食品工业科技
SCIENCE AND TECHNOLOGY OF FOOD INDUSTRY
半月刊 ISSN 1002-0306 CN 11-1759/TS
☑ EI ☑ Scopus ☑ DOAJ ☑ EBSCO ☑ CA ☑ FSTA ☑ JST
☑ 北大核心期刊 ☑ 中国精品科技期刊 ☑ 中国科技核心期刊CSTPCD ☑ 中国核心学术期刊RCCSE ☑ 世界期刊影响力指数（WJCI）报告 ☑ 食品科学与工程领域高质量科技期刊分级目录第一方阵T1

贵州不同区域乌、红天麻质量差异分析

杨肖衣，唐成林，符凌玮，李 玮，吴珊珊，肖伟香，侯晓杰，林 昶

Quality Difference Analysis of Wu and Hong *Gastrodia elata* in Different Regions of Guizhou

YANG Xiaoyi, TANG Chenglin, FU Lingwei, LI Wei, WU Shanshan, XIAO Weixiang, HOU Xiaojie, and LIN Chang

在线阅读 View online: https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023030053

杨肖衣, 唐成林, 符凌玮, 等. 贵州不同区域乌、红天麻质量差异分析 [J]. 食品工业科技, 2024, 45(17): 241−251. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023030053

YANG Xiaoyi, TANG Chenglin, FU Lingwei, et al. Quality Difference Analysis of Wu and Hong *Gastrodia elata* in Different Regions of Guizhou[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(17): 241−251. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023030053

· 分析检测 ·

贵州不同区域乌、红天麻质量差异分析

杨肖衣[1,2], 唐成林[3], 符凌玮[1], 李　玮[1,4,*], 吴珊珊[1,4,*], 肖伟香[1], 侯晓杰[1,4], 林　昶[1,4]

（1.贵州中医药大学, 贵州贵阳 550025;
2.印江土家族苗族自治县人民医院, 贵州印江 555299;
3.贵州省农作物技术推广总站, 贵州贵阳 550001;
4.贵州中药民族药材产地加工与饮片炮制中心, 贵州贵阳 550000）

摘　要: 目的：通过分别建立贵州不同区域乌、红天麻 HPLC 指纹图谱共有模式，并测定贵州不同区域乌、红天麻中 8 种化学成分含量，初步分析贵州不同区域乌、红天麻化学成分质量差异。方法：采用 HPLC 法，色谱柱 Waters-C_{18}（4.6×250 mm；5 μm）以十八烷基硅烷键合硅胶为填充剂，以 0.1% 甲酸为流动相 A；以乙腈为流动相 B，流速 1 mL/min；柱温 30 ℃，波长 270 nm，梯度洗脱，建立 15 批乌天麻、10 批红天麻指纹图谱共有模式，利用聚类分析、主成分分析法、正交偏最小二乘法-判别分析、Person 相关性分析等多元统计分析方法确定贵州不同区域乌、红天麻化学成分含量是否存在差异，同时测定腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、对羟基苯甲醛、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 8 个化学成分含量。结果：15 批乌天麻相似度均在 0.868~0.986，10 批红天麻相似度在 0.919~0.990，共标定 15 个共有峰，指认 8 个共有峰。根据聚类分析、主成分分析法和正交偏最小二乘法-判别分析发现贵州不同区域乌、红天麻具有明显的地域差异且不同区域天麻差异化学成分为腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、巴利森苷 B、巴利森苷 A；化学成分含量测定和 Person 相关性分析结果表明产地与天麻素、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量具有相关性，黔产天麻不同品种乌、红天麻与腺苷、天麻素、巴利森苷 C 含量具有相关性。结论：贵州不同区域乌、红天麻在具有地域差异的同时还存在品种差异，其中腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量可能是贵州不同区域天麻质量差异成分，腺苷、天麻素、巴利森苷 C 含量可能是黔产天麻不同品种乌、红天麻的质量差异成分；该质量分析方法操作简单、稳定、可靠，可以为后续贵州不同区域乌、红天麻药材进一步质量评价研究提供理论参考。

关键词: 贵州天麻, 不同品种, 指纹图谱, 质量, 多元统计分析

中图分类号: TS201.2　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1002−0306(2024)17−0241−11

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023030053　　本文网刊:

Quality Difference Analysis of Wu and Hong *Gastrodia elata* in Different Regions of Guizhou

YANG Xiaoyi[1,2], TANG Chenglin[3], FU Lingwei[1], LI Wei[1,4,*], WU Shanshan[1,4,*], XIAO Weixiang[1], HOU Xiaojie[1,4], LIN Chang[1,4]

（1.Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550025, China;
2.People's Hospital of Yinjiang Tujia and Miao Autonomous County, Yinjiang 555299, China;
3.Guizhou Provincial Crop Technology Extension Station, Guiyang 550001, China;
4.Guizhou Traditional Chinese Medicine National Medicinal Materials Processing and Pieces Processing Center, Guiyang 550000, China）

收稿日期: 2023−03−06

基金项目: 中药材生产技术标准制定项目（XATH[GZ]2020/42）; 贵州省中医药管理局中医药、民族医药科学技术研究课题项目（QZYY-2021-084）; 国家中医药管理局省级中药炮制技术传承基地项目（国中医药科技 [2015]086 号）。

作者简介: 杨肖衣（1996−）, 女, 硕士, 中药师, 研究方向: 中药及民族药的资源分类鉴定与质量控制研究, E-mail: 2035424056@qq.com。

*** 通信作者:** 李玮（1964−）, 男, 本科, 教授, 研究方向: 中药材加工与炮制研究, E-mail: 3304676447@qq.com。
吴珊珊（1988−）, 女, 博士, 副教授, 研究方向: 中药炮制学原理研究, E-mail: 569222020@qq.com。

Abstract: Objective: To establish the common mode of HPLC fingerprints of Wu and Hong Tianma in different regions of Guizhou, and to determine the contents of 8 chemical components in Wu and Hong Tianma in different regions of Guizhou, and to preliminarily analyze the quality differences of chemical components in Wu and Hong Tianma in different regions of Guizhou. Method: HPLC method was used with Waters-C_{18} (4.6×250 mm; 5 μm) with octadecylsilane bonded silica gel as filler, 0.1 % formic acid as mobile phase A, acetonitrile as mobile phase B, flow rate 1 mL/min, the column temperature was 30 ℃, the wavelength was 270 nm, and the gradient elution was used to establish the common mode of fingerprints of 15 batches of Wu Tianma and 10 batches of Hong Tianma. Cluster analysis, principal component analysis, orthogonal partial least squares-discriminant analysis, Person correlation analysis and other multivariate statistical analysis methods were used to determine whether there were differences in the content of chemical components of Wu Tianma and Hong Tianma in different regions of Guizhou. The contents of adenosine, gastrodin, p-hydroxybenzyl alcohol, parishin E, p-hydroxybenzaldehyde, parishin B, parishin C and parishin A were determined. Results: The similarity of 15 batches of Wu Tianma was 0.868~0.986, and the similarity of 10 batches of Hong Tianma was 0.919~0.990. A total of 15 common peaks were calibrated and 8 common peaks were identified. According to cluster analysis, principal component analysis and orthogonal partial least squares-discriminant analysis, Wu and Hong Tianma in different regions of Guizhou had obvious regional differences and the different chemical components of Tianma in different regions were adenosine, gastrodin, p-hydroxybenzyl alcohol, parishin E, parishin B and parishin A. The results of chemical components determination and Person correlation analysis showed that there was a correlation between the production areas and the contents of gastrodin, parishin C and parishin A, and there was a correlation between the different varieties of Wu Tianma and Hong Tianma and the contents of adenosine, gastrodin and parishin C. Conclusion: Wu Tianma and Hong Tianma in different regions of Guizhou have regional differences as well as variety differences. The contents of adenosine, gastrodin, p-hydroxybenzyl alcohol, parishin E, parishin B, parishin C and parishin A may be the quality difference components of Tianma in different regions of Guizhou. The contents of adenosine, gastrodin and parishin C are the quality difference components of different varieties of Wu Tianma and Hong Tianma in Guizhou. The quality analysis method is simple, stable and reliable, which can provide theoretical reference for further quality evaluation of Wu and Hong Tianma in different regions of Guizhou.

