

杨 兰, 李 欠, 冯彦梅, 等. 一测多评法测定川白芷药材中 5 种指标成分的含量[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(1): 199-205.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2020.01.028

一测多评法测定川白芷药材中 5 种指标成分的含量

杨 兰^{1,2}, 李 欠^{1,2}, 冯彦梅^{1,2}, 常宝勤^{1,2}, 马秀琴^{1,2}, 张 瑜^{1,2}, 邱黛玉^{1,2}
(1. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 以欧前胡素为内标物, 建立了测定川白芷药材中白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、欧前胡素、异欧前胡素多种成分含量的一测多评方法。采用 HPLC 方法, 色谱柱为 ZORBAX Eclipse Plus C18 (4.6 mm×250.0 mm, 5 μm), 以甲醇-水为流动相, 等度洗脱, 柱温 30 ℃, 检测波长为 250 nm, 流速为 1 mL/min 进行测定。以欧前胡素为内标物, 建立川白芷药材中白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、异欧前胡素的相对校正因子。川白芷药材中白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、异欧前胡素的相对校正因子重现性良好, 分别为 0.407、0.844、0.847、0.625, 一测多评法测定结果与外标法测定结果无显著差异。表明以欧前胡素为内标物建立川白芷药材多种成分的一测多评法测定结果准确性良好, 方法可行, 可作为川白芷药材的质量控制方法。

关键词: 川白芷; 一测多评法; 相对校正因子; 质量控制

中图分类号: R286.0 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2020)01-0199-07

Simultaneous determination of five index components in *Angelica dahurica* var. *formosana* by QAMS

YANG Lan^{1,2}, LI Qian^{1,2}, FENG Yan-mei^{1,2}, CHANG Bao-qin^{1,2}, MA Xiu-qin^{1,2}, ZHANG Yu^{1,2}, QIU Dai-yu^{1,2}
(1. Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science, Lanzhou 730070, China; 2. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The quantitative analysis of multi-components by single-marker (QAMS) method for content determination of byakangelicin, bergapten, oxypeucedanin, imperatorin and isoperimperatorin in *Angelica dahurica* was established by setting imperatorin as internal standard substance. The high performance liquid chromatography (HPLC) method was adopted, and the chromatographic column of ZORBAX Eclipse Plus C18 (4.6 mm×250.0 mm, 5 μm) was used. The mobile phase was composed of methanol and water in isocratic elution. The column temperature was controlled at 30 ℃, the flow speed was 1 mL/min, and the detection wavelength was 250 nm. The relative correction factors of imperatorin to other four components were established by setting imperatorin as internal standard substance. The relative correction factors of byakangelicin, bergapten, oxypeucedanin and isoperimperatorin in *Angelica dahurica* were 0.407, 0.844, 0.847 and 0.625, which had a high reproducibility. There was no significant difference between the results of QAMS method and external standard method. The QAMS method established by setting imperatorin as internal standard substance is accurate and feasible, which can be used as a useful quality control method for *Angelica dahurica*.

收稿日期: 2019-07-09

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31860102); 甘肃省自然科学基金项目 (18JR3RA185); 甘肃农业大学盛彤笙科技创新基金项目 (GSAU-STS-2037); 甘肃农业大学人才引进专项 (GSAU-RCZX201704)

作者简介: 杨 兰 (1995-), 女, 甘肃天祝人, 硕士研究生, 从事中药分析研究。(E-mail) 2281988971@qq.com

通讯作者: 李 欠, (E-mail) liqian1984@gsau.edu.cn; 邱黛玉, (E-mail) qiudy@gsau.edu.cn

Key words: *Angelica dahurica* var. *formosana*; quantitative analysis of multi-components by single-marker (QAMS) method; relative correction factors; quality control

中药白芷为伞形科植物白芷 [*Angelica dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f.] 或杭白芷 [*A. dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f. var. *formosana* (Boiss.) Shan et Yuan] 的干燥根^[1], 最早记载于《神农本

