

基于 HPLC 指纹图谱、化学模式识别与含量测定分析柴胡及其混伪品成分差异

李晓倩¹, 高鑫怡¹, 刘暄¹, 刘晨曦¹, 范若楠¹, 王晖², 赵东升¹, 王玲娜^{1*}, 张改霞^{1*}

(1. 山东中医药大学药学院, 中医药经典理论教育部重点实验室, 山东省数字中药重点实验室, 山东 济南 250355; 2. 承德医学院蚕业研究所, 河北 承德 067000)

摘要: 目的 分析柴胡、狭叶柴胡、三岛柴胡、窄竹叶柴胡成分差异。方法 建立 HPLC 指纹图谱, 进行主成分分析和正交偏最小二乘判别分析, 测定柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 f、柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 b2、柴胡皂苷 b1、柴胡皂苷 d 含量。结果 同一物种相似度均大于 0.845。5 个主成分累积方差贡献率为 89.168%, 不同物种筛选出 7 个差异标志物, 不同产地筛选出 6 个差异标志物。窄竹叶柴胡中柴胡皂苷含量最高, 狭叶柴胡中最低; 甘肃产柴胡中柴胡皂苷含量最高, 山西、陕西产者中接近。结论 该方法稳定可靠, 可为不同物种、产地柴胡及其混伪品的质量评价及定性鉴别提供参考。

关键词: 柴胡; 混伪品; 柴胡皂苷; HPLC 指纹图谱; 主成分分析; 正交最小偏二乘法判别分析; 含量测定

中图分类号: R282

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)06-1801-08

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2026.06.004

Analysis of component differences of *Bupleuri Radix* and its adulterants based on HPLC fingerprints, chemical pattern recognition and content determination

LI Xiao-qian¹, GAO Xin-yi¹, LIU Xuan¹, LIU Chen-xi¹, FAN Ruo-nan¹, WANG Hui², ZHAO Dong-sheng¹, WANG Ling-na^{1*}, ZHANG Gai-xia^{1*}

(1. Ministry of Education Key Laboratory for Traditional Chinese Medicine Classical Theory, Shandong Provincial Key Laboratory for Digital Chinese Medicine, School of Pharmacy, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China; 2. Institute of Sericulture, Chengde Medical University, Chengde 067000, China)

KEY WORDS: *Bupleuri Radix*; adulterants; saikosaponins; HPLC fingerprints; principal component analysis; orthogonal partial least squares discriminant analysis; content determination

柴胡为伞形科植物柴胡 *Bupleurum chinense* DC. 或狭叶柴胡 *Bupleurum scorzoniferifolium* Willd. 的干燥根, 分别习称“北柴胡”或“南柴胡”^[1], 《神农本草经》将其列为上品^[2], 其味辛、苦, 具有疏散退热、疏肝解郁、升举阳气功效^[3]。目前, 柴胡野生资源日益减少, 市场上以栽培品为主, 其中柴胡占主要份额, 依据原植物形态可分为 3 种类型, 广泛栽培于甘肃、陕西、山西等地^[4-5], 其中

狭叶柴胡虽然为 2025 年版《中国药典》规定品种之一, 但其产量较低而常出现混伪情况。

甘肃产窄竹叶柴胡 *Bupleurum marginatum* Wall. ex DC. var. *stenophyllum* (Wolff) Shan et Y. Li 在市场上较常见, 因其根条粗壮, 栽培时间短, 习称为“藏柴胡”^[4-5], 而三岛柴胡 *Bupleurum falcatum* L. 收载于《日本药典》中, 其野生形态与狭叶柴胡极为相似, 在后者野生变家种过程中常被混入, 我

收稿日期: 2026-02-05

基金项目: 山东省自然科学基金 (ZR2022QH160); 河北省自然科学基金 (H2022406031); 山东中医药大学 2025 硕士生提质创新课题 (YJSTZCX2025058)

作者简介: 李晓倩 (2002—), 女, 硕士生, 研究方向为中药资源。E-mail: 2752363743@qq.com

* 通信作者: 王玲娜 (1990—), 女, 博士, 副教授, 研究方向为中药质量控制与评价。E-mail: wanglingna2021@163.com

张改霞 (1988—), 女, 博士, 讲师, 研究方向为中草药栽培与鉴定。E-mail: zhanggaixia4376@163.com

国市场上也有出现^[6]。由此可见,物种、产地的复杂性导致柴胡质量参差不齐,故需建立科学的质量评价体系以保障该药材临床应用安全有效。

柴胡主要含有皂苷类、黄酮类、多糖类等成分^[7-8],其中皂苷类是其主要功效物质,具有解热镇痛^[9]、抗炎^[10]、抗抑郁^[11]等作用。HPLC指纹图谱因分离效率高、重复性良好、能同时检测多种成分,已成为中药材质量控制的有效手段^[12-13],并且结合化学模式识别能较全面地表征其质量差异。因此,本实验收集不同产地柴胡、狭叶柴胡、窄竹叶柴胡、三岛柴胡,建立HPLC指纹图谱,进行化学模式识别^[14-16],并测定柴胡皂苷c、柴胡皂苷f、柴胡皂苷a、柴胡皂苷b2、柴胡皂苷b1、柴胡皂苷d含量,旨在阐明不同物种、产地该药材成分差异,为完善其质量控制标准、规范相关市场、指导临床合理用药提供科学依据。