Key words: Guizhou Tianma; different varieties; fingerprint; quality; multivariate statistical analysis

天麻为兰科植物天麻 *Gastrodia elata* Bl.的干燥块茎[1], 又名定风草, 赤箭、鬼督邮。性甘平, 归肝经, 具有息风止痉, 平抑肝阳, 祛风通络等功效, 常治疗小儿惊风, 癫痫抽搐, 破伤风, 头痛眩晕, 手足不遂, 肢体麻木, 风湿痹痛; 现代药理研究表明天麻具有抗抑郁、改善睡眠、抗惊厥、抗炎、镇痛、调节血压[2−7] 等药效, 临床应用范围较广, 也是民间常用的养生保健品之一。

天麻品种繁多, 大部分地区主要以乌天麻、红天麻、乌红杂交天麻等品种为主, 少数地区种植有绿天麻和黄天麻两类品种。相关研究表明, 不同产地天麻样品指纹图谱相似度差别较大且多种化学成分含量差异较大[8−9]; 同一产地的天麻药材, 品种不同, 化学成分含量也存在差异[10−11]。中药指纹图谱技术能较全面反应药材总体化学成分信息, 一方面可广泛用于药材的真伪鉴别, 还用于中药材的质量控制研究[12−13]; 诸如单味药艾叶、山楂核、当归、升麻、何首乌[14−18] 等都在中药指纹图谱的基础上测定了化学成分含量, 建立了相应的质量评价方法, 表明该方法在中药质量评价研究领域得到了广泛的应用。因此运用中药指纹图谱技术结合多指标成分含量测定建立天麻的质量评价方法, 对保证天麻的药用和食用价值具有重要意义。

随着天麻药材被认定为药食两用试点品种之一, 需求量越来越大, 市场常出现供不应求, 导致市售天麻品质良莠不齐。贵州作为天麻药材道地产区, 目前以贵州大方、贵州德江、贵州黎平、贵州毕节七星关区四个产地产量较大, 其中贵州德江、贵州大方两个产区分别在 2007 年、2008 年获得国家质检总局授予的国家地理标志保护产品, 表明贵州德江、贵州大方两个主产区生产的天麻药材品质得到了认可[19−20], 但具体贵州不同区域内乌、红天麻是否存在化学成分差异方面的研究还鲜有报道, 因此本试验主要收集贵州四个主产区乌、红天麻药材共 25 批, 且在初步建立黔产乌、红天麻指纹图谱共有模式, 寻找贵州不同产地、不同品种乌、红天麻药材质量差异化学成分基础上, 同时结合化学计量法对天麻药材主要药理活性成分进行定性定量分析, 以期为建立符合实际的“贵天麻”品牌质量评价体系提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

实验所收集的 25 批黔产天麻主要产自大方(DF)、德江(DJ)、黎平(LP)、毕节七星关区(毕节或 BJ)等贵州 4 个主产区, 经贵州中医药大学药学院魏升华教授鉴定为兰科植物天麻 *Gastrodia elata* Bl.的干燥块茎, 具体样品来源信息见表 1; 乙腈、甲酸 色谱纯, 天津市科密欧化学试剂有限公司; 甲醇 分析纯, 天津富宇精细化工有限公司; 天麻素 纯度≥ 98%, 贵州迪大科技有限公司; 腺苷、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、对羟基苯甲醛、巴利森苷 B、巴利森苷

C、巴利森苷 A　纯度≥98%，成都埃法生物科技有限公司；纯净水　怡宝。

表 1　天麻样品来源信息

Table 1　Source information of *Gastrodia elata* samples

编号	类型	产地	简称	编号	类型	产地	简称
S1	红天麻	贵州大方	DF-1	S14	乌天麻	贵州大方	DF-10
S2	红天麻	贵州大方	DF-2	S15	乌天麻	贵州黎平	LP-2
S3	红天麻	贵州大方	DF-3	S16	乌天麻	贵州黎平	LP-3
S4	红天麻	贵州大方	DF-4	S17	乌天麻	贵州黎平	LP-4
S5	红天麻	贵州大方	DF-5	S18	乌天麻	贵州黎平	LP-5
S6	红天麻	贵州大方	DF-6	S19	乌天麻	贵州德江	DJ-4
S7	红天麻	贵州黎平	LP-1	S20	乌天麻	贵州德江	DJ-5
S8	红天麻	贵州德江	DJ-1	S21	乌天麻	贵州毕节七星关区	BJ-1
S9	红天麻	贵州德江	DJ-2	S22	乌天麻	贵州毕节七星关区	BJ-2
S10	红天麻	贵州德江	DJ-3	S23	乌天麻	贵州毕节七星关区	BJ-3
S11	乌天麻	贵州大方	DF-7	S24	乌天麻	贵州毕节七星关区	BJ-4
S12	乌天麻	贵州大方	DF-8	S25	乌天麻	贵州毕节七星关区	BJ-5
S13	乌天麻	贵州大方	DF-9				

LC-2030C 3D CN 高效液相色谱仪　日本岛津公司；ME204E 电子天平　上海梅特勒—托利多仪器有限公司；WP-μP-WF-20 微量分析型超纯水机　四川沃特尔水处理设备有限公司；SK8200LHC 超声波清洗器　上海科导超声仪器有限公司；101-2AB 型电热鼓风干燥箱　天津市泰斯特仪器有限公司。

1.2　实验方法

1.2.1　黔产天麻指纹图谱的建立

1.2.1.1　色谱条件　色谱柱 Waters-C_{18}(4.6×250 mm；5 μm)以十八烷基硅烷键合硅胶为填充剂；以 0.1% 甲酸为流动相 A；以乙腈为流动相 B，波长：270 nm，梯度洗脱：0~5 min，100%~97%(A)；5~18 min，97%~95%(A)；18~30 min，95%~90%(A)；30~42 min，90%~88%(A)；42~47 min，88%~84%(A)；47~52 min，84%~82%(A)；52~65 min，82%~75%(A)；流速 1 mL/min；柱温 30 ℃，进样量 20 μL。

1.2.1.2　对照品溶液的制备　取腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、对羟基苯甲醛、巴利森苷 B、巴利森苷 C 、巴利森苷 A 对照品适量，加 50% 甲醇溶液配成腺苷 0.083 mg/mL、天麻素 0.512 mg/mL、对羟基苯甲醇 0.343 mg/mL、巴利森苷 E 0.63 mg/mL、对羟基苯甲醛 0.034 mg/mL、巴利森苷 B 0.531 mg/mL、巴利森苷 C 1.16 mg/mL、巴利森苷 A 0.942 mg/mL 的混合对照品溶液。

1.2.1.3　供试品溶液的制备　取天麻药材粉末(过三号筛)约 1 g，精密称定，置具塞锥形瓶中，精密加入 50% 甲醇 20 mL，密塞，称定重量，超声处理(功率 300 W，频率 53 kHz)30 min，放冷，再称定重量，用 50% 甲醇补足减失的重量。摇匀，滤过，取续滤液，即得。

1.2.1.4　精密度考察　取 S18 样品按“1.2.1.3”项制备 1 份供试品溶液，在“1.2.1.1”项色谱条件下连续进样 6 次，记录色谱图，以天麻素为参比峰，计算各共有峰相对保留时间 RSD 值，相对峰面积 RSD 值，以及相似度大小。

1.2.1.5　重复性　取 S18 样品按“1.2.1.3”项制备 6 份供试品溶液，在“1.2.1.1”项色谱条件下依次进样 6 份样品，记录色谱图，以天麻素为参比峰，计算各共有峰相对保留时间 RSD 值，相对峰面积 RSD 值，以及相似度大小。

1.2.1.6　稳定性考察　取 S18 样品按“1.2.1.3”项制备 1 份供试品溶液，室温下放置，分别在 0、8、12、24、36、48 h 后，按照“1.2.1.1”项色谱条件进行测定，记录色谱图，以天麻素为参比峰，计算各共有峰相对保留时间 RSD 值，相对峰面积 RSD 值，以及相似度大小。

1.2.1.7　贵州不同区域乌、红天麻指纹图谱共有模式的建立　分别取 10 批红天麻样品、15 批乌天麻样品，按“1.2.1.3”项下方法制备供试品溶液，在“1.2.1.1”项下色谱条件依次进样测定，记录色谱图。分别取 10 批红天麻样品、15 批乌天麻样品 HPLC 图谱以 AIA 格式依次导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版)软件，分别将 S3(红天麻)、S11(乌天麻)号样品的指纹图谱设为参照谱，采用平均数法，时间窗设为 0.5 min，进行多点校正和色谱峰匹配，分别对 10 批红天麻、15 批乌天麻指纹图谱进行拟合生成对照图谱，同时计算贵州不同区域乌、红天麻样品相似度。

