

基于“质-量”双标的当归质量分析方法研究

李晓晨¹, 李天娇^{1,2,3}, 包永睿^{1,2,3}, 王 帅^{1,2,3}, 孟宪生^{1,2,3*}

1. 辽宁中医药大学药学院, 辽宁 大连 116600

2. 辽宁省中药多维分析专业创新技术中心, 辽宁 大连 116600

3. 辽宁省现代中药研究工程实验室, 辽宁 大连 116600

摘要: **目的** 建立以对照药材为基准物质定性和不完全依赖对照品定量的当归 *Angelica sinensis* 药材“质-量”双标控制方法。**方法** 采用 HPLC 技术建立当归对照药材的特征图谱, 将其与供试药材图谱进行比对来辨别药材的真伪, 即“质”; 采用内标物质对特征峰化学成分进行相对定量来区分药材的优劣, 即“量”。**结果** 建立的当归药材“质-量”分析方法符合方法学考察要求, 各供试药材与对照药材的相似度均大于 0.98; 规定了当归药材特征峰化学成分相对含量下限。**结论** 该方法不依赖多种对照品, 能清晰、快速地判断药材的真伪优劣, 弥补目前当归药材质量控制的不足, 完善中药材质量控制体系, 降低中药材(饮片)检测成本, 减轻中药企业经济负担, 以期推动中医药事业可持续发展。

关键词: 当归; 对照药材; 质量控制; 特征图谱; 绿原酸; 阿魏酸; 洋川芎内酯 I; 藁本内酯

中图分类号: R286 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2023)22-7313-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.22.006

Research on quality analysis method of *Angelica sinensis* based on “quality-quantity” double standard

LI Xiao-chen¹, LI Tian-jiao^{1,2,3}, BAO Yong-rui^{1,2,3}, WANG Shuai^{1,2,3}, MENG Xian-sheng^{1,2,3}

1. College of Pharmacy, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, China

2. Liaoning Multi-dimensional Analysis of Traditional Chinese Medicine Technical Innovation Center, Dalian 116600, China

3. Liaoning Modern Traditional Chinese Medicine Research and Engineering Laboratory, Dalian 116600, China

Abstract: Objective To establish a “quality-quantity” double standard control method for *Angelica sinensis*, which is qualitative based on the reference traditional Chinese medicinal materials (TCMM) as standard substances and quantitative without relying on multiple reference substances. **Methods** HPLC technology was used to establish the characteristic chromatogram of the TCMM of *A. sinensis*, which was compared with the chromatogram of the tested TCMM to identify the authenticity of the medicinal materials, that is, “quality”. The internal standard substance was used to relatively quantify the chemical composition of characteristic peaks to distinguish the quality of medicinal materials, that is, “quantity”. **Results** The established “quality-quantity” analysis method of *A. sinensis* met the requirements of methodology investigation, and the similarity between the tested TCMM and the reference TCMM was greater than 0.98. The lower limit of relative content of chemical components of characteristic peaks of *A. sinensis* was defined. **Conclusion** This method can judge the authenticity of medicinal materials clearly and quickly without many reference substances, make up for the shortage of quality control of *A. sinensis* at present, improve the quality control system of TCMM, reduce the testing cost of TCMM (decoction pieces), reduce the economic burden of traditional Chinese medicine enterprises, and promote the sustainable development of traditional Chinese medicine.

Key words: *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels; reference traditional Chinese medicinal materials; quality control; characteristic chromatogram; chlorogenic acid; ferulic acid; senkyunolide I; ligustilide

当归药材来源于伞形科当归属植物 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 的干燥根, 始载于《神农本草经》, 又名干归、马尾当归、秦哪、马尾归、云归、山民归等, 是我国临床最常用中药之一, 具补血

收稿日期: 2023-05-06

基金项目: 辽宁省教育厅创新团队项目 (LT2017015)

