

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2025)20-0048-05
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2025.20.011



十味疏风通窍颗粒化学成分鉴定*

陈金锋¹, 李倩倩², 周超²

(1. 安徽省六安市中医院, 安徽 六安 230000; 2. 沃特世科技 < 北京 > 有限公司, 北京 100176)

摘要:目的 鉴定十味疏风通窍颗粒的主要化学成分, 并进行成分的药味归属及分类。方法 采用超高效液相色谱-四极杆-飞行时间串联质谱(UPLC-Q-TOF/MS^E)法鉴定化学成分。色谱条件, 色谱柱为 Waters ACQUITY UPLC HSS T3 柱(100 mm×2.1 mm, 1.8 μm), 流动相为 0.1% 甲酸水溶液-乙腈(梯度洗脱), 流速为 0.3 mL/min, 柱温为 40 °C, 进样量为 1 μL; 质谱条件, 电喷雾离子源, 正负离子扫描。基于 UNIFI 中药数据库和复方药味组成建立复方专属数据库, 应用 UNIFI 软件进行自动筛查, 并利用全球天然产物分子网络系统(GNPS)对化学成分进行分类、鉴定, 碎片离子匹配, 对各化学成分药味进行归属。采用 Progenesis Q1 液质联用数据分析软件提取色谱峰特征, 结合化学成分理论精确质量数、二级碎片、保留时间等信息进行人工识别和确认。结果 共鉴定出 160 个化学成分, 包括黄酮类 45 个, 皂苷类 27 个, 香豆素类 19 个, 有机酸类 13 个, 有机氧化物 10 个, 呋喃类 8 个, 糖类 4 个, 木质素类、生物碱类各 3 个, 内酯类、脂肪酸类各 2 个, 以及其他类 24 个。其中, 黄酮类主要来自甘草、薄荷、金银花、黄芪、细辛等, 皂苷类主要来自金银花、黄芪、甘草, 香豆素类主要来自白芷、川芎, 有机酸类主要来自苍耳子、黄芪、金银花。结论 该研究结果较全面地反映了十味疏风通窍颗粒中具有药理活性的化学成分和各个药材的特征性成分, 可为该制剂中化学成分的快速鉴定及质量控制提供参考。

关键词: 十味疏风通窍颗粒; 超高效液相色谱-四极杆-飞行时间质谱法; UNIFI 数据库; 成分鉴定; 药味归属; 成分分类

Identification of Chemical Constituents in Shiwei Shufeng Tongqiao Granules

CHEN Jinfeng¹, LI Qianqian², ZHOU Chao²

(1. Lu'an Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lu'an, Anhui, China 230000; 2. Waters Technology < Beijing > Co., Ltd., Beijing, China 100176)

Abstract: Objective To identify the main chemical constituents of Shiwei Shufeng Tongqiao Granules, and to carry out herbal flavor ascription and classification of the chemical constituents. **Methods** Ultra performance liquid chromatography - quadrupole - time - of - flight tandem mass spectrometry (UPLC - Q - TOF / MS^E) was used to identify the chemical constituents. For chromatographic conditions: the column was Waters ACQUITY UPLC HSS T3 column (100 mm × 2.1 mm, 1.8 μm), the mobile phase was 0.1% formic acid aqueous solution - acetonitrile (gradient elution), the flow rate was 0.3 mL / min, the column temperature was 40 °C, the injection volume was 1 μL. For mass spectrometry conditions: electrospray ionization (ESI) source was used, with positive and negative ion scanning modes. A compound - specific database was established based on the UNIFI Traditional Chinese Medicine Database and the herbal flavor of the compound formula. Then, UNIFI software was used for automatic screening, and the Global Natural Products Social Molecular Networking (GNPS) was applied for chemical constituents classification, identification, and fragment ion matching, as well as herbal flavor ascription of different chemical constituents. Progenesis Q1 LC - MS data analysis software was used to extract chromatographic peak characteristics, and manual identification and confirmation were performed by combining information such as the theoretical exact mass of chemical constituents, secondary fragments, and retention time. **Results** A total of 160 chemical constituents were identified, including 45 flavonoids, 27 saponins, 19 coumarins, 13 organic acids, 10 organic oxides, 8 furans, 4 saccharides, 3 lignans and alkaloids, respectively, 2 lactones and fatty acids, respectively, and 24 others. Among them, flavonoids were mainly derived from Glycyrrhizae Radix et Rhizoma, Menthae Haplocalycis Herba, Lonicerae Japonicae Flos, Astragali Radix, and Asari Radix et Rhizoma; saponins were mainly derived from Lonicerae Japonicae Flos, Astragali Radix, and Glycyrrhizae Radix et Rhizoma; coumarins were mainly derived from Angelicae Dahuricae Radix and Chuanxiong Rhizoma; organic acids were mainly derived from Xanthii Fructus, Astragali Radix, and Lonicerae Japonicae Flos. **Conclusion** The results of this study can comprehensively reflect the pharmacologically active chemical constituents and the characteristic components of each herbal medicine in Shiwei Shufeng Tongqiao Granules, which provides a reference for the rapid identification of chemical constituents and quality control of this preparation.

