

# 沉香化气丸的 UPLC 指纹图谱与化学模式识别

潘玄玄<sup>1</sup>, 宋粉云<sup>1\*</sup>, 林秀莲<sup>1</sup>, 李华<sup>2</sup>, 周颖仪<sup>2</sup>

(1. 广东药科大学, 广州 510006; 2. 广东省药品检验所, 广州 510180)

**[摘要]** 目的:建立沉香化气丸的超高效液相色谱(UPLC)指纹图谱,为评价该制剂的整体质量提供参考依据。方法:采用 Phenomenex Kinetex C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm × 100 mm, 2.7 μm),流动相乙腈(A)-0.1% 磷酸水溶液(B)梯度洗脱(0~7 min, 12%~16% A; 7~14 min, 16%~19% A; 14~16 min, 19%~25% A; 16~19 min, 25%~28% A; 19~22 min, 28%~42% A; 22~27 min, 42%~46% A; 27~33 min, 46%~48% A; 33~37 min, 48%~72% A; 37~39 min, 72%~90% A; 39~42 min, 90% A),分段变波长测定(0~3 min, 285 nm; 3~20 min, 210 nm; 20~24 min, 254 nm; 24~42 min, 210 nm),进样量 2 μL,流速调整至 0.8 mL·min<sup>-1</sup>;根据相似度评价,结合化学计量学方法对沉香化气丸进行质量评价。结果:建立了 20 批沉香化气丸的 UPLC 指纹图谱,标定了 27 个共有峰,通过对照品指认了 12 个共有峰,20 批样品指纹图谱的相似度均 > 0.98。通过聚类分析可将样品聚为 3 类,结合主成分分析、正交偏最小二乘法-判别分析发现 7 个成分是造成不同批次样品差异性的主要标记物。结论:指纹图谱的构建与化学模式识别可为沉香化气丸的质量控制提供更为全面的信息参考。建立的 UPLC 指纹图谱方法稳定可行。

**[关键词]** 沉香化气丸; 指纹图谱; 聚类分析; 主成分分析; 正交偏最小二乘法-判别分析

**[中图分类号]** R283.6; R917; R284.1; R122.1+1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2017)19-0105-06

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2017190105

**[网络出版地址]** <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20170711.1356.036.html>

**[网络出版时间]** 2017-07-11 13:56

## UPLC Fingerprint and Chemical Pattern Recognition of Chenxiang Huaqiwan

PAN Xuan-xuan<sup>1</sup>, SONG Fen-yun<sup>1\*</sup>, LIN Xiu-lian<sup>1</sup>, LI Hua<sup>2</sup>, ZHOU Ying-yi<sup>2</sup>

(1. Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China;

2. Guangdong Institute for Drug Control, Guangzhou 510180, China)

**[Abstract]** **Objective:** To establish the UPLC fingerprint of Chenxiang Huaqiwan for providing a reference for evaluation of the overall quality of this preparation. **Method:** The separation was performed on Phenomenex Kinetex C<sub>18</sub> column (4.6 mm × 100 mm, 2.7 μm) with mobile phase of acetonitrile-0.1% phosphoric acid aqueous solution for gradient elution at a flow rate of 0.8 mL·min<sup>-1</sup>, wavelength switching technology was used (0-3 min, 285 nm; 3-20 min, 210 nm; 20-24 min, 254 nm; 24-42 min, 210 nm). According to the similarity evaluation, the chemometrics method was used to evaluate the quality of Chenxiang Huaqiwan. **Result:** Fingerprints of 20 batches of Chenxiang Huaqiwan were established, there were 27 common peaks in the fingerprints and 12 common peaks were identified by reference substances, fingerprints similarity of samples were over 0.98. The samples were classified into three groups by hierarchical cluster analysis combined with principal component analysis (PCA) and orthogonal partial least squares-discriminant analysis (OPLS-DA), seven components were the main markers that cause differences in the different batches of samples. **Conclusion:**

**[收稿日期]** 20170329(007)

**[基金项目]** 上海市药物(中药)代谢产物研究重点实验室开放课题项目(2015SHDX1001)

**[第一作者]** 潘玄玄,在读硕士,从事现代分析方法在中药质量控制中的应用研究, Tel:18925120542, E-mail:1141475121@qq.com

**[通讯作者]** \* 宋粉云,教授,从事现代分析方法在中药质量控制中的应用研究, Tel:020-39352136, E-mail:songfenyun2011@163.com

Establishment of fingerprint and application of chemical pattern recognition can provide more comprehensive reference for the quality control of Chenxiang Huaqiwan. The established UPLC fingerprint method is stable and feasible.