作者简介: 李晓晨, 女, 硕士研究生, 主要从事药物分析研究。Tel: 13644936393 E-mail: 215153259@qq.com

*通信作者: 孟宪生, 男, 博士生导师, 主要从事药效物质组学和作用机制整合研究。E-mail: mxsvvv@126.com

活血和调经止痛的功效,有“血中之气药”“补血之要药”“妇科之良药”等称号,主要含有挥发油、有机酸、多糖、核苷类、氨基酸等多种类型的化合物,药用历史悠久,许多经典名方以其入药^[1-6]。由文献可知^[7-9],甘肃作为当归道地产区历史悠久,南北朝时期,医书记载当归产于陇西(今甘肃陇西至兰州一带)、黑水(今甘肃定西)、西川(今四川西部)。近年来,随着当归市场需求量的增加,种植面积在不断扩大,随着全球气候变暖、气温升高的大环境,当归传统主产区出现一定的变化,正在逐渐向西迁移,种苗质量良莠不齐,影响了当归药材生产健康发展。当归的栽培历时长,优质种质的收集、选育工作相对滞后,品种退化严重,以上都可能是影响药材品质的重要因素。传统的中药材及饮片鉴别主要依靠性状鉴别、显微鉴别和理化方法,由于这些传统技术受制于检验人员的专业知识和从业人员经验,主观判断存在很大的局限性,且中药复杂体系质量评控技术难度和高额成本给中药企业带来了巨大的压力,因而对中药临床合理用药和临床疗效提升的指导和支撑作用一直难以体现。

本实验针对上述问题提出了基于“质-量”双标的当归质量分析方法。首先,本课题组以对照药材为基准,构建了特征图谱,选取可代表当归药效的有限个代表性成分作为特征峰,并通过评价对照药材和供试药材特征峰的相似度,实现对当归真伪的判断。其次,本实验选择了保留时间稳定、价格低廉且易于获得的内标物质,作为定量评价的指标。基于内标物质,进行了特征峰化学成分的相对定量研究,通过内标物质的化学成分准确量化,计算供试药材特征峰化学成分的相对含量,从而评价当归的优劣。这种基于“质-量”双标的当归质量分析方法有效地克服了当归有效成分的快速测定和中药复杂体系质量评控成本高的难题。

1 仪器与材料

1.1 仪器

Agilent-1260II 高效液相色谱仪; Agilent 6550 Q-TOF-MS 质谱仪(美国安捷伦科技有限公司)。

1.2 材料

当归对照药材(批号 120927-201617,中国食品药品检定研究所);当归药材信息见表 1,经辽宁中医药大学张慧教授鉴定为伞形科当归属植物 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 的干燥根。对照品阿魏

表 1 当归来源信息

Table 1 Origin information of *A. sinensis*

编号	来源	产地	批号	采收时间	用药部位
S1	北京同仁堂	甘肃岷县	20221024	2022-10	全归饮片
S2	北京同仁堂	甘肃定西	20211106	2021-11	全归饮片
S3	北京同仁堂	甘肃渭源	20211028	2021-10	全归饮片
S4	北京同仁堂	甘肃文县	20211022	2021-10	全归饮片
S5	亳州中药堂	安徽亳州	20211102	2021-11	全归饮片
S6	安国中药材批发市场	河北	20221023	2022-10	全归饮片
S7	安国中药材批发市场	云南	20211029	2021-10	全归饮片
S8	安国中药材批发市场	宁夏	20221020	2022-10	全归饮片

酸(批号 wkq17022303),购自四川省维克奇生物科技有限公司;对照品洋川芎内酯 I(批号 150213),购自成都普菲德生物技术有限公司;对照品藁本内酯(批号 111737-201910)、绿原酸对照品(批号 110753-201415)均由中国食品药品检定研究院提供;所有对照品质量分数均大于 98%;乙腈(质谱级,德国 Merck 公司);水(娃哈哈纯净水)。

2 方法与结果

2.1 基于当归对照药材的特征图谱建立

2.1.1 对照药材溶液的制备 取当归对照药材粉末 2.0 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入 70% 甲醇 25 mL,称定质量,超声提取 30 min(频率 40 kHz),放冷,加甲醇补足减失质量,摇匀,过 0.22 μm 微孔滤膜滤过,取续滤液,作为参照物溶液。