草经》,列为中品,因初生根杆为芷,色白,因而得名,在中国有着悠久的药食两用的历史^[2]。白芷性温,气芳香,味辛,微苦,具有解表散寒、通窍止痛、祛风除湿、消肿排脓、抗炎、解热、美白等作用,且广泛应用于风寒感冒、头痛、鼻塞、鼻渊、牙痛、赤白带下、痈疽疮疡、湿盛久泻等病症,特别是用于风寒侵犯阴阳引起的头痛,其疗效较显著^[3-8]。除药用外,在食品、保健品、香料、护肤美容用品、日用化工品等方面也有广泛用途^[9],特别是其干燥根部作为调味料可增香添味,脱臭除异,增进食欲^[10]。白芷之乡四川遂宁产的白芷称为川白芷,年产量占全国总产量的一半左右^[11],除此之外还有杭白芷、禹白芷、祁白芷、亳白芷、山东白芷、甘肃白芷等^[12-13]。

白芷中主要的生物活性成分有香豆素、挥发油、多糖和微量元素^[14]。香豆素主要包括欧前胡素、异欧前胡素、佛手柑内酯、氧化前胡素、白当归素、水合氧化前胡素和异珊瑚素等^[15-17]。在 2015 版《中国药典》中用欧前胡素的含量对白芷进行质量评价^[18]。中药质量与其化学成分息息相关,但其化学成分具有多样性和复杂性的特点,选取单一指标难以表征这些特点,所以多组分分析对中药质量控制更加科学合理^[19-21]。由于对照品昂贵、分离难度较大、单体不稳定等缺点,使得多组分分析存在一定的难度^[22-24]。一测多评法是一种用于多指标质量控制的分析方法,其原理是通过将某一廉价易得的成分作为内参物,建立内参物与其他待测成分间的相对校正因子,从而实现多个待测成分的同时测定,是一种适合中药多指标质量评价的模式,它的提出解决了上述对照品的问题,且在一定程度上降低了中药质量控制的分析成本^[25-29]。

目前,杨芳等^[30]采用一测多评法测定了白芷中欧前胡素、异欧前胡素、氧化前胡素的含量,分离时间超过 25 min。江宇勤等^[31]采用一测多评法同时测定白芷中欧前胡素、异欧前胡素、氧化前胡素和佛手柑内酯 4 种香豆素成分,分析时间为 25 min。有研究表明,白当归素具有显著的抗炎、镇痛、解痉和抗肿瘤等功效^[32-34],除此之外 Yoshiyuki 等^[35]也发现白当归素对组胺释放具有抑制作用。所以白当归素也是白芷中重要的成分,将白当归素作为对白芷质量控制指标更加科学合理。

因此,本研究采用一测多评法,以廉价易得的欧前胡素为内参物,建立白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素和异欧前胡素相对校正因子,同时测定川白芷药材中 5 种香豆素成分的含量,为川白芷药材质

量控制与评价提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

高效液相色谱仪,岛津公司产品;PS-30A 超声清洗器,深圳市得康科技有限公司产品;HX203T 电子天平,慈溪市天东衡器厂产品;SHB-Ⅲ循环水式多用真空泵,郑州长城科工贸有限公司产品;JFSD-100 粉碎机,上海嘉定粮油仪器有限公司产品。

对照品白当归素(批号 B-005-180921, $\geq 98\%$)和佛手柑内酯(批号 17120501, $\geq 98\%$)分别购自成都瑞芬思生物科技有限公司和成都普菲德生物技术有限公司,对照品氧化前胡素(批号 B21471, $\geq 98\%$)、欧前胡素(批号 18051502, $\geq 98\%$)、异欧前胡素(批号 18062202, $\geq 98\%$)均购自上海源叶生物科技有限公司。甲醇为天津市富宇精细化工有限公司产品,色谱纯, $\geq 99.5\%$ 。白芷药材购于四川省遂宁市的新桥、大英、新胜等地。

1.2 色谱条件

在舒翔等^[36]方法基础上,进行略微改动。色谱柱:ZORBAX Eclipse Plus C18 色谱柱(4.6 mm \times 250.0 mm, 5 μ m),流动相:甲醇(A)-水(B),流速:1.0 ml/min,柱温:30 $^{\circ}$ C,检测波长:250 nm,进样量:20 μ l。

1.3 对照品溶液的制备

精密称取对照品白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、欧前胡素和异欧前胡素适量,加甲醇溶解,将其配制成质量浓度各为 100 μ g/ml 的混合对照品溶液,用 0.45 μ m 的有机微孔滤膜过滤。