[Key words] Chenxiang Huaqiwan; fingerprint; cluster analysis; principal component analysis; orthogonal partial least squares-discriminant analysis

沉香化气丸收载于 2015 年版《中国药典》一部,全方由沉香、木香、广藿香、醋香附、陈皮、砂仁、醋莪术、炒麦芽、甘草、六神曲(炒)共 10 味药组成,具有理气疏肝、消积和胃的功效,用于治疗肝胃气滞、脘腹胀痛、不思饮食、嗝气泛酸<sup>[1]</sup>。现行标准及文献报道仅选择了显微鉴别、薄层鉴别及少数成分定量分析来评价沉香化气丸的质量<sup>[1-3]</sup>。中药复方制剂具有组成药材多、组成成分复杂等特点,很难用其中一种或几种化学成分的作用来衡量中药制剂的整体质量。

中药指纹图谱基于对中药化学成分群的整体认识,可反映中药“多成分、多靶点、多途径”的协同治疗效果,通过识别指纹图谱方法能在一定程度上反映复方的内在质量,从而控制该复方的整体质量<sup>[4-6]</sup>。目前关于沉香化气丸的指纹图谱研究尚未见文献报道,为全面评价该制剂的整体质量,本实验拟建立沉香化气丸的 UPLC 指纹图谱,并结合相似度评价、聚类分析、主成分分析及正交偏最小二乘法-判别分析等模式识别方法,寻找主要的差异成分,为该制剂质量的全面控制及其含量测定指标的选择提供科学依据。

## 1 材料

ACQUITY UPLC™型超高效液相色谱仪(美国 Waters 公司),Milli-Q 型超纯水仪(美国 Millipore 公司),CP225D 型 1/10 万电子分析天平(德国 Sartorius 公司)。

处方中沉香、木香、广藿香等 10 味药材均购于广东省药材公司中药饮片厂,经广东省药品检验所中药室李华主任中药师鉴定,均符合 2015 年版《中国药典》的相关规定;20 批沉香化气丸样品(成都地奥集团天府药业股份有限公司,批号分别为 150902, 150308, 150503, 150514, 150605, 150909, 150912, 151004, 151008, 151020, 151104, 151108, 151205, 151208, 151209, 151211, 151212, 160301, 160302 和 160303,依次记为 S1~S20),维采宁-2 对照品(上海同田生物科技有限公司,批号 16011122,纯度 98.0%),甘草苷、橙皮苷、甘草酸铵、木香炔内酯、去氢木香内酯、广藿香酮和  $\alpha$ -香附酮对照品(中

国食品药品检定研究院,批号分别为 111610-201106, 110721-201316, 110731-201418, 111524-201509, 111524-201509, 111822-201102, 110748-201513,纯度分别为 93.7%, 95.3%, 93.1%, 99.0%, 99.7%, 100%, 99.7%),吉马酮、芸香柚皮苷、川陈皮素、桔红素对照品(成都曼思特生物科技有限公司,批号分别为 MUST-15051913, MUST-16030408, MUST-16030408, MUST-16030408,纯度分别为 99.52%, 99.2%, 99.46%, 99.77%),水为超纯水,乙腈为色谱纯,其他试剂均为分析纯。

## 2 方法与结果

### 2.1 溶液的制备

**2.1.1 对照品溶液** 精密称取维采宁-2,甘草苷,芸香柚皮苷,橙皮苷,甘草酸,川陈皮素,桔皮素,木香炔内酯,去氢木香内酯,广藿香酮, $\alpha$ -香附酮,吉马酮对照品适量,加甲醇分别制成每 1 mL 含维采宁-2 21.6  $\mu$ g 的对照品 A 溶液;含甘草苷 35.4  $\mu$ g,芸香柚皮苷 34.5  $\mu$ g,橙皮苷 25.3  $\mu$ g,甘草酸 46.7  $\mu$ g,木香炔内酯 36.3  $\mu$ g,广藿香酮 18.2  $\mu$ g 的混合对照品 B 溶液;含川陈皮素 22.1  $\mu$ g,桔皮素 22.2  $\mu$ g,去氢木香内酯 19.8  $\mu$ g, $\alpha$ -香附酮 75.8  $\mu$ g,吉马酮 21.0  $\mu$ g 的混合对照品 C 溶液。

