

引用格式: 陈萌, 刘斯琪, 杜玥瑾, 等. HPLC 测定不同基原、不同部位吴茱萸中 4 种生物碱的含量及其质量评价[J]. 标准科学, 2025(10):99-106.

CHEN Meng, LIU Siqi, DU Yuejin, et al. Determination of the Contents of Four Alkaloids in Different Origins and Different Parts of Evodia Rutaecarpa by HPLC and Its Quality Evaluation [J]. Standard Science, 2025(10):99-106.

HPLC 测定不同基原、不同部位吴茱萸中 4 种生物碱的含量及其质量评价

陈萌^{1,2} 刘斯琪² 杜玥瑾³ 侯非¹ 王娜娜¹ 郑娟尔¹ 付强^{1*}

(1. 中国标准化研究院; 2. 北京中医药大学 生命科学学院; 3. 山东第二医科大学附属医院)

摘要: 【目的】建立高效液相色谱 (HPLC) 法同时测定吴茱萸中 4 种生物碱含量的方法, 评价不同基原、不同药用部位吴茱萸的质量。【方法】采用 HPLC 法测定吴茱萸、石虎和疏毛吴茱萸的果皮和种子中去氢吴茱萸碱、吴茱萸新碱、吴茱萸碱及吴茱萸次碱 4 种生物碱的含量。【结果】果皮中去氢吴茱萸碱、吴茱萸碱和吴茱萸次碱的含量均高于种子; 种子中吴茱萸新碱的含量高于果皮。在果皮中, 吴茱萸碱与吴茱萸次碱的含量高于疏毛吴茱萸; 在种子中, 吴茱萸碱与吴茱萸次碱的含量低于疏毛吴茱萸。【结论】去氢吴茱萸碱、吴茱萸碱和吴茱萸次碱主要分布在吴茱萸果皮中, 吴茱萸新碱主要分布于吴茱萸种子中; 吴茱萸果皮中吴茱萸碱与吴茱萸次碱的含量高于疏毛吴茱萸果皮, 吴茱萸种子中吴茱萸碱与吴茱萸次碱的含量低于疏毛吴茱萸种子。本研究为吴茱萸药材质量标准的制定及吴茱萸药材差异化利用策略提供了依据。

关键词: 吴茱萸; HPLC; 生物碱含量; 质量标准; 差异化利用策略

DOI 编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2025.10.014

Determination of the Contents of Four Alkaloids in Different Origins and Different Parts of Evodia Rutaecarpa by HPLC and Its Quality Evaluation

CHEN Meng^{1,2} LIU Siqi² DU Yuejin³ HOU Fei¹ WANG Nana¹
ZHENG Juan'er¹ FU Qiang^{1*}

(1. China National Institute of Standardization; 2. School of Life Sciences, Beijing University of Chinese Medicine;
3. Affiliated Hospital of Shandong Second Medical University)

Abstract: [Objective] A high performance liquid chromatography (HPLC) method is established for the simultaneous determination of four alkaloids in Evodia rutaecarpa, and the quality of Evodia rutaecarpa from different origins and different medicinal parts is also evaluated. [Methods] The contents of four alkaloids, namely dehydroevodiamine, evodiamine, rutaecarpine and rutaecarpamine, are determined by HPLC. [Results] In the same origin with different medicinal parts: the contents of dehydroevodiamine, evodiamine and rutaecarpine in pericarps are higher than those in seeds. The content of

