

# 超高效液相色谱-串联质谱法同时测定海蛇药酒中 11种化学成分

汤丽昌<sup>1</sup>, 尹群健<sup>2</sup>, 邓世明<sup>3\*</sup>, 梁国华<sup>1</sup>, 陈高健<sup>1</sup>

(1. 北海市食品药品检验所, 北海 536000; 2. 自然资源部第四海洋研究所, 北海 536000;  
3. 海南大学生命科学与药学院, 海口 570228)

**摘要:** **目的** 建立超高效液相色谱-串联质谱法(ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, UPLC-MS/MS)同时测定海蛇药酒中多种成分含量的分析方法。**方法** 采用 Agilent EC-C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm×50 mm, 1.8 μm), 以水(0.1%甲酸)-乙腈(0.1%甲酸)为流动相, 梯度洗脱, 流速 0.2 mL/min, 进样量为 10 μL, 柱温为 30 °C; 采用电喷雾离子源(electron spray ionization, ESI)进行正离子模式监测, 多反应监测模式(multiple reaction monitoring, MRM)进行定量分析。**结果** 1-甲基海因、紫丁香苷、绿原酸、升麻素苷、芦丁、香草酸、木犀草苷、阿魏酸、黄芩苷、槲皮素、蛇床子素分别在 0.1234~6.170 ( $r=0.9991$ )、0.03340~1.670 ( $r=0.9996$ )、0.2578~12.89 ( $r=0.9998$ )、0.3220~16.10 ( $r=0.9992$ )、0.04975~2.488 ( $r=0.9992$ )、0.02592~1.296 ( $r=0.9991$ )、0.1001~5.005 ( $r=0.9991$ )、0.1054~5.270 ( $r=0.9994$ )、0.000685~0.03425 ( $r=0.9986$ )、0.00542~0.2710 ( $r=0.9996$ )和 0.2822~14.11 mg/L ( $r=0.9993$ )线性关系良好, 平均回收率在 97.4%~103.5%之间, 精密密度为 0.34%~2.02%。**结论** 该方法快速、专属性强、灵敏度高, 可用于海蛇药酒的质量控制。

**关键词:** 海蛇药酒; 超高效液相色谱-串联质谱法; 化学成分; 含量测定

## Simultaneous determination of 11 kinds of constituents in seasnake medicinal liquor by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

TANG Li-Chang<sup>1</sup>, YIN Qun-Jian<sup>2</sup>, DENG Shi-Ming<sup>3\*</sup>, LIANG Guo-Hua<sup>1</sup>, CHEN Gao-Jian<sup>1</sup>

(1. Beihai Food & Drug Inspection and Testing Institute, Beihai 536000, China; 2. Fourth Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Beihai 536000, China; 3. School of Life and Pharmaceutical Sciences, Hainan University, Haikou 570228, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a method for simultaneous determination of 11 kinds of main active components in seasnake medicinal liquor by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS). **Methods** UPLC-MS/MS analysis was performed on a Agilent EC-C<sub>18</sub> (4.6 mm×50 mm, 1.8 μm) eluted with acetonitrile and ultrapure water both containing 0.1% formic acid in a gradient program. The flow rate was 0.2 mL/min, the injection volume was 10 μL at column temperature 30 °C. The multiple-reaction monitoring

基金项目: 国家十三五海洋经济创新发展示范城市项目(HHCF20180103)

Fund: Supported by the "13th Five-Year Plan" Marine Economy Innovation Development Demonstration City Project (HHCF20180103)

\*通信作者: 邓世明, 教授, 主要研究方向为新药研究开发与质量控制。E-mail: 1064027110@qq.com

\*Corresponding author: DENG Shi-Ming, Professor, Hainan University School of Life and Pharmaceutical Sciences, No.58, Rengmin Road, Meilan District, Haikou 570228, China. E-mail: 1064027110@qq.com

(MRM) scanning mode was employed for quantification with switching electrospray ion source polarity in positive mode. **Results** 1-Methylhydantoin, ligustrin, chlorogenic acid, prim-*O*-glucosylcimifugin, rutin, vanillic acid, luteoloside, ferulic acid, baicalin, quercetin, osthole showed a good linearity in the ranges of 0.1234–6.170 ( $r=0.9991$ ), 0.03340–1.670 ( $r=0.9996$ ), 0.2578–12.89 ( $r=0.9998$ ), 0.3220–16.10 ( $r=0.9992$ ), 0.04975–2.488 ( $r=0.9992$ ), 0.02592–1.296 ( $r=0.9991$ ), 0.1001–5.005 ( $r=0.9991$ ), 0.1054–5.270 ( $r=0.9994$ ), 0.000685–0.03425 ( $r=0.9986$ ), 0.00542–0.2710 ( $r=0.9996$ ) and 0.2822–14.11 mg/L ( $r=0.9993$ ). The average recoveries varied from 97.4%–103.5%. The RSD values of precision varied from 0.34%–2.02%. **Conclusions** The method is rapid, specific and sensitive, and can be applied in the quality control of seasnake medicinal liquor.

