

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90015

不同产地竹节参中 7 种皂苷含量测定及化学计量学评价

Determination of seven kinds of saponins in *Panax japonicus* C. A. Mey from different regions by chemometric evaluation

张思敏^{1,2} 张也¹ 伍红年^{1,3}

ZHANG Si-min^{1,2} ZHANG Ye¹ WU Hong-nian^{1,3}

刘隆基¹ 申佩瑶⁴ 严建业¹ 杨磊²

LIU Long-ji¹ SHEN Pei-yao⁴ YAN Jian-ye¹ YANG Lei²

(1. 湖南中医药大学科技创新中心, 湖南长沙 410208; 2. 湖南中医药大学第一附属医院,

湖南长沙 410007; 3. 浏阳市人民医院, 湖南长沙 410399;

4. 中南林业科技大学生命科学与技术学院, 湖南长沙 410004)

(1. Institute of Innovation and Applied Research in Chinese Medicine, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China; 2. The First Hospital Affiliated to Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410007, China; 3. Department of Pharmacy, People's Hospital of Liuyang, Changsha, Hunan 410399, China; 4. College of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

摘要:目的:建立 UPLC 法同时测定竹节参中 7 种皂苷含量,并结合化学计量学分析评价其质量。方法:采用 ACQUITY UPLC BEH C₁₈ 色谱柱(2.1 mm×100 mm, 1.7 μm),流动相为水(A)—乙腈(B),梯度淋洗;流速 0.4 mL/min,温度 30 ℃,进样体积 1 μL,检测波长 203 nm。应用化学计量学中聚类分析、主成分分析及质量波动分析对含量测定结果进行识别,以分析不同产地竹节参药材间相似性及差异性。结果:7 种皂苷(人参皂苷 Rg₁、人参皂苷 Re、人参皂苷 Rb₁、竹节参皂苷 V、竹节参皂苷 IV、竹节参皂苷 IV a 与假人参皂苷 RT₁) 在核定范围内线性关系良好(R² ≥ 0.999 4);平均加样回收率在 99.00%~104.37%;人参皂苷 Rg₁、人参皂苷 Re、人参皂苷 Rb₁、竹节参皂苷 V、竹节参皂苷 IV、竹节参皂苷 IV a 与

假人参皂苷 RT₁ 的含量范围分别为 0.21~18.85, 0.59~2.82, 1.25~8.12, 59.14~97.16, 22.21~47.19, 15.97~32.66, 0.07~34.09 mg/g。通过聚类分析和主成分分析可将 9 批竹节参样品分为 3 类,竹节参样品 S6 为 I 类, S3、S7 和 S8 为 II 类, S1、S2、S4、S5 和 S9 为 III 类;通过质量波动分析发现人参皂苷 Rg₁ 与假人参皂苷 RT₁ 含量波动大。结论:竹节参中 7 种皂苷成分含量同时测定的 UPLC 法及化学计量学综合评价可用于竹节参的质量评价。

关键词:竹节参;产地;UPLC;皂苷;聚类分析;主成分分析

Abstract: Objective: This study aimed to establish UPLC method for simultaneous determination of seven kinds of saponins in *Panax japonicus* and evaluate its quality combined with chemometrics analysis. Methods: ACQUITY UPLC BEH C₁₈ column (2.1 mm×100 mm, 1.7 μm) was used, and the mobile phase was water (A)-acetonitrile (B) with gradient elution. The flow rate was 0.4 mL/min, at 30 ℃, and the injection volume was 1 μL detected 203 nm. Cluster analysis, principal component analysis (PCA) and quality fluctuation analysis in chemometrics were used to identify the content determination results, in order to analyze the similarities and differences between *Panax japonicus* in different regions. Results: Seven saponins (ginsenoside

基金项目:湖南省自然科学基金项目(编号:2020JJ4470);湖南省教育厅资助科研项目(编号:21A0169);湖南省中医药科研计划课题项目(编号:202072)

作者简介:张思敏,女,湖南中医药大学在读硕士研究生。

通信作者:严建业(1975—),男,湖南中医药大学副教授,硕士生导师,博士。E-mail: yanjianye201@126.com
杨磊(1972—),女,湖南中医药大学第一附属医院副主任药师,硕士生导师,博士。