**2.1.2 供试品溶液** 取沉香化气丸样品,研细(过 4 号筛,下同),称取约 1.0 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入甲醇 25 mL,称量,超声(功率 300 W,频率 40 kHz)处理 45 min,放冷,再称定质量,用甲醇补足减失的质量,摇匀,静置,滤过,取续滤液,过 0.22  $\mu$ m 微孔滤膜,即得。

**2.1.3 单味药材的供试品溶液** 将 10 味药材粉碎成粉末,取各单味药材粉末约 0.2 g,精密称定,按 2.1.2 项下方法制备,即得。

**2.2 色谱条件** Phenomenex Kinetex C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm  $\times$  100 mm, 2.7  $\mu$ m),流动相乙腈(A)-0.1% 磷酸水溶液(B)梯度洗脱(0~7 min, 12%~16% A; 7~14 min, 16%~19% A; 14~16 min, 19%~25% A; 16~19 min, 25%~28% A; 19~22 min, 28%~42% A; 22~27 min, 42%~46% A; 27~33 min, 46%~48% A; 33~37 min, 48%~72%

A; 37 ~ 39 min, 72% ~ 90% A; 39 ~ 42 min, 90% A), 分段变波长测定(0 ~ 3 min, 285 nm; 3 ~ 20 min, 210 nm; 20 ~ 24 min, 254 nm; 24 ~ 42 min, 210 nm), 进样量 2  $\mu\text{L}$ , 流速 0.8  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , 柱温 35  $^{\circ}\text{C}$ 。

### 2.3 方法学考察

**2.3.1 精密度试验** 精密吸取同一供试品溶液(批号 150902), 按 2.2 项下色谱条件平行测定 6 次, 记录色谱图。以芸香柚皮苷为参照峰, 结果各共有峰相对保留时间的 RSD 均 < 1.0%, 共有峰相对峰面积的 RSD 均 < 3.0%; 采用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2012 版)软件进行处理, 结果 6 次进样的图谱与对照图谱相似度均为 1.0, 表明仪器精密度良好。

**2.3.2 重复性试验** 取同一批样品(批号 150902), 按 2.1.2 项下方法平行制备供试品溶液 6 份, 按 2.2 项下色谱条件测定, 记录色谱图。以芸香柚皮苷为参照峰, 计算各共有峰相对保留时间的 RSD 均 < 1.0%, 共有峰相对峰面积的 RSD 均 < 4.0%; 采用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”

(2012 版)软件进行处理, 6 份样品的图谱与对照图谱相似度均为 1.0, 表明该方法的重复性良好。

**2.3.3 稳定性试验** 取同一份供试品溶液(批号 150902), 分别在制备后 0, 2, 4, 8, 12, 24 h 按 2.2 项下色谱条件进样分析, 记录色谱图。以芸香柚皮苷为参照峰, 计算各共有峰相对保留时间的 RSD 均 < 1.0%, 共有峰相对峰面积的 RSD 均 < 4.0%; 采用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2012 版)软件进行处理, 6 次进样的图谱与对照图谱相似度均为 1.0, 表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

**2.4 样品测定及指纹图谱的建立** 取 20 批沉香化气丸样品, 按 2.1.2 项下方法制备供试品溶液, 按 2.2 项下色谱条件测定, 记录色谱图。对所有样品的色谱图进行统一积分后, 将所得图谱以 AIA 格式导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2012 版)软件中进行处理, 对照图谱的生成方法为中位数法, 时间窗宽度设定 0.1, 运用多点校正方法对色谱峰进行全峰匹配, 得 20 批样品的 UPLC 指纹图谱叠加图, 见图 1, 确定了 27 个共有峰。

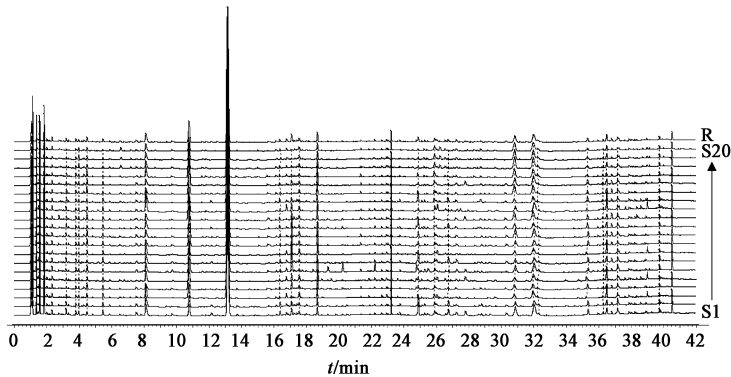


图 1 20 批沉香化气丸的 UPLC 指纹谱叠加及对照指纹谱 (R)