**KEY WORDS:** seasnake medicinal liquor; ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry; chemical constituents; content determination

## 0 引言

海蛇药酒是由海蛇、丁公藤、鸡血藤等二十七味药材, 加以白酒密闭浸泡、加蔗糖、静置、过滤等工艺制得, 有祛风除湿、舒筋活络、强身壮骨等保健功效, 用于肢体麻木、腰膝酸软、风寒湿痹等症状。目前, 海蛇药酒尚未被《中国药典》记载, 现行标准为卫生部颁药品标准, 该质量标准则较为简单, 仅有对性状、鉴别和检查等项目, 在含量测定方面则未做明确的规定, 相关文献也鲜有报道。因此, 本研究在检索海蛇药酒中海蛇<sup>[1]</sup>、丁公藤<sup>[2]</sup>、鸡血藤<sup>[3]</sup>、菊花<sup>[4]</sup>、当归<sup>[5]</sup>、桂枝<sup>[6]</sup>、川芎<sup>[7]</sup>、羌活<sup>[8]</sup>、党参<sup>[9]</sup>、防风<sup>[10]</sup>、黑老虎根<sup>[11]</sup>、红花<sup>[12-13]</sup>、独活<sup>[14]</sup>、木瓜<sup>[15]</sup>等 14 味组方药材的研究基础上, 参考张丹丹等<sup>[16-18]</sup>研究方法, 建立了超高效液相色谱-串联质谱法(ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, UPLC-MS/MS)测定海蛇药酒中 1-甲基海因、紫丁香苷、绿原酸、升麻素苷、芦丁、香草酸、木犀草苷、阿魏酸、黄芩苷、槲皮素、蛇床子素的含量, 以期为完善海蛇药酒的质量控制标准提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

绿原酸(纯度 99.3%)、芦丁(纯度 91.9%)、升麻素苷(纯度 94.8%)、木犀草苷(纯度 94.0%)、黄芩苷(纯度 93.5%)(中国食品药品检定研究院); 香草酸(纯度 100.0%)、阿魏酸(纯度 99.6%)、槲皮素(纯度 96.5%)(中国食品药品检定所); 1-甲基海因(纯度 99.9%, 美国 Cato Research Chemicals 公司); 蛇床子素(纯度 98.8%, 成都瑞芬思生物科技有限公司)。

乙腈、甲醇(色谱纯, 美国 Thermo Fisher Scientific 公司); 甲酸(色谱纯, 美国天地有限公司); 超纯水(Milipore 制备, 德国 Merck 公司)。

3 批海蛇药酒(批号: 190103、190301、190919); 46°米香型白酒(北海国发海洋生物产业股份有限公司制药厂)。

Agilent 1290 高效液相色谱仪、Agilent G6460 三重串联四极杆质谱仪(美国安捷伦科技有限公司); XA205DU 电子分析天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]; R-300 旋转蒸发仪(瑞士步琦有限公司); 5510E-DTH 超声波清洗仪[必能信超声(上海)有限公司]; 3-18KS 高速台式冷冻离心机(德国 Sigma 离心机股份有限公司)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 对照品溶液的制备

精密称取 1-甲基海因、紫丁香苷、绿原酸、升麻素苷、芦丁、香草酸、木犀草苷、阿魏酸、黄芩苷、槲皮素、蛇床子素对照品适量, 加甲醇分别制成 1.234、1.336、1.031、1.288、0.995、1.037、1.001、1.054、1.084、1.129 mg/mL 贮备液。分别取各对照品溶液适量, 置于同一 100 mL 量瓶中, 加甲醇至刻度, 摇匀, 即得 1-甲基海因、紫丁香苷、绿原酸、升麻素苷、芦丁、香草酸、木犀草苷、阿魏酸、黄芩苷、槲皮素、蛇床子素的混合对照品溶液, 质量浓度分别为 24.68、13.36、51.55、64.44、9.950、5.185、20.02、21.08、0.1370、1.084、56.45  $\mu\text{g/mL}$ 。