Key words: Shiwei Shufeng Tongqiao Granules; UPLC - Q - TOF / MS^E; UNIFI database; constituent identification; herbal flavor ascription; constituent classification

十味疏风通窍颗粒为六安市中医院名老中医根据 鼻 - 鼻窦炎、过敏性鼻炎的病理特点, 结合多年的临床

*基金项目: 安徽省高校科研项目[2024AH050953]。

第一作者: 陈金锋, 男, 硕士, 副主任药师, 研究方向为中药新药及其质量控制, (电子邮箱)cjfszl2008@163.com。

诊治经验并按中医辨证论治原则总结而来,临床应用效果良好^[1]。该方由黄芪、金银花、白芷、细辛、龙胆草、川芎、苍耳子、甘草、辛夷、薄荷 10 味药组成,有疏风通窍、祛湿止痛、补脾益气、清热排脓、活血疏肝等功效,主治肺经风热、肺脾气虚型急慢性鼻 - 鼻窦炎^[2]。但目前对该方的研究主要集中在临床应用及质量标准优化方面^[3],尚未涉及其化学成分细分。液相色谱 - 质谱联用技术在化合物的定性分析领域至关重要,其中超高效液相色谱 - 四极杆 - 飞行时间串联质谱(UPLC - Q - TOF/MS^E)是最常用技术,具有扫描速度快、灵敏度高和重复性好的特点,不仅能精确测定化学成分母离子的分子量,还能通过碎片离子的精确分子量提供化学成分的结构信息,为其鉴定提供强有力的支持。UNIFI 中药数据库信息学平台是由 Waters 公司研发,集数据采集、数据挖掘、数据库匹配和报告生成于一身,包含 600 多味中药和 17 000 多种化学成分信息,可通过软件自动进行峰提取、加合离子识别等数据处理过程,然后与数据库相应信息匹配,最终通过预设方法给出所鉴定化学成分的详细信息,并按数据库药味信息进行成分归属^[4]。该平台广泛应用于中药物质基础的快速筛查与鉴定^[5-7]。基于此,本研究中采用 UPLC - Q - TOF/MS^E法并结合 UNIFI 中药数据库信息学平台,通过准确相对分子质量、碎片离子信息、裂解规律、化合物保留行为以及对照品比对等方式,对十味疏风通窍颗粒中的主要化学成分进行定性鉴定并对成分进行了药味归属,以期为该方后续临床应用、质量控制及新药研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

仪器:采用 Waters ACQUITY Premier UPLC 系统(配备二元溶剂管理器 and 进样系统),Xevo G3 高分辨率质谱仪,含 MassLynx 4.2 数据采集软件(美国 Waters 公司);XSR105/AC 型电子分析天平(瑞士 Mettler Toledo 公司,精度为 0.01 mg);KQ - 5200 DA 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)。