作者简介: 陈萌, 博士, 助理研究员, 研究方向为健康服务与中医药标准化。

刘斯琪, 博士, 助理研究员, 研究方向为中药药效物质与质量标准。

杜玥瑾, 硕士, 主治医师, 研究方向为健康服务。

侯非, 硕士, 研究员, 研究方向为健康服务标准化。

王娜娜, 硕士, 副研究员, 研究方向为健康服务标准化。

郑娟尔, 博士, 研究员, 研究方向为健康服务标准化。

付强, 通信作者, 博士, 研究员, 研究方向为健康服务与中医药标准化。

evocarpine in seeds is higher than that in pericarps. In the same medicinal part with different origins: In pericarps, the content of evodiamine and rutaecarpine in *E. rutaecarpa* (Juss.) Benth. are higher than those in *E. rutaecarpa* (Juss.) Benth. var. *officinalis* (Dode) Huang, while in seeds, the contents of the compounds mentioned above in *E. rutaecarpa* (Juss.) Benth are even lower. [Conclusion] Dehydrorutaine, evodiamine and rutaecarpine are mainly distributed in the pericarps of Fructus Euodiae, while evodiaine is mainly distributed in seeds. The contents of evodiamine and rutaecarpine in the pericarp of *E. rutaecarpa* (Juss.) Benth. are higher than those in the pericarp of *E. rutaecarpa* (Juss.) Benth. var. *bodinieri* (Dode) Huang; while the contents of evodiamine and rutaecarpine in the seeds of *E. rutaecarpa* (Juss.) Benth. are lower than those in the seeds of *E. rutaecarpa* (Juss.) Benth. var. *bodinieri* (Dode) Huang. This study provides a preliminary research basis for the quality control and rational application of different medical parts of Fructus Euodiae.

Keywords: Fructus Euodiae; HPLC; the content of alkaloids; quality standard; differentiated utilization strategy

0 引言

吴茱萸是一种常用的温里药, 主要含有生物碱、苦味素、挥发油和黄酮类化学成分, 其中生物碱类成分为其主要活性成分^[1-3]。2020版《中华人民共和国药典》收录的吴茱萸为芸香科植物吴茱萸、石虎或疏毛吴茱萸3种基原植物的干燥近成熟果实^[4]。前期研究发现, 3种吴茱萸的果皮对HepG2细胞和BGC823细胞的抑制作用均强于种子, 证明果皮是吴茱萸药材的主要抗肿瘤活性部位^[5]。为了探索导致吴茱萸果皮和种子抗肿瘤活性差异的物质基础, 本研究对3种不同基原吴茱萸药材果皮和种子中去氢吴茱萸碱、吴茱萸新碱、吴茱萸碱及吴茱萸次碱的含量进行测定, 明确不同基原、不同药用部位中4种生物碱含量的分布差异, 以为吴茱萸质量标准及差异化利用策略的制定提供前期研究基础。

1 仪器和材料

1.1 仪器

岛津LC-20AT型高效液相色谱仪及SPD-20A型光电二极管阵列紫外可见光检测器(Shimadzu公司, 日本); XS3DU百万分之一天平(METTLER TOLEDO公司, 瑞士); KQ-500DE型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司); Milli-Q纯水仪(Millipore公司, 美国); CV200真空离心浓缩仪

(北京吉艾姆科技有限公司); Eppendorf 5418小型台式高速离心机(Eppendorf公司, 德国)。

1.2 材料

在外观性状上, 吴茱萸药材的差异主要体现在果实形状、大小、气味、色泽等方面。石虎呈五角星状圆形, 直径2~4 mm, 味辛辣微苦, 表面绿褐色至暗绿色; 疏毛吴茱萸呈五角状圆形, 直径2~3 mm, 味苦微辛辣, 表面黄绿色至褐绿色; 吴茱萸呈类圆形或五角状扁球形, 直径2~5 mm, 味辛辣而后苦, 表面暗黄绿色至黑褐色^[6-8]。本实验中用到的21批吴茱萸药材购自全国各地药材市场和药店, 经北京中医药大学生命科学院王如峰教授鉴定, 21批药材中有石虎5份, 疏毛吴茱萸和吴茱萸各8份。样品信息见表1。

对照品去氢吴茱萸碱(批号: PRF9121743, 纯度: 98%)、吴茱萸碱(批号: PRF9121741, 纯度: 98%)、吴茱萸次碱(批号: PRF9121742, 纯度: 98%)购自成都普瑞法科技发展有限公司。吴茱萸新碱(批号: CFS201901, 纯度: $\geq 98\%$)购自ChemFaces公司; 乙腈、甲醇为色谱纯(Thermo Fisher Scientific公司, 美国); 磷酸为分析纯(上海麦克林生化科技有限公司), 水为纯水仪制备。

