



基于特征图谱及苯乙酮类成分含量测定的白首乌种属差异研究

林美玉, 陈文华, 徐凌川, 韩婷, 苏娟, 张弛

Species differences of Baishouwu based on characteristic chromatogram and content determination of acetophenones

LIN Meiyu, CHEN Wenhua, XU Lingchuan, HAN Ting, SU Juan, ZHANG Chi

在线阅读 View online: <http://yxsj.smmu.edu.cn/cn/article/doi/10.12206/j.issn.2097-2024.202207036>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

高效液相色谱法测定不同产地假中的 α -细辛脑含量

Determination of content of α -Asarone in *Piper sarmentosum* Roxb. from different habitats by HPLC

药学实践与服务. 2019, 37(4): 348-351 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2019.04.012

口腔溃疡膜有效成分提取方法的考察及含量测定

Investigation of the extraction method and content determination of the active components from oral ulcer film

药学实践与服务. 2020, 38(5): 466-468, 480 DOI: 10.12206/j.issn.1006-0111.202003033

清脂胃舒佐餐茶HPLC法指纹图谱的研究及4个成分的含量测定

Study on fingerprint of Qingzhiweizuocan Tea and assay of four components by HPLC method

药学实践与服务. 2018, 36(4): 324-328 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2018.04.008

HPLC法测定扶正平消胶囊中芍药苷的含量

Determination of paeoniflorin in Chinese traditional herbal preparation Fuzhengpingxiao capsule using HPLC method

药学实践与服务. 2018, 36(1): 68-70, 79 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2018.01.014

HPLC法同时测定多效防护霜中盐酸苯海拉明、甲氧基肉桂酸辛酯和水杨酸辛酯的含量

Simultaneous determination of diphenhydramine hydrochloride, octyl methoxycinnamate and octyl salicylate in multi-effect protective cream by HPLC

药学实践与服务. 2019, 37(6): 508-511 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2019.06.007

肾衰宁颗粒指纹图谱研究及3种有效成分含量测定

Research on the fingerprint and three active components assay in Shenshuaining granules by HPLC

药学实践与服务. 2020, 38(3): 259-263 DOI: 10.12206/j.issn.1006-0111.201911005



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

· 论著 ·

基于特征图谱及苯乙酮类成分含量测定的白首乌种属差异研究

林美玉¹, 陈文华², 徐凌川², 韩婷¹, 苏娟¹, 张弛¹ (1. 海军军医大学药学院, 上海 200433; 2. 山东中医药大学药学院, 山东 济南 250355)

[摘要] 目的 建立不同产地白首乌药材的指纹图谱, 并测定苯乙酮类成分含量, 为不同品种白首乌药材的质量控制提供科学依据。方法 采用 HPLC-DAD 法建立白首乌药材 HPLC 指纹图谱, 同时对 4 种苯乙酮类成分进行含量测定。其中, 色谱柱为 Diamonsil C₁₈(4.6 mm×250 mm, 5 μm), 流动相为甲醇-0.1% 磷酸梯度洗脱, 流速为 1 ml/min, 柱温为 30 ℃, 检测波长为 260 nm(4-羟基苯乙酮、白首乌二苯酮、2',4'-二羟基苯乙酮)和 280 nm(2',5'-二羟基苯乙酮)。结果 泰山白首乌、滨海白首乌及隔山消化学成分差异显著, 隔山消中总苯乙酮类成分含量明显高于滨海白首乌和泰山白首乌。结论 以苯乙酮类成分为评价指标, 隔山消的总苯乙酮含量较高, 可作为白首乌药材的优质资源。

[关键词] 白首乌; 苯乙酮; 高效液相色谱; 特征图谱; 含量测定

[文章编号] 2097-2024(2023)06-0366-06

[DOI] 10.12206/j.issn.2097-2024.202207036

Species differences of Baishouwu based on characteristic chromatogram and content determination of acetophenones

LIN Meiyu¹, CHEN Wenhua², XU Lingchuan², HAN Ting¹, SU Juan¹, ZHANG Chi¹ (1. School of Pharmacy, Naval Medical University, Shanghai 200433, China; 2. School of Pharmacy, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China)

