

UPLC 测定不同产地菟丝子药材中 6 种黄酮类成分的含量

王达¹, 王帅^{1,2}, 包永睿^{1,2}, 孟宪生^{1,2*}

(1. 辽宁中医药大学药学院, 辽宁大连 116600;

2. 辽宁省组分中药工程技术研究中心, 辽宁省现代中药研究工程实验室, 辽宁大连 116600)

[摘要] 目的:采用 UPLC 建立同时测定菟丝子药材中金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、槲皮素、山柰酚、异鼠李素 6 种黄酮类成分含量的方法。方法:以内蒙古产菟丝子为代表建立菟丝子药材中 6 种黄酮类成分的定量方法,用此方法测定 12 批不同产地菟丝子药材中 6 种黄酮类成分的含量。色谱条件为 Agilent Eclipse Plus C₁₈ 色谱柱(2.1 mm × 50 mm, 1.8 μm),流动相乙腈-0.1% 甲酸水梯度洗脱,流速 0.21 mL·min⁻¹,柱温 30 °C,检测波长 360 nm。结果:金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、槲皮素、山柰酚、异鼠李素分别在 0.046 8 ~ 0.748 8 μg($r=0.999\ 9$), 0.024 2 ~ 0.387 2 μg($r=0.999\ 9$), 0.088 2 ~ 1.411 2 μg($r=0.999\ 9$), 0.002 3 ~ 0.037 0 μg($r=0.999\ 7$), 0.028 8 ~ 0.460 8 μg($r=0.999\ 6$)和 0.002 3 ~ 0.037 0 μg($r=0.999\ 4$) 线性关系良好,检出限分别为 0.292 5, 0.302 5, 0.367 5, 0.289 0, 0.360 0, 0.286 0 mg·L⁻¹,定量限分别为 0.877 5, 1.210 0, 1.470 0, 1.012 0, 1.260 0, 1.215 5 mg·L⁻¹。平均回收率分别为 99.95%, 99.78%, 99.53%, 99.38%, 100.03%, 99.35%, RSD 分别为 1.0%, 1.2%, 1.0%, 1.4%, 1.1%, 0.5%。12 批来自不同产地的菟丝子 6 种黄酮类成分含量差异较大。结论:该方法专属性强、重复性好、快速、稳定、可控,为科学评价及有效控制菟丝子药材的质量提供依据。

[关键词] 菟丝子; 不同产地; 黄酮类成分; 超高压液相色谱

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)05-0096-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2016050096

Simultaneous Determination of Six Flavonoid Active Components in Semen Cuscutae from Different Origins by UPLC

WANG Da¹, WANG Shuai^{1,2}, BAO Yong-rui^{1,2}, MENG Xian-sheng^{1,2*}

(1. School of Pharmacy, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, China;

2. Component Medicine Engineering Research Center of Liaoning Province, Liaoning Province Modern Chinese Medicine Research Engineering Laboratory, Dalian 116600, China)

[Abstract] **Objective:** To establish a method for simultaneous determination of the six flavonoid active components (hyperoside, isoquercitrin, astragaloside, quercetin, kaempferol and isorhamnetin) in Semen Cuscutae by UPLC. **Method:** A quantitative method was developed for simultaneous determination of the six flavonoid active components with Semen Cuscutae from Inner Mongolia as a representative. Agilent Eclipse Plus C₁₈ column (2.1 mm × 50 mm, 1.8 μm) was used with the mobile phase of acetonitrile-0.1% formic acid solution for gradient elution, at a flow rate of 0.21 mL·min⁻¹. The column temperature was kept at 30 °C and the wavelength was set at 360 nm. **Result:** Hyperoside, isoquercitrin, astragaloside, quercetin, kaempferol and isorhamnetin showed good linearity in range of 0.046 8-0.748 8 μg ($r=0.999\ 9$), 0.024 2-0.387 2 μg ($r=0.999\ 9$), 0.088 2-1.411 2 μg ($r=0.999\ 9$), 0.002 3-0.037 0 μg ($r=0.999\ 7$), 0.028 8-0.460 8 μg ($r=0.999\ 6$) and 0.002 3-0.037 0 μg ($r=0.999\ 4$) respectively. The detection limit of six flavonoids was 0.292 5, 0.302 5, 0.367 5, 0.289 0,

[收稿日期] 20150914 (020)

[基金项目] 国家“重大新药创新”科技重大专项(2013ZX09507005)