2 实验方法

2.1 色谱条件

采用Agela Innoval C18色谱柱(4.6 mm $\times$ 250

表1 21批吴茱萸药材信息

药材编号	基原	产地
WZY001	石虎	湖南
WZY002	疏毛吴茱萸	广东
WZY003	石虎	贵州
WZY004	石虎	广西
WZY005	石虎	湖南
WZY006	疏毛吴茱萸	广西
WZY007	疏毛吴茱萸	广西
WZY008	吴茱萸	浙江
WZY009	疏毛吴茱萸	湖南
WZY010	疏毛吴茱萸	贵州
WZY011	疏毛吴茱萸	湖南
WZY012	吴茱萸	江西
WZY013	吴茱萸	四川
WZY014	吴茱萸	江西
WZY015	吴茱萸	云南
WZY016	石虎	湖北
WZY017	疏毛吴茱萸	江西
WZY018	吴茱萸	四川
WZY019	疏毛吴茱萸	广西
WZY020	吴茱萸	四川
WZY021	吴茱萸	湖南

mm, 5 μm), 以乙腈为流动相A, 0.1%磷酸水溶液(V/V)为流动相B进行梯度洗脱^[9]。洗脱条件为: 0 ~ 15 min, 5% ~ 37% A; 15 ~ 30 min, 37% ~ 39% A; 30 ~ 35 min, 39% ~ 59% A; 35 ~ 37 min, 59% ~ 62% A; 37 ~ 57 min, 62% ~ 100% A; 57 ~ 60 min, 100% A; 60 ~ 65 min, 100% ~ 5% A; 65 ~ 70 min, 5% A; 流速为1.0 mL·min⁻¹; 进样量为10 μL; 检测波长为270 nm; 柱温为30 ℃。

2.2 对照品溶液的制备

精密称取去氢吴茱萸碱、吴茱萸新碱、吴茱萸碱和吴茱萸次碱对照品适量置于容量瓶中, 加甲醇溶解并定容至刻度, 摇匀, 分别制成对照品母液^[9]。

2.3 供试品溶液的制备

分离吴茱萸样品的果皮和种子, 用研钵研碎, 过60目筛。精密称取药品粉末0.6 g, 置于锥形瓶中, 精密加入70%乙醇溶液50 mL, 称重。室温下浸

泡1 h后超声提取40 min, 放至室温后再次称重并用70%乙醇溶液补足损失的重量。摇匀样品后用0.45 μm微孔滤膜过滤, 即得。

2.4 方法学考察

2.4.1 专属性考察

分别精密吸取供试品溶液和混合对照品母液10 μL, 按2.1项下色谱条件进行分析^[9]。

2.4.2 线性关系考察

将对照品母液用甲醇分别制成系列浓度的对照品溶液, 按2.1项下色谱条件进行分析, 记录不同对照品的峰面积, 分别以2个待测成分的峰面积(Y)对进样量(X)进行线性回归^[10-11]。

2.4.3 精密度试验

取同一供试品溶液, 按照2.1项下色谱条件连续进样6次, 记录峰面积, 计算RSD^[12-13]。

2.4.4 稳定性试验

取同一供试品溶液, 按照2.1项下色谱条件分别在0、4、8、12、16和24h进样, 记录峰面积, 计算RSD^[14-15]。

2.4.5 重复性试验

按2.3项下方法制备6份供试品溶液, 按2.1项下色谱条件进行检测, 记录峰面积, 计算RSD^[16-17]。

2.4.6 加样回收率试验

在已知含量的供试品溶液中, 分别精密加入对照品溶液适量, 按照2.1项下色谱条件再次检测对照品的含量。记录峰面积, 计算各对照品的回收率^[18-19]。

2.5 样品含量测定

将21份吴茱萸样品的果皮和种子剥离, 每份样品精密称取2份, 按照2.3项下方法制成供试品溶液, 按照2.1项下色谱条件进行测定, 计算样品中去氢吴茱萸碱、吴茱萸新碱、吴茱萸碱和吴茱萸次碱的含量^[20]。

3 结果与分析

3.1 专属性考察

对照品中可检测到4种生物碱的色谱峰, 去氢吴茱萸碱、吴茱萸新碱、吴茱萸碱、吴茱萸次碱

的相对保留时间分别为18.201 min、19.073 min、39.852 min和41.057 min。供试品中色谱峰与对照品保留时间相同,与相邻色谱峰均已基线分离,表明此检测方法专属性良好。

由表2可知,4种生物碱均具有良好的线性关系。精密度试验结果显示,去氢吴茱萸碱、吴茱萸新碱、吴茱萸碱和吴茱萸次碱的RSD分别为2.38%、1.80%、2.67%和1.75%,表明仪器精密度良好^[19]。稳定性试验结果显示,去氢吴茱萸碱、吴茱萸新碱、吴茱萸碱和吴茱萸次碱的RSD分别为1.58%、1.44%、0.52%和1.75%,表明供试品溶液在24 h内稳定性良好^[19]。重复性试验结果显示,去氢吴茱萸碱、吴茱萸新碱、吴茱萸碱和吴茱萸次碱的RSD分别为1.49%、2.36%、1.89%和1.76%,表明该方法重复性良好^[19]。

