

羌活与宽叶羌活的 GC/HPLC 指纹图谱研究

张远芳¹, 连云岚², 郝云芳², 周瑞雪², 李民生², 郭景文^{2*} (1. 山西中医药大学, 太原 030024; 2. 山西省食品药品检验所, 太原 030001)

摘要 目的: 分别建立羌活与宽叶羌活的 GC 指纹图谱、HPLC 指纹图谱, 为羌活的挥发性及非挥发性成分质量评价与控制提供有效可靠方法。方法: 采用 GC、HPLC 色谱法分别建立羌活与宽叶羌活的指纹图谱, 通过相似度评价软件, 综合 GC、HPLC 指纹图谱相似度结果对 222 批样品的挥发性及非挥发性成分进行质量分析。结果: 建立的 GC 指纹图谱结果显示, 羌活共有峰有 10 个, 宽叶羌活共有峰有 12 个, 二者共有成分有 9 个。HPLC 指纹图谱结果显示, 羌活共有峰有 9 个, 宽叶羌活共有峰有 7 个, 二者共有成分 6 个。其中, 羌活醇与异欧前胡素在羌活和宽叶羌活中的含量存在明显差异。GC 和 HPLC 指纹图谱结果均显示, 222 批样品中有 7 批伪品, 有 21 批宽叶羌活样品, 有 118 批羌活样品, 有 76 批含有两种基原羌活的样品, 二者结果一致。结论: 建立的气相及液相指纹图谱能有效区分羌活的基原与真伪, 并能够有效表征药材的质量优劣, 可为羌活的整体质量评价及控制提供依据。

关键词: 羌活; 宽叶羌活; 气相指纹图谱; 液相指纹图谱

中图分类号: R917 文献标识码: A 文章编号: 1002-7777(2019)05-0519-09

doi:10.16153/j.1002-7777.2019.05.005

Study on GC/HPLC Fingerprint of *Notopterygium inchum* Ting ex H, T-Chang and *Notopterygium franchetii* H. de Boiss

Zhang Yuanfang¹, Lian Yunlan², Hao Yunfang², Zhou Ruixue², Li Minsheng², Guo Jingwen^{2*} (1. Shanxi University of Chinese Medicine, Taiyuan 030024, China; 2. Shanxi Institutes for Food and Drug Control, Taiyuan 030001, China)

Abstract Objective: To establish a GC/HPLC fingerprint of *Notopterygium inchum* Ting ex H, T-Chang and *Notopterygium franchetii* H. de Boiss, and provide an effective and reliable method for the quality evaluation and quality control of volatile and non-volatile components of *Notopterygium inchum* Ting ex H, T-Chang. **Methods:** The fingerprints of *Notopterygium inchum* Ting ex H, T-Chang and *Notopterygium franchetii* H. de Boiss were established by GC and HPLC. The similarity evaluation software was combined with GC and HPLC fingerprint analysis results to analyze the overall quality of the volatile and non-volatile components of 222 batches. **Results:** The results of GC fingerprinting showed that there were 10 common peaks in *Notopterygium inchum* Ting ex H, T-Chang, 12 common peaks in *Notopterygium franchetii* H. de Boiss, and 9 common components in both. HPLC fingerprint results showed that there were 9 common peaks in *Notopterygium inchum* Ting ex H, T-Chang, 7 common peaks in *Notopterygium franchetii* H. de Boiss, and 6 common components in both. Among them, there were significant differences in the content of in *Notopterygium inchum* and *Notopterygium franchetii*. The results

作者简介: 张远芳, 硕士研究生; 研究方向: 中药分析技术与质量控制; E-mail: 779373575@qq.com

通信作者: 郭景文, 主任药师; 研究方向: 中药标准研究与持续提高; Tel: (0351) 2026057; E-mail: guojw2009@126.com

of GC and HPLC fingerprints showed that there were 7 batches of fake products in the 222 batches, 21 batches of *Notopterygium franchetii* H. de Boiss, 118 batches of *Notopterygium inchum* Ting ex H, T-Chang, and 76 batches containing two kinds of bases. The results were same. **Conclusion:** The established GC fingerprints and HPLC fingerprints can effectively distinguish the base resource and authenticity, and can effectively characterize the quality of medicinal materials, which can provide a basis for the overall quality evaluation and control of *Notopterygium*.

