

甘肃一年生、二年生红芪和黄芪 HPLC-ELSD 指纹图谱比较

许京, 叶迎, 王瑞海, 苗青, 刘丽梅*

(中国中医科学院 中医基础理论研究所, 北京 100700)

[摘要] 目的:建立甘肃一年生、二年生红芪和黄芪指纹图谱,对比研究红芪和黄芪指纹图谱相似度。方法:采用 HPLC-ELSD,选用 Agilent ZROBAX-SBC₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm),以水(A)-乙腈(B)为流动相,梯度洗脱,柱温 35 ℃,进样体积 15 μL,Alltech ELSD 2000 蒸发光检测器,漂移管温度 110 ℃,载气流速 3.0 L·min⁻¹,分别建立一年生和二年生红芪各 24 批以及一年生和二年生黄芪各 24 批药材指纹图谱。结果:一年生、二年生红芪药材共有峰分别为 8,7 个,相似度分别为 0.923,0.825,相同色谱峰 6 个,分别为毛蕊异黄酮苷,芒柄花苷,大豆皂苷 I,芒柄花素,异黄芪皂苷 II,黄芪皂苷 I;一年生、二年生黄芪药材共有峰分别为 25,17 个,相似度分别为 0.980,0.997,相同色谱峰 7 个,分别为毛蕊异黄酮苷,芒柄花苷,毛蕊异黄酮,黄芪甲苷,黄芪皂苷 III,异黄芪皂苷 II,黄芪皂苷 I;一年生红芪与黄芪相似度为 0.032,二年生红芪与黄芪相似度为 0.023,共有色谱峰均为 4 个,分别为毛蕊异黄酮苷,芒柄花苷,异黄芪皂苷 II,黄芪皂苷 I。结论:在所确定的色谱条件下,一年生和二年生红芪和黄芪药材指纹图谱差异明显,可有效区分两种药材,二者共有成分少,相似度低,故红芪和黄芪不宜替代使用。

[关键词] 红芪; 黄芪; 指纹图谱; 高效液相色谱-蒸发光散射法

[中图分类号] R284.1;R931.4;R22;R243 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2018)06-0071-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfx.20180693

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20171213.1036.040.html>

[网络出版时间] 2017-12-13 16:56

HPLC-ELSD Fingerprint Comparison of One Year Old, Two Years Old Hedysari Radix and Astragalus Radix from Gansu

XU Jing, YE Ying, WANG Rui-hai, MIAO Qing, LIU Li-mei*

(Institute of Basic Theory Research of Traditional Chinese Medicine, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China)

[Abstract] **Objective:** To establish the fingerprint of one year old, two years old Hedysari Radix and Astragalus Radix from Gansu province, in order to compare the similarity between them. **Method:** By HPLC-ELSD, Agilent ZROBAX-SBC₁₈ (4.6 mm × 250 mm, 5 μm) chromatographic column was adopted, with A water and B acetonitrile as the mobile phase, and eluted in a gradient mode. The column temperature was set at 35 ℃, and the sample volume was 15 μL. Evaporative light detector was Alltech ELSD 2000, the drift tube temperature was 110 ℃, carrier gas flow rate was 3.0 L·min⁻¹. The fingerprint was established with 24 batches of Hedysari Radix and Astragalus Radix respectively. **Result:** The common peaks of one year old and two years old Hedysari Radix were 8 and 7, respectively, and the similarities were 0.923 and 0.825, respectively. There were six same peaks, which were respectively calycosin-7-glucoside, ononin, soybean saponin I, formononetin, isoastragaloside II and astragaloside I. The common peaks of one year old and two years old Astragalus Radix were 25 and 17, respectively, and the similarities were 0.980 and 0.997, respectively. There were seven same peaks, which were

[收稿日期] 20170814(006)

[基金项目] 中国中医科学院基本科研业务费自主选题项目(YZ-1438)