1.2.2　贵州不同区域乌、红天麻质量差异化学成分的筛选

1.2.2.1　聚类分析(CA)　将 10 批贵州不同产地红天麻、15 批贵州不同产地乌天麻各共有峰峰面积导入 Origin Pro 2021 数据分析软件中，采用平均值为聚类方法，Euclidean 为距离类型进行聚类分析。

1.2.2.2　主成分分析(PCA)、正交-偏最小二乘法分析(OPLS-DA)　将产自贵州不同区域的乌、红天麻共 25 批各共有峰峰面积导入 SIMCA14.1 数据分析软件中进行 PCA 分析以及正交-偏最小二乘法分析，采用 Pareto 算法进行数据归一化处理，自动拟合 PCA 模型、OPLS-DA 模型。

1.2.3　黔产天麻药材指标成分含量测定

1.2.3.1　色谱条件与溶液制备方法　参照“1.2.1.1”项下色谱条件，“1.2.1.2”项下对照品溶液的制备，“1.2.1.3”项下供试品溶液的制备。

1.2.3.2　精密度考察　取 S18 样品制备供试品溶液，在“1.2.1.1”项色谱条件下连续进样 6 次，计算腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、对羟基苯甲醛、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量 RSD 值。

1.2.3.3 重复性考察 取 S18 样品制备供试液 6 份，在“1.2.1.1”项色谱条件下进样分析，计算腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、对羟基苯甲醛、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量 RSD 值。

1.2.3.4 稳定性考察 取 S18 样品制备供试品溶液，室温下放置，分别在 0、8、12、24、36、48 h 后，按照“1.2.1.1 项”色谱条件进行测定，腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、对羟基苯甲醛、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量 RSD 值。

1.2.3.5 加标回收试验 取 S18 已知含量的样品 6 份，每份约 0.5 g，按照“1.2.1.3 项”供试品方法制备天麻样品溶液，分别取一定量样品溶液，依次向样品溶液中分别添加低、中、高三种浓度的混合标准溶液，每个浓度样品溶液平行 3 个样品，再根据“1.2.1.1 项”色谱条件对样品进行测定，根据加入各标准物质的浓度和检测结果，计算各标准物质的平均回收率和 RSD 值。

1.2.3.6 线性关系考察 精密吸取“1.2.1.2”配制的混合对照品溶液，按照倍比稀释法以 50% 甲醇溶液将其稀释成 6 份不同浓度的系列混合对照品溶液，按色谱“1.2.1.1”项下色谱条件依次进样，记录色谱图。

1.3 数据处理

利用 SPSS26.0 统计分析软件对四个主产区与指标成分含量做相关性分析以及探究黔产不同品种乌、红天麻与指标成分含量的 Person 相关性分析，观察两变量间的相关性系数(取值范围为 [−1, 1])，绝对值越大，说明相关性越强，反之，则相关性越弱(注：该绝对值应大于 0.3，否则无意义)。

2 结果与分析

2.1 贵州不同区域乌、红天麻药材指纹图谱共有模式的建立

2.1.1 天麻药材样品与对照品高效液相色谱分析结果 通过高效液相色谱仪分析天麻药材样品与对照品图谱可知，在该色谱条件下，天麻药材样品色谱峰数目较多且分离度较好，与对照品色谱图相比，主要成分色谱峰均能正常出峰，分离度较好，具体见图 1。

2.1.2 精密度、重复性、稳定性试验 精密度试验结果表明连续进样 6 次的共有峰相对保留时间 RSD 值<3%，相对峰面积 RSD 值<3%，且利用中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012)分析连续 6 次进样色谱图相似度均大于 0.999，表明实验所用仪器精密度良好。重复性试验结果表明 6 份样品共有峰相对保留时间 RSD 值<3%，相对峰面积 RSD 值<3%，且利用中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012)分析 6 份样品进样色谱图相似度均大于 0.999，表明实验方法重现性良好。稳定性试验结果表明 6 个不同时间节点样品的共有峰相对保留时间 RSD 值<3%，相对峰面积 RSD 值<3%，且利用中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012)分析 6 个不同时间点样品进样色谱图相似度均大于 0.999，表明供试品溶液在 48 h 稳定性良好。

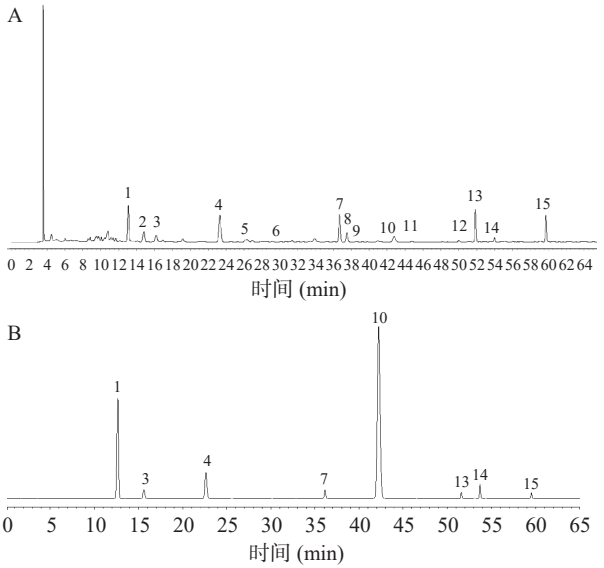

图 1 天麻样品(A)与标准品(B)HPLC 图

Fig.1 HPLC of *Gastrodia elata* sample (A) and standard (B)

注：1：腺苷；3：天麻素；4：对羟基苯甲醇；7：巴利森苷 E；10：对羟基苯甲醛；13：巴利森苷 B；14：巴利森苷 C；15：巴利森苷 A；图 2 同。

2.1.3 贵州不同区域乌、红天麻药材共有模式的建立 10 批黔产红天麻相似度均在 0.919~0.990(S1~S10)，15 批黔产乌天麻相似度均在 0.868~0.986(S11~S25)，表明黔产红天麻质量较乌天麻质量相对稳定。相似度计算结果具体见表 2。选择重复性好，稳定性好，特征明显的色谱峰标定为共有峰，最终确定 15 个共有峰，指认 8 个共有峰，得到 10 批红天麻(图 2A)、15 批乌天麻(图 2B)药材指纹图谱，以及 10 批红天麻(R1)、15 批乌天麻(R2)药材对照图谱(图 2C)；指认 8 个共有峰，分别是腺苷(1 号峰)、天麻素(3 号峰)、对羟基苯甲醇(4 号峰)、巴利森苷 E(7 号峰)、对羟基苯甲醛(10 号峰)、巴利森苷 B(13 号峰)、巴利森苷 C(14 号峰)、巴利森苷

表 2 10 批黔产红天麻、15 批黔产乌天麻指纹图谱相似度结果统计

Table 2 Statistics of fingerprint similarity results of 10 batches of Hong Tianma and 15 batches of Wu Tianma from Guizhou

编号	相似度	编号	相似度
S1	0.990	S14	0.981
S2	0.955	S15	0.982
S3	0.977	S16	0.976
S4	0.989	S17	0.975
S5	0.969	S18	0.986
S6	0.974	S19	0.973
S7	0.919	S20	0.966
S8	0.948	S21	0.890
S9	0.958	S22	0.885
S10	0.953	S23	0.946
S11	0.962	S24	0.868
S12	0.976	S25	0.891
S13	0.986		