1 材料

1.1 仪器 Agilent 1260型高效液相色谱仪(美国安捷伦科技公司);KQ5000E型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);PL203型电子天平(千分之一)、XS105型电子天平(十万分之一)(瑞士梅特勒-托利多公司);艾本德5810R型离心机(德国艾本德股份公司)。

1.2 试剂与药材 柴胡皂苷a(批号MUST-24091405)、柴胡皂苷b1(批号MUST-23111718)、柴胡皂苷b2(批号MUST-23111719)、柴胡皂苷c(批号MUST-23091411)、柴胡皂苷d(批号MUST-24120110)、柴胡皂苷f(批号MUST-23040610)对照品均购自成都曼斯特生物科技有限公司,纯度>98%。40批柴胡经山东中医药大学张改霞讲师鉴定为正品,具体见表1。乙腈、甲醇均为色谱纯,购自赛默飞世尔科技(中国)有限公司;其他试剂均为分析纯;水为纯净水,购自杭州娃哈哈集团有限公司。

2 方法与结果

2.1 供试品溶液制备 取药材粉末(过4号筛)约0.5g,精密称定,置于具塞锥形瓶中,加入25mL含5%浓氨的甲醇,密塞,30℃超声(功率200W,频率40kHz)处理30min,离心,取上清液,20mL甲醇分2次洗涤容器及药渣,取上清液,洗液与滤液合并,回收溶剂至干,残渣用甲醇溶解,转移至5mL量瓶中,定容,摇匀,0.45μm微孔滤膜过滤,即得。

2.2 对照品溶液制备 精密称取柴胡皂苷a、柴

胡皂苷b2、柴胡皂苷b1、柴胡皂苷c、柴胡皂苷d、柴胡皂苷f对照品适量,甲醇制成质量浓度分别为0.620、0.010、0.010、0.071、0.617、0.054mg/mL的溶液,即得。

2.3 色谱条件 Venusil XBP C₁₈色谱柱(250mm×4.6mm,5μm);流动相乙腈(A)-水(B),梯度洗脱(0~19min,33%~35%A;19~25min,35%~83%A;25~40min,83%~43%A;40~55min,43%~50%A;55~60min,50%~90%A);体积流量1.0mL/min;柱温30℃;检测波长210nm;进样量10μL。

2.4 方法学考察

2.4.1 精密度试验 取本品粉末(Bca3)约0.5g,精密称定,按“2.1”项下方法制备供试品溶液,在“2.3”项色谱条件下进样测定6次,选择峰形对称、分离度理想、出峰时间适中的柴胡皂苷a作为参照,测得各共有峰相对保留时间RSD均小于0.26%,相对峰面积RSD均小于1.86%,表明仪器精密度良好。

2.4.2 重复性试验 取本品粉末(Bca3)约0.5g,平行6份,精密称定,按“2.1”项下方法制备供试品溶液,在“2.3”项色谱条件下进样测定,以柴胡皂苷a为参照,测得各共有峰相对保留时间RSD均小于0.19%,相对峰面积RSD均小于2.03%,表明该方法重复性良好。

2.4.3 稳定性试验 取供试品溶液(Bca3)适量,于0、2、4、6、8、10、12、24h在“2.3”项色谱条件下进样测定,以柴胡皂苷a为参照,测得各共有峰相对保留时间RSD均小于0.30%,相对峰面积RSD均小于2.41%,表明溶液在24h内稳定性良好。

2.5 HPLC指纹图谱建立及相似度评价 将40批样品色谱图导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2012版),以Bca1、Bs1、Bf1、Bm1为参照生成对照图谱,见图1。其中,柴胡、狭叶柴胡、三岛柴胡、窄竹叶柴胡共有峰分别有10、5、9、19个,与对照品比对后指认出柴胡皂苷c(3号峰)、柴胡皂苷f(4号峰)、柴胡皂苷a(5号峰)、柴胡皂苷d(10号峰)。