[第一作者] 王达,在读硕士,从事药物分析研究,Tel:15904119103,E-mail:wangda314@163.com

[通讯作者] *孟宪生,教授,从事中药药效物质和作用机制研究,Tel:0411-85890185,E-mail:mxsvv@126.com

0.360 0, 0.286 0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, and their limit of quantification was 0.877 5, 1.210 0, 1.470 0, 1.012 0, 1.260 0, 1.215 5 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ respectively. Their average recovery rate was 99.95%, 99.78%, 99.53%, 99.38%, 100.03% and 99.35% with RSD of 1.0%, 1.2%, 1.0%, 1.4%, 1.1% and 0.5% respectively. There was great difference in contents of the six flavonoid active components between 12 kinds of Semen Cuscutae from different origins. **Conclusion:** This method is specific, reproducible, rapid and controllable, and provides basis for scientific evaluation and quality control of Semen Cuscutae.

[**Key words**] Semen Cuscutae; different origins; flavonoids; UPLC

菟丝子始载于《神农本草经》,并列为上品,具有补益肝肾,固精缩尿,安胎,明目,止泻的功效^[1]。菟丝子为临床常用药材,产地分布广泛,目前,市场流通的商品除南方菟丝子和菟丝子外,还有收录于四川地方标准^[2]的大菟丝子。由于菟丝子药材品种多,产地广,不同产地药材质量可能存在差异,进而影响其药效及临床合理应用。而黄酮类成分是菟丝子主要药效成分,现代药理学研究表明其具有抗衰老^[3],抗氧化^[4-5],免疫调节^[6],固精缩尿^[7-8],保肝益肾^[9-10]等作用。因此,以黄酮类成分为指标评价菟丝子药材质量较为科学、合理。目前有文献^[11-12]报道菟丝子中一种或几种黄酮类成分的含量测定方法,为了更加全面、准确、快速评价菟丝子药材质量,本研究利用 UPLC 建立菟丝子药材中 6 种黄酮类成分含量测定方法,并利用此方法测定 12 个产地菟丝子中金丝桃苷、异槲皮苷、槲皮素、紫云英苷、山柰酚、异鼠李素 6 种黄酮类成分的含量,对其特征峰面积进行系统聚类分析,比较不同产地菟丝子之间差异。该方法为合理评价菟丝子药材质量及指导临床提供依据。

1 材料

1.1 仪器 1290 Infinity II 型超高效液相色谱仪(美国安捷伦科技有限公司,包括二元高压梯度泵、真空脱气机、自动进样器、柱温箱和 OpenLAB CDS 色谱工作站),HS6150 型超声波清洗器(天津恒奥科技发展有限公司),CP225D 型电子分析天平(德国赛多利斯公司)。

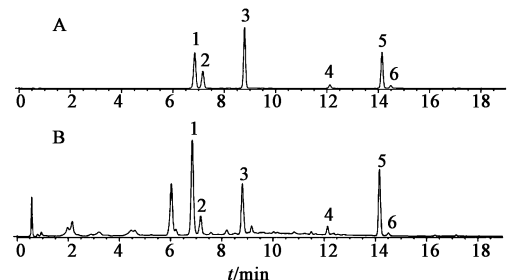
1.2 试剂 金丝桃苷、异槲皮苷、异鼠李素、槲皮素对照品(批号分别为 111521-201408,111809-201403,110860-200608,100081-200907,购自于中国食品药品检定研究院),山柰酚、紫云英苷对照品(批号分别为 130708,140712,购自于成都普菲德生物技术有限公司),乙腈、甲酸、甲醇为色谱纯,水为超纯水。

1.3 药材 12 批不同产地菟丝子药材分别来自内蒙古、宁夏、吉林、云南、安徽、山东、河北、江苏、辽宁、河南、黑龙江、四川,经辽宁中医药大学翟延君教

授鉴定为旋花科植物菟丝子 *Cuscuta chinensis* 的干燥成熟种子,四川大菟丝子为大菟丝子 *C. japonica* 的干燥成熟种子。

2 方法与结果

2.1 色谱条件 Agilent Eclipse Plus C_{18} 色谱柱(2.1 mm \times 50 mm, 1.8 μm),流动相乙腈(A)-0.1% 甲酸水(B),梯度洗脱(0~7 min, 10%~18% B; 7~12 min, 18%~30% B; 12~15 min, 30%~38% B; 15~19 min, 38%~59% B),进样量 4 μL ,流速 0.21 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$,柱温 30 $^{\circ}\text{C}$,检测波长 360 nm。结果各样品中 6 种黄酮类成分的分度均符合要求,混合对照品及样品的色谱图见图 1。