E-mail: yanglei30@sohu.com

收稿日期:2021-09-08

Rg₁, ginsenoside Re, ginsenoside Rb₁, chikusetsusaponin V, chikusetsusaponin IV, chikusetsusaponin IV a and pseudoginsenoside RT₁) had good linear relationship within the approved range ($R^2 \geq 0.9994$). The average recovery rate was 99.00% ~ 104.37%. The contents of ginsenoside Rg₁, Re, Rb₁, chikusetsusaponin V, IV, IV a and pseudoginsenoside RT₁ were 0.21 ~ 18.85, 0.59 ~ 2.82, 1.25 ~ 8.12, 59.14 ~ 97.16, 22.21 ~ 47.19, 15.97 ~ 32.66 and 0.07 ~ 34.09 mg/g, respectively. According to the results of cluster analysis and principal component analysis, nine batches of *P. japonicus* samples were divided into three categories; S6 was classified as I; S3, S7 and S8 were classified as II, and S1, S2, S4, S5; S9 were classified as III. The quality fluctuation analysis showed that the contents of ginsenoside Rg₁ and pseudoginsenoside RT₁ fluctuated greatly. **Conclusion:** Simultaneous determination of seven saponins in *P. japonicus* by UPLC combined with chemometrics comprehensive evaluation could be used for quality evaluation of *P. japonicus*.

Keywords: *Panax japonicus* C. A. Mey.; regions; UPLC; saponins; cluster analysis; principal component analysis

竹节参(*Panax japonicus* C. A. Mey.)为五加科人参属植物,以干燥根茎入药,也具有较高的食用价值。云南独龙族将竹节参与鲜肉、鸡蛋一同煎煮作为药膳,用于病后补虚及改善虚劳咳嗽等症状^[1];在土家族居住区,人们用其泡酒服用^[2]。竹节参主要化学成分为皂苷、多糖、氨基酸以及挥发油^[3-4]等。研究表明,竹节参皂苷具有抗溃疡^[5]、抗肿瘤^[6]、抗脑缺血损伤^[7]、保护心脏^[8]、保肝^[9]、降血脂^[10-11]及抗炎镇痛^[12-14]等功效。其保健功效也被挖掘,如降血脂、降血糖^[3]的药理作用可用于预防“三高”;抗氧化^[15]的药理作用可用于延缓衰老;竹节参皂苷 IV a 对脂肪细胞分化有明显的抑制作用可用于减肥,有望成为减肥产品的功能性食品原料^[16]。但由于对竹节参过度挖掘,导致其野生资源锐减。又因人工栽培技术不成熟,产品质量参差不齐,限制了竹节参的应用。为更好推进竹节参在临床和生活中广泛使用,加强对其指标性成分的质量控制至关重要。

《中国药典》2020 版采用 HPLC 法测定其中的人参皂苷 Ro(竹节参皂苷 V)和竹节参皂苷 IV 来控制质量,而这两个成分的定量不能较全面地控制竹节参药材质量。目前研究植物中功能性成分定量分析的方法有高效液相色谱法(HPLC)、气相色谱法(GC)、超高效液相色谱法(UPLC)等^[17-19]。由于 UPLC 法具有灵敏度、分辨率以及柱效好,分离效率高,消耗溶剂少等特点^[20],而且未见采用 UPLC 法同时测定竹节参中的 7 种皂苷类成分的相关报道。

研究拟建立测定竹节参中 7 种皂苷类成分含量的 UPLC 法,并采用聚类分析、主成分分析与质量波动分析等化学计量学手段进行综合评价,以期对竹节参的质量综合评价提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

9 批竹节参样品(详细信息见表 1):经湖南中医药大学龚力民副教授鉴定为五加科人参属植物竹节参 *Panax japonicus* C.A.Mey 的干燥根茎;

表 1 样品信息

Table 1 Sample information

样品编号	产地	样品编号	产地
S1	湖北恩施	S6	四川大凉山
S2	贵州贵阳	S7	四川雅安
S3	湖北神农架	S8	四川乐山
S4	湖南石门	S9	云南丽江
S5	江西吉安		

人参皂苷 Rg₁(批号 wkq15121303)、人参皂苷 Re(批号 wkq16081605)、人参皂苷 Rb₁(批号 wkq16060402):质量分数 $\geq 98\%$,四川省维克奇生物科技有限公司;