表2 吴茱萸中4种生物碱的回归方程及线性范围			
成分	线性范围/ μg·mL ⁻¹	线性回归方程	r
去氢吴茱萸碱	10.914 ~ 272.85	$Y = 7514.8 X + 13116$	0.999 8
吴茱萸新碱	0.353 ~ 17.65	$Y = 39598 X + 82566$	0.999 7
吴茱萸碱	0.352 ~ 295.68	$Y = 23767 X + 44971$	0.999 8
吴茱萸次碱	0.428 ~ 171.20	$Y = 14957 X + 38199$	0.999 7

加样回收率试验结果显示,去氢吴茱萸碱、吴茱萸新碱、吴茱萸碱和吴茱萸次碱的平均回收率分别为101.73%、101.99%、100.61%和102.42%,RSD分别为1.90%、1.90%、0.80%和1.31%,表明该方法的准确度良好^[19],结果见表3。

3.2 吴茱萸样品中4种生物碱含量

在测定的21份吴茱萸果皮样品中,去氢吴茱萸碱的含量为4.004‰~21.560‰,吴茱萸新碱的含量为0.037‰~0.774‰,吴茱萸碱的含量为0.236‰~24.280‰,吴茱萸次碱的含量为0.962‰~12.872‰。在果皮样品中,去氢吴茱萸碱的最低含量和最高含量分别是吴茱萸碱最低含量和最高含量的16.97倍和0.89倍,是吴茱萸次碱最低含量和最高含量的4.16倍和1.67倍;在测定的21份吴茱萸种子样品中,去氢吴茱萸碱的相对含量为1.012‰

表3 吴茱萸中4种生物碱加样回收率试验结果 (n = 6)

成分	样品量 /μg	加入对 照品量 /μg	测得量 /μg	加样回 收率 /%	平均加 样回收 率/%	RSD /%
去氢吴茱萸碱	258.88	258	519.64	101.07	101.73	1.90
	263.65		522.42	100.30		
	268.32		523.66	98.97		
	258.88		526.09	103.57		
	260.16		527.96	103.80		
	261.84		526.73	102.67		
吴茱萸新碱	13.48	13	26.86	102.9	101.99	1.90
	13.73		27.09	102.77		
	13.98		27.54	104.31		
	13.48		26.31	98.69		
	13.55		26.84	102.23		
	13.64		26.77	101.00		
吴茱萸碱	82.90	82	165.06	100.20	100.61	0.80
	84.41		167.46	101.28		
	85.92		167.87	99.94		
	82.90		164.56	99.58		
	83.31		166.56	101.52		
	83.86		166.78	101.12		
吴茱萸次碱	123.54	123	249.25	102.20	102.42	1.31
	125.82		252.24	101.95		
	128.04		259.23	104.95		
	123.54		252.06	102.00		
	124.14		252.35	100.95		
	124.98		256.12	102.45		

~ 11.400‰,吴茱萸新碱的相对含量为0.196‰~ 1.222‰,吴茱萸碱的相对含量为0.031‰~ 0.945‰,吴茱萸次碱的相对含量为0.044‰~ 0.900‰。在种子中,去氢吴茱萸碱的最低含量和最高含量分别是吴茱萸碱最低含量和最高含量32.64倍和12.06倍,是吴茱萸次碱最低含量和最高含量的23.00倍和12.67倍,结果见表4。