#### 1.2.2 样品前处理

精密量取海蛇药酒 100 mL, 置旋转蒸发仪上 45 °C 减压浓缩至近干, 用约 30 mL 甲醇少量多次超声溶解转移至 50 mL 容量瓶中, 超声处理 5 min (135 W, 42 kHz), 涡旋, 放冷, 用甲醇稀释至刻度, 摇匀, 8000 r/min 离心 5 min, 经 0.22  $\mu\text{m}$  的微孔滤膜过滤, 取续滤液, 即得。

#### 1.2.3 空白样品溶液的制备

取 100 mL 46°米香型白酒, 同样品前处理方法制备空白样品溶液。

#### 1.2.4 仪器条件

##### (1)液相条件

Agilent EC-C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm×50 mm, 1.8  $\mu\text{m}$ ); 柱温: 30 °C; 流动相: 水(0.1%甲酸)(A)-乙腈(0.1%甲酸)(B), 进行梯度洗脱(0~3 min, 10% B; 3~5 min, 10%→30% B; 5~7 min, 30% B; 7~10 min, 30%→60% B; 10~15 min, 60%→90% B; 15~18 min, 90% B; 18~20 min, 90%→10% B),

流速为 0.2 mL/min; 进样量: 10  $\mu$ L。

### (2) 质谱条件

采用电喷雾正电离源模式(electronic spray ion, ESI+), 扫描方式为多反应监测(multiple reaction monitoring, MRM); 雾化气压力: 30 psi; 干燥气温度: 300  $^{\circ}$ C; 干燥气流速: 9 L/min; 毛细管电压: 4000 V。MRM 模式定量。各成分母离子、子离子、碎裂电压(fragmentor)、碰撞能量(collision energy, CE)等质谱参数见表 1。

## 1.3 数据处理

UPLC-MS/MS 方法数据采用 Agilent Mass Hunter Qualitative Analysis B.05.02 版本软件进行定性分析、Agilent Mass Hunter Quantative Analysis B.06.00 定量分析, 本实验重复 3 次, 采用外标标准曲线法进行定量。

## 2 结果与分析

### 2.1 仪器条件优化及结果

#### 2.1.1 液相条件优化

在流动相的选择上, 本研究考察了甲醇-水(0.1%甲酸)、乙腈-水(0.1%甲酸)、水(0.1%甲酸)-甲醇(0.1%甲酸)及水(0.1%甲酸)-乙腈(0.1%甲酸)等, 发现水(0.1%甲酸)-乙腈(0.1%甲酸)条件下各成分均可以达到较好的分离, 且各成分均显示出较高的检测灵敏度和较好的峰形。因此选择水(0.1%甲酸)-乙腈(0.1%甲酸)条件。

#### 2.1.2 质谱条件优化

本研究对 11 种目标化合物的质谱条件进行优化发现, ESI 正离子扫描模式下响应情况较优, 因此在 ESI 正离子扫描模式下确定了各成分母离子及其碎裂电压, 然后对各母离子施加碰撞能, 找出特定子离子, 优化得到

最佳碰撞能, 最后在 MRM 模式下优化得到各成分的最佳质谱参数。在优化黄芩苷和木犀草苷质谱条件时发现, 将碰撞能量(CE)由 0 eV 加大至仪器允许最高值 60 eV, 均只能产生一个峰型良好且响应值高的子离子。正离子模式下, 施加优化所得碰撞能量(CE), 黄芩苷产生的子离子  $MS_2$  ( $m/z$ ) 为 271.1[M+H]<sup>+</sup>、木犀草苷产生的子离子  $MS_2$  ( $m/z$ ) 为 287.0[M+H]<sup>+</sup>, 检测结果与黄芩苷、木犀草苷脱去糖苷后的碎片一致<sup>[19-20]</sup>, 因此, 虽然这两种成分只产生 1 个定量子离子, 亦能说明检测到的成分是黄芩苷和木犀草苷。

#### 2.1.3 专属性考察结果

吸取空白样品、对照品、供试品溶液适量, 在优化所得色谱及质谱条件下进样测定, 得到空白样品和海蛇药酒中 11 种活性成分的混合对照品、供试品溶液的 UPLC-MS/MS 色谱图, 结果见图 1。由图 1 可知, 在 20 min 内, 11 种活性成分分离良好无干扰, 且峰形良好。

