

基于 HPLC 指纹图谱、化学模式识别和含量测定评价黄芩质量

胡丹东, 闻浩, 耿征, 陈棒
(北京市延庆区市场监管检验检测监控中心, 北京 102100)

摘要: 目的 评价黄芩质量。方法 建立 HPLC 指纹图谱, 进行聚类分析、主成分分析。以黄芩苷为内标, 计算野黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A、千层纸素 A 苷相对校正因子, 一测多评法测定其含量。结果 30 批药材指纹图谱中有 15 个共有峰, 鉴定出 7 个, 相似度 0.821~0.999。各批药材聚为 2 类, 3 个主成分累积方差贡献率为 86.049%。7 种成分在各自范围内线性关系良好 ($r \geq 0.9997$), 平均加样回收率 93.02%~99.85%, RSD 1.12%~1.98%, 一测多评法、外标法所得结果接近。结论 该方法稳定可靠, 可用于黄芩的质量控制。

关键词: 黄芩; 质量评价; HPLC 指纹图谱; 化学模式识别; 含量测定; 一测多评

中图分类号: R282 文献标志码: A 文章编号: 1001-1528(2026)05-1444-07

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2026.05.003

Quality evaluation of *Scutellaria baicalensis* based on HPLC fingerprints, chemical pattern recognition and content determination

HU Dan-dong, WEN Hao, GENG Zheng, CHEN Bang
(Beijing Municipal Yanqing District Center for Market Supervision Inspection and Testing Monitoring, Beijing 102100, China)

ABSTRACT: **AIM** To evaluate the quality of *Scutellaria baicalensis* Georgi. **METHODS** The HPLC fingerprints were established, after which cluster analysis and principal component analysis were performed. Baicalin was used as an internal standard to calculate the relative correction factors of scutellarin, wogonoside, baicalein, wogonin, oroxylin A and oroxin A, then their contents were determined by quantitative analysis of multi-components by single-marker (QAMS) method. **RESULTS** There were 15 common peaks in the fingerprints for 30 batches of medicinal materials with the similarities of 0.821–0.999, 7 of which were identified. Various batches of medicinal materials were clustered into two categories, three principal components demonstrated the accumulative variance contribution rate of 86.049%. Seven constituents showed good linear relationships within their own ranges ($r \geq 0.9997$), whose average recoveries were 93.02%–99.85% with the RSDs of 1.12%–1.98%. The result obtained by QAMS approximated those obtained by external standard method. **CONCLUSION** This stable and reliable method can be used for the quality control of *S. baicalensis*.

KEY WORDS: *Scutellaria baicalensis* Georgi; quality evaluation; HPLC fingerprints; chemical pattern recognition; content determination; quantitative analysis of multi-components by single-marker (QAMS)

黄芩为唇形科植物黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi 的干燥根, 具有清热燥湿、泻火解毒等功效^[1-2], 黄酮类成分是该药材主要药效物质基础^[3-4], 具有抗炎、抗菌、抗病毒等多种药理活性^[5-7]。然而, 随着黄芩来源日趋复杂化与多元

化^[8], 不同的产地环境会导致该药材化学成分存在显著差异, 从而直接威胁到其质量的稳定性和一致性^[9-10]。

2020年版《中国药典》仅以黄芩苷含量为质量控制指标^[11], 难以全面整体地反映不同产地该

收稿日期: 2025-12-23

基金项目: 国家重点研发计划“科技助力经 2020”重点专项(2020YFF0426288); 北京市延庆区优秀人才培养资助项目(YQRC2024-16)

作者简介: 胡丹东(1985—), 男, 博士, 副主任药师, 从事药物化学和药理、药物评价研究。E-mail: dongdanhu@163.com

药材之间的差异,故多组分综合评价模式势在必行。HPLC 指纹图谱能宏观表征中药材整体化学特征分布,已成为其质量评价的重要方法^[12-14];化学模式识别可从指纹图谱的海量数据中提取关键信息,识别差异,两者结合可完成定性、定量分析^[15-16];一测多评法^[17]通过建立相对校正因子,仅测定1个内标的含量即可实现多成分含量同时测定,大大节约了成本,提高了效率,已成为当前中药质量评价的研究热点^[18-20]。

本实验旨在构建集整体表征、化学识别、多指标定量于一体的黄芩质量评价新策略,从整体层面评估该药材质量一致性与产地差异性,同时建立以黄芩苷为内标的一测多评法测定野黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A、千层纸素 A 苷的含量,以期为其质量控制与评价提供科学依据。

