

取物中 14 种皂苷含量比较[J]. 人参研究, 2018, 30(3): 11-13.

[11] 李 丽, 刘春明, 吴 巍, 等. 高效液相色谱-电喷雾质谱联用法测定人参和西洋参的皂苷类成分[J]. 分析化学, 2005, 33(8): 1087-1090.

[12] 王 成. 拟人参皂苷 F11 的制备工艺研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017.

[13] 穆向荣, 徐兴燕, 焦 阳, 等. 基于 HPLC-MS/MS 法的脑灵素制剂中人参掺伪检查研究[J]. 药学研究, 2022, 41(8): 521-524; 530.

[14] 于晓艳, 张宇弛, 方粟一, 等. 西洋参的化学成分和药理作用研究进展[J]. 中医药学报, 2024, 52(4): 99-104.

[15] 张艳萍, 郭海滨, 黄婉锋, 等. UPLC-MS/MS 法分析人参、红参、西洋参中人参皂苷成分差异性研究[J]. 今日药学, 2024, 34(3): 187-195.

[16] 李 玲, 江美芳, 赵林松, 等. 林下山参、园参、红参与西洋参粉末的化学成分及快速无损鉴别[J]. 上海中医药杂志, 2023, 57(1): 76-86.

[17] 鲁 静, 汤 俊. 应用 HPLC/ELSD 法测定西洋参中拟人参皂苷 F11 的含量[J]. 药物分析杂志, 1999, 19(4): 25-27.

[18] Li W, Gu C, Zhang H, *et al.* Use of high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry to distinguish *Panax ginseng* C. A. Meyer (Asian ginseng) and *Panax quinquefolius* L. (North American ginseng) [J]. *Anal Chem*, 2000, 72(21): 5417-5422.

[19] Li W K, Fitzloff J F. Determination of 24 (R) - pseudoginsenoside F11 in North American ginseng using high performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection[J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2001, 25(2): 257-265.

[20] Li L, Luo G A, Liang Q L, *et al.* Rapid qualitative and quantitative analyses of Asian ginseng in adulterated American ginseng preparations by UPLC/Q-TOF-MS[J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2010, 52(1): 66-72.

薄层生物自显影技术评价生脉饮抗氧化活性

王秀芹, 林 彤*, 毕福钧, 严家浪, 刘主洁
(广州市药品检验所, 国家药品监督管理局中成药质量评价重点实验室, 广东 广州 510160)

摘要: **目的** 研究生脉饮(党参方和红参方)的抗氧化活性, 建立生脉饮生物活性质量控制标准。**方法** 采用薄层生物自显影技术测定生脉饮中各药味的 DPPH 自由基清除能力, 将筛选得到抗氧化活性药味进行物质基础分析, 选择抗氧化活性较强成分作为质量控制指标。采用紫外分光光度法验证薄层生物自显影的可靠性。**结果** 生脉饮(红参方和党参方)具有较强 DPPH 自由基清除能力, 方中五味子清除能力最强, 其含有抗氧化活性较强的内消旋二氢愈创木脂酸和安五脂素。紫外分光光度法测定结果与薄层生物自显影结果基本一致。**结论** 该方法可行、专属性好, 可用于五味子中抗氧化成分的质量控制。

关键词: 生脉饮; 抗氧化活性; 薄层生物自显影; 紫外分光光度法; DPPH 法

中图分类号: R927.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1528(2024)08-2805-05

doi: 10. 3969/j.issn.1001-1528. 2024. 08. 052

薄层生物自显影(TLC-bioautography)是近代发展起来的一种药物分析方法, 薄层板采用特定显色剂使活性成分显现出与背景颜色有差异的斑点, 可从粗提取物中筛选出活性物质^[1-3], 具有同时实现薄层分离、活性物质测定的优点^[4-5]。