3.3 同一基原不同部位吴茱萸样品分析

通过比较同一基原吴茱萸果皮和种子中4种生物碱的平均含量,发现去氢吴茱萸碱、吴茱萸

表4 3种吴茱萸果皮和种子中4种生物碱的平均含量/%

样品编号	去氢吴茱萸碱		吴茱萸新碱		吴茱萸碱		吴茱萸次碱	
	果皮	种子	果皮	种子	果皮	种子	果皮	种子
WZY001	21.560	4.976	0.080	0.366	6.954	0.945	5.972	0.826
WZY002	9.732	4.697	0.442	0.473	9.608	0.410	12.690	0.453
WZY003	9.696	5.859	0.417	0.538	12.282	0.512	12.872	0.458
WZY004	9.167	7.695	0.608	0.716	0.354	0.043	1.612	0.121
WZY005	7.571	6.693	0.085	0.914	1.480	0.031	2.658	0.052
WZY006	9.770	7.404	0.598	0.975	1.377	0.108	2.342	0.108
WZY007	8.089	5.243	0.510	0.597	0.236	0.034	1.263	0.044
WZY008	8.387	1.811	0.356	0.703	11.900	0.072	7.287	0.115
WZY009	9.879	7.971	0.464	0.913	1.142	0.198	1.433	0.183
WZY010	10.400	4.996	0.384	0.520	0.726	0.578	1.304	0.643
WZY011	7.583	1.842	0.149	0.392	5.745	0.032	3.974	0.065
WZY012	9.978	6.881	0.739	1.222	1.107	0.099	3.046	0.119
WZY013	4.683	1.012	0.078	0.196	0.793	0.048	0.962	0.046
WZY014	9.086	5.474	0.480	0.557	13.520	0.394	12.590	0.900
WZY015	11.040	9.800	0.774	1.034	3.444	0.380	5.343	0.389
WZY016	11.760	11.400	0.527	0.601	1.475	0.638	3.799	0.606
WZY017	4.004	3.558	0.176	0.241	17.300	0.374	9.803	0.264
WZY018	6.993	3.356	0.037	0.247	19.250	0.164	9.988	0.182
WZY019	13.120	10.400	0.664	0.907	3.437	0.135	5.457	0.166
WZY020	5.305	3.797	0.200	0.367	24.280	0.468	11.980	0.572
WZY021	11.580	4.272	0.052	0.794	23.160	0.203	11.360	0.372
平均含量	9.494	5.673	0.372	0.632	7.598	0.279	6.083	0.318

碱和吴茱萸次碱在3种吴茱萸果皮中的平均含量均高于在种子中的平均含量, 吴茱萸新碱在3种吴茱萸果皮中的平均含量均低于在种子中的平均含量。其中, 石虎中吴茱萸次碱在果皮和种子中的平均含量差异具有统计学意义; 疏毛吴茱萸中去氢吴茱萸碱、吴茱萸新碱、吴茱萸次碱在果皮和种子中的平均含量差异具有统计学意义; 吴茱萸中4种生物碱在果皮和种子中的平均含量差异均具有统计学意义, 结果见图1。

3.4 同一部位不同基原吴茱萸样品分析

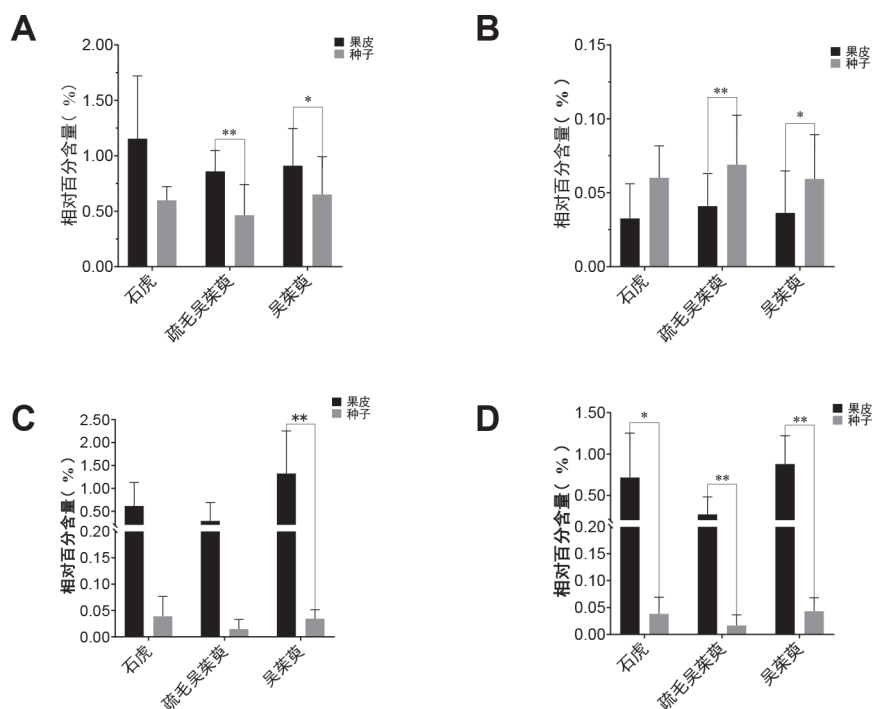
通过比较同一部位不同基原吴茱萸样品中4种生物碱的平均含量, 发现吴茱萸果皮中吴茱萸碱与吴茱萸次碱的平均含量分别高于疏毛吴茱萸果皮中这2个成分的平均含量; 吴茱萸种子中吴茱萸碱与吴茱萸次碱的平均含量分别低于疏毛吴茱萸种子中这2个成分的平均含量, 差异具有统计学