试剂:十味疏风通窍颗粒(六安市中医院制剂中心,批号为 20240314);乙腈、甲醇、甲酸均为 LC - MS 级,水为纯化水。

1.2 方法

1.2.1 试验条件

色谱条件:色谱柱为 Waters ACQUITY UPLC HSS T3 柱(100 mm × 2.1 mm, 1.8 μm);流动相为 0.1% 甲酸水溶液(A) - 乙腈(B),梯度洗脱(洗脱程序见表 1);流速为 0.3 mL/min;柱温为 40 °C;样本室温度为 10 °C;进样量为 1 μL。

表 1 梯度洗脱程序

Tab. 1 Gradient elution program

<i>t</i> (min)	B(%)	<i>t</i> (min)	B(%)	<i>t</i> (min)	B(%)
0 ~ 1	2	14 ~ 25	30 → 100	28 ~ 28.1	100 → 2
1 ~ 14	2 → 30	25 ~ 28	100	28.1 ~ 30	2

质谱条件:采用电喷雾离子源(ESI),选择正、负离子模式。以氮气为雾化气和锥孔气,离子源温度为 120 °C,锥孔气流量为 50 L/h,脱溶剂气温度为 450 °C,脱溶剂气流速为 800 L/h,样品锥孔电压为 40 V,萃取锥孔电压为 80 V,毛细管电压为 3.0/2.5 kV(正/负离子模式),扫描时间为 0.2 s,相对分子质量质荷比(*m/z*) 50 ~ 1 200,碰撞能为 20 ~ 45 eV,锁定质量数(亮氨酸脑啡肽)为 556.277 1/554.262 0(正/负离子模式)。

1.2.2 供试品溶液制备

取样品内容物粉末 10 mg,精密称定,置 2 mL 容量瓶中,加入甲醇 - 水(1:1, V/V)复溶,超声(频率 40 kHz、功率 200 W)处理 30 min,放冷,摇匀,13 000 r/min 离心 10 min,分离,取上清液,经 0.22 μm 微孔滤膜过滤,取续滤液,即得。

1.2.3 成分鉴定

基于 Waters 公司 UNIFI 中药数据库和复方药味组成建立复方专属数据库,应用 UNIFI 软件进行自动筛查,利用全球天然产物分子网络(GNPS)系统对化学成分进行分类、鉴定,碎片离子匹配等工作^[8-9](UNIFI 具体参数设置如下:高、低能量强度阈值分别为 40, 300, 质量误差为 5 × 10⁻⁶)。结合化学成分理论精确质量数、二级碎片、保留时间等信息进行人工识别和确认。采用 Waters 公司 Progenesis QI 软件提取色谱峰特征^[10]。

1.2.4 系统适用性试验

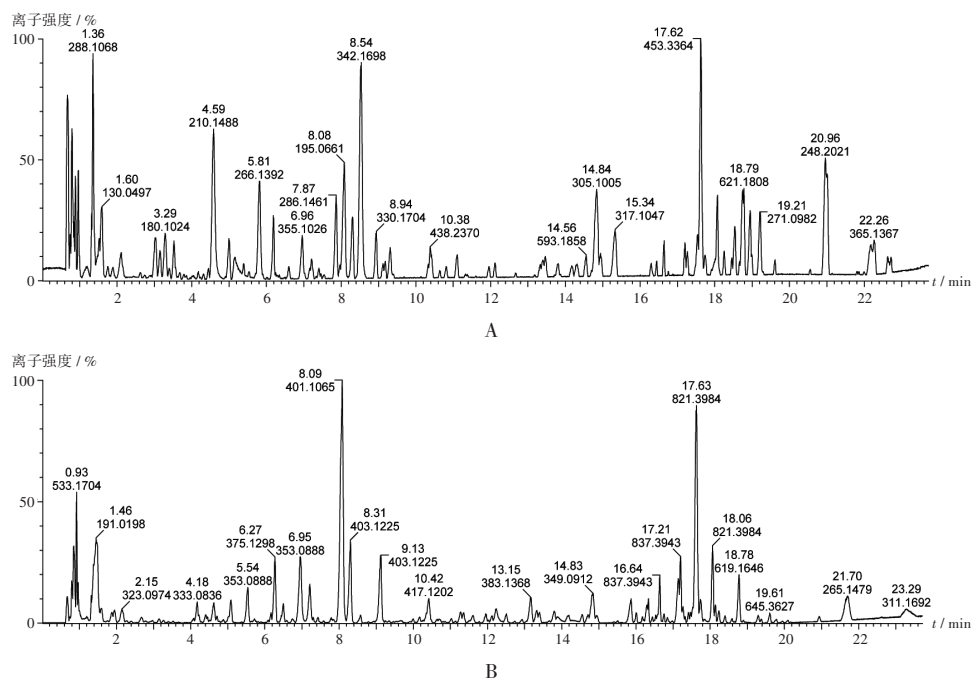
取 1.2.2 项下供试品溶液,按 1.2.1 项下试验条件进样测定,记录色谱图。十味疏风通窍颗粒的基峰色谱图分布均匀,正、负离子模式响应良好。详见图 1。

