药材为对照, 目的是全面反映黄芪中的皂苷和黄酮类成分, 但分次检验增加了黄芪鉴别的难度。黄芪甲苷为黄芪皂苷类化合物的代表性成分, 其具有强心、抗炎^[10]、抑制胶原合成^[11]等作用。芒柄花素和芒柄花苷为黄芪黄酮类化合物的代表性成分, 具有调节免疫、抗高血压、清除自由基、抗氧化^[12]等药理作用。本实验采用黄芪甲苷、芒柄花素、芒柄花苷和对照药材同时作为黄芪薄层鉴别的对照, 使方法具有科学性和完整性。

3.3 供试液制备方法的改进

原标准中供试品溶液的前处理采用加热回流、

柱层析等提取、分离方法,繁琐费时,为简化供试品的前处理方法,本实验反复探索,考察了甲醇和乙腈作提取溶剂;回流和超声2种提取方法,在此基础上考察了萃取和大孔树脂两种纯化方法及不同的碱处理方法。确定供试液的制备方法为:以甲醇作为溶剂,超声提取,离心取上清液蒸干后以10% (V/V)氨水处理并用水饱和正丁醇萃取,再次蒸干,残渣用甲醇溶解。相比《中华人民共和国药典》原方法,本方法省去了加热回流、柱层析的步骤,通过碱处理和萃取除去供试液中的杂质,实验结果斑点清晰,操作较为简单。

3.4 薄层色谱条件的选择

展开剂是薄层色谱鉴别的关键影响因素,为了获得较好的分离度,本实验考察了多个展开剂体系,包括三氯甲烷-甲醇(10:1);乙酸乙酯-甲醇-水(20:5:4);甲苯-甲醇(9:1);三氯甲烷-乙酸乙酯-甲醇-水(20:40:22:10)的下层溶液;三氯甲烷-甲醇-水(13:7:2)的下层溶液;水-甲醇-乙酸乙酯(10:13.5:100)。实验结果显示以三氯甲烷-乙酸乙酯-甲醇-水(20:40:22:10)的下层溶液为展开剂时,展开斑点清晰、分离度好、对照品R_f值适当。

温度和湿度是薄层色谱鉴别的影响因素。本实验对展开环境的温度和湿度进行考察,结果表明,在4~35℃,相对湿度30%~65%条件下,供试品色谱中主要斑点的分离度均较好,说明温度和湿度对本方法的影响不大,方法耐用性佳。

3.5 黄芪药材及饮片的鉴别

改进方法适用于蒙古黄芪和膜荚黄芪,可用于黄芪药材及饮片的鉴别,效果良好,但对于黄芪不同来源、不同批次、不同等级间的差异比较,仍需要更精确的分析方法。

本实验通过查找相关文献,依据黄芪的化学成分,选用黄芪中皂苷类代表性成分黄芪甲苷及黄酮类代表性成分芒柄花素和芒柄花苷及对照药材为对

照,并经过反复实验,简化了供试品的前处理,优化了展开条件。相较《中华人民共和国药典》方法,简便易行,对照品有理想的分离效果,具有较好的科学性、完整性和耐用性,可获得可靠的检测结果,同时降低了试剂对环境的污染及人体的伤害,可替代原标准用于黄芪的鉴别。

参考文献

- [1] 胡兵,沈克平. 黄芪抗肿瘤作用及机制研究[J]. 中药材, 2008,31(3):461-465.
- [2] 贺敬霞,牟倩倩,张建琪,等. UPLC结合化学计量法对不同产地黄芪的快速鉴别[J]. 中草药, 2017,48(1):179-184.
- [3] 段立军,孙博航. 黄芪甲苷的研究进展[J]. 沈阳药科大学学报, 2011,28(5):410-416.
- [4] 仝欣. 黄芪主要活性成分的药理作用[J]. 时珍国医国药, 2011,22(5):1246-1249.
- [5] 贺永贵,张义东,张国彬,等. 黄芪甲苷保护大鼠缺血/再灌注心脏的内质网应激机制研究[J]. 中国药理学通报, 2016,32(9):1289-1293.
- [6] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2015:302-303.
- [7] 香港卫生署. 香港中药材标准:第一册[M]. 香港, 2008:56-60.
- [8] 日本药局方編集委员会. 第十七改正日本药局方(JP X VII)[M]. 东京:日本厚生省出版社, 2016:1803.
- [9] 韩国食品药品管理局. 《韩国药典》[M]. 第10版(KP X). 首尔:韩国食品药品管理局出版社, 2012:1267.
- [10] 邢晓雪,李玲燕,高慧,等. 黄芪甲苷对心脏缺血再灌注损伤的保护作用研究现状[J]. 中国临床药理学杂志, 2016,32(18):1726-1728.
- [11] 吕涛,姚希贤,孙泽明. 药物血清内黄芪甲苷含量测定及其抑制HSCs活化增殖的实验研究[J]. 中华中医药学刊, 2011,29(12):2770-2773.
- [12] 张鑫,杨英杰,吕庆章. 黄芪异黄酮类化合物抗氧化活性的密度泛函理论研究[J]. 化学研究与应用, 2012,24(11):1662-1669.

(收稿日期:2018-12-29 编辑:王笑辉)