Keywords: *Notopterygium inchum* Ting ex H,T-Chang; *Notopterygium franchetii* H. de Boiss; GC fingerprint; HPLC fingerprint

羌活为伞形科植物羌活 (*Notopterygium inchum* Ting ex H, T-Chang) 或宽叶羌活 (*Notopterygium franchetii* H. de Boiss) 的干燥根及根茎, 功效有解表散寒、祛风除湿、通痹止痛, 是治疗四时风寒湿痹的要药, 临床多用于风寒感冒、头痛项强、风湿痹痛和肩背酸痛^[1]。自1995年, 羌活野生资源含量呈急剧下降的趋势, 其市场价格大幅增长。在利益的驱动下, 掺假、以次充好的现象日益普遍^[2]。所以, 如何能更加有效控制羌活质量就显得尤为重要。

中药指纹图谱可在整体层面反映中药内在的化学成分种类及其数量, 能有效地表征中药质量, 在评价中药真伪优劣、区分物种和确保其一致性和稳定性方面发挥着强有力的作用^[3]。液相指纹图谱普遍用于中药非挥发性成分的质量控制及评价。对于中药材及中药制剂中的挥发性成分, 主要采用气相色谱指纹图谱实现其质量鉴定及控制^[4]。羌活中主要有效成分有挥发性成分及非挥发

性成分两大类^[5], 故笔者采用GC/HPLC指纹图谱综合分析羌活质量, 以期对羌活整体的质量评价提供参考。

1 仪器与试剂

1.1 仪器与试剂

Agilent 7890A气相色谱仪, FID检测器, Agilent DB-5 (30 m×0.32 mm, 0.25 μm) 石英毛细管色谱柱; Agilent 6890N-5975B气质联用仪, Agilent DB-5MS (30 m×0.25 mm, 0.25 μm); Agilent 1260高效液相色谱仪, DAD检测器, AGELA C18柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 电子恒温加热套, 纯化水, 乙腈 (色谱纯), 甲醇 (分析纯, 国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 药材及饮片

全国市售羌活共抽检202批次 (编号C₁~C₂₀₂), 涉及生产企业、经营单位和使用单位三种来源, 自行收集的非抽检羌活样品及其伪品 (表1) 20批 (编号W₁~W₂₀), 共计222批。

表1 羌活样品及其伪品收集表

编号	中文名称	拉丁名	产地
W ₁	羌活	<i>Notopterygium inchum</i>	四川 (ANSHT)
W ₂	羌活	<i>Notopterygium inchum</i>	青海大通县
W ₃	羌活	<i>Notopterygium inchum</i>	青海互助县
W ₄	羌活	<i>Notopterygium inchum</i>	四川阿坝
W ₅	羌活	<i>Notopterygium inchum</i>	四川卧龙1
W ₆	羌活	<i>Notopterygium inchum</i>	四川包座乡
W ₇	羌活	<i>Notopterygium inchum</i>	四川卧龙2
W ₈	羌活	<i>Notopterygium inchum</i>	青海西宁

续表1

编号	中文名称	拉丁名	产地
W ₉	宽叶羌活	<i>Notopterygium franchetii</i>	甘肃合川镇
W ₁₀	宽叶羌活	<i>Notopterygium franchetii</i>	四川唐克乡
W ₁₁	宽叶羌活	<i>Notopterygium franchetii</i>	四川求吉乡
W ₁₂	宽叶羌活	<i>Notopterygium franchetii</i>	青海湟中县
W ₁₃	宽叶羌活	<i>Notopterygium franchetii</i>	甘肃栽培
W ₁₄	黑水当归	<i>Angelica amurensis Schischk</i>	亳州 1
W ₁₅	欧当归	<i>Levisticum officinale Koch.</i>	湖南
W ₁₆	朝鲜当归	<i>Angelica gigas Nakai</i>	亳州 (ANSHT)
W ₁₇	云南羌活	<i>Pleurospermum rivulorum (Diels) M. Hiroe.</i>	云南
W ₁₈	禹州漏芦	<i>Radix echinopsis</i>	A 医院
W ₁₉	欧洲前胡	<i>Peucedanum officinale L.</i>	新疆
W ₂₀	独活	<i>Angelica pubescens radix</i>	A 医院

2 方法与结果

2.1 GC指纹图谱

2.1.1 GC供试品溶液的制备

取样品粉末(过三号筛)约50g,称定重量(准确至0.01g),置1000 mL圆底烧瓶中,加纯化水约400 mL,浸泡10 min,水蒸气蒸馏法提取挥发油约5 h,冷却后读数,记录。将所得挥发油溶于1 mL乙酸乙酯中,即得供试品储备液。精密移取供试品储备液150 μL,稀释10倍即得供试品溶液。