1 材料

1.1 药材 2024年1月至2024年4月在市场上采购10个产地的黄芩,每个产地3批,具体见表1,经专家鉴定为正品,符合2020年版《中国药典》一部相关规定。

表1 黄芩信息

Tab. 1 Information of *S. baicalensis*

产地	编号
河北承德	HBCD-1、HBCD-2、HBCD-3
内蒙赤峰	NMCF-1、NMCF-2、NMCF-3
山西吕梁	SXLL-1、SXLL-2、SXLL-3
陕西商洛	SXSL-1、SXSL-2、SXSL-3
甘肃定西	GSDX-1、GSDX-2、GSDX-3
山东临沂	SDLY-1、SDLY-2、SDLY-3
河南洛阳	HNLY-1、HNLY-2、HNLY-3
湖北恩施	HBES-1、HBES-2、HBES-3
四川凉山	SCLS-1、SCLS-2、SCLS-3
云南文山	YNWS-1、YNWS-2、YNWS-3

1.2 仪器 安捷伦 1260 InfinityII 高效液相色谱仪,配置二极管阵列检测器(DAD)(美国安捷伦科技公司);PL2002 电子分析天平(0.01 mg,瑞士梅特勒-托利多公司);KQ-500DE 超声波提取仪(功率500 W,频率40 kHz,昆山市超声仪器有限公司);RE-52AA 旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);Simplicity 超纯水机(美国密理博公司)。

1.3 试剂 黄芩苷(批号110715-202223,纯度97.2%)、野黄芩苷(批号110842-202411,纯度91.0%)、汉黄芩苷(批号112002-202303,纯度98.5%)、黄芩素(批号111595-202309,纯度98.6%)、汉黄芩素(批号111514-202207,纯度

98.5%)对照品均购自中国食品药品检定研究院;千层纸素 A(批号 F22HB175829,纯度 $\geq 98\%$)、千层纸素 A 苷(批号 M31HB182558,纯度 $\geq 98\%$)对照品均购自上海源叶生物科技有限公司。甲醇、乙腈(色谱纯,美国 Fisher Scientific 公司);磷酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);超纯水(自制)。

2 方法

2.1 色谱条件 Agilent ZORBAX SB-C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm);流动相甲醇(A)-0.1%磷酸(B),梯度洗脱(0~20 min, 18% A; 20~30 min, 18%~30% A; 30~60 min, 30%~50% A; 60~70 min, 50% A; 70~75 min, 50%~65% A; 75~80 min, 65%~18% A);体积流量1.0 mL/min;柱温30℃;检测波长280 nm;进样量10 μL。理论塔板数按黄芩苷峰计,不低于5 000。

2.2 对照品溶液制备 精密称取黄芩苷、野黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A、千层纸素 A 苷对照品适量,置于量瓶中,甲醇溶解并定容至刻度,摇匀,得到质量浓度分别为148.52、1.67、42.45、13.15、4.28、1.71、16.37 μg/mL 的溶液,即得,置于4℃冰箱中避光保存。

2.3 供试品溶液制备 取药材适量,粉碎后过40目筛,精密称取0.3 g,置于具塞锥形瓶中,精密加入100 mL 70%甲醇,称定质量,超声(功率500 W,频率40 kHz)提取30 min,放冷至室温,70%甲醇补足减失的质量,摇匀,0.45 μm 微孔滤膜过滤,取续滤液,即得。

2.4 指纹图谱方法学考察 取同一份供试品溶液(HBCD-1),在“2.1”项色谱条件下进样测定6次,以黄芩苷为参照,计算各共有峰相对保留时间和相对峰面积,考察精密度。取同一批药材(HBCD-1),按“2.3”项下方法平行制备6份供试品溶液,在“2.1”项色谱条件下进样测定,以黄芩苷为参照,计算各共有峰相对保留时间和相对峰面积,考察重复性。取同一份供试品溶液(HBCD-1),于0、4、8、12、16、24 h 在“2.1”项色谱条件下进样测定,以黄芩苷为参照,计算各共有峰相对保留时间和相对峰面积,考察稳定性。

2.5 图谱生成及相似度评价 取30批药材,按“2.3”项下方法制备供试品溶液,在“2.1”项色谱条件下进样测定,采用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2012版),以HBCD-1为对照,

设定时间窗宽度为 0.1 min，采用中位数法生成共有模式图谱。再计算相似度，以其数值 ≥ 0.90 为符合要求。

2.6 化学模式识别

2.6.1 聚类分析 以共有峰相对峰面积为变量，采用 SPSS26.0 软件，通过欧氏距离进行分析，绘制树状图。

2.6.2 主成分分析 以共有峰相对峰面积为变量，采用 SPSS26.0 软件进行分析，对数据进行标准化处理，计算特征值、方差贡献率和累积方差贡献率，提取主成分，绘制得分图。

2.7 含量测定 采用一测多评法。

2.7.1 线性关系考察 取对照品溶液适量，在“2.1”项色谱条件下分别进样 3、6、9、18、36、54 μL 测定。以对照品进样量为横坐标 (X)，峰面积为纵坐标 (Y) 进行回归。

