

白芷质量控制的研究进展

路立峰^{1*},高 源¹,汤志强²(1.山东药品食品职业学院药品技术研发中心,山东 威海 264210;2.淄博市计量测试所,山东 淄博 255000)

中图分类号 R282.7 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2017)15-2156-05
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2017.15.39

摘要 目的:为深入研究和开发白芷提供参考。方法:以“白芷”“炮制”“鉴别”“质量控制”等为关键词,组合检索中国知网、维普数据库等收录的2007—2016年发表的相关研究文献,就白芷的加工炮制、定性鉴别、质量控制等进行总结和综述。结果与结论:共查阅到相关文献145篇,其中有效文献37篇。当前白芷加工炮制研究涉及加工、切制、炮制、干燥、粉碎等,但关于其炮制机制研究较少;除香豆素类成分外其他类成分研究较少;质量控制模式研究呈现多元化,但尚不能全面表征其药效。故应加强白芷炮制方法和机制研究,创新和完善其质量控制模式。
关键词 白芷;加工炮制;定性鉴别;质量控制

白芷,始载于《神农本草经》,并列为中品,在我国有着悠久的药食两用的历史。其性温味辛,入胃、大肠、肺经,可解表散寒、祛风止痛、宣通鼻窍、燥湿止带、消肿排脓,临床用于感冒头痛、眉棱骨痛、鼻塞流涕、鼻渊、牙

知母皂苷BII和菝葜皂苷元[J].现代药物与临床,2014,29(7):737-741.

[27] 吴莹,高慧,宋泽璧.盐知母HPLC-PDA-CAD指纹图谱研究[J].中药材,2015,38(5):942-947.

[28] Inagaki S, Min JZ, Toyo, oka T. Direct detection method of oligosaccharides by high-performance liquid chromatography with charged aerosol detection[J]. *Biomed Chromatogr*, 2007, 21(4):338-342.

[29] Dixon RW, Baltzell G. Determination of levoglucosan in atmospheric aerosols using high performance liquid chromatography with aerosol charge detection[J]. *J Chromatogr A*, 2006, 1109(2):214-221.

[30] Clos JF, DuBois GE, Prakash I. Photostability of rebaudioside A and stevioside in beverages[J]. *J Agric Food Chem*, 2008, 56(18):8507-8513.

[31] 张敏利,金燕.亲水作用色谱与电雾式检测器测定枸杞子药材中的甜菜碱[J].中成药,2014,36(10):2128-2131.

[32] Khoomrung S, Chumnanpuen P, Jansa-Ard S, et al. Rapid quantification of yeast lipid using microwave-assisted total lipid extraction and HPLC-CAD[J]. *Anal Chem*, 2013, 85(10):4912-4919.

[33] de la Mata-Espinosa P, Bosque-Sendra JM, Bro R, et al. Discriminating olive and non-olive oils using HPLC-CAD and chemometrics[J]. *Anal Bioanal Chem*, 2011, 399(6):2083-2092.

[34] Ramos RG, Libong D, Rakotomanga M, et al. Comparison between charged aerosol detection and light scattering detection for the analysis of Leishmania membrane phospholipids[J]. *J Chromatogr A*, 2008, 1209(1/2):88-94.

[35] Moreau RA. The analysis of lipids via HPLC with a charged aerosol detector[J]. *Lipids*, 2006, 41(7):727-734.

[36] 王一博,王春雨,曲范娜,等.高效液相色谱-电雾式检测器同时测定猪、牛、羊、熊胆粉中5种胆汁酸的含量[J].分析化学,2014,42(1):109-112.

[37] 李琴,胡春勇,陈刚胜,等.HPLC-CAD法测定棕榈酸中的有关物质[J].中国医药科学,2015,5(5):45-47,54.

[38] Acworth IN, Plante M, Crafts C, et al. Quantitation of underivatized omega-3 and omega-6 fatty acids in foods by HPLC and charged aerosol detection[J]. *Planta Medica*, 2011, 77(12):1362-1363.