2 结果

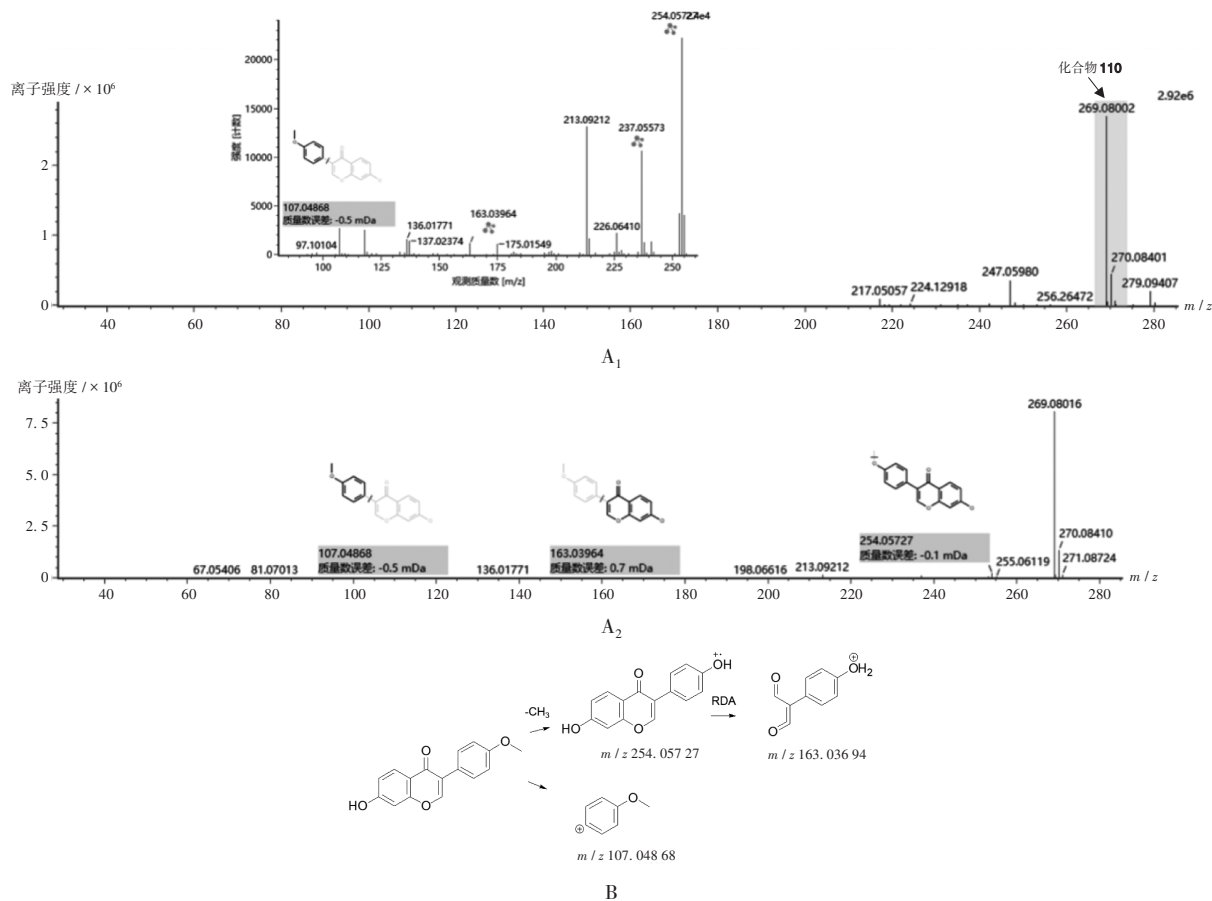
2.1 化学成分鉴定

复方专属数据库中,十味疏风通窍颗粒共 1 211 个化学成分,从中鉴定出 160 个,其中负离子模式下 107 个,正离子模式下 116 个,63 个正负离子模式下均被鉴定到。已鉴定的化学成分包括黄酮类 45 个,皂苷类 27 个,香豆素类 19 个,有机酸类 13 个,有机氧化物 10 个,呋喃类 8 个,糖类 4 个,木质素类、生物碱类各 3 个,内酯类、脂肪酸类各 2 个,以及其他类 24 个。

黄酮类成分鉴定见图 2。通过 UNIFI 中药数据库筛查,根据黄酮类化学成分的准确相对分子质量、分子式、裂解碎片归纳其裂解规律,并结合保留时间、紫外吸收等信息进一步实现化学成分的具体鉴定。以化合



A. 正离子模式 B. 负离子模式
图 1 总离子流图
A. Positive ion mode B. Negative ion mode
Fig. 1 Total ion chromatograms



A. 质谱图(A₁. 一级质谱; A₂. 二级质谱) B. 质谱裂解规律图
图 2 黄酮类成分鉴定

A. Mass spectrograms (A₁. Primary mass spectrum; A₂. Secondary mass spectrum) B. Mass spectrometry cleavage rule diagram
Fig. 2 Identification of flavonoid components

物 110 为例,由该化学成分 m/z 269. 080 02 $[M + H]^+$, m/z 291. 060 03 $[M + Na]^+$, m/z 307. 037 14 $[M + K]^+$ 确定其分子式为 $C_{16}H_{12}O_4$, 高能信号找到的碎片离子 m/z 254. 057 27 为失去 1 分子 $-CH_3$ 的碎片离子, 碎片离子 m/z 163. 036 94 和 m/z 107. 048 68 分别为苷元裂解所得碎片, 根据其特征碎片和黄酮的保留行为, 确定该化学成分为芒柄花素。

2.2 化学成分的药味归属

化合物 22(绿原酸)来自苍耳子、黄芪、川芎、金银花, 化合物 37(香豆酸)来自苍耳子、黄芪、金银花、薄荷, 等等。详见表 2。

3 讨论

预试验中复溶溶剂考察了纯甲醇、纯水和甲醇-水(1:1, V/V)。结果色谱图中 3.5~4 min 之间, 以纯甲

表 2 十味疏风通窍颗粒部分化学成分信息

Tab. 2 Information of partial chemical constituents in Shiwei Shufeng Tongqiao Granules