再计算相似度,结果见表2,可知同一物种不同批次药材的一致性较高。由表3可知,狭叶柴胡与窄竹叶柴胡相似度较低,柴胡与三岛柴胡相似度较高。

表 1 柴胡信息

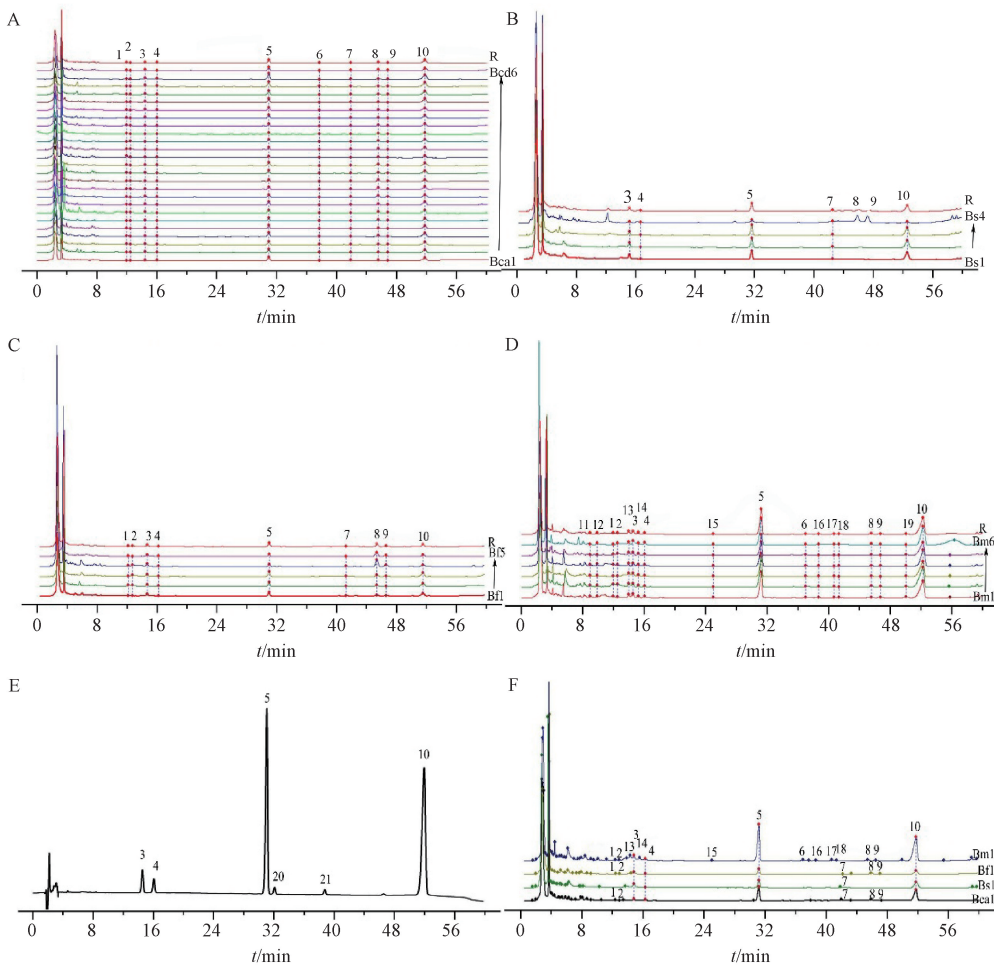
Tab. 1 Information of *Bupleuri Radix*

编号	基原	产地	种植时间	采集时间	生长年限
Bea1	柴胡	陕西省宝鸡市陈仓区拓石镇	2021年6月	2023年10月	28个月
Bea2	柴胡	陕西省宝鸡市陈仓区县功镇	2022年6月	2023年10月	16个月
Bea3	柴胡	陕西省宝鸡市陈仓区拓石镇	2021年6月	2023年10月	28个月
Bea4	柴胡	陕西省宝鸡市陈仓区县功镇	2021年6月	2023年10月	28个月
Bea5	柴胡	陕西省宝鸡市陈仓区拓石镇	2021年4月	2023年10月	30个月
Bea6	柴胡	陕西省宝鸡市陈仓区拓石镇	2021年7月	2024年11月	40个月
Bea7	柴胡	陕西省宝鸡市陈仓区拓石镇	2021年6月	2024年11月	41个月
Beb1	柴胡	山西省运城市闻喜县裴社镇	2021年6月	2023年9月	27个月
Beb2	柴胡	山西省运城市万荣县西村乡	2023年6月	2024年11月	17个月
Beb3	柴胡	山西省运城市稷山县清河镇	2021年6月	2023年10月	28个月
Beb4	柴胡	山西省运城市稷山县清河镇	2021年6月	2023年10月	28个月
Beb5	柴胡	山西省运城市万荣县西村乡	2021年6月	2023年11月	29个月
Beb6	柴胡	山西省运城市万荣县西村乡	2023年7月	2024年9月	14个月
Bec1	柴胡	陕西省渭南市合阳县坊镇	2022年6月	2023年10月	16个月
Bec2	柴胡	陕西省渭南市合阳县坊镇	2022年6月	2023年10月	16个月
Bec3	柴胡	陕西省渭南市合阳县坊镇	2022年6月	2023年10月	16个月
Bec4	柴胡	陕西省渭南市合阳县坊镇	2021年6月	2023年10月	28个月
Bec5	柴胡	陕西省渭南市合阳县坊镇	2021年6月	2024年10月	40个月
Bec6	柴胡	陕西省渭南市合阳县坊镇	2021年6月	2023年10月	28个月
Bed1	柴胡	甘肃省定西市漳县三岔镇	2023年7月	2024年10月	15个月
Bed2	柴胡	甘肃省定西市渭源县峡城乡	2022年4月	2023年10月	18个月
Bed3	柴胡	甘肃省定西市渭源县峡城乡	2022年4月	2023年10月	18个月
Bed4	柴胡	甘肃省定西市漳县三岔镇	2023年7月	2024年10月	15个月
Bed5	柴胡	甘肃省定西市陇西县菜子镇	2023年7月	2024年11月	16个月
Bed6	柴胡	甘肃省定西市临洮县窑店镇	2023年7月	2024年11月	16个月
Bs1	狭叶柴胡	黑龙江省大庆市林甸县花园镇	2021年6月	2023年10月	28个月
Bs2	狭叶柴胡	黑龙江省大庆市林甸县花园镇	2022年6月	2023年10月	16个月
Bs3	狭叶柴胡	黑龙江省大庆市林甸县花园镇	2021年6月	2023年10月	28个月
Bs4	狭叶柴胡	黑龙江省大庆市林甸县花园镇	2022年6月	2024年10月	28个月
Bf1	三岛柴胡	河北省保定市博野县博野镇	2023年3月	2023年11月	8个月
Bf2	三岛柴胡	河北省保定市博野县博野镇	2023年3月	2023年11月	8个月
Bf3	三岛柴胡	河北省保定市博野县博野镇	2023年3月	2023年11月	8个月
Bf4	三岛柴胡	河北省保定市博野县博野镇	2024年3月	2024年11月	8个月
Bf5	三岛柴胡	河北省保定市博野县博野镇	2024年3月	2024年11月	8个月
Bm1	窄竹叶柴胡	甘肃省定西市渭源县北寨镇	2022年3月	2023年10月	19个月
Bm2	窄竹叶柴胡	甘肃省定西市康乐县景古镇	2022年8月	2023年10月	14个月
Bm3	窄竹叶柴胡	甘肃省定西市临洮县衙下集镇	2022年8月	2023年10月	14个月
Bm4	窄竹叶柴胡	甘肃省定西市临洮县窑店镇	2022年3月	2023年10月	19个月
Bm5	窄竹叶柴胡	甘肃省定西市临洮县龙门镇	2022年3月	2023年10月	19个月
Bm6	窄竹叶柴胡	甘肃省定西市陇西县首阳镇	2023年3月	2024年10月	19个月

