

白背叶 HPLC 特征指纹图谱及模式识别

谢巍¹, 杨妮¹, 蒋受军^{1,2*}

(1. 柳州市妇幼保健院, 广西柳州 545001; 2. 广西食品药品监督管理局, 南宁 530029)

[摘要] **目的:**建立白背叶药材的 HPLC 指纹图谱与系统聚类分析方法,为科学评价和有效控制白背叶药材的质量提供科学依据。**方法:**采用高效液相色谱法建立 12 个不同产地白背叶的指纹图谱,采用 phenomenex-C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm);以甲醇-0.1% 冰乙酸水为流动相,梯度洗脱,流速 1.0 mL·min⁻¹,柱温 25 °C,检测波长 336 nm。并使用相似度评价软件进行相似度分析,用 SPSS 19.0 软件进行聚类分析,以共有峰的相对峰面积为指标,进行标准化处理和主成分分析。**结果:**建立了白背叶 HPLC 指纹图谱共有模式,对不同产地白背叶药材进行了相似度比较,并进行了指纹图谱系统聚类分析和主成分分析。标定了 22 个共有峰,指认了其中 5 个共有峰,经相似度计算,整体相似度为 0.554 ~ 0.981。聚类分析在距离标尺为 2 时将样品 2,3,4,5,6,8,9,10,12 分为一大类;综合主成分得分(*F* 值)从高到低依次为 11,7,1,9,12,6,5,10,4,3,2,8 号样品,*F* 在 0.0 ~ -1.7 共 2 种方法的分类结果一致,可以相互验证。**结论:**该方法简便准确、灵敏度高、重复性好,为白背叶药材的研究以及制定质量控制标准提供科学依据。

[关键词] 白背叶; 高效液相色谱; 指纹图谱; 聚类分析

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2017)18-0052-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2017180052

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20170629.0908.016.html>

[网络出版时间] 2017-06-29 9:08

HPLC Fingerprint and Pattern Recognition of Liposoluble Components in *Mallotus apelta* Leaves

XIE Wei¹, YANG Ni¹, JIANG Shou-jun^{1,2*}

(1. Liuzhou Maternity and Child Health Hospital, Liuzhou 545001, China;

2. Guangxi Institute for Food and Drug Administration, Nanning 530029, China)

[Abstract] **Objective:** To establish the HPLC fingerprint and cluster analysis methods of *Mallotus apelta* leaves, in order to provide a reasonable basis for scientific evaluation and quality control of *M. apelta* leaves. **Method:** Chromatographic fingerprints of *M. apelta* leaves from 12 different origins were established by HPLC. A phenomenex-C₁₈ column (4.6 mm × 250 mm, 5 μm) was adopted and eluted with the mobile phase of methanol and 0.1% acetic acid in a gradient mode. The flow rate was 1.0 mL·min⁻¹, the column temperature was 25 °C, and the detection wavelength 336 nm. The similarity was analyzed by 'Similarity Evaluation System for Chromatographic Fingerprint of TCM', and SPSS 19.0 was applied in a cluster analysis. The relative peak area of common peaks was taken as the index for standardized treatment and principal component analysis. **Result:** The mutual mode of HPLC fingerprints was set up, and the similarity between crude drugs of different habitats were compared. SPSS was used for fingerprint system cluster analysis and principal component analysis. Totally 22

[收稿日期] 20170419(005)

[基金项目] 广西科技创新能力与条件建设项目(桂科攻 10124008-15); 广西自然科学基金项目(2010GXNSFA013233)

[第一作者] 谢巍,在读硕士,从事中药质量标准研究,Tel: 15577018326,E-mail: 915007149@qq.com

[通讯作者] * 蒋受军,博士,从事食品药品安全性评价研究,Tel:0771-5854846,E-mail: jiangshoujun@sina.com

common peaks were identified as markers, and 5 common components were identified in HPLC fingerprint of *M. apelta* leaves. The overall similarity was calculated to be 0.554-0.981. When the distance scale of cluster analysis was 2, the samples 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12 were classified into one category. The order for comprehensive principal component scores (*F*) from high to low were samples 11, 7, 1, 9, 12, 6, 5, 10, 4, 3, 2, 8. Two results of the two methods can be mutually verified when *F* was between 0.0 and -1.7. **Conclusion:** The method is accurate, simple, stable and highly repeatable, and can provide scientific basis for studying crude drug of *M. apelta* leaves and making quality control standards.

