

· 基础研究 ·

HPLC/UV 测定鹅不食草中五种倍半萜内酯成分含量[△]任海琴¹, 吕秋月², 彭玉德³, 林雨珊¹, 王立晶¹, 陈四保^{1,2*}

1. 香港理工大学 深圳研究院 中药药理学及分子药理学国家重点实验室(培育基地), 广东 深圳 518057;

2. 中国医学科学院, 北京协和医学院药用植物研究所, 北京 100193;

3. 广西药用植物园, 广西 南宁 530023

[摘要] 目的: 建立高效液相同时测定鹅不食草中5种倍半萜内酯成分: 山金车内酯D、山金车内酯C、minimolide F、小堆心菊素C和短叶老鹳草素的含量测定方法。方法: 采用Alltima™ C₁₈色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm), 水-乙腈为流动相, 梯度洗脱, 流速1.0 mL·min⁻¹, 检测波长223 nm, 柱温35 ℃。结果: 在线性范围内5个成分线性良好($r \geq 0.9999$), 精密度RSD均小于2%; 重现性RSD均小于3%; 平均回收率94.09% ~ 106.32%, RSD均小于2%。10批样品中5种成分含量范围为: 423.3 ~ 1437.2、144.1 ~ 498.0、29.8 ~ 159.2、66.8 ~ 188.8、1290.1 ~ 3476.4 μg·g⁻¹。5种成分在不同批次的药材中的含量差异显著, 短叶老鹳草素和山金车内酯D的含量较高, 可作为鹅不食草质量控制指标性成分。结论: 该方法操作简单、准确、灵敏度高、重复性好, 对鹅不食草的质量评价与控制具有一定的参考意义。

[关键词] 鹅不食草; 倍半萜内酯; 山金车内酯D; 山金车内酯C; minimolide F; 小堆心菊素C; 短叶老鹳草素; HPLC/UV

[中图分类号] R284 [文献标识码] A [文章编号] 1673-4890(2019)05-0616-06

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.20190415001

Simultaneous Determination of Five Sesquiterpene Lactones in *Centipeda minima* by HPLC/UV AssayREN Hai-qin¹, LYU Qiu-yue², PENG Yu-de³, LIN Yu-shan¹, WANG Li-jing¹, CHEN Si-bao^{1,2*}

1. State Key Laboratory of Chinese Medicine and Molecular Pharmacology-Incubation, The Hong Kong Polytechnic University Shenzhen Research Institute, Shenzhen 518057, China;

2. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100193, China;

3. Guangxi Botanical Garden of Medicinal Plants, Nanning 530023, China

[Abstract] Objective: To develop an HPLC/UV method for simultaneous determination of 5 sesquiterpene lactones: arnicolide D, arnicolide C, minimolide F, microhelenin C and brevilin A, in *Centipeda minima*. Methods: The HPLC assay was carried out on an Alltima™ C₁₈ chromatographic column(4.6 mm × 250 mm, 5 μm) by a gradient elution using water-acetonitrile. The detection wavelength was set at 223 nm, flow rate at 1.0 mL·min⁻¹ and column temperature at 35 ℃. Results: The developed method had good linearities($r \geq 0.9999$), precision(RSDs ≤ 2%), repeatability(RSDs ≤ 3%) and accuracy due to all average recoveries ranged from 94.09% to 106.32% (RSDs ≤ 2%). The contents of 5 components in 10 samples ranged in 423.3 ~ 1437.2, 144.1 ~ 498.0, 29.8 ~ 159.2, 66.8 ~ 188.8, 1290.1 ~ 3476.4 μg·g⁻¹, respectively. The contents of 5 components in different batches of sample were significantly different, and the contents of brevilin A and arnicolide D were relatively higher, which could be used as the quality control index components for this herb. Conclusion: This method is simple, accurate, sensitive and reproducible, and has certain reference significance for the quality evaluation and control of *C. minima*.