表 2 40批柴胡及其混伪品相似度测定结果

Tab. 2 Results for similarity determination of 40 batches of *Bupleuri Radix* and its adulterants

编号	相似度	编号	相似度	编号	相似度	编号	相似度
Bea1	0.977	Beb4	0.941	Bed2	0.948	Bf2	0.913
Bea2	0.987	Beb5	0.998	Bed3	0.967	Bf3	0.913
Bea3	0.989	Beb6	0.981	Bed4	0.959	Bf4	0.845
Bea4	0.985	Bec1	0.990	Bed5	0.979	Bf5	0.941
Bea5	0.998	Bec2	0.975	Bed6	0.982	Bm1	0.999
Bea6	0.980	Bec3	0.983	Bs1	0.996	Bm2	0.997
Bea7	0.984	Bec4	0.982	Bs2	0.998	Bm3	0.998
Beb1	0.998	Bec5	0.982	Bs3	0.998	Bm4	0.998
Beb2	0.964	Bec6	0.993	Bs4	0.855	Bm5	0.992
Beb3	0.986	Bed1	0.932	Bf1	0.909	Bm6	0.998



注：A~F分别为柴胡、狭叶柴胡、三岛柴胡、窄竹叶柴胡、对照品、柴胡及其混伪品。

3. 柴胡皂苷 c 4. 柴胡皂苷 f 5. 柴胡皂苷 a 20. 柴胡皂苷 b2 21. 柴胡皂苷 b1 10. 柴胡皂苷 d
3. saikosaponin c 4. saikosaponin f 5. saikosaponin a 20. saikosaponin b2 21. saikosaponin b1 10. saikosaponin d

图1 柴胡及其混伪品 HPLC 指纹图谱

Fig. 1 HPLC fingerprints for *Bupleuri Radix* and its adulterants

表3 柴胡及其混伪品对照图谱相似度测定结果

Tab. 3 Results for similarity determination of reference chromatograms of *Bupleuri Radix* and its adulterants

药材	柴胡	狭叶柴胡	三岛柴胡	窄竹叶柴胡
柴胡	1			
狭叶柴胡	0.592	1		
三岛柴胡	0.773	0.427	1	
窄竹叶柴胡	0.467	0.043	0.776	1

2.6 化学模式识别

2.6.1 不同物种主成分分析 将40批柴胡及其混伪品中19个共有峰峰面积(缺失值计为0)导入SPSS 21.0软件,得到5个主成分,见表4,再采用SIMCA 14.1软件绘制得分图,见图2。由此可知,40批药材分为4类,其中三岛柴胡与柴胡相似度较高;Bs4中存在峰8、峰9,并且两者峰面积较大,导致样品点下移而与其他批次狭叶柴胡的

聚集不够紧密。

表4 主成分贡献率

Tab. 4 Contribution rates of principal components

主成分	初始特征值		
	合计	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	9.809	51.624	51.624
2	3.011	15.845	67.469
3	1.688	8.882	76.351
4	1.407	7.408	83.759
5	1.028	5.409	89.168

2.6.2 不同物种正交偏最小二乘判别分析 采用SIMCA14.1软件建立有分类监督模式的模型,得分图见图3。再以变量重要性投影值(VIP值) > 1.0为标准^[17],筛选出7个差异标志物,VIP值由大到小依次为峰18、峰19、峰6、峰7、峰10(柴胡皂苷d)、峰5(柴胡皂苷a)、峰11,均是产生差异的主要成分,见图4。

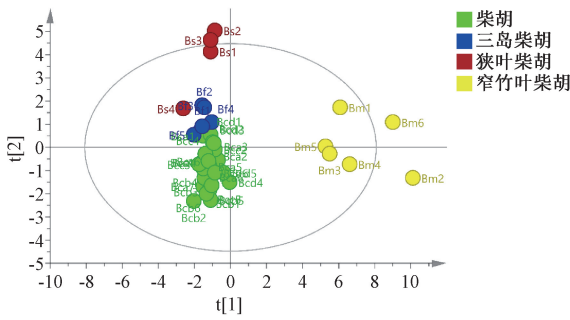


图2 40批柴胡及其混伪品主成分分析得分图

Fig. 2 Score plot for principal component analysis of 40 batches of *Bupleuri Radix* and its adulterants