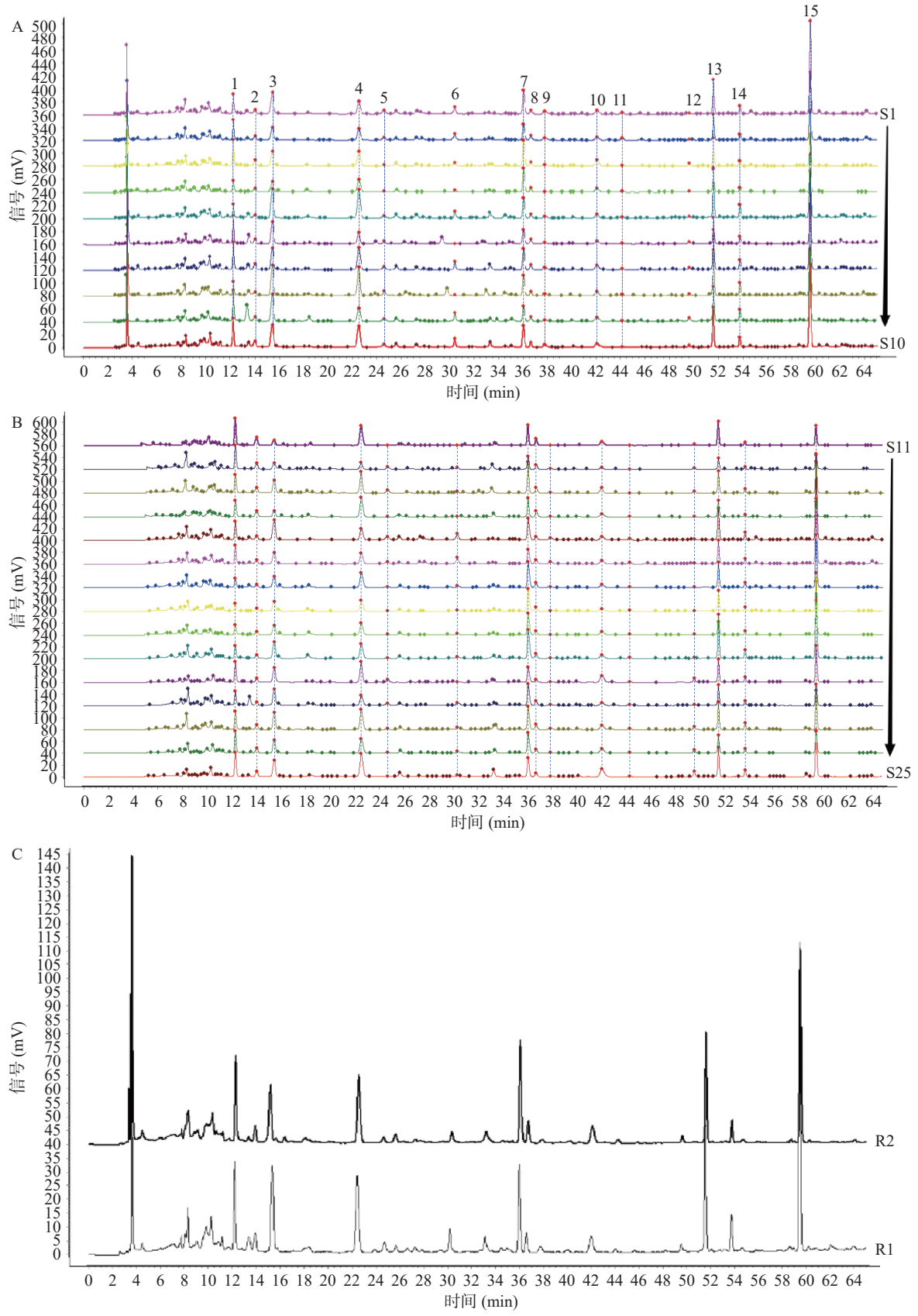

图 2　10 批黔产红天麻指纹图谱(A)、15 批黔产乌天麻指纹图谱(B)和药材对照图谱(C)

Fig.2　Fingerprints of 10 batches of Hong Tianma (A) and 15 batches of Wu Tianma (B) and control fingerprints of Tianma (C) from Guizhou

A(15 号峰)。由于所有试验样品中 3 号峰峰面积大小相对适中，且分离度良好，因此选择 3 号峰(图 1)为参照峰，计算相对峰面积，各批次样品相对峰面积除 3 号峰外，红天麻其余各共有峰相对峰面积 RSD 值在 11.231%~76.434%，乌天麻其余各共有峰相对峰面积 RSD 值在 22.800%~92.440%。表明乌、

表 3 10 批黔产红天麻、15 批黔产乌天麻指纹图谱 15 个共有峰相对峰面积统计结果

Table 3 Statistical results of relative peak area of 15 common peaks in fingerprints of 10 batches of Hong Tianma and 15 batches of Wu Tianma from Guizhou

编号	相对峰面积														
	峰1	峰2	峰3	峰4	峰5	峰6	峰7	峰8	峰9	峰10	峰11	峰12	峰13	峰14	峰15
S1	0.669	0.227	1.000	0.787	0.143	0.255	0.584	0.148	0.113	0.243	0.031	0.018	0.829	0.204	2.053
S2	0.746	0.154	1.000	0.539	0.110	0.282	0.416	0.127	0.063	0.213	0.034	0.099	0.788	0.261	1.673
S3	0.282	0.010	1.000	0.998	0.140	0.007	0.104	0.004	0.008	0.193	0.039	0.055	0.947	0.259	2.128
S4	0.836	0.259	1.000	1.068	0.197	0.327	0.744	0.199	0.144	0.284	0.040	0.008	1.086	0.267	2.716
S5	0.749	0.189	1.000	0.535	0.020	0.008	0.476	0.163	0.010	0.027	0.056	0.084	0.715	0.203	1.386
S6	0.283	0.081	1.000	0.975	0.157	0.176	0.515	0.108	0.086	0.185	0.031	0.012	0.996	0.263	2.099
S7	0.539	0.280	1.000	2.034	0.193	0.133	2.571	0.587	0.131	0.468	0.112	0.005	1.590	0.258	3.353
S8	1.355	0.499	1.000	0.645	0.169	0.343	1.386	0.366	0.070	0.308	0.137	0.089	1.153	0.257	2.465
S9	1.362	0.500	1.000	0.628	0.172	0.345	1.398	0.369	0.069	0.321	0.140	0.092	1.158	0.257	2.442
S10	1.253	0.370	1.000	1.014	0.253	0.231	1.277	0.219	0.100	0.544	0.052	0.123	1.076	0.204	2.129
RSD(%)	49.817	63.378	0.000	47.842	39.597	60.616	76.434	73.384	57.593	52.650	66.247	75.934	24.060	11.231	24.348
S11	0.977	0.263	1.000	1.512	0.266	0.085	0.914	0.189	0.053	0.737	0.049	0.007	1.113	0.259	1.792
S12	0.983	0.300	1.000	1.101	0.166	0.158	1.140	0.224	0.046	0.437	0.039	0.171	0.803	0.184	0.981
S13	0.680	0.229	1.000	1.290	0.186	0.142	1.098	0.262	0.100	0.340	0.059	0.003	1.050	0.243	1.488
S14	0.520	0.167	1.000	0.636	0.181	0.217	1.038	0.234	0.097	0.234	0.078	0.004	0.770	0.179	0.812
S15	0.464	0.171	1.000	0.910	0.151	0.077	1.294	0.217	0.063	0.269	0.066	0.002	1.284	0.297	2.768
S16	0.774	0.307	1.000	1.274	0.228	0.130	1.735	0.346	0.059	0.472	0.073	0.035	1.307	0.228	2.236
S17	0.475	0.006	1.000	1.099	0.152	0.143	1.635	0.328	0.081	0.311	0.074	0.021	1.212	0.233	2.278
S18	0.534	0.213	1.000	1.309	0.158	0.145	1.723	0.346	0.113	0.362	0.078	0.024	1.294	0.262	2.830
S19	0.925	0.268	1.000	0.894	0.155	0.489	0.914	0.301	0.213	0.366	0.160	0.012	1.174	0.263	3.101
S20	0.552	0.183	1.000	0.578	0.155	0.305	0.798	0.147	0.154	0.248	0.090	0.005	0.908	0.216	2.501
S21	2.716	1.208	1.000	3.969	0.582	0.161	2.657	0.965	0.053	0.949	0.102	0.187	2.367	0.370	2.364
S22	1.861	0.968	1.000	3.501	0.123	0.145	2.428	0.805	0.068	0.659	0.085	0.076	1.663	0.232	1.915
S23	0.994	0.380	1.000	1.700	0.295	0.094	1.769	0.354	0.071	0.582	0.098	0.115	1.057	0.191	1.510
S24	3.463	1.393	1.000	3.840	0.277	0.091	2.839	1.020	0.082	1.017	0.107	0.168	2.567	0.347	2.187
S25	2.252	0.831	1.000	1.062	0.507	0.244	1.463	0.532	0.172	0.349	0.027	0.127	1.052	0.197	1.517
RSD(%)	76.487	92.440	0.000	69.415	56.546	61.033	41.385	67.719	51.721	50.934	40.322	109.853	39.821	22.800	33.162