[39] 赵粼,阙斐,周晓红,等.柱后补偿液相色谱与电雾式检测器结合测定茶氨酸含量[J].食品工业科技,2013,34(1):317-318.

[40] Nováková L, Lopéz SA, Solichová D, et al. Comparison of UV and charged aerosol detection approach in pharmaceutical analysis of statins[J]. *Talanta*, 2009, 78(3):834-839.

[41] Shaodong J, Lee WJ, Ee JW, et al. Comparison of ultraviolet detection, evaporative light scattering detection and charged aerosol detection methods for liquid-chromatographic determination of anti-diabetic drugs[J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2010, 51(4):973-978.

[42] 赵鑫,杨光,郑国帅,等.高效液相色谱-质谱-电雾式检测法同时测定辛夷提取物中4种木脂素成分[J].分析化学,2014,42(12):1804-1810.

[43] Kou D, Manius G, Zhan S, et al. Size exclusion chromatography with Corona charged aerosol detector for the analysis of polyethylene glycol polymer[J]. *J Chromatogr A*, 2009, 1216(28):5424-5428.

* 讲师,硕士。研究方向:中药质量控制。E-mail: 601592082@qq.com (编辑:周 簪)

痛、带下、疮疡肿痛等,同时被国家卫生和计划生育委员会列入药食两用名录。现代研究表明,白芷中主要含有香豆素类、挥发油类、氨基酸类成分及微量元素等,具有抗肿瘤、抗菌、解热、镇痛、消炎等多种药理活性。目前关于白芷的综述报道多集中在药理作用及临床应用研究方面,而关于其质量控制研究方面的综述报道较少。本研究中,笔者以“白芷”“炮制”“鉴别”“质量控制”等为关键词,组合检索中国知网、维普数据库等收录的2007—2016年发表的相关研究文献(共查阅到相关文献145篇,其中有效文献37篇),就白芷的加工炮制、定性鉴别、质量控制等进行总结和综述,旨在为深入研究和开发白芷提供参考

1 加工炮制

1.1 加工方法

蒋桂华等^[1]以外观性状和总香豆素含量为指标,对比日晒法、烘房烘干法、炕床烘干法、微波烘干法、吸附式低温干燥法与传统熏硫法对白芷药材质量的影响,筛选出可替代传统熏硫法并适合药农产地加工的炕床烘干法及适应工厂加工的烘房烘干法和吸附式低温干燥法。

1.2 切制方法

李玲等^[2]认为,白芷抢水、浸泡处理后,切成1~2 mm的饮片,其水浸出物量和香豆素含量均优于2~3 mm及4~5 mm饮片,较好地完善了饮片加工工艺。谭秋生等^[3]选取水洗切片、水洗切块、未水洗切片和未水洗切块的鲜白芷,进行总灰分、稀乙醇热浸出物、欧前胡素含量测定及高效液相色谱(HPLC)指纹图谱相似度比较评价,认为水洗和切制不适宜于鲜白芷产地加工。

1.3 炮制方法

张利等^[4]采用烘干、日晒、微波3种干燥方式,对机器和手工切制的片、块、丁3种规格样品,运用紫外分光光度法(UV)结合HPLC法进行测定,结果显示9种新型饮片质量均优于传统熏硫饮片,为新型饮片质量控制提供了依据。

袁子民等^[5]对酒炖白芷进行研究,采用HPLC法比较其炮制前后化学成分变化,结果发现在黄酒弱酸性及受热条件下,氧化前胡素、白当归脑发生醚键开环,生成水合氧化前胡素、白当归素,致使前两种成分含量降低,后两种成分含量升高,并认为酒炖入药具有一定的炮制意义,但能否增强疗效有待进一步研究。

