

## UPLC-Q-TOF-MS 法鉴定玉叶金花中化学成分

李克杰<sup>1</sup>, 潘利明<sup>2</sup>, 石路德<sup>3</sup>, 王希超<sup>1</sup>, 高世杰<sup>1\*</sup>

1. 山东中医药大学 实验中心, 山东 济南 250355

2. 广东药科大学 中药学院, 广东 广州 510006

3. 济南市商河县中医院, 山东 济南 251600

**摘要:** 目的 采用高效液相色谱-四极杆-飞行时间串联质谱(UPLC-Q-TOF-MS)法鉴定玉叶金花中化学成分。方法 采用 Waters UHPLC BEH C<sub>18</sub> 色谱柱(50 mm×2.1 mm, 1.7 μm); 流动相为 0.1%甲酸水-乙腈, 梯度洗脱; 体积流量 0.40 mL/min; 柱温为 40 °C; 进样量 5 μL。电喷雾离子源(ESI)在正、负离子模式下, 采集玉叶金花 MS/MS 数据, 根据化合物的精确相对分子质量、特征碎片离子、对照品、数据库等匹配结果鉴定玉叶金花醇提取物中化学成分。结果 鉴定了玉叶金花中 35 种化学成分, 并推测了芦丁、玉叶金花苷酸甲酯、玉叶金花苷酸甲酯 R 的可能裂解途径。结论 UPLC-Q-TOF-MS 法可鉴定玉叶金花中化学成分。

**关键词:** 玉叶金花; 化学成分; 芦丁; 玉叶金花苷酸甲酯; 玉叶金花苷酸甲酯 R; UPLC-Q-TOF-MS

**中图分类号:** R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-5515(2026)06-1620-06

**DOI:** 10.7501/j.issn.1674-5515.2026.06.011

## Identification of chemical constituents in *Mesona chinensis* by UPLC-Q-TOF-MS

LI Kejie<sup>1</sup>, PAN Liming<sup>2</sup>, SHI Lude<sup>3</sup>, WANG Xichao<sup>1</sup>, GAO Shijie<sup>1</sup>

1. Experimental Center of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China

2. Guangdong Pharmaceutical University, Chinese Medicine College, Guangzhou 510006, China

3. Shanghe County Hospital of Traditional Chinese Medicine, Jinan 251600, China

**Abstract: Objective** To identify chemical constituents in *Mesona chinensis* by UPLC-Q-TOF-MS method. **Methods** Waters UHPLC BEH C<sub>18</sub> chromatographic column (50 mm × 2.1 mm, 1.7 μm) was used. The mobile phase was 0.1% formic acid water-acetonitrile, with gradient elution. Volume flow rate was 0.40 mL/min, the column temperature was 40 °C, and the injection volume was 5 μL. The electrospray ion source (ESI) was collected in the positive and negative ion modes, and the chemical components in the *M. chinensis* alcohol extract were identified based on the precise molecular weight, characteristic fragment ions, reference standards, databases, etc. **Results** 35 Chemical components were identified in *M. chinensis*, and the possible fragmentation pathways of rutin, mussaendoside, and mussaendoside R were speculated. **Conclusion** UPLC-Q-TOF-MS method can be used to identify chemical constituents in *M. chinensis*.

**Key words:** *Mussaenda pubescens* Ait. f.; constituent; rutin; mussaendoside; mussaendoside R; UPLC-Q-TOF-MS

玉叶金花为茜草科玉叶金花属玉叶金花 *Mussaenda pubescens* Ait. f. 的干燥茎、根, 又被称为野白纸扇、良口茶。用玉叶金花和金银花、罗汉果等制成的玉叶金花茶具有一定的清热解暑功效。玉叶金花中只发现了一些萜类、皂苷类成分<sup>[1-3]</sup>, 其粗提物和各种单体成分具有抗炎、抗菌、抗病毒和抗

生育等生物活性<sup>[4]</sup>。目前液质联用技术的发展使其在快速分析鉴定中药中化学成分方面表现出明显优势。本研究采用超高效液相色谱-四级杆-飞行时间质谱技术(UPLC-Q-TOF-MS)鉴定玉叶金花中化学成分, 对玉叶金花明确药效物质基础、质量控制标准的建立具有重要意义。