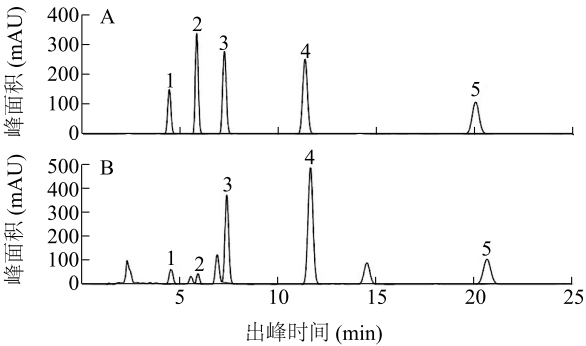
1.4 供试品溶液的制备

精密称取药材粉末(过 40 目筛)2 g,置于锥形瓶中,加入甲醇 50 ml,称质量,超声波处理(40 min, 40 $^{\circ}$ C),冷却补质量,摇匀,抽滤,取滤液经 0.45 μ m 有机微孔滤膜过滤即得。

2 结果与分析

2.1 高效液相色谱系统适应性及专属性

精密量取混合对照品溶液、供试品溶液各 20 μ l,进行色谱分析。结果(图 1)显示,供试品溶液色谱中呈现与对照品保留时间相同的色谱峰;白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、欧前胡素和异欧前胡素与其相邻色谱峰的分离度均大于 1.5,理论塔板数均大于 3 000,方法专属性良好。



1:白当归素;2:佛手柑内酯;3:氧化前胡素;4:欧前胡素;5:异欧前胡素。

图 1 混合对照品(A)和白芷样品(B)的 HPLC 色谱图

Fig. 1 High performance liquid chromatography (HPLC) chromatogram of mixed reference (A) and *Angelica dahurica* (B)

2.2 一测多评法的方法学验证

2.2.1 川白芷中 5 种香豆素成分含量的线性关系

精密量取混合对照品溶液,稀释,配制成质量浓度分别为 5 μg/ml、10 μg/ml、20 μg/ml、40 μg/ml、80 μg/ml 的混合对照品溶液,进行色谱分析。以质量浓度为 x 轴、峰面积为 Y 轴进行回归处理,得到白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、欧前胡素和异欧前胡素含量的回归方程。结果表明各化合物在相应范围内线性关系良好(表 1)。

表 1 川白芷中 5 种指标成分的线性方程及范围

Table 1 Linear equations and range of five index components in *Angelica dahurica*

化合物	回归方程	相关系数 (r)	线性范围 (μg)
白当归素	$Y=41\ 971.0x+59\ 326.6$	0.999 9	0.1~2.0
佛手柑内酯	$Y=88\ 113.1x+103\ 398.0$	0.999 9	0.1~2.0
氧化前胡素	$Y=88\ 845.3x+94\ 807.9$	0.999 9	0.1~2.0
欧前胡素	$Y=104\ 377.0x+129\ 944.0$	0.999 9	0.1~2.0
异欧前胡素	$Y=64\ 962.7x+80\ 821.2$	0.999 9	0.1~2.0

Y :峰面积; x :质量浓度。

2.2.2 精密度 精密吸取同一混合对照品溶液,连续进行 6 次色谱测定,结果显示白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、欧前胡素和异欧前胡素峰面积的相对标准偏差(RSD)分别为 0.028%、0.024%、0.022%、0.024%、0.021%,表明仪器精密度良好。

2.2.3 稳定性 取供试品溶液分别于 0 h、1 h、2 h、4 h、8 h、12 h 和 24 h,进行色谱测定,白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、欧前胡素和异欧前胡素峰面积的 RSD 分别为 0.626%、1.894%、1.128%、0.537%、

0.478%,表明处理后的样品在 24 h 内稳定。

2.2.4 重复性 精密称取同一批药材粉末 2 g,共 6 份,制备样品溶液,进行色谱测定,计算 5 种香豆素成分含量。结果表明白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、欧前胡素和异欧前胡素的平均含量分别为 0.109%、0.014%、0.105%、0.164%、0.087%,RSD 分别为 3.073%、2.562%、1.723%、3.494%、1.681%,说明该方法重复性良好。