“生脉方”为经典名方, 目前临床使用的生脉饮中成药有红参方和党参方 2 种, 具有益气复脉、养阴生津的功效, 主治气阴两亏、心悸气短、脉微自汗^[6], 也常用于休克、肺心病、心肌保护、细胞免疫调节、心血管疾病等多

种疾病的治疗^[7-10]。自由基是人体内各种生化反应的中间产物, 其异常积累会导致机体发生氧化损伤^[11]。抗氧化物质可有效清除体内过多的自由基或者切断自由基链反应, 从而抑制机体的氧化损伤, 发挥治疗心血管、肺心病、阿尔茨海默病、糖尿病等多种疾病的作用^[12]。

目前对抗氧化物质的体外活性评价方法主要有自由基清除法、脂质过氧化抑制法、总抗氧化能力测定等^[13-14]。本研究同时采用薄层生物自显影和紫外分光光度法测定生脉饮 DPPH 自由基清除能力, 并以维生素 C 为阳性对照,

收稿日期: 2023-08-04

基金项目: 广州市科技计划项目(202102080626); 广州市市场监督管理局科技项目(2021kj39)

作者简介: 王秀芹(1979—), 女, 硕士, 主任中药师, 从事中药质量控制研究。Tel: (020) 81613880, E-mail: 401507797@qq.com

* 通信作者: 林 彤(1970—), 女, 硕士, 主任中药师, 从事中药质量控制研究。Tel: (020) 81613880, E-mail: 1479215697@qq.com

评价其外抗氧化作用，以期建立生脉饮生物活性质量控制标准。

1 材料

1.1 仪器 Varioskan LUX 多功能酶标仪（美国 Thermo Fisher Scientific 公司）；CAMAG AST4 全自动薄层色谱点样仪、CAMAG TLC VISUALIZER 薄层色谱成像仪（瑞士 CAMAG 公司）。

1.2 试剂与药物 DPPH（含 10-20% 苯）（上海阿拉丁生化科技股份有限公司）；三氯甲烷、无水乙醇（广州化学试剂厂）。维生素 C（批号 100425-201504，纯度 100%）、五味子甲素（批号 110764-201915，纯度 99.5%）、五味子乙素（批号 110765-201813，纯度 99.1%）、五味子醇甲（批号 110857-201815，纯度 99.7%）、五味子酯甲（批号 111529-201706，纯度 95.2%）对照品和五味子对照药材（批号 120922-201610）（中国食品药品检定研究院）；五味子酯乙（批号 20080321）、五味子醇乙（批号 21022541）、五味子酚（批号 21022621）、五味子丙素（批号 21022648）对照品（上海同田生物技术有限公司，纯度均≥98%）；安五脂素（批号 wkq22040711，纯度≥98%，四川省维克奇生物科技有限公司）；内消旋二氢愈创木脂酸（纯度≥98%，上海诗丹德标准技术服务有限公司；生脉饮购自 A~I 9 家企业；五味子阴性为实验室自制。红参、麦冬、五味子、党参药材为广州市药品检验所留样药材，经广州市药品检验所中药室侯惠婵主任中药师鉴定为正品，并按 2020 年版《中国药典》一部标准检验合格。

2 方法

2.1 溶液制备

2.1.1 药材溶液制备 取红参、党参、五味子、麦冬药材各 4 g，分别用 50 mL 65% 乙醇超声提取 2 次，每次 30 min，过滤，合并滤液，减压除去乙醇至 15 mL 左右，继续加水 20 mL，用 50 mL 三氯甲烷萃取 2 次，合并三氯甲烷萃取液，水浴蒸干，残渣加 5 mL 无水乙醇溶解，即得。

2.1.2 模拟方样品溶液制备 按生脉饮处方药材比例取红参 1 g、麦冬 2 g、五味子 1 g 混匀为模拟红参方，再按比例取党参 1 g、麦冬 2 g、五味子 1 g 混匀为模拟党参方，按“2.1.1”项下方法制备模拟方样品溶液。

