

基于UPLC指纹图谱结合化学模式的党参质量标志物预测分析

李海亮¹, 陈玉武², 王赵¹, 王莹¹, 咎珂^{1*}, 金红宇^{1*} (1. 中国食品药品检定研究院, 北京 100050; 2. 甘肃省定西市药品检验所, 定西 743000)

摘要 目的: 建立党参药材的UPLC指纹图谱, 结合化学计量学方法进行分析, 对党参的质量标志物(Q-Marker)进行预测分析, 为党参的质量评价提供科学依据。方法: 采用ACQUITY UPLC[®] BEH C₁₈色谱柱(2.1 mm×100 mm, 1.7 μm), 以乙腈-0.1%磷酸水溶液为流动相, 梯度洗脱, 流速0.3 mL·min⁻¹, 检测波长267 nm, 柱温30 °C, 进样量2 μL。采用高效液相色谱仪, 使用Agilent ZORBAX SB-C₁₈色谱柱和乙腈-0.1%磷酸水溶液进行梯度洗脱, 建立21批党参样品的UPLC指纹图谱并进行相似度评价, 采用聚类分析(HCA)、主成分分析(PCA)和正交偏最小二乘判别分析(OPLS-DA)等化学计量学方法筛选出主要差异性成分, 预测党参药材的Q-Marker。结果: 建立了党参药材UPLC指纹图谱, 确认了16个共有峰, 通过对照品共指认出7个共有峰, 分别为腺苷、色氨酸、紫丁香苷、绿原酸、党参苷I、党参炔苷、白术内酯III, 指纹图谱相似度均大于0.85, 经HCA、PCA和OPLS-DA筛选出党参苷I、党参炔苷、腺苷及色氨酸为不同产地党参药材的重要差异性成分, 可作为党参潜在的Q-Marker。结论: 通过指纹图谱结合化学计量学分析预测了党参药材潜在的Q-Marker, 为党参质量评价提供一定的参考。

关键词: 党参; 指纹图谱; 化学计量学; 质量评价; 质量标志物

中图分类号: R917 文献标识码: A 文章编号: 1002-7777(2024)06-0665-009
doi:10.16153/j.1002-7777.2024.06.008

Prediction and Analysis of Quality Markers of Codonopsis Radix by UPLC Fingerprint and Chemometric Analysis

Li Hailiang¹, Chen Yuwu², Wang Zhao¹, Wang Ying¹, Zan Ke^{1*}, Jin Hongyu^{1*} (1. National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China; 2. Dingxi City Institute for Drug Control, Dingxi 743000, China)

Abstract Objective: To establish the UPLC fingerprints of Codonopsis Radix and analyze it combined with the chemometric method, to predict and analyze the quality markers (Q-Marker) of Codonopsis Radix in order to provide a scientific basis for the quality of Codonopsis Radix. **Methods:** HPLC was launched on a ACQUITY UPLC[®] BEH C₁₈ column (2.1 mm×100 mm, 1.7 μm) by gradient elution with a mobile phase of acetonitrile-0.1% phosphoric acid aqueous solution at a flow rate of 0.3 mL·min⁻¹, detection wavelength of 267 nm, column

基金项目: 国家药监局中药材及饮片质量控制重点实验室2023年度科研项目(编号 2023GSMPA-KL10); 国家重点研发计划项目(编号 2022YFC3501505)

作者简介: 李海亮 Tel: (010) 53852464; E-mail: lihailiang@nifdc.org.cn

通信作者: 咎珂 Tel: (010) 53852092; E-mail: 6206310@qq.com

金红宇 Tel: (010) 53851413; E-mail: jhyu@nifdc.org.cn

temperature of 30 °C, and an injection volume of 2 μ L. Gradient elution was performed using Agilent ZORBAX SB-C₁₈ column and acetonitrile-0.1% phosphoric acid aqueous solution by HPLC. The UPLC fingerprints of 21 batches of *Codonopsis Radix* were established and the similarity was evaluated. The main differential components were screened by chemometric methods such as cluster analysis (HCA), principal component analysis (PCA) and orthogonal partial least squares discriminant analysis (OPLS-DA), and the Q-Marker of *Codonopsis Radix* was predicted. **Results:** The UPLC fingerprint of *Codonopsis Radix* was established, and 16 common peaks were confirmed, and 7 common peaks were identified by reference products, which were Adenosine, Tryptophan, Syringin, Chlorogenic Acid, Tangshenoside I, Lobetyolin and Atractylenolide III. The similarity of fingerprints was greater than 0.85. Using HCA, PCA and OPLS-DA, Tangshenoside I, Lobetyolin, Adenosine and Tryptophan were identified as important differential components of *Codonopsis Radix* from different regions. These components could be used as potential Q-Marker of *Codonopsis Radix*. **Conclusion:** The potential Q-Marker of *Codonopsis Radix* is predicted by fingerprint combined with chemometrics analysis, which provided a reference for quality evaluation of *Codonopsis Radix*.