[第一作者] 许京, 硕士, 从事中药药效物质基础研究, Tel:010-64089059, E-mail: xujingdyx0625@163.com

[通信作者] * 刘丽梅, 研究员, 从事中药药效物质基础研究, Tel:010-64089001, E-mail: liulimeihrb@sina.com

calycosin-7-glucoside, ononin, calycosin, astragaloside IV, astragaloside III, isoastragaloside II and astragaloside I. The similarity was 0.032 between one year old Hedysari Radix and Astragalus Radix, and was 0.023 between two years old Hedysari Radix and Astragalus Radix. There were four common peaks, namely calycosin-7-glucoside, ononin and isoastragaloside II and astragaloside I. **Conclusion:** The differences between one year old, two years old Hedysari Radix and Astragalus Radix medicinal herbs were obvious, and the two drugs could be effectively differentiated. There are a few common components between them, with a low similarity and great quality differences. Therefore, it is not suitable to substitute Hedysari Radix and Astragalus Radix with each other.

[Key words] Hedysari Radix; Astragalus Radix; fingerprint; HPLC-ELSD

红芪为豆科植物多序岩黄芪 *Hedysarum polybotrys* 的干燥根。黄芪为豆科植物蒙古黄芪 *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus* 或膜荚黄芪 *A. membranaceus* 的干燥根^[1]。红芪在甘肃的宕昌、武都、陇西、岷县等地均广泛栽培,其产量约占全国的 95% 以上^[2]。黄芪产于甘肃的品质好,被誉为“陇芪”^[3]。作为传统中药,二者均具有补气升阳、固表止汗、利水消肿、生津养血、行滞通痹、脱毒排脓、敛疮生肌的功效^[1]。现代研究表明,红芪和黄芪含有一定相同或相似的黄酮和皂苷类化合物^[4-5],并在抗氧化^[6]、调节免疫功能^[7]、保肝^[8]和保护心脑血管^[9]等多方面具有显著作用。在历版《中国药典》中,1977 和 1995 年版将红芪列为正品黄芪之一,1985,2005,2010,2015 年版均将二者分列。近年来,人们对保健需求的进一步增加导致红芪、黄芪需求量剧增,在传统用药中,采用红芪代替黄芪使用^[10],但红芪是否可替代黄芪使用,没有系统地研究。因此,有必要从多个层面开展红芪和黄芪的对比研究以便揭示其中原因。

中药指纹图谱能较为全面地反映中药材特质,能够实现中药材的整体描述。目前关于红芪和黄芪指纹图谱的研究主要采用 HPLC-UV 法测定黄酮或皂苷类成分^[11-12],有报道采用 HPLC-ELSD 进行黄芪指纹图谱研究^[13],但采用 HPLC-ELSD 进行红芪指纹图谱研究未见报道,并且对二者指纹图谱的对比研究未见报道。本实验以甘肃不同产地、同一生长环境一年生、二年生红芪和黄芪药材为研究对象,建立其 HPLC-ELSD 指纹图谱,进行二者相似度的对比研究,为甘肃红芪和黄芪的鉴别以及是否可以用红芪替代黄芪使用提供科学依据。

1 材料

Agilent 1200 系列高效液相色谱仪(包括 Alltech ELSD 2000 型号蒸发光检测器,Chemstation System 工作站,美国安捷伦公司)。CX-250 型超声波清洗机(天海双龙医疗设备有限公司),CP2202S 型电子

天平(瑞士梅特勒-托利多公司)。中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2008 版(V1.1)进行数据处理。

乙腈为色谱纯,其余试剂为分析纯,水为纯净水。对照品黄芪皂苷 I(批号 PS14011302),黄芪皂苷 II(批号 PS13062004),异黄芪皂苷 II(批号 PS13051404)购自成都普思生物科技股份有限公司;黄芪甲苷(批号 H-013-140729)购自北京盛世康普化工技术研究院;熊果酸,芒柄花素(批号 110742-200516,批号 111703-200603)购自中国食品药品检定研究院;黄芪皂苷 III(20160317)购自上海将来实业有限公司;大豆皂苷 I(批号 15121104)购自盈泽纳新化工技术研究院;毛蕊异黄酮,芒柄花苷(批号 PS13081501,PS13081501)购自成都普思生物科技股份有限公司;毛蕊异黄酮苷(批号 20141109)购自北京坛墨质检科技有限公司。红芪、黄芪药材采自甘肃不同产地,由中国中医科学院胡世林研究员鉴定为《中国药典》收录的正品红芪、黄芪。药材信息见表 1。