2.1.3 供试品溶液制备 取 10 mL 生脉饮样品，加 20 mL 水，摇匀，用三氯甲烷萃取 2 次，每次 50 mL，合并三氯甲烷萃取液，蒸干，残渣加 5 mL 无水乙醇溶解，即得。

2.1.4 对照品溶液制备 取维生素 C、五味子甲素、五味子乙素、五味子丙素、五味子醇甲、五味子醇乙、五味子酯甲、五味子酯乙、五味子酚、安五脂素和内消旋二氢愈创木脂酸各 2.5 mg，无水乙醇溶解并定容至 5 mL，即得。

2.2 DPPH 清除能力测定

2.2.1 薄层生物自显影法 参照 2020 年版《中国药典》四部通则“0502”项下薄层色谱法，吸取“2.1”项下各溶液 5 μL，采用全自动点样仪准确点于硅胶 GF₂₅₄ 薄层板上，以甲苯-乙酸乙酯-无水甲酸（10：1：0.8）为展开剂，

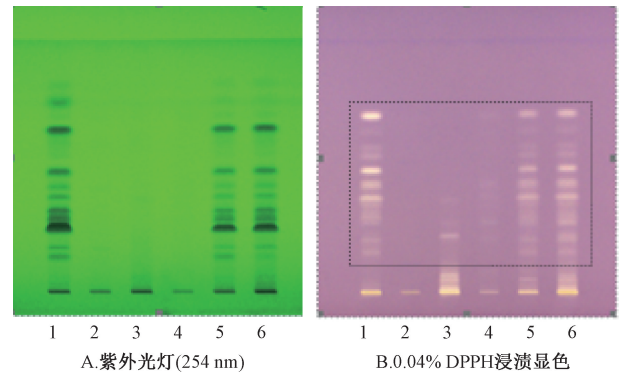
展开，取出，晾干，置 254 nm 紫外光灯下检视后用 0.04% DPPH 浸渍显色，50 ℃ 加热显色 10 min，日光下检视拍摄，以薄层板呈现白色斑点数量和斑点深浅情况可推断样品清除 DPPH 自由基能力的强弱。

2.2.2 紫外分光光度法 参考文献 [15] 方法，取 5 mg DPPH，无水乙醇溶解，置于 50 mL 棕色量瓶中，无水乙醇稀释至刻度，即得 0.01% DPPH 溶液。移取 100 μL DPPH 溶液，加入 100 μL 无水乙醇，在 517 nm 波长处测定吸光度 A₀；再移取 100 μL 供试品溶液于 96 孔板，加入 100 μL 无水乙醇，充分摇匀后，在 517 nm 波长处测定吸光度 A₁；继续移取 100 μL DPPH 溶液及系列质量浓度供试品溶液 100 μL 于 96 孔板，充分混匀后置于暗处反应 30 min，于 517 nm 波长处测定吸光度 A_i，计算清除率，公式为清除率 = [A₀ - (A_i - A_j)] / A₀ × 100%。

3 结果

3.1 薄层生物自显影法测定 DPPH 清除能力

3.1.1 方中各药味 根据图 1 黑色框内白色斑点数量和斑点深浅可知，五味子清除 DPPH 能力最强，党参次之，红参最弱；模拟红参方和党参方抗氧化活性基本一致。