收稿日期: 2026-01-21

基金项目: 国家中药材产业技术体系专项资金资助项目(CARS-21); 全国中药特色技术传承人才培养资助项目(T20194828003); 山东省教育发展研究微课题(FJ240); 山东省青年基金(ZR2023QB179)

作者简介: 李克杰(1996—), 男, 山东济南人, 讲师, 硕士, 从事中药资源开发与品质评价研究。E-mail: 18363061855@163.com

\*通信作者: 高世杰(1977—), 男, 山东潍坊人, 高级实验师, 博士, 从事中药资源与中药药理等研究工作。E-mail: gsj77@126.com

## 1 材料与仪器

玉叶金花样品购自广东药科大学附属第一医院(批号 160501),经广东药科大学中药学院刘基柱副教授鉴定,为茜草科玉叶金花 *Mussaenda pubescens* Ait. f.

栀子苷(批号 2791-201608)、异槲皮苷(批号 1030-202002)、芦丁(批号 7896-201703)、紫云英苷(批号 1001-202309)、麝香草苷(批号 1710-202101)对照品均购自中国食品药品检定研究院。脑啡肽(批号 L9133-50MG,质量分数 $\geq 95\%$ )。玉叶金花苷酸甲酯、玉叶金花苷酸甲酯 R 为实验室制备,质量分数 $> 95\%$ 。质谱级醋酸铵(上海阿拉丁生化科技股份有限公司);乙腈为色谱级(上海默克公司)和超纯水,其他试剂为分析纯。

ACQUITY 超高效液相色谱系统(美国 Waters 公司),包括二元溶剂管理器、在线真空脱气机、自动进样器管理器和恒温控制箱。KH-500DE 型超声波清洗器(昆山禾创超声仪器有限公司);BT125D 电子天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司];STP FA2004 电子天平(上海上平仪器有限公司)。

## 2 方法与结果

### 2.1 色谱条件

Waters UHPLC BEH C<sub>18</sub> 色谱柱(50 mm $\times$ 2.1 mm, 1.7  $\mu$ m);流动相为 0.1%甲酸水(A)-乙腈(B),梯度洗脱(0~3 min, 5%~13% B; 3~10 min, 13%~30% B; 10~15 min, 30%~45% B; 15~28 min, 45%~95% B; 28~29 min, 95%~100% B);体积流量 0.40 mL/min;柱温为 40  $^{\circ}$ C;进样量 5  $\mu$ L。

### 2.2 质谱条件

采用 TOF MS-IDA-MS/MS 模式,正负离子检测方式,雾化器和辅助气体为高纯氮气,碰撞气体为氩气。脱溶剂氮气流速为 600 L/h,锥孔反吹氮气流速为 60 L/h,质谱仪毛细管电压正负离子模式分别为 3、3.5 kv,样品锥孔电压和萃取锥孔分别为 30、2 V,脱溶剂温度和离子源温度分别为 350、100  $^{\circ}$ C。扫描质量范围  $m/z$  100~1 500,采用 Lockmass 通路对实验数据进行采集并实时校正,Lockmass 对照品溶液为脑啡肽(10 mg/L),保证质量的准确性和可重复性。

### 2.3 对照品溶液的制备

取适量栀子苷、异槲皮苷、芦丁、紫云英苷、麝香草苷对照品于 10 mL 量瓶中,加入色谱甲醇溶

解并加至刻度,制成 1.00 mg/mL 对照品溶液,用 0.22  $\mu$ m 有机微孔滤膜滤过,备用。

### 2.4 样品溶液的制备

取玉叶金花药材适量,粉碎后过 4 号筛(60 目),精密称取 0.5 g,用 80%乙醇回流加热提取两次,每次 2 h,料液比为 1:8。将滤液合并浓缩,然后以 12 000 r/min 离心 15 min,吸取上清液,0.22  $\mu$ m 滤膜滤过,即得。

### 2.5 数据分析

通过 MassLynx 4.1 软件进行处理,计算出所有可能的分子式,各质谱峰的相对误差小于 5。最后这些化合物通过他们的分子式、MS、MS/MS 谱在数据库中 SciFinder、chemspider、massbank 检索识别,推测它的基本结构。

### 2.6 鉴定结果

在 32 min 内,玉叶金花样品中的化学成分得到了良好的分离 35 个色谱峰都可以鉴定,其总离子流图见图 1。35 个峰的质谱数据和特征快速质谱离子被检索识别,见表 1。峰 17、26、29、32、39、40 未被鉴别。