竹节参皂苷 V(批号 HG027158198)、竹节参皂苷 IV(批号 HA305950198)、竹节参皂苷 IV a(批号 HC027157198):质量分数 $\geq 98\%$,宝鸡市辰光生物科技有限公司;

假人参皂苷 RT₁(批号 170726):质量分数 $\geq 98\%$,成都普菲生物技术有限公司;

乙腈、甲醇:色谱纯,德国默克股份有限公司;

试验用水均为超纯水;

其他均为分析纯。

1.1.2 主要仪器设备

超高效液相色谱仪:Waters ACQUITY UPLC 型,美国 Waters 公司;

超纯水仪:Option R7 ultra AN 型,英国 ELGA Lab-Waters 公司;

数控超声波清洗器:KQ-5200DE 型,昆山市超声仪器有限公司;

分析天平:ME204/02 型,梅特勒—托利多国际贸易(上海)有限公司。

1.2 方法

1.2.1 混合对照品溶液的制备 参考文献[21]。分别精密称定人参皂苷 Rg₁、Re、Rb₁、竹节参皂苷 V、IV、IV a 与假人参皂苷 RT₁各对照品适量,分别置于 5 mL 容量瓶中,加甲醇定容至刻度,摇匀,得到含人参皂苷 Rg₁(100 μg/mL)、Re(68 μg/mL)、Rb₁(102 μg/mL)、竹节参皂苷 V(1 500 μg/mL)、IV(700 μg/mL)、IV a(800 μg/mL),假人参皂苷 RT₁(440 μg/mL)的混合对照品溶液。

1.2.2 供试品溶液的制备 将不同来源竹节参药材制成粉末状,精密称取过 40 目筛的各批次粉末 1.0 g,置于锥

形瓶中,加70%的甲醇50 mL,称重,加热回流提取1 h,冷却至室温,再次称重,并用70%的甲醇补足失重,摇匀,用0.45 μm微孔滤膜过滤,取续滤液即得。

1.2.3 色谱条件 采用ACQUITY UPLC BEH C₁₈ (2.1 mm×100 mm,1.7 μm)色谱柱;流动相为水(A)—乙腈(B),梯度洗脱,0.0~3.5 min,79.0% A;3.5~6.0 min,79.0%~74.0% A;6.0~6.5 min,74.0%~66.3% A,6.5~13.0 min,66.3%~65.0% A,13.0~14.0 min,65.0%~79.0% A;流速0.4 mL/min;检测波长203 nm;柱温30 ℃;进样量1 μL。

1.2.4 方法学考察

(1) 专属性试验:分别精密吸取混合对照品溶液和供试品溶液各1 μL,按1.2.3的条件进行测定。

(2) 线性关系考察:参照文献[21]。

(3) 精密度、稳定性及重复性试验:参照文献[21]。

(4) 加样回收试验:精密称取已知含量供试品(S6) 0.5 g,加入适量各对照品,精密称定。

1.2.5 含量测定 分别取不同产地的竹节参样品,按1.2.2的方法制备样品溶液,按1.2.3的条件进样检测,计算各皂苷成分的含量。

1.2.6 化学计量学分析

(1) 聚类分析:以S1~S9样品中7个成分含量为变量,采用组间联接,并选择“平方 Euclidean 距离”法进行聚类分析。

(2) 主成分分析:对来自不同产地竹节参7种皂苷类成分的含量标准化处理后,对处理结果进行主成分(PCA)分析。

(3) 质量波动分析:为探究竹节参样品间的质量,参照文献[22—23]引入参数P值,对各产地竹节参药材质量进行评价,按式(1)计算质量波动值。

$$P = \frac{C_i}{\bar{C}_i}, \quad (1)$$

式中:

P——质量波动值;

C_i——给定化合物的含量,μg/mL;