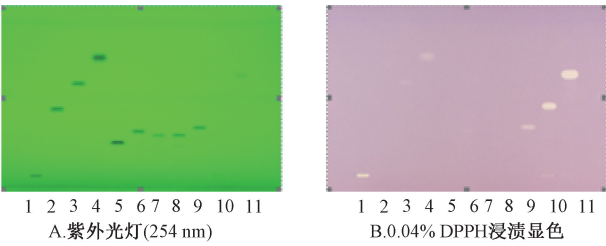


注：1 为五味子，2 为红参，3 为党参，4 为麦冬，5 为模拟红参方，6 为模拟党参方。

图 1 各药味薄层色谱图

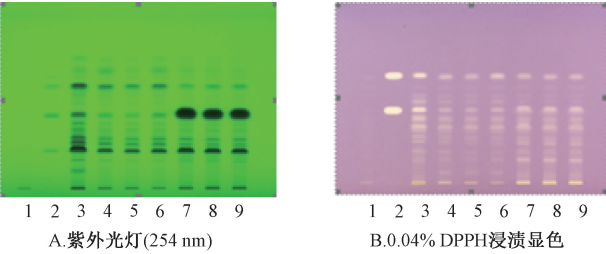
3.1.2 五味子中木脂素类成分 取“2.1.3”项下对照品溶液各 5 μL，按“2.2.1”项下方法检测，根据白色斑点深浅情况判断各木脂素成分 DPPH 自由基清除能力的强弱，见图 2。图 2B 可观察到相同浓度的五味子木脂素对照品，轨道 1、4、9~11 均可见白色斑点，其中轨道 1（维生素 C）和轨道 10（安五脂素）、轨道 11（内消旋二氢愈创木脂酸）对照品相应位置上呈现的白色斑点大小和深度更明显，说明安五脂素和内消旋二氢愈创木脂酸具有较强的 DPPH 自由基清除能力。

3.1.3 生脉饮 选择 DPPH 自由基清除能力最强的安五脂素和内消旋二氢愈创木脂酸作为抗氧化活性指标，选择五味子中含量较高的木脂素类成分五味子甲素、五味子乙素和五味子醇甲作为紫外光灯 254 nm 下的检测指标，结果见图 3，可知生脉饮样品薄层色谱图与五味子对照药材及对照品薄层色谱图基本一致，且五味子阴性在相应位置处无干扰，专属性和重现性良好，说明该方法可行。



注：1 为维生素 C，2 为五味子甲素，3 为五味子乙素，4 为五味子丙素，5 为五味子醇甲，6 为五味子醇乙，7 为五味子脂甲，8 为五味子脂乙，9 为五味子酚，10 为内消旋二氢愈创木脂酸，11 为安五脂素。

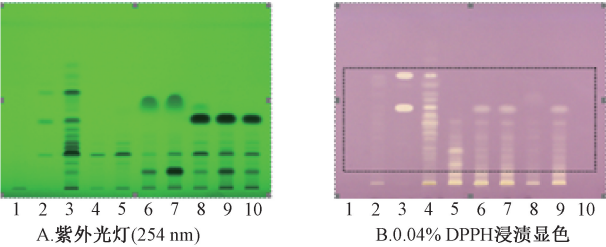
图 2 五味子中木脂素类成分薄层色谱图



注：1 为五味子阴性，2 为对照品（图 A 由上至下依次为五味子乙素、五味子甲素、五味子醇甲，图 B 由上至下依次为安五脂素、内消旋二氢愈创木脂酸），3 为五味子对照药材，4~6 为模拟处方样品，7~9 为生脉饮（批号 20110015、21070006、21070008）。

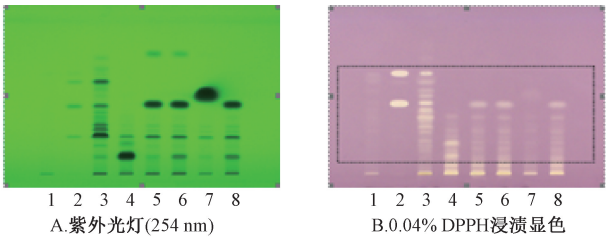
图 3 生脉饮薄层色谱图

3.1.4 样品测定 将收集的生脉饮样品按“2.2.1”项下方法测定，结果见图 4~5。以五味子对照药材、安五脂素和内消旋二氢愈创木脂酸为参照，根据白色斑点数量和深浅情况（黑色框线范围）判断样品 DPPH 自由基清除能力强弱。由图 4B 可知，DPPH 自由基清除能力强弱为轨道 9>10>8>6>7>5>4，对应样品批号为 20260412>20261297>2010201>2010008>2010001>20200801>20080431，该结果与“3.2.3”项下紫外分光光度法测定结果一致。由图 5B 可知，DPPH 自由基清除能力强弱为轨道 5，6，8>4>7，对应样品批号为 20261406，20261054，20261061>ZHA2014>210203，与“3.2.3”项下紫外分光光度法测定结果一致。