2.1.2 GC指纹图谱分析条件

GC条件:Agilent 7890A气相色谱仪,氢火焰检测器(FID),Agilent DB-5(30 m×0.32 mm,0.25 μm)石英毛细管色谱柱,程序升温,柱初始温度为50℃,以1.5℃·min⁻¹的速率升至130℃,再以1℃·min⁻¹的速率升至150℃,再以10℃·min⁻¹的速率升至240℃,保持10 min。检测时间为92 min,检测器温度为280℃,进样口温度为260℃,进样量为1.0 μL,载气为氮气,分流比为5:1。

GC-MS条件:Agilent 6890N-5975B气质联用仪,Agilent DB-5MS(30 m×0.25 mm,0.25 μm)调谐方式为自动调谐,电离方式为EI,电子能

量为70 eV,离子源温度为230℃,四级杆温度为150℃,程序升温,升温梯度同GC条件,数据采集扫描模式为离子检测+全扫描,溶剂延迟时间为3 min,载气为氮气,分流比50:1。

2.1.3 方法学考察

1)精密度:取A178号药材样品按“2.1.1”节方法制备供试品,并按“2.1.2”节色谱条件连续测定6次,测得各色谱图,采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统2.0版》计算相似度,结果6次进样的相似度均大于0.978,RSD值为0.04%,表明本试验建立的GC方法精密度良好。

2)重复性试验:取A178号药材样品6份,按“2.1.1”节方法平行制备,按“2.1.2”节色谱条件测定,测得各色谱图,采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统2.0版》计算相似度,结果样品的相似度均大于0.970,RSD值为0.32%,表明本试验建立的GC方法精密度良好。

3)稳定性试验:取A178号样品按“2.1.1”节方法制备供试品,置室温条件下,按“2.1.2”节色谱条件分别于0、3、6、12、24 h进行测定,测得各时间段色谱图,采用《中药色谱指纹图谱相似度

评价系统2.0版》计算相似度,结果均大于0.978, RSD值为0.04%,表明按“2.1.1”节制备的供试品溶液于24 h内保持稳定。

2.1.4 GC指纹图谱共有模式的建立

分别选取222批样品中质量中等且基原准确的21批次羌活药材(其中外来收集样品3批)和17批基原准确的宽叶羌活药材(其中外来收集样品1

批),粉碎过三号筛,按照GC供试品溶液的制备方法制备供试品,按照“2.1.2”节GC色谱条件进行测定,分别将样品的气相指纹图谱数据导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统2.0版》中,得到的羌活与宽叶羌活气相指纹图谱共有模式显示,二者分别确定10个、12个共有峰,其挥发油气相指纹图谱共有模式分别见图1(羌活)和图2(宽叶羌活)。