Fig. 1 UPLC fingerprints for twenty batches of Chenxiang Huaqiwan and reference fingerprint (R)

**2.5 共有峰的归属及化学成分的指认** 精密吸取 2.1 项下供试品溶液、对照品溶液及单味药材的供试品溶液各 2  $\mu\text{L}$ , 按 2.2 项下色谱条件测定, 见图 2, 3。根据色谱峰的保留时间信息, 对指纹图谱的共有峰进行药材归属及化学指认, 将各单味药材及对照品的色谱峰与成品色谱峰进行一一比对分析。结果发现 27 个共有峰中, 22 个色谱峰归属到单味药材, 5 个色谱峰为多味药材共有峰。其中 1 号峰归属于炒麦芽; 2, 25 号峰归属于醋莪术; 3, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 22 号峰归属于甘草; 4 号峰归属于陈皮及广藿香, 5 号峰归属于砂仁; 6, 9, 10, 16, 18 号峰归属于陈皮; 14, 17 号峰归属于沉香及陈皮; 21 号峰归属于广藿香; 23 号峰归属于醋香附; 19, 20, 24 号峰归

属于木香; 其中 4, 8, 9, 10, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 25 号峰分别被指认为维采宁-2, 甘草苷, 芸香柚皮苷, 橙皮苷, 甘草酸, 川陈皮素, 桔红素, 木香炔内酯, 去氢木香内酯, 广藿香酮,  $\alpha$ -香附酮, 吉马酮。

### 2.6 指纹图谱的相似度评价

**2.6.1 参照峰的选择** 样品的指纹图谱中 9 号峰(芸香柚皮苷)与相邻色谱峰分离较好、相对稳定且为所有样品共有, 故将 9 号峰作为参照峰(S 峰)。

**2.6.2 相似度分析** 采用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2012 版)软件, 以 S1 样品的图谱作为参照图谱, 计算 20 批沉香化气丸指纹图谱的相似度。结果各共有峰保留时间的 RSD 均 < 0.5%, 各共有峰峰面积的 RSD 相差较大, 20 批样品的相似度

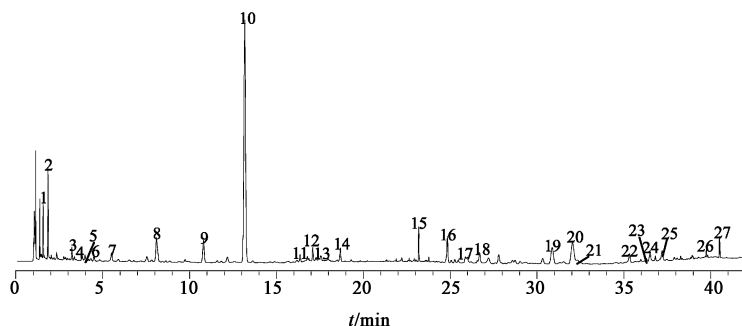
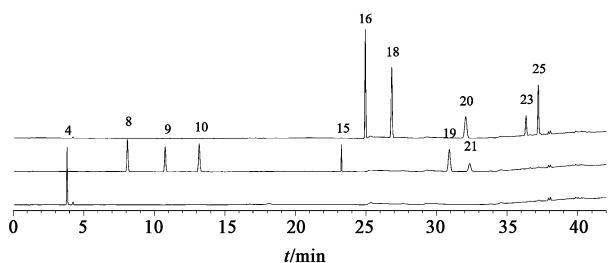


图 2 沉香化气丸的指纹谱及其共有峰

Fig. 2 Fingerprint of Chenxiang Huaqiwan and its common peaks



4. 维采宁-2; 8. 甘草苷; 9. 芸香柚皮苷; 10. 橙皮苷; 15. 甘草酸; 16. 川陈皮素; 18. 桔红素; 19. 木香炔内酯; 20. 去氢木香内酯; 21. 广藿香酮; 23.  $\alpha$ -香附酮; 25. 吉马酮