[Abstract] **Objectives** To provide scientific basis for the quality control of different species of Baishouwu by establishing the HPLC fingerprint of domestic of Baishouwu and determining the main active components of acetophenones. **Methods** HPLC-DAD method was used to determine the HPLC fingerprints of domestic of Baishouwu. Then, the content of 4 kinds of acetophenones in Baishouwu was determined. The column was Diamonsil C₁₈(250mm×4.6mm, 5μm) with the mobile phase of methanol and 0.1% phosphoric acid at a flow rate of 1.0 ml/min. The detection wavelength of p-Hydroxyl acetophenone, baishouwu benzophenone, 2',4'-Dihydroxy acetophenone was set at 260 nm and 2',5'-Dihydroxy acetophenone at 280 nm respectively. **Results** The similarity and cluster analysis in HPLC fingerprint showed that the constituents were significantly different among *C. bungei*, *C. auriculatum* and *C. wilfordii*. The content of total acetophenones in *C. wilfordii* was significantly higher than that in other localities of *C. auriculatum* and *C. bungei*. **Conclusions** Acetophenone could be used as the evaluation index to evaluate the quality of Baishouwu in different origins. The content of total acetophenone in *C. wilfordii* is the highest, which could be used as the best quality resource of Baishouwu.

[Key words] Baishouwu; acetophenone; HPLC; characteristic chromatogram; contents determination

白首乌为萝藦科(Asclepiadaceae)鹅绒藤属(*Cynanchum*)植物泰山白首乌(戟叶牛皮消)*C. bungei* Decne.、隔山消(隔山牛皮消)*C. wilfordii* (Maxim.) Hemsl.及滨海白首乌(耳叶牛皮消)*C. auriculatum* Royle ex Wight.的块根^[1-2],其主要生物活性成分为苯乙酮和 C₂₁-甾体皂苷类,具有抗肿瘤、抗炎、舒张心血管,保肝、降糖和神经保护等作

用^[3-13]。泰山白首乌块根作为正品传统中药白首乌曾收录于 1977 年版《中国药典》,为泰山四大名药之首,是山东道地药材^[14]。2002 年版《中国中药志》记载,白首乌还包含滨海白首乌 *C. auriculatum* 和隔山消 *C. wilfordii*。滨海白首乌在 2015 年被国家卫计委批准为普通食品,隔山消于 2008 年被《韩国药典》收载^[1-2]。

随着对白首乌生物活性研究的不断深入,其药用价值不断体现,市场需求也逐年攀升,但是白首乌药材市场存在以下问题:白首乌正品(泰山白首乌)为野生型、两年生,产量低,人工栽培极其困难,

[作者简介] 林美玉, 硕士, 高级实验师, 研究方向: 中药分析, Email: linmeiyu18@126.com

[通信作者] 苏娟, 副教授, 研究方向: 中药化学和质量评价研究, Email: juansu_2008@126.com

市场供应不足,因此有人将滨海白首乌和隔山消都作为白首乌正品销售,存在白首乌品种混淆的现象^[15]。泰山白首乌与其近缘种滨海白首乌和隔山消的品质是否有差异,两种近缘种当作白首乌药材应用是否合理,针对这些问题,本研究收集25批白首乌类药材,建立不同产地白首乌的HPLC指纹图谱,运用HPLC指纹图谱进行质量评价。同时对不同批次的白首乌中4种苯乙酮类成分进行含量测定,结构式见图1,从而为不同品种白首乌药材的品质评价提供理论依据。

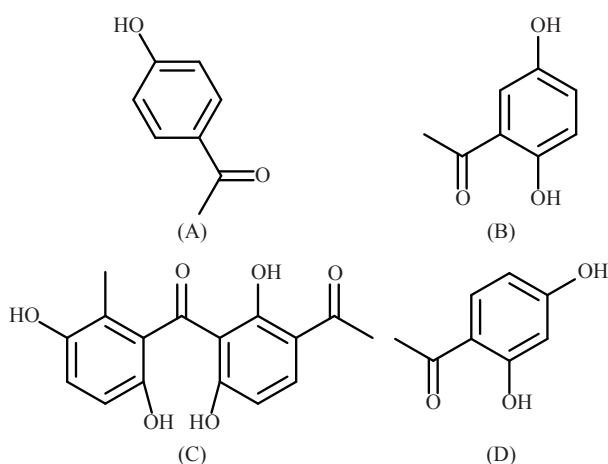


图1 白首乌中4种苯乙酮类成分结构式
A.4-羟基苯乙酮; B.2',5'-二羟基苯乙酮;
C.白首乌二苯酮; D.2',4'-二羟基苯乙酮

1 实验部分

1.1 仪器和试剂

LC-20AD 高效液相色谱仪(岛津,四元梯度系统);色谱柱 Diamonsil C₁₈ 柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm);AG285 型电子分析天平(瑞士 Mettler-Toledo 公司)。