注：1 为五味子阴性，2 为对照品（图 A 由上至下依次为五味子乙素、五味子甲素、五味子醇甲，图 B 由上至下依次为安五脂素、内消旋二氢愈创木脂酸），3 为五味子对照药材，4~10 为生脉饮（批号 20080431、20200801、2010001、2010201、20260412、20261297）。

图 4 生脉饮（红参方）薄层色谱图



注：1 为五味子阴性，2 为对照品（图 A 由上至下依次为五味子乙素、五味子甲素、五味子醇甲，图 B 由上至下依次为安五脂素、内消旋二氢愈创木脂酸），3 为五味子对照药材，4~8 为生脉饮（批号 ZHA2014、20261406、20261054、210203、20261061）。

图 5 生脉饮（党参方）薄层色谱图

3.2 紫外分光光度法测定 DPPH 清除能力结果

3.2.1 方中各药味 IC_{50} 为抗氧化剂的半数抑制浓度， IC_{50} 值越小，表明抗氧化活性越强。以样品质量浓度为横坐标（X），DPPH 自由基清除率为纵坐标（Y）进行回归，绘制标准曲线，结果见表 1、图 6。由此可知，其中 IC_{50} 值党参方<红参方，说明党参方的 DPPH 自由基清除能力略强于红参方，处方中 4 味药的 DPPH 自由基清除率强弱为五味子<党参<麦冬<红参，说明五味子对 DPPH 自由基清除能力最强，红参和麦冬较弱，与“3.1.1”项下结果一致。

表 1 生脉饮及各药味对 DPPH 清除效果

药材	回归方程	相关系数	$IC_{50}/$ ($mg \cdot mL^{-1}$)	线性范围/ ($mg \cdot mL^{-1}$)
五味子	$Y=7.751\ 3X+0.207\ 2$	0.950 4	0.023 1	0.003 2~0.815 2
麦冬	$Y=0.867\ 3X+0.251\ 0$	0.960 3	0.173 1	0.032~0.801 6
党参	$Y=1.966\ 3X+0.276\ 2$	0.941 1	0.056 2	0.006 4~0.798 8
红参	$Y=0.875\ 4X+0.179\ 5$	0.975 2	0.240 4	0.032 2~0.806
党参方	$Y=1.855\ 5X+0.316\ 6$	0.966 7	0.074 8	0.008 14~0.814
红参方	$Y=1.395\ 8X+0.280\ 1$	0.954 8	0.103 7	0.032 42~0.810 6

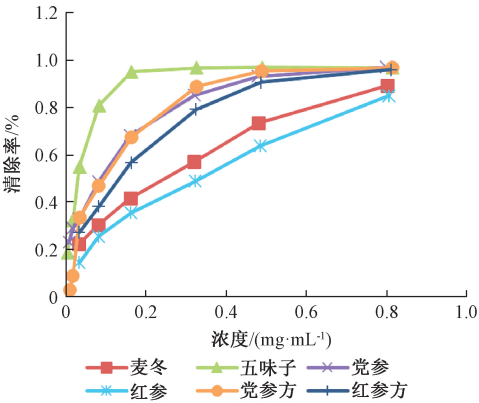


图 6 各药味的 DPPH 自由基清除率曲线图

3.2.2 木脂素类成分 取“2.1.4”项下木脂素对照品溶液，按“2.2.2”项下方法测定，计算 10 种木脂素的 DPPH 自由基清除率，结果内消旋二氢愈创木脂酸和安五脂素的清除率最高，可达到 100%，与阳性对照维生素 C 清除效果一致；其次是五味子酚，清除率为 37%，其他 7