[**Key words**] *Mallotus apelta* leaves; HPLC; fingerprint; cluster analysis

白背叶为大戟科野桐属植物白背叶的干燥叶,又名白鹤草、叶下白、白背木等^[1]。具有清热止痛、利湿解毒、止血等功效,常用于治疗尿液淋浊、口舌生疮、胃痛、痔疮、跌打损伤出血、虫蛇咬伤等^[2]。生于广西、广东、浙江、福建等地方的山谷灌木林中。具有抗乙肝病毒^[3]、缓解肝脏内胶原和肝脏炎症^[4]、抑制金黄色葡萄球菌和大肠埃希菌^[5]、抗乳腺癌活性^[6]、止胃和十二指肠出血^[7]等药理作用。鉴于其功效和药理作用,不少研究人员对白背叶中化学成分进行了提取分离,并进行了含量测定研究^[8-11]。笔者在前期研究中,从白背叶药材中分离得到了葫芦巴苷Ⅱ,夏佛托苷和异夏佛托苷,后两者为首次分离获得。在此基础上对白背叶中葫芦巴苷Ⅱ,夏佛托苷,大波斯菊苷等化学成分进行了含量测定研究^[12-13]。白背叶的疗效和药理作用是多个化学成分共同作用的结果,仅仅依靠笔者分离得到的几个化学成分难以评价药材和其制剂的质量标准。本文采用 HPLC 指纹图谱法结合系统聚类分析法对不同产地的白背进行分析研究,对有效控制白背叶药材质量,评价其研究方法有十分重要的指导意义。

1 材料

1200 系列高效液相色谱仪(美国安捷伦科技有限公司),Simplicity-UV 型超纯水器(美国密里博公司),AG-204 型电子分析天平(瑞士 Mettler Toledo 公司),HH-S6 型数显恒温水浴锅(金坛市医疗仪器厂),SB3200-T 型超声波清洗器(上海必能信超声)。

白背叶药材从广西各产地采集,详见表 1。经广西食品药品检验所主任药师韦家福鉴定,为大戟科植物白背叶 *Mallotus apelta* 的干燥叶,标本存放于阴凉干燥处。对照品芹菜素(购于 Chromadex 公司,批号 140736,纯度 98.3%)。大波斯菊苷,异夏佛托苷,葫芦巴苷Ⅱ,夏佛托苷对照品为笔者从白背叶药材中提取、分离、精制得到,经质谱,氢普和碳谱分析确定结构,并用高效液相峰面积归一化法测得纯度均 >98%;甲醇色谱纯(美国 Fisher 公司),水为超

纯水,其余试剂均为分析纯。

表 1 12 批白背叶样品的来源

Table 1 Origins of 12 batch *Mallotus apelta* leaves

No.	来源	No.	来源
S1	广西南宁市 1	S7	广西柳州
S2	广西防城港市	S8	广西贺州 1
S3	广西崇左市 1	S9	广西贺州 2
S4	广西崇左市 2	S10	广西桂林 1
S5	广西南宁市 2	S11	购于玉林中药材市场 1
S6	广西桂林 2	S12	购于玉林中药材市场 2

2 方法与结果

2.1 色谱条件 采用 Phenomenex-C₁₈ (4.6 mm × 250 mm, 5 μm) 为色谱柱,检测波长 336 nm,柱温 25 °C,流速 1.0 mL·min⁻¹,进样量 10 μL,流动相甲醇(A)-0.1% 冰乙酸水溶液(B)梯度洗脱(0~10 min, 20% A; 10~50 min, 20%~80% A; 50~51 min, 80%~20% A, 51~65 min, 20% A)。