2.1.2 供试品溶液的制备 精密称取供试品粉末(过 4 号筛) 2.0 g,按上述方法制成供试品溶液。

2.1.3 混合对照品溶液的制备 取适量阿魏酸、洋川芎内酯 I、藁本内酯、绿原酸对照品精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入 50% 甲醇,摇匀,作为混合对照品溶液。

2.1.4 色谱条件 色谱柱: Agilent poroshell 120 SB-C₁₈ 色谱柱(100 mm×4.6 mm, 2.7 μm);流动相: 0.1% 甲酸水(A)-乙腈(B),进行梯度洗脱: 0~15 min, 5%~40% B; 15~17 min, 40%~60% B; 17~25 min, 60%~75% B, 25~31 min, 75%~87% B; 31~35 min, 87%~95% B; 体积流量: 0.6 mL/min; 柱温 30 °C; DAD 检测器波长 254 nm; 进样量 5 μL。

2.1.5 特征图谱的建立 将对照品溶液和供试品溶液,每份样品平行 2 次,按色谱条件依次进样检测,将 254 nm 波长下的图谱数据由分析检测仪器中导

入中国药典委员会“中药指纹图谱相似度评价软件”(2012.130727 版本), 获得当归药材的 HPLC 特征图谱, 见图 1。以当归对照药材的图谱为参照图谱, 使用中位数进行自动匹配, 加以多点校正, 共标定 15 个共有峰, 共有峰面积占特征图谱的 75%以上, 其中 6 号峰稳定性、重复性、分离度好、位置居中, 故以其为参照峰 (S); 将共有模式与对照药材特征图谱进行比对, 见图 2; 供试品色谱中应呈现 15 个特征峰, 并应与对照药材色谱图中的 15 个特征峰保留时间相对应, 见表 2。

2.2 方法学考察

2.2.1 专属性试验 分别取混合对照品溶液、供试品溶液进行测定, 各主峰与杂质峰分离度良好, 专属性强, 见图 3。

2.2.2 精密度试验 精密吸取同一供试品溶液 5 μL , 按“2.1.4”项下色谱条件测定, 连续进样 6 次, 测定各色谱峰相对保留时间、相对峰面积, 计算相对标准偏差。各色谱峰相对保留时间、相对峰面积 RSD 值均小于 1.0%, 表明仪器精密度良好。

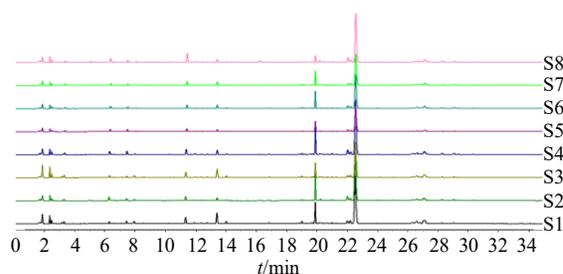


图 1 8 批供试药材的 HPLC 叠加图谱

Fig. 1 HPLC chromatogram overlay of eight batches of tested traditional Chinese medicinal materials

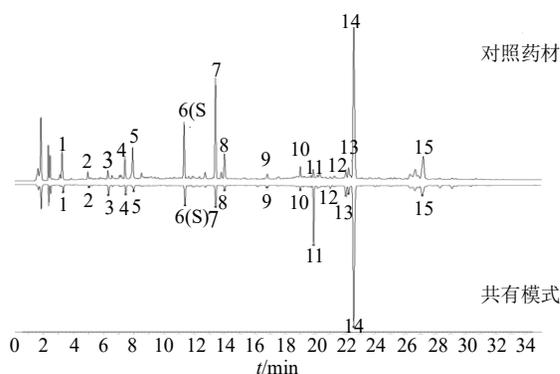


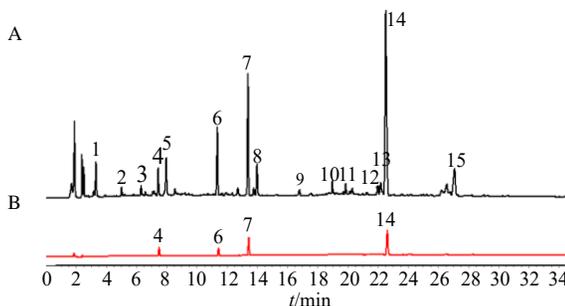
图 2 对照药材特征图谱及供试药材共有模式

Fig. 2 Characteristic chromatogram of reference traditional Chinese medicinal materials and common model of tested traditional Chinese medicinal materials