意义, 结果见图2。

根据相关文献报道, 本研究分别考察了流动相系统(甲醇-水、甲醇-0.1%磷酸水、乙腈-水、乙腈-0.1%磷酸水)、柱温(25 ℃、30 ℃、35 ℃)、流速(0.8 mL·min⁻¹、1.0 mL·min⁻¹、1.2 mL·min⁻¹)条件下色谱峰的分离情况, 发现流动相为乙腈-0.1%磷酸水、柱温为30℃、流速为1.0 mL·min⁻¹可达到定量检测的要求^[13-16,21-24]。通过全波长扫描, 考虑到4种化合物能够同时被检测到等因素, 最终选择在270 nm对4种生物碱进行含量测定。

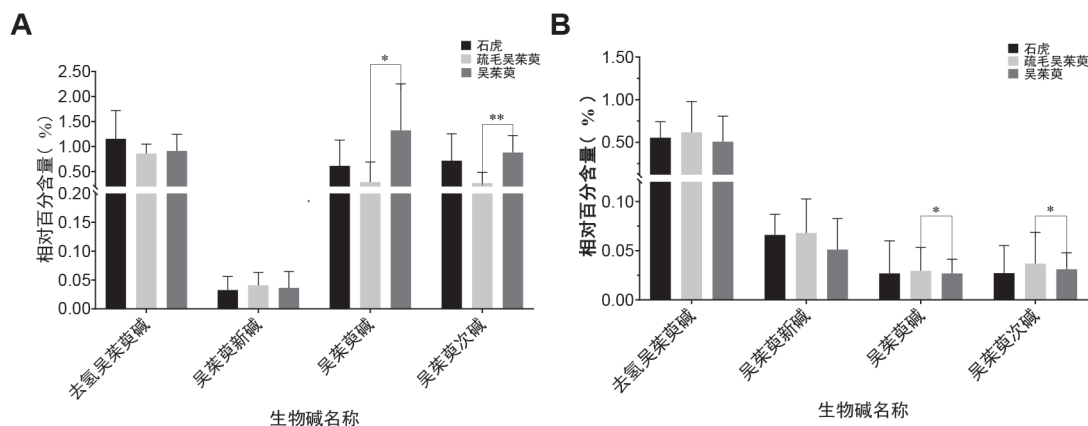
4 结论

有研究通过比较含有不同比例内果皮的吴茱萸粉末中生物碱的含量, 发现生物碱在吴茱萸果



注: A: 去氢吴茱萸碱含量; B: 吴茱萸新碱含量; C: 吴茱萸碱含量; D: 吴茱萸次碱含量; **表示两组之间相比 $P < 0.01$; *表示两组之间相比 $P < 0.05$ 。

图1 同一基原不同部位4种生物碱平均含量比较



注: A: 果皮中4种生物碱含量; B: 种子中4种生物碱含量; **表示两组之间相比 $P < 0.01$; *表示两组之间相比 $P < 0.05$ 。

图2 同一部位不同基原4种生物碱平均含量比较

实中分布不均匀^[25]。然而, 吴茱萸果实中生物碱如何分布, 以及与抗肿瘤活性之间的关系尚未可知。本研究对比了同一基原不同药用部位吴茱萸化学成分的差异, 发现去氢吴茱萸碱、吴茱萸碱和吴茱萸次碱主要分布在吴茱萸果实中, 而吴茱萸新

碱主要分布于吴茱萸种子中。4种生物碱在吴茱萸果实和种子中的分布与抗肿瘤活性一致, 说明吴茱萸果皮抗肿瘤活性更高, 可能是由果皮中吴茱萸碱、吴茱萸碱和吴茱萸次碱含量更高造成的。

《本草纲目》记载: “(吴茱萸) 有小毒, 动脾

火,病目者忌之”。随着吴茱萸研究的不断深入,有关吴茱萸肝毒性临床不良反应和现代研究逐年增多,已有研究表明吴茱萸新碱具有潜在的肝毒性^[26-27]。为了进一步明确吴茱萸的毒性部位,本研究对3种基原吴茱萸果皮和种子醇中吴茱萸新碱的含量进行了分析。结果表明,在3种基原吴茱萸种子中吴茱萸新碱的含量均高于吴茱萸果皮,这就意味着吴茱萸种子可能具有更高的肝毒性。