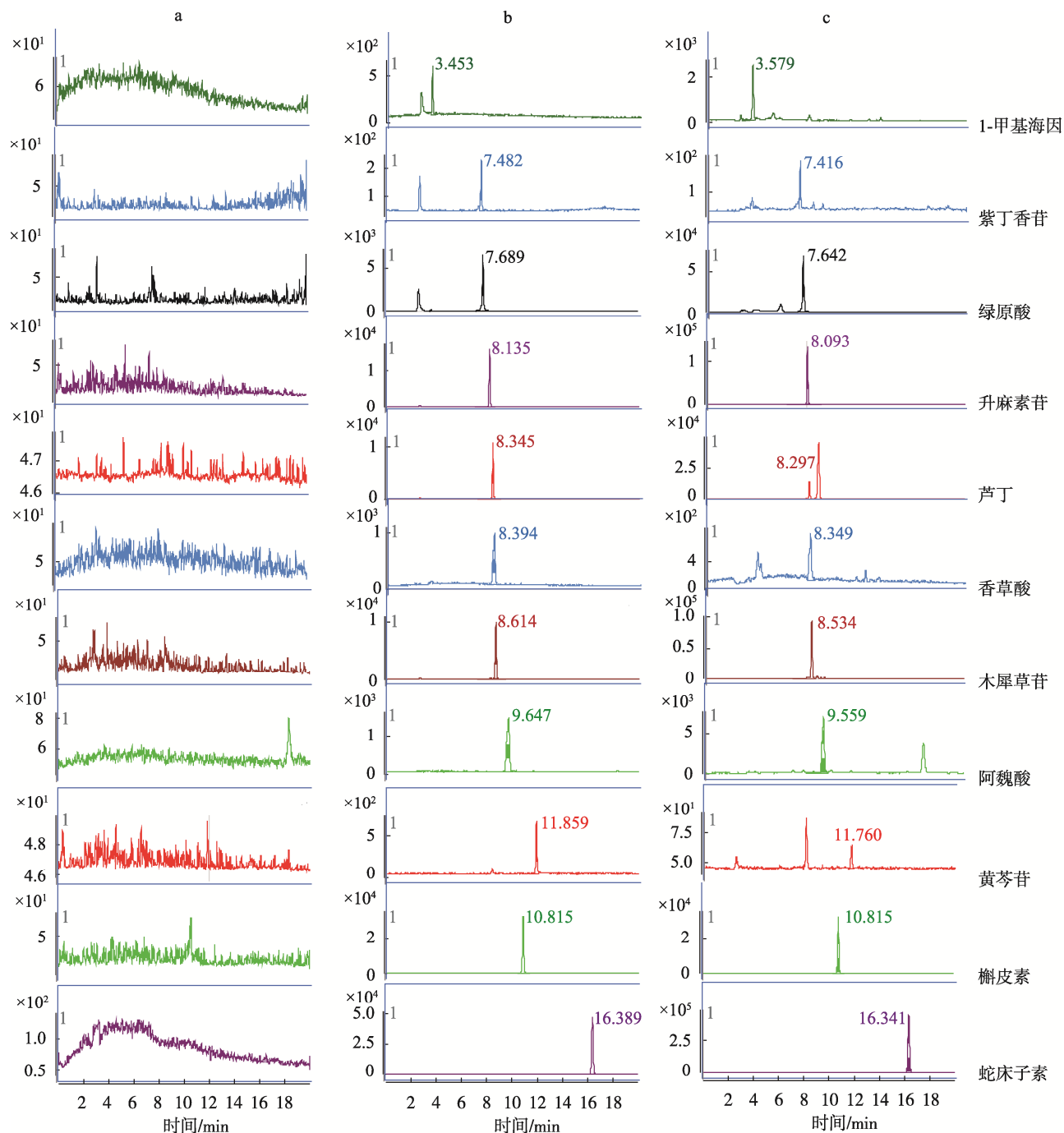
### 2.2 线性关系、定量限和检测限

精密量取“1.2.1”项下适量混合对照品溶液进行倍数稀释, 用甲醇分别稀释 100、50、20、10、5、2 倍, 制得 6 个浓度梯度从低到高的系列溶液, 按“1.2.4”项条件下分别进样, 记录峰面积, 每个样品测定 3 次。以对照品待测液的浓度( $X$ , mg/L)为横坐标, 峰面积的平均值( $Y$ )为纵坐标, 进行回归, 再将混合对照品溶液逐步稀释, 分别以信噪比  $S/N=10$ 、 $S/N=3$  时的质量浓度作为定量限(limits of quantification, LOQ)和检出限(limits of detection, LOD), 结果见表 2, 表明各成分在各自范围内线性关系良好。由检出限和定量限结果可以看出, 本方法灵敏度较高。