2.7.2 方法学考察 取同一份供试品溶液 (HBCD-1)，在“2.1”项色谱条件下进样测定 6 次，考察精密性。取同一批药材 (HBCD-1)，按“2.3”项下方法平行制备 6 份供试品溶液，在“2.1”项色谱条件下进样测定，考察重复性。取同一份供试品溶液 (HBCD-1)，于 0、4、8、12、16、24 h 在“2.1”项色谱条件下进样测定 6 次，考察稳定性。精密称取各成分含量已知的药材 0.30 g，共 6 份，按 100% 水平精密加入对照品，按“2.3”项下方法制备供试品溶液，在“2.1”项色谱条件下进样测定，计算回收率。

2.7.3 相对校正因子计算 精密吸取对照品溶液适量，在“2.1”项色谱条件下进样测定，以黄芩苷为内标，计算野黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A、千层纸素 A 苷相对校正因子 $f_{k/s}$ ，公式为 $f_{k/s} = f_k/f_s = (C_k A_s) / (C_s A_k)$ ，其中 C_k 为其他成分含量， A_k 为其他成分峰面积， C_s 为内标含量， A_s 为内标峰面积，平行 6 次。

2.7.4 耐用性试验 分别考察不同色谱柱 (Agilent ZORBAX SB- C_{18} 、Waters Symmetry C_{18} 、Shimadzu Inertsil ODS-3 C_{18} ，250 mm \times 4.6 mm，5 μm)、柱温 (28、30、32 $^{\circ}\text{C}$)、体积流量 (0.9、1.0、1.1 mL/min) 对相对校正因子的影响，平行 3 次。

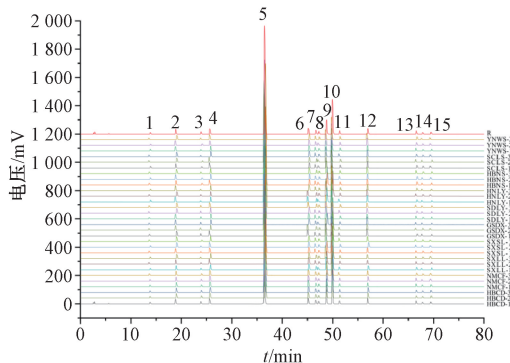
2.7.5 样品含量测定 取 30 批药材，按“2.3”项下方法制备供试品溶液，在“2.1”项色谱条件下进样测定，分别采用外标法、一测多评法计算各成分含量。

3 结果

3.1 HPLC 指纹图谱建立

3.1.1 方法学考察 在精密性试验中，黄芩苷各共有峰相对保留时间、相对峰面积 RSD 分别为 0.02%~0.35%、0.85%~2.57%，表明仪器精密性良好。在重复性试验中，黄芩苷各共有峰相对保留时间、相对峰面积 RSD 分别为 0.15%~0.32%、0.92%~2.78%，表明该方法重复性良好。在稳定性试验中，黄芩苷各共有峰相对保留时间、相对峰面积 RSD 分别为 0.18%~0.35%、1.05%~2.92%，表明溶液在 24 h 内稳定性良好。

3.1.2 图谱生成 见图 1，发现 15 个共有峰，与对照品、保留时间比对后指出 7 个，分别为峰 3 (野黄芩苷)、5 (黄芩苷)、9 (千层纸素 A 苷)、10 (汉黄芩苷)、12 (黄芩素)、13 (汉黄芩素)、15 (千层纸素 A)。



- 3. 野黄芩苷 5. 黄芩苷 9. 千层纸素 A 苷 10. 汉黄芩苷
- 12. 黄芩素 13. 汉黄芩素 15. 千层纸素 A
- 3. scutellarin 5. baicalin 9. oroxylin A glycoside 10. wogonoside
- 12. baicalin 13. wogonin 15. oroxylin A

图 1 30 批黄芩 HPLC 指纹图谱

Fig. 1 HPLC fingerprints for 30 batches of *S. baicalensis*

3.1.3 相似度评价 表 2 显示，30 批次药材相似度在 0.821~0.999 范围内，差异显著，并且与产地呈现高度相关性，其中河北承德、内蒙赤峰产者较高 (均大于 0.99) 且波动较小，而四川凉山、云南文山产者较低且波动较大，提示北方产地 (如河北、内蒙古) 药材化学轮廓表现出更高的均一性，而南方部分产地 (如四川、云南) 其差异明显。

3.3 化学模式识别

3.3.1 聚类分析 图 2 显示，欧式距离为 15 时 30 批药材聚为 2 类，第 1 类包含河北承德、内蒙赤峰、山西吕梁、陕西商洛、甘肃定西、山东临沂、河南洛阳产地共 21 批，第 2 类包含四川凉山、云南文山、湖北恩施产地共 9 批，并且第 1 类相似

表2 相似度测定结果 ($\bar{x} \pm s, n=3$)

Tab. 2 Results for similarity determination ($\bar{x} \pm s, n=3$)