2.2.5 加样回收率 在同一批已知含量的样品(1 g)中加入一定量的混合对照品溶液,共 6 份,制备样品溶液并测定各成分含量,计算各成分的加样回收率及其 RSD,结果见表 2。

表 2 川白芷中 5 种指标成分的加样回收率

Table 2 Recovery of five index components in *Angelica dahurica*

成分	样品中 含量 (mg)	加入量 (mg)	测得量 (mg)	回收率 (%)	平均 回收率 (%)	RSD (%)
白当归素	1.101	1.100	2.202	100.078	98.334	1.225
	1.101	1.100	2.190	99.021		
	1.101	1.100	2.169	97.115		
	1.101	1.100	2.172	97.320		
	1.101	1.100	2.197	99.627		
	1.101	1.100	2.166	96.844		
佛手柑内酯	0.137	0.100	0.238	101.397	99.168	1.589
	0.137	0.100	0.236	99.021		
	0.137	0.100	0.235	97.891		
	0.137	0.100	0.234	96.891		
	0.137	0.100	0.236	99.403		
	0.137	0.100	0.237	100.403		
氧化前胡素	1.042	1.010	2.044	99.180	99.202	1.603
	1.042	1.010	2.034	98.249		
	1.042	1.010	2.057	100.462		
	1.042	1.010	2.018	96.636		
	1.042	1.010	2.042	99.021		
	1.042	1.010	2.069	101.665		
欧前胡素	1.598	1.610	3.224	100.998	100.119	1.080
	1.598	1.610	3.196	99.249		
	1.598	1.610	3.227	101.180		
	1.598	1.610	3.211	100.170		
	1.598	1.610	3.179	98.194		
	1.598	1.610	3.223	100.922		
异欧前胡素	0.861	0.900	1.775	101.575	99.582	1.276
	0.861	0.900	1.766	100.581		
	0.861	0.900	1.748	98.581		
	0.861	0.900	1.760	99.857		
	0.861	0.900	1.740	97.716		
	0.861	0.900	1.754	99.180		

2.3 川白芷药材中 5 种香豆素成分的相对校正因子

取混合对照品溶液,分别测定进样量为 2 μl 、4 μl 、8 μl 、16 μl 、20 μl 时的峰面积,按公式计算校正因子, $f_{k/s} = f_k / f_s = (W_k \times A_s) / (W_s \times A_k)$, 式中 $f_{k/s}$ 为内参物 k 对组分 s 的校正因子, A_k 为内参物峰面积, W_k

为内参物的质量或质量浓度, A_s 为其他组分 s 的峰面积, W_s 为其他组分 s 的质量或质量浓度。

以欧前胡素为内参物,分别计算其对白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素和异欧前胡素的相对校正因子,结果见表 3。

表 3 川白芷药材中 5 种指标成分的相对校正因子

Table 3 The relative correction factors of five index components in *Angelica dahurica*

进样体积 (μl)	相对校正因子			
	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{白当归素}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{佛手柑内酯}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{氧化前胡素}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{异欧前胡素}}$
2	0.407	0.842	0.847	0.624
4	0.407	0.843	0.847	0.624
8	0.407	0.843	0.847	0.625
16	0.407	0.845	0.848	0.626
20	0.407	0.845	0.847	0.626
平均值	0.407	0.844	0.847	0.625
RSD(%)	0.032	0.131	0.037	0.106

2.4 相对校正因子的耐用性

2.4.1 不同系统和色谱柱对相对校正因子的影响

除了采用上述高效液相色谱系统与色谱柱之外,还考察了 Waters 高效液相色谱系统和 Symmetry[®] C18 色谱柱(4.6 mm \times 250.0 mm, 5 μm)对各成分相

对校正因子的影响。计算白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素和异欧前胡素与内参物欧前胡素间的相对校正因子,结果(表 4)显示在不同色谱柱条件下重现性良好。

表 4 Waters 高效液相色谱系统和 Symmetry[®] C18 色谱柱测定川白芷药材中 5 种指标成分的相对校正因子

Table 4 The relative correction factors of five index components in *Angelica dahurica* determined by Waters HPLC system and Symmetry[®] C18 chromatographic column