红天麻各批次样品相同共有峰之间峰面积差异较大，各批次样品之间化学成分含量存在较大差异，所筛选的共有峰具有一定的代表性，计算结果见表 3。

2.2 贵州不同区域乌、红天麻质量差异化学成分的筛选

2.2.1 聚类分析(CA) 将 10 批贵州不同产地红天麻、15 批贵州不同产地乌天麻聚类分析结果见图 3。由图可知，从贵州不同产地乌、红天麻共 25 个不同批次药材样品聚集情况来看，德江天麻(DJ-1~5)、黎平天麻(LP-1~5)和大方红天麻(DF-1~6)聚为一类，毕节乌天麻(BJ-1~5)和大方乌天麻(DF-7~10)聚为二类；从乌、红天麻聚集情况看，毕节乌天麻(BJ-1~5)、大方乌天麻(DF-7~10)聚为一类，德江红天麻(DJ-1~3)和黎平天麻(LP-1~5)聚为二类，大方红天麻(DF-1~6)和德江乌天麻(DJ-4~5)聚为三类；从共有峰聚类结果来看，峰 15(巴利森苷 A)可单独聚为一类，峰 1(腺苷)、3(天麻素)、13(巴利森苷 B)、4(对羟基苯甲醇)、7(巴利森苷 E)聚为二类，剩余共有峰聚为三类，其中各批次峰 15(巴利森苷 A)、1(腺苷)、3(天麻素)、13(巴利森苷 B)、4(对羟基苯甲醇)、7(巴利森苷 E)6 个化学成分含量差异较明显，同时 25 批样品均能在按产区聚集的基础上，存在分别按乌、红天麻两类品系分开聚集的情况。

2.2.2 主成分分析(PCA) 通过 PCA 可知，从方差贡献率来看，模型解释参数 R^2X 为 0.997，模型预测能力参数 Q^2 为 0.958，说明该模型稳定可靠。由 Scores 图可知，所有样品均位于 95% 置信区间范围内，且都绝大多数分布在第一、三象限，少数样品位于第二象限内。从不同产地分布区域来看，产自大方、德江、黎平的样品在第一、三象限均有分布，产自贵州毕节七星关区的 5 批样品全部位于第三象限，产自贵州德江与贵州黎平两个主产地的 10 批样品在第一、二、三象限均有分布，总体产地差异较明显；从各产地乌、红天麻聚集区域来看，德江乌天麻组主要位于第一、二象限，德江红天麻位于第三象限；大方乌天麻位于第三象限，大方红天麻位于第一象限；黎平乌、红天麻分区不明显，表明贵州天麻在产地上可能具有质量差异，且同一产地乌、红天麻也可能存在质量差异，具体见图 4。由 Loading 图可知，对主成分 1 的影响顺序由大到小依次为峰 15、13、4、3、7、1，即巴利森苷 A、巴利森苷 B、对羟基苯甲醇、天麻素、巴利森苷 E、腺苷，对主成分 2 的影响顺序由大到小依次为峰 15、1、7，即巴利森苷 A、腺苷、巴利森苷 E，该分析结果基本与聚类分析结果一致，具体见图 5。

2.2.3 正交-偏最小二乘法分析(OPLS-DA) 在 OPLS-DA 模型中由 Scores 图可知，贵州四个产区天麻药材分布不同，黎平天麻除 LP-2 位于第一象限

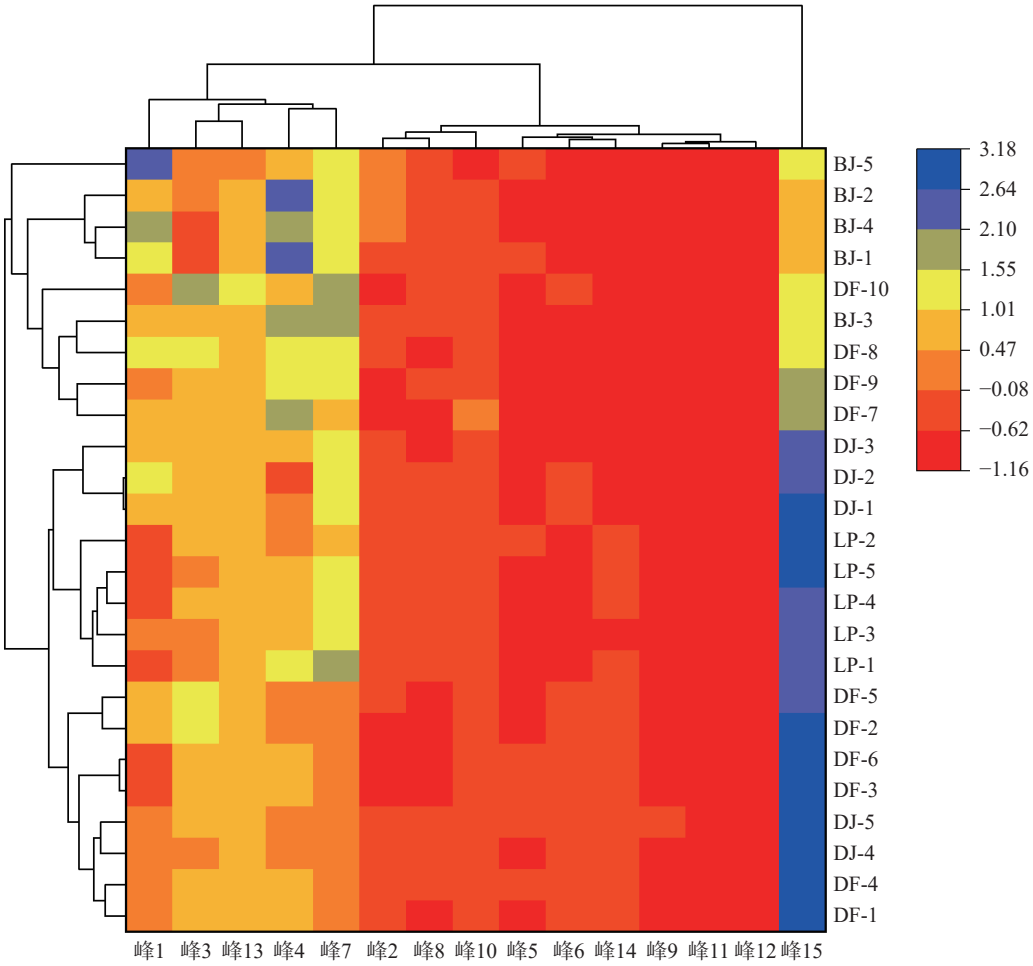

图 3　聚类分析结果

Fig.3　Cluster analysis results

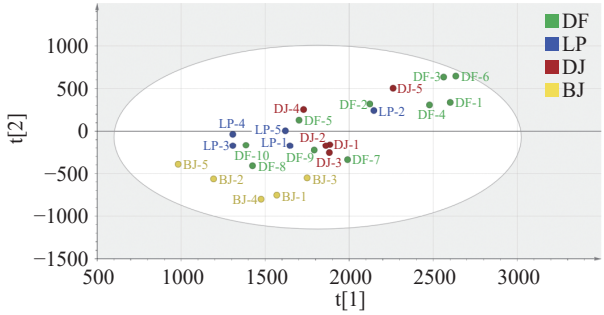

图 4　PCA 分析 Scores 图

Fig.4　PCA analysis Scores diagram

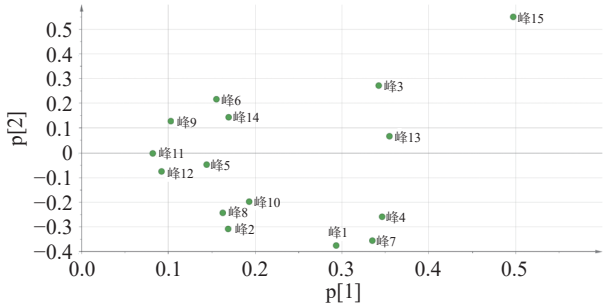

图 5　PCA 分析 Loading 图

Fig.5　PCA analysis Loading diagram

外，其余主要集中在第二象限，毕节天麻位于第三象限，大方天麻位于第四象限，德江天麻分布较分散，主要集中在 X 轴正半轴和第二象限靠近原点附近。从不同产地乌、红天麻分区聚集情况来看，黎平乌、红天麻相距较远，德江红天麻和黎平乌天麻均集中在 Y 轴附近，大方乌天麻除 DF-7 外，其余主要聚集在靠近 Y 轴负半轴一侧，大方红天麻则主要集中在远离 Y 轴负半轴的一侧，表明贵州不同区域天麻质量差异明显且同一产地不同品种乌、红天麻质量也有差异，具体见图 6。变量重要性投影（Variable Importance in Projection，VIP），可以初步筛选出不同产地间的质量差异化学成分，VIP 值表示对应化合物的组间差异在模型中各组样本分类判别中的影响强度，一般认为 VIP ≥ 1 的化合物则为差异显著。因此