4-羟基苯乙酮(CAS: 99-93-4, 纯度≥98%)、2',4'-二羟基苯乙酮(CAS: 89-84-9, 纯度≥98%)、2',5'-二羟基苯乙酮(CAS: 490-78-8, 纯度≥98%)均为国药集团提供,白首乌二苯酮为实验室自制(纯度≥98%)。

白首乌药材样品均于2018年采集或购买自国内不同地区(表1),并经山东中医药大学药学院中药鉴定教研室徐凌川教授分别鉴定为泰山白首乌 *C. bungei* Decne.、耳叶牛皮消 *C. auriculatum* Royle ex Wight.和隔山消 *C. wilfordii* (Maxim.) Hemsl.,密封存放于4℃冰箱。

1.2 色谱条件

岛津 LC-20AD 高效液相色谱仪, Diamonsil C₁₈ (4.6 mm×250 mm, 5 μm);流动相为甲醇-

表1 25批白首乌样品来源

样品	产地	物种	类型
S1	山东济南	泰山白首乌	栽培(两年)
S2	山东临沂	泰山白首乌	栽培(两年)
S3	山东泰安	泰山白首乌	栽培(一年)
S4	山东临沂	隔山消	栽培(两年)
S5	四川巴蜀	滨海白首乌	饮片
S6	湖南湘西	滨海白首乌	野生
S7	四川成都	滨海白首乌	饮片
S8	湖南张家界	滨海白首乌	饮片
S9	广东广州	滨海白首乌	饮片
S10	山东济南	隔山消	栽培(两年)
S11	安徽阜阳	滨海白首乌	饮片
S12	四川遂宁	滨海白首乌	饮片
S13	安徽亳州	滨海白首乌	饮片
S14	江苏南京	滨海白首乌	饮片
S15	广西玉林	滨海白首乌	饮片
S16	江苏徐州	滨海白首乌	饮片
S17	贵州毕节	滨海白首乌	饮片
S18	江西南昌	滨海白首乌	饮片
S19	江苏滨海	滨海白首乌	饮片
S20	云南昆明	滨海白首乌	饮片
S21	云南大理	滨海白首乌	饮片
S22	安徽大别山	隔山消	野生
S23	四川广安	隔山消	野生
S24	陕西汉中	隔山消	野生
S25	河北安国	滨海白首乌	饮片

0.1% 磷酸水溶液梯度洗脱(0~7 min, 15% 甲醇; 7~18 min, 15%~24% 甲醇; 18~27 min, 24% 甲醇; 27~32 min, 24%~30% 甲醇; 32~40 min, 30% 甲醇; 40~45 min, 30%~15% 甲醇),流速为1 ml/min,柱温为30℃,检测波长为260 nm(4-羟基苯乙酮、白首乌二苯酮、2',4'-二羟基苯乙酮)和280 nm(2',5'-二羟基苯乙酮),进样量为10 μl。

1.3 实验方法

1.3.1 对照品储备液的制备

精确称取标准品4-羟基苯乙酮156.12 mg、2',5'-二羟基苯乙酮162.08 mg、白首乌二苯酮98.02 mg和2',4'-二羟基苯乙酮133.45 mg,置于1000 ml容量瓶中,用甲醇溶解并稀释至刻度线,摇匀,制得混合对照品储备液。精密量取混合对照品储备液适量,用甲醇稀释10倍,得到4-羟基苯乙酮、2',5'-二羟基苯乙酮、白首乌二苯酮和2',4'-二羟

基苯乙酮质量浓度分别为 0.015 61、0.016 21、0.009 802、0.013 34 mg/ml 的混合对照品溶液, 过 0.45 μm 微孔滤膜作对照品溶液, 置于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中备用。

1.3.2 供试品溶液的制备

称取白首乌样品粉末(过五号筛)约 2.0 g, 精密称定, 置于 50 ml 具塞锥形瓶中, 精密加入甲醇 20.0 ml, 密塞, 称定重量, 超声处理 30 min, 放冷, 再称定重量, 用甲醇补足超声过程中损失的重量, 摇匀, 滤过, 再取续滤液, 过 0.45 μm 微孔滤膜, 即得。