种木脂素对 DPPH 清除率均低于 10%。为进一步考察内消旋二氢愈创木脂酸、安五脂素与维生素 C 的 DPPH 自由基清除能力强弱,绘制三者清除率曲线,并计算 IC₅₀ 值,结果维生素 C 的 IC₅₀ 值为 0.012 mg/mL,安五脂素、内消旋二氢愈创木脂酸的 IC₅₀ 值分别为 0.018、0.010 mg/mL,三者清除能力相当,说明安五脂素、内消旋二氢愈创木脂酸均具有较强抗氧化活性。

3.2.3 生脉饮 测定收集 16 批生脉饮样品对 DPPH 自由基的清除率,结果见表 2。由此可知,16 批样品清除率为 18.6%~77.2%,清除率强弱结果与薄层生物自显影判断结果一致。

表 2 生脉饮 DPPH 自由基清除率测定结果

处方	企业	批号	清除率/%
红参方	A	20110015	74.1
红参方	A	21070006	76.9
红参方	A	21070008	77.2
红参方	B	20260412	68.8
红参方	B	20261297	65.7
红参方	C	2010008	50.2
红参方	C	2010001	43.4
红参方	D	2010201	58.8
红参方	E	20080431	18.6
红参方	F	20200801	38.7
红参方	G	1910014	49.2
党参方	B	20261406	60.6
党参方	B	20261054	63.2
党参方	B	20261061	66.1
党参方	H	ZHA2014	55.0
党参方	I	210203	34.5

4 讨论与结论

[DPPH·]是一种稳定的以氮为中心的自由基,在 517 nm 波长处有最大吸收,加入抗氧化活性成分后,[DPPH·]与其结合,会在 517 nm 波长处吸光度降低或在薄层板上呈现白色斑点,可根据吸收度变化值和白色斑点大小和深浅分析抗氧化活性强弱^[16-17]。维生素 C 是常用的抗氧化剂对照药^[18-19],研究表明其通过清除自由基发挥抗氧化作用,且呈剂量依赖性^[20]。展开剂方面,本实验同时考察了甲苯-乙酸乙酯-无水甲酸(10:1:0.8)和 2020 年版《中国药典》“生脉饮”五味子展开条件石油醚(30~60℃)-甲酸乙酯-甲酸(15:5:1),结果在本实验展开条件下五味子木脂素类成分分离效果更佳;新建立薄层生物自显影方法专属性良好,经不同品牌薄层板、温度和湿度考察,结果表明该方法适用性良好。

本研究发现不同企业样品差异较明显,可能是因为生脉饮现行标准展开条件难以观察到不同企业样品间的差别,提示生脉饮现行标准难以较好地实现质量控制,可能存在安全风险。本实验优化的薄层色谱条件可较好地呈现五味子活性成分和特征成分,并体现不同企业产品的差异,对

提升生脉饮整体质量控制方法和市场监管具有重要指导作用。本研究开启中成药“质-量-效”的质量控制模式研究,首次将薄层生物自显影技术应用于中成药活性物质的筛选,打破其之前仅应用于单味药材活性筛选的局限,为日后薄层生物自显影技术在中成药活性筛选方面广泛应用提供重要参考。

参考文献:

[1] Choma I M, Grzelak E M. Bioautography detection in thin-layer chromatography [J]. *J Chromatogr A*, 2011, 1218 (19): 2684-2691.

[2] 丁晓艳,赵英博,王伟杰,等. 薄层色谱-生物自显影技术在活性物质筛选中的应用 [J]. *实用药物与临床*, 2017, 20(10): 1220-1224.

[3] 王金梅,姚 辰,李昌勤,等. 基于 DPPH、ABTS 和 FRAP 法的红花抗氧化谱效关系研究 [J]. *中国药学杂志*, 2017, 52(10): 825-831.