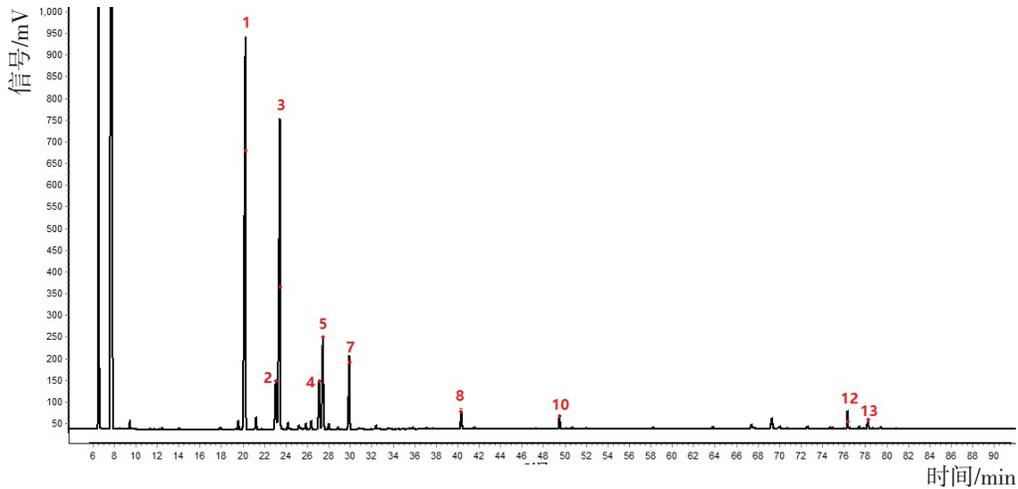


图1 羌活GC指纹图谱共有模式

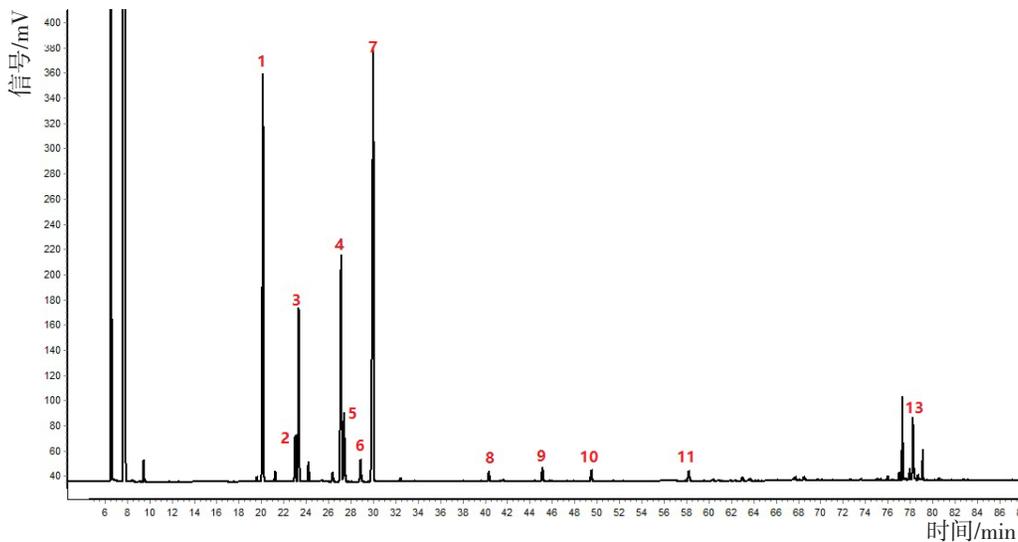


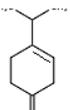
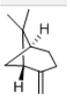
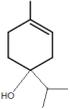
图2 宽叶羌活GC指纹图谱共有模式

对比羌活与宽叶羌活GC指纹图谱可知,1、2、3、4、5、7、8、10、13号峰为共有峰,6、9、11号峰为宽叶羌活特有成分,12号峰为羌活独有成分。

2.1.5 羌活与宽叶羌活挥发油成分的GC-MS分析

取 $W_1 \sim W_{20}$ 样品,按照“2.1.2”节方法进行GC-MS分析,采用NIST05a质谱数据库系统检索并参考相关文献资料^[6-7],指认各共有峰,结果见表2。

表2 羌活与宽叶羌活挥发油化学成分

编号	保留时间 /min	分子式	分子量	化合物名称	结构式	纯度 /%
1	7.3	C ₁₀ H ₁₆	136	alpha.-Pinene (α-蒎烯)		99
2	9.1	C ₁₀ H ₁₆	136	4-methylene-1-(1-methylethyl)-Bicyclo[3.1.0]hexane (4-亚甲基-1-(1-甲基乙基)-双环[3.1.0]己烷)		95
3	9.3	C ₁₀ H ₁₆	136	6,6-dimethyl-2-methylene-Bicyclo[3.1.1]heptanes (6,6-二甲基-2-亚甲基双环[3.1.1]庚烷)		98
4	11.9	C ₁₀ H ₁₄	134	1-methyl-3-(1-methylethyl)-Benzene (1-甲基-3-异丙基苯)		97
5	12.1	C ₁₀ H ₁₆	136	D-Limonene (D-柠檬烯)		99
6	13.2	C ₁₀ H ₁₆	136	3,7-dimethyl-1,3,6-Octatriene (3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯)		98
7	14.0	C ₁₀ H ₁₆	136	1-methyl-4-(1-methylethyl)-1,4-Cyclohexadiene (1-甲基-4-异丙基-1,4-环己二烯)		97
8	23.2	C ₁₀ H ₁₈ O	154	4-methyl-1-(1-methylethyl)-3-Cyclohexen-1-ol (4-甲基-1-异丙基-3-环己烯-1-醇)		97
9	27.15	C ₁₀ H ₁₆ O	164	2-methoxy-4-methyl-1-(1-methylethyl)-Benzene (2-甲氧基-4-甲基-1-异丙基苯)		95
10	31.5	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	Bornyl acetate (乙酸龙脑酯)		98
11	40.0	C ₈ H ₁₄	110	Cyclooctene(环辛烯)		98
12	56.4	C ₁₅ H ₂₄ O	220	Aromadendrene oxide(香橙烯氧化物)		95
13	60.5	C ₁₅ H ₂₄	204	1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methylene-1-(1-methylethyl)-naphthalene (1,2,3,4,4a,5,6,8a-八氢-7-亚甲基-1-异丙基萘)		96