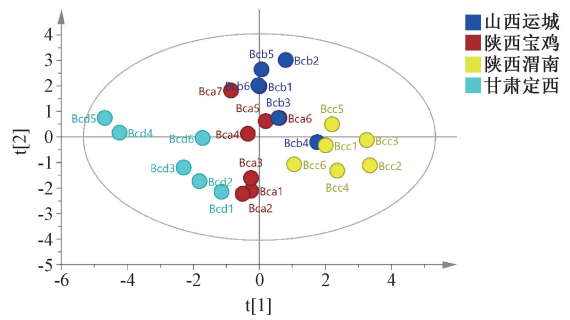


图5 不同产地柴胡主成分分析得分图

Fig. 5 Score plot for principal component analysis of different producing areas of *Bupleuri Radix*

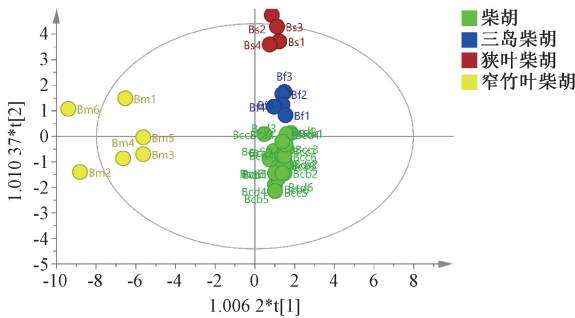


图3 40批柴胡及其混伪品正交偏最小二乘判别分析得分图

Fig. 3 Score plot for orthogonal partial least squares discriminant analysis of 40 batches of *Bupleuri Radix* and its adulterants

峰1、峰9、峰8、峰4(柴胡皂苷f)、峰3(柴胡皂苷c),均是产生差异的主要成分。

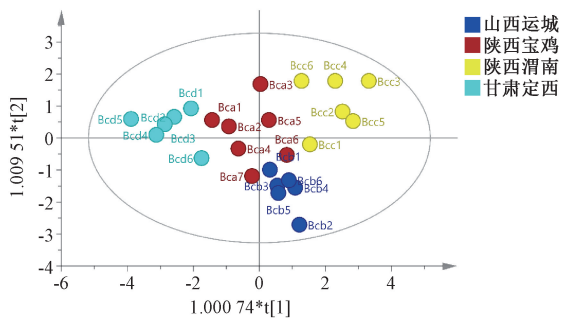


图6 不同产地柴胡正交偏最小二乘判别分析得分图

Fig. 6 Score plot for orthogonal partial least squares discriminant analysis of different producing areas of *Bupleuri Radix*

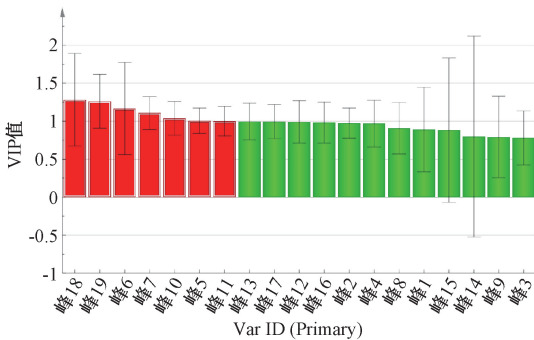


图4 40批柴胡及其混伪品共有峰VIP值

Fig. 4 VIP values for common peaks of 40 batches of *Bupleuri Radix* and its adulterants

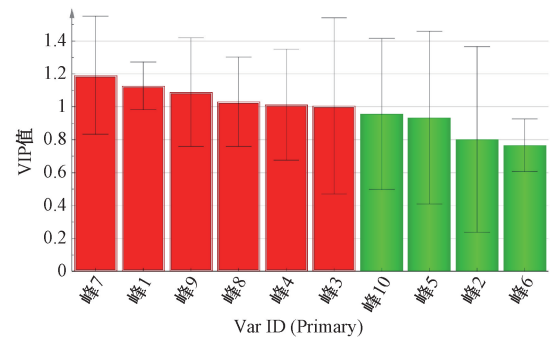


图7 不同产地柴胡共有峰VIP值

Fig. 7 VIP values for common peaks of different producing areas of *Bupleuri Radix*

2.6.3 不同产地主成分分析 将25批柴胡10个共有峰峰面积导入SIMCA 14.1软件进行分析,结果见图5。由此可知,25批药材有按产地聚类的趋势,甘肃定西产者与山西运城、陕西渭南产者区分明显,聚类距离较远,表明其成分存在一定地域性差异。