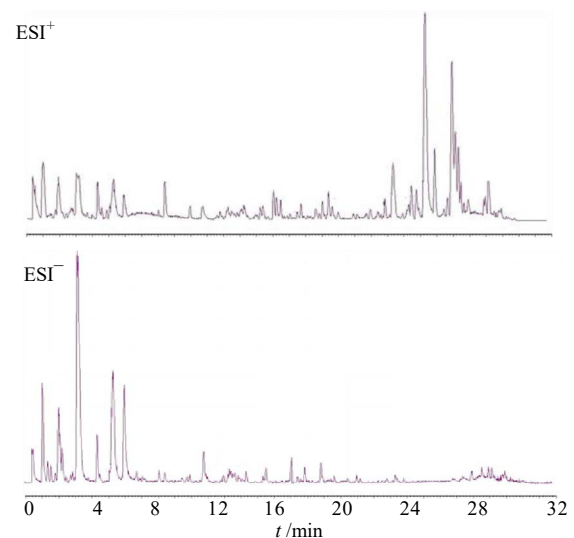


图 1 在正负离子模式下玉叶金花的总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatograms of *Mussaenda pubescens* in positive ion mode and negative ion mode

### 2.7 裂解途径

化合物 4 根据 MS、MS/MS 谱图数据库和芦丁对照品比较,确定为芦丁。分别在正、负离子模式下检测到离子  $[M+H]^+$ 、 $[M-H]^-$ ,分别为  $m/z$  611.161 5、609.143 7,与数据库中进行匹配,分别

表 1 玉叶金花中化学成分的 UPLC-Q-TOF-MS 法鉴定  
Table 1 UPLC-Q-TOF-MS analysis of chemical constituents in *M. pubescens*

编号	<i>t<sub>R</sub></i> /min	离子	<i>M<sub>r</sub></i>	误差	碎片离子 <i>m/z</i>	成分	类型
1	1.04	[M+H] <sup>+</sup>	247.116 9	-5.3	247, 229, 211, 197, 183, 165, 127, 113	2,2-二甲基-1,3-二氧杂环戊烷-	有机酯
	1.06	[M-H] <sup>-</sup>	245.101 4	-4.5	245, 227, 213, 195, 121, 112	4,5-二甲酸二乙酯	
2	1.87	[M+H] <sup>+</sup>	389.145 0	0.5	389, 371, 355, 321, 392, 245, 227, 211,	梔子苷	黄酮
					209, 191, 163, 139		
	1.92	[M-H] <sup>-</sup>	405.137 8	-4.7	353, 311, 289, 261, 246, 215, 191, 174,		
					146, 121		
3	3.21	[M+H] <sup>+</sup>	391.160 5	0.3	408, 391, 373, 369, 341, 229, 211, 193,	麝香草苷	环烯醚 萜苷
					179, 135		
	3.25	[M-H] <sup>-</sup>	389.154 2	1.0	435, 423, 389, 351, 295, 240, 190		
4	4.26	[M+H] <sup>+</sup>	611.161 5	0.5	611, 465, 303, 141	芦丁	黄酮
	4.25	[M-H] <sup>-</sup>	609.143 7	-3.1	609, 509, 479, 463, 435, 357		
5	4.82	[M+H] <sup>+</sup>	465.102 6	-1.5	465, 408, 373, 303, 229, 197, 179	异槲皮苷	黄酮
	4.81	[M-H] <sup>-</sup>	463.088 1	0.9	463, 433, 357, 310, 174		
6	5.13	[M+H] <sup>+</sup>	595.166 0	-0.5	595, 518, 499, 482, 449, 369, 287, 229, 179	山柰酚-3- <i>O</i> -芸香苷	黄酮
	5.14	[M-H] <sup>-</sup>	593.150 5	-0.2	593, 515, 435, 373, 174		