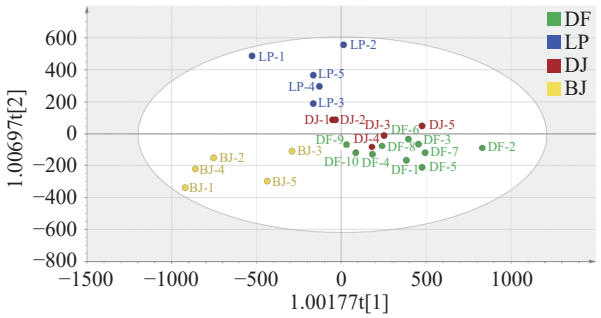

图 6　OPLS-DA 分析 Scores 图

Fig.6　OPLS-DA analysis Scores diagram

选择 VIP≥1 的色谱峰作为贵州不同产地质量差异化合物的筛选标志，共筛选出 6 个共有差异标志化学成分，即峰 15、峰 1、峰 4、峰 3、峰 7、峰 13，即巴利森苷 A、腺苷、对羟基苯甲醇、天麻素、巴利森苷 E、巴利森苷 B，这一结果与主成分分析结果基本一致，具体见图 7。

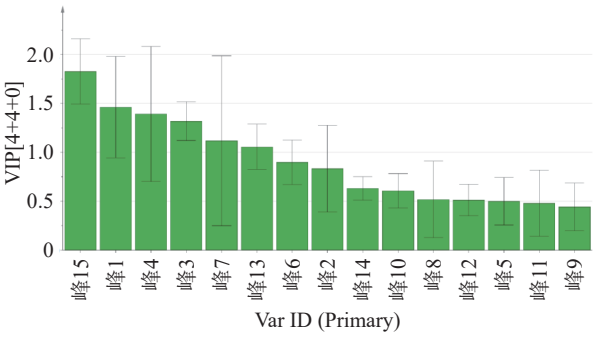

图 7 变量重要性投影(VIP)值图

Fig.7 Variable importance in projection (VIP) value diagram

2.3 黔产天麻药材指标成分含量测定

2.3.1 高效液相色谱分析天麻药材样品与对照品结果 参照“1.2.1.1”项下高效液相色谱分析天麻药材样品与对照品分析结果。

2.3.2 精密度考察、重复性、稳定性试验 精密度试验结果表明腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、对羟基苯甲醛、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量 RSD 分别为 1.81%、0.63%、1.79%、0.55%、0.65%、0.60%、0.75%、0.42%，说明仪器精密度良好。重复性试验结果表明腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、对羟基苯甲醛、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量 RSD 分别为 1.34%、2.42%、2.86%、1.80%、2.41%、1.92%、2.88、1.41%，说明该方法重现性良好。稳定性试验结果表明腺苷，天麻素，对羟基苯甲醇，巴利森苷 E，对羟基苯甲醛，巴利森苷 B，巴利森苷 C，巴利森苷 A 含量 RSD 分别为 2.89%、1.09%、2.11%、0.66%、0.74%、0.82%、2.21%、0.70%，说明供试品溶液在 48 h 稳定性良好。

2.3.3 加标回收试验 腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、对羟基苯甲醛、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 等 8 种标准物质在高、中、低三种加标浓度下的回收率结果如表 4 所示，结果表明 8 种标准物质在不同加标浓度下的回收率在 89.685%~111.571% 之间，符合加标回收范围 80%~120%，各物质 RSD 均<5%，说明结果准确可靠。

2.3.4 线性关系考察 以峰面积为纵坐标(y)，质量为横坐标(x)进行线性回归，绘制标准曲线，具体结果见表 5，其中 8 种有效化学成分线性关系系数 r 值均在 0.9998~0.9999 之间，说明 8 种有效化学成分线性关系良好。

2.3.5 贵州不同区域乌、红天麻化学成分含量测定 结合上述筛选出的贵州不同产地乌、红天麻质量差异化学成分，同时优选指纹图谱共有峰中峰面积相对较大，分离度良好，稳定性好，在 OPLS-DA 分析中，VIP 值大于 1 的质量差异化学成分有腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、巴利森苷 A、巴利森苷 B，且这 6 种成分在天麻药材中是已被证实有

表 4 8 种标准物质加标回收率试验结果

Table 4 Test results of standard addition recovery of 8 standard substances

物质	加标浓度(mg/mL)			加标回收率(%)			RSD(%)		
	低	中	高	低	中	高	低	中	高
腺苷	0.035	0.070	0.140	93.288	97.379	106.322	2.380	1.783	1.252
天麻素	0.100	0.200	0.400	95.734	96.438	104.745	1.992	1.638	1.581
对羟基苯甲醇	0.025	0.050	0.100	89.685	95.692	93.623	1.578	3.085	2.533
巴利森苷E	0.150	0.300	0.600	105.862	98.739	94.698	3.265	3.513	2.348
对羟基苯甲醛	0.025	0.050	0.100	97.258	86.684	109.762	1.483	2.962	1.736
巴利森苷B	0.150	0.300	0.600	92.683	106.336	93.531	2.873	2.885	2.169
巴利森苷C	0.050	0.100	0.200	108.655	104.254	98.483	3.456	2.427	1.677
巴利森苷A	0.150	0.300	0.600	102.984	111.571	102.594	2.558	1.038	2.745

表 5 8 种有效化学成分线性关系考察

Table 5 Linear relationships of 8 effective chemical components

成分	线性关系	线性范围(μg)	r
腺苷	y=1746023.2623x+8131.3720	0.083~0.83	0.9999
天麻素	y=133696.9726x+2927.0478	0.2048~10.24	0.9998
对羟基苯甲醇	y=488029.9023x+301.2361	0.1372~6.86	0.9999
巴利森苷E	y=69395.7595x−1718.9320	0.63~12.6	0.9999
对羟基苯甲醛	y=1991971.9296x−2301.3688	0.034~0.68	0.9999
巴利森苷B	y=89291.5334x+2575.3553	0.708~10.62	0.9999
巴利森苷C	y=90649.8525x−950.2158	0.464~11.6	0.9998
巴利森苷A	y=100955.3520x−8981.0543	1.256~18.84	0.9999

治疗脑缺血、焦虑症、改善记忆能力、帕金森等神经系统疾病的药效活性成分，除上述 6 种成分外，对羟基苯甲醛也具有相应疗效[21−26]。2020 年《中国药典》仅规定了天麻素和对羟基苯甲醇的总量限值，因此本试验选取高效液相所能检测到的且响应值较大的共有峰进行定性定量分析，以此作为质量评价的综合评价指标。

在不同产地黔产红天麻中，大方红天麻中天麻素、巴利森苷 A 含量达到 6.294、17.261 mg/g，普遍高于黎平 2.849、8.463 mg/g 和德江 3.179、9.988 mg/g，大方红天麻巴利森苷 E 含量最高仅为 6.448 mg/g，普遍低于黎平 9.781 mg/g、德江 8.396 mg/g。在不同产地黔产乌天麻中，毕节七星关区乌天麻中天麻素、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量普遍较其他产地低，黎平乌天麻腺苷含量较低为 0.117 mg/g，德江乌天麻巴利森苷 A 含量较高为 16.076 mg/g，对羟基苯甲醇含量较低为 0.706 mg/g；同时大方红天麻中天麻素、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量高于大方乌天麻；德江乌天麻中腺苷、巴利森苷 E 含量低于德江红天麻；而德江乌天麻中巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量高于德江红天麻，具体测定结果见表 6。

由相关性分析结果可知产地与天麻素和巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量有相关性，且相关性较强，具体分析结果见表 7，综合正交偏最小二乘法可知贵州不同产地天麻质量差异化学成分为腺苷、天麻素、对

表 6　10 批黔产红天麻、15 批黔产乌天麻中 8 种化学成分含量测定结果(n=2)

Table 6　Determination results of 8 chemical constituents in 10 batches of Hong Tianma and 15 batches of Wu Tianma from Guizhou (n=2)