序号	化学成分名称		化学式	t (min)	m/z	加合物	质量误差 ($\times 10^{-6}$)	响应值	药味来源
	英文	中文							
1	<i>D</i> -(+)-sorbitol	<i>D</i> -(+)-山梨糖	$C_6H_{12}O_6$	0.79	225.061 0	+HCOO	-2.52	244 210.4	黄芪, 川芎, 白芷
2	Choline	胆碱	$C_5H_{14}NO$	0.80	104.106 8	-e	-1.87	1 538 825.4	黄芪, 川芎
3	<i>D</i> -mannuronic acid	<i>D</i> -甘露糖醛酸	$C_6H_{10}O_7$	0.85	195.051 0	-H	-0.17	1 292 090.0	甘草, 黄芪
4	1,2,4-benzenetriol	1,2,4-苯三醇	$C_6H_6O_3$	0.86	127.039 0	+H, +NH ₄	0.31	97 393.5	金银花
5	Dimethyl <i>D</i> -malate	<i>D</i> -苹果酸二甲酯	$C_8H_{10}O_5$	0.88	161.046 2	-H	4.01	60 201.1	川芎
6	Tartaric acid	酒石酸	$C_4H_6O_6$	0.91	149.008 6	-H	-3.67	142 641.1	苍耳子
7	Glycogen	麦芽四糖	$C_{24}H_{42}O_{21}$	0.93	711.222 0	+HCOO, -H	2.69	1 436 273.9	黄芪
8	<i>L</i> -rhamnose	α - <i>L</i> -鼠李糖	$C_6H_{12}O_5$	0.95	209.067 5	+HCOO, -H	3.93	51 596.5	黄芪
9	Malic acid	苹果酸	$C_4H_6O_5$	1.01	133.014 2	-H	-0.67	523 132.5	苍耳子
10	Xanthine	黄嘌呤	$C_5H_4N_2O_2$	1.74	153.040 4	+H	-2.01	50 960.1	苍耳子
11	Uridine	尿苷	$C_9H_{12}N_2O_6$	1.88	243.062 0	-H, +HCOO	-1.04	899 621.9	黄芪
12	Uracil	尿嘧啶	$C_4H_4N_2O_2$	1.89	113.034 6	+H	0.18	317 075.5	苍耳子
13	Succinic acid	琥珀酸	$C_4H_6O_4$	1.94	117.019 5	-H	1.73	447 955.3	苍耳子, 金银花
14	Linamarin	亚麻苦苷	$C_{10}H_{17}NO_6$	2.87	246.098 6	-H, +HCOO	1.32	104 752.9	金银花
15	Butyl beta- <i>D</i> -fructopyranoside	丁基 β - <i>D</i> -吡喃果糖苷	$C_{10}H_{20}O_6$	3.53	281.125 4	+HCOO	4.33	109 273.3	细辛
16	Protocatechuic acid 3-glucoside	原儿茶酸 3-葡萄糖苷	$C_{13}H_{16}O_9$	5.08	315.071 6	-H, +HCOO	-1.70	1 485 607.0	川芎
17	5-hydroxymethylfurfural	5-羟甲基糠醛	$C_6H_6O_3$	5.16	127.039 0	+H	0.18	1 026 314.7	细辛
18	Secologanic acid	断马钱子酸	$C_{16}H_{22}O_{10}$	6.08	373.113 9	-H, +HCOO	-0.21	237 947.4	金银花
19	Loganic acid	马钱子酸	$C_{16}H_{20}O_{10}$	6.27	375.129 5	-H, +HCOO	-0.46	5 196 444.4	金银花, 龙胆草