1.4 干燥方法

董芙蓉等^[6]研究了4种不同干燥方法对白芷醇提物有效成分的影响,结果表明,冷冻干燥较常压干燥、减压干燥及微波干燥对欧前胡素和异欧前胡素影响最小,且外观良好,但干燥时间较长。

1.5 粉碎方法

超微粉碎是利用机械外力使中药材细胞壁破裂、细胞内有效成分易于溶出的方法,可极大地改善和提高中

药材的生物利用度,越来越受到饮片生产厂家和消费者的青睐。有学者将白芷饮片粉碎成4种不同粒径的超微粉,通过粒径分布控制超微粉等级,以红外光谱法(IR)检测成分变化,以HPLC法测定其溶出液中的欧前胡素含量,并认为超微粉的吸潮性与细粉无差异,在一定粒径范围内粒径越小溶出度越高^[7]。由此认为,应根据药材性质、溶出度等情况选择适宜的粒径。

2 定性鉴别

2.1 简单重复序列间扩增(ISSR)标记技术

ISSR标记技术具有快捷、高效、操作简便、重复性好的特点,已广泛应用于中药分析鉴定、中药种质资源遗传分析等领域。郭丁丁等^[8]基于聚合酶链式反应(PCR)首次进行白芷ISSR反应体系优化,建立了白芷ISSR反应体系和扩增程序,其可用于研究白芷种质资源遗传多样性,进一步夯实白芷遗传变异分析和遗传图谱构建的理论基础。

2.2 扩增片段长度多态性(AFLP)技术

AFLP技术因具有可靠、方便的特点,已广泛应用于生物多样性考察、指纹图谱构建、遗传图谱构建等领域。陈要臻等^[9]建立了白芷的AFLP实验体系,筛选出多态性强的引物,可为白芷鉴定和种质遗传多样性分析提供参考。

2.3 近红外光谱法(NIR)

NIR法因其具有操作简便、分析快速、安全、无污染并可在在线控制的优点,在药物定性定量分析中应用越来越广泛。将NIR法与化学计量法相结合,选取适宜的波谱区段,对31批不同的白芷进行聚类分析,取得了同传统性状鉴别相一致的评价结果^[10]。

2.4 HPLC指纹图谱技术

中药讲究道地药材,中药材质量的好坏与产地、采收、加工等因素密切相关。中药白芷的来源有两种,一是伞形科植物白芷 *Angelica dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Bench. et Hook.f.;二是伞形科植物杭白芷 *A. dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Bench. et Hook. f. var. *formosana* (Boiss.) Shan et Yuan。两者亲缘关系接近,相似度极高,不易鉴定。袁亚洲等^[11]采用HPLC-二极管阵列检测器(DAD)法,应用主成分分析和系统聚类分析模式识别,分析了3个不同产地的30个白芷样品的相似性及差异性,较好地按照药材来源将不同产地的样品正确分类,建立了不同产地白芷的识别方法,并能较好地控制药材质量。章军等^[12]采用反相HPLC法(RP-HPLC)建立了不同品种白芷药材的指纹图谱,认为白芷与杭白芷中共有5个特征峰(第3、4、9、10、11号峰),而第5、6、8号峰为白芷药材指纹峰,第1、2、7号峰为杭白芷药材指纹峰。采用RP-HPLC法可较好地鉴别白芷与杭白芷。

3 质量控制

3.1 化学成分分析研究

到目前为止,白芷中的化学成分研究主要集中于香

豆素类、挥发油类、氨基酸类、多糖类成分及微量元素等。白芷香豆素类成分研究常采用的技术方法和手段主要有HPLC法、气相色谱-质谱联用法(GC-MS)、主成分分析技术(PCA)、毛细管电泳法(CE)、毛细管电泳-质谱联用技术(CE-MS)、液相色谱-质谱串联技术(LC-MS)等;挥发油类成分研究常采用的技术方法则有GC法、GC-MS法等;微量元素研究则有火焰原子吸收分光光度法(FAAS)等。提取分离方法主要有溶剂提取法、超声波提取法、渗漉法、超临界CO₂萃取法、水蒸气蒸馏法、半仿生提取法、大孔树脂吸附法、硅胶柱色谱法、高速逆流色谱分离技术(HSCCC)、高速离心分离技术、快速溶剂萃取法(ASE)等。