进样体积 (μl)	相对校正因子			
	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{白当归素}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{佛手柑内酯}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{氧化前胡素}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{异欧前胡素}}$
2	0.438	0.831	0.870	0.618
4	0.432	0.833	0.865	0.637
8	0.427	0.829	0.858	0.604
16	0.419	0.827	0.853	0.613
20	0.424	0.827	0.855	0.618
平均值	0.428	0.830	0.860	0.618
RSD(%)	1.466	0.278	0.771	1.749

2.4.2 不同流速对相对校正因子的影响 在同一实验室,采用岛津 LC20-A 高效液相色谱系统和 Waters (250.0 mm \times 4.6 mm, 5 μm) 色谱柱,分别考察体积流量为 0.8 ml/min、0.9 ml/min、1.0 ml/min、1.1 ml/min、1.2 ml/min 时欧前胡素对其他成分的相

对校正因子,结果表明各成分相对校正因子在不同体积流量下重现性良好(表 5)。

2.4.3 不同柱温对相对校正因子的影响 在同一实验室,采用岛津 LC20-A 高效液相色谱系统和 Waters (250.0 mm \times 4.6 mm, 5 μm) 色谱柱,分别考

察柱温为 20 ℃、25 ℃、30 ℃、35 ℃、40 ℃ 时欧前胡素对其他成分的相对校正因子,结果表明各成分相对校正因子在不同柱温下重现性良好(表 6)。

表 5 不同流速测定川白芷药材中 5 种指标成分的相对校正因子

Table 5 The relative correction factors of five index components in *Angelica dahurica* determined at different flow rates

流速 (mL/min)	相对校正因子			
	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{白当归素}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{佛手柑内酯}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{氧化前胡素}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{异欧前胡素}}$
0.8	0.403	0.841	0.846	0.622
0.9	0.403	0.842	0.846	0.621
1.0	0.404	0.843	0.848	0.622
1.1	0.403	0.842	0.845	0.621
1.2	0.403	0.842	0.845	0.622
平均值	0.403	0.842	0.846	0.622
RSD(%)	0.072	0.053	0.098	0.054

表 6 不同柱温测定川白芷药材中 5 种指标成分的相对校正因子

Table 6 The relative correction factors of five index components in *Angelica dahurica* determined at different column temperatures

温度 (℃)	相对校正因子			
	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{白当归素}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{佛手柑内酯}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{氧化前胡素}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{异欧前胡素}}$
20	0.404	0.842	0.847	0.622
25	0.403	0.842	0.847	0.622
30	0.404	0.843	0.848	0.622
35	0.403	0.842	0.848	0.622
40	0.403	0.841	0.846	0.622
平均值	0.403	0.842	0.847	0.622
RSD(%)	0.097	0.056	0.053	0.030

2.4.4 不同检测波长对相对校正因子的影响 在同一实验室,采用岛津 LC20-A 高效液相色谱系统和 Waters (250.0 mm×4.6 mm,5 μm) 色谱柱,分别考察波长为 240 nm、245 nm、250 nm、255 nm、260 nm 时欧前胡素对其他成分的相对校正因子,结果显示各成分相对校正因子在不同波长下重现性良好(表 7)。

表 7 不同检测波长测定川白芷药材中 5 种指标成分的相对校正因子

Table 7 The relative correction factors of five index components in *Angelica dahurica* determined at different detection wavelengths

波长 (nm)	相对校正因子			
	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{白当归素}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{佛手柑内酯}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{氧化前胡素}}$	$f_{\text{欧前胡素}}/f_{\text{异欧前胡素}}$
240	0.402	0.844	0.849	0.624
245	0.403	0.844	0.849	0.624
250	0.404	0.843	0.848	0.622
255	0.401	0.838	0.844	0.619
260	0.396	0.831	0.839	0.615
平均值	0.401	0.840	0.846	0.621
RSD(%)	0.677	0.591	0.422	0.525

2.5 一测多评法与外标法测定结果的比较

精密吸取供试品溶液 20 μl 进行色谱测定。采用一测多评法与外标法计算川白芷中白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、欧前胡素、异欧前胡素的含

量。结果(表 8)显示,2 种方法测得的各批次药材中白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素、欧前胡素、异欧前胡素含量差异不显著。说明用一测多评法评价川白芷的多指标质量是可行的。