2 方法与结果

2.1 对照品溶液的制备 精密称取毛蕊异黄酮苷,芒柄花苷,毛蕊异黄酮,芒柄花素,黄芪皂苷 I,黄芪皂苷 II,异黄芪皂苷 II,黄芪皂苷 III,黄芪甲苷,大豆皂苷 I,熊果酸适量于 10 mL 量瓶中,配制成混和对照品溶液,其中上述各对照品浓度分别为 242,298,226,466,160,116,143,156,152,288,462 mg·L⁻¹。

2.2 供试品溶液的制备^[1-2] 取红芪和黄芪样品中粉约 4.000 g,精密称定,置索氏提取器中,加甲醇 40 mL,冷浸过夜,再加甲醇适量,加热回流 4 h,提取溶液回收溶剂并浓缩至干,残渣加水 10 mL,微热使溶解,用水饱和的正丁醇振摇提取 4 次,每次 40 mL,合并正丁醇液,用氨试液充分洗涤 2 次,每次 40 mL,弃去氨液,正丁醇液蒸干,残渣加水 5 mL 使溶解,放冷,通过 D101 型大孔吸附树脂柱(内径 1.5 cm,柱高 12 cm),以水 50 mL 洗脱,弃去水液,再用 40% 乙醇 30 mL 洗脱,弃去洗脱液,继用 70%

表 1 甘肃不同产地红芪和黄芪药材采集信息

Table 1 Information of Hedysari Radix and Astragalus Radix from different sources in Gansu province

编号	采样地点	鉴定	编号	采样地点	鉴定
H1	礼县永兴乡林边村 2	多序岩黄芪	A1	岷县梅川镇崖底下	蒙古黄芪
H2	岷县梅川镇地布尺村	多序岩黄芪	A2	岷县梅川镇地布尺村	蒙古黄芪
H3	渭源县莲峰镇绽坡村	多序岩黄芪	A3	渭源县莲峰镇绽坡村	蒙古黄芪
H4	陇西县双泉乡范家坪	多序岩黄芪	A4	陇西县双泉乡范家坪村	膜荚黄芪
H5	宕昌县何家堡乡白杨村	多序岩黄芪	A5	宕昌县何家堡乡白杨村	蒙古黄芪
H6	宕昌县南河乡路固村	多序岩黄芪	A6	宕昌县南河乡路固村	蒙古黄芪
H7	宕昌县哈达铺镇新寨村	多序岩黄芪	A7	宕昌县哈达铺镇新寨村	蒙古黄芪
H8	宕昌县理川镇拉沙村	多序岩黄芪	A8	宕昌县理川镇拉沙村	蒙古黄芪
H9	宕昌县庞家乡对坡村	多序岩黄芪	A9	宕昌县庞家乡对坡村	蒙古黄芪
H10	宕昌县将台乡扎麻拉村	多序岩黄芪	A10	宕昌县将台乡扎麻拉村	蒙古黄芪
H11	宕昌县临江乡毛羽山村	多序岩黄芪	A11	宕昌县临江乡毛羽山村	蒙古黄芪
H12	宕昌县贾河乡雪岭村	多序岩黄芪	A12	宕昌县贾河乡雪岭村	蒙古黄芪
H13	宕昌县韩院乡石家山村	多序岩黄芪	A13	宕昌县韩院乡石家山村	蒙古黄芪
H14	宕昌县车拉乡大寺麻村	多序岩黄芪	A14	宕昌县车拉乡大寺麻村	蒙古黄芪
H15	甘肃武都安化镇小湾村	多序岩黄芪	A15	甘肃武都安化镇小湾村	膜荚黄芪
H16	甘肃武都鱼龙镇瓦房村村	多序岩黄芪	A16	甘肃武都柏林乡弯儿哈村	膜荚黄芪
H17	甘肃武都外纳乡沟渠村	多序岩黄芪	A17	甘肃武都外纳乡沟渠村	膜荚黄芪
H18	甘肃武都安化镇李家庙村	多序岩黄芪	A18	甘肃武都安化镇李家庙村	蒙古黄芪
H19	甘肃武都甘泉镇张安村	多序岩黄芪	A19	甘肃武都甘泉镇张安村	蒙古黄芪
H20	甘肃武都鱼龙镇林里村	多序岩黄芪	A20	甘肃武都鱼龙镇林里村	蒙古黄芪
H21	甘肃甘肃武都马营乡马营村	多序岩黄芪	A21	甘肃甘肃武都马营乡马营村	蒙古黄芪
H22	甘肃武都磨坝乡东岳山村	多序岩黄芪	A22	甘肃武都磨坝乡东岳山村	蒙古黄芪
H23	甘肃武都龙凤乡草坪村	多序岩黄芪	A23	甘肃武都龙凤乡草坪村	蒙古黄芪
H24	甘肃武都区安化镇朱家坪村	多序岩黄芪	A24	甘肃武都磨坝乡东小板石村	蒙古黄芪