2 结果与讨论

2.1 色谱图及数据分析

取 25 批白首乌样品, 分别按实验方法制备供试品溶液, 按“1.2”项色谱条件进行测定, 得到 25 个样品的 HPLC 指纹叠加图谱及 10 个共有峰, 并对指纹图谱中的 4 种苯乙酮类成分进行归属确认。其中, 对 4-羟基苯乙酮(保留时间 19.531 min)、2',5'-二羟基苯乙酮(保留时间 24.773 min)、白首乌二苯酮(保留时间 26.455 min) 和 2',4'-二羟基苯乙酮(保留时间 30.768 min) 进行了指认, 白首乌指纹

图谱、对照图谱及混合对照品图谱如图 2 所示。

本研究采用国家药典委员会“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2012 A 版)对 25 批白首乌样品的 HPLC 指纹图谱进行数据分析处理, 运用多点校正法对其指纹图谱进行相似度评价, 选取 S16 作为参照图谱, 设置“时间窗宽度”为 0.6 min, 以平均数的方法生成白首乌共有模式的指纹对照图谱。在相似度评价中, 25 批白首乌样品除了 S1(产地山东济南)、S2(产地山东临沂)、S3(产地山东泰安)之外, 其余相似度均在 0.823 ~ 0.980 之间。故可以通过相似度分析初步将 S1、S2、S3 这 3 个批次的白首乌样品归为一类, 从色谱图上可以看出其某些成分含量较低, 与其他产地的白首乌差距明显, 结果显示均为泰山白首乌。研究结果表明, 可以明显将以上 3 个批次的泰山白首乌与其他 2 个种白首乌(滨海白首乌和隔山消)区分为 2 大类, 说明泰山白首乌与其它白首乌品种(滨海白首乌和隔山消)的化学成分差距显著。