编号	腺苷 (mg/g)	天麻素 (mg/g)	对羟基苯甲醇 (mg/g)	巴利森苷E (mg/g)	对羟基苯甲醛 (mg/g)	巴利森苷B (mg/g)	巴利森苷C (mg/g)	巴利森苷A (mg/g)
S1	0.286	4.409	0.710	6.127	0.079	5.030	1.695	8.492
S2	0.322	5.507	0.750	4.579	0.075	6.449	2.253	12.117
S3	0.267	5.267	0.648	5.332	0.070	6.519	1.940	12.048
S4	0.301	4.323	1.268	6.448	0.085	7.150	1.745	15.712
S5	0.272	4.542	0.672	4.391	0.059	4.853	1.384	8.404
S6	0.139	6.294	1.657	6.148	0.079	9.204	2.403	17.261
S7	0.164	2.849	0.799	9.781	0.072	5.506	1.111	8.463
S8	0.323	3.062	0.553	8.255	0.065	5.327	1.173	9.988
S9	0.306	3.023	0.536	8.205	0.065	5.243	1.155	9.709
S10	0.288	3.179	0.923	8.396	0.112	5.214	1.021	9.282
S11	0.288	3.569	1.604	6.014	0.153	5.518	1.256	8.088
S12	0.277	3.310	1.009	7.580	0.104	3.927	1.010	4.252
S13	0.183	3.852	0.774	8.237	0.064	4.731	1.188	11.936
S14	0.177	3.720	1.431	6.737	0.069	4.428	1.200	5.516
S15	0.160	4.113	1.025	10.682	0.069	8.168	1.945	15.529
S16	0.117	2.760	1.185	11.564	0.065	5.572	0.945	10.091
S17	0.117	3.099	0.805	9.663	0.055	5.354	1.115	8.769
S18	0.138	3.304	0.935	9.890	0.063	5.761	1.260	11.211
S19	0.238	3.107	0.741	5.486	0.078	5.340	1.288	12.670
S20	0.219	4.781	0.706	7.701	0.080	6.462	1.699	16.076
S21	0.230	2.930	1.375	10.100	0.117	4.641	0.833	5.806
S22	0.185	2.934	1.240	6.841	0.077	4.952	0.767	4.487
S23	0.187	1.250	1.221	5.990	0.058	3.140	0.437	3.132
S24	0.326	1.184	1.270	6.642	0.084	4.615	0.620	3.401
S25	0.281	1.575	1.439	6.807	0.086	4.661	0.725	4.046

表 7　贵州不同产地天麻与各指标成分含量的相关性分析

Table 7　Correlation analysis between Tianma from different producing areas in Guizhou and the content of each index component

指标	产地	腺苷	天麻素	对羟基苯甲醇	巴利森苷E	对羟基苯甲醛	巴利森苷B	巴利森苷C	巴利森苷A
产地	1.000								
腺苷	0.063	1.000							
天麻素	−0.730**	−0.030	1.000						
对羟基苯甲醇	0.205	−0.131	−0.195	1.000					
巴利森苷E	0.192	−0.559**	−0.294	0.007	1.000				
对羟基苯甲醛	0.003	0.370	−0.030	0.518**	−0.093	1.000			
巴利森苷B	−0.364	−0.176	0.697**	0.173	0.034	−0.052	1.000		
巴利森苷C	−0.649**	0.032	0.924**	−0.141	−0.270	−0.086	0.841**	1.000	
巴利森苷A	−0.417*	−0.147	0.716**	−0.126	0.034	−0.172	0.862**	0.822**	1.000

注：**在0.01级别(双尾)，相关性显著；*在0.05级别(双尾)，相关性显著；表8同。

表 8 黔产不同品种乌、红天麻与各指标成分含量的相关性分析

Table 8 Correlation analysis between different varieties of Wu and Hong Tianma in Guizhou and the content of each index component

指标	品种	腺苷	天麻素	对羟基苯甲醇	巴利森苷E	对羟基苯甲醛	巴利森苷B	巴利森苷C	巴利森苷A
品种	1.000								
腺苷	0.423*	1.000							
天麻素	0.486*	−0.030	1.000						
对羟基苯甲醇	−0.320	−0.131	−0.195	1.000					
巴利森苷E	−0.335	−0.559**	−0.294	0.007	1.000				
对羟基苯甲醛	−0.133	0.370	−0.030	0.518**	−0.093	1.000			
巴利森苷B	0.353	−0.176	0.697**	0.173	0.034	−0.052	1.000		
巴利森苷C	0.513**	0.032	0.924**	−0.141	−0.270	−0.086	0.841**	1.000	
巴利森苷A	0.348	−0.147	0.716**	−0.126	0.034	−0.172	0.862**	0.822**	1.000

羟基苯甲醇、巴利森苷 E、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A；黔产不同品种乌、红天麻与腺苷、天麻素、巴利森苷 C 的含量具有相关性，具体分析结果见表 8，表明黔产天麻不同品种乌、红天麻的质量差异成分可能是腺苷、天麻素、巴利森苷 C。

3 讨论与结论

根据试验研究结果发现贵州境内不同产地天麻化学成分存在一定差异，且乌天麻、红天麻两大品种在贵州境内不同产区中化学成分也存在一定差异；这可能是由于天麻原植物生长情况与天麻品质息息相关，植物生长与海拔高度、温度、降水量、光照、土壤等生态因子相关，其中贵州乌天麻主要分布在海拔 1500 米左右，贵州红天麻主要分布在低海拔 800~1200 米[27−28]，贵州大方、毕节位于黔西北部，黎平位于黔东南部，德江位于黔东北部，四个主产区地理位置有所不同，相关研究表明，天麻素含量与土壤微生物量、有机质含量、pH 均有相关性[29]，说明各产地天麻药材种植区域生态因子可能是造成天麻药材产地差异和乌、红天麻质量差异的原因之一。

从本文研究结果来看，贵州不同地区天麻质量差异可能与腺苷、天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 A 含量有关，腺苷、天麻素、巴利森苷 C 含量可能是黔产天麻不同品种乌、红天麻的质量差异成分。有研究表明，天麻素在某些条件下可以转化为对羟基苯甲醇、巴利森苷类成分[30]，因此要明确黔产天麻产地差异及品种差异，首先需了解天麻药材内部化学成分转化规律，还需进一步深入天麻药材与生态因子、栽培技术、采收加工方法的综合研究，对更好地完善黔产天麻质量控制体系，后期寻找黔产天麻质量特征化学成分显得尤为重要。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中国药典(药材和饮片部分)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020(1): 60−61. [The National Pharmacopoeia Commission. Chinese Pharmacopoeia (medicinal materials and decoction pieces)[M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020(1): 60−61.]

[2] 张雅红, 周翠红, 何珊珊, 等. 天麻素对 CUS 大鼠抑郁样行为和海马 BDNF/GDNF 水平的影响[J]. 现代生物医学进展, 2017, 17(16): 4. [ZHANG Yahong, ZHOU Cuihong, HE Shanshan, et al. Effects of gastrodin on depression-like behavior and hippocampal BDNF/GDNF levels in CUS rats[J]. Modern Biomedical Progress, 2017, 17(16): 4.]

[3] CHEN S Y, GENG C G, MA Y B, et al. Melatonin receptors agonistic activities of phenols from *Gastrodia elata*[J]. Nat Prod Bioprospect, 2019, 9(4): 297−302.

[4] MATIAS M, SILVESTRE S, FALC O A, et al. *Gastrodia elata* and epilepsy[J]. Rationale and Therapeutic Potential. Phytomedicine, 2016, 23(12): 1511−1526.

[5] LUO Q, YAN X L, BOBROVSKAYA L, et al. Anti-neuroinflammatory effects of grossamide from hemp seed via suppression of TLR-4-mediated NF-κB signaling pathways in lipopolysaccharide-stimulated BV2 microglia cells[J]. Mol Cell Biochem, 2017, 428(1/2): 129−137.

[6] SHAO S, XU C B, CHEN C J, et al. Divanillyl sulfone suppresses NLRP3 inflammasome activation via inducing mitophagy to ameliorate chronic neuropathic pain in mice[J]. J Neuroinflammation, 2021, 18(1): 142.

[7] LIU F Y, WEN J, HOU J, et al. *Gastrodia* remodels intestinal microflora to suppress inflammation in mice with early atherosclerosis[J]. International Immunopharmacology, 2021, 96: 107758.