表 2 特征峰保留时间及相对保留时间

Table 2 Characteristic peak retention time and relative retention time

峰号	t_R/min	相对保留时间
1	3.341 0 \pm 0.035 5	0.293 2 \pm 0.002 0
2	5.042 5 \pm 0.034 2	0.442 5 \pm 0.001 3
3	6.333 0 \pm 0.045 1	0.555 8 \pm 0.001 9
4	7.472 0 \pm 0.038 9	0.655 9 \pm 0.000 9
5	7.997 5 \pm 0.050 4	0.701 8 \pm 0.001 7
6(S)	11.396 0 \pm 0.044 6	-
7	13.425 5 \pm 0.006 2	1.178 2 \pm 0.004 2
8	14.028 0 \pm 0.004 9	1.231 3 \pm 0.004 6
9	16.840 0 \pm 0.018 1	1.477 4 \pm 0.004 5
10	19.029 5 \pm 0.014 4	1.669 8 \pm 0.005 6
11	19.917 0 \pm 0.003 5	1.747 8 \pm 0.006 6
12	22.051 0 \pm 0.015 3	1.935 0 \pm 0.006 3
13	22.241 5 \pm 0.017 4	1.951 7 \pm 0.062 2
14	22.571 5 \pm 0.016 3	1.980 7 \pm 0.006 4
15	27.113 5 \pm 0.019 2	2.378 6 \pm 0.008 7



4-绿原酸 6-阿魏酸 7-洋川芎内酯I 14-藜本内酯
4-chlorogenic acid 6-ferulic acid 7-senkyunolide I 14-ligustilide

图 3 当归供试品溶液 (A) 和混合对照品溶液 (B) 的色谱图
Fig. 3 Chromatographic diagram of mixed reference solution (A) and *A. sinensi* solution (B)

2.2.3 稳定性试验 精密吸取同一供试品溶液 5 μL , 按“2.1.4”项下色谱条件, 分别在 0、2、4、8、12、24h 进样 6 次检测, 测定各色谱峰相对保留时间、相对峰面积, 计算相对标准偏差。各色谱峰相对保留时间、相对峰面积 RSD 值均小于 2.4%, 表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

2.2.4 重复性试验 按供试品溶液制备方法制备 6 份供试样品, 按“2.1.4”项下色谱条件, 分别进样检测, 测定各色谱峰相对保留时间、相对峰面积, 计算相对标准偏差。各色谱峰相对保留时间、相对峰面积 RSD 值均小于 2.0%, 表明方法重复性良好。

2.3 相似度评价

采用中国药典委员会“中药指纹图谱相似度评

价软件” (2012.130727 版本) 进行数据处理, 该软件利用夹角余弦法计算每个色谱图与对照药材图谱相比较的相似度。以当归对照药材和供试药材特征峰的相似度明确当归药材真伪。当归供试药材与当归对照药材的相似度均大于 0.98, 说明所收集的当归供试药材的特征峰化学成分基本一致, 质量相对稳定。相似度计算结果见表 3。

表 3 供试药材相似度评价结果

Table 3 Evaluation of similarity for tested traditional Chinese medicinal materials

供试药材	相似度	供试药材	相似度
S1	0.998	S5	0.998
S2	0.995	S6	0.998
S3	0.997	S7	0.999
S4	0.996	S8	0.988

2.4 特征峰化学分解析

在初步采用 Agilent-1260 II 高效液相色谱仪利用相对保留时间与对照品比对的基础上, 采用 Agilent 6550Q-TOF-MS 质谱仪, 进行质谱分析, 运用 Agilent MassHunter Qualitative Analysis 软件, 通过对照品比对的方法对正、负离子模式进行化学分解析, 进一步明确特征峰的化学成分。