图 3 3 个对照品溶液的 UPLC

Fig. 3 UPLC of three reference solutions

0.989 ~ 0.998。表明沉香化气丸的化学成分组成较为相似,但各批次间共有峰的成分含量差异较大,表明质量可能存在一定的差异,如需更为客观地反映沉香化气丸的内在品质,需进行后续的化学计量学分析。

**2.7 聚类分析<sup>[7]</sup>** 将 20 批样品的 27 个共有峰的峰面积作为变量,得到  $20 \times 27$  阶原始数据矩阵,导入 SPSS 23.0 数据分析软件中,选取组间连接法,以欧氏距离作为样品测度,计算样品的相似性程度,对样品进行聚类分析,见图 4。结果发现 20 批样品聚为 3 类,样品 S1 ~ S10 聚为 1 类;S11 ~ S17 聚为 1 类;S18 ~ S20 聚为 1 类,说明在相近时间生产的样品相似度较高。

**2.8 主成分分析(PCA)<sup>[8]</sup>** 分别将 20 批样品 27 个共有峰的峰面积输入 Excel 表格内,得到每批样品 27 个变量,即  $20 \times 27$  列的数据矩阵,导入 SIMCA-P 13.0 软件中进行 PCA 分析,见图 5。结果发现 20 批样品可分为 3 组,样品 S1 ~ S10 为 1 类;S11 ~ S17 为 1 类;S18 ~ S20 为 1 类,与聚类分析结果一致。

**2.9 正交偏最小二乘法-判别分析(OPLS-DA)** 为了更好地解释样品组间的差异性,找到组间差异贡献率较大的共有峰,在聚类分析和 PCA 的基础上,

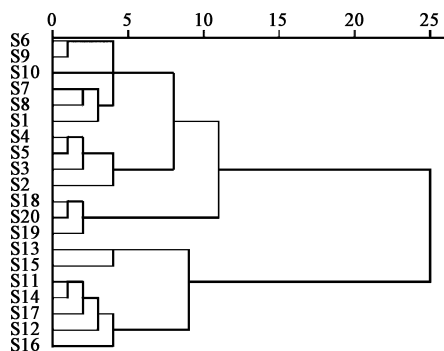


图 4 20 批沉香化气丸的聚类树状

Fig. 4 Dendrogram of twenty batches of Chenxiang Huaqiwan

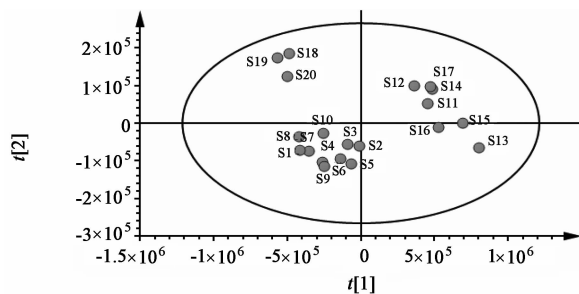


图 5 沉香化气丸的主成分分析得分

Fig. 5 Scores of principal component analysis for Chenxiang Huaqiwan

将得到的  $20 \times 27$  列数据矩阵导入 SIMCA-P 13.0 软件中进行 OPLS-DA 分析,见图 6 ~ 8。结果显示模型参数  $R^2 X = 0.967$ ,  $R^2 Y = 0.965$ ,  $Q^2 = 0.931$ , 其中  $R^2 X$  和  $R^2 Y$  表示模型的拟合程度,自变量  $X$  和因变量  $Y$  表示模型的解释说明的能力,  $Q^2 Y$  表示模型的预测能力,三者的数值越接近 1,说明模型的拟合程度和预测能力越好,适合作为沉香化气丸 UPLC 指纹图谱的模式识别方法。由 OPLS-DA 得分散点图可知,该厂家沉香化气丸的数据点均落在了 95% 置信区间内,说明各厂家生产沉香化气丸产品的质量趋于稳定,化学成分相似,但不同批次的样品分散在图中不同区域,说明样品在整体质量上存在一定的差异。在载荷散点图中,距离原点越远,权重值越