产地	相似度	平均相似度	质量一致性等级	P 值	统计分组
河北承德	0.991~0.999	0.996±0.004	优	<0.001	a
内蒙赤峰	0.992~0.996	0.994±0.002	优	<0.001	a
山西吕梁	0.981~0.988	0.985±0.004	良	0.003	ab
陕西商洛	0.972~0.976	0.974±0.002	良	0.008	abc
甘肃定西	0.961~0.975	0.966±0.008	良	0.025	abc
山东临沂	0.961~0.965	0.963±0.002	良	0.015	abc
河南洛阳	0.957~0.962	0.959±0.003	良	0.031	abc
湖北恩施	0.891~0.932	0.912±0.021	中	0.065	bcd
四川凉山	0.863~0.884	0.875±0.011	差	0.285	d
云南文山	0.821~0.902	0.856±0.043	差	—	d

注: P 值是以云南文山为对照, 不同统计分组中的相同字母表示无显著性差异 ($P>0.05$)。

度均大于 0.95, 质量一致性较好; 第 2 类相似度大多小于 0.90, 质量一致性较差, 与相似度评价吻合。

材在特定成分积累上的特异性。

然后, 基于共有峰峰面积构建 30×15 阶数据矩阵, 并采用非监督模式识别建立模型, 结果见图 3。由此可知, 不同产地药材呈现按产地聚集的明显趋势, 可直观揭示其成分组成的产地差异性, 可能源于黄酮类等活性成分的积累量, 与聚类分析吻合。

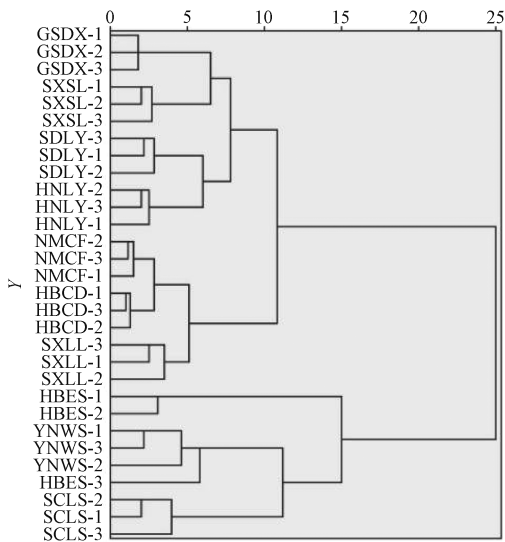


图2 30批黄芩聚类分析树状图

Fig. 2 Cluster analysis dendrogram of 30 batches of *S. baicalensis*

3.3.2 主成分分析 前3个主成分特征值分别为 6.867、3.052、1.351, 方差贡献率分别为 51.815%、24.186%、10.048%, 累积方差贡献率为 86.049%, 能较好地代表药材质量特征。其中, 主成分 1 (PC1) 对应载荷较大者为峰 2、3 (野黄芩苷)、4、5 (黄芩苷)、6、7、8、9 (千层纸素 A 苷)、10 (汉黄芩苷), 其响应值都有正贡献, 是影响药材质量差异的核心指标, 可为多成分含量测定提供依据; 主成分 2 (PC2) 对应载荷较大者为峰 1、12 (黄芩素)、13 (汉黄芩素)、14、15 (千层纸素 A), 黄酮氧苷、游离黄酮苷载荷对立分布, 揭示不同药材苷类与苷元比例的差异; 主成分 3 (PC3) 对应载荷较大者为峰 11, 呈现不同产地药

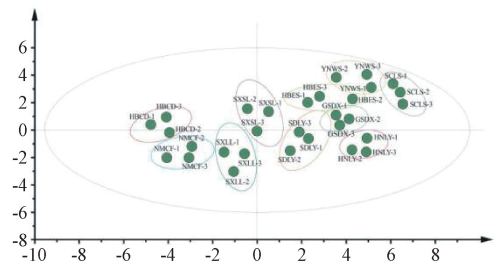
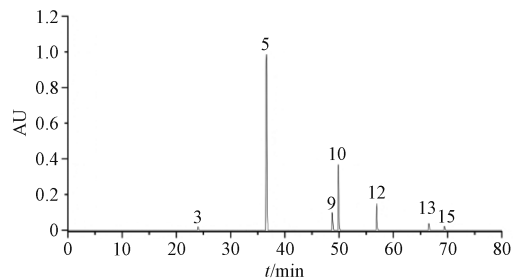


图3 30批黄芩主成分分析得分图

Fig. 3 Score plot for principal component analysis of 30 batches of *S. baicalensis*

3.4 含量测定

3.4.1 线性关系考察 色谱图见图 4, 结果见表 3, 可知各成分线性关系良好。



- 3. 野黄芩苷 5. 黄芩苷 9. 千层纸素 A 苷 10. 汉黄芩苷
- 12. 黄芩素 13. 汉黄芩素 15. 千层纸素 A
- 3. scutellarin 5. baicalin 9. oroxylin A glycoside
- 10. wogonoside 12. baicalein 13. wogonin 15. oroxylin A