注: 6、9、11号峰为宽叶羌活特有成分, 分别是3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯、2-甲氧基-4-甲基-1-异丙基苯、环辛烯; 12号峰是香橙烯氧化物, 为羌活独有成分。

2.1.6 伪品 GC 指纹图谱分析

7批伪品与羌活及宽叶羌活 GC 对照指纹图谱叠加图见图3, 从上至下依次是羌活对照指纹图谱、宽叶羌活对照指纹图谱、独活、云南羌活、欧洲前胡、禹州漏芦、欧当归、黑水当归、朝鲜当归。结果显示伪品挥发油中与羌活挥发油中的共有成分相

似。其中, 黑水当归、朝鲜当归在 76.2 min 与 45.1 min 处均无峰, 欧当归在 45.1 min 与 49.9 min 处无峰, 且在 38.3 min 及 80.8 min 处的峰异常高, 伪品气相指纹图谱与羌活及宽叶羌活共有模式均不一致, 相似度为 0。故本试验建立的羌活 GC 指纹图谱与宽叶羌活指纹图谱均能有效鉴别羌活的混伪品。

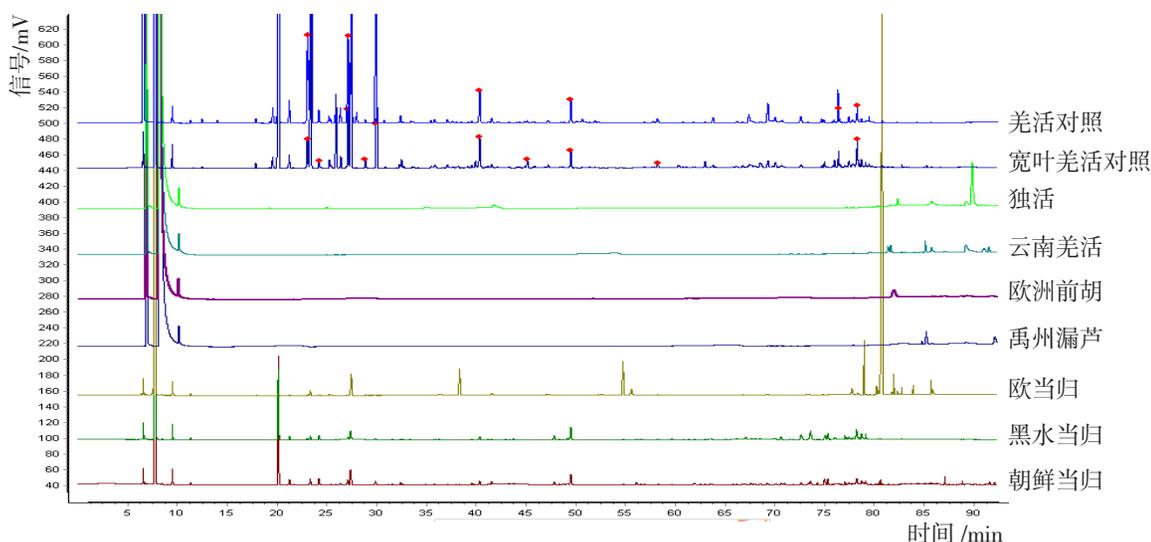


图3 羌活对照与伪品气相指纹图谱

2.2 HPLC指纹图谱

2.2.1 HPLC供试品溶液的制备

采用四分法均匀取羌活饮片约100 g, 粉碎使过三号筛, 过筛粉末混匀后精密称取约0.4 g, 置锥形瓶中, 精密加入甲醇50 mL, 称定重量, 超声处理30 min, 放冷, 用甲醇补足损失的重量, 摇匀, 滤过, 取续滤液过微孔滤膜(0.45 μm), 即得^[1]。

2.2.2 HPLC指纹图谱分析条件

色谱柱为AGELA C18柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm), 以乙腈为流动相A, 以0.1%磷酸水为流动相B, 按表3的梯度洗脱程序进行洗脱, 流速为1.0 mL · min⁻¹, 柱温为25℃, 检测波长为310 nm。

表3 HPLC色谱条件梯度洗脱表

时间 /min	流动相 A/%	流动相 B/%
0	15	85
25	38	62
45	50	50
55	75	25
70	85	15

2.2.3 方法学考察

1) 精密度: 取A178样品按“2.2.1”节方法制备供试品, 并按“2.2.2”节色谱条件连续测定6次, 测得各色谱图, 采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统2.0版》计算相似度, 结果6次进样的相似度均不低于0.954~0.956, RSD值为0.08%, 表明本试验建立的HPLC方法精密度良好。