2.4.1 色谱条件 色谱柱: Agilent poroshell 120 SB-C₁₈ 色谱柱 (100 mm×2.1 mm, 2.7 μm); 流动相为 0.1% 甲酸水 (A) - 乙腈 (B), 梯度洗脱: 0~30 min, 5%~95% B; 体积流量 0.4 mL/min; 柱温 30 °C;

进样量 1.5 μL。

2.4.2 质谱分析条件 电喷雾离子源 (Dual AJS ESI), 正、负离子模式, 毛细管电压 (Vcap) 为 3 500 V, 干燥气体体积流量 (drying gas flow) 为 11 L/min, 干燥气体温度 (drying gas temp) 为 150 °C, 雾化器压力 (neulizer pressure) 为 172.4 kPa, 鞘气温度 (sheath gas temp) 为 350 °C, 鞘气体积流量 (sheath gas flow) 为 10 L/min, 质量扫描范围 (mass range) 为 m/z 100~1000。采用 auto MS/MS 模式, 利用对照品比对及数据库查询等方法对特征峰化学成分进行解析。正、负离子模式鉴定出了 15 个特征峰中的 4 个化学成分, 见图 4。其中, 4 号峰为绿原酸、6 号峰为阿魏酸、7 号峰为洋川芎内酯 I、14 号峰为藜本内酯, 鉴定结果见表 4。

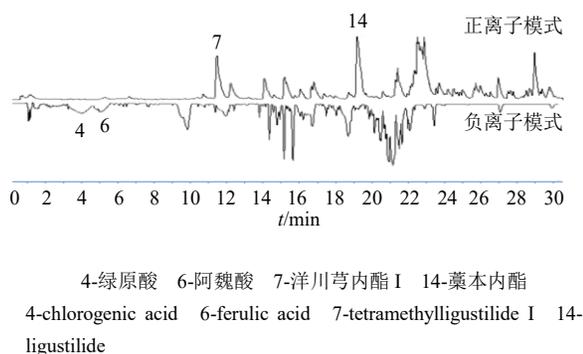


图 4 当归正、负离子模式基峰图

Fig. 4 Basic peak diagram of *A. sinensi* in positive and negative ion modes

表 4 正、负离子模式特征峰化学分解析结果

Table 4 Analytical results of chemical composition of characteristic peaks of positive and negative ion modes

峰号	分子式	t_R /min	准分子离子峰	m/z		误差/($\times 10^{-6}$)	碎片离子(m/z)	化合物名称
				理论值	实测值			
4	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	4.089	[M-H] ⁻	353.087 8	353.087 7	-0.28	191.033 1, 179.013 2	绿原酸 ^S
6	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	4.949	[M-H] ⁻	193.050 6	193.050 4	-1.04	178.027 6, 149.058 8	阿魏酸 ^S
7	C ₁₂ H ₁₆ O ₄	11.406	[M+Na] ⁺	247.094 1	247.093 8	-1.21	228.942 1, 211.075 4	洋川芎内酯 I ^S
14	C ₁₂ H ₁₄ O ₂	19.143	[M+H] ⁺	191.106 7	191.106 4	-1.57	173.094 6, 145.100 9	藜本内酯 ^S

^S 该化合物是由对照品进行指认

^SThis compound was identified using reference standards

2.5 基于内标物质的特征峰化学成分相对定量研究

2.5.1 线性关系考察 配制阿魏酸的 6 个质量浓度溶液, 按色谱条件, 分别进样检测, 以质量为横坐标 (X), 峰面积为纵坐标 (Y), 绘制标准曲线并进行线性回归, 得到线性回归方程 ($Y=0.702 1 X+0.770 3$)、相关系数 ($r=0.999 1$) 和线性范围 (0.051 0~0.202 0 mg)。结果表明进样量范围内与

峰面积呈良好的线性关系。

2.5.2 精密度试验 同“2.2.2”项下方法, 计算阿魏酸相对峰面积 RSD 值均小于 1.80%, 表明仪器精密度良好。

2.5.3 稳定性试验 同“2.2.3”项下方法, 计算阿魏酸相对峰面积 RSD 值均小于 1.90%, 表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