图4 各成分 HPLC 色谱图

Fig. 4 HPLC chromatograms of various constituents

表3 各成分线性关系

Tab. 3 Linear relationships of various constituents

成分	回归方程	r	线性范围/ μg
黄芩苷	$Y=2.256\times 10^6 X+8.536\times 10^3$	0.999 9	0.445 6~8.020 1
野黄芩苷	$Y=1.963\times 10^6 X+3.672\times 10^3$	0.999 9	0.005 0~0.090 2
汉黄芩苷	$Y=4.439\times 10^6 X+1.658\times 10^3$	0.999 8	0.127 4~2.292 3
黄芩素	$Y=3.361\times 10^6 X+6.036\times 10^3$	0.999 7	0.039 4~0.710 1
汉黄芩素	$Y=4.153\times 10^6 X+0.985\times 10^3$	0.999 8	0.012 8~0.231 1
千层纸素 A	$Y=5.945\times 10^6 X+3.233\times 10^3$	0.999 8	0.005 1~0.092 3
千层纸素 A 苷	$Y=3.721\times 10^6 X+7.239\times 10^3$	0.999 7	0.049 1~0.884 0

3.4.2 方法学考察 在精密度试验中,黄芩苷、野黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A、千层纸素 A 苷峰面积 RSD 分别为 0.52%、0.81%、0.68%、0.75%、0.82%、0.65%、0.78%,表明仪器精密度良好。在重复性试验中,各成分含量 RSD 分别为 0.85%、0.96%、1.02%、1.25%、1.12%、0.98%、1.05%,表明该方法重复性良好。在稳定性试验中,各成分含量 RSD 分别为 1.02%、1.12%、1.25%、1.56%、1.32%、1.18%、

1.65%,表明溶液在 24 h 内稳定性良好。在加样回收率试验中,各成分平均加样回收率分别为 99.85%、94.08%、96.22%、98.65%、97.52%、94.13%、93.02%,RSD 分别为 1.25%、1.98%、1.62%、1.78%、1.66%、1.12%、1.58%。

3.4.3 相对校正因子及耐用性试验 各成分相对校正因子见表 4,可知其 RSD 均小于 2%,表明其重复性良好。

表4 各成分相对校正因子

Tab. 4 Relative correction factors of various constituents

成分	相对校正因子	测定值(n=6)	RSD/%
野黄芩苷	0.648 8	0.643 6,0.648 7,0.639 1,0.646 3,0.673 1,0.641 9	1.91
汉黄芩苷	1.480 1	1.407 9,1.413 2,1.403 6,1.407 1,1.392 1,1.424 9	0.77
黄芩素	1.584 1	1.569 1,1.624 1,1.584 3,1.589 6,1.594 5,1.543 2	1.70
汉黄芩素	1.166 5	1.162 3,1.191 2,1.143 3,1.174 5,1.169 8,1.157 8	1.39
千层纸素 A	0.788 5	0.799 1,0.786 7,0.800 4,0.771 9,0.783 4,0.799 9	1.52
千层纸素 A 苷	1.654 9	1.657 2,1.632 7,1.612 2,1.674 2,1.694 5,1.658 8	1.77

耐用性试验结果显示,固定其他色谱条件不变,不同色谱柱、柱温、体积流量对相对校正因子均无明显影响(RSD<2%),表明该方法耐用性良好。

3.4.4 样品含量测定 结果见表 5。由此可知,河北承德、内蒙赤峰、山西吕梁产药材中黄芩苷含量高于四川凉山、云南文山产者中,但均符合 2020 年版《中国药典》标准(不得少于 9.0%);一测多评法、外标法所得结果接近(RSD<2%),表明前者可替代后者进行含量测定。

4 讨论

针对单用 HPLC 指纹图谱进行相似度评价的局限性,本实验引入化学模式识别。结果显示,聚类分析能将 30 批黄芩客观聚为南北两大类群,与传统道地产区认知吻合;主成分分析进一步量化了关键差异标志物,其中 PC1 主要由黄芩苷、汉黄芩苷等贡献,证实总黄酮苷含量是区分药材质量等级的首要指标,而 PC2 体现苷与苷元比例的差异,

可能与产地加工或代谢有关,并且该方法将复杂数据转化为可解释的化学表型,为药材溯源、鉴别与精准评价提供了支撑。面对多成分质量控制中对照品稀缺的难题,本实验建立以黄芩苷为内标的一测多评法,发现相对校正因子重复性、耐用性 RSD 均小于 2%,表明该方法稳定,所得结果与外标法无显著差异,验证了其准确性,从而实现了从单一成分合格到多成分比例协调的转变,契合中药整体质量控制理念,具备推广到生产与监管的潜力。