表 1 11 种待测化合物质谱条件  
Table 1 MS parameters for 11 kinds of compounds under test

成分	保留时间/min	分子量	母离子( $m/z$ )	子离子( $m/z$ )	碎裂电压/V	碰撞能量/eV
1-甲基海因	3.45	114.10	115.1	87.1*, 44.2	110	10*, 10
紫丁香苷	7.48	372.37	395.2	185.1*, 232.1	135	20*, 20
绿原酸	7.69	354.31	355.1	163.1*, 145.1	90	5*, 20
升麻素苷	8.14	468.45	469.2	307.1*, 261.2	95	30*, 35
芦丁	8.34	610.51	611.2	303.1*, 465.1	135	15*, 10
香草酸	8.39	168.15	169.2	93.0*, 125.2	100	10*, 5
木犀草苷	8.61	448.38	449.1	287.0*	95	25
阿魏酸	9.65	194.19	195.2	176.9*, 144.9	65	5*, 20
黄芩苷	10.82	446.35	447.1	271.1*	115	15
槲皮素	11.86	302.24	303.1	152.8*, 229.1	135	45*, 35
蛇床子素	16.39	244.29	245.1	189.1*, 131.0	135	10*, 20

注: \*为定量子离子及其相应的碰撞能量。



注: a 为空白样品; b 为对照品; c 为供试品。

图1 多反应监测模式下11种有效成分UPLC-MS/MS色谱图

Fig.1 UPLC-MS/MS chromatograms of 11 kinds of constituents with MRM model

### 2.3 精密度

将同一对照品溶液在按“1.2.4”项条件下进样测定6次,测得1-甲基海因、紫丁香苷、绿原酸、升麻素苷、芦丁、香草酸、木犀草苷、阿魏酸、黄芩苷、槲皮素、蛇床子素峰面积的相对标准偏差(relative standard deviation, RSD),分别为0.34%、0.70%、0.45%、0.36%、0.84%、0.67%、

0.51%、0.45%、2.02%、1.46%、0.41%,表明仪器具有良好的精密度。

### 2.4 稳定性

取同一供试品溶液(批号190919),分别取室温下放置0、2、6、12、24 h后的试样溶液在“1.2.4”项条件下进样测定,再根据1-甲基海因、紫丁香苷、绿原酸、升麻素

苷、芦丁、香草酸、木犀草苷、阿魏酸、黄芩苷、槲皮素、蛇床子素色谱峰面积计算 RSD, 分别为 0.80%、2.49%、0.64%、0.45%、0.92%、1.64%、0.56%、1.01%、2.33%、1.86%、0.57%。该结果表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

## 2.5 重复性

取同一批样品(批号 190103), 按“1.2.2”项方法制备供试品溶液 6 份, 在“1.2.4”项条件下进样测定, 测得海蛇药酒中 1-甲基海因、紫丁香苷、绿原酸、升麻素苷、芦丁、香草酸、木犀草苷、阿魏酸、黄芩苷、槲皮素、蛇床子素

含量计算 RSD, 分别为 1.92%、2.21%、1.15%、1.61%、1.78%、1.15%、1.91%、0.91%、2.90%、2.77%、0.79%。以上结果表明该方法重复性良好, 符合分析测定要求。

## 2.6 加样回收率

精密量取含量已知的海蛇药酒(批号 190301)样品 9 份, 每份 100 mL, 每 3 份分别准确加入 2、5、10 mL 混合对照品溶液, 按“1.2.2”项方法制备供试品溶液, 在“1.2.4”项条件下进样测定, 根据结果计算回收率。回收率实验结果见表 3, 回收率在 97.4%~103.5%, RSD% 小于 3.2%, 表明该方法准确度良好, 方法符合分析测定要求。

表 2 11 种成分的回归方程、线性范围、相关系数、LOQ 和 LOD  
Table 2 Regression equations, linear ranges, correlation coefficients, LODs, and LOQs of 11 kinds of constituents