1. 金丝桃苷; 2. 异槲皮苷; 3. 紫云英苷; 4. 槲皮素; 5. 山柰酚; 6. 异鼠李素

图 1 混合对照品(A)及菟丝子样品(B)UPLC 色谱

Fig.1 UPLC Chromatograms of mix reference substance(A) and Semen Cuscutae(B)

2.2 供试品溶液的制备 取菟丝子粉末(过四号筛)1.0 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入 80% 甲醇溶液 40 mL,超声 1 h,滤过,挥干,用 80% 甲醇复溶,定容至 10 mL 量瓶中,摇匀,经 0.22 μm 微孔滤膜滤过,即得。

2.3 对照品溶液的制备 精密称取金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、山柰酚、槲皮素、异鼠李素对照品适量,置于同一 10 mL 量瓶中,加甲醇定容至刻度,摇匀,即得金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、槲皮素、山柰酚、异鼠李素质量浓度分别为 187.200, 96.800, 352.800, 9.260, 115.200, 9.150 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的混合对照品溶液。

2.4 线性关系考察 分别精密移取混合对照品溶液 0.125, 0.250, 0.500, 1.000, 1.500, 2.000 mL 置 2 mL 量瓶中, 加甲醇定容至刻度, 摇匀。按 2.1 项下色谱条件进样分析, 以各成分峰面积 Y 为纵坐

标, 以进样量 $X(\mu\text{g})$ 为横坐标, 进行线性回归, 将混合对照品溶液逐步稀释, 分别以 $S/N = 3$ 和 $S/N = 10$ 时各对照品的质量浓度作为最低检出限 (LOD) 和最低定量限 (LOQ), 结果见表 1。

表 1 6 个黄酮类化合物的回归方程、线性范围、检出限及定量限

Table 1 Regression equations, linear ranges, limits of detection and limits of quantification of six flavonoid active components

成分	回归方程	r	线性范围/ μg	LOD/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	LOQ/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
金丝桃苷	$Y = 10\ 529X + 42.495$	0.999 9	0.046 8 ~ 0.748 8	0.292 5	0.877 5
异槲皮苷	$Y = 9\ 776.8X + 22.983$	0.999 9	0.024 2 ~ 0.387 2	0.302 5	1.210 0
紫云英苷	$Y = 7\ 901.8X + 57.260$	0.999 9	0.088 2 ~ 1.411 2	0.367 5	1.470 0
槲皮素	$Y = 17\ 213X + 5.6202$	0.999 7	0.002 3 ~ 0.037 0	0.289 0	1.012 0
山柰酚	$Y = 14\ 681X + 82.377$	0.999 6	0.028 8 ~ 0.460 8	0.360 0	1.260 0
异鼠李素	$Y = 17\ 755X - 12.294$	0.999 4	0.002 3 ~ 0.037 0	0.286 0	1.215 5

2.5 精密度试验 精密吸取同一混合对照品溶液 4 μL , 按 2.1 项下色谱条件连续进样 6 次, 测定峰面积。结果金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、槲皮素、山柰酚、异鼠李素峰面积的 RSD 分别为 0.4%, 0.5%, 0.4%, 0.4%, 0.4%, 0.4%, 0.7%, 表明仪器精密度良好。

2.6 稳定性试验 按 2.2 项下方法制备供试品溶液, 于室温放置 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24 h, 按 2.1 项下色谱条件, 测定峰面积。结果金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、槲皮素、山柰酚、异鼠李素 24 h 内峰面积的 RSD 分别为 0.4%, 0.8%, 0.3%, 0.6%, 0.5%, 1.9%, 表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

2.7 重复性试验 取同一批药材粉末 6 份, 精密称定, 按 2.2 项下方法制备供试品溶液, 按 2.1 项下色谱条件进行分析。结果金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、槲皮素、山柰酚、异鼠李素的平均质量分数分别为 1.539 7, 0.343 0, 0.959 7, 0.060 3, 0.624 4, 0.035 6 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, RSD 分别为 1.0%, 1.0%, 1.5%, 1.5%, 1.1%, 2.1%, 表明方法重复性良好。