表 8 一测多评法与外标法测定川白芷中 5 种成分含量的结果比较

Table 8 Comparison of the results of quantitative analysis of multi-components by single-marker (QAMS) method and external standard method in the determination of five constituents in *Angelica dahurica* var. *formosana*

产地	欧前胡素含量(%)			白当归素(%)			佛手柑内酯(%)			氧化前胡素(%)			异欧前胡素(%)		
	外标法	外标法	一测多评法	外标法	一测多评法	相对误差	外标法	一测多评法	相对误差	外标法	一测多评法	相对误差	外标法	一测多评法	相对误差
新胜	0.160	0.110	0.109	-0.618	0.014	0.014	-0.416	0.104	0.104	-0.279	0.086	0.086	-0.239		
大英	0.201	0.048	0.048	-0.588	0.012	0.012	-0.414	0.133	0.132	-0.277	0.105	0.105	-0.291		
新桥	0.173	0.053	0.053	-0.588	0.010	0.009	-0.414	0.128	0.127	-0.277	0.070	0.070	-0.291		

3 结 论

本研究通过测定内参物欧前胡素与白当归素、佛手柑内酯、氧化前胡素和异欧前胡素之间的相对校正因子,同时测定川白芷药材中 5 种香豆素成分含量,并与外标法进行比较,结果表明 2 种方法无显著差异。说明一测多评法准确性良好,方法可行,结果可靠,可作为一种评价川白芷多成分质量的方法。采用一测多评法可以解决对照品不足、中药单指标成分难以表达药材质量的弊端,同时能降低成本。

参考文献:

- [1] 赵 亮,曹 红. 白芷有效成分提取工艺的优化及其中药材质量研究[J].现代生物医学进展,2011,11(14): 2759-2766.
- [2] 崔秋兵,张 艺,兰 莎. 白芷镇痛作用物质基础研究[J].中国实验方剂学杂志,2010,16(12):102-104.
- [3] 周淑敏. 白芷香豆素的提取及其抑菌活性研究[J].食品工业,2014,35(3):141-144.
- [4] 王 方,王 灿. 白芷醇提物延缓皮肤衰老与抗氧化作用的相关性研究[J].中国药房,2012,23(7):599-602.
- [5] 韦 玮,徐 崑,杨秀伟,等. 杭白芷醋酸乙酯部位化学成分研究[J].中草药,2016,47(15):2606-2613.
- [6] LIANG W H, CHANG T W, CHARNG Y C. Effects of drying methods on contents of bioactive compounds and antioxidant activities of *Angelica dahurica* [J]. Food Sci Biotechnol, 2018, 27(4):1085-1092.
- [7] JIANG Y, LU X, PENG W, et al. Study on the influence of sulfur fumigation on chemical constituents of *Angelica dahurica* Radix (Baizhi) [J]. Trop J Pharm Res, 2015, 14(5):815.
- [8] KANG J, ZHOU L, SUN J, et al. Chromatographic fingerprint a-

nalys and characterization of furocoumarins in the roots of *Angelica dahurica* by HPLC/DAD/ESI-MSn technique [J]. J Pharmaceu Biomed, 2008, 47(4/5):778-785.