成分	回归方程	线性范围/(mg/L)	相关系数 $r$	定量限/( $\mu$ g/L)	检出限/( $\mu$ g/L)
1-甲基海因	$Y=5348.36X + 110.34$	0.1234~6.170	0.9991	5.609	1.700
紫丁香苷	$Y=8794.38X + 269.20$	0.03340~1.670	0.9996	1.077	0.325
绿原酸	$Y=83826.43X + 55137.01$	0.2578~12.89	0.9998	16.150	4.894
升麻素苷	$Y=218784.84X + 45099.87$	0.3220~16.10	0.9992	0.536	0.162
芦丁	$Y=109779.45X + 12350.38$	0.04975~2.488	0.9992	0.086	0.026
香草酸	$Y=20212.71X + 954.31$	0.02592~1.296	0.9991	25.925	7.856
木犀草苷	$Y=232436.23X + 23380.55$	0.1001~5.005	0.9991	0.953	0.289
阿魏酸	$Y=65294.84X + 4384.30$	0.1054~5.270	0.9994	1.882	0.570
黄芩苷	$Y=299142.95X + 1161.27$	0.000685~0.03425	0.9986	0.014	0.004
槲皮素	$Y=19526.28X + 52.87$	0.00542~0.2710	0.9996	2.069	0.627
蛇床子素	$Y=1555903.88X + 437551.45$	0.2822~14.11	0.9993	4.800	1.455

表 3 海蛇药酒中 11 种成分回收率试验结果( $n=3$ )  
Table 3 Results of recoveries of 11 kinds of components in seasnake medicinal liquor ( $n=3$ )

成分	样品中含量/(mg/L)	加入量/(mg/L)	测得量/(mg/L)	回收率/%	RSD/%
1-甲基海因	0.7790	0.494	1.248	98.1	2.15
		1.234	2.006	99.7	0.88
		2.468	3.306	101.8	1.36
紫丁香苷	1.282	0.2672	1.538	99.3	2.28
		0.6680	1.949	99.9	2.66
		1.3360	2.702	103.2	1.03
绿原酸	8.446	1.031	9.414	99.3	1.67
		2.578	11.04	100.1	1.03
		5.155	13.80	101.4	0.92
升麻素苷	3.322	1.288	4.679	101.5	2.00
		3.220	6.540	100.3	1.09
		6.440	9.649	98.8	1.05

表 3(续)

成分	样品中含量/(mg/L)	加入量/(mg/L)	测得量/(mg/L)	回收率/%	RSD/%
芦丁	0.6043	0.1990	0.7935	98.8	1.52
		0.4975	1.132	102.7	1.56
		0.995	1.638	102.4	3.04
		0.1032	0.2475	102.3	3.13
香草酸	0.1388	0.2579	0.3960	99.8	2.97
		0.5185	0.6438	97.9	2.40
		0.4004	2.437	97.8	1.30
		1.001	3.093	100.5	0.91
木犀草苷	2.092	2.002	4.090	99.9	1.11
		0.4216	1.937	100.8	0.93
		1.054	2.553	99.9	2.38
		2.108	3.6513	101.2	3.00
阿魏酸	1.500	0.0027	0.0037	97.4	2.70
		0.0068	0.0079	99.6	3.20
		0.0137	0.0151	101.8	3.14
		0.0217	0.0641	99.4	2.42
槲皮素	0.0428	0.0542	0.0972	100.2	1.34
		0.1084	0.1565	103.5	1.90
		1.129	3.843	101.4	2.49
		2.823	5.442	99.2	1.16
蛇床子素	2.661	5.645	8.188	98.6	1.79

## 2.7 实际样品测定

取不同批号海蛇药酒 3 批,按“1.2.2”项方法制备供试品溶液,在“1.2.4”项条件下进样测定,计算含量,结果见表 4。所测 3 批海蛇药酒中,绿原酸含量最高,其次是升麻素苷和蛇床子素;从配伍来看绿原酸来源于丁公藤<sup>[3]</sup>、菊花<sup>[5]</sup>、川芎<sup>[8]</sup>、红花<sup>[13-14]</sup>、木瓜<sup>[16]</sup>等五味药材;所测 3 批次各成分含量均较稳定。由于海蛇药酒属于复方制剂,各活性成分来源于一味或多味原药材,各成分含量差异有待进一步考察。在未来完善质量标准及各成分的含量限度范围的规定,还需要进一步对不同厂家、不同批号、不同型号检验仪器及不同实验室间的测定结果进行综合分析后制定。