注: H1 ~ H24 为红芪样品, A1 ~ A24 为黄芪样品。每个样品均采集了一年生和二年生的样品。

乙醇 80 mL 洗脱, 收集洗脱液, 蒸干, 残渣加甲醇溶解, 转移至 2 mL 量瓶中, 加甲醇至刻度, 摇匀, 微孔滤膜 (0.45 μm) 过滤, 取续滤液, 即得。

2.3 色谱条件 Agilent ZROBAX-SBC₁₈ 色谱柱 (4.6 mm × 250 mm, 5 μm), 流动相水 (A)-乙腈 (B), 梯度洗脱 (0 ~ 2 min, 10% B, 2 ~ 5 min, 10% ~ 20% B, 5 ~ 25 min, 20% ~ 28% B, 25 ~ 30 min, 28% ~ 35% B, 30 ~ 39 min, 35% ~ 38% B, 39 ~ 42 min, 38% ~ 50% B, 42 ~ 55 min, 50% ~ 80% B, 55 ~ 65 min, 80% B, 65 ~ 68 min, 80% ~ 90% B, 68 ~ 70 min, 90% B), 柱温 35 °C, 进样体积 15 μL。蒸发光检测器为 Alltech ELSD 2000, 漂移管温度为 110 °C, 载气流速 3.0 L·min⁻¹。

2.4 参照物的选择 对不同产地红芪药材 HPLC 色谱图的系统考察可以看出, 红芪共有峰为 6 个, 确定其中 4 个色谱峰分别为芒柄花苷 19.840 min, 黄芪甲

苷 37.663 min, 芒柄花素 39.022 min 以及异黄芪皂苷 I 47.108 min, 另外 2 个色谱峰为未知峰。芒柄花苷其峰面积占总峰面积的 20% ~ 30%, 且较稳定, 因此选取内标物芒柄花苷为参照物。

对不同产地黄芪药材 HPLC 色谱图的系统考察可以看出, 黄芪共有峰为 10 个, 确定其中 4 个色谱峰分别为毛蕊异黄酮苷 11.169 min, 芒柄花苷 19.840 min, 黄芪甲苷 37.663 min, 芒柄花素 39.022 min, 另外 6 个色谱峰为未知峰。黄芪甲苷为平头峰, 不适合作为参照物。芒柄花苷峰面积在其他 9 个峰中较大, 且较稳定, 因此选取内标物芒柄花苷为参照物。

2.5 测定方法 分别精密吸取供试品溶液各 15 μL, 注入高效液相色谱仪, 记录 70 min 色谱图, 供试品色谱中, 以芒柄花苷色谱峰 (S) 的相对保留时间和相对峰面积对数值为 1, 计算共有指纹峰的