在市场上,通常按照果实的大小和开裂程度将吴茱萸药材分为小花吴茱萸、中花吴茱萸和大花吴茱萸3种商品规格,且多数学者认为吴茱萸是大花吴茱萸的主要植物来源^[28-29]。研究表明,大花吴茱萸中生物碱的含量高于另外2种商品规格的吴茱萸^[30-32]。在本研究中,我们对比了不同基原同一药用部位吴茱萸中4种生物碱含量的差异。结果表

明,在吴茱萸的果皮中,吴茱萸碱与吴茱萸次碱的含量高于疏毛吴茱萸,与以往研究结果一致^[30-32]。值得注意的是,在疏毛吴茱萸的种子中,吴茱萸碱与吴茱萸次碱的含量高于吴茱萸,提示我们疏毛吴茱萸的种子可能具有更好的开发和利用价值。

在全部种子样品以及大部分果皮样品中,去氢吴茱萸碱的平均含量均高于《中华人民共和国药典》规定的质控成分——吴茱萸碱和吴茱萸次碱的含量。有研究表明,去氢吴茱萸碱可以通过其抗氧化活性和神经毒性抑制作用,改善认知障碍^[33-34]。还有研究发现,去氢吴茱萸碱通过ERK和p38信号通路改善吡啶美辛诱导的胃损伤^[35]。该结果提示我们应将去氢吴茱萸碱纳入吴茱萸质量控制标准中。

参考文献

- [1] 魏舒婷,刘元乾,黄坚,等. 吴茱萸化学成分、药效及肝毒性的研究进展 [J]. 世界中医药, 2020,15(23):3580-3585.
- [2] 朱梅桂,蒋建勤. 吴茱萸生物碱类化学成分及其药理活性研究近况 [J]. 云南化工, 2020,47(8):31-33.
- [3] 高振雷. 吴茱萸化学成分及药理作用研究概况 [J]. 科学技术创新, 2020 (13):53-54.
- [4] 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, 2020:178-179.
- [5] 刘晓璇,娄阳,王如峰. 3种吴茱萸不同部位体外抗肿瘤活性研究 [J]. 中华中医药学刊, 2022,40(6):36-39.
- [6] 张红梅,赵志礼,王长虹,等. 吴茱萸与其混伪品的生药学鉴定研究概况 [J]. 上海中医药大学学报, 2010,24(6):75-78.
- [7] 董慧勤. 浅谈吴茱萸的真伪鉴别 [J]. 中外医疗, 2009,28(32):186.
- [8] 陈代贤,郭月秋,于黎明,等. 商品吴茱萸及类似品、伪品的比较检定研究 I[C]//中国商品学会.第一届全国中药商品学术大会论文集.大连市药品检验所; 大连大学附属医院,2008:188-193.
- [9] 高晓洁,朱鑫,马守芳,等. 以离子液体为流动相添加剂的HPLC法测定30批不同产地吴茱萸中8种生物碱的含量 [J]. 沈阳药科大学学报, 2021,38(4):363-372.
- [10] 钟文峰,张兰兰,胡懿,等. 甘草饮片、水煎液、配方颗粒的UPLC指纹图谱相关性研究 [J]. 中南药学, 2022, 20(9):2123-2128.
- [11] 张兰兰,施文婷,陈伟媚,等. 板蓝根配方颗粒喷雾干燥工艺优化研究 [J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2024, 26(1):202-210.
- [12] 李莹曼,张林林,朱强,等. 经典名方清金化痰汤物质基准指纹图谱及多指标含量测定研究 [J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2023,25(1):163-174.
- [13] 李艳英,郭敏群,魏宏伟,等. 左金方中吴茱萸药材UPLC指纹图谱的建立及药材质量评价 [J]. 西部中医药, 2023,36(12):7-12.
- [14] 张佳颖,尹艺,徐倩倩,等. UPLC-MS/MS方法同时测定左金丸中23个成分的含量 [J]. 药物分析杂志, 2023,43 (7): 1110-1119.
- [15] 权建野,范斌,曹俊岭,等. 基于化学指标性成分含量差异的吴茱萸汤配方颗粒与传统汤剂比较研究[J]. 时珍国医国药, 2023, 34 (3): 617-620.
- [16] 袁金斌,王惠鹏,钟民勇,等. 吴茱萸含量测定标准的改进 [J]. 江西中医药, 2023, 54 (3): 64-69.
- [17] 廖嘉穗,付娟,张日美,等. 基于HPLC指纹图谱结合化