相似度分析可以根据化学特征峰差异明显地区分泰山白首乌, 但是滨海白首乌和隔山消不易区分。因此, 将其他 22 批次白首乌样品的 10 个特征

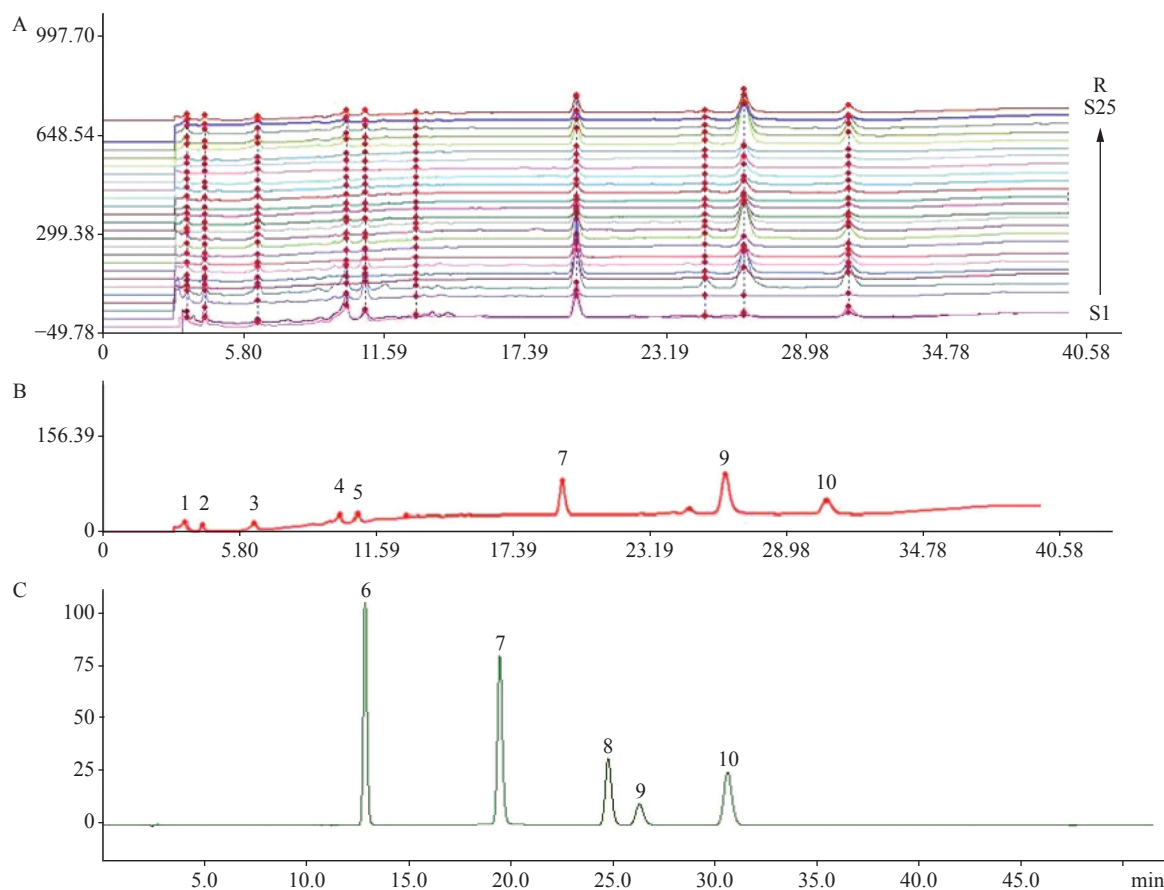


图 2 白首乌 HPLC 色谱图

A. 白首乌指纹图谱; B. 对照品; C. 混合标准品; 7. 4-羟基苯乙酮; 8. 2',5'-二羟基苯乙酮; 9. 白首乌二苯酮; 10. 2',4'-二羟基苯乙酮

峰面积组成数据矩阵,导入 SPSS 20.0 统计软件,采用组间联接法以及欧氏距离对指纹图谱进行聚类分析,结果如图 3。结果表明,化学距离为 2.5,可以将 22 个样品分为 2 类,第 I 类的 6 组均为隔山消,第 II 类的 16 组均为滨海白首乌。聚类分析结果表明,隔山消和滨海白首乌化学成分含量差异明显。

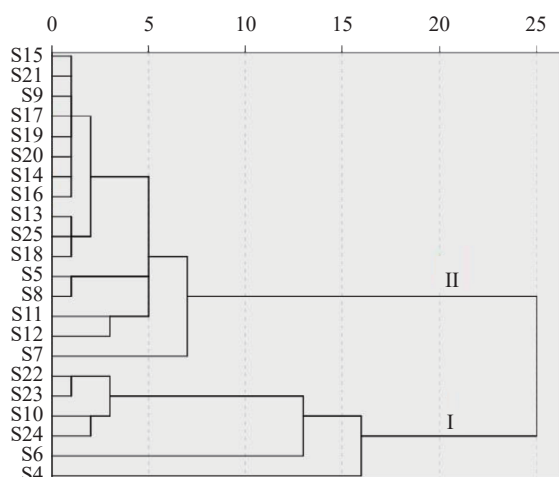


图 3 22 批白首乌样品的化学聚类分析

为了评价 22 批次样品所有成分的样品分辨能力,运用 SIMCA 14.1 分析软件对其进行主成分分析,结果见图 4。由 PCA 图可以看出, S9、S13~S21、S25 聚为一类, S5、S7、S8、S12 聚为一类, S10、S22、S23、S24 聚为一类,与聚类分析的结果基本一致,样品之间的离散程度较大,表明样品差异性较大。

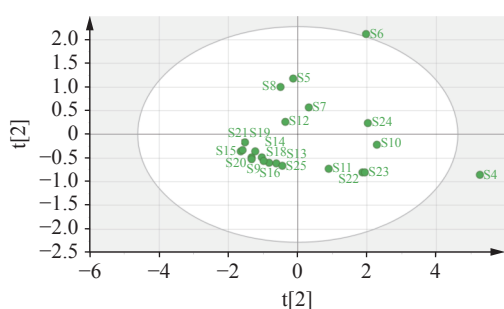


图 4 22 批白首乌 PCA 图

2.2 标准曲线的制备

精密吸取混合对照品溶液 1、2、4、8、16、32 μl ,分别注入高效液相色谱仪,在“1.2”项实验色谱条件下,重复进样 3 次,测定 4-羟基苯乙酮、2',5'-二羟基苯乙酮、白首乌二苯酮和 2',4'-二羟基苯乙酮的峰面积,对结果进行线性回归分析,以各对照品浓度($X, \mu\text{g}$)对峰面积(Y)绘制各标准曲线。线性关系考察结果见表 2。

表 2 线性关系考察结果

成分	回归方程	R^2	线性范围(μg)
4-羟基苯乙酮	$Y=47\ 109X-22\ 868$	0.999 9	0.015 61-0.499 6
2',5'-二羟基苯乙酮	$Y=23\ 028X-12\ 341$	0.999 8	0.016 21-0.518 7
白首乌二苯酮	$Y=15\ 075X-7\ 940.1$	0.999 8	0.009 802-0.313 7
2',4'-二羟基苯乙酮	$Y=28\ 725X-12\ 816$	0.999 9	0.013 34-0.427 0