作为中药质量控制的常用方法,HPLC法已越来越多地应用于研究不同产地白芷和含白芷的成方制剂中一种或多种有效成分的含量测定。如一项研究以Phenomenex Gemini C₁₈为固定相,甲醇-水为流动相,检测波长为310 nm,用HPLC法同时测定了白芷中比克白芷素、氧化前胡素、欧前胡素、珊瑚菜内酯、异欧前胡素等5种成分含量,找到了适合江苏地区栽培的种质来源及播种方式^[13]。另一项研究以Platisil ODS C₁₈为色谱柱,以乙腈-水进行梯度洗脱,以254 nm为检测波长,并以白当归素、欧前胡素和异欧前胡素等3个成分为考察指标采用HPLC法进行同时测定,确定了在不同产地10个批次的白芷药材中,安徽亳州和河南长葛产药材上述指标成分含量较高^[14]。但尚未见关于白芷中相关成分的HPLC一测多评法的研究报道。

因具有高效、快速、灵敏、准确的特点,LC-MS法主要用于极性化合物、难挥发性化合物、热不稳定化合物和大分子化合物的定性及定量分析,是现代最常用的研究技术之一。因白芷中香豆素类成分具有极性大、遇热不稳定及难挥发等性质,具有高通量、高灵敏度和高分辨率优势的LC-MS法在该类成分分析中应用较多。如魏宁等^[15]通过以欧前胡素、异欧前胡素、水合氧化前胡素、氧化前胡素、佛手柑内酯和花椒毒酚为指标,采用LC-MS法进行定性及定量分析,考察和比较了ASE法、回流提取法和超声辅助提取法对川白芷提取率的影响,最终确定了ASE法可快速高效萃取白芷中的香豆素类成分。

曾承辉等^[16]以盐酸小檗碱为内标物,建立磷酸二氢钠-十二烷基磺酸钠-甲酰胺的非水胶束体系,采用非水毛细管电泳法测定了白芷中欧前胡素和异欧前胡素的含量,结果表明该法操作简单、快速价廉、分离效果好,可用于控制白芷药材的质量。

3.2 质量控制模式研究

3.2.1 色谱指纹图谱控制模式 色谱指纹图谱是中药化学指纹图谱的重要组成部分,在国内外药学领域应用越来越广泛,在中药质量控制方面起着越来越重要的作用。色谱指纹图谱有HPLC指纹图谱、GC指纹图谱、

HSCCC指纹图谱、高效毛细管电泳(HPCE)指纹图谱及与光谱相结合的HPLC-MS指纹图谱、GC-MS指纹图谱等。

选择欧前胡素和异欧前胡素为参照物,雷云等^[17]以乙腈-水为流动相,在254 nm检测波长下,得到香豆素类成分共有峰10个,建立了白芷中香豆素类成分的HPLC指纹图谱,并同时测定了两种参照物成分的含量。章军等^[12]采用RP-HPLC法,以0.1%冰醋酸乙腈-0.1%冰醋酸水溶液为流动相,在312 nm波长下检测,进行二元梯度洗脱,指认了白芷和杭白芷中各有11个特征峰,两者具有8个共有峰。袁亚洲等^[11]运用HPLC-DAD法,应用PCA和系统聚类分析模式识别,找出7个共有峰,并确认来自各省白芷药材共有模式HPLC色谱图。另有学者^[18]采用RP-HPLC法,以乙腈-0.15%冰醋酸为流动相,分类建立渝产白芷指纹图谱,并进行系统相似性比较和评价,认为在硫熏、采收日期、海拔高度、产地、生长土壤、表皮类型和采收加工方法等影响因素中,最能显著影响白芷质量的是产地、种植土壤和采收加工方法,其次为海拔高度。