\bar{C}_i ——9批竹节参药材各成分的平均含量,μg/mL。

1.2.7 数据分析 运用SPSS 22.0数理统计软件,进行聚类分析和主成分分析;运用Origin 2019进行质量波动分析。

2 结果与分析

2.1 方法学考察

2.1.1 专属性试验 由图1可知,供试品溶液的色谱峰与混合对照品的呈现出相同保留时间,此外,在空白对照色谱图中对应位置处无色谱峰,表明该方法专属性良好。

2.1.2 线性关系的考察 将混合对照品溶液配制为系列质量浓度,按1.2.3的条件进样分析,对7种皂苷类成分

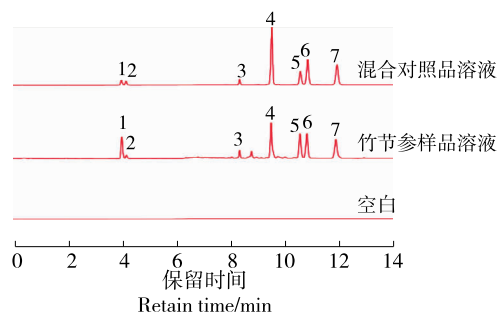
进行线性关系考察,结果见表2。由表2可知,竹节参各皂苷成分在相应的质量浓度范围内线性关系良好。

2.1.3 精密度试验 取S6样品,按1.2.2的方法制备供试品溶液,按1.2.3的条件重复进样6次,测得竹节参各皂苷成分的色谱峰峰面积的相对标准偏差(RSD)分别为0.20%,0.34%,1.34%,0.59%,0.49%,0.47%,1.20%,表明仪器的精密度结果良好。

2.1.4 稳定性试验 取S6样品,按1.2.2的方法制备供试品溶液,分别于0,2,4,6,8,10,12 h按1.2.3项下的色谱条件进样测定,测得竹节参中各皂苷成分色谱峰峰面积的RSD依次为1.57%,1.23%,2.67%,1.26%,2.05%,2.05%,1.88%,表明供试品溶液在12 h内稳定。

2.1.5 重复性试验 取S6样品,按1.2.2的方法平行制备6份供试品溶液,按1.2.3的条件进样分析,测得竹节参中各皂苷成分色谱峰峰面积的RSD依次为0.23%,0.40%,2.85%,0.23%,0.31%,0.33%,0.27%,表明方法重复性良好。

2.1.6 加样回收试验 精密称取S6样品0.5 g,加入适量



1. 人参皂苷 Rg₁ 2. 人参皂苷 Re 3. 人参皂苷 Rb₁ 4. 竹节参皂苷 V 5. 假人参皂苷 RT₁ 6. 竹节参皂苷 IV 7. 竹节参皂苷 IV_a

图1 混合对照品溶液、竹节参样品溶液及空白的HPLC色谱图

Figure 1 HPLC chromatograms of mixed reference solution, sample solution of *Panax japonicus* and blank

表2 7种指标成分的回归方程及线性范围

Table 2 Regression equation and linear range of seven index components

成分	线性回归方程	R ²	线性范围/ (μg·mL ⁻¹)
人参皂苷 Rg ₁	y=1 002.5x-1 337.8	0.999 9	20.000~200.000
人参皂苷 Re	y=1 109.9x-377.5	0.999 8	13.720~137.200
人参皂苷 Rb ₁	y=763.95x-1 384.1	0.999 4	20.400~204.000
竹节参皂苷 V	y=792.09x-4 111.7	1.000 0	300.000~3 000.000
假人参皂苷 RT ₁	y=748.49x-9 594.4	0.999 4	88.000~880.000
竹节参皂苷 IV	y=910.22x-8 891.1	0.999 7	140.000~1 400.000
竹节参皂苷 IV _a	y=738.73x-309.0	0.999 7	160.000~1 600.000

各对照品,精密称定。按 1.2.2 的方法制备供试品溶液,进样测定。由表 3 可知,各皂苷平均回收率均在 95%~105%,相对标准偏差(RSD)均小于 3%,表明该方法的回收率良好。

2.2 样品含量测定

经测定,各批次竹节参中各皂苷成分含量结果见表 4。为充分展示各批次竹节参中 7 种成分含量的分布特征,以测得的含量结果作雷达图,见图 2。由于各批次各成分含量相差很大,作图时,对各成分含量进行修正,使各成分含量乘以修正系数,各系数定:竹节参皂苷 V 为 1,人参皂苷 R_{G1} 为 15,人参皂苷 R_e 为 30,人参皂苷 R_{b1} 为 15,人参皂苷 R_{T1} 为 10,竹节参皂苷 IV 为 2,竹节参皂苷 IV_a 为 3。由表 4 可知,竹节参皂苷 V 在各批次竹节参样品中含量较高,其次是竹节参皂苷 IV、IV_a;人参皂苷 R_{b1} 与假人参皂苷 R_{T1} 在 S₆ 中含量较其他样品高。由图 2 可知,S₆、S₇ 与 S₈ 的整体轮廓图相对较大,由于这 3 个批次中的假人参皂苷 R_{T1} 含量相对较高,特别是 S₆ 的轮廓图形与其他各批次的轮廓图差异性较大,由于 S₆ 中的 7 个成分含量均较高;而其他批次的竹节参的整体轮廓图相似,表明其他批次各成分含量更为均匀。