2.6.4 不同产地正交偏最小二乘判别分析 得分图见图6。再以VIP值>1.0为标准,筛选出6个差异标志物,见图7, VIP值由大到小依次为峰7、

2.7 柴胡皂苷含量测定 采用HPLC法。

2.7.1 色谱条件 采用双波长检测,检测波长210、254 nm,其他条件参照文献[18]报道。色谱图见图8。

2.7.2 线性关系考察 取对照品适量,甲醇制成每1 mL分别含10 mg柴胡皂苷a和柴胡皂苷b、2 mg柴胡皂苷c和柴胡皂苷f、1 mg柴胡皂苷b1和

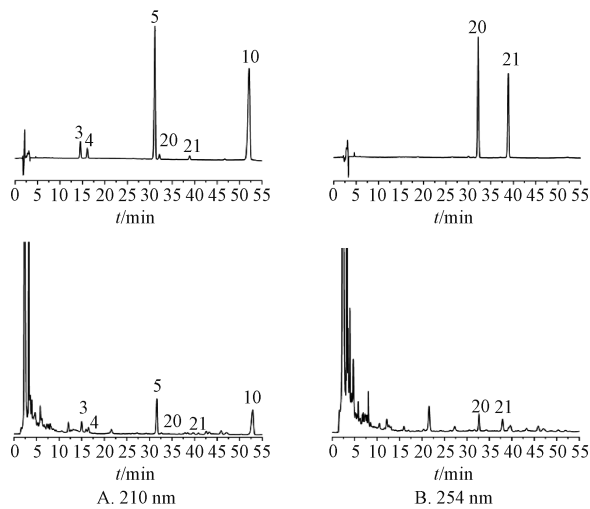


图8 各柴胡皂苷 HPLC 色谱图

Fig. 8 HPLC chromatograms of various saikosaponins

3. 柴胡皂苷 c 4. 柴胡皂苷 f 5. 柴胡皂苷 a 20. 柴胡皂苷 b2
21. 柴胡皂苷 b1 10. 柴胡皂苷 d
3. saikosaponin c 4. saikosaponin f 5. saikosaponin a
20. saikosaponin b2 21. saikosaponin b1 10. saikosaponin d

柴胡皂苷 b2, 以及每 1 mL 分别含 3 mg 柴胡皂苷 a 和柴胡皂苷 d、300 μg 柴胡皂苷 c 和柴胡皂苷 f、40 μg 柴胡皂苷 b2 和柴胡皂苷 b1 的溶液, 甲醇稀释成系列质量浓度, 在“2.7.1”项色谱条件下进样测定。以对照品进样量为横坐标 (X), 峰面积为纵坐标 (Y) 进行回归, 结果见表 5, 可知各柴胡皂苷在各自范围内线性关系良好。

表5 各柴胡皂苷线性关系

Tab. 5 Linear relationships of various saikosaponins

成分	回归方程	R ²	线性范围/μg
柴胡皂苷 a	Y=268.33X+14.173	0.999 1	0.506~30.360
柴胡皂苷 b1	Y=2 878.1X+1.614 4	1.000 0	0.008~0.468
柴胡皂苷 b2	Y=2 694.8X+8.878 6	0.999 6	0.007~0.454
柴胡皂苷 c	Y=238.39X+6.126 9	0.999 8	0.052~3.120
柴胡皂苷 d	Y=319.55X+43.92	0.999 6	0.510~30.610
柴胡皂苷 f	Y=191.63X+6.444 3	0.999 2	0.052~3.120

2.7.3 精密度试验 取“2.2”项下对照品溶液适量, 在“2.7.1”项色谱条件下进样测定 6 次, 测得柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 b1、柴胡皂苷 b2、柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 d、柴胡皂苷 f 峰面积 RSD 分别为 0.08%、0.10%、0.15%、1.85%、0.25%、1.92%, 表明仪器精密度良好。

2.7.4 重复性试验 取药材 (Bca3) 适量, 按“2.1”项下方法平行制备 6 份供试品溶液, 在“2.7.1”项色谱条件下进样测定, 测得柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 b1、柴胡皂苷 b2、柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 d、柴

胡皂苷 f 含量 RSD 分别为 0.98%、0.98%、1.72%、1.32%、1.33%、0.81%, 表明该方法重复性良好。

2.7.5 稳定性试验 取同一份供试品溶液 (Bca3), 于 0、2、4、6、8、10、12、24 h 在“2.2”项色谱条件下进样测定, 测得柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 b1、柴胡皂苷 b2、柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 d、柴胡皂苷 f 峰面积 RSD 分别为 1.39%、1.98%、1.56%、1.22%、0.98%、1.68%, 表明溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.7.6 加样回收率试验 取同一批药材 (Bca3) 6 份, 每份约 0.25 g, 精密称定, 按 100% 水平加入对照品, 按“2.1”项下方法制备供试品溶液, 在“2.7.1”项色谱条件下进样测定, 计算回收率。结果, 柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 b1、柴胡皂苷 b2、柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 d、柴胡皂苷 f 平均加样回收率分别为 104.64%、97.13%、96.53%、104.01%、96.84%、95.58%, RSD 分别为 0.9%、3.8%、2.8%、2.7%、3.7%、2.6%。

2.7.7 样品含量测定 取 40 批药材粉末 (过 4 号筛), 按“2.1”项下方法制备供试品溶液, 在“2.7.1”项色谱条件下进样测定, 计算含量, 结果见表 6。

再采用 IBM SPSS Statistics 21 软件对表 5 数据进行统计学分析, 选择 Welch's ANOVA 检验^[19]。图 9A 显示, 总皂苷含量依次为窄竹叶柴胡>柴胡>狭叶柴胡>三岛柴胡, 其中窄竹叶柴胡与后三者、柴胡与后两者之间有显著差异 (P<0.01), 而狭叶柴胡、三岛柴胡之间无显著差异 (P>0.05)。图 9B 显示, 甘肃定西产柴胡中总皂苷含量最高 (P<0.01), 其次是山西运城、陕西宝鸡产者, 并且两地之间无显著差异 (P>0.05), 并且与陕西渭南产者之间有显著差异 (P<0.05)。