7	5.38	[M+H] <sup>+</sup>	449.110 6	4.9	449, 434, 408, 375, 337, 312, 307, 287,	紫云英苷	黄酮
					229, 223, 177, 141		
	5.37	[M-H] <sup>-</sup>	447.094 3	0.7	447, 435, 405, 373, 353, 320, 262, 174		
8	5.86	[M+H] <sup>+</sup>	517.143 4	-0.6	517, 499, 450, 408, 373, 337, 307, 241,	根皮素-4- <i>O</i> -葡萄糖苷酸	黄酮
					229, 211, 179, 163, 141		
	5.85	[M-H] <sup>-</sup>	515.117 7	-2.5	515, 489, 435, 387, 353, 316, 260, 190, 174		
9	8.41	[M+H] <sup>+</sup>	711.352 5	-1.1	711, 582, 517, 499, 408, 373, 229, 221,	3 $\alpha$ - <i>O</i> -乙酰基-11 $\alpha$ -羟基- $\beta$ -乳 香酸	有机酯
					193, 179, 163		
	8.39	[M-H] <sup>-</sup>	709.336 1	-2.3	709, 535, 515, 449, 271, 174, 146		
10	9.86	[M+H] <sup>+</sup>	192.136 8	-2.0	192	3-(四氢呋喃-2-基)-2,4-二甲基 吡啶	生物碱
11	10.64	[M+H] <sup>+</sup>	827.445 9	3.6	844, 827, 762, 711, 682, 611, 600, 503,	麝香葡萄糖苷 V/K	环烯醚 萜苷
					485, 467, 325, 291		
	10.64	[M+COO] <sup>-</sup>	871.435 9	3.7	871, 709, 577, 515, 362, 329, 190		
12	11.78	[M+H] <sup>+</sup>	941.511 1	0.1	959, 941, 892, 828, 779, 746, 709, 690,	ecdysoside G	环烯醚 萜苷
					617, 584, 471, 439, 325, 309, 293, 182, 141, 111		
	11.87	[M-H] <sup>-</sup>	939.498 3	3.2	939, 855, 809, 702, 663, 515, 501, 388, 329, 304, 174		
13	12.23	[M+H <sub>2</sub> O] <sup>+</sup>	813.459 8	-4.7	811, 682, 582, 503, 485, 378, 332, 300, 207	mussaendoside R	环烯醚 萜苷
	12.24	[M-H] <sup>-</sup>	795.455 1	2.5	793, 709, 663, 631, 515, 362, 329, 174		
14	13.04	[M+H] <sup>+</sup>	1 344.697 8	1.9	1361, 1344, 1199, 1037, 941, 874, 779,	mussaendoside G	环烯醚 萜苷
					681, 566, 471, 291, 275		
	13.05	[M-H] <sup>-</sup>	1 388.679 3	-4.2	1394, 863, 793, 589, 549, 515, 503, 435, 362, 311, 231, 190, 174		