- 学计量学及多成分定量测定的腰痹通胶囊质量评价研究[J]. 中草药, 2024, 55 (8): 2579–2588.
- [18] 王淑斐, 杭宇, 马伟, 等. 止嗽散HPLC指纹图谱的建立及2种成分含量测定研究[J]. 中国医院药学杂志, 2024, 44(1): 1264–1269.
- [19] 李春沁, 凌海燕, 开拓, 等. 白术高效液相色谱指纹图谱及多指标成分含量测定研究[J]. 中药新药与临床药理, 2024, 35(3): 419–426.
- [20] 陈娟, 胡虹, 施悦, 等. 高效液相色谱法同时测定海南裸花紫珠中6种抗炎活性成分的含量与质量评价[J]. 药学报, 2024, 59(5): 1408–1421.
- [21] 颜冬梅, 李娜, 方建和. 吴茱萸汁制对黄连中四种生物碱含量的影响[J]. 江西中医药, 2016, 47(1): 60–62.
- [22] 李芸, 苗小楼, 魏舒畅, 等. 吴茱萸总生物碱的提取纯化及HPLC含量测定[J]. 中兽医医药杂志, 2015, 34(2): 49–52.
- [23] 尚勇, 李芸, 刘永琦, 等. 吴茱萸有效部位的提取纯化及含量测定[J]. 中兽医医药杂志, 2015, 34(1): 35–38.
- [24] 杨冬梅, 张毅, 刘俊, 等. 不同溶媒在不同提取方法下对吴茱萸总碱提取率的影响[J]. 安徽医药, 2012, 16(6): 765–766.
- [25] 董嘉皓, 李斐, 魏飞亭, 等. 粉碎过筛条件对吴茱萸含量测定结果的影响及解决办法[J]. 中草药, 2018, 49(9): 2026–2032.
- [26] LI W L, SUN X M, LIU B M, et al. Screening and identification of hepatotoxic component in *Evodia rutaecarpa* based on spectrum–effect relationship and UPLC–Q–TOFMS[J]. Biomed Chromatogr, 2016, 30(12): 1975–1983.
- [27] 孙向明, 宋辉, 胡扬, 等. 吴茱萸中两种肝毒性成分吴茱萸新碱和二氢吴茱萸新碱的药代动力学研究[J]. 世界科学技术–中医药现代化, 2020, 22(6): 1905–1912.
- [28] 陈代贤, 郭月秋. 中药真伪质量快速影像检定 (上册) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 247–258.
- [29] 魏宝阳. 中药吴茱萸道地性形成相关因子的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
- [30] 张薇, 任昆, 王冬梅, 等. 不同商品规格吴茱萸有效成分含量和肝细胞毒性的研究[J]. 中草药, 2021, 52(17): 5287–5294.
- [31] ZHANG W, WANG M, SONG H, et al. CYP3A4 inducer aggravates big flower *Evodiae Fructus*–induced hepatotoxicity whereas limonin attenuates its hepatotoxicity[J]. Ethnopharmacol, 2021, 10(264): 113277.
- [32] ZHANG W, REN K, REN S, et al. UPLC–Q–Exactive–MS analysis for hepatotoxicity components of *Evodiae Fructus* based on spectrum–toxicity relationship[J]. Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci, 2021, 1176: 122772.
- [33] SHIN K Y, KIM K Y, SUH Y H. Dehydroevodiamine • HCl enhances cognitive function in memory–impaired rat models. Korean[J]. Physiol Pharmacol. 2017, 21(1): 55–64.
- [34] KANG S, HA S, PARK H, et al. Effects of a Dehydroevodiamine–Derivative on Synaptic Destabilization and Memory Impairment in the 5xFAD, Alzheimer's Disease Mouse Model[J]. Front Behav Neurosci. 2018, 13: 12: 273.
- [35] WEI Y, REN S C, WANG J, et al. Dehydroevodiamine ameliorates indomethacin–induced gastric injury via inhibition of ERK and p38 signaling pathway[J]. Phytomed, 2021, 93: 153764.