相对保留时间及相对峰面积。

2.5.1 精密度试验 取同一供试品溶液,按上述色谱条件,连续进样6次,测定红芪共有色谱峰的相对保留时间和相对峰面积对数值,结果RSD均 $<5\%$ ^[14],符合指纹图谱的技术要求。

2.5.2 稳定性试验 取同一份供试品溶液,分别在0,3,6,9,12,24 h进样,测定指纹图谱,结果表明,各色谱峰的相对保留时间稳定,各主要色谱峰的相对面积比值的相对标准偏差RSD均 $<5\%$,说明黄芪、红芪样品24 h内稳定性良好。

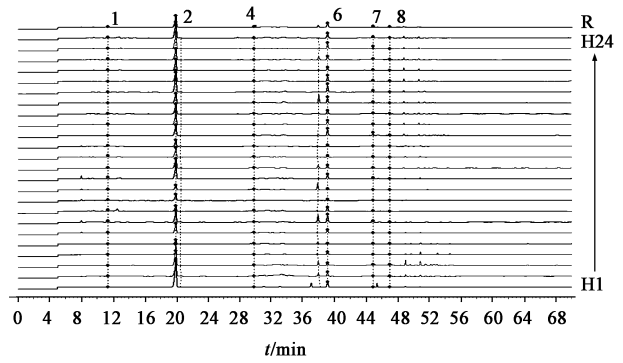
2.5.3 重复性试验 取同一批样品6份,按照2.2项下方法制备供试品溶液,测定其指纹图谱,结果表明,各色谱峰的相对保留时间稳定,各主要色谱峰的相对面积比值的RSD均 $<5\%$,说明方法重复性良好。

2.5.4 检测限 以信噪比(S/N)3:1时的样品量为检测限,各化合物的检测限毛蕊异黄酮葡萄糖苷为0.44 μg ,芒柄花苷为0.54 μg ,毛蕊异黄酮为1.03 μg ,大豆皂苷0.87 μg ,芒柄花素为0.85 μg ,黄芪皂苷Ⅲ为0.28 μg ,黄芪甲苷为0.14 μg ,黄芪皂苷Ⅱ为0.11 μg ,异黄芪皂苷Ⅱ为0.13 μg ,异黄芪皂苷Ⅰ为0.07 μg ,熊果酸为0.84 μg 。

2.6 药材指纹图谱建立 按2.2项下方法制备供试品溶液,测定不同产地一年生、二年生红芪(各24批)和一年生、二年生黄芪(各24批)药材在70 min内的指纹图谱。根据各供试品的检测结果,分别建立一年生、二年生红芪和黄芪的液相指纹图谱。以芒柄花苷的色谱峰为参照峰,采用相对保留时间标定共有峰。数据处理采用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2008版)。根据每个品种一年生、二年生各24批供试品HPLC谱给出的相关参数,比较供试品图谱,确定24批药材的共有峰。

2.6.1 红芪指纹图谱 一年生红芪指纹图谱见图1,二年生红芪指纹图谱见图2,均采用相对保留时间标定共有峰。一年生红芪共有峰为8个,二年生红芪共有峰为7个,除上述提到的共有色谱峰外,指纹图谱中其他峰为非共有峰。非共有峰峰面积占总面积 $<10\%$ 。

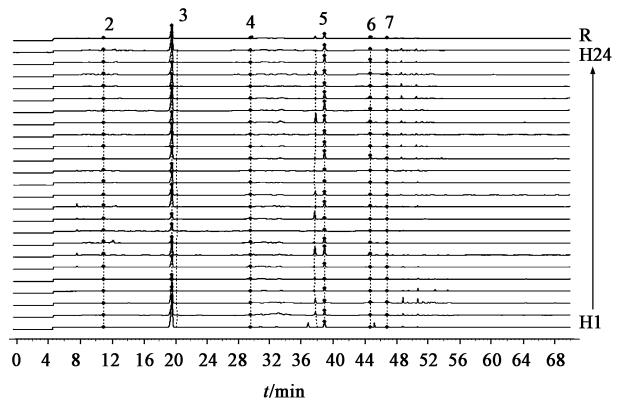
2.6.2 黄芪指纹图谱 一年生黄芪指纹图谱见图3,二年生黄芪指纹图谱见图4,均采用相对保留时间标定共有峰。一年生红芪共有峰为25个,二年生红芪共有峰为17个,除上述提到的个共有色谱峰外,指纹图谱中其他峰为非共有峰。非共有峰峰面积占总面积 $<10\%$ 。