[Keywords] *Centipeda minima*; sesquiterpene lactones; arnicolide D; arnicolide C; minimolide F; microhelenin C; brevilin A; HPLC/UV

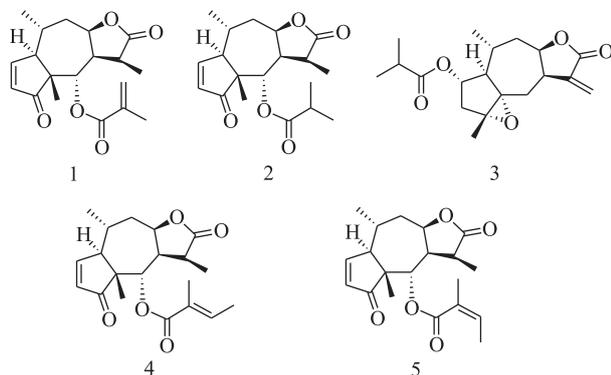
[△] [基金项目] 深圳市政府科技计划项目(JCYJ20151030164022389, JCYJ20160229173844278); 香港卫生署项目《香港中药材标准》; 国家自然科学基金(81872769)

* [通信作者] 陈四保, 研究员, 研究方向: 中药及天然产物研究; E-mail: sibao.chen@polyu.edu.hk

鹅不食草 *Centipeda minima* (L.) A. Br. et Aschers. 系菊科 (Asteraceae) 石胡荽属植物, 又名石胡荽, 其全草为常用中药, 具有发散风寒, 通鼻窍, 止咳之功效; 临床上用于治疗急慢性、过敏性鼻炎, 病毒性感染等^[1]。鹅不食草中含有黄酮、苯丙素、倍半萜等化学成分^[2-4]; 具有抗氧化、抗炎^[5] 和抗肿瘤活性^[6-7]。

对于鹅不食草的质量控制, 《中华人民共和国药典》(2015 版) 缺少含量测定。已报道的含量测定方法主要是分析有机酸和黄酮类成分^[8-10]。但越来越多的研究表明, 鹅不食草的抗氧化、抗炎和抗肿瘤活性与其中的倍半萜内酯化合物有关^[4, 11-14], 因此, 测定倍半萜内酯化合物的含量, 可以更加科学地反应鹅不食草药材的质量。然而, 迄今为止, 对鹅不食草中的倍半萜内酯含量测定, 仅见对其中两个成分的测定^[10, 15]。

为了更加客观地反应鹅不食草的药材质量, 本研究建立了高效液相测定 5 个主要倍半萜内酯化合物的含量测定方法, 为鹅不食草的质量控制提供研究基础。



注: 1. 山金车内酯 D; 2. 山金车内酯 C; 3. minimolide F; 4. 小堆心菊素 C; 5. 短叶老鹳草素。

图 1 对照品化学结构式

1 材料

1.1 仪器

LC-20AT 型高效液相色谱仪、SPD-20A 紫外检测器(日本岛津公司); XS205 型十万分之一电子天平(瑞士 Mettler Toledo 公司); AY220 型万分之一电子天平(日本岛津公司); Elmasonic P 180H 型超声波清洗器(德国 Elma 公司); HETTICH ZENTRIFUGEN 1205 型离心机(德国 Hettich Zentrifugen 公司); Milli-Q 超纯水机(德国密理博公司)。

1.2 试药

对照品: 山金车内酯 D、山金车内酯 C、Minimolide F、小堆心菊素 C 和短叶老鹳草素均为本实验室从鹅不食草中分离得到, 其化学结构(如图 1 所示)通过测定它们的谱学数据(IR, UV, MS, NMR)并对照文献而确定^[16], 其纯度由 HPLC 面积归一化法测定均大于 98%。甲醇和乙腈均为色谱纯(Fisher 化学试剂公司); 超纯水由 Milli-Q 制备。10 批样品采自于不同产地, 经香港理工大学深圳研究院陈四保教授鉴定为鹅不食草 *Centipeda minima* (L.) A. Br. et Aschers. 的干燥全草(表 1)。