大,说明该成分的变化对区分样品各批次间的作用越大,结合变量重要性投影值(variable importance in the projection, VIP)筛选出能引起不同批次沉香化气丸成分差异的主要标记性成分,选择 VIP > 1 的成分确定为贡献较大的成分。由图 7 可知, VIP > 1 的成分有 7 个,影响大小依次为峰 9(芸香柚皮苷),峰 10(橙皮苷),峰 6,峰 14,峰 8(甘草苷),峰 7,峰 19(木香炔内酯)。同时在 OPLS-DA 的载荷图中也显示出这 7 个化学成分的变量离原点的距离较远,说明这些成分是不同的批次间成分差异的主要标记物。

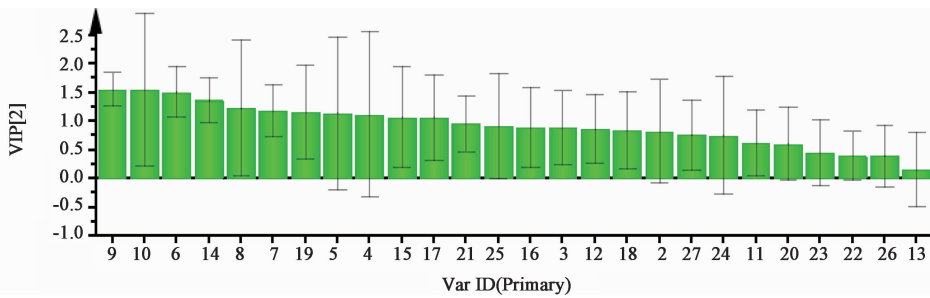


图 7 沉香化气丸的 VIP  
Fig. 7 VIP of Chenxiang Huaqiwan

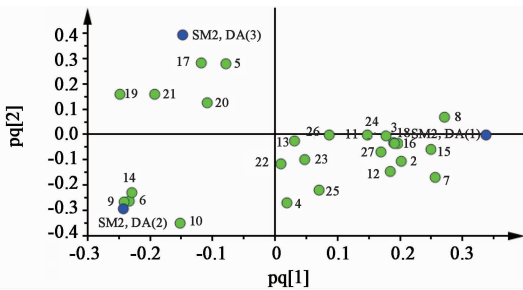


图 8 沉香化气丸的载荷散点  
Fig. 8 Loading scatter plots of Chenxiang Huaqiwan

### 3 讨论

**3.1 检测波长的选择** 由于中药复方组成复杂,紫外吸收情况差异较大。本文先采用光电二极管阵列检测器(PDA)对样品在 200 ~ 400 nm 进行扫描。根据扫描结果,对 4 个不同检测波长 210, 238, 254, 310 nm 进行考察,为尽可能最大地获取沉香化气丸中不同中药的色谱组分信息,避免峰面积信息的丢失,本实验采用了分段变波长的方法。

**3.2 不同色谱柱的选择** 考察了 3 种不同型号的色谱柱,包括 Phenomenex Kinetex C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm × 100 mm, 2.7 μm), Thermo Accucore C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm × 100 mm, 2.6 μm) 和 Agilent Poroshell C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm × 100 mm, 2.7 μm),结果表明 Phenomenex Kinetex C<sub>18</sub> 色谱柱的柱效较高,

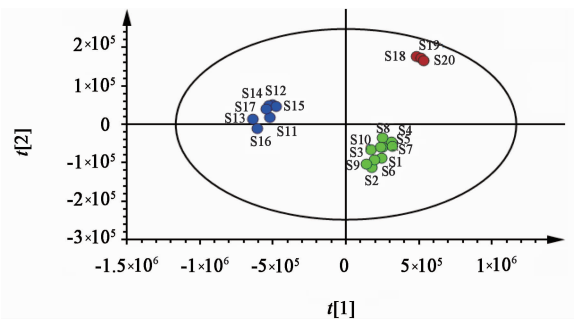


图 6 沉香化气丸的得分散点  
Fig. 6 Score scatter plots of Chenxiang Huaqiwan

峰形对称,分离效果好,故选用该色谱柱。

**3.3 柱温的选择** 考察了 25, 30, 35 °C 不同柱温对分离效果的影响,结果表明柱温的改变可以提高分离效果。当柱温较低时,色谱峰展宽,柱压较大,保留时间较大,分离度效果较差;提高柱温时,色谱峰变窄,柱压降低,保留时间提前,分离效果较好,但由于过高的柱温会损害色谱柱的使用寿命,故选用柱温 35 °C。