3.2.2 药物体系质量评价模式 药物体系质量评价是用药理学、药效学、药物成分相互作用关联分析的方法,研究药物体系中有效指标成分的含量及组成比例,并与基准饮片进行关联度分析比较,表征饮片质量,综合考量饮片质量优劣的方法。

石任兵团队已相继对白芷、生地黄、柴胡、丹参、远志、石菖蒲、蒲黄等7种饮片进行了药物体系质量评价。该团队^[19]选择香豆素类成分和酚类成分组成药物体系关联组分,表征白芷有效指标性成分,应用药物体系质量评价模式,对绿原酸、花椒毒酚、佛手柑内酯、欧前胡素、异欧前胡素等5种有效指标成分进行了含量测定,并与基准饮片进行质量关联分析,从而筛选和寻找优质饮片,全面表征与评价白芷质量。此研究为优选中药饮片寻找到一种新思路和新方法。

3.2.3 谱-效关系控制模式 中药谱-效关系控制模式是以中药为研究对象,结合现代研究方法,研究中药指纹图谱与药效学之间的内在关系,建立符合中医药理论体系的质量评价体系,能较好地反映出中药饮片物质群的完整作用效果。较公认的研究中药指纹图谱的主导方法有HPLC指纹图谱技术、HPCE指纹图谱技术等。

张慧等^[20]选择白芷中活性最强的乙酸乙酯部位,建立HPLC指纹图谱,以大鼠血瘀模型,考察全血黏度、血浆黏度、血细胞比容、红细胞聚集指数,进行活血化瘀作用体内筛选,研究指纹图谱与白芷活血化瘀作用的谱效相关性,并从16个共有峰中指认出第4、9、11、12、16号峰为活血化瘀作用的特征峰,所建立的白芷HPLC特征图谱与药效作用的关系,为“指纹图谱与药效关联”的中药质量控制模式提供了数据支持。但是到目前为止,关于白芷HPCE指纹图谱研究仍鲜有报道。

3.2.4 传统与现代相结合的质量评价模式 中药饮片的传统鉴别主要以性状鉴别为主,而鉴别的手段主要依赖于眼看、手摸、鼻闻、口尝等方法。但性状鉴别也存在着一定程度的不足,传统性状鉴别在很大程度上依靠检验者的鉴别经验,如检验者对气味、色泽的敏感程度不同,导致对药材气味、色泽的鉴别差异较大,这些都极大地限制了性状鉴别的推广应用。随着现代科学技术的发展,如NIR技术、HPLC指纹图谱技术^[10]的应用,取得了与传统鉴别一致性的结果。基于此,若研制开发电子鼻、电子眼、电子舌深度融合系统,结合现代萃取技术、LC-MS技术等,可较好地解决包括白芷在内的中药饮片的气、色、味的鉴别,更好地弥补中药饮片传统性状鉴别的不足,更能客观反映出药材的本味、本色和本气。