2.2 对照品溶液制备 分别取葫芦巴苷Ⅱ,异夏佛托苷,夏佛托苷,大波斯菊苷,芹菜素对照品 10.3, 14.24, 13.30, 6.55, 5.36 mg 置于 25 mL 量瓶中,用 70% 甲醇溶液超声溶解,放冷,再加 70% 甲醇溶液稀释至刻度,摇匀,即得混合对照溶液。

2.3 供试品溶液的制备 精密称取已经粉碎的白背叶药材约 1 g,精密加入 70% 甲醇 20 mL,称定总质量,置于水浴锅上回流 90 min,放冷,用 70% 甲醇溶液补足减失的质量,混匀,用 0.45 μm 微孔滤膜滤过,即得供试品溶液。

2.4 方法学考察

2.4.1 精密度试验 精密称取同一份白背叶粉末约 1 g,按 2.3 项下方法制备供试品溶液,按 2.1 项下色谱条件连续进样 6 次测定。结果表明,各色谱峰相对保留时间的 RSD 在 0.01%~0.1%;各色谱峰相对峰面积的 RSD 在 0.9%~2.6%,表明仪器的精密度良好。

2.4.2 重复性试验 精密称取同一份白背叶粉末

6 份,每份约 1 g,按 2.3 项下的方法制备供试品溶液,按 2.1 项下色谱条件进行测定,记录各色谱峰保留时间和峰面积,考察仪器的重复性。结果显示,6 份样品各色谱峰相对保留时间的 RSD 在 0.08% ~ 0.2%;各色谱峰相对峰面积的 RSD 在 1.9% ~ 4.0%。结果表明该方法重复性良好。

2.4.3 稳定性试验 取 2.4.2 项下 1 个供试品溶液,按 2.1 项下色谱条件,分别在 0,2,4,8,12,24 h 进行测定,记录各色谱峰保留时间和峰面积,考察供试品溶液的稳定性。结果显示,各色谱峰相对保留时间的 RSD 在 0.05% ~ 0.2%;各色谱峰相对峰面积的 RSD 在 0.3% ~ 3.1%;表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

2.5 白背叶药材指纹图谱的建立

2.5.1 不同产地白背叶药材的指纹图谱采集 精密称取 12 批不同产地白背叶药材样品约 1 g,按 2.3 项下方法制备供试品溶液,再按照 2.1 项下的色谱条件进样检测,记录 12 批白背叶药材 HPLC 色谱图,用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”A 版计算机软件建立白背叶药材指纹图谱,共获得 22 个共有峰,指认其中 5 个共有峰,分别为葫芦巴苷 II (3 号峰),异夏佛托苷(6 号峰),夏佛托苷(7 号峰),大波斯菊苷(14 号峰)和芹菜素(21 号峰)。生成的共有模式指纹图谱见图 1,2。

2.5.2 参照色谱峰的建立 本实验中的大波斯菊苷(14 号峰)指纹图谱中保留时间适中,峰面积较大且为样品共有已知成分,故选用大波斯菊苷作为参照峰。

2.5.3 指纹图谱与共有峰的确定 采用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”A 版软件对实验数据