2.3 精密度实验

按“1.2”项色谱条件对混合对照品溶液,重复进样 6 次,测定并计算 4-羟基苯乙酮、2',5'-二羟基苯乙酮、白首乌二苯酮和 2',4'-二羟基苯乙酮峰面积的 RSD 分别为 1.35%、1.15%、1.27% 和 1.37%。

2.4 稳定性实验

取混合对照品溶液,室温放置,按“1.2”项色谱条件,分别在 0 h、2 h、4 h、6 h、12 h 和 24 h 进样,测定并计算得到 RSD 分别为 0.99%、0.82%、0.92% 和 0.88%,RSD 值均小于 3%,结果表明供试品溶液在 24 h 稳定性良好。

2.5 重复性实验

取同一批白首乌(S16)样品粉末 6 份,精密称定,按“1.3.2”项方法制备供试品溶液,按“1.2”项色谱条件测定,4-羟基苯乙酮、2',5'-二羟基苯乙酮、白首乌二苯酮和 2',4'-二羟基苯乙酮峰面积的 RSD 分别为 1.48%、1.84%、1.13% 和 2.01%,RSD 值均小于 3%,表明方法重复性良好。

2.6 加样回收率实验

精密称取同一批次白首乌(S16)样品粉末 6 份,每份 1.0 g,按 1:1 质量比分别加入适量的 4-羟基苯乙酮、2',5'-二羟基苯乙酮、白首乌二苯酮和 2',4'-二羟基苯乙酮对照品,按照样品溶液的配制方法制备供试品溶液,在“1.2”项色谱条件下,测定并计算得到平均加样回收率($n=6$)分别为 97.77%、99.15%、98.81% 和 96.77%,RSD 分别为 2.07%、1.57%、1.20% 和 1.19%,加样回收率结果见表 3。

2.7 样品含量测定

取 25 个批次的白首乌各 2.0 g,按照样品溶液的配制方法制备白首乌供试品溶液,进样后记录各色谱峰的峰面积,将所得数据代入各标准曲线回归方程计算其含量,结果见表 4。不同批次白首乌中各化合物成分存在显著差异,总苯乙酮类成分的含量也不同。

泰山白首乌历来被认为是白首乌的正品,而隔山消和滨海白首乌尽管也用作白首乌,但仍被认为是泰山白首乌的近缘品种。本研究发现,隔山消中总苯乙酮类成分的含量最高,滨海白首乌次之,泰

表3 加样回收率实验结果

成分	加样量(m/g)	样品含量(m/mg)	加对照品量(m/mg)	测得量(m/mg)	回收率(%)	平均回收率(%)	RSD(%)
4-羟基苯乙酮	1.000 0	0.102 1	0.100 0	0.198 2	98.07	97.77	2.07
	1.000 3	0.102 1	0.100 0	0.193 4	95.70		
	1.000 6	0.102 2	0.100 0	0.204 8	101.29		
	1.000 2	0.102 1	0.100 0	0.193 6	95.79		
	1.000 8	0.102 2	0.100 0	0.196 7	97.27		
	1.000 9	0.102 2	0.100 0	0.199 3	98.57		
2',5'-二羟基苯乙酮	1.000 0	0.087 3	0.090 0	0.179 3	101.11	99.15	1.57
	1.000 3	0.087 3	0.090 0	0.178 9	100.90		
	1.000 6	0.087 4	0.090 0	0.172 5	97.24		
	1.000 2	0.087 3	0.090 0	0.174 9	98.64		
	1.000 8	0.087 4	0.090 0	0.175 8	99.10		
	1.000 9	0.087 4	0.090 0	0.173 7	97.91		
白首乌二苯酮	1.000 0	0.742 1	0.750 0	1.487 2	99.67	98.81	1.20
	1.000 3	0.742 3	0.750 0	1.459 1	97.77		
	1.000 6	0.742 5	0.750 0	1.498 5	100.40		
	1.000 2	0.742 2	0.750 0	1.483 4	99.41		
	1.000 8	0.742 7	0.750 0	1.452 9	97.33		
	1.000 9	0.742 8	0.750 0	1.467 0	98.27		
2',4'-二羟基苯乙酮	1.000 0	0.119 8	0.120 0	0.229 7	95.79	96.77	1.19
	1.000 3	0.119 8	0.120 0	0.232 2	96.83		
	1.000 6	0.119 9	0.120 0	0.236 2	98.46		
	1.000 2	0.119 8	0.120 0	0.228 3	95.20		
	1.000 8	0.119 9	0.120 0	0.231 9	96.67		
	1.000 9	0.119 9	0.120 0	0.234 3	97.67		