《中国药典》2020 版规定,竹节参皂苷 V(人参皂苷 R_o)与竹节参皂苷 IV_a 含量 ≥ 1.5%。由含量测定结果可

表 3 7 种指标成分的加样回收试验

Table 3 Spike-and-recovery experience of seven index components (n=5) %

成分	平均回收率	RSD
人参皂苷 R _{G1}	100.17	0.80
人参皂苷 R _e	100.01	1.48
人参皂苷 R _{b1}	100.71	1.50
竹节参皂苷 V	99.00	1.12
假人参皂苷 R _{T1}	100.63	0.98
竹节参皂苷 IV	101.05	2.23
竹节参皂苷 IV _a	104.37	1.14

表 4 不同批次竹节参样品含量测定平均结果

Table 4 Determination average results of different batches of *Panax japonicus* samples (n=3) mg/g

样品	人参皂苷 R _{G1}	人参皂苷 R _e	人参皂苷 R _{b1}	竹节参皂苷 V	假人参皂苷 R _{T1}	竹节参皂苷 IV	竹节参皂苷 IV _a
S1	2.76	2.00	1.25	59.14	0.07	30.65	17.24
S2	1.93	2.67	3.23	89.51	0.11	26.94	15.97
S3	0.21	0.59	3.85	97.16	0.38	34.58	29.80
S4	2.96	1.88	2.19	68.22	0.07	22.21	17.33
S5	2.19	2.82	2.99	52.65	0.13	29.43	18.58
S6	18.85	2.49	8.12	42.91	34.09	28.40	17.22
S7	6.02	1.70	6.22	69.87	22.76	34.66	32.66
S8	6.03	1.71	5.84	69.47	22.63	34.52	32.62
S9	1.73	2.38	2.51	66.85	0.11	47.19	15.76

知,试验 9 批不同产地竹节参样品中,竹节参皂苷 V 含量为 42.91~97.16 mg/g,竹节参皂苷 IV_a 含量为 15.76~32.66 mg/g,均明显高于药典标准,并且这两个成分在 9 个批次样品中的质量波动较小。但某些成分在不同产地间含量波动较大,说明产地是造成竹节参质量差异的原因之一。

2.3 化学计量学分析

2.3.1 聚类分析 对各批次样品的含量测定结果进行聚类分析见图 3。由图 3 可知,当距离介于 15~20 时主要聚为 3 类,其中,四川雅安(S₇)、四川乐安(S₈)以及湖北神农架(S₃)为 I 类;湖北恩施(S₁)、湖南石门(S₄)、江西吉安(S₅)、贵州贵阳(S₂)以及云南丽江(S₉)为 II 类;四川大凉山(S₆)为 III 类。

2.3.2 主成分分析 为进一步探讨竹节参不同产地间的差异,采用主成分分析进行评价,结果见表 5。由表 5 可得,前 3 个因子累计贡献率为 90.635。由图 4 可知,前 3 个成分特征值下降较快,因此折线较为陡峭,其余成分特征值变化较为平缓。取特征值 > 1 的成分作图,结果见图 5。由图 5 可知,9 批样品可分为 3 类,S₆ 为 I 类,S₇、S₈、S₃ 为 II 类,S₁、S₂、S₄、S₅、S₉ 为 III 类,与聚类分析结果一致。

综合聚类分析和主成分分析并观察各成分含量可发现,四川大凉山样品中人参皂苷 R_{G1} 与假人参皂苷 R_{T1} 含量明显高于其他批次,提示这可能是造成差异的原因之一。其次,竹节参大多生于高山灌丛阴湿地或岩石沟涧旁,地理位置与生长环境也是导致竹节参药材批次间分类的原因。