表1 (续)

编号	<i>t<sub>R</sub></i> /min	离子	<i>M<sub>r</sub></i>	误差	碎片离子 <i>m/z</i>	成分	类型
15	13.21	[M+H] <sup>+</sup>	1 506.750 7	1.8	1 523, 1 506, 1 377, 1 054, 1 036, 952, 944, 890, 874, 795, 728, 681, 566, 503, 471, 453, 328, 309, 291, 275, 182	mussaendoside U	环烯醚 萜苷
	13.24	[M-H] <sup>-</sup>	1 550.733 0	-3.2	1 550, 1 420, 1 242, 1 199, 863, 825, 793, 709, 547, 515, 355, 311, 174		
16	14.19	[M+H] <sup>+</sup>	1 198.640 3	2.5	1 198, 1 118, 1 036, 964, 890, 728, 687, 627, 618, 610, 600, 566, 548, 471, 309, 295, 275, 241, 195, 182, 147	mussaendoside Q	环烯醚 萜苷
	14.38	[M-H] <sup>-</sup>	1 242.627 6	0.4	1 242, 1 227, 1 096, 993, 759, 573, 515, 357, 311, 293, 188, 174		
17	14.51	[M+H] <sup>+</sup>	1 199.668 0	8.6	1 199, 1 182, 1 036, 890, 874, 728, 618, 566, 471, 330, 309, 295, 277, 182		
	14.43	[M-H] <sup>-</sup>	1 226.646 0	1.0	1 226, 907, 807, 669, 515, 309, 174		
18	15.12	[M+H] <sup>+</sup>	432.237 5	-2.5	432, 415, 397, 387, 351, 330, 295, 277, 200, 182, 141	stemona-amine E	生物碱
19	15.21	[M+H] <sup>+</sup>	415.211 4	-1.7	415, 385, 351, 297, 274, 200, 182, 141	3β,16α-二羟基-17α-甲基-17β-羟基雄甾-4-烯-3,16-二酮	其他
20	15.43	[M+H] <sup>+</sup>	453.336 9	0.0	453, 439, 397, 367, 351, 318, 299, 295, 277, 253, 200, 182, 141	齐墩醇	其他
21	16.09	[M+H] <sup>+</sup>	406.222 1	-2.2	406, 360, 353, 293, 200, 182, 141	stemokerrine-N-oxide	生物碱
22	16.42	[M+H] <sup>+</sup>	694.402 6	0.4	694, 677, 659, 574, 555, 515, 497, 412, 353, 335, 261, 182, 141	姜糖脂 A	有机酯
23	16.71	[M+H] <sup>+</sup>	277.215 6	-4.3	277, 259, 207, 196, 182, 154, 141, 131	13-羟基十八烷-9,11,15-三烯酸	其他
	16.79	[M-H] <sup>-</sup>	293.213 1	4.8	293, 277, 231, 190, 174, 146, 130		
24	17.58	[M+H] <sup>+</sup>	279.231 2	-4.3	279, 261, 243, 223, 209, 200, 197, 184, 110	8-氧代十八烷-9-烯酸	其他
	17.81	[M-H] <sup>-</sup>	295.228 1	2.7	295, 277, 231, 206, 174, 162, 146, 130, 102		
25	18.02	[M+H] <sup>+</sup>	295.226 6	-2.4	295, 277, 216, 179, 110,	10-羟基-13-氧代-11-甲基二十碳-10,13-二烯-1-羧酸	其他
26	18.37	[M+H] <sup>+</sup>	496.338 1	-1.2	496, 454, 417, 355, 322, 295, 277, 200, 182, 141, 110		
27	18.61	[M+H] <sup>+</sup>	302.305 6	-1.0	302, 279, 205, 182, 149	鞘氨醇	其他
28	18.89	[M+H] <sup>+</sup>	393.249 5	1.8	393, 279, 263, 200, 182, 141, 110	3-O-β-D-吡喃葡萄糖基-α-L-吡喃阿拉伯糖苷	其他
29	20.85	[M+H] <sup>+</sup>	1 213.510 1	-2.1	1 213, 982, 914, 880, 740, 607, 474, 304, 237, 200, 182, 154, 141, 110		
30	21.38	[M+H] <sup>+</sup>	457.370 2	4.4	457, 439, 411, 352, 333, 259, 191, 182, 110	meliastatin 1	其他
31	21.79	[M+H] <sup>+</sup>	256.263 1	1.6	256, 227, 200, 182, 141	29N,N-二乙基十二烷酰胺	生物碱
32	22.41	[M+H] <sup>+</sup>	398.368 7	5.0	398, 364, 323, 277, 182, 110	—	
	22.35	[M-H] <sup>-</sup>	442.359 2	6.0	442, 351, 187, 174		
33	23.36	[M+H] <sup>+</sup>	412.355 4	0.2	412, 396, 341, 325, 284, 256, 200, 182, 154	双(2-乙基己基)壬二酸酯	有机酯

表 1 (续)

编号	$t_R/min$	离子	$M_r$	误差	碎片离子 $m/z$	成分	类型
34	23.41	$[M+H]^+$	593.272 0	1.9	593, 567, 467, 374, 341, 284, 256, 182	2-甲基-3-羟基-3-苯基-1-咪喃基-四氢咪喃-1-羧酸酯	有机酯
35	23.58	$[M+H]^+$	635.286 1	0.8	635, 593, 426, 393, 356, 284, 270, 182, 144	scortechinone N/p	有机酯
36	24.23	$[M+H]^+$	567.572 6	1.8	567, 284	二(十八烷基)碳酸酯	有机酯
37	24.84	$[M+H]^+$	346.311 0	0.0	346, 284	buxomegine(20S)-20-二甲基氨基孕烯-3 $\beta$ -醇	有机酯
38	26.15	$[M+H]^+$	623.633 3	-1.4	623, 312	二(二十烷基)碳酸酯	有机酯
39	26.15	$[M+H]^+$	621.297 5	-4.8	621, 312	—	—
40	26.39	$[M+H]^+$	675.662 7	-4.1	675, 338	—	—
41	26.96	$[M+H-CO]^+$	954.596 6	5.2	954, 758, 613, 551, 429, 397, 284, 144	齐墩果酸 3-O- $\beta$ -D-葡吡喃糖基	有机酯
	27.98	$[M-H]^-$	981.583 6	5.0	981, 804, 695, 621, 515, 435, 341, 229	(1 $\rightarrow$ 2)- $\alpha$ -L-吡喃阿拉伯糖苷	

“—” 未被鉴定。

“—” not be identified.