20	Secologanoside 7-methyl ester	四乙酰开联番木鳖苷甲酯	$C_{17}H_{24}O_{11}$	6.49	405.139 2	+H, +K, +Na	0.16	236 027.8	金银花
21	Secologanoside	四乙酰开联番木鳖苷	$C_{16}H_{22}O_{11}$	6.94	389.108 4	-H	-1.39	2 246 819.0	金银花
22	Chlorogenic acid	绿原酸	$C_{16}H_{18}O_9$	6.96	353.088 8	-H, +HCOO	2.84	6 075 206.6	苍耳子, 黄芪, 川芎, 金银花
23	2-(3,4-dihydroxy-2-methylphenyl)acetic acid	2-(3,4-二羟基-2-甲基苯基)乙酸	$C_9H_{10}O_4$	7.04	181.049 9	-H, +HCOO	-3.99	103 665.8	黄芪
24	Secoxylanin	断氧化马钱苷	$C_{17}H_{24}O_{11}$	7.43	405.139 0	+H, +K, +Na	-0.34	153 538.3	金银花
25	Xanthoside	噻嗪二酮苷	$C_{17}H_{23}NO_8S$	8.00	446.113 6	+HCOO, -H	2.06	488 608.7	苍耳子
26	Acaciaside C	金合欢苷 C	$C_{24}H_{30}NO_{12}$	8.07	562.132 4	+K, +Na	0.51	105 187.9	金银花
27	Gentiopicroside	龙胆苦苷	$C_{16}H_{20}O_9$	8.08	401.108 1	+HCOO, -H	-2.17	22 426 876.1	龙胆草
28	Vogeloside	断马钱子苷半缩醛内酯	$C_{17}H_{24}O_{10}$	8.24	433.135 6	+HCOO	0.95	225 637.5	金银花
29	Loganin	马钱苷	$C_{17}H_{20}O_{10}$	8.26	435.151 4	+HCOO, -H	1.45	696 737.6	金银花
30	Sweroside	斯沃洛苷	$C_{16}H_{22}O_9$	8.30	403.124 1	+HCOO, -H	-1.29	5 800 643.1	金银花, 龙胆草
31	Methyl 2-furoate	2-糠酸甲酯	$C_6H_8O_3$	8.30	127.039 1	+H	0.81	92 810.8	川芎
32	Riboflavin	核黄素	$C_{17}H_{20}N_4O_6$	8.36	377.145 5	+H	-0.18	56 067.6	黄芪
33	Magnoflorine	木兰碱	$C_{20}H_{34}NO_4$	8.53	342.168 9	-e	-3.25	7 809 016.5	辛夷
34	3- <i>O</i> -caffeoylquinic acid methyl ester	3- <i>O</i> -咖啡酰奎宁酸甲酯	$C_{17}H_{20}O_9$	9.02	367.103 8	-H	0.96	228 032.8	苍耳子, 金银花
35	Sinapinic acid	芥子酸	$C_{11}H_{12}O_5$	9.12	225.076 2	+H	1.93	193 086.1	川芎
36	Scopoletin	东莨菪素	$C_{16}H_{14}O_4$	9.12	193.049 2	+H	-1.99	79 845.7	甘草, 白芷, 苍耳子
37	Coumaric acid	香豆酸	$C_9H_8O_3$	9.12	165.055 4	+H	4.51	355 700.4	苍耳子, 黄芪, 金银花, 薄荷