4 现代分析方法和分析内容汇总

近年来,白芷研究采用的现代分析方法和分析内容汇总见表1。

表1 白芷现代分析方法和分析内容汇总

分析方法	分析内容	文献
HPLC法	白芷中氧化前胡素、水合氧化前胡素、白当归脑、白当归素含量	[5]
	白芷细粉及超微粉中欧前胡素含量	[7]
	白芷中比克白芷素、氧化前胡素、欧前胡素、珊瑚菜内酯、异欧前胡素含量	[13]
	白芷中白当归素、欧前胡素和异欧前胡素含量	[14]
	白芷中欧前胡素含量	[21]
HPLC指纹图谱	白芷血浆中水合氧化前胡素、白当归素、异虎耳草素、桂翅芹内酯、新白当归脑、氧化前胡素、白当归脑、珊瑚菜内酯、异欧前胡素浓度	[22]
	饮片中共有7个峰	[11]
	渝产白芷中欧前胡素、异欧前胡素等32个共有峰	[18]
	白芷中欧前胡素、异欧前胡素等10个共有峰	[17]
	白芷中欧前胡素、异欧前胡素等12个共有峰	[23]
LC-MS法	白芷中欧前胡素、异欧前胡素等21个共有峰	[24]
	白芷中异欧前胡素、蛇床子素、佛手瓜内酯、欧前胡素、cnidilin等21个共有特征色谱峰	[25]
	白芷中的欧前胡素、异欧前胡素、水合氧化前胡素、氧化前胡素、佛手柑内酯和花椒毒酚含量	[15]
	白芷中欧前胡素、异欧前胡素、氧化前胡素含量	[26]
	川白芷和杭白芷中122个挥发成分	[27]
GC-MS法	白芷中异欧前胡素含量	[28]
	白芷中欧前胡素和异欧前胡素含量	[16]
CE法	白芷中欧前胡素和异欧前胡素含量	[16]
毛细管电色谱法(CEC)	快速分离白芷提取物中的欧前胡素、异欧前胡素、珊瑚菜内酯和发卡二醇	[29]
离子色谱法	白芷中二氧化硫含量	[30]
NIR法	硫磺熏蒸白芷与非硫磺熏蒸白芷中的欧前胡素含量	[31]
HPLC-PDA法	白芷中绿原酸、花椒毒酚、佛手柑内酯、欧前胡素含、异欧前胡素含量	[19]
	禹白芷中香豆素类化学成分含量	[32]
GC指纹图谱	白芷中挥发油类成分26个特征峰	[33]
超临界CO ₂ 萃取法	白芷中欧前胡素、异欧前胡素含量	[34]
FAAS法	白芷中铁、锰、铜、锌含量	[35]
可见分光光度法	白芷中胱氨酸、谷氨酸、瓜氨酸、丝氨酸等16种氨基酸含量	[36]
电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)	白芷中铜、镍、铜、铁、锰、铝、镉、铈等8种元素含量	[37]

5 当前研究存在的不足

中药是在中医药理论指导下用于临床的药物。随着现代科学技术的发展,中药白芷研究取得长足进步,但也存在一些不足。第一,历史上有白芷炒炭治崩漏,萝卜制可祛风通窍(《本草纲目》),黄精制可治脾虚湿阻

及鼻渊(《雷公炮制论》),酒炙可增强祛风散寒、消肿止痛功效(《滇南本草》)等记载,其加工炮制法有十种之多,但《中国药典》中仅有晒干和低温干燥的处理方法,饮片为生切片。因此,有必要加强白芷不同炮制品、炮制方法及机制相关研究,增强其疗效,扩大适用范围,更全面地满足临床需要。第二,其化学成分研究主要集中于香豆素类成分,其他类成分研究较少,而白芷气“芳香”,其气味的表征可通过借助现代科学技术手段开展相关挥发油成分分析及药理作用研究来实现。第三,进行HPLC指纹图谱研究时,多选择欧前胡素和异欧前胡素作参照物,但这两种成分也会同时存在于伞形科北沙参和川明参药材、芸香科枸橘药材中,专属性是否存在欠缺值得思考。第四,白芷现有的质量控制模式研究中也存在在一定程度上的不足。目前对白芷的质量控制模式主要为色谱指纹图谱控制模式、药物体系质量评价模式、谱-效关系控制模式和传统与现代相结合的质量评价模式等,众学者和科研工作者为白芷药材的质量控制模式研究和进一步开发做了大量工作,但现阶段的研究仍存在不足之处。如白芷色谱指纹图谱控制模式是建立在化学成分的基础之上的,而一种或多种化学成分能否完整表达白芷在中药学中的功效,能否在其临床应用中完全体现,尚缺乏明确的科学研究及证据。药物体系质量评价模式用药动学、药效学筛选药物活性成分,测定其有效指标性成分含量,并对各有效成分进行相对比值关联,表征药物质量,在质量评价过程中需要与基准饮片进行比较,但基准饮片目前尚缺少统一的法定质量标准。传统与现代相结合的质量评价模式与谱-效关系控制模式均是对色谱指纹图谱控制模式的进一步发展,但是传统与现代相结合的质量评价模式在对饮片质量进行表达时,仅考虑外观性状,而忽略药物性味;谱-效关系控制模式在完全表达药物的性能与功效方面还有待进一步研究和探索。