2) 重现性试验: 取A178号样品6份, 按“2.2.1”节方法平行制备, 按“2.2.2”节色谱条件测定, 将测得各色谱图导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统2.0版》计算其相似度, 结果样品的相似度均在0.952~0.957, RSD值为0.18%, 表明本试验建立的HPLC方法精密度良好。

3) 稳定性试验: 取A178号样品按“2.2.1”节方法制备供试品, 置室温条件下, 按“2.2.2”节色谱条件分别于0、3、6、12、24 h进行测定, 测得各时间段的色谱图, 将其导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统2.0版》计算相似度, 结果在0.954~0.957, RSD值为0.14%, 表明供试品溶液至少于24 h内保持稳定。

2.2.4 HPLC指纹图谱共有模式的建立

选取222批样品中质量中等的14批羌活药材和15批宽叶羌活药材（其中宽叶羌活对照药材1批），粉碎过三号筛，按HPLC供试品制备方法制备供试品，并按照“2.2.2”节色谱条件进行测定，

经《中药色谱指纹图谱相似度评价系统2.0版》处理，结果显示羌活HPLC共有模式确定有9个共有峰，宽叶羌活确定有7个共有峰，获得的对照指纹图谱分别见图4（羌活）及图5（宽叶羌活）。

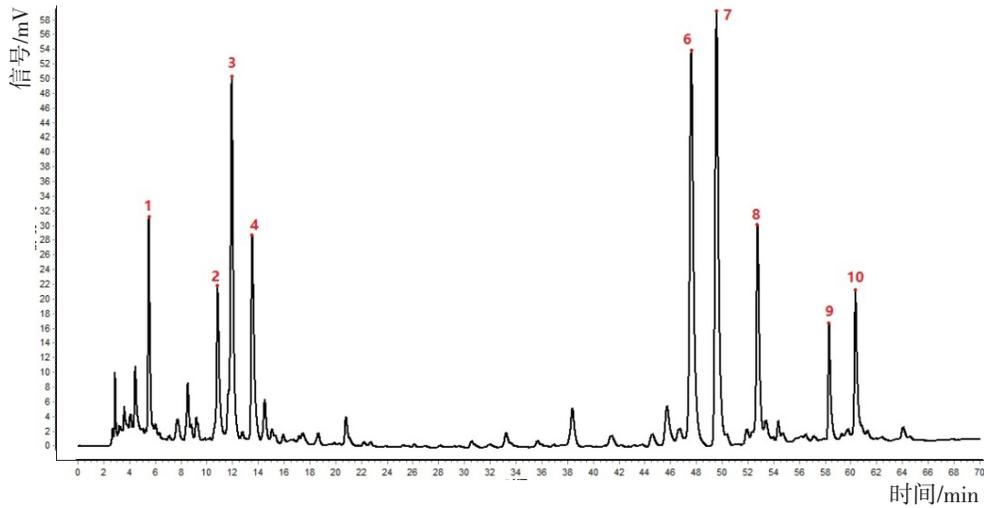


图4 羌活HPLC指纹图谱共有模式

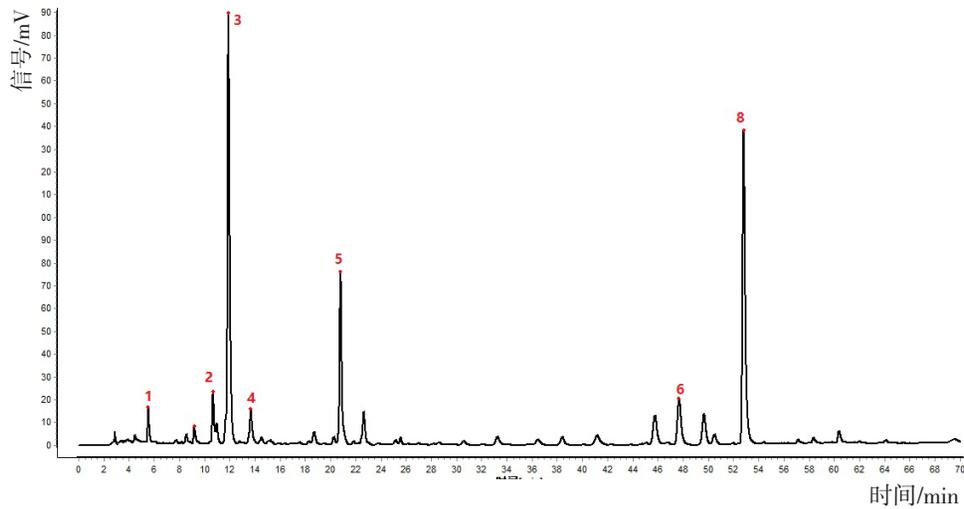


图5 宽叶羌活HPLC指纹图谱共有模式

对比羌活与宽叶羌活的HPLC指纹图谱，发现羌活与宽叶羌活共有的成分为1（5.6 min）、2（10.6 min）、3（11.9 min）、4（13.6 min）、6（47.6 min）、8（52.8 min）号峰，其中，羌活中6号峰（羌活醇）的含量与8号峰（异欧前胡素）含量的比值大于等于1，而在宽叶羌活中则远远小于1。此外，羌活中7（49.5 min）、9（58.3 min）、10（60.4 min）号峰稳定存在，且含量高于宽叶羌活，而在宽叶羌活中含量普遍偏低，或低于检出

限。宽叶羌活中5（20.9 min）号峰稳定存在。

2.2.5 伪品HPLC指纹图谱分析