**3.4 流动相的选择** 尝试了乙腈-水、乙腈-0.1% 甲酸、乙腈-0.1% 磷酸、乙腈-0.5% 磷酸、甲醇-0.1% 磷酸 5 种流动相系统,结果表明乙腈的洗脱能力优于甲醇,基线平、分离度好且灵敏度高;沉香化气丸中黄酮类成分较多,黄酮类成分多具有酚羟基显弱酸性,因此加入酸可有效改善峰形,提高分离效果;甲酸由于含有官能团-COOH,在波长为 210 nm 情况下,紫外吸收较大,导致基线漂移严重,磷酸可有效改善基线漂移现象,比较 0.1% 磷酸水溶液与 0.5% 磷酸水溶液,分离效果无明显差别,故选用乙腈-0.1% 磷酸水溶液作为流动相。

**3.5 供试品制备方法的优化** 根据单味药材有关指纹图谱的文献报道<sup>[9-12]</sup>,所选取的提取溶剂以甲醇及乙醇为主,沉香化气丸中以黄酮类成分居多,也有木香炔内酯、去氢木香内酯及广藿香酮等极性较小的挥发性成分。根据各成分的结构和性质,对比

了索氏提取法和超声提取法,发现2种方法的提取率相近,考虑木香烃内酯和广藿香酮成分的热不稳定性,且超声简便快捷,故选用超声提取法。对提取溶剂(水,30%甲醇,50%甲醇,80%甲醇,甲醇和乙醇)进行考察,结果表明甲醇对待测成分的提取效果优于乙醇,50%甲醇提取杂质较多,且不易过滤,水提液中橙皮苷、木香烃内酯和广藿香酮约损失了85%,故选择甲醇为提取溶剂。本实验考察了提取时间30,45,60,90 min,结果提取时间 $\geq 45$  min时,提取效果无明显差别,故提取时间选择45 min。

本实验采用UPLC建立了沉香化气丸的指纹图谱,确定了27个共有峰,归属了9个药材。采用相似度软件分析,发现相似度均 $> 0.98$ ,说明该厂家20批沉香化气丸样品的化学组成较为一致,厂家生产过程中按照处方投料,但27个共有峰的含量差异相对较大,可能是由于该厂家在不同时间内生产的样品,其中药材产地、来源有一定差异所致。结合聚类分析,PCA及OPLS-DA,将20批样品进行分类,在共有峰的数据信息中,找到不同批次间成分主要的差异标记物,为全面控制沉香化气丸的质量提供了重要参考依据。

[参考文献]

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:990.  
[2] 马丽娜,郭伟英. 毛细管气相色谱法同时测定沉香化气丸中3个成分的含量[J]. 药物分析杂志,2012,32(9):1559-1563.  
[3] 马丽娜. 沉香化气丸的质量标准研究及益心宁神片

挥发油成分的GC-MS分析[D]. 锦州:辽宁医学院,2013.

[4] 徐小娜. 中药色谱指纹图谱研究及化学计量学方法的应用[D]. 长沙:中南大学,2010.  
[5] 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.  
[6] 张永志,佟玲,李东翔,等. 藿香正气滴丸UFLC指纹图谱研究[J]. 中草药,2015,46(15):2246-2250.  
[7] CHENG Y, CHEN M, TONG W. An approach to comparative analysis of chromatographic fingerprints for assuring the quality of botanical drugs[J]. J Chem Inf Comp Sci,2003,43(3):1068-1076.  
[8] Jong S D. SIMPLS: an alternative approach to partial least squares regression[J]. Chemometr Intell Lab, 1993,18(3):251-263.  
[9] 张倩,霍会霞,顾宇凡,等. 沉香药材HPLC-DAD特征图谱研究[J]. 中国药学杂志,2015,50(3):213-216.  
[10] 胡律江,胡志方,王小平,等. 江西建昌帮炒熟地黄的HPLC指纹图谱[J]. 中国实验方剂学杂志,2015,21(23):33-36.  
[11] 郭念欣,李颖春,谢伟桥,等. 广陈皮与陈皮HPLC指纹图谱的建立与鉴别[J]. 中国实验方剂学杂志,2011,17(7):90-93.  
[12] 魏清芳,王嘉林. 木香顺气丸甲醇提取物的HPLC指纹图谱[J]. 中国实验方剂学杂志,2011,17(8):110-115.

[责任编辑 刘德文]