6 结论

中医药是中华文化的瑰宝,中药现代化是众多医药工作者正在求索的目标。中药的质量控制既要传承,又要发展;既要融合现代科学技术,又要体现中药特色;既要服务中华民族,又要走向世界。白芷质量控制是个系统工程,不仅要系统化融合产地加工、炮制和药性等研究,还要全面借助现代科学手段和方法开展主要组分、活性物质化学成分及结构、定性鉴别与定量测定相结合的研究,建立基于药材本身能全面表征药效、药性的控制模式。可以预见的是,刘昌孝院士提出的“中药质量标志物”的新概念、新理论将为白芷的质量控制提供可借鉴的方法,也将会引领中药的质量控制提高到一个新高度。

参考文献

[1] 蒋桂华,兰群,马逾英,等.白芷替代熏硫的产地加工方法研究[J].时珍国医国药,2012,23(12):3065-3067.

- [2] 李玲,李祖伦,何宇新,等.白芷饮片加工工艺初探[J].四川中医,2008,26(1):52-53.
- [3] 谭秋生,章文伟,李玲,等.不同加工方法对白芷质量的影响[J].中国中医药信息杂志,2013,20(7):49-52.
- [4] 张利,马逾英,蒋桂华,等.白芷新型饮片总香豆素与欧前胡素的含量测定[J].时珍国医国药,2011,22(1):80-81.
- [5] 袁子民,王静,贾天柱,等.白芷酒炖前后4种香豆素类成分的含量测定及相互转化机制研究[J].中国中药杂志,2016,41(16):3032-3035.
- [6] 董芙蓉,李慧,孙学刚,等.干燥方法对白芷醇提物有效成分的影响[J].安徽中医药大学学报,2007,26(6):45-47.
- [7] 杨迎光,张芳,韩丽,等.白芷饮片超微粉碎规律的初步探索[J].中国实验方剂学杂志,2015,21(2):24-26.
- [8] 郭丁丁,马逾英,唐琳,等.白芷 ISSR-PCR 反应体系的建立和优化[J].成都中医药大学学报,2008,31(2):45-48.
- [9] 陈要臻,郭丁丁,马逾英,等.白芷扩增片段长度变异性反应体系的建立及优化[J].时珍国医国药,2008,19(12):2844-2846.
- [10] 吴晓毅,巢志茂,于莉.传统与现代方法相结合评价白芷饮片质量[J].中华中医药杂志,2015,30(5):1597-1600.
- [11] 袁亚洲,倪永年.不同产地白芷药材高效液相色谱指纹图谱研究[J].分析科学学报,2009,25(1):26-30.
- [12] 章军,王跃生,何希荣.RP-HPLC 指纹图谱鉴别不同品种白芷药材的研究[J].中国实验方剂学杂志,2007,13(7):1-4.
- [13] 赵友谊,孙浩,王鸣,等.HPLC 法同时测定江苏引种白芷中5个香豆素的含量[J].中国野生植物资源,2013,32(1):56-58.
- [14] 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.
- [15] 魏宁,原梅,阳海鹰,等.快速溶剂萃取-液质联用法同时测定6种白芷呋喃香豆素[J].药物分析杂志,2015,35(8):1385-1392.
- [16] 曾承辉,王晓可,毋福海.毛细管电泳法测定白芷药材欧前胡素和异欧前胡素的含量[J].中药材,2009,32(12):1850-1853.
- [17] 雷云,王威,史洋,等.基于化学指纹图谱和多指标成分含量测定的白芷质量评价[J].中国实验方剂学杂志,2015,21(2):36-39.