[4] 王双英,穆 青. 薄层色谱直接生物自显影方法 (TLC-Bioautogra-phy) 在抗菌剂分析中的应用 [J]. *国外医药 (抗生素分册)*, 2012, 33(2): 67-69.

[5] 赵江林,徐利剑,黄永富,等. TLC-生物自显影-MTT 法检测滇重楼内生真菌中抗菌活性成分 [J]. *天然产物研究与开发*, 2008, 20(1): 28-32; 51.

[6] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 年版一部 [S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 835-836.

[7] 钟 飞,王晓春,余庆皋,等. 生脉饮抗氧化自由基作用的研究 [J]. *中国现代医学杂志*, 2003, 13(10) 74-76; 79.

[8] 张永全. 生脉注射液对脑血栓急性期患者超氧化物歧化酶的影响 [J]. *中医药研究*, 1996(4): 25-26.

[9] 李 焕,贾 妮. 论生脉散研究进展 [J]. *辽宁中医药大学学报*, 2020, 22(10): 190-193.

[10] 刘小娟,苏 丹,路秀云,等. 生脉胶囊的临床应用研究进展 [J]. *现代中西医结合杂志*, 2010, 19(19) 2467-2468.

[11] Sharma G N, Guota G, Sharma P. A comprehensive review of free radicals, antioxidants, and their relationship with human ailments [J]. *Crit Rev Eukaryot Gene Expr*, 2018, 28 (2): 139-154.

[12] 黄小凤,刘泽干,雷 攀,等. 柴胡不同极性部位的体外抗氧化活性研究 [J]. *中南药学*, 2021, 19(2): 203-208.

[13] 王 荣,罗 倩,冯 怡. DPPH、ABTS 和 FRAP 微量法测定山奈酚的抗氧化能力 [J]. *广州化工*, 2021, 49(3): 58-59; 63.

[14] 俞 月,路 娟,柴瑞平,等. 基于抗氧化和抗炎生物效应的生脉注射液质量评价 [J]. *药学实践杂志*, 2020, 38 (2): 143-147.

[15] Jiao L J, Yan C P, Zhang K S, *et al.* Comprehensive determination of nien polyphenols in *Polygoni Avicularis Herba* with a new HPLC-DAD method and their correlation with the antioxidant activities [J]. *J Food Meas Charact*, 2018, 12 (3): 1593-1600.

[16] 华二伟,薛 洁,张洪平,等. DPPH 法研究新疆阿魏的抗氧化活性 [J]. *新疆中医药*, 2012, 30(6): 15-18.

[17] 丁晓艳, 赵英博, 王伟杰, 等. 薄层色谱-生物自显影技术在活性物质筛选中的应用[J]. 实用药物与临床, 2017, 20(10): 1220-1224.

[18] Lucas-Abellán C, Mercader-Ros M T, Zafrilla M P, et al. Comparative study of different methods to measure antioxidant activity of resveratrol in the presence of cyclodextrins[J]. Food Chen Toxicol, 2011, 49(6): 1255-1260.

[19] Schaich K M, Tian X, Xie J. Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays[J]. J Funct Foods, 2015, 14: 111-125.

[20] Apaydin F G, Ba H, Kalender S, et al. Bendiocarb induced histopathological and biochemical alterations in rat liver and preventive role of vitamins C and E [J]. Environ Toxicol Pharmacol, 2017, 49: 148-155.

基于 ICP-MS 研究矮壮素对板蓝根中无机元素分布的影响

胡 青^{1,2,3}, 李丽敏^{2,3}, 周如洁^{2,3}, 丁贝贝^{2,3}, 李 康^{2,3}, 季 申^{1,2,3*}
(1. 中国医药工业研究总院, 上海 201203; 2. 上海市食品药品检验研究院, 上海 201203; 3. 国家药品监督管理局重点实验室, 上海 201203)