Keywords: *Codonopsis Radix*; fingerprint; chemometrics methods; quality evaluation; quality marker

党参是中医临床常用补益类中药，为大宗药材之一。党参为桔梗科党参*Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.、素花党参*C. pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L. T. Shen或川党参*C. tangshen* Oliv. 的干燥根^[1]。现代药理研究表明，党参具有增强免疫功能、保护胃肠道黏膜、抗病毒、抗氧化和抗疲劳的作用，可改善造血功能、调节血压、增强心血管功能等作用^[2-7]。党参多为栽培品，主要产于甘肃、山西、四川、陕西等地区，其中甘肃为党参主产区，占全国总产量的80%以上^[8]。党参的化学成分丰富，主要有糖类、聚炔类、生物碱类、苯丙素类、黄酮类、萜类、皂苷类、有机酸、氨基酸类等成分^[9-11]。党参也是药食同源用中药材，其应用较为广泛，可用于保健食品、保健药品、保健化妆品等，也常作为茶、酒、汤、粥等的膳食补充剂^[12]。

2020年版《中华人民共和国药典》（以下简称《中国药典》）以薄层色谱鉴别法和浸出物含量作为党参的主要质量控制指标，指标相对单一，难以满足党参药材的质量控制与评价要求。因此，如何获得较为全面的党参指标性成分进行质量评价尤为重要。本研究采用指纹图谱对党参主要化学成分进行整体表征，结合聚类分析（HCA）、主成分分析（PCA）和正交偏最小二乘法判别分析（OPLS-DA）等化学计量学技术对党参进行整合分析，筛选党参的质量标志物（Q-Marker），为党参的质量评价和标准完善提供一定的科学依据。

1 材料

1.1 仪器

Waters Acquity Premier型超高效液相色谱仪（包括PDA检测器、Empower3工作站，Waters公司），XS105DU电子天平（梅特勒-托利多仪器有限公司），KQ-500E超声波清洗器（昆山超声仪器有限公司）Milli-Q超纯水处理系统（Millipore公司），Centrifuge 5424R超速离心机（Eppendorf公司）。

1.2 试药

对照品：腺苷（批号110879-202204，纯度99.4%）、色氨酸（批号140686-202205，纯度100.0%）、紫丁香苷（批号111574-202106，纯度94.3%）、绿原酸（批号110753-202119，纯度%）、白术内酯Ⅲ（批号111978-202302，纯度%）均由中国食品药品检定研究院提供；党参炔苷（批号ST00730220，纯度95.0%）、党参苷I（批号STC5680105，纯度98.0%）均购于上海诗丹德标准技术服务有限公司。甲醇、乙腈、磷酸均为色谱纯购自DIKMA公司，水为超纯水。

1.3 药材

党参药材分别来自甘肃省定西市陇西县（S1~S10号样品）、甘肃省定西市岷县（S11~S18号样品）、山西省建宁县（S19~S21号样品），经中国食品药品检定研究院咎珂副研究员鉴定为桔梗科党参*Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.的干燥根。

2 方法与结果

2.1 色谱条件

ACQUITY UPLC[®] BEH C₁₈ (2.1 mm × 100 mm, 1.7 μm) 色谱柱; 流动相为乙腈(A) - 0.1% 磷酸水溶液(B), 梯度洗脱(0 ~ 5 min, 5% A → 10% A; 5 ~ 10 min, 10% A → 15% A; 10 ~ 20 min, 15% A → 20% A; 20 ~ 26 min, 20% A → 30% A; 26 ~ 35 min, 30% A → 90% A); 流速 0.3 mL · min⁻¹; 柱温 30 °C; 检测波长 267 nm; 进样体积 2 μL。

2.2 混合对照品溶液的制备

分别取腺苷、色氨酸、紫丁香苷、绿原酸、党参苷 I、党参炔苷、白术内酯 III 的对照品适量, 加甲醇制成质量浓度分别为 1062.8、1007.3、795.9、990.7、498.8、1058.78、839.75 μg · mL⁻¹ 的混合溶液, 即得。

2.3 供试品溶液的制备

将样品粉碎后过 3 号筛, 取样品 1.0 g, 精密称定, 置于具塞锥形瓶中, 精密加入 70% 甲醇 25 mL, 密塞, 摇匀, 称量, 超声提取 (500 W, 40 kHz) 60 min, 放冷, 再称量, 用 70% 甲醇补足减失的量, 摇匀, 离心 (6000 r · min⁻¹, 5 min), 取上清液, 0.22 μm 微孔滤膜滤过, 取续滤液, 即得。