7批伪品与羌活及宽叶羌活HPLC对照指纹图谱叠加图见图6，从下至上依次是羌活HPLC对照指纹图谱（R1）、宽叶羌活HPLC对照指纹图谱（R2）、朝鲜当归（S1）、黑水当归（S2）、欧当归（S3）、欧洲前胡（S4）、禹州漏芦（S5）、云南羌活（S6）、独活（S7）。结果显示与R1、R2比较，S1、S2在42 min、44.5 min、45.1 min峰异

常高, 在52 min~54 min峰比较集中; S3中50.2 min峰异常高; S4缺失5.6 min峰, 27 min明显出峰, 51.5 min峰异常高; S5、S6中11.9 min峰很弱, 40

min后出峰很少; S7在10.9 min、11.9 min处无峰, 在26 min~30 min范围内出峰较多, 47.8 min处无峰出现。伪品HPLC指纹图谱与R1、R2差异较大。

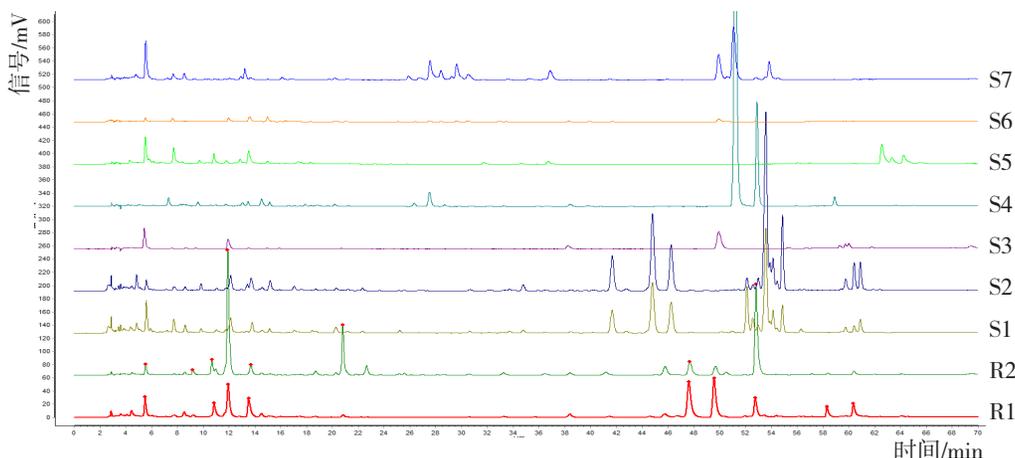


图6 羌活对照与伪品液相指纹图谱

3 讨论

3.1 关于羌活与宽叶羌活挥发性成分的差异分析

对比宽叶羌活与羌活的GC共有模式指纹图谱发现, 前者的特有成分有3,7-dimethyl-1,3,6-Octatriene (3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯)、2-methoxy-4-methyl-1-(1-methylethyl)-Benzene (2-甲氧基-4-甲基-1-异丙基苯)、Cyclooctene (环辛烯), 后者的特有成分为Aromadendrene oxide (香橙烯氧化物), 二者的共有峰有9个。其中羌活中1-methyl-3-(1-methylethyl)-Benzene (1-甲基-3-异丙基苯)的含量低于D-Limonene (D-柠檬烯), 而在宽叶羌活中则相反。二者的GC共有模式指纹图谱可区分两种基原的羌活。在对202批样品进行相似度评价时发现有的样品与羌活和宽叶羌活的相似度均不为0, 即均有3,7-dimethyl-1,3,6-Octatriene (3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯)、2-methoxy-4-methyl-1-(1-methylethyl)-Benzene (2-甲氧基-4-甲基-1-异丙基苯)、Cyclooctene (环辛烯)及Aromadendrene oxide (香橙烯氧化物), 推断可能是羌活样品中掺有宽叶羌活。