为  $C_{27}H_{31}O_{16}$ 、 $C_{27}H_{29}O_{16}$ ，因此，它的分子式为  $C_{27}H_{30}O_{16}$ 。在二级色谱数据中，主要特征碎片为  $m/z$  611、465、303。根据元素分析，负离子模式中  $m/z$  611 的分子失去鼠李糖，可归属为  $m/z$  465 的苷元。相对分子质量为 465，失去葡萄糖，得到相对分子质量为 303 的离子。与对照品的保留行为一致。见图 2。

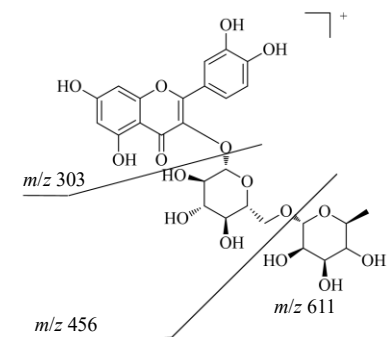


图 2 芦丁的可能裂解途径

Fig. 2 Possible fragmentation pathway of rutin

化合物 3 是一种环烯醚萜苷元，鉴定为玉叶金花苷酸甲酯，主要有脱水和内酯环开裂两种途径。它的准确数据是  $m/z$  391.160 5  $[M+H]^+$  和  $m/z$  389.154 2  $[M-H]^-$ ，分子式为  $C_{17}H_{26}O_{10}$ 。在串联质谱中，主要特征碎片  $[M+H_2O]^+$  的相对分子质量为 408，可以通过失去  $H_2O$  和  $2H_2O$  成为苷元，得到  $m/z$  391、373， $m/z$  229、221、179 是由丢失了葡萄糖、 $H_2O$  和  $^2O$  的  $m/z$  391 分裂而来的，数据与对照品相同。见图 3。

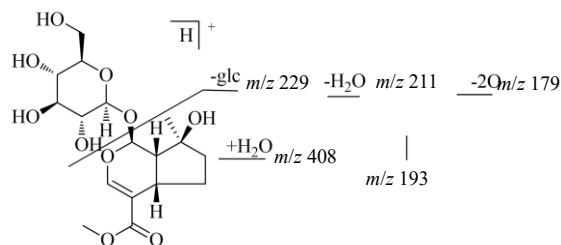


图 3 玉叶金花苷酸甲酯的可能裂解途径

Fig. 3 Possible fragmentation pathway of mussaenoside

化合物 13 的  $[M+H_2O]^+$  离子与  $[M-H]^-$  数据分别为  $m/z$  813.4558、795.455 1，分子式是  $C_{42}H_{68}O_{14}$ 。在 MS/MS 质谱中，主要特征碎片  $m/z$  813 通过失去葡萄糖和  $C_4H_8O_3$  不断裂解为  $m/z$  617、690。离子  $m/z$  617、585 通过从  $m/z$  690 失去  $C_2HO_3$ 、 $CH_4O$  产生，而离子  $m/z$  309 是由环的开裂产生的。其质谱裂解途径见图 4。化合物 13 确定为玉叶金花苷酸甲酯 R。数据与对照品数据相符。

### 3 讨论

本实验通过 UPLC-Q-TOF-MS/MS 技术建立玉叶金花正、负离子模式下的化学成分谱，共鉴定出 35 个化学成分，其中槲子苷、异槲皮苷、芦丁、紫云英苷、麝香草苷、齐墩醇、鞘氨醇 7 种化学成分经过对照品比对，其他成分为结合相关文献分析得到。41 个成分包括黄酮类成分 7 个，生物碱类成分 4 个，环烯醚萜苷类成分 7 个，有机酯化合物成分 10 个，其他类成分 8 个。黄酮类成分在 MS 裂解过程中主要丢失中性的 CO 和  $H_2O$ 。生物碱类成分分