2.4 指纹图谱方法学考察

2.4.1 精密度试验

取 S1 号样品, 按照 “2.3” 项下方法制备供试品溶液, 按照 “2.1” 项下的色谱条件连续进样 6 次, 记录色谱图, 以党参苷 I 色谱峰为参照峰, 计算各 16 个共有峰的相对保留时间与相对峰面积的 RSD。结果, 共有峰相对保留时间的 RSD 均小于 0.5%, 相对峰面积的 RSD 均小于 1.0%, 表明该仪器精密度符合要求。

2.4.2 稳定性试验

称取 S1 号样品 1 g, 按照 “2.3” 项下方法制备供试品溶液, 分别在制备溶液后 0、2、4、8、12、24、48 h 按照 “2.1” 项下色谱条件进样, 记录共有峰的色谱峰面积, 以党参苷 I 色谱峰为参照峰, 结果, 各共有峰相对保留时间以及相对峰面积的 RSD 均小于 2.0%, 表明供试品溶液在 48 h 内稳定性良好。

2.4.3 重复性试验

称取 S1 号样品 6 份, 分别按照 “2.3” 项下方法制备供试品溶液, 按 “2.1” 项下色谱条件进行测定, 记录 16 个共有峰。以党参苷 I 色谱峰为参照峰, 计算共有峰的相对保留时间与相对峰面积的 RSD。结果, 各共有峰相对保留时间以及相对峰面积的 RSD 均小于 1.0%, 表明该方法的重复性良好。

2.5 药材指纹图谱的建立及共有峰指认

对 21 批党参样品按 “2.3” 项下方法处理, 按 “2.1” 项下色谱条件进样分析, 记录样品色谱图, 导入 “中药色谱指纹图谱相似度评价系统” (2012 版) 软件, 以 S1 号样品色谱图作为参照, 将时间窗宽度设为 0.1 min, 采用多点校正和全谱峰匹配生成 21 批样品指纹图谱共有模式图谱 (R), 见图 1。指纹图谱中标定了 16 个共有峰, 通过对照品的色谱图及保留时间对比, 共指认出 7 个共有峰, 分别为 1 号峰 (腺苷)、4 号峰 (色氨酸)、5 号峰 (紫丁香苷)、6 号峰 (绿原酸)、9 号峰 (党参苷 I)、12 号峰 (党参炔苷) 以及 16 号峰 (白术内酯 III), 选择分离度较好、峰面积较高、出峰时间居中的 9 号峰 (党参苷 I) 为参照峰, 见图 2。

2.6 指纹图谱相似度评价

将 21 批党参样品指纹图谱与对照指纹图谱进行相似度评价, 各批党参样品指纹图谱相似度均大于 0.85, 其中 S1 ~ S10 号样品指纹图谱的相似度范围为 0.85 ~ 0.88, S11 ~ S21 号样品指纹图谱的相似度范围为 0.91 ~ 0.98, 见表 1。结果表明, 不同产地的党参成分具有一定的相似性, 但成分含量上具有一定的差别。

2.7 化学计量学分析

2.7.1 HCA

采用 SPSS 26.0 软件, 以 21 批党参样品指纹图谱中 16 个共有峰的峰面积为变量, 采用组间连接的 HCA, 以平方欧式距离为区间进行系统聚类分析, 当距离刻度为 5 时, 21 批党参样品可分为 3 类: 产地定西市陇西县的 S1 ~ S10 样品为第一类, 定西市岷县的 S11 ~ S18 号样品为第二类, 山西省建宁县的 S19 ~ S21 号样品为第三类; 当距离刻度为 10 时, 可分为 2 类: S1 ~ S10 号样品为第一类, S11 ~ S21 号样品为第二类, 结果见图 3。