结果显示,北方产地(如河北承德、内蒙赤峰)黄芩呈现高一致性与高含量的双重优势,其 HPLC 指纹图谱相似度接近 1.0,并且核心黄酮类成分含量显著高于南方产地,从化学成分角度支撑了北芩的传统优良声誉;南方产地部分药材相似度低,化学成分波动大,提示其代谢稳定性可能受环境影响,需加强均一性控制。上述差异图谱具有明确的产业指导价值,可为黄芩优质原料基地筛选、商品规格快速鉴别及产区规范化生产提供依据。

表5 各成分含量測定結果 (%)

Tab. 5 Results for content determination of various constituents (%)

产地	编号	黄芩苷		野黄芩苷		汉黄芩苷			黄芩素		
		外标法	外标法	一测多评法	RSD	外标法	一测多评法	RSD	外标法	一测多评法	RSD
河北承德	HBCD-1	16.693 2	0.118 9	0.116 7	0.93	3.997 9	3.964 6	0.42	0.662 8	0.659 6	0.24
	HBCD-2	16.389 2	0.102 2	0.104 6	1.16	3.684 2	3.743 3	0.80	0.601 1	0.610 7	0.79
	HBCD-3	16.736 7	0.105 5	0.103 7	0.86	3.914 8	3.965 3	0.64	0.592 3	0.582 7	0.82
内蒙赤峰	NMCF-1	16.775 4	0.093 4	0.091 2	1.19	3.974 2	4.053 7	0.99	0.483 4	0.474 3	0.95
	NMCF-2	17.216 3	0.094 7	0.096 2	0.79	4.032 7	4.141 3	1.33	0.552 3	0.560 7	0.75
	NMCF-3	16.562 1	0.085 5	0.085 2	0.18	3.941 9	3.895 7	0.59	0.565 1	0.573 4	0.73
山西吕梁	SXLL-1	15.564 2	0.079 9	0.080 2	0.19	3.997 2	3.919 9	0.98	0.534 1	0.529 8	0.40
	SXLL-2	15.538 0	0.074 1	0.072 2	1.30	3.649 2	3.722 5	0.99	0.471 2	0.464 0	0.77
	SXLL-3	15.635 0	0.074 9	0.076 1	0.79	3.838 2	3.784 6	0.70	0.512 5	0.506 2	0.62
陕西商洛	SXSL-1	14.396 1	0.055 9	0.055 6	0.27	3.349 2	3.296 1	0.80	0.579 9	0.589 1	0.79
	SXSL-2	14.655 5	0.058 3	0.059 5	1.02	3.436 7	3.442 4	0.08	0.564 2	0.554 8	0.84
	SXSL-3	14.532 0	0.063 3	0.062 8	0.40	3.239 0	3.259 9	0.32	0.620 0	0.609 5	0.85
甘肃定西	GSDX-1	12.351 1	0.098 6	0.099 3	0.35	3.260 2	3.245 2	0.23	0.732 6	0.733 8	0.08
	GSDX-2	12.124 1	0.104 1	0.104 8	0.34	3.476 7	3.419 9	0.82	0.724 4	0.717 8	0.46
	GSDX-3	12.746 9	0.118 7	0.116 8	0.81	3.891 7	3.963 0	0.91	0.907 2	0.916 7	0.52
山东临沂	SDLY-1	14.501 2	0.107 9	0.106 8	0.51	3.798 4	3.783 4	0.20	0.623 1	0.615 2	0.64
	SDLY-2	14.542 6	0.106 5	0.107 7	0.56	3.566 3	3.540 2	0.37	0.590 9	0.594 6	0.31
	SDLY-3	14.696 0	0.107 8	0.109 3	0.69	3.583 8	3.622 8	0.54	0.573 4	0.581 6	0.71
河南洛阳	HNLY-1	11.763 2	0.057 7	0.057 0	0.61	2.610 9	2.575 2	0.69	0.741 2	0.728 6	0.86
	HNLY-2	11.869 5	0.069 2	0.068 1	0.80	2.574 1	2.548 0	0.51	0.778 2	0.782 3	0.26
	HNLY-3	11.923 7	0.063 6	0.063 0	0.47	2.609 8	2.633 2	0.45	0.690 1	0.693 7	0.26
湖北恩施	HBES-1	11.061 3	0.075 4	0.076 5	0.72	2.586 7	2.585 2	0.03	0.688 1	0.695 2	0.51
	HBES-2	11.135 7	0.070 9	0.070 1	0.57	2.598 8	2.582 1	0.32	0.689 0	0.678 6	0.76
	HBES-3	11.174 9	0.070 1	0.068 8	0.94	2.391 1	2.401 8	0.22	0.756 2	0.767 0	0.71
四川凉山	SCLS-1	10.636 4	0.064 4	0.065 7	1.00	2.387 4	2.379 5	0.17	0.745 1	0.739 6	0.37
	SCLS-2	10.136 5	0.068 8	0.069 4	0.43	2.312 2	2.283 3	0.63	0.693 3	0.691 5	0.13
	SCLS-3	10.053 6	0.062 9	0.061 7	0.96	2.211 3	2.177 1	0.78	0.795 9	0.780 8	0.96
云南文山	YNWS-1	10.756 3	0.067 4	0.066 1	0.97	2.573 9	2.532 2	0.82	0.669 7	0.682 1	0.92