表 1 鹅不食草样品信息

No.	样品批号	产地	采集时间
1	EBSC-1	广东揭阳	2018 年 7 月
2	EBSC-2	广西钦州	2018 年 6 月
3	EBSC-3	广西玉林	2018 年 8 月
4	EBSC-4	河南新乡	2018 年 5 月
5	EBSC-5	安徽亳州	2018 年 5 月
6	EBSC-6	安徽霍山	2018 年 8 月
7	EBSC-7	安徽铜陵	2018 年 8 月
8	EBSC-8	山东鄆城	2018 年 7 月
9	EBSC-9	河北安国	2018 年 6 月
10	EBSC-10	广东梅州	2018 年 6 月

2 方法和结果

2.1 色谱条件

色谱柱为 AlltimaTM C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm); 流动相由水(A)-乙腈(B)组成, 梯度洗脱(0 ~ 12 min, 38% ~ 44% B; 12 ~ 25 min, 44% ~ 47% B; 25 ~ 30 min, 47% ~ 50% B); 检测波长 223 nm; 流速 1.0 mL·min⁻¹; 进样体积 20 μL; 柱温 35 °C。

2.2 对照品溶液制备

取对照品山金车内酯 D 3.0 mg, 山金车内酯 C 3.0 mg, minimolide F 9.0 mg, 小堆心菊素 C 9.0 mg 和短叶老鹳草素 8.0 mg, 精密称定, 用甲醇 10 mL 溶解, 并定容至刻度, 即得浓度分别为 300、300、900、900、800 μg·mL⁻¹ 的各对照品储备溶液; 分别精密量取各对照品储备溶液 1.0、1.0、0.1、0.1、

1.0 mL, 置于10 mL量瓶中, 用甲醇稀释至刻度, 配置成含山金车内酯D $30 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 山金车内酯C $30 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, minimolide F $9 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 小堆心菊素C $9 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和短叶老鹳草素 $80 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的混合对照品溶液。

2.3 样品溶液制备

取鹅不食草样品(批号EBSC-1)粉末(过2号筛)0.5 g, 精密称重, 置于50 mL离心管中, 加甲醇10 mL, 超声处理30 min(功率330 W, 频率37 KHz), 离心5 min($4000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$), 收集上清液; 残渣加5 mL甲醇重复提取1次, 离心, 收集上清液; 残渣用5 mL甲醇清洗, 离心, 合并3次上清液于25 mL量瓶中, 加甲醇稀释至刻度, 即得。