3 讨论

本实验发现, 柴胡种间差异显著, 较易区分, 但其种内差异不明显。市场上流通较多^[20]的窄竹叶柴胡在 HPLC 指纹图谱中有 9 个共有峰, 为区分它与柴胡提供了可靠依据, 但其对应成分的活性与安全性需进一步研究。另外, 三岛柴胡、柴胡共有成分较多, 但两者峰面积有所不同, 表明其含量存在种间差异; 除甘肃定西产柴胡外, 山西运城、陕西宝鸡、陕西渭南产者均出现交叉, 与前期性状鉴定结果一致, 即甘肃定西产者相对于其他产地产者易被区分出来^[4-6]。

2025 年版《中国药典》规定, 柴胡中柴胡皂

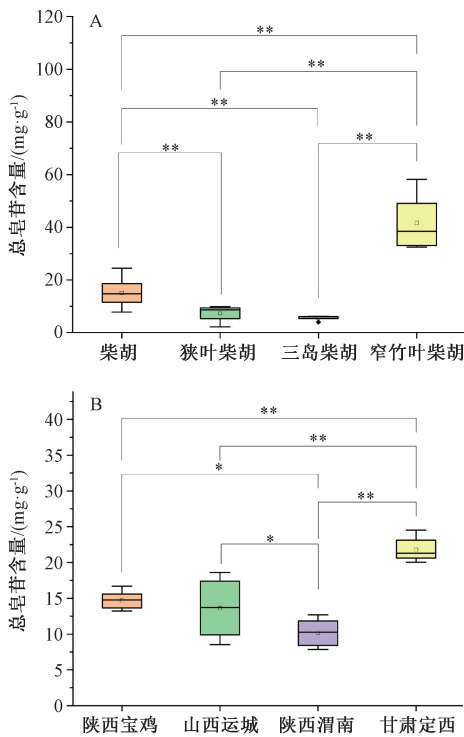
表6 各柴胡皂苷含量测定结果 (mg/g)
Tab. 6 Results for content determination of various saikosaponins (mg/g)

编号	柴胡皂苷 c	柴胡皂苷 f	柴胡皂苷 a	柴胡皂苷 b2	柴胡皂苷 b1	柴胡皂苷 d
Bca1	1.454	0.837	4.795	0.018	—	6.123
Bca2	1.664	1.049	5.264	0.020	0.075	6.683
Bca3	1.668	1.092	6.493	0.018	0.042	7.365
Bca4	0.959	1.127	6.183	0.017	—	7.298
Bca5	1.098	0.938	5.572	0.014	—	6.191
Bca6	1.164	0.837	5.368	0.021	—	6.257
Bca7	1.568	1.384	5.882	0.028	0.013	6.240
Bcb1	1.481	0.990	6.016	0.022	0.015	8.892
Bcb2	1.264	1.296	3.394	0.018	0.017	4.558
Bcb3	1.099	1.090	3.582	0.010	—	4.129
Bcb4	0.735	0.656	3.467	0.032	—	3.622
Bcb5	1.287	1.263	5.569	0.033	—	8.698
Bcb6	1.718	2.361	8.101	0.053	—	6.364
Bcc1	0.840	0.900	3.142	0.011	—	4.156
Bcc2	0.790	0.329	4.929	0.006	—	5.457
Bcc3	0.394	0.196	3.200	0.018	—	4.618
Bcc4	1.286	0.830	2.225	0.018	—	3.466
Bcc5	1.256	0.828	3.806	0.011	—	5.953
Bcc6	1.346	0.650	4.777	0.011	0.016	5.572
Bcd1	1.898	0.772	9.816	0.017	—	9.089
Bcd2	1.605	0.838	8.687	0.014	0.025	8.860
Bcd3	2.083	0.889	9.050	0.045	—	8.549
Bcd4	2.477	0.898	8.439	0.017	0.021	11.254
Bcd5	2.060	0.818	9.792	0.011	—	11.847
Bcd6	1.698	0.972	9.106	0.101	—	9.113
Bs1	1.320	0.317	3.275	0.046	—	3.659
Bs2	1.464	0.190	4.027	0.029	—	4.160
Bs3	1.144	0.347	3.517	0.025	—	3.446
Bs4	0.394	0.305	0.916	0.010	—	0.549
Bf1	1.238	0.224	2.445	—	—	2.386
Bf2	1.013	0.166	2.128	—	—	2.062
Bf3	1.126	0.169	2.571	—	—	2.541
Bf4	1.532	0.461	1.992	0.031	—	2.538
Bf5	0.754	0.213	0.888	—	—	1.042
Bm1	1.978	1.376	14.912	0.048	0.023	14.728
Bm2	2.092	1.662	28.28	0.026	0.019	26.118
Bm3	1.922	0.960	17.414	0.030	—	16.681
Bm4	1.837	1.967	17.371	0.011	—	18.842
Bm5	1.895	0.951	15.786	0.016	0.032	13.808
Bm6	1.930	1.832	21.571	0.108	0.014	23.644

苷 a、柴胡皂苷 d 总含量不得少于 0.30%，除狭叶柴胡 (Bs4) 外其余 39 批药材中两者总含量均大于 0.30%，但仅凭这些指标难以全面评价药材质量。含量测定结果显示，窄竹叶柴胡中 6 种皂苷含量均高于其他品种柴胡中，并且总皂苷含量是柴胡的 2~3 倍，值得关注；三岛柴胡中总皂苷含量虽然低于其他品种柴胡中，但更稳定，并且与柴胡相似度较高，表明它在我国具有良好的栽培适应性，

并且存在野生种群^[6,21-22]，故建议将其作为柴胡补充品种来开发利用。

另外，2024 年采收的狭叶柴胡 (Bs4) 中柴胡皂苷 a、d 总含量未达到药典要求，并且其指纹图谱中峰 8、峰 9 响应值较 2023 年批次药材差异明显，同时三岛柴胡也有类似现象。由此推测，峰 8、峰 9 可作为储存时间的评价指标，但需更多批次、不同储存时间的药材作进一步验证。



注：组间比较，* $P < 0.05$ ，** $P < 0.01$ 。

图 9 总柴胡皂苷含量箱线图

Fig. 9 Boxplots for contents of total saikosaponins

参考文献:

[1] 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: 293.