	YNWS-2	11.692 3	0.073 3	0.072 0	0.89	2.190 8	2.203 9	0.30	0.787 8	0.784 0	0.24
	YNWS-3	10.892 5	0.075 5	0.073 1	1.62	2.409 1	2.390 1	0.40	0.743 1	0.744 0	0.06
产地	编号	黄芩苷		汉黄芩素		千层纸素 A			千层纸素 A 苷		
		外标法	外标法	一测多评法	RSD	外标法	一测多评法	RSD	外标法	一测多评法	RSD
河北承德	HBCD-1	16.693 2	0.268 7	0.265 5	0.60	0.117 8	0.115 8	0.86	1.847 1	1.826 1	0.57
	HBCD-2	16.389 2	0.186 1	0.188 0	0.51	0.127 7	0.127 1	0.24	1.635 6	1.605 5	0.93
	HBCD-3	16.736 7	0.212 1	0.208 2	0.93	0.125 1	0.126 1	0.40	1.737 9	1.732 6	0.15
内蒙赤峰	NMCF-1	16.775 4	0.267 7	0.262 8	0.92	0.124 9	0.124 4	0.20	1.780 3	1.784 9	0.13
	NMCF-2	17.216 3	0.276 5	0.280 8	0.77	0.132 6	0.131 8	0.30	1.871 0	1.902 0	0.82
	NMCF-3	16.562 1	0.200 6	0.202 9	0.57	0.117 0	0.115 8	0.52	1.799 0	1.796 4	0.07
山西吕梁	SXLL-1	15.564 2	0.245 7	0.241 3	0.90	0.124 7	0.126 1	-0.56	1.762 4	1.725 0	1.07
	SXLL-2	15.538 0	0.221 2	0.225 5	0.96	0.115 7	0.116 4	0.30	1.590 2	1.621 6	0.98
	SXLL-3	15.635 0	0.194 2	0.197 4	0.82	0.131 2	0.129 7	0.57	1.721 5	1.734 6	0.38
陕西商洛	SXSL-1	14.396 1	0.175 7	0.175 0	0.20	0.087 2	0.085 2	1.16	1.488 0	1.482 0	0.20
	SXSL-2	14.655 5	0.193 6	0.190 2	0.89	0.094 5	0.093 4	0.59	1.467 9	1.447 2	0.71
	SXSL-3	14.532 0	0.164 3	0.165 3	0.30	0.075 5	0.073 8	1.14	1.500 5	1.510 4	0.33
甘肃定西	GSDX-1	12.351 1	0.159 8	0.158 1	0.53	0.076 0	0.075 7	0.20	1.312 4	1.331 6	0.73
	GSDX-2	12.124 1	0.157 6	0.160 1	0.79	0.090 3	0.092 0	0.93	1.400 4	1.397 6	0.10
	GSDX-3	12.746 9	0.195 4	0.192 0	0.88	0.085 4	0.085 1	0.18	1.404 7	1.410 7	0.21
山东临沂	SDLY-1	14.501 2	0.254 5	0.253 0	0.30	0.114 5	0.113 9	0.26	1.609 2	1.590 8	0.57
	SDLY-2	14.542 6	0.201 2	0.202 0	0.20	0.105 6	0.105 1	0.24	1.535 0	1.534 2	0.03
	SDLY-3	14.696 0	0.217 3	0.215 3	0.46	0.112 7	0.110 3	1.08	1.671 3	1.625 5	1.39
河南洛阳	HNLY-1	11.763 2	0.192 3	0.191 7	0.16	0.079 0	0.077 9	0.70	1.736 0	1.731 3	0.14
	HNLY-2	11.869 5	0.183 9	0.185 9	0.54	0.075 1	0.076 5	0.92	1.721 6	1.739 7	0.52
	HNLY-3	11.923 7	0.206 7	0.207 0	0.07	0.083 5	0.084 3	0.48	1.436 4	1.431 0	0.19
湖北恩施	HBES-1	11.061 3	0.269 3	0.271 5	0.41	0.111 5	0.111 3	0.09	1.500 9	1.506 6	0.19
	HBES-2	11.135 7	0.262 4	0.259 7	0.52	0.111 2	0.110 2	0.45	1.644 5	1.610 5	1.04
	HBES-3	11.174 9	0.257 5	0.253 5	0.78	0.102 4	0.103 5	0.53	1.479 1	1.470 0	0.31
四川凉山	SCLS-1	10.636 4	0.236 1	0.230 4	1.22	0.117 5	0.118 6	0.47	1.254 0	1.247 8	0.25
	SCLS-2	10.136 5	0.238 8	0.238 2	0.13	0.121 1	0.123 2	0.86	1.177 7	1.198 2	0.86
	SCLS-3	10.053 6	0.218 6	0.215 6	0.69	0.112 6	0.110 4	0.99	1.189 4	1.175 1	0.60
云南文山	YNWS-1	10.756 3	0.244 6	0.245 8	0.24	0.101 8	0.101 0	0.39	1.287 9	1.291 6	0.14
	YNWS-2	11.692 3	0.230 8	0.228 8	0.44	0.096 6	0.096 4	0.10	1.244 8	1.244 2	0.02
	YNWS-3	10.892 5	0.250 0	0.245 6	0.89	0.111 9	0.110 9	0.45	1.173 7	1.180 5	0.29