醇为复溶溶剂时无色谱峰,而以后两者为溶剂时有明显色谱峰。以甲醇-水(1:1, V/V)为溶剂时峰强度高于纯水(8.60×10^6 比 8.24×10^6),但色谱峰峰形差异不明显。将色谱峰数据导入Progenesis QI进行处理,结果发现甲醇-水(1:1, V/V)、纯水、纯甲醇为溶剂时,分别提取到1 468, 1 441, 1 041个特征。综合考虑,选择甲醇-水(1:1, V/V)为复溶溶剂。

从十味疏风通窍颗粒中分离鉴定出了160个化学成分,以黄酮类、皂苷类、香豆素类、有机酸类为主,其中黄酮类成分主要来自甘草、薄荷、金银花、黄芪、细辛等,其中山柰酚能减少小胶质细胞激活所介导的抗炎和氧化应激,发挥神经保护作用^[11]。同时,它还能抑制白细胞介素4和环氧合酶2的表达,从而在多种炎症模型中表现出抗炎效果^[12]。皂苷类成分主要来自金银花、黄芪、甘草,其中黄芪苷IV即黄芪甲苷可特异性和非特异性地排除侵入机体的异物,对特异性免疫和非特异性免疫均有促进作用^[13]。它能促进机体抗体的生成,使抗体形成细胞数和溶血测定值升高,并且在该制剂中含量较高,推测可能为在体内产生疗效的物质,能为后续定量分析、入血成分、药动学等方面研究起到重要作用。

UNIFI中药数据库信息平台具备强大的标签功能,即每个化合物都有对应的药味来源,因此可利用该功能对鉴定的化学成分进行药味归属。香豆素类成分主要来自白芷、川芎,其中别欧前胡素具有抗过敏作用^[14],能抑制过敏反应的发生和发展,此外,还具有抗菌、抗炎、平喘、抗肿瘤、神经保护、抗疟等多种药理作用^[15-16]。有机酸类成分主要来自苍耳子、黄芪、金银花,其中绿原酸具有显著的抗炎作用,能减轻炎症反应,缓解肿痛等症状。这一作用机制可能与绿原酸抑制炎性介质的释放有关^[17]。另外,十味疏风通窍颗粒10味组方药材中某些已知成分未在本实验中检测到,可能与ESI离子化效率有关,也可能与药材处理方法、产地、生长和采收时间、液质条件等因素相关,有待进一步研究。

综上所述,本研究中建立了分析十味疏风通窍颗粒中化学成分的UPLC-Q-TOF/MS^E法,并进行了药味归属,不仅丰富了该制剂化学成分组成信息,也为进一步阐明其药效物质基础及建立其质量控制标准提供了新的技术和方法。

参考文献

[1] 戴春光,林 腾. 2014-2016年六安市中医院医疗机构中药制剂的应用分析[J]. 中国药事,2018,32(6):810-814.
[2] 陈心明. 十味疏风通窍颗粒治疗肺经风热型难治性鼻窦炎术后的疗效观察[D]. 合肥:安徽中医药大学,2023.