[2] 佚名. 神农本草经[M]. 孙星衍, 辑. 北京: 人民卫生出版社, 1963: 16.

[3] Zhao Y, Wang J Q, Liu L J, et al. Vinegar-baked *Radix Bupleuri* enhances the liver-targeting effect of rhein on liver injury rats by regulating transporters[J]. *J Pharm Pharmacol*, 2022, 74(11): 1588-1597.

[4] 张改霞, 王 晖, 刘 杨, 等. 中国主要栽培柴胡的种质类型调查与分析[J]. *中国现代中药*, 2021, 23(5): 772-780; 799.

[5] Zhang G X, Wang H, Shi L C, et al. Identification of the original plants of cultivated *Bupleuri Radix* based on DNA barcoding and chloroplast genome analysis[J]. *PeerJ*, 2022, 10: e13208.

[6] 张改霞. 中国栽培柴胡种质调查与鉴定研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2020.

[7] 王海强, 周千瑶, 李冰琪, 等. 柴胡化学成分及药理作用研究进展[J]. *吉林中医药*, 2024, 44(1): 96-100.

[8] 武 娜, 马 潇, 杨玲霞, 等. 柴胡药用植物资源研究进

展[J]. *中国民族民间医药*, 2023, 32(21): 61-70.

[9] Lobina C, Lee J H, Pel P, et al. Analgesic effects of saikosaponin A in a rat model of chronic inflammatory pain[J]. *Nat Prod Res*, 2022, 37(16): 2732-2736.

[10] Kim S O, Park J Y, Jeon S Y, et al. Saikosaponin a, an active compound of *Radix Bupleuri*, attenuates inflammation in hypertrophied 3T3-L1 adipocytes via ERK/NF- κ B signaling pathways[J]. *Int J Mol Med*, 2015, 35(4): 1126-1132.

[11] Yu B, Li M M, Wang Y, et al. Saikosaponins from *Bupleurum scorzonrifolium* Willd. alleviates microglial pyroptosis in depression by binding and inhibiting P2X7 expression[J]. *Phytomedicine*, 2025, 136(11): 156240.

[12] 卫禹辰, 朱丽玲, 吴 宁, 等. 柴胡药材 HPLC 特征图谱研究[J]. *湖北中医药大学学报*, 2025, 27(3): 40-44.

[13] 于静波, 韩 越, 艾启迪, 等. 北柴胡质量控制研究[J]. *中成药*, 2024, 46(7): 2129-2133.

[14] Vula B, Bae J Y, Chittiboyina A G, et al. Chemometric analysis and chemical characterization for the botanical identification of *Glycyrrhiza* species (*G. glabra*, *G. uralensis*, *G. inflata*, *G. echinata* and *G. lepidota*) using liquid chromatography-quadrupole time of flight mass spectrometry (LC-QToF) [J]. *J Food Compost Anal*, 2022, 112: 104679.

[15] 宋 姚, 张芮苑, 刘 芳, 等. 基于 HPLC 指纹图谱与颜色 RGB 的厚朴发汗前后成分与颜色变化相关性研究[J]. *中草药*, 2025, 56(16): 5772-5781.

[16] Yuan H W, Xie Q, Liang L, et al. An efficient workflow for quality control marker screening and metabolite discovery in dietary herbs by LC-Orbitrap-MS/MS and chemometric methods: a case study of *Chrysanthemum* flowers[J]. *Foods*, 2024, 13(7): 1008-1016.

[17] 武喜红, 张倩倩. HPLC 指纹图谱结合化学模式识别测定黄芩中黄芩素和黄芩苷的含量[J]. *化学研究与应用*, 2025, 37(9): 2616-2624.

[18] Huang H Q, Su J, Zhang X, et al. Qualitative and quantitative determination of polyacetylenes in different *Bupleurum* species by high performance liquid chromatography with diode array detector and mass spectrometry[J]. *J Chromatogr A*, 2011, 1218(8): 1131-1138.

[19] 孙崇鲁, 方 琳, 孙平飞, 等. 基于指纹图谱结合化学模式识别法评价不同产地乌药的质量[J]. *中国药杂志*, 2025, 60(9): 956-965.

[20] 李玉婷, 马玉芝, 朋冬琴, 等. 藏柴胡研究概况[J]. *中国现代中药*, 2023, 25(10): 2229-2233.

[21] 王长宝, 王西方, 张洪波, 等. 三岛柴胡复合群的生物学及生态学特征[J]. *中国现代中药*, 2016, 18(9): 1153-1158; 1184.

[22] 姜传明, 徐 娜, 李 斌. 红柴胡调查中的新发现[J]. *植物研究*, 2000, 20(2): 162-167.