2.3.3 质量波动分析 当参数 P 值越靠近 1 时,各批间样品一致性越好。一般而言,当 P 值在 0.75~1.25 范围内表明该成分的质量波动较小,P 值过大或过小表明该成分质量波动较大,是竹节参样品质量波动的重要体现。由图 6 可知,人参皂苷 R_{G1}、R_{b1} 以及假人参皂苷 R_{T1} 超出此范围较多,特别是人参皂苷 R_{G1} 与假人参皂苷 R_{T1} 波动范围较大。结合表 2、聚类分析及主成分分析可知,人

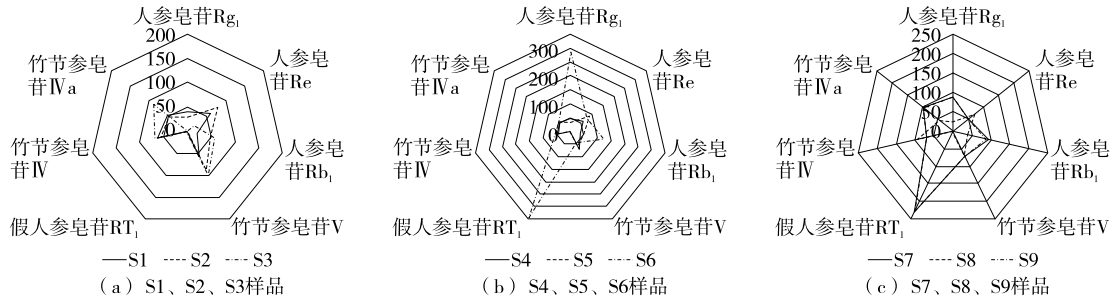


图2 不同批次竹节参样品7种皂苷含量的雷达图

Figure 2 Radar images of seven saponins in different batches of *Panax japonicus* samples

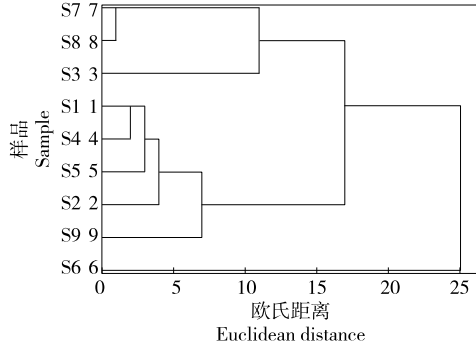


图3 竹节参样品聚类分析树状图

Figure 3 Cluster analysis tree of *Panax japonicus* samples

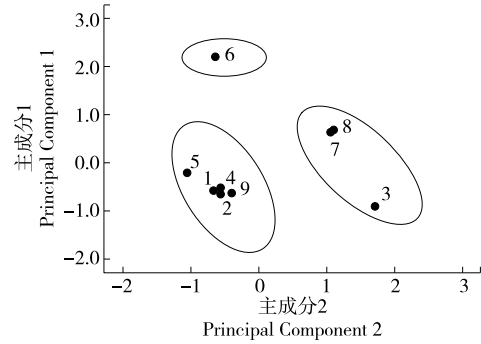


图5 不同产地竹节参主成分分析二维图

Figure 5 Two-dimensional principal component analysis of *Panax japonicus* in different regions

表5 主成分初始特征值和贡献率

Table 5 Initial eigenvalue and contribution rate of principal components

主成分	提取平方和载入		
	特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
1	3.130	44.719	44.719
2	2.260	32.292	77.011
3	0.954	13.624	90.635
4	0.355	5.066	95.701
5	0.271	3.872	99.573
6	0.029	0.408	99.981
7	0.001	0.019	100.000

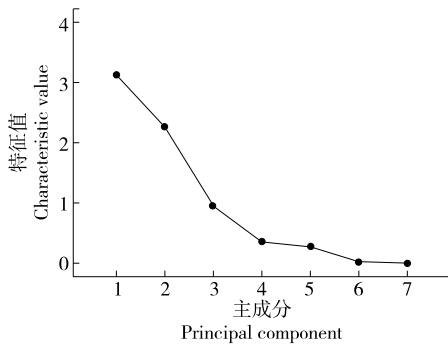


图4 不同产地竹节参主成分分析碎石图

Figure 4 Detritus diagram of principal component analysis of *Panax japonicus* from different habitats