2.5.4 重复性试验 同“2.2.4”项下方法，计算阿魏酸相对峰面积 RSD 值均小于 2.10%，表明方法重复性良好。

2.5.5 加样回收率试验 精密称定当归药材粉末 6 份，分别精密加入阿魏酸对照品适量，按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液，按“2.1.4”项下色谱条件，分别进样检测，计算得到阿魏酸的加样回收率为 99.80%，RSD 为 1.88%。

2.5.6 含量测定 根据《中国药典》2020 版当归“含量测定”项下方法检测，8 批产地供试品中，供试品均符合药典规定（含阿魏酸不得少于 0.05%）。6 号峰“阿魏酸”为《中国药典》2020 年版中当归“含量测定”项下的指标之一，该峰分离效果好、保留时间稳定居中、对照品价格低廉，故以其作为内标物质，开展基于内标物质的特征峰化学成分相对定量研究。取供试品药材，按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液，按“2.1.4”项下色谱条件分析测定阿魏酸含量，每个供试品平行 2 份，结果见表 5。计算每个供试品中特征峰化学成分的相对含量[特征峰化学成分相对含量 = 特征峰峰面积 × (阿魏酸含量/阿魏酸峰面积)]，结果见表 6。取“平均数 - 标准差”作为特征峰化学成分相对于内标物质化学成分的相对含量下限，供试药材根据此方法测得的特征峰相对含量不低于该含量下限^[10]。

3 讨论

中药材是中医药的源头，中药质量的提升必须

表 5 内标物质的准确定量结果 (n=2)

Table 5 Accurate quantitative results of internal standard substance (n=2)

药材来源	阿魏酸/%	药材来源	阿魏酸/%
S1	0.140 1	S5	0.050 6
S2	0.093 3	S6	0.058 6
S3	0.077 4	S7	0.055 3
S4	0.077 3	S8	0.062 7

表 6 基于内标物质的特征峰相对定量结果

Table 6 Relative quantitative results of characteristic peaks based on internal standard substance

峰号	化学成分	相对含量/%	相对含量下限/%
4	绿原酸	0.398 3 ± 0.161 8	0.236 5
6 (S)	阿魏酸	-	-
7	洋川芎内酯 I	0.909 1 ± 0.488 0	0.421 2
14	藁本内酯	11.715 1 ± 2.628 3	9.086 8

对药材质量进行严格把控。目前，《中国药典》2020 年版中质量控制项对多成分指标进行测定的中药品种已有上百种，且有些对照品价格昂贵，加大了企业生产和民众的用药成本。

当归为我国中药材十大出口品种之一，出口量在 2 723.98 t，出口额 2 539.53 万美元，出口金额占比为 2.23%^[11]。由于市场需求剧增中药材种植区域的不断扩大和盲目引种，造成中药材质量问题日益突出，影响中药当归的临床合理使用^[12]。中药材（饮片）质量控制方法主要包括单指标含量测定法、多指标含量测定法和指纹图谱与含量测定结合法，以上方法虽能够为控制中药材（饮片）质量提供量化数据，但存在着单一指标不能反映药材整体特征、多指标含量测定依赖于多种对照品且某些指标成分不能反映药效、指纹图谱只能模糊地评价药材相似性不能清晰地判断供试品真伪优劣的不足。为解决以上问题，本研究创新研究思路，不依赖多种对照品，建立了以价格低廉易获得的对照药材为基准物质的定性和不依赖多种对照品定量的当归药材“质-量”双标控制方法。通过构建当归对照药材及 8 个不同产地当归供试药材的特征图谱，以对照药材为基准物质，评价对照药材和供试药材特征峰的相似度，可以用于判断当归药材的真伪，即“质”；同时准确定量 1 种内标物质化学成分，计算当归药材其余各特征峰的相对含量，确定的各特征峰相对含量的下限能够区分当归药材优劣，即“量”。本研究所提出的当归药材的“质-量”控制方法能够有效判断药材的真伪优劣，形成科学、可控的中药质量控制体系，旨在为中药质量控制和中药产业持续发展提供探索性解决方案。