5 结 论

本实验建立“HPLC 指纹图谱-化学模式识别-一测多评法”三位一体策略,整合了整体性、差异性与定量分析,既展现了化学模式识别解析复杂体系的优势,也验证了一测多评法用于多组分定量的准确高效,为黄芩建立了更全面的质量控制方法,揭示了该药材地理分布特征,从而为其资源保护、合理利用与产业提升提供了科学依据。

参 考 文 献:

[1] 郑勇凤,王佳婧,傅超美,等.黄芩的化学成分与药理作用研究进展[J].中成药,2016,38(1):141-147.

[2] Koriem Khaled M M. A review on *Radix Scutellariae*: A traditional Chinese medicine with great medicinal significant[J]. *World J Tradit Chin Med*, 2024, 10(3): 284-293.

[3] Yao D Z, Xing J Q, Tang Q Y, et al. Flavonoid biosynthesis in *Scutellaria baicalensis* Georgi: Metabolomics and transcriptomics analysis[J]. *Agronomy*, 2024, 14(7): 1494.

[4] Kumar D C, Kuldeep S, Bharat B, et al. An updated review of Chinese skullcap (*Scutellaria baicalensis*): Emphasis on phytochemical constituents and pharmacological attributes[J]. *Pharmacol Res Mod Chin Med*, 2023, 9: 100326.

[5] Wen Y Q, Wang Y Z, Zhao C X, et al. The pharmacological efficacy of baicalin in inflammatory diseases[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(11): 9317.

[6] Zhao D J, Du B H, Xu J H, et al. Baicalin promotes antibacterial defenses by modulating mitochondrial function[J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2022, 621: 130-136.

[7] Li K W, Liang Y Y, Cheng A, et al. Antiviral properties of baicalin: a concise review[J]. *Rev Bras Farmacogn*, 2021, 31: 408-419.

[8] 韩志超,梁运江,赛春梅.黄芩质量形成影响因素的研究进展[J].中草药,2024,55(1):320-331.

[9] Sun Z J, Shen W, Fang W X, et al. The quality of *Scutellaria*

baicalensis Georgi is effectively affected by lithology and soil's rare earth elements (REEs) concentration[J]. *Appl Sci*, 2023, 13(5): 3086.

[10] 钱锦秀,孟武威,赵佳琛,等.经典名方中黄芩的本草考证[J].中国实验方剂学杂志,2023,29(5):84-93.

[11] 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,2020:314-315.

[12] 孟宪生,罗曦,贾梦楠,等.中药质量评价研究现状及“质-量”双标评价方法探讨[J].中草药,2023,54(22):7281-7286.

[13] Chen J, Li L F, Lin Z Z, et al. A quality-comprehensive-evaluation-index-based model for evaluating traditional Chinese medicine quality[J]. *Chin Med*, 2023, 18(1): 89.

[14] Wang Z Y, Cao B R, Yang M N. A review of quality evaluation methods for Chinese herbs and prospects for new methods[J]. *J Contemp Med Pract*, 2024, 6(2): 3.

[15] Zhang L W, Hu Y L, Zhang J L, et al. Application of chemical pattern recognition and similarity evaluation in electrochemical and HPLC-DAD fingerprints for quality consistency study of herbal medicines[J]. *Anal Chim Acta*, 2025, 1349: 343830.

[16] Yang C N, Yu X L, Zhao Y T, et al. Analysis of potential factors influencing baicalin content in *Scutellaria baicalensis* from different regions[J]. *Nat Prod Commun*, 2025, 20(4): 1-14.

[17] Lau T Y, Ng M K, Chen N, et al. Quality assurance of Chinese herbal medicines: Procedure for multiple-herb extraction[J]. *AICH E J*, 2014, 60(12): 4014-4026.

[18] Shen Y L, Yang X, Feng H L, et al. Quality assessment of *Corydalis saxicola* Bunting using quantitative analysis of multi-components by single marker and fingerprint analysis[J]. *J Sep Sci*, 2024, 47(22): e70028.

[19] 朱晶晶,王智民,高慧敏,等.一测多评法在中药质量评价中的应用研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2016,22(16):220-228.

[20] 刘昌孝,陈士林,肖小河,等.中药质量标志物(Q-Marker):中药产品质量控制的新概念[J].中草药,2016,47(9):1443-1457.