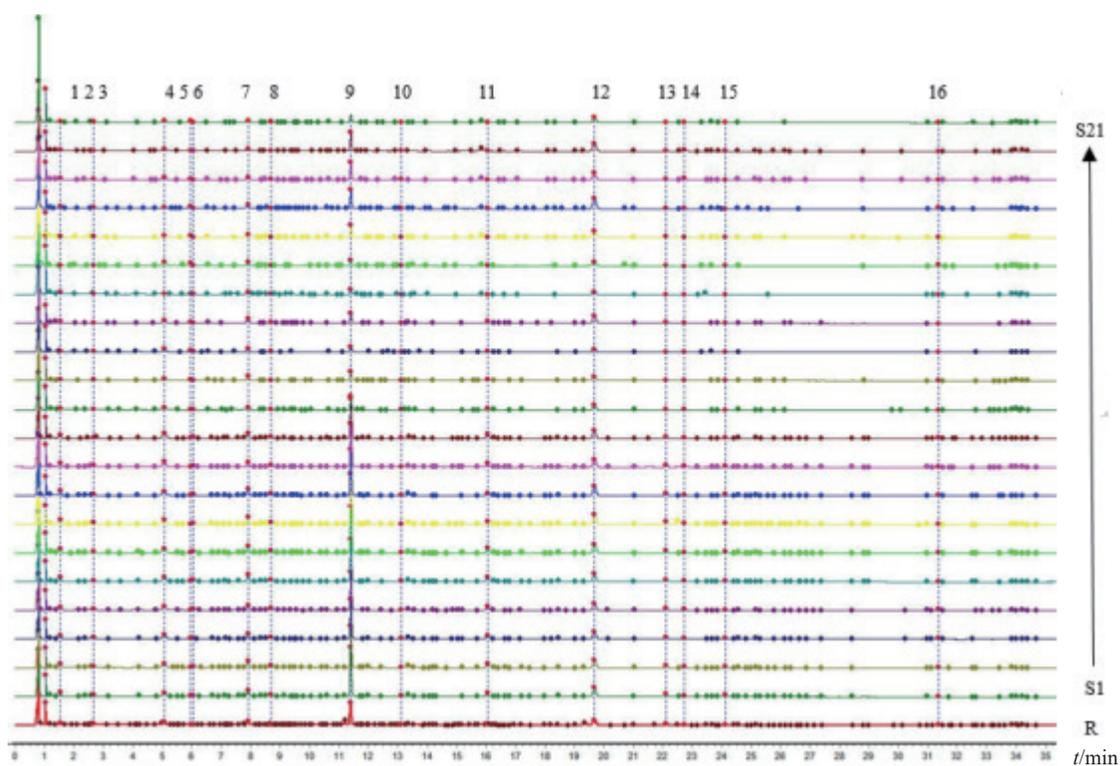
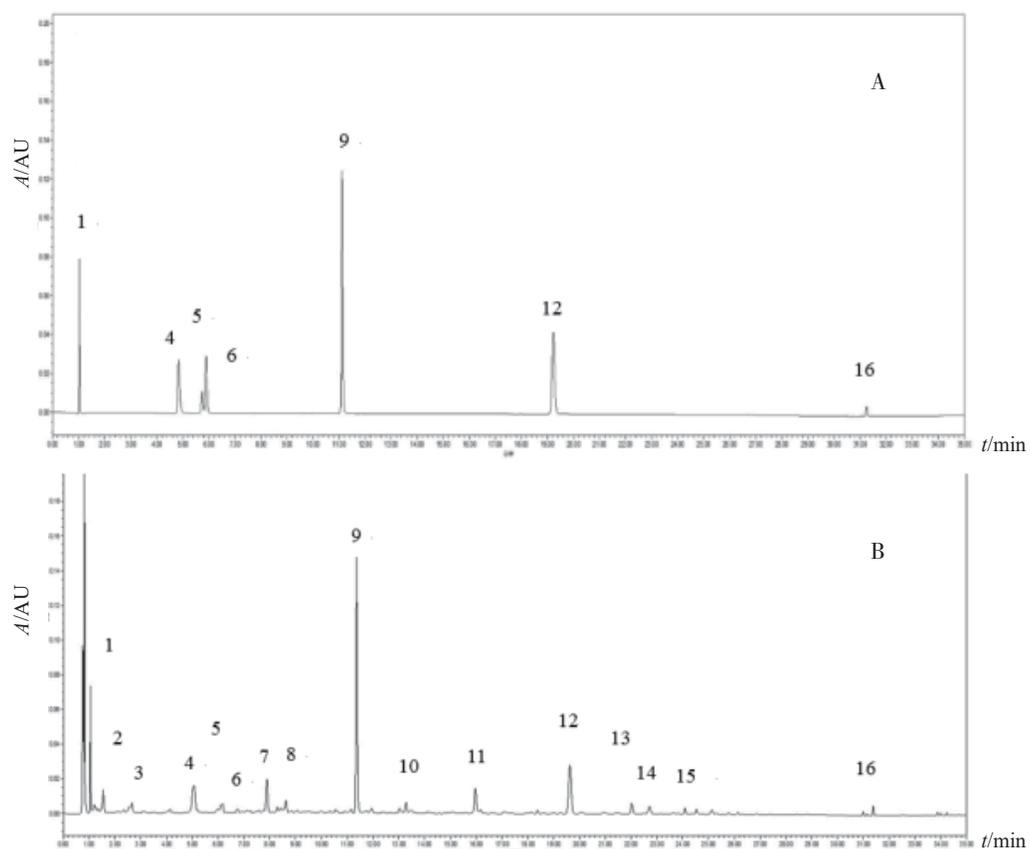


图 1 21 批党参样品 UPLC 指纹图谱



A. 党参供试品溶液; B. 混合对照品溶液;

1. 腺苷; 4. 色氨酸; 5. 紫丁香苷; 6. 绿原酸; 9. 党参苷 I; 12. 党参炔苷; 16. 白木内酯 III。

图 2 药味 - 成分 Upset 图

表1 21批党参样品指纹图谱相似度评价

编号	相似度	编号	相似度	编号	相似度
S01	0.855	S08	0.879	S15	0.955
S02	0.871	S09	0.867	S16	0.908
S03	0.868	S10	0.875	S17	0.960
S04	0.872	S11	0.973	S18	0.952
S05	0.880	S12	0.973	S19	0.953
S06	0.865	S13	0.912	S20	0.946
S07	0.875	S14	0.950	S21	0.939