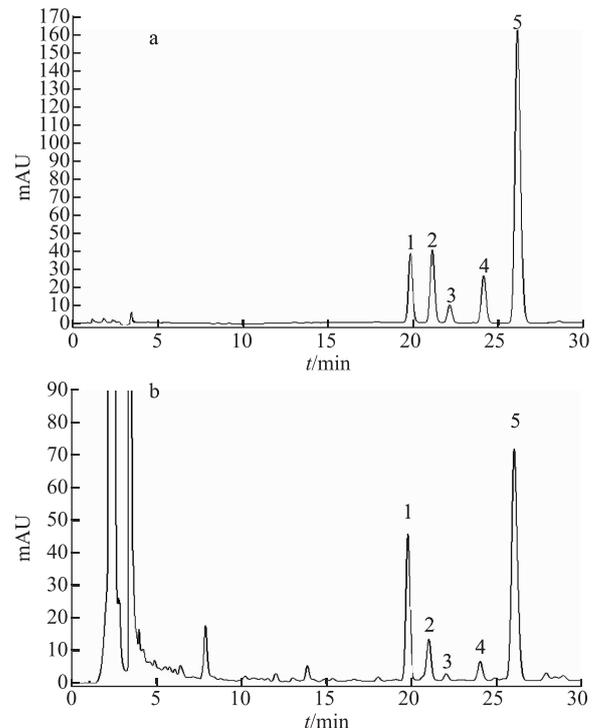
2.4 方法学考察

2.4.1 系统适应性考察 精密量取2.2项下制备的混合对照品溶液0.5 mL, 置于5 mL量瓶中, 用甲醇稀释至刻度, 摇匀, 吸取20 μL , 进行HPLC分析, 重复6次, 记录各对照品色谱峰的保留时间和峰面积, 计算相对标准偏差(RSD)。结果显示, 5个成分的保留时间和峰面积RSD均小于2%。同样, 取3批不同样品溶液(EBSC-1, EBSC-2, EBSC-3), 进行HPLC分析, 记录各待测化合物色谱峰与最近色谱峰之间的分离度(R)、理论塔板数(N)和拖尾因子(T)。结果显示(图2), 各色谱峰与邻近的峰分离度(R)均大于1.5, 各峰的N值均大于10 000, T值介于0.95~1.10之间, 表明该方法具有良好的系统适应性。

2.4.2 线性关系、检测限和定量限考察 将2.2项下制备的混合对照品溶液分别稀释至6个不同的浓度, 每个浓度按上述的色谱条件进样分析3次。以对照品峰面积为纵坐标(Y), 浓度($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)为横坐标(X), 进行回归分析, 求得各回归方程和线性范围。结果表明5种成分在测定范围内线性关系良好。采用信噪比法测定5种指标成分的检测限LOD(信噪比S/N=3:1)及定量限LOQ(信噪比S/N=10:1), 结果见表2。

表2 5种倍半萜内酯化合物的线性考察、检测限和定量限

化合物	回归方程	相关系数 r	线性范围	LOD	$\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	
					LOQ	LOQ
山金车内酯D	$Y = 22\,213 X - 379.96$	1.000 0	0.12 ~ 30	0.055		0.276
山金车内酯C	$Y = 25\,142 X - 379.02$	1.000 0	0.12 ~ 30	0.042		0.256
minimolide F	$Y = 21\,473 X - 447.45$	0.999 9	0.07 ~ 9	0.031		0.162
小堆心菊素C	$Y = 58\,504 X - 373.03$	1.000 0	0.04 ~ 9	0.022		0.115
短叶老鹳草素	$Y = 46\,766 X - 708.35$	1.000 0	0.16 ~ 80	0.056		0.338



注: 1. 山金车内酯D; 2. 山金车内酯C; 3. minimolide F; 4. 小堆心菊素C; 5. 短叶老鹳草素。

图2 对照品(a)和样品溶液(b)色谱图

2.4.3 精密度试验 精密吸取2.4.1项下制备的混合对照品溶液20 μL , 进行HPLC分析, 在同1天之内重复测定6次, 记录峰面积, 计算峰面积的RSD, 考察日内精密度实验; 连续测定3天, 每天测定2次, 考察日间精密度。结果如表3所示, 5种成分的峰面积的RSD均小于1% ($n=6$), 表明本方法精密度良好。

表3 精密度、稳定性和重现性测定结果

化合物	精密度		稳定性 ($n=7$)	重现性($n=6$)	
	日内($n=6$)	日间($n=6$)		平均含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	RSD/%
	RSD/%	RSD/%	RSD/%		
山金车内酯D	0.17	0.34	0.93	1 051.3	0.91
山金车内酯C	0.12	0.49	1.61	446.5	1.89
minimolide F	0.31	0.78	2.97	65.7	2.23
小堆心菊素C	0.22	0.35	0.35	179.3	1.61
短叶老鹳草素	0.26	0.34	0.41	3 476.4	1.67

2.4.4 重现性试验 取样品粉末(EBSC-1),精密称定6份,分别按照2.3项下方法制备样品溶液,按2.1项下色谱方法测定,计算含量及其RSD。结果如表3所示,5种成分含量的RSD均小于3%($n=6$),表明本方法重现性良好。