- [9] 邓改改,崔治家,杨秀伟. 川白芷根极性化学成分研究[J].中国中药杂志,2015,40(19):3805-3810.
- [10] 郑立辉,王鹏君,李 伟,等. 白芷精油成分分析及清除 DPPH 自由基活性[J].食品科学,2014,35(14):180-183.
- [11] 朱艺欣,李宝莉,马宏胜,等. 白芷的有效成分提取、药理作用及临床应用研究进展[J].中国医药导报,2014, 11(31):159-162.
- [12] 肖永庆,李 丽,游小琳,等. 白芷质量标准研究[J].中国中药杂志,2004(7):48-51.
- [13] 周 冰,刘 培,陈 京,等. 不同产地白芷药材中香豆素类及多糖类化学成分的分析评价[J].南京中医药大学学报, 2015, 31(1):68-73.
- [14] WANG J, LIAN P, YU Q, et al. Purification, characterization and procoagulant activity of polysaccharides from *Angelica dahurica* roots[J]. Chem Cent J, 2017, 11(1):17.
- [15] FAN G, DENG R, ZHOU L, et al. Development of a rapid resolution liquid chromatographic method combined with chemometrics for quality control of *Angelica dahurica* radix [J]. Phytochem Analysis, 2011, 23(4):299-307.
- [16] 马逾英,钟世红,贾敏如,等. 紫外分光光度法测定川白芷中总香豆素类成分的含量[J].华西药学杂志,2005(2):159-160.
- [17] 马 俊,曹 赟,陈 玲,等. 基于 UPLC 及一测多评法测定不同等级白芷药材中 4 种香豆素类成分 [J]. 中药材,2018, 41(10):2372-2376.
- [18] 中华人民共和国国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:105-106.
- [19] CUI L, ZHANG Y, SHAO W, et al. Analysis of the HPLC fingerprint and QAMS from *Pyrrosia species* [J]. Industrial Crops and Products, 2016, 85:29-37.
- [20] 黄广伟,杨素德,曹婧迪. 一测多评法测定复方白芷止痛胶囊

- 中 4 种指标成分[J].中国中医药信息杂志,2018, 25(9):86-90.
- [21] 刘 凯,魏 颖,刘洋洋,等. “一测多评”法在中药质量评价中的研究进展[J].现代中药研究与实践,2013,27(6): 81-84.
- [22] WANG L, ZHANG Y, SUN X, et al. Simultaneous quantitative analysis of main components in linderæ reflexae radix with one single marker[J]. Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 2016, 39(8):422-427.
- [23] 张红伟,张振凌. “一测多评”法在中药质量控制中的研究进展[J].海峡药学,2010,22(11):88-89.
- [24] 杨丽霞,陈勇强,孙 舰. 基于两种一测多评法对尾叶香茶菜中四种二萜类成分的质量控制研究[J].山西中医学院学报,2018,19(6):27-30.
- [25] 魏凤环,吴桂欣,朱清利,等. 一测多评法测定湿疹软膏中欧前胡素、异欧前胡素的含量[J].中国实验方剂学杂志,2012,18(21):125-128.
- [26] 陆兔林,石上梅,蔡宝昌,等. 基于一测多评的中药多成分定量研究进展[J].中草药,2012,43(12):2525-2529.
- [27] 田 刚,李 超,吴 菲,等. 基于一测多评法对小儿豉翘清热颗粒中 9 个成分的质量控制[J].药物分析杂志,2018, 38(11):1922-1930.
- [28] 李宇邦,肖凤霞,宋小欣,等. 一测多评法比较毛橘红与光橘红 5 种黄酮类成分含量[J].中草药,2018,49(2): 444-449.
- [29] 文乾映,龙 芳,杨 华,等. 中药质量控制中一测多评法的应用进展[J].中国药房,2014,25(23):2185-2188.
- [30] 杨 芳,万 丽,胡一晨,等. 一测多评法测定川白芷药材中 3 种香豆素成分的含量[J].中国中药杂志, 2012, 37(7):956-960.
- [31] 江宇勤,王佳琪,罗 婷,等. 一测多评法测定不同产地白芷饮片 中 4 种香豆素成分含量[J].时珍国医国药, 2018,29(11): 2616-2619.
- [32] 史 洋,雷 云,许海玉,等. 白芷中 3 个主要活性成分含量测定及其质量评价研究[J].中国中药杂志, 2015, 40(5):915-919.
- [33] 冯向东,王 戈,刘直臻,等. 高效液相色谱法同时测定元胡止痛片中 6 种活性成分的含量[J].中南药学, 2019, 17(2):243-246.
- [34] 陈晓萌,张迎春,林 朔,等. 外翻肠囊法发现元胡止痛片吸收成分群的研究[J].中国中药杂志, 2012, 37(13): 2005-2011.
- [35] YOSHIYUKI K, HIROMICHI O. Histamine-release effectors from angelica dahurica var dahurica root[J]. J Nat Prod, 1997, 60(3): 249.
- [36] 舒 翔,叶小春,陈 军,等. 高效液相色谱法同时测定白芷中欧前胡素和异欧前胡素的含量[J].中国医院药学杂志,2017, 37(5):427-429.

(责任编辑:张震林)