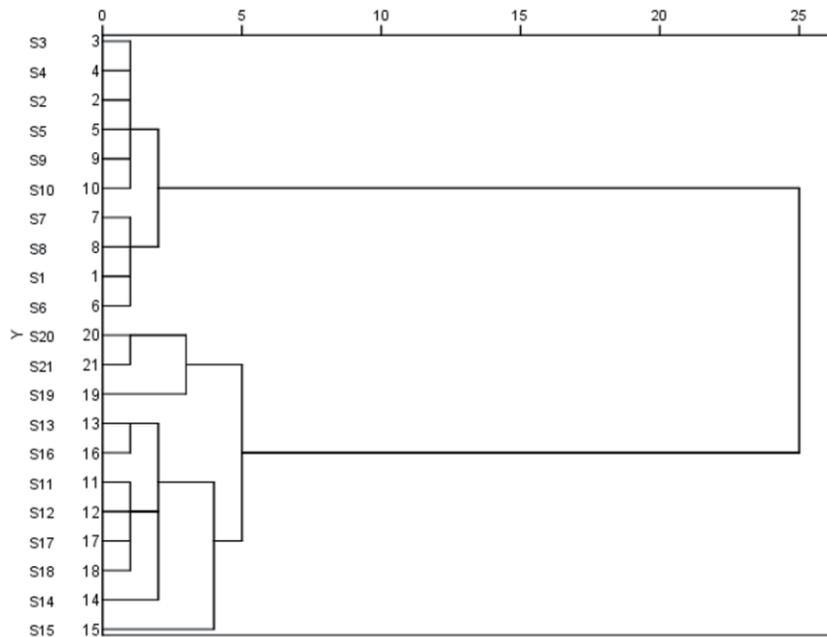


图3 党参样品的聚类分析

2.7.2 PCA

以16个共有峰的峰面积为变量，对21批样品进行PCA，对峰面积进行标准化处理，KMO检验统计量为0.504，Bartlett's球形检验显著性为小于0.01，表明适合进行PCA。以特征值大于1为标准，提取出3个主成分，特征值分别为9.710、2.317、1.476，方差贡献率分别为60.686%、14.479%、9.224%，累计方差贡献率为84.389%，表明提取的3个主成分能够比较全面地表征药材信息，见表2。

主成分矩阵反映了各主成分与已指认的16个共有峰即原始变量之间的相关系数，结果见表3，第一主成分主要反映了峰2、峰3、峰4（色氨酸）、峰7、峰8、峰9（党参苷I）、峰10、峰11、峰12（党参炔苷）、峰13、峰14的信息，第二主成分主要反映了峰5（紫丁香苷）、峰6（绿原酸）的信息，第三主成分主要反映了峰1（腺苷）、峰16（白术内酯III）的信息。

表2 特征值及方差贡献率

成分	特征值	方差贡献率 /%	累积方差贡献率 /%
1	9.710	60.686	60.686
2	2.317	14.479	75.165
3	1.476	9.224	84.389

表3 主成分矩阵

共有峰	成分		
	1	2	3
峰9 (党参苷 I)	0.982	-0.017	-0.006
峰8	0.974	-0.011	0.136
峰13	0.962	-0.062	0.085
峰10	0.945	0.035	-0.022
峰4 (色氨酸)	0.878	0.085	0.057
峰7	0.875	0.191	-0.093
峰15	0.874	-0.176	-0.153
峰14	0.864	0.050	0.029
峰3	0.783	-0.030	0.293
峰11	0.778	-0.157	-0.274
峰2	0.728	-0.297	0.418
峰12 (党参炔苷)	0.724	0.288	-0.390
峰6 (绿原酸)	0.086	0.942	0.136
峰5 (紫丁香苷)	-0.500	0.838	0.035
峰1 (腺苷)	-0.462	-0.392	0.738
峰16 (白术内酯 III)	0.433	0.541	0.602