1. 毛蕊异黄酮;2. 芒柄花苷;4. 大豆皂苷Ⅰ;6. 芒柄花素;7. 异黄芪皂苷Ⅱ;8. 黄芪皂苷Ⅰ

图1 一年生红芪 HPLC-ELSD 指纹谱

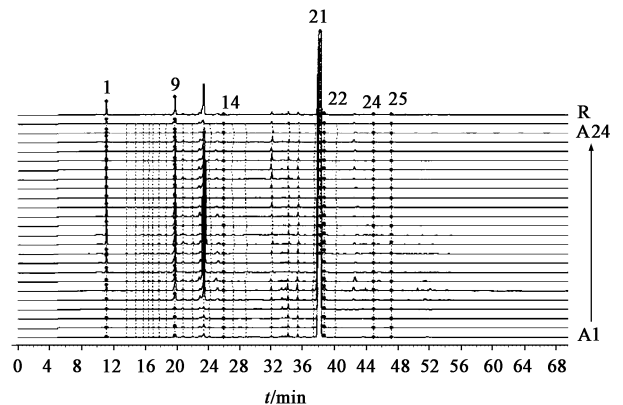
Fig.1 HPLC-ELSD fingerprint of one year old Hedysari Radix



2. 毛蕊异黄酮;3. 芒柄花苷;4. 大豆皂苷Ⅰ;5. 芒柄花素;6. 异黄芪皂苷Ⅱ;7. 黄芪皂苷Ⅰ

图2 二年生红芪 HPLC-ELSD 指纹谱

Fig.2 HPLC-ELSD fingerprint of two years old Hedysari Radix

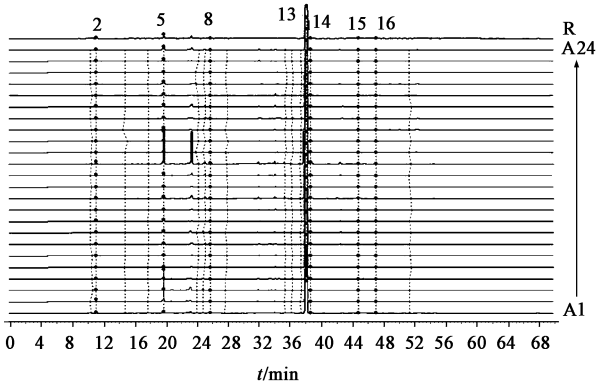


1. 毛蕊异黄酮苷;9. 芒柄花苷;14. 毛蕊异黄酮;21. 黄芪甲苷;22. 黄芪皂苷Ⅲ;24. 异黄芪皂苷Ⅱ;25. 黄芪皂苷Ⅰ

图3 一年生黄芪 HPLC-ELSD 指纹谱

Fig.3 HPLC-ELSD fingerprint of one year old Astragalus Radix

2.6.3 红芪和黄芪共同匹配指纹图谱 一年生、二年生红芪和黄芪指纹图谱见图5,6。一年生红芪

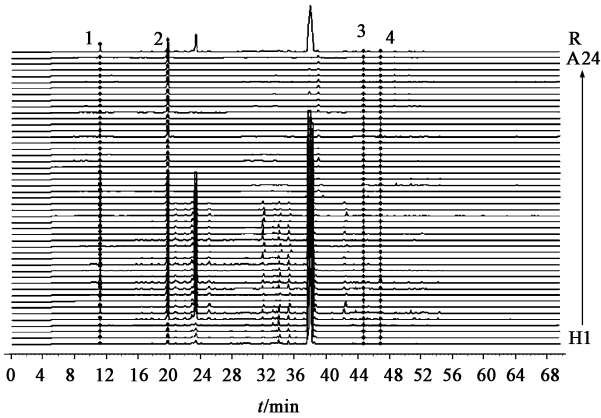


2. 毛蕊异黄酮苷; 5. 芒柄花苷; 8. 毛蕊异黄酮; 13. 黄芪甲苷; 14. 黄芪皂苷 III; 15. 异黄芪皂苷 II; 16. 黄芪皂苷 I

图 4 二年生黄芪 HPLC-ELSD 指纹谱

Fig. 4 HPLC-ELSD fingerprint of Astragalus Radix in two years old

和黄芪, 二年生红芪和黄芪指纹图谱共有峰均为 4 个。指纹图谱中除了共有峰外, 其余峰为非共有峰。



1. 毛蕊异黄酮苷; 2. 芒柄花苷; 3. 异黄芪皂苷 II; 4. 黄芪皂苷 I (图 6 同)

图 5 一年生红芪和黄芪药材 HPLC-ELSD 指纹谱