山白首乌最低,总苯乙酮含量仅为隔山消的20% (图5)。栽培的隔山消中总苯乙酮含量与野生的相差不大,说明隔山消野生变家养驯化成功。

滨海白首乌是目前流通的主流品种,江苏滨海、湖南、安徽、四川等地均有栽培,含量差异不大,然而野生的滨海白首乌总苯乙酮含量显著高于栽培品,说明该品种的种植存在着改良的空间,可以从种植环境、栽培技术等方面予以改进。

3 结论

本研究通过建立白首乌指纹图谱来评价白首乌药材的品质,对25批次不同白首乌的4种苯乙酮类指标性成分进行含量测定分析,并对其方法进行考察。HPLC指纹图谱中相似度和聚类分析研究表明,泰山白首乌、滨海白首乌及隔山消的化学成分差异显著。HPLC含量测定分析发现,隔山消中总苯乙酮类的含量明显高于滨海白首乌和泰

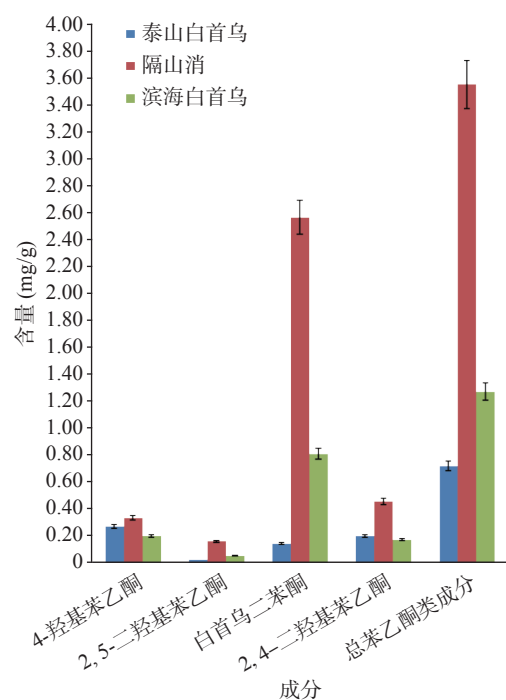


图5 不同物种白首乌中苯乙酮类化学成分含量

表4 25批白首乌中苯乙酮类化学成分含量
测定结果 (n=3, mg/g)

编号	4-羟基 苯乙酮	2',5'-二羟 基苯乙酮	白首乌 二苯酮	2',4'-二羟 基苯乙酮	总苯乙酮 类成分
S1	0.274 8	—	0.071 8	0.137 6	0.529 8
S2	0.470 9	0.045 4	0.344 7	0.384 0	1.432 3
S3	0.069 5	—	0.015 4	0.077 6	0.196 7
S4	0.497 5	0.311 1	2.808 6	0.683 7	4.373 9
S5	0.380 5	0.044 2	0.696 7	0.218 3	1.397 9
S6	0.679 3	0.065 3	1.781 4	0.360 8	2.955 1
S7	0.277 1	0.064 5	0.890 9	0.338 9	1.598 0
S8	0.290 4	0.020 4	0.650 6	0.240 4	1.247 7
S9	0.070 8	0.059 6	0.595 7	0.086 9	0.858 2
S10	0.364 5	0.155 5	2.171 7	0.402 2	3.115 2
S11	0.202 0	0.132 1	1.697 6	0.264 5	2.328 4
S12	0.210 4	0.034 2	1.192 0	0.211 9	1.676 6
S13	0.114 5	0.084 2	1.011 4	0.127 6	1.372 0
S14	0.095 0	0.070 6	0.703 3	0.110 3	1.028 3
S15	0.061 5	0.041 7	0.482 9	0.067 4	0.701 4
S16	0.102 1	0.087 3	0.742 1	0.119 8	1.066 0
S17	0.067 6	0.026 8	0.522 4	0.121 5	0.804 0
S18	0.088 8	0.067 5	0.867 2	0.105 9	1.160 1
S19	0.084 3	0.048 8	0.705 2	0.112 0	0.966 7
S20	0.064 2	0.052 6	0.742 4	0.083 5	0.955 2
S21	0.072 6	0.048 3	0.424 0	0.068 0	0.648 6
S22	0.209 0	0.113 2	2.710 9	0.401 7	3.469 3
S23	0.212 9	0.118 3	2.683 9	0.410 0	3.456 4
S24	0.392 7	0.099 8	2.466 8	0.383 3	3.359 6
S25	0.110 5	0.092 3	1.023 1	0.161 4	1.400 3