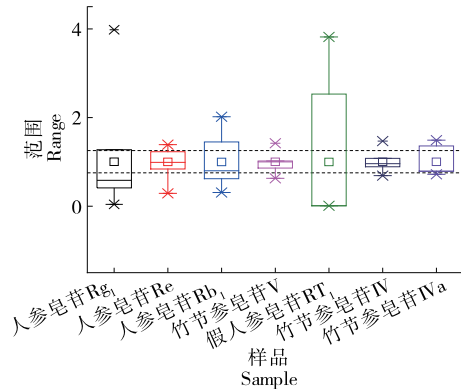


图6 竹节参样品7个成分的Box-chart图

Figure 6 Box-chart plot of seven components of *Panax japonicus* sample

参皂苷 Rg₁、Rb₁与假人参皂苷 RT₁均在样品 S6 中含量较高,含量波动较大,因此 S6 被单独分为一类,与聚类分析及主成分分析结果相呼应。人参皂苷 Re 及竹节参皂苷 V、IV 的 P 值基本在 0.75~1.25,表明这几个成分对竹节参的质量波动影响不大。

3 结论

建立了采用 UPLC 同时测定竹节参药材中 7 种皂苷类成分含量的方法,该法柱效高,出峰快,耗能少;并结合化学计量学中的聚类分析、主成分分析与质量波动分析

对竹节参药材质量的优劣进行了评价。研究表明,不同产地的竹节参药材各皂苷类成分含量均有较大的差异。竹节参皂苷 V、竹节参皂苷 IV 以及竹节参皂苷 IV_a 3 种皂苷在各批次竹节参药材中含量较高,其中竹节参皂苷 V > 竹节参皂苷 IV > 竹节参皂苷 IV_a; 人参皂苷 R_{g1}、人参皂苷 R_e、人参皂苷 R_{b1} 与假人参皂苷 RT₁ 含量则较低,特别是竹节参皂苷 V 与竹节参皂苷 IV 均高于药典标准。竹节参中含有丰富的化学成分,试验仅对竹节参药材中 7 种皂苷成分含量测定进行了研究,若要全面评价竹节参药材质量还可以对竹节参中更多的成分及活性进行系统研究。