2.4.5 稳定性试验 取室温下放置的同一份样品溶液(EBSC-1),分别于制备后0、2、4、8、16、24、48 h,按2.1项下色谱方法测定,记录峰面积,计算RSD值。结果如表3所示,5种成分峰面积的

RSD均小于3%($n=7$),表明样品溶液在48 h内稳定。

2.4.6 回收率试验 取已知含量的样品(EBSC-1)粉末6份,每份约0.25 g,精密称定,每份样品中精密加入一定量的对照品溶液,按照2.3项下方法制备样品溶液,按2.1项下方法测定各化合物的含量,计算回收率及RSD,结果如表4所示,5种成分的平均回收率在94.09%~106.32%,对应的RSD分别均小于2%,表明方法的准确度良好。

表4 鹅不食草回收率测定结果

化合物	样品量/g	样品中量/ μg	加入量/ μg	测得量/ μg	回收率/% ^a	平均回收率/%	RSD/%
山金车内酯 D	0.249 6	262.40	164.86	430.25	101.81	99.84	1.81
	0.249 9	262.71	164.86	424.34	98.04		
	0.250 4	263.24	164.86	428.40	100.18		
	0.250 0	262.82	164.86	430.71	101.84		
	0.250 3	263.13	164.86	424.07	97.62		
	0.249 9	262.71	164.86	426.84	99.56		
山金车内酯 C	0.249 6	111.44	114.15	221.97	96.83	94.79	1.58
	0.249 9	111.57	114.15	217.93	93.17		
	0.250 4	111.79	114.15	219.47	94.33		
	0.250 0	111.62	114.15	221.44	96.22		
	0.250 3	111.75	114.15	218.26	93.31		
	0.249 9	111.57	114.15	219.90	94.90		
Minimolide F	0.249 6	16.41	16.04	31.38	93.37	94.09	1.61
	0.249 9	16.43	16.04	31.61	94.68		
	0.250 4	16.46	16.04	31.26	92.31		
	0.250 0	16.43	16.04	31.41	93.39		
	0.250 3	16.45	16.04	31.54	94.05		
	0.249 9	16.43	16.04	31.94	96.73		
小堆心菊素 C	0.249 6	44.76	42.57	89.01	103.94	103.38	0.95
	0.249 9	44.82	42.57	88.82	103.35		
	0.250 4	44.91	42.57	89.04	103.67		
	0.250 0	44.84	42.57	89.38	104.64		
	0.250 3	44.89	42.57	88.21	101.77		
	0.249 9	44.82	42.57	88.62	102.90		
短叶老鹳草素	0.249 6	867.70	806.71	1 730.28	106.93	106.32	0.69
	0.249 9	868.74	806.71	1 729.02	106.64		
	0.250 4	870.48	806.71	1 732.44	106.85		
	0.250 0	869.09	806.71	1 728.44	106.52		
	0.250 3	870.13	806.71	1 717.22	105.01		
	0.249 9	868.74	806.71	1 723.46	105.95		

注: a 表示回收率 = $\frac{\text{测得值} - \text{样品中含量}}{\text{加入量}} \times 100\%$ 。

2.5 样品含量测定

取各样品粉末,精密称定3份,分别按2.3项方法制备样品溶液,精密吸取各样品溶液20 μL ,按2.1项下色谱条件进行测定,用外标法计算出含量,结果见表5,色谱图见图2。

表5 鹅不食草样品中5种倍半萜内酯化合物的含量($n=3$)