- [18] 谭秋生,章文伟,李玲,等.渝产白芷高效液相色谱指纹图谱研究[J].中国农学通报,2014,30(1):178-184.
- [19] 孙雅妹,张璐,潘婷,等.基于药物体系质量评价模式的白芷质量表征关联分析研究[J].环球中医药,2015,8(3):266-273.
- [20] 张慧,海广范,栗志勇,等.白芷中活血化瘀有效组分的谱效关系[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(15):139-143.
- [21] 周启仲.HPLC 测定白芷根部欧前胡骨酯成分含量[J].北方药学,2015,12(1):22-23.
- [22] 卢晓琳,蒋运斌,曹斌,等.熏硫与未熏硫白芷的体内外 HPLC 图谱对比分析[J].中药与临床,2015,6(5):7-9.
- [23] 吴晓毅,巢志茂,王淳,等.HPLC 指纹法评价白芷饮片质量的一致性[J].中国中医药信息杂志,2015,22(2):74-78.
- [24] 吴耀华,李汉荣,白芷有效成分含量测定及其指纹图谱研究[J].海峡药学,2015,27(3):40-41.
- [25] 王婷婷,陈晓辉,胡庆庆,等.白芷质量的 HPLC 指纹图谱评价方法[J].药学学报,2006,41(8):747-751.
- [26] 张薇,朱智甲,张晗,等.液相色谱-串联质谱法测定白芷中3种香豆素[J].分析实验室,2012,31(5):104-108.
- [27] 李玲,吕磊,张薇,等.运用 GC-MS 结合 PCA 技术对川白芷与杭白芷挥发油成分的比较分析[J].药物分析杂志,2011,31(1):112-118.
- [28] 陈琴华,熊琳,李鹏,等.气相色谱-质谱法测定白芷中异欧前胡素的含量[J].医药导报,2014,33(4):487-489.
- [29] 王佳静,陈昭,吴玉田,等.甲基丙烯酸酯整体柱毛细管电泳法快速分析白芷中的主要活性成分[J].色谱,2010,28(3):240-246.
- [30] 余敏灵,王小林,陈文秋.离子色谱法测定白芷中二氧化硫的含量[J].泸州医学院学报,2014,37(5):496-499.
- [31] 吴晓毅,巢志茂,孙文,等.基于近红外光谱技术对硫磺熏蒸白芷的定性鉴别和定量研究[J].中国中药杂志,2014,39(10):1863-1868.
- [32] 周冰,刘培,鲁学军,等.禹白芷适宜干燥加工方式的优选研究[J].中药材,2016,39(7):1509-1515.
- [33] 王婷婷,李清,宋爱华,等.白芷中挥发油 GC 指纹图谱研究[J].药物分析杂志,2007,27(9):1340-1343.
- [34] 林景.正交试验优选白芷超临界 CO₂ 萃取工艺[J].中国药房,2013,24(31):2927-2928.
- [35] 刘光川,王芳英,王铎.中草药白芷中微量元素铁铜锌锰的测定[J].广东化工,2012,39(1):111.
- [36] 陈宏伟,钱玮,刁刻,等.湖南道地白芷氨基酸含量与组成分析[J].广西植物,2015,35(4):569-573.
- [37] 王青晓,李振国,张翠英,等.微波消解-ICP-AES 法测定禹白芷中重金属及微量元素的含量[J].中药材,2008,31(6):861-863.

(收稿日期:2016-12-08 修回日期:2017-04-12)

(编辑:周 簪)