以SIMCA14.1分析软件进行PCA, 建立无监督的识别模式, 观察样品之间的类别差异。由得分矩阵图可见, 21批样品大致被分为2类, S1~S10号

样品为第一类, S11~S21号样品为第二类, HCA和PCA的结果基本一致, 结果见图4。结果表明不同产地的党参化学成分的含量存在明显差异。

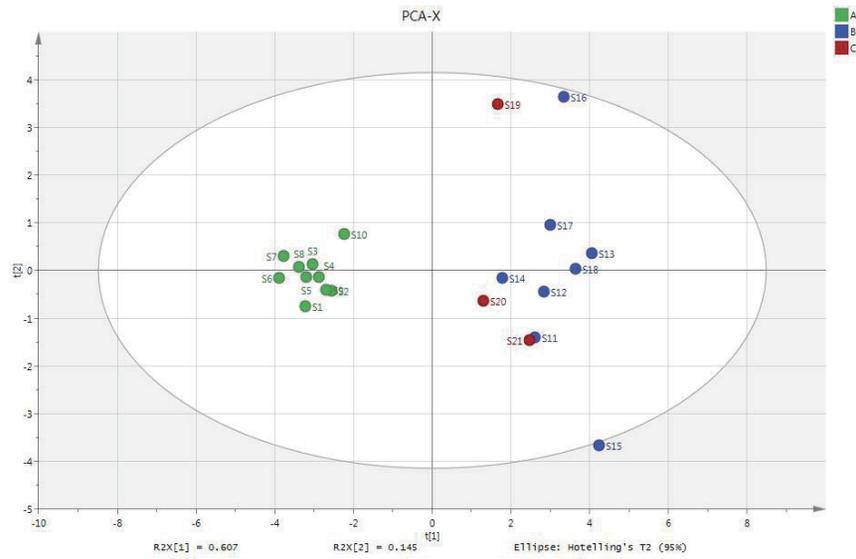


图4 21批样品的PCA得分图

2.7.3 OPLS-DA

为更好地分析样品差异，本研究在PCA的基础上进一步采用有监督模式的OPLS-DA法进行分析，筛选出不同产地党参的差异贡献率较大的成分。将21批样品指纹图谱中确认的16个共有峰面积作为变量导入SIMCA 14.1软件，进行OPLS-DA建模，模型得分图见图5，21批样品可分为3类：S1~S10号样品为第一类，S11~S18号样品为第二类，S19~S21号样品为第三类。为验证所建立的OPLS-DA模型的准确性，对模型进行200次置换检测进行内部验证，结果如图6所示，左边的 R^2 点和 Q^2 点均低于右边，斜率为正值， Q^2 点的回归线与纵轴相交点原点以下，表明所建模型未出现过拟合

现象，结果可靠，具有较好的预测能力，可用于进一步的数据分析，进行差异成分的筛选。结合变量重要性排序预测值（VIP），进一步确认对样品分类贡献度较大的成分。VIP值越大，表明贡献程度越大，该成分对样品的组间差异贡献越大，从而筛选出引起质量差异的重要Q-Marker。对确认的16个共有峰进行VIP分析，结果见图7。一般认为VIP大于1在组分中发挥重要的作用，共筛选出4个Q-Marker，为党参苷I（峰9）、党参炔苷（峰12）、腺苷（峰1）及色氨酸（峰4）（按VIP值由大到小排序），说明党参苷I、党参炔苷、腺苷及色氨酸对分类的贡献程度较高，可作为为党参的Q-Marker。