摘要: **目的** 建立电感耦合等离子体质谱法同时检测板蓝根中 35 种元素含量, 并研究矮壮素干预的板蓝根中的元素分布。**方法** 以硝酸-盐酸 (4 : 1) 为消解试剂, 采用微波消解前处理, ICP-MS 选择正常、氦气碰撞 2 种模式和在线内标加入法测定; 通过规范田间试验获得空白和施用矮壮素低、中、高剂量组样本。**结果** 35 种元素重复性 RSD 均小于 20%, 加样回收率 70% ~ 120%, 最低检测限 0.000 3~0.609 mg/kg; 板蓝根中主量元素钾含量约 1.5%; 次量元素钙、镁、钠、铁、铝等含量 0.6% ~ 0.04%; 主要微量元素为锌、锰、钡、铬、钼、铜、镍, 含量 12.8~1.2 mg/kg; 板蓝根中元素分布随生长时间具有一定变化规律, 田间试验施用矮壮素干预后的样本中元素间发生更多的相互协同和拮抗作用, 元素分布特征与空白组相比发生了较大改变。**结论** 该方法专属、准确, 揭示了板蓝根中无机元素分布规律和矮壮素干预后无机元素变化规律, 丰富了板蓝根物质基础研究, 可为其种植提供参考依据。

关键词: 电感耦合等离子体质谱; 板蓝根; 无机元素; 矮壮素

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1528(2024)08-2809-07

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2024.08.053

板蓝根为十字花科植物菘蓝 *Isatis indigotica* Fort 的根, 味苦, 性寒, 归心、胃经, 具有清热解毒之功效^[1]。现代研究表明, 板蓝根含多种化学成分, 具有抗菌、抗病毒、免疫增强、活血化瘀等多种药理作用, 临床应用范围广、需求量大^[2-5]。矮壮素是一种促进植物根部生长并壮大的植物生长调节剂 (PGR), 为提高产量和经济效益, 根类中药材种植过程存在普遍使用矮壮素的情况^[6-8]。

板蓝根相关研究多集在化学成分、作用机制以及营养元素、有害元素分析方面^[9-15], 缺乏较全面系统的板蓝根元素分布研究, 更无施用植物生长调节剂对其元素分布影响的研究。植物的常量及微量元素影响着其根系营养及生理活动, 在许多生物合成酶中起关键作用, 参与糖、蛋白质、脂类等的代谢, 不仅与中药材代谢产物形成和积累密切相关, 也是药效发挥不可缺少的重要组成部分^[16-20]。

本实验采用电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 法建立了板蓝根中 35 种无机元素测定方法, 并用以研究施用矮壮素的板蓝根样本中无机元素分布与变化情况, 以期板蓝根无机元素物质基础和施用植物生长调节剂后相关成分变化研究奠定基础。

1 材料

1.1 仪器 CEM 7800 电感耦合等离子体质谱仪、Mars 6 微波消解仪 (美国 CEM 公司); Milli-Q 超纯水仪 (美国 Millipore 公司); Zentrifugen D78532 Tuffingen 离心机 (德国 Hettich 公司)

1.2 试剂 铍 (Be)、钠 (Na)、镁 (Mg)、铝 (Al)、钾 (K)、钙 (Ca)、钛 (Ti)、钒 (V)、铬 (Cr)、锰 (Mn)、铁 (Fe)、钴 (Co)、镍 (Ni)、铜 (Cu)、锌 (Zn)、砷 (As)、硒 (Se)、钼 (Mo)、钌 (Ru)、钯 (Pd)、银

收稿日期: 2024-03-12
基金项目: 上海市中药和保健食品品质与安全检测专业技术服务平台 (21DZ2290200)
作者简介: 胡 青 (1978—) 女, 博士生, 主任药师, 从事中药质量控制与安全性研究。Tel: (021) 38839900, E-mail: huqingyjs@163.com
*** 通信作者:** 季 申 (1963—), 女, 博士, 主任药师, 从事中药、天然药物及保健食品质量控制和安全性检测方法研究。E-mail: jishen2021@126.com