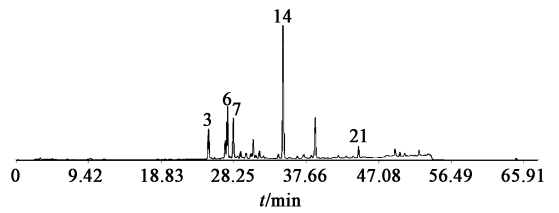


图 1 白背叶药材共有模式指纹谱
Fig. 1 Mutual mode HPLC of *Mallotus apelta* leaves

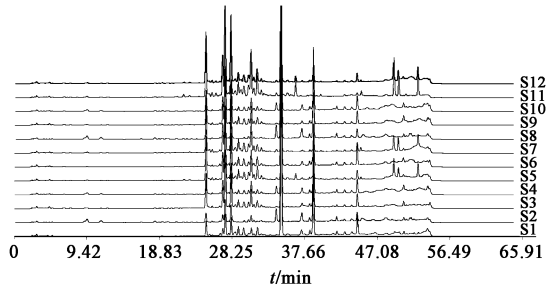


图 2 12 批次白背叶样品的 HPLC 色谱叠加
Fig. 2 Stacking chart of HPLC in 12 batch *Mauotus apelta* leaves

进行处理。对白背叶指纹图谱数据的相关参数进行自动匹配,标定出共有峰,并利用软件生成对照指纹图谱。本文共标定有 22 个共有指纹峰(图 1),以白背叶药材(S6)的 HPLC 图谱为参照图谱,用平均数法,软件自动匹配图谱,系统根据白背叶的共有模式,得到白背叶对照指纹图谱。

本文选定以指纹图谱中保留时间适中、峰面积大,且为已知的成分大波斯菊苷(14 号峰)为参照峰。把大波斯菊苷的峰面积作为 1,分别计算 12 批白背叶药材共有指纹峰的相对保留时间和相对峰面积,结果表明相对保留时间的 RSD 在 0.05% ~ 2.4%,相对峰面积的 RSD 在 1.9% ~ 177.0%。见表 2。

表 2 12 批白背叶药材 HPLC 指纹谱共有峰相对峰面积

Table 2 Relative areas of common peaks of HPLC figerprint of twelve batches of *Mauotus apelta* leaves

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S1	0.002	0.001	0.079	0.025	0.042	0.127	0.100	0.061	0.024	0.049	0.049	0.028
S2	0.006	0.002	0.042	0.010	0.034	0.104	0.092	0.010	0.013	0.032	0.032	0.007
S3	0.006	0.004	0.284	0.024	0.166	0.499	0.373	0.066	0.050	0.154	0.154	0.013
S4	0.005	0.002	0.118	0.015	0.075	0.224	0.174	0.032	0.028	0.072	0.072	0.013
S5	0.009	0.022	0.596	0.035	0.358	1.013	0.753	0.140	0.123	0.413	0.413	0.040
S6	0.003	0.002	0.140	0.020	0.077	0.235	0.186	0.059	0.033	0.082	0.082	0.019
S7	0.011	0.007	0.690	0.061	0.391	1.162	0.869	0.194	0.153	0.492	0.492	0.050
S8	0.006	0.002	0.044	0.010	0.034	0.103	0.089	0.007	0.010	0.029	0.029	0.003
S9	0.006	0.004	0.274	0.028	0.163	0.485	0.365	0.075	0.059	0.157	0.157	0.025
S10	0.005	0.002	0.120	0.015	0.075	0.224	0.174	0.032	0.027	0.072	0.072	0.013
S11	0.071	0.280	5.740	0.196	3.590	9.670	7.366	1.380	1.233	4.619	4.619	0.459
S12	0.010	0.018	0.594	0.035	0.357	1.010	0.751	0.140	0.123	0.412	0.412	0.040