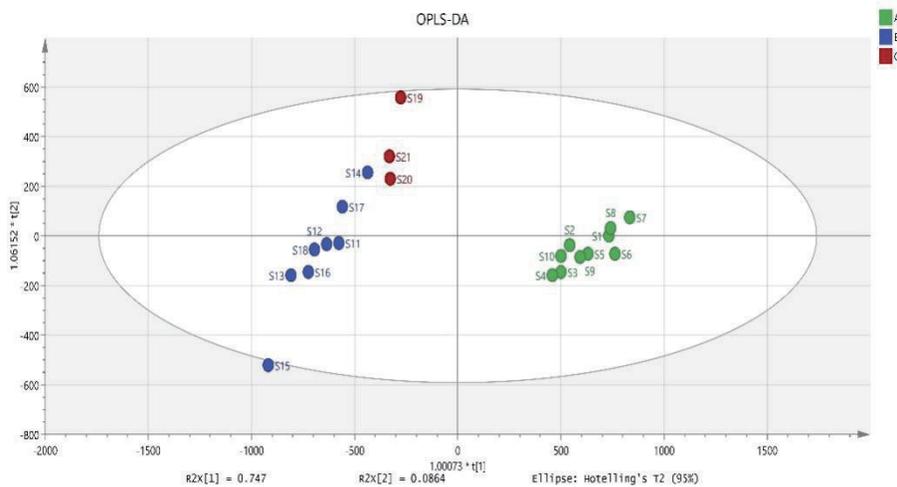


图5 不同产地党参样品 OPLS-DA 得分图

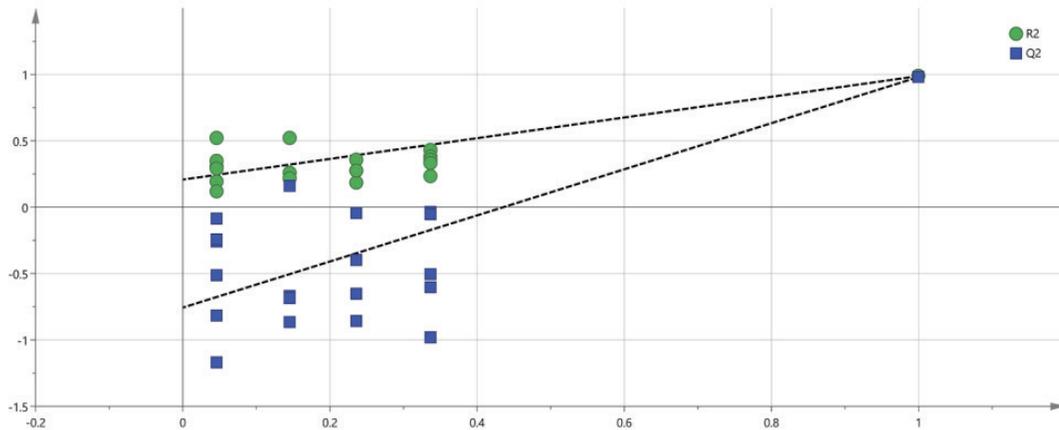


图6 OPLS-DA模型置换检验

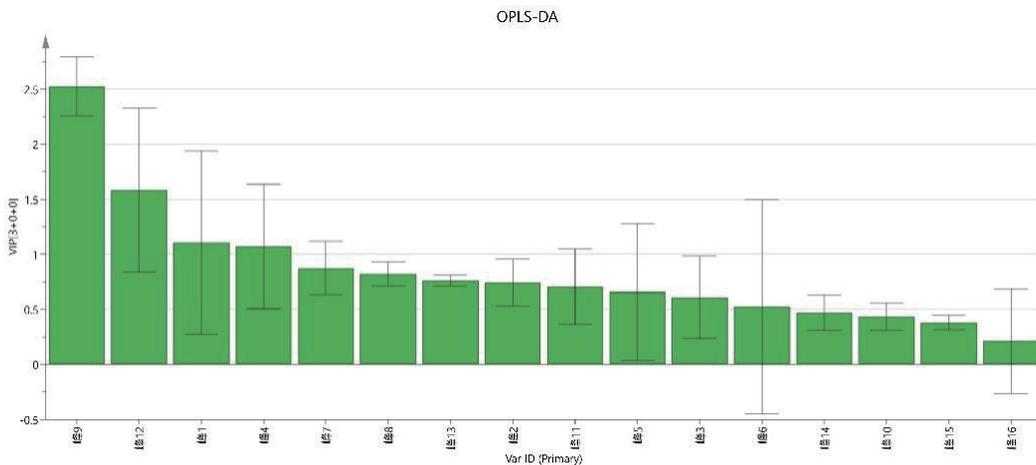


图7 21批样品中16个共有峰化学成分的VIP

3 讨论与小结

本试验以各成分色谱峰的数量和分离度作为考察指标,分别考察了样品的不同提取方式(超声、回流)、不同体积分数(10%、30%、50%、70%、100%)甲醇提取、不同提取时间(30、45、60、90 min)以及不同料液比(1:10、1:25、1:50),最终确定了党参供试品溶液的最佳制备方法,即以70%甲醇为提取溶剂,料液比1:25,超声提取60 min,超声功率500 W、40 kHz。通过UPLC紫外吸收光谱全波长扫描分析,发现检测波长为267 nm时,出峰数目较多,各色谱峰之间分离度良好,基线平稳,UPLC指纹图谱色谱峰丰富,符合含量测定要求,能够较为全面地体现出党参中的化学成分信息,故选择267 nm为检测波长。另外,考察了甲醇-水溶液、甲醇-0.1%磷酸水溶液、乙腈-水溶液、乙腈-0.1%磷酸水溶液等不同流动相体系,最终发现乙腈-0.1%磷酸水溶液

为流动相时色谱分离较好,并通过色谱条件的进一步优化,最终确定以乙腈-0.1%磷酸水作为流动相进行梯度洗脱,流速 $0.3 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,柱温 $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2020年版《中国药典》中党参的质量标准仅有定性检测和浸出物的规定,缺少指标性成分的含量测定控制。目前,对党参含量测定的研究主要以单一或两种成分为主,如党参炔苷、紫丁香苷和苍术内酯Ⅲ等的含量测定^[13-19],质量评价指标单一。中药化学成分复杂,多个有效成分的综合评价方法是中药质量控制方法的趋势^[20-21]。

本研究采用UPLC指纹图谱并结合PCA、OPLS-DA化学模式识别方法,对不同产地的党参进行综合质量评价研究,建立了UPLC指纹图谱评价方法,并对其Q-Marker进行预测分析。建立的UPLC指纹图谱方法稳定、简便,PCA聚类结果与样本采集时间高度吻合,OPLS-DA预测的影响党参药材的4个Q-Marker,党参苷I(峰9)、党参