## 3 结论与讨论

本研究建立了 UPLC-MS/MS 法同时测定海蛇药酒中 1-甲基海因、紫丁香苷、绿原酸、升麻素苷、芦丁、香草酸、木犀草苷、阿魏酸、黄芩苷、槲皮素、蛇床子素的含量,平均回收率为 97.4%~103.5%,精密度为 0.34%~2.02%。该方法高效快速、准确可靠、全面,可为海蛇药酒质量控制提供新的参考,并为其质量标准的完

善奠定基础。

表 4 海蛇药酒中 11 种成分的含量(mg/L, n=3)  
Table 4 Contents of 11 kinds of compounds in seasnake medicinal liquor (mg/L, n=3)

批号	190103	190301	190919	RSD/%
1-甲基海因	0.7790	0.7563	0.6768	2.18
紫丁香苷	1.282	1.292	1.373	0.54
绿原酸	8.446	8.769	8.627	2.65
升麻素苷	3.322	3.356	3.364	0.72
芦丁	0.6043	0.6143	0.5949	1.17
香草酸	0.1388	0.1456	0.1449	3.36
木犀草苷	2.092	2.196	2.100	3.45
阿魏酸	1.500	1.515	1.501	0.70
黄芩苷	0.0011	0.0010	0.0010	6.84
槲皮素	0.0428	0.0444	0.0460	2.55
蛇床子素	2.661	2.670	2.629	0.24