Fig. 5 HPLC-ELSD fingerprint of Hedysari Radix and Astragalus Radix in one year old

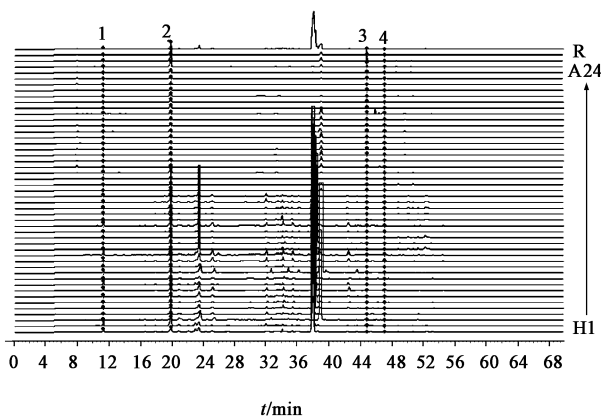


图 6 二年生红芪和黄芪药材 HPLC-ELSD 指纹谱

Fig. 6 HPLC-ELSD fingerprint of Hedysari Radix and Astragalus Radix in two years old

2.7 红芪和黄芪指纹图谱相似度评价 采用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2008 版)软件, 首先, 进行单一品种相似度评价, 得出一年生红芪相似度, 二年生红芪相似度, 以及一年生黄芪相似度, 二年生黄芪相似度; 其次, 进行两品种共同匹配相似度评价, 匹配出红芪和黄芪一年生药材对照图谱, 得出一年生红芪与对照图谱相似度和一年生黄芪与对照图谱相似度; 同样, 匹配出红芪和黄芪二年生药材对照图谱, 得出二年生红芪与对照图谱相似度和二年生黄芪与对照图谱相似度。结果见表 2。

表 2 一年生、二年生红芪和黄芪 HPLC-ELSD 指纹图谱相似度 (n=24)

Table 2 Similarity of Hedysari Radix and Astragalus Radix HPLC-ELSD fingerprint in one year old and two years old (n=24)

年限	红芪相似度	黄芪相似度	红芪与黄芪相似度
一年生	0.923	0.980	0.032
二年生	0.825	0.997	0.023

3 讨论

3.1 单一品种药材匹配

3.1.1 红芪药材共有峰及相似度 一年生红芪共有峰 8 个, 二年生红芪共有峰 7 个, 从一年生到二年生共有成分数量减少; 一年生红芪的平均相似度为 0.923, 二年生红芪的平均相似度为 0.825, 从一年生到二年生相似度降低。由此说明, 红芪药材品质二年生不如比一年生药材稳定。一年生红芪和二年生红芪 6 个峰相同且已知, 分别为毛蕊异黄酮苷, 芒柄花苷, 大豆皂苷 I, 芒柄花素, 异黄芪皂苷 II, 黄芪皂苷 I。