样品批号	待测指标成分含量				
	山金车内酯 D	山金车内酯 C	minimolide F	小堆心菊素 C	短叶老鹤草素
EBSC-1	1 051.3	446.5	65.7	179.4	3 476.4
EBSC-2	1 437.2	498.0	90.2	102.9	1 783.2
EBSC-3	922.9	256.4	58.2	172.5	3 224.6
EBSC-4	503.6	170.6	159.2	169.3	1 394.7
EBSC-5	655.0	161.5	50.3	118.7	1 946.1
EBSC-6	508.0	155.5	29.8	89.3	1 698.2
EBSC-7	614.6	185.0	36.5	106.6	2 065.5
EBSC-8	911.9	332.0	71.7	188.8	3 242.1
EBSC-9	628.8	192.4	38.1	106.6	2 128.4
EBSC-10	423.3	144.1	33.1	66.8	1 290.1
平均值	765.7	254.2	63.3	130.1	2 224.9

3 讨论

3.1 样品溶液制备

鉴于倍半萜内酯化合物脂溶性较大,重点考察了无水有机溶剂甲醇、乙醇、乙酸乙酯、丙酮对鹅不食草的提取效果,结果发现甲醇提取后所测得各指标成分平均含量较高;考察了回流和超声两种提取方式,结果显示两种提取方法提取效率差异不大,考虑到超声法简便易行的优势,故选择超声法作为样品提取方法;考察了超声次数(每次30 min)的提取效果,结果发现提取2次即可提取完全;因此最终样品溶液制备方法为甲醇超声提取30 min,提取2次。

3.2 色谱条件

流动相考察了水-甲醇、水-乙腈、0.1%甲酸水-甲醇和0.1%甲酸水-乙腈,结果发现水-乙腈为

流动相进行梯度洗脱,各色谱峰的分度度最好,5个待测成分的色谱峰纯度也都符合含量测定要求;通过PAD检测器优选了检测波长,发现223 nm下各被测物色谱峰强度最高,因此选用223 nm作为检测波长;将柱温设置在35 $^{\circ}\text{C}$,能使色谱基线平稳。

3.3 样品含量测定

对10批次鹅不食草样品进行了含量测定,各化合物含量在不同的样品中差异较大,5个化合物的含量范围分别为山金车内酯 D 423.3 ~ 1 437.2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,山金车内酯 C 144.1 ~ 498.0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, minimolide F 29.8 ~ 159.2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,小堆心菊素 C 66.8 ~ 188.8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和短叶老鹤草素 1 290.1 ~ 3 476.4 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;从它们的平均含量可以看出,短叶老鹤草素 > 山金车内酯 D > 山金车内酯 C > 小堆心菊素 C > minimolide F,短叶老鹤草素含量最高,平均含量达到2 224.9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,其次为山金车内酯 D,平均含量为765.7 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

3.4 小结

鹅不食草是常用中药,具有抗炎、抗肿瘤活性,临床上常用于治疗鼻炎和鼻咽癌^[17-18]。现代研究表明其有效成分为倍半萜内酯成分,因此,有必要建立该类成分的含量测定方法,以求达到客观地、准确地评价鹅不食草药材的内在质量。本研究建立了HPLC/UV测定鹅不食草中山金车内酯 D、山金车内酯 C、minimolide F、小堆心菊素 C 和短叶老鹤草素等5种倍半萜内酯成分含量的方法。样品采用甲醇超声提取,选用 AlltimaTM C₁₈ 色谱柱(4.6 mm \times 250 mm, 5 μm),流动相为水-乙腈,梯度洗脱,检测波长223 nm,流速1 mL $\cdot\text{min}^{-1}$,柱温35 $^{\circ}\text{C}$ 。系统适应性和方法学考察表明,该方法精密、准确、灵敏度高、重现性好。

对不同产地的鹅不食草样品进行了测定,结果表明5种成分在不同批次的鹅不食草药材中的含量差异显著,说明不同产地的鹅不食草中的倍半萜内酯成分会随着地理环境、气候、光照条件的差异发生变化。短叶老鹤草素和山金车内酯 D 的含量较高,文献报道也具有显著的生物活性^[12-14],可作为鹅不食草质量控制中指标性成分。综合以上结果,该方法操作简单、准确、灵敏度高、重复性好,对鹅不食草的质量评价与控制具有一定的参考意义。