2.8 加样回收率试验 取已知含量的菟丝子药材粉末 6 份, 每份约 0.5 g, 精密称定, 分别加入混合对照品溶液 1 mL (金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、槲皮素、山柰酚、异鼠李素分别为 0.772, 0.171, 0.502, 0.033, 0.320, 0.018 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的混合溶液), 按 2.2 项下方法制备供试品溶液, 按 2.1 项下色谱条件测定, 计算回收率, 结果见表 2。

2.9 样品含量测定 分别取 12 种不同产地菟丝子药材粉末约 1.0 g, 精密称定, 按 2.2 项下方法制备供试品溶液, 按 2.1 项下色谱条件测定峰面积, 并用外标法计算样品中金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、槲皮素、山柰酚、异鼠李素的含量, 结果见表 3。

表 2 菟丝子中 6 种黄酮类成分加样回收率

Table 2 Recoveries of six flavonoid active components

成分	样品中量 /mg	加入量 /mg	测得量 /mg	回收率 /%	平均值 /%	RSD /%
金丝桃苷	0.770 3	0.772 0	1.535 2	99.08	99.95	1.0
	0.770 5	0.772 0	1.535 9	99.15		
	0.775 2	0.772 0	1.561 6	101.86		
	0.772 6	0.772 0	1.544 8	100.02		
	0.771 4	0.772 0	1.542 2	99.85		
	0.783 7	0.772 0	1.553 5	99.72		
异槲皮苷	0.172 7	0.171 0	0.341 9	98.96	99.78	1.2
	0.172 7	0.171 0	0.342 2	99.13		
	0.172 3	0.171 0	0.344 5	100.70		
	0.173 1	0.171 0	0.341 5	98.45		
	0.171 9	0.171 0	0.342 3	99.68		
	0.172 0	0.171 0	0.346 0	101.78		
紫云英苷	0.484 4	0.502 0	0.974 7	97.66	99.53	1.0
	0.489 2	0.502 0	0.988 5	99.46		
	0.491 7	0.502 0	0.997 6	100.78		
	0.483 5	0.502 0	0.981 7	99.25		
	0.487 1	0.502 0	0.990 3	100.23		
	0.484 2	0.502 0	0.985 2	99.79		
槲皮素	0.030 6	0.033 0	0.062 9	97.90	99.38	1.4
	0.030 8	0.033 0	0.063 4	97.89		
	0.031 0	0.033 0	0.064 4	101.02		
	0.030 7	0.033 0	0.063 9	100.78		
	0.030 7	0.033 0	0.063 3	98.76		
	0.030 9	0.033 0	0.063 8	99.90		

续表 2

成分	样品中量 /mg	加入量 /mg	测得量 /mg	回收率 /%	平均值 /%	RSD /%
山柰酚	0.318 3	0.320 0	0.631 6	97.89	100.03	1.1
	0.319 0	0.320 0	0.638 6	99.89		
	0.317 1	0.320 0	0.639 2	100.67		
	0.312 9	0.320 0	0.632 8	99.96		
	0.312 8	0.320 0	0.635 1	100.74		
	0.314 3	0.320 0	0.637 6	101.01		
	异鼠李素	0.018 1	0.018 0	0.035 9	98.67	99.35
0.018 0		0.018 0	0.035 8	98.90		
0.018 2		0.018 0	0.036 2	99.67		
0.018 2		0.018 0	0.036 0	99.23		
0.018 1		0.018 0	0.036 1	100.01		
0.017 9		0.018 0	0.035 8	99.60		

2.10 聚类分析 以 1~12 号样品的 6 个共有峰金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、槲皮素、山柰酚、异鼠李素的峰面积为依据,利用 SPSS 19.0 软件,以欧氏距离为测度,采用组间联结 (Between-groups linkage) 方法,进行聚类分析。结果见图 2。

3 讨论

3.1 以 6 种黄酮类成分作为活性成分评价菟丝子药材质量的意义 目前有关菟丝子中酚酸和几种黄酮类成分的含量测定方法已有文献报道^[13-15],而酚酸类成分目前尚未有研究证明其是菟丝子中主要药效成分,黄酮类成分已明确为菟丝子中有效活性成

表 3 不同产地菟丝子药材含量测定 (n=2)