续表 2

No.	13	15	16	17	18	19	20	21	22	23
S1	0.022	1.024	0.052	1.121	0.041	0.062	0.075	0.155	0.049	0.002
S2	0.075	0.032	0.031	0.315	0.035	0.035	0.039	0.062	0.044	0.006
S3	0.011	0.009	0.022	0.405	0.031	0.040	0.040	0.124	0.088	0.006
S4	0.056	0.014	0.033	0.270	0.053	0.061	0.067	0.109	0.161	0.005
S5	0.042	0.021	0.031	0.314	0.030	0.030	0.026	0.114	0.163	0.009
S6	0.026	0.052	0.048	0.260	0.067	0.069	0.062	0.144	0.139	0.003
S7	0.085	0.032	0.076	0.265	0.120	0.084	0.151	0.198	0.134	0.011
S8	0.063	0.069	0.022	0.254	0.022	0.018	0.016	0.039	0.016	0.006
S9	0.036	0.002	0.045	0.394	0.056	0.068	0.066	0.141	0.216	0.006
S10	0.056	0.040	0.042	0.299	0.056	0.064	0.062	0.111	0.097	0.005
S11	0.491	0.021	0.107	0.334	0.024	0.154	0.288	0.382	0.144	0.071
S12	0.042	0.588	0.030	0.208	0.021	0.028	0.024	0.115	0.206	0.010

注:14 号峰均为 1.000。

2.5.4 特征指纹图谱的建立及相似度评价 将所得的 12 批白背叶材 HPLC 图谱导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”A 版软件,以 S6 号药材

(广西桂林) 谱图作为参照谱,用软件进行指纹匹配,共确定了 22 个共有峰,建立了共有模式,并进行了相似度计算,12 批样品的相似度见表 3。

表 3 白背叶药材指纹图谱相似度

Table 3 Relative areas of common peaks of *Mauotus apelta* leaves in fingerprints

No.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	对照
S1	1.000	0.959	0.882	0.935	0.690	0.953	0.599	0.950	0.868	0.931	0.273	0.686	0.930
S2	0.959	1.000	0.864	0.942	0.634	0.930	0.534	0.988	0.842	0.945	0.205	0.628	0.912
S3	0.882	0.864	1.000	0.930	0.897	0.928	0.767	0.866	0.977	0.922	0.598	0.877	0.981
S4	0.935	0.942	0.930	1.000	0.739	0.951	0.623	0.945	0.939	0.969	0.348	0.732	0.956
S5	0.690	0.634	0.897	0.739	1.000	0.787	0.922	0.627	0.858	0.736	0.855	0.966	0.883
S6	0.953	0.930	0.928	0.951	0.787	1.000	0.686	0.925	0.913	0.937	0.408	0.801	0.967
S7	0.599	0.534	0.767	0.623	0.922	0.686	1.000	0.519	0.741	0.621	0.832	0.889	0.789
S8	0.950	0.988	0.866	0.945	0.627	0.925	0.519	1.000	0.845	0.941	0.193	0.621	0.908
S9	0.868	0.842	0.977	0.939	0.858	0.913	0.741	0.845	1.000	0.907	0.566	0.844	0.962
S10	0.931	0.945	0.922	0.969	0.736	0.937	0.621	0.941	0.907	1.000	0.330	0.726	0.949
S11	0.273	0.205	0.598	0.348	0.855	0.408	0.832	0.193	0.566	0.330	1.000	0.834	0.554
S12	0.686	0.628	0.877	0.732	0.966	0.801	0.889	0.621	0.844	0.726	0.834	1.000	0.873
对照	0.930	0.912	0.981	0.956	0.883	0.967	0.789	0.908	0.962	0.949	0.554	0.873	1.000

2.6 聚类分析 以 12 批不同产地白背叶 HPLC 指纹图谱中的 22 个共有特征峰相对峰面积为指标,组成 12 × 22 阶原始数据矩阵,运用 SPSS 19.0 统计分析软件进行系统聚类分析,将原始数据经 Z 得分标准化处理后,采用组间对比和距离公式作为样品的测度,进行了白背叶指纹图谱系统聚类分析,结果见图 3。

从树状聚类图中可看到,当距离标尺为 1 时,样品 S6, S10, S4, S9, S3, S5, S2, S8 归为一类;在 2 时样品 S6, S10, S4, S9, S3, S5, S2, S8, S12 归为一类;在 3 时样品 S6, S10, S4, S9, S3, S5, S2, S8, S12, S7 归为一类;在 4 时样品 S6, S10, S4, S9, S3, S5, S2, S8, S12, S7, S1 归为一类;在 25 时所有样品全部归为一类。聚类趋势与相似度计算结果基本一致,在距离标尺为 1 的情况下,相似度结果 > 0.9 的归为一类,其他的归为另一类。2 种方法的结果可以相