参考文献

- [1] 丁国瑜, 杨发建, 王洪云, 等. 珍稀民族药材竹节参在云南保山的资源调查[J]. 福建茶叶, 2019, 41(10): 178-179.
DING Guo-yu, YANG Fa-jian, WANG Hong-yun, et al. Resource investigation of rare national medicinal material *Panax japonicus* in Baoshan, Yunnan[J]. Tea in Fujian, 2019, 41(10): 178-179.
- [2] 尹文仲. 土家族药竹节参临床应用简介[J]. 湖北民族学院学报(医学版), 2006(4): 77.
YIN Wen-zhong. Brief introduction of clinical application of Tujia medicine *Panax japonicus*[J]. Journal of HuBei Minzu University (Medical Edition), 2006(4): 77.
- [3] 周静, 付先芸, 蔡三金, 等. 竹节参的化学成分、药理作用及质量标志物(Q-Marker)预测分析[J]. 中草药, 2021, 52(9): 2 819-2 830.
ZHOU Jing, FU Xian-yun, CAI San-jin, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Panax japonicus* and predictive analysis on quality markers[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(9): 2 819-2 830.
- [4] 武秋爽, 陈平, 张庆文. 竹节参化学成分、药理活性及分析方法研究进展[J]. 亚太传统医药, 2016, 12(6): 46-54.
WU Qiu-shuang, CHEN Ping, ZHANG Qing-wen. Advances in research of chemical constituents, pharmacological activities and analytical methods of *Panax Japonicus* [J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2016, 12(6): 46-54.
- [5] YAMAHARA J, KUBOMURA Y, MIKI K, et al. Anti-ulcer action of chikusetsusaponin III [J]. Yakugaku Zasshi, 1987, 107(2): 135-139.
- [6] CHEN Xin, WU Qiu-shuang, MENG Fan-cheng, et al. Chikusetsusaponin IV_a methyl ester induces G1 cell cycle arrest, triggers apoptosis and inhibits migration and invasion in ovarian cancer cells[J]. Phytomedicine, 2016, 23(13): 1 555-1 565.
- [7] 黄亚光, 欧炳金, 冯家腾, 等. 竹节参总皂苷调节大鼠海马区自噬减轻脑缺血再灌注损伤[J]. 中成药, 2020, 42(7): 1 721-1 726.
HUANG Ya-guang, OH Bing-jin, FENG Jia-teng, et al. Total rhizome panacis japonica saponins ameliorate cerebral ischemia reperfusion injury via regulating autophagy in rats' hippocampus[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2020, 42(7): 1 721-1 726.
- [8] 贺海波, 许佳, 王洪武, 等. 竹节参不同提取部位预处理对冠脉结扎诱导大鼠急性心肌缺血损伤的影响[J]. 第三军医大学学报, 2011, 33(14): 1 462-1 466.
HE Hai-bo, XU Jia, WANG Hong-wu, et al. Effects of preconditioning with different fractions extracted from *Panax japonicus* C. A. Mey on acute myocardial ischemia in rats induced by ligation of left anterior descending branch[J]. Journal of Third Military Medical University, 2011, 33(14): 1 462-1 466.
- [9] DAI Yan-wen, ZHANG Chang-cheng, ZHAO Hai-xia, et al. Chikusetsusaponin V attenuates lipopolysaccharide-induced liver injury in mice[J]. Immunopharmacol Immunotoxicol, 2016, 38(3): 167-174.
- [10] 杨小林, 陈平. 竹节参总皂苷对高血脂模型小鼠的影响作用[J]. 中医学报, 2010, 38(6): 22-24.
YANG Xiao-lin, CHEN Ping. Experimental study on the antihyperlipidemia effect of the total rhizoma panacis japonica saponins[J]. Acta Chinese Medicine and Pharmacology, 2010, 38(6): 22-24.
- [11] HAN Li-kun, ZHENG Yi-nan, YOSHIKAWA Masayuki, et al. Anti-obesity effects of chikusetsusaponins isolated from *Panax japonicus* rhizomes[J]. BMC Complement Altern Med, 2005, 5(1): 1-10.
- [12] XIN Yi, YUAN Qin, LIU Chao-qi, et al. MiR-155/GSK-3 β mediates anti-inflammatory effect of Chikusetsusaponin IV_a by inhibiting NF- κ B signaling pathway in LPS-induced RAW264.7 cell[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 18303.
- [13] YUAN Qin, ZHANG Deng-qing, LIU Chao-qi, et al. Chikusetsusaponin V inhibits LPS-activated inflammatory responses via SIRT1/NF- κ B signaling pathway in RAW264.7 Cells[J]. Inflammation, 2018, 41(6): 2 149-2 159.
- [14] 吴孟华, 张伟, 邓建华, 等. 竹节参抗炎作用的研究进展[J]. 中药材, 2015, 38(5): 1 096-1 098.
WU Meng-hua, ZHANG Wei, DENG Jian-hua, et al. Research progress on anti-inflammatory effects of *Panax japonicus*[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2015, 38(5): 1 096-1 098.
- [15] 闵静, 敖敏章, 胡菁, 等. 竹节参皂苷抗氧化作用的实验性研究[J]. 湖北职业技术学院学报, 2007, 10(1): 110-112.
MIN Jing, AO Min-zhang, HU Jing, et al. Experimental research on anti-oxidation effect of total saponins of *Panax japonicus* [J]. Journal of Hubei Polytechnic Institute, 2007, 10(1): 110-112.
- [16] YIN Jun, SEO C S, HWANG I H, et al. Anti-obesity activities of Chikusetsusaponin IV_a and *Dolichos lablab* L. seeds[J]. Nutrients, 2018, 10(9): 1 221.
- [17] 张佳, 杨怀瑾, 马丽霞, 等. 中药品质传递过程评价技术与方法研究进展[J]. 中草药, 2021, 52(15): 4 711-4 721.
ZHANG Jia, YANG Huai-jin, MA Li-xia, et al. Research progress on evaluation technology and method of quality delivery process of traditional Chinese medicine[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(15): 4 711-4 721.
- [18] 伍红年, 谭诗涵, 王元清, 等. 竹节参 HPLC 指纹图谱的建立及 7 种成分测定[J]. 中成药, 2019, 41(5): 1 074-1 080.
WU Hong-nian, TAN Shi-han, WANG Yuan-qing, et al. Establishment of HPLC fingerprints of *Panax japonicus* and determination of seven constituents [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2019, 41(5): 1 074-1 080.

(下转第 79 页)