No.	样品来源	金丝桃苷	异槲皮苷	紫云英苷	槲皮素	山柰酚	异鼠李素
1	内蒙古	0.700 7	0.105 0	0.545 5	0.059 9	0.133 1	0.026 1
2	宁夏	0.266 0	0.070 8	0.390 8	0.012 4	0.196 2	0.011 9
3	吉林	0.131 6	0.071 7	0.620 9	0.024 1	0.082 6	0.008 5
4	云南	0.774 0	0.148 5	0.390 4	0.058 9	0.119 9	0.018 9
5	安徽	0.518 7	0.160 3	0.576 7	0.025 5	0.148 9	0.015 0
6	山东	0.518 0	0.192 9	1.089 1	0.057 5	0.738 3	0.034 1
7	河北	0.871 8	0.301 8	1.982 1	0.086 7	1.075 8	0.078 0
8	江苏	0.889 0	0.336 1	1.962 2	0.059 0	0.524 5	0.028 5
9	辽宁	0.450 8	0.270 6	1.833 8	0.062 4	0.917 0	0.045 3
10	河南	0.873 8	0.206 9	0.826 2	0.027 8	0.308 7	0.010 7
11	黑龙江	0.715 1	0.322 5	1.112 3	0.067 9	0.372 5	0.019 3
12	四川(大菟丝子)	0.130 0	0.047 7	2.962 3	0.008 9	0.080 9	0.011 9

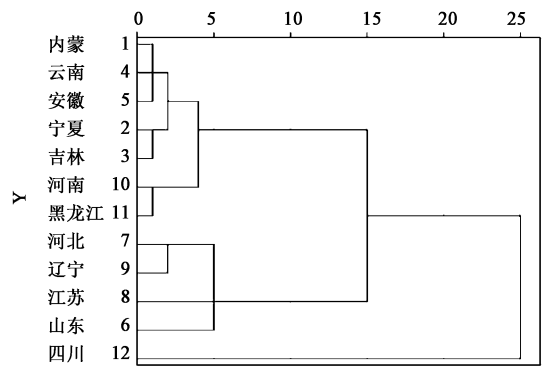


图 2 12 个产地菟丝子聚类分析

Fig. 2 Dendrogram of cluster analysis in Semen Cuscutae from 12 regions

分,以其为指标性成分对菟丝子的质量控制研究更加合理。本实验建立同时对菟丝子中 6 种黄酮类成分定量的方法,以活性成分为指标评价菟丝子的质量准确、合理。许晓嘉等^[12]建立了 5 种黄酮类成分的含量测定方法,本实验在其基础上增加了异槲皮苷的含量测定,由于异槲皮苷具有抗氧化、抗癌、保肝退黄^[16-17]的药理作用,是菟丝子黄酮中活性较强、含量较高的成分,将其作为指标性成分可以更全面地控制菟丝子药材的质量。

3.2 样品处理条件的选择 考察了超声提取与回流提取两种方法对菟丝子中 6 种黄酮类成分含量的影响,发现超声提取法更有助于 6 种黄酮类成分的溶出,而且其操作简便,节省时间和溶剂。同时对溶剂浓度 (100%, 80%, 50%), 溶剂用量 (20, 40, 80 mL) 和超声时间 (30, 60, 90 min) 进行了考察,最

终确定 80% 甲醇 40 mL, 超声提取 1 h 效果最好。

3.3 不同产地菟丝子含量差异 由表 3 可以看出, 12 批来自不同产地的菟丝子中 6 种黄酮类成分含量差异较大, 其中槲皮素与异鼠李素的含量相对于金丝桃苷、异槲皮苷、紫云英苷、山柰酚在所有样品中均较低; 四川大菟丝子与其他 11 个产地菟丝子相比, 紫云英苷的含量最高, 而金丝桃苷、异槲皮苷、槲皮素、山柰酚含量最低。目前有文献报道紫云英苷具有良好的药理活性, 因此, 紫云英苷可能是四川大菟丝子发挥药效的主要成分^[18-19]。由于菟丝子为寄生植物, 不同寄主植物对菟丝子中 6 种黄酮类成分有影响, 因此不同产地菟丝子含量的差异与寄主植物的关系值得进一步深入研究。

3.4 聚类分析 从聚类分析结果可以看出, 12 个产地菟丝子可以分为 3 类。内蒙古、云南、安徽、宁夏、吉林、河南、黑龙江为一类, 河北、辽宁、江苏、山东为一类, 四川为一类。由于菟丝子在种属上主要有 3 种, 分别为《中国药典》收录的菟丝子、南方菟丝子以及纳入地方标准的大菟丝子, 所以, 归为一类的不同产地的菟丝子药材可能属于同一个种属。12 个产地菟丝子可能依据种属不同分为 3 类, 而四川产大菟丝子由于为植物金灯藤的干燥成熟种子, 在种质上与其他产地存在差异, 故单独为一类。河北、辽宁、江苏、山东为沿海省份, 沿海地区的气候、土壤可能存在相似性, 对菟丝子质量可能存在近似影响, 故为一类。