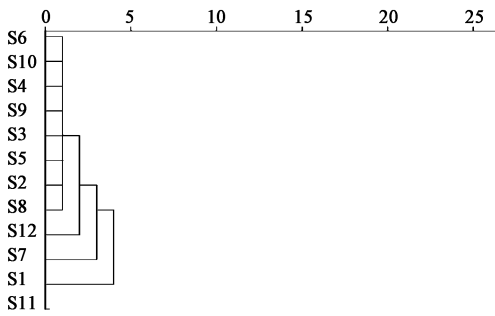


图 3 白背叶 HPLC 指纹图谱聚类分析

Fig. 3 Result of HPLC fingerprint clustering of *Mauotus apelta* leaves

互验证。聚类分析的结果与相似度分析基本一致,为白背叶的产地识别和质量评价提供了新思路。

2.7 主成分分析 利用 SPSS 19.0 软件,以白背叶色谱图中 22 个共有峰相对峰面积为评价指标,对 22 个共有峰相对峰面积进行标准化处理,再进行主成分分析,得到各主成分的特征值和方差贡献率及累计方差贡献率,结果见表 4。

表 4 主成分的贡献率和特征值

Table 4 Characteristics of contribution and principal component value

成分	特征值	方差贡献/%	累计方差贡献/%
1	16.145	76.881	76.881
2	1.947	9.273	86.154
3	1.685	8.026	94.180

由表 4 可知,有 3 个主成分的特征值为 16.15, 1.947 和 1.685,均 >1,是影响白背叶药材质量评价的主要因子,3 个主成分的累积方差贡献率为 94.18%,基本反映出白背叶药材成分的质量评价指标,故选择提取前 3 个主成分进行分析。

以各主成分的方差贡献率为分配系数,线性组合的 3 个主成分,计算主成分得分及综合得分,并对综合主成分 F 值进行排序分析,最后得到综合主成分的得分从高到低依次为 S11, S7, S1, S9, S12, S6, S5, S10, S4, S3, S2, S8 号样品。结果见表 5。

F 值越高表明对白背叶药材中有效成分的统计质量越好,结果表明 F 值在 0.0 ~ 7.8 有 S1, S11, S7 号药材,在 0.0 ~ -1.7 有 S2, S3, S4, S5, S6, S8, S9, S10, S12 号药材。主成分分析结果和聚类分析中距离标尺在 2 时的分类结果一致。由结果可知,3 个主成分能反映系统聚类中的分类结果,聚类分析和主成分分析的结果基本一致。

表 5 主成分得分因子得分排序

Table 5 Rank of principal component scores

No.	F_1	F_2	F_3	F
S1	-0.988	8.752	3.477	0.355
S2	-1.411	0.165	-2.249	-1.343
S3	-1.130	0.221	-1.946	-1.078
S4	-1.005	-1.967	0.297	-1.000
S5	-0.632	-0.999	-2.366	-0.825
S6	-0.848	-1.889	1.906	-0.724
S7	0.541	-3.004	6.461	0.705
S8	-1.682	0.617	-4.184	-1.688
S9	-0.621	-1.975	1.673	-0.565
S10	-0.985	-1.004	0.599	-0.862
S11	9.420	0.603	-1.274	7.727
S12	-0.659	0.478	-2.395	-0.703