本研究将与对照药材相似度好、信噪比大于 10、分离度大于 1.5 的特征峰作为定量分析指标成分。其中，绿原酸具有保肝、利胆、抗肿瘤、抗病毒等广泛的药理活性^[13-14]，苯酞类化合物包括藁本内酯、洋川芎内酯 I 等，是当归挥发油的主要成分，其中藁本内酯的含有量最高，该类化合物具有抗肿瘤、抗氧化、抑制血管生成、消炎解痛等多种药理作用^[15-18]。说明本方法选择的当归定性分析的指标能够较为科学地反映当归药材的药效，能全面科学地反映当归的内在质量。

本实验所收集的市面所售不同产地供试品，旨在建立基于“质-量”双标的当归质量分析方法，所收集的当归供试药材与当归对照药材的相似度均大

于0.90^[19],说明所收集的当归供试药材的特征峰化学成分基本一致,但仅采用8批不同产地的药材规定特征峰相对含量下限,缺乏全面性,因此,需要更进一步大量收集不同产地、不同批次的药材,完善该套方法,以期有效判断药材的真伪优劣,形成一个科学、可控的中药质量控制体系,在满足药材多项质量控制项的同时减轻企业需大量购买对照品的经济压力,推动中医药事业可持续发展。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 139.
- [2] 郭雪妹. 当归的药理作用研究进展 [J]. 东方药膳, 2021(8): 289.
- [3] 何树苗, 陈元堃, 曾奥, 等. 藁本内酯药理作用及机制研究进展 [J]. 广东药科大学学报, 2021, 37(2): 152-156.
- [4] 陈华梅, 黄枫, 申震, 等. 基于网络药理学探究当归补血汤治疗骨质疏松症的分子作用机制 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2021, 27(4): 526-532.
- [5] 毛文点, 虞玲玲, 齐文续, 等. 黄芪-当归不同配伍对其6种主要有效成分溶出的影响 [J]. 湖南中医药大学学报, 2021, 41(3): 350-354.
- [6] 张清清, 冯媛, 杨贵雅, 等. 基于气相色谱-质谱联用技术的当归提取物化学成分研究 [J]. 广东化工, 2021, 48(5): 175-178.
- [7] 翁倩倩, 赵佳琛, 金艳, 等. 经典名方中当归的本草考证 [J]. 中国现代中药, 2021, 23(2): 218-227.
- [8] 李勇. 当归及其常见伪品的性状鉴别 [J]. 康颐, 2021(20): 246-247.
- [9] 杨燕, 于春强, 郭子娴, 等. 2 基于 HPLC 指纹图谱及多指标成分定量分析的不同产地当归质量特征研究 [J]. 中草药, 2021, 52(15): 4666-4674.
- [10] 楚刚辉, 木合塔尔·吐尔洪, 尹学博, 等. 基于牛舌草指纹图谱的多指标成分相对定量与鉴别方法 [J]. 色谱, 2016, 34(9): 901-905.
- [11] 中华人民共和国商务部. 2017 年度中药材流通市场分析报告 [N]. 中国中医药报, 2018-06-28(5).
- [12] 郭兰萍, 张泽坤, 张小波, 等. 中药资源评估的背景及总体设计 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(14): 2845-2849.
- [13] 严永旺, 肖兰, 周旭, 等. 绿原酸的药理作用及药用研发对策 [J]. 中国药房, 2017, 28(19): 2729-2732.
- [14] 黄伟晖, 宋纯清. 当归的化学和药理学研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2001, 26(3): 147-151.
- [15] 刘露丝, 彭成, 熊亮. 当归苯酐类化合物的研究进展 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2015, 17(5): 958-962.
- [16] 王敏, Hideki Hayashi, 刘建勋, 等. 藁本内酯对神经干细胞/祖细胞的增殖作用及机制研究 [J]. 中草药, 2021, 52(20): 6261-6267.
- [17] 姚淞允, 张开霞, 马强, 等. 藁本内酯的临床前研究进展 [J]. 药学服务与研究, 2019, 19(2): 106-110.
- [18] 孙敏, 马清林, 刘峰林, 等. 当归挥发油研究新进展 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(16): 56-58.
- [19] 张智, 龙华, 曾罗, 等. 不同产地杜仲雄花指纹图谱的建立及其化学模式识别研究 [J]. 中草药, 2022, 53(22): 7207-7213.

[责任编辑 时圣明]