炔苷(峰12)、腺苷(峰1)及色氨酸(峰4)可为党参药材质量控制与评价提供参考。

党参作为常用的大宗中药材之一,化学成分较为复杂,药理作用广泛,党参的质量标准研究中缺少具有整体性成分的含量测定方法,有必要建立科学、全面的质量控制方法。本研究建立了党参的指纹图谱分析方法,该方法稳定可靠,可用于不同产地党参的指纹图谱研究,通过指纹图谱和化学计量学手段,筛选出党参中潜在的Q-Marker,可为全面建立党参质量评价方法及质量标准提供一定的科学依据。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国药典:一部[S]. 2020: 172.
- [2] Bai RB, Zhang YJ, Fan JM, et al. Immune-enhancement Effects of Oligosaccharides from *Codonopsis pilosula* on Cyclophosphamide Induced Immunosuppression in Mice[J]. Food Funct, 2020, 11: 3306-3315.
- [3] Li JK, Wang T, Zhu ZC, et al. Structure Features and Anti-gastric Ulcer Effects of Inulin-type Fructan CP-A from the Roots of *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf[J]. Molecules, 2017, 22: 2258.
- [4] Ming K, Chen Y, Yao FK, et al. Phosphorylated *Codonopsis pilosula* Polysaccharide could Inhibit the Virulence of Duck Hepatitis A Virus Compared with *Codonopsis pilosula* Polysaccharide[J]. Int J Biol Macromol, 2017, 94 (Pt A): 28-35.
- [5] Gao SM, Liu JS, Wang M, et al. Exploring on the BioactiveMarkers of *Codonopsis Radix* by Correlation Analysis between Chemical constituents and Pharmacological Effects[J]. J Ethnopharmacol, 2019, 236: 31-41.
- [6] Xie Q, Sun YT, Cao LL, et al. Antifatigue and Antihypoxia Activities of Oligosaccharides and Polysaccharides from *Codonopsis pilosula* in Mice[J]. Food Funct, 2020, 11 (7): 6352-6362.
- [7] He RP, Jin Z, Ma RY, et al. Network Pharmacology Unveils Spleen-fortifying Effect of *Codonopsis Radix* on Different Gastric Diseases Based on Theory of "Same Treatment for Different Diseases" in Traditional Chinese Medicine[J]. Chin Herb Med, 2021, 13 (2): 189-201.
- [8] Bai RB, Wang YP, Fan JM, et al. Intra-regional Classification of *Codonopsis Radix* Produced in Gansu Province (China) by Multi-elemental Analysis and Chemometric Tools[J]. Sci. Rep, 2022, 12: 8549.
- [9] 谢琦,程雪梅,胡芳弟,等.党参化学成分、药理作用及质量控制研究进展[J].上海中医药杂志,2020,54(8):94-104.
- [10] 黄圆圆,张元,康利平,等.党参属植物化学成分及药理活性研究进展[J].中草药,2018,49(1):239-250.
- [11] 边惠琴,武晓玉,夏鹏飞,等.党参的研究进展及质量标志物的预测分析[J].华西药学杂志,2022,37(3):337-344.
- [12] 苏圆,奚佳玉,史奇,等.药食同源中药党参的研究进展[J].中草药,2023,54(8):2607-2617.
- [13] 陈前锋,邓小艳,祝慧凤.HPLC法测定不同产地党参中党参炔苷和丁香苷的含量[J].食品工业科技,2016,37(6):64-67.
- [14] 王爱娜,秦雪梅,张勇,等.高效液相色谱法测定不同产地党参中苍术内酯Ⅲ的含量[J].中国药学杂志,2005,40(18):1436-1437.
- [15] 邹元锋,刘莎,陈兴福,等.RP-HPLC同时测定党参中党参炔苷与苍术内酯Ⅲ[J].药物分析杂志,2011,31(5):923-926.
- [16] 张丽芬,戴晖.高效液相色谱法测定党参中党参多糖、党参炔苷的含量[J].临床合理用药杂志,2016,9(28):91-92.
- [17] 贡东军,陈培云,庞艳苹,等.党参中党参炔苷和苍术内酯Ⅲ含量的反相高效液相色谱法同时测定[J].时珍国医国药,2015,26(1):70-72.
- [18] 关琳静.不同来源党参成分含量测定及党参HPLC特征图谱研究[D].太原:山西医科大学,2015.
- [19] 刘养清,赵平,巫剑峰,等.党参饮片中党参内酯和党参炔苷的相关性研究[J].药物分析杂志,2008,28(11):1841.
- [20] 刘军玲,张亚中,程世云,等.双标多测法测定补骨脂中补骨脂苷、异补骨脂苷、补骨脂素、异补骨脂素的含量[J].药物分析杂志,2020,40(10):1799
- [21] Wang QJ, Yu XL, Sun L, et al. Fingerprint Analysis of Phenolic Acid Extract of *Salvia miltiorrhiza* by Digital Reference Standard Analyzer with One or Two Reference Standards[J]. Chin Med, 2021, 16 (1): 1-16.

(收稿日期 2024年5月6日 编辑 郑丽娥)