3 讨论

本研究前期工作测定了白背叶药材中 3 个黄酮碳苷类成分^[13],结果表明含量有一定差异性。为更好地控制白背叶药材的内在指标,在含量测定的方法上进一步建立广西不同产地白背叶药材指纹 HPLC 图谱分析。标定了 22 个共有峰,指认了其中 5 个成分,通过“中药色谱指纹图谱相似度评价软件”对产品的质量稳定性进行了评价。结果表明所建立的 HPLC 指纹图谱,重复性好,两者结合是质量控制方法的有益补充和提高,能更好地控制白背叶药材的质量。同时本文也存在一些缺点,为了方便结合含量测定的条件作出的指纹图谱,各色谱峰相对集中,为达到很好的分离效果,对色谱柱要求较高。

本文分别考察了不同提取条件和色谱条件,考察了不同提取方法(超声提取、静置提取回流提取),提取溶剂(70% 甲醇,70% 乙醇和水)。结果发现用 70% 甲醇回流提取色谱峰数多,组分含量高,色谱图中包涵信息较丰富;利用 Agilent 1200 系列高效液相色谱仪进行全波长扫描,对 210, 260, 280, 336 nm 各波长下扫描的色谱图进行分析比较,结果在 280, 336 nm 处供试品的各色谱分离峰达到基线分离且基线平稳,色谱峰信息量大。为了结合含量测定的条件故选定 336 nm。

本研究通过相似度评价、聚类分析和主成分分析,结果发现采购于玉林中药材市场的白背叶中药材,差异较大,可能因为产地来源复杂,不确定是否混有其他杂质药材等等原因。其他产地的白背叶药

材从 HPLC 色谱图相对峰面积结果来看,药材中部分化学成分含量差异较明显。可能因为白背叶中所含化学成分的种类虽然基本相同,但由于受到当地温度、土壤、降雨量等生存环境的影响,导致一部分成分在药材中总含量存在较大差异,因此在种植白背叶药材时应注重产地的选择。

[参考文献]

[1] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志. 第 44 卷. 第二分册 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 39.

[2] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草. 4 卷 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 827.

[3] 夏星, 郑作文, 谭为. 白背叶黄酮类化合物抗鸭乙型肝炎病毒活性研究 [J]. 中国药房, 2010, 21 (7): 590-591.

[4] 伦玉宁, 郑作文, 夏星, 等. 白背叶提取物 A 的体外抗肿瘤机制的研究 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21 (12): 3052-3053.

[5] 赵进军, 吕志平, 张绪富. 白背叶根对肝纤维化大鼠的实验研究 [J]. 现代诊断与治疗, 2002, 13 (5):

257-258.

[6] 单雪琴, 冯廉彬, 吴承顺. 白背叶根的化学成分 [J]. 植物学报, 1985, 27 (2): 192-193.

[7] 方显明, 蒙定水, 王勤, 等. 白背叶合剂治疗急性上消化道出血的临床观察和实验研究 (附 30 例对照分析) [J]. 广西中医药, 1989, 12 (5): 1-2.

[8] 吴桂凡, 韦松, 蓝树彬, 等. 白背叶中一个新的异戊烯基二氢黄酮 [J]. 中草药, 2006, 37 (8): 1126-1127.

[9] 朱斌, 蒋受军, 林瑞超. GC-MS 测定白背叶中的挥发油 [J]. 华西药学杂志, 2008, 23 (1): 35-36.

[10] 韦松, 曲磊, 郑作文. 白背叶黄酮类化学成分研究 [J]. 中成药, 2012, 34 (4): 691-693.

[11] 朱斌, 白桂昌, 蒋受军, 等. 白背叶化学成分和含量测定研究 [J]. 中国中药杂志, 2007, 32 (10): 932-933.

[12] 谢巍, 蒋受军. HPLC 法测定白背叶中大波斯菊苷含量 [J]. 亚太传统医药, 2015, 11 (13): 16-18.

[13] 谢巍, 杨立佼, 周伟娥, 等. HPLC 法测定白背叶中 3 个黄酮碳苷类成分的含量 [J]. 药物分析杂志, 2015, 35 (7): 1205-1206.

[责任编辑 顾雪竹]