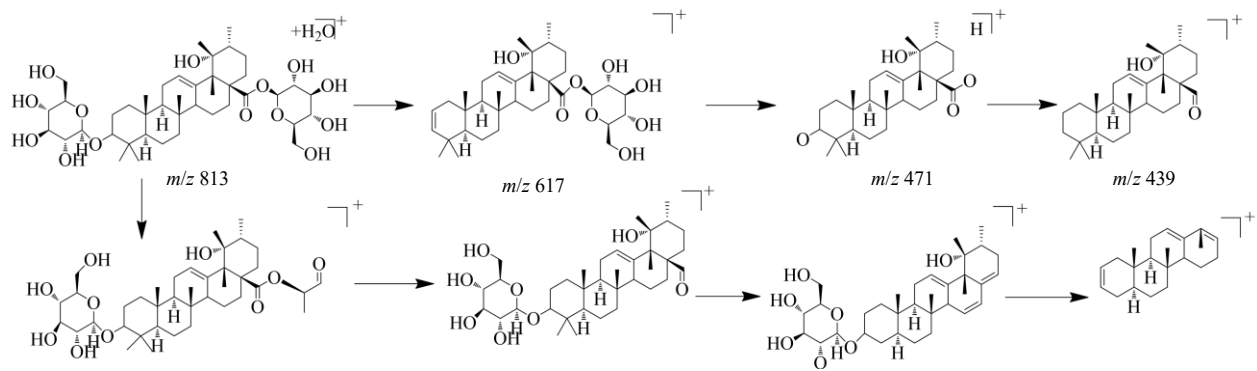


图 4 玉叶金花苷酸甲酯 R 的可能裂解途径

Fig. 4 Possible fragmentation pathway of mussaendoside R

子结构紧密, 不易裂解, 在 MS 裂解过程一般发生在侧链或取代基上。环烯醚萜苷类化合物则更多的是脱掉糖基。有机酯化合物成分在 MS 裂解过程中主要脱掉 H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>、CO 等碎片离子。结果表明在玉叶金花中包括了环烯醚萜苷、生物碱、黄酮、有机酯化合物等化合物。检索中发现在正负离子模式下的检测物质类别表现出不同的 MS/MS 裂解途径。

玉叶金花功效为清热解毒、消肿祛湿、抗胆碱、保肝<sup>[5-7]</sup>。现代药理研究发现玉叶金花中的芦丁、栀子苷、紫云英苷等黄酮类成分具有抗炎活性<sup>[8]</sup>, 玉叶金花苷酸甲酯 R、G、Q、U 对促炎因子 mRNA 相对含量具有一定的调节作用, 均有体外抗炎活性<sup>[9]</sup>。

本实验通过采用 UPLC-Q-TOF-MS 法比较全面地分析鉴定了玉叶金花药材中存在的 41 种化学成分, 该研究为玉叶金花进一步分离鉴定、药理活性等研究提供了研究基础。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

[1] Zhao W M, Yang G J, Xu R S, *et al.* New Saponins from *Mussaenda pubescens* [J]. *Nat Prod Lett*, 1996, 8(2): 119-126.

- [2] Xu R, Zhao W, Xu J, *et al.* Studies on bioactive saponins from Chinese medicinal plants [J]. *Adv Exp Med Biol*, 1996, 404: 371-382.
- [3] Zhao W, Xu R, Qin G, *et al.* New triterpenoid saponins from *Mussaenda pubescens* [J]. *J Nat Prod*, 1994, 57(12): 1613-1618.
- [4] 李娟, 赵小芳, 谢扬帆, 等. 玉叶金花化学成分和生物活性的研究进展 [J]. *中国新药杂志*, 2017, 26(5): 542-547.
- [5] 李娟, 赵小芳, 谢扬帆, 等. 玉叶金花化学成分和生物活性的研究进展 [J]. *中国新药杂志*, 2017, 26(5): 542-547.
- [6] 张赞, 黄逯, 张慧, 等. 壮药玉叶金花抗炎镇痛作用的谱效关系研究 [J]. *中国药理学通报*, 2020, 36(6): 870-874.
- [7] 李嘉, 卢覃培, 张颖. 玉叶金花属植物化学成分及药理作用研究进展 [J]. *中国民族民间医药*, 2016, 25(15): 39-48.
- [8] 李玉凤, 张谦华, 林雀跃, 等. 玉叶金花中咖啡酰奎宁酸类成分抗炎活性研究 [J]. *长春中医药大学学报*, 2022, 38(2): 161-164.
- [9] 巫凯, 李嘉, 张颖. HPLC 法同时测定玉叶金花中 5 种三萜皂苷类成分含量 [J]. *中药材*, 2023, 46(10): 2519-2522.

[责任编辑 解学星]