[8] 刁飞燕, 李俊婕, 李启艳, 等. 不同产地天麻药材的指纹图谱建立及分析[J]. 中国药师, 2020, 23(10): 1920−1925. [DIAO Feiyan, LI Junjie, LI Qiyan, et al. Establishment and analysis of fingerprints of *Gastrodia elata* from different producing areas[J]. Chinese Pharmacists, 2020, 23(10): 1920−1925.]

[9] 李平, 郝敏, 苏联麟, 等. UPLC 指纹图谱结合多成分含量测定的天麻饮片质量研究[J]. 中草药, 2018, 49(23): 5665−5671. [LI Ping, HAO Min, SU Lianlin, et al. Study on the quality of Gastrodiae Rhizoma decoction pieces by UPLC fingerprint combined with multi-component content determination[J]. Chinese Herbal Medicine, 2018, 49(23): 5665−5671.]

[10] 秦梦圆. 陕西汉中天麻质量评价与加工工艺研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2021. [QIN Mengyuan. Study on quality evaluation and processing technology of *Gastrodia elata* in Hanzhong, Shanxi[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2021.]

[11] 宗露. 平武产栽培天麻的品质评价研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2013. [ZONG Lu. Study on the quality evaluation of

Gastrodia elata cultivated in Pingwu[D]. Chengdu: Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, 2013.]
[12] 张畅然. 指纹图谱在中药质量控制中的应用探讨[J]. 内蒙古中医药, 2022, 41(6): 124−125. [ZHANG Changran. Discussion on the application of fingerprint in the quality control of traditional Chinese medicine[J]. Inner Mongolia Traditional Chinese Medicine, 2022, 41(6): 124−125.]
[13] 符海郑, 张倩睿, 熊蕊, 等. 指纹图谱结合一测多评模式在中药质量评价中的应用进展[J]. 中国药师, 2022, 25(5): 861−867. [FU Haitan, ZHANG Qianrui, XIONG Rui, et al. Application progress of fingerprint combined with QAMS model in quality evaluation of traditional Chinese medicine[J]. Chinese Pharmacists, 2022, 25(5): 861−867.]
[14] 王丽霞, 刘聪, 杨芸, 等. 四制艾叶炮制前后的 UPLC 指纹图谱及主要成分含量比较[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(22): 147−154. [WANG Lixia, LIU Cong, YANG Yun, et al. Comparison of UPLC fingerprint and main component content of four processed Folium *Artemisiae Argyi* before and after processing[J]. Chinese Journal of Experimental Formula, 2021, 27(22): 147−154.]
[15] 杨悦, 刘颖, 冯伟红, 等. 中药山楂核 HPLC 指纹图谱和 3 个主成分含量测定研究[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(11): 3000−3006. [YANG Yue, LIU Ying, FENG Weihong, et al. Study on HPLC fingerprint and content determination of three principal components of hawthorn seed[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2022, 47(11): 3000−3006.]
[16] 张明惠, 朱田田, 晋玲, 等. 基于 HPLC 多指标成分测定及指纹图谱多模式识别的不同产地不同品种当归质量差异分析[J]. 中草药, 2022, 53(19): 6187−6199. [ZHANG Minghui, ZHU Tiantian, JIN Ling, et al. Quality difference analysis of different varieties of *Angelica sinensis* from different producing areas based on HPLC multi-index component determination and fingerprint multi-pattern recognition[J]. Chinese Herbal Medicine, 2022, 53(19): 6187−6199.]
[17] 周湘媛, 陈万发, 丁青, 等. 基于 UPLC 指纹图谱和多成分定量评价不同产地升麻药材质量[J]. 中草药, 2022, 53(17): 5497−5503. [ZHOU Xiangyuan, CHEN Wanfa, DING Qing, et al. Based on UPLC fingerprint and multi-component quantitative evaluation of the quality of *Cimicifuga rhizoma* from different habitats[J]. Chinese Herbal Medicine, 2022, 53(17): 5497−5503.]
[18] 张涛, 张青, 易海燕, 等. 基于指纹图谱结合化学计量法对何首乌不同炮制品多指标成分分析[J]. 中草药, 2022, 53(15): 4653−4662. [ZHANG Tao, ZHANG Qing, YI Haiyan, et al. Multi-index component analysis of different processed products of *Polygonum multiflorum* based on fingerprint combined with chemometrics[J]. Chinese Herbal Medicine, 2022, 53(15): 4653−4662.]
[19] 杨方红, 宋善敏, 杨方义, 等. 贵州天麻产业研究概述[J]. 耕作与栽培, 2022, 42(4): 48−50,53. [YANG Fanghong, SONG Shanmin, YANG Fangyi, et al. Guizhou *Gastrodia elata* industry research overview[J]. Tillage and Cultivation, 2022, 42(4): 48−50, 53.]
[20] 张卫, 刘春艳, 谢宇, 等. 贵州天麻的品质评价研究[J]. 亚太传统医药, 2019, 15(8): 66−69. [ZHANG Wei, LIU Chunyan, XIU Yu, et al. Quality evaluation of Guizhou *Gastrodia elata*[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2019, 15(8): 66−69.]
[21] LIU Z, WANG W, FENG N, et al. Parishin C's prevention of Abeta 1-42-induced inhibition of long-term potentiation is related to NMD A receptors[J]. Acta Pharmaceutica Sinica B, 2016(6): 189−197.
[22] JUNG J W, YOON B H, OH H R, et al. Anxiolytic-like effects of *Gastrodia elata* and its phenolic constituents in mice[J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2006, 29: 261−265.
[23] 刘智慧, 马浩, 伟平, 等. 天麻素及派立辛改善东莨菪碱致学习记忆障碍的构效关系[J]. 药学学报, 2016, 51(5): 743−748. [LIU Zhihui, MA Hao, WEI Ping, et al. The structure-activity relationship of gastrodin and parisin in improving scopolamine-induced learning and memory impairment[J]. Journal of Pharmaceutical Sciences, 2016, 51(5): 743−748.]
[24] KIM H J, HWANG I K, WON M H. Vanillin, 4-hydroxybenzyl aldehyde and 4-hydroxybenzyl alcohol prevent hippocampal CA1 cell death following global ischemia[J]. Brain Research, 2007, 1181: 130−141.
[25] BING Wang, YAN Taosun, ZHI Dongpei, et al. Pharmacokinetic and tissue distributions study of adenosine, 4-hydroxybenzyl alcohol and parishin C from *Gastrodia elata* extract in rats[J]. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 2018, 31(5(Supplementary)): 2053−2060.
[26] 石露. 天麻素对脂多糖诱导急性神经炎症大鼠空间学习记忆减退的改善作用[D]. 遵义: 遵义医科大学, 2021. [SHI Lu. Improvement of gastrodin on spatial learning and memory impairment in rats with acute neuroinflammation induced by lipopolysaccharide[D]. Zunyi: Zunyi Medical University, 2021.]
[27] 罗夫来, 刘威, 张博华, 等. 云贵高原仿野生栽培天麻的产量影响因子及生长发育规律研究Ⅲ——生长发育规律与生境因子特征[J]. 时珍国医国药, 2021, 32(5): 1221−1225. [LUO Fulai, LIU Wei, ZHANG Bohua, et al. Study on the yield influencing factors and growth and development rules of wild cultivated *Gastrodia elata* in Yunnan-Guizhou Plateau III-Growth and development rules and habitat factor characteristics[J]. Shi Zhenguo Medicine, 2021, 32(5): 1221−1225.]
[28] 王璐瑶. 天麻生长与生态因子的关系及贵州天麻种植现状[J]. 农技服务, 2019, 36(11): 45−46,48. [WANG Luyao. The relationship between *G. elata* growth and ecological factors and the current situation of *G. elata* planting in Guizhou[J]. Agricultural Technology Service, 2019, 36(11): 45−46,48.]
[29] 郑亚玉, 王文佳, 韩洁, 等. 天麻生长地土壤生态因子与天麻素含量相关性的研究[J]. 中华中医药杂志, 2010, 25(4): 527−530. [ZHENG Yayu, WANG Wenjia, HAN Jie, et al. Study on the correlation between soil ecological factors and gastrodin content in *G. elata* growing area[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2010, 25(4): 527−530.]
[30] 田紫平, 肖慧, 冯舒涵, 等. 天麻有效成分巴利森苷的降解规律分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(23): 18−21. [TIAN Ziping, XIAO Hui, Feng Shuhan, et al. Analysis of the degradation law of the active ingredient parishin in *Gastrodia elata*[J]. Chinese Journal of Experimental Formulaology, 2017, 23(23): 18−21.]