[3] 王 坤,张祖亮. 十味疏风通窍颗粒的质量标准研究[J]. 海峡药学,2014,26(11):89-91.
[4] LI Z, RYENCHINDORJ L, LIU BN, et al. Chemical profiles and metabolite study of raw and processed Cistanche deserticola in rats by UPLC-Q-TOF-MS^E [J]. Chin Med, 2021, 16(1):95.
[5] ZUO TT, ZHANG CX, LI WW, et al. Offline two-dimensional liquid chromatography coupled with ion mobility-quadrupole time-of-flight mass spectrometry enabling fourdimensional separation and characterization of the multicomponents from white ginseng and red ginseng [J]. Journal of Pharmaceutical Analysis, 2020, 10(6):597-609.
[6] XU L, LIU Y, WU HF, et al. Rapid identification of chemical profile in Gandou decoction by UPLC-Q-TOF-MS^E coupled with novel informatics UNIFI platform [J]. Journal of Pharmaceutical Analysis, 2020, 10(1):35-48.
[7] QIU MY, ZHANG JQ, WEI WL, et al. Integrated UPLC/Q-TOF-MS/MS Analysis and Network Pharmacology to Reveal the Neuroprotective Mechanisms and Potential Pharmacological Ingredients of Aurantii Fructus Immaturus and Aurantii Fructus [J]. Pharmaceuticals, 2024, 17(2):239.
[8] 袁付丽,刘传鑫. UPLC-Q-TOF/MS^E结合UNIFI信息学平台快速检测与鉴别九味镇心颗粒中的化学成分[J]. 药物评价研究,2020,43(10):1997-2008.
[9] WANG MX, CARVER JJ, PHELAN VV, et al. Sharing and community curation of mass spectrometry data with Global Natural Products Social Molecular Networking [J]. Nature Biotechnology, 2016, 34(8):828-837.
[10] 赵希娟,赵无疾. 超高效液相色谱-四级杆飞行时间质谱结合Progenesis QI分析不同品种橙的指纹图谱及其差异性代谢物[J]. 中国农业科学,2018,51(13):2551-2560.
[11] 郑红丽,李广生. 山柰酚对缺血性脑损伤大鼠的神经保护作用研究[J]. 中风与神经疾病杂志,2018,35(10):919-922.
[12] 周运江,王 虎,李 丽,等. 山柰酚对脂多糖诱导的肥大细胞炎症反应的抑制作用[J]. 药科学报,2015,50(6):702-707.
[13] 马文玲,蒋晓静,胡 睿,等. 黄芪甲苷在免疫细胞方面的作用机制研究进展[J]. 中医临床研究,2022,14(15):145-148.
[14] 王 露,谢 慧,卢美迪,等. 基于网络药理学和分子对接探讨“川芎-白芷”药对治疗鼻窦炎的作用机制[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报,2022,36(3):154-164.
[15] 崔胜楠,李 玮,周智辉,等. 别欧前胡素诱导急性髓系HL-60细胞凋亡机制研究[J]. 中华实用诊断与治疗杂志,2018,38(12):1153-1156.
[16] 唐 婕,严 建. 白芷治疗溃疡性结肠炎作用机制探讨[J]. 中医药临床杂志,2023,35(5):953-960.
[17] 金贤武,张继红,黄道明. 高效液相色谱法同时测定消炎利胆胶囊中绿原酸和迷迭香酸含量[J]. 中国药业,2017, 26(10):31-34.

(收稿日期:2024-08-02;修回日期:2025-03-16)