3.2 关于羌活与宽叶羌活非挥发性成分的差异分析

对比羌活与宽叶羌活的HPLC共有模式指纹图谱发现, 二者HPLC指纹图谱中峰面积超过2%的共有峰有6个, 其中羌活中6号峰的含量与8号峰含量

的比值大于等于1。此外, HPLC指纹图谱显示, 7、9、10号峰在羌活中稳定存在, 且含量高于宽叶羌活, 而在宽叶羌活中含量普遍偏低, 或接近检出限。5号峰在宽叶羌活中稳定存在, 宽叶羌活中5号峰普遍高于羌活。羌活与宽叶羌活的非挥发性成分存在差异, 本试验建立的HPLC共有模式可实现对羌活基原的区分。

3.3 关于区分样品基原的指纹图谱相似度评价结果分析

GC指纹图谱相似度结果显示, 222批样品中有7批伪品, 有21批宽叶羌活样品, 有118批羌活样品, 有76批含有两种基原羌活的样品, 与HPLC指纹图谱的相似度评价结果一致, 表明试验所建立的羌活气相及液相指纹图谱对于222批样品基原区分的结果一致, 二者可相互验证, 建立的指纹图谱具有合理性, 且均可用于羌活基原的鉴别。

3.4 关于羌活质量优劣的指纹图谱相似度评价结果分析

以0.85为限度, 仅GC指纹图谱相似度低于0.85的有13批, 仅HPLC指纹图谱相似度低于0.85的有10批, 二者相似度均低于0.85的有5批, 整体不合格有28批, 不合格率为13%。试验所建立的指纹图谱可用于羌活的质量评价。

3.5 关于羌活伪品的指纹图谱结果分析

本试验建立的羌活共有模式指纹图谱与其伪

品的气相及液相指纹图谱差异较大,故可有效区分羌活的正品与伪品。其中,在伪品欧当归的气相指纹图谱中,38.3 min及80.8 min峰异常高,在正品羌活中无该位置的峰,经GC-MS进一步分析确认,该峰分别为pentyl-Benzene(戊基苯)、1-methylbutyl-Benzene(1-异戊基苯),故可通过观察羌活挥发油样品中38.3min及80.8min位置附近是否有异常峰,判断样品中是否掺有伪品欧当归。

综上所述,羌活与宽叶羌活的成分存在一定差异,建立单一的指纹图谱无法从整体上有效评价羌活与宽叶羌活的质量,故本次试验分别建立羌活与宽叶羌活的GC及HPLC指纹图谱,对于进一步推动羌活质量标准的改进,实现对药用羌活内在质量的综合评价和整体物质的全面控制具有一定意义。

参考文献:

- [1] 中国药典:一部[S]. 2015: 182.
- [2] JIANG Shun-yuan, SUN Hui, WANG Hong-lan, et al. Industrialization Condition and Development Strategy of *Notopterygii Rhizoma et Radix*[J]. Chinese Journal of Chinese Materia Medica (中国中药杂志), 2017, 42 (14): 2627-2632.
- [3] LIU Dong-fang, ZHAO Li-na, LI Yin-feng, et al. Research Progress and Application in Fingerprint Technology on Chinese Materia Medica[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs (中草药), 2016, 47 (22): 4085-4094.
- [4] 李强, 杜思邈, 张忠亮, 等. 中药指纹图谱技术进展及未来发展方向展望[J]. 中草药, 2013, 44 (22): 3095-3104.
- [5] ZHANG Ya-jun, XIE Fang, ZHANG Yu, et al. Research Progress on Chemical Components of *Notopterygium*[J]. Hunan Agricultural Sciences (湖南农业科学), 2017, (4): 124-126.
- [6] 徐国均, 徐珞珊, 王峥涛. 常用中药材品种整理与质量研究(第三册)[M]. 福建科学技术出版社, 1999: 208-213.
- [7] 乔荣荣, 严国俊, 田荣, 等. 羌活挥发性成分的气相色谱/质谱分析[J]. 海峡药学, 2017, 29 (4): 52-56.

(收稿日期 2018年12月28日 编辑 邹宇玲)