3.1.2 黄芪药材共有峰及相似度 一年生黄芪共有峰为 25 个, 二年生黄芪共有峰是 17 个, 从一年生到二年生共有成分数量减少; 一年生黄芪的平均相似度为 0.980, 二年生红芪的平均相似度为 0.997, 从一年生到二年生相似度升高。由此说明, 尽管相同的共有成分数量变少, 但共有成分的含量增加, 表明黄芪品质二年生比一年生的更趋于稳定。一年生与二年生有 7 个色谱峰是相同且为已知成分, 分别为毛蕊异黄酮苷, 芒柄花苷, 毛蕊异黄酮, 黄芪甲苷, 黄芪皂苷 III, 异黄芪皂苷 II, 黄芪皂苷 I。

3.2 两个品种药材共同匹配 将一年生、二年生红芪和黄芪色谱峰共同匹配后, 其指纹图谱共有峰均为 4 个, 成分相同且已知, 分别为毛蕊异黄酮苷、芒柄花苷、异黄芪皂苷 II 和黄芪皂苷 I。在此色谱条件下, 一年生红芪与黄芪相似度为 0.032, 二年生红

芪与黄芪相似度为0.023,一年生和二年生红芪和黄芪的相似度均较低。以上说明红芪和黄芪虽有一定的共有成分,但不同的成分较多,而且即便是相同成分含量差异较大,成分种类、和含量都会影响药效,因此,建议红芪和黄芪应该分开使用。

综上,本研究所建立的甘肃红芪和黄芪指纹图谱特征性明显,随着生长年限增加,红芪共有成分减少,品质稳定性差,而黄芪的相似度升高,品质稳定性好。在此色谱条件下,红芪和黄芪指纹图谱具有明显不同,可有效区分两种药材,二者共有成分少,相似度低,红芪和黄芪品质相差较大,故红芪和黄芪不宜替代使用。

[参考文献]

[1] 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,2015:152-153,302-303.
[2] 李成义,强正泽,王燕,等. 基于因子分析探讨影响甘肃红芪地理分布的环境因子[J]. 中国现代中药, 2015,17(5):466-470,474.
[3] 史丽萍,欧巧明,崔文娟,等. 甘肃传统中药材黄芪种子发芽方法的优选研究[J]. 中药材,2014,37(4):548-552.
[4] 赵昱波,陈俊,许浚,等. 红芪的化学成分及抗肿瘤作用研究进展[J]. 中草药,2015,46(22):3434-3440.

[5] 孙政华,邵晶,郭玫. 黄芪化学成分及药理作用研究进展[J]. 中医临床研究,2015,7(25):22-25.
[6] 耿广琴,刘坤,夏光萍,等. 黄芪与红芪提取物对衰老模型小鼠脑组织抗氧化能力和海马结构功能的影响[J]. 中国现代应用药学,2017,34(4):500-504.
[7] 张李峰. 红芪和黄芪的免疫调节作用及抗免疫老化机制比较研究[D]. 兰州:兰州大学,2012.
[8] 孙蔚明. 红芪多糖对大鼠非酒精性脂肪肝的疗效及机制研究[D]. 兰州:兰州大学,2014.
[9] 宋瑞霞. 甘肃黄芪黄酮类化合物对血管内皮细胞的保护作用[D]. 兰州:兰州大学,2007.
[10] 金貽郎,伍后胜. 中华天然补品资源大辞典[M]. 北京:长征出版社,1993.
[11] 白焱晶,王智颖,杜新刚,等. 黄芪药材的 HPLC-UV 指纹图谱研究[J]. 中草药,2008,39(7):1089-1092.
[12] 李婷婷. 不同产地黄芪 HPLC/DAD 指纹图谱及黄芪黄酮类成分谱效关系研究[D]. 银川:宁夏医科大学,2013.
[13] 梁瑾,刘小花,任远,等. 黄芪药材的 HPLC-DAD-ELSD 指纹图谱研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012,18(17):70-74.
[14] 屠鹏飞. 高效液相色谱法制定中药材和中药注射剂特征指纹图谱的探讨[J]. 中成药,2000,22(7):516.

[责任编辑 顾雪竹]