## 参考文献

- [1] 姚海萍, 梁振纲, 杨先会, 等. 平鲐海蛇的化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(4): 1602–1604, 1643.  
YAO HP, LIANG ZG, YANG XH, *et al.* Studies on the chemical constituents of *Lapemis curtus* [J]. Nat Prod Res Dev, 2014, 26: 1602–1604, 1643.
- [2] 薛强. 药用植物丁公藤和金银花活性成分及其混伪品鉴别研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2020.  
XUE Q. Studies on active components of the medicinal plants *Erycibe schmidtii* and *Lonicera japonica* and the discrimination of their adulterants [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2020.
- [3] 刘晓艳, 徐嵬, 杨秀伟, 等. 鸡血藤黄酮类化学成分的分离与鉴定[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(6): 1384–1392.  
LIU XY, XU W, YANG XW, *et al.* Isolation and identification of flavonoids from *Spatholobi caulis* [J]. Chin J Chin Mater Med, 2020, 45(6): 1384–1392.
- [4] 黄艳梅, 石岩, 胡云飞, 等. HPLC 结合化学计量学对不同产地菊花中化学成分的比较分析[J]. 药物分析杂志, 2016, 36(11): 1941–1951.  
HUANG YM, SHI Y, HU YF, *et al.* Comparative analysis of the chemical components of *Chrysanthemum* from different regions by HPLC combined with chemometrics methods [J]. Chin J Pharm Anal, 2016, 36(11): 1941–1951.
- [5] 陶益, 陈西, 李伟东, 等. 当归炮制品 9 种化学成分的比较研究[J]. 中药新药与临床药理, 2017, 28(1): 88–92.  
TAO Y, CHEN X, LI WD, *et al.* Comparative analysis of 9 constituents in processed products of *Radix angelicae sinensis* [J]. Tradit Chin Drug Res Pharm, 2017, 28(1): 88–92.
- [6] 朱伶俐, 艾志福, 徐丽, 等. 桂枝化学成分的分离鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(14): 173–178.  
ZHU LL, AI ZF, XU L, *et al.* Isolation and identification of chemical constituents from *Cinnamomi ramulus* [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2019, 25(14): 173–178.
- [7] 蒲忠慧, 蒙春旺, 周彦希, 等. 川芎化学成分研究[J]. 中药材, 2016, 39(11): 2529–2531.  
PU ZH, MENG CW, ZHOU YX, *et al.* Chemical constituents from *Ligusticum chuanxiong* [J]. Chin Med Mat, 2016, 39(11): 2529–2531.
- [8] 罗鑫, 王雪晶, 赵祎武, 等. 羌活化学成分研究[J]. 中草药, 2016, 47(9): 1492–1495.  
LUO X, WANG XJ, ZHAO QW, *et al.* Chemical constituents from *Notopterygium incisum* [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2016, 47(9): 1492–1495.
- [9] 张鑫, 李建宽, 赵玉静, 等. 党参化学成分及其体外抗氧化活性分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(24): 53–59.  
ZHANG X, LI JK, ZHAO YJ, *et al.* Analysis of chemical constituents in *Codonopsis radix* and its *in vitro* antioxidant activities [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2018, 24(24): 53–59.
- [10] 李阳, 王旭, 李壮壮, 等. 防风化学成分分离鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(15): 60–64.  
LI Y, WANG X, LI ZZ, *et al.* Isolate and identify chemical constituents of methylene chloride and ethyl acetate extract of *Saposhnikovia radix* [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2017, 23(15): 60–64.
- [11] 王楠, 李占林, 华会明. 黑老虎根化学成分的研究[J]. 中草药, 2010, 41(2): 195–197.  
WANG N, LI ZL, HUA HM, *et al.* Chemical constituents from the roots of *Kadsura coccinea* [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2010, 41(2): 195–197.
- [12] 宝乐根图雅. 红花化学成分的分离、鉴定、定量和药代动力学研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2015.  
BUMANDORJ B. Isolation identification quantification and pharmacokinetic studies of the chemical constituents safflower [D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2015.
- [13] 周思多, 王晓, 杨洪军, 等. 红花药材中四种化学成分的高效液相色谱双波长法同时测定[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(11): 2595–2598.  
ZHOU SD, WANG X, YANG HJ, *et al.* Simultaneous determination of four chemical components in *Carthamus tinctorius* by high performance liquid chromatography with dual wavelength method [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2014, 25(11): 2595–2598.
- [14] 周璐丽, 曾建国. 独活化学成分及药理活性研究进展[J]. 中国现代中药, 2019, 21(12): 1739–1748.  
ZHOU LL, ZENG JG. Research advances on chemical constituents and pharmacological effects of *Angelica pubescens* [J]. Mod Chin Med, 2019, 21(12): 1739–1748.
- [15] 曾小威, 李世刚, 喻玲玲, 等. 木瓜中单体化合物及其药理作用的研究进展[J]. 中国药房, 2016, 27(1): 101–104.  
ZENG XW, LI SG, YU LL, *et al.* Progress in the study of monomer compounds and their pharmacological effects in papaya [J]. Chin Pharm, 2016, 27(1): 101–104.
- [16] 张丹丹, 董晶晶, 于海波, 等. LC-MS/MS 同时测定蓝岑口服液中 6 种化学成分的含量[J]. 中国现代应用药学, 2019, 36(23): 2899–2902.  
ZHANG DD, DONG JJ, YU HB, *et al.* Simultaneous determination of six components in Lanqin oral solution by LC-MS/MS [J]. Chin J Mod Appl Pharm, 2019, 36(23): 2899–2902.
- [17] 汤丽昌. UPLC-MS/MS 法同时测定劲酒中 8 种成分含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(18): 6724–6728.  
TANG LC. Simultaneous determination of eight main active components in Chinese Jing liqueur by UPLC-MS/MS [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(18): 6724–6728.
- [18] 郭继英, 俞为民, 阚永清, 等. 云南木瓜紫米酒活性成分含量测定[J]. 酿酒科技, 2021, (1): 102–105.  
GUO JY, YU WM, KAN YQ, *et al.* Determination of active components in Yunnan Muguazimi liqueur [J]. Liquor Mak Sci Technol, 2021, (1): 102–105.
- [19] 胡晓茹, 杨思广, 戴忠, 等. 葛根芩连片特征图谱及含量测定方法研究

[J]. 药物分析杂志, 2014, 34(9): 1590-1596.

HU XR, YANG SG, DAI Z, *et al.* Study on characteristic fingerprints and quantitative analysis of Gegen Qinlian tablets [J]. J Pharm Anal, 2014, 34(9): 1590-1596.

[20] 吕海鸿, 王雪芹, 刘乃强, 等. HPLC-MS 法测定双黄连口服液中小檗草苷和绿原酸的含量并评价二者对成品质量的影响[J]. 中国药房, 2011, 22(44): 4204-4207.

LV HH, WANG XQ, LIU NQ, *et al.* Content determination of galuteolin and chlorogenic acid in Shuanghuanglian oral solution by HPLC-MS and evaluation of the effects of them on the quality of products [J]. J Chin Pharm, 2011, 22(44): 4204-4207.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

## 作者简介



汤丽昌, 硕士, 主管药师, 高级技师, 主要研究方向为食品、药品质量控制及方法研究开发。

E-mail: 363471255@qq.com



邓世明, 教授, 主要研究方向为新药研究开发与质量控制。

E-mail: 1064027110@qq.com