注：“—”表示含量很低，超出线性范围。

山白首乌。后续可以对3种白首乌的植物基源、化学成分、药理及毒理作用进行综合对比研究，为滨海白首乌和隔山消是否可以替代泰山白首乌作为白首乌正品药材应用，提供理论依据。

【参考文献】

[1] 彭蕴茹, 丁永芳, 李友宾, 等. 白首乌研究现状[J]. *中草药*, 2013, 44(3): 370-378.
[2] 孙彦敏, 王辉, 徐凌川. 近10年白首乌研究进展[J]. *中国中医*

药信息杂志, 2015, 27(7): 131-136.
[3] CHEN W H, ZHANG Z Z, BAN Y F, et al. *Cynanchum bungei* Decne and its two related species for “Baishouwu”: a review on traditional uses, phytochemistry, and pharmacological activities[J]. *J Ethnopharmacol*, 2019, 243: 112110.
[4] JIANG H W, LIN J, WANG G M, et al. Acetophenone derivatives from the root bark of *Cynanchum wilfordii* as potential neuroprotective agents[J]. *Phytochem Lett*, 2018, 24: 179-183.
[5] SUN Y S, LIU Z B, WANG J H, et al. Aqueous ionic liquid based ultrasonic assisted extraction of four acetophenones from the Chinese medicinal plant *Cynanchum bungei* Decne[J]. *Ultrason Sonochem*, 2013, 20(1): 180-186.
[6] HAN L, ZHOU X P, YANG M M, et al. Ethnobotany, phytochemistry and pharmacological effects of plants in genus *Cynanchum* Linn. (Asclepiadaceae)[J]. *Molecules*, 2018, 23(5): 1194.
[7] 谢凯强. 隔山消化学成分及生物活性研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2017.
[8] LEE M K, YEO H, KIM J, et al. Protection of rat hepatocytes exposed to CCl₄ *in-vitro* by cynandione A, a biacetophenone from *Cynanchum wilfordii*[J]. *J Pharm Pharmacol*, 2000, 52(3): 341-345.
[9] YANG S B, LEE S M, PARK J H, et al. Cynandione A from *Cynanchum wilfordii* attenuates the production of inflammatory mediators in LPS-induced BV-2 microglial cells via NF-κB inactivation[J]. *Biol Pharm Bull*, 2014, 37(8): 1390-1396.
[10] KIM S H, LEE T H, LEE S M, et al. Cynandione A attenuates lipopolysaccharide-induced production of inflammatory mediators via MAPK inhibition and NF-κB inactivation in RAW_{264.7} macrophages and protects mice against endotoxin shock[J]. *Exp Biol Med (Maywood)*, 2015, 240(7): 946-954.
[11] KOO H J, SOHN E H, PYO S, et al. An ethanol root extract of *Cynanchum wilfordii* containing acetophenones suppresses the expression of VCAM-1 and ICAM-1 in TNF-α-stimulated human aortic smooth muscle cells through the NF-κB pathway[J]. *Int J Mol Med*, 2015, 35(4): 915-924.
[12] JIANG H W, GU S S, CAO L, et al. Potential hypoglycemic effect of acetophenones from the root bark of *Cynanchum wilfordii*[J]. *Nat Prod Res*, 2019, 33(16): 2314-2321.
[13] HA D T, TRUNG T N, HIEN T T, et al. Selected compounds derived from Moutan Cortex stimulated glucose uptake and glycogen synthesis via AMPK activation in human HepG2 cells[J]. *J Ethnopharmacol*, 2010, 131(2): 417-424.
[14] 王光辉, 王琦, 时元林. 泰山四大名药[J]. *山东中医杂志*, 2006, 25(3): 203-204.
[15] 刘琪, 谷巍, 杨兵, 等. 基于ITS2序列的滨海白首乌及其近缘种DNA分子鉴定[J]. *中草药*, 2018, 49(24): 5901-5909.
[收稿日期] 2022-07-11 [修回日期] 2022-10-14
[本文编辑] 李睿旻