3.5 建立菟丝子多指标定量方法结合不同产地评价菟丝子质量的意义 菟丝子中多种黄酮类成分都具有较好的药理活性, 且含量较高。而 2010 年版《中国药典》只以金丝桃苷的限量作为菟丝子的质量控制指标, 不能全面评价菟丝子的质量, 本实验在前期利用 UPLC-Q-TOF-MS-MS 技术指认出菟丝子中 6 种黄酮类成分, 并建立这 6 种活性成分的定量方法。同时, 这 6 种成分的含量占总含量的 60% 左右, 因此, 以 6 种黄酮类成分的含量为指标控制菟丝子药材质量更为全面、合理、有意义。

[参考文献]

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 290-291.
[2] 四川省卫生厅. 四川省中药材标准[S]. 成都: 四川科学技术出版社, 2010: 23.
[3] 田春雨, 薄海美, 陈新新, 等. 不同产地菟丝子抗衰老作用的比较[J]. 辽宁中医药大学学报, 2009, 4(11):

206-207.

[4] 陈林林, 吴春, 李伟. 菟丝子黄酮的抗氧化性能研究[J]. 食品工业科技, 2008, 11(29): 116-121.
[5] 刘海云, 崔艳茹, 伍庆华, 等. 菟丝子总黄酮对过氧化氢损伤的血管内皮细胞的保护作用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(18): 215-218.
[6] 张庆平, 石森林. 菟丝子对小鼠免疫功能影响的实验研究[J]. 浙江临床医学, 2006, 8(6): 568-569.
[7] 柯江维, 王建红, 赵宏. 菟丝子黄酮对心理应激雌性大鼠海马-下丘脑-垂体-卵巢轴性激素手性的影响[J]. 中草药, 2006, 37(1): 90-92.
[8] 彭守静, 陆仁康, 俞力华, 等. 菟丝子、仙茅、巴戟天对人精子体外运动和膜能影响的研究[J]. 中国中西医结合杂志, 1997, 17(3): 145-147.
[9] 宋敏, 李世朋, 柴连琴, 等. 菟丝子黄酮及其水煎剂的保肝作用研究[J]. 江苏农业科学, 2010(3): 280-282.
[10] 朱晓南, 宗利丽, 张宸铭, 等. 菟丝子及其主要成分黄酮对肾虚排卵障碍大鼠的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(8): 169-172.
[11] 聂新华. 高效液相色谱法测定菟丝子金丝桃苷的含量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2006, 12(9): 13-14.
[12] 许晓嘉, 徐立媛, 郭志勇, 等. HPLC 法同时测定中药菟丝子中五种黄酮类成分含量的研究[J]. 世界中医药, 2014, (4): 491-493.
[13] 李怀国, 叶家宏, 李子鸿, 等. HPLC 法同时测定菟丝子 5 种成分的含量[J]. 中药新药与临床药理, 2014, 9(1): 64-67.
[14] 胡丽萍, 王跃飞, 宋殿荣, 等. HPLC-UV-MS 法同时测定菟丝子中 5 种成分的含量[J]. 中药材, 2010, 33(8): 1277-1279.
[15] 肖岚, 杨梓懿, 石继连. HPLC 法同时测定菟丝子不同炮制品中 5 种主要活性成分含量[J]. 湖南中医药大学学报, 2012, 32(7): 50-53.
[16] 陈季武, 胡斌, 赵实, 等. 天然黄酮类化合物清除 DPPH 的构效关系[J]. 发光学报, 2005, 26(5): 664-668.
[17] 李沛波, 王永刚, 吴钉红. 田基黄中三个黄酮类化合物保肝退黄作用的实验研究[J]. 中山大学学报: 医学科学版, 2007, 28(1): 40-43.
[18] Yang L Y, Chen Q F, Wang F, et al. Antiosteoporotic compounds from seeds of *Cuscuta chinensis* [J]. J Ethnopharmacol, 2011, 135(2): 553-560.
[19] Burmistrova O, Quintana J, Diaz J G, et al. Astragalgin heptaacetate-induced cell death in human leukemia cells is dependent on caspases and activates the MAPK pathway[J]. Cancer Lett, 2011, 309(1): 71-77.

[责任编辑 顾雪竹]