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,2015:347.
- [2] 蒲首丞,郭远强,高文远. 鹅不食草化学成分的研究[J]. 中草药,2009,40(3):363-365.
- [3] 周娇娇,毕志明,黄炎,等. 鹅不食草的化学成分[J]. 药学与临床研究,2013,21(2):133-134.
- [4] WU P, SU M X, WANG Y, et al. Supercritical fluid extraction assisted isolation of sesquiterpene lactones with anti-proliferative effects from *Centipeda minima* [J]. Phytochemistry, 2012, 76:133-140.
- [5] HUANG S S, CHIU C S, LIN T H, et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of aqueous extract of *Centipeda minima* [J]. J Ethnopharmacol, 2013, 147(2):395-405.
- [6] GUO Y Q, SUN H Y, CHAN C O, et al. *Centipeda minima* (Ebushicao) extract inhibits PI3K-Akt-mTOR signaling in nasopharyngeal carcinoma CNE-1 cells [J]. Chin Med, 2015, 10:26.
- [7] 郭育卿,王文强,陈志安,等. 鹅不食草提取物对人鼻咽癌细胞 CNE-1 增殖抑制和凋亡诱导作用[J]. 生物加工过程, 2013, 11(3):65-70.
- [8] 韦文芳. 鹅不食草中槲皮素和山奈酚的含量测定[J]. 医药导报, 2014, 33(6):802-804.
- [9] 咎珂,谢艳,过立农,等. 鹅不食草 HPLC 特征图谱和 7 个成分含量测定 [J]. 药物分析杂志, 2018, 38(1):151-157.
- [10] CHAN C O, JIN D P, DONG N P, et al. Qualitative and quantitative analysis of chemical constituents of *Centipeda minima* by HPLC-QTOF-MS & HPLC-DAD [J], J Pharm Biomed Anal, 2016, 125:400-407.
- [11] SU M, LI Y, CHUNG H Y, et al. 2-beta-(Isobutyryloxy) flosilenalin, a sesquiterpene lactone isolated from the medicinal plant *Centipeda minima*, induces apoptosis in human nasopharyngeal carcinoma CNE cells [J]. Molecules, 2009, 14(6):2135-2146.
- [12] YOU P T, WU H Z, DENG M, et al. Brevilin A induces apoptosis and autophagy of colon adenocarcinoma cell CT26 via mitochondrial pathway and PI3K/AKT/mTOR inactivation [J]. Biomed Pharmacother, 2018, 98:619-625.
- [13] HUANG X D, AWANOA Y, MAEDA E, et al. Cytotoxic activity of two natural sesquiterpene lactones, isobutyryloplenolin and arnicolide D, on human colon cancer cell line HT-29 [J]. Nat Prod Res, 2014, 28(12):914-916.
- [14] CHEN X, DU Y P, NAN J, et al. Brevilin A, a novel natural product, inhibits Janus kinase activity and blocks STAT3 signaling in cancer cells [J]. Plos one, 2013, 8:e63697.
- [15] 杨艳芳,朱艳平,张炳武,等. 不同采收时间鹅不食草中 2 种倍半萜内酯的含量测定 [J]. 时珍国医国药, 2014, 25(5):1209-1211.
- [16] 林雨珊,吕秋月,陈四保. 鹅不食草中倍半萜内酯成分及其抗肿瘤活性的研究 [J]. 中南药学, 2019, 17(3):356-360.
- [17] 张舒娜,张亚玉. 鹅不食草的临床应用及药理研究进展 [J]. 吉林农业, 2015(19):76-77.
- [18] 高玉桥,梅全喜. 鹅不食草的药理与临床研究进展 [J]. 环球中医药, 2010, 3(4):307-309.

(收稿日期: 2019-04-15 编辑: 姚霞)